



EXAMEN SCIENTIFIQUE DE LA MODIFICATION DU MOMENT DE MISE EN EAU DU RÉSERVOIR DANS LE CADRE DU PROJET DE CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE KEEYASK

1.0 Contexte

Le [projet de centrale hydroélectrique Keeyask](#) (en anglais seulement) est un nouveau projet hydroélectrique sur le cours inférieur du fleuve Nelson, dans le nord du Manitoba. Le projet comprend une centrale électrique équipée de sept situés du côté nord des rapides Gull (Keeyask) et d'un déversoir situé du côté sud des rapides. Un [énoncé des incidences environnementales \(EIE\)](#) (en anglais seulement) a été préparé par le promoteur, Manitoba Hydro, et examiné par l'Agence canadienne d'évaluation environnementale (ACEE) en 2012-2014. Le projet a été approuvé le 27 juin 2014 et les travaux de construction ont commencé en 2016.

Dans le cadre de l'EIE de 2012, on a évalué et approuvé les effets environnementaux de la mise en eau d'un réservoir de retenue d'une élévation de 155 à 159 m au-dessus du niveau de la mer, qui devait commencer en août 2019 et se terminer en octobre 2019 (EIE, section 4.6.15 – Reservoir Impoundment). Depuis, les retards de construction ont retardé le projet. Par la suite, Manitoba Hydro a demandé à reporter le moment de la mise en eau du chantier à la fin de février 2020 et celui de la mise en eau du réservoir à la fin de mars ou au début d'avril 2020, contrairement à ce que prévoyait le calendrier initialement proposé pour les deux activités, qui devaient se dérouler à la fin de l'été ou à l'automne (août 2019 à octobre 2019). Par conséquent, il faudra prendre en compte les conditions de glaces dans l'évaluation des mises en eau du chantier et du réservoir en hiver, alors que l'évaluation environnementale initiale était basée sur des conditions d'eau libre.

L'évaluation et l'autorisation de la modification proposée ont été divisées en deux phases par le Programme de protection du poisson et de son habitat (PPPH) de Pêches et Océans Canada (MPO). La première phase est la mise en eau du chantier de la centrale hydroélectrique Keeyask (y compris le retrait des batardeaux et de l'épi de rochers) jusqu'au niveau dominant à l'extérieur des batardeaux (niveau d'eau actuel d'environ 156 m au-dessus du niveau de la mer). La deuxième phase est la mise en eau du réservoir jusqu'au niveau le plus haut admis pour l'exploitation d'un réservoir, à une élévation de 159 m au-dessus du niveau de la mer.

Selon les prévisions modélisées de Manitoba Hydro, la zone d'influence hydraulique d'eau libre du réservoir Keeyask au niveau le plus haut admis pour l'exploitation d'un réservoir de 159 m pourrait s'étendre jusqu'à environ 42 km en amont de la centrale électrique et jusqu'à environ 3 km en aval de la décharge du lac Clark, avec une zone inondée d'environ 45 km² (figure 1).

La présente réponse des Sciences découle du processus de réponse des Sciences du 27 février 2020, mené à Winnipeg (Manitoba), sur la modification du moment de mise en eau dans le cadre du projet de centrale hydroélectrique Keeyask.

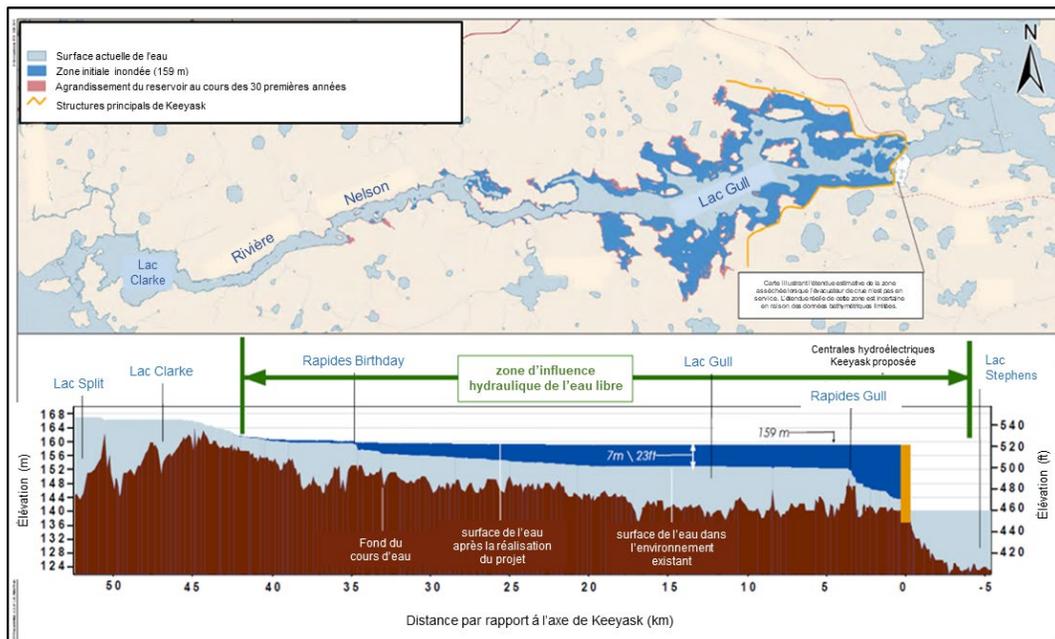


Figure 1. Profils de la surface de l'eau et zones inondées dans le réservoir Keeyask (tiré du document *Keeyask Generating Project Environmental Review – Change of Timing of Water-up and Impoundment, 2020*).

La modification fait actuellement l'objet d'un examen par le PPPH du MPO pour décision. Le PPPH a demandé au Secteur des sciences du MPO d'examiner la modification proposée. En particulier, les objectifs de cet examen sont les suivants :

1. Examiner les résultats du modèle hydrodynamique présenté dans la modification et cerner les incertitudes et les lacunes statistiques
2. Déterminer les autres répercussions possibles des mises en eau pendant l'hiver
3. Déterminer la pertinence et l'adéquation des mesures d'atténuation et de surveillance proposées
4. Formuler des recommandations, au besoin, au sujet des renseignements, des études et des données supplémentaires dont le Secteur des sciences du MPO a besoin pour réaliser son évaluation.

La présente réponse des Sciences découle du processus de réponse des Sciences du 27 février 2020, qui comprenait l'examen de plusieurs présentations et documents reçus du PPPH.

2.0 Renseignements de base

Le fleuve Nelson, dans le nord du Manitoba, au Canada, draine le lac Winnipeg et s'écoule sur 644 km à travers plusieurs lacs, dont le lac Sipiwesk, le lac Split et le lac Stephens, jusqu'à la baie d'Hudson. Son débit annuel moyen est de $2\,370\text{ m}^3\text{s}^{-1}$ et son bassin versant, qui fait $1\,072\,300\text{ km}^2$, comprend les bassins des rivières Winnipeg, Rouge et Saskatchewan. Par le passé, le fleuve Nelson présentait un débit relativement faible de l'été jusqu'au printemps

Région du Centre et de l'Arctique

suivant et une crue printanière attribuable à la fonte des neiges qui se prolongeait jusqu'au début de l'été. Compte tenu de son débit important et de son changement d'élévation, le fleuve Nelson est un cours d'eau précieux pour la production d'hydroélectricité.

Le premier barrage érigé sur le fleuve Nelson a été la centrale Kelsey de Manitoba Hydro, construite à la fin des années 1950. Depuis cette époque, quatre autres centrales ont été construites sur le cours inférieur du fleuve Nelson (Keeyask, Kettle, Long Spruce et Limestone), et la centrale Jenpeg régule l'arrivée d'eau et transforme le lac Winnipeg en réservoir hydroélectrique (figure 2). De plus, la structure de contrôle de Missi Falls, située à l'embouchure du lac South Indian, réduit le débit dans le cours inférieur de la rivière Churchill, dirigeant la majeure partie de l'eau du cours supérieur de la rivière Churchill vers le fleuve Nelson (figure 2).

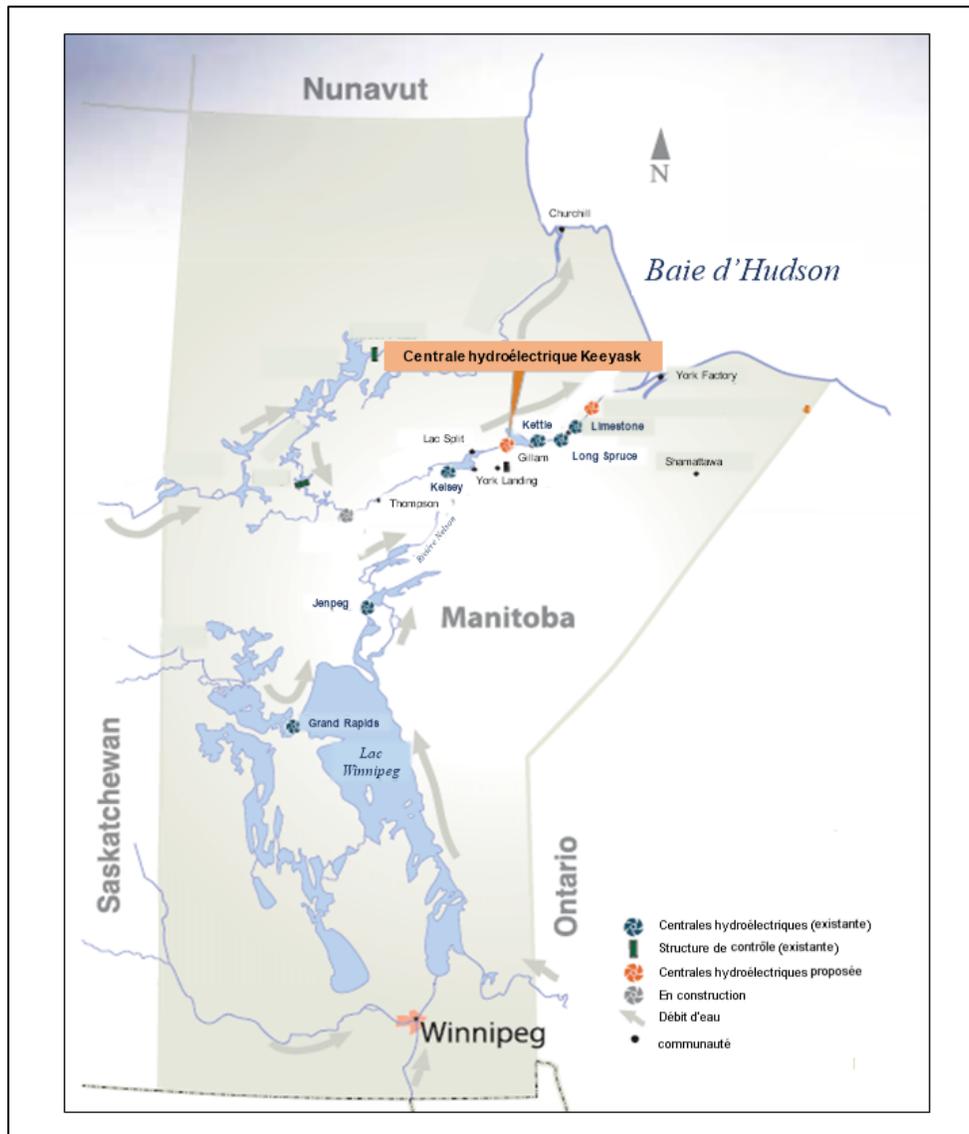


Figure 2. Carte tirée de l'énoncé des incidences environnementales (EIE) du projet de centrale Keeyask (2012) montrant les centrales hydroélectriques de Manitoba Hydro (existantes et proposées) et les structures de contrôle au Manitoba (tirée du [Sommaire de la partie 1 de l'EIE \(en anglais seulement\)](#)).

Région du Centre et de l'Arctique

Le fleuve Nelson étant situé dans l'écozone des plaines boréales, on sait que les processus de glace jouent un rôle dominant dans le régime hydrologique de ce cours d'eau et sont intimement liés au cycle biologique de nombreuses espèces aquatiques, terrestres et aviaires. Les effets les plus graves provoqués par la glace fluviale se produisent pendant les inondations causées par les embâcles, mais la présence de frasil et de glace de fond peut aussi avoir des répercussions sur les espèces aquatiques. En raison de l'importance socioéconomique et environnementale des processus de glace fluviale, de nombreux modèles de glace fluviale ont été mis au point pour prévoir les conséquences de différents débits et niveaux d'eau sur la glace fluviale (p. ex. CRISSP2D, Liu *et al.* 2006; ICESIM et ICEDYN, Groeneveld *et al.* 2017; RIVICE, Lindenschmidt 2017). L'exactitude des prévisions du modèle hydrodynamique est une préoccupation inhérente, particulièrement en ce qui concerne la simulation des processus dynamiques de glace fluviale. Par conséquent, l'étalonnage et la validation du modèle avec des données de terrain sont essentiels (Zare *et al.* 2013). Saarman *et al.* (2011) ont démontré dans une étude comparative que les modèles de glace fluviale donnaient de bons résultats lorsque les données d'étalonnage nécessaires décrivant les caractéristiques de la glace étaient disponibles, mais variaient considérablement sans ces données d'étalonnage.

La modélisation environnementale exige qu'un modèle soit étalonné, vérifié ou validé et, idéalement, qu'une analyse de sensibilité soit effectuée afin d'avoir davantage confiance dans l'exactitude des prévisions. L'étalonnage du modèle est un processus qui exige l'ajustement de certains de ses paramètres pour obtenir le meilleur rendement du modèle pour des applications particulières. L'étalonnage du modèle doit indiquer le niveau de concordance atteint et le caractère réaliste de la représentation des applications, ainsi que définir les critères en fonction desquels le modèle a été jugé approprié pour l'application. L'évaluation quantitative des erreurs, de l'exactitude et de l'incertitude des données dans les modèles pourrait ensuite définir des critères permettant de juger de la performance du modèle. Il convient de souligner que l'exactitude des résultats du modèle ne peut se révéler supérieure à l'exactitude des données d'étalonnage originales (Williams et Esteves 2017).

La validation nécessite un ensemble de données indépendant (distinct de celui des données d'étalonnage) pour confirmer que le modèle étalonné permet de prédire avec exactitude les données observées. Une analyse de sensibilité peut être effectuée pour observer les variations au résultat prévu lorsque des changements importants sont apportés aux données d'entrée, ainsi que pour préciser où des données potentiellement inexacts entraîneront des erreurs mineures ou majeures dans les prévisions (c.-à-d. quels résultats sont particulièrement sensibles aux changements dans les entrées du modèle). Cette étape est importante pour l'interprétation de la confiance dans la capacité du modèle de prédire avec exactitude les scénarios et lorsqu'il est essentiel d'avoir des données d'entrée exactes (Williams et Esteves 2017).

Les écosystèmes aquatiques se sont adaptés au fil du temps aux régimes de glace qui prévalent dans les rivières canadiennes. Au début des conditions d'eau froide et de prise de la glace, ainsi que pendant la saison hivernale, les poissons choisissent un habitat approprié pour l'hivernage afin d'éviter les forts courants et le contact avec la glace (Bergeron et Enders 2013). Les changements survenus dans le régime de glace peuvent avoir de graves répercussions écologiques. Par conséquent, lorsque des changements importants surviennent dans les milieux fluviaux, l'adaptation naturelle des poissons aux conditions d'hivernage peut se voir perturbée. Une modification radicale des conditions environnementales (p. ex. mise en eau d'un réservoir) en hiver peut également avoir des effets néfastes sur la valeur adaptative ou la survie

du poisson. Les étapes d'immobilité du cycle biologique (c.-à-d. les œufs fécondés par les reproducteurs d'automne) peuvent être particulièrement touchées.

3.0 Analyse et réponse

Les documents à examiner ont été soumis au Secteur des sciences du MPO entre le 28 janvier 2020 et le 2 mars 2020 par le PPPH. Les commentaires contenus dans la présente réponse des Sciences ont trait aux documents à l'appui supplémentaires reçus par le Secteur des sciences du MPO, qui sont énumérés au tableau 1.

En raison du champ de compétence du MPO et de l'expertise de l'équipe d'examen, le Secteur des sciences du MPO a concentré son examen sur la modélisation hydrodynamique et les répercussions provoquées par la modification du moment de la mise en eau du réservoir sur les poissons et leur habitat. Les effets sur le milieu terrestre ainsi que sur les invertébrés benthiques, l'érosion, la sédimentation, les débris, les oiseaux et les mammifères n'ont pas été examinés.

Tableau 1. Liste des documents fournis à l'appui de la modification proposée au Secteur des sciences du MPO pour examen.

Document supplémentaire à l'appui	Sections sur les réponses des Sciences
Présentation PowerPoint de Manitoba Hydro à la réunion d'examen technique du 28 janvier 2020	3.1
Présentation de modification intitulée : « <i>Keeyask Generation Project Environmental Review: Change of Timing of Water-up and Impoundment</i> », datée du 10 janvier 2020	3.1
Document technique sur le projet de centrale hydroélectrique Keeyask intitulé « <i>Assessment of the effects of fall vs Late Winter Impoundment on Lake Whitefish Spawn</i> », daté du 17 février 2020	3.2
Présentation PowerPoint de Manitoba Hydro du 11 février 2020 intitulée : « <i>Keeyask Generation Project: Change in Timing of Water-up and Impoundment</i> »	3.1
Lettre de correspondance de Manitoba Hydro « <i>RE: Keeyask Project – Change in Timing of Water-up & Impoundment</i> », datée du 28 janvier 2020.	3.1
Note de service interne de Manitoba Hydro intitulée « <i>Keeyask Generation Project – Water Level Monitoring & Response Plan During Water-up & Final Impoundment to Reservoir Full Supply Level (159 m ASL)</i> », rédigée le 19 février 2020.	3.1
Projet de centrale hydroélectrique Keeyask – Demande de modification à la <i>Loi sur les pêches</i> pour modifier le moment de la mise en eau du chantier et de la mise en eau du réservoir, intitulée : « <i>Summary of Incremental Environmental Effects and Additional Mitigation, Monitoring, and Contingencies for Water Up and Impoundment</i> », datée du 19 février 2020.	3.1, 3.2

Document supplémentaire à l'appui	Sections sur les réponses des Sciences
Document technique sur le projet de centrale hydroélectrique Keeyask intitulé « <i>Assessment of the effects of fall vs Late Winter Impoundment on Lake Whitefish Spawn</i> », daté du 19 février 2020	3.2

Le Secteur des sciences du MPO note qu'il y avait des lacunes dans les informations fournies et des incohérences dans les documents présentés à l'appui de la modification proposée. Il a donc été difficile d'évaluer pleinement les analyses de Manitoba Hydro et, par conséquent, certaines de ses conclusions.

3.1 Examen du modèle hydrodynamique

Manitoba Hydro a utilisé le modèle ICEDYN pour simuler l'élévation des eaux de surface dans un scénario de mise en eau hivernale en 2020. Le modèle ICEDYN est un modèle interne élaboré par Acres Manitoba Ltd. (maintenant Hatch). À l'origine, au début des années 1970, Acres Manitoba Ltd. a mis au point le modèle ICESIM, qui est un modèle unidimensionnel stable. Ce modèle a été amélioré sur une période de deux décennies pour tenir compte de l'accumulation des glaces, ou la simuler, dans des conditions d'écoulement variable, et a par la suite été nommé ICEDYN. Les deux modèles visaient à faciliter les calculs de conception des plans de gestion des rivières pendant la construction de centrales hydroélectriques, principalement sur des rivières canadiennes (p. ex. Athabasca et Saskatchewan).

La dynamique des glaces sur le fleuve Nelson est complexe (Newbury 1969), ce qui rend plus difficile la modélisation exacte comparativement aux autres réseaux hydrographiques. La proposition de modification soumise par Manitoba Hydro ne contient aucune information concernant les limites, les hypothèses, l'applicabilité ou la validité du modèle ICEDYN pour simuler les processus de glace sur le fleuve Nelson.

L'un des principaux ensembles de données utilisés pour étalonner le modèle ICEDYN était les élévations des eaux de surface recueillies aux stations de jaugeage à l'intérieur de la zone d'influence hydraulique (figure 3). Le Secteur des sciences du MPO reconnaît qu'une quantité limitée de données hivernales, remontant au début des années 1990 et 2000, a été utilisée pour étalonner le profil de surface de l'eau du modèle. Toutefois, le Secteur des sciences du MPO craint qu'en raison du manque de données hivernales, le modèle ait été étalonné d'après des conditions d'eau libre plutôt que d'après les conditions proposées de glace ou de saison hivernale. Aucun étalonnage n'avait été effectué par rapport aux caractéristiques de glace nécessaires pour vérifier l'exactitude des prédictions du modèle, entre autres l'étendue de la couche de glace, l'épaisseur et le type de glace, et l'élévation du sommet et du fond des surfaces glacées. De plus, l'analyse semble avoir négligé l'étalonnage par rapport aux vitesses de courant ou aux profondeurs d'eau.

Aussi, dans la modification, on ne présente aucune simulation de modèle pour fournir de l'information sur les changements ou les incidences de la glace de fond, du frasil ou des embâcles (p. ex. accumulation, érosion, déplacement) et leurs effets potentiels sur le profil de la surface de l'eau en hiver. De telles simulations peuvent se révéler pertinentes pour la prévision de l'étendue spatiale des inondations dans la zone d'influence hydraulique (figure 3). Il n'est pas clair si, pendant le processus de simulation du modèle, le volume de glace a été préservé (figure 4). Cela peut donner lieu à des élévations de la surface des eaux hivernales qui diffèrent

Région du Centre et de l'Arctique

de celles actuellement prévues, particulièrement à proximité de la pente abrupte du fond en amont des rapides Birthday et en aval du lac Gull (figure 5). Par conséquent, le Secteur des sciences du MPO s'inquiète de l'étalonnage du modèle et, par conséquent, de l'exactitude de ses prédictions.

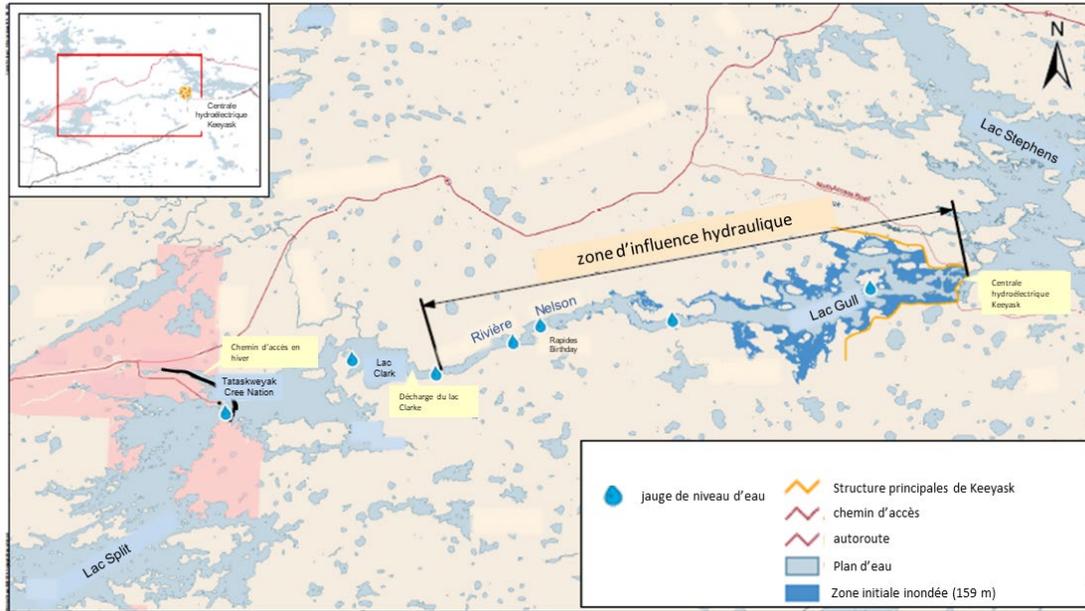


Figure 3. Les jauges de niveau d'eau et la zone d'influence hydraulique sur le fleuve Nelson (modifié à partir de la lettre de correspondance de Manitoba Hydro « RE: Keeyask Project – Change in Timing of Water-up & Impoundment », datée du 28 janvier 2020).

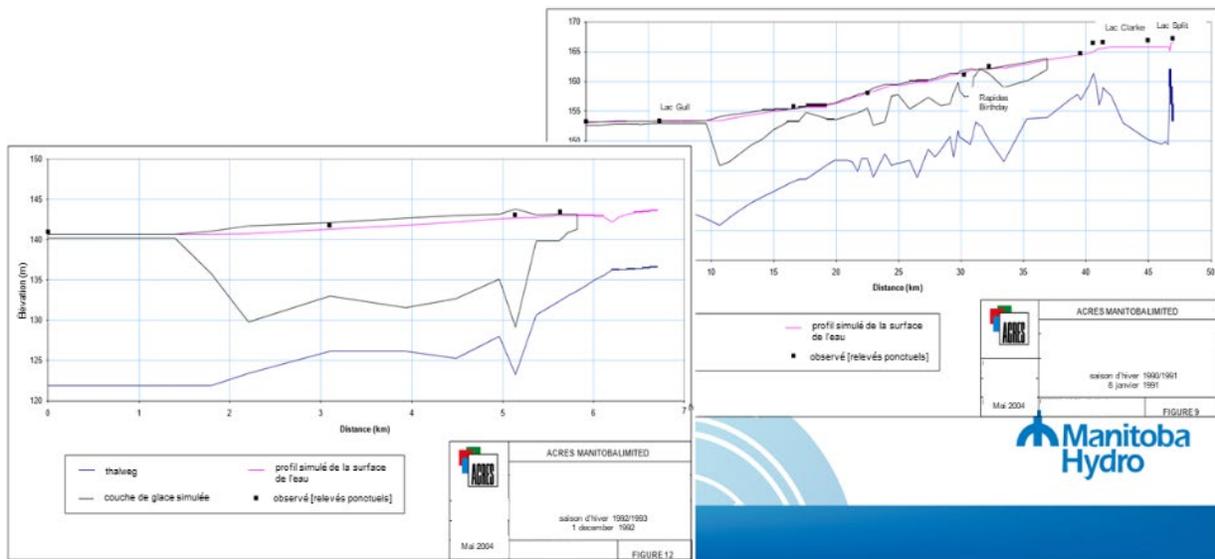


Figure 4. Étalonnage du modèle ICEDYN d'après les données sur la surface de l'eau des années 1990 et 2000 (tiré du PowerPoint présenté par Manitoba Hydro à la réunion d'examen technique du 28 janvier 2020 et intitulé : « Keeyask Generation Project: Change in Timing of Water-up and Impoundment »).

Région du Centre et de l'Arctique

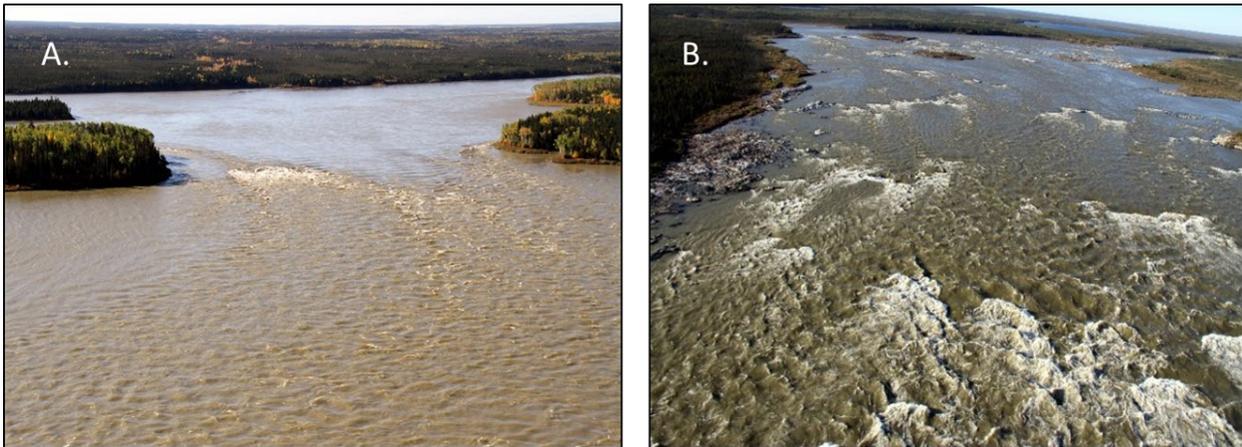


Figure 5. Images des a) rapides Birthday et des b) rapides Gull, deux zones d'eaux rapides qui seront touchées par le mise en eau d'un réservoir (photos fournies par D. Watkinson, MPO, Winnipeg, Manitoba).

Lors de l'étalonnage et de la validation des simulations du modèle, le promoteur n'a fourni aucune statistique comparative, notamment le pourcentage d'erreur entre les prédictions de modélisation étalonnées et les données de surveillance ou d'observation, pour évaluer l'exactitude du processus d'étalonnage et, par conséquent, les prédictions du modèle. Par exemple, les préoccupations scientifiques du MPO concernant l'exactitude du modèle sont évoquées à la figure 4, où l'on peut constater qu'aux lacs Clark et Split, les élévations observées de la surface de l'eau sont plus élevées que ce qu'indique leur profil simulé. En outre, à notre connaissance, aucune analyse de sensibilité n'a été effectuée. Étant donné qu'il n'y a pas eu d'autres simulations hivernales tenant explicitement compte de la dynamique des glaces, il règne une certaine incertitude concernant l'étendue de la zone d'influence hydraulique; selon les indications, celle-ci demeurerait la même, que le projet soit réalisé en hiver ou non, et commencerait à environ 42 km en amont, ce qui englobe les lacs Clark et Split (figure 6).

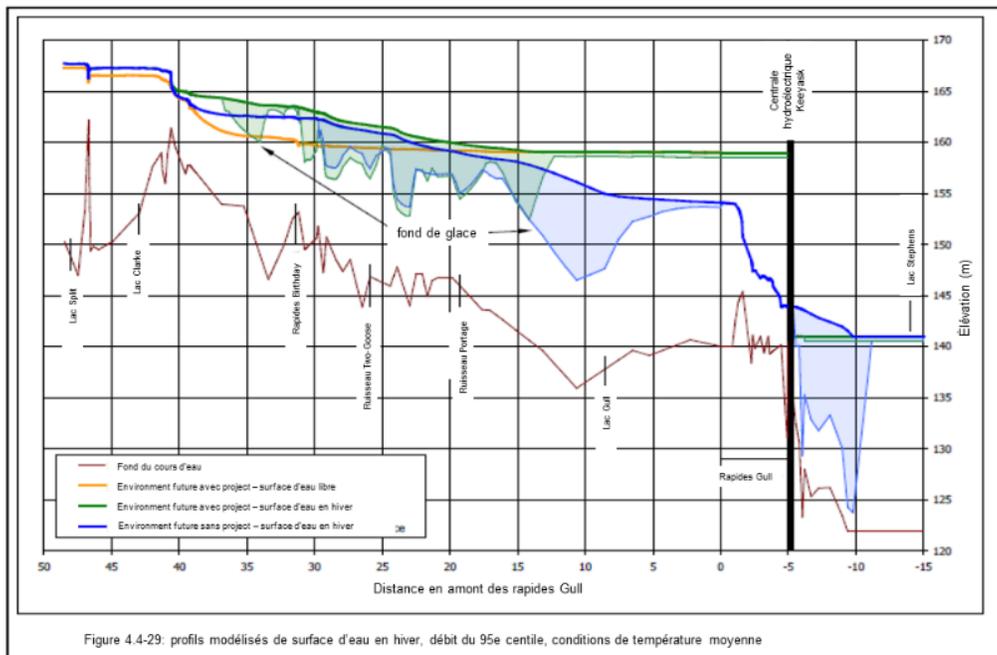


Figure 6. Profil simulé de la surface de l'eau en amont de la centrale Keeyask (tiré du PowerPoint présenté par Manitoba Hydro à la réunion d'examen technique du 28 janvier 2020 et intitulé : « Keeyask Generation Project: Change in Timing of Water-up and Impoundment »).

Recommandation

Le Secteur des sciences du MPO propose les recommandations suivantes afin d'évaluer les prévisions du modèle et d'accroître éventuellement la confiance dans celles-ci :

- La présentation du pourcentage d'erreur entre les données prévues et observées pour s'assurer que le modèle étalonné correspond raisonnablement et exactement aux observations, ainsi qu'une analyse de sensibilité des paramètres du modèle pour s'assurer que de petites variations dans certaines des données d'entrée du modèle n'auraient pas d'incidence plus grande sur les résultats. Cela devrait contribuer à accroître la confiance dans l'exactitude des prévisions du modèle hivernal.
- Des simulations temporelles de chaque étape de la mise en eau du réservoir aideraient à surveiller l'évolution des conditions pendant la mise en eau hivernale, car l'exactitude des prédictions du modèle pourrait alors être évaluée de façon indépendante à chaque étape, ce qui pourrait permettre d'améliorer le temps de réponse si des écarts importants sont observés.
- Une surveillance en temps réel pendant la mise en eau du réservoir permettrait de vérifier que les simulations par modélisation étaient exactes (p. ex. niveaux d'eau prévus sur toute la longueur de la zone d'influence hydraulique), et aussi d'acquérir de nouvelles connaissances sur l'avancement, la progression ou la stabilisation de la couverture de glace et sur les élévations observées de la surface de l'eau à la confluence des affluents.
- En l'absence d'un modèle approprié, la surveillance en temps réel permettrait également une gestion adaptative et un meilleur temps de réponse.

Région du Centre et de l'Arctique

- La surveillance des jauges de surface de l'eau dans les sous-bassins des ruisseaux Two-Goose et Portage (figure 7) pendant la mise en eau du réservoir afin de documenter les variations des niveaux d'eau et la surface inondée le long des ruisseaux, car aucun autre résultat de modélisation n'a été fourni outre ceux concernant les rives du fleuve Nelson.

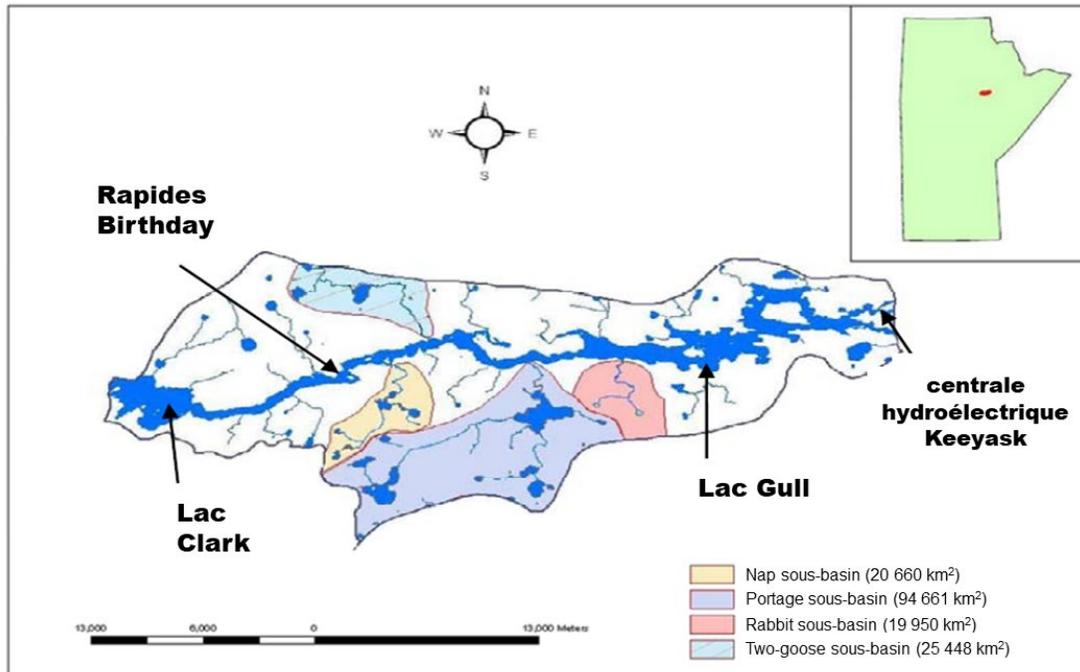


Figure 7. Carte des sous-bassins dans la région d'étude de la centrale Keeyask (modifiée d'après « Keeyask Generation Project : Surface Water and Ice Regimes » – ÉBAUCHE soumise en 2010).

3.2 Effets prévus sur les poissons et leur habitat en raison d'une modification du moment de la mise en eau du chantier et de la mise en eau du réservoir

La construction de la centrale hydroélectrique Keeyask et du déversoir aura d'importantes répercussions sur les poissons et leur habitat; ces répercussions ont été abordées dans l'énoncé des incidences environnementales et ont été autorisées par le MPO. Cet examen vise à déterminer si la modification du moment de mise en eau du chantier et de mise en eau du réservoir entraînera des répercussions supplémentaires sur les poissons et leur habitat si les mises en eau sont réalisées dans des conditions de glaces hivernales en mars et avril plutôt que dans des conditions d'eau libre entre août et octobre.

Nous souscrivons à l'énoncé figurant dans l'EIE et qui est reproduit dans la note technique sur le projet de centrale hydroélectrique Keeyask intitulée « Assessment of the Effects of Fall vs Late Winter Impoundment on Lake Whitefish Spawn », datée du 19 février 2020, qui affirmait : *Les changements dans l'habitat aquatique du réservoir Keeyask pourraient entraîner une augmentation des mouvements de poissons hors du tronçon. En particulier, il pourrait y avoir une émigration massive des poissons hors du tronçon au cours de la première année de mise en eau, car les poissons s'éloigneraient de leur habitat perturbé (section 5.4.2.2.5).* On prévoyait que les poissons se déplaceraient au moment de la mise en eau, et ce sera le cas peu importe le moment où cela se produit.

Région du Centre et de l'Arctique

Si la modification des conditions environnementales dans lesquelles vivent les poissons durant la période hivernale suscite des inquiétudes, c'est que les poissons sont poïkilothermes, c'est-à-dire qu'ils ne produisent pas de chaleur pour maintenir une température corporelle constante : leur température corporelle fluctue plutôt avec la température ambiante de l'eau. Par conséquent, puisqu'ils sont très léthargiques et que leur capacité de nage est réduite dans les eaux froides des mois d'hiver, les poissons du Nord choisissent généralement des zones d'hivernage appropriées. Souvent, les poissons riverains se rassemblent en groupes dans des bassins plus profonds près du fond pour éviter la glace de fond et le frasil et pour chercher des zones où la vitesse du courant est moindre. Étant donné que leur alimentation est grandement réduite en hiver, les poissons voient leurs réserves d'énergie épuisées vers la fin de l'hiver, moment auquel on propose maintenant de procéder à la mise en eau du réservoir. Des données de télémesures limitées indiquent que la plupart des dorés jaunes (*Sander vitreus*), des grands brochets (*Esox lucius*) et des grands corégones (*Coregonus clupeaformis*) étiquetés hivernent dans les baies abritées du côté nord du lac Gull; il a été avancé que la vitesse du courant, les sédiments et la dynamique de l'oxygène dissous dans ces baies abritées ne changeraient pas considérablement de leur état actuel pendant ou après la mise en eau du réservoir. Toutefois, cela ne signifie pas que les poissons ne se déplaceront pas pendant la mise en eau du réservoir, car il y aura au moins la profondeur de l'eau qui changera. Toutefois, on a observé des esturgeons jaunes étiquetés (*Acipenser fulvescens*) hiverner dans des zones profondes du bassin central du lac Gull (environ 10 km en amont des rapides Gull), et seulement un sous-groupe d'individus appartenant au nombre limité d'autres espèces de poissons étiquetées a été observé dans les baies abritées situées du côté nord du lac. Par conséquent, pendant la mise en eau du réservoir, nous craignons que de nombreux milieux d'hivernage se modifient rapidement, ce qui pourrait obliger les poissons à se déplacer continuellement pour trouver un habitat convenable à un moment où leurs réserves d'énergie sont faibles, ce qui réduira leur valeur adaptative et pourrait nuire à leur survie. De plus, au cours d'une mise en eau hivernale, le mouvement, la fissuration et l'ajustement des glaces créeront un environnement extrêmement bruyant et perturbateur pour les poissons en hivernage, ce qui pourrait provoquer leur déplacement. En outre, il est probable que les facteurs de stress environnementaux influent différemment aux diverses étapes de la vie, selon la capacité de se déplacer. Les œufs fertilisés des frayeurs d'automne seront probablement les plus vulnérables, suivis par les juvéniles, les espèces de poissons de petite taille et les poissons adultes de grande taille.

La mise en eau dans des conditions de glaces est susceptible d'augmenter la pression d'eau (p. ex. volume d'eau supplémentaire) sur les organismes aquatiques, ce qui pourrait avoir une incidence particulièrement négative sur la viabilité au stade de l'œuf. La dynamique de l'écoulement changera également dans les lieux de frai de l'automne 2019, ce qui affectera l'accumulation de sédiments et la dynamique de l'oxygène et pourrait affecter encore davantage la viabilité des œufs. L'EIE supposait que la réduction de la vitesse du courant et l'augmentation de la profondeur de l'eau dans les lieux de frai existants auraient une incidence sur les poissons entre août et septembre 2019, à un moment où ceux-ci auraient eu la possibilité de trouver d'autres lieux de frai si les conditions n'étaient plus adéquates dans les lieux existants. On a reconnu qu'il était possible que les poissons ne trouvent pas de sites convenables dans des conditions de mise en eau, particulièrement au cours des premières années, lorsque le nouvel habitat, chargé de débris et de sédiments, est potentiellement moins convenable, ce qui pourrait avoir eu une incidence sur l'importance de la classe d'âge 2019. Cette incidence potentielle a déjà été autorisée.

Région du Centre et de l'Arctique

Avec le plan actuel de mise en eau hivernale en mars-avril 2020, les reproducteurs d'automne ont déjà déposé leurs œufs dans l'habitat de frai approprié et les œufs seront très probablement affectés négativement par les changements environnementaux. Dans l'EIE, seul le grand corégone est considéré comme un reproducteur d'automne. Les œufs de grand corégone demeurent sur le substrat jusqu'au printemps suivant. En hiver, les œufs sont sensibles aux fluctuations du niveau d'eau, à l'épuisement de l'oxygène et au dépôt de sédiments. De plus, les reproducteurs de l'automne 2020 seront confrontés à la recherche d'autres lieux de frai si les conditions ne sont plus convenables dans les lieux existants, comme l'énonce l'EIE pour les reproducteurs de l'automne 2019. Par conséquent, deux classes d'âge de reproducteurs d'automne en amont des rapides Gull pourraient être touchées, de sorte que les répercussions sur le grand corégone seront probablement plus importantes que ne le prévoyait l'EIE. De plus, on pense que le grand corégone du lac Stephens fraie à l'intérieur ou en aval des rapides Gull et qu'il peut également frayer le long du batardeau du canal de fuite de la centrale. Par conséquent, le retrait prévu du batardeau du canal de fuite à l'hiver 2020 entraînera probablement une mortalité élevée chez les œufs de grand corégone pondus en aval à l'automne 2019, ce qui représente une autre incidence dont l'ampleur dépasse celle prévue dans l'EIE.

Outre le grand corégone, la lotte (*Lota lota*) et le cisco de lac (*Coregonus artedii*), qui sont importants pour la biodiversité de la communauté de poissons, sont des reproducteurs d'automne (cisco) ou d'hiver (lotte) et sont donc susceptibles d'être également affectés. La surveillance de la communauté de poissons dans le plan de surveillance [Keeyask Generation Project Aquatic Effects Monitoring Plan](#) ne surveille que l'état des populations de doré jaune, de grand brochet et de grand corégone. Les répercussions sur la lotte et le cisco ne seront donc probablement pas détectées.

Le batardeau du canal de fuite de la centrale a été érigé pour permettre la construction au sec du canal de fuite et de l'habitat de frai de compensation de l'esturgeon jaune (p. 2, S.2.1 du document EnvR-Environmental Review Change in Timing Water-Up and Impoundment). Pour permettre la mise en service d'une ou de plusieurs turbines à un moment donné, le batardeau sera démantelé par étapes, probablement à partir du coin sud-est, en progressant vers le nord le long du tronçon nord-sud du batardeau en direction de la rive nord. Avec les nouvelles modifications apportées au calendrier, seulement 100 m seraient retirés avant la mi-mai (15 mai 2020), ce qui offrirait à l'esturgeon jaune un accès très réduit à l'habitat de frai de compensation. D'après la vitesse du courant, il est possible que l'esturgeon jaune fraie le long de la partie sud-est du batardeau, lorsque la température de l'eau atteindra environ 10 °C à la fin de mai ou au début de juin dans le fleuve Nelson (p. 6, S.4.2 du document EnvR-Environmental Review Change in Timing Water up and Impoundment). L'habitat de frai à l'angle sud-est du batardeau du canal de fuite sera détruit et les esturgeons jaunes reproducteurs de 2020 n'y auront plus accès. Étant donné qu'il est possible que l'habitat de frai de compensation ne soit pas entièrement accessible en 2020, le succès du frai pourrait en souffrir.

En raison de l'incertitude élevée de la modélisation hydrodynamique dans les conditions de glaces, de l'ampleur subséquente des changements apportés à l'environnement physique (c.-à-d. érosion par la glace, frasil et glace de fond, débris et charge sédimentaire, changements dans la turbidité) par la modification de la date de mise en eau et de la mauvaise compréhension de l'écologie hivernale des poissons et des invertébrés du Nord, il est impossible d'affirmer qu'il n'y aura pas d'effets supplémentaires provoqués par le report de la mise en eau sur les poissons et leur habitat. Il est probable que cet important changement dans l'environnement au cours d'une période où les poissons sont potentiellement plus vulnérables

aura des répercussions sur le succès du frai et les effets sublétaux sur la valeur adaptative, en plus d'accroître les risques de mortalité pour les œufs, les juvéniles et les poissons adultes.

Recommandations

- Effectuer une analyse des échantillons de lotte et de cisco de lac obtenus lors des activités de surveillance de la communauté de poissons dans le cadre du plan de surveillance [Keeyask Generation Project Aquatic Effects Monitoring Plan](#).
- Maximiser l'accès à l'habitat de frai de compensation créé pour l'esturgeon jaune.

3.3 Monitoring

Le plan de surveillance proposé et les mesures supplémentaires sont généralement bien énoncés. Les enregistreurs de surface de l'eau sont situés à des endroits clés précis jugés nécessaires pour surveiller les variations dans l'élévation de la surface de l'eau. La fréquence, la durée et le moment proposés de la surveillance des niveaux d'eau hivernaux pendant la mise en eau du chantier et la mise en eau du réservoir sont généralement adéquats pour surveiller les variations prévues aux niveaux d'eau. Toutefois, on suggère encore d'autres emplacements pour effectuer la surveillance, notamment les confluences des affluents, les ruisseaux Two-Goose et Portage (figure 7), pendant la mise en eau du réservoir, afin de documenter les variations des niveaux d'eau et la surface inondée le long des ruisseaux, car aucun autre résultat de modélisation n'a été fourni outre ceux concernant les rives du fleuve Nelson.

Il faut établir de manière plus précise les seuils servant à déterminer l'interruption de la mise en eau du chantier ou de la mise en eau du réservoir, si les niveaux d'eau en amont dépassent les prévisions. Il faut ajouter au plan de surveillance les mécanismes et les mesures d'intervention visant à déterminer la rapidité avec laquelle les processus de mise en eau du chantier ou de mise en eau du réservoir peuvent être interrompus. Il est recommandé de comparer les paramètres de surveillance, notamment le débit et l'élévation de la surface de l'eau, aux prévisions de modélisation pendant et après la mise en eau du réservoir.

Le plan de surveillance des modifications proposées était entièrement axé sur les niveaux d'eau et ne déterminera donc pas les effets provoqués par la modification du moment de mise en eau du réservoir sur les poissons et leur habitat. Le plan initial de surveillance environnementale des effets sur les milieux aquatiques ne précise pas clairement quels renseignements sont recueillis au sujet de la lotte et du cisco de lac. Tous les poissons capturés au moyen de la méthode du filet maillant doivent être documentés au cours de la période de surveillance. Compte tenu de l'incertitude supplémentaire concernant la survie des classes d'âge 2019 et 2020, il est recommandé d'effectuer une surveillance au moins trois ans après la mise en eau du réservoir et de maximiser le nombre de sites échantillonnés pour détecter les changements dans l'abondance des poissons.

Recommandations

- Le plan de surveillance actuel [Keeyask Generation Project Aquatic Effects Monitoring Plan](#) est suffisant pour la surveillance des effets sur la survie des classes d'âge 2019 et 2020. Toutefois, le Secteur des sciences du MPO recommande que tous les poissons capturés au moyen de la méthode du filet maillant soient documentés au cours de la période de surveillance. Il est également recommandé d'effectuer une surveillance au moins trois ans après la mise en eau du réservoir et de maximiser le nombre de sites échantillonnés pour détecter les changements dans l'abondance des poissons.

Sources d'incertitude

Plusieurs sources d'incertitude ont été soulignées à la section 3.1 en ce qui concerne l'examen du modèle hydrodynamique.

Les documents d'examen disponibles n'avaient pas prévu les préoccupations concernant l'inondation des affluents à des niveaux d'eau élevés, et ce, sur des tronçons non préparés à être inondés. Par conséquent, l'incertitude persiste au sujet de l'étendue spatiale des inondations et du risque associé à l'augmentation à un niveau plus élevé que celui prévu dans l'EIE des niveaux de mercure dans les poissons du lac Gull et, dans une moindre mesure, dans ceux du lac Stephens. De plus, le Secteur des sciences du MPO ne sait pas avec certitude quelles seraient l'ampleur et l'incidence de débris supplémentaires sur le réseau hydrographique si les niveaux d'eau dépassent ceux des prévisions, particulièrement au-dessus des zones défrichées.

La modification actuelle portait sur le calendrier de mise en service des première et deuxième turbines. Toutefois, on ne sait pas exactement quand les turbines trois à sept seront mises en service, quels seront les effets sur les niveaux et les débits d'eau, et dans quelle mesure ce moment est lié à des périodes biologiquement importantes (p. ex. frai de l'esturgeon jaune).

4.0 Conclusions

Le Secteur des sciences du MPO reconnaît la quantité de travaux préliminaires que le promoteur a effectués pour décrire les répercussions d'une modification du moment de la mise en eau du chantier et de la mise en eau du réservoir. Les objectifs de cet examen étaient d'évaluer les résultats prévus par le modèle hydrodynamique du promoteur, de déterminer d'autres effets potentiels susceptibles de se produire avec la mise en eau en période hivernale, d'examiner les mesures d'atténuation et de surveillance proposées et enfin, au besoin, de recommander des renseignements supplémentaires nécessaires pour compléter l'évaluation. Plus précisément, l'examen détaillé dans la présente réponse des Sciences en arrive aux conclusions suivantes:

- La principale préoccupation est que la modélisation hydrodynamique a été effectuée pour les conditions d'eau libre, mais qu'elle a été appliquée dans des conditions de glaces pour déterminer les variations des niveaux d'eau aux différentes étapes de la mise en eau et l'étendue approximative des zones qui seraient touchées.
- En raison de l'incertitude quant à l'exactitude des résultats de l'étalonnage et de la simulation du modèle, comme nous l'avons expliqué en détail ci-dessus, le degré de confiance à l'égard de l'exactitude des élévations de la surface de l'eau est faible, particulièrement à proximité de la pente abrupte du lit en amont des rapides Birthday en aval du lac Gull. En l'absence d'un modèle approprié, la surveillance en temps réel permettrait également une gestion adaptative et un meilleur temps de réponse.
- Les préoccupations relatives à une mise en eau à la fin de mars ou au début d'avril sont axées sur les conditions de glaces, les niveaux d'eau et leurs répercussions sur les poissons et leur habitat. En particulier, les effets négatifs potentiels sur deux classes d'âge de poissons frayant à l'automne et à l'hiver (c.-à-d. les œufs d'hiver existants et l'activité de frai automnal de 2020) dépassent les effets initialement prévus dans l'EIE. On se préoccupe également des effets qu'auront des déplacements importants sur la valeur adaptative et le potentiel de survie des poissons à la fin de leur période d'hivernage, lorsqu'ils sont léthargiques et que leurs réserves d'énergie sont minimales.

Région du Centre et de l'Arctique

- Le promoteur a écarté les préoccupations concernant l'incidence du moment de mise en eau sur l'augmentation de l'érosion par la glace, de l'érosion, des débris et des charges sédimentaires, ainsi que son effet potentiel sur les poissons et leur habitat, en raison de la fragilité de la glace et du sol gelé au moment de la mise en eau. Le Secteur des sciences du MPO n'est pas convaincu de cette affirmation et recommande que la charge des sédiments et des débris soit surveillée pendant la mise en eau et qu'un plan d'atténuation soit établi si ces facteurs deviennent préoccupants.

5.0 Collaborateurs

- Joclyn Paulic, Secteur des sciences du MPO, région du Centre et de l'Arctique (Présidente)
- Eva Enders, Secteur des sciences du MPO, région du Centre et de l'Arctique
- Haitham Ghamry, Secteur des sciences du MPO, région du Centre et de l'Arctique
- Justin Shead, Secteur des sciences du MPO, région du Centre et de l'Arctique
- Karen Smokorowski, Secteur des sciences du MPO, région du Centre et de l'Arctique
- Doug Watkinson, Secteur des sciences du MPO, région du Centre et de l'Arctique

6.0 Approuvé par

Lianne Postma, région du Centre et de l'Arctique, gestionnaire de division par intérim

Gavin Christie, région du Centre et de l'Arctique, directeur régional des sciences par intérim
(10 mars 2020)

7.0 Sources de renseignements

- Bergeron, N., and Enders, E.C. 2013. Fish response to freeze-up. *In* River Ice Formation. Chapter 12. Edited by S. Beltaos. Canadian Geophysical Union, Hydrology Section, Committee on River Ice Processes and the Environment, Edmonton, AB. pp. 411–432.
- Carson, R., Beltaos, S., Groeneveld, J., Healy, D., She, Y., Malenchak, J., Morris, M., Saucet, J.-P., Kolerski, T., and Shen, H.T. 2011. [Comparative testing of numerical models of river ice jams](#). *Can. J. Civil Eng.* 38(6): 669–678.
- Groeneveld, J., Malenchak, J., and Morris, M. 2017. [Numerical model studies of ice conditions during the design and construction of the Keeyask Generating Station](#). Proceedings of the 19th Workshop on the Hydraulics of Ice Covered Rivers, Session 9. Canadian Geophysical Union, Hydrology Section, Committee on River Ice Processes and the Environment, Whitehorse, Yukon. 14 p.
- Lindenschmidt, K.E. 2017. [RIVICE—A non-proprietary, open-source, one-dimensional river-ice model](#). *Water* 9(5): 314.
- Liu, L., Li, H., and Shen, H.T. 2006. [A two-dimensional comprehensive river ice model](#). *In* Proceedings of the 18th IAHR International Symposium on ice, Sapporo, Japan 28 August–1 September 2006. Edited by H. Saeki. Hokkaido University, Sapporo, Japan. pp. 69–76.
- Newbury, R.W. 1969. The Nelson River: a study of subarctic river processes. Thesis (Ph.D.) Johns Hopkins University, Baltimore, MD. 338 p.

- Williams, J.J., and Esteves, L.S. 2017. [Guidance on setup, calibration, and validation of hydrodynamic, wave, and sediment models for shelf seas and estuaries](#). Adv. Civil Eng. 2017: 1–25.
- Zare, S.G., Moore, S.A., Rennie, C.D., Seidou, O., Groeneveld, J., and Ahsan, R. 2013. Verification of a river ice process model using continuous field measurements. Proceedings of the 2013 IAHR Congress. Tsinghua University Press, Beijing, China. 12 p.

Le présent rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Centre et de l'Arctique
Pêches et Océans Canada
Adresse postale complète du bureau du CAS

Téléphone : (204) 983-5232

Courriel : xcna-csa-cas@dfo-mpo.gc.ca

Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-3815

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2020



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2020. Examen scientifique de la modification du moment de mise en eau dans le cadre du projet de centrale hydroélectrique Keeyask. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2020/035.

Also available in English:

DFO. 2020. Science Review of the Change in Timing of Impoundment for the Keeyask Generation Project. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2020/035.