

**Avis sur les résultats de l'étude d'impact
Eastmain – dérivation Rupert**

par

Yves Gratton
INRS-Eau, terre et environnement

Avis sur les résultats de l'étude d'impact Eastmain – dérivation Rupert

Rapport remis à la Direction des évaluations environnementales
Service des projets industriels et en milieu nordique

par

Yves Gratton
Professeur titulaire

INRS-Eau, terre et environnement
490 de la Couronne
Québec, Qc
Canada
G1K 9A9

Rapport numéro R851

18 avril 2006

Mandat

Une partie du débit de la rivière Rupert sera acheminée vers la rivière Eastmain et la centrale Eastmain-1-A. Les débits maximums de la Rupert seront réduits de 100 à 600 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, selon les périodes de l'année (Genivar, 2005; figure 3.5). Cette eau se retrouvera ultimement à la centrale La Grande-1 dont le débit moyen sera augmenté de 450 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ (Hydro-Québec, 2005; page 14-16) mais dont le débit maximal annuel demeurera inchangé, pour être déversée dans la baie James au large de Chisasibi. La question est de savoir quels seront les impacts dans la baie de Rupert et sur le panache de la rivière La Grande.

Le mandat consistait à émettre un avis sur un sous-ensemble de l'étude d'impact déposée par le Promoteur, notamment sur les aspects hydrologiques ainsi que sur le panache de la rivière La Grande, à partir des questions 62 et 259 du bloc C1b-Océanographie du complément de l'étude d'impact. Finalement, je devais émettre un avis sur les questions 227, 229, 230, 231 et 232 du même document (Hydro-Québec, 2005). Cet avis devait être formulé à partir des différentes études d'impact et des documents qui y sont cités. Étant physicien, je ne peux cependant pas émettre d'avis sur les impacts des ces changements sur la production biologique. Après un rapport préliminaire déposé en décembre 2005, j'ai accepté de donner aussi mon avis sur les commentaires préparés par Hamilton et Whittaker (2005) au nom du Nunavummi Tasiujarjuamiuguqatigiit Katutjiqatigiintit (NTK) sur les réponses du promoteur aux questions 62 et 259.

Introduction

Tout d'abord, il est important de placer en contexte les variations de débits prévus. Le rapport d'Hamilton et Whittaker (2005) utilise les débits publiés en 2005 par Déry et al. Je ferai de même, après m'être assuré que les chiffres d'Hydro-Québec concordent avec ceux de Déry et al. (2005). D'après les valeurs annuelles de débits du Tableau 5 de Déry et al. (2005) et en répartissant ces valeurs selon les pourcentages de leur Tableau 6, on obtient les contributions annuelles moyennes, pour la période 1964-2000, de toutes les rivières pour les baies de James et d'Hudson : 8 590 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ et 9 656 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, respectivement. Selon les mêmes auteurs, les contributions des rivières Churchill et Nelson sont de 652 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ et de 2 986 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, tandis que les contributions des rivières Eastmain (avant aménagement) et Rupert sont de 989 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ et de 845 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$. Finalement, ils estiment le débit après 1980 de la rivière La Grande en additionnant les débits avant 1980 des rivières La Grande (2 110 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$), Opinaca (71 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) et Eastmain (989 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) pour un total de 3 170 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$. Selon Hydro-Québec (2004c), le débit moyen turbiné à la centrale la Grande-1 entre janvier 2000 et décembre 2002 a été de 3 338 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$. Pour la rivière Rupert, on trouve un débit annuel moyen de 875 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ dans Genivar (2005) et un débit annuel moyen pour la rivière Eastmain, avant aménagement, de 1019 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ (Hydro-Québec, 2004c; page 13-45). Les valeurs de débits correspondent donc à peu près.

Rivière La Grande

Impact sur la baie d'Hudson.

Selon le promoteur, l'augmentation totale des débits de la rivière La Grande suite à la dérivation Rupert-Eastmain sera de $450 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, soit une augmentation de 14%. Par contre, le débit maximal annuel demeurera inchangé. Voyons donc l'impact des variations mensuelles de débit. L'eau douce parvenant à la baie d'Hudson sera la somme des débits des rivières Rupert et La Grande. Une comparaison toute simple des variations mensuelles après dérivation des débits des rivières Rupert (estimés à partir de la fig. 3.5, page 18 de Genivar, 2005) et La Grande (tableau 4.2, page 14-11 de Hydro-Québec, 2004c) en aval de l'aménagement Robert-Bourassa est présentée au Tableau 1.

Tableau I. Variations prévues des débits des rivières Rupert et La Grande après dérivation. Les valeurs négatives (positives) indiquent une diminution (augmentation) des débits mensuels.

Variations en $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$	Rupert	La Grande	Différence
Janvier	-400	+534	+134
Février	-300	+517	
Mars	-200	+439	
Avril	-200	+307	+107
Mai	-400	+296	-104
Juin	-450	+393	-57
Juillet	-700	+430	-270
Août	-600	+402	-198
Septembre	-600	+479	-121
Octobre	-450	+608	+158
Novembre	-620	+488	+132
Décembre	-500	+489	-11
Moyenne	- 455	+448	0

La plus importante augmentation totale de débit sera d'environ $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en février-mars tandis que la plus grosse diminution sera aussi d'environ $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en juillet-août. En utilisant le débit total d'eau douce sortant de la baie James à partir de la figure 4-10 de Stewart et Lockhart (2005), on obtient une augmentation grossière d'environ 10% pendant l'hiver et une diminution d'environ 2% pendant l'été. Si on utilise la valeur moyenne calculée dans l'introduction (à partir de Déry et al. 2005 : $8\,590 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), on obtient 2.3%. Si on y ajoute les débits des rivières Nelson et Churchill ($3\,638 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), on obtient 1.6%. Cela changera peu le transport total et devrait peu ou pas influencer la circulation et la salinité près des îles Belcher. Les régions au nord de l'embouchure de la rivière la Grande devraient être moins influencées que les régions entre les rivières. Je

crois, comme le suggère Saucier et Dionne (1998), que ces effets seront indiscernables de la variabilité naturelle du système. Il est certain que les modifications proposées sont moins importantes que les modifications de débit lors du harnachement original de toutes les rivières des baies de James et d'Hudson depuis les années 1980.

Impacts cumulatifs

Par définition, les impacts cumulatifs sont le résultat d'augmentations successives des débits d'eau douce. L'ajout d'une seule goutte d'eau peut donc avoir un effet. Les travaux de Gagnon et Gough (2005) démontrent que les effets des impacts cumulatifs sur le gel et le dégel dans la baie d'Hudson sont surtout reliés à l'augmentation de la température de l'air. Cette relation n'est pas statistiquement significative pour la région Est de la baie d'Hudson (incluant les Îles Belcher), probablement à cause de l'advection des glaces (c'est leur propre conclusion). Je suis convaincu qu'il y a eu des impacts cumulatifs reliés aux augmentations successives des débits d'eau douce pendant certains mois de l'année depuis les années 1970. Cependant, il faudrait relier numériquement les variations de couverture de glace aux variations successives de débits et aux variations climatiques pendant cette période. Je doute fort qu'une augmentation mensuelle d'environ $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ provoque des impacts tels que soulevés dans Hamilton et Whittaker (2005). Cette eau sera à une température différente de sa température actuelle, tel que mentionné dans Hamilton et Whittaker (2005). Je ne crois cependant pas que l'impact (sur la physique) sera très grand car les volumes impliqués sont disproportionnés : $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ par rapport à un débit total d'eau douce de $8\,590 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ pour la baie de James. Voir, plus bas, ma discussion de la question 230.

Dans leur rapport, Hamilton et Whittaker (2005) proposent une meilleure collaboration dans la recherche de nouvelles données. Je suis d'avis qu'une autre étude systématique des impacts cumulatifs relatifs des variations de débits d'eau douce et d'augmentation des températures de l'air est nécessaire. Dans la perspective de projets hydro-électriques futurs, il est primordial de mieux connaître l'effet des impacts cumulatifs avant d'entreprendre de nouveaux ouvrages majeurs. De plus, on devra tenir compte de toutes les variations de débit, incluant celles des rivières de l'Ontario et du Manitoba et celles des eaux provenant de fonte des glaces, ainsi que des variations climatiques depuis les années 1960. Le problème sera probablement d'obtenir des résultats statistiquement significatifs. Quoiqu'il en soit, ce genre d'étude n'est pas nécessaire pour le projet qui nous concerne car les débits en jeu sont trop faibles.

Panache de la rivière La Grande

Je n'ai pas lu le rapport Hydro-Québec (2002). Cependant, si je me souviens bien des discussions lors de l'évaluation du projet « Grande Baleine », Hydro-Québec a développé une expertise de l'étude des comportements des panaches d'eau douce. La relation qu'ils avaient développée était déjà assez robuste à l'époque des études sur la Grande rivière de la Baleine et était basée sur un grand nombre de mesures. Cette relation avait été développée parce qu'il n'existait pas de telle relation dans la littérature. Les

conclusions (de leur réponse dans Hydro-Québec, 2005) sur l'hydrologie, l'hydraulique, le panache de la rivière La Grande, le régime thermique et sur le régime des glaces me semblent logiques.

Pour ce qui est des questions 62 et 259, la réponse des promoteurs est essentiellement basée sur une lecture de Stewart et Lockhart (2005) et sur une reprise des arguments de leur chapitre 14 (Hydro-Québec, 2004c). Ils n'apportent aucun élément nouveau.

Question 62

Discussion des impacts potentiels du projet sur les grands phénomènes biophysiques tels que la dynamique des courants marins et des glaces et la productivité du milieu dans la baie James et la baie d'Hudson.

Je suis donc d'accord avec la réponse des promoteurs à la question 62. S'il y a un impact notable, cet impact sera localisé entre les rivières Rupert et La Grande.

Question 259

Décrire l'étendue de l'influence du panache d'eau douce de la rivière La Grande à partir de la littérature disponible.

En ce qui concerne la baie d'Hudson, ma réponse (voir plus haut) est la même qu'à la question précédente. Comme le promoteur le mentionne, Saucier et Dionne (1998) affirme que la variabilité climatique est probablement le paramètre le plus important pour la variabilité de la couverture de glace, par exemple. Cette conclusion est appuyée par les travaux récents de Gagnon et Gough (2005). À mon avis, ce n'est pas un $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ supplémentaire qui va modifier cette conclusion.

Je suis aussi d'accord avec l'analyse des promoteurs : le panache de la rivière La Grande ne devrait pas rejoindre la baie d'Hudson. Il y aura des impacts locaux car, pour ce qui est du panache on doit considérer l'augmentation totale de $450 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ et non pas seulement la différence de $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Comme cette augmentation est à l'intérieur de la variabilité « naturelle », il est très difficile d'en prévoir l'impact exact si ce n'est par expérience. Je suis obligé de faire confiance au Promoteur là-dessus. Comme le mentionne Hamilton et Whittaker (2005), il faut tenter de caractériser la variabilité naturelle du système. Cependant, il faut arrêter quelque part et je ne comprend pas pourquoi ils (NTK) s'opposent au choix de l'isoligne 20 (ou 15) pour délimiter le panache. Il est clair pour tous que plus l'isoligne de 20 s'éloigne de la source, plus l'impact du panache sera important. Toute leur argumentation se résume à « le Promoteur a tort car ce n'est pas ce qu'il faut faire pour étudier le panache ». Encore une fois, il y aura des impacts, mais ils sont presque impossibles à prévoir ou à détecter à cause de la variabilité naturelle.

Baie de Rupert

Le modèle Mike21 du Danish Hydraulic Institute est un excellent modèle qui a fait ses preuves. Le volume 6 de l'étude d'impact (Hydro-Québec, 2005d) et surtout le rapport sur le régime hydrodynamique de la baie de Rupert (Hydro-Québec, 2004a) discutent de l'utilisation de Mike21 autant dans Hydro-Québec (2005) que dans Hydro-Québec (2004b). L'utilisation d'un modèle bidimensionnel (2-D) est parfaitement justifiée dans cette région où les profondeurs sont faibles et la bathymétrie très complexe. Les simulations des courants dus à la marée et aux débits d'eau douce, si elles ont été correctement étalonnées, sont alors généralement fiables. Son application à la baie de Rupert a été validée à l'aide de données recueillies du 17 au 30 juin 1991. L'avantage de Mike21 est que, en plus, il possède des modules pour simuler la qualité de l'eau. Les puristes vous diront que seul un modèle (régional) 3-D peut reproduire la circulation dans une région si complexe. Je crois cependant que l'étude d'Hydro-Québec (2004a) est exhaustive. Quelle est la principale faiblesse de ces simulations? Le modèle ne considère pas l'effet de la température (Hydro-Québec 2004a, page 9-44).

En supposant que l'utilisation du modèle et les choix des paramètres sont adéquats, les conclusions du chapitre 12 sur l'hydrologie, l'hydraulique, sur les différentes zones de la baie de Rupert et sur le régime des glaces me semblent logiques. J'ai quelques réserves sur les conclusions à l'effet qu'il n'y aura aucune modification notable du régime thermique. La migration des zones de mélange et maritime est en soi un changement. Je ne dis pas que le Promoteur a tort : je dis simplement que je ne suis pas convaincu par le texte des pages 12-25 et 12-26 d'Hydro-Québec (2004b). Finalement, je ne connais pas le logiciel Restherm.

Question 227

Évaluation de l'impact de la modification de l'intrusion saline en période estivale dans la baie de Rupert sur le milieu biophysique.

Pour les raisons mentionnées un peu plus haut, je crois que les prévisions à l'embouchure de la rivière Pontax en période d'exploitation sont crédibles. Il est fort peu probable que qu'il y ait une intrusion saline dans l'estuaire après la dérivation.

Question 229

Description des conditions hydrodynamiques dans l'estuaire de la Rupert après la dérivation.

Je ne comprends pas vraiment ce que le Promoteur veut dire en page 50 dans le dernier paragraphe de leur réponse à la question 229 (Hydro-Québec 2005). Je ne peux pas commenter cette réponse car je ne sais pas à quoi servent ces diagrammes à part déterminer les nouvelles périodes d'exondation.

Question 230

Description de la méthode utilisée pour l'évaluation du régime thermique de la baie de Rupert.

La méthode du diagramme T-S est classique en océanographie. Je me demande cependant pourquoi la répartition de la température n'a pas été obtenue dans le cadre de l'étude hydrodynamique en même temps que la répartition de la salinité. Peut-être n'est-elle tout simplement pas présentée par ce que le modèle ne considère pas l'effet de la température.

Il est possible que le régime thermique change peu ou pas dans l'estuaire. Cependant si je mélange une tonne d'eau aux caractéristiques (T, S) de type-1 (10°C, 20) avec une tonne d'eau aux caractéristiques de type-2 (4°C, 10), le mélange résultant, de type-R, sera (7°C, 15).

$$S_R = \frac{m_1 S_1 + m_2 S_2}{m_1 + m_2} \quad \text{et} \quad T_R = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2}, \quad \text{où les } m_i \text{ représentent les}$$

contributions des eaux de types 1 et 2.

Maintenant si je mélange une tonne de type-1 avec 0.5 tonne de type-2, le résultat sera différent : (8°C, 16.7). Ceci dit, il se peut que les volumes de la baie et de la rivière soient si différents et les températures si rapprochées que, mélangés rapidement par la marée les résultats ne change pas après la coupure. En page 12-26 d'Hydro-Québec (2005) le Promoteur affirme cependant que la température varie dans la même proportion que la salinité dans la zone de mélange de l'estuaire. Il devrait donc y avoir des variations dans la baie. Le promoteur utilise les mêmes relations T-S d'avant la coupure pour déduire la température après la coupure. Je ne comprends pas pourquoi cette relation T-S ne changerait pas. Cette position gagnerait à être éclaircie.

Question 231

Effets des événements météorologiques extrêmes sur le déplacement des particules (hiver et été).

Ici, je crois comprendre que le modèle de la baie de Rupert n'inclut pas les forçages météorologiques en tant que tels. Les simulations représentent les conditions prévalant entre le 18 août et le 11 octobre 2003. Pour simuler les conditions post-dérivation on a simplement modifié le débit de la rivière Rupert. La réponse de la baie peut être analysée à travers les niveaux d'eau mesurés qui incluent, eux, l'effet des événements météorologiques et qui forcent le modèle. On peut donc observer les effets de la tempête exceptionnelle du 23 août 2003. Il est certain que les changements ponctuels s'estompent rapidement (Hydro-Québec, 2005, page 61), mais cette affirmation ne veut rien dire. En effet, on peut aussi dire que les effets des ouragans en Floride s'estomperont plus ou moins rapidement. Ceci dit, je suis surpris, mais convaincu, que l'effet de la dérivation aura très peu d'impacts lors des tempêtes.

Question 232

Déplacement du front salin sous couvert de glace dans la baie de Rupert.

La marée étant le principal agent influençant, à débit fixé, le déplacement du panache, il est normal que les déplacements d'hiver soient à l'intérieur des déplacements d'été. En effets, la glace, par frottement, ralentit la circulation tidale. Les arguments sont donc convaincants.

Conclusion

Je pense qu'il y a assez de données et d'études pour que le COMEX puisse émettre une recommandation. Cela ne veut pas dire qu'il n'y a plus besoin d'études ou de suivis : au contraire beaucoup de questions restent en suspens. Malheureusement je ne crois pas qu'on puisse y répondre facilement et à la satisfaction de tous les intervenants. Je crois qu'on devrait, comme je l'ai mentionné plus haut, mettre sur pieds une étude sur les impacts cumulatifs qui vise à satisfaire les promoteurs et les populations locales.

En résumé, je pense que le Promoteur a bien répondu, dans l'ensemble, aux demandes de renseignements additionnels. Pour ce qui est des impacts cumulatifs, l'augmentation de débit changera peu le transport mensuel dans la baie d'Hudson et devrait peu ou pas influencer la circulation et la salinité près des îles Belcher car ces effets seront perdus dans la variabilité naturelle du système. C'est spécialement vrai pour la couverture de glace qui est fortement influencées par les variations climatiques locales. Il est aussi peu probable que le panache de la rivière La Grande atteigne la baie d'Hudson. Les impacts, s'il y a lieu, devraient être observés entre la baie de Rupert et l'embouchure de la rivière La Grande.

Références

- Déry, S.J., M. Stieglitz, E.C. McKenna and E.R. Wood, 2005. Characteristics of river discharge into Hudson, James and Ungava Bays, 1964-2000. *J. of Climate*, 18: 2540-2557.
- Gagnon, A.S. and W.A. Gough, 2005. Trends in dates of ice freeze-up and break-up over Hudson Bay, Canada. *Arctic*, 58 (4): 370-382.
- Genivar (2005). Le rapport sectoriel sur l'océanographie biologique et la baie de Rupert (Centrale Easrmain-1-A et dérivation Rupert).
- Hamilton, A.L. and R. Whittaker, 2005. Comments on the Proponents' provisional responses to requests for additional information with particular reference to questions 62 and 259. *GeoArctic Ltd.*

Hydro-Québec, 2004a. Central de l'Eastmain-1-QA et de la dérivation Rupert. Régime hydrodynamique de la baie de Rupert.

Hydro-Québec, 2004b, Centrale Easrmain-1-A et dérivation Rupert - Étude d'impact sur l'environnement. Volume 2 : Chapitres 10 à 12.

Hydro-Québec, 2004c, Centrale Easrmain-1-A et dérivation Rupert - Étude d'impact sur l'environnement. Volume 3 : Chapitres 13 à 15.

Hydro-Québec, 2004d, Centrale Easrmain-1-A et dérivation Rupert - Étude d'impact sur l'environnement. Volume 6 : Méthodes.

Hydro-Québec, 2005, Centrale Easrmain-1-A et dérivation Rupert - Complément de l'étude d'impact sur l'environnement.

Messier, D., 2002. Suivi environnemental des projets La Grande 2-A et La Grande-1. Rapport de synthèse pour la période 1997-2000. Montréal, Hydro-Québec Production, 73 p.

Saucier, F.J. and J. Dionne, 1998. A 3-G coupled ice-ocean model applied to Hudson Bay, Canada : the seasonal cycle and time-dependent climate response to atmospheric forcing and runoff. *J. Geophys. Res.*, 103, 27690-27705.

Stewart D.B. and W.L. and Lockhart (2005). An overview of the Hudson bay marine ecosystem. Central and Arctic Region, Fisheries and Oceans Canada. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, No 2596.