



ÉVALUATION DU DÉBIT MINIMAL REQUIS POUR LE POISSON ET L'HABITAT DU POISSON DANS LA RIVIÈRE SASKATCHEWAN EN AVAL DE LA STATION HYDROÉLECTRIQUE E.B. CAMPBELL

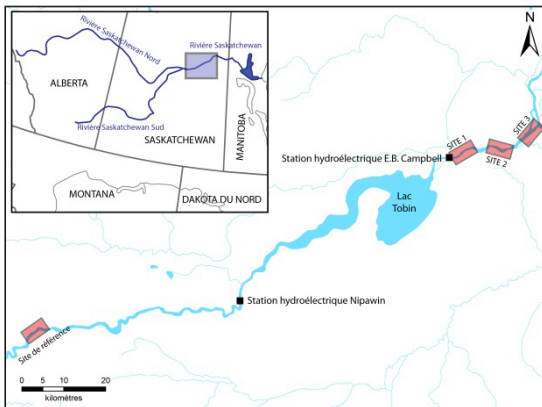


Figure 1. Carte de l'emplacement des sites d'étude sur la rivière Saskatchewan, Saskatchewan (tirée de Enders et al. 2017).



Figure 2. Petits poissons échoués à environ 6 h 50 le 21 juillet 2005 dans un chenal latéral du site 2 (mention de la source des photos : D. Watkinson).

Contexte: La station hydroélectrique E.B. Campbell, détenue et exploitée par SaskPower, est une installation de lâché d'eau lié à la demande de pointe située sur la rivière Saskatchewan (figure 1). Le Programme de protection des pêches (PPP) de Pêches et Océans Canada (MPO) cherche à obtenir des avis scientifiques concernant le débit minimal requis (DMR) pour aider à établir une nouvelle autorisation en vertu de la Loi sur les pêches, notamment des mesures visant à éviter, à atténuer et à compenser les dommages sérieux causés au poisson et l'habitat du poisson découlant des activités courantes de l'installation existante.

La présente autorisation en vertu de la Loi sur les pêches comprend un débit minimal de $75 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ et a fait l'objet d'une étude de recherche (menée du mois d'avril 2005 jusqu'au mois de mars 2007) pour évaluer les effets sur l'habitat du poisson. Les résultats de cette étude, ainsi des rapports, données et publications supplémentaires ont été résumés dans un rapport du MPO de 2008 non publié. En mars 2012, le MPO a publié une directive nationale concernant le débit minimal requis (c.-à-d. +/-10 % du débit instantané; 30 % du débit annuel moyen); mais a toutefois précisé que lorsque les données sont accessibles, il faut effectuer un examen technique plus détaillé sur l'efficacité des seuils recommandés, en particulier pour les cas de lâché d'eau lié à la demande de pointe (MPO 2013). Le PPP a demandé au Secteur des sciences du MPO de mettre à jour son rapport de 2008 non publié sur les effets de la régulation du débit de la station hydroélectrique E.B. Campbell sur le poisson et l'habitat du poisson et de formuler des recommandations en ce qui a trait au débit minimal requis.

Le présent avis scientifique vise à évaluer le débit minimal requis pour le poisson et l'habitat du poisson dans la rivière Saskatchewan, en aval de la station hydroélectrique E.B. Campbell et sur la détermination de mesures d'évitement, d'atténuation et de surveillance. Le présent avis scientifique découle de la réunion d'examen par les pairs de l'évaluation du débit minimal requis pour le poisson et l'habitat du poisson dans la rivière Saskatchewan en aval de la station hydroélectrique E.B. Campbell tenue les 9 et 10 mai 2018. Toute autre publication découlant de ce processus sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, dans le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada](#).

SOMMAIRE

- Le régime de débit naturel du réseau hydrographique de la rivière Saskatchewan est fortement touché par les effets cumulatifs de plusieurs réservoirs (le lac Diefenbaker, le lac Abraham et le réservoir Brazeau), l'extraction d'eau à des fins agricoles en Alberta et en Saskatchewan et la dérivation d'eau vers les rivières Milk et Qu'Appelle. La gestion de l'eau en amont a un impact direct sur sa disponibilité pour la station hydroélectrique E.B. Campbell (EBC) et sur son réservoir, le lac Tobin, ce qui fait qu'il est plus difficile d'isoler les effets directs de l'installation de lâché d'eau lié à la demande d'EBC sur le poisson qui se trouve en aval.
- Il serait préférable pour le poisson et l'habitat du poisson que le poisson puisse retourner à l'hydrographie naturelle sans avoir à franchir d'obstacles. Cependant, puisque la EBC va rester opérationnelle, les avis scientifiques sont axés sur les débits instantanés minimaux et les taux de variation du débit et présentent une série de mesures d'atténuation possibles pour réduire les risques pour le poisson et l'habitat du poisson.
- L'utilisation de pourcentages de débit entrant plutôt que de valeurs absolues de débits instantanés minimaux comme critères d'écoulement en aval pourrait s'avérer plus efficace pour maintenir les profils temporels et saisonniers de l'hydrographie naturelle.
- Il est recommandé que le débit minimal en aval d'EBC ne soit jamais inférieur à 95 % de dépassement du débit naturel selon l'historique des débits entre 1912 et 1963.
- Pendant les périodes d'importance biologique 2 et 3 (c.-à-d. du 30 avril au 24 juillet), des débits minimums plus élevés aideront à protéger les périodes de frai de la plupart des espèces de la rivière Saskatchewan. L'augmentation des débits minimaux entraînera une réduction des limites de variation du débit, et donc une diminution du potentiel de lâché d'eau lié à la demande de pointe. Cette réduction des lâchés d'eau liés à la demande de pointe améliorera probablement l'incubation des œufs et la dérive des larves au cours des périodes d'importance biologique 2 et 3, tout en réduisant le risque d'échouement pendant toutes les périodes d'importance biologique.
- L'esturgeon jaune (*Acipenser fulvescens*) est une espèce importante sur le plan culturel. Il est actuellement désigné comme espèce en voie de disparition en vertu du COSEPAC et est à l'étude pour faire partie des espèces protégées par la *Loi sur les espèces en péril*. Pour protéger le recrutement de l'esturgeon jaune, des valeurs absolues de débit minimum instantané de plus de $700 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, des débits quotidiens moyens de plus de $800 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (pas un pourcentage) et une réduction des débits de pointe quotidiens pendant les deux semaines de la période de frai (deux premières semaines de la période d'importance biologique) sont recommandés. Étant donné la longévité de l'esturgeon jaune, un recrutement réussi n'est pas nécessaire chaque année pour maintenir une structure de population durable. Les débits instantanés minimaux mentionnés ci-dessus ne sont donc pas nécessaires chaque année, mais au cours des années où de tels débits sont possibles, ceux-ci ils doivent coïncider avec les périodes de frai de l'esturgeon jaune.
- Les lâchés d'eau liés à la demande de pointe entraînent des variations de débit beaucoup plus importantes que celles qui se produisent naturellement en une journée. Avec les règles de débit de pointe et de débit minimal actuelles, des poissons s'échouent tous les jours en aval d'EBC. La diminution rapide du débit entraînée par les lâchés d'eau liés à la demande de pointe augmente les risques d'échouage du poisson près du barrage (figure 2). Les débits inférieurs à $500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ entraînent les plus grandes variations de superficie utilisable

pondérée. Les procédures de diminution graduelle du débit (commençant à $500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) sur une période de temps prolongée sont recommandées pour atténuer l'échouage du poisson. Il faudrait entreprendre des recherches scientifiques et effectuer une surveillance pour orienter l'élaboration de stratégies visant à réduire le risque d'échouage.

- Les débits supérieurs à $1\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ suscitent des inondations et une connectivité supplémentaires dans le delta de la rivière Saskatchewan, ainsi que le potentiel d'augmenter la productivité des pêches. Il ne faut donc pas éviter ces débits élevés en stockant de l'eau dans les réservoirs qui se trouvent en amont.
- Le lac Diefenbaker, le réservoir Codette et le lac Tobin agissent comme des pièges à sédiments, ce qui entraîne un appauvrissement en sédiments en aval d'EBC et, finalement, dans le delta de la rivière Saskatchewan. Cet appauvrissement en sédiments entraîne le pavage et l'encaissement du lit de la rivière ainsi que le perchement des affluents et des chenaux latéraux (p. ex. Old Channel). La quantité et la qualité de l'eau (y compris les nutriments) doivent donc être prises en considération pour le poisson et l'habitat du poisson. Des mesures d'atténuation pourraient être envisagées pour permettre le renouvellement des sédiments.
- Le stockage d'eau le long de la rivière Saskatchewan fait en sorte que la température de l'eau ne suit plus son régime thermique naturel. Peu de données relatives à la température étaient disponibles dans le cadre de cet examen. Cependant, les prises d'eau des turbines d'EBC libèrent des eaux superficielles et non des eaux froides provenant du fond du réservoir. La température de l'eau ne varie donc pas beaucoup en amont et en aval de la station.
- Le concept de période d'importance biologique a été élaboré pendant un atelier tenu en 2005 à Prince Albert, Saskatchewan, avec un groupe d'experts utilisant la méthode Delphi. Quoique le concept de périodes d'importance biologique soit considéré comme acceptable, on pourrait étudier davantage la possibilité de modifier ces périodes en effectuant un lien entre la date où elles débutent et la température mesurée de l'eau.
- Aucun renseignement sur la couverture de glace à la surface, la dynamique de la glace, le frazil et la formation de glace de fond n'a été passé en revue, ce qui est considéré comme une lacune relative aux données. De plus, un nombre considérable d'incertitudes a été soulevé en raison du manque de surveillance du réseau hydrographique de la rivière Saskatchewan et d'études de terrain sur le sujet.
- Un modèle holistique de gestion de l'eau et des sédiments du réseau hydrographique de la rivière Saskatchewan est nécessaire pour protéger l'importance écologique du delta de la rivière Saskatchewan.
- Il est recommandé de mieux consigner les connaissances écologiques traditionnelles afin d'obtenir de précieux renseignements sur le poisson et l'habitat du poisson dans le delta de la rivière Saskatchewan.

INTRODUCTION

Le Programme de protection des pêches de Pêches et Océans Canada gère les effets sur la productivité des pêches liés à la dégradation ou la perte de l'habitat et aux modifications du passage du poisson et du débit. En ce qui concerne les projets pour lesquels des effets sont prévus sur la productivité des pêches, le Programme de protection des pêches administre des lettres d'avis ou des autorisations en vertu de la *Loi sur les pêches*. Ces documents fournissent des directives sur les façons d'éviter ou d'atténuer tout effet et ils comportent des exigences en

matière de restauration et de compensation lorsque les effets sont inévitables et ne peuvent être entièrement atténués.

La station hydroélectrique E.B. Campbell, détenue et exploitée par SaskPower, est une installation de lâché d'eau lié à la demande de pointe située sur la rivière Saskatchewan dans les environs de Nipawin, en Saskatchewan (figure 1). SaskPower a demandé une nouvelle autorisation en vertu de la *Loi sur les pêches*, car son autorisation actuelle expire en juin 2018. Par conséquent, le Programme de protection des pêches cherche à obtenir des avis scientifiques concernant le débit minimal requis pour aider à établir une nouvelle autorisation en vertu de la *Loi sur les pêches*, notamment des mesures visant à éviter, à atténuer et, au besoin, à compenser la mort de poissons et les modifications à l'habitat du poisson découlant des effets courants et nouvellement connus des activités de l'installation existante.

LaEBC a été mise en service en 1963. Elle a été exploitée comme installation de lâché d'eau lié à la demande de pointe sans aucune exigence minimale en matière de débit jusqu'au 7 septembre 2004. Le débit instantané à la EBC peut varier entre environ $0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et environ $1\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ lors d'une journée donnée. Les débits provenant du lac Tobin qui sont supérieurs à environ $1\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ sont évacués par le canal de trop-plein, un tronçon d'environ 5,6 km du chenal qu'empruntait la rivière avant 1963 et qui est maintenant contourné par la EBC. En 2003, la gestion de l'habitat du poisson (ou GHP, maintenant appelé PPP) de Pêches et Océans Canada (MPO) et SaskPower ont terminé des négociations en vue de résoudre une DDHP (détérioration, destruction ou perturbation de l'habitat) continue du poisson et de l'habitat du poisson dans la rivière Saskatchewan, en aval d'EBC. Ces négociations ont abouti à la délivrance d'une autorisation formelle du MPO en vertu du paragraphe 35 (2) et de l'article 32 de la *Loi sur les pêches*, entrée en vigueur le 30 août 2005. L'une des conditions de cette autorisation était un débit instantané minimal de $75 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ afin de réduire les risques d'échouement du poisson en aval.

En outre, une entente de partenariat dans le domaine de la recherche a été élaborée entre SaskPower, la GHP du MPO, le Secteur des Sciences du MPO, Saskatchewan Environment, la Saskatchewan Watershed Authority et l'Université de Regina afin d'étudier les effets sur le poisson et l'habitat du poisson de la nouvelle activité de lâché d'eau lié à la demande de pointe pour les débits minimaux de $75 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Les recherches menées dans le cadre de cette entente de partenariat se sont déroulées du mois d'avril 2005 au mois de mars 2007 et ont donné lieu à un rapport du MPO en 2008, lequel n'a pas été publié.

En mars 2012, le Secteur des sciences du MPO a publié une directive nationale concernant le débit minimal requis (c.-à-d. +/-10 % du débit instantané; 30 % de l'écoulement annuel moyen), mais a toutefois précisé que lorsque les données sont accessibles, il faut effectuer un examen technique plus détaillé sur l'efficacité des seuils recommandés (MPO 2013). L'objectif de cette réunion régionale d'examen par les pairs était donc de décrire les effets des règlements relatifs au débit d'EBC sur le poisson et l'habitat du poisson en aval de la station, ainsi que de formuler des recommandations sur le débit minimal requis en compilant les données et les renseignements figurant dans le rapport du MPO non publié (2008), dans des rapports supplémentaires de consultants rédigés dans le cadre d'études réalisées par SaskPower, ainsi que de publications scientifiques récentes. L'évaluation a plus particulièrement porté sur :

1. La description des périodes d'importance biologique et les indices de qualité de l'habitat pour les principales espèces de poisson de la rivière Saskatchewan;
2. L'analyse des changements de l'hydrographie naturelle causés par la gestion du débit de la rivière Saskatchewan;

3. La synthèse des effets des modifications du débit sur le poisson, sur l'habitat du poisson et sur l'écosystème et la morphologie du chenal de la rivière Saskatchewan en aval d'EBC;
4. La formulation de recommandations en vue d'apporter des ajustements aux activités relatives au débit dans le but de minimiser les effets sur le poisson et l'habitat du poisson, ainsi qu'en matière de mesures d'atténuation et de compensation.

Le présent avis scientifique résume les conclusions et les avis découlant de la réunion d'examen par les pairs qui a eu lieu les 9 et 10 mai 2018 à Winnipeg, au Manitoba. Le document de recherche combine la collecte de données sur le terrain et la modélisation de l'habitat avec des renseignements provenant de la littérature scientifique, les détails techniques et une liste complète de références pour appuyer l'avis (Watkinson *et al.* 2019). Les discussions tenues durant la réunion sont consignées dans le compte rendu (MPO 2019).

Modification du débit dans le réseau hydrographique de la rivière Saskatchewan

La rivière Saskatchewan, d'une longueur de 550 km, est une rivière d'importance du centre du Canada. Elle s'écoule vers l'est et traverse les provinces de la Saskatchewan et du Manitoba, pour se jeter dans le lac Winnipeg (figure 1). Par ses affluents (la rivière Saskatchewan Nord et la rivière Saskatchewan Sud), le bassin hydrographique de la rivière Saskatchewan, d'une superficie de 335 900 km², englobe la majeure partie des régions des Prairies du centre du Canada, s'étirant vers l'ouest jusqu'aux montagnes Rocheuses en Alberta et dans le Nord-Ouest du Montana, aux États-Unis.

Le régime de débit naturel du réseau hydrographique de la rivière Saskatchewan est fortement touché par les effets cumulatifs de plusieurs barrages se trouvant sur la rivière Saskatchewan Sud (le barrage Gardiner) et la rivière Saskatchewan Nord (p. ex. les barrages Bighorn et Brazeau), l'extraction d'eau à des fins agricoles en Alberta et en Saskatchewan et la dérivation d'eau vers les rivières Milk et Qu'Appelle. La gestion de l'eau en amont a donc un effet direct sur sa disponibilité pour la EBC et son réservoir (le lac Tobin), car il s'agit de l'installation se trouvant le plus en aval de tout le réseau en Saskatchewan.

La EBC est dotée de huit groupes de turbines au total, et sa puissance génératrice combinée est de 289 MW. La construction du barrage a créé un réservoir artificiel, le lac Tobin, et elle a entraîné la modification des débits et des niveaux d'eau dans la rivière Saskatchewan, en amont et en aval du barrage. La centrale électrique est exploitée en tant qu'installation de lâché d'eau lié à la demande de pointe pour équilibrer les fluctuations quotidiennes et horaires de la demande électrique en Saskatchewan. La centrale électrique a donc été utilisée comme installation de lâché d'eau lié à la demande de pointe jusqu'en 2004, avec un débit variant entre 0 et 1000 m³·s⁻¹. Lorsque le débit de l'eau provenant du lac Tobin dépasse 1000 m³·s⁻¹, l'eau en trop est évacuée par un canal de trop-plein dans un tronçon d'environ 5,6 km de l'ancien chenal de la rivière. Le 7 septembre 2004, les activités ont été modifiées afin d'assurer un débit minimal de 75 m³·s⁻¹, et le débit de la station va maintenant de 75 à 1000 m³·s⁻¹. Les lâchés d'eau liés à la demande de pointe ont lieu à une fréquence quotidienne, avec des débits moyens minimaux de 75 m³·s⁻¹, des débits maximaux de 300 à 1000 m³·s⁻¹ et des taux moyens de modification du débit de 18,8 à 77,1 m³·s⁻¹ de l'heure, ce qui entraîne des changements du niveau de l'eau allant jusqu'à 150 cm·h⁻¹. Le dossier hydrographique complet est disponible en ligne en temps réel, sur le site Web d'[Environnement et Changement climatique Canada](#). Une série chronologique illustrant les variations de débit pendant une semaine est présentée à la figure 3 pour donner un exemple des variations quotidiennes du débit en aval de la EBC.

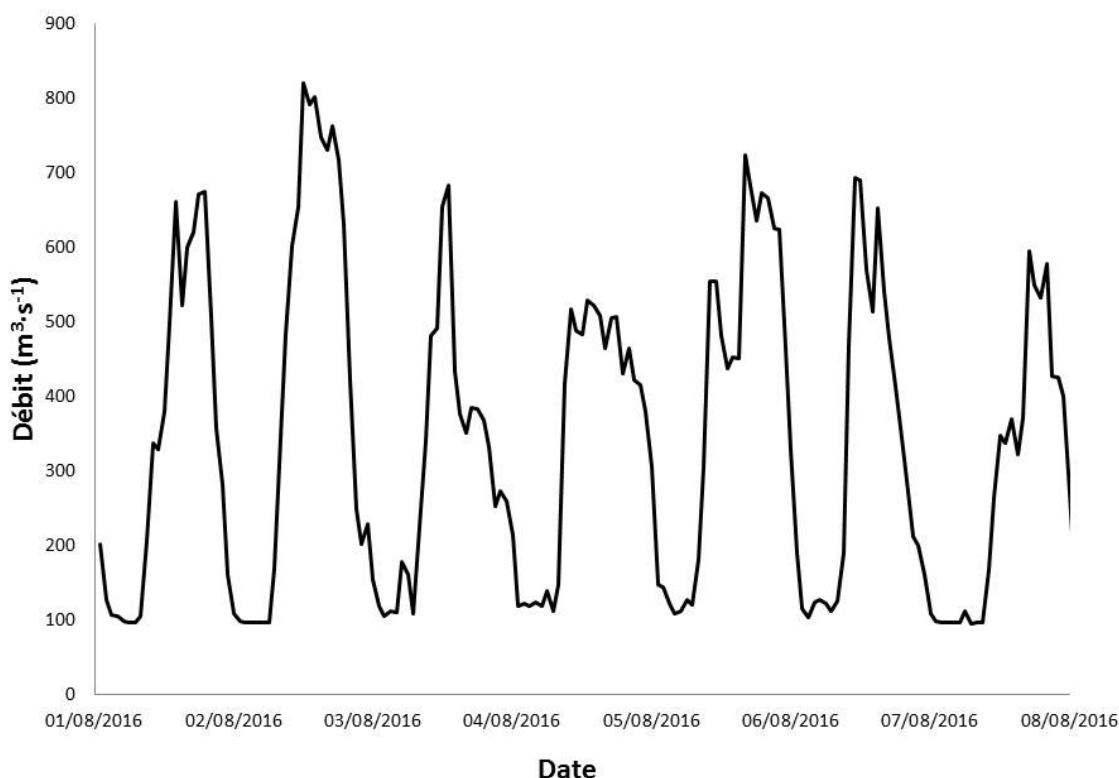


Figure 3. Exemple d'hydrographie quotidienne en aval de la station hydroélectrique E.B. Campbell pour la première semaine du mois d'août 2016.

Les changements relatifs à l'hydrographie ont des effets importants sur le delta de la rivière Saskatchewan, qui est l'un des plus importants deltas alluviaux actifs en eaux intérieures de l'Amérique du Nord. Le delta est composé de zones humides, de lacs peu profonds et de chenaux de rivières actifs et abandonnés. La diversité des zones humides combinée au réseau de cours d'eau, aux écosystèmes des lacs et à la végétation terrestre fait du delta de la rivière Saskatchewan l'une des régions du Canada les plus riches en ce qui concerne l'abondance et la diversité de la faune, en particulier les grands mammifères (p. ex. orignal, ours noir), les mammifères à fourrure (p. ex. rat musqué, castor) et le poisson (Abu et al. 2018). Le delta de la rivière Saskatchewan est une zone désignée importante pour la conservation des oiseaux à l'échelle mondiale à cause de sa grande concentration en sauvagine, et on estime qu'il abrite un demi-million d'oiseaux sauvages pendant la période de reproduction. Le delta de la rivière Saskatchewan sert aussi de site de transition important au printemps et en automne pour la sauvagine et d'autres oiseaux aquatiques à l'aller et au retour de leur migration entre les régions boréales nordiques et arctiques du Nord. Plusieurs de ces espèces ont une importance vitale pour les peuples autochtones qui dépendent de la pêche, de la chasse et du piégeage comme moyen d'existence. Le delta de la rivière Saskatchewan commence à environ 100 km en aval de la EBC. La plus grande part de son approvisionnement en eau est assurée par la rivière Saskatchewan.

Le delta de la rivière Saskatchewan est formé par le dépôt de sédiments provenant de la rivière dans un plan d'eau permanent. Au fil de l'évolution du delta, avec le temps, les chenaux principaux de la rivière Saskatchewan ont souvent changé de cours (avulsion) dans le cadre du processus d'évolution normal du delta. Dans les années 1870, le cours de la rivière a subi une

avulsion probablement due à un embâcle et a presque abandonné le chenal « Old Channel », qui n'achemine plus que 5 à 10 % du débit annuel de la rivière (Smith et Perez-Arlucea 2008). Le nouveau chenal de la rivière Saskatchewan a depuis été consolidé par une série d'anciens chenaux actifs. Le lac Cumberland est le plus grand du delta de la rivière Saskatchewan et les effets de l'avulsion ont été observés par des autochtones qui utilisent ce secteur. Le lac Cumberland est devenu moins profond, passant de profondeurs de plus de 6 m avant l'avulsion aux profondeurs moyennes actuelles de moins de 1,5 m (Smith et al. 1998).

ÉVALUATION

Dynamique des communautés de poissons

Les lâchés d'eau liés à la demande de pointe peuvent avoir des effets considérables sur la quantité et la qualité de l'habitat du poisson. Les conséquences peuvent être directes (p. ex. abandon de l'habitat, échouement et mortalité) ou indirectes (p. ex. mouvement volontaire, déplacement en aval, épuisement des sources de nourriture et augmentation du stress physiologique). Peu après la mise en œuvre d'un débit instantané minimal en septembre 2004, une étude a été menée entre les mois d'avril 2005 et avril 2006 pour analyser l'abondance du poisson, la composition de la communauté, la structure de l'effectif de la population et le taux de croissance dans le réseau hydrographique de la rivière Saskatchewan. Dans le cadre de cette étude, la composition en espèces de poissons et la distribution des poissons en fonction de leur âge et de leur taille en aval d'EBC ont été comparées avec les résultats d'un site de référence se trouvant en amont du réservoir (figure 1).

On a prélevé un total de 5 194 poissons appartenant à 19 espèces différentes (Enders et al. 2017). 72,6 % des poissons capturés étaient des Chevaliers rouges (*Moxostoma macrolepidotum*) et des Meuniers noirs (*Catostomus commersonii*). L'étude a révélé que la diversité des espèces était moins prononcée dans les sites se trouvant directement en aval d'EBC que dans le site de référence et dans un site se trouvant à 20 km en aval du barrage (le site 3). Bien que toutes les classes d'âge aient été présentes au site de référence, on a observé très peu de poissons juvéniles dans les sites d'étude se trouvant en aval de la station hydroélectrique E.B. Campbell. La structure de la taille des poissons de la communauté se trouvant en aval de la station hydroélectrique E.B. Campbell est donc biaisée en faveur des poissons de plus grande taille (Enders et al. 2017). Il s'agit d'une conséquence probable des effets d'EBC sur l'échouement du poisson, qui réduit la capacité des poissons juvéniles à utiliser l'habitat se trouvant en aval d'EBC (Enders et al. 2017).

Il est important de relever que cette étude a été effectuée environ 9 mois après la mise en œuvre d'un débit minimal de $75 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. En conséquence, pendant cette brève période, il a été impossible pour la population de poissons, et plus particulièrement pour les poissons juvéniles de petite taille, de s'adapter et de se déplacer vers les secteurs se trouvant en aval de la centrale électrique. Les résultats observés sont probablement dus aux activités extrêmes de lâché d'eau lié à la demande de pointe qui ont eu lieu auparavant sur la rivière Saskatchewan. On peut s'attendre à ce que les différences entre les différents sites en matière de composition de poisson aient changé, car la disponibilité de l'habitat est maintenant moins variable, quoiqu'elle soit toujours extrême en comparaison avec l'hydrographie naturelle. Il est possible qu'avec la mise en œuvre d'un débit minimal de $75 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, l'utilisation de l'habitat du poisson soit maintenant fort différente de ce qui a été observé immédiatement après l'implantation de cette mesure, en 2005.

Modélisation de l'habitat

Pour modéliser l'habitat du poisson, des périodes d'importance biologique ont été définies et des indices de qualité de l'habitat (IQH) ont été élaborés pour les poissons de la rivière Saskatchewan. Les périodes d'importance biologique sont des périodes où un stade biologique donné se présente ou survient dans un habitat en particulier et pour lesquelles la modélisation de l'habitat pour ce stade biologique est pertinente. L'indice de qualité de l'habitat (IQH) est un indice couramment utilisé pour décrire la qualité de l'habitat du poisson (Bovee 1986). Un IQH peut s'appuyer sur le jugement professionnel ou sur des études publiées sur le cycle biologique (catégorie I), sur des données relatives à l'utilisation de l'habitat en fonction de la fréquence de l'existence de l'habitat dans les conditions réellement utilisées par différentes espèces et divers stades biologiques dans un cours d'eau (catégorie II), ou sur des données relatives à la préférence de l'habitat qui combinent l'analyse de la fréquence de catégorie II avec des renseignements supplémentaires sur la disponibilité de l'habitat dans le tronçon d'échantillonnage (catégorie III).

Le concept de période d'importance biologique a été élaboré pendant un atelier tenu à Prince Albert, Saskatchewan, en novembre 2005, en utilisant la méthode Delphi (tableau 1). Historiquement, il a été établi que des crues peuvent survenir après le 24 juin. Ce moment coïncide avec la période d'élevage des juvéniles pour de nombreuses espèces frayant plus tôt durant l'année. Pour cette raison, il a été décidé, lors de l'examen régional par les pairs, de prolonger la période d'importance biologique 3 jusqu'au 24 juillet, qui correspond au jour 205 et au moment où le débit aurait commencé à décliner selon les données historiques (Watkinson et al. 2019).

Lors de l'atelier de Prince Albert, des indices de qualité de l'habitat (IQH) de catégorie I ont été créés pour les espèces de poissons de la rivière Saskatchewan en utilisant les méthodes de l'approche Delphi. De plus, des IQH de catégorie III ont été élaborés à partir des résultats de la recherche sur la communauté de poissons effectuée en 2005-2006 (voir les annexes de Watkinson et al. 2019).

La méthode [River2D](#) a été utilisée avec les périodes d'importance biologique et les IQH pour produire des simulations de superficie utilisable mouillée et pondérée pour chacun des sites d'étude se trouvant en aval d'EBC, en tenant compte du fait qu'une profondeur minimale de 20 cm était nécessaire pour que le secteur soit considéré comme un habitat du poisson utilisable. Les superficies utilisables mouillées et pondérées des différents sites se trouvant en aval d'EBC changent en fonction des débits, probablement en raison des différences morphologiques de leurs chenaux et de leurs pentes. Pour ce secteur d'étude, selon River2D, le débit minimal nécessaire au maintien de la zone utilisable mouillée serait de $300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pour le site 1, de $350 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pour le site 2 et de $500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pour le site 3. Les calculs de zone utilisable pondérée ont permis de déterminer que les périodes d'importance biologique 2 et 3 étaient les plus sensibles aux changements de débit, car les œufs et les larves de la plupart des espèces de poisson ne peuvent se déplacer.

Tableau 1. Périodes d'importance biologique pour les poissons dans la rivière Saskatchewan, établies en fonction des résultats de l'atelier qui a eu lieu à Prince Albert, en Saskatchewan, en novembre 2005 et de Watkinson et al. (2018)*. Les débits instantanés minimaux recommandés à chaque période pour réduire les risques envers le poisson et l'habitat du poisson sont aussi présentés.

Période d'importance biologique	Période	Stade biologique fonction	Débit minimum recommandé ($m^3 \cdot s^{-1}$)
1	Du 15 octobre au 29 avril	Reproducteurs d'automne et d'hiver; Hivernants	66
2	Du 30 avril au 27 mai	Reproducteurs de début de printemps	232
3	Du 28 mai au 10 juin	Frai de l'esturgeon jaune	700
	Du 11 juin au 24 juillet*	Reproducteurs de printemps	459
4	Du 25 juillet au 14 octobre	Période de croissance	239

Échouement du poisson

Le taux de variation du débit est le taux d'augmentation ou de diminution du débit. Actuellement, à la EBC, les taux de diminution du débit, représentés par des changements du niveau de l'eau de surface, pourraient s'élever jusqu'à $150 \text{ cm} \cdot \text{h}^{-1}$. Pour éviter l'échouement du poisson, la réduction de ce taux pendant les lâchés d'eau liés à la demande de pointe pourrait permettre au poisson de se déplacer vers des secteurs sécuritaires. Des mesures semblables ont été recommandées pour atténuer les effets des lâchés d'eau liés à la demande de pointe sur la base d'expériences d'échouement et de simulations de modèles du biotope (Halleraker et al. 2003, Borsanyi 2005). Par exemple, des échouements de poissons causés par des taux de variation du débit supérieurs à $15 \text{ cm} \cdot \text{h}^{-1}$ ont probablement dégradé les communautés de poissons dans les rivières des Alpes Autrichiennes où l'on pratique des lâchés d'eau liés à la demande de pointe (Schmutz et al. 2015). Ce seuil doit être testé dans le contexte de la rivière Saskatchewan afin de déterminer s'il est applicable. De plus, l'importance du taux de variation du débit peut dépendre fortement d'autres facteurs abiotiques, comme les tendances diurnes et saisonnières en matière d'intensité lumineuse et de température, et celles-ci doivent être prises en considération lors de la mise en œuvre de stratégies d'atténuation.

Il serait préférable pour le poisson et l'habitat du poisson que le poisson puisse retourner à l'hydrographie naturelle sans avoir à faire face à des obstacles. Cependant, puisque la EBC va rester opérationnelle, nous avons utilisé des courbes de dépassement pour élaborer des recommandations en matière de débit. Les courbes de dépassement décrivent la probabilité d'un débit précis. Nous avons utilisé les valeurs de dépassement de 95 % correspondant au débit observé 95 % du temps pour établir des recommandations de débit minimal visant à protéger le poisson et l'habitat du poisson. Les valeurs de dépassement de 95 % du débit quotidien moyen avant la construction du barrage correspondent à 66, 232, 459, et 239 $m^3 \cdot s^{-1}$ pour les périodes d'importance biologique 1, 2, 3, et 4, respectivement (figure 4).

Sources d'incertitude

Étant donné les multiples modifications du débit, le fait que la gestion de l'eau est effectuée par de multiples organismes et le fait que la responsabilité du réseau hydrographique de la rivière Saskatchewan relève à la fois des gouvernements fédéral et provincial, les décisions de planification et de gestion des ressources touchant la rivière Saskatchewan et son delta devront être coordonnées de façon efficace et il sera nécessaire, à l'avenir, d'adopter des approches de planification plus coopératives, particulièrement lorsqu'on tient compte de l'augmentation des stress environnementaux (p. ex. changements climatiques, effets cumulatifs).

Les données relatives à la communauté de poissons ont été collectées peu après la mise en œuvre du débit minimum de $75 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, en septembre 2004. En conséquence, pendant cette brève période, il a été impossible pour la population de poissons, et plus particulièrement pour les poissons juvéniles de petite taille, de s'adapter. Les résultats observés sont probablement dus aux activités extrêmes de lâché d'eau lié à la demande de pointe qui ont eu lieu auparavant sur la rivière Saskatchewan. Une évaluation actuelle et à plus long terme, des communautés de poissons se trouvant en aval d'EBC serait utile.

Lors de l'évaluation, il a été déterminé que la question de l'appauvrissement en sédiments constitue un problème récurrent. L'efficacité de mesures d'atténuation potentielles visant à augmenter les flux de sédiments en aval pourrait être examinée plus en détail pour la rivière Saskatchewan.

L'utilisation de périodes d'importance biologique comporte des incertitudes, car il existe des variations d'une année à l'autre. Par exemple, des événements stochastiques peuvent venir interrompre ou retarder les éléments déclencheurs du frai chez l'esturgeon jaune, de sorte que la période de frai est estimée en fonction de dates approximatives.

Dans la modélisation de l'habitat effectuée avec la méthode River2D, l'IQH ne tient compte que de trois variables relatives à l'habitat (la vitesse de l'eau, les substrats et la profondeur de l'eau). D'autres variables peuvent aussi avoir un effet sur la population de poissons et sur le taux de réussite du frai (p. ex. la température et la qualité de l'eau).

Les recherches et la surveillance limitées effectuées en aval de la EBC ont révélé certaines des limites de cette évaluation, dont l'utilisation, comme données de substitution, de renseignements relatifs aux salmonidés ainsi que de données relatives à des cours d'eau et des rivières de moindre importance, lesquelles pourraient ne pas s'appliquer à une rivière plus importante comme la rivière Saskatchewan. L'ajout des sources de données suivantes pourrait permettre de réduire ces lacunes :

- un profil longitudinal de la température de l'eau le long de la rivière Saskatchewan;
- des renseignements sur la formation de la glace (données sur la glace de surface, la glace de fond et le frazil);
- l'élévation du niveau d'eau en aval d'EBC afin de mieux comprendre les effets d'atténuation;
- des renseignements propres au site relativement à la sursaturation totale des gaz dissous et aux risques d'embolies gazeuses qu'elle entraîne.

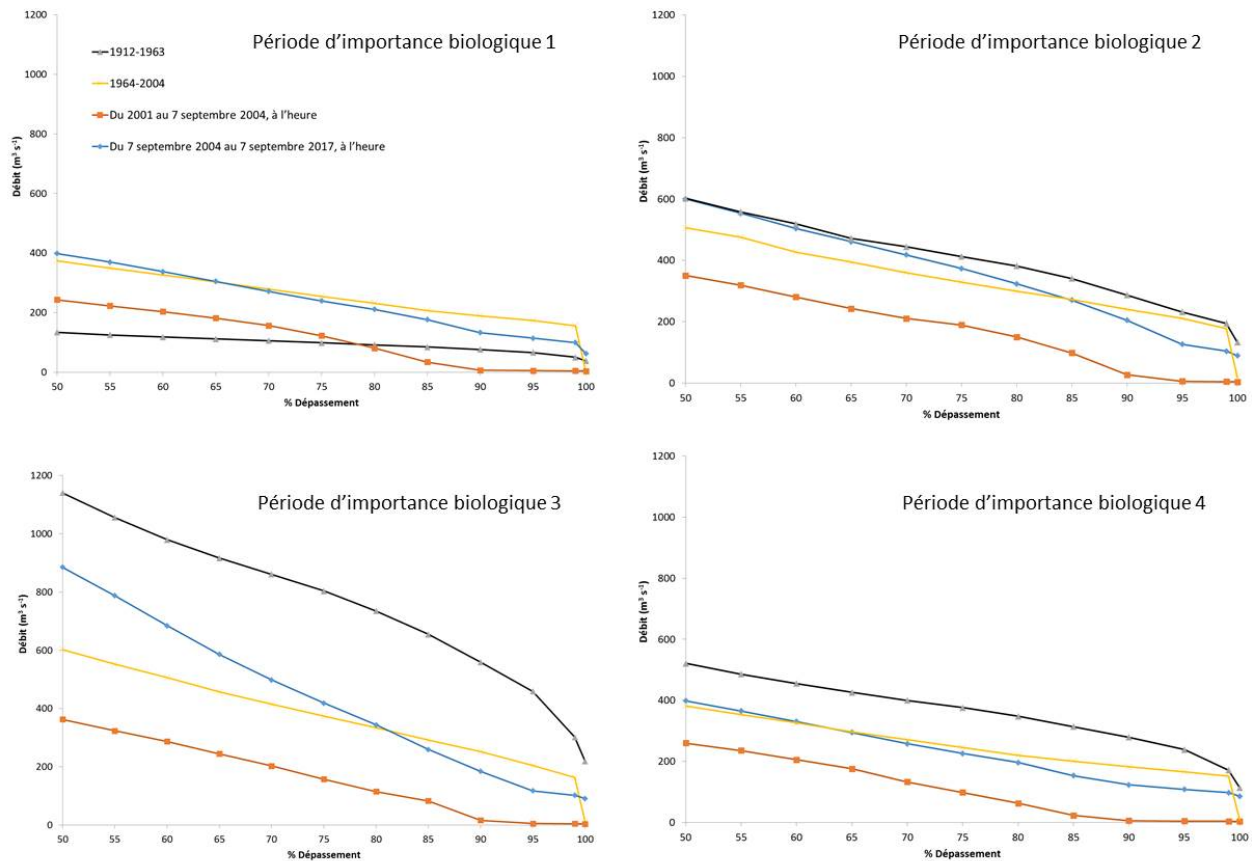


Figure 4. Dépassement (50-100 %), signifie le débit quotidien moyen entre 1912 et 1963 (rivières Saskatchewan Nord et Sud combinées) et entre 1964 et 2003 en aval de la station hydroélectrique E.B. Campbell. Débit à l'heure en aval de la station hydroélectrique E.B. Campbell pour les quatre périodes d'importance biologique, entre 6 septembre 2001 et le 6 septembre 2004 et entre le 7 septembre 2004 et le 7 septembre 2017.

CONCLUSIONS ET AVIS

La rivière Saskatchewan est un réseau complexe comprenant des tronçons de rivières où l'eau s'écoule librement, des réservoirs, des points d'extraction d'eau et des dérivations, ainsi que des centrales hydroélectriques. Le tronçon de rivière qui se trouve en aval d'EBC et le delta de la rivière Saskatchewan sont le résultat de la gestion du débit dans l'ensemble du réseau. À cause des lâchés d'eau liés à la demande de pointe effectués à la EBC, les zones utilisables mouillées se trouvant en aval de la centrale électrique subissent quotidiennement un assèchement partiel et des échouements de poissons.

Exigences de débit minimal

Même s'il serait préférable pour le poisson et l'habitat du poisson que l'hydrographie naturelle ne comporte pas d'obstacles, nous recommandons les compromis suivants entre la production d'hydroélectricité et les avantages environnementaux pour les écosystèmes afin de réduire les risques pour le poisson et l'habitat du poisson.

Pour toutes les périodes d'importance biologique, le débit minimal ne devrait jamais être inférieur à 95 % de dépassement du débit naturel selon l'historique des débits entre 1912 et 1963. À titre d'exemple, les valeurs de dépassement de 95 % du débit quotidien moyen avant la

construction du barrage correspondent à 66, 232, 459, et 239 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pour les périodes d'importance biologique 1, 2, 3, et 4, respectivement.

L'utilisation de pourcentages de débit entrant dans EBC plutôt que de valeurs absolues de débits instantanés minimaux pourrait être envisagée. Cette méthode pourrait permettre d'imiter plus fidèlement les tendances temporelles et saisonnières d'hydrographie naturelle (tableau 2) considérées bénéfiques pour le poisson et l'habitat du poisson. Plus particulièrement, les débits minimaux plus élevés lors des périodes d'importance biologique 2 et 3 permettront de protéger les périodes de frai de la plupart des espèces de poissons de la rivière Saskatchewan. L'augmentation des débits minimaux entraînera également une réduction des limites de variation du débit et donc une diminution du potentiel de lâché d'eau lié à la demande de pointe. Cela améliorera probablement l'incubation des œufs et la dérive des larves au cours des périodes d'importance biologique 2 et 3, tout en réduisant le risque d'échouement pendant toutes les périodes d'importance biologique.

Tableau 2. Exemple de l'utilisation d'une proportion du débit entrant de la station hydroélectrique E.B. Campbell pour préserver les tendances temporelles et saisonnières de l'hydrographie naturelle au cours d'une période d'importance biologique donnée pour les poissons se trouvant en aval de la station hydroélectrique E.B. Campbell et les débits minimaux instantanés moyens correspondants afin de réduire les risques envers le poisson et l'habitat du poisson et le débit d'interruption.

Période d'importance biologique	Débit entrant quotidien moyen de la station hydroélectrique E.B. Campbell ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Proportion (%)	Débit minimum instantané sortant ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Débit d'interruption ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
1	400	20	80	75
2	600	60	360	75
3	800	60	480	75
4	500	50	250	75

Pour améliorer le recrutement et le rétablissement de l'esturgeon jaune, des valeurs absolues de débit minimal instantané supérieur à $700 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et un débit quotidien moyen supérieur à $800 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, plutôt que des pourcentages, comme ceux qui sont suggérés dans le tableau 2, devraient être utilisés au cours des deux premières semaines de la période d'importance biologique 3, entre le 28 mai et le 10 juin. L'esturgeon jaune est une espèce importante sur le plan culturel. Le COSEPAC a ajouté l'esturgeon jaune de la rivière Saskatchewan à la liste des espèces en voie de disparition et est en attente d'une décision d'ajout à la liste en vertu de la *Loi sur les espèces en péril*. Un débit minimal plus élevé de $700 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ entraînerait une réduction du potentiel de variation du débit. Une analyse de force par cohorte a démontré que des débits élevés et une diminution des lâchés d'eau liés à la demande de pointe pourrait améliorer le recrutement (Watkinson et al. 2019). Cependant, étant donné la longévité de l'esturgeon jaune, un recrutement réussi n'est pas nécessaire chaque année pour maintenir une structure de population durable. En conséquence, les débits minimaux instantanés indiqués ci-dessus n'ont peut-être pas à être observés chaque année. Cependant, les années où des débits instantanés élevés de $700 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ sont lâchés, le moment de ces lâchés devrait correspondre avec la période de frai des esturgeons jaune cette année-là.

Lâché d'eau lié à la demande de pointe

Les fluctuations du débit des rivières ont différentes causes qui peuvent être naturelles ou anthropiques. Les lâchés d'eau liés à la demande de pointe sont une source anthropique répandue de modification du débit. Les lâchés d'eau liés à la demande de pointe proviennent de l'augmentation ou de la diminution rapides du débit d'eau provenant du réservoir de centrales hydroélectriques pour répondre aux fluctuations de la demande en électricité, ce qui modifie le débit de la rivière en aval de la centrale hydroélectrique. Les lâchés d'eau liés à la demande de pointe causent des modifications artificielles du débit à court terme, à une fréquence horaire, quotidienne ou hebdomadaire. La fréquence et la régularité de ces périodes de débit élevé et réduit sont fondamentalement différentes des sécheresses et des crues naturelles, ce qui peut avoir un effet sur la faune ichthyologique.

Avec le régime de lâché d'eau lié à la demande de pointe en vigueur actuellement à la EBC et son taux de variation du débit de $150 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$, des poissons s'échouent tous les jours en aval de la station hydroélectrique. Des simulations des modèles d'habitat ont démontré que les changements les plus importants aux zones utilisables mouillées se produisent lorsque le débit est inférieur à $500 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Certaines publications scientifiques suggèrent des valeurs seuil inférieures à $15 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$ pour réduire le risque d'échouement. Pour savoir si ce seuil est applicable au cas de la rivière Saskatchewan, il faudra effectuer des essais. Il est nécessaire d'effectuer des recherches spécifiques et de la surveillance pour offrir des directives relatives aux stratégies visant à réduire les risques d'échouement découlant des lâchés d'eau en période de pointe.

Options d'atténuation

Le maintien et l'amélioration de la connectivité des eaux et des sédiments en aval d'EBC suscitent des préoccupations qui ont été abordées, et certaines mesures d'atténuation potentielles ont été envisagées, quoique les participants reconnaissent ne pas avoir l'expertise nécessaire pour juger de plusieurs détails relatifs à la conception de ces mesures et que les renseignements nécessaires à passer les mesures en revue afin de donner un avis n'ont pas tous été fournis.

Les débits élevés sont importants pour le transport des sédiments, la formation des chenaux et la connectivité du delta de la rivière Saskatchewan. Par exemple, des débits supérieurs à $1\,000 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ provoqueraient des crues dans le réseau, ce qui, théoriquement, augmenterait la productivité des pêches dans le réseau. Le chenal « Old Channel » est raccordé à la rivière Saskatchewan lorsque le débit dépasse $500 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Cependant, il ne serait pas suffisant de lâcher de l'eau à haut débit. Pour augmenter la productivité des poissons, le niveau du débit doit être maintenu pendant une période spécifique afin d'améliorer les conditions de l'habitat plutôt que d'avoir un effet perturbateur sur le système.

En creusant à nouveau le lit de la rivière dans le chenal de trop-plein (l'ancien lit de la rivière Saskatchewan avant la construction d'EBC) on pourrait raccorder les bassins isolés. En laissant couler de l'eau avec un débit continu dans le trop-plein, on augmenterait aussi la taille de la zone mouillée d'habitat du poisson tout en réduisant les risques d'échouement. Il serait justifié d'effectuer des simulations de modèle d'habitat du déversoir. Ces simulations pourraient aider à déterminer la faisabilité de cette mesure d'atténuation en permettant de prévoir le débit nécessaire pour que la profondeur de l'eau soit suffisante dans les zones mouillées d'habitat, afin que celles-ci puissent jouer leur rôle d'habitat du poisson.

Compte tenu de l'importance du delta de la rivière Saskatchewan, plusieurs projets de gestion des zones humides ont déjà été menés par des gouvernements et des organismes à but non

lucratif. Par exemple, Canards Illimités Canada gère plusieurs zones humides du delta de la rivière Saskatchewan en coopération avec les gouvernements du Manitoba et de l'Alberta.

Les réservoirs se trouvant en amont d'EBC piègent les sédiments, ce qui entraîne un appauvrissement en sédiments en aval de la centrale et, finalement, dans le delta de la rivière Saskatchewan. On pourrait envisager d'adopter des mesures d'atténuation pour permettre le renouvellement des sédiments.

Gestion adaptative, recherche et surveillance

Un plan de gestion holistique de l'eau et des sédiments du réseau hydrographique de la rivière Saskatchewan est nécessaire pour protéger l'importance écologique du delta de la rivière Saskatchewan et pour assurer la durabilité de la rivière, afin de pouvoir continuer à l'utiliser à l'avenir. Plus précisément, un plan de gestion adaptative est nécessaire pour voir à l'adoption de mesures d'atténuation efficaces et appropriées pour protéger le poisson et l'habitat du poisson en aval d'EBC. Ce plan doit comprendre un concept de surveillance permettant de répondre aux questions de gestion qui sont régulièrement posées au secteur des sciences, et devrait tenir compte des lacunes actuelles en matière de données, ainsi que des besoins de gestion. Ce plan, fondé sur des données scientifiques, devrait aussi décrire les mécanismes appropriés pour évaluer et réévaluer les données scientifiques, afin de soutenir les décisions de gestion adaptative qui aident l'environnement tout en répondant aux besoins sociaux, culturels et économiques des utilisateurs.

Les effets cumulatifs sont des changements subis par l'environnement en raison d'activités humaines et d'autres activités anthropiques passées, présentes et futures. En ce qui concerne le poisson et l'habitat du poisson en aval d'EBC, il faudra tenir compte des effets d'autres activités anthropiques comme, entre autres, le stockage de l'eau, les dérivations et l'utilisation des terres agricoles. L'évaluation des effets cumulatifs demande de prendre en considération les effets à l'échelle d'un plus grand secteur régional qui pourrait se trouver à cheval sur les frontières de différents territoires de compétence. Cet exercice doit être effectué sur de longues périodes allant du passé au futur. Il ne peut se cantonner à la seule évaluation de l'activité qui est passée en revue.

AUTRES CONSIDÉRATIONS

Connaissances écologiques traditionnelles des peuples autochtones.

Au cours de l'histoire, le delta de la rivière Saskatchewan a été occupé avant la colonisation européenne. Il a longtemps servi aux peuples autochtones comme corridor de voyage et comme centre de collecte. Cumberland House était un important carrefour des routes du commerce de la fourrure et c'est donc le site d'habitation le plus ancien de la Saskatchewan. Le delta constitue encore de nos jours une ressource culturelle et économique essentielle pour les membres des communautés locales. Un participant originaire de Cumberland House a offert des conseils et d'importants renseignements contextuels pour l'évaluation du document de travail, dont l'historique local d'utilisation (présence/absence) et les connaissances écologiques traditionnelles relatives au poisson et à l'habitat du poisson dans le delta de la rivière Saskatchewan.

Plusieurs des espèces présentes dans le delta ont une importance vitale pour les peuples autochtones qui dépendent de la pêche, de la chasse et du piégeage comme moyen d'existence. Au fil des ans, de nombreux changements qui ont touché la communauté locale et les usagers du territoire ont été observés depuis la mise en service d'EBC ainsi que depuis d'autres aménagements du réseau de la rivière Saskatchewan. Des exemples précis de modifications de

l'environnement ont été présentés, dont les changements observés de la profondeur de l'eau du lac Cumberland (moins profonds qu'avant), ce qui a considérablement augmenté la température de l'eau en été et la mortalité des poissons, les changements de l'habitat de frai du poisson et de la réussite du frai et les efforts de pêche dans le lac (MPO 2019). De la documentation supplémentaire sur les changements observés dans le delta a été préparée dans d'autres publications (Abu 2017, Abu and Reed 2018).

Le fait de tenir compte des connaissances écologiques traditionnelles dans le cadre des évaluations scientifiques permet de réunir deux façons d'aborder la connaissance. En l'absence de données historiques, on a démontré que les connaissances écologiques traditionnelles sont d'une grande valeur, car elles permettent de comprendre les changements dans le temps et de mettre en contexte plusieurs des sujets discutés au cours de l'évaluation. Les connaissances traditionnelles peuvent aussi aider à guider les recherches et la surveillance, et elles seront essentielles à la réussite des futurs efforts de surveillance et de recherche en aval d'EBC.

Changements climatiques

Les prévisions relatives aux provinces des prairies canadiennes en matière de changements climatiques annoncent des changements en matière de précipitations et d'accumulation de neige, ainsi qu'une augmentation des besoins d'extraction d'eau, ce qui entraînera probablement une diminution de la disponibilité des ressources en eau et de leur qualité. L'augmentation de la variabilité du climat indique que le débit du courant des rivières deviendra moins important et que le niveau des débits deviendra plus difficile à prévoir, particulièrement pour les rivières équipées de barrages. Cela signifie que la gestion des réservoirs deviendra plus difficile, car les données de la situation de départ correspondant aux paramètres de climat précis ne seront pas disponibles. Les changements subis par les zones humides et les ressources en eau de la Saskatchewan pourraient avoir un effet cumulatif important sur la flore et la faune indigènes. Les effets à long terme de l'évolution des conditions climatiques sur le régime de débit, le débit minimal requis ainsi que le poisson et l'habitat du poisson devront être mieux compris et faire l'objet d'une étude plus approfondie. Cela souligne aussi le besoin de mettre en œuvre des plans de gestion et de surveillance du bassin hydrographique.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de l'examen par les pairs régional du 9 au 10 mai 2018 de l'Évaluation du débit minimal requis pour le poisson et l'habitat du poisson dans la rivière Saskatchewan sous la station hydroélectrique E.B. Campbell. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, dans le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada](#).

Abu, R. 2017. Knowledge, use, and change in the Saskatchewan River Delta: Assessing the changing livelihoods of Cumberland House Métis and Cree Nation. PhD Thesis, University of Saskatchewan, Saskatoon, SK.

Abu, R., and Reed, M.G. 2018. Adaptation through bricolage: Indigenous responses to long-term social-ecological change in the Saskatchewan River Delta, Canada. *Can. Geogr.* doi:10.1111/cag.12469

Borsanyi, P. 2005. A classification method for scaling river biotopes for assessing hydropower regulation impacts. PhD thesis, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.

- Bovee, K.D. 1986. Development and evaluation of habitat suitability criteria for use in the Instream Flow Incremental Methodology. In: Instream flow information Paper No. 21. National Ecology Center Division of Fish and Wildlife and Contaminant Research U.S. Department of the Interior. Washington, D.C. 20240 86 (7).
- Enders, E.C., Watkinson, D.A., Ghamry, H., Mills, K.H., and Franzin, W.G. 2017. Fish age and size distributions and species composition in a large, hydropeaking prairie river. *Riv. Res. Appl.* 33(8): 1246–1256. doi:10.1002/rra.3173
- Halleraker, J.H., Saltveit, S.J., Harby, A., Arnekleiv, J. V., Fjeldstad, H., and Kohler, B. 2003. Factors influencing stranding of wild juvenile Brown Trout (*Salmo trutta*) during rapid and frequent flow decreases in an artificial stream. *Riv. Res. Appl.* 19: 589–603. doi:10.1002/rra.752
- MPO. 2019. Compte rendu de réponse des Sciences regional d'examen par les pairs évaluation du débit minimal requis pour le poisson et l'habitat du poisson dans la rivière Saskatchewan sous la station hydroélectrique E.B. Campbell. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Compte rendu 2018/019.
- Schmutz, S., Bakken, T.H., Friedrich, T., Greimel, F., Harby, A., Jungwirth, M., Melcher, A.H., Unfer, G., and Zeiringer, B. 2015. Response of fish communities to hydrological and morphological alterations in hydropeaking rivers of Austria. *Riv. Res. Appl.* 31(8): 919–930. doi:10.1002/rra.2795.
- Smith, N.D. and Pérez-Arlucea, M. 2008. Natural levee deposition during the 2005 flood of the Saskatchewan River. *Geomorphology*, 101(4): 583–594.
- Smith, N.D., Slingerland, R.L., Pérez-Arlucea, M., and Morzova, G.S. 1998. The 1870s avulsion of the Saskatchewan River. *Can. J. Earth Sci.* 35:453–466.
- Watkinson, D.A., Ghamry, H., and Enders, E. 2019. Renseignements à l'appui de l'évaluation du débit minimal requis pour le poisson et l'habitat du poisson dans la rivière Saskatchewan en aval de la station hydroélectrique E.B. Campbell. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2018/058. vi + 115 p.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Centre et de l'Arctique
Pêches et Océans Canada
501 University Crescent
Winnipeg, Manitoba R3T 2N6

Téléphone : 204-983-5232

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

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

ISSN 1919-5117

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2019



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2019. Évaluation du débit minimal requis pour le poisson et l'habitat du poisson dans la rivière Saskatchewan en aval de la station hydroélectrique E.B. Campbell. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2018/048.

Also available in English:

DFO. 2019. Assessment of the Instream Flow Needs for fish and fish habitat in the Saskatchewan River downstream of the E.B. Campbell Hydroelectric Station. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2018/048.