

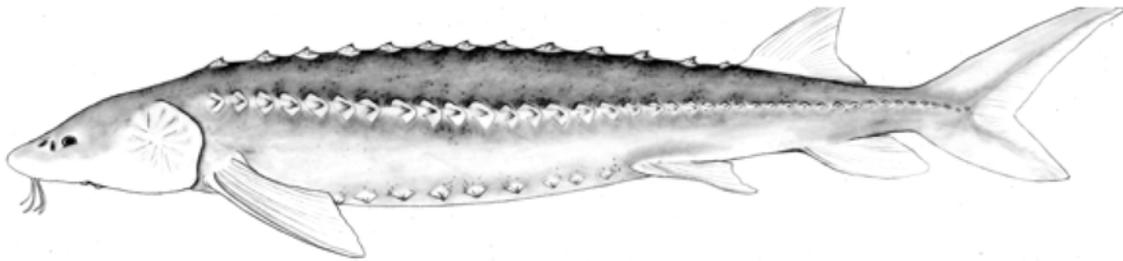
# Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC

sur

## L'esturgeon blanc *Sturgeon Acipenser transmontanus*

Population du cours inférieur du fleuve Fraser  
Population du cours supérieur du fleuve Fraser  
Population du cours supérieur du fleuve Columbia  
Population du cours supérieur de la rivière Kootenay

au Canada



Population du cours inférieur du fleuve Fraser – **ESPÈCE MENACÉE**  
Population du cours supérieur du fleuve Fraser – **ESPÈCE EN VOIE DE DISPARITION**  
Population du cours supérieur du fleuve Columbia – **ESPÈCE EN VOIE DE DISPARITION**  
Population du cours supérieur de la rivière Kootenay – **ESPÈCE EN VOIE DE DISPARITION**  
2012

**COSEPAC**  
Comité sur la situation  
des espèces en péril  
au Canada



**COSEWIC**  
Committee on the Status  
of Endangered Wildlife  
in Canada

Les rapports de situation du COSEPAC sont des documents de travail servant à déterminer le statut des espèces sauvages que l'on croit en péril. On peut citer le présent rapport de la façon suivante :

COSEPAC. 2012. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'esturgeon blanc (*Sturgeon Acipenser transmontanus*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. i + 87 p. ([www.registrelep-sararegistry.gc.ca/default\\_f.cfm](http://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/default_f.cfm)).

Rapport(s) précédent(s) :

COSEPAC. 2003. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'esturgeon blanc (*Acipenser transmontanus*) au Canada – Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). Ottawa. viii + 57 p. ([www.registrelep.gc.ca/Status/Status\\_f.cfm](http://www.registrelep.gc.ca/Status/Status_f.cfm)).

PTOLEMY, J., et R. VENNESLAND. 2003. Rapport de situation du COSEPAC sur l'esturgeon blanc (*Acipenser transmontanus*) au Canada – Mise à jour, in Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'esturgeon blanc (*Acipenser transmontanus*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Pages 1-57.

LANE, David E. 1990. COSEWIC status report on the white surgeon *Acipenser transmontanus* in Canada. Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada. Ottawa. 29 p.

Note de production :

Le COSEPAC remercie Don McPhail d'avoir rédigé le rapport sur la situation de l'esturgeon blanc (*Acipenser transmontanus*) au Canada, aux termes d'un marché conclu avec Environnement Canada. La supervision et la révision du rapport ont été assurées par Eric Taylor (Ph.D.), coprésident du Sous-comité des spécialistes des poissons d'eau douce du COSEPAC.

Pour obtenir des exemplaires supplémentaires, s'adresser au :

Secrétariat du COSEPAC  
a/s Service canadien de la faune  
Environnement Canada  
Ottawa (Ontario)  
K1A 0H3

Tél. : 819-953-3215  
Télec. : 819-994-3684  
Courriel : [COSEWIC/COSEPAC@ec.gc.ca](mailto:COSEWIC/COSEPAC@ec.gc.ca)  
<http://www.cosepac.gc.ca>

Also available in English under the title COSEWIC Assessment and Status Report on the White Sturgeon *Sturgeon Acipenser transmontanus* in Canada.

Illustration/photo de la couverture :  
Esturgeon blanc — Illustration de Diana McPhail.

©Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2013.  
N° de catalogue CW69-14/353-2013F-PDF  
ISBN 978-0-660-20756-8



Papier recyclé



## COSEPAC Sommaire de l'évaluation

### Sommaire de l'évaluation – novembre 2012

**Nom commun**

Esturgeon blanc - Population du cours inférieur du fleuve Fraser

**Nom scientifique**

*Sturgeon Acipenser transmontanus*

**Statut**

Menacée

**Justification de la désignation**

Ce poisson de grande taille se trouve dans une petite zone et un petit nombre de localités dans la vallée du bas Fraser. Il a connu un important déclin en matière d'abondance au cours des 100 dernières années et, bien que l'abondance des adultes semble maintenant être stable ou en légère hausse, la dégradation de l'habitat continue et l'espèce fait l'objet d'une mortalité due aux prises accessoires dans le cadre de la pêche commerciale du saumon ainsi que d'une mortalité associée à une pêche récréative avec remise à l'eau grandissante.

**Répartition**

Colombie-Britannique

**Historique du statut**

L'espèce a été considérée comme une unité et a été désignée « préoccupante » en avril 1990. Réexamen du statut : l'espèce a été désignée « en voie de disparition » en novembre 2003. Division en quatre populations en novembre 2012. La population du cours inférieur du fleuve Fraser a été désignée « menacée » en novembre 2012.

### Sommaire de l'évaluation – novembre 2012

**Nom commun**

Esturgeon blanc - Population du cours supérieur du fleuve Fraser

**Nom scientifique**

*Sturgeon Acipenser transmontanus*

**Statut**

En voie de disparition

**Justification de la désignation**

Ce poisson de grande taille se trouve dans un faible nombre de localités dans le cours supérieur du fleuve Fraser. L'espèce a connu un déclin considérable au cours du dernier siècle (pour atteindre environ 1300 adultes), et ce déclin continuera probablement en raison de la dégradation localisée de l'habitat et de l'échec du recrutement.

**Répartition**

Colombie-Britannique

**Historique du statut**

L'espèce a été considérée comme une unité et a été désignée « préoccupante » en avril 1990. Réexamen du statut : l'espèce a été désignée « en voie de disparition » en novembre 2003. Division en quatre populations en novembre 2012. La population du cours supérieur du fleuve Fraser a été désignée « en voie de disparition » en novembre 2012.

## Sommaire de l'évaluation – novembre 2012

### Nom commun

Esturgeon blanc - Population du cours supérieur du fleuve Columbia

### Nom scientifique

*Sturgeon Acipenser transmontanus*

### Statut

En voie de disparition

### Justification de la désignation

Ce poisson de grande taille se trouve dans un faible nombre de localités (5) dans le cours supérieur du fleuve Columbia. L'espèce a connu un déclin considérable au cours du dernier siècle, diminuant à moins de 850 adultes, en raison de la fragmentation et de la dégradation de l'habitat, ainsi que de l'échec du recrutement. La modélisation prédit un risque de disparition de la population de 80 % d'ici les deux prochaines générations.

### Répartition

Colombie-Britannique

### Historique du statut

L'espèce a été considérée comme une unité et a été désignée « préoccupante » en avril 1990. Réexamen du statut : l'espèce a été désignée « en voie de disparition » en novembre 2003. Division en quatre populations en novembre 2012. La population du cours supérieur du fleuve Columbia a été désignée « en voie de disparition » en novembre 2012.

## Sommaire de l'évaluation – novembre 2012

### Nom commun

Esturgeon blanc - Population du cours supérieur de la rivière Kootenay

### Nom scientifique

*Sturgeon Acipenser transmontanus*

### Statut

En voie de disparition

### Justification de la désignation

Ce poisson de grande taille se trouve dans seulement une ou deux localités dans le cours supérieur de la rivière Kootenay. L'espèce a connu un déclin considérable au cours du dernier siècle, diminuant à moins de 1000 adultes, en raison de la fragmentation et de la dégradation de l'habitat, ainsi que de l'échec du recrutement. La modélisation prédit un risque de disparition de la population de 80 % d'ici les deux prochaines générations.

### Répartition

Colombie-Britannique

### Historique du statut

L'espèce a été considérée comme une unité et a été désignée « préoccupante » en avril 1990. Réexamen du statut : l'espèce a été désignée « en voie de disparition » en novembre 2003. Division en quatre populations en novembre 2012. La population du cours supérieur de la rivière Kootenay a été désignée « en voie de disparition » en novembre 2012.



## COSEPAC Résumé

### Esturgeon blanc

*Sturgeon Acipenser transmontanus*

Population du cours inférieur du fleuve Fraser  
Population du cours supérieur du fleuve Fraser  
Population du cours supérieur du fleuve Columbia  
Population du cours supérieur de la rivière Kootenay

#### Description et importance de l'espèce sauvage

Les esturgeons font partie d'une ancienne lignée de poissons à nageoires rayonnées. La majeure partie de leur squelette interne (y compris le crâne) est composé de cartilage. Toutefois, il comprend des os dermiques à la surface de la tête et plusieurs rangées distinctes de projections osseuses en forme de diamant (scutelles) sur le corps. Les esturgeons possèdent des barbillons évidents sur le museau. Deux espèces d'esturgeons sont présentes le long de la côte Pacifique au Canada : l'esturgeon vert (*Acipenser medirostris*) et l'esturgeon blanc (*Acipenser transmontanus*). On les distingue à leur couleur : la partie inférieure des flancs est verdâtre chez l'esturgeon vert, alors qu'elle est gris foncé s'estompant vers le blanc chez l'esturgeon blanc. On observe habituellement une bande longitudinale de pigmentation foncée au milieu du ventre chez l'esturgeon vert, alors que la face ventrale est blanche chez l'esturgeon blanc. Bien que l'esturgeon blanc soit principalement une espèce d'eau douce, certains individus font des incursions en mer. Par contre, au Canada, l'esturgeon vert est principalement une espèce marine, mais on l'observe parfois dans les estuaires et dans les zones à marée de cours d'eau importants. L'esturgeon blanc est le plus gros poisson d'eau douce au Canada et fait l'objet d'une importante pêche récréative dans le cours inférieur du fleuve Fraser, en Colombie-Britannique.

#### Répartition

On ne trouve l'esturgeon blanc que dans l'ouest de l'Amérique du Nord. Là, il ne se reproduit que dans trois bassins hydrographiques majeurs : celui du Fraser, celui du Columbia, et celui du réseau Sacramento-San Joaquin. Bien qu'il s'agisse principalement d'une espèce d'eau douce, certains individus font des incursions en mer, et l'on sait que ces derniers pénètrent dans les cours d'eau, les estuaires et les baies le long de la côte pacifique, depuis le sud-est de l'Alaska jusqu'à la Basse-Californie. Toutefois, aucun signe n'indique qu'ils se reproduisent dans ces cours d'eau côtiers.

Au Canada (en Colombie-Britannique), il existe 4 unités désignables (UD) d'esturgeons blancs : l'UD du bas Fraser, l'UD du haut Fraser, l'UD du haut Columbia, et l'UD de la haute Kootenay. Les esturgeons blancs de l'UD du bas Fraser sont distribués uniformément de l'estuaire du fleuve à Hells Gate, environ 200 km en amont. Ils sont aussi présents dans les lacs Harrison et Pitt.

L'UD du haut Fraser englobe une portion du Fraser (à partir de Hells Gate vers l'amont, jusqu'à la confluence du Fraser et de la rivière Morkill, une distance de rivière de presque 1 000 km). Elle est aussi présente dans les larges affluents du haut Fraser, notamment dans les rivières Nechako et Stuart.

Dans les années 1950, les esturgeons blancs de l'UD du haut Columbia étaient distribués de la frontière des États-Unis vers l'amont, au moins jusqu'au lac Kinbasket (une distance de rivière d'environ 560 km), et étaient peut-être autrefois distribués jusqu'au lac Columbia. Ils sont encore présents dans le chenal principal du Columbia jusqu'au barrage de Revelstoke, et une petite population relique pourrait exister dans la zone comprise entre les barrages de Revelstoke et Mica.

À un certain moment, dans la portion canadienne du bassin de la Kootenay, les esturgeons blancs étaient présents depuis la confluence de la Kootenay et du Columbia vers l'amont, jusqu'à la frontière de l'Idaho (une distance de rivière d'environ 440 km). Les esturgeons de la basse Kootenay (en aval des chutes de Bonnington) étaient directement liés à l'UD du haut Columbia (et en faisaient partie). Les chutes de Bonnington forment un obstacle naturel qui isole l'UD de la haute Kootenay de l'UD du haut Columbia. Cette portion de la Kootenay dans l'UD du haut Columbia est en fait une population relique se trouvant dans le lac Slokan et peut-être quelques individus dans la zone endiguée de la rivière, entre le barrage Brilliant et le barrage des chutes inférieures de Bonnington. Des esturgeons blancs sont toujours présents dans l'UD de la haute DU et une population relique existe toujours dans le lac Duncan, lequel est isolé du lac Kootenay par le barrage Duncan, bien qu'il soit possible que des individus parviennent à franchir le barrage Duncan à l'occasion.

## **Habitat**

Les milieux utilisés par l'esturgeon blanc varient en fonction de l'âge et de la saison. Toutefois, depuis l'arrivée des Européens, l'habitat de l'esturgeon est en déclin, tant sur le plan de la quantité que de la qualité. La dérivation des cours d'eau, les barrages et les ouvrages de régularisation des crues dans les bassins versants du Columbia, de la Kootenay et de la Nechako ont modifié de façon permanente le régime hydrographique naturel, la température de l'eau et la topographie du fond de ces cours d'eau. Le chenal principal du Fraser s'écoule toujours librement, mais la quantité d'habitat disponible pour l'esturgeon (en particulier les plaines d'inondation et les zones riveraines inondées de façon saisonnière) connaît un déclin constant. Le dragage, l'extraction de gravier, l'endiguement et la régularisation ont tous modifié la topographie du lit, en particulier dans le bas Fraser. De plus, les contaminants et la pollution dégradent la qualité de l'eau dans les fleuves Columbia et Fraser.

## **Biologie**

La longévité de l'esturgeon blanc lui permet de survivre à des perturbations à court terme de son milieu, mais il ne s'agit pas particulièrement d'une espèce capable de s'adapter aux changements. Les esturgeons blancs sont longévifs, mais leur maturation est lente. Les femelles produisent un nombre d'œufs prodigieux, mais elles ne frayent pas nécessairement tous les ans. Les adultes ont peu d'ennemis naturels, mais les larves sont fragiles, et leur taux de mortalité semble élevé. Habituellement, l'esturgeon blanc effectue des migrations saisonnières pour suivre ses proies mobiles (p. ex., l'eulakane et les saumons du Pacifique) et se rendre dans ses aires de reproduction et d'hivernage. Dans le bas Fraser, les déplacements saisonniers des esturgeons blancs diffèrent en fonction de leur classe de taille. Apparemment, des individus montrent un certain degré de fidélité à leur habitat essentiel (p. ex., aires de reproduction et d'hivernage). Toutes les caractéristiques du cycle vital de l'esturgeon blanc indiquent donc qu'il n'est pas biologiquement constitué pour s'adapter aux modifications abruptes et permanentes de l'environnement. Des analyses génétiques donnent à penser que l'esturgeon blanc a survécu aux périodes glaciaires en se retirant dans des refuges avant d'étendre son aire de répartition lorsque les conditions sont devenues favorables. Par conséquent, ses caractéristiques biologiques ne lui permettent pas de suivre le rythme rapide des changements d'origine humaine dans le milieu aquatique.

## **Taille et tendances des populations**

L'UD du bas Fraser comprend le groupe le plus nombreux d'esturgeons blancs du Canada. En 2004, l'effectif total était estimé à 56 268 poissons (longueur > 40 cm); en 2011, il était estimé à 44 713. Ces données suggèrent que le nombre total d'individus dans cette région a continué de diminuer à la suite de déclinés historiques majeurs au cours du XX<sup>e</sup> siècle, bien qu'il ait pu y avoir des accroissements occasionnels du recrutement (p. ex., en 2003 et 2004), et le nombre total d'individus matures semble montrer de légères augmentations au cours de la même période. Néanmoins, au cours de la même période, la plus petite classe de taille échantillonnée (de 40 à 99 cm) montrait une tendance à la baisse, et les déclinés les plus marqués ont été observés dans la classe de taille de 40 à 59 cm. L'UD du haut Fraser comprend 3 groupes d'esturgeons : le groupe du moyen Fraser, le groupe de la Nechako, et le groupe du haut Fraser (en amont de la confluence du Fraser et de la Nechako). Aucun obstacle n'est présent entre ces groupes, et les données de marquage indiquent des déplacements entre les groupes de la Nechako et du haut Fraser. Toutefois, des données génétiques indiquent que les groupes sont distincts les uns des autres.

L'effectif du groupe du moyen Fraser semble stable (environ 750 adultes). Toutefois, les données sont insuffisantes pour indiquer une tendance en matière d'effectif. De manière similaire, l'effectif du groupe du haut Fraser semble stable également (environ 170 adultes). Par contre, le groupe adjacent de la rivière Nechako (dont l'effectif était estimé à environ 600 individus en 2000) souffre d'un échec (c.-à-d. qu'on n'y observe que très peu de jeunes individus), et le nombre d'esturgeons dans ce groupe est en déclin.

Le barrage Hugh L. Keenleyside (HLK) divise les individus de l'UD du haut Columbia en 2 tronçons. Un petit nombre d'esturgeons (estimé à 52 adultes en 2005) est présent dans le tronçon situé entre les barrages HLK et de Revelstoke. Bien que les esturgeons se reproduisent naturellement dans ce tronçon, rien n'indique la présence de juvéniles nés dans la nature.

On estime que le tronçon en aval du barrage HLK abrite 1 157 adultes. Rien n'indique qu'un recrutement naturel s'est produit dans ce tronçon au cours des 30 dernières années. Toutefois, les adultes continuent de se reproduire dans 3 aires connues. De plus, les individus se déplacent entre le tronçon en aval du barrage HLK et le réservoir Roosevelt, dans l'État de Washington, où les esturgeons sont beaucoup plus nombreux. Les adultes se reproduisent aussi dans le réservoir Roosevelt, mais, encore une fois, rien n'indique un recrutement subséquent de juvéniles. Le taux de mortalité annuelle dans le tronçon canadien en aval du barrage HLK est estimé à 0,027. En supposant un tel taux de mortalité, et l'absence de recrutement, la population adulte comptera moins de 200 individus dans 25 ans.

Le nombre d'esturgeons dans l'UD de la haute Kootenay a été estimé à environ 7 000 au milieu des années 1970 et à 500 en 2005. L'estimation de 2005 semble faible, et une réévaluation réalisée en 2009 a permis d'estimer que l'UD comptait de 800 à 1 400 adultes. Néanmoins, dans les conditions actuelles, le nombre d'esturgeons sera de moins de 50 d'ici 2080.

Les causes des déclin varient probablement d'un groupe d'esturgeons à l'autre. Toutefois, pour l'UD du haut Columbia, l'UD de la haute Kootenay et le groupe de la Nechako, le déclin coïncide avec un échec du recrutement. La reproduction a lieu régulièrement dans les trois groupes, leurs œufs sont fécondés et, en laboratoire, ils parviennent à éclore. Pourtant, les jeunes de l'année nés dans la nature sont rares ou inexistantes. Par ailleurs, les jeunes de l'année élevés en écloserie à partir d'individus des UD de la haute Kootenay et du haut Columbia survivent en milieu sauvage. Si on les compare aux poissons sauvages, ces jeunes d'écloserie sont libérés lorsqu'ils sont de la taille qu'un esturgeon sauvage n'atteint que dans sa deuxième année. Cela donne à penser que, en milieu sauvage, l'échec du recrutement chez l'esturgeon blanc est lié à des taux de mortalité élevés tôt durant leur première année de vie.

## Menaces et facteurs limitatifs

Les principales menaces pour l'esturgeon blanc résultent de la dégradation de l'habitat par la construction de barrages et les modifications subséquentes aux régimes d'écoulement, qui semblent être les principaux facteurs responsables de l'échec du recrutement. Les menaces comprennent la fragmentation de l'habitat par les barrages, particulièrement dans les UD qui se trouvent dans la portion canadienne du réseau du Columbia. Les autres menaces comprennent l'endiguement, le dragage, l'extraction de gravier, les prises accessoires des pêches commerciales, les mortalités accidentelles découlant la pêche récréative avec remise à l'eau, le déclin d'importants poissons-proies et la présence d'espèces introduites, toutes des menaces particulièrement graves dans le cours inférieur du Fraser.

## Protection, statuts et classements

L'article 35 de la *Loi sur les pêches* du gouvernement fédéral accorde à Pêches et Océans le pouvoir de protéger et de conserver les poissons et leur habitat (tel que défini dans la *Loi sur les pêches*). Les modifications à la Loi proposées pour 2013 limiteront la protection aux milieux essentiels à la viabilité des pêches commerciale, récréative et autochtone. Par conséquent, cette nouvelle loi proposée ne protège l'esturgeon blanc contre la détérioration, la destruction ou la perturbation de son habitat que s'il est visé par les pêches.

À l'échelle provinciale, l'article 4 de la *Fish Protection Act* de la Colombie-Britannique désigne certains cours d'eau comme des « cours d'eau protégés » (« *protected rivers* »). Le Fraser et la rivière Stuart sont des cours d'eau protégés. Ces deux cours d'eau abritent des esturgeons blancs et, aux termes de la *Fish Protection Act*, on ne peut y construire des barrages d'une berge à l'autre. Des règlements sur les zones riveraines sont également pris en application de cette loi.

Quatre des six populations canadiennes d'esturgeons blancs (les populations de la haute Kootenay, de la Nechako, du haut Columbia et du Fraser) figurent sur la liste des espèces en voie de disparition de l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril*. Deux autres populations, celles du bas et du moyen Fraser, ont été évaluées avec les quatre autres par le COSEPAC, en 2003, et ont été désignées « en voie de disparition », mais les populations du moyen et du bas Fraser n'ont pas été inscrites séparément sur la liste de la *Loi sur les espèces en péril*.

## RÉSUMÉ TECHNIQUE – Population du cours inférieur du fleuve Fraser

*Acipenser transmontanus*

Esturgeon blanc

White Sturgeon

Population du cours inférieur du fleuve Fraser

Lower Fraser River population

Répartition au Canada (province/territoire/océan) : Colombie-Britannique

Au Canada, cette unité désignable (UD) se limite au détroit de Georgia et au cours inférieur du fleuve Fraser. Elle s'étend à partir du delta du Fraser à Hells Gate (environ 204 km de fleuve en amont).

### Données démographiques

<p>Durée d'une génération (généralement, âge moyen des parents dans la population)</p> <p>L'âge minimum à la première maturité sexuelle est de 11 à 26 ans. L'âge moyen à la première maturité sexuelle est d'environ 26 à 30 ans (longueur à la fourche [LF] de 150 à 160 cm). L'âge maximal peut dépasser 100 ans.</p>	<p>~ 35 ans</p>
<p>Y a-t-il un déclin continu inféré du nombre total d'individus matures?</p> <p>* Les estimations sont sensibles aux taux de mortalité annuelle chez les adultes; un taux de 0,04 a été utilisé pour prévoir les tendances (S. McAdam, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, comm. pers., 2012).</p> <p>(De 2004 à 2011, une réduction de 20 % a été inférée d'après les dénombrements de toutes les classes d'âge, mais le nombre d'adultes semble augmenter).</p>	<p>Probablement pas</p>
<p>Pourcentage estimé de l'augmentation continue du nombre total d'individus matures pendant deux générations.</p>	<p>Augmentation de 0 à 5 %</p>
<p>Pourcentage observé de la réduction du nombre total d'individus matures au cours des trois dernières générations.</p> <p>De 2004 à 2011, le nombre d'adultes (longueur totale [LT] &gt; 160 cm) a augmenté (~ 4 550 en 2004 à ~ 8 460 en 2011).</p> <p>Réduction estimée d'après l'analyse de Whitlock (thèse de doctorat, 2007) de données sur les pêches couvrant tout le XX<sup>e</sup> siècle (approximativement trois générations). Les autres estimations (voir par exemple Walters <i>et al.</i>, 2006) sont plus élevées et atteignent ~ 55%.</p>	<p>~ 45%</p>
<p>Pourcentage prévu de l'augmentation du nombre total d'individus matures au cours des trois prochaines générations.</p> <p>On présume que la tendance au déclin observée chez les juvéniles au cours des dix dernières années est temporaire ou qu'il s'agit peut-être d'un artefact attribuable aux nouvelles méthodes d'échantillonnage.</p>	<p>Jusqu'à 5 à 10 %</p>

<p>Pourcentage observé de la réduction du nombre total d'individus matures au cours de toute période de trois générations commençant dans le passé et se terminant dans le futur.</p> <p>Globalement, l'UD du bas Fraser semble stable pour le moment. Toutefois, elle a connu un important déclin de ses effectifs historiques, et des signes indiquent une réduction de 78 % dans la classe de taille de 40 à 59 cm (poissons immatures) de 2004 à 2011.</p>	~ 30 à 40 %
<p>Est-ce que les causes du déclin sont clairement réversibles et comprises et ont effectivement cessé?</p> <p>Les causes du déclin évident actuel dans le plus petit groupe ne sont pas clairement comprises, mais sont liées à la dégradation de l'habitat et/ou à des irrégularités périodiques du succès du recrutement, ou il pourrait s'agir d'un artefact attribuable aux nouvelles méthodes d'échantillonnage. Les déclins historiques étaient largement attribuables à la surexploitation des pêches commerciales.</p>	Oui pour les poissons de grande taille, mais pas pour les juvéniles
Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre d'individus matures?	Non

### Information sur la répartition

<p>Superficie estimée de la zone d'occurrence</p> <p>Le chenal principal du Fraser est l'habitat le plus commun, et l'on croit que c'est exclusivement là que la reproduction a lieu, mais la présence de poissons dans les lacs Harrison et Pitt a été signalée (McPhail, 2007).</p>	<p>3 798 km<sup>2</sup> (chenal principal du Fraser seulement)</p> <p>6 177 km<sup>2</sup> (en incluant les lacs Pitt et Harrison)</p>
<p>Indice de zone d'occupation (IZO)</p> <p>Selon la superficie des aires de reproduction, l'IZO est estimé à &lt; 500 km<sup>2</sup>.</p>	<p>804 km<sup>2</sup> (grille de 2 × 2 km). (chenal principal du Fraser seulement)</p> <p>1 492 km<sup>2</sup> (en incluant les lacs Pitt et Harrison)</p>
<p>La population totale est-elle très fragmentée?</p> <p>Il n'y a pas d'obstacles naturels dans l'UD du bas Fraser. Hells Gate constitue un obstacle partiel à la limite en amont de l'UD. Toutefois, les données de marquage indiquent des déplacements limités d'esturgeons dans les deux directions.</p>	Non
<p>Nombre de « localités » 1 (au total) pour l'UD du bas Fraser.</p> <p>Dans l'UD du bas Fraser, on compte quatre frayères confirmées, et deux ou trois frayères potentielles (mais non confirmées), et probablement au moins deux aires d'hivernage majeures et plusieurs aires d'hivernage mineures.</p>	4-6
Y a-t-il un déclin continu observé de la zone d'occurrence?	Non
Y a-t-il un déclin continu observé de l'indice de zone d'occupation?	Non
Y a-t-il un déclin continu observé du nombre de populations?	Non
Y a-t-il un déclin continu observé du nombre de localités*?	Non

1 Voir « Définitions et abréviations » sur le [site Web du COSEPAC](#) et [IUCN 2010](#) (en anglais seulement) pour obtenir des précisions sur ce terme.

Y a-t-il un déclin continu observé de la superficie et/ou de la qualité de l'habitat?	Oui
Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre de populations?	Non
Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre de localités?	Non
Y a-t-il des fluctuations extrêmes de la zone d'occurrence?	Non
Y a-t-il des fluctuations extrêmes de l'indice de zone d'occupation?	Non

#### Nombre d'individus matures (dans chaque population)

<b>Population</b>	N <sup>bre</sup> de reproducteurs (> 160 cm)
Bas Fraser	~ 8 460 (2011)
D'après les estimations de marquage-recapture de Nelson <i>et al.</i> (2011). D'autres estimations de Whitlock (thèse de doctorat, 2007) indiquent que l'abondance pourrait être quelque peu supérieure (~ 15 000).	

#### Analyse quantitative

En supposant un taux de mortalité annuelle de 0,04 et le recrutement de juvéniles, on a estimé que l'effectif de la population de l'UD du bas Fraser augmentera jusqu'à contenir environ 34 000 individus matures en 2040.	
--	--

#### Menaces (réelles ou imminentes pour les populations ou leur habitat)

L'extraction de gravier dans les chenaux secondaires pourrait représenter un problème. Perte d'habitat riverain attribuable à l'endiguement, aux mesures de protection contre les crues (p. ex., dragage), et à l'étalement urbain. Les effets attribuables aux activités industrielles et agricoles sur la qualité de l'eau, les déclins de l'abondance des proies (p. ex., eulakane, saumons), la pêche récréative avec remise à l'eau, les prises accessoires de saumons dans le cadre de la pêche au filet maillant, la rétention dans le cadre de pêches cérémoniales et la pollution locale représentent des problèmes potentiels à moyen et à long terme.
--

#### Immigration de source externe (immigration d'autres UD ou de population de l'extérieur du Canada)

Une immigration a-t-elle été constatée ou est-elle possible?  Une immigration est possible entre les UD du fleuve Fraser (dans la région de Hells Gate, le débit est fort, mais des esturgeons remontant et descendant cette barrière ont été observés). De plus, on sait que des immigrants du bas Columbia et du Sacramento pénètrent à l'occasion dans le bas Fraser, mais on ignore s'ils s'y reproduisent.	Probablement
Des individus immigrants seraient-ils adaptés pour survivre au Canada?	Probablement
Y a-t-il suffisamment d'habitat disponible au Canada pour les individus immigrants?  Une immigration de l'extérieur du Canada se ferait depuis la mer jusque dans le bas Fraser. Si la population du bas Fraser venait à s'effondrer, il y aurait probablement suffisamment d'habitat pour des immigrants.	Oui

<sup>2</sup> Voir « Définitions et abréviations » sur le [site Web du COSEPAC](#) et [IUCN 2010](#) (en anglais seulement) pour obtenir des précisions sur ce terme.

La possibilité d'une immigration de populations externes existe-t-elle? À moyen ou à long terme (décennies).	Possible, mais peu probable
---	-----------------------------

### Historique du statut

COSEPAC : L'espèce a été considérée comme une unité désignable (UD) et a été désignée « espèce préoccupante » en avril 1990. Réexamen du statut : l'espèce a été désignée « en voie de disparition » en novembre 2003. Division en quatre populations en novembre 2012. La population du cours inférieur du fleuve Fraser a été désignée « menacée » en novembre 2012.

### Statut recommandé et justification de la désignation

<b>Statut</b> Espèce menacée	<b>Code alphanumérique</b> B1ab(iii)+2ab(iii)
<b>Justification de la désignation</b> Ce poisson de grande taille se trouve dans une petite zone et un petit nombre de localités dans la vallée du bas Fraser. Il a connu un important déclin en matière d'abondance au cours des 100 dernières années et, bien que l'abondance des adultes semble maintenant être stable ou en légère hausse, la dégradation de l'habitat continue et l'espèce fait l'objet d'une mortalité due aux prises accessoires dans le cadre de la pêche commerciale du saumon ainsi que d'une mortalité associée à une pêche récréative avec remise à l'eau grandissante.	

### Applicabilité des critères

<b>Critère A</b> (déclin du nombre total d'individus matures) Sans objet. Ne satisfait pas au critère, mais le taux de déclin inféré au cours des trois dernières générations (45%), largement attribuable à une pêche commerciale qui est maintenant fermée, est près du seuil pour la désignation d'espèce « menacée » (50 %).
<b>Critère B</b> (petite aire de répartition, et déclin ou fluctuation) Satisfait aux critères de la catégorie « menacée » B1 et B2, car la zone d'occurrence est de 3 978 à 6 177 km <sup>2</sup> ) et l'ZO est de 804 à 1 492 km <sup>2</sup> , soit inférieurs aux seuils. Répond aux sous-critères a,b(iii), car il n'existe que 4 localités connues (aires de reproduction), et l'habitat connaît un déclin continu en raison de l'extraction de gravier, de l'aménagement des chenaux et de la diminution de l'abondance de proies de base (eulakane).
<b>Critère C</b> (nombre d'individus matures peu élevé et en déclin) Sans objet. Ne satisfait pas aux critères.
<b>Critère D</b> (très petite population totale ou répartition restreinte) Sans objet. Ne satisfait pas aux critères.
<b>Critère E</b> (analyse quantitative) Sans objet. On ne dispose d'aucune donnée appropriée.

## RÉSUMÉ TECHNIQUE – Population du cours supérieur du fleuve Fraser

*Acipenser transmontanus*

Esturgeon blanc

White Sturgeon

Population du cours supérieur du fleuve Fraser

Upper Fraser River population

Répartition au Canada (province/territoire/océan) : Colombie-Britannique

Cette UD englobe environ 1 000 km du chenal principal du Fraser, entre Hells Gate et la confluence du Fraser et de la rivière Morkill. Cette UD comprend trois groupes géographiques d'esturgeons, soit les groupes du moyen Fraser, du haut Fraser et de la Nechako.

### Données démographiques

Durée d'une génération (généralement, âge moyen des parents dans la population)	40 ans
Y a-t-il un déclin continu inféré du nombre total d'individus matures?  Le nombre d'individus matures est stable dans les groupes du moyen et du haut Fraser, mais en déclin dans la Nechako en raison de la mortalité naturelle des adultes et de l'absence de recrutement.	Oui
Pourcentage estimé du déclin continu du nombre total d'individus matures pendant deux générations.  <u>Groupe du moyen Fraser</u>  0 %, apparemment stable  <u>Groupe du haut Fraser</u>  0 %, apparemment stable  <u>Groupe de la Nechako</u>  En présumant un recrutement faible à nul depuis environ 1970 (18 ans après la construction du barrage Kenney), un taux de mortalité chez les adultes de 0,04, et un effectif de 336 adultes en 2012.	Environ 27 %  De 0 (cours moyen et cours supérieur du Fraser) à > 90 % (rivière Nechako) selon la contribution proportionnelle de la population de la rivière Nechako, échec complet du recrutement pour le groupe de la Nechako et taux de mortalité annuelle de 0,04
Pourcentage observé de la réduction du nombre total d'individus matures au cours des trois dernières générations  <u>Groupe du moyen Fraser</u>  0 %, apparemment stable  <u>Groupe du haut Fraser</u>  0 %, apparemment stable  * <u>Groupe de la Nechako</u>  - 58 %  * Estimation fondée sur le taux de mortalité annuelle des adultes de 0,04 (Whitlock, 2007; Irvine <i>et al.</i> , 2007) et sur l'absence de recrutement naturel depuis 1970.	Environ 27 %  De 0 (cours moyen et cours supérieur du Fraser) à 58 % (rivière Nechako) selon la contribution proportionnelle de la population de la rivière Nechako, échec complet du recrutement pour cette population et taux de mortalité annuelle de 0,04

<p>Pourcentage prévu de la réduction du nombre total d'individus matures au cours des trois prochaines générations</p> <p><u>Groupe du moyen Fraser</u></p> <p>0 %, apparemment stable</p> <p><u>Groupe du haut Fraser</u></p> <p>0 %, apparemment stable</p> <p>* <u>Groupe de la Nechako</u></p> <p>&gt; 95 %</p> <p>* Estimation fondée sur le taux de mortalité annuelle des adultes de 0,04 (Whitlock, 2007; Irvine <i>et al.</i>, 2007) et sur l'absence de recrutement naturel.</p>	<p>Environ 28 %</p> <p>De 0 (cours moyen et cours supérieur du Fraser) à &gt; 95 % (rivière Nechako) selon la contribution proportionnelle de la population de la rivière Nechako, échec complet du recrutement pour cette population et taux de mortalité annuelle de 0,04</p>
<p>Pourcentage inféré de la réduction du nombre total d'individus matures au cours de toute période de trois générations commençant dans le passé et se terminant dans le futur.</p> <p>En supposant l'absence de recrutement de poissons matures élevés en éclosure et un taux de mortalité annuelle de 0,04, la perte totale du groupe de la Nechako pourrait se produire au cours des trois prochaines générations.</p>	<p>Au moins 28 %</p> <p>De 0 (cours moyen et cours supérieur du Fraser) à &gt; 95 % (rivière Nechako) selon la contribution proportionnelle de la population de la rivière Nechako, échec complet du recrutement pour cette population et taux de mortalité annuelle de 0,04</p>
<p>Est-ce que les causes du déclin sont clairement réversibles et comprises et ont effectivement cessé?</p> <p>Le déclin du groupe de la Nechako est causé par l'échec continu du recrutement attribuable à la dégradation de l'habitat de fraye.</p>	<p>Partiellement comprises, non clairement réversibles</p>
<p>Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre d'individus matures?</p> <p>Les groupes du moyen et du haut Fraser sont stables. Le groupe de la Nechako est en déclin constant.</p>	<p>Non</p>
<p>Zone d'occurrence</p>	<p>23 390 km<sup>2</sup></p>
<p>Indice de zone d'occupation (IZO)</p> <p><u>Groupe du moyen Fraser</u> : 3 920 km<sup>2</sup></p> <p><u>Groupe du haut Fraser</u> : 608 km<sup>2</sup></p> <p><u>Groupe de la Nechako</u> : 1 880 km<sup>2</sup></p>	<p>6 408 km<sup>2</sup></p> <p>(grille de 2 x 2 km)</p>

<p>La population totale est-elle très fragmentée?</p> <p>Il n'y a pas d'obstacles naturels ou artificiels dans le fleuve Fraser entre Hells Gate et la limite de la répartition des esturgeons en amont.</p>	Non
<p>Nombre de localités*3 (au total) pour l'UD du haut Fraser.</p> <p>Il existe une aire de fraye confirmée et 12 soupçonnées, et au moins 30 aires d'hivernage connues.</p> <p><u>Groupe du moyen Fraser</u></p> <p>Il n'y a pas d'aire de fraye ou d'hivernage confirmée dans le moyen Fraser. Toutefois, neuf endroits où des rivières ou des ruisseaux entrent dans le Fraser sont fortement fréquentés toute l'année et constituent probablement des aires de fraye et d'hivernage.</p> <p><u>Groupe du haut Fraser</u></p> <p>Il n'y a pas d'aire de fraye confirmée dans le haut Fraser, mais trois aires d'hivernage pourraient aussi servir d'aires de fraye.</p> <p><u>Groupe de la Nechako</u></p> <p>Il y a un groupement d'aires de fraye confirmé près de Vanderhoof et neuf aires d'hivernage connues dans le chenal principal, mais les esturgeons hivernent aussi probablement dans certains grands lacs (p. ex., lacs Stuart et Fraser).</p>	Inconnu, mais entre 1 et 12
Y a-t-il un déclin continu de la zone d'occurrence?	Non
Y a-t-il un déclin continu de l'indice de zone d'occupation?	Non
Y a-t-il un déclin continu du nombre de populations?	Non
Y a-t-il un déclin continu du nombre de localités?	Non
<p>Y a-t-il un déclin continu de la qualité de l'habitat?</p> <p>La dégradation de l'habitat se poursuit dans l'aire de fraye connue de la rivière Nechako en raison de la fluctuation continue des niveaux attribuable aux exploitations hydroélectriques.</p>	Oui
Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre de populations?	Non
Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre de localités*?	Non
Y a-t-il des fluctuations extrêmes de la zone d'occurrence?	Non (stable)
Y a-t-il des fluctuations extrêmes de l'indice de zone d'occupation?	Non.

\*\* Dans l'UD du haut Fraser, les esturgeons blancs sont répartis de Hells Gate à la confluence du fleuve et de la rivière Morkill (environ 1 000 km). Les localités ci-dessus sont des sites où les esturgeons retournent constamment pour se reproduire et hiverner (voir les tableaux 4 et 5 pour les listes de ces sites).

3 Voir « Définitions et abréviations » sur le [site Web du COSEPAC](#) et [IUCN 2010](#) (en anglais seulement) pour obtenir des précisions sur ce terme.

### Nombre d'individus matures (dans chaque population)

Population	N <sup>bre</sup> d'individus matures (> 160 cm)
Groupe du moyen Fraser [1999]	749 (2012)
Groupe du haut Fraser [2008]	185 (2012)
Groupe de la Nechako [1999]	336 (2012)
Total	<b>1 294</b>
Les années des dernières estimations fondées sur les données sont indiquées entre crochets et ont été fournies par G. Wilson et S. McAdam (Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, 2012). Les valeurs indiquées entre parenthèses (colonne de droite) sont des estimations inférées de l'effectif, d'après une taille stable des populations pour les groupes du haut et du moyen Fraser, l'absence de recrutement et un taux de mortalité de 0,04 calculé en fonction des dernières estimations tirées des données pour le groupe de la Nechako.	

### Analyse quantitative

Wood <i>et al.</i> 2007 fournissent une analyse quantitative des trois groupes d'esturgeons de l'UD du haut Fraser. Ils ont présumé un taux de mortalité annuelle chez les adultes de 0,09 % et l'absence de recrutement de poissons adultes élevés en éclosure. On prédit la disparition du groupe de la Nechako d'ici 70 à 80 ans.	s.o.
--	------

### Menaces (réelles ou imminentes pour les populations ou leur habitat)

<p>Groupe du moyen Fraser : Les milieux utilisés par cette population sont en bon état, mais on s'inquiète des effets à long terme de la pollution par les fabriques de pâtes, près de Prince George.</p> <p>Groupe du haut Fraser : Les milieux utilisés par cette population sont presque intacts.</p> <p>Groupe de la Nechako : Le principal problème dans cette rivière est l'échec du recrutement, probablement en raison de l'envasement et des modifications hydrographiques dans les aires de reproduction près de Vanderhoof. Ce problème est partiellement réglé par l'empoissonnement avec des sujets d'éclosure et les tentatives de remise en état des aires de reproduction connues. Un projet de pipeline traverse la rivière Stuart (important affluent de la Nechako) à un endroit réputé abriter des esturgeons.</p>	
--	--

### Immigration de source externe (immigration d'autres UD ou de populations de l'extérieur du Canada)

Une immigration a-t-elle été constatée ou est-elle possible?	Oui
Bien que des déplacements d'esturgeons blancs depuis les populations des États-Unis jusque dans le bas Fraser soient possibles, les déplacements subséquents entre les UD du haut et du bas Fraser (qui nécessitent de passer par Hells Gate ou par la passe migratoire) n'ont été documentés qu'une seule fois et sont considérés comme très rares. L'absence de recrutement observée dans la région de la Nechako indique qu'il n'y a pas eu d'immigration importante, du moins dans les portions de l'UD du haut Fraser.	
Des individus immigrants seraient-ils adaptés pour survivre au Canada?	Probablement
Y a-t-il suffisamment d'habitat disponible au Canada pour les individus immigrants?	Oui

La possibilité d'une immigration de populations externes existe-t-elle? Possible, mais peu probable, à partir de l'UD du bas Fraser.	Inconnue, mais peu probable à court terme
---	---

### Historique du statut

**COSEPAC** : L'espèce a été considérée comme une unité désignable (UD) et a été désignée « espèce préoccupante » en avril 1990. Réexamen du statut : l'espèce a été désignée « en voie de disparition » en novembre 2003. Division en quatre populations en novembre 2012. La population du cours supérieur du fleuve Fraser a été désignée « en voie de disparition » en novembre 2012.

### Statut recommandé et justification de la désignation

<b>Statut</b> Espèce en voie de disparition	<b>Code alphanumérique</b> C1
<b>Justification de la désignation</b> Ce poisson de grande taille se trouve dans un faible nombre de localités dans le cours supérieur du fleuve Fraser. L'espèce a connu un déclin considérable au cours du dernier siècle (pour atteindre environ 1300 adultes), et ce déclin continuera probablement en raison de la dégradation localisée de l'habitat et de l'échec du recrutement.	

### Applicabilité des critères

<b>Critère A</b> (déclin du nombre total d'individus matures) Satisfait presque au critère A2bc pour les espèces menacées, car le taux de déclin était de ~ 27 % au cours des trois dernières générations en raison de la dégradation continue de l'habitat.
<b>Critère B</b> (petite aire de répartition, et déclin ou fluctuation) Sans objet. Ne satisfait pas aux critères.
<b>Critère C</b> (nombre d'individus matures peu élevé et en déclin) Satisfait au critère C pour les espèces menacées, car le nombre total d'adultes (1 294) est inférieur au seuil (2 500), ainsi qu'au critère C1, car on infère que la population d'adultes matures diminuera d'environ 27 % au cours des deux prochaines générations en raison de l'échec persistant du recrutement dans cette population reproductrice majeure.
<b>Critère D</b> (très petite population totale ou répartition restreinte) Sans objet. Ne satisfait pas aux critères.
<b>Critère E</b> (analyse quantitative) Sans objet. Aucune donnée n'est disponible pour cette population.

## RÉSUMÉ TECHNIQUE – Population du cours supérieur du fleuve Columbia

*Acipenser transmontanus*

Esturgeon blanc

White Sturgeon

Population du cours supérieur du fleuve Columbia

Upper Columbia River population

Répartition au Canada (province/territoire/océan) : Colombie-Britannique

Au Canada, cette UD est restreinte au chenal principal du fleuve Columbia, entre la frontière avec les États-Unis et le barrage de Revelstoke, en Colombie-Britannique. Elle comprend environ 425 km du haut Columbia. La présence possible d'une population relique entre les barrages de Revelstoke et Mica n'est pas confirmée.

### Données démographiques

Durée d'une génération (généralement, âge moyen des parents dans la population)	40 ans
Y a-t-il un déclin continu inféré du nombre total d'individus matures?	Oui
Pourcentage estimé du déclin continu du nombre total d'individus matures pendant deux générations*.  * En supposant l'absence de recrutement naturel et un taux de mortalité de 0,03 par année.	~ 90 %
Pourcentage observé de la réduction du nombre total d'individus matures au cours des trois dernières générations  En considérant les différences concernant le début de l'échec du recrutement dans les différentes zones (1969, 1977; Irvine <i>et al.</i> , 2007), estimation rétrospective de l'abondance totale historique (en supposant que $M = 0,03$ ) des poissons matures de 1 500 par rapport à 830 en 2012, ce qui représente un déclin de 45 % (S. McAdam, pers. comm., 2012, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique).	~ 45 %
Pourcentage prévu de la réduction du nombre total d'individus matures au cours des trois prochaines générations.  En supposant un recrutement faible ou nul et un taux de mortalité de 0,03 chez les adultes.	~ 95 %
Pourcentage inféré de la réduction du nombre total d'individus matures au cours de toute période de trois générations commençant dans le passé et se terminant dans le futur.	> 50 %
Est-ce que les causes du déclin sont clairement réversibles et comprises et ont effectivement cessé? La cause immédiate de ces déclins dans les deux tronçons est l'échec du recrutement, lui-même probablement causé par la dégradation de l'habitat associée à la construction de barrages et peut-être à la pollution industrielle. Si ces problèmes peuvent être corrigés, alors il est possible que les déclins cessent.	Comprises en partie, mais n'ont pas cessé
Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre d'individus matures? On observe des déclins constants.	Non
<b>Superficie estimée de la zone d'occurrence</b> Ces estimations correspondent à la somme des deux segments de population.	12 190 km <sup>2</sup>

<p><b>Indice de zone d'occupation (IZO)</b> Ces estimations correspondent à la somme des deux segments de population.</p>	1 760 km <sup>2</sup>
<p>La population totale est-elle très fragmentée? Il y a cinq barrages (dont quatre sont infranchissables, du moins vers l'amont) dans l'UD du haut Columbia. Il existe une petite population relique dans le lac Slocan, et il pourrait en exister une autre entre les barrages HLK et de Revelstoke. Les déclin constants suggèrent que la population totale au Canada n'est pas viable.</p>	Oui
<p><b>Nombre de « localités »*** (au total) au Canada</b></p> <p><u>Tronçon en amont du barrage HLK</u></p> <p>Il y a une aire de reproduction confirmée et l'on croit qu'il en existe d'autres associées au réservoir des lacs en Flèche. Il existe au moins quatre aires d'hivernage : remous de la Big, battures de Beaton, bras Nord-Est, et bras Illecillewaet.</p> <p><u>Tronçon en aval du barrage HLK</u></p> <p>Il existe quatre aires de reproduction confirmées : remous de Waneta, Kinnaird, et juste en aval de la station hydroélectrique des lacs en Flèche. Il existe au moins six aires d'hivernage : en aval du barrage HLK, remous de la Kootenay, canal de fuite du barrage Brilliant, remous de Fort Shepherd et remous de Waneta. Les esturgeons blancs sont distribués uniformément entre le barrage HLK et la frontière des États-Unis, et il existe quatre zones en aval du barrage HLK où des esturgeons sont régulièrement observés.</p>	Cinq d'après les fluctuations attribuables aux ouvrages hydroélectriques, échec du recrutement
<p>Y a-t-il un déclin continu de la zone d'occurrence? Les populations reliques entre le barrage HLK et de Revelstoke finiront par disparaître.</p>	Peut-être
<p>Y a-t-il un déclin continu de l'indice de zone d'occupation? Les populations reliques entre le barrage HLK et de Revelstoke finiront par disparaître.</p>	Peut-être
<p>Y a-t-il un déclin continu du nombre de populations? Les populations reliques entre le barrage HLK et de Revelstoke finiront par disparaître.</p>	Peut-être
<p>Y a-t-il un déclin continu du nombre de localités?  Les populations reliques entre le barrage HLK et de Revelstoke finiront par disparaître.</p>	Peut-être
<p>Y a-t-il un déclin continu de la superficie et/ou de la qualité de l'habitat? Fluctuation continue des niveaux d'eau attribuable aux ouvrages hydroélectriques.</p>	Oui
<p>Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre de populations?</p>	Non
<p>Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre de localités<sup>4</sup>?</p>	Non

4 Voir « Définitions et abréviations » sur le [site Web du COSEPAC](#) et [IUCN 2010](#) (en anglais seulement) pour obtenir des précisions sur ce terme.

Y a-t-il des fluctuations extrêmes de la zone d'occurrence?	Non
Y a-t-il des fluctuations extrêmes de l'indice de zone d'occupation?	Non
<p>** L'UD du haut Columbia est divisée en deux tronçons par le barrage HLK, et les esturgeons, du moins ceux qui se trouvent en aval du barrage, représentent trois populations génétiques (Nelson et McAdam, 2012).</p> <p>*** Les localités ci-dessus sont des sites où les esturgeons retournent constamment pour se reproduire et hiverner (voir les tableaux 4 et 5 pour les listes de ces sites).</p>	

#### Nombre d'individus matures (dans chaque population)

Population	N <sup>bre</sup> d'individus matures
Segment de population du barrage HLK [2004]	789 (2012)
Population du tronçon en amont du barrage HLK [2004]	41 (2012)
UD du haut Columbia (total)	830
Les années correspondant aux dernières estimations fondées sur les données sont indiquées entre crochets, et les estimations ont été extrapolées pour 2012 en supposant l'absence de recrutement et un taux de mortalité annuelle de 0,04.	

#### Analyse quantitative

Wood <i>et al.</i> 2007 ont fourni une analyse quantitative de l'UD du haut Columbia. En supposant l'absence de recrutement d'adultes élevés en éclosion, l'effectif de la population diminue pour atteindre < 50 poissons matures en 38 ans, et l'on prévoit la disparition de l'UD en 70 à 80 ans.	Disparition probable en 70 à 80 ans
--	-------------------------------------

#### Menaces (réelles ou imminentes pour les populations ou leur habitat)

Échec du recrutement, fragmentation et dégradation de l'habitat en raison de la présence de barrages, pollution par des métaux lourds provenant d'une fonderie, pollution chimique provenant d'une fabrique de pâtes, et pollution locale.	
--	--

#### Immigration de source externe (immigration d'autres UD ou de populations de l'extérieur du Canada)

<p>Une immigration a-t-elle été constatée ou est-elle possible?</p> <p>Les esturgeons du réservoir du lac Roosevelt, aux États-Unis, peuvent de se déplacer (et le font) dans le tronçon du haut Columbia en aval du barrage HLK, mais ils souffrent aussi d'un important échec du recrutement. Les esturgeons pourraient aussi être capables de se déplacer en aval, et possiblement en amont, en passant par une petite écluse de navigation, entre les lacs en Flèche et le tronçon en aval du barrage HLK.</p> <p>Dans le tronçon en amont du barrage HLK, les barrages de Revelstoke et Mica sont impossibles à franchir en direction amont.</p>	Oui
Des individus immigrants seraient-ils adaptés pour survivre au Canada?	Oui
<p>Y a-t-il suffisamment d'habitat disponible au Canada pour les individus immigrants?</p> <p>Compte tenu des déclinés continus, il y a probablement suffisamment d'habitat disponible pour les individus immigrants, mais il est peu probable que ces derniers puissent se reproduire avec succès.</p>	Oui

<p>La possibilité d'une immigration de populations externes existe-t-elle?</p> <p>La population du réservoir du lac Roosevelt, aux États-Unis, souffre d'un important échec du recrutement. Immigration possible pour l'UD du haut Columbia en aval du barrage HLK, mais pas en amont du barrage HLK.</p>	Non
---	-----

### Historique du statut

#### COSEPAC :

L'espèce a été considérée comme une unité désignable (UD) et a été désignée « préoccupante » en avril 1990. Réexamen du statut : l'espèce a été désignée « en voie de disparition » en novembre 2003. Division en quatre populations en novembre 2012. La population du cours supérieur du fleuve Columbia a été désignée « en voie de disparition » en novembre 2012.

### Statut recommandé et justification de la désignation

<b>Statut recommandé :</b> Espèce en voie de disparition	<b>Code alphanumérique :</b> A3bc+4bc; C1+2a(ii); E
<b>Justification de la désignation :</b> Ce poisson de grande taille se trouve dans un faible nombre de localités (5) dans le cours supérieur du fleuve Columbia. L'espèce a connu un déclin considérable au cours du dernier siècle, diminuant à moins de 850 adultes, en raison de la fragmentation et de la dégradation de l'habitat, ainsi que de l'échec du recrutement. La modélisation prédit un risque de disparition de la population de 80 % d'ici les deux prochaines générations.	

### Applicabilité des critères

<p><b>Critère A</b> (déclin du nombre total d'individus matures)</p> <p>Satisfait aux critères établis pour la catégorie « en voie de disparition » A3bc et A4bc, car le taux de déclin prévu est d'au moins 90 % au cours des trois prochaines générations et d'au moins 50 % au cours d'une période de trois générations commençant dans le passé et se terminant dans le futur d'après les indices d'abondance fondés sur le marquage et la dégradation continue de l'habitat. Satisfait aux critères établis pour la catégorie « espèce menacée » A2bc, car les déclinés au cours des trois dernières générations sont estimés à 45 %.</p>
<p><b>Critère B</b> (petite aire de répartition, et déclin ou fluctuation)</p> <p>Satisfait aux critères établis pour la catégorie « espèce menacée » B1 et B2, car la zone d'occurrence et la zone d'occupation se situent en deçà des seuils fixés; correspond aux sous-critères a (population fortement fragmentée et nombre de localités [5] en deçà du seuil [10]) et b(iii,v), car on prévoit un déclin continu de la qualité de l'habitat et du nombre d'individus matures.</p>
<p><b>Critère C</b> (nombre d'individus matures peu élevé et en déclin)</p> <p>Satisfait aux critères établis pour la catégorie « en voie de disparition » C, car on estime que le nombre total d'individus matures au Canada est inférieur à 1 000, ainsi que C1, car le déclin inféré de la population est d'environ 90 % au cours des deux prochaines générations. Satisfait aux critères établis pour la catégorie « en voie de disparition » C2a(ii), car la population qui se trouve en aval du barrage HLK compte 95 % de l'ensemble des individus matures du Canada.</p>
<p><b>Critère D</b> (très petite population totale ou répartition restreinte)</p> <p>Sans objet. Ne satisfait pas aux critères.</p>
<p><b>Critère E</b> (analyse quantitative)</p> <p>Satisfait aux critères établis pour la catégorie « en voie de disparition », E car les projections démographiques suggèrent une probabilité minimale de disparition de la population au cours des deux à trois prochaines générations de 80 % (Wood <i>et al.</i>, 2007).</p>

## RÉSUMÉ TECHNIQUE – Population du cours supérieur de la rivière Kootenay

*Acipenser transmontanus*

Esturgeon blanc

White Sturgeon

Population du cours supérieur de la rivière Kootenay

Upper Kootenay River population

Répartition au Canada (province/territoire/océan) : Colombie-Britannique

Au Canada, cette UD est restreinte au lac Kootenay et à la rivière Kootenay entre la zone en amont des chutes de Bonnington et la frontière Idaho-Colombie-Britannique. Elle comprend environ 288 km de la Kootenay (y compris le lac Kootenay).

### Données démographiques

Durée d'une génération (généralement, âge moyen des parents dans la population)	40 ans
Y a-t-il un déclin continu inféré du nombre total d'individus matures?	Oui
Pourcentage estimé du déclin continu du nombre total d'individus matures pendant deux générations.  * Estimation fondée sur le taux de mortalité annuelle des adultes de 0,04 de Beamesderfer <i>et al.</i> (2009) et l'absence de recrutement naturel.	~ 90 % pendant deux générations
Pourcentage observé de la réduction du nombre total d'individus matures au cours des trois dernières générations.  Réduction > 90 % de 1978 à 2001 (Irvine <i>et al.</i> , 2007)	> 50 %
Pourcentage prévu de la réduction du nombre total d'individus matures au cours des trois prochaines générations.  * Estimation fondée sur le taux de mortalité annuelle des adultes de 0,04 de Beamesderfer <i>et al.</i> (2009) et l'absence de recrutement naturel.	> 90 % pendant trois générations
Pourcentage inféré de la réduction du nombre total d'individus matures au cours de toute période de trois générations commençant dans le passé et se terminant dans le futur.  * Estimation fondée sur le taux de mortalité annuelle des adultes de 0,04 de Beamesderfer <i>et al.</i> (2009) et l'absence de recrutement naturel.	> 50 %
Est-ce que les causes du déclin sont clairement réversibles et comprises et ont effectivement cessé? La cause immédiate des déclin est l'échec du recrutement, lui-même probablement associé à l'envasement des frayères dû à l'exploitation des barrages. Les causes n'ont pas cessé. Si ces problèmes peuvent être corrigés, alors il est possible que les déclin cessent.	Partiellement comprises, non clairement réversibles
Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre d'individus matures?	Non
<b>Superficie estimée de la zone d'occurrence</b>	6 780 km <sup>2</sup>
<b>Indice de zone d'occupation (IZO)</b> UD de la haute Kootenay	1 920 km <sup>2</sup>

La population totale est-elle très fragmentée? L'UD de la haute Kootenay, déjà isolée de l'UD du haut Columbia par les chutes de Bonnington, est maintenant isolée par le barrage Corra Linn. Il existe deux populations reliques dans le réservoir Duncan et dans le lac Slocan, lesquelles sont isolées des esturgeons du reste de l'UD respectivement par le barrage Duncan et par les multiples barrages de la rivière Kootenay.	Non
Nombre de « localités » (au total) au Canada  La seule aire de reproduction confirmée se trouve aux États-Unis; il existe deux aires d'hivernage : lac Kootenay et delta de la Kootenay, au Canada.	1-2
Y a-t-il un déclin continu de la zone d'occurrence? Les populations reliques des lacs Duncan et Slocan finiront par disparaître.	Peut-être
Y a-t-il un déclin continu de l'indice de zone d'occupation? Les populations reliques des lacs Duncan et Slocan finiront par disparaître.	Peut-être
Y a-t-il un déclin continu du nombre de populations? Les populations reliques des lacs Duncan et Slocan finiront par disparaître.	Peut-être
Y a-t-il un déclin continu du nombre de localités? Les populations reliques des lacs Duncan et Slocan finiront par disparaître.	Peut-être
Y a-t-il un déclin continu de la superficie et/ou de la qualité de l'habitat? Régularisation continue des débits par les ouvrages hydroélectriques	Oui
Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre de populations?	Non
Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre de localités <sup>5</sup> ?	Non
Y a-t-il des fluctuations extrêmes de la zone d'occurrence?	Non
Y a-t-il des fluctuations extrêmes de l'indice de zone d'occupation?	Non
*** Les localités ci-dessus sont des sites où les esturgeons retournent constamment pour se reproduire et hiverner (voir les tableaux 4 et 5 pour les listes de ces sites). Bien que les esturgeons soient distribués uniformément dans l'UD de la haute Kootenay, le delta où la rivière Kootenay entre dans le lac Kootenay est toujours l'endroit le plus fréquenté.	

#### Nombre d'individus matures (dans chaque population)

Population	N <sup>bre</sup> d'individus matures
UD de la haute Kootenay [2004]	~ 960 (2012)
L'année correspondant aux dernières estimations fondées sur les données est indiquée entre crochets et a été utilisée pour inférer la taille de la population en 2012, d'après l'absence de recrutement et un taux de mortalité annuelle de 0,04.	

<sup>5</sup> Voir « Définitions et abréviations » sur le [site Web du COSEPAC](#) et [IUCN 2010](#) (en anglais seulement) pour obtenir des précisions sur ce terme.

### Analyse quantitative

En supposant un taux de mortalité annuelle de 0,04 chez les adultes, la probabilité de disparition des populations de la Kootenay est d'au moins 80 % d'ici deux 2 générations (Beamesderfer <i>et al.</i> , 2009). Wood <i>et al.</i> (2007) ont fourni une analyse quantitative de l'UD de la haute Kootenay. En supposant l'absence de recrutement d'adultes élevés en éclosion, l'effectif de la population diminue pour atteindre < 20 poissons matures en 50 ans, et l'on prévoit la disparition de l'UD en 70 à 80 ans.	Disparition probable d'ici 100 ans.
--	-------------------------------------

### Menaces (réelles ou imminentes pour les populations ou leur habitat)

Échec du recrutement, régularisation des cours d'eau par endiguement, envasement attribuable à la présence d'un barrage, faible diversité génétique, avantages incertains de l'empoissonnement au moyen de sujets d'éclosion (utilisation de poissons sauvages comme géniteurs).
--

### Immigration de source externe (immigration d'autres UD ou de populations de l'extérieur du Canada)

Une immigration a-t-elle été constatée ou est-elle possible? Isolement par des obstacles naturels (chutes de Bonnington) et par de multiples barrages.	Non
Des individus immigrants seraient-ils adaptés pour survivre au Canada?	s.o.
Y a-t-il suffisamment d'habitat disponible au Canada pour les individus immigrants?	s.o.
La possibilité d'une immigration de populations externes existe-t-elle? Il n'existe pas de possibilité d'une immigration naturelle dans l'UD de la haute Kootenay. Bien que des individus puissent entrer au Canada depuis des portions de la Kootenay se trouvant aux États-Unis, ceux-ci font probablement partie de la même population biologique.	Non

### Historique du statut

<b>COSEPAC</b> : L'espèce a été considérée comme une unité désignable (UD) et a été désignée « espèce préoccupante » en avril 1990. Réexamen du statut : l'espèce a été désignée « en voie de disparition » en novembre 2003. Division en quatre populations en novembre 2012. La population de la rivière Kootenay a été désignée « en voie de disparition » en novembre 2012.
---

### Statut recommandé et justification de la désignation

<b>Statut</b> Espèce en voie de disparition	<b>Code alphanumérique</b> A3bc+4bc; C1+2a(ii); E
<b>Justification de la désignation</b> Ce poisson de grande taille se trouve dans seulement une ou deux localités dans le cours supérieur de la rivière Kootenay. L'espèce a connu un déclin considérable au cours du dernier siècle, diminuant à moins de 1000 adultes, en raison de la fragmentation et de la dégradation de l'habitat, ainsi que de l'échec du recrutement. La modélisation prédit un risque de disparition de la population de 80 % d'ici les deux prochaines générations.	

### Applicabilité des critères

**Critère A** (déclin du nombre total d'individus matures)

Satisfait aux critères établis pour la catégorie « en voie de disparition » A3bc et A4bc, car le taux de déclin prévu est d'au moins 90 % au cours des trois prochaines générations et d'au moins 50 % au cours d'une période de trois générations commençant dans le passé et se terminant dans le futur d'après les indices d'abondance fondés sur le marquage et la dégradation continue de l'habitat. Satisfait au critère A2bc pour les espèces menacées, car les taux de déclin au cours des trois dernières générations sont estimés à > 50 %.

**Critère B** (petite aire de répartition, et déclin ou fluctuation)

Satisfait aux critères établis pour la catégorie « espèce menacée » B1 et B2, car la zone d'occurrence et la zone d'occupation se situent en deçà des seuils fixés; correspond au sous-critère a (population fortement fragmentée et nombre de localités [2] en deçà du seuil [10]) et b(iii,v), car on prévoit un déclin continu de la qualité de l'habitat et du nombre d'individus matures.

**Critère C** (nombre d'individus matures peu élevé et en déclin)

Satisfait aux critères établis pour la catégorie « en voie de disparition » C, car on estime que le nombre total d'individus matures (960) est inférieur au seuil, ainsi que C1, car le déclin inféré de la population est d'environ 90 % au cours des deux prochaines générations. Satisfait aux critères établis pour la catégorie « en voie de disparition » C2a(ii), car la population comprend > 95 % de l'ensemble des individus matures.

**Critère D** (très petite population totale ou répartition restreinte)

Satisfait à la catégorie « menacée » D2 (une seule aire de reproduction).

**Critère E** (analyse quantitative)

Satisfait au critère E pour les espèces en voie de disparition, car les prévisions concernant la population suggèrent une probabilité minimale de disparition de l'espèce d'ici deux à trois générations de 80 % (Wood *et al.*, 2007).

## PRÉFACE

L'esturgeon blanc (*Acipenser transmontanus*) est le plus grand poisson d'eau douce de l'Amérique du Nord. Au Canada, il se reproduit dans deux réseaux hydrographiques : ceux des fleuves Fraser et Columbia. L'espèce a été réexaminée pour la dernière fois en 2003. Six populations importantes à l'échelle nationale (PIEN) ont été décrites dans ce rapport, et le COSEPAC leur a attribué le statut « en voie de disparition » (COSEPAC, 2003). La décision quant à l'inscription de l'espèce à la liste des espèces en péril de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP), toutefois, a tenu compte des PIEN, et quatre d'entre elles ont été ajoutées individuellement à l'annexe 1 de la LEP (toutes ont été désignées « en voie de disparition ») : la population de la rivière Kootenay, la population de la rivière Nechako, la population du cours supérieur du Columbia, et la population du cours supérieur du Fraser. Pour des raisons socioéconomiques, les deux autres groupes (les PIEN du cours inférieur et du cours moyen du Fraser) n'ont pas été inscrits à l'annexe 1 et ne sont pas protégés par la LEP (*Gazette du Canada*, vol. 140, n° 18, 6 septembre 2006; Registre public des espèces en péril, 2010). Trois des raisons pour lesquelles ces deux groupes n'ont pas été inscrits à la LEP mettaient l'accent sur l'importance des pêches récréative et autochtone dans le bas et le moyen Fraser. De plus, les pêches récréatives avec remise à l'eau donnent des renseignements importants en vue de la surveillance et de la gestion des populations. Par conséquent, on a conclu que le fait d'inscrire ces populations pourrait entraîner une moins bonne intendance pour la conservation et le rétablissement des populations d'esturgeons blancs. Le Conservation Data Centre de la Colombie-Britannique a inscrit les six groupes canadiens d'esturgeons blancs en tant que « en péril », et les groupes de la haute Kootenay, de la Nechako et du haut Columbia, en tant que « gravement en péril ». Depuis 2003, le COSEPAC a remplacé le concept de PIEN par le concept d'unité désignable (UD). Dans le présent rapport, les six PIEN antérieures sont remplacées par quatre UD. Ces quatre UD ont les mêmes limites géographiques que quatre des six PIEN antérieures. Toutefois, les anciens groupes du moyen Fraser, de la Nechako et du haut Fraser sont combinés dans une seule UD : l'UD du haut Fraser.

Des travaux considérables ont été réalisés sur la génétique de l'esturgeon blanc, sur la surveillance des populations et sur la recherche d'éléments du recrutement depuis la publication du dernier rapport du COSEPAC. On en connaît plus aujourd'hui qu'en 2003 sur la biologie de l'esturgeon blanc, mais des lacunes subsistent sur le plan des connaissances. Les lacunes les plus évidentes concernent les besoins en matière d'habitat et l'écologie des jeunes de l'année, de même que les connaissances sur l'incidence de l'érosion graduelle de la base alimentaire de l'esturgeon sur sa viabilité.



## HISTORIQUE DU COSEPAC

Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a été créé en 1977, à la suite d'une recommandation faite en 1976 lors de la Conférence fédérale-provinciale sur la faune. Le Comité a été créé pour satisfaire au besoin d'une classification nationale des espèces sauvages en péril qui soit unique et officielle et qui repose sur un fondement scientifique solide. En 1978, le COSEPAC (alors appelé Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada) désignait ses premières espèces et produisait sa première liste des espèces en péril au Canada. En vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) promulguée le 5 juin 2003, le COSEPAC est un comité consultatif qui doit faire en sorte que les espèces continuent d'être évaluées selon un processus scientifique rigoureux et indépendant.

## MANDAT DU COSEPAC

Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) évalue la situation, au niveau national, des espèces, des sous-espèces, des variétés ou d'autres unités désignables qui sont considérées comme étant en péril au Canada. Les désignations peuvent être attribuées aux espèces indigènes comprises dans les groupes taxinomiques suivants : mammifères, oiseaux, reptiles, amphibiens, poissons, arthropodes, mollusques, plantes vasculaires, mousses et lichens.

## COMPOSITION DU COSEPAC

Le COSEPAC est composé de membres de chacun des organismes responsables des espèces sauvages des gouvernements provinciaux et territoriaux, de quatre organismes fédéraux (le Service canadien de la faune, l'Agence Parcs Canada, le ministère des Pêches et des Océans et le Partenariat fédéral d'information sur la biodiversité, lequel est présidé par le Musée canadien de la nature), de trois membres scientifiques non gouvernementaux et des coprésidents des sous-comités de spécialistes des espèces et du sous-comité des connaissances traditionnelles autochtones. Le Comité se réunit au moins une fois par année pour étudier les rapports de situation des espèces candidates.

## DÉFINITIONS (2012)

Espèce sauvage	Espèce, sous-espèce, variété ou population géographiquement ou génétiquement distincte d'animal, de plante ou d'une autre organisme d'origine sauvage (sauf une bactérie ou un virus) qui est soit indigène du Canada ou qui s'est propagée au Canada sans intervention humaine et y est présente depuis au moins cinquante ans.
Disparue (D)	Espèce sauvage qui n'existe plus.
Disparue du pays (DP)	Espèce sauvage qui n'existe plus à l'état sauvage au Canada, mais qui est présente ailleurs.
En voie de disparition (VD)*	Espèce sauvage exposée à une disparition de la planète ou à une disparition du pays imminente.
Menacée (M)	Espèce sauvage susceptible de devenir en voie de disparition si les facteurs limitants ne sont pas renversés.
Préoccupante (P)**	Espèce sauvage qui peut devenir une espèce menacée ou en voie de disparition en raison de l'effet cumulatif de ses caractéristiques biologiques et des menaces reconnues qui pèsent sur elle.
Non en péril (NEP)***	Espèce sauvage qui a été évaluée et jugée comme ne risquant pas de disparaître étant donné les circonstances actuelles.
Données insuffisantes (DI)****	Une catégorie qui s'applique lorsque l'information disponible est insuffisante (a) pour déterminer l'admissibilité d'une espèce à l'évaluation ou (b) pour permettre une évaluation du risque de disparition de l'espèce.

\* Appelée « espèce disparue du Canada » jusqu'en 2003.

\*\* Appelée « espèce en danger de disparition » jusqu'en 2000.

\*\*\* Appelée « espèce rare » jusqu'en 1990, puis « espèce vulnérable » de 1990 à 1999.

\*\*\*\* Autrefois « aucune catégorie » ou « aucune désignation nécessaire ».

\*\*\*\*\* Catégorie « DSIDD » (données insuffisantes pour donner une désignation) jusqu'en 1994, puis « indéterminé » de 1994 à 1999. Définition de la catégorie (DI) révisée en 2006.



Environnement  
Canada

Environment  
Canada

Service canadien  
de la faune

Canadian Wildlife  
Service

Canada

Le Service canadien de la faune d'Environnement Canada assure un appui administratif et financier complet au Secrétariat du COSEPAC.

# Rapport de situation du COSEPAC

sur

## **L'esturgeon blanc**

*Sturgeon Acipenser transmontanus*

Population du cours inférieur du fleuve Fraser  
Population du cours supérieur du fleuve Fraser  
Population du cours supérieur du fleuve Columbia  
Population du cours supérieur de la rivière Kootenay

**au Canada**

2012

## TABLE DES MATIÈRES

DESCRIPTION ET IMPORTANCE DE L'ESPÈCE SAUVAGE .....	6
Nom et classification .....	6
Description morphologique .....	7
Structure spatiale et variabilité des populations .....	8
Morphologie .....	11
Génétique .....	11
Comportement .....	16
Physiologie .....	18
Unités désignables .....	19
IMPORTANCE .....	23
RÉPARTITION .....	24
Aire de répartition mondiale .....	24
Aire de répartition canadienne .....	25
Activités d'échantillonnage .....	29
HABITAT .....	34
Besoins en matière d'habitat .....	34
Habitat des adultes .....	35
Aires de fraye .....	35
Aires d'alimentation .....	37
Aires d'hivernage .....	38
Habitat des juvéniles .....	40
Habitat des jeunes de l'année .....	42
Tendances de l'habitat .....	43
BIOLOGIE .....	44
Cycle vital .....	44
Reproduction .....	49
Physiologie et adaptabilité .....	51
TAILLE ET TENDANCES DES POPULATIONS .....	56
Activités et méthodes d'échantillonnage, et abondance .....	56
Fluctuations et tendances .....	60
Immigration de source externe .....	62
MENACES ET FACTEURS LIMITATIFS .....	66
Menaces .....	66
Facteurs limitatifs .....	71
PROTECTION, STATUTS ET CLASSEMENTS .....	72
Statuts et protection juridiques .....	72
Statuts et classements non juridiques .....	73
Protection et propriété de l'habitat .....	73
REMERCIEMENTS ET EXPERTS CONTACTÉS .....	74
SOURCES D'INFORMATION .....	75
SOMMAIRE BIOGRAPHIQUE DU RÉDACTEUR DU RAPPORT .....	87
COLLECTIONS EXAMINÉES .....	87

## Liste des figures

- Figure 1. Esturgeon blanc (*Acipenser transmontanus*) du bas Fraser. Illustration de Diana McPhail. .... 8
- Figure 2. Aire de répartition mondiale du *Acipenser transmontanus* : en eau douce (gris uniforme) et en eau salée (gris hachuré). Voir les figures 3 et 4 pour l'aire de répartition de l'esturgeon blanc dans la rivière Nechako (bassin versant du Fraser) et dans la rivière Kootenay (bassin versant du Columbia), respectivement. .... 9
- Figure 3. Aire de répartition géographique de l'esturgeon blanc dans le bassin versant du Fraser. La bande noire épaisse représente la division entre l'UD1 (bas Fraser, à l'ouest et au sud de la ligne) et l'UD2 (haut Fraser). Les flèches pleines montrent l'emplacement du réseau de la rivière Nechako. La flèche pointillée montre l'emplacement du barrage Kenney, dans la rivière Nechako. Chaque point représente une mention d'occurrence..... 10
- Figure 4. Aire de répartition des esturgeons blancs dans la portion canadienne du bassin du Columbia d'après les mentions d'occurrence historiques. La division entre l'UD3 (haut Columbia) et l'UD4 (haute Kootenay) située en aval du barrage des chutes inférieures de Bonnington est indiquée par un astérisque (\*). Les flèches pointillées indiquent la direction de l'écoulement de l'eau, et les lignes pleines, l'emplacement des principaux ouvrages de stockage et barrages hydroélectriques. Chaque point correspond à une mention d'occurrence. .... 15
- Figure 5. Résultats d'une analyse réalisée à l'aide du logiciel STRUCTURE illustrant l'assignation génétique individuelle des esturgeons blancs échantillonnés un peu partout dans l'aire de répartition de l'espèce et s'appuyant sur les variations de 13 loci microsattellites (voir Pritchard *et al.* [2000] pour une description de l'algorithme STRUCTURE). Chaque ligne verticale représente le génome d'un individu, chaque couleur représente une population génétique identifiée par le logiciel STRUCTURE, et la proportion de chaque couleur dans chacune des lignes verticales représente l'assignation proportionnelle de chaque groupe génétique (couleur) pour chaque individu. S-SJ = réseau Sacramento-San Joaquin (Californie, États-Unis), LCR = cours inférieur du fleuve Columbia (États de Washington et de l'Oregon, États-Unis), ColR = cours supérieur du fleuve Columbia (État de Washington, États-Unis, et portion canadienne du fleuve Columbia), LS = cours inférieur de la rivière Snake (État de Washington, États-Unis), MS = cours moyen de la rivière Snake (État de l'Idaho, États-Unis), KT = rivière Kootenay (Colombie-Britannique, Canada; États de l'Idaho et du Montana, États-Unis), LFR = cours inférieur du fleuve Fraser (Colombie-Britannique, Canada), SG-3 = cours moyen du fleuve Fraser (Colombie-Britannique, Canada), NK/SL/FL = rivière Nechako (Colombie-Britannique, Canada), UFR = cours supérieur du fleuve Fraser, en amont de la confluence du Fraser et de la rivière Nechako). Hells Gate est une barrière historique qui influe sur la vitesse du courant et qui marque la division entre le haut et le bas Fraser. D'après Schreiers (2012). La taille des échantillons était supérieure à 50 dans tous les sites. .... 17

Figure 6.	Estimations moyennes annuelles du nombre d'esturgeons blancs matures et immatures dans l'UD du bas Fraser, de 2001 à 2011 (d'après Nelson <i>et al.</i> , 2012). Les bandes noires verticales correspondent à l'intervalle de confiance à 95 %.....	30
Figure 7.	Distribution des classes d'âge dans le groupe du moyen Fraser (en haut) et dans le groupe de la Nechako (en bas). Le manque relatif d'individus dans les classes d'âge les plus basses dans le groupe de la Nechako est à noter (d'après R.L.&L., 2000). .....	32
Figure 8.	Courbes de croissance de différents groupes d'esturgeons blancs du Canada.....	47
Figure 9.	Nombre total estimé d'esturgeons blancs selon les différentes classes d'âge de l'UD du bas Fraser, de 2004 à 2011 (d'après Nelson <i>et al.</i> , 2012). Les poissons matures sont généralement ceux qui mesurent plus de 160 cm LT. ....	50

### Liste des tableaux

Tableau 1.	Fréquence des haplotypes au site de restriction dans la région de la boucle D de l'ADNmt chez des esturgeons prélevés dans les bassins des fleuves Fraser et Columbia (Smith <i>et al.</i> , 2002). La colonne « UD » indique dans laquelle des 4 UD la zone d'échantillonnage se trouve. H1 à H9 sont des haplotypes déterminés par restriction d'un segment de la région de la boucle D de l'ADNmt à l'aide de 3 enzymes de restriction. BF = bas Fraser, MF = moyen Fraser, HF = Haut Fraser, km = kilomètres de rivière en amont de l'embouchure du Fraser. La rivière Nechako est un affluent du Fraser situé entre les km 555 et 790, dans le MF, et les km 791 à 920, dans le HF. Les seules différences entre paires qui ne sont pas statistiquement significatives (c.-à-d. $P < 0,0104$ , corrigé en fonction de tests multiples [simultanés] d'après Narum, 2006) sont les suivantes : km 78 à 123 du BF par rapport aux km 169 à 85 du BF; km 169 à 85 du BF par rapport à tous les autres dans le Fraser et dans la Nechako; km 220 à 265 du BF par rapport à tous les autres dans le Fraser; km 266 à 335 du MF par rapport aux km 336 à 480 du MF et à la Nechako; km 336 à 480 du MF par rapport aux km 481 à 554 du MF; km 791 à 920 du HF par rapport à la Nechako; haut Columbia par rapport aux lacs en Flèche. L'échantillon prélevé entre les km 555 et 790 du MF n'a pas été pris en considération dans les analyses statistiques en raison de sa petite taille (5).....	14
------------	---	----

Tableau 2.	Estimations de la différenciation génétique ( $F_{ST}$ ) dérivées des variations observées dans 4 loci microsatellites d'échantillons d'esturgeons blancs ( <i>Acipenser transmontanus</i> ). D'après Smith <i>et al.</i> (2002) : UD1 : BF = bas Fraser; UD2 : MF = moyen Fraser, HF = haut Fraser, km = kilomètres de rivière en amont de l'embouchure du Fraser, RN = rivière Nechako (affluent du Fraser situé entre les km 555 et 790 du MF et les km 791 à 920 du HF); UD3 : LF = lacs en Flèche, HC = haut Columbia, RK = rivière Kootenay en aval du barrage Brilliant; UD4 : LK = lac Kootenay. Les valeurs en caractères gras sont significativement supérieures à 0 ( $P \leq 0,05$ ). La taille des échantillons était supérieure à 40 dans toutes les zones du Fraser (de 43 à 156), et était de 20 (LF) à 50 dans toutes les autres zones des bassins du fleuve Columbia et de la rivière Kootenay. ....	20
Tableau 3.	Estimations des différenciations génétiques (Phi-PT, sous la diagonale) et leur importance statistique (au-dessus de la diagonale) dérivées à partir des variations de 13 loci microsatellites d'échantillons d'esturgeons blancs ( <i>Acipenser transmontanus</i> ) provenant de 10 sites situés le long de la côte du Pacifique. S-SJ = Sacramento-San-Joaquin, BC = bas Columbia, MC = moyen Columbia, TL = tronçon limitrophe (fleuve Columbia entre le Canada et les États-Unis), KT = Kootenay, BS = basse Snake, MS = moyenne Snake, BF = bas Fraser et HF = haut Fraser. Toutes les valeurs sont significatives et supérieures à 0 comme le montrent les valeurs au-dessus de la diagonale. La taille des échantillons était supérieure à 50 dans tous les cas. D'après Schreiwers (2012).....	21
Tableau 4.	Frayères de l'esturgeon blanc .....	28
Tableau 5.	Aires d'hivernage de l'esturgeon blanc.....	39

## DESCRIPTION ET IMPORTANCE DE L'ESPÈCE SAUVAGE

### Nom et classification

Règne : Animaux  
Embranchement : Chordés  
Classe : Actinoptérygiens  
Ordre : Acipensériformes  
Famille : Acipenséridés  
Nom scientifique : *Acipenser transmontanus*  
Noms communs :

Français : esturgeon blanc

Anglais : White Sturgeon

Langues autochtones : Dakelh/porteur du Sud (lhkwencho), Nadleh Whut'en/Lheidl (lhkw'encho), Wet'suwet'en (hagwilnegh), Yekooche (Ihecho), porteur (La Cho), Secwepemc (x̱'w̱i (prononcé Hoo ee), Halkomelem/Halq'emeylem ou nation Kwikwetlem (skwo'wech), Halkomelem/Hul'q'umi'num ou nation Musqueam (qwtaythun), Northern Sṯáṯimcets (xu7't), Kxunta (wiyaʔ) et Michif (Sîpîy).

### Nom commun

Plusieurs noms communs étaient autrefois utilisés pour désigner l'esturgeon blanc (p. ex., en anglais, Pacific Sturgeon, Columbia Sturgeon et Sacramento Sturgeon). Aujourd'hui, le nom commun officiel en anglais est White Sturgeon (Nelson *et al.*, 2004). Bien qu'il n'existe pas de nom commun officiel en français, la plupart des documents canadiens utilisent « esturgeon blanc » comme nom commun en français.

### Nom scientifique

L'esturgeon blanc a été décrit en 1836 par Sir John Richardson comme étant le *Acipenser transmontanus*. Le site type est le fleuve Columbia, près de Vancouver, dans l'État de Washington. La même année, un esturgeon (*Acipenser aleutensis*) a été décrit aux alentours des îles Aléoutiennes. Il s'agit de l'unique mention d'un esturgeon dans cette région, et l'on croit que le site est erroné, car la description morphologique et le dénombrement des scutelles donnés pour le *A. aleutensis* ne sont pas les mêmes que pour le *Acipenser transmontanus* (voir Mecklenburg *et al.*, 2002). Néanmoins, plusieurs auteurs (voir par exemple Jordan et Evermann, 1896; Scott et Crossman, 1974) établissent une synonymie entre cette espèce énigmatique et le *A. transmontanus*. *Acipenser transmontanus* est le nom scientifique accepté pour l'esturgeon blanc depuis 175 ans.

## Description morphologique

Deux espèces d'esturgeons sont présentes le long de la côte du Pacifique au Canada : l'esturgeon vert (*Acipenser medirostris*) et l'esturgeon blanc (*Acipenser transmontanus*). Dans les eaux canadiennes, l'esturgeon vert est principalement une espèce marine et, bien qu'il pénètre parfois dans les estuaires de cours d'eau importants (p. ex, fleuve Fraser, et rivières Skeena, Nass et Taku), il ne se reproduit probablement pas au Canada. L'esturgeon blanc est avant tout une espèce d'eau douce, et il se reproduit au Canada. Toutefois, certains individus du bas Fraser font des incursions sporadiques en eau salée. Il arrive donc à l'occasion que l'on observe les deux espèces dans les zones à marée du bas Fraser et en eau salée, dans le détroit de Georgia, dans le détroit de Juan de Fuca et sur la côte ouest de l'île de Vancouver.

On distingue les deux espèces à leur coloration : la partie inférieure (ventrale) des flancs est verdâtre chez l'esturgeon vert, et gris foncé passant au blanc chez l'esturgeon blanc. Il y a habituellement une bande longitudinale de pigmentation foncée au milieu du ventre chez l'esturgeon vert, laquelle est absente chez l'esturgeon blanc. De plus, les barbillons sur le museau de l'esturgeon vert sont plus près de la bouche que du bout du museau, alors que chez l'esturgeon blanc (du moins dans la population du cours inférieur du fleuve Fraser) les barbillons sont plus près du bout du museau que de la bouche (McPhail, 2007).

Les esturgeons descendent d'une ancienne lignée de poissons à nageoires rayonnées, et la majeure partie de leur squelette interne (y compris le crâne) est composé de cartilage. Leur queue est hétérocerque (le lobe supérieur [dorsal] de cette nageoire est nettement plus long que le lobe ventral). Bien que le squelette soit principalement cartilagineux, il comprend aussi des os dermiques au niveau de la tête ainsi que plusieurs scutelles (rangées distinctes de projections osseuses en forme de diamant) sur le corps : de 11 à 14 scutelles le long de la ligne médiane dorsale, de 38 à 48 le long de la ligne latérale, et de 9 à 12 entre les nageoires pectorales et pelviennes, de chaque côté du corps (voir la figure 1). En outre, il y a 2 rangées parallèles de 4 à 8 petites scutelles situées sur la face ventrale, entre les nageoires pelviennes et la nageoire caudale.

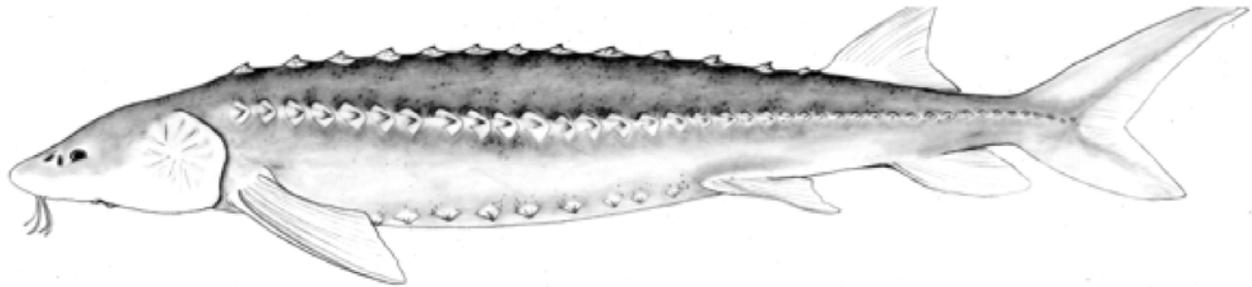
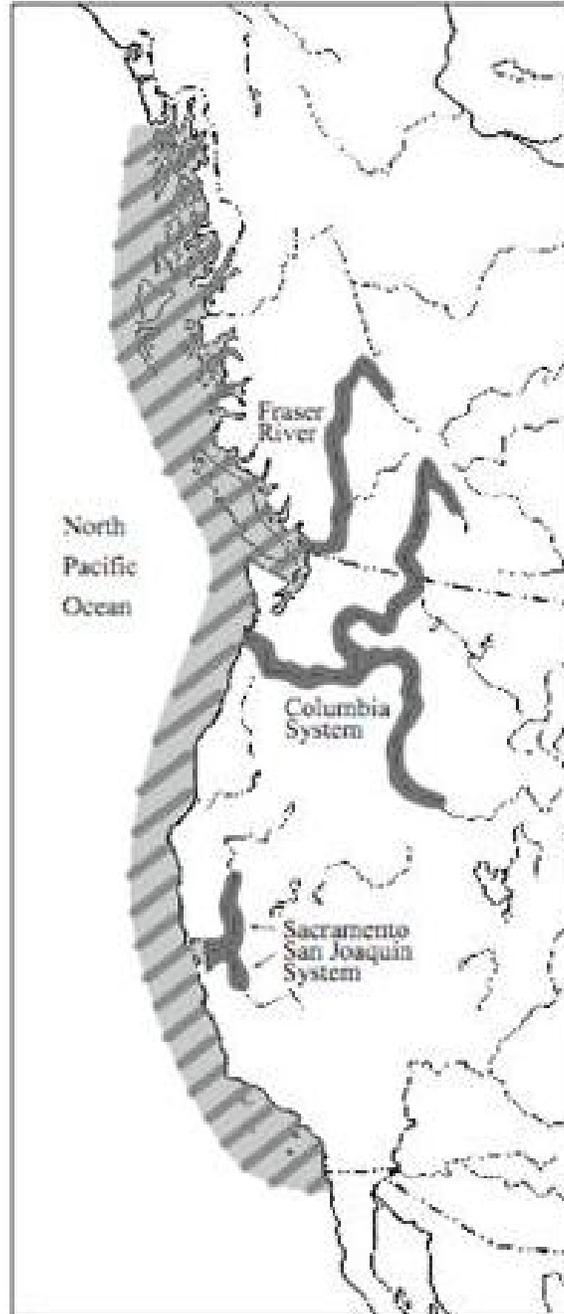


Figure 1. Esturgeon blanc (*Acipenser transmontanus*) du bas Fraser. Illustration de Diana McPhail.

### **Structure spatiale et variabilité des populations**

L'esturgeon blanc se reproduit dans trois bassins hydrographiques, soit ceux du réseau Sacramento-San Joaquin, du fleuve Columbia et du fleuve Fraser (figures 2 et 3). Compte tenu de la distance qui sépare ces fleuves et de leurs différences sur le plan physique et biologique, on peut s'attendre à certaines restrictions quant aux déplacements des esturgeons d'un fleuve à l'autre ainsi qu'à des adaptations locales dans chacun de ces réseaux fluviaux. Les esturgeons blancs des trois fleuves où l'espèce se reproduit montrent une certaine structuration génétique spatiale (voir **Génétique**). La diversité génétique (estimée à partir des fréquences d'haplotypes dans la région de la boucle D et de la diversité des allèles dans des microsatellites d'ADN) dans ces trois réseaux fluviaux est la plus grande dans les cours inférieurs. Ces tronçons sont directement liés à la mer, et le flux génique (par la mer) et/ou les grandes tailles effectives des populations pourraient expliquer la diversité accrue dans les cours inférieurs de ces réseaux fluviaux (voir par exemple Anders et Powell, 2002).



**Veillez voir la traduction française ci-dessous :**

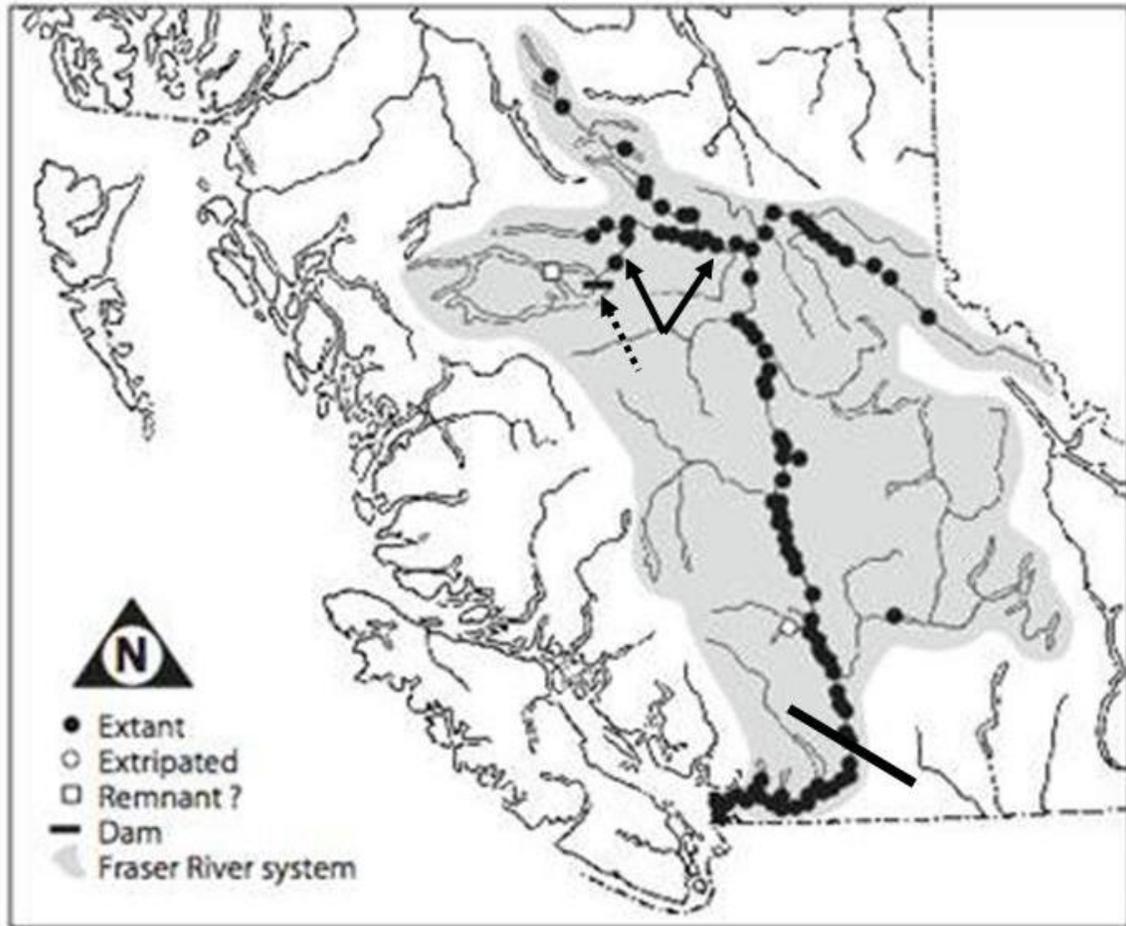
Fraser River = Fleuve Fraser

North Pacific Ocean = Océan Pacifique Nord

Columbia System = Réseau du fleuve Columbia

Sacramento-San Joaquin System = Réseau Sacramento-San Joaquin

Figure 2. Aire de répartition mondiale de *Acipenser transmontanus* : en eau douce (gris uniforme) et en eau salée (gris hachuré). Voir les figures 3 et 4 pour l'aire de répartition de l'esturgeon blanc dans la rivière Nechako (bassin versant du Fraser) et dans la rivière Kootenay (bassin versant du Columbia), respectivement.



**Veillez voir la traduction française ci-dessous :**

Extant = Existante  
 Extirpated = Disparue du pays  
 Remnant? = Relique?  
 Dam= Barrage  
 Fraser River system = Réseau du fleuve Fraser

Figure 3. Aire de répartition géographique de l'esturgeon blanc dans le bassin versant du Fraser. La bande noire épaisse représente la division entre l'UD1 (bas Fraser, à l'ouest et au sud de la ligne) et l'UD2 (haut Fraser). Les flèches pleines montrent l'emplacement du réseau de la rivière Nechako. La flèche pointillée montre l'emplacement du barrage Kenney, dans la rivière Nechako. Chaque point représente une mention d'occurrence.

## Morphologie

Les scientifiques qui étudient l'esturgeon blanc dans le fleuve Fraser ont commenté les différences entre les esturgeons du cours supérieur (en amont de Hells Gate) et ceux du cours inférieur (en aval de Hells Gate) en ce qui a trait à la forme du museau et des nageoires. R.L.&L. (2000) ont quantifié cette observation en analysant statistiquement la morphologie de 1 875 esturgeons du Fraser (914 vivant en aval et 961 vivant en amont de Hells Gate) et ont montré que, chez les poissons échantillonnés en amont de Hells Gate, le museau était significativement plus long (d'environ 11 % pour les poissons ayant une longueur à la fourche [LF] de 200 cm). Ces données ont été utilisées dans le cadre d'une analyse discriminante, qui a permis d'identifier avec succès 76 et 84 % des esturgeons blancs provenant des tronçons situés respectivement en amont et en aval de Hells Gate (R. L.&L., 2000). La même chose est vraie en ce qui concerne la forme des nageoires : chez les esturgeons du haut Fraser, les nageoires sont plus falciformes (en forme de faucille) que chez les esturgeons du bas Fraser. Aucune analyse comparable n'a été réalisée pour les esturgeons blancs du Columbia et du réseau Sacramento-San Joaquin, mais des photographies d'esturgeons des bassins hydrographiques du haut Columbia et de la Kootenay, aux États-Unis, donnent à penser que la morphologie de leur museau ressemble étroitement à celle des esturgeons observés en amont de Hells Gate, dans le Fraser (Crass et Cray, 1980; Brannon *et al.*, 1986). Il n'est pas clair si ces différences constituent des adaptations locales ou des réponses phénotypiques attribuables aux différences environnementales (p. ex., vitesse du courant et température de l'eau) des populations intérieures et côtières.

## Génétique

Jusqu'ici, le terme « population » a été utilisé vaguement pour désigner les groupes d'esturgeons séparés géographiquement. Dans le contexte de la génétique, toutefois, le terme « population » a une signification précise qui, dans le présent rapport, suit la définition de Hartl (1981) : une population est un groupe d'individus de la même espèce qui vit dans une zone géographique restreinte de manière à ce que les membres de la population ont plus de chances de se reproduire avec un autre membre de la même population qu'avec un individu d'une autre population.

L'une des conséquences suivant cette définition est la restriction du flux génique d'une population à l'autre qui, au final, donne lieu à des divergences génétiques entre les populations. Le degré de divergence varie selon la taille de la population, le niveau de flux génique entre les populations et le temps qui s'est écoulé depuis que les populations sont séparées. Néanmoins, la détection et les limites géographiques des populations génétiques sont à la base des stratégies rationnelles de conservation et de gestion. Les six groupes appelés « populations » dans le cadre des évaluations précédentes de la situation de l'esturgeon blanc ne sont pas nécessairement des populations génétiques. Certains de ces six groupes pourraient être des populations au sens génétique, mais d'autres contiennent clairement plus d'une population génétique (Nelson et McAdam, 2012).

Brown *et al.* (1992a) ont réalisé la première étude portant sur l'ADN mitochondrial (ADNmt) de l'esturgeon. Ils ont appliqué la technique (qui était alors nouvelle) de l'analyse des sites de restriction dans l'ADNmt d'esturgeons prélevés dans les réseaux du Fraser et du Columbia. Des échantillons ont été prélevés dans 4 zones du fleuve Columbia (une située près de l'embouchure [« cours inférieur du Columbia »], et 3 dans des emplacements situés au moins 230 km en amont [« cours supérieur du Columbia »] et séparés du cours inférieur du Columbia par le barrage Bonneville) ainsi que dans 3 zones du Fraser (près de l'embouchure, environ 70 km en amont, de même que 320 km en amont [c.-à-d. en amont de la région du canyon de Hells Gate, dans le Fraser]). Les auteurs ont répertorié des différences significatives sur le plan des haplotypes d'ADNmt entre les zones du cours supérieur et celles du cours inférieur du Columbia, et entre les fleuves Columbia et Fraser (voir également Brown *et al.*, 1992b). Un haplotype, toutefois, était le plus commun dans toutes les zones (la fréquence de l'haplotype « At2 » était de 0,49 à 0,92 d'un site à l'autre). Les différences n'étaient pas significatives entre les échantillons du bas et ceux du moyen Fraser, et la taille des échantillons était trop petite (N = 9) pour tester les différences entre ces dernières zones et la zone du haut Fraser. Les 2 haplotypes observés dans le site du haut Fraser, toutefois, étaient communs dans le moyen et dans le bas Fraser (Brown *et al.*, 1992a).

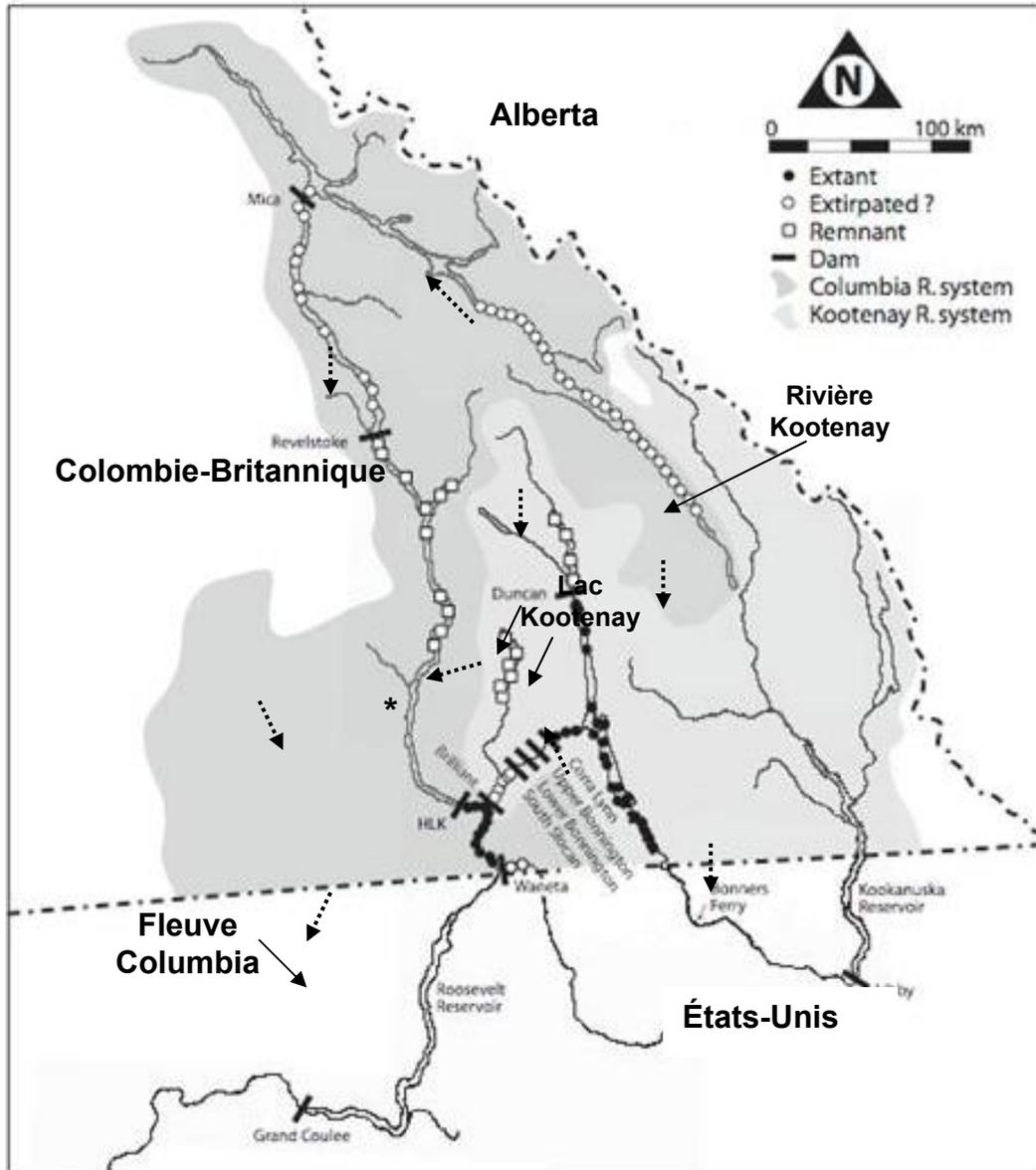
Les données de Brown *et al.* (1992a) et les travaux subséquents de séquençage de Brown *et al.* (1993) sont compatibles avec l'établissement postglaciaire des populations du Fraser par des poissons du Columbia (on sait que le cours inférieur du Columbia était un refuge glaciaire durant le Pléistocène [McPhail et Lindsey, 1986]). De plus, les populations du Columbia ont connu de graves goulots d'étranglement durant la période postglaciaire, lesquels ont peut-être été accentués par l'importante fragmentation du fleuve Columbia par les barrages hydroélectriques depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle. Plus récemment, des technologies de séquençage de l'ADNmt et d'analyse de microsatellites ont été employées (Smith *et al.*, 2002; Schreier, 2012) sur des échantillons de grande taille prélevés dans les fleuves Fraser et Columbia. Chez l'esturgeon, les analyses de microsatellites sont compliquées, en raison de la nature octoploïde de la majeure partie de son génome, et ce n'est que récemment que des loci propres à l'esturgeon blanc ont été établis (Smith *et al.*, 2002; Shreier, 2012).

Smith *et al.* (2002) ont échantillonné des poissons dans 9 zones du chenal principal du Fraser, depuis l'embouchure jusqu'à plus de 900 km en amont, de même que dans le chenal principal de la rivière Nechako (affluent du cours supérieur du Fraser situé environ 850 km en amont de l'embouchure du Fraser). De plus, 5 zones ont été échantillonnées dans le Columbia, dont 4 se trouvaient au Canada (haut Columbia, près de Castlegar, lacs en Flèche, rivière Kootenay, en aval des chutes de Bonnington [obstacle naturel à la migration vers l'amont], et lac Kootenay, en amont des chutes de Bonnington). Les fréquences déterminées des 9 haplotypes d'ADNmt dans l'ensemble des zones (tableau 1) ont révélé des différences fortes et significatives, en particulier entre les portions canadiennes du Columbia et du Fraser, et entre l'échantillon du lac Kootenay et les esturgeons de la rivière Kootenay et du haut Columbia (Smith *et al.* 2002). Dans le réseau du Fraser, 4 groupes ont été reconnus : le groupe du bas Fraser (en aval de Hells Gate), le groupe du moyen Fraser, le groupe du haut Fraser (en amont de Prince George, en Colombie-Britannique), et le groupe de la rivière Nechako. Ces groupes ont été reconnus en s'appuyant sur les différences significatives des fréquences d'haplotypes d'ADNmt (Smith *et al.*, 2002). Dans le chenal principal du Fraser, il n'y a pas de barrières physiques naturelles à l'échange de gènes dans les tronçons du réseau fluvial que fréquente l'esturgeon blanc (Hells Gate est une barrière partielle d'origine humaine relativement récente [ $< 100$  ans]). Par conséquent, la structure spatiale de l'ADNmt des 4 groupes du Fraser pourrait dépendre en quelque sorte de l'endroit où l'on trace les limites entre les groupes. L'analyse de 4 loci microsatellites n'ont pas permis de déterminer des différences constantes quant à la fréquence des allèles parmi les 4 groupes du Fraser (p. ex., les différences d'un site à l'autre au sein de chaque groupe étaient souvent plus nombreuses que les différences entre les groupes [tableau 2]). Par exemple, sur 45 comparaisons des valeurs de  $F_{ST}$  entre paires d'échantillons dans le Fraser, 11 étaient significatives, mais 3 de ces dernières ont été observées parmi des sites du bas Fraser, 7 ont été observées entre des sites du bas Fraser et des sites du moyen Fraser, du haut Fraser et de la rivière Nechako, et seulement 1 différence significative a été observée entre des sites se trouvant dans le moyen Fraser, le haut Fraser et la rivière Nechako (tableau 2). Par conséquent, 10 des 11 différences significatives ont été observées soit parmi les sites du bas Fraser, soit entre ces sites et les sites se trouvant en amont de Hells Gate, dans le Fraser (c.-à-d. dans le moyen et le haut Fraser et dans la rivière Nechako). De plus, sur 8 comparaisons entre paires entre les sites de la rivière Nechako et tous les autres sites, seulement 2 différences étaient significatives : l'une avec un site du bas Fraser, et l'autre, avec le site le plus en aval dans le moyen Fraser (tableau 2). La différence frappante entre l'échantillon du lac Kootenay (situé en amont des chutes de Bonnington, figure 4) et tous les autres échantillons (tableau 2) était toutefois compatible avec les données sur l'ADNmt. Le petit nombre de loci microsatellites (4) a sans doute limité la capacité de tester rigoureusement les différences de fréquence des allèles, en particulier si un certain flux génique a lieu entre les groupes.

**Tableau 1. Fréquence des haplotypes au site de restriction dans la région de la boucle D de l'ADNmt chez des esturgeons prélevés dans les bassins des fleuves Fraser et Columbia (Smith *et al.*, 2002). La colonne « UD » indique dans laquelle des 4 UD la zone d'échantillonnage se trouve. H1 à H9 sont des haplotypes déterminés par restriction d'un segment de la région de la boucle D de l'ADNmt à l'aide de 3 enzymes de restriction. BF = bas Fraser, MF = moyen Fraser, HF = Haut Fraser, km = kilomètres de rivière en amont de l'embouchure du Fraser. La rivière Nechako est un affluent du Fraser situé entre les km 555 et 790, dans le MF, et les km 791 à 920, dans le HF. Les seules différences entre paires qui ne sont pas statistiquement significatives (c.-à-d.  $P < 0,0104$ , corrigé en fonction de tests multiples [simultanés] d'après Narum, 2006) sont les suivantes : km 78 à 123 du BF par rapport aux km 169 à 85 du BF; km 169 à 85 du BF par rapport à tous les autres dans le Fraser et dans la Nechako; km 220 à 265 du BF par rapport à tous les autres dans le Fraser; km 266 à 335 du MF par rapport aux km 336 à 480 du MF et à la Nechako; km 336 à 480 du MF par rapport aux km 481 à 554 du MF; km 791 à 920 du HF par rapport à la Nechako; haut Columbia par rapport aux lacs en Flèche. L'échantillon prélevé entre les km 555 et 790 du MF n'a pas été pris en considération dans les analyses statistiques en raison de sa petite taille (5).**

<b>Zone d'échantillonnage</b>	<b>UD</b>	<b>H1</b>	<b>H2</b>	<b>H3</b>	<b>H4</b>	<b>H5</b>	<b>H6</b>	<b>H7</b>	<b>H8</b>	<b>H9</b>
BF (km 78 à 123)	1	0	4	11	11	2	1	0	0	0
BF (km 169 à 85)	1	0	3	13	5	1	0	7	0	0
BF (km 220 à 265)	1	0	0	14	0	3	0	9	0	0
MF (km 266 à 335)	2	0	4	9	0	4	0	13	0	0
MF (km 336 à 480)	2	0	2	9	0	4	0	15	0	0
MF (km 481 à 554)	2	0	3	9	0	0	0	15	0	0
MF (km 555 à 790)	2	0	1	3	0	1	0	0	0	0
HF (km 791 à 920)	2	0	9	21	0	0	0	0	0	0
Rivière Nechako	2	0	11	12	0	0	0	6	0	0
Haut Columbia	3	4	10	9	1	3	1	0	1	1
Lacs en Flèche	3	0	6	9	1	0	0	0	1	1
Rivière Kootenay*	3	3	42	5	4	0	0	0	0	1
Lac Kootenay	4	0	3	13	5	1	0	7	0	0

\* En aval du barrage Brilliant (c.-à-d. reliée au cours supérieur du Columbia)



**Veillez voir la traduction française ci-dessous :**

- Extant = Existante
- Extirpated? = Disparue du pays?
- Remnant = Relique
- Dam = Barrage
- Columbia R. system = Bassin du fleuve Columbia
- Kootenay R. system = Bassin de la rivière Kootenay

Figure 4. Aire de répartition des esturgeons blancs dans la portion canadienne du bassin du Columbia d'après les mentions d'occurrence historiques. La division entre l'UD3 (haut Columbia) et l'UD4 (haute Kootenay) située en aval du barrage des chutes inférieures de Bonnington est indiquée par un astérisque (\*). Les flèches pointillées indiquent la direction de l'écoulement de l'eau, et les lignes pleines, l'emplacement des principaux ouvrages de stockage et barrages hydroélectriques. Chaque point correspond à une mention d'occurrence.

Schreier (2012) a réexaminé de nombreux échantillons, parmi ceux examinés précédemment, à l'aide d'un nouvel ensemble de 13 loci microsatellites, et a décelé de « fortes » différences entre les individus du haut et du bas Fraser, de même qu'une certaine structure au sein du groupe du haut Fraser (en particulier entre les échantillons du moyen Fraser et tous les autres échantillons prélevés en amont de Hells Gate), comme on devrait s'y attendre compte tenu du grand nombre de loci utilisés (tableau 3, figure 5). L'analyse de Schreier (2012) suggère certaines distinctions génétiques modestes entre les individus du moyen Fraser et ceux de la rivière Nechako, et indique que la population du haut Fraser pourrait comprendre une zone de « mélange » de poissons provenant de la Nechako et du moyen Fraser, ce qui fournirait des preuves indirectes de déplacements et de flux génétique entre ces 3 zones. Une étude de marquage récente a aussi révélé les déplacements d'un esturgeon blanc adulte entre le moyen Fraser (près de Williams Lake, en Colombie-Britannique) et la rivière Nechako ainsi que sa reproduction possible dans cette rivière (M. Ramsey, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, comm. pers., 2012). La valeur de  $\Phi_{PT}$  (mesure de différenciation génétique analogue au  $F_{ST}$ , mais utilisée pour des données dominantes; voir le tableau 3) était de 0,082 entre le haut et le bas Fraser, et était toujours supérieure à 0,156 entre les échantillons de la rivière Kootenay et les échantillons prélevés dans les autres régions du bassin du Columbia et du fleuve Fraser (tous  $P < 0,001$ ). Ces nouvelles données appuient les conclusions précédentes voulant qu'il existe des différences majeures entre les individus du haut Fraser, du bas Fraser, de la portion canadienne du fleuve Columbia et de la haute Kootenay.

## Comportement

L'étude du comportement d'un animal mobile de grande taille vivant dans des eaux troubles n'est pas facile, et il n'est pas surprenant qu'on en sache peu sur la structure spatiale et les variations comportementales de l'esturgeon blanc. Il existe une brève description de son comportement de fraye (Liebe *et al.*, 2004), et la plupart des observations sur le comportement des larves et des jeunes de l'année nouvellement métamorphosés sont fondées sur des études en laboratoire (Kynard *et al.*, 2010; McAdam, 2011). On en sait tout de même assez au sujet de leur biologie pour déterminer qu'ils retournent dans les mêmes aires de fraye et d'hivernage d'année en année. Ils entreprennent également des migrations annuelles saisonnières vers des aires d'alimentation (Nelson *et al.*, 2011), et, possiblement, des déplacements journaliers (Parsley *et al.*, 2008). Il se peut que tous ces comportements varient au sein même des principaux réseaux fluviaux et entre ces derniers.

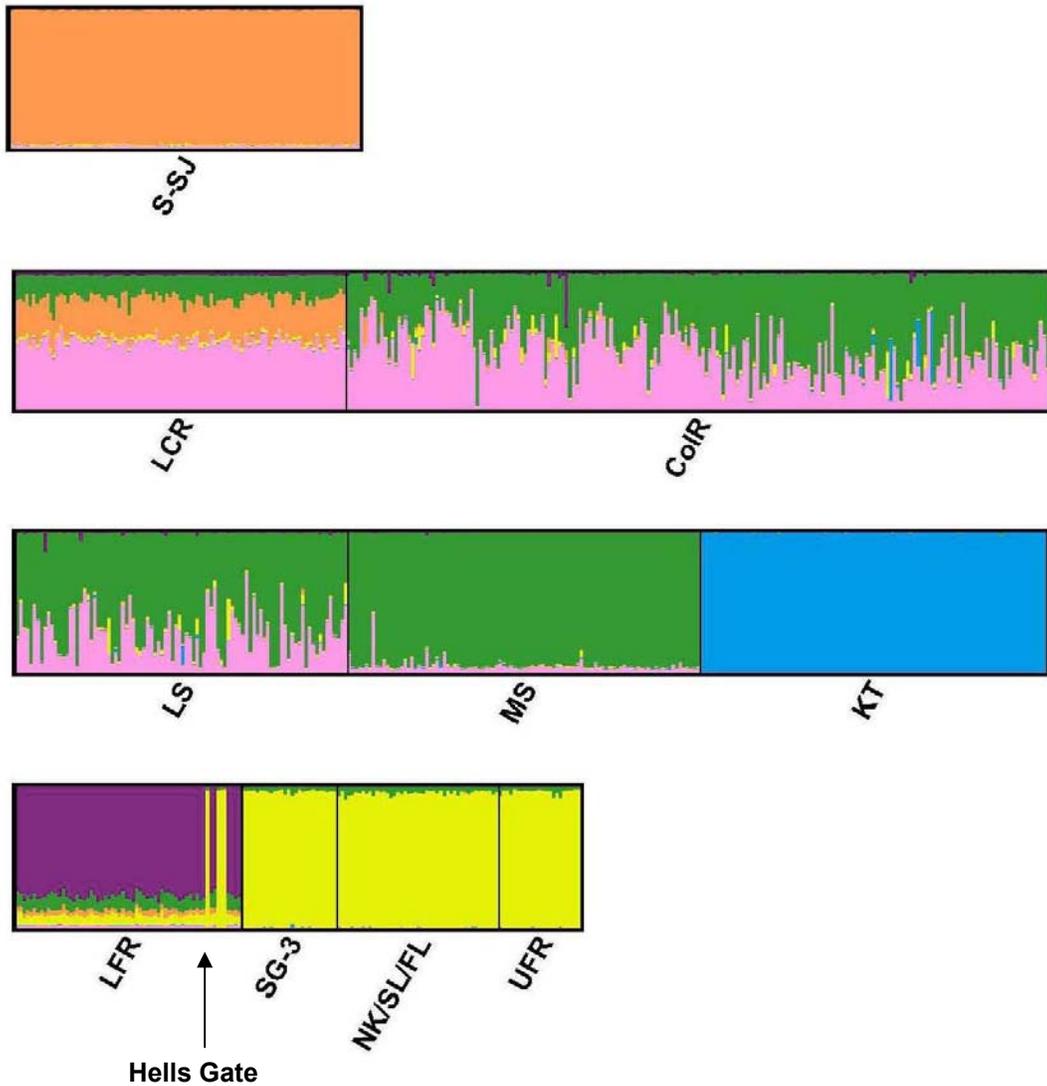


Figure 5. Résultats d'une analyse réalisée à l'aide du logiciel STRUCTURE illustrant l'assignation génétique individuelle des esturgeons blancs échantillonnés un peu partout dans l'aire de répartition de l'espèce et s'appuyant sur les variations de 13 loci microsatellites (voir Pritchard *et al.* [2000] pour une description de l'algorithme STRUCTURE). Chaque ligne verticale représente le génome d'un individu, chaque couleur représente une population génétique identifiée par le logiciel STRUCTURE, et la proportion de chaque couleur dans chacune des lignes verticales représente l'assignation proportionnelle de chaque groupe génétique (couleur) pour chaque individu. S-SJ = réseau Sacramento-San Joaquin (Californie, États-Unis), LCR = cours inférieur du fleuve Columbia (États de Washington et de l'Oregon, États-Unis), CoIR = cours supérieur du fleuve Columbia (État de Washington, États-Unis, et portion canadienne du fleuve Columbia), LS = cours inférieur de la rivière Snake (État de Washington, États-Unis), MS = cours moyen de la rivière Snake (État de l'Idaho, États-Unis), KT = rivière Kootenay (Colombie-Britannique, Canada; États de l'Idaho et du Montana, États-Unis), LFR = cours inférieur du fleuve Fraser (Colombie-Britannique, Canada), SG-3 = cours moyen du fleuve Fraser (Colombie-Britannique, Canada), NK/SL/FL = rivière Nechako (Colombie-Britannique, Canada), UFR = cours supérieur du fleuve Fraser, en amont de la confluence du Fraser et de la rivière Nechako). Hells Gate est une barrière historique qui influe sur la vitesse du courant et qui marque la division entre le haut et le bas Fraser. D'après Schreiers (2012). La taille des échantillons était supérieure à 50 dans tous les sites.

## Physiologie

Ici aussi, on en sait peu sur la structure et les variations spatiales de la physiologie de l'esturgeon blanc. Toutefois, des observations suggèrent des adaptations physiologiques locales. Par exemple, dans le bassin versant du réseau Sacramento-San Joaquin, les esturgeons blancs juvéniles se concentrent dans l'estuaire (Schafter et Kohlhorst, 1999), alors que, dans l'estuaire du Fraser, les jeunes esturgeons blancs semblent être moins communs qu'ils ne le sont en Californie. Il pourrait s'agir d'un artefact d'échantillonnage, mais on sait que la tolérance des jeunes esturgeons du fleuve Fraser à la salinité dépend de leur taille : les plus petits individus d'une cohorte sont moins tolérants à la salinité que les plus gros individus de la même cohorte (Amiri *et al.*, 2009). Il pourrait donc y avoir des différences sur le plan des capacités d'osmorégulation entre les stocks d'esturgeons du Fraser et du réseau Sacramento-San Joaquin. De plus, il est possible qu'il existe des différences physiologiques sur le plan de la tolérance à la salinité au sein même de la population du cours inférieur du Fraser. On sait que certains esturgeons font des incursions en mer et que le temps passé en eau salée varie d'un individu à l'autre (Veinott *et al.*, 1999). Des recherches récentes portant sur les juvéniles du cours inférieur du Fraser donnent à penser qu'il pourrait exister trois différents types physiologiques d'esturgeons blancs dans le bas Fraser : les résidents du fleuve, les résidents de l'estuaire et les esturgeons qui vont en mer (Steve McAdam, comm. pers., 2011).

La température est un autre facteur environnemental qui pourrait opérer une sélection en matière de caractéristiques physiologiques locales. La température de l'eau influe sur la plupart des aspects du métabolisme et du cycle vital de l'esturgeon blanc. En captivité, Webb *et al.* (1999) ont observé que les femelles pleines n'ovulaient pas à des températures constantes de 15 et de 18 °C, alors que les femelles gardées dans des eaux dont la température oscillait près des normales saisonnières (entre 10 et 15 °C) ovulaient et produisaient des œufs viables. Dans la nature, la fraye semble être provoquée par les effets combinés de la température et de la modification du débit (Golder, 2006). Dans la rivière Kootenay, une diminution de la température d'environ 0,8 °C a été suffisante pour perturber la fraye des esturgeons (Paragamian et Wakkinen, 2002). Chez les esturgeons blancs du Canada, la température minimale associée au début de la fraye est d'environ 8 °C, et la fraye cesse lorsque l'eau atteint environ 21 °C (Tiley, 2006; Golder, 2006). Ces faibles températures se situent environ 6 °C sous la température optimale publiée pour la survie des larves (de 14 à 16 °C; Wang *et al.*, 1985). Néanmoins, Tiley (2006) a observé que 75 % des œufs sont parvenus à éclore à environ 10 °C, et que les larves qui en ont résulté étaient normales, bien que petites (longueur totale [LT] de 11 à 13 mm). Dans la rivière Kootenay, Paragamian et Wakkinen (2002) ont observé que la fraye commençait à une température comparablement basse (7,4 °C), et que la fraye atteignait un sommet autour de 9,5 à 10 °C. Les groupes d'esturgeons blancs du nord ne semblent donc pas préférer une fourchette de températures plus basse que les groupes d'esturgeons blancs qui vivent en Californie.

## Unités désignables

À la suite de l'évaluation de la situation de l'esturgeon blanc réalisée par le COSEPAC en 2003, six « populations importantes à l'échelle nationale » (PIEN) ont été reconnues au Canada au cours du processus d'inscription à la liste de la LEP, soit les « populations » du bas Fraser, du moyen Fraser, de la Nechako, du haut Fraser, du haut Columbia et de la haute Kootenay. Ces six « populations » sont devenues un cadre géographique pour l'étude, la gestion et la conservation de l'esturgeon blanc au Canada. En 2004, le COSEPAC est passé du concept de PIEN à celui d'unités désignables (UD). Par conséquent, la présente réévaluation de la situation de l'esturgeon blanc au Canada suit les lignes directrices actuelles du COSEPAC pour reconnaître les UD, lesquelles sont différentes des lignes directrices utilisées pour reconnaître les PIEN (COSEPAC, 2012a). Pour l'esturgeon blanc, divers types de données ont été examinés à la lumière des critères de « caractère distinct » et de « caractère important » utilisés par le COSEPAC pour reconnaître les UD (COSEPAC, 2012a).

L'aspect le plus fondamental du caractère distinct de l'esturgeon blanc est la séparation physique des réseaux des fleuves Fraser et du Columbia, dont les embouchures sont séparées par environ 500 km d'océan. Cette séparation n'est toutefois pas complète, car il est probable que des esturgeons se déplacent occasionnellement par la mer entre les cours inférieurs de ces deux fleuves, du moins quand ils sont jeunes (Veinott *et al.*, 1999). Cette séparation physique s'est probablement formée à plusieurs reprises pendant le Pléistocène, puis rétablie depuis la fin de la plus récente avancée glaciaire du Wisconsinien (il y a environ 10 000 ans [Johnsen et Brennand, 2004]). Le caractère distinct des esturgeons blanc du Fraser et du haut Columbia s'appuie aussi sur des différences marquées et significatives sur le plan statistique quant à la fréquence des haplotypes dans l'ADNmt et à la fréquence des allèles dans 4, puis 13 loci microsatellites (tableaux 1 à 3, figure 5). De plus, bien que les données génétiques donnent à penser qu'il y a eu historiquement des échanges d'esturgeons blancs entre les fleuves Fraser et Columbia, Veinott *et al.* (1999) ont inféré des migrations en mer à partir des concentrations de strontium chez les esturgeons blancs, et ont conclu que ces migrations déclinaient à mesure que les esturgeons vieillissaient et que, autour de 40 ans, les esturgeons devenaient des résidents permanents des eaux douces.

Dans le fleuve Fraser, on observe bien des signes du caractère distinct des esturgeons du bas Fraser et du haut Fraser (qui englobe le haut et le moyen Fraser ainsi que la rivière Nechako) lorsqu'on se base sur les fréquences des haplotypes dans l'ADNmt et sur la fréquence des allèles dans les microsatellites (tableaux 1 à 3). Dans la portion canadienne du Columbia, les esturgeons de la haute Kootenay sont physiquement isolés des autres poissons du bassin du Columbia par les chutes de Bonnington, qui se sont formées au début de la dernière déglaciation (Northcote, 1973). Le caractère distinct des esturgeons de la haute Kootenay et du haut Columbia s'appuie aussi sur des différences frappantes sur le plan de la fréquence des haplotypes dans l'ADNmt et des fréquences des allèles dans les microsatellites

(tableaux 1 à 3). Toutefois, d'après la répartition géographique et les données génétiques disponibles, quatre UD ont été proposées en fonction de leur caractère distinct, soit les UD du bas Fraser, du haut Fraser, de la haute Kootenay et du haut Columbia. L'analyse de l'ADNmt prouve également que les esturgeons de la rivière Nechako forment une population distincte sur le plan génétique par rapport aux esturgeons des autres portions du Fraser (voir **Structure spatiale et variabilité des populations** et le tableau 1), mais non de façon constante sur le plan des fréquences dans les microsatellites (tableaux 2 et 3). Schreiers (2012) a étudié la fréquence des allèles de microsatellites dans le haut et le bas Fraser (y compris dans le bassin de la Nechako) et a observé une différence frappante entre les échantillons des groupes génétiques du haut et du bas Fraser (voir par exemple la figure 5). Bien qu'une certaine structure était également évidente entre les échantillons du haut Fraser (tel que défini ici) et ceux de la rivière Nechako, lorsque le réseau du Fraser était considéré seul ou dans le cadre d'une analyse englobant l'ensemble de l'aire de répartition, Schreiers (2012) a conclu que le nombre le plus probable de sous-populations dans le Fraser était de deux (dans le haut et dans le bas Fraser). En effet, le degré de divergence génétique entre les échantillons du haut et du bas Fraser était de deux à quatre fois celui observé entre les échantillons du bas Fraser et ceux du bas Columbia et du réseau Sacramento-San Joaquin, et 10 allèles se sont révélés être uniques au bas Fraser (c.-à-d. qu'ils n'ont pas été observés dans le haut Fraser [Schreiers, 2012]).

**Tableau 2. Estimations de la différenciation génétique ( $F_{ST}$ ) dérivées des variations observées dans 4 loci microsatellites d'échantillons d'esturgeons blancs (*Acipenser transmontanus*). D'après Smith et al. (2002) : UD1 : BF = bas Fraser; UD2 : MF = moyen Fraser, HF = haut Fraser, km = kilomètres de rivière en amont de l'embouchure du Fraser, RN = rivière Nechako (affluent du Fraser situé entre les km 555 et 790 du MF et les km 791 à 920 du HF); UD3 : LF = lacs en Flèche, HC = haut Columbia, RK = rivière Kootenay en aval du barrage Brilliant; UD4 : LK = lac Kootenay. Les valeurs en caractères gras sont significativement supérieures à 0 ( $P \leq 0,05$ ). La taille des échantillons était supérieure à 40 dans toutes les zones du Fraser (de 43 à 156), et était de 20 (LF) à 50 dans toutes les autres zones des bassins du fleuve Columbia et de la rivière Kootenay.**

	BF (km 78-123)	BF (km 169-185)	BF (km 200-265)	MF (km 266-335)	MF (km 336-480)	MF (km 481-554)	MF (km 555-790)	HF (km 791-920)	RN	LK	RK	HC	LF	BC
BF (km 16-75)	0,03057	0,03831	0,10239	0,01122	0,01576	0,03213	0,00141	0,00217	0,0157	0,28446	0,05662	0,07458	0,01045	0,04498
BF (km 78-123)		0,00163	0,02283	0,0295	0,00595	0,00532	0,02003	0,01284	0,0099	0,19615	0,01937	0,01003	0,00854	0,00388
BF (km 169-185)			0,00327	0,02345	0,00452	0,00774	0,02651	0,00671	0,0014	0,20342	0,00431	0,00236	0,01628	0,00942
BF (km 200-265)				0,06184	0,0269	0,01087	0,00479	0,05225	0,0405	0,17212	0,00994	0,00672	0,01002	0,00445
MF (km 266-335)					0,01088	0,01242	0,00771	0,01415	0,0267	0,1894	0,0132	0,03699	0,0054	0,03191
MF (km 336-480)						0,00519	0,02132	- 0,00508	- 0,005	0,23011	0,01212	0,01528	0,01371	0,00096
MF (km 481-554)							0,02113	0,00554	0,004	0,19505	0,00051	0,00189	0,01257	0,00267
MF (km 555-790)								- 0,01078	- 0,013	0,20031	0,01729	0,01513	0,02635	0,01832
HF (km 791-920)									- 0,007	0,2703	0,03099	0,0368	0,00672	0,01276
RN										0,27509	0,03245	0,03056	0,00898	0,00599
LK											0,13342	0,1475	0,22094	0,20039
RK												- 0,0014	0,00143	0,00984
BC													0,00124	0,00102
LF														0,01127

**Tableau 3. Estimations des différenciations génétiques (Phi-PT, sous la diagonale) et leur importance statistique (au-dessus de la diagonale) dérivées à partir des variations de 13 loci microsatellites d'échantillons d'esturgeons blancs (*Acipenser transmontanus*) provenant de 10 sites situés le long de la côte du Pacifique. S-SJ = Sacramento-San-Joaquin, BC = bas Columbia, MC = moyen Columbia, TL = tronçon limitrophe (fleuve Columbia entre le Canada et les États-Unis), KT = Kootenay, BS = basse Snake, MS = moyenne Snake, BF = bas Fraser et HF = haut Fraser. Toutes les valeurs sont significatives et supérieures à 0 comme le montrent les valeurs au-dessus de la diagonale. La taille des échantillons était supérieure à 50 dans tous les cas. D'après Schreiers (2012).**

Population	S-SJ	BC	MC	TL	KT	BS	MS	BF	HF
S-SJ		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
BC	0,043		0,0005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
MC	0,084	0,023		0,0001	0,0001	0,0050	0,0001	0,0001	0,0001
TL	0,093	0,029	0,026		0,0001	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001
KT	0,222	0,171	0,169	0,156		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
BS	0,094	0,025	0,016	0,010	0,186		0,0001	0,0001	0,0001
MS	0,171	0,083	0,050	0,050	0,240	0,020		0,0001	0,0001
BF	0,040	0,022	0,055	0,057	0,193	0,056	0,118		0,0001
HF	0,122	0,065	0,082	0,079	0,209	0,075	0,136	0,082	

La séparation entre les unités au sein même du Fraser et du Columbia est également appuyée par l'observation selon laquelle les cours supérieurs et inférieurs des fleuves Fraser et Columbia sont largement reconnus comme représentant des zones biogéoclimatiques très différentes (zone côtière à pruche de l'ouest et zone intérieure à douglas), et leur division est très nette (p. ex, de moins de quelques kilomètres) dans le Fraser (Austin, 2008). Enfin, Le caractère distinct entre les UD du haut et du bas Fraser s'appuie aussi sur les différences morphologiques distinctes (forme et longueur du museau, forme des nageoires) entre les poissons de ces zones (R.L.&L., 2000; voir également **Structure spatiale et variabilité des populations**, ci-dessus).

En ce qui concerne l'importance de ces aspects du caractère distinct sur le plan de l'évolution, il serait plausible que les signes de distinction morphologique entre les esturgeons du haut et du bas Fraser (voir **Structure spatiale et variabilité des populations**) soient interprétés comme étant des adaptations, peut-être aux différentes caractéristiques du débit dans le cours supérieur relativement plus étroit et où le courant est plus rapide que dans la large vallée du cours inférieur du Fraser (mais la plasticité phénotypique pourrait aussi jouer un rôle). Il existe avec certitude des preuves considérables en ce qui concerne les origines et les adaptations évolutives distinctes de populations d'autres espèces de poissons dans le haut et le bas Fraser (voir par exemple Taylor et McPhail, 1985; Taylor *et al.*, 1999; Smith *et al.*, 2001). Schreiers (2012) a aussi suggéré que l'une des explications possibles de la forte différenciation entre les populations du haut et du bas Fraser River pourrait venir du fait que le bas Fraser est colonisé par une seconde source d'individus (qui viennent d'ailleurs que du Columbia), ce qui donne à penser que le patrimoine évolutif de l'un des groupes (l'UD du haut Fraser) est, en partie, distinct de celui de l'autre groupe (l'UD du bas Fraser). De plus, il existe des signes de différences comportementales entre les

esturgeons du haut et du bas Fraser. On a inféré (d'après des analyses des rayons des nageoires et des concentrations de strontium) que les poissons du bas Fraser sont les seuls à migrer occasionnellement en mer (Veinott *et al.*, 1999; S. McAdam, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, comm. pers., 2012).

Bien qu'il existe des preuves de distinction génétique de la ou des populations de la rivière Nechako (Smith *et al.*, 2002; Schreiers, 2012) au sein de l'UD du haut Fraser, l'importance sur le plan de l'évolution de petites différences en termes de fréquences d'haplotypes dans l'ADNmt est probablement mineure (c.-à-d. que ces différences ne correspondent pas à un isolement préglaciaire et sont probablement issues d'une certaine limitation du flux génique après l'établissement, peut-être exacerbée par la petite taille de la population, l'ADNmt étant 4 fois plus vulnérable aux changements par dérive génétique que les loci nucléaires [Moore, 1995]). Plus précisément, les échantillons prélevés dans le haut Fraser et dans la rivière Nechako partagent les 2 mêmes haplotypes d'ADNmt à de fortes fréquences (fréquence respective de 0,30 et de 0,38 pour l'haplotype 2, et fréquence respective de 0,70 et de 0,41 pour l'haplotype 3; tableau 1). De plus, la population de la rivière Nechako n'occupe pas un milieu distinct du point de vue de l'écologie ou de l'évolution, et la perte de ce milieu ne créerait pas de vide dans la répartition de l'espèce dans le haut Fraser qui ne puisse, du moins potentiellement, être comblé par dispersion naturelle des individus du moyen ou du haut Fraser (du moins, cela serait beaucoup plus probable qu'une dispersion des individus du bas Fraser). En somme, bien qu'il puisse exister des sous-unités au sein des UD du bas et du haut Fraser qui sont, dans une large mesure, indépendantes sur le plan démographique (rivière Nechako, moyen Fraser, sous-unités dans le bas Fraser), les différences majeures sur le plan génétique, morphologique, biogéographique et évolutionnaire entre les individus du bas et du haut Fraser appuient la reconnaissance de 2 UD.

Dans le cas des UD du haut Columbia et de la haute Kootenay, le caractère important sur le plan de l'évolution repose sur le fait que la perte de l'une ou de l'autre de ces UD occasionnerait la création d'un vide significatif dans l'aire de répartition canadienne de l'espèce. La perte de l'UD de la haute Kootenay et/ou de l'UD du haut Columbia entraînerait un rétrécissement majeur de l'aire de répartition canadienne de l'espèce, et dans l'un des deux seuls réseaux fluviaux dans lesquels elle est présente au Canada. De telles pertes, dans l'UD du haut Columbia ou de la haute Kootenay, ne pourraient pas être rétablies naturellement en raison de la présence d'un obstacle naturel à la migration vers l'amont qui isole l'UD de la haute Kootenay, et de la surabondance d'obstacles à la migration d'origine humaine qui isolent l'UD du haut Columbia (c.-à-d. que la disparition de l'une ou l'autre de ces UD entraînerait une perte permanente d'environ 17 à 18 % de la zone d'occurrence canadienne totale, et que la perte des 2 UD entraînerait une perte permanente d'environ 36 % de l'indice de zone d'occupation [IZO] canadien total). En outre, 2 aspects des données génétiques moléculaires laissent croire que les UD du haut Columbia et de la haute Kootenay représentent un aspect distinct du patrimoine évolutionnaire de l'esturgeon blanc au Canada. D'abord, les données sur l'ADNmt montrent que ces 2 UD comportent des haplotypes uniques (3) que l'on ne trouve pas chez les individus du bassin du Fraser

(tableau 1). Ensuite, les données tirées de microsattellites (voir par exemple la figure 5) indiquent que les différences entre ces 2 UD, de même qu'entre ces 2 UD et celles du Fraser, sont relativement prononcées et non simplement fonction de différences mineures, bien que statistiquement significatives, en ce qui concerne la fréquence des allèles (p. ex., chacune des 4 UD proposées est caractérisée par des distinctions majeures sur le plan de l'assemblage des allèles, lesquelles ne sont pas partagées entre elles). Bien qu'on ne sache pas exactement comment interpréter de tels schémas au sens strictement phylogéographique, ceux-ci donnent à penser que des aspects uniques du patrimoine génétique de l'esturgeon blanc résident au sein des UD du haut Columbia et de la haute Kootenay.

## IMPORTANCE

On appelle souvent les esturgeons « fossiles vivants », et l'ordre des Acipensériformes existe depuis longtemps (au moins depuis 200 millions d'années [Grande et Bemis, 1996; Hilton et Grande, 2006]). À lui seul, leur caractère antique suffit pour en faire des poissons d'importance. Toutefois, « fossile vivant » est une fausse appellation. Les esturgeons qui vivent aujourd'hui descendent des anciens esturgeons que l'on trouve aujourd'hui à l'état fossile, mais ils ne sont pas eux-mêmes anciens. Les plus vieux fossiles d'esturgeons blancs viennent d'un site datant du Pliocène (il y a environ 4,5 millions d'années), dans le Columbia (Smith *et al.*, 2000). De plus, la répartition canadienne restreinte de l'esturgeon blanc (Colombie-Britannique seulement) en fait une espèce importante sur le plan du patrimoine biologique national. L'esturgeon blanc est depuis longtemps une espèce importante pour les peuples autochtones de la côte Ouest, tant parce qu'il fait l'objet d'histoires et de légendes que parce qu'il permet de se nourrir et de se vêtir (COSEWIC, 2012b).

Génétiquement, les esturgeons modernes présentent des caractéristiques inhabituelles parmi les vertébrés. Il semble que les esturgeons qui vivent aujourd'hui aient évolué en passant par une série complexe d'épisodes d'hybridation et de duplication des gènes (Fontana *et al.*, 2008). En supposant que l'ancêtre présumé était un esturgeon diploïde comptant 60 paires de chromosomes, les esturgeons vivants forment 3 groupes distincts : un premier groupe supposément primitif comptant environ 120 chromosomes, un deuxième groupe diploïde possédant environ 240 paires de chromosomes, et un troisième groupe possédant environ 360 chromosomes. L'esturgeon blanc semble appartenir au deuxième groupe, car il est diploïde et possède 248 chromosomes diploïdes. Toutefois, certains chercheurs (voir par exemple Ludwig *et al.*, 2001) dénombrent environ 500 chromosomes chez cette espèce. Par conséquent, selon le dénombrement de ses chromosomes diploïdes, l'esturgeon blanc est une espèce hexaploïde ou octoploïde, ce qui le rend unique parmi les vertébrés vivants (Fontana *et al.*, 2008).

En plus de son caractère ancien et de sa propension bizarre à la duplication de son génome, l'esturgeon blanc est inhabituellement gros pour un poisson d'eau douce. Il est le plus gros poisson d'eau douce d'Amérique de Nord (à ce qu'on dit, un individu capturé dans le Fraser pesait plus de 800 kg et mesurait un peu plus de 6 m (Glavin, 1994). Les esturgeons blancs sont également longévifs, et il arrive que des individus de plus de 100 ans soient encore capturés dans les fleuves Fraser et Columbia. Vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et durant les premières décennies du XX<sup>e</sup> siècle, l'esturgeon blanc était visé par la pêche commerciale dans le Fraser. Cette pêche s'est effondrée dans les années 1920. Toutefois, des pêches commerciales et autochtones de petite envergure se sont poursuivies jusque dans les années 1990. Une pêche récréative avec remise à l'eau a vu le jour en 1994. La grande taille de l'esturgeon blanc attire les pêcheurs du monde entier, et l'industrie du guidage, dont la valeur annuelle était estimée à 7 millions de dollars en 2008, croît rapidement (Glova *et al.*, 2009).

## RÉPARTITION

### Aire de répartition mondiale

L'esturgeon blanc est une espèce endémique à l'ouest de l'Amérique du Nord (figure 2). À l'heure actuelle, il ne se reproduit que dans trois bassins hydrographiques majeurs, soit ceux du Fraser, du Columbia, et du réseau Sacramento-San Joaquin. Bien que l'esturgeon blanc soit principalement une espèce d'eau douce, certains individus font des incursions en mer (Veinott *et al.*, 1999; Welch *et al.*, 2006), et l'on sait que ces derniers entrent dans d'autres cours d'eau, estuaires et baies le long de la côte du Pacifique, depuis le sud-est de l'Alaska jusqu'à la Basse-Californie. Il est possible que des esturgeons blancs se soient déjà reproduits dans certains de ces autres cours d'eau, mais on ne dispose pas de preuves récentes de reproduction, sauf dans le Fraser, le Columbia et le réseau Sacramento-San Joaquin.

Les observations confirmées d'esturgeons blancs en mer ont été faites sur presque 27 degrés de latitude (environ 2 600 km), depuis le sud-est de l'Alaska, au nord (Point Saint Mary, dans l'inlet Lynn), jusqu'à la Basse-Californie (Bahia de Todos Santos, Ensenada) (Rosales-Casian et R. Ruz-Cruz, 2005), au sud (figure 2). Cette vaste répartition marine indique que certains esturgeons blancs voyagent en mer sur de longues distances et, à l'occasion, des esturgeons marqués dans le Columbia sont capturés dans le bas Fraser (Nelson *et al.*, 2004). Un esturgeon marqué dans le Columbia a aussi été récupéré dans le fleuve Sacramento (DeVore *et al.*, 1999) et, récemment, Welch *et al.* (2006) ont signalé la présence d'un esturgeon blanc (potentiellement du fleuve Sacramento, mais marqué en tant qu'adulte dans le fleuve Klamath et observé plus tard dans le Fraser : un parcours de plus de 1 000 km). On ignore si ces vagabonds marins se reproduisent dans leurs « nouveaux » cours d'eau. Toutefois, il est clair que des esturgeons des 3 cours d'eau de fraye connus se déplacent sur de longues distances.

## Aire de répartition canadienne

Au Canada, l'esturgeon blanc se reproduit dans les fleuves Fraser et Columbia. Une mention confirmée récente d'un esturgeon blanc dans le lac Kamloops (et plusieurs autres observations antérieures non confirmées ailleurs dans le bassin hydrographique de la rivière Thompson) indique que des adultes du groupe du moyen Fraser pourraient à l'occasion pénétrer dans la rivière Thompson. Dans les bassins versants où l'espèce se reproduit, la plupart des observations d'esturgeons blancs ont été faites dans le chenal principal des cours d'eau. Néanmoins, on en observe aussi dans les importants affluents, dans les lacs de grande taille et, dans le réseau du bas Fraser, dans les plaines d'inondation, les marécages et l'estuaire (figure 3). Certains esturgeons blancs pénètrent en eau salée et, à l'occasion, ces esturgeons se retrouvent dans des rivières côtières de l'île de Vancouver (p. ex., rivières Somass et Cowichan) et dans le détroit Howe (rivière Mamquam). Toutefois, rien ne prouve que les esturgeons blancs se reproduisent dans ces rivières. Au nord du fleuve Fraser, les mentions d'esturgeons blancs sont peu communes. Toutefois, il existe des mentions non vérifiées d'esturgeons blancs dans les estuaires des rivières Skeena, Nass et Taku. Certaines de ces mentions font probablement référence à des esturgeons verts (Lane, 1991), mais les mentions confirmées d'esturgeons blancs dans le sud-est de l'Alaska (Mecklenburg *et al.*, 2002) donnent à penser que certaines des mentions d'esturgeons dans le nord de la Colombie-Britannique pourraient inclure des esturgeons blancs.

La superficie de la zone d'occurrence de l'esturgeon blanc au Canada est de 46 158 km<sup>2</sup>. Cette estimation a été fondée sur l'aire de répartition en eau douce des esturgeons et n'inclut pas les occurrences en mer, qui s'étendent sur environ 27 degrés de latitude le long de la côte Pacifique de l'Amérique du Nord. L'indice de zone d'occupation (IZO) estimé est de 10 892 km<sup>2</sup> (grille à mailles de 2 km de côté) à 5 123 km<sup>2</sup> (grille à mailles de 1 km de côté).

Les esturgeons blancs se rassemblent en petits groupes pendant les périodes de reproduction et d'hivernage. Les localités ont été définies en fonction des aires de reproduction connues et, lorsque celles-ci étaient inconnues, elles ont été définies en fonction des aires d'hivernage connues, car les esturgeons pourraient se rassembler durant la période d'hivernage et être vulnérables aux perturbations (tableaux 4 et 5).

## UD du bas Fraser

Dans le chenal principal du bas Fraser, les esturgeons blancs sont présents depuis l'estuaire, vers l'amont, jusqu'à une barrière potentielle (Hells Gate), située à environ 200 km en amont par rapport à la mer. La superficie de la zone d'occurrence de cette UD est de 3 798 km<sup>2</sup> et son IZO est de 804 km<sup>2</sup> (grille à mailles de 2 km de côté) en ne considérant que les zones du chenal principal du Fraser. Les estimations correspondantes qui incluent les lacs Pitt et Harrison, où des esturgeons blancs ont été observés (McPhail, 2007) sont respectivement de 6 177 km<sup>2</sup> et de 1 492 km<sup>2</sup>. Les 4 à 6 frayères connues dans le bas Fraser représentent des localités distinctes, car, dans cette UD, les frayères sont vulnérables aux perturbations locales de l'habitat (p. ex., extraction de gravier).

## UD du haut Fraser

L'UD du haut Fraser s'étend depuis Hells Gate, vers l'amont, jusqu'à la confluence de la rivière Morkill et du fleuve Fraser (Yarmish et Toth, 2002), soit sur environ 1 000 km de rivière (R.L.&L., 2000). Les esturgeons de cette UD sont régulièrement observés dans les larges affluents, notamment dans les rivières Nechako et Stuart, de même que dans les cours inférieurs de plus petits affluents, notamment dans les rivières Bowron, McGregor et Torpy. Ils sont également présents (mais ne se reproduisent pas) dans des lacs associés aux larges affluents (p. ex., les lacs Fraser, Takla, Trembleur, Stuart et Williams; figure 3). On a déjà mentionné la présence d'esturgeons dans le lac Ootsa. À l'origine, le lac Ootsa faisait partie du bassin de la Nechako, mais, dans les années 1950, la construction du barrage Kenney a créé un obstacle aux déplacements entre le nouveau réservoir et le reste du bassin de la Nechako. D'après des rumeurs persistantes, mais non confirmées, des esturgeons sont présents dans le réservoir Knewstubb, en amont du barrage Kenney, et il est possible qu'une petite population relique (c.-à-d. un groupe qui n'est plus autosuffisant) soit confinée dans le réservoir. La superficie de la zone d'occurrence de cette UD est de 23 390 km<sup>2</sup>, et son IZO est de 1 620 km<sup>2</sup> (1 km × 1 km) à 6 408 km<sup>2</sup> (2 km × 2 km).

On soupçonne l'existence d'un total de 12 frayères et on a confirmé la présence de 1 frayère dans l'UD du haut Fraser (tableau 3). La frayère confirmée est en fait un groupement de frayères adjacentes qui se trouvent dans une zone de chenaux anastomosés de la rivière Nechako, près de Vanderhoof. On les considère comme formant 1 seule frayère.

## UD du haut Columbia

La répartition d'origine de l'esturgeon blanc dans le chenal principal de la portion canadienne du bassin du Columbia s'étendait en amont, depuis la frontière de l'État de Washington, sur environ 560 km (figure 4). Les mentions confirmées en amont proviennent du lac Kinbasket (aujourd'hui le réservoir Kinbasket), mais les habitants de la région se souviennent d'avoir observé l'espèce jusqu'à Spillimacheen (Prince, 2001). Quelques esturgeons pourraient encore exister dans le chenal principal du Columbia, entre les barrages de Revelstoke et Mica, mais il semble que l'espèce ne soit plus présente en amont du barrage Mica (des possibilités de réintroduction en amont du barrage sont à l'étude).

L'esturgeon blanc était autrefois également présent dans les principaux affluents du Columbia, en Colombie-Britannique (p. ex., dans la rivière Pend d'Oreille, jusqu'à sa confluence avec la rivière Salmo, et dans la Kootenay, en amont de sa confluence avec le Columbia, jusque dans le site d'origine des chutes de Bonnington). Il existe des mentions non confirmées d'esturgeons blancs dans la rivière Kettle, en aval des chutes Cascade. Dans le bassin de la Pend d'Oreille, les esturgeons en amont des réservoirs de Maneta et Seven Mile sont aujourd'hui disparus du pays (Golder, 2009b). De manière similaire, à l'exception d'un tronçon de 2,8 km de la rivière Kootenay, en aval du barrage Brilliant, d'une petite population du lac Slocan (R.L.&L., 1998) et de l'ouvrage de retenue situé derrière le barrage Brilliant, les esturgeons de la basse Kootenay forment essentiellement une composante relique et isolée de l'UD du haut Columbia. La zone d'occurrence de l'UD du haut Columbia est estimée à 12 190 km<sup>2</sup>, et son IZO est de 440 (1 × 1 km) à 1 760 km<sup>2</sup> (2 × 2 km).

Des barrages infranchissables (du moins vers l'amont) séparent les frayères connues de cette UD (une en aval du barrage de Revelstoke, et quatre entre le barrage Hugh L. Keenleyside (HLK) et la frontière des États-Unis; tableau 4). Comme les barrages influent de façon indépendante sur les esturgeons (fluctuations des niveaux d'eau, affouillements), ces cinq aires de reproduction constituent cinq localités distinctes.

**Tableau 4. Frayères de l'esturgeon blanc**

<b>Cours d'eau</b>	<b>Frayère*</b>	<b>Kilomètre de rivière</b>	<b>Type de chenal**</b>
UD du bas Fraser Bas Fraser	Chilliwack	110	CS, galets, gravier, sable
	Minto	109	CS, galets, gravier
	Jesperson	119	CS, galets, gravier
	Herrling	125-128	CS, galets, gravier
	Peters	139	CS, galets, gravier
	Coquihalla	169	CP, galets, roches
UD du haut Fraser Moyen Fraser*	Nahatlach	233	RCF
	Stein	272	"
	Texas	321	"
	Bridge	343	"
	French Bar	426	"
	Chilcotin	482	"
	Williams	535	"
	Cottonwood	698	"
	Blackwater	728	"
Haut Fraser*	Riv. McGregor	895	RCF
	Riv. Bowron	910	"
	Longworth	948 à 950	"
Rivière Nechako	Vanderhoof	1 site; km 136 à 139	CS, galets, gravier grossier, très limoneux
UD du haut Columbia Tronçon en aval du barrage HLK	Remous de Waneta	0,5 à 1,0 km en amont de la frontière avec les É.-U.	RCF, roches, galets
	Rapides de Ft. Shepherd	3 km	CP, galets
	Rapides de Kinnard	40,5 km	CP, galets
	Rapides de la Kootenay	1 km en amont de la confluence avec le rivière Kootenay	CP, galets
	En aval de la station hydroélectrique des lacs en Flèche	56,4 km	CP, galets
Tronçon en amont du barrage HLK UD de la haute Kootenay	6 km en aval du barrage de Revelstoke	229 km*	Galets, roches, enrochements
	Bonnars Ferry, Idaho	km 239 à 245	CP, sable recouvrant des galets

\* Aucune des frayères des groupes du moyen et du haut Fraser n'a été vérifiée. Il s'agit toutefois de sites très fréquentés au printemps.

\*\* CS = chenal secondaire; CP = chenal principal, RCF = remous à la confluence avec le Fraser ou avec le Columbia.

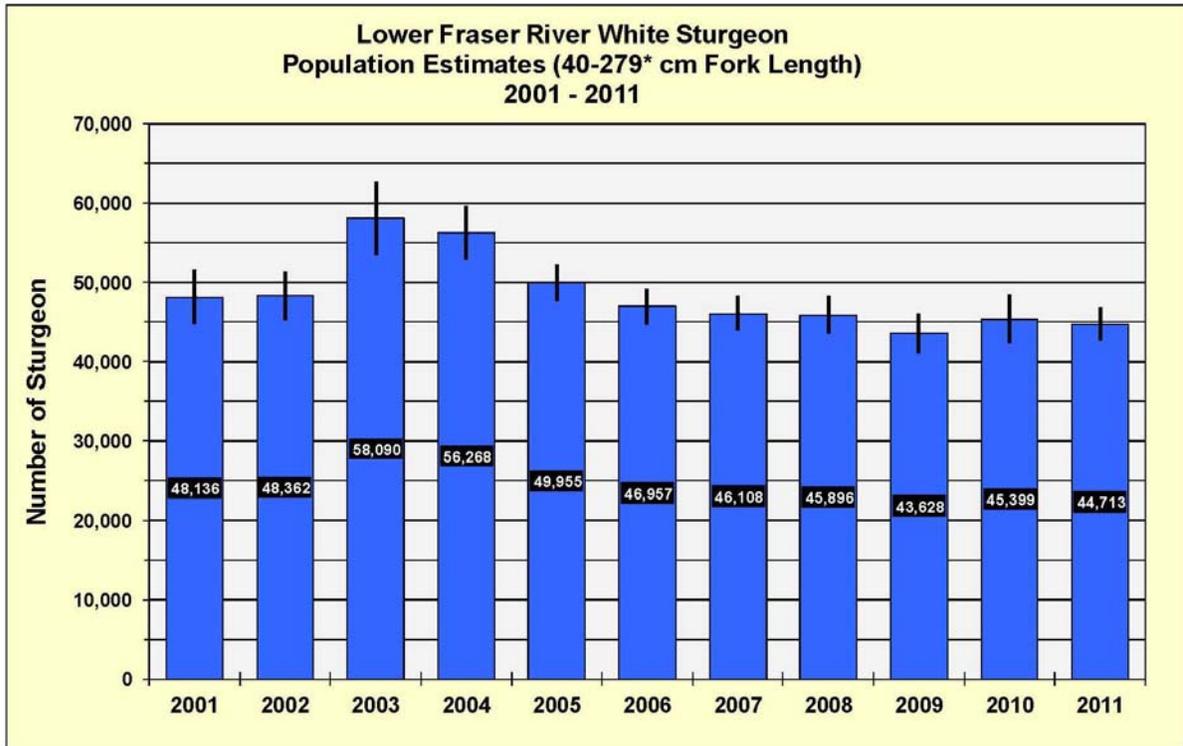
## UD de la haute Kootenay

Une population associée au lac et à la rivière Kootenay subsiste en amont du barrage Corra Linn (figure 4). La seule frayère connue pour cette UD se trouve en amont de la frontière des États-Unis, près de Bonners Ferry, dans l'Idaho. Une population relique est également présente dans le lac Duncan, lequel s'écoule dans la rivière Duncan avant d'entrer dans le lac Kootenay, par l'extrémité nord (R.L.&L., 1998). Le barrage Duncan sépare ce réservoir des autres esturgeons de l'UD. Toutefois, il est possible que certains esturgeons du lac Duncan parviennent à franchir le barrage. La limite ouest de l'UD de la haute Kootenay se trouve juste en aval des chutes de Bonnington (figure 4). La zone d'occurrence de cette UD est estimée à 6 780 km<sup>2</sup>, et son IZO est de 480 (1 × 1 km) à 1 920 km<sup>2</sup> (2 × 2 km). Il existe une aire de reproduction connue, donc une localité, pour les esturgeons de l'UD de la haute Kootenay, mais celle-ci se trouve aux États-Unis. Par conséquent, le nombre de localités au Canada est estimé en fonction des aires d'hivernage où la concentration des esturgeons est connue (2).

## **Activités d'échantillonnage**

### UD du bas Fraser

En 1990, l'esturgeon blanc a été désigné « espèce vulnérable » par le COSEPAC. Cette désignation a soulevé l'intérêt de la population pour la conservation de l'esturgeon blanc, mais la surveillance des esturgeons dans le bas Fraser avait commencé plus tôt (1985). La Fraser River Sturgeon Conservation Society (FRSCS) a été fondée en 1997. En 1999, en collaboration avec le gouvernement de la Colombie-Britannique, elle a lancé un programme de surveillance et d'évaluation de l'esturgeon blanc du bas Fraser (Lower Fraser River White Sturgeon Monitoring and Assessment Program). Ce programme a permis d'établir des protocoles normalisés de collecte de données et, en 2004, la FRSCS a publié le premier rapport approfondi sur la situation de l'esturgeon blanc dans le bas Fraser. Depuis, un rapport de situation a été publié chaque année. En 2011, 50 154 esturgeons blancs avaient été marqués dans le bas Fraser, et l'on avait examiné 83 353 esturgeons en vue d'y trouver une étiquette. Parmi les poissons marqués, 37 179 étaient des recaptures (Nelson *et al.*, 2012). Les rapports annuels fournissent une série chronologique d'effectifs estimés (figure 6), la structure d'âge et une abondance de données sur la biologie de l'esturgeon blanc de l'UD du bas Fraser. En 2011, l'effectif de la population totale a été estimé à 44 713 individus dont la LF était de 40 à 279 cm.



\* The 2001-2004 estimates do not include fish over 239 cm FL

**Veillez voir la traduction française ci-dessous :**

Lower Fraser River White Surgeon Population Estimates (40-279\* cm Fork Length) 2001-2011 = Estimations de l'effectif de la population d'esturgeons blancs dans le bas Fraser (de 40 à 279 cm LF), de 2001 à 2011.

Number of Sturgeon = Nombre d'esturgeons

\* The 2001-2004 estimates do not include fish over 239 cm FL = \* Les estimations de 2001 à 2004 n'incluent pas les poissons dont la LF était de plus de 239 cm.

Figure 6. Estimations moyennes annuelles du nombre d'esturgeons blancs matures et immatures dans l'UD du bas Fraser, de 2001 à 2011 (d'après Nelson *et al.*, 2012). Les bandes noires verticales correspondent à l'intervalle de confiance à 95 %.

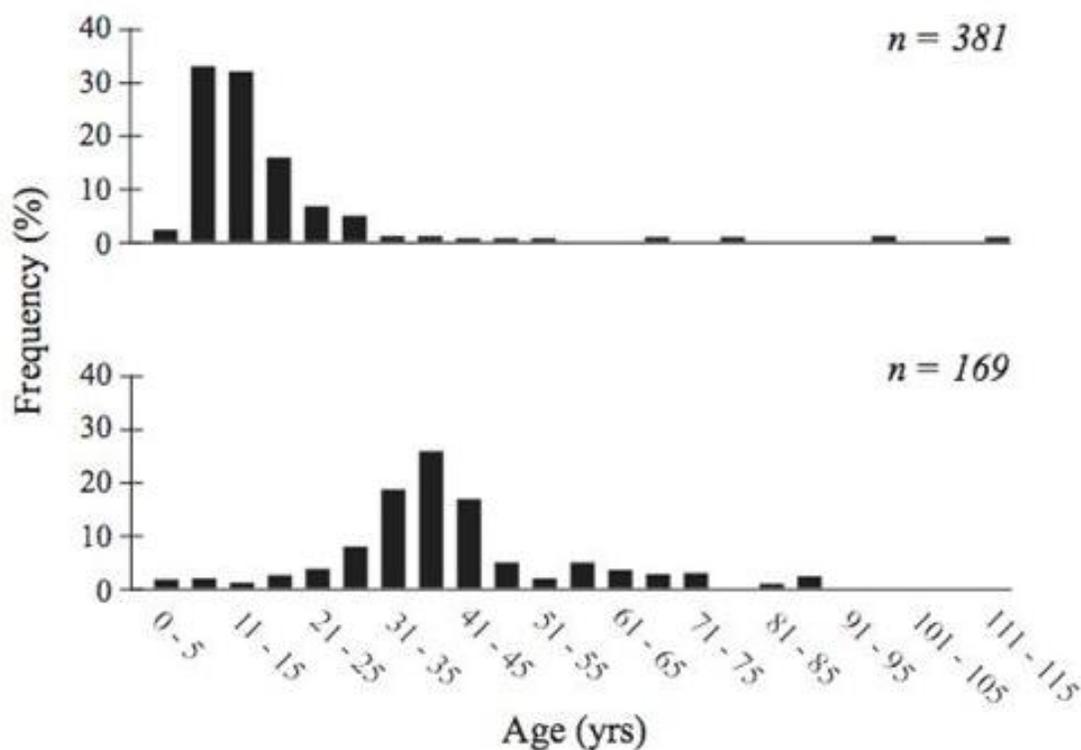
Whitlock (2007) s'est servi des données de la FRSCS et d'un modèle bayésien de marquage-recapture qui intègre la structure spatiale pour estimer l'effectif et le taux de mortalité annuelle des adultes. Cette analyse indique que le taux de mortalité annuelle des adultes est plus faible (environ 0,04) que lors des estimations précédentes (p. ex., 0,08; Walters *et al.*, 2005) utilisées pour cette UD. Cette analyse pourrait donner lieu à des estimations futures de l'effectif des populations substantiellement plus élevées que celles présentées à la figure 6. La même analyse a permis de prouver qu'il existe des différences dans les déplacements saisonniers en fonction des classes de taille.

### UD du haut Fraser

Quatre des UD utilisées dans le présent rapport coïncident géographiquement avec les anciennes « populations importantes à l'échelle nationale » (PIEN) utilisées dans l'évaluation du COSEPAC de 2003 sur l'esturgeon blanc, mais toutes les PIEN antérieures ne peuvent pas être qualifiées d'UD. Dans le présent rapport, trois des PIEN antérieures (les PIEN du moyen Fraser, de la Nechako et du haut Fraser) sont combinés dans une seule UD : l'UD du haut Fraser. Pour éviter la confusion entre l'UD du haut Fraser et les trois « populations » qui la constituent, ces dernières sont appelées « groupes d'esturgeons ».

#### *Groupe d'esturgeons du moyen Fraser*

La surveillance des esturgeons dans le moyen Fraser (de Hells Gate à Prince George) a commencé en 1995 et s'est poursuivie jusqu'en 1999 (R.L.&L., 2000). La situation de ce groupe géographique d'esturgeons durant la période de 1995 à 1999 a été évaluée en se fondant sur des estimations de l'abondance et sur la distribution des classes d'âge. L'abondance a été estimée à l'aide de données de marquage-recapture. On a estimé que le nombre d'esturgeons dont la LF était supérieure à 50 cm était de 3 800. La plupart de ces poissons se trouvaient dans la classe d'âge de 6 à 20 ans. Après l'âge de 20 ans, la répartition par âge diminuait progressivement jusqu'à environ 50 ans, avec quelques individus atteignant 100 ans (figure 7). Cette distribution étalée des classes d'âge (asymétrique en faveur des jeunes individus) représente une population en santé qui ne montre pas de signes d'échec du recrutement. Par conséquent, ce groupe n'a pas été surveillé aussi rigoureusement que les autres groupes du Fraser.



**Veillez voir la traduction française ci-dessous :**  
 Frequency = Fréquence  
 Age (yrs) = Âge (ans)

Figure 7. Distribution des classes d'âge dans le groupe du moyen Fraser (en haut) et dans le groupe de la Nechako (en bas). Le manque relatif d'individus dans les classes d'âge les plus basses dans le groupe de la Nechako est à noter (d'après R.L.&L., 2000).

### Groupe du haut Fraser

La surveillance des esturgeons blancs dans le haut Fraser (en amont de la confluence de la Nechako et du Fraser) a débuté en 1997 (R.L.&L., 2000) et s'est poursuivie jusqu'à aujourd'hui (Première Nation Lheidli T'enneh, 2009). On a estimé que le nombre d'esturgeons dont la LF était supérieure à 50 cm, au cours de la période de 1999 à 2001, était de 815 (Yarmish et Toth, 2002). Cette estimation était fondée sur une analyse de données de marquage-recapture réalisée à l'aide de la méthode modifiée de Schnabel. Au moyen de la même méthode, l'estimation pour la période de 2007 à 2008 était de 685 poissons (Première Nation Lheidli T'enneh, 2009). Cette réduction évidente de la taille de la population reflète probablement la taille relativement petite de l'échantillon (46 poissons) utilisé pour les estimations de 2007-2008. La distribution des classes d'âge de l'échantillon de 2008 (poissons âgés de 4 à 50 ans avec un sommet marqué de 15 à 17 ans) indique que cette population est stable et que le recrutement a toujours lieu.

## *Groupe de la Nechako*

La surveillance dans la Nechako a commencé au début des années 1980 (Dixon, 1986) et s'est intensifiée de 1995 à 1999. En 2000, une initiative de rétablissement dans la rivière Nechako (mise de l'avant conjointement par des agences provinciales et fédérales, des Premières Nations, l'industrie et d'autres parties intéressées) a été mise sur pied (NWSRI, 2004). L'un des objectifs de la première étape de ce plan (de 2003 à 2007) consistait à évaluer l'abondance et la situation de l'esturgeon blanc dans les zones moins étudiées du bassin de la Nechako.

Les données de marquage-recapture accumulées de 1995 à 1999 ont permis d'estimer l'abondance de la population à 571 poissons (R.L.&L., 2000). Toutefois, les données sur la distribution des classes d'âge montrent un fort sommet aux âges 31 à 45, et une diminution avant et après (figure 7). En général, le nombre de poissons était le même dans la classe d'âge minimal (5 ans) et la classe d'âge maximal (85 ans). Cette distribution des classes d'âge suggère un important et constant échec du recrutement dans le groupe de la rivière Nechako. McAdam *et al.*, (2005) ont étudié la cause probable de cet échec du recrutement. Ils ont mentionné qu'une série documentée de glissements de terrain ayant eu lieu en aval des chutes Cheslatta et entraîné 1 000 000 m<sup>3</sup> de poussière, de limon et de gravier dans la rivière. Ces glissements de terrain ont probablement été causés par la dérivation excessive des débits dans la rivière Cheslatta dans le cadre de la construction et de l'exploitation du barrage Kenney (S. McAdam, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, comm. pers., 2012). Ce limon a été lentement entraîné vers l'aval jusque dans la seule frayère connue d'esturgeons dans la rivière Nechako. Apparemment, le moment de l'arrivée de ce limon dans la frayère a coïncidé avec le début de l'échec du recrutement dans ce groupe (McAdam *et al.*, 2005).

## UD du haut Columbia

En 1968, le barrage HLK a divisé la portion canadienne du chenal principal du Columbia en 2 tronçons : un tronçon en amont du barrage HLK, et un tronçon en aval du barrage HLK. L'effectif dans le tronçon en aval a été estimé à l'aide de données de marquage-recapture (R.L.&L., 1994); en 15 ans, 1 504 poissons ont été marqués, et 492 ont été recapturés. Avec le temps, les estimations sont devenues de plus en plus sophistiquées (Irvine *et al.*, 2007) et, en 1993, l'estimation était de 1 120 adultes (R.L.&L., 1994). En 2006, le nombre d'adultes était estimé à 948 (Golder, 2005). Toutefois, le recrutement a presque cessé dans les années 1970. De 1981 à 1986, la LF des esturgeons était de 60 à 200 cm, et les individus de 80 à 100 cm dominaient. Dix ans plus tard (en 1997-1998), la fourchette de taille était de 100 à 220 cm, et les poissons de 140 à 160 cm dominaient (Upper Columbia White Sturgeon Recovery Initiative, 2002). Ces données suggèrent un vieillissement de la population et l'absence de recrutement. Irvine *et al.* (2007) ont estimé que le taux annuel de mortalité naturelle était d'environ 3 %. Selon ce taux de mortalité et selon la pire estimation du nombre d'esturgeons en 2007, il restera moins de 50 adultes d'avant l'aménagement du barrage dans 25 ans.

## UD de la haute Kootenay

La surveillance des esturgeons de la rivière Kootenay a commencé peu après la fin de la construction du barrage Libby, en 1974, et s'est intensifiée au début des années 1990. L'abondance a été estimée à partir de multiples données de marquage-recapture, à l'aide la méthode de Jolly–Seber (Paragamian *et al.*, 2005). À la fin des années 1970, l'effectif de la population était estimé à 7 000 individus. La distribution des âges de la population, de 1977 à 1983, était bimodale et allait de 6 à 69 ans, avec des sommets évidents de 8 à 9 ans et de 20 à 25 ans. Ces données laissent croire que le recrutement était sporadique et que le dernier recrutement majeur a eu lieu au milieu des années 1970. En 1996, l'effectif de la population était estimé à 1 470 individus; en 2000, à 760 individus; en 2002, à 630 individus; en 2005, à 500 individus. On s'attendait à ce qu'il atteigne moins de 400 individus en 2007. Plus récemment, une réévaluation de la situation (Beamesderfer *et al.*, 2009) intégrait la structure spatiale aux modèles, et les estimations ont été modifiées (environ 1 000 individus plutôt que 400, soit de 800 à 1 400 individus). Toutefois, cette réévaluation ne modifie pas les prévisions à long terme pour cette population. Aucun recrutement naturel ne se produit et l'effectif de la population continue de diminuer d'environ 4 % par année.

Le lâcher de juvéniles élevés en éclosion dans cette UD a commencé en 1992. La distribution des classes d'âge de la population, de 1997 à 2001, était très variable, et les individus de 3 à 10 ans dominaient (des juvéniles élevés en éclosion pour la plupart, mais peut-être aussi quelques individus sauvages), de même qu'un autre groupe d'individus de 17 à 85 ans.

## **HABITAT**

### **Besoins en matière d'habitat**

La plupart des données sur les besoins en matière d'habitat de l'esturgeon blanc proviennent d'études sur les esturgeons du fleuve Columbia, lequel n'est plus un cours d'eau à écoulement libre. Le régime hydrographique du fleuve est régularisé, et il y a 32 grands barrages dans la portion du réseau hydrographique qu'occupait à l'origine l'esturgeon blanc. Par conséquent, on ne sait pas très bien si les données sur l'utilisation de l'habitat dans ce cours d'eau largement modifié représentent les préférences naturelles en matière d'habitat de l'esturgeon blanc ou si les données reflètent simplement ce qui reste de mieux de l'habitat. Les données provenant du cours inférieur du Columbia (en aval du barrage Bonneville) font exception. Bien que l'endiguement, le dragage et d'autres activités humaines aient changé ce tronçon du fleuve, l'habitat disponible ressemble à celui du cours inférieur du fleuve Fraser.

Les descriptions de l'habitat qui suivent sont présentées par stades vitaux (adultes, juvéniles, jeunes de l'année et larves). Quand la quantité de données le permet, une description des différents milieux saisonniers de chaque stade vital est incluse.

### **Habitat des adultes**

Les descriptions de l'habitat utilisé par l'esturgeon blanc dans l'ensemble de son aire de répartition géographique donnent à penser que cette espèce préfère les grands cours d'eau, les grands lacs naturels et les grands réservoirs (Hildebrand *et al.*, 2010; Moyle, 2002; COSEPAC, 2003; Wydoski et Whitney, 2003). Bien que l'âge (et la taille) à maturité varie selon les cours d'eau (et le sexe), en termes d'utilisation de l'habitat, les esturgeons mesurant plus de 100 cm LF sont considérés comme des adultes. Généralement, dans les cours d'eau, on décrit que les adultes occupent les bras morts profonds adjacents à des remous (R.L.&L., 2000; Hatfield, 2005); toutefois, l'utilisation qu'ils font de l'habitat n'est pas statique et, dans certaines populations, ils font des déplacements saisonniers réguliers en fonction de l'alimentation, de la fraye et de l'hivernage. En outre, dans l'UD de la haute Kootenay, on observe une dichotomie basée sur l'habitat au sein de ce groupe d'esturgeons : sauf pour frayer, certains individus passent le plus clair de leur temps dans le lac Kootenay, tandis que d'autres, sédentaires, semblent demeurer dans la rivière (Beamesderfer *et al.*, 2009). De plus, dans le tronçon de l'UD du haut Columbia situé en aval du barrage HLK, des esturgeons fréquentent beaucoup des zones qui fournissent différentes possibilités d'alimentation (van Poorten et McAdam, 2010). Les esturgeons sont fidèles à ces zones, et des données indiquent que certaines de ces différences écologiques reflètent la présence de populations génétiquement différentes (Nelson et McAdam, 2012).

Pour des raisons pratiques, chaque habitat saisonnier est décrit séparément. Par ailleurs, à l'exception des périodes hivernales, les adultes se déplacent activement de façon journalière (Parsley *et al.*, 2008). On en sait peu sur ces déplacements journaliers à petite échelle, mais ceux-ci peuvent constituer un aspect important de la biologie de l'esturgeon blanc.

### **Aires de fraye**

En Colombie-Britannique, l'esturgeon blanc fraye en juin et en juillet, mais pas nécessairement tous les ans. En raison de la saison de fraye prolongée et le faible nombre de géniteurs, les migrations vers les frayères ne sont pas toujours évidentes.

Les descriptions des aires de fraye de l'esturgeon blanc diffèrent de manière frappante selon que la fraye a lieu dans un cours d'eau régularisé ou dans un cours d'eau non régularisé, et la plupart des descriptions publiées concernent des cours d'eau de la dernière catégorie (p. ex. les fleuves Columbia, Sacramento et San Joaquin). Dans ces cours d'eau, l'espèce fraye habituellement en aval du canal de fuite des barrages (Parsley et Beckman, 1994; Parsley et Kappenman 2000; R.L.&L., 1994; Golder, 2006; Tiley, 2006). Souvent, ces sites sont profonds (de 4 à 10 m), avec des courants rapides (jusqu'à  $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  de vitesse moyenne dans la colonne d'eau) et turbulents, et présentent un substrat grossier (galets et roches) (McCabe et Tracy, 1994; R.L.&L., 1994; Golder Associates, 2006; Tiley, 2006).

Les descriptions des frayères naturelles non perturbées sont rares. Perrin *et al.* (2003) décrivent les frayères dans la région de dépôt graveleux du bas Fraser située entre Hope et Chilliwack. Six frayères ont été identifiées dans la région : 5 dans les chenaux secondaires et 1 dans le chenal principal dans un tronçon confiné du fleuve. Les frayères du bas Fraser différaient de celles des cours d'eau régularisés par leur turbidité plus élevée, leur vitesse de courant plus faible (en moyenne de  $1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), leur profondeur moins élevée (de 3,0 à 4,5 m) et leur courant moins turbulent. Une différence importante réside dans l'utilisation des chenaux secondaires par les esturgeons du Fraser. Les chenaux secondaires forment d'importantes frayères dans le bas Fraser, mais ils sont souvent absents des cours d'eau non régularisés. Le substrat des chenaux secondaires du Fraser était principalement constitué de galets, de gravier et de sable, et le plus fort pourcentage de sable a été observé dans la frayère le plus en aval. La seule frayère située dans le chenal principal du bas Fraser était le plus en amont de tous les sites et présentait un substrat composé principalement de galets et de roches.

Les données sur les frayères des cours moyen et supérieur du réseau du Fraser sont clairsemées, bien que les données de marquage (R.L.&L., 2000) laissent croire que la fraye peut avoir lieu dans des sites où les affluents se déversent dans le chenal principal du fleuve (tableau 4). La frayère confirmée dans la rivière Nechako se trouve dans une petite zone de chenaux anastomosés près de Vanderhoof (Liebe *et al.*, 2004; Sykes, 2010). Le transport de substrats fins vers l'aval a envasé la frayère de Vanderhoof. Cet envasement est probablement dû aux changements dans l'érosion hydraulique en amont associée à l'aménagement du barrage Kenney (S. McAdam, BC MoE, comm. pers., 2012). À l'instar de la frayère de la Kootenay mentionnée ci-dessous, la frayère de la Nechako est encore utilisée par les esturgeons en état de frayer; toutefois, les preuves de succès du recrutement sont peu nombreuses (Sykes, 2010).

Un site de la Kootenay, rivière régularisée, est intéressant du point de vue des caractéristiques des frayères de l'esturgeon blanc. Le débit de la Kootenay a été régularisé après l'entrée en fonction du barrage Libby du Montana en 1975, et, depuis le début des années 1980, ou peut-être avant (Duke *et al.*, 1999), l'échec du recrutement est un problème pour la population de la Kootenay. L'augmentation du débit (essai pour obtenir une température de l'eau et un courant correspondant à ceux

du régime hydrographique naturel) a commencé en 1995. Cette année-là, 136 œufs ont été récupérés dans un tronçon de 18 km de la rivière du côté états-unien de la frontière, près de Bonners Ferry, en Idaho. Cette frayère se trouve juste un peu en aval d'une zone de transition de gradient où la vitesse moyenne du courant change pour passer de  $0,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  à moins de  $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  et où le substrat constitué de galets et de gravier se transforme en un substrat de sable (Rust et Wakkinen, 2009). On prélève encore des œufs, et parfois des larves, dans la frayère; cependant, la survie y est faible, et rien n'indique qu'un recrutement naturel s'y produit. Récemment, des données de carottage ont révélé qu'à environ 1 m sous ce tronçon sableux se trouvaient des galets et du gravier (Paragamian *et al.*, 2009). Il est possible que les esturgeons frayent dans un site traditionnel (datant d'avant l'aménagement du barrage), et cette hypothèse donne à penser que l'espèce demeure fidèle à une frayère donnée, même après que les conditions hydrauliques et les conditions du substrat ne conviennent plus (Paragamian *et al.*, 2009). De récents travaux (Rust, 2011) laissent croire qu'il est possible de translocaliser les adultes en état de frayer dans un site adjacent plus propice situé en amont.

### **Aires d'alimentation**

Les esturgeons blancs adultes sont longévifs et atteignent une grande taille, et les femelles sont extrêmement fécondes. Cette stratégie démographique exige d'énormes apports d'énergie, mais, paradoxalement, la productivité *in situ* n'est pas élevée dans la plupart des cours d'eau où se reproduit l'espèce. Ces cours d'eau abritent cependant d'importantes remontes de poissons anadromes qui apportent dans les réseaux hydrographiques de grandes quantités d'énergie issues du milieu marin. Par conséquent, les aires d'alimentation utilisées par les esturgeons adultes dans ces réseaux changent en fonction de la migration de leurs principales sources de nourriture.

Ainsi, au printemps, dans le bas Fraser, les esturgeons se déplacent vers l'aval à partir des aires d'hivernage pour se nourrir d'eulakanes (*Thaleichthys pacificus*). De nos jours, les eulakanes frayent uniquement en aval de Mission, de sorte que lorsqu'ils sont présents, les esturgeons adultes s'alimentent dans les tronçons inférieurs du fleuve. À la fin de l'été et à l'automne, quand les saumons amorcent la montaison, les esturgeons adultes se déplacent vers l'amont. Ces déplacements, vers l'aval au printemps et vers l'amont à l'automne, sont bien documentés (voir Nelson *et al.*, 2010). D'après les connaissances actuelles, les esturgeons du bas Fraser ne suivent pas les remontes de saumons jusqu'à Hells Gate; toutefois, ils suivent les saumons kétas (*Oncorhynchus keta*) jusqu'aux lacs Pitt et Harrison et se nourrissent dans des sites qui s'y trouvent.

Whitlock et McAllister (2009) ont souligné la présence de différences significatives dans les vitesses de déplacement estimées en fonction des classes de longueur et des saisons chez les esturgeons blancs du bas Fraser, ce qui donne à penser qu'il existe des différences dans les déplacements saisonniers selon les divers stades vitaux. L'hétérogénéité des déplacements saisonniers complique la généralisation des préférences en matière d'habitat de l'esturgeon blanc.

Pour les populations d'esturgeons en amont de Hells Gate, les principales remontes sont les remontes de saumons rouges (*O. nerka*) et de saumons quinnats (*O. tshawytscha*). Ici encore, les esturgeons suivent ces espèces jusque dans les grands affluents et lacs. Les formes anadromes de la lamproie du Pacifique (*Entosphenus tridentatus*) remontent aussi le fleuve Fraser jusqu'au cours inférieur de la rivière Nechako, et elle a peut-être un jour été une source importante de nourriture pour l'esturgeon blanc. Nombre des grands lacs du réseau de la Nechako abritent également d'autres proies de l'esturgeon blanc, notamment le kokani (*O. nerka*, forme non anadrome du saumon rouge).

Dans le système du haut Columbia, avant l'achèvement du barrage Grand Coulee, les saumons quinnats migraient très loin en amont, jusqu'au lac Windemere (Nisbet, 1994). Les esturgeons suivaient probablement cette remonte jusqu'au lac Kinbasket, voire peut-être jusqu'à Spillimacheen (Prince, 2001). À l'origine, les remontes de saumons quinnats fréquentaient aussi les rivières Pend d'Oreille et Kootenay, et des preuves fiables indiquent que les esturgeons les suivaient jusque dans les petits affluents (p. ex. les rivières Salmo et Slocan).

Historiquement, dans la Kootenay, en amont des chutes de Bonnington, on n'a jamais observé de remontes de saumons, mais des kokanis indigènes y vivent. Dans l'UD de la Kootenay, les esturgeons se concentrent dans la portion la plus productive du lac, soit la zone adjacente au delta et aux milieux humides où la rivière s'écoule dans le lac. À l'automne, toutefois, certains esturgeons migrent vers le delta du lac Duncan pour s'alimenter de kokanis en état de frayer (R.L.&L., 1998; Neufeld et Rust, 2010) et peut-être de ménominis pygmées (*Prosopium coulterii*) qui se rassemblent dans cette région à la fin de l'automne.

En résumé, les esturgeons blancs adultes exploitent des proies très mobiles, lesquelles constituent une ressource primordiale.

### **Aires d'hivernage**

Quand la température de l'eau chute en deçà de 7 °C (souvent au début de l'hiver), les esturgeons blancs deviennent inactifs et se rassemblent dans des aires d'hivernage particulières (tableau 5). Dans le bas Fraser, ces aires se caractérisent par une eau profonde (> 8 m), un substrat limoneux ou limoneux-sableux et un faible courant (par rapport au courant du chenal principal) (Glova *et al.*, 2009; Neufeld *et al.*, 2010). Les poissons marqués dans ces aires d'hivernage retournent normalement dans les mêmes aires année après année (Glova *et al.*, 2009). Il y aurait donc un haut degré de fidélité à certaines aires d'hivernage.

**Tableau 5. Aires d'hivernage de l'esturgeon blanc**

<b>Cours d'eau</b>	<b>Aire d'hivernage</b>	<b>N<sup>bre</sup> de km dans le cours d'eau*</b>	<b>Emplacement et type</b>
UD du bas Fraser	Pont Port Mann	34 km	Fosse d'affouillement
	Île Douglas	47 km	Embouchure de la riv. Pitt
	Rivière Pitt	8.5 km	En amont de l'embouchure du Fraser
	Rivière Pitt, Ernie's Hole	11 km	En amont de l'embouchure
	Marécage Sturgeon, rivière Pitt	13 km	En amont de l'embouchure
	Pont Golden Ears	65 km	Fosse d'affouillement
	Embouchure de la Stave	75 km	Remous
	Matsqui	82 km	Chenal secondaire
UD du haut Fraser	Remous de Hatzic	91 km	Remous
	Moyen Fraser		
	Nahatlach	233 km	Remous profond à la confluence
	Stein	272 km	"
	Texas	321 km	"
	Bridge	343 km	"
	French Bar	426 km	"
	Chilcotin	482 km	"
	Williams	535 km	"
	Cottonwood	698 km	"
	Blackwater	728 km	"
Haut Fraser	McGregor	895 km	Remous à la confluence
	Bowron	910 km	"
Nechako	Longworth	948-950	Remous profond
	Ruisseau Hutchinson	67 km	Remous à la confluence
	Rivière Sinkut	115-117 km	CP et remous à la confluence
UD du haut Columbia	Remous de Waneta	0,5-1,0 km en amont de la frontière avec les É.-U.	Remous profond à la confluence
Tronçon en aval du barrage HLK	Remous de Ft. Shepherd	5 km	Remous profond
	Remous de la Kootenay	44 km	"
	Fosse de Brilliant	2,8 km	Canal de fuite
	Aire en aval du barrage HLK	54-55 km	"
Tronçon en amont du barrage HLK	Big Eddy	283 km en amont de la frontière avec les É.-U.	Remous profond
	Battures de Beaton**	168 km	Zone profonde au large de l'embouchure du bras Beaton
UD de la haute Kootenay	Entrée de la rivière Kootenay dans le Kootenay (« Creston Delta »)	170 km	Fosse profonde

\*Les kilomètres de cours d'eau sont mesurés à partir de la limite aval des UD.

\*\*Il existe sans doute d'autres aires d'hivernage aux embouchures des rivières se déversant dans les lacs en Flèche.

Dans d'autres portions du réseau du Fraser, les déplacements des esturgeons munis de radioémetteurs augmentent à l'automne, puis cessent entre octobre et mars (R.L.&L., 2000). La plupart des esturgeons inactifs ont été trouvés dans des remous profonds dont le centre est relativement calme (p. ex. la zone du « Grand Canyon » dans le haut Fraser [Première Nation Lheidli T'enneh, 2009]).

Dans le bas Columbia, les esturgeons blancs se déplaçaient vers l'amont, hors de la zone d'étude, à l'hiver, puis retournaient vers l'aval au printemps (Parsley *et al.*, 2008). Les poissons se déplaçaient ainsi sans doute pour atteindre les aires d'hivernage en amont. Au printemps, ces mêmes poissons occupaient de nouveau les aires où ils avaient été initialement marqués. Encore une fois, cela laisse entrevoir une certaine fidélité à des aires données. Dans le haut Columbia (du barrage HLK à la frontière avec les États-Unis), 4 aires sont utilisées toute l'année. Il s'agit de l'aire en aval du barrage HLK, du remous de la Kootenay situé à la confluence de la rivière Kootenay et du fleuve Columbia, du remous de Fort Shepherd et du remous de Waneta. Les esturgeons semblent hiverner (c'est-à-dire qu'ils semblent inactifs) dans ces 4 aires. Ces dernières sont caractérisées par de grands remous profonds ( $> 15$  m) présentant des contre-courants forts en périphérie, mais des eaux relativement calmes ( $< 0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) et un substrat de sable, de gravier fin ou de limon au centre (R.L.&L., 1994).

Dans la Kootenay, Neufeld et Rust (2010) ont désigné le delta de Creston comme aire d'hivernage (avec des zones où les esturgeons sont peu mobiles à la fin de l'automne et à l'hiver). Dans l'ensemble, on peut dire que les aires d'hivernage des adultes semblent être associées aux remous profonds ( $> 10$  m) et aux bras morts où le courant est faible (souvent à écoulement inverse), et le substrat, fin.

### **Habitat des juvéniles**

Selon la disponibilité de la nourriture, la température de l'eau et la durée de la saison de croissance, les juvéniles mesurent entre 20 et 150 cm, mais, à une longueur à la fourche supérieure à 50 cm, leur utilisation de l'habitat s'apparente à celle des adultes. La plupart des descriptions de l'habitat des juvéniles sont fondées sur l'observation d'esturgeons d'écloserie de 1 ou 2 ans libérés dans la nature (Ireland *et al.*, 2002; Young et Scarnecchia, 2005; EDI, 2006; Golder, 2009a, 2010). Les individus élevés en écloserie croissent plus rapidement que les individus sauvages, et, généralement, on les libère à leur premier automne ou à leur deuxième printemps. Ils mesurent habituellement de 20 à 35 cm LF au moment de leur lâcher. En revanche, les esturgeons juvéniles sauvages, du moins ceux du bas Fraser, mesurent normalement moins de 14 cm à la fin de leur première période de croissance (Glova *et al.*, 2010). Par conséquent, si la taille influe sur la survie des juvéniles, le taux de survie élevé des juvéniles d'écloserie peut ne pas se produire chez les juvéniles sauvages.

Au cours des mois d'été dans le bas Fraser, Lane et Rosenau (1995) ont trouvé des esturgeons juvéniles tant dans les chenaux principaux que dans les zones périphériques (marécages, chenaux secondaires, bras morts). Un plus grand nombre de juvéniles ont été capturés dans des zones dont la profondeur était supérieure à 5 m que dans celles de moins de 5 m. Ils ont aussi constaté que le courant était une composante importante de l'habitat des esturgeons blancs juvéniles. Dans les sites très fréquentés, l'eau était trouble, et les vitesses de courant, faibles (0,04 à 0,35 m·s<sup>-1</sup>). Le substrat était formé de sable, de limon et d'argile. La température semblait aussi être un facteur important. Les juvéniles pénétraient dans les marécages au printemps et en sortaient à l'automne. L'émigration depuis les marécages se produisait quand la température à la surface tombait à 13 à 15 °C. Une autre étude menée en été dans la même région a permis de constater des concentrations de juvéniles (de 20 à 50 cm LF pour la plupart) dans des sites semblables dans le bas Fraser. Encore une fois, ces sites avaient des profondeurs de plus de 5 m et présentaient un substrat de limon fin et d'argile, de même que des courants multidirectionnels ayant une vitesse inférieure à 0,05 m·s<sup>-1</sup> (Bennett *et al.*, 2005). Le taux de survie de ces juvéniles était estimé à 0,189.

À l'automne (de septembre à novembre), Glova *et al.* (2008) ont vu des juvéniles (de 1 an ou plus) depuis l'estuaire du fleuve jusqu'à la région de Sumas, ce qui représente une distance totale d'environ 94 km. Les juvéniles n'étaient pas uniformément répartis sur cette distance. Il y avait certains points chauds, où les concentrations étaient plus élevées qu'aux alentours. Ces points chauds avaient des caractéristiques communes : la profondeur y était généralement de moins de 5 m, la vitesse du courant était relativement faible et le substrat était limoneux ou limoneux-sableux. Les juvéniles semblaient également favoriser les chenaux secondaires, les fosses latérales, les bras morts et la zone près des berges des chenaux principaux.

Les juvéniles d'écloserie (LF moyenne de 20 à 32 cm) relâchés dans plusieurs sites du haut Columbia (en amont du barrage HLK) semblaient réagir à la vitesse du courant : les individus libérés en zones de courant relativement fort se sont déplacés vers l'aval (à un rythme de 21 km par jour) pour s'établir dans des substrats fins où l'eau s'écoulait moins rapidement (< 0,5 m·s<sup>-1</sup>) et était plus profonde (> 10 m) (Golder, 2010). Par contre, les poissons lâchés dans des eaux au courant plus faible ne se sont pas déplacés vers l'aval aussi rapidement.

Dans le réseau du Columbia, en amont du barrage HLK, les juvéniles d'écloserie libérés dans des eaux rapides se sont dirigés vers des substrats de gravier fin où le courant était moindre (< 0,5 m·s<sup>-1</sup>) et où l'eau était plus profonde (> 15 m) (Golder, 2009a). Encore une fois, les juvéniles libérés dans des sites aux eaux plus lentes avaient tendance à rester à proximité. Le taux de survie moyen (de 5 années différentes) des juvéniles de 6 mois a été estimé à 0,28.

Dans la Kootenay, Neufeld et Rust (2009) ont suivi des juvéniles de 1 an (de 26 à 34 cm) ayant subi un marquage acoustique. Les individus lâchés dans des zones à fort gradient sont immédiatement allés vers l'aval, tandis que ceux lâchés dans des zones à faible gradient sont restés dans les environs pendant 25 jours avant de se déplacer vers l'aval. Les aires de séjour préférées avaient un faible courant ( $< 0,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), un chenal principal relativement profond et un substrat sableux-limoneux.

En résumé, les esturgeons juvéniles semblent favoriser des eaux à écoulement relativement lent (généralement de moins de  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) et à substrat fin. La profondeur de l'eau ne semble pas être un facteur critique, et, dans la Kootenay, une relation négative entre la survie des poissons d'écloserie au cours de la première année après leur lâcher et la densité de juvéniles donne à penser que la survie des plus petits juvéniles peut dépendre de la densité (Justice *et al.*, 2009).

### **Habitat des jeunes de l'année**

L'écologie des esturgeons blancs de l'année est encore un mystère. L'échec persistant du recrutement est une caractéristique commune de toutes les populations d'esturgeons blancs sérieusement en voie de disparition; toutefois, les causes ultimes de cet échec ne sont pas bien claires. Ce que l'on sait, c'est qu'un goulot d'étranglement important se produit quelque part entre le moment de la ponte des œufs et celui où les juvéniles sont facilement échantillonnés (généralement quand ils mesurent plus de 20 cm). Bien que l'information issue d'études en laboratoire sur l'utilisation de l'habitat par les alevins vésiculés soit disponible, les aspects de leur première année de vie dans la nature restent essentiellement inconnus.

En laboratoire, les larves nouvellement écloses réagissent négativement à la lumière et s'abritent dans le substrat pendant le jour. Les tests de préférence utilisant des gravillons, du gravier et des substrats nus laissent croire que les embryons précoces préfèrent les gravillons (granulométrie moyenne de 12 mm) et le gravier (granulométrie moyenne de 22 mm) aux substrats nus (Bennett *et al.*, 2007). Après environ 2 semaines, les embryons toléraient la lumière et ont commencé à se nourrir sur le fond pendant le jour (Kynard *et al.*, 2010). L'augmentation de la vitesse du courant semble déclencher la dispersion des alevins vésiculés plus âgés, et, en laboratoire, les jeunes esturgeons préfèrent les milieux sombres pendant l'hiver (Kynard *et al.*, 2007).

McAdam (2011) a examiné les effets de la granulométrie du substrat, de la vitesse de l'eau et du nombre de jours suivant l'éclosion sur le comportement de fuite dans les interstices et de dispersion des larves d'esturgeons blancs. Sur des substrats poreux et à des courants faibles ( $4 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ), les larves se cachaient dans les interstices de 2,0 à 13,3 secondes après leur libération (de 0 à 6 jours après l'éclosion) dans un bassin. Par contre, les larves se dispersaient en présence de substrat non poreux (sable de moins de 0,2 cm et galets encastrés). L'auteur a suggéré que, en milieu sauvage, les larves vésiculées se cachent probablement dans le substrat, à proximité des frayères.

On a rarement observé des larves dans la nature. Parsley *et al.* (1993) ont recueilli des larves vésiculées dans le bas Columbia, à des profondeurs de 4 à 29 m et à des vitesses de courant moyennes de 0,7 à 2,7 m·s<sup>-1</sup> dans la colonne d'eau. Le substrat était sableux. À environ 25 mm, les larves se métamorphosent en petits esturgeons (Gadomski et Parsley, 2005b). On ne sait pas très bien quel habitat est utilisé par les jeunes esturgeons sauvages après la métamorphose. Au moyen d'un chalut dans le bas Columbia, Parsley *et al.* (1993) ont capturé des jeunes de l'année de 2,0 à 3,2 cm LT (longueur totale) dans des eaux profondes (de 9 à 38 m) à faible vitesse, sur un substrat sableux. Dans le bas Fraser, un jeune de l'année (35 mm LF) a été pêché à la senne près de l'embouchure de la rivière Sumas pendant la nuit, sur un substrat sableux-graveleux. Les introductions dans la nature d'un grand nombre d'esturgeons d'écloserie nouvellement métamorphosés pourraient donner des indices sur cette première année de vie critique.

### **Tendances de l'habitat**

Après l'arrivée des Européens, l'habitat de l'esturgeon blanc a décliné de manière régulière, du point de vue tant de la superficie que de la qualité; toutefois, cette tendance à la baisse a ralenti ces dernières années, et aucun déclin majeur de l'habitat de l'esturgeon blanc n'a été observé depuis la dernière évaluation du COSEPAC (COSEPAC, 2003). Apparemment, l'engouement pour l'aménagement de barrages, l'endiguement et l'étalement urbain qui a caractérisé la période de l'après-guerre s'est estompé. Aucun nouveau barrage n'a été construit dans le réseau du Columbia depuis les années 1970, et aucun projet de barrage sérieux n'a été présenté dans le Fraser depuis les années 1950. De plus, des lois fédérales et provinciales protègent en partie la qualité de l'eau et l'habitat essentiel des espèces en péril telles que l'esturgeon blanc.

Bien que la tendance de la détérioration de l'habitat ait ralenti, elle n'a pas cessé et il est improbable qu'elle ne cesse. Il en est ainsi parce que la perte d'habitat dans les bassins versants du Fraser et du Columbia est principalement causée par la croissance démographique. Le nombre d'humains dans le Pacifique Nord-Ouest et en Colombie-Britannique devrait connaître une hausse exponentielle d'ici 2100 (Lackey *et al.*, 2006), et, qui dit plus de gens dit développement industriel et pollution accrue, sans oublier de plus fortes demandes pour des terres, des ressources naturelles et de l'énergie. Cette tendance de la population humaine mènera inévitablement à la perte graduelle de l'habitat de l'esturgeon blanc.

## BIOLOGIE

### Cycle vital

#### Période de fraye

L'esturgeon blanc fraye habituellement à la fin du printemps ou à l'été. Apparemment, la hausse de la température de l'eau lorsque le débit fluvial est à son pic, ou juste un peu après, déclenche la fraye. Dans le fleuve Sacramento, la fraye commence à la fin février, alors que la température varie de 8 à 19 °C, et atteint son point culminant à environ 14 °C (Moyle, 2003). Dans le bas Columbia, la fraye a lieu d'avril à juillet, à des températures allant de 9 à 15 °C. Le pic de fraye se produit à environ 14 °C (Wydoski et Whitney, 2003). Dans le chenal principal du Columbia, en amont du barrage Grand Coulee, mais en aval du barrage HLK, la période de fraye s'étend du 7 juin au 25 juillet, à des températures variant entre 14,5 et 21,5 °C. Plus en amont (en amont du barrage HLK), toujours dans le chenal principal du Columbia, la fraye a été observée dans un site se trouvant à environ 6 km en aval du barrage de Revelstoke (Tiley, 2006; Golder, 2008). La fraye a débuté le 31 juillet (température de l'eau de 8,3 °C) et cessé le 21 août (température de l'eau de 11,1 °C). Dans le cours supérieur de la Kootenay, la fraye se produit dans la fourchette 8-12 °C (Paragamian et Wakkinen, 2002). Dans le bas Fraser, elle a cours de la mi-juin à la fin juillet, quand les températures fluctuent entre 15,6 et 19,4 °C (Perrin *et al.*, 2003). Dans la Nechako, la fraye a été observée dans la plage de 13 à 15 °C à la mi-mai (Liebe *et al.*, 2004).

#### Comportement de fraye

On en sait peu sur le comportement de fraye de l'esturgeon blanc, et ce, même si plusieurs auteurs (Parsley *et al.*, 1993; Perrin *et al.*, 2003) ont décrit les activités d'individus de grande taille à la surface de l'eau (p. ex. bondir hors de l'eau et tourner) pendant la saison de fraye et à proximité des frayères connues. Ce comportement est peut-être un prélude à la fraye. De multiples épisodes de fraye (de 2 à 12) dans le même site sont courants; toutefois, chaque épisode met généralement en cause différentes femelles (Golder, 2006; Tiley, 2008). Ainsi, les femelles gravides expulseraient tous leurs œufs d'un coup, et, même si plus d'un mâle peut frayer plusieurs fois, les analyses microsatellites réalisées chez des descendants obtenus d'un grand nombre (157) d'individus mélangés montrent que la plupart des familles sont issues d'une paire d'esturgeons unique (Rodzen *et al.*, 2004).

Les œufs et le sperme seraient libérés dans la colonne d'eau, et les œufs fécondés seraient dispersés sur une grande superficie. Les œufs sont adhésifs et plus denses que l'eau, de sorte qu'ils se déposent rapidement sur le fond et collent au substrat. La seule description consignée du comportement de fraye de l'esturgeon blanc provient de la Nechako. La description qui suit est paraphrasée de Liebe *et al.* (2004). À la mi-mai, un rassemblement de gros esturgeons a été aperçu en aval du pont de Vanderhoof, et la fraye a été observée du haut d'un hélicoptère le 18 mai 2004. Certains individus ont formé des paires, tandis que d'autres ont formé des groupes de trois ou de quatre. La plupart des paires étaient composées d'un poisson de petite taille (un mâle?) et d'un autre de grande taille (une femelle?). Les groupes, quant à eux, se composaient généralement d'un gros poisson (une femelle?) et de deux ou trois petits poissons (des mâles?). Les mâles semblaient se bousculer pour obtenir une place près de la femelle. Un mâle de petite taille passait par-dessus le pédoncule caudal de la femelle de grande taille (il faisait des allers-retours répétés d'un côté à l'autre de la femelle). Une fois les gamètes libérés, le mâle a approché sa face ventrale vers la femelle (sans doute pour placer son évent près de celui de la femelle), puis a fait rapidement onduler son corps pour expulser sa laitance (Liebe *et al.*, 2004).

### Fécondité

La fécondité de l'esturgeon est légendaire, et, à l'instar de nombreux poissons, le nombre d'œufs produits par une femelle augmente selon une fonction curvilinéaire ascendante de la taille corporelle. Les dénombrements d'œufs par femelle sont toutefois rares. Wydowski et Whittey (2003) ont fourni quelques estimations du nombre d'œufs chez les femelles du bas Columbia : une femelle de 1,0 m contenait 61 500 œufs, tandis qu'une autre de 2,8 m en contenait 4 500 000.

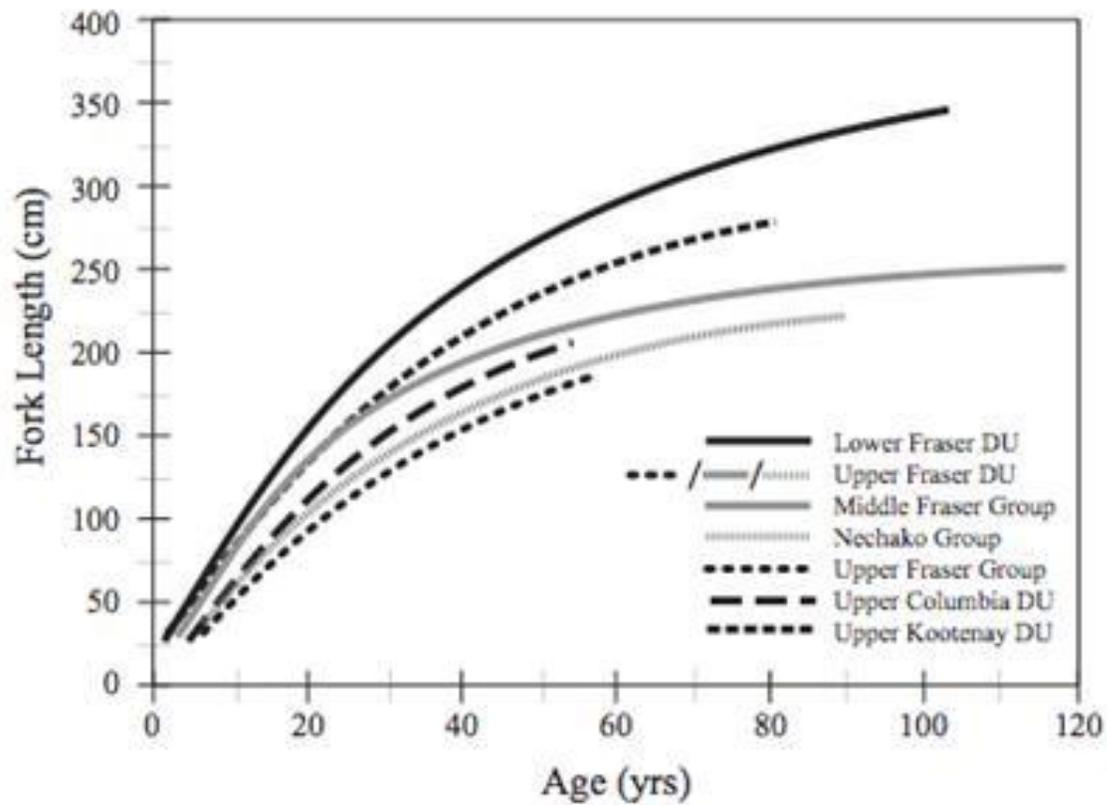
### Période d'incubation et stade larvaire

Le diamètre d'un œuf fécondé varie de 3,0 à 3,5 mm, et, à une température contrôlée de 15 °C, les œufs éclosent en 6,5 jours (Wang *et al.*, 1985). La description du comportement des larves qui suit est tirée de Kynard *et al.* (2010). La température était contrôlée pendant l'incubation des œufs (14 °C) et l'élevage des larves (16 °C). Les larves nouvellement écloses évitent la lumière et se réfugient dans le substrat. À ce stade, elles sont toutes grises. À mesure qu'elles vieillissent, les larves deviennent graduellement photopositives et développent une queue noire distinctive. Au jour 13, elles commencent à se nourrir durant le jour, et, la nuit, elles se dirigent dans le courant et se laissent dériver vers l'aval. En laboratoire, les larves d'esturgeons de la rivière Kootenay ont affiché un comportement de dispersion marqué vers l'aval pendant environ 21 jours. Dans la nature, la durée de cette période de dispersion n'est pas connue et varie probablement en fonction de la température et du site. Vers le 60<sup>e</sup> jour (après l'éclosion), les larves se transforment en petits esturgeons; cependant, les scutelles ne se développent pas avant que les esturgeons atteignent une longueur totale de 25 mm (Gadomski et Parsley, 2005a).

## Croissance

Au stade adulte, l'esturgeon blanc croît relativement lentement, mais il est longévif. Par conséquent, il a le potentiel d'atteindre une grande taille. Le plus grand individu observé dans le Fraser mesurait un peu plus de 6 m de long et pesait environ 800 kg (Glavin, 1994). De nos jours, de tels géants sont rares. Toutefois, on capture encore à l'occasion des esturgeons de 3 à 4 m LF dans le bas Fraser (Nelson *et al.*, 2004).

Des courbes de croissance (taille en fonction de l'âge) existent pour les six groupes canadiens d'esturgeons (R.L.&L., 2000; Paragamian et Beamesderfer, 2003). Dans les UD du Fraser, les taux de croissance les plus élevés enregistrés ont été calculés dans le cours inférieur du fleuve, tandis que les taux les plus bas ont été observés dans le cours supérieur du fleuve ainsi que dans la rivière Nechako (figure 8). Les courbes dépendent de la méthode utilisée pour âger les poissons : généralement, on détermine l'âge des esturgeons en comptant les anneaux sur des coupes transversales du rayon principal de la nageoire pectorale. Paragamian et Beamesderfer (2003) ont comparé les courbes de croissance obtenues des coupes transversales de la nageoire pectorale aux incréments de croissance obtenus à partir des données de marque-recapture. Leurs résultats indiquent que la méthode basée sur le rayon de la nageoire sous-estime l'âge des petits poissons et surestime celui des gros poissons (Paragamian et Beamesderfer, 2003). Néanmoins, les courbes de croissance disponibles demeurent utiles pour illustrer les différences dans les taux de croissance et montrent clairement que le taux de l'UD du bas Fraser diffère de celui de l'UD du haut Fraser, de même que de ceux des deux UD de la portion canadienne du réseau du Columbia (figure 8).



**Veillez voir la traduction française ci-dessous :**

- Fork Length = Longueur à la fourche
- Age (yrs) = Âge (années)
- Lower Fraser DU = UD du bas Fraser
- Upper Fraser DU = UD du haut Fraser
- Middle Fraser Group = Groupe du moyen Fraser
- Nechako Group = Groupe de la Nechako
- Upper Fraser Group = Groupe du haut Fraser
- Upper Columbia DU = UD du haut Columbia
- Upper Kootenay DU = UD de la haute Kootenay

Figure 8. Courbes de croissance de différents groupes d'esturgeons blancs du Canada

## Maturation

L'esturgeon blanc atteint lentement sa maturité. L'âge à la première maturité varie d'une population à l'autre et au sein de chacune des populations. Dans l'UD du bas Fraser, les mâles matures les plus jeunes avaient environ 11 ans, et les femelles matures les plus jeunes, 26 ans (Semakula et Larkin, 1968). On dispose de moins d'information sur l'âge à la maturité des esturgeons de l'UD du haut Fraser, mais les données existantes donnent à penser que les mâles atteignent la maturité probablement à la fin de l'adolescence ou au début de leur vingtaine, alors que les femelles deviennent matures à la fin de leur vingtaine (R.L.&L., 2000). Une tendance semblable est observée dans le réseau du Columbia : les mâles du bas Columbia (en aval du barrage de Bonneville) atteignent la première maturité entre l'âge de 9 à 16 ans, et les femelles, entre 13 et 16 ans (Wydoski et Whitney, 2003). Dans les populations où l'échec du recrutement est problématique (p. ex. dans le groupe de la Nechako et dans deux tronçons de l'UD du haut Columbia), les données sur l'âge sont uniquement disponibles pour les poissons matures. Par conséquent, dans la Nechako, les mâles les plus jeunes consignés avaient 25 ans, et les femelles les plus jeunes, 35 ans. Dans l'UD du haut Columbia, les individus les plus jeunes avaient 16 ans chez les mâles et 27 chez les femelles (R.L.&L., 1994). Dans l'UD de la haute Kootenay, les mâles les moins âgés avaient 16 ans, et les femelles les moins âgées, 22 ans.

## Longévité

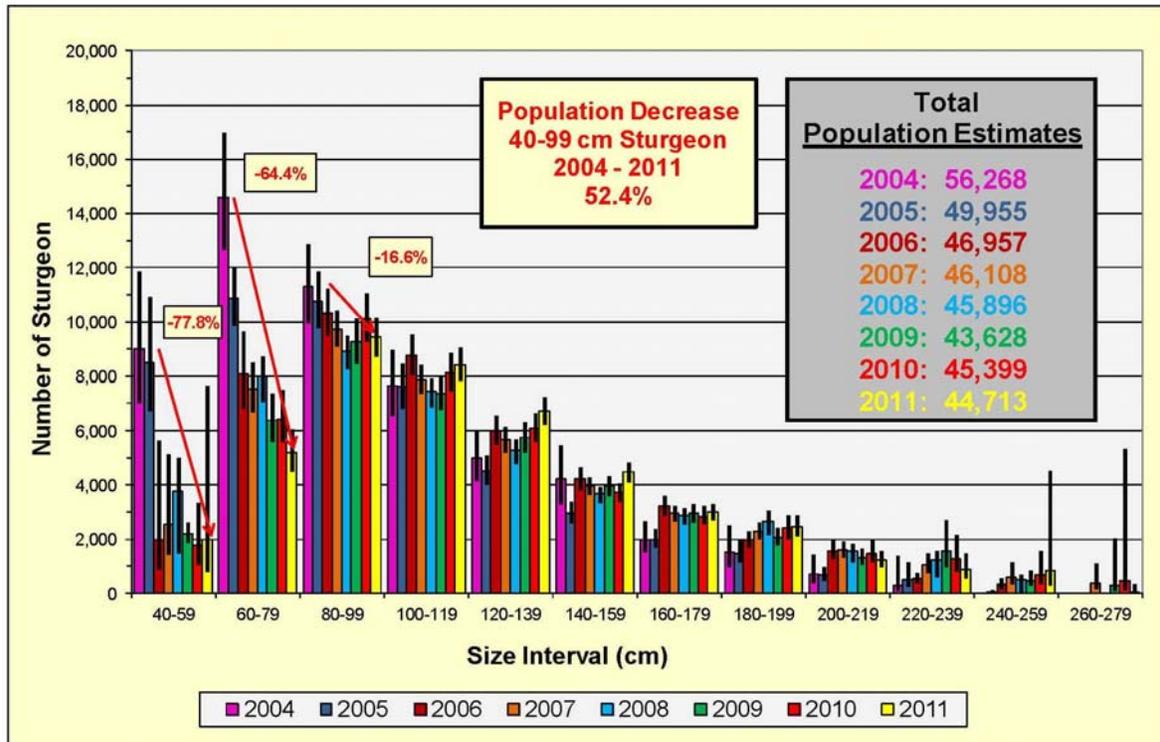
L'esturgeon blanc est une espèce à forte longévité, et la plupart des populations contiennent quelques individus remarquablement âgés. On a récemment estimé l'âge du plus vieil esturgeon dans l'UD du bas Fraser à 118 ans (M. Rosenau, BCIT, comm. pers., 2011). Bien que les esturgeons d'âge aussi avancé sont désormais rares, la plupart des populations comptent encore quelques individus âgés de 80 à 90 ans. L'âge le plus élevé observé dans le groupe du moyen Fraser était également de 118 ans (R.L.&L., 2000); dans le groupe du haut Fraser, cet âge était de 53 (Première Nation Lheidli T'enneh, 2009), et dans le groupe de la Nechako, il était de 99 ans. Dans le haut Columbia, en aval du barrage HLK, la plupart des esturgeons ont plus de 30 ans, et certains, plus de 80 ans. Dans l'UD de la haute Kootenay, l'individu le plus vieux avait 85 ans.

## Durée d'une génération

Étant donné les différentes relations entre la taille et l'âge chez les esturgeons des différentes UD (figure 8) et la taille minimale présumée au moment de la première fraye de 160 cm LF (S. McAdam, comm. pers., 2012), on estime la durée d'une génération à 35 ans pour l'UD du bas Fraser et à 40 ans pour toutes les autres UD. L'Équipe de rétablissement de l'esturgeon blanc a adopté cette dernière estimation. Il faut noter que l'application de la méthode 2 des lignes directrices de l'UICN donne une estimation de 40 à 50 ans si l'on présume que le taux de mortalité annuel est de 0,04, que le taux de fécondité ne varie pas avec l'âge et qu'il n'y a pas de sénescence sexuelle. Comme ces deux derniers facteurs varient probablement avec l'âge chez l'espèce, la durée estimée de 40 ans a été retenue. Une durée de génération de 35 ans a été utilisée pour l'UD du bas Fraser parce que le taux de recrutement y est apparemment soutenu, la croissance y est plus rapide et la structure d'âge y est relativement plus jeune que dans les autres UD.

## **Reproduction**

Les distributions des fréquences d'âge et de longueur des populations canadiennes indiquent un recrutement régulier dans le chenal principal du Fraser (R.L.&L., 2000; Nelson *et al.*, 2004; Première Nation Lheidli T'enneh, 2009); toutefois, il existe certaines preuves d'une tendance à la baisse du recrutement dans l'UD du bas Fraser (figure 9). Dans ce cas, le groupe de taille de 40 à 59 cm a décliné de 79 % depuis 2004 (Nelson *et al.*, 2012). Cette tendance à la baisse est certes préoccupante, mais elle n'est évidente que dans la classe de taille la plus petite régulièrement échantillonnée. Les valeurs estimées pour ce groupe sont peut-être plus sensibles aux différences annuelles dans les tendances de déplacement ou aux variations subtiles dans les procédures d'échantillonnage que les valeurs estimées pour les esturgeons des groupes d'âge plus élevé.



**Veillez voir la traduction française ci-dessous :**

Number of Sturgeon = Nombre d'esturgeons

Size Interval = Intervalle de taille

Population Decrease 40-99 cm Sturgeon = Diminution de la population d'esturgeons de 40 à 99 cm

Total Population Estimates = Estimations de la population totale

Replace decimal period with decimal comma: eg. 66.4 = 66,4

Add a space before the percentage symbol: eg. 64.4% = 64,4 %

Add a space before colons: 2004: = 2004 :

Replace commas in numbers with a space: eg. 56,268 = 56 268

Figure 9. Nombre total estimé d'esturgeons blancs selon les différentes classes d'âge de l'UD du bas Fraser, de 2004 à 2011 (d'après Nelson *et al.*, 2012). Les poissons matures sont généralement ceux qui mesurent plus de 160 cm LT.

Les données sur les esturgeons dans les réseaux régularisés (comme la Nechako, le Columbia et la Kootenay) montrent un échec du recrutement persistant. Le groupe d'esturgeons de la Nechako est vieillissant, et seuls quelques poissons ont moins de 30 ans (figure 7). Une reconstitution du recrutement (Korman et Walters, 2001) indique que celui-ci a d'abord décliné lentement à mesure que le réservoir Knewstubb se remplissait, puis de manière précipitée en 1964, avant d'échouer à la fin des années 1960 (McAdam *et al.*, 2005). Dans la Nechako, il semble que les changements dans l'habitat (p.ex. l'envasement des frayères) soient des contributeurs importants à l'échec du recrutement. Bien que certains poissons continuent de frayer dans le réseau, les recrues naturelles sont rares (Liebe *et al.*, 2004; Sykes, 2010).

Dans l'UD du haut Columbia, des épisodes de fraye réguliers se produisent encore dans le tronçon du barrage HLK (Golder, 2006) et dans une frayère située à environ 6 km en aval du barrage de Revelstoke (Tiley, 2006), mais le recrutement naturel est rare, voire inexistant. De même, dans l'UD de la Kootenay, certains épisodes de fraye se produisent, mais le recrutement naturel est également rare (Rust et Wakkinen, 2009).

## **Physiologie et adaptabilité**

### Physiologie

#### *Gaz dissous*

La pression totale du mélange gazeux, l'embolie gazeuse et la supersaturation des gaz dissous (DGS) sont des problèmes potentiels pour les premiers stades vitaux de l'esturgeon blanc dans les cours d'eau endigués (Counihan *et al.*, 1998). Les débordements des barrages peuvent entraîner une pression totale du mélange gazeux supérieure à 125 % (Hildebrand *et al.*, 1999); or, la pression maximale recommandée est de 110 %. Chez l'esturgeon blanc, le stade larvaire semble être le stade le plus vulnérable à l'embolie gazeuse et à la supersaturation des gaz dissous (Counihan *et al.*, 1998). Dans le Columbia, les débordements des barrages ont causé une supersaturation des gaz atmosphériques. Au Canada, seuls les déversements d'eau au barrage de Waneta pourraient entraîner une pression totale du mélange gazeux élevée (Golder Associates, 2009b).

#### *Polluants*

D'importantes sources de pollution se trouvent dans la portion canadienne du Columbia : des stations d'épuration des eaux usées municipales, la fonderie de plomb et de zinc à Trail et la fabrique de pâtes à Castlegar, de même que plusieurs exploitations minières abandonnées ou inactives. Krause et Webb (2006) résument les concentrations de métaux et de polychlorobiphényles (PCB) potentiellement toxiques, de pesticides chlorés, de dioxines (PCDD), de furanes (PCDF) et de polybromodiphényléthers (PBDE) observées chez les esturgeons blancs du haut Columbia. Des 30 métaux analysés, 11 se trouvaient en deçà de la limite détectable minimale, 10 étaient à des teneurs détectables, mais faibles, et 9 affichaient des concentrations préoccupantes. Le sélénium, bien qu'il ne soit pas un métal, a le potentiel de se bioaccumuler.

La plupart des organochlorés, des pesticides chlorés et des PCB étaient à des concentrations trop faibles pour avoir des effets physiologiques détectables; toutefois, les PCB avaient le potentiel d'affecter la survie des œufs et des larves. De plus, d'autres contaminants lipophiles peuvent s'accumuler pendant le cycle vital, et, étant donné la forte longévité de l'espèce, ils peuvent poser un problème chez les adultes plus âgés (Feist *et al.*, 2005).

Généralement, les teneurs en contaminants dans le réseau du Fraser sont semblables, ou inférieures, à celles mesurées dans d'autres grands cours d'eau d'Amérique du Nord, et, comparativement au fleuve Columbia, le fleuve Fraser n'est pas lourdement pollué. Néanmoins, la pollution du chenal principal du Fraser entre Prince George et Quesnel ainsi que dans la zone à marée du bas Fraser inquiète. Cinq grandes fabriques de pâtes le long du chenal principal du Fraser produisent des effluents potentiellement toxiques. Les effluents dilués ne sont pas hautement toxiques pour les jeunes saumons du Pacifique, et ces derniers sont seulement exposés pendant une courte période (moins d'un an). Ce n'est pas le cas des esturgeons, qui peuvent être exposés aux effluents pendant des années. Les effets physiologiques de l'exposition à long terme ne sont pas connus (MacDonald *et al.*, 1997).

Dans le bas Fraser, les principales inquiétudes sont le ruissellement agricole et urbain, les pesticides, les produits de conservation du bois, les métaux toxiques et les composés d'origine humaine dans les eaux usées (Johannessen et Ross, 2002). Ces contaminants se trouvent à des teneurs significativement plus élevées en aval de Mission que dans les sites témoins en amont d'Agassiz.

### *Sédiments*

Le limon est en cause dans deux des trois sites canadiens abritant des esturgeons blancs où l'échec du recrutement est persistant (McAdam *et al.*, 2005; Paragamian *et al.*, 2001). Dans une étude en laboratoire, Koch *et al.* (2006) ont démontré la corrélation négative entre la survie des œufs et la durée de couverture par les sédiments. Ils ont montré que cette dernière retardait également l'éclosion et donnait des larves plus petites. Les résultats donnent à penser que la couverture de sédiments peut être une cause importante de mortalité précoce là où les frayères sont couvertes de sédiments fins.

### *Adaptabilité*

Contrairement aux salmonidés, on en sait peu sur les adaptations précises de l'esturgeon blanc aux conditions locales. Les quelques données dont on dispose laissent croire que l'espèce s'adapte lentement aux changements dans l'environnement. Par exemple, elle persiste à utiliser des frayères qui ne conviennent plus à la reproduction à cause d'activités humaines (Liebe *et al.*, 2004; Paragamian *et al.*, 2009). Néanmoins, il semble qu'on peut l'inciter à utiliser des sites adjacents dont les conditions favorisent le succès reproducteur si on l'y introduit à un moment opportun (Rust, 2011). L'espèce n'a donc pas une incapacité à s'adapter. Seulement, la vitesse d'adaptation évolutive dépend de la durée d'une génération (entre autres); or, chez l'esturgeon blanc, cette durée est relativement longue (de 20 à 40 ans). De plus, comme les adultes vivent longtemps, les générations peuvent coexister sur 50 ans ou plus. L'accouplement intergénérationnel peut ralentir l'adaptation évolutive.

## Dispersion et migration

### *Dispersion*

La dispersion renvoie au déplacement à partir d'une source. Dans les cours d'eau, la dispersion est souvent unidirectionnelle (c'est-à-dire que la dispersion ne signifie pas nécessairement qu'il y a un voyage de retour). Les mouvements de dispersion les plus évidents chez l'esturgeon blanc sont ceux des larves à partir des frayères. Coutant (2004) a émis l'hypothèse voulant que la dispersion vers l'aval des œufs et des larves vers des milieux riverains inondés selon les saisons soit essentielle au succès du recrutement au sein des populations d'esturgeons blancs. Récemment, van der Leeuw *et al.* (2006) ont validé cette hypothèse principale fondée sur l'habitat riverain : ils ont démontré que, dans le réseau du bas Columbia, tant les œufs que les larves dérivent vers l'aval vers des milieux riverains inondés.

Chez de nombreux poissons, la dispersion peut favoriser l'élargissement de l'aire de répartition et l'établissement de nouvelles populations; toutefois, cette issue ne semble pas se produire souvent dans le cas de l'esturgeon blanc. Les esturgeons blancs pénètrent dans presque tous les cours d'eau et toutes les baies entre le fleuve Columbia et la baie de San Francisco; pourtant, aucune de ces incursions n'a permis l'établissement de nouvelles populations. Quoi qu'il en soit, cela doit se produire occasionnellement puisqu'il y a 20 000 ans le réseau fluvial du Fraser était encore sous la glace.

Si des individus de ces trois cours d'eau frayent ailleurs que dans leur cours d'eau natal, de nouveaux allèles pourraient être introduits chez les esturgeons du cours d'eau récepteur. Les déplacements documentés des adultes entre les trois cours d'eau de fraye, de même que l'observation (Anders et Powell, 2002) selon laquelle les esturgeons qui en habitent les tronçons inférieurs sont plus génétiquement diversifiés que ceux des tronçons supérieurs, viennent appuyer cette hypothèse.

### *Migration*

La migration consiste en un déplacement directionnel et généralement saisonnier d'un habitat à un autre. De plus, il y a normalement une migration de retour. Chez la plupart des populations d'esturgeons, on observe une migration vers les frayères (montaison), et, dans les populations canadiennes, une migration vers les aires d'hivernage (dévalaison). La régularité, d'année en année, de la période de ces déplacements, et la fidélité constatée de chaque individu à sa frayère (Paragamian *et al.*, 2009) et à son aire d'hivernage (Parsley *et al.*, 2008) montrent que les déplacements sont en fait des migrations.

Dans l'Ud du bas Fraser, il existe des mentions de déplacements saisonniers qui diffèrent en fonction de la classe de taille (Whitlock, 2007). Les adultes se déplacent vers l'aval au printemps, puis reviennent vers l'amont durant l'été. Ces déplacements directionnels, réguliers d'une saison à l'autre, constituent des migrations vers des aires d'alimentation bien documentées (Nelson *et al.*, 2011). En revanche, les incursions en milieux marins ne semblent pas régulières dans le temps ni ciblées vers un site particulier ou une ressource donnée. Bien que ces incursions ne semblent pas être des migrations au sens strict, on n'en sait pas assez sur les déplacements pour exclure la possibilité de migrations vers la mer.

### Interactions interspécifiques

#### *Proies*

Les esturgeons adultes peuvent atteindre plusieurs mètres de longueur. Pour y parvenir, ils doivent se nourrir abondamment de proies, et, malgré l'absence de dents, ils peuvent ingérer des proies agiles et de grande taille (p. ex. des saumons du Pacifique adultes). Ils possèdent une grande bouche protractile leur permettant d'aspirer même les plus grandes proies en quelques millisecondes. En outre, les yeux ne sont peut-être pas bien développés, mais ils sont capables de détecter les proies en eaux profondes et troubles grâce aux chimiorécepteurs des barbillons et aux électrorécepteurs passifs du museau.

L'alimentation de l'esturgeon blanc varie à mesure qu'il croît. Quand les larves commencent à se nourrir (environ 8 à 14 jours après l'éclosion), elles le font sur le substrat. Dans le bas Columbia, les amphipodes sont la principale proie, mais les larves mangent aussi des ostracodes, des cératopogonidés et des oligochètes (Muir *et al.*, 2000). À mesure qu'elles croissent, elles ajoutent des proies plus grandes à leur régime alimentaire, et, après la métamorphose, elles consomment aussi des *Neomysis*, des chironomidés, des copépodes et des bivalves. Les amphipodes demeurent toutefois une source d'énergie importante. Au stade subadulte, les esturgeons blancs commencent à manger des poissons : des lamproies, des eulakanes, des épinoches à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*) et des chabots (Cottidés). Au stade adulte, le régime alimentaire consiste principalement en poissons : quand il y a des saumons, ils mangent des saumons; quand il y a des eulakanes, ils mangent des eulakanes. Ils consomment aussi des lamproies, des éperlans d'hiver (*Spirinchus thaleichthys*), et des œufs et carcasses de saumons.

Dans les régions que les saumons ne fréquentent plus (p. ex. en amont du barrage Grand Coulee), une variation plus localisée de la disponibilité de la nourriture est peut-être causée par l'absence de cet important apport en énergie marine (van Poorten et McAdam, 2010). Les auteurs van Poorten et McAdam (2010) ont constaté des différences locales dans les taux de croissance de deux sous-populations du tronçon du barrage HLK du chenal principal du Columbia. Leur argument est que ces différences sont liées à la disponibilité de la nourriture : la première sous-population se trouve dans une zone où se rassemblent saisonnièrement des kokanis et des ménominis de

montagnes (*Prosopium williamsoni*), tandis que la deuxième vit dans une zone dépourvue de tels rassemblements de proies. De même, dans le réseau du lac Kootenay et de la rivière Kootenay, en amont des chutes de Bonnington, les esturgeons blancs se regroupent à l'automne à l'embouchure des ruisseaux où frayent des kokanis et des ménominis de montagnes. L'espèce exploite donc probablement toutes les espèces de poissons rassemblées dans les sites qui lui sont accessibles.

### *Prédateurs*

Les populations intérieures d'esturgeons blancs adultes n'ont aucun prédateur important, à l'exception de l'homme, et, à une longueur totale d'environ 40 cm, ils sont quasi protégés de la prédation. Dans le bas Columbia, cependant, les pinnipèdes (phoques et lions de mer) se nourrissent d'esturgeons. En 2008, ils ont tué au moins 607 esturgeons dans le bas Columbia (Stansell *et al.*, 2010) : 200 de ces esturgeons mesuraient de 61 à 90 cm de long et 21 faisaient plus de 152 cm de longueur. Les otaries de Steller (*Eumetopias jubatus*) étaient les principaux prédateurs des esturgeons de grande taille. Les phoques communs (*Phoca vitulina*), quant à eux, suivent les remontes de saumons très loin en amont, jusqu'au lac Harrison, mais ils sont probablement trop petits pour s'attaquer aux esturgeons adultes.

Miller et Beckman (1996) ont trouvé des œufs d'esturgeons dans l'estomac de sauvagesses du nord (*Ptychocheilus oregonensis*), de meuniers à grandes écailles (*Catostomus macrocheilus*) et de chabots piquants (*Cottus asper*). Dans les études en laboratoire, Gadomski et Parsley (2005a) ont observé que les chabots piquants mangeaient volontiers des larves d'esturgeons blancs (14-24 mm LT), mais moins lorsque la luminosité était faible et qu'un couvert était présent. Dans une autre étude, les mêmes auteurs (Gadomski et Parsley, 2005b) ont découvert que les barbues de rivière (*Ictalurus punctatus*) et les sauvagesses du nord de 46 à 47 cm de longueur se nourrissaient d'esturgeons mesurant de 12 à 13 cm. Les dorés jaunes (*Sander vitreus*) de longueur similaire ne consommaient pratiquement jamais d'esturgeons, mais les juvéniles pouvaient se nourrir d'esturgeons d'une longueur maximale de 6 cm. Les chabots piquants (taille moyenne de 12,6 cm) mangeaient des esturgeons mesurant jusqu'à 5 cm de longueur. Gadomski et Parsley ont conclu que la prédation par d'autres poissons est probablement une cause de mortalité chez les esturgeons blancs d'âge 0 et qu'elle peut être en partie responsable de l'échec du recrutement de certaines classes d'âge souvent observé chez les populations d'esturgeons.

## TAILLE ET TENDANCES DES POPULATIONS

Les effectifs estimés, de même que les tendances de ces effectifs, sont des composantes critiques de l'évaluation de la situation des différents groupes d'esturgeons blancs. Un rapport de situation antérieur (COSEPAC, 2003) a conclu à un déclin évident de tous les groupes d'esturgeons blancs faisant l'objet de données adéquates en vue de l'évaluation. Les causes du déclin varient selon les groupes, mais, pour trois d'entre eux, soit l'UD du haut Columbia, l'UD de la haute Kootenay et le groupe de la Nechako de l'UD du haut Fraser, le déclin coïncide avec un échec du recrutement (McAdam *et al.*, 2005; Irvine *et al.*, 2007; Paragamian *et al.*, 2009). En effet, les adultes des trois groupes continuent à frayer, les œufs sont fécondés et, en laboratoire, ils parviennent à éclore (Liebe *et al.*, 2004; Golder, 2006; Rust et Wakkinen, 2009). Pourtant, dans la nature, les larves écloses sont rares, voire inexistantes, dans ces groupes, tandis que les jeunes de l'année élevés en écloserie à partir d'individus prélevés dans ces mêmes zones géographiques survivent en milieu sauvage une fois qu'ils y sont libérés (Golder, 2006). Ce constat laisse croire que, bien que les preuves d'échec du recrutement soient souvent associées au déclin, la ou les causes ultimes demeurent obscures.

### **Activités et méthodes d'échantillonnage, et abondance**

#### UD du bas Fraser

Pendant plus d'une décennie, la FRSCS a publié des estimations annuelles du nombre d'esturgeons blancs dans le bas Fraser (Nelson *et al.*, 2012). Bien que certains auteurs (p. ex. Walters *et al.*, 2005; Whitlock, 2007) allèguent que les valeurs estimées sont basses, l'une des principales forces des données de la FRSCS repose sur le protocole de collecte de données, qui est normalisé. Par conséquent, même si les valeurs semblent basses, toute tendance décennale des effectifs est probablement réelle (figure 6). L'estimation de 2001 du nombre d'esturgeons blancs de 40 à 280 cm LF s'élevait à 48 136 poissons. Ce nombre a atteint un pic de 58 090 poissons en 2003, puis a graduellement baissé. Depuis l'estimation de 46 957 de 2006, le déclin s'est stabilisé. En 2011, l'effectif a été estimé à 44 713 poissons (figure 6).

## UD du haut Fraser

### *Groupe du moyen Fraser*

Les esturgeons du moyen Fraser ont fait l'objet d'une surveillance de 1994 à 2000 (R.L.&L., 2000). D'après les données de marquage-recapture, on a utilisé la méthode modifiée de Schnabel pour estimer le nombre d'individus. Ainsi, le nombre de poissons mesurant plus de 50 cm LF était d'environ 3 700. Puisqu'aucune estimation récente des effectifs n'est disponible pour ce groupe d'esturgeons, il n'est pas possible de déterminer pourquoi le nombre d'individus dans cette zone a décliné ou est resté stable. Néanmoins, les données sur la fréquence de longueur et la répartition par âge donnent à penser que, jusqu'en 2000 au moins, le taux de recrutement dans le groupe était régulier (figures 7 et 8).

### *Groupe du haut Fraser*

La surveillance des esturgeons blancs en amont de la confluence de la Nechako et du Fraser a débuté en 1997 (R.L.&L., 2000) et s'est poursuivie jusqu'en 2008 (Première Nation Lheidli T'enneh, 2009). D'après des données de marquage-recapture, on a utilisé une méthode modifiée de Schnabel pour estimer le nombre d'esturgeons dans la région. La taille de la population de poissons de plus de 50 cm LF était de 815 selon les données de 1999 à 2001 (Yarmish et Toth, 2002) et de 685 selon les données de 2007 à 2008 (Première Nation Lheidli T'enneh, 2009). La ressemblance des deux estimations ainsi que la structure d'âge de l'esturgeon blanc (de 4 à 53 ans) laissent entrevoir un recrutement régulier et un groupe relativement stable, mais petit (171), d'adultes en 2008.

### *Groupe de la Nechako*

Depuis les années 1950, le barrage Kenney régularise le débit de la Nechako. Des activités de surveillance sporadiques des esturgeons de cette rivière ont commencé en 1982 (Dixon, 1986) et se sont intensifiées en 1995 (R.L.&L., 2000). Les statistiques de la pêche récréative et les données de marquage-recapture ont servi à estimer l'effectif d'esturgeons blancs. Au moyen d'une méthode modifiée de Schnabel, le nombre total d'esturgeons dans le réseau de la Nechako a été estimé à 571 (R.L.&L., 2000), dont 305 adultes (100 cm ou plus) (Korman et Walters, 2001). Les données sur la fréquence de longueur et la structure d'âge de la région (figures 7 et 8) laissent voir un échec de recrutement : 94 % des poissons échantillonnés mesuraient plus de 100 cm de longueur, et 95 % avaient 30 ans ou plus. La rivière Nechako n'est pas un système fermé (c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'obstacles physiques qui séparent ce groupe du reste de l'UD du haut Fraser). L'immigration et l'émigration entre cette rivière et le reste de l'UD du haut Fraser sont donc possibles et ont été documentées au moins 2 fois (M. Ramsey, BC MoE, comm. pers., 2012).

En 2004 et 2005, le Carrier Sekani Tribal Council, en collaboration avec EDI (Environmental Dynamics Inc.), a mené un relevé sur l'effectif et la répartition des esturgeons blancs juvéniles (< 100 cm) dans la Nechako. Un total de 13 « nouveaux » juvéniles ont été échantillonnés, et tous mesuraient plus de 60 cm LF. Ce résultat donne à penser qu'il peut y avoir un certain recrutement dans le réseau de la Nechako, et ce, même s'il est faible et sporadique. Dans le cadre d'un programme pilote réalisé de 2006 à 2009, environ 14 000 juvéniles d'écloserie ont été relâchés dans la Nechako.

### UD du haut Columbia

Tant l'UD du haut Columbia que celle de la haute Kootenay font l'objet d'un certain degré d'empoisonnement avec des sujets d'écloserie (entièrement dans le cadre d'une initiative états-unienne dans la rivière Kootenay), mais aucun esturgeon d'écloserie n'a servi aux évaluations présentées ci-dessous. La surveillance de l'UD du haut Columbia, toujours en cours, a commencé en 1990. Des statistiques de la pêche récréative et des données de marquage-recapture ont servi à estimer l'effectif d'esturgeons blancs. Le barrage HLK divise cette UD en deux tronçons : un en amont du barrage, et l'autre, en aval. Les esturgeons du réservoir Roosevelt (État de Washington) compliquent l'estimation de l'effectif du tronçon entre le barrage HLK et la frontière avec les États-Unis. Une frayère se trouve à proximité de Northport, dans le Washington, et certains esturgeons marqués dans le réservoir Roosevelt se sont rendus au Canada, jusqu'à la frayère de Waneta, mais on ne sait pas s'ils ont réellement frayé. De même, certains individus marqués au Canada se sont également déplacés vers l'État de Washington, jusqu'à la frayère de Northport (Howell et McLennan, 2007). Par conséquent, la distinction entre les esturgeons blancs du réservoir Roosevelt et ceux du tronçon en aval du barrage HLK, dans l'UD du haut Columbia, n'est pas évidente, même s'il existe des preuves de fidélité des poissons pour l'une ou l'autre des deux frayères (Nelson et MacAdam, 2012).

La plupart des esturgeons du tronçon en amont du barrage HLK, mais en aval du barrage de Revelstoke, fréquentent le lac en Flèche supérieur (figure 4). Par le passé, des esturgeons vivaient dans le chenal principal du Columbia, entre le barrage de Revelstoke et le barrage Mica. Il n'y a aucune mention récente d'esturgeons dans cette zone, mais un groupe pourrait toujours s'y trouver.

### *Tronçon en aval du barrage HLK*

Ce tronçon abrite le plus grand effectif d'esturgeons blancs de l'UD du haut Columbia. Les données de marquage-recapture recueillies en 1993 donnaient une estimation de 1 120 poissons (R.L.&L., 1994), et celles de 2003, une estimation de 1 157 poissons (Golder, 2005). Il s'agissait tous d'adultes de 30 ans ou plus. Ces esturgeons frayent régulièrement dans 2 frayères : l'une à proximité de Waneta, et l'autre, dans le canal de fuite de la station hydroélectrique des lacs en Flèche, au barrage HLK. Une troisième frayère moins connue se trouve dans des rapides, près de Kinnard. Les œufs pondus dans la frayère de Waneta sont viables (Golder, 2006), mais rien n'indique un recrutement naturel ces 30 dernières années. L'estimation courante la plus acceptée de la taille de la population basée sur un taux de mortalité annuel de 0,04 est de 830 poissons (Irvine, 2007; S. McAdam et G. Wilson, BC MoE, comm. pers., 2012).

### *Tronçon en amont du barrage HLK*

L'effectif estimé de ce tronçon est de 52 esturgeons blancs (Golder, 2005). Tous les poissons sont des adultes de 38 ans ou plus. On connaît l'existence d'une frayère à environ 6 km en aval du barrage de Revelstoke, et il y en aurait peut-être d'autres à l'embouchure des cours d'eau dans les lacs en Flèche. Les esturgeons blancs continuent de frayer et de produire des larves, du moins dans la frayère connue. Les œufs et les larves sont viables dans les conditions en éclosion (Tiley, 2006), mais rien ne confirme le recrutement naturel dans ce tronçon.

### UD de la haute Kootenay

La surveillance de l'UD de la haute Kootenay a commencé dans les années 1970, époque où l'effectif d'esturgeons était estimé à environ 7 000 individus. En 2000, il ne restait plus que 760 poissons (Paragamian *et al.*, 2005). En 2002, l'effectif estimé a baissé pour atteindre 630, et le taux de mortalité annuel était d'environ 0,09.

Les esturgeons blancs de l'UD de la haute Kootenay avaient entre 6 et 69 ans pendant la période 1977-1983. Durant la période 1997-2001, l'âge variait de 3 à 89 ans, mais la répartition par âge montrait de larges pics dans les fourchettes 3-10 ans et 17-60 ans (Paragamian *et al.*, 2005). L'introduction de poissons de pisciculture a commencé en 1992, et la plupart des esturgeons de la classe d'âge la plus basse étaient probablement des poissons d'éclosion immatures. En 2009, le taux de mortalité annuel a été révisé à 0,04 (Beamesderfer *et al.*, 2009), et l'effectif estimé d'adultes était de 800 à 1 400 (moyenne de 960), ce qui inclut les individus canadiens et états-unis puisqu'ils forment une seule et unique population (S. McAdam, comm. pers., 2012).

## Fluctuations et tendances

### UD du bas Fraser

On ne dispose d'aucune donnée non liée aux pêches pour les 4 UD aux fins d'évaluation des fluctuations des effectifs sur 3 générations ou plus. Les meilleures données historiques proviennent de l'analyse des captures commerciales présentées par Semakula et Larkin (1968), qui datent de 1880. Par ailleurs, Echols (1995) a examiné la naissance, le développement et le déclin de la pêche à l'esturgeon dans le bas Fraser. Ces analyses ont montré un déclin à partir du pic des captures de 1897, d'environ 520 tonnes métriques, à des valeurs dépassant rarement les 15 tonnes métriques pendant la période de 90 ans qui a suivi (la pêche a été fermée en 1994 seulement, après une série d'épisodes de mortalité inexplicables d'esturgeons adultes dans le bas Fraser [voir Rosenau et Angelo, 2007]). Ces observations ont permis de conclure qu'un déclin substantiel, probablement de plus de 50 %, de l'effectif a eu lieu dans le bas Fraser entre 1900 et 1994. Un tel déclin a également été observé pendant la même période dans les pêches dans le bas Sacramento et le bas Columbia (COSEPAC, 2003; Rosenau et Angelo, 2007). Walters *et al.* (2006) ont utilisé des analyses de réduction des stocks pour estimer que la taille de la population d'individus matures non exploitée dans le bas Fraser était d'environ 50 000 et qu'elle a probablement décliné d'au moins 50 % depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. De plus, d'après Walters *et al.* (2005), en termes de production d'œufs (qui, d'après eux, constitue une meilleure mesure de l'état reproducteur puisqu'elle tient compte des relations entre l'âge et la fécondité), l'actuelle population d'esturgeons blancs du bas Fraser, bien qu'en croissance, produit des œufs à un taux d'environ 10 % seulement du taux de la population inexploitée.

Plus récemment, Nelson *et al.* (2012) ont rapporté une hausse de 77 % des effectifs d'esturgeons blancs adultes dans l'UD du bas Fraser (d'environ 4 550 à 8 090 adultes mesurant plus de 160 cm LF) entre 2004 et 2011. Les intervalles de confiance des estimations annuelles étaient toutefois grands, et la tendance globale n'était pas significative ( $r = 0,12$ ,  $P = 0,73$ ). De 2001 à 2011, toutefois, un déclin significatif d'environ 80 % ( $r = -0,86$ ,  $P < 0,001$ ) a été observé dans l'effectif estimé de poissons immatures de la classe de taille de 40 à 99 cm (Nelson *et al.*, 2012; figure 9). Il est possible que le déclin apparent de cette classe de taille reflète un changement d'engin d'échantillonnage, où le nouvel engin adopté ciblait plutôt les individus de classes de taille plus grande (G. Wilson, BC MoE, comm. pers., 2012). Il se pourrait aussi que les déclin apparents soient le résultat d'un cycle naturel du succès reproducteur ou d'un changement dans les tendances de déplacement des esturgeons blancs. Toutefois, il peut également s'agir d'un signal précoce d'un déclin du recrutement. La seule manière fiable de distinguer la volatilité à court terme et la réelle tendance à long terme est d'avoir un plus grand nombre d'années de collecte de données normalisée. Dans toutes les classes de taille, une légère baisse d'environ 20 % au cours de la période 2004-2011 (il y a un débat sur la véracité des estimations de la période 2001-2003; figure 9;  $r = -0,82$ ,  $P = 0,013$ ) a été observée, et cette

baisse était de 52,4 % chez les poissons de moins de 100 cm, tandis que les poissons matures (> 160 cm) sont restés stables ou ont montré une tendance à la hausse.

Whitlock (2007) a appliqué l'analyse bayésienne aux données de marquage-recapture et conclu que, sur une gamme de paramètres, la probabilité postérieure d'un déclin d'au moins 50 % chez les individus matures de 1880 à 2004 était de 0,46 (c'est-à-dire que plus de la moitié de la densité de probabilité était associée aux déclins de moins de 50 %). Bien qu'une incertitude entourant ces estimations persiste, le déclin de l'effectif des adultes matures sur les 3 dernières générations est probablement d'au moins 30 % et de plus de 50 %.

### UD du haut Fraser

Le groupe d'esturgeons de la Nechako de l'UD du haut Fraser connaît un grave déclin, dont la cause immédiate est l'échec du recrutement persistant, qui sévit depuis les 40 dernières années. Les causes ultimes de cet échec sont toutefois inconnues. La Nechako est un cours d'eau régularisé. L'UD du bas Fraser ainsi que les groupes du moyen Fraser et du haut Fraser, qui font partie de l'UD du haut Fraser, semblent, pour leur part, stables. Or, ces groupes stables résident tous dans un cours d'eau non régularisé, ce qui porte à croire qu'il y a un certain lien entre les barrages et le déclin de l'esturgeon blanc. De récentes reconstitutions expérimentales et rétrospectives du recrutement viennent fortement corroborer le lien de causalité entre la régularisation des cours d'eau et le déclin du taux de recrutement des esturgeons (McAdam, 2012). Des changements dans la composition du substrat dus à l'aménagement de barrages et la régularisation qui s'ensuit semblent constituer un important mécanisme menant à l'échec du recrutement. Si l'on présume l'échec complet et continu du recrutement dans la population de la Nechako, la stabilité des populations des autres composantes de l'UD et la taille actuelle des dernières, l'UD du haut Fraser devrait décliner d'au moins 27 % au cours des 2 à 3 prochaines générations.

### UD du haut Columbia et de la haute Kootenay

Les esturgeons blancs de ces deux UD connaissent également un grave déclin et un échec du recrutement dans ces cours d'eau régularisés par plusieurs barrages hydroélectriques (voir p. ex. Irvine *et al.*, 2007). Wood *et al.* (2007) se sont fondés sur le taux de mortalité annuel de 0,09 (qui intègre la mortalité naturelle et la mortalité par pêche à la ligne) des esturgeons de l'UD du haut Columbia pour projeter un déclin minimal de 47 % au cours des 10 prochaines années. Une estimation révisée du taux de mortalité annuel moyen des adultes de 0,027 (fourchette de 0,009 à 0,082; Irvine *et al.*, 2007) prévoyait une population de 1 150 esturgeons. Un scénario du pire employant la limite inférieure de l'intervalle de confiance à 95 % de l'effectif (414 poissons) et un taux de mortalité de 0,082 donne une prévision de moins de 50 poissons après 25 ans et un déclin de 43 % des adultes au cours des 10 prochaines années (Irvine *et al.*, 2007).

Paragamian *et al.* (2005) ont rapporté un déclin de plus de 90 % des esturgeons blancs adultes de l'UD de la haute Kootenay entre 1978 et 2001. On procède actuellement à l'introduction de poissons d'écloserie dans certaines populations en déclin. Ces esturgeons d'écloserie devraient dominer la production d'adultes dans les 10 prochaines années (voir p. ex. Paragamian *et al.* 2005). Vu le faible nombre d'adultes dans ces populations déclinantes, leur âge relativement mûr à la première maturité et leur taux de mortalité naturelle annuel (d'environ 2,7 à 9,0 %), il n'est pas clair que les tendances à la baisse puissent être renversées par les programmes d'écloserie. Si l'on présume que les esturgeons d'écloserie ont un taux de survie au moins égal à ceux des poissons sauvages, l'éventuelle disparition de l'esturgeon blanc peut seulement être prévenue si le programme d'écloserie est maintenu indéfiniment, à moins que les causes ultimes de l'échec du recrutement (principalement les changements dans les conditions du substrat associés à la régularisation des cours d'eau; McAdam, 2012) sont éliminées. D'un autre côté, il est improbable que des jeunes nés dans la nature de parents issus d'écloserie bénéficient d'un taux de survie pendant la première année plus élevé que les individus sauvages, le maintien du programme d'écloserie est incertain, et il faudra attendre plusieurs décennies avant que les poissons d'écloserie soient en état de frayer. Si l'échec du recrutement se poursuit dans ces cours d'eau régularisés et que le taux de mortalité naturelle minimal est de 0,04, tant l'UD du haut Columbia que celle du haut Kootenay devraient décliner de plus de 90 % au cours des 2 à 3 prochaines générations.

### **Immigration de source externe**

Au Canada, le potentiel de recolonisation naturelle par l'espèce n'est pas le même dans les réseaux du Fraser et du Columbia. L'aire de répartition dans le Fraser comprend des zones d'habitat inoccupées et un obstacle partiel à la migration (Hells Gate) : l'espèce se rencontre depuis l'estuaire du Fraser jusqu'à la confluence du Fraser et de la Morkill (figure 3). Par comparaison, dans le réseau du Columbia, le barrage Grand Coulee isole les UD du haut Columbia et de la Kootenay du reste du réseau hydrographique. Les possibilités d'immigration de source externe d'origine naturelle dans les six groupes d'esturgeons blancs canadiens sont examinées ci-dessous. La plupart des commentaires qui suivent sur le potentiel d'immigration de source externe sont fondés sur des faits (habituellement des données de marquage) concernant les déplacements entre les UD. Il est à noter, cependant, que cela ne signifie pas que les individus qui se déplacent d'une UD à l'autre restent ou frayent nécessairement dans une nouvelle UD. La probabilité réelle d'une immigration de source externe est donc hautement incertaine.

## UD du bas Fraser

L'UD du bas Fraser est propice à l'immigration des esturgeons de l'UD du haut Fraser (en amont de Hells Gate). Un individu marqué dans le cours moyen du Fraser à proximité du lac Williams a été récupéré dans le bas Fraser près de Mission (Nelson *et al.*, 2007). Le déplacement vers l'aval par Hells Gate est donc possible. À quelle fréquence se produit-il, on ne le sait pas, mais tant qu'il y aura des esturgeons blancs en amont de Hells Gate, la recolonisation du cours inférieur du fleuve par des individus en amont est possible.

Certains esturgeons blancs adultes sont réputés faire des incursions dans l'océan (Veinott *et al.*, 1999), ce qui rend l'immigration dans l'UD du bas Fraser également possible par voie maritime. La plupart des incursions sont locales et relativement de courte durée, mais environ 10 % des esturgeons qui visitent l'océan y séjournent plus longtemps (Veinott *et al.*, 1999), et certains se déplacent sur de grandes distances. Par exemple, il existe des mentions d'esturgeons blancs marqués dans le bas Columbia et le réseau Sacramento-San Joaquin et recapturés ou localisés dans le bas Fraser (Nelson *et al.*, 2004; Welch *et al.*, 2006).

## UD du haut Fraser

### *Groupe du moyen Fraser*

Une certaine confusion règne autour de la limite supérieure du groupe du cours moyen du Fraser. À l'origine, la limite a été établie à la confluence de la Nechako et du Fraser (R.L.&L., 2000). Cette limite est utilisée par Smith *et al.* (2002) dans leur étude génétique des esturgeons du Fraser, et elle figure également dans le Fraser River White Sturgeon Conservation Plan (Hatfield, 2005), mais la Première Nation Lheidli T'enneh (2008, 2009) la définit à 80 km plus en amont, à la confluence du Fraser et de la Blackwater. Comme il n'y a pas d'obstacles physiques d'envergure entre Hells Gate et la confluence du Fraser et de la Nechako, la limite amont exacte de la population du cours moyen du Fraser n'est pas claire. R.L.&L. (2000) ont aussi noté que les esturgeons sont relativement rares dans le tronçon de 80 km qui sépare la Blackwater de la Nechako. Cela donne à penser qu'il existe peut-être une limite significative du point de vue écologique entre les esturgeons du moyen Fraser et ceux plus en amont, même s'il y a des cas documentés d'esturgeons se déplaçant entre le moyen Fraser et la Nechako (M. Ramsey, BC MoE, comm. pers., 2012).

Quel que soit l'emplacement de la limite amont, le groupe d'esturgeons blancs du moyen Fraser est potentiellement propice à l'immigration venant de l'amont étant donné l'absence d'obstacles physiques entiers. En outre, il peut recevoir des immigrants venant de la portion en aval de Hells Gate. À une époque, on considérait Hells Gate comme une barrière infranchissable empêchant les esturgeons de se déplacer vers l'amont (R.L.&L., 2000). Récemment, toutefois, un esturgeon marqué près de Mission, dans le bas Fraser, a été recapturé près de Lillooet (Nelson *et al.*, 2007). À ce jour, il s'agit là du seul cas documenté d'un esturgeon se déplaçant vers l'amont par Hells Gate. Malgré tout, ce cas prouve que les déplacements depuis le bas Fraser vers l'amont, jusqu'à des zones en amont de Hells Gate sont possibles.

### *Groupe de la Nechako*

Puisqu'aucun obstacle physique ne sépare le groupe du haut Fraser et du groupe de la Nechako, les déplacements entre ces deux cours d'eau sont possibles. On n'en connaît pas la fréquence, mais il existe des mentions de déplacements (Première Nation Lheidli T'enneh, 2008) bidirectionnels entre ces deux groupes. Encore une fois, l'observation d'un esturgeon se déplaçant entre la Nechako et le haut Fraser ne signifie pas nécessairement que cet individu reste ou se reproduit dans son nouveau cours d'eau, mais au moins un individu du Fraser s'est rendu dans la Nechako pour y frayer (M. Ramsey, BC MoE, comm. pers., 2012).

### *Groupe du haut Fraser*

L'absence d'obstacles physiques séparant le groupe du haut Fraser des groupes du moyen Fraser et de la Nechako donne à penser que le cours supérieur du Fraser pourrait être recolonisé par des individus de ces groupes adjacents. Des données de marquage (Première Nation Lheidli T'enneh, 2008) révèlent des déplacements entre la Nechako et le haut Fraser. Ici encore, on ne sait pas à quelle fréquence ces échanges se produisent. Les données génétiques de Schreiers (2012; voir **Structure spatiale et variabilité de la population – Génétique**) portent à croire que l'immigration de source externe est possible même si elle est improbable, surtout à cause de l'échec du recrutement qui a cours dans la Nechako.

### UD du haut Columbia

Bien que le barrage Grand Coulee soit infranchissable, le réservoir en amont du barrage (réservoir Roosevelt) abrite encore des esturgeons, et des données de marquage indiquent que certains individus du réservoir frayent du côté canadien de la frontière. Ainsi, même si le chenal principal du Columbia entre la frontière canado-états-unienne et le barrage HLK est potentiellement ouvert aux immigrants venant du réservoir Roosevelt, ces derniers souffrent eux aussi d'un important échec du recrutement (G. Wilson, BC MoE, comm. pers., 2012). Les esturgeons isolés dans le lac Slocan, et peut-être ceux de la zone endiguée entre Brilliant et le barrage des chutes inférieures de Bonnington, ne peuvent pas être sauvés par des immigrants.

Les lacs en Flèche supérieur et inférieur se trouvent entre les barrages HLK et de Revelstoke. Ils abritent une population relique, qui faisait autrefois partie de l'UD du haut Columbia originale (Nelson et McAdam, 2012). Une écluse de navigation se trouve au barrage HLK, mais rien n'indique que les esturgeons l'utilisent, du moins dans la direction amont. Par conséquent, la possibilité d'une immigration venant de l'aval dans cette population relique est faible.

Les esturgeons blancs frayent encore dans un site se trouvant à environ 6 km en aval du barrage de Revelstoke (Tiley, 2006), et l'on dit qu'ils frayent ailleurs dans les lacs en Flèche; toutefois, rien ne confirme un recrutement naturel au-delà du barrage. Il est également possible qu'une population relique de l'UD originale du chenal principal du haut Columbia soit isolée entre le barrage de Revelstoke et le barrage Mica. Si tel est le cas, rien n'indique un recrutement naturel dans cette région et la probabilité de recolonisation à partir de l'aval est très faible.

### UD de la haute Kootenay

Une barrière naturelle, les chutes de Bonnington, et cinq barrages (dont un sur le site des chutes d'origine) séparent l'UD de la haute Kootenay de l'UD du haut Columbia (figure 4). La probabilité d'une immigration naturelle venant d'autres populations du Columbia est donc nulle. Par ailleurs, le groupe isolé d'esturgeons qui reste dans le lac Duncan fait probablement partie du groupe de la Kootenay. L'immigration naturelle à partir de ce groupe isolé est faible, et ce, même si des déplacements occasionnels par le barrage Duncan sont possibles. Bien que les poissons se déplacent vers l'aval vers le lac Kootenay et la rivière Kootenay, en amont du barrage Corra Linn, à partir des portions états-uniennes de la Kootenay (Kootenai aux États-Unis), ces poissons états-uniens font probablement partie de la même population biologique.

Bien que les esturgeons d'écloserie ne soient pas à considérer dans l'immigration naturelle, ils peuvent mettre un frein aux déclin démographiques. Tous les programmes d'écloserie dans le haut Columbia, la haute Kootenay et le groupe de la Nechako de l'UD du haut Fraser utilisent des stocks de géniteurs prélevés dans les UD respectives (S. McAdam, comm. pers., 2012). Le programme dans la Nechako n'est plus en vigueur et celui dans la haute Kootenay est une initiative menée par les États-Unis dans le cadre de laquelle on prélève généralement des stocks de géniteurs ou des alevins commençant tout juste à se nourrir dans les tronçons états-uniens de la haute Kootenay et relâche des individus (du stade d'alevin au stade d'individu de 1 an) dans des portions états-uniennes de ces cours d'eau, tandis que le programme dans l'UD du haut Columbia est dirigé par BC Hydro (S. McAdam, comm. pers., 2012). Des simulations de Paragamian *et al.* (2005) laissent croire que, à des taux de mortalité de 9 % par année chez les adultes, plus de 90 % des esturgeons des portions états-uniennes de la Kootenay devraient être issus d'écloserie d'ici 2030.

## MENACES ET FACTEURS LIMITATIFS

### Menaces

Le principal indicateur des récents déclin des populations d'esturgeons blancs est l'échec du recrutement. Bien que les causes profondes de l'échec puissent différer d'un groupe d'esturgeons à l'autre, un certain degré de détérioration de l'habitat se trouve probablement à la base de la plupart des déclin.

#### Barrages et autres ouvrages de régularisation

Les effets combinés de l'aménagement de barrages et de la régularisation qui s'ensuit sur les aires de fraye et de grossissement sont sans nul doute les menaces contemporaines les plus graves pour l'esturgeon blanc, en particulier dans les UD du haut Fraser (groupe de la Nechako), du haut Columbia et de la haute Kootenay. Les récents travaux de modélisation et expériences de McAdam (2012) fournissent de solides éléments de preuve des mécanismes causaux de l'échec du recrutement dans les cours d'eau régularisés. L'esturgeon blanc est une espèce fluviale, et, même si on le rencontre régulièrement dans de grands lacs, il nécessite un milieu lotique (où il y a écoulement d'eau) pour compléter son cycle vital. Les barrages ne sont pas une préoccupation majeure dans le réseau du Fraser, sauf dans la rivière Nechako, mais ils sont très problématiques dans le réseau du Columbia (y compris dans la portion canadienne du fleuve). Au Canada, il y a trois barrages dans le chenal principal du Columbia, deux dans la rivière Pend d'Oreille et six dans la Kootenay. Dix de ces onze barrages sont infranchissables, du moins en direction amont. Le seul barrage théoriquement franchissable, le barrage HLK, comporte une petite écluse de navigation, mais à ce jour, rien n'indique que les esturgeons l'utilisent pour remonter le cours d'eau. On sait qu'à l'occasion des esturgeons de grande taille descendent la rivière par ce barrage. Au total, depuis 1999, année où on a commencé à répertorier les morts, cinq adultes morts, dont les blessures ressemblent à celles causées par le passage à travers un barrage, ont été observés tout juste en aval du barrage sur une période de sept ans (1999-2006) (Wood *et al.*, 2007).

Les barrages fragmentent une zone qui abritait autrefois des groupes continus d'esturgeons et empêchent probablement les déplacements vers l'amont entre les fragments. Dans certains cas, les barrages transforment un habitat fluvial à écoulement libre en gros réservoir. Dans une série d'études de modélisation, Jager *et al.* (2001) et Jager (2005, 2006a,b) ont examiné les effets cumulatifs d'un ensemble de barrages sur l'esturgeon blanc. Les résultats ne sont pas encourageants : la fragmentation accrue a produit un déclin exponentiel de la probabilité de persistance, de même que l'érosion de la diversité génétique de l'ensemble des fragments et au sein de chacun d'eux. Cette conséquence semble se produire dans la portion canadienne du réseau du Columbia. De petits fragments isolés (p. ex. ceux des réseaux de la Kootenay et de la Pend d'Oreille) sont maintenant disparus ou fonctionnellement disparus (c'est-à-dire qu'ils ne sont plus autosuffisants), et la diversité génétique déjà faible dans l'UD existante de la haute Kootenay (due à son isolement historique par les chutes de Bonnington) peut

s'amenuiser à cause de l'aménagement de multiples barrages dans le réseau (Paragamian *et al.*, 2005).

### Digues

La colonisation des plaines inondables du bas Fraser par les Européens a entraîné le défrichage de terres à grande échelle, l'aménagement de réseaux de digues et de fossés de drainage et la conversion de zones riveraines et inondables en terres agricoles (Rosenau et Angelo, 2005). La modification de la plus grande envergure des plaines inondables du bas Fraser a été le drainage du lac Sumas. Ce dernier constituait un important habitat de grossissement des esturgeons et des saumons. Le lac mesurait environ 40 km<sup>2</sup> de superficie et pouvait atteindre les 120 km<sup>2</sup> quand le niveau de l'eau était élevé. Les tronçons inférieurs de la rivière Chilliwack, cours d'eau qui alimentait le lac, ont été dérivés vers un canal (le canal Vedder), puis le lac a été asséché par des travaux d'endiguement, d'aménagement de canaux et d'installation de stations de pompage.

La vallée du bas Fraser compte maintenant plus de 300 km de digues, et un réseau de digues provisoires moins étendu se trouve dans la région de Prince George. Dans la vallée de Creston (UD de la haute Kootenay), les digues protègent environ une zone de 10 000 ha qui constituait autrefois un milieu humide. Un des effets des digues sur l'esturgeon blanc est de réduire le nombre de chenaux secondaires à écoulement libre et d'empêcher l'inondation saisonnière des zones riveraines. Or, ces zones d'habitat sont réputées être importantes pour la fraye et la survie des œufs et des larves de l'espèce (Perrin *et al.*, 2003; Coutant, 2004).

### Dragage

La plupart des activités de dragage dans le bas Fraser sont associées soit à la navigation, soit à la protection contre les crues; toutefois, sauf dans certaines zones, le dragage est peu susceptible de réduire les risques d'inondation (Lower Fraser River Hydraulic Model, 2006). Le dragage dans la région à marée du bas Fraser sert à approfondir les chenaux aux fins de navigation. Les effets de ce dragage sur l'esturgeon blanc ne sont pas clairs, mais l'on sait que l'approfondissement des chenaux fait augmenter la salinité de l'eau au fond de ces chenaux. Or, à marée descendante, les jeunes de l'année trop petits pour survivre aux changements de salinité (Amiri *et al.*, 2009) peuvent être entraînés dans les chenaux. En revanche, une étude récente dans le bas Columbia (Parsley *et al.*, 2011) a montré que le dragage et l'élimination des déchets de dragage n'avaient aucun effet sur le comportement naturel des esturgeons blancs juvéniles.

## Pêches

Dans le bas Fraser, on pratique la pêche saisonnière des saumons du Pacifique (*Oncorhynchus* spp.) au filet dérivant, ce qui entraîne des prises accessoires d'esturgeons blancs. Une pêche expérimentale saisonnière visant à estimer la vigueur des différents stocks de saumons a également cours. Normalement, les prises accessoires des pêches au filet dérivant sont remises à l'eau, mais il arrive parfois qu'un esturgeon meure dans le filet. Il y a des preuves solides de certaines mortalités après remise à l'eau et d'effets sublétaux aux conséquences inconnues (Robichaud *et al.*, 2006). Les pêcheurs des Premières Nations relâchent volontairement les esturgeons de leurs filets; cependant, si un individu d'une population non inscrite sur la liste de la LEP (p. ex. UD du bas Fraser) meurt dans un filet, ils ont le droit de le garder. La mortalité combinée de la pêche au filet dérivant et de la pêche expérimentale ciblant les saumons représente environ 8 % de la mortalité totale estimée des esturgeons (Robichaud *et al.*, 2006). De plus, la pêche récréative à l'esturgeon blanc avec remise à l'eau est pratiquée dans le bas et le moyen Fraser (à partir du pont de Mission jusqu'aux environs de la rivière Williams Lake, en Colombie-Britannique). La mortalité due à la pêche à la ligne et à la remise à l'eau dans l'UD du bas Fraser est estimée à 2,7 % (Robichaud *et al.*, 2006). Puisque les relevés par pêche à la ligne estiment que de 30 000 à 40 000 esturgeons blancs sont manipulés annuellement dans le bas Fraser (D. Jesson, comm. pers., 2012), le nombre d'esturgeons qui meurent par année par pêche à la ligne s'élèverait donc à environ 800 à 1 000 individus. Les effets psychologiques sublétaux, qui n'ont pas été étudiés, pourraient aussi expliquer la productivité réduite de l'UD du bas Fraser. En outre, la pêche récréative dans les cours inférieur et moyen du Fraser, très populaire, devrait croître et exercer encore plus de pression sur les poissons qui y vivent. Dans le reste du réseau du Fraser, la pêche à l'esturgeon est interdite, mais des prises accessoires sont consignées dans les pêches visant les saumons, y compris dans celle pratiquée dans la rivière Nechako.

La pêche à l'esturgeon est interdite dans la portion canadienne du réseau du Columbia, mais la pêche récréative au saumon arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) et au doré jaune capture parfois des esturgeons. Wood *et al.* (2007) ont estimé à 0,07 % le taux de mortalité annuelle des esturgeons due aux prises accessoires dans les pêches récréatives.

Une menace non documentée, mais possible, dans le bas Fraser est la présence de « filets fantômes », c'est-à-dire de filets de pêche commerciale qui sont perdus, mais qui continuent de capturer des poissons. Par exemple, dans le bas Columbia, 154 calées de grappin ont récupéré 33 filets perdus, qui contenaient 126 esturgeons blancs. Les filets récemment perdus capturaient un nombre significativement plus élevé d'esturgeons blancs que les filets plus vieux, et les filets au large depuis moins de 1 an étaient responsables de 63 % du taux de prise total par filets fantômes. Les filets au large depuis 1 à 4 ans représentaient 24 % des prises, et les filets au large depuis plus de 4 ans, 13 %. Dans le bas Columbia, une dizaine de filets sont perdus chaque année, et la durée de vie estimée des filets perdus est d'environ 7 ans. En conséquence, dans le bas Columbia, les filets fantômes peuvent tuer plus de 545 esturgeons blancs par année (Kappenman et Parker, 2007). Des données comparables ne sont toutefois pas disponibles pour le bas Fraser.

### Déclins des poissons-proies

Historiquement, tant dans le bas Fraser que dans le bas Columbia, l'esturgeon blanc réalise des migrations selon les saisons pour suivre les remontes de poissons anadromes, notamment les saumons du Pacifique, les eulakanes et les lamproies (*Entosphenus* et *Lampetra* spp.). Dans le Fraser, ces remontes connaissent un déclin soutenu ces dernières décennies, bien que certaines remontes vigoureuses soient encore observées de manière occasionnelle et imprévue (p. ex. le saumon rouge en 2010 et l'eulakane en 2003). Dans le cas de l'eulakane, des effondrements périodiques ont lieu depuis le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle (Moody, 2008). Les eulakanes de l'UD du Fraser sont d'ailleurs actuellement désignés « espèce en voie de disparition » (COSEPAC, 2011). L'esturgeon blanc étant une espèce à forte longévité, il peut probablement survivre aux effondrements périodiques de ses principales sources de nourriture, mais, si les espèces proies continuent de décliner, leur perte nuira certainement à l'espèce dans ces cours d'eau.

### Exploitation de gravier

Dans une étude de l'impact humain sur l'habitat aquatique entre Hope et Mission, Rosenau et Angelo (2007) ont examiné la question litigieuse de l'exploitation du gravier dans le Fraser. Les activités d'exploitation du gravier sont particulièrement préoccupantes dans les chenaux secondaires. Dans le bas Fraser, la plupart des frayères connues de l'esturgeon blanc se trouvent dans ces chenaux secondaires (Perrin *et al.*, 2003) de la région de dépôt graveleux entre Hope et Chilliwack.

L'exploitation commerciale du gravier dans cette partie de l'habitat de l'UD du bas Fraser a commencé dans les années 1950 et se poursuit toujours. À l'état naturel, les chenaux secondaires sont formés d'un substrat stable de gravier et de galets. Or, pour accéder au gravier et pouvoir l'extraire, la couche de galets doit être enlevée, ce qui approfondit beaucoup le chenal et accentue la pente des berges. Le chenal se retrouve aussi dépourvu de la couche de protection. On ne sait pas très bien à quel rythme, le cas échéant, les périodes annuelles de niveau d'eau élevé remplacent le gravier enlevé. Par le passé, des bermes ont été aménagées à l'entrée amont des chenaux exploités. Les bermes n'ont pas été enlevées; par conséquent, certains chenaux secondaires sont devenus des marécages et ne conviennent donc plus comme aires de fraye aux esturgeons blancs.

### Espèces introduites

Même si l'esturgeon blanc a peu de prédateurs dans les eaux intérieures, les larves et les individus de moins d'un an peuvent être susceptibles à la prédation. Ils coexistent avec des prédateurs indigènes depuis des milliers d'années et survivent très bien; toutefois, ces dernières années, plusieurs prédateurs exotiques se sont établis dans l'habitat de l'esturgeon blanc. Par exemple, l'achigan à petite bouche (*Micropterus dolomieu*) et l'achigan à grande bouche *M. salmoides*) se sont établis dans le cours inférieur du Fraser, et le doré jaune, dans le Columbia. Les dorés jaunes juvéniles sont réputés manger les esturgeons de moins d'un an (Gadomski et Parsley, 2005b). Ces prédateurs introduits ne chassent pas de la même manière ni dans les mêmes milieux que les prédateurs qui ont coévolué avec l'esturgeon blanc. On ne sait pas encore s'ils ont des effets néfastes considérables sur les jeunes esturgeons.

### Braconnage

Pour des raisons évidentes, le braconnage est une activité discrète. Par conséquent, il est difficile d'estimer l'ampleur de cette menace. Néanmoins, en 2010, 48 incidents ou violations concernaient l'esturgeon blanc. Parmi eux, 9 étaient des cas de braconnage (Herb Redekopp, MPO, comm. pers., 2011). Il est possible que la vente de produits issus de l'esturgeon blanc par des piscicultures locales ait une incidence sur le braconnage. La popularité grandissante des produits d'esturgeons d'élevage vendus légalement diminuera peut-être le braconnage. Par contre, le braconnage pourrait augmenter puisqu'il sera plus facile de faire passer des esturgeons sauvages pour des esturgeons d'élevage.

## Qualité de l'eau

Les tendances de la qualité de l'eau et la forte sensibilité apparente des larves d'esturgeons blancs aux diverses toxines sont résumées dans FRWSWG (2005). Le ministère de l'Environnement, des Terres et des Parcs (Ministry of Environment, Lands and Parks) et Environnement Canada (1996a, 1996b, 1997, 2000) ont publié une analyse des tendances de la qualité de l'eau. Bien qu'on ait documenté l'amélioration des tendances de nombreux paramètres, notamment les halogènes organiques adsorbables (AOX), le chlorure et le plomb, des tendances spatiales préoccupantes ont été observées dans le cas d'un grand nombre d'indicateurs paramétriques (couleur, teneurs en coliformes fécaux, en résidus non filtrables, en ammoniac, en vanadium et en molybdène, turbidité, concentrations de baryum, de nickel, de chlorure, de sodium, de phosphore, de cuivre et d'AOX) (FRWSWG, 2005). En dépit de la grande variété de polluants présents dans le bas Fraser, l'analyse des carcasses d'adultes prélevées en 1993 et en 1994 a révélé des teneurs relativement faibles en polluants (McAdam, 1995). Cela s'explique peut-être par le régime alimentaire des adultes, qui consiste largement en saumons et en eulakanes (espèces proies principalement marines), ce qui donne à penser que les esturgeons blancs adultes du bas Fraser sont moins susceptibles de souffrir des effets locaux des polluants pouvant s'accumuler dans leurs sources de nourriture. Par contre, puisque les esturgeons blancs juvéniles dépendent de proies locales telles que les invertébrés benthiques et les jeunes poissons, ils peuvent être plus vulnérables aux polluants. Le projet de canalisation de bitume dans la rivière Stuart (groupe de la Nechako de l'UD du haut Fraser) près d'une zone utilisée par l'esturgeon blanc pose aussi des menaces potentielles (liées à l'aménagement de la canalisation et aux fuites possibles).

### **Facteurs limitatifs**

L'esturgeon blanc est une créature mobile qui utilise différents milieux en fonction des saisons et des divers stades de son cycle vital. Par conséquent, la perte ou la dégradation de toute zone d'habitat utilisée par cette espèce pourrait limiter ses effectifs. Certaines zones d'habitat sont plus importantes pour la survie et l'abondance de l'espèce que d'autres. Les frayères en sont un exemple. Pour assurer le succès reproducteur, l'esturgeon blanc nécessite d'une gamme étroite de températures de l'eau, de vitesses du courant et de substrats. De plus, l'espèce semble se montrer fidèle à certaines frayères et continue d'utiliser des sites dégradés même si ses œufs survivent rarement à l'éclosion (Liebe *et al.*, 2004; Paragamian *et al.*, 2009).

Les aires de grossissement convenant aux premiers stades vitaux forment un autre habitat important. Coutant (2004) a émis ce que l'on appelle désormais « l'hypothèse de l'habitat riverain » (« *riparian habitat hypothesis* ». En gros, l'auteur a proposé qu'un habitat riverain submergé une partie de l'année était nécessaire pour assurer le développement efficace des premiers stades vitaux. Selon cette hypothèse, des chenaux secondaires complexes ainsi que la présence d'une végétation inondée en saison ou d'un substrat rocheux sont requis pour permettre l'incubation des œufs et la survie des larves. van der Leeuw *et al.* (2006) ont observé des embryons, des embryons libres et des larves dans des milieux riverains peu profonds saisonnièrement inondés du bas Columbia et validé l'hypothèse principale de Coutant. McAdam *et al.* (2005), toutefois, ont testé cette hypothèse dans la rivière Nechako et l'ont infirmée. Dans le bas Fraser, Perrin *et al.* (2003) ont documenté le succès reproducteur d'esturgeons blancs (production d'œufs pouvant être fécondés et de larves viables) dans des chenaux secondaires. On en sait peu sur l'utilisation de l'habitat et l'écologie des esturgeons qui ont accompli la plus grande partie de leur métamorphose durant leur première année de vie, et il s'agit là d'une énorme lacune dans les connaissances.

Dans le bas Fraser, à l'été, les juvéniles (> 20 m) fréquentent plus les marécages et les chenaux secondaires que les adultes (Lane et Rosenau, 1995; Glova *et al.*, 2010). La disponibilité de ce genre d'habitat a diminué graduellement depuis l'arrivée des Européens, mais on ne sait pas très bien comment cette diminution a influé sur les effectifs d'esturgeons. À l'hiver, les juvéniles utilisent les mêmes aires d'hivernage que les adultes. L'importance de ces aires d'hivernage dans le bas Fraser n'est pas connue. Toutefois, l'observation d'individus qui retournent dans les mêmes aires année après année (Neufeld *et al.*, 2010) laisse croire que ces dernières constituent un habitat important. Pour les esturgeons des eaux intérieures (p. ex. ceux du groupe du haut Fraser), les aires d'hivernage convenables peuvent être un important habitat.

## PROTECTION, STATUTS ET CLASSEMENTS

### Statuts et protection juridiques

Quatre des six groupes d'esturgeons blancs canadiens reconnus (définis comme des « populations importantes à l'échelle nationale », ou PIEN, selon les critères antérieurs du COSEPAC), soit ceux de la haute Kootenay, de la Nechako, du haut Columbia et du haut Fraser, figurent à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) à titre d'espèces en voie de disparition (Registre public des espèces en péril, 2010). Le COSEPAC a évalué les PIEN du bas et du moyen Fraser en 2003, mais, pour des raisons socioéconomiques (importance de ces PIEN pour les pêches récréative et autochtone), elles n'ont pas été inscrites à la LEP. Les dispositions sur la protection de l'habitat de la *Loi sur les pêches* ont récemment été modifiées de sorte que seuls les poissons d'intérêt pour les pêches récréative, commerciale et autochtone sont désormais protégés. Il est donc possible que différentes populations d'esturgeons blancs fassent l'objet de niveaux de protection différents (ou qu'elles ne soient pas du tout protégées) aux termes de la nouvelle *Loi sur les pêches* proposée, qui devrait être

achevée en 2013. Dans le Fraser et la portion canadienne du réseau du Columbia, la *Water Act* et la *Land Act* du gouvernement provincial ainsi que des lois municipales peuvent protéger l'habitat de l'esturgeon en Colombie-Britannique. Dans toute la province, la pêche récréative à l'esturgeon en est devenue une avec remise à l'eau en 1994, et elle a été fermée complètement dans certains endroits (rivière Kootenay River [1990] et rivière Nechako River [1994]). En outre, la pêche à l'esturgeon dans le réseau du Columbia en amont du barrage HLK a été interdite, et, en 1997, la portion canadienne du fleuve située entre le barrage HLK et la frontière avec les États-Unis a également été fermée à la pêche. Aux États-Unis, la pêche à l'esturgeon dans le segment intermontagnard de la rivière Kootenay, au Montana, a été interdite en 1979. En Idaho, la remise à l'eau des esturgeons a été imposée en 1984, et, en septembre 1994, aux termes de l'*Endangered Species Act* des États-Unis, la population de la rivière Kootenai a été désignée en voie de disparition (« endangered »).

### **Statuts et classements non juridiques**

À l'échelle mondiale, l'esturgeon blanc est coté G4 (apparemment non en péril à l'échelle mondiale, mais préoccupante à l'échelle locale) par NatureServe. Cependant, six groupes canadiens sont classés séparément. Trois de ces groupes (Kootenay, haut Fraser et Nechako) sont cotés G4T1Q (gravement en péril). Les populations du moyen et du bas Fraser sont classées G4T2Q (en péril). La population du haut Columbia a reçu la cote G4T3T4Q (en péril). La base de données du Conservation Data Centre de la Colombie-Britannique a inscrit les six groupes canadiens d'esturgeons blancs sur sa liste rouge.

### **Protection et propriété de l'habitat**

La *Loi sur les pêches* du gouvernement fédéral accorde à Pêches et Océans le pouvoir de protéger et de conserver les poissons et leur habitat, lequel est essentiel pour assurer la viabilité des pêches commerciale, récréative et autochtone. À l'heure actuelle, l'article 35 de cette loi protège l'esturgeon blanc contre la détérioration, la destruction et la perturbation de son habitat, mais les modifications proposées (qui devraient entrer en vigueur en janvier 2013) pourraient offrir des niveaux de protection différents selon les populations d'esturgeons. Les populations qui ne sont pas ciblées par les pêches commerciale, récréative ou autochtone, soit celles des UD du haut Fraser, du haut Columbia et de la haute Kootenay, ne seront plus protégées par la *Loi sur les pêches*. Tous les cours d'eau canadiens fréquentés par l'esturgeon blanc appartiennent à la Couronne. En tant que cours d'eau transfrontaliers, le Columbia et la Kootenay sont des cas spéciaux et font donc l'objet d'obligations environnementales imposées par la Commission mixte internationale (CMI) et le Traité du fleuve Columbia.

À l'échelle provinciale, l'article 4 de la *Fish Protection Act* de la Colombie-Britannique désigne certains cours d'eau comme des « cours d'eau protégés » (« *protected rivers* »). Le fleuve Fraser et la rivière Stuart, qui font partie des « cours d'eau protégés », abritent l'esturgeon blanc. La *Fish Protection Act* de la Colombie-Britannique empêche notamment la construction de barrages d'une berge à l'autre dans

les cours d'eau protégés. Des règlements sur les zones riveraines sont également pris en application de cette loi. Les zones riveraines bordent les cours d'eau, les lacs et les milieux humides. Elles relient les cours d'eau aux terres, et les arbres, arbustes et herbes (y compris ceux dans les zones riveraines inondées une partie de l'année) fournissent un habitat aux poissons et influent directement sur celui-ci. Des faits probants viennent appuyer l'importance des zones riveraines inondées une partie de l'année pour le succès reproducteur de l'esturgeon blanc (van der Leeuw *et al.*, 2006).

## REMERCIEMENTS ET EXPERTS CONTACTÉS

Les personnes suivantes ont généreusement partagé leurs connaissances sur l'esturgeon blanc.

Jeff Burrows, Senior Fisheries Biologist, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, #401 – 333 Victoria Street, Nelson, BC V1L 4K3.

Duane Jesson, Sr. Fish Biologist, BC FLNRO, Surrey, BC

Steve O. McAdam, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique et The University of British Columbia, 2202 Main Mall, The University of British Columbia, Vancouver, BC V6T 1Z4.

Troy C. Nelson, Fraser River Sturgeon Conservation Society, 300 - 1682 West 7th Avenue, Vancouver, BC V6J 4S6.

Matthew Neufeld, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, #401-333 Victoria St., Nelson, BC, V1L 4K3.

Sue Pollard, Species Specialist, Aquatic Ecosystem Science Section, gouvernement provincial de la Colombie-Britannique, Victoria, BC.

M. Ramsey, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, gouvernement provincial de la Colombie-Britannique, Williams Lake, BC.

Herb Redekopp, Pêches et Océans Canada, Conservation et Protection, secteur du bas Fraser.

Marvin L. Rosenau (Ph.D.), British Columbia Institute of Technology (BCIT), Burnaby, BC V5G 3H2.

Greg Wilson, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, gouvernement provincial de la Colombie-Britannique, Victoria (Colombie-Britannique).

Nous remercions également les divers réviseurs du présent rapport de leur contribution.

## SOURCES D'INFORMATION

- Amiri, B.M., D.W. Baker, J.D. Morgan et C.J. Brauner. 2009. Size dependent early salinity tolerance in two sizes of juvenile white sturgeon, *Acipenser transmontanus*, *Aquaculture* 286:121-126.
- Anders, P.J., et M. Powell. 2002. Geographic and frequency distributions of control region length variation in the mtDNA genome of White Sturgeon (*Acipenser transmontanus*) from the Columbia River Basin, chapitre 2, in Anders, P.J. 2002. *Conservation Biology of White Sturgeon*, thèse de doctorat, University of Idaho, Aquaculture Research Institute, Center for Salmonid and Freshwater Species at Risk, 221 p.
- Austin, M.A., D.A. Buffett, D.J. Nicholson, G.G.E. Scudder et V. Stevens (dir.). 2008. Taking nature's pulse: The status of biodiversity in British Columbia, Biodiversity BC, Victoria (Colombie-Britannique), 268 p., disponible à l'adresse : [www.biodiversitybc.org](http://www.biodiversitybc.org) (en anglais seulement).
- Beamesderfer, R., C. Justice, M. Neufeld, P. Rust, V. Paragamian et S. Ireland. 2009. Kootenai White Sturgeon Status update, mise à jour préparée pour la Bonneville Power Administration, 41 p.
- Bennett, W. R., G. Edmondson, E. D. Lane et J. Morgan. 2005. Juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) habitat and distribution in the Lower Fraser River, downstream of Hope, BC, Canada, *Journal of Applied Ichthyology* 21:375-380.
- Bennett, W. R., G. Edmondson, K. Williamson et J. Gelley. 2007. An investigation of the substrate preference of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) eleutheroembryos, *Journal of Applied Ichthyology* 23:539-542.
- Brannon, E., A. Setter, M. Miller, S. Brewer, G. Winans, F. Utter, L. Carpenter et W. Hershberger. 1986. Columbia River white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) population genetics and early life history study – Final Report – January 1, 1986 – December 31, 1986, Project 83-316. Contract No. DE-A179-84BP18952.
- Brown, J. R., A. T. Beckenbach et M. J. Smith. 1993. Intraspecific DNA sequence variation of the mitochondrial control region of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*), *Molecular Biology and Evolution* 10:326–341.
- Brown, J. R., Beckenbach, A. T., Smith et M. J., 1992a. Influence of Pleistocene glaciations and human intervention upon mitochondrial DNA diversity in white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) populations, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49:358-367.
- Brown, J.R., A. T. Beckenbach et M.J. Smith. 1992b. Mitochondrial DNA length variation and heteroplasmy in populations of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*), *Genetics* 134:221-228.
- COSEPAC 2011. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'eulakane (*Thaleichthys pacificus*) – population centrale de la côte du Pacifique, population du fleuve Fraser, population des rivières Nass et Skeena au Canada, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 1-98 p.

- COSEPAC 2012a. Lignes directrices pour reconnaître les unités désignables, Annexe F5 du *Manuel des opérations et procédures du COSEPAC*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC), Ottawa. 1-6 p.
- COSEPAC. 2003. Rapport de situation du COSEPAC sur l'esturgeon blanc (*Acipenser transmontanus*) au Canada – Mise à jour, in *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'esturgeon blanc (Acipenser transmontanus) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 1-57 p.
- COSEWIC 2012b. ATK-Source report on White Sturgeon *Acipenser transmontanus* in Canada, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, 1-31 p.
- Counihan, T.D., A.I. Miller, M.G. Mesa et M.J. Parsley. 1998. The effects of dissolved gas super saturation on White Sturgeon larvae, *Transactions of the American Fisheries Society* 127:316-322.
- Coutant, C.C. 2004. A riparian habitat hypothesis for successful reproduction of white sturgeon, *Reviews in Fisheries Science* 12:23-73.
- Crass, D.W., et R.H. Gray. 1982. Snout dimorphism in white sturgeon, *Acipenser transmontanus*, from the Columbia River at Hanford, Washington, *Fisheries Bulletin* 80(1):158-160.
- Dixon, B.M. 1986. Age, growth and migration of White Sturgeon in the Nechako and upper Fraser rivers of British Columbia, BC Ministry of Environment, Fisheries Technical Circular No. 70, 27 p.
- Duke, S., P. Anders, G. Ennis, R. Hallock, J. Hammond, S. Ireland, J. Laufle, R. Lauzier, L. Lockhard, B. Marotz, V.L. Paragamian et R. Westerhof. 1999. Recovery of Kootenai River white sturgeon (*Acipenser transmontanus*), *Journal of Applied Ichthyology* 15:157-163.
- Echols, J.C. 1995. Review of Fraser River white sturgeon, Fraser River Action Plan, Fishery Management group et Pêches et Océans Canada, 33 p.
- EDI (Environmental Dynamics Inc.). 2005. Assessment of Juvenile White Sturgeon (*Acipenser transmontanus*) Abundance and Distribution in the Nechako River; Development of an Index of Juvenile Recruitment, évaluation préparée pour la Nechako River White Sturgeon Recovery Initiative, Project No. 05-BC-0138
- Feist, G.W., M.A.H. Webb, D.T. Gundersen, E.P. Foster, C.B. Schreck, Alec G. Maule, et M.S. Fitzpatrick. 2005. Evidence of detrimental effects of environmental contaminants on growth and reproductive physiology of White Sturgeon in impounded areas of the Columbia River, *Environmental Health Perspective*, décembre 2005, 113(12):1675-1682.
- Fontana, F., L. Congiu, L., V.A. Mudrak, J.M Quattro, T.I.J. Smith, K. Ware et S.I. Doroshov. 2008. Evidence of a hexaploid karyotype in shortnose sturgeon, *Genome* 51:113-119.

- FRWSWG. 2005. Fraser River White Sturgeon Working Group. 2005. Fraser River white sturgeon conservation plan, rapport préparé pour la Fraser River Sturgeon Conservation Society par Solander Ecological Research, Victoria (Colombie-Britannique).
- Gadomski, D.M., et M.J. Parsley. 2005a. Effects of turbidity, light level, and cover on predation of White Sturgeon larvae by Prickly Sculpins, *Transactions of the American Fisheries Society* 134:369-374.
- Gadomski, D.M., et M.J. Parsley. 2005b. Laboratory studies on the vulnerability of young White Sturgeon to predation, *North American Journal of Fisheries Management* 25:667-674.
- Glavin, T. 1994. *Ghost in the water*, New Star Books, Vancouver (Colombie-Britannique).
- Glova, G., T. Nelson et R. Roberts. 2009. An interim report on the stewardship approach toward the development of a White Sturgeon habitat conservation and protection strategy in the lower Fraser River, 2008-09, rapport préparé pour la Fraser River Sturgeon Conservation Society par LGL Limited, 9768 2<sup>nd</sup> St. Sidney (Colombie-Britannique).
- Glova, G., T. Nelson, K. English et T. Mochizuki. 2008. A preliminary report on juvenile White Sturgeon habitat use in the lower Fraser River, 2007-2008, rapport préparé pour la Fraser River Sturgeon Conservation Society par LGL Limited, 9768 2<sup>nd</sup> St., Sidney (Colombie-Britannique).
- Glova, G., T. Nelson, K. English et T. Mochizuki. 2010. Investigations of juvenile White Sturgeon abundance and habitat use in the lower gravel reach of the lower Fraser River, 2009-2010, rapport préparé pour la Fraser River Sturgeon Conservation Society par LGL Limited, 9768 2<sup>nd</sup> St. Sidney (Colombie-Britannique).
- Golder Associates Ltd. 2005. Upper Columbia River: White Sturgeon population dynamics and analysis, rapport préparé pour l'Upper Columbia River White Sturgeon Recovery Initiative, Castlegar (Colombie-Britannique).
- Golder Associates Ltd. 2006. White Sturgeon spawning at Waneta, 2005 investigations, rapport préparé pour Teck Cominco Metals et BC Hydro, Golder Report No. 05-1480-030F : 40 p. + 1 annexe.
- Golder Associates Ltd. 2008. Middle Columbia River white sturgeon spawn monitoring study: 2007 investigations, data report, ébauche de rapport préparée pour BC Hydro, Revelstoke (Colombie-Britannique), Golder Report No. 07-1480-0053F : 12 p. + planches + 2 annexes.
- Golder Associates Ltd. 2009a. Upper Columbia River juvenile white sturgeon monitoring: Phase 5 investigations, November 2006, rapport préparé pour BC Hydro, Revelstoke (Colombie-Britannique), Golder Report No. 06-1480-049F : 66 p. + 6 annexes.

- Golder Associates Ltd. 2009b. Environment and Public Safety Issues: Technical Due Diligence Review: Waneta Generating Station, rapport 09-1480-0037, préparé pour BC Hydro Engineering, et Aboriginal Relations and Generation, 6911 Southpoint Dr. Burnaby (Colombie-Britannique).
- Golder Associates Ltd. 2010. Middle Columbia River juvenile white sturgeon monitoring: 2009 investigations, rapport préparé pour BC Hydro, Castlegar (Colombie-Britannique), Golder report No. 09-1480-0045F : 47 p. + 3 annexes.
- Grande, L., et W.E. Bemis. 1996. Interrelationships of Acipenseriformes, with comments on "Chondrostei", p. 85-115, in Stiassny, M.L.J., L.R. Parenti et G.D. Johnson (dir.). *Interrelationships of Fishes*, Academic Press, San Diego.
- Hatfield, T. 2005. Fraser River White Sturgeon Conservation Plan, Solander Ecological Research, Victoria (Colombie-Britannique).
- Hatten, J.R., et M.J. Parsley. 2009. A spatial model of white sturgeon rearing habitat in the lower Columbia River, USA, *Ecological Modelling* 220:3638-3646.
- Hildebrand, L., C. McLeod et S. McKenzie. 1999. Status and management of white sturgeon in the Columbia River in British Columbia, Canada: an overview, *Journal of Applied Ichthyology* 15:164–172.
- Hilton, E.J., et L. Grande. 2006. Review of the fossil record of Sturgeon, Family Acipenseridae (Actinopterygii: Acipenseriformes) from North America, *Journal of Paleontology* 80:672-683.
- Howell, M.D., et J.G. McLennan. 2007. Lake Roosevelt White Sturgeon Recovery Project, rapport annuel avril 2006-mars 2007, Washington Department of Fish and Wildlife, Region 1 (Northeast), 2315 N. Discovery Place, Spokane (Washington).
- Ireland, S.C., R. C. P. Beamesderfer, V. L. Paragamian, V. D. Wakkinen et J. T. Siple. 2002. Success of hatchery-reared juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) following release in the Kootenai River, Idaho, USA, *Journal of Applied Ichthyology* 18:642-650.
- Irvine, R.L., D.C. Schmidt et L.R. Hildebrand. 2007. Population Status of White Sturgeon in the Lower Columbia River within Canada, *Transactions of the American Fisheries Society* 136:1472-1479.
- Jager H.I., W. Van Winkle, K. Lepla et J. Chandler. 2001. A theoretical study of river fragmentation by dams and its effects on white sturgeon populations, *Environmental Biology of Fishes* 60:347–361.
- Jager, H.I. 2005. Genetic and demographic implications of aquaculture on white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) conservation, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62:1733–1745
- Jager, H.I. 2006a. Chutes and ladders and other games we play with rivers. I. Simulated effects of upstream passage on white sturgeon, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63:165-175.

- Jager, H.I. 2006b. Chutes and ladders and other games we play with rivers. II. Simulated effects of translocation on white sturgeon, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63:176-185.
- Johannessen, D.I., et P.S. Ross. 2002. Late-run sockeye at risk: an overview of environmental contaminants in Fraser River salmon habitat, *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences* 2429:108 p.
- Johnsen, T.F., et T.A. Brennand. 2004. Late-glacial lakes in the Thompson Basin, British Columbia: paleogeography and evolution, *Canadian Journal of Earth Sciences* 41:1367-1383.
- Jordan, D.S., et B.W. Evermann. 1896-1900. The Fishes of North and Middle America, *Bulletin of the U.S. National Museum* 47 (1-4):3313 p.
- Justice, C., B.J. Pyper, R.C.P. Beamesderfer, V.L. Paragamian, P.J. Rust, M.D. Neufeld et S.C. Ireland. 2009. Evidence of density- and size-dependent mortality in hatchery-reared juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) in the Kootenai River, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 66:802-815.
- Kappenman, K.M., W.C. Fraser, M. Toner, J. Dean et M.A. Webb. 2009. Effect of temperature on growth, condition, and survival of juvenile Shovelnose Sturgeon, *Transactions of the American Fisheries Society* 138:927-937.
- Kappenman, K.M., et B.L. Parker. 2007. Ghost Nets in the Columbia River: Methods for Locating and Removing Derelict Gill Nets in a Large River and an Assessment of Impact to White Sturgeon, *North American Journal of Fisheries Management* 27:804-809.
- Kock, T.J., J.L. Congelton et P.J. Anders. 2006. Effects of sediment cover on survival and development of white sturgeon embryos, *North American Journal of Fisheries Management* 26:134-141.
- Korman, J., et C. Walters. 2001. Nechako River white sturgeon recovery planning: Summary and stock assessment and Oct. 2-3 2000 workshop, rapport préparé par Ecometric Research pour BC Fisheries, 22 p.
- Krause, G., et M. Webb. 2006. Upper Columbia River White Sturgeon Contaminant and Deformity Evaluation and Summary, préparé pour l'Upper Columbia River White Sturgeon Recovery Team, 114 p. +9 annexe.
- Kynard, B., E. Parker et B. Kynard. 2010. Ontogenetic behavior of Kootenai River White Sturgeon, *Acipenser transmontanus*, with a note on body color: A laboratory study, *Environmental Biology of Fishes* 88:65-77.
- Kynard, B., E. Parker, B. Kynard et T. Parker. 2007. Dispersal characteristics, drift distance, and wintering behavior of young Kootenai River White Sturgeon: A laboratory study, rapport final pour le Department of Fish and Game de l'Idaho, Boise (Idaho).

- Lackey, R.T., D.H. Lach et S.L. Duncan. 2006. Wild salmon in western North America: Forecasting the most likely status in 2100, p. 57-98, in R.T. Lackey, D.H. Lach et S.L. Duncan (dir.). *Salmon 2100: The Future of Wild Pacific Salmon*, American Fisheries Society, Bethesda (Maryland).
- Lane, E.D., et M.L. Rosenau. 1995. The conservation of sturgeon in the lower Fraser River watershed. A baseline investigation of habitat, distribution, age and population of juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) in the lower Fraser River downstream of Hope, B.C., Habitat Conservation Fund Project Final Report.
- Laufle, R. Lauzier, L. Lockhard, B. Marotz, V.L. Paragamian et R. Westerhof. 1999. Recovery of Kootenai River white sturgeon (*Acipenser transmontanus*), *Journal of Applied Ichthyology* 15:157-163.
- Liebe, R., W. Rublee, G. Sykes et R. Manson. 2004. Adult White Sturgeon monitoring – Nechako River 2004, préparé pour Alcan Primary Metal, Kitimat (Colombie-Britannique), Triton Environmental Consultants Ltd. Report 3518/WP-P1080, 40 p. + 4 annexes.
- Lower Fraser Flood Control Model. 2006. Final Report. Fraser Basin Council, 1st Floor, 470 Granville, Vancouver (Colombie-Britannique).
- Ludwig, A., N.H. Belfiore, C. Pitra, V. Svirsky et I. Jenneckens. 2001. Genome duplication events and functional reduction of ploidy levels in *Acipenser*, *Huso*, and *Scaphirhynchus*, *Genetics* 158:1203-1215.
- MacDonald, D.D., M.G. Ikononou, A.-L. Rantalainen, I.H. Rogers, D. Sutherland et J. van-Oostdam. 1997. Contaminants in white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) from the upper Fraser River, British Columbia, *Environmental Toxicology and Chemistry* 16:479–490.
- McAdam, S. 1995. Report on the mortalities of Fraser River white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) during the summer-fall period of 1993-94, rapport inédit du Ministry of Environment de la Colombie-Britannique.
- McAdam, S.O. 2011. Effects of substrate condition on habitat use and survival by white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) larvae and potential implications for recruitment, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 68:812-822.
- McAdam, S.O. 2012. Diagnosing white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) recruitment failure and the importance of substrate condition to yolk sac larvae survival, thèse de doctorat, Dept. of Zoology, University of British Columbia, Vancouver (Colombie-Britannique).
- McAdam, S.O., C.J. Walters et C. Nistor. 2005. Linkages between White Sturgeon recruitment and altered bed substrates in the Nechako River, Canada, *Transactions of the American Fisheries Society* 134:1448-1456.
- McCabe, G. T., Jr., et C. A. Tracy. 1994. Spawning and early life history of white sturgeon, *Acipenser transmontanus*, in the lower Columbia River, *Fishery Bulletin* 92:760-772.

- McDonald, R., J. Nelson, M. Asce, V. Paragamian et G. Baton. 2010. *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 136:1078-1092.
- McPhail, J.D. 2007. *Freshwater Fishes of British Columbia*, University of Alberta Press, Edmonton.
- Mecklenburg, C.W., T.A. Mecklenburg et L.K. Thorsteinson. 2002. *Fishes of Alaska*, American Fisheries Society, Bethesda (Maryland).
- Miller, A.I., et L.G. Beckman. 1996. First record of predation on white sturgeon eggs by sympatric fishes, *Transactions of the American Fisheries Society* 125:338-340.
- Moody, M.F. 2008. Eulachon past and present, thèse de maîtrise ès sciences, University of British Columbia.
- Moore, W.S. 1995. Inferring phylogenies from mtDNA variation: mitochondrial-gene trees versus nuclear-gene trees, *Evolution* 49:718-749.
- Moyle, P.B., 2002. *Inland Fishes of California*, University of California Press (Berkeley).
- Muir, W.G., G.T. McCabe, M.J. Parsley et S.A. Hinton. 2000. Diet of first-feeding larvae and young-of-the-year white sturgeon in the lower Columbia River, *Northwest Science* 74:25-33.
- Narum, S.P. 2006. Beyond Bonferroni: Less conservative analyses for conservation genetics, *Conservation Genetics* 7:783-787.
- Nelson, R.J., et D.S.O. McAdam. 2012. Historical population structure of White Sturgeon in the Upper Columbia River detected with combined analysis of capture, telemetry and genetics, *Journal of Applied Ichthyology* (2012):1–7.
- Nelson, T.C., W.J. Gazey et K.K. English. 2007. Status of White Sturgeon in the lower Fraser River: Report on the findings of the lower Fraser River White Sturgeon monitoring and assessment program 2006, Fraser River Sturgeon Conservation Society, Vancouver (Colombie-Britannique).
- Nelson, T.C., W.J. Gazey et K.K. English. 2010. Status of White Sturgeon in the lower Fraser River: Report on the findings of the lower Fraser River White Sturgeon monitoring and assessment program 2009, Fraser River Sturgeon Conservation Society, Vancouver (Colombie-Britannique).
- Nelson, T.C., W.J. Gazey, D. Robichaud, K.K. English et T. Mochizuk. 2012. Status of White Sturgeon in the lower Fraser River: Report on the findings of the lower Fraser River White Sturgeon monitoring and assessment program 2011, Fraser River Sturgeon Conservation Society, Vancouver (Colombie-Britannique).
- Nelson, T.C., W.J. Gazey, D. Robichaud, K.K. English, T. Mochizuki, M.L. Rosenau et M. McAllister. 2011. Status of White Sturgeon in the lower Fraser River: Report on the findings of the lower Fraser River White Sturgeon monitoring and assessment program 2010, Fraser River Sturgeon Conservation Society, Vancouver (Colombie-Britannique).

- Nelson, T.C., W.J. Gazey, K.K. English et M.L. Rosenau. 2004. Status of White Sturgeon in the lower Fraser River: Report on the findings of the lower Fraser River White Sturgeon monitoring and assessment program 1999-2004, préparé pour la Fraser River Sturgeon Conservation Society par LGL Limited, 9768 2<sup>nd</sup> St., Sidney (Colombie-Britannique).
- Neufeld M.D., et P.J. Rust. 2009. Using passive sonic telemetry methods to evaluate dispersal and subsequent movements of hatchery-reared white sturgeon in the Kootenay River, *Journal of Applied Ichthyology* 25 (Suppl. 2):27-33.
- Neufeld M.D., et P.J. Rust. 2010. Movement and Habitat use of Adult Kootenay White Sturgeon in BC and Idaho: 2005-2008, Northwest Power and Conservation Council's Fish and Wildlife Program, en collaboration avec le Department of Fish and Game de l'Idaho et la Kootenai Tribe of Idaho.
- Neufeld, P., K. Teubert et J. Mothus. 2010. Distribution and migration of sonic-tagged Sturgeon with regards to overwintering habitat in the lower Fraser River: 2009-2010, British Columbia Institute of Technology, rapport présenté en vue de l'obtention d'un diplôme, disponible sur le site Web de la Fraser River Sturgeon Conservation.
- Nisbet, J. 1994. *Sources of the River*, Sasquach Books, Seattle.
- Northcote, T.G. 1973. Some impacts of man on Kootenay lake and its salmonids, Commission des pêcheries des Grands Lacs, Technical Report 2, Ann Arbor (Michigan).
- NWSRI (Nechako White Sturgeon Recovery Initiative). 2004. Recovery Plan for Nechako White Sturgeon, préparé par Golder Associates Ltd., 82 p + annexes.
- Paragamian, V.L., et R.C. Beamesderfer. 2003. Growth Estimates from tagged White Sturgeon suggest that ages from fin rays underestimate true age in the Kootenai River, USA and Canada, *Transactions of the American Fisheries Society* 132:895-903.
- Paragamian, V.L., et V.D. Wakkinen. 2002: The effects of flow and temperature on the spawning of Kootenai River white sturgeon, *Journal of Applied Ichthyology* 18:608-616.
- Paragamian, V.L., G. Kruse et V. Wakkinen. 2001. Spawning habitat of Kootenai River white sturgeon, post-Libby dam, *North American Journal of Fisheries Management* 21:22-33.
- Paragamian, V.L., R. McDonald, G.J. Nelson et G. Barton. 2009. Kootenai River velocities, depth, and white sturgeon spawning site selection – a mystery unraveled? *Journal of Applied Ichthyology* 5:640-646.
- Paragamian, V.L., R.C. Beamesderfer et S. Ireland. 2005. Status, Population dynamics, and future prospects of the endangered Kootenai River White Sturgeon population with and without hatchery Intervention, *Transactions of the American Fisheries Society* 134:518-532.

- Parsley, M. J., N. D. Popoff et J. G. Romine. 2011. Short-term response of sub-adult white sturgeon to hopper-dredge disposal operations, *North American Journal of Fisheries Management* 31:1-11.
- Parsley, M.J., et K.M. Kappenman. 2000. White sturgeon spawning areas in the lower Snake River, *Northwest Science* 74:192-201.
- Parsley, M.J., et L.G. Beckman. 2004. White sturgeon spawning and rearing habitat in the lower Columbia River, *North American Journal of Fisheries Management* 14:812-827.
- Parsley, M.J., L.G. Beckman et G.T. McCabe. 1993. Spawning, rearing, and habitat use by White Sturgeon in the Columbia River downstream of McNary Dam, *Transactions of the American Fisheries Society* 122:217-227.
- Parsley, M.J., N.D. Popoff, B.K. Van Der Leeuw et C.D. Wright. 2008. Seasonal and Diel Movements of White Sturgeon in the Lower Columbia River, *Transactions of the American Fisheries Society* 137:1007-117.
- Perrin, C.J., L.L. Rempel et M.L. Rosenau. 2003. White sturgeon spawning habitat in an unregulated river: Fraser River, Canada, *Transactions of the American Fisheries Society* 132:154-165.
- Première Nation Lheidli T'enneh. 2008. 2007 Assessment of upper Fraser White Sturgeon: Critical habitat identification, Population assessment and capacity development, File 2007AFSAR1270, préparé pour le Fonds autochtone pour les espèces en péril par la Première Nation Lheidli T'enneh, 1041 Whenun Road, Prince George (Colombie-Britannique).
- Première Nation Lheidli T'enneh. 2009. 2008 Assessment of upper Fraser White Sturgeon: Critical habitat identification and refinement of population status, File 2008AFSAR1090, préparé pour le Fonds autochtone pour les espèces en péril par la Première Nation Lheidli T'enneh, 1041 Whenun Road, Prince George (Colombie-Britannique).
- Prince, A. 2001. A natural history of Columbia River fisheries in British Columbia, rapport préparé pour le Columbia-Kootenay Fisheries Renewal Partnership, Cranbrook (Colombie-Britannique).
- Prince, A. 2004. Arrow Reservoir White Sturgeon Assessment 2001-03. Report prepared by Westslope Fisheries Ltd., Cranbrook, B.C., rapport préparé pour la Canadian Columbia River Intertribal Fisheries Commission, Cranbrook (Colombie-Britannique), 26 p. + 3 annexes.
- Pritchard, J. K., M. Stephens et P. Donnelly. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data, *Genetics* 155(2):945-959.
- R.L.&L. 2000. Environmental Services Ltd. 2000. Fraser River White Sturgeon Monitoring Program - Comprehensive Report (1995 to 1999), rapport final préparé pour BC Fisheries, R.L.&L. Report No. 815F:92 p + annexes.

- R.L.&L. Environmental Services Ltd. 1994. Status of white sturgeon in the Columbia River, BC., rapport préparé pour B.C. Hydro, Environmental Affairs, Vancouver (Colombie-Britannique), R. L. & L. Report No. 377F:101 p. + 5 annexes.
- R.L.&L. Environmental Services Ltd. 1998. The status of white sturgeon in Kootenay Lake and Duncan Reservoir, B.C., 1994-1996 study results, rapport préparé pour le B.C. Ministry of Environment, Lands and Parks, R. L. & L. Report No. KD-515F:36 p. + 3 annexes.
- Robichaud, D., English, K.K., Bocking, R.C. et T.C. Nelson. 2006. Direct and delayed mortality of white sturgeon caught in three gear types in the lower Fraser River, rapport préparé par LGL Limited, Sydney (Colombie-Britannique), pour Tsawwassen First Nation Fisheries, Delta (Colombie-Britannique).
- Rodzen, J.A., T.R. Famula et B. May. 2004. Estimation of parentage and relatedness in the polyploid white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) using a dominant marker approach for duplicated microsatellite loci, *Aquaculture* 232:165-182.
- Rosales-Casian, J.A., et R. Ruz-Cruz. 2005. Record of a White Sturgeon, *Acipenser transmontanus*, from Bahia de Todos Santos, Baja California, Mexico, found at the Ensenada seafood market, *Bulletin of the Southern California Academy of Science* 104:154-156.
- Rosenau, M.L., et M. Angelo. 2007. Saving the Heart of the Fraser: Addressing Human Impacts to the Aquatic Ecosystem of the Fraser River, Hope to Mission, British Columbia, *Pacific Fisheries Resource Conservation Council*, Vancouver (Colombie-Britannique).
- Rust, P.J. 2011. Translocation of prespawn adult Kootenai River white sturgeon, *Journal of Applied Ichthyology* 27:450-453.
- Rust, P.J., et V. Wakkinen. 2009. Kootenai River White Sturgeon spawning and recruitment evaluation. Annual Progress Report, Idaho Department of Fish and Game Report Number 09-12, 44 p.
- Schafter, R.G., et D.W. Kohlhorst. 1999. Status of White Sturgeon in the Sacramento-San Joaquin estuary, *California Fish and Game* 85:37-41.
- Schreiers, A.M. 2012. Use of polysomic genetic markers to address critical uncertainties in White Sturgeon biology and management, thèse de doctorat, University of California, Davis.
- Scott, W.B., et E.J. Crossman. 1974. *Poissons d'eau douce du Canada*, Bulletin 184, Office des recherches sur les pêcheries du Canada, Service des pêches et des sciences de la mer, Ottawa, 1026 p.
- Semakula, S.M, et P.A. Larkin. 1968. Age growth, food, and yield of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) of the Fraser River, British Columbia, *Journal of the Fisheries Research Board Canada* 25:2589-2602.

- Setter, A., et E. Brannon. 1992. A summary of stock identification research on white sturgeon of the Columbia River (1985–1990): final report, January 1985-July 1991, rapport à la Bonneville Power Administration, Contract No. 1989BP97298, Project No. 198904400, BPA Report DOE/BP-97298-1, 105 p.
- Smith, C.T., R. J. Nelson, S. Pollard, E. Rubidge, S. J. McKay, J. Rodzen, B. May et B. Koop. 2002. Population genetic analysis of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) in the Fraser River, *Journal of Applied Ichthyology* 18:307–312.
- Smith, C.T., R.J. Nelson, C.C. Wood et B.F. Koop., 2001. Glacial biogeography of North American coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*), *Molecular Ecology* 12:2775–2785.
- Smith, G.R., N. Morgan et E. Gustafson. 2000. Fishes of the Mio-Pliocene Ringold Formation, Washington; Pliocene capture of the Snake River by the Columbia River, University of Michigan, *Papers on Paleontology* 32, 47 p.
- Stansell, R.J., K.M. Gibbons et W.T. Nagy. 2010. Evaluation of Pinniped predation on adult salmonids and other fish in the Bonneville Dam tailrace, 2008-2010, U.S. Army Corps of Engineers, Portland District, Fisheries Field Unit Bonneville Lock and Dam Cascade Locks.
- Sykes, G.S. 2010. Nechako White Sturgeon Monitoring 2009, rapport préparé pour le Ministry of Environment de la Colombie-Britannique par Triton Environmental Consulting, Kamloops (Colombie-Britannique), 66 p. + 6 annexes.
- Taylor, E.B., et J.D. McPhail. 1985. Variation in body morphology among British Columbia populations of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42:2020-2028.
- Taylor, E.B., S. Pollard et D. Louie. 1999. Mitochondrial DNA variation in bull trout (*Salvelinus confluentus*) from northwestern North America: implications for zoogeography and conservation, *Molecular Ecology* 8:1155-1170.
- Tiley, M. 2006. Habitat use of Arrow Lakes Reservoir pre-spawning and spawning adult white sturgeon (*Acipenser transmontanus*), timing of spawning and embryo and larval survival, préparé pour le Fonds de rétablissement des espèces canadiennes en péril du Fonds mondial pour la nature (Canada), 14 p.
- Upper Columbia White Sturgeon Recovery Initiative (UCWSRI). 2002. Upper Columbia White Sturgeon Recovery Plan, document préliminaire préparé pour l'Upper Columbia White Sturgeon Recovery Initiative, 88 p. + annexes.
- van der Leeuw, B.K., M.J. Parsley, C.D. Wright et E.E. Kofoot. 2006. Validation of a critical assumption of the riparian habitat hypothesis for white sturgeon: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2006-5225, 20 p.
- van Poorten, P.T., et S.O. McAdam. 2010. Estimating differences in growth and metabolism in two spatially segregated groups of Columbia River white sturgeon Using a Field-Based Bioenergetics Model, *The Open Fish Science Journal* 3:132-141.

- Veinott, G., T. Northcote, M. Rosenau et R.D. Evans. 1999. Concentrations of strontium in the pectoral fin rays of the white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) by laser ablation sampling – inductively coupled plasma – mass spectrometry as an indicator of marine migrations, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 56:1981-1990.
- Walters, C, J. Korman et S.O. McAdam. 2005. An Assessment of White Sturgeon stock status and trends in the lower Fraser River, Secrétariat canadien de consultation scientifique 2005/066, 68 p. (résumé en français).
- Walters, C.J, S.J.D. Martell et J. Korman. 2006. A stochastic approach to stock reduction analysis, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 63:212-223
- Wang, Y.L., F.P. Binkowski et S.I. Doroshov. 1985. Effects of temperature on early development of white and lake sturgeon, *Acipenser transmontanus* and *A. flavescens*, *Environmental Biology of Fishes* 14:43-50.
- Webb, M.A.H., G.W. Feist, M.S. Fitzpatrick, E.P. Foster, C.B. Schreck, M. Plumlee, C. Wong et D.T. Gundersen. 2006. Mercury concentrations in gonad, liver, and muscle of white sturgeon *Acipenser transmontanus* in the Lower Columbia River, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 50:443-451.
- Webb, M.A.H., J.P. Van Eenennaam, S.I. Doroshov et G.P. Moberg. 1999. Preliminary observations on the effects of holding temperature on reproductive performance of female white sturgeon, *Acipenser transmontanus* Richardson, *Aquaculture* 176:315-329.
- Welch, D.S.W., S. Turo et S.D. Batten. 2006. Large-scale marine and freshwater movements of White Sturgeon, *Transactions of the American Fisheries Society* 135:386-389.
- Whitlock, R. E. 2007. Applying Bayesian mark-recapture and decision analysis methods to evaluate fisheries management options for Fraser River white sturgeon, thèse de doctorat, University of London, Londres, ROYAUME-UNI.
- Whitlock, R., et M. McAllister. 2009. A Bayesian mark–recapture model for multiple recapture data in a catch-and-release fishery, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 66:1554-1568.
- Wood C.C, D. Sneep, S.O. McAdam, J. Korman et T. Hatfield. 2007. Recovery potential assessment for white sturgeon populations listed under the Species at Risk Act, Secrétariat canadien de consultation scientifique, document de recherche 2007/003, 26 p. (résumé en français).
- Wydoski, R.S., et R.R. Whitney. 2003. *Inland Fishes of Washington*, University of Washington Press, Seattle.

- Yarmish, J.A., et B.M. Toth. 2002. 2001/2002 Assessment of upper Fraser River white sturgeon, rapport produit par la Première Nation Lheidli T'enneh pour l'Upper Fraser River Nechako Fisheries Council et Fisheries Renewal BC, 37 p.
- Young, W.T., et D. L. Scarnecchia. 2005. Habitat use of juvenile white sturgeon in the Kootenai River, Idaho and British Columbia, *Hydrobiologia* 537:265-271.

## **SOMMAIRE BIOGRAPHIQUE DU RÉDACTEUR DU RAPPORT**

J. D. McPhail a obtenu un baccalauréat (anglais et biologie) de l'Université de la Colombie-Britannique (UBC) en 1957, une maîtrise (zoologie) de la même université en 1959 et un doctorat (zoologie) de l'Université McGill en 1963. Il a commencé sa carrière comme professeur à l'Université de Washington (University of Washington) en 1963, puis il a joint l'Université de la Colombie-Britannique en 1966. Ses premiers travaux de recherche ont porté sur les poissons d'eau douce de l'Arctique. En 1970, il cosignait avec C. C. Lindsey *Freshwater Fishes of Northwestern Canada and Alaska*. Durant toute sa carrière, il s'est intéressé principalement à l'écologie, à l'évolution et à la biogéographie des poissons d'eau douce, en particulier les épinoches, mais aussi d'autres espèces des eaux intérieures du Nord-Ouest de l'Amérique du Nord. Il a publié plus de 100 articles et rapports sur des poissons. Il a agi à titre de conseiller provincial en matière de poissons indigènes auprès du gouvernement de la Colombie-Britannique et de conseiller en matière d'espèces en péril auprès de BC Hydro. En 2007, il a publié *The Freshwater Fishes of British Columbia*.

## **COLLECTIONS EXAMINÉES**

Aucune.