



# EXAMEN DES PARAMÈTRES ET DES RÉSULTATS DU MODÈLE DE LA PROCÉDURE D'ÉVALUATION DE L'HABITAT (PEH) POUR LE PROJET DE LA MINE D'OR DE MEADOWBANK

## Contexte

La [mine d'or de Meadowbank d'Agnico-Eagle Mines Ltd](#) est une mine à ciel ouvert située dans le district de Kivalliq, à 110 km au nord de Baker Lake, au Nunavut. La propriété de la mine comprend les gisements de Goose, Portage et Vault. L'exploitation a débuté en 2010 dans le puits à ciel ouvert de Portage; la durée de vie de la mine devrait se prolonger jusqu'en 2018.

En vertu de l'Accord sur les revendications territoriales du Nunavut et de la *Loi sur l'aménagement du territoire et l'évaluation des projets au Nunavut*, les titulaires de certificats de projets émis par la Commission du Nunavut chargée de l'examen des répercussions pour les projets d'exploitation minière doivent, au moment de la clôture et de la remise en état du projet, compenser ou contrebalancer de manière adéquate la perte de poissons ou de l'habitat du poisson.

Afin d'évaluer les pertes et gains d'habitat associés au projet de mine d'or de Meadowbank et aux autres projets d'exploitation minière au Nunavut et dans les Territoires du Nord-Ouest, Agnico Eagle Mines Ltd (AEM), en collaboration avec Golder Associates Ltd, a adapté un modèle de procédure d'évaluation de l'habitat (PEH).

Dans le cadre de l'examen et de l'autorisation de Pêches et Océans Canada (MPO), le Programme de protection des pêches (PPP) a demandé au Secteur des sciences d'effectuer un examen par les pairs des paramètres et des résultats du modèle de PEH adapté prévu dans le Plan aucune perte nette pour Meadowbank et le Plan de compensation de l'habitat du poisson, ainsi que de déterminer si les paramètres du modèle étaient scientifiquement valides et représentaient une approche défendable pour calculer les pertes et les gains associés aux projets. Le Secteur des sciences a également été chargé de calculer le ratio de compensation approprié pour toute perte de productivité imputable au moment des pertes et aux compensations tardives.

La demande a été présentée au Secteur des sciences au début de février 2016, pour un avis disponible en mai 2016 puisque le promoteur a demandé une autorisation au titre de la *Loi sur les pêches* en juin 2016. La présente réponse des Sciences découle du processus de réponse des Sciences d'avril 2016 sur l'Examen des paramètres et des résultats du modèle de la procédure d'évaluation de l'habitat (PEH) pour le projet de la mine d'or de Meadowbank.

## Renseignements de base

L'approche de modélisation de la procédure d'évaluation de l'habitat (PEH) est un outil utilisé pour les études d'impact sur l'environnement afin de documenter les pertes et les gains relatifs à l'habitat et d'établir un budget connexe. La procédure d'évaluation de l'habitat et les approches de modélisation de l'indice de qualité de l'habitat (IQH) connexes ont été élaborées par l'U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS 1981) à la fin des années 1970 et au début des

années 1980. Ces approches ont fortement contribué à l'évolution conceptuelle des méthodes défendables (Minns 1997), de l'approche du modèle de matrice de qualité de l'habitat [MQH] (Minns et al. 2001), d'une application logicielle, l'HAAT (Habitat Alteration Assessment Tool) en 2001 et, plus récemment, du logiciel en ligne HEAT<sup>1</sup> (Lake Habitat/Ecosystem Assessment Tool; [Outil d'évaluation de l'habitat et de l'écosystème](#)). Le modèle PEH mis au point par Agnico Eagle Mines Ltd (AEM), en collaboration avec Golder Associates Ltd, est fondé sur les méthodes défendables et sur les approches de modélisation des MQH. Les paramètres et les résultats du modèle PEH adapté par AEM sont inclus dans le Plan aucune perte nette pour Meadowbank (AEM 2012) et dans le Plan de compensation de l'habitat du poisson (AEM 2016).

Le modèle MQH utilise des regroupements de matrices représentant l'ensemble des préférences en matière d'habitat de nombreuses espèces de poissons aux différents stades de leur cycle de vie afin d'assurer que les besoins de tous les poissons vivant dans un écosystème ou une écorégion sont pris en compte. Le modèle MQH génère des valeurs d'adéquation pour différentes combinaisons de profondeur, de type de substrat et de couverture qui peuvent être attribuées à diverses parcelles d'habitat.

Les unités d'habitat (UH) sont des extraits du modèle de PEH et sont considérées comme le produit de la quantité et de la qualité de chaque catégorie d'habitat. La qualité de l'habitat est évaluée au moyen d'indices de qualité de l'habitat pour les espèces de poissons présentes dans l'écosystème. La valeur des indices de qualité de l'habitat (entre 0 et 1) provient d'une évaluation de la capacité qu'ont les principales composantes de l'habitat de répondre aux besoins de l'espèce. La fiabilité de la PEH et l'importance des unités d'habitat dépendent de l'attribution d'indices de qualité de l'habitat bien définis et appropriés à l'espèce, à la catégorie d'habitat, aux cofacteurs supplémentaires et aux paramètres de pondération.

## Analyse et réponse

### Examen des paramètres de saisie du modèle PE

Les paramètres utilisés par AEM pour la modélisation de la PEH du lac Phaser sont décrits dans AEM (2012, 2016). Il serait utile d'ajouter des renseignements dans le rapport sur l'emplacement géographique du centre du lac, le niveau d'eau utilisé pour définir la superficie du lac et le bassin versant tertiaire dans lequel se trouve le lac Phaser. Des zones de profondeur de l'eau (< 2 m, 2 à 4 m, > 4 m) et des zones de substrat (fin, mixte, grossier) ont été évaluées pour déterminer la superficie (en hectares) de chaque type d'habitat (tableau 1). Il faudrait fournir une définition des catégories de substrat fin, mixte et grossier, particulièrement la proportion de substrat fin et grossier dans la catégorie substrat mixte.

---

<sup>1</sup> L'[Outil d'évaluation de l'habitat et de l'écosystème](#) (HEAT) est un logiciel en ligne qui permet de quantifier la qualité de l'habitat dans un site et est une évolution de HAAT (Outil d'évaluation de l'habitat et de l'écosystème), également appelée « méthode défendable d'évaluation des habitats du poisson » (Minns et al. 2001).

Tableau 1. Types d'habitats définis dans le modèle PEH pour les lacs sur le site Meadowbank (AEM 2012, 2016)

Type d'habitat	Critère	
	Zone de profondeur	Substrat
1	< 2 m	Fin
2	< 2 m	Mixte
3	< 2 m	Grossier
4	2 à 4 m	Fin
5	2 à 4 m	Mixte
6	2 à 4 m	Grossier
7	> 4 m	Fin
8	> 4 m	Mixte
9	> 4 m	Grossier
10 <sup>†</sup>		

<sup>†</sup> Le type d'habitat 10 représente les fosses non remplies, indépendamment de la profondeur estimée ou des caractéristiques du substrat. Il s'applique uniquement aux fosses pour le calcul des mesures de compensation.

Des échantillonnages des poissons ont été effectués dans les lacs Vault et Phaser en 2012 à l'aide de filets maillants (panneaux à mailles élastiques de 25 mm, 38 mm, 51 mm, 76 mm, 102 mm et 126 mm). Les deux lacs contenaient des touladis (*Salvelinus namaycush*, LKTR) et des ménominis ronds (*Prosopium cylindraceum*, RNWH). Les deux espèces ont été capturées en proportions similaires dans le lac Phaser tandis qu'une proportion plus grande de touladis a été capturée dans le lac Vault. Une seule barbotte (*Lota lota*, BURB) a été capturée dans le lac Phaser. Des filets ont été placés afin de cibler l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*, ARCH), mais aucun spécimen n'a été capturé. Le transfert des poissons du lac Vault en 2013 a mené à la capture de 100 ombles chevaliers. L'ombre arctique (*Thymallus arcticus*, ARGR) et le cisco (*Coregonus artedii*, CISC) ne sont pas présents sur le site de la mine (AEM 2012). Le chabot visqueux (*Cottus cognatus*, SLSC) a rarement été capturé, tandis que l'épinoche à neuf épines (*Pungitius pungitius*, NNST) a été occasionnellement observée dans des lacs du projet. Ni le chabot visqueux ni l'épinoche à neuf épines ne sont vulnérables à l'engin d'échantillonnage. Les fonctions biologiques des habitats incluses dans la modélisation du PEH sont le frai, l'alevinage, l'alimentation et l'hivernage; chacune de ces fonctions a un poids égal dans les calculs.

### 1) Indices de qualité de l'habitat

Les valeurs de l'indice de qualité de l'habitat (IQH) utilisées dans le modèle PEH d'AEM représentent la qualité relative de chaque type d'habitat pour chaque fonction biologique de chaque espèce de poisson présente dans la région. La qualité de l'habitat pour chaque fonction biologique a été évaluée ainsi : 0 = non convenable, 0,25 = inférieure à la moyenne, 0,5 = moyenne, 0,75 = supérieure à la moyenne ou 1 = optimale. Les IQH étaient les mêmes que ceux utilisés pour le projet de la mine d'or de Meliadine (AEM 2012). La propriété Meliadine d'AEM est située près de la rive ouest de la baie d'Hudson dans la région de Kivalliq au Nunavut, à 25 kilomètres au nord du village de Rankin Inlet et à 290 kilomètres au sud-est de la mine de Meadowbank. La section sur le cycle de vie de l'omble chevalier de l'énoncé final des incidences environnementales du projet Meliadine porte sur l'omble chevalier anadrome plutôt que sur l'omble chevalier de lac qui vit dans les lacs de Meadowbank.

Les renseignements sur l'utilisation de l'habitat ne sont pas les mêmes que ceux sur la préférence de l'habitat et la qualité de l'habitat n'est pas directement équivalente aux rapports accidentels sur les fonctions biologiques associées aux différentes variables des habitats. Des études détaillées et une meilleure compréhension de la gamme d'habitats et de la disponibilité

des différents types d'habitats sont nécessaires afin d'évaluer la qualité de l'habitat. Cependant, les préférences de l'habitat utilisées par AEM sont fondées sur les données de Scott et Crossman (1979), McPhail et Lindsey (1970) et Richardson et al. (2001); pourtant, nous avons eu de la difficulté à déterminer comment les données du PEH d'AEM ont été obtenues.

Richardson et al. (2001) résumant les données sur les besoins d'habitat lacustre pour les poissons d'eau douce des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut. Les caractéristiques des habitats ont été déterminées pour quatre stades distincts du cycle de vie :

- i. frai (œufs);
- ii. jeune de l'année;
- iii. juvénile;
- iv. adulte.

Les besoins d'habitat sont définis en fonction de trois caractéristiques physiques des habitats :

- i. *Profondeur de l'eau* (0 à 1 m, 1 à 2 m, 2 à 5 m, 5 à 10 m et > 10 m);
- ii. *Substrat* (**fin** : argile, fange/détritus, limon, sable; **grossier** : gravier, galets, décombres, rochers);
- iii. *Couverture végétale* (végétation immergée, végétation émergée, couvert en surplomb [p. ex., couverture riveraine, rives surplombantes, débris de bois en surface], *sur place* [p. ex., débris de bois submergés]).

La couverture est définie comme toute caractéristique de l'environnement aquatique qui peut être utilisée par les poissons pour se protéger des prédateurs, des compétiteurs et des conditions environnementales défavorables. Le niveau d'association entre une espèce donnée et ces caractéristiques de l'habitat est défini à l'aide de l'échelle suivante : *nul* (l'espèce n'est pas associée), *faible* (l'espèce est rarement associée), *moyen* (l'espèce est fréquemment associée) ou *élevé* (l'espèce est toujours associée).

Pour déterminer si l'IQH attribué à chaque espèce, à chaque stade du cycle de vie et à chaque type d'habitat dans le modèle PEH est approprié, nous avons extrait les évaluations des catégories d'habitat assemblées par Richardson et al. (2001) pour les quatre stades du cycle de vie de six espèces de poissons présentes dans la zone du lac Phaser (omble chevalier; touladi, ménomini rond; barbotte; chabot visqueux; épinoche à neuf épines) ainsi que de deux espèces additionnelles présentes dans la région (ombre arctique; cisco). Ces évaluations sont attribuées indépendamment pour chaque catégorie d'habitat dans chaque classe d'habitat (*profondeur de l'eau*, *substrat*) selon une échelle de préférence *nulle*, *faible*, *moyenne* ou *élevée* (la valeur *nulle* est la valeur implicite). La *couverture végétale* et les débris de bois ont été ignorés, puisque seuls les critères *profondeur de l'eau* et *substrat* ont été pris en compte dans le modèle PEH évalué.

Pour mener l'analyse, les étapes suivantes ont été entreprises :

1. Les données d'évaluation tirées de l'[Outil d'évaluation de l'habitat et de l'écosystème](#) (HEAT) ont été utilisées pour dériver une matrice approximative de qualité de l'habitat pour les espèces du lac Phaser selon les stades du cycle de vie.
2. Les évaluations *nulle*, *faible*, *moyenne* et *élevée* ont été converties en une échelle linéaire ayant des valeurs de 0, 0,333, 0,667 et 1,0 respectivement.
3. La moyenne des valeurs de qualité de l'habitat a été calculée pour chaque combinaison d'espèce et de cycle de vie pour les substrats fins (argile, fange/détritus, limon, sable),

grossier (gravier, galets, décombres, couche rocheuse) et mixte. Les zones de profondeur utilisées étaient de 0 à 2 m (combinaison de 0 à 1 m et de 1 à 2 m), de 2 à 4 m (approximation de 2 à 5 m) et de 4 à 10 m (approximation de 5 à 10 m).

4. Puisque le Plan de compensation de l'habitat du poisson de 2016 ne contenait aucun renseignement, on a présumé que le substrat mixte du modèle PEH était composé d'un mélange moitié-moitié de substrat fin et grossier, par espèce et par stade du cycle de vie.
5. Nous avons ensuite multiplié les trois indices de qualité du substrat par les trois indices de profondeur, pour chaque espèce et stade du cycle de vie, afin d'obtenir neuf indices de qualité de l'habitat permettant d'approximer les valeurs présentées dans le modèle PEH.
6. Nous avons ensuite normalisé les valeurs de qualité de chaque habitat pour chaque combinaison espèce/stade du cycle de vie en les divisant par la valeur maximale de la catégorie (c.-à-d. de 0 à 1).
7. Nous avons alors extrait les espèces par stade du cycle de vie (frai, jeune de l'année, juvénile, adulte) par qualité d'habitat à partir de la feuille de calcul fournie dans le Plan de compensation de l'habitat du poisson de 2016.
8. Nous avons enfin comparé les valeurs des deux matrices dans R (R Core Team, 2013) et avons effectué quatre comparaisons :
  - a. **Moyenne de l'espèce** : Nous avons calculé la moyenne par espèce des qualités de l'habitat dans le modèle PEH et le modèle HEAT. Nous avons ensuite jumelé les qualités et les avons représentées l'une en fonction de l'autre (figure 1, la ligne 1:1 en pointillé sert uniquement de référence).
  - b. **Frai** : Nous avons extrait les valeurs pour le frai du modèle PEH et les valeurs des espèces du modèle HEAT en présumant qu'elles seraient comparables (figure 2).
  - c. **Alevinage/jeune de l'année** : Nous avons extrait les valeurs pour l'alevinage du modèle PEH et les valeurs pour les *jeunes de l'année* du modèle HEAT et avons présumé qu'elles seraient comparables (figure 3).
  - d. **Alimentation/(juvénile + adulte)/2** : Nous avons extrait les valeurs pour l'alimentation du modèle PEH et les valeurs des *juvéniles et adultes* du modèle HEAT et en avons fait la moyenne et présumé que les données PEH sur l'alimentation et les données HEAT (juvénile + adulte)/2 seraient comparables (figure 4).

#### Résultats des quatre comparaisons

Si la courbe moyenne des espèces révèle une faible correspondance entre les qualités moyennes pour les espèces selon le PEH, et les qualités moyennes pour les espèces selon le modèle HEAT pour les neuf types d'habitats (lorsque l'on présume que les stades du cycle de vie ont tous le même poids [figure 1]), il n'y a pas de correspondance dans les courbes propres aux stades du cycle de vie (figures 2 à 4). En particulier, la courbe du frai montre la plus faible correspondance (figure 2). L'alimentation [(juvénile + adulte)/2] présente le plus grand écart de valeurs par rapport au modèle PEH tandis que le modèle HEAT n'a généré que des valeurs supérieures à 0,5 (figure 4).

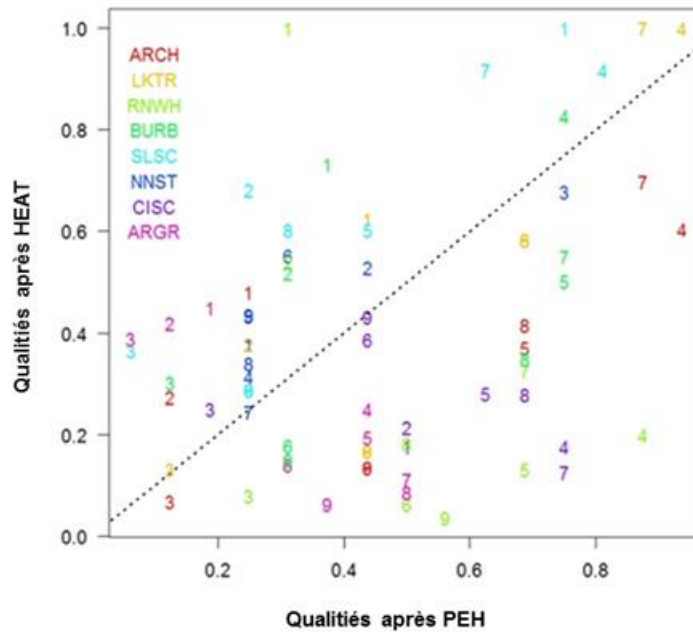


Figure 1. Comparaison des qualités moyennes de l'habitat pour les espèces selon le PEH par rapport aux qualités moyennes de l'habitat pour les espèces selon le HEAT pour les neuf types d'habitats (# dans la courbe) lorsque l'on donne un poids égal aux stades du cycle de vie (PEH : frai + alevinage + adulte + hivernage; HEAT : frai + jeune de l'année + juvénile + adulte). Les couleurs représentent les différentes espèces de poisson.

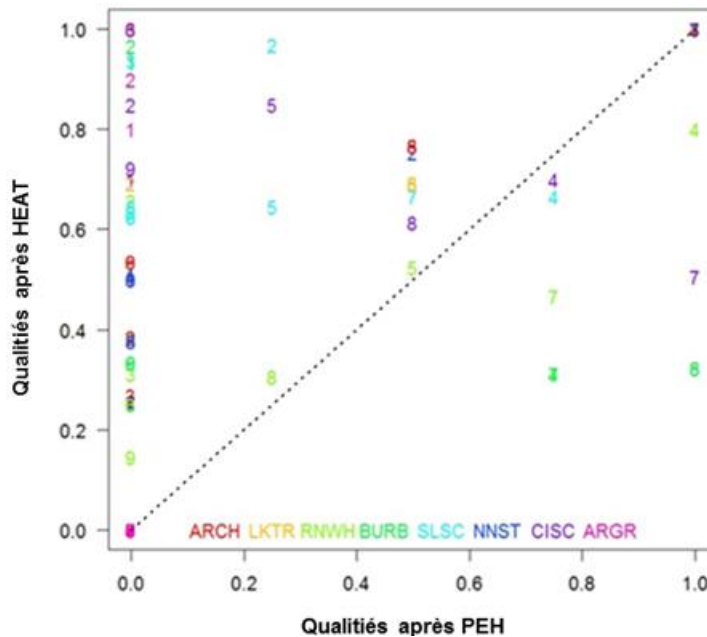


Figure 2. Comparaison de la qualité de l'habitat pour le frai selon le modèle PEH et de la qualité de l'habitat pour le frai selon le modèle HEAT pour les neuf types d'habitats (# dans la courbe). Les couleurs représentent les différentes espèces de poissons.

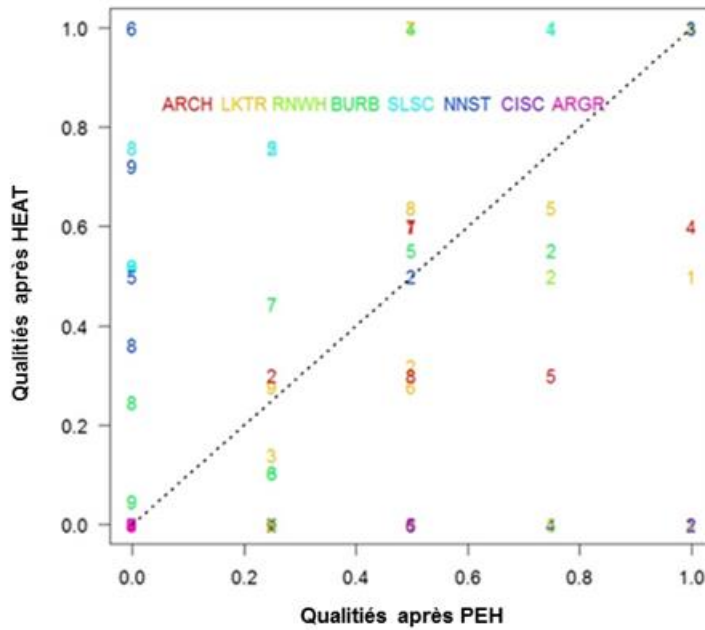


Figure 3. Comparaison de la qualité de l'habitat pour l'alevinage selon le modèle PEH par rapport à la qualité de l'habitat pour les jeunes de l'année selon le modèle HEAT pour les neuf types d'habitats (# dans la courbe). Les couleurs représentent les différentes espèces de poissons.

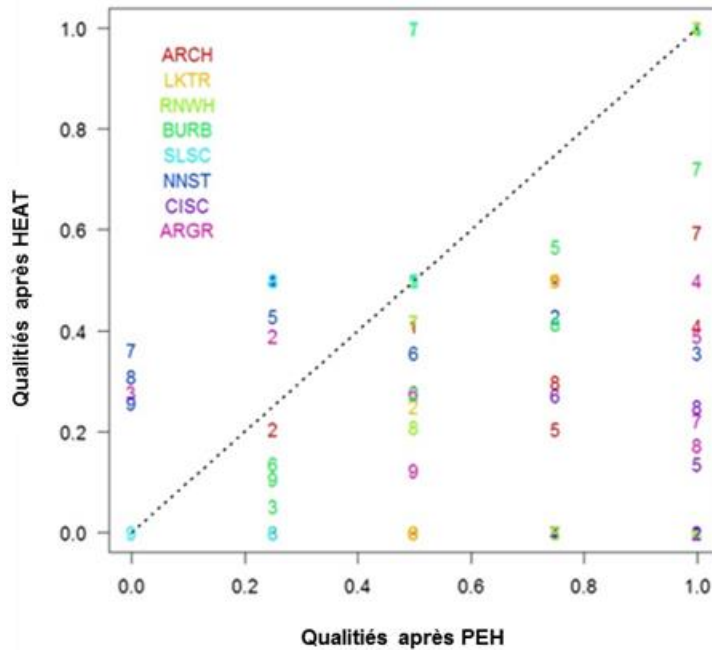


Figure 4. Comparaison de la qualité de l'habitat pour l'alimentation selon le modèle PEH par rapport à la qualité de l'habitat selon le modèle HEAT (juvénile + adulte /2) pour les neuf types d'habitats (# dans la courbe). Les couleurs représentent les différentes espèces de poissons.

*Discussion*

Si nous pouvons comprendre comment les valeurs HEAT ont été obtenues à partir des qualités des habitats des populations nordiques mentionnées dans Richard et al. (2001), nous n'avons pas été en mesure de reproduire les valeurs PEH à l'aide de la grille contenue dans Richardson et al. (2001).

Nous avons comparé les IQH d'AEM avec les renseignements présentés dans Richardson et al. (2001). En général, les habitats classés comme faiblement propices par Richardson et al. (2001) étaient souvent classés comme non convenables (c.-à-d. zéro) par AEM, ce qui sous-estime la qualité de cet habitat.

*Frai*

Pendant l'hiver, la zone située de 0 à 2 m de la surface des lacs de la région de Meadowbank au Nunavut gèle au complet, ce qui rend cet habitat non convenable pour les espèces qui fraient à l'automne et à l'hiver. AEM a donc classé ces habitats comme étant non convenables plutôt que d'utiliser les données contenues dans Richardson et al. (2001).

L'omble chevalier et le touladi ont obtenu les mêmes pointages. Les habitats situés de 2 à 4 m et à plus de 4 m ont obtenu les mêmes pointages, ce qui semble conforme à la documentation. AEM a indiqué que le substrat grossier était l'habitat optimal pour le frai, que le substrat fin était inapproprié et que le substrat mixte était un habitat moyen. Cela pourrait surestimer la qualité des substrats grossiers et sous-estimer la qualité des substrats fins pour le frai.

Les IQH du ménomini rond étaient optimaux pour le frai sur substrat grossier dans 2 à 4 m, supérieurs à la moyenne sur substrat grossier à plus de 4 m; moyens sur substrat mixte de 2 à 4 m; inférieurs à la moyenne dans 4 m d'eau et inappropriés sur substrat fin. Cela pourrait surestimer la qualité des substrats à plus de 4 m et sous-estimer celle des substrats fins pour le frai.

Le frai de la barbotte est estimé optimal dans les substrats mixtes à 2 à 4 m et à plus de 4 m et supérieur à la moyenne à ces deux profondeurs sur substrat grossier. Tous les autres types d'habitats sont considérés comme étant non convenables. La qualité à des profondeurs de plus de 4 m pourrait être surestimée et la qualité des substrats fins, sous-estimée.

Le chabot visqueux et l'épinoche à neuf épines, qui fraient au printemps et à l'été, utilisent les zones de 0 à 2 m pour le frai. Dans le cas du chabot visqueux, la qualité de l'habitat pour le frai semble être surestimée entre 2 et 4 m et à plus de 4 m et la qualité du substrat fin pourrait être sous-estimée pour toutes les profondeurs. L'habitat de frai de l'épinoche à neuf épines semble être sous-estimé de 2 à 4 m pour tous les types de substrats et pour les substrats grossiers à moins de 2 m.

L'ombre arctique se reproduit au printemps. Selon les IQH d'AEM, tous les habitats sont non convenables pour le frai. Les habitats de 0 à 2 m de profondeur devraient être accessibles et optimaux pour le frai et les substrats grossiers devraient être de plus grande qualité que les substrats mixtes et fins (Larocque et al. 2014).

La qualité de l'habitat de frai du cisco semble être sous-estimée dans les profondeurs de 2 à 4 m comparativement à la zone de plus de 4 m. Selon Richardson et al. (2001), les différentes catégories de substrat devraient avoir des valeurs plus égales.

*Alevinage*

Les jeunes ombles chevaliers sont le plus souvent présents dans les eaux littorales peu profondes et utilisent les substrats grossiers pour se dissimuler, comme les jeunes touladis



(Richardson et al. 2001). Les jeunes ménominis ronds sont observés à des profondeurs de 1,5 à 4,5 m où le substrat est composé de roches, de sable et de gravier (Richardson et al. 2001). Les jeunes chabots visqueux sont observés dans les eaux peu profondes (0,5 à 1,5 m) sur des substrats de gravier et de sable (Richardson et al. 2001). Les IQH peuvent surestimer la qualité des eaux profondes pour les fonctions biologiques de ces espèces; pour le chabot visqueux, les substrats fins semblent être sous-estimés.

#### *Alimentation*

Pour toutes les espèces, les IQH des sites d'alimentation ne correspondent pas aux données fournies par Richardson et al. (2001) pour les juvéniles et les adultes. Il est impossible de déterminer clairement quels paramètres ont été utilisés pour évaluer la qualité de l'habitat d'alimentation.

#### *Hivernage*

Richardson et al. (2001) fournissent peu de renseignements sur les habitats d'hivernage et ces renseignements ne sont pas contenus dans les matrices sur les espèces. Durant l'hiver, la zone de 0 à 2 m de profondeur des lacs de Meadowbank gèle, rendant cet habitat non convenable pour l'hivernage; des IQH de zéro ont donc été attribués pour les habitats d'hivernage dans cette zone. L'IQH pour les zones d'hivernage est le même pour toutes les espèces et caractéristiques du substrat. Cela ne tient pas compte des caractéristiques complexes du substrat, qui peuvent être un élément structurel important en hiver pour les petits poissons (c.-à-d. les juvéniles de toutes les espèces, le chabot visqueux et l'épinoche à neuf épines).

#### *Recommandations*

Le plan ne contient pas de justification pour l'attribution des IQH, pas plus que le plan de Méliadine sur lequel il est fondé. Le promoteur pourrait utiliser les matrices de qualité de l'habitat par espèce entièrement fondées sur Richardson et al. (2001) et justifier tout changement (p. ex., des renseignements plus récents), les préciser et y faire référence. Il devrait être possible de revoir les IQH et de reproduire les résultats du modèle, ce que ne permettent pas les renseignements insuffisants fournis dans le rapport.

## **2) Types d'habitats**

Au lieu des neuf types d'habitats typiques, qui sont fondés sur les diverses combinaisons de substrat et de profondeur, le modèle PEH du lac Phaser comporte un 10<sup>e</sup> type d'habitat. Les types 1 à 9 sont des habitats naturels formés de différentes combinaisons de substrat et de profondeur. Le 10<sup>e</sup> type d'habitat a été ajouté au modèle PEH par AEM pour représenter la qualité d'habitat probablement réduite dans les fosses profondes qui agiront comme des puits de nutriment. On a proposé d'appliquer les types d'habitats 1 à 9 pour les fosses lorsqu'elles devaient être remplies à des profondeurs survenant naturellement dans les lacs avoisinants. Le type d'habitat 10 a été appliqué à toutes les fosses non remplies, sans égard à leur profondeur et aux caractéristiques du substrat, même si l'on présume que le substrat dans les fosses est grossier.

Les résultats du modèle de qualité de l'eau présenté dans le Plan aucune perte nette révèlent que l'eau des fosses du lac Phaser est bien mélangée. La validité des résultats de ces modèles ne fait pas l'objet d'une évaluation dans le cadre de cette réponse des Sciences. AEM reconnaît que « bien que le modèle de qualité de l'eau révèle que l'eau des fosses Phaser est bien

mélangée, un chimiocline peut se développer » et que si le mixolimnion<sup>2</sup> peut servir d'habitat convenable aux poissons pélagiques, on estime que la valeur de cet habitat est de zéro dans le modèle PEH, afin de reconnaître les valeurs inconnues des habitats des poissons dans les fosses lacustres. AEM a toutefois conservé le type d'habitat 10 dans le modèle pour obtenir un crédit au cas où la surveillance de cet habitat après l'inondation révélerait que la qualité de l'eau est acceptable et que les poissons utilisent les habitats dans les fosses. La conservation de cette catégorie d'habitat au cas où ces zones s'avéreraient des habitats convenables semble raisonnable.

### 3) Ajustement du modèle ou facteurs d'ajustement

Pour chaque caractéristique de la mine (p. ex., fosses, recouvrement des mines, bassins, digues, routes) où l'on prévoit des pertes ou des gains d'habitat, les UH sont calculées en multipliant l'aire de chaque type d'habitat dans ce secteur par la somme des IQH attribués à chaque fonction biologique de chaque espèce de poisson. De plus, les UH peuvent être multipliées par d'autres facteurs, p. ex., l'importance de l'espèce, l'importance du stade du cycle de vie, le facteur d'accès et le cofacteur d'habitat, pour ajuster le modèle.

#### *Facteurs de pondération des espèces*

Selon les objectifs de pêche ou d'habitat d'un site, les espèces de poisson peuvent avoir une pondération différente dans un modèle PEH.

Différents scénarios peuvent être envisagés au moment de déterminer la pondération des espèces, par exemple :

1. La présence ou l'absence d'espèces sont pondérées de façon identique;
2. La contribution à la biomasse ou le nombre de prises par unité d'effort (CPUE), ce qui nécessiterait une évaluation complète de l'abondance des espèces. Cette approche présente un problème pour les plus petites espèces, comme le chabot visqueux et l'épinoche à neuf épines, qui sont peu représentées dans les échantillons des études sur le lac Phaser.
3. La contribution à la production, ce qui exigerait de déterminer à la fois l'abondance des espèces et le rapport production/biomasse (P:B) [Randall et Minns 2000]. Le problème de biomasse se poursuit même s'il est bien connu que les rapports P:B sont plus élevés chez les petites espèces qui vivent moins longtemps. L'effet combiné de la biomasse et de la production tend à reproduire la situation d'absence-présence et fait pencher la balance en faveur d'une pondération égale.
4. La contribution à l'écosystème, où les petites espèces sont souvent les proies des plus grosses espèces et où la pyramide trophique suggère que les niveaux inférieurs sont nécessairement plus abondants et plus productifs et donc que les petites espèces devraient avoir une pondération plus élevée que les plus grandes. De plus, la production des espèces des niveaux trophiques inférieurs est la base de la productivité des niveaux supérieurs.
5. La contribution à la pêche, qui est peu connue dans la région et pratiquement inconnue localement.
6. La contribution culturelle, où certaines espèces sont considérées comme importantes pour les Autochtones.

---

<sup>2</sup> La strate supérieure d'un lac méromictique est appelée mixolimnion. Elle est définie par un chimiocline de la couche inférieure, appelé monimolimnion. Les eaux du monimolimnion circulent peu et sont généralement hypoxiques et plus salées que le reste du lac.

Lorsque les objectifs de pêches ou les autres objectifs de gestion sont inclus dans la pondération, la justification doit être énoncée clairement et l'évaluation effectuée en consultant le Programme de protection des pêches du MPO.

À l'heure actuelle, les pondérations des espèces pour le lac Phaser sont fondées sur la biomasse relative et la valeur pour les pêches. La pondération de la biomasse pour l'évaluation de la compensation pour le lac Phaser est fondée sur la biomasse proportionnelle dans le transfert des poissons du lac Vault adjacent. On a présumé que le chabot visqueux et l'épinoche à neuf épines, peu vulnérables aux engins de pêche, étaient présents et représentaient 1 % de la biomasse totale.

Les valeurs pour les pêches sont déterminées en fonction des enquêtes par interrogation des pêcheurs inuits et non inuits de Baker Lake (voir le rapport annuel de 2013 de Meadowbank, annexe G13, étude sur la récolte dans le village de Baker Lake – Résultats de l'interrogation). Le relevé portait sur l'omble chevalier, l'ombre arctique, le touladi et le grand corégone (*Coregonus clupeaformis*). Pour le modèle PEH, on a utilisé les chiffres du grand corégone pour approximer les résultats du ménomini rond. Les résultats de l'enquête par interrogation révèlent l'importance du touladi par rapport aux trois autres espèces pour les pêches autochtones et récréatives pratiquées par les résidents de Baker Lake. Les scénarios de pondération fondés sur les prises peuvent sous-estimer la contribution des petites espèces à la productivité générale et à la productivité des pêches commerciales, récréatives et autochtones, puisque ces espèces sont moins vulnérables aux engins d'échantillonnage.

Par conséquent, nous recommandons l'utilisation d'une pondération égale pour toutes les espèces présentes dans le lac plutôt qu'une pondération en fonction de la biomasse relative ou de la valeur pour les pêches (ou une combinaison des deux). Nous recommandons également de ne pas inclure l'ombre arctique et le cisco dans le modèle PEH puisque ces espèces ne sont pas présentes sur le site de la mine.

#### *Facteurs de pondération des stades du cycle de vie*

La pondération des stades du cycle de vie peut être déterminée indépendamment de la pondération des espèces et s'appliquer également aux espèces, en fonction de la présomption que tous les stades sont importants pour toutes les espèces, pour assurer la durabilité des populations viables. L'option implicite présume que tous les stades du cycle de vie sont d'égale importance.

Le promoteur a choisi d'utiliser les fonctions biologiques (frai, alevinage, alimentation et hivernage) pour son modèle PEH plutôt que les stades du cycle de vie (frai, jeune de l'année, juvénile et adulte). Cependant, il existe dans la documentation peu de renseignements utiles sur la relation entre les fonctions biologiques et les caractéristiques des habitats dans les zones arctiques.

Les opinions orientant les choix en matière de pondération sont diversifiées et les preuves peu nombreuses (Minns et al. 2001). Dans son modèle PEH, Cumberland (2005) a pondéré les stades du cycle de vie (frai/alevinage 4, élevage 2, alimentation 3 et hivernage 1). Le modèle PEH courant d'AEM utilise une pondération égale, comme nous le recommandons.

#### *Facteurs d'accès*

Le facteur d'accès représente l'accessibilité de la zone pour chacune des espèces (ou une évaluation de leur présence ou absence). Le facteur d'accès est de 1 pour toute espèce présente dans l'habitat et de 0 pour les espèces absentes de l'habitat. Chaque espèce reçoit un facteur d'accès qui sert au calcul des pertes et des gains. Le facteur d'accès peut être utilisé lorsque l'on prévoit que le mélange des espèces changera dans le scénario de compensation.

L'ouverture de l'accès à un habitat pour une espèce qui n'avait pas d'accès avant la construction entraîne donc une augmentation des UH dans les résultats. Par conséquent, une perte d'accès se traduit par une perte d'UH. Ces gains ou ces pertes peuvent être entiers (affecter toutes les espèces, p. ex., conversion en un site d'entreposage des résidus) ou partiels (seules quelques espèces sont touchées).

Dans le Plan aucune perte nette, le promoteur indique que la présence ou l'absence d'une espèce dans le calcul des pertes est fondée sur des relevés effectués dans l'habitat touché, lorsque la présence ou l'absence dans le scénario de compensation est prévue (à confirmer une fois l'accès modifié dans le cadre de la surveillance de la compensation). Cependant, ces données s'appliquent uniquement à l'omble chevalier. Le chabot visqueux et l'épinoche à neuf épines n'ont pas été prélevés dans le lac Phaser, mais on suppose qu'ils y sont présents. L'omble chevalier a été trouvé dans le lac Vault et on présume qu'il se trouve également dans le lac Phaser. Nous recommandons donc d'attribuer un facteur de 1 dans la section « perte de facteur d'accès » à l'omble chevalier.

#### *Cofacteurs d'habitat*

Un cofacteur d'habitat peut être utilisé pour décrire les changements hydrologiques, thermiques ou chimiques de la qualité de l'eau dans les UH qui découleront des impacts du projet ou du processus de compensation. Le cofacteur d'habitat est une pondération qui peut être utilisée lorsque l'on prévoit une dégradation des lacs ou qu'une remise en état incomplète des lacs est proposée comme mesure de compensation. AEM présume qu'il n'y aura aucun changement de la qualité des habitats après l'exploitation minière et les facteurs de pondération ont été fixés à 1 pour le calcul des gains et des pertes. Cela contraste avec les prévisions faites par AEM concernant les niveaux élevés de diverses substances (p. ex., cuivre, ammoniac, fer, cadmium, zinc) dans les eaux du lac après la fermeture de la mine, une situation qui devrait persister pendant plusieurs années, sinon indéfiniment. AEM devrait tenir compte de cette dégradation des habitats en appliquant un cofacteur d'habitat dans le modèle PEH. Si la surveillance montre que la qualité de l'eau redevient convenable, l'ajustement pourra être invoqué.

#### **4) Représentation des changements nets**

Dans sa représentation des changements nets pour le lac Phaser, AEM a appliqué des pondérations inégales selon les espèces, mais égales pour les stades du cycle de vie. Nous avons effectué une autre analyse des changements nets fondée sur notre comparaison des résultats des modèles PEH et HEAT, qui utilisait les aires par type d'habitat fournies par AEM pour calculer les gains, la matrice de qualité de l'habitat HEAT établie à partir de Richardson et al. (2001) pour les quatre stades du cycle de vie (frais, jeune de l'année, juvénile et adulte), mais sans utiliser l'hivernage puisqu'il n'y aucune base de données publiée sur les besoins d'habitat. Dans le cas de l'analyse HEAT, des pondérations égales ont été utilisées pour toutes les espèces et tous les stades du cycle de vie. Nous avons utilisé les valeurs de référence pour l'aire des types d'habitats (ha) et les UH présentées dans le tableau 3-1 d'AEM (2016) et non les valeurs du tableau 4-2 qui ont été utilisées dans la feuille de calcul « sommaire — totaux par caractéristique » comme valeurs préalables, à la fin du rapport.

Tableau 2. Les résultats en matière de changement net selon une pondération inégale des espèces et une pondération égale des stades du cycle de vie et la matrice de qualité de l'habitat de AEM sont comparés aux résultats en matière de changement net selon une pondération égale des espèces et des stades du cycle de vie et la matrice de qualité de l'habitat dérivée de Richardson et al. (2001). Les effets de l'ajout des habitats de type 3 non cartographiés sont inclus.

AEM Total, pondération inégale des espèces — lac Phaser						HEAT Total, pondération égale des espèces — lac Phaser					
Type d'habitat	Pertes (hectares)	Gains (hectares)	Compa- raison de la qualité	Pertes d'UH	Gains d'UH	Type d'habitat	Pertes (hectares)	Gains (hectares)	Compa- raison de la qualité	Pertes d'UH	Gains d'UH
1	0,86	0,00	0,159	0,13	0,00	1	0,86	0,00	0,282	0,17	0,00
2	5,44	2,57	0,260	1,37	0,65	2	5,44	2,57	0,444	1,80	0,85
3	13,96	13,77	0,395	5,32	5,25	3	13,96	13,77	0,605	6,52	6,43
4	1,03	0,00	0,451	0,44	0,00	4	1,03	0,00	0,238	0,16	0,00
5	1,72	1,49	0,685	1,11	0,96	5	1,72	1,49	0,387	0,48	0,42
6	1,21	1,83	0,916	1,05	1,57	6	1,21	1,83	0,536	0,49	0,74
7	0,52	0,00	0,466	0,23	0,00	7	0,52	0,00	0,212	0,07	0,00
8	0,20	0,71	0,637	0,12	0,43	8	0,20	0,71	0,354	0,05	0,18
9	0,11	6,83	0,823	0,09	5,27	9	0,11	6,83	0,496	0,04	2,59
10	0,00	1,79	0,000	0,00	0,00	10	0,00	1,79	0,000	0,00	0,00
Total	25,06	29,00		9,85	14,13	Total	25,06	29,00		9,79	11,22
Habitat 3 non cartographié	2,23	2,23	0,395	0,88	0,88	Habitat 3 non cartographié	2,23	2,23	0,605	1,35	1,35
<b>Nouveau Total</b>	<b>27,29</b>	<b>31,23</b>		<b>10,73</b>	<b>15,01</b>	<b>Nouveau Total</b>	<b>27,29</b>	<b>31,23</b>		<b>11,14</b>	<b>12,57</b>

### Résultats

Les résultats des analyses PEH et HEAT sont montrés côte à côte (tableau 2). Les résultats sont similaires. La différence entre les pertes et les gains est relativement plus faible selon les calculs HEAT que selon les calculs PEH. Les effets de la zone d'habitat de type 3 non cartographiée sont ajoutés dans les deux cas afin de montrer comment elle pourrait être intégrée. Les valeurs de qualité composée par type d'habitat diffèrent entre les deux analyses pour les raisons suivantes :

1. Les valeurs d'IQH par espèce et stade du cycle de vie déterminées par AEM diffèrent.
2. Les valeurs de pondération sont différentes.

Le gain nominal net est plus faible dans l'analyse HEAT. Cela aura probablement un impact si les effets à long terme sont ajoutés au scénario de représentation des effets.

### Recommandations

1. Des cartes de qualité des habitats seraient utiles pour illustrer et examiner les changements.
2. Le rapport indique qu'un secteur a été omis sur les cartes. Ce secteur devrait être ajouté.
3. Les tableaux sommaires des UH ne contiennent pas suffisamment de détails, particulièrement lorsque vient le temps de combiner les pertes et la compensation pour obtenir une somme nette. Il devrait y avoir un tableau des sommes nettes par type d'habitat pour représenter les pertes, les superficies remises en état et les superficies nouvellement créées (p. ex., pertes, superficies inchangées, compensation, superficies modifiées).

### Aires non cartographiées

Une portion du bassin du lac Phaser n'a pas été cartographiée et a donc été ignorée dans les calculs subséquents. Cette aire, qui mesure 2,23 hectares, devrait être incluse puisque le rapport indique qu'elle consiste entièrement de substrat grossier dans des eaux de 2 m ou moins de profondeur. L'ajout de cette aire au calcul du changement nominal net n'influe pas sur le résultat, puisqu'on présume que l'aire demeure identique avant et après l'exploitation. Toutefois, si l'on tient compte des effets de retardement, la perte nette par rapport au scénario de référence avec le lac rempli rétabli à l'année 10 passe de -0,78 à -1,08 (voir la partie 5 ci-dessous sur le calcul du retardement).

### 5) Calcul des effets de retardement selon le ratio de compensation

Le Plan de compensation d'AEM ne tient présentement pas compte du moment des pertes d'habitat et de la compensation, ni de la vitesse de régénération de l'écosystème. Il y a peu de discussions sur les conditions environnementales après l'exploitation minière dans les lacs Vault et Phaser et sur la manière dont celles-ci peuvent réduire les UH escomptées. Afin d'évaluer les pertes potentielles de productivité des pêches en raison du retardement de la compensation des habitats, nous avons calculé le rapport de compensation d'après Minns (2006), qui doit être supérieur à 1, puisque l'effet de retardement peut être de plus de 20 ans.

Une fois les scénarios de référence avant et après l'exploitation élaborés, nous pouvons effectuer des calculs sur les effets du retardement à partir des estimations du moment de la perte avant la compensation et du temps écoulé avant que les aires compensées deviennent pleinement opérationnelles.

Avant les modifications apportées à la *Loi sur les pêches* en 2012, on présumait que les pertes et les gains/les compensations se produisaient instantanément lorsque l'on effectuait les calculs des changements nets. En réalité, c'est rarement le cas. Les pertes se produisent normalement avant la compensation. De plus, les pertes se produisent généralement très rapidement, tandis que les avantages de la compensation prennent plus de temps à se faire sentir. Des méthodes simples d'intégration des ajustements en fonction du retardement dans les calculs des changements nets ont été développées (Minns 2006). Des codes informatiques en langage R ont été développés pour faciliter les calculs à l'aide d'intégrales continues, à l'appui de la poursuite du développement de l'outil HEAT au MPO à Burlington. Ce logiciel permet à l'utilisateur de configurer une feuille de calcul Excel simple décrivant les résultats de base au niveau des parcelles des scénarios avant et après le développement ainsi que les délais pour chaque parcelle.

Les renseignements sommaires fournis par AEM dans le Plan de compensation pour le lac Phaser permettent de faire une évaluation simple des effets du retardement. Le rapport révèle que le lac Phaser sera drainé rapidement en un an et sera rempli cinq ans après l'extraction du minerai. Ces calculs peuvent être effectués en présumant que toutes les pertes se produisent durant l'année 1, de 0 à 1. Puis, après cinq ans, le remplissage du bassin élargi du lac peut être traité comme la mise en œuvre d'une série de mesures de compensation. Comme le lac rempli ne sera pas pleinement fonctionnel immédiatement, il serait utile d'envisager les scénarios de rechange où il faudrait 5, 10 ou 15 ans avant que le lac redevienne pleinement fonctionnel. Un échéancier général de 20 ans est utilisé pour évaluer les changements nets.

#### *Résultats*

Les résultats révèlent qu'une faible augmentation des mesures de compensation est requise pour tenir compte des effets du retardement (figure 5). Le changement net selon le scénario de base instantané montre qu'il y a un solde de +4,27 UH. Lorsque les effets de retardement sur une période de référence de 20 ans sont appliqués, le changement net est en moyenne une perte de 0,78, 2,55 et 4,32 UH avant que le lac rempli redevienne pleinement fonctionnel pendant 5, 10 et 15 ans respectivement, à partir de l'année 5. Ces soldes négatifs peuvent être compensés par une augmentation modeste des mesures du plan de compensation, surtout si elles sont mises en œuvre rapidement (figure 5b).

#### *Recommandations*

1. Les effets du retardement doivent être inclus dans les calculs visant à déterminer les besoins généraux en matière de mesure de compensation.
2. Les zones non cartographiées doivent être incluses dans le calcul des changements nets.
3. Toute mesure de compensation additionnelle à l'extérieur du bassin du lac Phaser doit être mise en œuvre avec le plan de remplissage du lac Phaser.

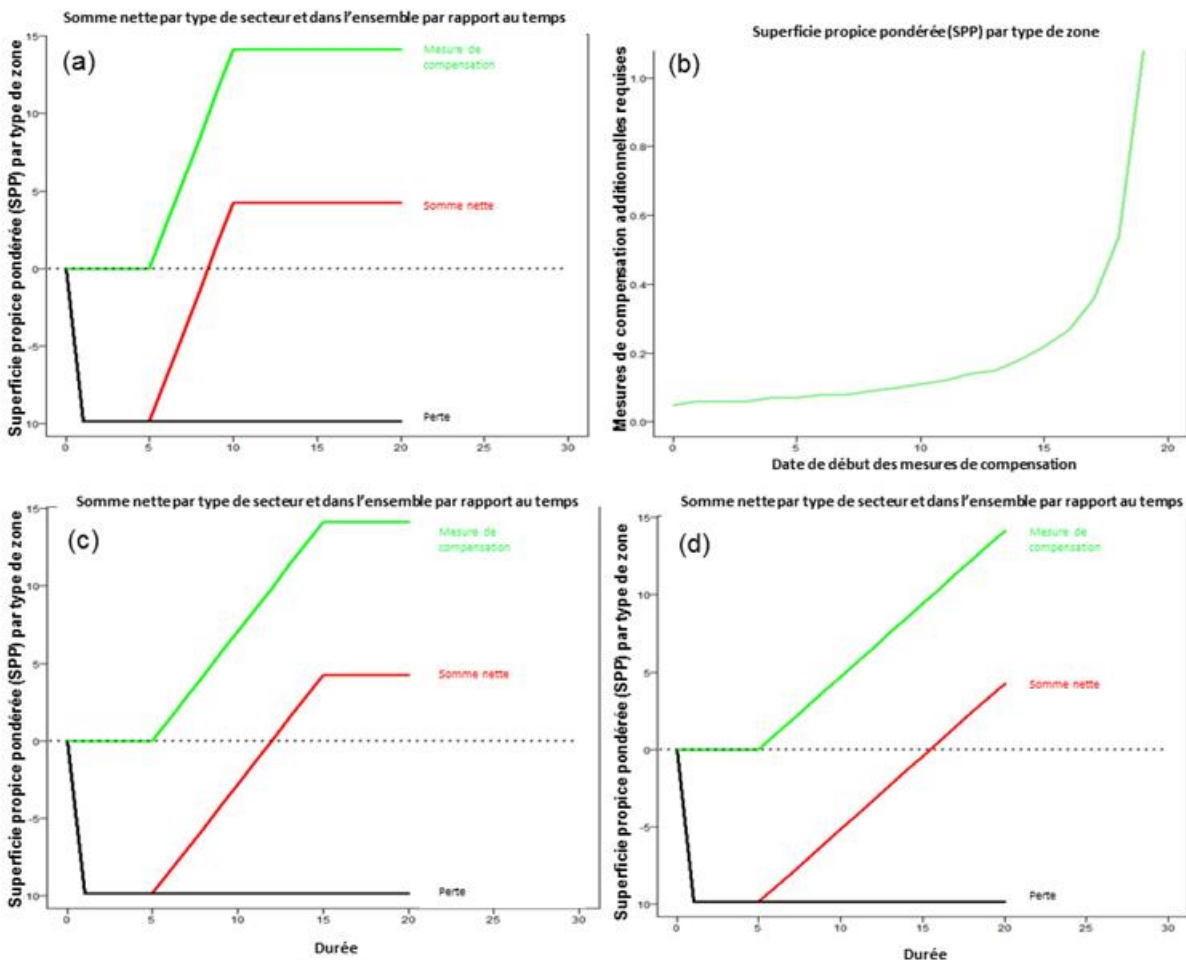


Figure 5. Pertes, mesures de compensation et changement net sur une période de référence de 20 ans. (a) Somme nette par type de zone lorsque les mesures de compensation sont mises en œuvre à l'année 5 et que le lac est fonctionnel à l'année 10. (b) L'augmentation des mesures de compensation requise dans le scénario (a) pour compenser les effets de retardement (feu vert), par rapport au début de mise en œuvre des mesures additionnelles. (c) Résultats lorsque les mesures de compensation débutent à l'année 5 et que le lac est fonctionnel à l'année 15. (d) Résultats lorsque les mesures de compensation débutent à l'année 5 et que le lac est fonctionnel à l'année 20.

## Conclusions

Le Programme de protection des pêches (PPP) a demandé au Secteur des sciences d'effectuer un examen par les pairs des paramètres et des résultats du modèle de PEH présentés dans le Plan aucune perte nette pour Meadowbank et le Plan de compensation de l'habitat du poisson, afin de déterminer si les paramètres du promoteur étaient scientifiquement valides et représentaient une approche défendable pour calculer les pertes et les gains associés aux projets. Le Secteur des sciences a également été chargé de calculer le ratio de compensation approprié pour toute perte de productivité imputable au moment des pertes et aux compensations tardives.

Il n'y avait pas suffisamment de données dans le rapport pour reproduire les IQH utilisés par AEM uniquement à partir des références citées. Le promoteur a choisi d'utiliser les fonctions biologiques associées aux principaux types d'habitats (frayères, alevinages, alimentation et



hivernage) dans son modèle PEH plutôt que les stades du cycle de vie (frais, jeunes de l'année, juvéniles et adultes). Aucune explication détaillée sur le calcul des IQH n'a été fournie afin de nous permettre d'évaluer leur validité.

Les caractéristiques physiques des dix types d'habitats sont raisonnables.

Le promoteur utilise une pondération des espèces fondée sur la biomasse et les pêches. Nous recommandons toutefois d'utiliser une pondération égale pour toutes les espèces présentes dans le lac plutôt que d'évaluer la biomasse relative ou la valeur pour les pêches (ou une combinaison des deux). L'ombre arctique et le cisco ne doivent pas être inclus dans le modèle.

Le modèle actuel de PEH d'AEM utilise une pondération égale pour tous les stades du cycle de vie, tel que nous le recommandons.

L'omble chevalier a été trouvé dans le lac Vault et on présume qu'il se trouve également dans le lac Phaser. Nous recommandons donc d'attribuer un facteur de 1 dans la section « perte de facteur d'accès » à l'omble chevalier.

Aucun cofacteur d'habitat n'a encore été utilisé. Comme une certaine dégradation de la qualité de l'eau est prévue, AEM doit tenir compte de cette dégradation de l'habitat en intégrant un cofacteur d'habitat dans son modèle PEH. Si la surveillance montre que la qualité de l'eau redevient convenable, l'ajustement pourra être invoqué.

Des cartes permettraient de mieux illustrer les changements nets. Les zones omises peuvent être intégrées en élargissant les zones cartographiées. Les tableaux sommaires des UH ne contiennent pas suffisamment de détails, particulièrement lorsque vient le temps de combiner les pertes et la compensation pour obtenir une somme nette. Il devrait y avoir un tableau avec les sommes nettes par type d'habitat pour représenter les pertes, les superficies remises en état et les superficies nouvellement créées.

Les effets du retardement doivent être ajoutés afin de déterminer les exigences générales en matière de compensation. Le retardement vise à compenser la productivité perdue entre le début du transfert des poissons jusqu'au moment où le lac redevient un écosystème pleinement fonctionnel. Il pourrait être impossible de compenser la période de perte de productivité dans le même lac et d'autres solutions de compensation hors du site devront être trouvées.

Les zones non cartographiées doivent être incluses dans les calculs des changements nets. Toute superficie de compensation additionnelle doit être mise en œuvre conjointement au plan de remplissage du lac Phaser afin de minimiser les superficies devant être manipulées.

## Collaborateurs

Susan Doka, Secteur des sciences du MPO, Région du Centre et de l'Arctique

Eva Enders, Secteur des sciences du MPO, Région du Centre et de l'Arctique

Kathleen Martin, Secteur des sciences du MPO, Région du Centre et de l'Arctique

Ken Minns, Département de l'écologie et de la biologie de l'évolution, University of Toronto

Elizabeth Patreau, Programme de protection des pêches du MPO, Région du Centre et de l'Arctique

Doug Watkinson, Secteur des sciences du MPO, Région du Centre et de l'Arctique

## Approuvé par

Michelle Wheatley, Directrice régionale, sciences, Région du Centre et de l'Arctique  
Gavin Christie, Gestionnaire de division, Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatique  
Rob Young, Gestionnaire de division, Recherche aquatique et de l'Arctique  
(Approuvé le 12 juillet 2016)

## Sources de renseignements

La présente réponse des Sciences découle du processus de réponse des Sciences d'avril 2016 sur l'Examen des paramètres et des résultats du modèle de la procédure d'évaluation de l'habitat (PEH) pour le projet de la mine d'or de Meadowbank.

- AEM (Agnico-Eagle Mines Ltd). 2012. Meadowbank Division No-Net-Loss Plan. 240 p. (archivé sur le site de la [Commission du Nunavut chargée de l'examen des répercussions](#))
- AEM (Agnico-Eagle Mines Ltd). 2016. Meadowbank Division Fish Habitat Offsetting Plan: Phaser Lake. 43 p. (archivé sur le site de la [Commission du Nunavut chargée de l'examen des répercussions](#))
- Cumberland Resources Ltd. 2005. Meadowbank Gold Project. No-Net-Loss Plan (NNLP). October 2005. (archivé sur le site de la [Commission du Nunavut chargée de l'examen des répercussions](#))
- Larocque, S.M., Hatry, C., Enders, E.C. 2014. Development of habitat suitability indices and bioenergetics models for Arctic grayling (*Thymallus arcticus*). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3097: vi + 57 p.
- McPhail, J.D., Lindsey, C.C. 1970. Freshwater fishes of northwestern Canada and Alaska. Bull. Fish. Res. Board Can. 173: 381 p.
- Minns, C.K. 1997. Quantifying "no-net-loss" of productivity of fish habitats. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 2463–2473.
- Minns, C.K. 2006. Compensation ratios needed to offset timing effects of losses and gains and achieve no net loss of productive capacity of fish habitat. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 63: 1172–1182.
- Minns, C.K., Moore, J.E., Stoneman, M., Cudmore-Vokey, B. 2001. Defensible Methods for Assessing Fish Habitat: Lacustrine habitats in the Great Lakes Basin – Conceptual basis and approach using a habitat suitability matrix (HSM) method. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2559: viii + 70 p.
- Randall, R.G., Minns, C.K. 2000. Use of fish production per unit biomass ratios for measuring the productive capacity of fish habitats. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 57: 1657–1667.
- R Core Team. 2013. [R: A language and environment for statistical computing](#). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Richardson, E.S., Reist, J.D., Minns, C.K. 2001. Life history characteristics of freshwater fishes occurring in the Northwest Territories and Nunavut, with major emphasis on lake habitat requirements. Can. Man. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2569: vii + 146 p.
- Scott, W.B., Crossman, E.J. 1979. Freshwater fishes of Canada. Fisheries Research Board of Canada Bulletin 184, Ottawa, ON. xx + 966 p.
- USFWS (U.S. Fish and Wildlife Service). 1981. Standards for the development of habitat suitability index models for use in the Habitat Evaluation Procedures, USDI Fish and Wildlife Service. Division of Ecological Services. ESM 103.

## Annexe

Tableau A1. Traduction d'une page de données tirée de Richardson et al. (2001) présentée à titre d'exemple. Cette page décrit les exigences en matière d'habitat lacustre de l'omble chevalier (résident dans l'eau douce).

Carac- téristiques de l'habitat:	Évaluation <sup>1</sup>				Sources <sup>2</sup>			
	F		A		F	JDA	J	A
Profondeur:								
0-1 mètres	F	F	F	É	26,28,29	25,26,27,29,30	13,27	5,6,8,18,24,26,27
1-2 mètres	M	F	F	É	15,26,28,29,31	27	13,27	5,6,8,18,24,26,27
2-5 mètres	É	F	F	É	2,10,11,15,19,28,31	27	13,27	5,6,8,9,18,20,24,26,27
5-10 mètres	É	F	É	É	10,19	27	3,27	5,6,8,9,18,20,24,26,27
10+ mètres	M	É	É	É	10,23,24	18,25	3	5,6,8,9,12,18,20,24,26
Substrat:								
Rochers			F				32	
Décombres		É	É	É		13,27	13,24,26,27,32	20,26,27
Galets	F	É	É	É	28	13,15,27	13,24,26,27,32	20,26,27
Gravier	É	É	É	É	2,10,22,28	13,15,27	13,24,26,27,32	25,26
Grossier	É				2,10,15,16,17,19,22,23,31			
Sable								
limon	F				11,28			
Fange (détritus)	F				28			
Argile	F				10,19			
Pélagique	F	F	É	É	1,25	25	1,13,18	1,4,1,12,14,18,20,21,24,30
Couverture végétale:								
Aucun								
Végétation immergée	F		É		2,7,11		3,24	
Végétation émergée			É				3,24	
Couvert en surplomb								
sur place		É	É			13	13,24	
Abres & arbustes								

<sup>1</sup> Les évaluations sont nulle (implicite), faible, moyenne ou élevée.

<sup>2</sup> Les références et les sources sont numérotées à partir de la page 128 du présent rapport.

<sup>3</sup> Les catégories sont F pour frais, JDA pour jeune de l'année, J pour juvénile et A pour adulte.

Commentaires et observations :

Les juvéniles sont le plus souvent dans les zones benthiques des lacs, à des profondeurs supérieures à 5 m et évitent les zones littorales et les habitats benthiques peu profonds, qui sont souvent occupés par des congénères et des prédateurs potentiels (Johnson 1980; Klemetsen et al. 1989; Bjorju et Sandlund 1995; 4, 18, 24).

Comme les jeunes de l'année, les juvéniles se dissimulent parmi les rochers, les décombres et les galets ainsi que dans la végétation (3, 13, 24).

Les adultes changent d'habitat selon la saison et optent pour les habitats pélagiques l'été pour se nourrir du zooplancton abondant (1, 4, 6, 12, 14, 18, 20, 21, 24, 30).

**Le présent rapport est disponible auprès du :**

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

Téléphone : (204) 983-5131

Courriel : [xcna-csa-cas@dfo-mpo.gc.ca](mailto:xcna-csa-cas@dfo-mpo.gc.ca)

Adresse Internet : [www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/)

ISSN 1919-3815

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2016



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2016. Examen des paramètres et des résultats du modèle de la procédure d'évaluation de l'habitat (PEH) pour le projet de la mine d'or de Meadowbank. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2016/038.

*Also available in English:*

*DFO. 2016. Review of Habitat Evaluation Procedure (HEP) input parameters and model results for the Meadowbank Gold Mine Project. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2016/038.*