

Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC

sur la

Gonidée des Rocheuses *Gonidea angulata*

au Canada



**EN VOIE DE DISPARITION
2010**

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. 2010. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la gonidée des Rocheuses (*Gonidea angulata*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. xi + 62 p. (www.registrelep.gc.ca/Status/Status_f.cfm).

Rapport(s) précédent(s) :

COSEPAC. 2003. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la Gonidée des Rocheuses (*Gonidea angulata*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. vii + 31 p. (www.registrelep.gc.ca/Status/Status_f.cfm).

Note de production :

Le COSEPAC tient à remercier Lea Gelling, Leah Ramsay et Sue Pollard, qui ont rédigé la mise à jour provisoire du rapport de situation sur la gonidée des Rocheuses (*Gonidea angulata*), en vertu d'un contrat avec Environnement Canada. Robert Forsyth, coprésident du Sous-comité de spécialistes des mollusques, a supervisé, avec l'aide de Sue Pollard, les modifications apportées au rapport de situation pendant la rédaction des rapports intermédiaires de six mois et de deux mois.

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
Télééc. : 819-994-3684
Courriel : COSEWIC/COSEPAC@ec.gc.ca
<http://www.cosepac.gc.ca>

Also available in English under the title COSEWIC Assessment and Status Report on the Rocky Mountain Ridged Mussel *Gonidea angulata* in Canada.

Illustration/photo de la couverture :
Gonidée des Rocheuses — Photo par L. Gelling.

©Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2011.
N° de catalogue CW69-14/614-2011F-PDF
ISBN 978-1-100-97263-3



Papier recyclé



COSEPAC

Sommaire de l'évaluation

Sommaire de l'évaluation – novembre 2010

Nom commun

Gonidée des Rocheuses

Nom scientifique

Gonidea angulata

Statut

En voie de disparition

Justification de la désignation

Au Canada, cette moule, l'une des quelques espèces de moules d'eau douce en Colombie-Britannique, est limitée au bassin de l'Okanagan. Historiquement, la canalisation et la régulation de la rivière Okanagan ont nui aux moulières et ont entraîné une réduction de la population. Des sites additionnels ont été découverts depuis l'évaluation initiale du COSEPAC (2003). Actuellement, les moules zébrée et quagga (de la famille des Dreissenidés) représentent la menace potentielle la plus importante pour cette moule indigène. Ailleurs au Canada, les dreissenidés ont eu des effets dévastateurs sur les communautés d'unionidés indigènes, telles que dans la région des Grands Lacs. Une évaluation récente de la vulnérabilité du bassin de l'Okanagan aux dreissenidés a démontré que ces moules pourraient se propager rapidement et établir une intense infestation sur les moules indigènes une fois introduites. Dans un avenir rapproché, l'introduction de dreissenidés dans le bassin de l'Okanagan est probable, car ces moules peuvent survivre hors de l'eau pendant des jours, et on sait qu'elles sont transportées d'un plan d'eau à un autre, étant fixées à des embarcations qui sont remorquées; au cours des dernières années, des dreissenidés ont été interceptés sur des embarcations qui étaient remorquées vers la Colombie-Britannique. L'aménagement continu de l'estran et de la zone riveraine ainsi que certaines méthodes de contrôle du myriophylle en épi, une espèce envahissante, ont réduit l'habitat et perturbé la qualité de l'eau.

Répartition

Colombie-Britannique

Historique du statut

Espèce désignée « préoccupante » en novembre 2003. Réexamen du statut : l'espèce a été désignée « en voie de disparition » en novembre 2010.



COSEPAC Résumé

Gonidée des Rocheuses *Gonidea angulata*

Information sur l'espèce

La gonidée des Rocheuses (*Gonidea angulata*) est un mollusque bivalve d'eau douce à la coquille épaisse pouvant atteindre jusqu'à 125 mm de long. La coquille est de forme trapézoïdale et présente une crête postérieure saillante depuis le sommet jusqu'à l'angle postéro-basal du bord de chaque valve. L'extérieur de la coquille est brun-jaune à brun-noir, alors que l'intérieur est blanc ou couleur saumon au centre, et bleu pâle à la partie postérieure et près du bord. Les 2 valves sont reliées par un ligament, mais les dents de la charnière sont peu développées chez cette espèce. Ses larves parasites, appelées « glochidies », mesurent environ 1,5 mm de long et sont dépourvues de crochets.

Répartition

La gonidée des Rocheuses est une espèce de moule de l'ouest de l'Amérique du Nord. On la trouve depuis le sud de la Colombie-Britannique jusque dans le sud de la Californie, et un peu plus à l'est, dans le nord du Nevada et dans l'Idaho. Moins de 5 % de l'aire de répartition mondiale de l'espèce se trouve dans le sud de la Colombie-Britannique, dans le bassin de la rivière Okanagan, plus précisément dans la rivière Okanagan, dans le ruisseau Park Rill et dans les lacs Okanagan, Skaha, Vaseux et Osoyoos.

Habitat

La gonidée des Rocheuses a été observée dans plusieurs lacs, dans un ruisseau et dans une rivière du bassin de l'Okanagan. La majorité des individus ont été observés dans des substrats vaseux à vaseux-sableux, mais on a aussi observé des individus coincés entre des galets. L'espèce a été découverte à des profondeurs de 1 à 3 m, mais on n'a pas réalisé d'études à de plus grandes profondeurs.

Biologie

Le cycle vital de la gonidée des Rocheuses suit la biologie reproductive des moules d'eau douce en général, qui inclut une période de parasitisme obligatoire sur un poisson hôte. L'espèce atteint probablement la maturité sexuelle au bout de 3 ans, et l'âge moyen des géniteurs adultes est estimé à environ 15 ans. Le moment de la reproduction n'a pas été décrit pour cette espèce au Canada. Toutefois, on a observé à une occasion des conglutinats (petits sacs contenant des glochidies) expulsés de plusieurs femelles au mois de juin. La dispersion de l'espèce dépend des déplacements des poissons hôtes. Aux États-Unis, le *Mylopharodon conocephalus* (hardhead), l'*Hysteroecarpus traski* (Tule Perch) et le *Cottus pitensis* (Pit Sculpin) sont des poissons hôtes confirmés, mais les espèces hôtes au Canada sont inconnues.

Taille et tendances des populations

La taille et les tendances des populations ne peuvent pas être évaluées, car il n'existe que 14 mentions de l'espèce pour la période de 1906 à 2002. Les études récentes (de 2004 à 2008) ont permis de confirmer les mentions historiques et de découvrir de nouveaux sites dans la rivière Okanagan et dans les lacs Skaha, Vaseux et Okanagan.

Menaces et facteurs limitatifs

La perte et la dégradation de l'habitat sont probablement depuis longtemps les plus importantes menaces pour la gonidée des Rocheuses au Canada. Toutefois, l'introduction des moules zébrée et quagga, 2 espèces envahissantes, dans le bassin de l'Okanagan, pourrait représenter la plus importante menace guettant l'espèce au Canada. Les moules zébrée et quagga sont établies dans l'est de l'Amérique du Nord depuis la fin des années 1980, et se propagent vers l'ouest aux États-Unis. Au moins 12 signalements de bateaux remorqués sur la terre ferme provenant d'eaux infestées du Montana et de l'Idaho et se dirigeant vers la Colombie-Britannique ont été documentés au cours des 10 dernières années. Une fois établies, ces moules envahissantes forment souvent des groupes denses capables d'infester rapidement les lacs et les rivières. Elles ont d'ailleurs déjà provoqué des effets dévastateurs sur des communautés d'unionidés indigènes, par exemple dans la région des Grands Lacs.

La canalisation et la construction de barrages et de déversoirs sont des perturbations directes et physiques qui font obstacle au passage des poissons hôtes éventuels. La rapide croissance démographique humaine dans tout le bassin de l'Okanagan a entraîné une modification des zones riveraines et littorales, et a provoqué l'apport de polluants dans le bassin versant ainsi que l'introduction d'espèces non indigènes (mis à part les moules zébrée et quagga), notamment de poissons, du myriophylle en épi (une plante aquatique) et de crustacés.

Importance de l'espèce

La gonidée des Rocheuses est la seule espèce vivante du genre *Gonidea*. Le genre *Gonidea* n'est étroitement apparenté à aucune autre moule de l'Amérique du Nord. Le rôle écologique de la gonidée des Rocheuses au Canada n'a pas été étudié. Toutefois, les mollusques d'eau douce contribuent de façon importante aux écosystèmes d'eau douce et peuvent être utilisés comme indicateurs de la santé des écosystèmes.

Protection actuelle

La gonidée des Rocheuses est protégée par le gouvernement fédéral (Pêches et Océans Canada). Aux termes de la *Loi sur les pêches* du Canada, les moules d'eau douce sont incluses dans la définition de « poissons », et jouissent de la même protection que ces derniers. L'espèce est actuellement désignée « espèce préoccupante » à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril* du Canada. Elle est classée dans la catégorie G3 à l'échelle mondiale, et dans la catégorie S1 en Colombie-Britannique.

RÉSUMÉ TECHNIQUE

Gonidea angulata

Gonidée des Rocheuses

Rocky Mountain Ridged Mussel

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

Données démographiques

Durée d'une génération (habituellement l'âge moyen des parents dans la population : indiquer si une autre méthode d'estimation de la durée des générations inscrite dans les lignes directrices de l'UICN [2008] est employée) Atteinte de la maturité sexuelle au bout de 1 à 3 ans; l'âge maximal signalé est de 24 ans; longévité présumée de 20 à 30 ans (COSEPAC, 2003).	Possiblement ~ 15 ans
Y a-t-il un déclin continu [observé, déduit ou prévu] du nombre total d'individus matures?	On l'ignore, mais étant donné le nombre de coquilles vides observé à certains endroits, le nombre total d'individus matures est probablement en déclin.
Pourcentage estimé de déclin continu du nombre total d'individus matures pendant [cinq ans ou deux générations]	Inconnu
Pourcentage [observé, estimé, déduit ou présumé] de [réduction ou d'augmentation] du nombre total d'individus matures au cours des [dix dernières années ou trois dernières générations].	Inconnu
Pourcentage [prévu ou présumé] de [réduction ou d'augmentation] du nombre total d'individus matures au cours des [dix prochaines années ou trois prochaines générations].	Inconnu
Pourcentage [observé, estimé, inféré ou présumé] de [la réduction ou l'augmentation] du nombre total d'individus matures au cours de toute période de [dix ans ou trois générations] couvrant une période antérieure et ultérieure.	Inconnu
Est-ce que les causes du déclin sont clairement réversibles et comprises et ont effectivement cessé?	Non
Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre d'individus matures?	Inconnu

Information sur la répartition

Superficie estimée de la zone d'occurrence La superficie de la zone d'occurrence avait précédemment été établie à 210 km ² (COSEPAC, 2003). L'expansion apparente de la superficie de la zone d'occurrence est probablement due à l'intensification des activités de recherche (voir Aire de répartition canadienne).	1 585 km ²
Indice de la zone d'occupation (IZO) (Fournissez toujours une valeur selon la grille de 2 × 2).	80 km ²
La population totale est-elle très fragmentée?	Inconnu
Nombre de localités ¹	1

¹ Voir les documents : *Instructions pour la préparation des rapports de situation du COSEPAC* et *Définitions et abréviations approuvées par le COSEPAC* sur le [site Web du COSEPAC](#), et [UICN 2010](#).

Y a-t-il un déclin continu [observé, déduit ou prévu] de la zone d'occurrence?	On ignore si la superficie de la zone d'occurrence est actuellement en déclin. On prévoit un déclin continu en cas de menace déclarée.
Y a-t-il un déclin continu [observé, déduit ou prévu] de l'indice de la zone d'occupation?	On ignore si l'IZO est actuellement en déclin. On prévoit un déclin continu en cas de menace déclarée.
Y a-t-il un déclin continu [observé, déduit ou prévu] du nombre de populations?	Non, mais le nombre de populations est potentiellement en déclin.
Y a-t-il un déclin continu [observé, déduit ou prévu] du nombre de localités? D'après la présence vérifiée de la moule au Canada.	Probablement stable.
Y a-t-il un déclin continu [observé, déduit ou prévu] de [la superficie, l'étendue ou la qualité] de l'habitat? On présume un déclin de la superficie et de la qualité de l'habitat.	Déclin observé et prévu de la superficie, de l'étendue et de la qualité de l'habitat.
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?	Inconnu, mais peu probable
Y a-t-il des fluctuations extrêmes de l'indice de la zone d'occupation?	Peu probable

Nombre d'individus matures (dans chaque population)

Population	N ^{bre} d'individus matures
Bassin de la rivière Okanagan	Population comptant au moins ~ 1 400 individus, mais le nombre total d'individus est inconnu.
Total	Inconnu

Analyse quantitative

La probabilité de disparition de l'espèce de la nature est d'au moins [20 % sur 20 ans ou 5 générations, ou 10 % sur 100 ans].	Non disponible
--	----------------

Menaces (menaces réelles ou imminentes pour les populations ou les habitats)

<p>Menaces potentielles les plus graves :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction et établissement des moules zébrée et/ou quagga dans le bassin de la rivière Okanagan. <p>Menaces actuelles importantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aménagement continu des zones littorales et riveraines nuisant à la qualité de l'habitat et à la quantité d'habitat disponible, en particulier en bordure des lacs. • Rotocultage régulier pratiqué contre une plante envahissante, le myriophylle en épi. <p>Menaces historiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Canalisation et régularisation de la rivière Okanagan.
--

Immigration de source externe (immigration de l'extérieur du Canada)

Situation des populations de l'extérieur États-Unis : N3, considérées en déclin.	
Une immigration a-t-elle été constatée ou est-elle possible? Bassin de la rivière Okanagan – peu probable (depuis la rivière Okanagan). Cette évaluation ne considère la possibilité d'une immigration de source externe que pour les rivières et les lacs dans lesquels la présence de l'espèce est connue. Une immigration depuis la rivière Similkameen est possible (il n'existe aucun obstacle évident au déplacement de l'espèce), mais rien ne prouve la présence (historique ou actuelle) de l'espèce dans la portion canadienne de cette rivière.	Possible, mais limitée dans le meilleur des cas.
Des individus immigrants seraient-ils adaptés pour survivre au Canada?	On l'ignore dans le cas des individus qui se déplacent depuis la rivière Okanagan jusque dans le lac Osoyoos.
Y a-t-il suffisamment d'habitat disponible au Canada pour les individus immigrants? On ignore si les individus qui vivent en milieu fluvial (depuis la rivière Okanagan) pourraient se déplacer dans un milieu lacustre (dans le lac Osoyoos). On ignore si les obstacles dans la rivière Okanagan empêcheraient les poissons hôtes et les moules de migrer vers le nord, depuis le lac Osoyoos.	Milieu lacustre : oui Milieu fluvial : improbable
La possibilité d'une immigration de populations externes existe-t-elle?	Non

Statut existant

COSEPAC : Espèce désignée « préoccupante » en novembre 2003. Après réexamen, en novembre 2010, l'espèce a été désignée « en voie de disparition ».

Autres sources de renseignements : Aucune.

Statut recommandé et justification de la désignation

Statut recommandé : En voie de disparition	Code alphanumérique : B1ab(i,ii,iii,v)+2ab(i,ii,iii,v)
<p>Justification de la désignation</p> <p>Au Canada, cette moule, l'une des quelques espèces de moules d'eau douce en Colombie-Britannique, est limitée au bassin de l'Okanagan. Historiquement, la canalisation et la régulation de la rivière Okanagan ont nui aux moulières et ont entraîné une réduction de la population. Des sites additionnels ont été découverts depuis l'évaluation initiale du COSEPAC (2003). Actuellement, les moules zébrée et quagga (de la famille des Dreissenidés) représentent la menace potentielle la plus importante pour cette moule indigène. Ailleurs au Canada, les dreissenidés ont eu des effets dévastateurs sur les communautés d'unionidés indigènes, telles que dans la région des Grands Lacs. Une évaluation récente de la vulnérabilité du bassin de l'Okanagan aux dreissenidés a démontré que ces moules pourraient se propager rapidement et établir une intense infestation sur les moules indigènes une fois introduites. Dans un avenir rapproché, l'introduction de dreissenidés dans le bassin de l'Okanagan est probable, car ces moules peuvent survivre hors de l'eau pendant des jours, et on sait qu'elles sont transportées d'un plan d'eau à un autre, étant fixées à des embarcations qui sont remorquées; au cours des dernières années, des dreissenidés ont été interceptés sur des embarcations qui étaient remorquées vers la Colombie-Britannique. L'aménagement continu de l'estran et de la zone riveraine ainsi que certaines méthodes de contrôle du myriophylle en épi, une espèce envahissante, ont réduit l'habitat et perturbé la qualité de l'eau.</p>	

Applicabilité des critères

Critère A (déclin du nombre total d'individus matures) : Non applicable – le nombre d'individus matures et les tendances sont inconnus.
Critère B (petite aire de répartition et déclin ou fluctuation) : B1 : la zone d'occurrence est estimée à < 5 000 km ² (1 585 km ²); B2 – l'IZO est estimé à < 500 km ² (80 km ²); a : présence connue de l'espèce dans une localité; b : déclin continu inféré de (iii) la superficie, l'étendue ou la qualité de l'habitat (expansion continue), déclin continu projeté de (i) l'IZO, (ii) la zone d'occurrence, (v) le nombre d'individus matures (invasion de moules de la famille des Dreissenidés). Ne répond pas au critère c : aucune fluctuation extrême connue de la zone d'occurrence, de l'IZO, du nombre de localités/de populations ou du nombre d'individus.
Critère C (nombre d'individus matures peu élevé et en déclin) : Non applicable – bien qu'un minimum d'environ 1 400 individus ait été observé, le nombre total d'individus matures est inconnu; les tendances sont inconnues.
Critère D (très petite population totale ou répartition restreinte) : Correspond au critère de la catégorie « espèce menacée »; D2 : le nombre de localités (1) est inférieur à 5, et l'espèce est vulnérable aux effets des activités humaines (introduction de moules de la famille des Dreissenidés) à l'intérieur d'une période très courte. D1 : non applicable – le nombre d'individus est supérieur à 1 000.
Critère E (Analyse quantitative) : Non disponible.



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 (2010)

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

Service canadien
de la faune

Environment
Canada

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 la

Gonidée des Rocheuses

Gonidea angulata

au Canada

2010

TABLE DES MATIÈRES

INFORMATION SUR L'ESPÈCE	4
Nom et classification	4
Description morphologique	5
Description génétique	7
Unités désignables	7
RÉPARTITION	7
Aire de répartition mondiale	7
Aire de répartition aux États-Unis	9
Aire de répartition canadienne	9
Nombre de localités	14
HABITAT	15
Besoins en matière d'habitat	15
Tendances en matière d'habitat	16
Protection et propriété	22
BIOLOGIE	24
Cycle vital et reproduction	24
Prédateurs	26
Physiologie	27
Déplacements et dispersion	28
Relations interspécifiques	28
Adaptabilité	30
TAILLE ET TENDANCES DES POPULATIONS	30
Activités d'échantillonnage	30
Activités d'échantillonnage par région	31
Abondance	35
Fluctuations et tendances	36
Immigration de source externe	37
MENACES ET FACTEURS LIMITATIFS	38
Moules de la famille des Dreissenidés	38
Canalisation de la rivière Okanagan	40
Barrages et déversoirs	42
Aménagement des zones riveraines et littorales	43
Polluants	44
Autres espèces introduites	46
IMPORTANCE DE L'ESPÈCE	48
PROTECTION, STATUTS ET CLASSIFICATIONS	49
REMERCIEMENTS	50
Experts consultés	50
SOURCES D'INFORMATION	51
SOMMAIRE BIOGRAPHIQUE DES RÉDACTEURS DU RAPPORT	61
COLLECTIONS EXAMINÉES	62

Liste des figures

Figure 1.	<i>Gonidea angulata</i> vivants au lac Vaseux, juillet 2006. Photo : L. Gelling.	5
Figure 2.	Conglutinats de <i>Gonidea angulata</i> . Lac Okanagan (plage à chiens, Summerland), juin 2007.	6
Figure 3.	Glochidies de <i>Gonidea angulata</i> extraites du marsupium d'une femelle gravide prélevée dans la rivière Pit, en Californie, en juin 2005. Photo : L. Haley (Haley <i>et al.</i> , 2007).	6
Figure 4.	Aire de répartition historique probable du <i>Gonidea angulata</i> en Colombie-Britannique et dans l'ouest des États-Unis (COSEPAC, 2003). ...	8
Figure 5.	Répartition des activités de recherche récentes (de 2005 à 2008) sur le <i>Gonidea angulata</i> au Canada. D'ouest en est, les zones d'études sont : l'île de Vancouver, le bassin de la Similkameen, le bassin de l'Okanagan, le district régional de Kootenay Boundary et les districts régionaux de Central Kootenay et de East Kootenay. Carte préparée par B. Woods, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique.	12
Figure 6.	La rivière Okanagan affluent dans le lac Skaha à son extrémité nord, en 1949. Photo : BC 800:31.	17
Figure 7	La rivière Okanagan affluent dans le lac Skaha à son extrémité nord, en 2009. Source : Google Earth.	18
Figure 9.	Déversoirs dans la rivière Okanagan, du lac Skaha au lac Osoyoos (Hyatt et Rankin, 1999).	20
Figure 10.	Observations historiques (de 1906 à 2002) et récentes (de 2004 à 2008) de <i>Gonidea angulata</i> en Colombie-Britannique. Carte préparée par B. Woods, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique.	33
Figure 11.	Répartition de la moule zébrée en Amérique du Nord depuis 2008. Carte tirée du site Web de l'U.S. Geological Survey (USGS, 2008). Il est à noter que cette carte n'inclut pas les signalements récents de bateaux traversant la frontière de la Colombie-Britannique.	40

Liste des tableaux

Tableau 1.	Mentions historiques de <i>Gonidea angulata</i> (de 1906 à 2002).	10
Tableau 2.	Activités de recherche récentes visant le <i>Gonidea angulata</i> (de 2005 à 2008).	13
Tableau 3.	Nombre de <i>Gonidea angulata</i> vivants observés au cours des relevés récents (de 2005 à 2008).	32

INFORMATION SUR L'ESPÈCE

Nom et classification

Nom scientifique : *Gonidea angulata* (Lea, 1838)

Nom commun français : Gonidée des Rocheuses (Martel *et al.*, 2007)

Noms communs anglais : Rocky Mountain Ridged Mussel (Clarke, 1981; COSEPAC, 2003); Western Ridged Mussel (Turgeon *et al.*, 1998)

Le document de référence faisant actuellement autorité en matière de nomenclature des mollusques d'eau douce du Canada et des États-Unis est Turgeon *et al.* (1998).

Embranchement : Mollusques

Classe : Bivalves

Ordre : Unionoïdés

Famille : Unionidés

Genre : *Gonidea*

Espèce : *Gonidea angulata*

Le *Gonidea angulata* est reconnu comme une espèce valide par Turgeon *et al.* (1998) et par Clarke (1981), de même que par d'autres auteurs. Le *Gonidea angulata* est l'unique espèce du genre *Gonidea*, et une étude approfondie réalisée par Lydeard *et al.* (1996) a permis de conclure que le genre *Gonidea* n'est étroitement apparenté à aucun autre genre existant de la famille des Unionidés en Amérique du Nord. Des analyses génétiques menées par Rosenberg *et al.* (1994) et par Graf (2002) placent le genre *Gonidea* dans la sous-famille des Ambléminés, endémique à l'Amérique du Nord et à l'Amérique centrale (Graf et Cummings, 2007).

L'établissement de relations entre le *G. angulata* et les autres unionidés est problématique. Les premières études systématiques réalisées par Ortmann (1910 ; idem, 1916) considéraient le genre *Gonidea* comme exceptionnellement distinct, appartenant à sa propre sous-famille ou famille et se rapprochant le plus, parmi les autres unionidés d'Amérique du Nord, des ambléminés (voir par exemple Heard et Guckert, 1971; Davis *et al.*, 1978; Davis et Fuller, 1981). D'autres auteurs (voir par exemple Heard, 1974; Taylor, 1985 ; idem, 1988) croyaient que le genre *Gonidea* partageait certaines similarités avec des taxons d'Asie. En se fondant principalement sur des caractères anatomiques, Nagel *et al.* (1998) pensent qu'il pourrait y avoir parenté étroite entre la forme européenne problématique *Potamida littoralis* et les Gonideini. Les recherches actuelles indiquent que le *Gonidea angulata* est le seul membre existant de son genre, mais on a aussi documenté l'existence de quatre taxons fossiles (Watters, 2001).

Description morphologique

Clarke (1981) décrit ainsi la morphologie du *G. angulata* : « Coquille atteignant 125 mm de longueur, 65 mm de hauteur, 40 mm de largeur, à test jusqu'à 5 mm d'épaisseur à la moitié antérieure; d'aspect variable mais typiquement plutôt mince, de forme trapézoïdale, le bord postérieur obliquement aplati et plutôt large, une crête postérieure saillante et accusée depuis le sommet [cette zone surélevée de forme arrondie, le long du bord dorsal, est également appelée « bouche »] jusqu'à l'angle postéro-basal du bord de chaque valve. Surface à sculpture radiale obscure sur la pente postérieure et des anneaux de croissance bien accusés. Épiderme brun jaunâtre à brun noirâtre, sans rayons, lisse sur le disque et rugueux sur la pente postérieure. Nacre blanche ou couleur saumon au centre, mais bleu pâle à la partie postérieure et près du bord. Sculpture des sommets composée d'environ 8 bourrelets concentriques assez grossiers, droits au centre, arqués aux 2 bouts. Dents de la charnière irrégulières et peu développées; dents pseudo-cardinales comprimées, basses, renflées sur les côtés, 1 dans la valve droite et 1 ou aucune dans la valve gauche; dents latérales absentes » (figure 1).



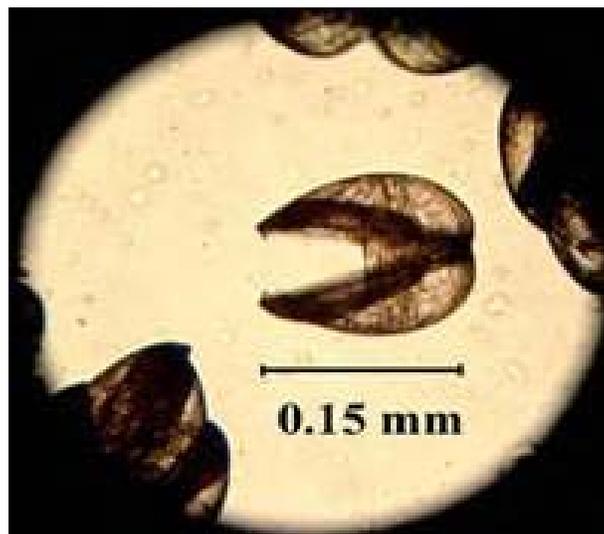
Figure 1. *Gonidea angulata* vivants au lac Vaseux, juillet 2006. Photo : L. Gelling.

Le *Gonidea angulata* se distingue facilement de toutes les autres espèces de moules d'eau douce présentes dans son aire de répartition canadienne (les anodontes, [*Anodonta* spp.] et la mulette perlière de l'Ouest [*Margaritifera falcata*]) à sa crête distincte et saillante depuis le sommet jusqu'à l'angle postéro-basal du bord de la coquille. Le chevauchement des dents de la charnière en dessous et légèrement devant le sommet est un autre caractère distinctif de l'espèce. Les *Anodonta* spp. n'ont pas de dents sur la charnière, alors que les dents de *M. falcata* sont proéminentes, mais beaucoup plus faibles que chez de nombreuses autres espèces de moules.

Il n'existe pas de description morphologique des conglutinats (sacs mucilagineux contenant les glochidies [larves]) de *G. angulata* dans la littérature, mais on a observé des conglutinats au Canada à une occasion (voir **Cycle vital et reproduction**; figure 2). Chaque conglutinat mesurait environ 1 cm de long, et était de forme oblongue et de couleur blanc crème (figure 2). Les glochidies de *G. angulata* sont petites (elles mesurent en moyenne $0,153 \pm 0,007$ mm de long) et sont dépourvues de crochets (figure 3), ce qui les distingue des glochidies des anodontes, qui sont plus grosses (de 0,2 à 0,4 mm) et pourvues de crochets sur la partie ventrale de la coquille (Haley *et al.*, 2007).



Figure 2. Conglutinats de *Gonidea angulata*. Lac Okanagan (plage à chiens, Summerland), juin 2007.



Veillez voir la traduction française ci-dessous :

0.15 mm = 0,15 mm

Figure 3. Glochidies de *Gonidea angulata* extraites du marsupium d'une femelle gravide prélevée dans la rivière Pit, en Californie, en juin 2005. Photo : L. Haley (Haley *et al.*, 2007).

Description génétique

La structure génétique des populations canadiennes de *G. angulata* n'a pas été étudiée, mais une analyse de la structure génétique des populations est en cours aux États-Unis. Des résultats préliminaires fondés sur le séquençage de l'ADN mitochondrial de populations des États-Unis n'indiquent aucune divergence prononcée (c.-à-d., séparation à l'époque préglaciaire; Mock, comm. pers., 2009). En ce qui concerne la structure actuelle des populations, il est impossible de tirer des conclusions quant à la mesure dans laquelle une séparation a eu lieu ou est susceptible de se produire dans le bassin de l'Okanagan sans réaliser des analyses génétiques poussées. Aucun obstacle physique évident nuisant au déplacement des larves et des poissons hôtes et susceptible d'influer sur le flux génique n'est présent dans le lac Okanagan. Les obstacles d'origine humaine (voir **Tendances en matière d'habitat**) entre le lac et les composantes du réseau qui se trouvent en aval, toutefois, pourraient avoir réduit la capacité de dispersion des larves et des poissons hôtes, nuisant possiblement au flux génique. Il se pourrait aussi que des obstacles bloquant le flux génique, présents entre les populations du Canada et des États-Unis, isolent génétiquement les populations du Canada de celles des États-Unis (barrages de grande envergure, etc.). Les populations du Canada et des États-Unis pourraient aussi être génétiquement distinctes si elles ont été séparées à l'époque préglaciaire.

Si la présence de l'espèce dans d'autres bassins fluviaux venait à être confirmée (voir **Aire de répartition canadienne**), ces populations seraient considérées comme isolées du bassin de l'Okanagan sur le plan reproductif, et probablement comme génétiquement distinctes.

Unités désignables

Au Canada, on trouve le *G. angulata* dans la zone biogéographique nationale d'eau douce du COSEPAC du Pacifique (COSEPAC, 2009). Compte tenu du fait que l'espèce est restreinte à une seule unité écologique, qu'on ne reconnaît aucune sous-espèce et que la structure génétique de la population canadienne est inconnue, il n'existe qu'une seule unité désignable.

RÉPARTITION

Aire de répartition mondiale

On trouve le *Gonidea angulata* dans toute la partie ouest de l'Amérique du Nord, à partir du sud de la Colombie-Britannique en allant vers le sud, et un peu plus à l'est, dans le nord du Nevada et dans l'Idaho (figure 4). Les zones des États-Unis d'où l'on sait ou l'on présume que l'espèce est disparue sont présentées ci-dessous.

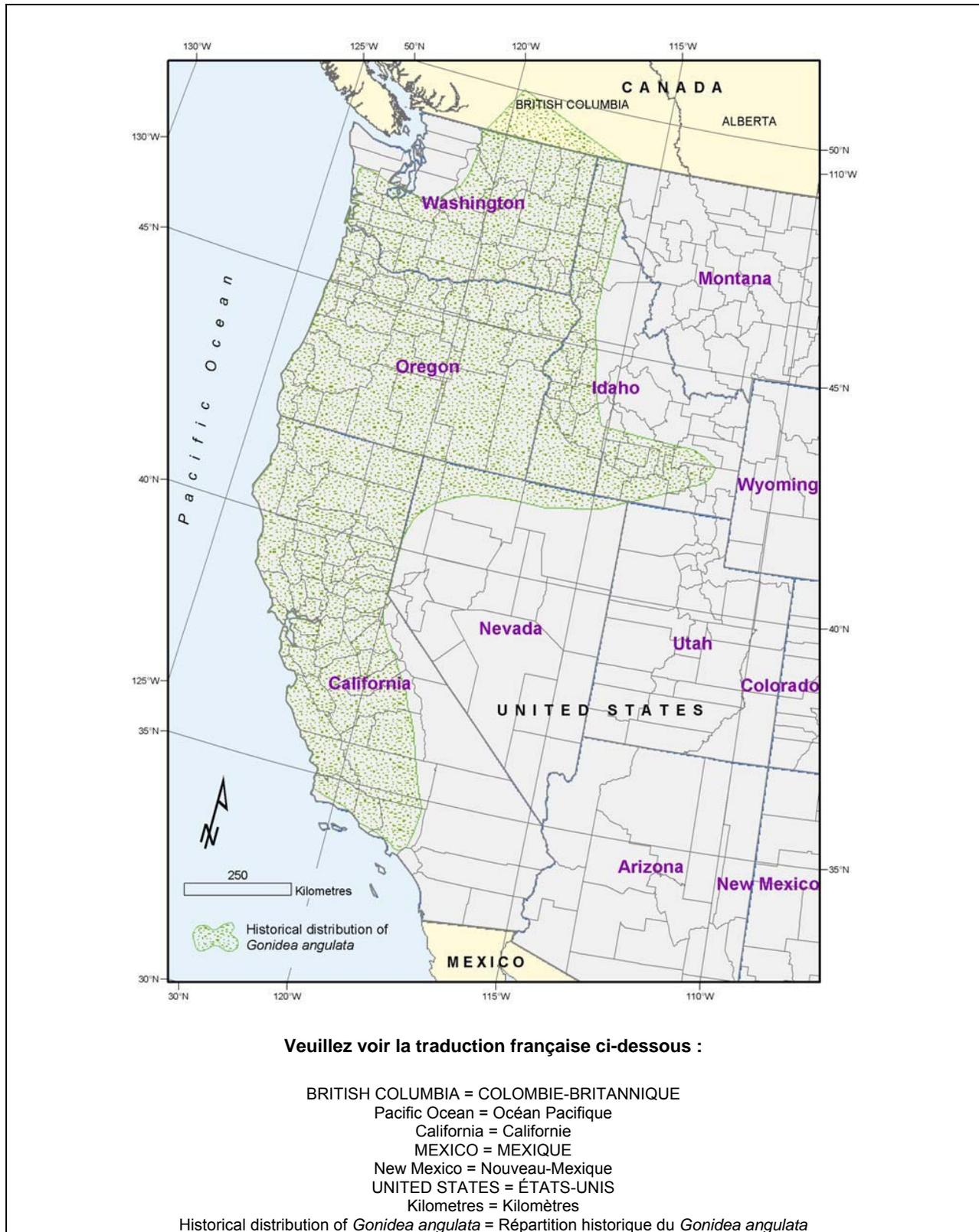


Figure 4. Aire de répartition historique probable du *Gonidea angulata* en Colombie-Britannique et dans l'ouest des États-Unis (COSEPAC, 2003).

Aire de répartition aux États-Unis

Des individus ont été observés dans de nombreuses rivières côtières et continentales de l'État de Washington, de l'Oregon, de l'Idaho, du nord du Nevada et de la Californie. Plus précisément, on trouve le *G. angulata* dans trois cours d'eau limitrophes que les États-Unis partagent avec la Colombie-Britannique : les rivières Similkameen et Okanogan (« Okanagan » au Canada), dans l'État de Washington, et le cours principal du fleuve Columbia, en Oregon. Des occurrences historiques ont aussi été signalées dans le bassin d'amont du Columbia, dans l'ouest du Montana, en particulier dans la rivière Clark Fork ou dans la rivière Kootenai (« Kootenay » au Canada) (Henderson, 1924; Nedeau *et al.*, 2005) et dans l'Utah (COSEPAC, 2003, mais on n'a signalé aucune nouvelle occurrence dans le Montana ou dans l'Utah depuis octobre 2008 [Oliver, comm. pers., 2008; Stagliano, comm. pers., 2008]).

Bien qu'elle soit encore présente et même abondante dans certaines régions, l'espèce est aujourd'hui disparue de nombreux endroits. On a par exemple déjà trouvé l'espèce en abondance dans de nombreuses rivières de Californie, mais elle est maintenant considérée disparue de la majeure partie de la vallée centrale et des zones au sud. Toutefois, elle était toujours présente en 1981 dans d'autres réseaux fluviaux de la Californie (Taylor, 1981). De manière similaire, on sait que l'espèce est disparue de la majeure partie de son aire de répartition d'origine, dans la rivière Snake, un important affluent du cours supérieur du fleuve Columbia, en Idaho (Frest et Johannes, 1995).

Aire de répartition canadienne

Au Canada, le *G. angulata* se trouve dans la portion la plus septentrionale de son aire de répartition mondiale, et moins de 5 % de son aire de répartition mondiale correspond au bassin de l'Okanagan dans le sud de la Colombie-Britannique. Les mentions de l'espèce au Canada n'ont été vérifiées que dans les sites du bassin de l'Okanagan où l'espèce avait été prélevée. L'espèce a été observée en particulier dans des plans d'eau situés au fond de la vallée, notamment (du nord au sud) dans le lac Okanagan, le lac Skaha, la rivière Okanagan, le lac Vaseux, le ruisseau Park Rill et le lac Osoyoos. Il existe 12 mentions historiques (de 1906 à 2002) de l'espèce provenant de 8 sites du bassin de l'Okanagan (tableau 1). Les relevés récents (de 2005 à 2008) visant le *G. angulata* dans cette région ont permis d'observer 51 autres individus dans 25 sites (figure 5). Bien que ces sites soient tous reliés par le réseau fluvial dont ils font partie, il est possible que la population soit fragmentée ou isolée en raison de la présence de plusieurs barrages et déversoirs qui pourraient empêcher les poissons hôtes de se déplacer dans le bassin (voir **Tendances en matière d'habitat**). Les déversoirs sont des ouvrages aménagés pour briser la pente du lit et, par conséquent, ralentir l'écoulement de l'eau dans les cours d'eau canalisés. Ces structures sont conçues pour laisser passer les poissons, mais elles limitent les déplacements de certaines espèces, dont le kokani (*Oncorhynchus nerka*) (Rae, 2005).

Tableau 1. Mentions historiques de *Gonidea angulata* (de 1906 à 2002).

Date du prélèvement	Site	Spécimens recueillis vivants ou morts (coquilles vides)	Échantillonneur	Notes	Musée	Collection de musée	Source
1906-03	Penticton (rivière Okanagan, à la sortie du lac Okanagan)	N.d. (2 coquilles vides, mais plutôt fraîches)	G.E. Winkler		Musée canadien de la nature	CMNML 093118	Canadian Biodiversity Information Facility, 2005; Gagnon, comm. pers., 2005
1991-08-09	Lac Skaha (Penticton)	N.d. (les 2 spécimens sont des coquilles)	D.W. Taylor	Le spécimen de musée a des algues vertes à l'intérieur de la coquille, ce qui indique qu'il a probablement été prélevé alors qu'il était déjà mort (Sendall, comm. pers., 2008)	Musée royal de la Colombie-Britannique	RBCM 993-00004-003	Sendall, comm. pers., 2008
1960-08-19	Okanagan Falls	Vieilles coquilles vides	R.J. Drake	Prélevées au terrain de camping n° 12	Musée canadien de la nature	CMNML 016017	Canadian Biodiversity Information Facility, 2005; Gagnon, comm. pers., 2005
1960-08-20	Okanagan Falls	Vieilles coquilles vides	R.J. Drake		Musée canadien de la nature	CMNML 009683	Canadian Biodiversity Information Facility, 2005; Gagnon, comm. pers., 2005
1963-06-12	Rivière Okanagan, Okanagan Falls (Colombie-Britannique).	N.d.	D.W. Taylor		Musée national d'histoire naturelle de Washington	NMNH 652845	NMNH, 2009
1972-08-06	Lac Vaseux, au nord d'Oliver, à la plage publique	4 individus vivants	A.H. Clarke, B.T. Kidd		Musée canadien de la nature	CMNML 067553	Clarke, 1981; Canadian Biodiversity Information Facility, 2005; Gagnon, comm. pers., 2005
2002-08-02	Ruisseau Park Rill, à l'intérieur des limites de la ville d'Oliver	½ coquille	Osoyoos Lake Water Quality Society				COSEPAC, 2003
1983-10-04	À mi-chemin entre Oliver et l'entrée du lac Osoyoos	3 individus vivants	T. Tuominen, S. Yee		Musée canadien de la nature	CMNML 086690	Canadian Biodiversity Information Facility, 2005; Gagnon, comm. pers., 2005

Date du prélèvement	Site	Spécimens recueillis vivants ou morts (coquilles vides)	Échantillonneur	Notes	Musée	Collection de musée	Source
1982-10-27	À mi-chemin entre Oliver et l'entrée du lac Osoyoos	1 individu vivant	T. Tuominen, S. Yee		Musée canadien de la nature	CMNML 086691	Canadian Biodiversity Information Facility, 2005; Gagnon, comm. pers., 2005
1982-10-28	Rivière Okanagan, en amont de l'entrée du lac Osoyoos	1 individu vivant	T. Tuominen, S. Yee		Musée canadien de la nature	CMNML 086692	Canadian Biodiversity Information Facility, 2005; Gagnon, comm. pers., 2005
1983-10-04	Rivière Okanagan, en amont de l'entrée du lac Osoyoos	3 individus vivants	T. Tuominen, S. Yee		Musée canadien de la nature	CMNML 086693	Canadian Biodiversity Information Facility, 2005; Gagnon, comm. pers., 2005
1990-08-16	Lac Osoyoos, du côté nord du parc provincial Haynes Point	2 coquilles (?)	D.W. Taylor	Le spécimen de musée a des algues vertes à l'intérieur de la coquille, ce qui indique qu'il a probablement été prélevé alors qu'il était déjà mort (Sendall, comm. pers., 2008)	Musée royal de la Colombie-Britannique	RBCM 993-00003-002	Sendall, comm. pers., 2008
N.d.	Rivière Kootenay	N.d.	N.d.				Clarke, 1981
Années 1890	Île de Vancouver	N.d.	De la collection de Rush		Musée de zoologie de l'Université du Michigan	107902	Appleton, comm. pers., 2008

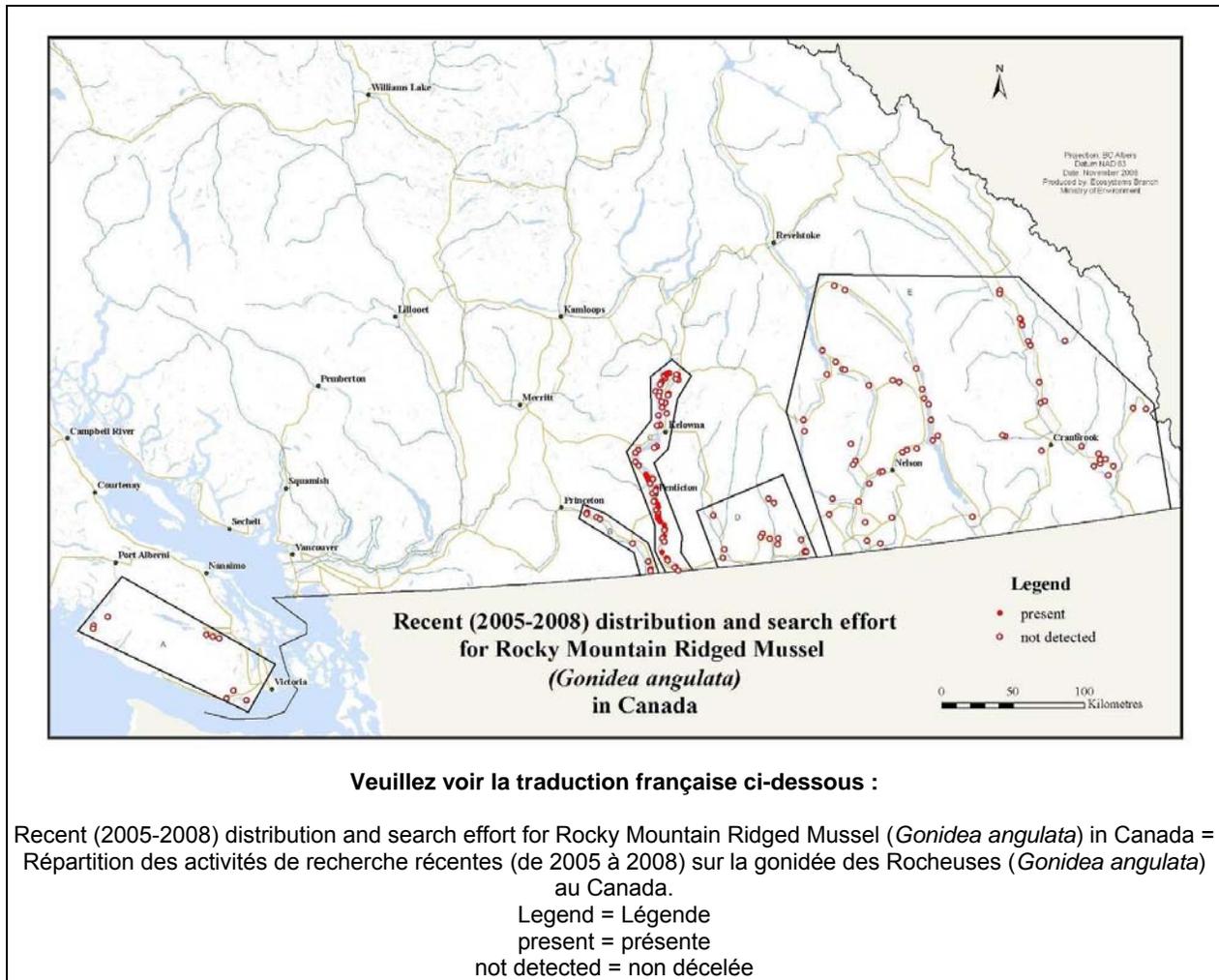


Figure 5. Répartition des activités de recherche récentes (de 2005 à 2008) sur le *Gonidea angulata* au Canada. D'ouest en est, les zones d'études sont : l'île de Vancouver, le bassin de la Similkameen, le bassin de l'Okanagan, le district régional de Kootenay Boundary et les districts régionaux de Central Kootenay et de East Kootenay. Carte préparée par B. Woods, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique.

Lindsay (2000) a signalé la présence de *G. angulata* dans un site archéologique (DiRa-9) situé dans le bassin versant de la rivière Thompson, beaucoup plus au nord que les autres sites et hors du bassin du Columbia. Toutefois, la position du site a ensuite été rectifiée pour faire référence à un site archéologique situé près de la rivière Similkameen, qui se jette dans l'Okanagan seulement une fois dans l'État de Washington. Des recherches subséquentes ont révélé que la présence du *G. angulata* n'était pas confirmée dans ce site, et que la référence établit la liste de toutes les espèces susceptibles d'être présentes dans le sud de la Colombie-Britannique, et non uniquement les espèces observées à cet endroit (Suttill, comm. pers., 2008). Pour conclure, la présence du *G. angulata* n'a été signalée que dans les portions de la rivière Similkameen situées au sud de la frontière internationale, où l'observation la plus en amont a été faite immédiatement en aval de la décharge du lac Palmer, environ 15 km en aval de la frontière (Kreuger *et al.*, 2007). Des études récentes (en 2006, en 2007 et

en 2009) réalisées dans la section la plus en aval de la portion canadienne de la rivière Similkameen ont permis d'observer la présence de *Margaritifera falcata*, mais non de *G. angulata* (Pollard, données inédites). En étudiant plus en détail les images satellite pour l'ensemble de cette portion de la rivière Similkameen, on a remarqué une coupure nette de la morphologie du chenal de la rivière immédiatement au sud de la frontière, alors que la rivière passe d'un chenal non contraint avec des faux-chenaux et une grande quantité de bancs de dépôts graveleux et sableux à un chenal contraint avec des rives stables qui ne sont pas susceptibles de bouger pendant les périodes de fort débit (Pollard, obs. pers.). Cette démarcation pourrait expliquer l'absence du *G. angulata*, mais la présence de l'espèce dans la portion canadienne de la rivière Similkameen ne peut pas être exclue.

On a signalé la présence de *G. angulata* à deux autres endroits en Colombie-Britannique, en dehors du bassin de l'Okanagan, mais ces deux observations n'ont pas été vérifiées. Une seule mention non datée a été faite dans la rivière Kootenay (Clarke, 1981). Toutefois, l'emplacement du spécimen n'a pas été précisé et, malgré les recherches intensives récentes dans les districts régionaux de Kootenay Boundary, de Central Kootenay et de East Kootenay, l'espèce n'a pas été observée (tableau 2). Un autre spécimen daté de 1890 environ et dont l'étiquette porte la mention « Vancouver Island » se trouve au Musée de zoologie de l'Université du Michigan (University of Michigan Museum of Zoology) (Appleton, comm. pers., 2008), mais aucune autre observation n'a été signalée sur l'île de Vancouver, tant au cours des recherches historiques que des recherches récentes (tableau 2). En conclusion, ce rapport ne tient compte que des observations qui ont été vérifiées dans le bassin de l'Okanagan.

Tableau 2. Activités de recherche récentes visant le *Gonidea angulata* (de 2005 à 2008).

Zone d'étude (voir la carte d'emplacement des sites à la figure 10)	N ^{bre} de sites	Heures-personnes (nombre minimal d'heures)	Distance linéaire étudiée (nombre minimal de km)	<i>G. angulata</i> découverts?
Île de Vancouver	8	13,6	5,3	Non
Bassin de la Similkameen	7	13,2	4,0	Non
Bassin de l'Okanagan	86	147,4	31,5	Oui
District régional de Kootenay Boundary	15	9,3	2,1	Non
Districts régionaux de Central Kootenay et de East Kootenay	63	62,6	47,9	Non
Total	179	429,7	90,8	

Dans le rapport précédent, on signalait une zone d'occurrence de 210 km² (COSEPAC, 2003), mais les détails du calcul n'étaient pas fournis. La zone d'occurrence actuelle est de 1 585 km² et a été calculée à l'aide des outils ArcMap™ 9.2 et du logiciel complémentaire XTools Pro™ (Convex Hull). Elle englobe les mentions historiques et récentes, y compris les zones terrestres. Cette zone d'occurrence plus étendue reflète l'intensification des recherches de 2005 à 2009, et non l'accroissement de la population depuis la dernière évaluation.

L'IZO est estimé à 80 km² et a été calculé à l'aide d'une grille de 2 × 2 km superposée sur les points correspondant aux sites où des coquilles ou des spécimens vivants ont été découverts. Le calcul de l'IZO était fondé sur les méthodes de l'UICN (2008) et du COSEPAC (2009). La zone d'occupation n'avait pas été calculée officiellement auparavant, mais avait été documentée comme étant « plus petite que la zone d'occurrence » (210 km²; COSEPAC, 2003).

Bien qu'on ignore si la zone d'occurrence et l'IZO sont actuellement en déclin continu, des déclin continus sont prévus pour ces deux paramètres dans l'éventualité où la menace posée par les dreissenidés (moules zébrées [*Dreissena polymorpha*] et moules quagga [*D. rostriformis bugensis*]) serait déclarée (voir **MENACES ET FACTEURS LIMITATIFS**).

Compte tenu du manque de données disponibles sur la structure de la population et sur les espèces hôtes, il est impossible d'estimer le nombre d'unités reproductrices ou de populations susceptibles d'être présentes dans l'ensemble de ce bassin, de même que la mesure dans laquelle le flux génique s'y produit. Même si les données existantes sur la répartition et l'abondance de l'espèce n'indiquent pas de fragmentation grave de l'habitat, il ne fait aucun doute que l'habitat a été fragmenté jusqu'à un certain point par les activités humaines, notamment par l'aménagement des rives, la construction de barrages et la canalisation. On ignore jusqu'où ces changements influent sur la dispersion des poissons hôtes et des moules.

Nombre de localités

Si la menace d'invasion de moules de la famille des Dreissenidés est considérée comme la plus grave menace susceptible de toucher l'espèce au cours des dix prochaines années (voir **MENACES ET FACTEURS LIMITATIFS**), alors il pourrait n'exister qu'une seule localité. Une introduction réussie de dreissenidés dans le bassin de l'Okanagan pourrait entraîner une propagation rapide de ces moules envahissantes dans tout le réseau lacustre, touchant probablement tous les individus de *G. angulata*. S'il existait des obstacles et des limitations à une invasion par des dreissenidés (p.ex., des zones que les dreissenidés ne peuvent atteindre ou qui sont plus difficiles à coloniser en raison d'obstacles physiographiques ou de l'absence d'habitat propice [refuges à proximité du rivage], comme c'est le cas pour certains unionidés en péril en Ontario [voir par exemple COSEPAC, 2010]), le nombre de localités pourrait être supérieur à un (1). Toutefois, vu l'interconnectivité des lacs dans ce bassin, les activités nautiques intensives dans la région et le fait que tous les sites où des gonidées des Rocheuses ont été observées vivantes se trouvent dans des lacs (et non dans les affluents situés en amont, qui pourraient les protéger quelque peu de l'établissement des dreissenidés), il semble peu probable qu'il existe plus d'une localité.

HABITAT

Besoins en matière d'habitat

Les moules d'eau douce peuvent vivre dans un milieu bien défini dans un site, mais on les observe souvent dans des milieux très différents dans d'autres sites (Coker *et al.*, 1921; Strayer, 1981, cité dans Strayer, 2008). Cela semble être le cas chez le *G. angulata*, dans l'ensemble de son aire de répartition canadienne. Aux États-Unis, on trouve l'espèce dans les ruisseaux et les rivières de toutes les tailles, rarement dans les lacs et dans les réservoirs, et *presque* jamais dans les substrats très mous (Frest et Johannes, 1995; Nedeau *et al.*, 2005). À l'inverse, au Canada, on l'observe principalement dans les lacs où le substrat est mou. On donne peu de détails sur le type de substrat dans les registres historiques canadiens. Dans le lac Vaseux, des moules ont été trouvées dans du sable vaseux, en bordure d'un herbier de potamo (*Potamogeton* sp.), du côté de la rive (Clarke, 1981), et de très jeunes spécimens ont été observés parmi de gros débris végétaux à l'embouchure de la rivière Okanagan, en 1991 (COSEPAC, 2003). Le rapport du COSEPAC de 2003 précise que cette espèce a besoin d'eaux froides, limpides, oligotrophes (à teneur faible en nutriments), et qu'elle préfère les débits constants, les milieux peu profonds (habituellement de moins de 3 m de profondeur) et les substrats bien oxygénés.

Dans les sites lacustres récemment étudiés (de 2005 à 2008), le *G. angulata* a principalement été observé dans des substrats vaseux ou dans une combinaison de vase et de sable (Gelling, données inédites), ou encore coincé entre des galets, dans des substrats mous (Lauzier, comm. pers., 2008). Certains groupes ou individus ont été découverts dans des substrats exempts de végétation aquatique et, dans d'autres sites, on a trouvé des individus enchevêtrés dans de la végétation basse (Gelling, données inédites). Les quelques moules vivantes observées dans la portion naturelle (non canalisée) de la rivière Okanagan, en aval du barrage McIntyre, se trouvaient dans des zones de dépôts sableux derrière de gros blocs, ou coincées entre des galets (Pollard, données inédites).

Les études récentes dans le bassin de l'Okanagan ont révélé la présence des plus importants groupes de gonidées des Rocheuses vivantes du lac Okanagan, un grand lac oligotrophe dont les rives sont soumises à l'action considérable des vagues, ce qui pourrait imiter en quelque sorte le débit constant des milieux fluviaux typiques situés plus au sud (Pollard, obs. pers.). De façon contrastante, l'un des lacs où l'on n'a trouvé que des coquilles lors des études récentes, en 1990 et en 2005 (le lac Osoyoos), est considéré comme un lac eutrophe peu profond dont le substrat connaît fréquemment des épisodes anoxiques durant les mois chauds de l'été.

Strayer (2008) a conclu que les facteurs abiotiques traditionnellement utilisés pour décrire les milieux aquatiques sont souvent inefficaces pour prédire la présence des moules en général, ce qui pourrait expliquer pourquoi la présence de *G. angulata* a été notée dans des milieux très divers dans l'ensemble de son aire de répartition. Il recommande plutôt que les exigences de l'espèce en matière d'habitat soient considérées en tenant compte des besoins des moules d'eau douce pour compléter avec succès leur cycle vital.

Le *Gonidea angulata* semble préférer les zones où les conditions de l'habitat sont stables et éviter les endroits où la qualité du substrat varie (p. ex., assèchement périodique), ou qui sont sujets à des fluctuations extrêmes du niveau d'eau ou encore à des épisodes saisonniers d'hypoxie ou d'anoxie (COSEPAC, 2003), ce qui correspond aux exigences de base de l'espèce (substrats stables et humides dans lesquels elle peut s'ancrer [Strayer, 2008]). À certains endroits aux États-Unis, la turbidité varie de façon marquée au cours d'une année normale, mais l'espèce semble absente des cours d'eau où l'eau est constamment trouble, notamment des cours d'eau alimentés par des eaux de fonte (p. ex., la rivière Hood, en Oregon), alors qu'elle occupe certains cours d'eau avoisinants où les eaux ne sont troubles que de façon saisonnière, comme les rivières Deschutes et John Day, en Oregon (Frest et Johannes, 1992, cités dans COSEPAC, 2003).

On ignore la limite de profondeur à laquelle on pourrait trouver des individus. Au Canada, des individus ont été observés dans des plans d'eau dont la profondeur allait de moins de 1 m à environ 3 m de profondeur, mais un individu vivant a été prélevé à une profondeur d'environ 8 m dans le lac Vaseux, en 2009 (Pollard, données inédites). Aucune étude officielle en eaux profondes en plongée autonome ou à l'aide d'autres méthodes n'a été réalisée (p. ex., au chalut de fond ou par dragage). Par conséquent, il est possible que des individus soient présents à des profondeurs plus grandes. Aux États-Unis, on a découvert des individus vivants à une profondeur de 20 m (COSEPAC, 2003).

Tendances en matière d'habitat

Le régime hydrologique dans le bassin de l'Okanagan a connu des modifications à grande échelle, ce qui a également modifié, avec le temps, les rives des lacs et la qualité de l'eau. Au moins quelques-uns de ces changements ont probablement touché la qualité et la disponibilité de l'habitat du *G. angulata*. Avant la colonisation européenne, le fond de la vallée de l'Okanagan comprenait de vastes milieux humides associés aux affluents des principaux lacs du bassin. De 1950 à 1958, la majeure partie de la rivière Okanagan a été canalisée et endiguée pour maîtriser les crues, pratiques qui ont gravement modifié l'habitat fluvial (figures 6 et 7). À l'heure actuelle, les portions canalisées ne présentent plus vraiment les caractéristiques d'une rivière naturelle (seuils, bassins, rives sapées, îles, faux-chenaux, tourbillons, débris ligneux, etc.) (Rae, 2005). De plus, 3 barrages ont été érigés entre le lac Okanagan et le lac Osoyoos pour régulariser l'approvisionnement en eau domestique et en eau d'irrigation (le barrage Okanagan, situé à la décharge du lac Okanagan, le barrage du lac Skaha, situé

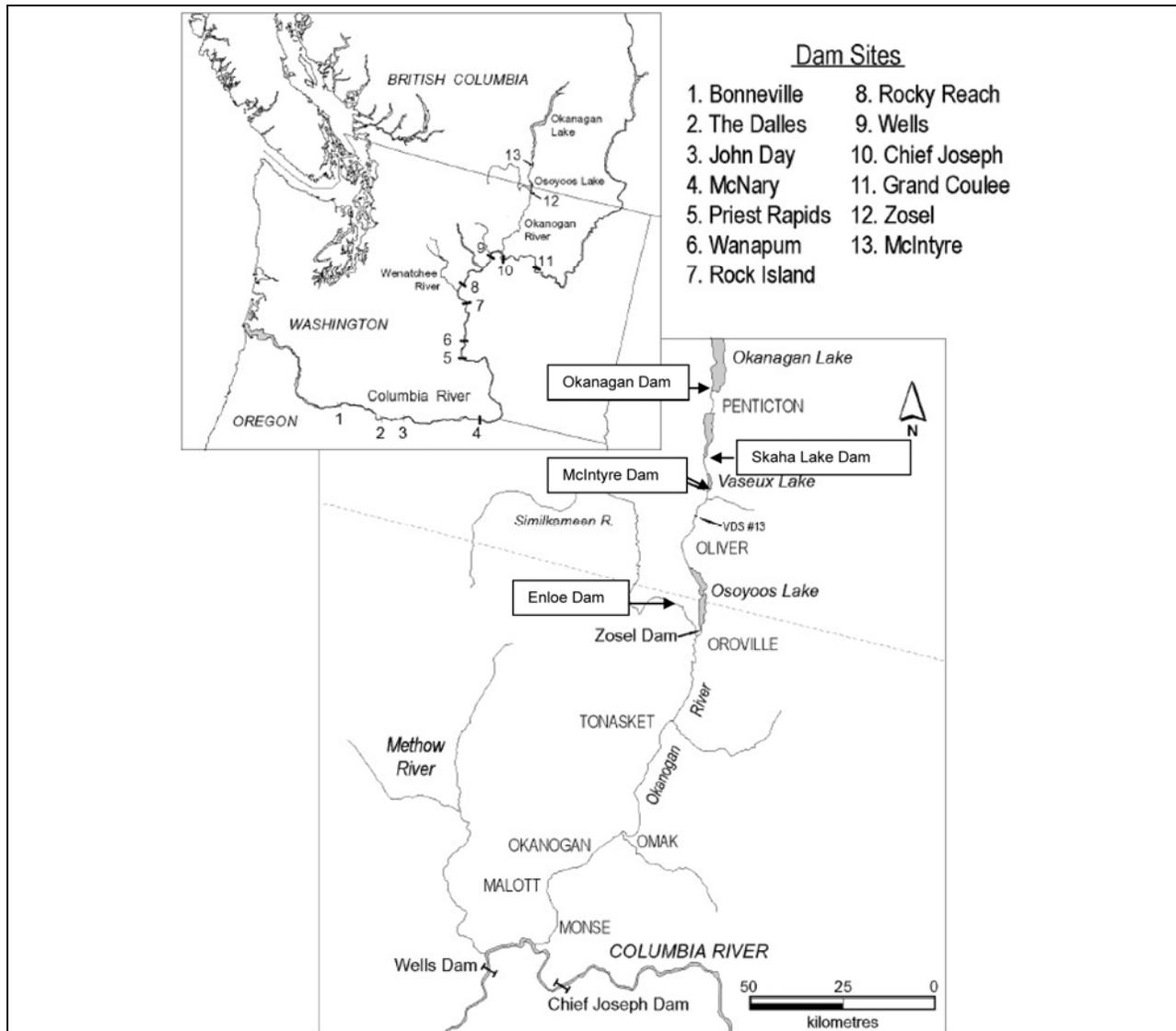
à la décharge du lac Skaha, et le barrage McIntyre, situé à la décharge du lac Vaseux (Rae, 2005; figure 8). Il existe aussi 17 déversoirs qui ont été construits pour atténuer les remous lors de la hausse des niveaux d'eau dans la rivière Okanagan (Tiernan, comm. pers., 2008; figure 9). Chacune de ces structures modifie en moyenne le niveau de 1 mètre; elles ont été construites pour ralentir le débit et pour atténuer la pente (Toews et Allen, 2009). Les barrages et les déversoirs peuvent limiter ou empêcher la migration des poissons vers l'amont (Rae, 2005; Walsh et Long, 2006), ce qui pourrait nuire à la dispersion des larves de *G. angulata*, qui dépendent du déplacement des poissons hôtes (voir **Barrages et déversoirs**).



Figure 6. La rivière Okanagan affluant dans le lac Skaha à son extrémité nord, en 1949. Photo : BC 800:31.



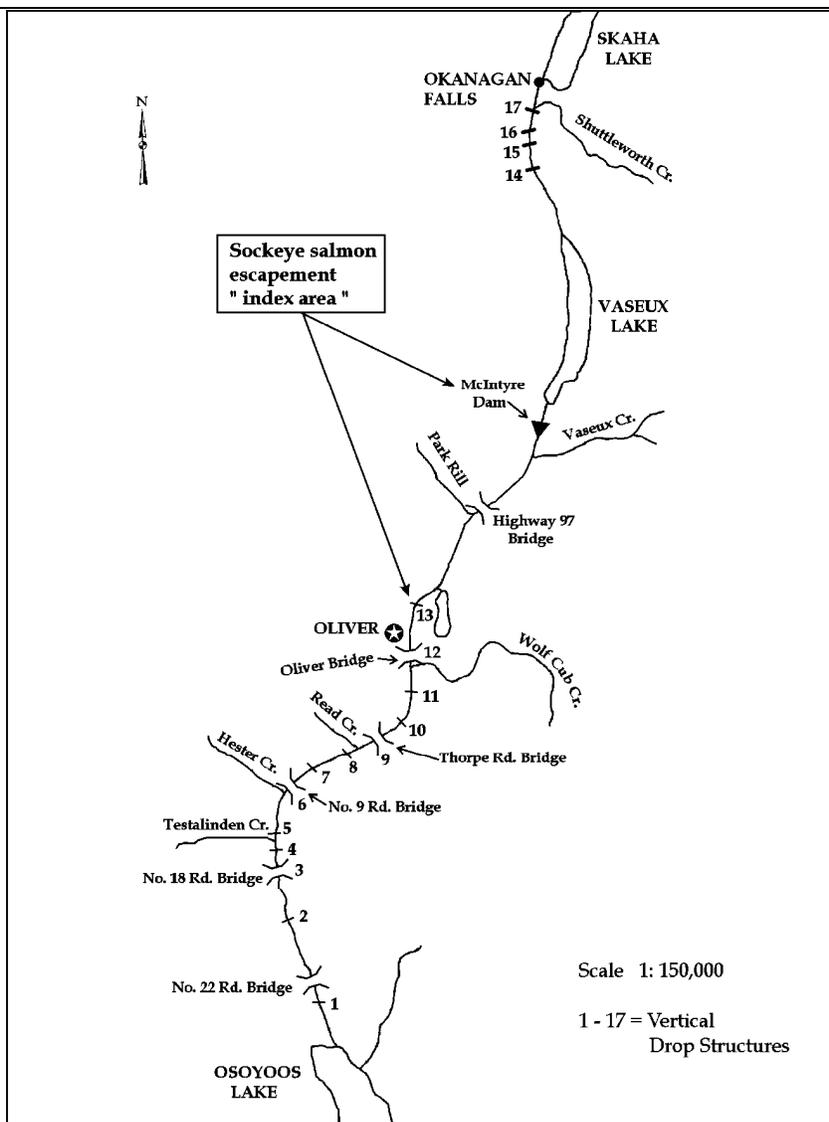
Figure 7. La rivière Okanagan affluant dans le lac Skaha à son extrémité nord, en 2009. Source : Google Earth.



Veillez voir la traduction française ci-dessous :

- BRITISH COLUMBIA = COLOMBIE-BRITANNIQUE
- Okanagan Lake = Lac Okanagan
- Osoyoos Lake = Lac Osoyoos
- Okanogan River = Rivière Okanogan
- Wenatchee River = Rivière Wenatchee
- Columbia River = Fleuve Columbia
- Dam Sites = Emplacement des barrages
- Okanagan Dam = Barrage Okanagan
- Skaha Lake Dam = Barrage du lac Skaha
- Vaseux Lake = Lac Vaseux
- McIntyre Dam = Barrage McIntyre
- VDS #13 = Déversoir n° 13
- Enloe Dam = Barrage Enloe
- Zosel Dam = Barrage Zosel
- Methow River = Rivière Methow
- Wells Dam = Barrage Wells
- Chief Joseph Dam = Barrage de Chef Joseph
- kilometres = kilomètres

Figure 8. Emplacements des principaux barrages au Canada et aux États-Unis (d'après Hyatt *et al.*, 2003).



Veillez voir la traduction française ci-dessous :

- SKAHA LAKE = LAC SKAHA
- Shuttleworth Cr. = Ruisseau Shuttleworth
- VASEUX LAKE = LAC VASEUX
- McIntyre Dam = Barrage McIntyre
- Vaseux Cr. = Ruisseau Vaseux
- Park Rill = Ruisseau Park Rill
- Highway 97 Bridge = Pont de la route 97
- Sockeye salmon escapement « index area » = « Secteur témoin » pour les échappées de saumon rouge
- Wolf Cub Cr. = Ruisseau Wolf Cub
- Thorpe Rd. Bridge = Pont du chemin Thorpe
- Read Cr. = Ruisseau Read
- Hester Cr. = Ruisseau Hester
- No. 9 Rd. Bridge = Pont de la route 9
- Testalinden Cr. = Ruisseau Testalinden
- No. 18 Rd. Bridge = Pont de la route 18
- No. 22 Rd. Bridge = Pont de la route 22
- OSOYOOS LAKE = LAC OSOYOOS
- Scale 1 :150,000 = Échelle 1:150 000
- 1-17 = Vertical Drop Structures = 1 à 17 = Déversoirs

Figure 9. Déversoirs dans la rivière Okanagan, du lac Skaha au lac Osoyoos (Hyatt et Rankin, 1999).

En aval du barrage McIntyre, au sud du lac Vaseux, plusieurs méandres abandonnés (boucles ou méandres de la rivière d'origine s'étendant sur cinq à six kilomètres) ont été isolés du chenal principal de la rivière en raison de la canalisation, et forment aujourd'hui des étangs en forme de croissants (Rae, 2005). Ils sont reliés au chenal de la rivière, et leurs débits sont régularisés par une entrée et une sortie d'eau, ce qui modifie le débit naturel de la rivière. Les eaux de ces méandres abandonnés sont exceptionnellement chaudes (Tiernan, comm. pers., 2008), ce qui peut interférer avec la reproduction des moules d'eau douce, reproduction qui dépend de la température de l'eau (voir **Cycle vital et reproduction**). De plus, ces eaux contiennent des espèces introduites comme la carpe (*Cyprinus carpio*) et l'achigan à petite bouche (*Micropterus dolomieu*) (Tiernan, comm. pers., 2008), espèces qui ont des effets sur les moules (voir **Autres espèces introduites**). Aucun recensement officiel n'a été réalisé dans ces régions, mais on a observé par hasard des anodontes dans un méandre abandonné (Tiernan, comm. pers., 2008).

Il reste peu de choses de la rivière naturelle. La canalisation a raccourci la rivière de 61 à 41 km, ce qui correspond à une perte de superficie de 212 à 116 ha. Environ 4 km (15 ha) ou 7 % de la rivière n'est ni endigué ni canalisé (Rae, 2005). La portion naturelle de la rivière s'écoule vers le sud depuis la décharge du lac Vaseux jusqu'au pont de la route 97. Ce tronçon se trouve immédiatement en aval du barrage McIntyre (figure 8). Les digues en retrait permettent à la rivière de demeurer dans un état semi-naturel avant que des digues ne la contiennent de nouveau, environ 4 km en aval de la décharge (Mitchell, comm. pers., 2008). La majeure partie de la section naturelle a fait l'objet de relevés en août 2009. On y a découvert plusieurs moules vivantes, de même que de nombreuses coquilles (Pollard, données inédites). Ces portions (naturelle et semi-naturelle) pourraient constituer (ou avoir déjà été) un habitat important pour le *G. angulata*.

Les zones riveraines et littorales des plans d'eau du bassin de l'Okanagan ont été modifiées par l'expansion urbaine et agricole. Depuis 1940, la population humaine dans le bassin de l'Okanagan a triplé tous les 30 à 40 ans, atteignant 300 000 habitants en 2002 (Jensen et Epp, 2002). Par conséquent, les humains ont modifié les rives des lacs et des rivières, notamment par dragage, en construisant des quais et des marinas, en plantant des vergers et des vignobles de superficie considérable, en luttant contre les plantes aquatiques envahissantes, en faisant pousser de la pelouse et en apportant du sable pour créer des plages (voir **MENACES ET FACTEURS LIMITATIFS**). On prévoit que ces activités se poursuivront dans le futur.

La remise en état de certaines sections de la rivière Okanagan pourrait rendre disponible un habitat propice. Sur une période de 2 ans ayant commencé en novembre 2008, une initiative de remise en état de la rivière Okanagan visait à rétablir un tronçon canalisé de 1,2 km (au nord de Oliver) en un tronçon à méandres de 1,4 km (Matthews, comm. pers., 2008). Lorsque des poissons ont été recensés dans ce tronçon (le recensement de moules était secondaire), en 2006, aucune moule n'a été trouvée (Dyer, comm. pers., 2009), mais ce tronçon pourrait abriter le *G. angulata* dans le futur si l'habitat devenait propice à ses poissons hôtes.

En ce qui concerne les tendances en matière d'habitat aux États-Unis, l'espèce est encore considérée comme assez répandue, mais en déclin en ce qui touche la superficie et le nombre d'endroits qu'elle occupe ainsi que le nombre d'individus. En outre, son habitat est toujours menacé (NatureServe, 2008). On constate une rapide eutrophisation d'une grande partie du cours intermédiaire de la rivière Snake, en Idaho, due au ruissellement agricole, aux piscicultures et à l'urbanisation le long de la rivière (COSEPAC, 2003). La majeure partie de la rivière est retenue par une série de petits barrages, ce qui nuit à des espèces d'eau froide comme le *G. angulata*. Cette zone a été déclarée limitée du point de vue de la qualité de l'eau (« water-quality limited ») par l'Environmental Protection Agency (EPA) et l'État de l'Idaho. L'apport de sédiments fins, provenant en général des sources mentionnées ci-dessus, représente aussi un problème majeur. Un glissement de terrain survenu en 1994, en bordure de la rivière Snake a eu une incidence négative sur certains sites historiques. Frest et Johannes (1999) résument les menaces qui pèsent sur l'espèce dans les sites se trouvant dans le bassin intérieur du Columbia, en Californie et en Idaho. Dans le secteur du cours inférieur du fleuve Columbia, les menaces qui pèsent sur le *G. angulata* comprennent l'endiguement, l'envasement continu et l'eutrophisation. Dans l'État de Washington, le ruissellement de pesticides et d'herbicides en provenance des vergers, des terres agricoles et des scieries ont accru les charges en nutriments dans la région naturelle de l'Okanogan (COSEPAC, 2003). Dans la portion étatsunienne de la rivière Similkameen, l'extraction de placers à l'aide de dragues suceuses, une activité fréquemment pratiquée dans cette rivière, a entraîné la mort de *G. angulata* (Krueger *et al.*, 2007).

Protection et propriété

Plusieurs lois et règlements fédéraux, provinciaux et municipaux protègent l'habitat de l'espèce. Néanmoins, les facteurs qui menacent l'espèce sont continus dans son aire de répartition (voir **MENACES ET FACTEURS LIMITATIFS**).

Protection fédérale

Le gouvernement fédéral assume ses responsabilités constitutionnelles concernant les pêches en eaux côtières et internes par l'application de la *Loi sur les pêches*. La *Loi* donne au ministère des Pêches et des Océans (MPO) le pouvoir, l'autorité, les tâches et les fonctions visant la conservation et la protection des poissons et de l'habitat du poisson essentiel aux pêches de subsistance, commerciales, récréatives et traditionnelles (tels que décrits dans la *Loi*). La *Loi sur les pêches* contient des dispositions concernant la régularisation des débits en fonction des besoins des poissons, le passage des poissons, les poissons tués par d'autres moyens que par la pêche, la pollution des eaux où vivent des poissons et la destruction de l'habitat des poissons. On a attribué à Environnement Canada (EC) certaines responsabilités administratives touchant les dispositions relatives à la pollution des eaux où vivent des poissons; les autres dispositions sont administrées par le MPO.

Aux termes de la *Loi sur les pêches*, les mollusques aquatiques, y compris les moules d'eau douce, entrent dans la définition de « poissons ». Toutefois, il faudra montrer que l'espèce de moule soutient une pêche fondée sur une décision de la cour d'appel (décision de la Cour d'appel de la Colombie-Britannique – R. v. MacMillan Bloedel [1984]; Clark, comm. pers., 2009).

Cette espèce est actuellement désignée « espèce préoccupante » à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril* (Registre public des espèces en péril, 2010), et un plan de gestion de l'espèce est en cours d'élaboration.

Environ 60 km du rivage de l'Okanagan sont adjacents à plusieurs réserves indiennes, notamment à celles des bandes d'Okanagan (réserve indienne (RI) Okanagan 1; RI Priest's Valley 6), de Westbank (RI Tsinstikeptum 9 et 10), de Penticton (RI Penticton 1) et d'Osoyoos (RI Osoyoos 1) (Conservation Data Centre de la Colombie-Britannique, 2008). Les recensements limités réalisés dans les plans d'eau adjacents aux réserves indiennes (< 1 km) n'ont pas permis d'observer de *G. angulata*.

Il est possible que le Refuge d'oiseaux du lac Vaseux protège indirectement le *G. angulata* et son habitat dans le lac Vaseux. Sous la responsabilité du Service canadien de la faune (SCF), ce refuge protège les oiseaux migrateurs et leur habitat (Service canadien de la faune, 2005).

Protection provinciale

En Colombie-Britannique, on trouve le *G. angulata* dans le parc provincial du lac Vaseux, qui est adjacent à un réseau de terres domaniales, de zones naturelles appartenant à des fondations et de terres provinciales protégées de la région. Le parc abrite la réserve nationale de faune de Vaseux–Bighorn du SCF, qui protège principalement le mouflon d'Amérique, mais aussi d'autres espèces (Toews, comm. pers, 2008).

Voici d'autres lois provinciales applicables concernant la protection de l'habitat du *G. angulata* :

La *Fish Protection Act* donne aux gestionnaires des eaux l'autorité législative de prendre en considération les effets sur les poissons et sur leur habitat avant d'accorder de nouveaux permis, de modifier des permis ou d'approuver des travaux à l'intérieur ou à proximité de cours d'eau (Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, 2008a).

La *Water Act* et la *Water Protection Act* réglementent les activités qui ont lieu à l'intérieur et à proximité de cours d'eau, et protègent les ressources en eau dans les écosystèmes aquatiques, notamment les milieux humides et les bassins versants (Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, 2008b).

La *Forest and Range Practices Act* et son règlement d'application régissent les activités d'exploitation des forêts et des pâturages des titulaires de licences de la province, notamment en ce qui touche les activités ayant des incidences sur les zones riveraines et sur les espèces en péril (Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, 2008c).

La *Environmental Management Act* sert de cadre pour la protection de la santé humaine et de la qualité de l'eau, des terres et de l'air en Colombie-Britannique. Elle régit le rejet et l'apport de déchets dans l'environnement, notamment d'eaux usées, de déchets industriels (p. ex., provenant de fabriques de pâtes et papiers) et d'effluents (Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, 2008d).

La *Park Act* régit l'établissement, la classification et la gestion des parcs provinciaux et des zones récréatives dédiées à la conservation des milieux naturels destinés au recueillement à l'utilisation et au bien-être de la population (Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, 2008e).

Protection régionale et municipale

La *Community Charter Act* et la *Municipal Act* confèrent aux administrations municipales des pouvoirs additionnels visant à protéger les poissons (les mollusques entrant dans la définition de « poissons ») et leur habitat (Ministry of Community Development de la Colombie-Britannique, 2008a ; idem, b).

BIOLOGIE

Cycle vital et reproduction

Le cycle vital et la reproduction du *G. angulata* suivraient la biologie reproductive des moules d'eau douce en général. La température de l'habitat doit être propice à sa survie, à sa croissance et à sa reproduction (Strayer, 2008). On peut diviser la vie d'une moule d'eau douce en six étapes (résumées dans COSEPAC, 2003; Ruppert *et al.*, 2004; Strayer, 2008).

- 1) La reproduction : Le mâle libère son sperme dans la colonne d'eau, lequel est aspiré par la femelle pour féconder les œufs, qu'elle garde dans ses branchies marsupiales (figure 6).
- 2) Le stade de glochidie : Dans les branchies, les œufs fécondés deviennent des larves appelées « glochidies » en quelques semaines à quelques mois.
- 3) La libération des glochidies : La femelle relâche les glochidies en utilisant diverses méthodes selon l'espèce de poisson hôte pour que les glochidies s'y fixent (p. ex., leurres complexes, dépôt des conglutinats [glochidies contenues dans de petits sacs mucilagineux] ressemblant à de la nourriture, et capture et rétention du poisson pour l'infester de glochidies).

- 4) L'enkystement : Les glochidies s'enkystent (se fixent) sur un poisson hôte vivant, et des cellules phagocytaires présentes dans le manteau des larves dégradent et absorbent les tissus du poisson comme nourriture (les poissons adultes ne souffrent apparemment pas de la présence des glochidies, mais les alevins peuvent mourir par suite d'infections secondaires). À ce stade, les glochidies se transforment en juvéniles sur une période pouvant aller de plusieurs jours à plusieurs mois. C'est pendant cette période que l'espèce se disperse, par l'intermédiaire de son hôte.
- 5) Le déenkystement et le stade juvénile : Les juvéniles se déenkystent (se détachent) de leur hôte, tombent sur le substrat benthique et commencent graduellement leur vie d'adulte. On en sait peu sur le stade juvénile, mais on sait que la plupart des juvéniles vivent complètement enfouis dans les sédiments. Ce sont des suspensivores. Toutefois, il se peut qu'ils se nourrissent aussi de dépôts benthiques comme solution de rechange ou comme source supplémentaire de nourriture. Ce stade dure de une à quelques années selon l'espèce, jusqu'à ce que les juvéniles atteignent la maturité sexuelle.
- 6) Le stade adulte : Une fois la maturité sexuelle atteinte, les adultes vivent à la surface ou près de la surface des sédiments. Ils sont principalement suspensivores et peuvent vivre jusqu'à plusieurs décennies.

Les moules utilisent deux stratégies de reproduction bien connues : 1) la gravidité à long terme, où la reproduction a lieu durant l'été et où les glochidies sont conservées tout l'hiver dans la femelle, jusqu'à ce qu'elle les relâche, le printemps suivant, 2) la gravidité à court terme, où la reproduction a lieu au printemps et où les glochidies sont relâchées au cours de la même saison (Watters et O'Dee, 2000). On a récemment décrit une troisième stratégie appelée « hivernage sur l'hôte », où les glochidies passent tout l'hiver sur leur poisson hôte (Watters et O'Dee, 2000). On ignore quelles sont les stratégies de reproduction du *G. angulata* au Canada. La reproduction dépend de diverses variables de l'habitat, comme la température et le débit de l'eau (Watters et O'Dee, 2000; Hastie et Young, 2003). Par conséquent, la saison de reproduction peut varier au sein de la même espèce, tant à l'échelle régionale qu'à l'échelle locale (Haley *et al.*, 2007). Dans la rivière John Day, on a observé des femelles de *G. angulata* gravides du début à la fin juin (O'Brien, 2008); dans la rivière Pit, en Californie, on a noté que les périodes de reproduction et d'expulsion des glochidies avaient lieu de la fin mars/début avril à la mi-juillet (Haley *et al.*, 2007). Dans le lac Okanagan, des conglutinats expulsés d'un groupe d'individus ont été observés en juin (voir les détails ci-dessous).

Les stratégies précises d'attraction des poissons hôtes et d'enkystement du *G. angulata* au Canada sont inconnues. Dans le lac Okanagan, environ 5 à 10 % d'un groupe dense de moules (1 000 moules/1 300 m²) ont expulsé des conglutinats dont on a confirmé qu'ils contenaient des glochidies (Lee, comm. pers., 2008; figure 2). On ignore de quelle manière les glochidies de *G. angulata* se fixent à leur hôte, mais il est possible que se forme un « panache » de glochidies pendant que les poissons se nourrissent des conglutinats, et que celles-ci soient rapidement aspirées dans les branchies des poissons lorsqu'ils respirent (Haley, comm. pers., 2008). Les conglutinats

de *Gonidea angulata* sont probablement plus difficiles à observer dans les eaux de fort débit que dans les lacs, car ils semblent se dissoudre rapidement (Haley, comm. pers., 2008; O'Brien, comm. pers., 2008). On n'a pas observé de conglutinats dans les rivières Pit et Fall, en Californie, mais on a observé des glochidies réparties de façon diffuse dans la colonne d'eau. Dans de telles circonstances, les glochidies s'attachent au poisson hôte alors que le poisson nage dans les eaux infestées (Haley, comm. pers., 2008).

On a déjà documenté la longévité du *G. angulata* comme étant de 20 à 30 ans, en se fondant sur le nombre de lignes de croissance (COSEPAC, 2003). On a signalé plus récemment une durée de vie de 60 ans (Frest et Johannes, 2006), mais la méthode de détermination de l'âge n'a pas été précisée. Le compte des lignes de croissance sur la face externe de la coquille donne une sous-estimation de l'âge des vieux individus, et est d'une utilité limitée pour déterminer l'âge des unionidés (Neves et Moyer, 1988). Par ailleurs, une étude récente a établi que les études employant la méthode de marquage-recapture donnaient lieu à des surestimations considérables de l'âge, en particulier lorsque la plupart des individus sont de grande taille. On recommande donc d'utiliser les lignes de croissance de la face interne de la coquille (Haag, 2009). Vannote et Minshall (1982) ont rapporté que l'âge maximal d'un individu de *G. angulata* de la rivière Salmon, en Idaho, était de 24 ans, à l'aide de la méthode du compte des lignes de croissance. Par conséquent, l'estimation selon laquelle la longévité de l'espèce est de 20 à 30 ans demeurera la plus plausible jusqu'à ce que plus de renseignements soient disponibles. Si la maturité sexuelle est atteinte en 3 ans, la distribution des classes d'âges, uniforme, et l'âge maximal, évalué à 30 ans, on peut estimer que les individus se reproduisent en moyenne à l'âge de 15 ans.

Une fois que les glochidies sont fixées à un poisson hôte, leur taux de survie est typiquement faible. En effet, de 10 à 18 000 individus par milliard de glochidies survivent jusqu'à l'âge de 1 à 2 ans chez les quelques taxons pour lesquels des estimations ont été faites (Jansen *et al.*, 2001). Il a été prouvé que les poissons hôtes propices peuvent développer une résistance aux glochidies après de multiples infections. Toutefois, la base de cette résistance n'est pas entièrement comprise (Strayer, 2008).

Prédateurs

La prédation du *G. angulata* en Amérique du Nord n'a pas été documentée, et ce, à tous les stades de son cycle vital. Du stade de glochidies au stade adulte, les prédateurs des moules d'eau douce peuvent inclure le zooplancton, les écrevisses, les larves d'insectes, les insectes aquatiques (hémiptères), les coléoptères, les escargots d'eau, les poissons, les oiseaux, les tortues et les mammifères. En laboratoire, les turbellariés de taille microscopique, abondants dans les lacs et dans les cours d'eau, sont des prédateurs voraces des glochidies et des petites moules au stade juvénile. On ne connaît toutefois pas leur comportement de prédation dans la nature (Strayer, 2008 et références incluses). Dans le sud de la Colombie-Britannique, la consommation de moules d'eau douce (d'espèce inconnue) par des loutres de rivière (*Lontra canadensis*)

et des rats musqués (*Ondatra zibethicus*) a été documentée (Moore et Machial, 2007; Mitchell, comm. pers., 2008). Les ratons laveurs (*Procyon lotor*) sont aussi connus comme de grands consommateurs de moules (Strayer, 2008). Il est également possible que les mouettes se nourrissent de moules et que certains oiseaux aquatiques recherchent les moules mortes lorsque le niveau de l'eau est bas (Nedeau *et al.*, 2005). On a observé des goélands et des mouettes se nourrir de *G. angulata* dans le lac Okanagan (Lauzier, comm. pers., 2009). Les parasites et les maladies peuvent aussi modifier la composition des communautés de moules (Strayer, 2008). On ignore dans quelle mesure les prédateurs et les parasites constituent un facteur limitatif pour le *G. angulata*.

On sait que les moules d'eau douce sont récoltées par les humains, car des coquilles ont été découvertes dans des sites archéologiques situés sur des territoires autochtones du sud de la Colombie-Britannique. Les archéologues ont conclu que les moules d'eau douce avaient une certaine importance en tant que ressource alimentaire ou comme outils ou objets ornementaux chez les peuples autochtones (Lindsay, 2000). On ignore si la récolte de moules d'eau douce a touché le *G. angulata*, et de quelle manière elle l'aurait touchée. À l'heure actuelle, on ne sait pas quelle est l'intensité des activités de récolte de moules d'eau douce destinées à la consommation humaine ou à la fabrication d'objets ornementaux. On a observé au moins une fois une personne récolter des moules (espèce inconnue) à des fins de consommation humaine, près de Jaffray, dans le sud-est de la Colombie-Britannique (Jamieson, comm. pers., 2008).

Physiologie

Il existe relativement peu d'information précise sur la physiologie du *G. angulata*. L'espèce semble être quelque peu sténotherme et préfère les eaux froides oligotrophes (Frest, 1999; Frest et Johannes, 2001, cités dans COSEPAC, 2003). Il existe des mentions historiques de cette espèce dans le lac Osoyoos (mais non d'individus vivants) et dans quelques autres plans d'eau productifs des États-Unis. Par conséquent, la tolérance physiologique de l'espèce pourrait être plus grande qu'on ne le croyait.

Le *G. angulata* possède une coquille cunéiforme fortement angulaire, et son pied, communément placé à angle droit par rapport à la crête de la coquille, lui assure un ancrage très solide (Vannote et Minshall, 1982). Comme d'autres moules, le *G. angulata* est bien adapté aux rivières alluvionnantes à cause de ses siphons inhalant et exhalant distaux bien développés et de sa capacité d'enfouir en grande partie, sinon entièrement, sa coquille dans les sédiments sans entraver son alimentation (Vannote et Minshall, 1982). Sa coquille lourde convient également aux conditions fluviales. Toutefois, les adultes peuvent mourir s'ils sont complètement ensevelis (voir **Canalisation de la rivière Okanagan**). Les moules d'eau douce sont des filtreurs; leur alimentation peut être limitée quand les températures sont extrêmes, pendant les périodes où l'apport de sédiments est relativement élevé, ou pour se protéger de la pollution ou d'autres conditions extrêmes de l'habitat (COSEPAC, 2003).

L'érosion de la coquille peut rendre les moules vulnérables aux acides, qui peuvent dissoudre leur coquille (Harman, 1974, cité dans Watters, 2000), et accroître les risques de prédation, d'exposition aux polluants, de parasitisme et de maladies (Kinney, comm. pers., 2008).

Déplacements et dispersion

On ne dispose d'aucune donnée sur la capacité de dispersion du *G. angulata* au Canada. Les moules d'eau douce se dispersent passivement au stade de glochidies, par l'intermédiaire de leur poisson hôte. Non seulement la dispersion dépend des déplacements du poisson hôte, mais ce dernier est nécessaire à la survie de l'espèce. Tout l'habitat disponible n'est pas nécessairement occupé, et l'aire de répartition peut varier en fonction du nombre de poissons hôtes et de leur potentiel de dispersion (COSEPAC, 2003).

Des visites répétées dans certains sites de l'Okanogan, aux États-Unis, indiquent vraisemblablement que, chez la gonidée des Rocheuses, les formes postérieures à la glochidie se déplacent peu, sinon pas du tout, en fonction des saisons ou du cycle biologique, même dans les cours d'eau relativement peu profonds (COSEPAC, 2003). Dans le réservoir Little Granite, des individus adultes ont montré peu de signes de déplacement, même lorsque le réservoir était asséché, et sont morts sur place. Comme chez de nombreuses moules d'eau douce de grande taille, les juvéniles et les jeunes adultes semblent plus actifs que les individus âgés, dont les déplacements sont plutôt limités. On a observé des individus déplacés qui se réorientaient et s'enfouissaient de nouveau (COSEPAC, 2003). Vannote et Minshall (1982) ont observé que les *G. angulata* de la rivière Salmon, en Idaho, se déplaçaient verticalement (5 cm/h, à 20 °C) dans des conditions expérimentales d'ensevelissement soudain (30 cm/h) et graduel (1 à 10 cm/h). Krueger *et al.* (2007) indiquent que ces taux pourraient fluctuer selon la profondeur de l'ensevelissement, la granulométrie du substrat et la taille des individus. Les espèces de moules fouisseuses entreprennent aussi des migrations verticales qui pourraient être liées à la durée du jour ou à l'évitement de températures extrêmes ou de prédateurs (Perles *et al.*, 2003 et références incluses). Le *Gonidea angulata* ne semble pas migrer pendant la saison de reproduction (COSEPAC, 2003). Toutefois, Amyot et Downing (1998) ont observé que des individus d'une autre espèce (*Elliptio complanata*) se rapprochaient les uns des autres pendant cette période. L'espèce semble incapable de coloniser rapidement des milieux nouvellement créés, comme des bancs d'emprunt, des lacs issus de travaux routiers, ou des tronçons de rivière dragués (COSEPAC, 2003).

Relations interspécifiques

Il est essentiel que les glochidies de *G. angulata* deviennent parasites d'un poisson hôte. Pendant cette période, les glochidies se métamorphosent en juvéniles, puis se détachent du poisson et tombent sur le substrat benthique. Au Canada, les poissons hôtes du *G. angulata* n'ont pas été étudiés : on ne sait donc pas quelles sont les espèces responsables de sa dispersion.

Plusieurs espèces de poissons sont des hôtes confirmés aux États-Unis, et il est possible qu'il existe aussi plusieurs poissons hôtes au Canada. En Oregon, le chabot de torrent (*Cottus rhotheus*) est un hôte non confirmé dans la fourche médiane de la rivière John Day, mais on doit noter que les salmonidés n'ont pas été évalués (O'Brien, comm. pers., 2008). La même espèce est indigène de la Colombie-Britannique; on la trouve dans les rivières Kootenay et Similkameen, mais elle est absente du bassin de l'Okanagan (McPhail, 2007). En Californie, le *Mylopharodon conocephalus* (hardhead), l'*Hysterothorax traski* (Tule Perch) et le *Cottus pitensis* (Pit Sculpin) sont des poissons hôtes confirmés (Haley *et al.*, 2007), mais aucun d'entre eux ne vit en Colombie-Britannique. Toutefois, deux hôtes non confirmés lors de la même étude, la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*), indigène de la Californie, et la marigane noire (*Pomoxis nigromaculatus*), non-indigène de la Californie, sont des hôtes potentiels de l'espèce en Colombie-Britannique, car elles vivent dans l'aire de répartition du *G. angulata*. La truite arc-en-ciel est indigène des bassins versants de l'Okanagan et de la Kootenay, et la marigane noire est une espèce non indigène présente dans le lac Osoyoos (McPhail, 2007). Des chercheurs de la Californie indiquent que le *Cottus pitensis* pourrait être l'hôte le plus important, car un plus grand nombre de juvéniles se sont transformés sur des chabots que sur d'autres espèces (Haley, comm. pers., 2008). Bien que le *Cottus pitensis* ne soit pas présent dans le bassin de l'Okanagan, plusieurs autres espèces de chabots le sont, notamment le chabot visqueux (*Cottus cognatus*) et le chabot piquant (*Cottus asper*). Il est raisonnable de croire que les chabots pourraient être des hôtes en Colombie-Britannique aussi.

Sur le plan de l'alimentation, les unionidés ont déjà été considérés comme des suspensivores se nourrissant de phytoplancton, de zooplancton et de détritiques en suspension, mais des études récentes donnent à penser qu'ils pourraient aussi se nourrir de bactéries en suspension (Strayer, 2008). Les unionidés adultes filtrent la nourriture qui se trouve dans la colonne d'eau, mais peuvent aussi se nourrir des dépôts benthiques comme les juvéniles (Strayer, 2008). Le taux de filtration varie selon les conditions environnementales, l'espèce et le stade vital, ce qui laisse place à une compétition interspécifique potentielle entre unionidés ou avec d'autres filtreurs, notamment avec les moules introduites de la famille des Dreissenidés (Strayer, 2008). Il n'existe pas de données concernant précisément l'alimentation du *G. angulata*.

Si des moules de la famille des Dreissenidés étaient introduites et proliféraient dans le bassin de l'Okanagan, comme cela s'est produit ailleurs, on pourrait s'attendre à ce que le *G. angulata* soit gravement envahi, en plus de devoir compétitionner pour se nourrir (voir **MENACES ET FACTEURS LIMITATIFS, Moules de la famille des Dreissenidés**).

Adaptabilité

Des modifications drastiques d'origine humaine ont été apportées aux plans d'eau dans l'aire de répartition du *G. angulata*, par l'expansion urbaine et agricole et la construction de barrages et de déversoirs (voir **Tendances en matière d'habitat**). Aucune étude n'indique si l'espèce s'est adaptée aux facteurs engendrés par ces changements et, le cas échéant, de quelle manière elle s'est adaptée. Aucune tentative d'élevage ou de transplantation de *G. angulata* n'a été faite au Canada.

TAILLE ET TENDANCES DES POPULATIONS

Activités d'échantillonnage

Relevés historiques

Il existe 14 mentions « historiques » de *G. angulata*, y compris celles présentées dans le rapport du COSEPAC de 2003 (tableau 1). Pour toutes ces mentions, on ignore quelle méthode d'échantillonnage a été employée et l'intensité des activités de recherche. Parmi ces spécimens, 11 sur 14 sont des spécimens de musées datés de 1906 à 1991 qui ont été prélevés dans le bassin de l'Okanagan, notamment dans la rivière Okanagan et dans les lacs Skaha, Vaseux et Osoyoos. Parmi les trois autres spécimens, l'un vient de la rivière Kootenay (non daté), l'un est un spécimen de musée attribué à l'île de Vancouver (années 1890), et l'un a été trouvé en 2002 dans le ruisseau Park Rill, dans la vallée de l'Okanagan.

Relevés récents

De 2005 à 2008, des relevés réalisés par le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique visaient le *G. angulata* dans les lacs et les cours d'eau de la Colombie-Britannique. Pour des questions de commodité, la zone d'étude a été divisée en 5 sections : 1) l'île de Vancouver (de Bamfield en allant vers le sud), 2) le bassin de la Similkameen (de Princeton à la frontière canado-américaine) 3) le bassin de l'Okanagan (de Vernon au lac Osoyoos), 4) le district régional de Kootenay Boundary (de la rivière Kettle au lac Christina) et 5) les districts régionaux de Central Kootenay et de East Kootenay (des lacs Arrow à la rivière Kootenay) (figure 5). On a passé au moins 430 heures-personnes (h-p) dans 179 sites, sur une distance linéaire minimale de 90,8 km (tableau 2). Le nombre total d'heures et la longueur de rivage explorée dans chaque section ont été calculés de façon prudente, car l'intensité des activités de recherche et les distances recensées n'ont pas été notées pour tous les sites. Le *Gonidea angulata* n'a été observé que dans le bassin de l'Okanagan.

Le recensement a été fait en inspectant visuellement le substrat benthique à gué ou en plongée avec tuba dans toute la zone d'étude. Des relevés ont été faits à partir d'un bateau à deux occasions (voir *Activités d'échantillonnage par région*, Bassin de l'Okanagan). Les sites ont été choisis en fonction de leur accessibilité à partir de la rive

et en considérant les avis du personnel du ministère de l'Environnement de la région, des détaillants d'équipement de plongée, des naturalistes et des résidents locaux. Le temps passé à chercher dans l'eau et la zone d'étude ont été établis d'après la température de l'eau (p. ex., temps que les observateurs pouvaient passer dans l'eau froide), la possibilité d'observer le substrat (limpidité de l'eau, profondeur) et le degré de sécurité pour les observateurs (la circulation par bateau). Des recherches ont également été faites en marchant le long du rivage afin de recueillir des coquilles vides. Les données consignées comprenaient les coordonnées GPS, le nombre total d'heures de recherche, la superficie totale de la zone étudiée, l'abondance de l'espèce et la description de l'habitat. Aucun recensement nécessitant l'excavation du substrat n'a été réalisé.

Enquête provinciale par la poste sur une base volontaire

Un projet de recensement des moules d'eau douce à l'échelle provinciale effectué sur une base volontaire (d'après Smith *et al.*, 2005) a été entrepris par le Conservation Data Centre (CDC) de la Colombie-Britannique du ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. En août et en septembre 2008, le CDC a envoyé par la poste environ 100 trousse de renseignements à des personnes en contact avec un milieu dulcicole. Ces trousse comprenaient de l'information sur les espèces de mollusques d'eau douce que l'on trouve en Colombie-Britannique, un formulaire pour consigner les données et une boîte pour envoyer par la poste au CDC les coquilles trouvées, à des fins d'identification. Pour les gens du sud de la Colombie-Britannique, une affiche comprenant des renseignements additionnels et des photos de *G. angulata* était incluse. Dès novembre 2008, des recenseurs volontaires ont découvert des coquilles de *G. angulata* dans un site jusque-là inconnu, à l'extrémité nord du lac Okanagan (Conservation Data Centre de la Colombie-Britannique, 2008).

Activités d'échantillonnage par région

Île de Vancouver

Il existe un spécimen de musée dont l'étiquette porte la mention « Vancouver Island » datant environ de 1890 (Appleton, comm. pers., 2008). On ne sait pas si ce spécimen a été mal étiqueté, s'il est un représentant d'une population ayant déjà existé sur l'île ou s'il y avait été transporté par des humains. Il existe de nombreux spécimens historiques de musée de moules d'eau douce provenant de l'île de Vancouver, mais aucun de *G. angulata* (Lee et Ackerman, 1998a; idem, b).

Au cours de relevés récents dans le sud de l'île de Vancouver, on a passé au moins 13,6 h-p dans 8 sites, sur une distance linéaire minimale de 5,3 km (tableau 2). Les relevés ont été réalisés en plongée avec tuba, à gué et en marchant le long de la rive pour trouver des coquilles. On n'a pas découvert de *G. angulata*. Ces relevés étaient limités et ont été réalisés de façon opportuniste, car la validité très discutable de cette mention ne justifiait pas qu'on entreprenne d'autres études.

Bassin de la rivière Similkameen

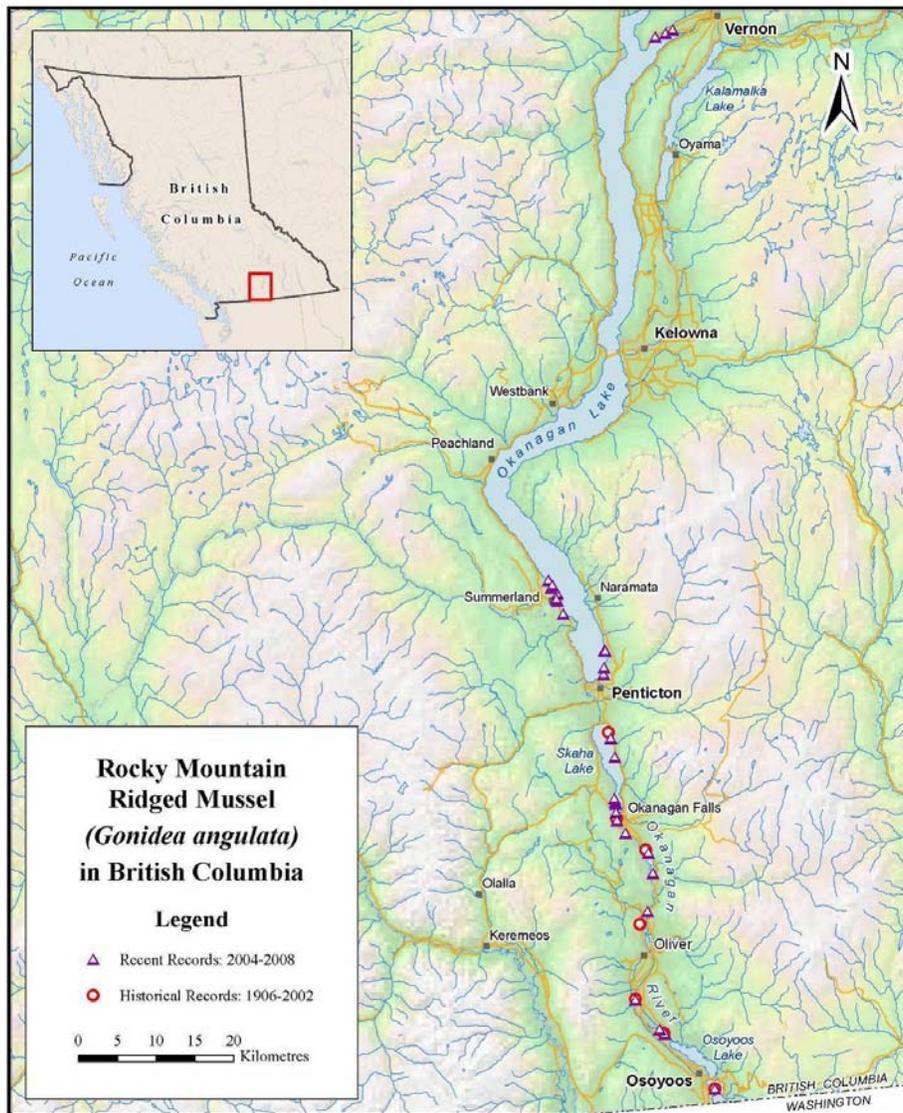
Le *Gonidea angulata* est présent dans la portion étatsunienne de la rivière Similkameen (Krueger *et al.*, 2007). Des recensements ont été effectués dans la portion canadienne de la rivière en 2006, en 2007 et en 2009. On a passé au moins 13,2 h-p dans 7 sites, sur une distance linéaire minimale de 4 km le long de la rivière Similkameen (tableau 2), avant 2009. Les relevés ont été réalisés en plongée avec tuba, à gué et en marchant le long de la plage pour trouver des coquilles. De plus, 2 des relevés de 2006 mettaient l'accent sur le recensement de poissons; la recherche de moules était secondaire. Le niveau de l'eau était aussi plus élevé que la moyenne en 2006. Une entrevue informelle avec une personne qui habitait depuis longtemps la région, à environ 1 km au nord de la frontière, a révélé qu'on n'avait jamais observé de moules vivantes dans la région immédiate. Plus récemment (en septembre 2009), des activités de recherche ciblant le *G. angulata* ont été réalisées dans un rayon de 1 km de la frontière internationale dans 2 sites et pendant 5 h-p additionnelles. Aucun *G. angulata* n'a été découvert, mais on a observé un autre unionidé de rivières (*Margaritifera falcata*) dans les 2 sites.

Bassin de l'Okanagan

Des relevés récents (figure 5) ont montré que l'aire de répartition du *G. angulata* est plus étendue qu'on ne le croyait auparavant, car on a découvert des moules vivantes dans le lac Okanagan (tableau 3; figure 10). Ces relevés ont aussi confirmé des occurrences historiques dans la rivière Okanagan, le lac Skaha et le lac Vaseux (tableaux 1 et 3). Les prochains recensements devraient mettre l'accent sur le lac Osoyoos afin de déterminer si des individus de *G. angulata* y sont présents (la dernière observation de coquilles vides remonte à 1990), de même que sur l'ensemble des sections encore naturelles et semi-naturelles de la rivière Okanagan qui n'ont pas encore été échantillonnées.

Tableau 3. Nombre de *Gonidea angulata* vivants observés au cours des relevés récents (de 2005 à 2008).

Site	Date	N ^{bre} de <i>G. angulata</i> vivants observés
Lac Okanagan; plage Ilahie, parc pour roulottes, Summerland	2005-08-15	14
Lac Okanagan; plage à chiens, Summerland	2006-03-24	14
	2007-06-28	> 1 000
Lac Okanagan; parc régional Kinsmen, Summerland	2006-03-27	4
	2006-06-01	> 100
	2006-07-13	> 100
Lac Okanagan; plage Crescent, Summerland	2006-03-27	15
Lac Okanagan; plage Houseboat, Summerland	2006-03-27	2
Lac Okanagan; au nord de la plage Houseboat, Summerland	2008-08-20	5
Lac Okanagan (rive est); plage à chiens 3 Mile Point, au nord de Penticton	2006-07-24	8
	2007-07-10	56
Rivière Okanagan (au sud du lac Skaha), au sud du parc provincial	2007-06-27	200
Lac Skaha; extrémité sud, voie ferrée de la vallée de la Kettle (site A)	2008-07-19	2
Lac Skaha; extrémité sud, voie ferrée de la vallée de la Kettle (site B)	2008-07-19	1
Parc provincial du lac Vaseux	2006-07-11	2
	2007-07-07	22
Rivière Okanagan (en amont du pont de la route 22)	2007-07-07	19
Rivière Okanagan, au sud du lac Skaha	2008-07-19	1



Veillez voir la traduction française ci-dessous :

- British Columbia = Colombie-Britannique
- Pacific Ocean = Océan Pacifique
- Kalamalka Lake = Lac Kalamalka
- Okanagan Lake = Lac Okanagan
- Skaha Lake = Lac Skaha
- Okanagan River = Rivière Okanagan
- Osoyoos Lake = Lac Osoyoos

Rocky Mountain Ridged Mussel (*Gonidea angulata*) in British Columbia = Gonidée des Rocheuses (*Gonidea angulata*) en Colombie-Britannique

- Legend = Légende
- Recent Records: 2004-2008 = Mentions récentes : de 2004 à 2008
- Historical Records: 1906-2002 = Mentions historiques : de 1906 à 2002
- Kilometres = Kilomètres

Figure 10. Observations historiques (de 1906 à 2002) et récentes (de 2004 à 2008) de *Gonidea angulata* en Colombie-Britannique. Carte préparée par B. Woods, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique.

Avant 2009, on a passé au moins 147,4 h-p dans 86 sites, sur une distance linéaire minimale de 31,5 km, dans le bassin de l'Okanagan (tableau 2). Une importante portion de l'habitat propice dans le bassin de l'Okanagan a été étudié, notamment la majeure partie de l'habitat accessible (figure 5). On n'a étudié que 10 % environ des rives du lac Okanagan, mais la majeure partie non étudiée de la rive (en particulier du côté est du lac) présente des bancs abrupts de gros blocs anguleux, et il est peu probable que l'assise rocheuse fournisse un substrat propice à l'enfouissement des moules (Pollard, obs. pers.). Les relevés ont d'abord été réalisés en plongée avec tuba, à gué et en marchant le long du rivage pour trouver des coquilles. Sur les 147,4 h-p qu'ont duré le relevé, 21 ont servi à balayer visuellement le substrat benthique à partir d'un bateau (à l'aide d'une perche munie d'un filet, pour prélever et identifier les moules), et 5 ont servi à explorer le fond benthique à l'aide d'une caméra sous-marine téléguidée (Heron, comm. pers., 2008). Aucun relevé officiel en plongée autonome n'a été réalisé.

En août 2009, des relevés additionnels ont été effectués dans la rivière Okanagan, en aval du barrage McIntyre (en aval du lac Vaseux), où une section non canalisée de la rivière existe encore. D'autres relevés ont aussi été réalisés à bord de bateaux et en marchant sur la plage en août et en septembre 2009, au lac Osoyoos de même que dans plusieurs sites étudiés précédemment dans le lac Okanagan, de juillet à octobre 2009, à gué et en plongée avec tuba afin de mieux déterminer l'abondance. On a aussi étudié plusieurs nouveaux sites du côté est du lac qui n'étaient accessibles que par bateau. Bien qu'on n'ait pas calculé l'intensité des recherches effectuées à ce jour, elles ont représenté plusieurs jours de plongée avec tuba et plusieurs heures de recherche à gué, à raison de deux à six personnes à la fois (Pollard, données inédites).

District régional de Kootenay Boundary

On n'a pas signalé l'occurrence historique ou récente de *G. angulata* dans cette région. La région a été incluse dans l'étude, car elle fait partie du bassin du fleuve Columbia. Une mention historique existe pour la rivière Kootenay (voir ci-dessous).

On a passé au moins 9,3 h-p dans 15 sites sur une distance linéaire minimale de 2,1 km dans le district régional de Kootenay Boundary (tableau 2). Les relevés ont été effectués en plongée avec tuba, à gué et en marchant le long du rivage pour trouver des coquilles.

Districts régionaux de Central Kootenay et de East Kootenay

Il n'existe qu'une seule mention de l'espèce dans cette région (« rivière Kootenay » [Clarke, 1981]; voir **Aire de répartition canadienne**). En 2007 et en 2008, des relevés visant l'espèce ont été réalisés dans les lacs et les cours d'eau de cette région (y compris dans la rivière Kootenay); on n'y a toutefois pas décelé la présence de *G. angulata*. Le recensement a été effectué dans cette région pendant l'été, alors que les niveaux d'eau étaient élevés. Les moules sont peut-être plus visibles lorsque les niveaux sont bas, car elles ne migrent probablement pas avec les fluctuations de niveaux. Les recensements futurs dans cette région devraient être effectués lorsque les niveaux d'eau sont à leur plus bas. Par exemple, le niveau du lac Kootenay est à son plus bas de la fin mars à la fin avril (Fortis BC, 2008).

On a passé au moins 62,6 h-p dans 63 sites sur une distance linéaire minimale de 9,7 km dans des lacs et des cours d'eau. Les relevés ont été réalisés en plongée avec tuba, à gué et en marchant le long de la rive.

Abondance

On sait que 4 des spécimens historiques de musée (de 1972 à 1982) ont été prélevés vivants (lac Vaseux et rivière Okanagan). Le nombre maximal d'individus prélevés vivants est de 4 à la fois (tableau 1). On a observé des *G. angulata* vivants dans 13 des 86 sites étudiés de 2005 à 2008 (lac Okanagan, rivière Okanagan, lac Skaha et lac Vaseux). L'âge des individus n'a pas été déterminé. La plupart des sites où l'espèce a été trouvée contenaient de 1 à 10 individus vivants. Toutefois, 2 sites en comptaient plus de 100, et 1 des sites en comptait plus de 1 000 (tableau 3), notamment 2 sites dans le lac Okanagan et 1 site dans la rivière Okanagan, à Okanagan Falls. Par conséquent, en excluant les mentions historiques et en considérant que tout l'habitat propice n'a pas été étudié, il y a au moins 1 187 individus vivants dans le lac Okanagan, 220 dans la rivière Okanagan, 3 dans le lac Skaha, et 22 dans le lac Vaseux, ce qui représente une population de *G. angulata* d'un effectif minimal de 1 432 individus vivants dans le bassin de l'Okanagan.

La densité de la population semble varier considérablement et les individus se réunissent généralement en groupes compacts. Au cours de relevés récents, on a observé des individus vivants séparés de plusieurs mètres à plus de 1 000 m, dans une zone de 1 300 m² (0,76/m²), avec des densités allant jusqu'à 20 individus par m² dans le dernier groupe. Il est à noter que l'estimation la plus récente de l'effectif de la population (effectuée en août 2009 au moyen d'un échantillonnage par strates dans une zone de 2 525 m² dans ce même site) indiquait la présence d'environ 1 200 individus (presque tous de plus de 60 mm de long; quelques jeunes présents). Dans l'État de Washington, jusqu'à 10 m ou plus séparaient les individus de *G. angulata* (0,04 individus/m²) dans le Lower Granite Reservoir, et la densité observée était d'environ 16 individus par m² en 1988 et en 1991 dans la rivière Okanogan, dans l'État de Washington (T.J. Frest, données inédites). Dans le canyon de la rivière Salmon, en Idaho, la densité de l'espèce était de 5,5 à 183 individus par m², selon la composition

du substrat (Vannote et Minshall, 1982). Chez le *Elliptio complanata*, la faible densité pourrait nuire au succès de la reproduction, car les femelles ont besoin d'être assez proches des mâles pour filtrer leur sperme dans la colonne d'eau (Downing *et al.*, 1993). À l'heure actuelle, il est impossible d'établir si un recrutement a lieu ou non, et dans quelle mesure. On a observé des individus de diverses tailles dans le lac Okanagan, dans les zones de plus forte densité. Toutefois, très peu de coquilles de moins de 50 mm de long ont été observées (Pollard, données inédites). On n'a pas procédé à un criblage du substrat, ce qui est essentiel pour confirmer la présence de juvéniles qui pourraient être enfouis dans les interstices.

Considérant ces observations liées aux estimations de l'abondance possible, on remarque que presque tous les relevés réalisés en Colombie-Britannique ont été faits durant les mois chauds d'été, au moment où les moules sont le plus actives et se reproduisent probablement. Chez les espèces de moules fouisseuses en général, des chercheurs ont signalé que jusqu'à 90 % d'une même population pouvait se trouver sous le substrat (c.-à-d., pendant l'hiver), et que la plupart des juvéniles demeurent enfouis (Balfour et Smock, 1995). Ces chercheurs ont aussi noté que la plupart des moules (80 %) se trouvent sous la surface lorsqu'elles expulsent leurs glochidies.

Toutes les zones riveraines des lacs Okanagan, Skaha, Vaseux et Osoyoos n'ont pas été étudiées, car certaines d'entre elles n'étaient pas accessibles. En outre, la présence de l'espèce à des profondeurs qui ne sont pas accessibles en plongée avec tuba et à gué ne peut pas être exclue jusqu'à ce qu'on réalise des relevés en plongée autonome, en particulier dans le lac Okanagan. Il est donc difficile pour le moment d'estimer avec exactitude l'effectif de la population canadienne de *G. angulata*.

Fluctuations et tendances

Les changements de taille et de densité de la population dans le bassin de l'Okanagan ne peuvent pas être évalués, car on ne dispose pas d'assez de données historiques. Jusqu'à 2002, il n'existait que 14 mentions de l'espèce, et un maximum de 4 spécimens avait été prélevé dans un même site, puis consigné. Les observations et les recensements récents visant l'espèce ont fait augmenter le nombre de mentions à 51, et ont permis d'observer plus de 1 000 individus dans un site (tableau 3). L'augmentation du nombre d'individus vivants dans un même site au cours d'un relevé subséquent (tableau 3) ne peut pas être attribuée à l'augmentation de l'effectif des populations, car les méthodes de relevé, les conditions hydriques, la profondeur de l'enfouissement et l'intensité des activités de recherche n'étaient pas les mêmes dans chaque site. Bien qu'on ait besoin de plus de données pour analyser les fluctuations et les tendances actuelles, l'habitat de l'espèce a été largement modifié (dans les années 1950) par les humains, et l'effectif de la population a probablement décliné pendant cette période (voir **MENACES ET FACTEURS LIMITATIFS**).

Sur le plan des observations qualitatives, les relevés les plus récents, réalisés en août 2009 ont révélé l'existence de 2 sites où des quantités importantes de coquilles vides ont été découvertes, mais où on n'a trouvé qu'un petit nombre d'individus vivants.

Plus précisément, plusieurs coquilles vides de grande taille ont été observées dans un petit site du lac Vaseux où on n'a trouvé que 3 gros individus vivants. De façon plus évidente, toutefois, on a observé des couches comprenant de nombreuses coquilles de grande taille intactes coincées dans le substrat de galets submergé le long de la rive ouest de la rivière Okanagan, dans la section non canalisée (méandre abandonné) située en aval du barrage McIntyre, ce qui donne à penser qu'une importante population a déjà existé à cet endroit. Sur les 500 m étudiés dans ce tronçon, seulement 12 individus de grande taille ont été découverts (Pollard, données inédites). On ignore combien de temps les coquilles peuvent demeurer intactes après la mort de l'animal, et cette question dépend probablement de la composition chimique de l'eau et de son action abrasive.

Immigration de source externe

Dans son aire de répartition historique aux États-Unis, le *G. angulata* est présent sous forme de populations éparses dont le déclin est présumé. Dans le cours intermédiaire de la rivière Snake, en Idaho, le nombre de découvertes de coquilles mortes l'emporte largement sur le nombre de découvertes d'individus vivants, et d'importants tronçons de la rivière n'abritent plus aucun individu vivant. De plus, certaines voies navigables dans lesquelles la présence de spécimens a été signalée (p. ex., les rivières Yakima et Wenatchee, dans l'État de Washington) ne comptent plus d'individus vivants (COSEPAC, 2003). Certaines rivières qui se trouvent dans l'aire de répartition du *G. angulata* peuvent ne comprendre aucune mention historique de l'espèce, soit parce qu'aucun prélèvement historique n'y a été réalisé, soit parce que l'espèce ne s'y trouvait pas lorsque les prélèvements historiques ont été faits. L'absence actuelle de l'espèce ne reflète pas nécessairement sa situation historique (p. ex., dans la rivière Sanpoil, dans l'État de Washington). Dans la rivière Okanogan, dans l'État de Washington et ailleurs, Frest (obs. pers.) a noté que, dans de nombreuses populations, aucun recrutement récent ne semble pas s'être produit, ce qui laisse croire que la situation de l'espèce s'est aggravée. Frest et Johannes (2001) ont désigné l'espèce « commune à l'échelle locale, mais en déclin » et suggèrent qu'on effectue une surveillance minutieuse des populations existantes en Idaho afin d'être en mesure de les protéger dans le futur.

L'aire de répartition canadienne du *G. angulata* semble ne s'étendre dans le bassin de l'Okanagan qu'à l'endroit où le lac (limitrophe) Osoyoos chevauche la frontière canado-américaine. Le barrage Zosel est situé à la décharge du lac, aux États-Unis, et est exploité de manière à laisser passer les poissons (Rae, 2005). À la décharge du lac, la rivière continue vers le sud, puis rejoint le fleuve Columbia, dans l'État de Washington (figure 8). Compte tenu du fait que l'espèce est présente dans la portion étatsunienne de la rivière Okanagan et que le barrage Zosel laisse passer les poissons vers l'amont, une recolonisation serait possible. Toutefois, il n'est pas clair si le lac Osoyoos est propice à la vie du *G. angulata*. De plus, les populations de l'État de Washington sont menacées de plusieurs façons et sont considérées en péril (*imperilled*) (S2) (voir **HABITAT**). On croit par conséquent que les possibilités d'immigration et de sauvetage sont faibles. En outre, comme le *G. angulata* est

principalement présent dans les ruisseaux et les rivières des États-Unis et qu'un grand nombre de poissons hôtes aux États-Unis sont des espèces fluviales, on ignore si des populations immigrantes seraient capables de s'adapter à l'habitat lacustre au Canada. On ignore dans quelle mesure les barrages et les déversoirs situés un peu partout dans le bassin de l'Okanagan empêcheraient l'espèce de se déplacer plus loin vers le nord si une immigration se produisait par l'intermédiaire du lac Osoyoos.

La présence du *Gonidea angulata* est confirmée dans la portion étatsunienne de la rivière Similkameen, qui est un affluent de la rivière Okanogan. Le barrage Enloe coupe la rivière Similkameen en deux, environ 14 km en amont de sa confluence avec la rivière Okanogan, et constitue une barrière pour les poissons anadromes (figure 8). Avant la construction de ce barrage, une barrière naturelle était en place; les poissons anadromes n'ont donc jamais eu accès au cours supérieur de la Similkameen (Rae, 2005; Arterburn *et al.*, 2007). Toutefois, le *G. angulata* est présent en aval et en amont de ce barrage (Krueger *et al.*, 2007) et pourrait atteindre la rivière Okanogan, comme on l'explique ci-dessus. Au sud de la frontière, la rivière Similkameen abrite apparemment d'importantes populations de *G. angulata* (Krueger *et al.*, 2007) et, en amont du barrage Enloe, il n'existe aucun obstacle évident au passage des poissons hôtes. À ce jour, on n'a toutefois pas signalé la présence de *G. angulata* dans la portion canadienne de la rivière Similkameen.

Enfin, on n'a pas signalé la présence de *G. angulata* dans la rivière Pend d'Oreille (« Pend Oreille » aux États-Unis), qui traverse la frontière et s'étend depuis la Colombie-Britannique jusque dans l'État de Washington. Une immigration au Canada depuis la rivière Kootenai (aux États-Unis) est possible, mais seulement si une population y est présente. Il existe des mentions historiques de l'espèce dans l'Idaho et possiblement dans le Montana, mais l'espèce n'a pas été observée dans le Montana lors des études récentes (Nedeau, 2005; NatureServe, 2008). Un sauvetage à partir de cette région est peu probable.

MENACES ET FACTEURS LIMITATIFS

Moules de la famille des Dreissenidés

Historiquement, la perte et la dégradation de l'habitat dues à la canalisation et à la construction de barrages et de déversoirs en béton dans la rivière Okanogan ont probablement constitué les plus importantes menaces pour le *G. angulata* au Canada. Toutefois, la propagation de moules envahissantes de la famille des Dreissenidés dans le bassin de l'Okanagan, notamment des moules zébrée et quagga, bien qu'elle ne se soit pas encore produite, représente la menace la plus grave pour le *G. angulata*.

Ces deux espèces de dreissenidés proviennent de la mer Caspienne, mais, à la fin des années 1980, elles se sont établies dans l'est de l'Amérique du Nord, notamment dans la région des Grands Lacs, au Canada. Une fois établies, ces moules développent souvent des formations denses qui infestent les lacs ou les rivières. Elles ont d'ailleurs

déjà eu des effets dévastateurs sur certaines communautés indigènes d'unionidés. Ces effets comprennent l'envahissement des moules indigènes empêchant leurs valves de fonctionner, ce qui restreint leur capacité de se nourrir, obstrue leurs siphons et limite leurs déplacements, la déformation de leurs coquilles, le dépôt de déchets métaboliques dans leurs organismes et la compétition pour la nourriture (Ricciardi *et al.*, 1998; USGS, 2008). Ces infestations ont entraîné la disparition ainsi que le déclin massif de populations de nombreuses espèces indigènes d'unionidés dans la région des Grands Lacs (Schloesser *et al.*, 1996).

À ce jour, la moule quagga s'est propagée vers l'ouest jusque dans le centre-ouest de la Californie, dans l'Utah, dans le Nevada et dans l'Arizona, probablement par voie terrestre en étant fixée à des bateaux remorqués (Britton et McMahon, 2005; Hickey, 2010; Mackie et Claudi, 2010). Une évaluation des risques d'infestation par des moules de la famille des Dreissenidés liés à la qualité de l'eau dans le lac Okanagan a été réalisée par Mackie (2010; annexe 1). Cette évaluation a révélé un fort potentiel d'infestation par les moules zébrée et quagga pour 5 des 6 paramètres évalués. On a conclu qu'il existe un risque élevé que des dreissenidés non seulement survivent dans le lac, mais aussi provoquent des infestations massives. Des moules quagga sont actuellement établies dans le lac Mead, au Nevada (figure 11). Dans des conditions fraîches et humides, ces moules peuvent survivre pendant 10 jours hors de l'eau (McMahon *et al.*, 1993). Bien que la population établie la plus proche de la Colombie-Britannique se trouve dans l'Utah, on a signalé au moins 12 bateaux remorqués sur la terre ferme provenant de plans d'eau infestés du Montana et de l'Idaho se dirigeant vers le sud de la Colombie-Britannique au cours des 10 dernières années (USGS, 2008; Herborg, comm. pers., 2009; figure 11). Depuis 2007, il est arrivé au moins 3 fois que du personnel du ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique soit alerté par du personnel de la Washington Fish and Wildlife au sujet de bateaux infestés de dreissenidés se dirigeant vers la Colombie-Britannique (Herborg, comm. pers., 2009). Une analyse prévisionnelle récente (Whittier *et al.*, 2008) fondée sur les concentrations de calcium dans les lacs de la Colombie-Britannique place les plans d'eau du bassin de l'Okanagan dans une catégorie à haut risque d'invasion (Herborg, comm. pers., 2009). Comme il a fallu environ 2 décennies pour que les dreissenidés se propagent depuis l'est de l'Amérique du Nord jusqu'en Californie, il semble raisonnable de s'attendre à leur introduction dans les eaux de la Colombie-Britannique au cours des 10 prochaines années, si on se fie à leur vitesse de propagation. Bien que les États de l'ouest des États-Unis prennent actuellement des mesures agressives visant à empêcher que ces espèces ne se propagent encore plus (sites de décontamination et outils d'identification pour les agents de la patrouille frontalière), aucun mécanisme similaire n'existe en Colombie-Britannique ou dans d'autres provinces afin de prévenir la propagation de ces espèces vers l'ouest. Les mesures prises pour freiner la propagation des dreissenidés aux États-Unis n'ont pas empêché ces moules envahissantes d'atteindre une aire récréative nationale des États-Unis (Hickey, 2010).

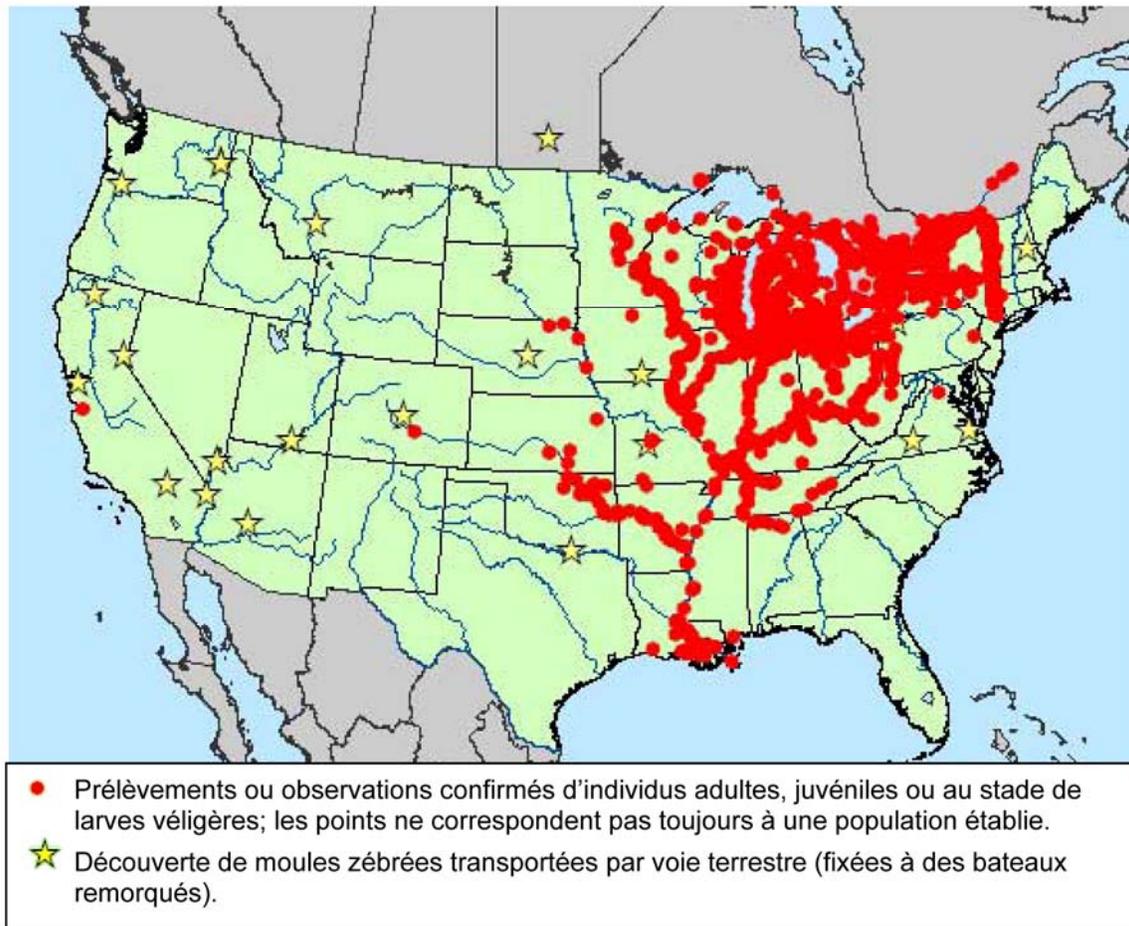


Figure 11. Répartition de la moule zébrée en Amérique du Nord depuis 2008. Carte tirée du site Web de l'U.S. Geological Survey (USGS, 2008). Il est à noter que cette carte n'inclut pas les signalements récents de bateaux traversant la frontière de la Colombie-Britannique.

Canalisation de la rivière Okanagan

La perturbation physique des moules d'eau douce peut entraîner des effets sublétaux, comme l'expulsion précoce des glochidies et l'incapacité de se reproduire (Hastie et Young, 2003). Étant donné la longévité des moules, les effets des perturbations d'origine humaine peuvent prendre des années, voire des décennies, avant de se traduire complètement par des changements dans les populations (Strayer, 2008). Comme le *G. angulata* est probablement longévif et qu'aucune étude ciblant directement les facteurs limitatifs et les menaces pour cette espèce au Canada n'a été réalisée, on ignore dans quelle mesure les perturbations passées ou actuelles ont nui ou nuisent actuellement au *G. angulata*. Au Canada, l'espèce n'est pas menacée par son exploitation directe, mais par la perte ou la dégradation historique et continue de son habitat par la canalisation et la construction de barrages, l'aménagement des rives des lacs et des rivières, la pollution et l'introduction d'espèces.

Le dragage et la canalisation de la rivière Okanagan ont probablement été et demeurent d'importantes menaces pour le *G. angulata*. Pendant le processus de canalisation d'une rivière, les moules qui se trouvent sur le chemin de la drague sont tuées (Watters, 2000). Dans la rivière Okanagan, le dragage a été effectué dans les années 1950 dans le cadre d'une initiative de gestion des crues, mais on ignore jusqu'à quel point cette mesure a nui aux moules. Le limon et les autres solides en suspension générés par les activités de canalisation peuvent voyager vers l'aval, étouffer les moules et éroder leurs coquilles (Watters, 2000). Il a été montré que l'ensevelissement complet des moules d'eau douce adultes par le limon ou par le gravier peut entraîner leur mort (Krueger *et al.*, 2007 et références incluses). Dans la rivière Similkameen, dans l'État de Washington, l'ensevelissement de *G. angulata* par les résidus de dragage a entraîné la mort de 6 à 13 % d'une population à l'étude (Krueger *et al.*, 2007). Par ailleurs, Vannote et Minshall (1982) ont observé que le *G. angulata* était capable de se déplacer verticalement lorsqu'il était enseveli soudainement ou graduellement par des sédiments, à une température de 20 °C (voir **Déplacements et dispersion**), mais qu'il aurait sans doute plus de mal à se déplacer à des températures plus basses. La diversité des effets peut être attribuable aux différentes profondeurs d'ensevelissement, à la granulométrie du substrat et à la taille des moules (Krueger *et al.*, 2007).

Le dragage et la canalisation réduisent l'hétérogénéité de l'habitat et la diversité aquatique (Watters, 2000), ce qui peut nuire aux moules et aux poissons hôtes. La canalisation modifie le régime hydrologique des rivières, entraînant généralement une augmentation de la vitesse du courant, qui provoque à son tour l'affouillement du lit et l'érosion des rives. Plus particulièrement, l'affouillement du lit dans les sections canalisées et non canalisées de la rivière Okanagan est important pendant les périodes de fort débit, lorsque les niveaux des lacs sont régularisés afin de maîtriser les crues (Jensen, comm. pers., 2009; voir également **Barrages et déversoirs**). L'affouillement et les forts débits réduisent la quantité de matières permettant aux moules de s'enfouir et peuvent empêcher l'établissement des juvéniles de même que la fécondation, en particulier dans les portions canalisées où les refuges sont plutôt rares. De telles conditions pourraient aussi avoir des incidences sur la répartition des poissons hôtes. Les poissons hôtes du *G. angulata* au Canada sont encore inconnus, mais on sait que la perte de poissons hôtes a déjà causé le déclin de populations de moules (Watters, 2000 et références incluses).

L'aménagement de digues le long du chenal de la rivière Okanagan a nécessité l'enlèvement de 85 % de la végétation riveraine, ce qui a entraîné une hausse de la température de l'eau dans certaines portions de la rivière (Rae, 2005). Les températures élevées peuvent causer la mort des moules et nuire au succès de la reproduction en influant sur le moment de l'expulsion des glochidies, en faisant diminuer la durée pendant laquelle les glochidies sont viables et en modifiant les taux de croissance (Strayer, 2008). Les changements de température peuvent également avoir des effets sur la migration des poissons hôtes éventuels. Par exemple, le saumon doit retarder son entrée dans la rivière Okanagan pour frayer, et demeure dans le lac Osoyoos jusqu'à ce que les températures baissent (Rae, 2005).

Barrages et déversoirs

Les barrages et les déversoirs constituent des obstacles au déplacement des poissons hôtes éventuels, et les fluctuations des niveaux d'eau qui en découlent peuvent avoir des effets sur les moules et sur leurs poissons hôtes. Des barrages et des déversoirs sont situés un peu partout dans le bassin de l'Okanagan et aux États-Unis (figures 8 et 9), et limitent ou bloquent la migration des poissons, notamment celle des salmonidés et des espèces de poissons de plus petite taille (Rae, 2005; Walsh et Long, 2006). Si les glochidies ne rencontrent pas de poisson hôte convenable, les larves ne seront pas capables de se transformer en moules adultes et de compléter leur cycle vital. On a récemment découvert (en 2007) au moins 100 moules vivantes de diverses tailles dont le periostracum était très usé, entre 2 déversoirs de la rivière Okanagan (au sud du lac Skaha). Cela pourrait signifier que des poissons ont déjà été ou sont actuellement capables d'accéder à cette section de la rivière. Toutefois, des études récentes réalisées dans la rivière Okanagan ont montré que le periostracum de la plupart des individus, vivants ou morts, était beaucoup plus usé que celui des individus observés dans d'autres sites (Ramsay, obs. pers.). Cette usure est probablement due au fait que les individus ont été entraînés dans les barrages ou les déversoirs, ou à l'effet abrasif des sédiments.

La régularisation des niveaux d'eau à l'aide de barrages modifie le régime d'écoulement naturel (Rae, 2005), et peut nuire aux moules. Une étude récente réalisée en Californie et portant entre autres sur le *G. angulata* a révélé que les forts débits peuvent nuire à la reproduction et à l'expulsion des glochidies ou entraîner les poissons hôtes dans des milieux non propices à la survie des juvéniles qui se désenkystent (Haley *et al.*, 2007).

La régularisation des crues dans le bassin de l'Okanagan modifie les niveaux de tous les lacs, de même que la vitesse du courant dans les sections canalisées et non canalisées de la rivière. Par le passé, les niveaux du lac Okanagan étaient régularisés selon un processus échelonné qui pouvait donner lieu à des fluctuations de plus de un mètre au cours d'une année et causer des diminutions de niveau pendant les mois critiques de l'hiver, entraînant possiblement le dessèchement des moules dans les eaux peu profondes (McKee, comm. pers., 2009). Toutefois, pour tenter de favoriser la fraye des salmonidés et de protéger leurs œufs durant l'hiver, les diminutions de niveaux, au cours des dernières années, sont habituellement faites avant le mois d'octobre et sont de moins de un mètre, sauf au cours des années où l'accumulation de neige est importante, comme le souligne le plan actuel d'exploitation du système de régularisation du lac Okanagan (McKee, comm. pers., 2009). Par conséquent, le dessèchement des moules dans le lac Okanagan est peu probable, sauf peut-être dans les baies protégées où la surface gèle les années où l'enneigement est très important (McKee, comm. pers., 2009). En ce qui concerne les autres lacs du bassin, notamment les lacs Skaha, Vaseux et Osoyoos, les niveaux fluctuent plus fréquemment, mais dans une moindre mesure (c.-à-d., habituellement de 0,10 à 0,20 m; McKee, comm. pers., 2009). Il est peu probable que la régularisation des niveaux soit un facteur important pour la survie des moules dans ces lacs.

En conclusion, l'effet d'affouillement associé à l'eau sortant des barrages et des déversoirs pour modérer les régimes de crues dans les lacs représente toujours une menace importante pour les populations restantes de moules de la rivière Okanagan. En ce qui touche les obstacles à la dispersion, il est difficile de tirer des conclusions concernant les effets sur les poissons hôtes, car les espèces hôtes au Canada sont encore inconnues.

Aménagement des zones riveraines et littorales

L'aire de répartition canadienne du *G. angulata* coïncide avec une région où la croissance démographique humaine est rapide. Depuis 1940, la population humaine dans le bassin de l'Okanagan au Canada a triplé tous les 30 à 40 ans, pour atteindre 300 000 habitants en 2002 (Jensen et Epp, 2002). Cette croissance a entraîné une perte et une modification considérables des zones riveraines et littorales naturelles, ce qui a probablement dégradé l'habitat des moules. Toutefois, aucune étude ciblée n'a été réalisée, et le *G. angulata* pourrait vivre à des profondeurs supérieures à celles de la zone littorale (voir **Exigences en matière d'habitat**).

Dans l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce, des modifications majeures ont été apportées aux zones riveraines et littorales, notamment à cause du dragage, de l'expansion agricole et de la modification du rivage naturel pour construire des propriétés résidentielles, commerciales et industrielles. L'aménagement de quais et de marinas par dragage de la zone littorale peut nuire aux moules en les perturbant physiquement de façon directe ou en générant de grandes quantités de matières en suspension qui peuvent les étouffer et entraîner leur mort lorsqu'elles se trouvent en aval (voir **Canalisation de la rivière Okanagan**). La construction d'épis (ouvrages perpendiculaires à la rive servant à retenir les sédiments) et de digues le long des sections résidentielles du rivage, dans le bassin de l'Okanagan, n'est pas rare. Ces structures rocheuses modifient le régime d'écoulement et entraînent le dépôt de matières, créant ainsi des plages (Robbins, comm. pers., 2009). L'enlèvement de la végétation riveraine lié à ces aménagements peut entraîner des effets locaux sur les conditions d'éclairement et la température de l'eau, modifiant les taux de croissance du phytoplancton et de la végétation aquatique (Strayer, 2008). L'expansion agricole, comme l'exploitation de vergers et de vignobles et l'élevage de bétail a lieu très proche du rivage. Les engrais, les herbicides et les pesticides utilisés à ces fins peuvent entrer par ruissellement dans la zone littorale (voir **Polluants**). L'ajout de pelouses et de sable est souvent employé pour rendre les caractéristiques des fronts d'eau esthétiquement et physiquement agréables pour les résidents. Morris et Corkum (1996) ont mesuré de plus importantes fluctuations de températures et de plus fortes concentrations d'ammoniac et d'azote dans les rivières dont les rives étaient gazonnées que dans les rivières dont les rives étaient boisées. L'ammoniac est considéré comme toxique pour les moules (Strayer, 2008). Si du sable ajouté artificiellement aux rives est entraîné, le milieu naturel de la zone littorale change, et les moules se font ensevelir, puis meurent (voir **Canalisation de la rivière Okanagan**). De plus, la modification du substrat peut rendre l'habitat moins propice à l'établissement et à la croissance des juvéniles.

Dans la région de l'Okanagan, quelques-unes de ces activités (p. ex., création de plages, ajout de sable et enlèvement de la végétation riveraine) sont considérées comme illégales, et presque toutes nécessitent un permis délivré en vertu de la *Water Act* de la Colombie-Britannique. Malheureusement, une étude sur la conformité réalisée récemment indique que, pour les sites exploités autour du lac Okanagan (35 sites situés à une distance allant jusqu'à 30 km de la rive) et du lac Skaha (194 sites évalués sur l'ensemble de la rive), la non-conformité était presque de 100 % (Robbins, comm. pers., 2009). De plus, une estimation effectuée au milieu des années 1990 a révélé que 80 % des rives sud-ouest et nord du lac avaient déjà été modifiés d'une certaine manière (Rae, 2005), et c'est justement à ces endroits que des moules ont été observées jusqu'à présent. De manière similaire, lors de la canalisation de la rivière Okanagan, en 1958, 85 % de la végétation a été éliminée (Rae, 2005).

Pour conclure, la plupart de ces effets liés à l'aménagement des rives et du littoral sont considérés comme ponctuels lorsqu'ils sont envisagés séparément (c.-à-d., mortalité directe et réduction de la qualité de l'habitat). En considérant les prédictions relatives à l'expansion urbaine dans le bassin hydrologique, l'étendue des portions du bassin déjà touchées et le manque de conformité, les effets cumulatifs représentent actuellement les plus importantes menaces pour le *G. angulata* dans les zones littorales peu profondes, et ces menaces continueront de s'aggraver.

Polluants

Les effets de la pollution n'ont pas été évalués précisément pour le *G. angulata*. De manière générale, les moules d'eau douce sont sensibles aux substances toxiques à tous les stades vitaux (Cope *et al.*, 2008), et pourraient être particulièrement sensibles à certaines substances aux stades de glochidies et au début du stade de juvéniles (Wang *et al.*, 2007). Les trois classes de polluants les plus critiques pour les moules d'eau douce comprennent l'ammoniac, les polluants ayant une grande affinité avec les sédiments et les perturbateurs endocriniens (Strayer, 2008). En général, les substances toxiques entraînent un ralentissement de la croissance, de la respiration et du métabolisme, une détérioration des tissus et possiblement la mort chez les moules (Fuller, 1974; Goudreau *et al.*, 1993). Étant donné la longévité des moules et leur réponse tardive aux changements dus à la pollution, les effets cumulatifs à long terme de la pollution pourraient prendre des années avant de se manifester de façon évidente chez les moules (Strayer, 2008).

En Colombie-Britannique, ces contaminants pourraient provenir de plusieurs sources, notamment de l'exploitation des terres, des pratiques agricoles, du ruissellement, des systèmes de traitement des eaux usées *in situ*, de l'exploitation des forêts et des pâturages, des dépôts atmosphériques et des activités nautiques et maritimes. Même de petites quantités de contaminants dans de petites quantités d'eaux de ruissellement peuvent entraîner des effets cumulatifs touchant l'ensemble du bassin versant (Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, 1999). Aux États-Unis, le *G. angulata* a montré une certaine tolérance à l'augmentation de la charge en nutriments dans le cours intermédiaire de la rivière Snake et ailleurs (COSEPAC, 2003). Toutefois, aucune étude n'a été réalisée à ce sujet au Canada.

Ce qui suit met l'accent sur le bassin de l'Okanagan, le seul bassin fluvial du Canada où la présence du *G. angulata* est confirmée. En ce qui concerne la charge en nutriments, un traitement tertiaire des eaux usées a été mis en place dans le bassin dans les années 1980, lequel a efficacement éliminé toutes les inquiétudes relatives aux charges de nutriments dans le lac Okanagan, qui est considéré comme un lac oligotrophe. La charge en nutriments associée aux pratiques agricoles a peut-être déjà été un sujet d'inquiétude, mais des pratiques exemplaires de gestion ont réduit considérablement ces charges, même s'il est possible que des concentrations élevées de nitrates entrent encore ponctuellement dans certains affluents (Jensen, comm. pers., 2009). Le lac Osoyoos, toutefois, présente la teneur en azote la plus élevée des lacs du bassin de l'Okanagan (Rae, 2005) et est plus chaud que les lacs Skaha et Okanagan. Bien que ces teneurs élevées en nutriments soient en partie attribuables à la morphologie du lac (très peu profond), le ruissellement provenant des terres agricoles des villes avoisinantes contribue probablement à cette condition. Ces caractéristiques du lac Osoyoos (lac très productif et très peu profond) permettent un taux plus élevé de décomposition des matières organiques qui se déposent au fond, ce qui au final donne lieu à des teneurs réduites en oxygène, en particulier durant les chauds mois d'été (Rae, 2005). Par conséquent, l'extrémité nord du lac est, par le passé, déjà devenue anoxique, mais aujourd'hui ne le devient que dans les 20 mètres les plus profonds. La couche au-dessus de la thermocline n'est jamais anoxique (Jensen, comm. pers., 2009). Comme on ignore la situation et les profondeurs maximales utilisées par la gonidée des Rocheuses, il est impossible de déterminer si ces caractéristiques sont des facteurs limitatifs pour l'espèce dans le lac Osoyoos.

Les teneurs en cuivre, dont on a récemment découvert les effets néfastes sur la survie des moules pendant leurs premiers stades vitaux (voir par exemple Wang *et al.*, 2007), sont mesurées dans l'ensemble du bassin de l'Okanagan (Jensen, comm. pers., 2009). Les résultats indiquent que certains affluents pourraient contenir des teneurs en cuivre pouvant entraîner des effets chroniques faibles pour les moules (c.-à d., environ 8,5 à 9,5 ppm). Toutefois, la plupart des affluents affichent des concentrations de 2 à 3 ppm, et l'effet de dilution dans les lacs fait en sorte que ces concentrations sont considérablement plus faibles (Jensen, comm. pers., 2009). Les substances pharmaceutiques sont potentiellement inquiétantes (elles se comportent comme des perturbateurs endocriniens) dans eaux usées traitées, en particulier dans certaines régions précises situées en aval des usines d'épuration, à Okanagan Falls et

à Penticton. Des études visant à déterminer les concentrations de ces substances sont en cours (Jensen, comm. pers., 2009).

En somme, les utilisations passées des terres pourraient avoir apporté plus de polluants nuisibles pour les moules dans le bassin versant. Toutefois, on ignore toujours dans quelle mesure cela est vrai. Certains polluants pourraient encore avoir des effets localisés sur des communautés aquatiques du bassin de l'Okanagan. Les pratiques améliorées et le traitement tertiaire des eaux usées mis en place au cours de la dernière décennie ont sans doute amélioré la qualité de l'eau dans le bassin, et on ne croit pas que ces polluants ont des effets importants et répandus sur la qualité de l'eau du lac Okanagan.

Autres espèces introduites

D'autres espèces introduites, notamment un poisson, une plante aquatique, le myriophylle en épi (*Myriophyllum spicatum*), et des crustacés pourraient menacer le *G. angulata* au Canada.

Les poissons non indigènes peuvent nuire aux moules en s'en nourrissant (à toutes les étapes de leur stade vital, sauf possiblement dans le cas des moules adultes de grande taille), en les déplaçant, en compétitionnant pour les ressources avec leurs poissons hôtes indigènes ou en modifiant leur habitat. Le crapet-soleil (*Lepomis gibbosus*) est une espèce introduite spécialiste des mollusques susceptible de nuire au recrutement (Strayer, 1999). De manière similaire, de nombreuses espèces de carpes sont bien connues pour se nourrir de mollusques, en plus d'être d'importants organismes de bioturbation.

Si les glochidies se fixent à d'autres poissons qu'à des poissons hôtes (p. ex., à une espèce introduite), les kystes sont susceptibles de ne pas se développer complètement, entraînant la mort des glochidies (Rogers-Lowery et Dimock, 2006; O'Brien, comm. pers., 2008). On sait aussi que la perte de poissons hôtes a déjà été la cause de déclin chez des populations de moules (voir **Canalisation de la rivière Okanagan**). En Colombie-Britannique, 12 espèces introduites de poissons sont probablement présentes dans les plans d'eau où vit le *G. angulata*. Par exemple, on signale la présence de l'achigan à petite bouche dans les lacs Vaseux et Osoyoos depuis plus de 100 ans (on croit qu'il provient d'un ensemencement réalisé aux États-Unis; Mitchell, comm. pers., 2008), mais ce poisson est aussi un hôte pour de nombreuses espèces de moules dans le sud de l'Ontario. La carpe est bien connue en tant qu'espèce qui dégrade les zones littorales (p. ex., en déracinant les macrophytes aquatiques), et est présente dans tout le bassin de l'Okanagan (Mitchell, comm. pers., 2009). Ces poissons sont toutefois présents depuis des décennies, et il n'est pas clair si les milieux qu'ils dégradent sont ceux que le *G. angulata* préfère. Jusqu'à ce que les poissons hôtes du *G. angulata* soient identifiés, les effets directs et indirects des espèces introduites demeureront inconnus. De plus, il est possible qu'une espèce introduite devienne une espèce hôte, car certaines preuves donnent à penser que le *G. angulata* est généraliste de l'hôte.

Le myriophylle en épi (*Myriophyllum spicatum*) est une plante aquatique introduite qui s'est établie dans tous les principaux lacs du bassin de l'Okanagan (Okanagan Basin Water Board, 2008). Cette plante est capable de supplanter presque tous les autres macrophytes aquatiques, et pourrait interférer avec la reproduction des poissons (Service canadien de la faune, 2008). Deux méthodes mécaniques d'éradication de cette plante sont actuellement utilisées dans le bassin de l'Okanagan (Okanagan Basin Water Board, 2008); l'une d'elles représente une menace considérable pour le *G. angulata*. Le rotocultage (déracinement) est pratiqué durant l'hiver. Les lames du rotoculteur pénètrent de 12 à 23 cm dans le substrat et le retournent pour en retirer les racines enfoncées à des profondeurs de 4,5 m ou moins. C'est dans un substrat semblable et à des profondeurs similaires que vivent les moules. Comme le rotocultage est pratiqué à l'intérieur ou à proximité de sites où la présence de *G. angulata* vivants est connue (Dunbar, 2009; Conservation Data Centre de la Colombie-Britannique, 2008), il représente probablement une importante menace et pourrait potentiellement blesser ou tuer les moules par l'impact direct des lames ou par suite de la sédimentation qui découle du déracinement (L. Gelling, données inédites). Les effets du rotocultage n'ont toutefois pas été officiellement testés, mais, en 2007, une personne a exploré, en plongée avec tuba, une zone où un rotocultage avait été pratiqué et une zone adjacente où aucun rotocultage n'avait été pratiqué. Aucune moule n'a été observée dans la zone ayant fait l'objet de rotocultage. Toutefois, des moules ont été observées en abondance dans la zone n'ayant pas fait l'objet de rotocultage (Sarell, comm. pers., 2007). La seconde méthode d'éradication est la cueillette. Durant l'été, les plantes sont fauchées à environ 2 m sous la surface de l'eau; il est peu probable que cette méthode pose une menace importante pour le *G. angulata*.

La petite corbeille d'Asie (*Corbicula fluminea*) est un autre mollusque introduit en Amérique du Nord qui représente une menace pour les moules indigènes (Mackie et Claudi, 2010). En effet, l'une des premières observations de *Corbicula fluminea* a été faite sur l'île de Vancouver, en 1924 (Mackie et Claudi, 2010). Ces palourdes vivent en groupes denses, ce qui influe, chez les moules d'eau douce, sur la survie et la croissance des juvéniles nouvellement formés (Yeager *et al.*, 2000). Cette espèce peut survivre dans presque tous les milieux dulcicoles, sauf dans les cours d'eau saisonniers et dans l'hypolimnion des lacs, et est associée aux substrats composés d'un mélange de sable, de limon et de matières organiques (Strayer, 1999; NatureServe, 2008), c'est-à-dire aux substrats similaires à ceux dans lesquels le *G. angulata* a été observé au Canada. En Colombie-Britannique, le *Corbicula fluminea* a récemment été observé dans le sud de l'île de Vancouver et près de Vancouver (Frederick, comm. pers., 2008; Kirkendale et Clare, 2008). Coquitlam se trouve être l'endroit le plus proche d'une zone où vit le *G. angulata* où on a observé cette espèce, environ 350 km à l'ouest du lac Osoyoos. La méthode de dispersion de cette espèce en Amérique du Nord est inconnue (USGS, 2008).

Enfin, le *Mysis relicta* est une petite crevette d'eau douce qui a été introduite dans le lac Okanagan en 1966 en tant que source additionnelle de nourriture pour le kokani. Par la suite, on a observé qu'elle compétitionnait avec le saumon et avec d'autres

poissons pour se nourrir, et qu'elle était directement liée à un déclin de la productivité des kokanis. Depuis, on la trouve un peu partout dans le bassin de l'Okanagan jusque dans le lac Osoyoos, mais pas en aussi grande abondance dans les autres lacs du bassin (Rae, 2005). On ignore de quelle manière les déclin des populations de poissons et les changements sur le plan des concentrations de nutriments dans les lacs peuvent toucher le *G. angulata*.

IMPORTANCE DE L'ESPÈCE

Cette espèce est le seul taxon vivant connu de son genre, mais l'existence de fossiles de congénères datant au moins du Miocène, il y a cinq millions d'années ou plus (p. ex., *Gonidea coalingensis* [Taylor, 1985]), a été documentée (Taylor, 1988; Watters, 2001). Le genre *Gonidea* n'a été observé que dans son aire de répartition actuelle depuis la fin du Cénozoïque (Néogène). Du point de vue taxinomique, le genre est isolé et n'est étroitement apparenté à aucune des nombreuses moules de l'est de l'Amérique du Nord (Lydeard *et al.*, 1996; Watters, 2001). Il existe peut-être une autre espèce vivante en Corée (Taylor, 1988), ce qui constituerait l'un des exemples les plus importants des affinités entre les mollusques d'eau douce de l'ouest de l'Amérique du Nord et ceux d'Asie. Le *Gonidea angulata* est l'un des rares unionidés que l'on trouve dans l'ouest de l'Amérique du Nord.

Au Canada, le rôle écologique du *G. angulata* est inconnu, mais les moules d'eau douce en général sont d'importantes composantes des écosystèmes d'eau douce et peuvent être utilisées comme indicateurs de la santé des écosystèmes (Bertram et Stadler-Salt, 1999; Grabarkiewicz et Davis, 2008). Les bivalves fouisseurs qui vivent dans les écosystèmes dulcicoles filtrent le phytoplancton, les bactéries et les matières organiques particulières qui se trouvent dans la colonne d'eau, ce qui influe sur la dynamique des nutriments, fait augmenter la teneur en eau et en oxygène des sédiments, relâche les nutriments emprisonnés dans les sédiments dans la colonne d'eau, stabilise les sédiments et crée un habitat ainsi que des refuges propices à d'autres organismes (Vaughn et Hakenkamp, 2001). Les déchets introduits dans l'eau peuvent modifier la composition des communautés benthiques et permettre aux populations locales d'algues et de macroinvertébrés de proliférer (Vaughn *et al.*, 2007; Vaughn et Spooner, 2006, cités dans Strayer, 2008). Les moules d'eau douce sont aussi des composantes faisant partie intégrante des réseaux trophiques; elles consomment les détritiques, les matières organiques ainsi qu'un large éventail d'organismes (p. ex., diatomées, phytoplancton et bactéries) qui se trouvent dans la colonne d'eau (Strayer, 2008). Par ailleurs, les moules d'eau douce peuvent être consommées par des prédateurs aquatiques ou terrestres (voir **Prédateurs**).

L'utilisation de cette espèce par les Premières nations a été documentée dans le bassin intérieur du Columbia. On a trouvé des amoncellements de coquilles de mulettes en Colombie-Britannique ainsi qu'au Montana, en Idaho, au Nevada, en Oregon, dans l'État de Washington et en Californie (Lyman, 1980). Par exemple, les Flathead du Montana et les Umatilla de l'Oregon ont utilisé des moules d'eau douce, comme le

G. angulata, le *Margaritifera falcata* et diverses espèces du genre *Anodonta*, comme aliments, comme outils ou comme objets ornementaux (COSEPAC, 2003), tout comme le peuple Karuk du nord de la Californie (Norgaard, 2004).

PROTECTION, STATUTS ET CLASSIFICATIONS

Le *Gonidea angulata* est classé dans la catégorie G3 à l'échelle mondiale, dans la catégorie N1 au Canada, et dans la catégorie N3 aux États-Unis (NatureServe, 2008). En Colombie-Britannique, il est classé dans la catégorie S1 (Conservation Data Centre de la Colombie-Britannique, 2008). Aux États-Unis, il est classé dans les catégories S1S2 en Californie, S2/S3 en Oregon et S2 dans l'État de Washington; et il n'est pas classé (SNR) dans les États de l'Idaho et du Nevada (NatureServe, 2008). Le *Gonidea angulata* n'est pas visé par la *Endangered Species Act* des États-Unis, la Liste rouge de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) ou par la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES).

Il n'existe aucune restriction concernant la cueillette récréative d'unionidés en Colombie-Britannique, mais celle-ci ne peut être faite qu'à la main (Gauvin, comm. pers., 2009). Toutefois, aux termes de la *Loi sur les pêches* du Canada et de la *Wildlife Act* de la Colombie-Britannique, il est illégal de posséder, de transporter, de vendre, de relâcher ou de transférer des animaux vivants sans permis ou autorisation (Ministère de la Justice du Canada, 2008a; Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, 2008f). Selon le règlement sur la pêche en eau douce en vigueur en Colombie-Britannique en 2008-2009, il est illégal d'utiliser des invertébrés comme appâts pour pêcher dans les lacs (Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, 2008g), mais on peut les utiliser comme appâts dans les cours d'eau, à moins que l'utilisation d'appâts soit interdite (Gauvin, comm. pers., 2009). La *Loi sur les pêches* contient des dispositions concernant la régularisation des débits en fonction des besoins des poissons, le passage des poissons, les poissons tués par d'autres moyens autres que la pêche, la pollution des eaux où vivent des poissons et la détérioration de l'habitat du poisson (voir **HABITAT, Protection et propriété**).

Comme l'espèce est actuellement désignée « espèce préoccupante » à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril* du Canada (Registre public des espèces en péril, 2010), un plan de gestion de l'espèce et de son habitat doit être mis en œuvre et comprendre des mesures de conservation de l'espèce (Registre public des espèces en péril, 2008). Ce plan est en cours d'élaboration depuis février 2009 (Heron, comm. pers., 2009).

Le *Gonidea angulata* est présent dans les limites du parc provincial du lac Vaseux. Le parc englobe environ 8 km² de la zone littorale, où des spécimens vivants ont été observés. Il faut détenir un permis pour cueillir des moules à l'intérieur des parcs provinciaux.

La *Community Charter Act*, la *Municipal Act* et des règlements municipaux confèrent aux administrations municipales des pouvoirs additionnels en vue de protéger les poissons (les mollusques entrant dans la définition de « poissons ») et de leur habitat (Ministry of Community Development de la Colombie-Britannique, 2008a ; idem, b) (voir **HABITAT, protection et propriété**).

REMERCIEMENTS

Les rédacteurs du rapport aimeraient remercier le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique d'avoir accordé le temps et les ressources nécessaires à la rédaction du présent rapport. Ils remercient aussi Leah Westereng, Jennifer Heron, Orville Dyer, Jennifer Penny, Michelle Connolly, Ray Lauzier, Sarah Davies, Jerry Mitchell, Machel Tiernan, l'équipe de conservation de 2007 des invertébrés en péril de la Colombie-Britannique (Arwyn Moore, Laura Machial, Beth Tanner et Sophie-Anne Blanchette), Ted Antifeau, Claire Antifeau, Lauren Antifeau, Corry Gelling, Dave Fraser, Dawn Marks, Lorrie Haley et Christine O'Brien de leur aide sur le terrain, de leurs précieux conseils et pour le partage de leurs connaissances. Merci également à Byron Woods d'avoir préparé des cartes géographiques et à Gerry Mackie d'avoir fourni l'évaluation des risques. Merci enfin à Terrence J. Frest et à Virgil C. Hawkes, rédacteurs du rapport de situation de 2003.

Experts consultés

Appleton, L. Collection coordinator. University of Michigan Museum of Zoology. Ann Arbor (Michigan).

Dyer, O. Wildlife Biologist, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, Penticton (Colombie-Britannique).

Fraser, D. Species Specialist. Ministry of Environment. Victoria (Colombie-Britannique).

Gagnon, J. Chef des collections, section des invertébrés. Musée canadien de la nature. Ottawa (Ontario).

Goulet, G. Chargée de projet scientifique, connaissances traditionnelles. Évaluation des espèces, Environnement Canada. Gatineau (Québec).

Haley, L. Spring Rivers Ecological Sciences, LLC Cassel, Californie.

Heron, J. Invertebrates at Risk specialist. Ministry of Environment, Vancouver (Colombie-Britannique).

Mitchell, J. Resource Inventory Specialist, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique. Penticton (Colombie-Britannique).

Nantel, P. Spécialiste de l'évaluation des espèces. Direction de l'intégrité écologique, Parcs Canada. Gatineau (Québec).

O'Brien, C. Browns River Environmental Consultants. Underhill (Vermont).

- Tiernan, M. 2008. Flood Hazard Management Technician, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, Penticton (Colombie-Britannique).
- Toews, D. Planificateur du rétablissement des espèces en péril. Environnement Canada – Service canadien de la faune, Delta (Colombie

SOURCES D'INFORMATION

- Amyot, J.P., et J.A. Downing. 1998. Locomotion in *Elliptio complanata* (Mollusca: Unionidae): a reproductive function? *Freshwater Biology* 39(2):351–358.
- Appleton, L., comm. pers. 2008. Correspondance par courriel adressée à L. Gelling. Avril 2008. Collection coordinator. University of Michigan Museum of Zoology. Ann Arbor (Michigan).
- Balfour, D.L., et L.A. Smock. 1995. Distribution, age structure, and movements of the freshwater mussel *Elliptio complanata* (Mollusca: Unionidae) in a headwater stream. *Journal of Freshwater Ecology* 10(3):255–267.
- Bertram, P., et N. Stadler-Salt. 1999. Selection of indicators for Great Lakes Basin ecosystem health. Publication conjointe – US Environmental Protection Agency et Environnement Canada. Site Web : [http://www.epa.gov/greatlakes/solec/solec_1998/Selection_of_Indicators_for_Great_Lakes_Ecosystem_Health_Version_3_\(FULL\).pdf](http://www.epa.gov/greatlakes/solec/solec_1998/Selection_of_Indicators_for_Great_Lakes_Ecosystem_Health_Version_3_(FULL).pdf) (consulté en octobre 2008).
- Britton, D.K., et R.F. McMahon. 2005. Analysis of trailered boat traffic and the potential westward spread of Zebra Mussels across the 100th meridian. *American Malacological Bulletin* 20(1–2):147–159.
- Clark, J., comm. pers. 2009. Correspondance par courriel adressée à S. Pollard. Le 21 août, 2009. Avocat pour Pêches et Océans Canada.
- Clarke, A.H. 1981. The freshwater molluscs of Canada. Musée national des sciences naturelles. Musées nationaux du Canada. 446 p.
- Conservation Data Centre de la Colombie-Britannique. 2008. B.C. Ecosystems and Species Explorer. Site Web : <http://a100.gov.B.C.ca/pub/eswp/> (consulté le 2 octobre, 2008).
- Coker, R.E., A.F. Shira, H.W. Clark et A.D. Howard. 1921. Natural history and propagation of freshwater mussels. *Bulletin of the U.S. Bureau of Fisheries* 37(1919–20):75–181.
- Cope, W.G., R.B. Bringolf, D.B. Buchwalter, T.J. Newton, C.G. Ingersoll, N. Want, T. Augspurger, F.J. Dwyer, M.C. Barnhart, R.J. Neves et E. Hammer. 2008. Differential exposure, duration, and sensitivity of unionoideans bivalve life stages to environmental contaminants. *North American Benthological Society* 27(2):451–462.

- COSEPAC 2003. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la gonidée des Rocheuses (*Gonidea angulata*), au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. vi + 29 p.
- COSEPAC. 2009. Lignes directrices pour reconnaître les unités désignables inférieures à l'espèce. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Site Web : http://www.cosewic.gc.ca/eng/sct2/sct2_5_e.cfm (consulté en août 2009).
- COSEPAC. 2010. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'épioblasme ventru (*Epioblasma torulosa rangiana*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. x + 47 p.
- Davis, G., et S.L.H Fuller. 1981. Genetic relationships among recent Unionacea (Bivalvia) of North America. *Malacologia* 20(2):217–253.
- Davis, G., S.L.H. Fuller et C. Hestermann. 1978. Toward a definitive higher classification of North American Unionacea. *Bulletin of the American Malacological Union*, 1977:85 (abrégé).
- Downing, J. A., Y. Rochon, M. Perusse et H. Harvey. 1993. Spatial aggregation, body size, and reproductive success in the freshwater mussel *Elliptio complanata*. *Journal of the North American Benthological Society* 12(2):148–156.
- Dunbar, G. 2009. Management Plan for Eurasian Watermilfoil (*Myriophyllum spicatum*) in the Okanagan, British Columbia. Okanagan Basin Water Board. 62 p.
- Dyer, O., comm. pers. 2008. Correspondance avec Jennifer Heron. 2008. Wildlife Biologist, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, Penticton (Colombie-Britannique).
- Fortis BC. 2008. Kootenay lake levels history. Site Web : http://fortisbc.com/customer_service/lake_levels_history.html (consulté en octobre 2008).
- Frederick, M., comm. pers. 2008. Correspondance par courriel adressée à L. Gelling. Septembre 2008. Collections Manager, Invertebrates, Fish, Reptiles and Amphibians. Royal British Columbia Museum, Victoria (Colombie-Britannique).
- Frest, T.J. 1999. A review of the land and freshwater mollusks of Idaho. T.J. Frest, Seattle (Washington). Préparé pour le Idaho Conservation Data Center, Idaho Department of Fish and Game, Boise (Idaho). Le 27 juin, 1999. v + 281 p., appendices.
- Frest, T. J., et E.J. Johannes. 1992. Effects of the March, 1992 drawdown on the freshwater mollusks of the Lower Granite Lake area, Snake River, SE WA and W. ID. Rapport final présenté au U.S. Army Corps of Engineers, Walla Walla District. Deixis Consultants, Seattle (Washington). i + 11 p.
- Frest, T. J. , et E. J. Johannes. 1995. Interior Columbia basin mollusk species of special concern. Rapport final présenté au Interior Columbia Basin Ecosystem Management Project. Walla Walla (Washington), Contract #43-0E00-4-9112. 274 p. + appendices.

- Frest, T. J., et E. J. Johannes. 1999. Mollusk survey of southwestern Oregon, with emphasis on the Rogue and Umpqua river drainages. Deixis Consultants, Seattle (Washington). v + 278 p., appendices.
- Frest, T.J., et E.J. Johannes. 2001. An annotated checklist of Idaho land and freshwater mollusks. *Journal of the Idaho Academy of Science* 36(2):1–51.
- Frest, T.J., et E.J. Johannes. 2006. King County freshwater mussel workshop information package. Seattle (Washington). 9 p.
- Fuller, S.L.H. 1974. Clams and mussels (Mollusca: Bivalvia). P. 215–273, in C.W. Hart, et S.L.H. Fuller (éd.), *Pollution ecology of freshwater invertebrates*. Academic Press, New York.
- Gagnon, J.M., comm. pers. 2005. Correspondance avec L. Gelling. Novembre 2005. Chef des collections, section des invertébrés. Musée canadien de la nature, Ottawa (Ontario).
- Gauvin, K. 2009. Correspondance par courriel adressée à L. Gelling. Février 2009. Fish Regulations Officer, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, Victoria (Colombie-Britannique).
- Goudreau, S.E., R.J. Steeves et R.J. Sheehan. 1993. Effects of wastewater treatment plant effluents on freshwater mollusks in the upper Clinch River, Virginie. *Hydrobiologia* 252(3):211–230.
- Grabarkiewicz, J., et W. Davis. 2008. An introduction to freshwater mussels as biological indicators. EPA-260-R-08-015. États-Unis. Environmental Protection Agency, Office of Environmental Information, Washington D.C. 108 p.
- Graf, D.L. 2002. Molecular phylogenetic analysis of two problematic freshwater mussel genera (*Unio* and *Gonidea*) and a re-evaluation of the classification of Nearctic Unionidae (Bivalvia: Palaeoheterodonta: Unionidae). *Journal of Molluscan Studies* 68(1):65–71.
- Graf, D.L., et K.S. Cummings. 2007. Review of the systematics and global diversity of freshwater mussel species (Bivalvia: Unionoida). *Journal of Molluscan Studies* 73(3):291–314.
- Haag, W. 2009. Extreme longevity in freshwater mussels revisited: sources of bias in age estimates derived from mark-recapture experiments. *Freshwater Biology* 54(7):1474–1486.
- Haley, L.E., comm. pers. 2008. Correspondance par courriel adressée à L. Gelling. Janvier et septembre 2008. Spring Rivers Ecological Sciences, LLC, Cassel (Californie).
- Haley, L., M. Ellis et J. Cook. 2007. Reproductive timing of freshwater mussels and potential impacts of pulsed flows on reproductive success. California Energy Commission, PIER Energy Related Environmental Research Program. 100 p.
- Hastie, L.C., et M.R. Young. 2003. Timing of spawning and glochidial release in Scottish freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) populations. *Freshwater Biology* 48(12):2107–2117.

- Heard, W.H. 1974. Anatomical systematics of freshwater mussels. *Malacological Review* 7(1):41–42.
- Heard, W.H., et R.H. Guckert. 1971. A re-evaluation of the recent Unionacea (Pelecypoda) of North America. *Malacologia* 10(2):333–355.
- Henderson, J. 1924. Mollusca of Colorado, Utah, Montana, Idaho and Wyoming. *The University of Colorado Studies* 13(2):65–223.
- Heron, J., comm. pers. 2008. Correspondance avec L. Gelling. Septembre 2008. Invertebrate at Risk specialist. Ministry of Environment, Vancouver (Colombie-Britannique).
- Herborg, M., comm. pers. 2009. Correspondance avec S. Pollard. Septembre 2009. Aquatic Invasive Species Coordinator, Ministry of Environment, Victoria (Colombie-Britannique).
- Hickey, V. 2010. The Quagga Mussel Crisis at Lake Mead National Recreation Area, Nevada (U.S.A.). *Conservation Biology Volume* 24(4): 931–937.
- Hyatt, K.D., et D.P. Rankin 1999. A habitat based evaluation of Okanagan Sockeye Salmon escapement objectives. Secrétariat canadien pour l'évaluation des stocks. Document de recherche 99/191. Pêches et Océans Canada. Nanaimo (Colombie-Britannique). 59 p.
- Hyatt, K.D., M.M. Stockwell et D.P. Rankin. 2003. Impact and adaptation responses of Okanagan River Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*) to climate variation and change effects during freshwater migration: stock restoration and fisheries management implications. *Canadian Water Resources Journal* 28(4):689–713.
- Jamieson, B., comm. pers. 2008. Correspondance par courriel adressée à L. Gelling. Août 2008. Membre de Columbia Wetlands Stewardship Partners, Ta Ta Creek (Colombie-Britannique).
- Jansen, W., G. Bauer et E. Zahner-Meike. 2001. Glochidial mortality in freshwater mussels, p. 185–211, in G. Bauer, et K. Wächtler (éd.), Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida. *Ecological Studies* 145. Springer-Verlag, Berlin. xxii + 394 p.
- Jensen, E.V., comm. pers. 2009. Correspondance avec S. Pollard. Le 30 septembre, 2009. Senior Environmental Impact Biologist, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, Penticton (Colombie-Britannique).
- Jensen, E.V., et P.F. Epp. 2002. Water quality trends in Okanagan, Skaha and Osoyoos Lakes in response to nutrient reductions and hydrologic variation. Ministry of Water, Land and Air Protection. Penticton (Colombie-Britannique). 17 p.
- Kinney, R., comm. pers. 2008. Correspondance avec L. Gelling. Novembre 2008. Biologiste, Siuslaw River Mussel Study, Oregon.
- Kirkendale, L., et J. Clare. 2008. The Asiatic Clam (*Corbicula fluminea*) “rediscovered” on Vancouver Island. *The Victoria Naturalist* 65(3):12–16.

- Krueger, K., P. Chapman, M. Hallock et T. Quinn. 2007. Some effects of suction dredge placer mining on the short-term survival of freshwater mussels in Washington. *Northwest Science* 81(4):323–332.
- Lauzier, R., comm. pers. 2008. Correspondance avec L. Gelling. Janvier 2009. Biologiste, Pêches et Océans Canada, Nanaimo (Colombie-Britannique).
- Lee, J. S., et J.D. Ackerman. 1998a. British Columbia freshwater molluscs held at the Canadian Museum of Nature listed by species. Rapport préparé pour le Conservation Data Centre, Ministry of Environment, Victoria (Colombie-Britannique). 95 p.
- Lee, J. S., et J.D. Ackerman. 1998b. British Columbia freshwater molluscs held at the Royal British Columbia Museum listed by species. Rapport préparé pour le Conservation Data Centre, Ministry of Environment, Victoria (Colombie-Britannique).
- Lee, J.S., comm. pers. 2008. Correspondance par courriel adressée à L. Gelling. Septembre 2008. Malacologiste, Vancouver (Colombie-Britannique).
- Lindsay, C. 2000. Investigations into the ethnographic and prehistoric importance of freshwater molluscs on the Interior Plateau of British Columbia. 2000. Thèse de maîtrise, Simon Fraser University, Burnaby (Colombie-Britannique). xi + 127 p + appendices.
- Lydeard, C., M. Mulvey et G.M. Davis. 1996. Molecular systematics and evolution of reproductive traits of North American freshwater unionacean mussels (Mollusca: Bivalvia) as inferred from 16S rRNA gene sequences. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B – Biological Sciences* 351(1347):1593–1603.
- Lyman, R.L. 1980. Freshwater bivalve molluscs and southern plateau prehistory: a discussion and description of three genera. *Northwest Science* 54(2):121–136.
- Mackie, G.L. 2010. Risk assessment of water quality in Okanagan Lake, British Columbia, to Zebra/Quagga mussel infestations. Rapport préparé pour le Molluscs Species Specialist Subcommittee. Water Systems Analysts Ltd., Guelph (Ontario). 6 p.
- Mackie, G. L., et R. Claudi. 2010. Monitoring and control of macrofouling molluscs in freshwater systems. CRC Press, Boca Raton (Floride). 508 p.
- Martel, A.L., J.-M. Gagnon, M. Gosselin, A. Paquet et I. Picard. 2007. Liste des noms français révisés et des noms latins et anglais à jour des moules du Canada (Bivalvia; Familles : Margaritiféridés, Unionidés). *Le Naturaliste Canadien* 131(2):79–84.
- Matthews, S., comm. pers. 2008. Correspondance par courriel adressée à L. Gelling. Octobre 2008. Fish biologist, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, Penticton (Colombie-Britannique).

- McKee, D. Correspondance avec S. Pollard. Le 30 septembre, 2009.
Hydrologue/ingénieur, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique,
Penticton (Colombie-Britannique).
- McMahon, R.F., T.A. Ussery et M. Clarke. 1993. Use of emersion as a Zebra Mussel
control method. Contract Report EL-93-1, U.S. Army Engineer Waterways
Experiment Station, Vicksburg (Missouri), NTIS n°. AD A257 665.
- McPhail, J.D. 2007. The freshwater fishes of British Columbia. The University of Alberta
Press, Edmonton (Alberta). 620 p.
- Ministère de la Justice. 2008a. *Loi sur les pêches* F-14. Site Web :
<http://laws.justice.gc.ca/en/ShowFullDoc/cs/F-14///en> (consulté le 15 janvier,
2009).
- Ministère de la Justice Canada. 2008b. *Loi canadienne sur l'évaluation
environnementale* 1992, ch. 37. <http://laws.justice.gc.ca/en/ShowFullDoc/cs/C-15.2///en> (consulté le 15 janvier, 2009).
- Ministry of Community Development de la Colombie-Britannique. 2008a. Local
Government Act Community Charter. Site Web :
http://www.cd.gov.bc.ca/lgd/gov_structure/community_charter/concordance/local_government_charter.htm (consulté le 15 janvier, 2009).
- Ministry of Community Development de la Colombie-Britannique. 2008b. Local
Government Act. Site Web :
http://www.cd.gov.bc.ca/lgd/gov_structure/community_charter/concordance/local_government_local_government.htm (consulté le 15 janvier, 2009).
- Ministry of Environment de la Colombie-Britannique. Water, Air and Climate Change
Branch. 1999. Water quality. Tracking non-point source water pollution in British
Columbia: an action plan. Site Web :
<http://www.env.gov.bc.ca/wat/wq/bmps/npsaction.html#causes> (consulté le 18
novembre, 2008].
- Ministry of Environment de la Colombie-Britannique. 2008a. Fish Protection Act. Site
Web : http://www.env.gov.bc.ca/habitat/fish_protection_act/ (consulté le 15 janvier,
2009.)
- Ministry of Environment de la Colombie-Britannique. 2008b. Water Protection Act
information. Site Web :
http://www.env.gov.bc.ca/wsd/water_rights/water_act_info/index.html (consulté le
15 janvier, 2009).
- Ministry of Environment de la Colombie-Britannique. 2008c. Forest and Range
Practices Act. Site Web : <http://www.for.gov.bc.ca/code/> (consulté le 15 janvier,
2009).
- Ministry of Environment de la Colombie-Britannique. 2008d. Environmental Protection.
Site Web : <http://www.env.gov.bc.ca/epd/main/ema.htm> (consulté le 15 janvier,
2009).

- Ministry of Environment de la Colombie-Britannique. 2008e. Legislation and Regulations. Park Act. Site Web : <http://www.al.gov.bc.ca/ministry/legsum/PARK.stm> (consulté le 15 janvier, 2009).
- Ministry of Environment de la Colombie-Britannique. 2008f. Wildlife Act Review. Site Web : <http://www.env.gov.bc.ca/fw/wildlifeactreview/> (consulté le 6 février, 2009).
- Ministry of Environment de la Colombie-Britannique. 2008g. Freshwater Fishing Regulations; Freshwater Fishing Regulations Synopsis: 2008-2009. Site Web : <http://www.env.gov.bc.ca/fw/fish/regulations/#Synopsis> (consulté le 6 février, 2009).
- Mitchell, J., comm. pers. 2008. Correspondance par courriel adressée à L. Gelling. Resource Inventory Specialist, Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, Penticton (Colombie-Britannique).
- Mock, K., comm. pers. 2009. Correspondance par courriel adressée à S. Pollard. Le 23 septembre, 2009. Associate Professor, Wildland Resources Department, Utah State University Logan, Utah.
- Moore, A., et L. Machial. 2007. Freshwater mussel surveys (target species *Gonidea angulata*) in the Okanagan and Kootenay regions, summer 2007. Rapport préparé pour le Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, Victoria (Colombie-Britannique). 51 p.
- Morley, R.L., et D.S. Reid. 1977. 2,4-D: A summary of information relative to its possible effects on fish and wildlife when used in aquatic weed control programs. Fisheries Technical Circular n^o. 27. Ministry of Recreation and Conservation, Victoria (Colombie-Britannique).
- Morris, T.J., et L. D. Corkum. 1996. Assemblage and structure of freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae) in rivers with grassy and forested riparian zones. *Journal of the North American Benthological Society* 15(4):576–586.
- Nagel, K.-O., Badino, G. et G. Celebrano. 1998. Systematics of European Naiades Bivalvia; Margaritiferidae and Unionidae): a review and some new aspects, p. 83–104, in J.B. Burch, et W.H. Heard (éd.), Bivalvia I: *Malacological Review*, Supplement 7.
- NMNH. 2009. Smithsonian National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington D.C. Base de données en ligne : <http://collections.nmnh.si.edu/emuwebizweb/pages/nmnh/iz/Display.php?irn=437372&QueryPage=Query.php> (consulté le 20 octobre 2009).
- NatureServe. 2008. NatureServe Explorer: An online encyclopedia of life (application Web). Version 7.0. NatureServe, Arlington (Virginie). Site Web : <http://www.natureserve.org/explorer> (consulté le 20 juin, 2008).
- Nedeau, E., A.K. Smith et J. Stone. 2005. Freshwater Mussels of the Pacific Northwest. Pacific Northwest Native Freshwater Mussel Workgroup. 45 p.
- Neves, R.J., et S.N. Moyer. 1988. Evaluation of techniques for age determination of freshwater mussels (Unionidae). *American Malacological Bulletin* 6(2):179–188.

- Norgaard, K. M. 2004. The Effects of Altered Diet on the Health of the Kaurk People: A Preliminary Report. Août 2004. The Karuk Tribe of California, Department of Natural Resources. 64 p.
- O'Brien, C., comm. pers. 2008. Correspondance par courriel adressée à J. Brim-Box et L. Gelling. Janvier et juin 2008. Browns River Environmental Consultants, Underhill (Vermont).
- Okanagan Basin Water Board. 2008. Eurasian Watermilfoil program. Site Web : http://www.obwb.ca/what_we_do/ (consulté le 21 janvier, 2009).
- Oliver, G., comm. pers. 2008. Correspondance par courriel adressée à L. Gelling. Research Zoologist, Utah Natural Heritage Program, Salt Lake City (Utah).
- Ortmann, A.E. 1910. A new system of the Unionidae. *The Nautilus* 23(9):114–120.
- Ortmann, A.E. 1916. The anatomical structure of *Gonidea angulata* (Lea). *The Nautilus* 30(5):50–53.
- Perles, S.J. , A.D. Christian et D.J. Berg. 2003. Vertical migration, orientation, aggregation, and fecundity of the freshwater mussel *Lampsilis siliquoidea*. *Ohio Journal of Science* 103:73–78.
- Rae, R. 2005. The state of fish and fish habitat in the Okanagan and Similkameen basins. Préparé pour le Canadian Okanagan Basin Technical Working Group, Westbank (Colombie-Britannique). 125 p.
- Registre public des espèces en péril. 2008. Gestion des espèces préoccupantes. Site Web : http://www.sararegistry.gc.ca/approach/act/Part9d_f.cfm (consulté le 3 février, 2009).
- Registre public des espèces en péril. 2010. Annexe 1 Liste des espèces en péril. http://www.sararegistry.gc.ca/species/schedules_f.cfm?id=1 (consulté le 20 septembre 20, 2010).
- Ricciardi, A, R.J. Neves et J.B. Rasmussen. 1998. Impending extinctions of North American freshwater mussels (Unionidae) following the Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) invasion. *Journal of Animal Ecology* 67(4):613–619.
- Robbins, K., comm. pers. 2009. Correspondance avec S. Pollard. Le 30 septembre, 2009. Ecosystems Biologist. Ministry of Environment de la Colombie-Britannique, Penticton (Colombie-Britannique).
- Rogers-Lowery, C.L., et R.V. Dimock. 2006. Encapsulation of attached ectoparasitic glochidia larvae of freshwater mussels by epithelial tissue on fins of naïve and resistant host fish. *Biological Bulletin* 210(1):51–63.
- Rosenberg, G., G.M. Davis, G.S. Kuncio et M.G. Harasewych. 1994. Preliminary ribosomal RNA phylogeny of gastropod and Unionoidean bivalve mollusks, p. 111–121, in H.G. Harasewych, et S.L. Tillier (éd.), *Molecular techniques and molluscan phylogeny*. *The Nautilus* 108, Supplement 2.

- Ruppert, E.E., R.S. Fox et R.D. Barnes. 2004. Invertebrate zoology: A functional evolutionary approach. 7^e édition. Thomson-Brooks/Cole, Belmont (Californie). 963 p.
- Sarell, M., comm. pers. 2007. Correspondance avec O. Dyer. Octobre 2008. Biological Consultant, Oliver (Colombie-Britannique).
- Schloesser, D.W., T.F. Nalepa et G.L. Mackie. 1996. Zebra Mussel infestation of unionid bivalves (Unionidae) in North America. *American Zoologist* 36(3):300–310
- Sendall, K., comm. pers. 2008. Correspondance avec L. Gelling. Janvier 2008. Gestionnaire, Natural History, Royal British Columbia Museum, Victoria (Colombie-Britannique).
- Service canadien de la faune. 2005. Conservation de l'habitat, Refuges d'oiseaux migrants. Site Web : <http://www.cws-scf.ec.gc.ca/habitat/default.asp?lang=En&n=45457D0B-0> (consulté le 3 janvier, 2009).
- Service canadien de la faune. 2008. Myriophylle en épi (*Myriophyllum spicatum* L.). Site Web : http://www.cws-scf.ec.gc.ca/PUBLICATIONS/INV/p1_e.cfm (consulté le 14 novembre, 2008).
- Smith, S.C., N. Foster et T. Gotthardt. 2005. The distribution of the freshwater mussels *Anodonta spp.* and *Margaritifera falcata* in Alaska. Préparé pour le Alaska Natural Heritage Program, Anchorage (Alaska) et le US Fish and Wildlife Service. 30 p.
- Stagliano, D., comm. pers. 2008. Correspondance par courriel adressée à L. Gelling. Aquatic Ecologist, Montana Natural Heritage Program, Helena (Montana).
- Strayer, D.L. 1999. Effects of alien species on freshwater mollusks in North America. *Journal of the North American Benthological Society* 18(1):74–98.
- Strayer, D.L. 2008. Freshwater mussel ecology. A multifactor approach to distribution and abundance. University of California Press, Berkeley et Los Angeles, Californie. 204 p.
- Suttill, D., comm. pers. 2008. Correspondance par courriel adressée à Leah Ramsay. Archaeological Inventory Officer, Archaeology Branch, Tourism, Culture and the Arts, Victoria (Colombie-Britannique).
- Système canadien d'information sur la biodiversité. 2005. En ligne. Site Web : <http://www.cbif.gc.ca/portal/digir-searcht.php> (consulté le 10 octobre, 2005).
- Taylor, D.W. 1981. Freshwater molluscs of California: a distributional checklist. *California Fish and Game* 67(3):140–163.
- Taylor, D.W. 1985. Evolution of freshwater drainages and molluscs in western North America, p. 265–321, in J.C. Smiley (éd.), Late Cenozoic history of the Pacific Northwest: interdisciplinary studies on the Clarkia Fossil Beds of northern Idaho. American Association for the Advancement of Sciences, Pacific Division, San Francisco.

- Taylor, D.W. 1988. Aspects of freshwater mollusc ecological biogeography. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 62(1–4):511–576.
- Tiernan, M., comm. pers. 2008. Conversation téléphonique avec L. Gelling. Septembre 2008. Flood Hazard Management Technician, B.C. Ministry of Environment, Penticton (Colombie-Britannique).
- Toews, D., comm. pers. 2008. Correspondance par courriel adressée à L. Gelling. Octobre 2008. Planificateur du rétablissement des espèces en péril, Environnement Canada, Service canadien de la faune, Delta (Colombie-Britannique).
- Toews, M.W., et D.M. Allen. 2009. Simulated response of groundwater to predicted recharge in a semi-arid region using a scenario of modelled climate change. *Environmental Research Letters* 4: 035003 (19 p.). Revue en ligne : http://www.iop.org/EJ/article/1748-9326/4/3/035003/erl9_3_035003.html (consulté le 21 septembre, 2009).
- Turgeon, D.D., J.F. Quinn, Jr., A.E. Bogan, E.V. Coan, F.G. Hochberg, W.G. Lyons, P.M. Mikkelsen, R.J. Neves, C.F.E. Roper, G. Rosenberg, B. Roth, A. Scheltema, F.G. Thompson, M. Vecchione et J.D. Williams. 1998. Common and scientific names of aquatic invertebrates from the United States and Canada: Molluscs. 2^e édition. *American Fisheries Society*, Special Publication 26: 526 p.
- IUCN Standards and Petitions Working Group. 2008. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 7.0. Préparées par le Standards and Petitions Working Group of the IUCN SSC Biodiversity Assessments Subcommittee en août 2008. Disponible à l'adresse : <http://intranet.iucn.org/webfiles/doc/SSC/RedList/RedListGuidelines.pdf>.
- USGS (United States Geological Survey). 2008. NAS Non-indigenous aquatic species. *Dreissena polymorpha*. Site Web : <http://nas.er.usgs.gov/queries/FactSheet.asp?speciesID=5> (consulté le 27 novembre, 2008).
- Vannote, R.L., et W. Minshall. 1982. Fluvial processes and local lithology controlling abundance, structure, and composition of mussel beds. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 79(13):4103-4107.
- Vaughn, C.C., et C.C. Hakenkamp. 2001. The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology* 46(11):1431–1446.
- Walsh, M., et K. Long. 2006. Survey of barriers to anadromous fish migration in the Canadian Okanagan sub basin. Rapport préparé pour le Colville Confederated Tribes Washington. Westbank (Colombie-Britannique). 30 p.
- Wang, N., C.G. Ingersoll, I.E., Greer, D.K. Hardesty, C.D. Ivey, J.L. Kunz, W.G. Brumbaugh, F.J. Dwyer, A.D. Roberts, T. Augspurger, C.M. Kane, R.J. Neves et M.C. Barnhart. 2007. Acute toxicity of copper, ammonia, and chlorine to glochidia and juveniles of freshwater mussels (Unionidae). *Environmental Toxicity and Chemistry* 26(10):2036–2047.

- Watters, G.T. 2000. Freshwater mussels and water quality: a review of the effects of hydrologic and instream habitat alterations. P. 261–274, *in* R.A. Tankersley, D.I. Warmolts, G.T. Watters, B.J. Armitage, P.D. Johnson et R.S. Butler (éd.). Freshwater Mollusk Symposia Proceedings. Part II. Proceedings of the First Freshwater Mollusk Conservation Society Symposium, 1998. Ohio Biological Survey Special Publication, Columbus.
- Watters, G.T. 2001. The evolution of the Unionacea in North America, p. 281–307, *in* G. Bauer, et K. Wächtler (éd.), Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida. Ecological Studies 145. Springer-Verlag, Berlin.
- Watters, G.T., et S.H. O’Dee. 2000. Glochidial release as a function of water temperature: beyond bradyticity and tachyticity. P. 135–140, *in* R.A. Tankersley, D.I. Warmolts, G.T. Watters, B.J. Armitage, P.D. Johnson et R.S. Butler (éd.). Freshwater Mollusk Symposia Proceedings. Part I. Proceedings of the Conservation, Captive Care, and Propagation of Freshwater Mussels Symposium, 1998. Ohio Biological Survey Special Publication, Columbus.
- Yeager, M.M., R.J. Neves et D.S. Cherry. 2000. Competitive interactions between early life stages of *Villosa iris* (Bivalvia: Unionidae) and adult Asian clams (*Corbicula fluminea*). P. 253–259, *in* R.A. Tankersley, D.I. Warmolts, G.T. Watters, B.J. Armitage, P.D. Johnson et R.S. Butler (éd.). Freshwater Mollusk Symposia Proceedings. Part II. Proceedings of the First Freshwater Mollusk Conservation Society Symposium, 1998. Ohio Biological

SOMMAIRE BIOGRAPHIQUE DES RÉDACTEURS DU RAPPORT

Lea Gelling est zoologiste au CDC de la Colombie-Britannique, à Victoria. Elle se spécialise dans la classification des mollusques d’eau douce et terrestres de la province, et cartographie les endroits où l’on trouve les espèces vertébrées et invertébrées inscrites sur les listes bleue et rouge. Madame Gelling a obtenu son baccalauréat ès sciences (avec distinction) dans le cadre du programme coopératif de biologie de l’Université de Victoria (University of Victoria), en 2004. Pendant ses études, elle a travaillé à l’Aquarium de Vancouver (Vancouver Aquarium), où elle a examiné le contenu des viscères de poissons marins sauvages de la Colombie-Britannique, au Musée royal de la Colombie-Britannique (Royal British Columbia Museum), où elle s’occupait de la collection de libellules du nord de la Colombie-Britannique, et au CDC, où elle compilait des données et des renseignements sur les mollusques d’eau douce et terrestres et a établi les premiers classements pour ce groupe. Madame Gelling s’intéresse aux moules d’eau douce depuis qu’elle est toute petite, alors qu’elle passait d’innombrables heures sur le lac Okanagan, tentant de récolter le plus de moules possible en une seule respiration.

Leah Ramsay est zoologiste principale au CDC de la Colombie-Britannique, à Victoria. Elle y travaille depuis 15 ans. Elle coordonne et réalise les évaluations des espèces, et attribue les cotes de classement pour la faune provinciale vertébrée et invertébrée. Elle a également travaillé avec NatureServe (membre de l'UICN) pour définir la méthode d'évaluation qui est utilisée dans l'ensemble du réseau. Elle a participé à plusieurs études sur les moules ainsi qu'à la réalisation des cartes et des évaluations provinciales qui en ont découlé. Elle est en outre spécialiste des oiseaux et des libellules.

Susan Pollard a obtenu sa maîtrise ès sciences de l'Université de Guelph (University of Guelph) en 1992, où elle s'est spécialisée en génétique des populations de salmonidés. Elle travaille pour la province de la Colombie-Britannique depuis 12 ans; elle y a d'abord travaillé à titre de généticienne spécialiste des poissons et, plus récemment, à titre de spécialiste des espèces aquatiques en péril. Ces 2 postes exigent une solide formation en biologie de conservation, en particulier parce qu'ils portent sur la gestion des pêches en eau douce. Madame Pollard est responsable de coordonner les priorités concernant les poissons d'eau douce aux fins de la planification de la gestion fédérale et provinciale des espèces en péril (y compris la recherche et les besoins en matière de renseignements, les activités de rétablissement et la planification de la gestion). Elle veille également à ce que la désignation des poissons protégés par la législation provinciale soit correctement présentée par le CDC. Elle est membre du COSEPAC à titre de représentante de la Colombie-Britannique depuis 2006.

COLLECTIONS EXAMINÉES

Les musées possédant des spécimens de *G. angulata* prélevés au Canada :

Musée canadien de la nature, Ottawa (Ontario);

Musée royal de la Colombie-Britannique, Victoria (Colombie-Britannique);

Musée de zoologie de l'Université du Michigan, Ann Arbor (Michigan);

Musée national d'histoire naturelle de Washington (Smithsonian National Museum of Natural History), Washington D.C.