

Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC

sur la

Mulette verruqueuse *Cyclonaias tuberculata*

au Canada



MENACÉE
2021

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. 2021. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la mulette verruqueuse (*Cyclonaias tuberculata*) au Canada, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, x + 73 p. (<https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril.html>).

Note de production :

Le COSEPAC remercie Todd J. Morris, Kelly McNichols-O'Rourke et Meg Sheldon d'avoir rédigé le rapport de situation sur la mulette verruqueuse (*Cyclonaias tuberculata*) au Canada, aux termes d'un marché conclu avec Environnement et Changement climatique Canada. La supervision et la révision du rapport ont été assurées par Joseph Carney, coprésident du Sous-comité de spécialistes des mollusques du COSEPAC.

Pour obtenir des exemplaires supplémentaires, s'adresser au :

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

Tél. : 819-938-4125

Télec. : 819-938-3984

Courriel : ec.cosepac-cosewic.ec@canada.ca
www.cosepac.ca

Also available in English under the title "COSEWIC Assessment and Status Report on the Purple Wartyback *Cyclonaias tuberculata* in Canada".

Illustration/photo de la couverture :
Mulette verruqueuse — photo fournie par les rédacteurs.

©Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2021.

N° de catalogue CW69-14/808-2021F-PDF

ISBN 978-0-660-39689-7



COSEPAC Sommaire de l'évaluation

Sommaire de l'évaluation – Avril 2021

Nom commun

Mulette verruqueuse

Nom scientifique

Cyclonaias tuberculata

Statut

Menacée

Justification de la désignation

Au Canada, ce mollusque d'eau douce longévif de taille moyenne et à coquille lourde est limité au sud-ouest de l'Ontario. Cette espèce vit dans des cours d'eau, petits à grands, aux conditions d'écoulement diverses, et préfère un substrat composé de galets, de gravier et de sable. Elle aurait disparu des sites de la rivière Détroit et du lac Érié où elle se trouvait autrefois, mais est encore présente dans les rivières Ausable, Sydenham et Thames. La qualité de l'habitat qu'occupe l'espèce devrait continuer de diminuer à cause de menaces comme la pollution (ruissellement agricole et urbain), les changements climatiques (sécheresses), les espèces envahissantes (dreissénidés et gobie à taches noires) et le dragage.

Répartition au Canada

Ontario

Historique du statut

Espèce désignée « menacée » en mai 2021.



COSEPAC Résumé

Mulette verruqueuse *Cyclonaias tuberculata*

Description et importance de l'espèce sauvage

La moule verruqueuse est une moule d'eau douce de taille moyenne qui atteint une taille adulte maximale d'environ 200 mm au Canada. L'extérieur de la coquille est couvert de nombreuses pustules (bosses surélevées) concentrées sur la partie postérieure de la coquille et s'étendant jusqu'à la région des sommets. L'intérieur de la coquille (nacre), violet chez la plupart des spécimens, présente des dents pseudocardinales fortement dentelées et des dents latérales complètes. L'espèce n'est pas sexuellement dimorphe.

Répartition

La moule verruqueuse était auparavant répandue dans tout l'est de l'Amérique du Nord : elle a été observée dans 20 États des États-Unis et une province du Canada. L'aire de répartition s'étendait par le passé, du nord au sud, du sud-ouest de l'Ontario au Mississippi, et, de l'est à l'ouest, de la Caroline du Nord à l'Oklahoma. Au Canada, la présence de l'espèce n'est connue que dans le sud-ouest de l'Ontario; la moule verruqueuse a été notée par le passé dans les rivières Détroit, Sydenham et Thames ainsi que dans le lac Érié. L'aire de répartition actuelle de l'espèce est semblable à l'aire de répartition antérieure, mais on croit que la moule a maintenant disparu de la rivière Détroit et du lac Érié. Lors de relevés récents, l'espèce a également été observée dans la rivière Ausable et le ruisseau Black (un affluent de la rivière Sydenham), dans le sud-ouest de l'Ontario.

Habitat

L'espèce est présente dans des cours d'eau petits à grands de courant modéré à rapide offrant divers types de substrat, notamment des zones de galets, de gravier, de gravier et de sable mélangés, et de boue.

Biologie

La moule verruqueuse est une espèce de moule d'eau douce dioïque, mais non sexuellement dimorphe. Elle a une courte période de reproduction, au printemps et au début de l'été, et libère les glochidies (juvéniles immatures) à la fin de l'été et au début de l'automne. Les glochidies sont des parasites obligatoires, dont les hôtes canadiens seraient la barbe de la rivière, la barbotte noire et la barbotte jaune. L'âge de la première maturité

serait d'environ 6 ans, la durée d'une génération, de 10 à 20 ans, et l'âge maximal, de 40 ans. Les moules verruqueuses adultes, suspensivores, se nourrissent principalement d'algues, tandis que les juvéniles se nourrissent à la fois de matières en suspension et d'algues, de débris et bactéries présents dans l'eau interstitielle à l'aide de leur pied.

Taille et tendances des populations

La moule verruqueuse aurait disparu de la rivière Détroit et du lac Érié, où elle se trouvait auparavant. Des sous-populations canadiennes persistent dans les rivières Ausable, Sydenham et Thames, de même que dans le ruisseau Black, un affluent de la rivière Sydenham Nord. La taille estimée de la sous-population des rivières Ausable, Sydenham et Thames est de 24 000, de 5,4 millions et de 2,4 millions d'individus, respectivement. Les sous-populations des rivières Sydenham et Thames semblent augmenter avec le temps, alors que celle de la rivière Ausable pourrait avoir diminué au cours des dernières années. Cette espèce n'a jamais été répandue au Canada, et son aire de répartition actuelle reflète son aire de répartition antérieure dans les systèmes fluviaux.

Menaces et facteurs limitatifs

La pollution ainsi que les changements climatiques et les phénomènes météorologiques violents représentent les deux menaces les plus importantes pesant sur la moule verruqueuse au Canada. Les trois bassins versants du sud de l'Ontario où l'on trouve encore l'espèce sont essentiellement agricoles, avec des apports élevés de ruissellement agricole qui proviennent en grande partie de systèmes de drainage souterrain. Les moules d'eau douce sont vulnérables aux concentrations élevées de phosphore et d'azote et aux déchets agricoles. La quantité totale élevée de solides en suspension dans les eaux des bassins versants agricoles peut nuire à la reproduction et entraîner une diminution de l'alimentation des moules. Les moules d'eau douce sont reconnues comme un groupe susceptible d'être fortement touché par les changements climatiques en Ontario, en partie à cause de leur nature sessile et de leur dépendance envers un autre animal pour compléter leur cycle vital. Les données laissent croire que les rivières Ausable, Sydenham et Thames sont hautement à extrêmement vulnérables aux effets des changements climatiques.

Protection, statuts et classements

La moule verruqueuse ne figure actuellement pas sur la liste fédérale au Canada ou aux États-Unis. Elle est inscrite sur la liste étatique des espèces en voie de disparition au Mississippi et au Wisconsin. L'espèce ne figure pas à l'heure actuelle sur la liste de la *Loi de 2007 sur les espèces en voie de disparition* de l'Ontario.

RÉSUMÉ TECHNIQUE

Cyclonaias tuberculata

Mulette verruqueuse

Purple Wartyback

Répartition au Canada : Ontario

Donnés démographiques

Durée d'une génération (généralement, âge moyen des parents dans la population; indiquez si une méthode d'estimation de la durée d'une génération autre que celle est qui présentée dans les lignes directrices de l'UICN [2011] est utilisée)	10-20 ans
Y a-t-il un déclin continu [observé, inféré ou prévu] du nombre total d'individus matures?	Inconnu. Déclin présumé d'après les déclin continus de l'habitat, mais les données sont insuffisantes pour le déterminer.
Pourcentage estimé de déclin continu du nombre total d'individus matures sur [cinq ans ou deux générations]	Inconnu
Pourcentage [observé, estimé, inféré ou présumé] [de réduction ou d'augmentation] du nombre d'individus matures au cours des [dix prochaines années ou trois prochaines générations].	Inconnu
Pourcentage [inféré 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 réduction ou d'augmentation] du nombre total d'individus matures au cours de toute période de [dix ans ou trois générations] commençant dans le passé et se terminant dans le futur.	Inconnu
Est-ce que les causes du déclin sont a) clairement réversibles et b) comprises et c) ont effectivement cessé?	a) Inconnu b) Non c) Non
Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre d'individus matures?	Non

Information sur la répartition

Superficie estimée de la zone d'occurrence	5 015 km ²
Indice de zone d'occupation (IZO) (Fournissez toujours une grille à carrés de 2 km de côté.)	664 km ²

La population totale est-elle gravement fragmentée, c.-à-d. que plus de 50 % de sa zone d'occupation totale se trouvent dans des parcelles d'habitat qui sont a) plus petites que la superficie nécessaire au maintien d'une population viable et b) séparées d'autres parcelles d'habitat par une distance supérieure à la distance de dispersion maximale présumée pour l'espèce?	a) Non b) Non
Nombre de localités* (utilisez une fourchette plausible pour refléter l'incertitude, le cas échéant)	4 (1-5) 1. Rivière Ausable 2. Rivière Sydenham 3. Rivière Thames (y compris la rivière Thames Sud et la rivière Thames) 4. Rivière Thames Nord (au-delà du réservoir Fanshawe) 5. Ruisseau Black (la population pourrait ne pas être viable)
Y a-t-il un déclin [observé, inféré ou prévu] de la zone d'occurrence?	Inconnu. Il y a eu un déclin des valeurs par rapport à la période précédant l'envahissement des Grands Lacs par les moules de la famille des Dreissenidés. Il pourrait y avoir un déclin continu d'après les déclins continus de l'habitat, mais les données sont insuffisantes pour le déterminer.
Y a-t-il un déclin [observé, inféré ou prévu] de l'indice de zone d'occupation?	Inconnu. Il y a eu un déclin des valeurs par rapport à la période précédant l'envahissement des Grands Lacs par les moules de la famille des Dreissenidés. Il pourrait y avoir un déclin continu d'après les déclins continus de l'habitat, mais les données sont insuffisantes pour le déterminer.
Y a-t-il un déclin [observé, inféré ou prévu] du nombre de sous-populations?	Inconnu. Déclin présumé d'après des déclins continus de l'habitat, mais les données sont insuffisantes pour le déterminer.
Y a-t-il un déclin [observé, inféré ou prévu] du nombre de localités*?	Inconnu. Déclin présumé d'après des déclins continus de l'habitat, mais les données sont insuffisantes pour le déterminer.
Y a-t-il un déclin [observé, inféré ou prévu] de [la superficie, l'étendue ou la qualité] de l'habitat?	Oui. Il y a un déclin continu prévu de la qualité de l'habitat.
Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre de sous-populations?	Non
Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre de localités*?	Non
Y a-t-il des fluctuations extrêmes de la zone d'occurrence?	Non
Y a-t-il des fluctuations extrêmes de l'indice de zone d'occupation?	Non

* Voir « Définitions et abréviations » sur le [site Web du COSEPAC](#) et [IUCN](#) (février 2014; en anglais seulement) pour obtenir des précisions sur ce terme.

Nombre d'individus matures dans chaque sous-population

Sous-population (utilisez une fourchette plausible)	Nombre d'individus matures
Rivière Ausable	24 000 (± 7 000)
Rivière Sydenham	5 400 000 (± 1 600 000)
Rivière Thames	2 400 000 (± 1 100 000)
Total	7 824 000 (± 2 707 000)

Analyse quantitative

La probabilité de disparition de l'espèce à l'état sauvage est d'au moins [20 % sur 20 ans ou 5 générations, ou 10 % sur 100 ans]?	Inconnu
--	---------

Menaces (directes, de l'impact le plus élevé à l'impact le plus faible, selon le calculateur des menaces de l'UICN)

Un calculateur des menaces a-t-il été rempli pour l'espèce?
Oui, rempli le 17 octobre 2019.

- i. Menace n° 9 : pollution (impact MOYEN)
- ii. Menace n° 11 : changements climatiques et phénomènes météorologiques violents (impact MOYEN-FAIBLE)
- iii. Menace no 8 : espèces et gènes envahissants ou autrement problématiques (impact FAIBLE)

Quels autres facteurs limitatifs sont pertinents?

Les moules d'eau douce de la famille des Unionidés sont des parasites obligatoires qui ne peuvent compléter leur cycle vital sans une période où ils s'enkystent sur un hôte vertébré. Les hôtes de la mulette verruqueuse seraient la barbue de rivière, la barbotte noire et la barbotte jaune.

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

Situation des populations de l'extérieur les plus susceptibles de fournir des individus immigrants au Canada.	La situation des populations états-uniennes dans les Grands Lacs avoisinants varie de vulnérable à possiblement disparue.
Une immigration a-t-elle été constatée ou est-elle possible?	Possible
Des individus immigrants seraient-ils adaptés pour survivre au Canada?	Vraisemblablement
Y a-t-il suffisamment d'habitat disponible au Canada pour les individus immigrants?	Oui
Les conditions se détériorent-elles au Canada ⁺ ?	Oui
Les conditions de la population source se détériorent-elles ⁺ ?	Oui
La population canadienne est-elle considérée comme un puits ⁺ ?	Non

⁺ Voir le [tableau 3](#) (Lignes directrices pour la modification de l'évaluation de la situation d'après une immigration de source externe).

La possibilité d'une immigration depuis des populations externes existe-t-elle?	Non
---	-----

Nature délicate de l'information sur l'espèce

L'information concernant l'espèce est-elle de nature délicate?	Non
--	-----

Historique du statut

COSEPAC : Espèce désignée « menacée » en mai 2021.

Statut et justification de la désignation

Statut Menacée	Code alphanumérique B1ab(iii)+2ab(iii)
<p>Justification de la désignation</p> <p>Au Canada, ce mollusque d'eau douce longévif de taille moyenne et à coquille lourde est limité au sud-ouest de l'Ontario. Cette espèce vit dans des cours d'eau, petits à grands, aux conditions d'écoulement diverses, et préfère un substrat composé de galets, de gravier et de sable. Elle aurait disparu des sites de la rivière Détroit et du lac Érié où elle se trouvait autrefois, mais est encore présente dans les rivières Ausable, Sydenham et Thames. La qualité de l'habitat qu'occupe l'espèce devrait continuer de diminuer à cause de menaces comme la pollution (ruissellement agricole et urbain), les changements climatiques (sécheresses), les espèces envahissantes (dreissénidés et gobie à taches noires) et le dragage.</p>	

Applicabilité des critères

<p>Critère A (déclin du nombre total d'individus matures) : Sans objet. Les tendances démographiques sont inconnues.</p>
<p>Critère B (aire de répartition peu étendue et déclin ou fluctuation) : Correspond au critère B1ab(iii)+2ab(iii). La zone d'occurrence (5 015 km²) et l'IZO (664 km²) sont inférieurs aux seuils établis pour la catégorie « espèce menacée » (20 000 km² et 5 000 km², respectivement). Il y a cinq localités ou moins (a), et il y a un déclin observé et prévu de la qualité de l'habitat (iii) à cause des menaces provenant de la pollution, des espèces envahissantes, du dragage et des changements climatiques.</p>
<p>Critère C (nombre d'individus matures peu élevé et en déclin) : Sans objet. Le nombre estimé d'individus matures dépasse les seuils établis.</p>
<p>Critère D (très petite population totale ou répartition restreinte) : Sans objet. Le nombre estimé d'individus matures dépasse les seuils établis.</p>
<p>Critère E (analyse quantitative) : Sans objet. Aucune analyse n'a été effectuée.</p>



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 (2021)

Espèce sauvage	Espèce, sous-espèce, variété ou population géographiquement ou génétiquement distincte d'animal, de plante ou d'un 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 et
Changement climatique Canada
Service canadien de la faune

Environment and
Climate Change Canada
Canadian Wildlife Service

Canada

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

Rapport de situation du COSEPAC

sur la

Mulette veruqueuse *Cyclonaias tuberculata*

au Canada

2021

TABLE DES MATIÈRES

DESCRIPTION ET IMPORTANCE DE L'ESPÈCE SAUVAGE	5
Nom et classification.....	5
Description morphologique.....	5
Structure spatiale et variabilité de la population	6
Importance de l'espèce.....	7
RÉPARTITION	7
Aire de répartition mondiale.....	7
Aire de répartition canadienne.....	9
Zone d'occurrence et aire d'occupation.....	13
Activités de recherche	14
HABITAT.....	22
Besoins en matière d'habitat	22
Tendances en matière d'habitat.....	22
BIOLOGIE	24
Cycle vital et reproduction	25
Physiologie et adaptabilité.....	30
Déplacements et dispersion	31
Relations interspécifiques.....	31
TAILLE ET TENDANCES DES POPULATIONS.....	32
Activités et méthodes d'échantillonnage.....	32
Abondance	34
Fluctuations et tendances.....	38
Immigration de source externe	42
MENACES ET FACTEURS LIMITATIFS	42
Menaces.....	42
Facteurs limitatifs.....	47
Nombre de localités.....	47
PROTECTION, STATUTS ET CLASSEMENTS	48
Statuts et protection juridiques	48
Statuts et classements non juridiques	48
Protection et propriété de l'habitat.....	48
REMERCIEMENTS ET EXPERTS CONTACTÉS	49
SOURCES D'INFORMATION	51
SOMMAIRE BIOGRAPHIQUE DES RÉDACTEURS	64
COLLECTIONS EXAMINÉES	65

Liste des figures

- Figure 1. Mulette verruqueuse (*Cyclonaias tuberculata*) adulte vivante (photo : Pêches et Océans Canada)..... 6
- Figure 2. Aire de répartition mondiale de la moule verruqueuse (*Cyclonaias tuberculata*). 8
- Figure 3. Aire de répartition historique (1934-1996) de la moule verruqueuse (*Cyclonaias tuberculata*) au Canada..... 10
- Figure 4. Aire de répartition actuelle (1997-2018) de la moule verruqueuse (*Cyclonaias tuberculata*) au Canada. 11
- Figure 5. Tous les sites ayant fait l'objet de relevés ciblant les moules d'eau douce (1860-2018) dans l'aire de répartition canadienne de la moule verruqueuse (*Cyclonaias tuberculata*). 21
- Figure 6. Aire de répartition de la barbotte de rivière (*Ictalurus punctatus*) dans le sud-ouest de l'Ontario. Données de Pêches et Océans Canada..... 27
- Figure 7. Aire de répartition de la barbotte noire (*Ameiurus melas*) dans le sud-ouest de l'Ontario. Données de Pêches et Océans Canada. 28
- Figure 8. Aire de répartition de la barbotte jaune (*Ameiurus natalis*) dans le sud-ouest de l'Ontario. Données de Pêches et Océans Canada. 29
- Figure 9. Répartition de la fréquence des longueurs des 102 moules verruqueuses (*Cyclonaias tuberculata*) vivantes mesurées lors des relevés à intervalle chronométré et par quadrat dans la rivière Ausable de 1998 à 2018..... 35
- Figure 10. Répartition de la fréquence de la longueur des 5 807 moules verruqueuses (*Cyclonaias tuberculata*) vivantes mesurées lors des relevés à intervalle chronométré et par quadrat dans la rivière Sydenham de 1997 à 2018. 36
- Figure 11. Répartition de la fréquence des longueurs des 260 moules verruqueuses (*Cyclonaias tuberculata*) vivantes mesurées lors des relevés à intervalle chronométré et par quadrat dans la rivière Thames de 1997 à 2018..... 37

Liste des tableaux

- Tableau 1. Résumé des travaux d'échantillonnages récents (1997-2018) de moules dans l'aire de répartition actuelle de la moule verruqueuse (*Cyclonaias tuberculata*). Les données comprennent les sites échantillonnés par différentes méthodes ainsi que les mentions d'observation fortuite. « HP » signifie le nombre d'heures-personnes de recherche pour les sites où ces données étaient disponibles; le nombre d'HP n'a pas été consigné pour tous les sites. Les données proviennent de la base de données sur les Unionidés des Grands Lacs inférieurs (Lower Great Lakes Unionid Database, 2018). Des sources de données supplémentaires sont mentionnées, le cas échéant. Le chiffre en exposant indique le nombre de sites où seules des coquilles ont été observées. 15

Tableau 2.	Estimations les plus récentes des captures par unité d'effort (CPUE), de la densité et de la population de mulettes verruqueuses (<i>Cyclonaias tuberculata</i>) dans les rivières Ausable, Sydenham et Thames. Voir la section Taille et tendances des populations pour de plus amples renseignements sur les méthodes.....	34
Tableau 3.	Comparaison de la densité de mulettes verruqueuses (<i>Cyclonaias tuberculata</i>) lors des relevés initiaux et des suivis dans quatre stations d'indice de la rivière Ausable de 2006 à 2018. * indique la détection d'individus représentant un recrutement récent lors de l'échantillonnage.	39
Tableau 4.	Comparaison de la densité de mulettes verruqueuses (<i>Cyclonaias tuberculata</i>) lors des relevés initiaux et des suivis dans dix stations d'indice de la rivière Sydenham de 1999 à 2015. * indique la détection d'individus représentant un recrutement récent lors de l'échantillonnage.	40
Tableau 5.	Comparaison de la densité de mulettes verruqueuses (<i>Cyclonaias tuberculata</i>) lors des relevés initiaux et des suivis dans sept stations d'indice de la rivière Thames de 2004 à 2017. * indique la détection d'individus représentant un recrutement récent lors de l'échantillonnage.	41
Tableau 6.	Cotes de conservation infranationales de la mulette verruqueuse (<i>Cyclonaias tuberculata</i>) (NatureServe, 2018)	42

Liste des annexes

Annexe I : TABLEAU D'ÉVALUATION DES MENACES.....	66
--	----

DESCRIPTION ET IMPORTANCE DE L'ESPÈCE SAUVAGE

Nom et classification

Nom scientifique : *Cyclonaias tuberculata* Rafinesque, 1820

Nom français : Mulette verruqueuse

Nom anglais : Purple Wartyback

Les documents faisant autorité pour la classification des mollusques aquatiques des États-Unis et du Canada sont les ouvrages de Turgeon *et al.* (1998), de Graf et Cummings (2007) et de Williams *et al.* (2017). Le document faisant autorité pour le nom français au Canada est celui de Martel *et al.* (2007). La classification actuellement acceptée pour cette espèce est la suivante :

Embranchement : Mollusques
Classe : Bivalves
Sous-classe : Paléohétérodontes
Ordre : Unionoïdés
Superfamille : Unionacés
Famille : Unionidés
Sous-famille : Ambléminés
Tribu : Quadrulini
Genre : *Cyclonaias*
Espèce : *Cyclonaias tuberculata*

Campbell *et al.* (2005) ont entrepris une phylogénie approfondie de la sous-famille nord-américaine des Ambléminés et ont confirmé la place de l'espèce dans la tribu Quadrulini malgré le fait que les femelles n'utilisent que les deux hémibranches extérieures pour garder les petits (ectobranche) (voir **Cycle vital et reproduction**).

Description morphologique

La description qui suit de la moule verruqueuse est adaptée de Clarke (1981), de Parmalee et Bogan (1998), de Metcalfe-Smith *et al.* (2005) et de Watters *et al.* (2009) (figure 1). Le *Cyclonaias tuberculata* (mulette verruqueuse) est comprimé latéralement, modérément gonflée, et a une forme circulaire à subquadrangulaire. Le périostracum est jaune ou jaune-vert chez les juvéniles, et peut compter de fines rayures vertes. Chez les adultes, la couleur est souvent jaune-verte et progresse vers le brun rougeâtre, et les rayures disparaissent généralement. Le côté antérieur de la coquille demeure lisse, tandis que le reste de la surface est couvert de pustules proéminentes qui suivent les lignes de croissance. Les pustules s'étendent dans la région du sommet (région umbonale) et peuvent former des crêtes le long de la partie dorsale. Le sommet est bas et large, et la sculpture du sommet consiste en de nombreuses crêtes fines formant un motif en chevron. Au Canada, les adultes atteignent une longueur maximale de 200 mm.



Figure 1. Mulette verruqueuse (*Cyclonaias tuberculata*) adulte vivante (photo : Pêches et Océans Canada).

Les dents sont massives, lourdes et complètes. Les dents pseudocardinales sont larges et striées; les dents latérales sont courtes et légèrement incurvées. Les cicatrices du muscle adducteur sont évidentes, et la ligne palliale est complète et bien éloignée de la marge ventrale. La nacre est habituellement violette, mais peut être blanche au centre et violette à l'extérieur de la ligne palléale.

La moule verruqueuse est l'une des moules les plus facilement identifiables au Canada.

Structure spatiale et variabilité de la population

Il existe trois sous-populations de moules verruqueuses au Canada correspondant aux trois bassins versants dans lesquels elles se trouvent encore (rivière Ausable, rivière Sydenham, rivière Thames).

Aucune information spécifique à la structure génétique de la population de moules verruqueuses des Grands Lacs n'est disponible. Le COSEPAC (COSEWIC, 2016) résume l'information disponible sur le *Quadrula quadrula*, une espèce étroitement apparentée à la tribu des Quadrulini qui utilise également les barbares et les barbottes comme hôtes. Selon les données microsatellites, les *Q. quadrula* présents dans les Grands Lacs forment une seule population avec un flux génique élevé. Galbraith *et al.* (2015) ont constaté une diversité génétique élevée chez le *Q. quadrula* des sous-populations des rivières

Sydenham et Thames, tandis que Paterson *et al.* (2015) donnent des preuves de flux génétique et d'isolement par la distance dans le lac Érié, ce qui indique des signes de connectivité. Le COSEPAC (COSEWIC, 2016) a recommandé une seule unité désignable pour le *Q. quadrula* dans la zone biogéographique nationale d'eau douce des Grands Lacs et du Haut-Saint-Laurent. Compte tenu de la parenté taxinomique et de la similarité des hôtes, il est probable que la moule verruqueuse présente une structure spatiale similaire.

Unités désignables

Toutes les sous-populations canadiennes sont situées dans la zone biogéographique nationale d'eau douce des Grands Lacs et du Haut-Saint-Laurent. Rien n'indique la présence d'adaptations locales (p. ex. différences morphologiques) ou d'une structure génétique importante au sein des sous-populations canadiennes.

Importance de l'espèce

Les moules d'eau douce jouent généralement un rôle intégral dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Elles sont responsables de nombreux processus dans la colonne d'eau et dans les sédiments (alimentation par filtration en fonction de la taille; sélection du phytoplancton en fonction de l'espèce; cycle des nutriments; régulation de la concentration de phosphore; consommation de dépôts faisant diminuer la quantité de matière organique dans les sédiments; dépôt biologique des matières fécales et pseudofécales; colonisation des coquilles), lesquels ont été décrits dans plusieurs études (Welker et Walz, 1998; Vaughn et Hakenkamp, 2001; Newton *et al.*, 2011). Les moules jouent également un rôle dans le transfert d'énergie vers le milieu terrestre, car le rat musqué (*Ondatra zibethicus*) et le raton laveur (*Procyon lotor*) en sont des prédateurs (Neves et Odum, 1989).

Il n'y a pas de connaissances traditionnelles autochtones sur la moule verruqueuse dans le présent rapport. Toutefois, la moule verruqueuse, comme toutes les espèces, est importante pour les peuples autochtones, qui reconnaissent toutes les interactions au sein d'un écosystème.

RÉPARTITION

Aire de répartition mondiale

Par le passé, la moule verruqueuse était répandue dans tout l'est de l'Amérique du Nord, et a été observée dans 20 États des États-Unis et une province canadienne. L'aire de répartition s'étendait auparavant, du nord au sud, du sud-ouest de l'Ontario au Mississippi, et, de l'est à l'ouest, de la Caroline du Nord à l'Oklahoma (figure 2). Aux États-Unis, l'espèce a été notée dans les États suivants : Alabama, Arkansas, Illinois, Indiana, Iowa, Kansas, Kentucky, Michigan, Minnesota, Mississippi, Missouri, Caroline du Nord, Ohio, Oklahoma, Pennsylvanie, Dakota du Sud, Tennessee, Virginie, Virginie-Occidentale et Wisconsin (NatureServe, 2018). L'espèce a maintenant disparu de la Pennsylvanie et du Dakota du Sud (NatureServe, 2018).



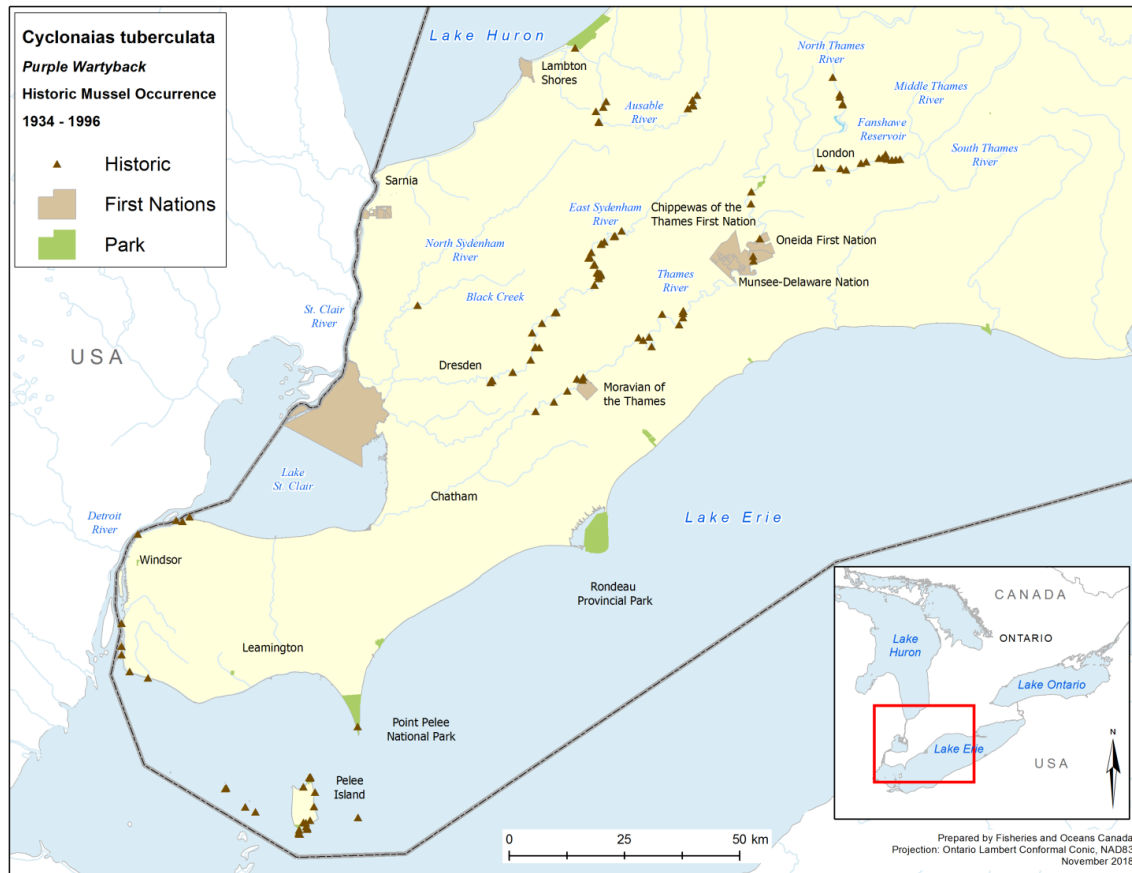
Figure 2. Aire de répartition mondiale de la muette verruqueuse (*Cyclonaias tuberculata*).

Aire de répartition canadienne

Au Canada, la moule verruqueuse était par le passé et est actuellement restreinte au sud-ouest de l'Ontario, dans la zone biogéographique nationale d'eau douce des Grands Lacs et du Haut-Saint-Laurent. Les collections antérieures de moules verruqueuses ont été réalisées dans les rivières Détroit, Sydenham et Thames ainsi que dans lac Érié (Lower Great Lakes Unionid Database, 2018; NatureServe, 2018). La première mention de cette espèce en Ontario faisait référence à un individu de condition inconnue (c.-à-d. individu vivant ou coquille) trouvé dans la rivière Détroit et a été rapportée par B. Walker en 1934 (Lower Great Lakes Unionid Database, 2018). La première mention d'un individu vivant, qui date de 1963, provient de H. D. Athearn, qui l'a observée dans la rivière Sydenham Est (Lower Great Lakes Unionid Database, 2018). Depuis cette première mention, 202 mentions d'un peu moins de 7 000 individus vivants ont été faites en Ontario (Lower Great Lakes Unionid Database, 2018). La base de données sur les Unionidés des Grands Lacs inférieurs de Pêches et Océans Canada (Fisheries and Oceans Canada Lower Great Lakes Unionid Database, 2018) a été utilisée pour trouver toutes les mentions de l'espèce. Les paragraphes ci-dessous résument l'information contenue dans cette base de données. Des sources de données ou des publications supplémentaires sont mentionnées lorsqu'elles étaient disponibles (voir **COLLECTIONS EXAMINÉES**).

Par le passé (avant 1997), la moule verruqueuse a été observée dans les rivières Détroit, Sydenham et Thames et dans le lac Érié. Cette aire de répartition est basée sur 66 relevés réalisés de 1934 à 1996 (figure 3). Dans les collections antérieures, 42 % des mentions concernent des individus vivants, alors que 58 % représentent des observations de coquilles ou des mentions d'individus de condition inconnue. La plupart de ces mentions étaient le résultat d'observations fortuites et aucune donnée n'a été consignée sur les travaux réalisés. Des relevés qualitatifs et quantitatifs récents (de 1997 à aujourd'hui) ont confirmé la persistance de sous-populations de moules verruqueuses dans les rivières Sydenham Est et Thames (figure 4). De plus, des relevés effectués dans la rivière Ausable et le ruisseau Black, un affluent de la rivière Sydenham Nord, ont permis d'étendre l'aire de répartition connue à ces cours d'eau du sud-ouest de l'Ontario (Baitz *et al.*, 2008). On croit que cette expansion apparente de l'aire de répartition est le résultat de travaux accrus permettant de détecter une sous-population existante et non une expansion physique récente de l'aire de répartition de l'espèce dans un nouvel habitat.

Les relevés ont permis de noter des déclinés marqués des populations d'unionidés après l'invasion de la moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) et de la moule quagga (*D. rostriformis*) dans la rivière Détroit, et d'observer la disparition de nombreuses espèces (Schloesser *et al.*, 1998). Dans le cadre de relevés plus récents, des sites de la rivière Détroit ont été réexaminés, et les densités d'unionidés étaient trop faibles pour soutenir des populations reproductrices viables; il a été conclu que toutes les espèces d'unionidés ont disparu de la rivière Détroit (Schloesser *et al.*, 2006).

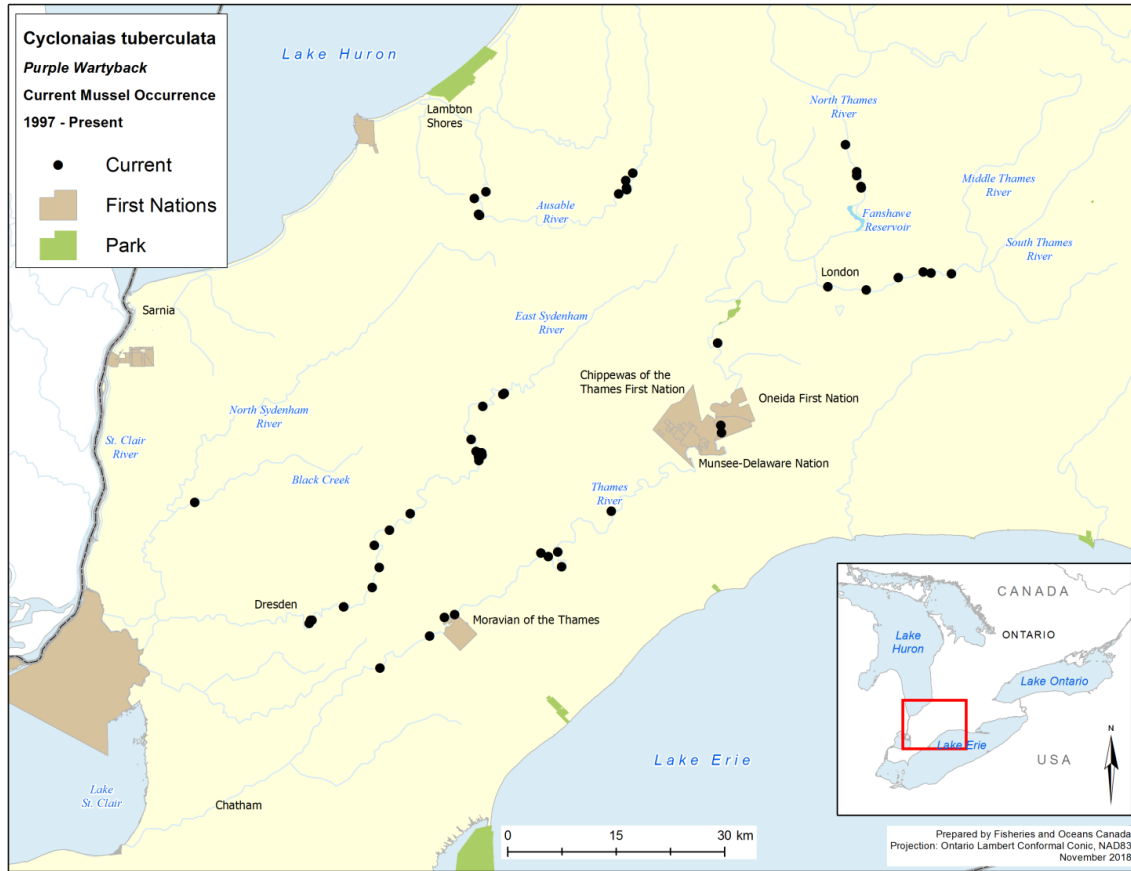


Veillez voir la traduction française ci-dessous :

Cyclonaias tuberculata = *Cyclonaias tuberculata*
 Purple Wartyback = Mulette verruqueuse
 Historic Mussel Occurrence = Occurrence antérieure des moules
 Historic = Par le passé
 First Nations = Premières Nations
 Park = Parc
 USA = États-Unis
 Detroit River = Rivière Détroit
 St. Clair River = Rivière Sainte-Claire
 Lake St. Clair = Lac Sainte-Claire
 Lake Huron = Lac Huron
 North Sydenham River = Rivière Sydenham Nord
 Black Creek = Ruisseau Black
 East Sydenham River = Rivière Sydenham Est
 Ausable River = Rivière Ausable
 Thames River = Rivière Thames
 Chippewas of the Thames First Nation = Première Nation des Chippewas de la Thames

Oneida First Nation = Première Nation Oneida
 Munsee-Delaware First Nation = Première Nation Munsee-Delaware
 Moravian of the Thames = Moraviens de la Thames
 North Thames River = Rivière Thames Nord
 Middle Thames River = Rivière Thames Middle
 Fanshawe Reservoir = Réservoir Fanshawe
 South Thames River = Rivière Thames Sud
 Lake Erie = Lac Érié
 Rondeau Provincial Park = Parc provincial Rondeau
 Point Pelee National Park = Parc national de la Pointe-Pelée
 Pelee Island = Île Pelée
 Lake Huron = Lac Huron
 Lake Ontario = Lac Ontario
 Prepared by Fisheries and Oceans Canada = Préparée par Pêches et Océans Canada
 Projection: Ontario Lambert Conformal Conic, NAD83 = Projection : conique conforme de Lambert (Ontario), NAD 83
 November 2018 = Novembre 2018

Figure 3. Aire de répartition historique (1934-1996) de la moule verruqueuse (*Cyclonaias tuberculata*) au Canada.



Veillez voir la traduction française ci-dessous :

Cyclonaias tuberculata = *Cyclonaias tuberculata*
 Purple Wartyback = Mulette verruqueuse
 Current Mussel Occurrence = Occurrence actuelle des moules
 1997 – Present = De 1997 à aujourd’hui
 Current = Actuel
 First Nations = Premières Nations
 Park = Parc
 USA = États-Unis
 Detroit River = Rivière Détroit
 St. Clair River = Rivière Sainte-Claire
 Lake St. Clair = Lac Sainte-Claire
 Lake Huron = Lac Huron
 North Sydenham River = Rivière Sydenham Nord
 Black Creek = Ruisseau Black
 East Sydenham River = Rivière Sydenham Est
 Ausable River = Rivière Ausable
 Thames River = Rivière Thames
 Chippewas of the Thames First Nation = Première Nation des Chippewas de la Thames

Oneida First Nation = Première Nation Oneida
 Munsee-Delaware First Nation = Première Nation Munsee-Delaware
 Moravian of the Thames = Moraviens de la Thames
 North Thames River = Rivière Thames Nord
 Middle Thames River = Rivière Thames Middle
 Fanshawe Reservoir = Réservoir Fanshawe
 South Thames River = Rivière Thames Sud
 Lake Erie = Lac Érié
 Rondeau Provincial Park = Parc provincial Rondeau
 Point Pelee National Park = Parc national de la Pointe-Pelée
 Pelee Island = Île Pelée
 Lake Huron = Lac Huron
 Lake Ontario = Lac Ontario
 Prepared by Fisheries and Oceans Canada = Préparée par Pêches et Océans Canada
 Projection: Ontario Lambert Conformal Conic, NAD83 = Projection : conique conforme de Lambert (Ontario), NAD 83
 November 2018 = Novembre 2018

Figure 4. Aire de répartition actuelle (1997-2018) de la moule verruqueuse (*Cyclonaias tuberculata*) au Canada.

Rivière Ausable

Il n'existe pas de données passées sur la mulette verruqueuse de la rivière Ausable, car l'échantillonnage n'y a commencé officiellement que ces dernières années. Tout changement de l'aire de répartition au sein de ce système est inconnu. La première mention dans cette rivière date d'un relevé à intervalle chronométré de 1998 réalisé près d'Arkona par Environnement et Changement climatique Canada (auparavant Environnement Canada). Depuis cette première mention, 150 mulettes verruqueuses vivantes ont été observées dans ce cours d'eau de 1998 à 2018 dans le cadre de 19 relevés menés dans 11 sites différents. L'aire de répartition actuelle dans la rivière Ausable, basée sur les occurrences d'individus vivants, est séparée en deux sections distinctes de la rivière, la première étant située autour de Nairn, et la deuxième, au nord d'Arkona.

River Sydenham

La rivière Sydenham appuie la plus grande sous-population de mulettes verruqueuses. La première observation de l'espèce dans le bassin versant de la rivière Sydenham était dans la Sydenham Est, au nord-est de Shetland, en 1963, où H. D. Athearn a noté cinq individus vivants. Depuis, 6 411 individus vivants ont été observés dans le cadre de 88 relevés à intervalle chronométré et relevés par quadrat réalisés dans le plan d'eau. De 1963 à 1991, 74 individus vivants ont été observés durant 23 relevés à intervalle chronométré ou lors d'observations fortuites. Des individus vivants ont été notés dans 91 % de ces relevés antérieurs. De 1997 à 2018, 6 337 mulettes verruqueuses vivantes ont été observées dans le cadre de 64 relevés menés dans 23 sites différents. Ces occurrences actuelles dans la rivière Sydenham s'étendent de Napier à un point juste en amont de Dresden.

Des relevés récents ont été réalisés dans le ruisseau Black, un affluent de la Sydenham Nord. Il n'y a aucune mention passée de l'espèce dans ce cours d'eau, et un seul individu vivant a été observé de façon fortuite par M. H. King en 2013, ce qui représente la seule mention de l'espèce dans le bassin versant de la rivière Sydenham hors de la Sydenham Est. On ignore si cet individu signifie qu'il y a présence d'une population viable dans le ruisseau Black.

Rivière Thames

La mulette verruqueuse est présente dans les sous-bassins versants supérieur, qui, aux fins du présent rapport, comprend les bras Sud, Middle et Nord, et inférieur de la rivière Thames. Tous les sites en amont de la confluence des trois bras du sous-bassin versant supérieur, appelée « The Forks », sont considérés comme faisant partie du sous-bassin supérieur, tandis que tous les sites en aval de la confluence font partie du sous-bassin inférieur.

La première mention de la moule verruqueuse dans le sous-bassin versant supérieur de la rivière Thames a eu lieu en aval de la confluence des bras Middle et Sud, à Dorchester, lorsque le Musée royal de l'Ontario a signalé une coquille fraîche en 1936. Les deux premiers individus vivants observés dans le sous-bassin supérieur ont également été notés à Dorchester dans le cadre d'un relevé à intervalle chronométré en 1997. La sous-population de la Thames Nord a été observée pour la première fois en 2004, lorsque neuf individus vivants ont été signalés dans le cadre d'un relevé à intervalle chronométré (Morris et Edwards, 2007). Avant 1997, quatre relevés menés dans quatre sites différents ont été effectués dans le sous-bassin supérieur de la Thames, mais aucun individu vivant n'a été observé. Depuis 1997, 157 moules verruqueuses vivantes ont été signalées dans le cadre de 23 relevés menés dans 15 sites différents. Des individus vivants ont été observés dans 73 % des sites. L'aire de répartition actuelle de l'espèce dans le sous-bassin supérieur de la Thames comprend un petit tronçon dans la rivière Thames Nord directement en amont du barrage Fanshawe, jusqu'à la route Elginfield (7,1 km) et dans la Thames Sud, de Dorchester à London, en aval (21,4 km), après la confluence avec la Thames Middle (environ 28,5 km au total).

La moule verruqueuse a été observée pour la première fois dans le sous-bassin inférieur de la Thames en 1935, lorsque J. P. Oughton a noté quatre coquilles fraîches au nord de Thamesville. La première mention d'un individu vivant est survenue 30 ans plus tard, lorsqu'un seul individu a été décelé à Tate's Bridge en 1985 par W. G. Stewart. Avant 1997, deux individus vivants ont été observés lors de quatre relevés ou d'observations fortuites. Depuis 1997, des relevés récents ont permis de noter la présence de 239 individus vivants dans le cadre de 26 relevés dans 20 sites différents (Morris et Edwards, 2007). Des individus vivants ont été décelés dans 70 % des sites. L'aire de répartition actuelle connue de la moule verruqueuse dans le sous-bassin inférieur de la Thames s'étend de Delaware jusqu'à Kent Bridge, en aval. Étant donné que l'espèce a été prélevée aussi loin en aval que dans les lieux où l'on a effectué des relevés officiels et que l'habitat est similaire et convenable entre le point de prélèvement le plus inférieur et l'embouchure de la rivière, il est probable que l'on trouve l'espèce en aval, de Kent Bridge jusqu'à l'embouchure de la rivière (188,8 km).

Zone d'occurrence et aire d'occupation

La zone d'occurrence passée est basée sur toutes les mentions recueillies de 1934 à 2018. Toutes les mentions sont incluses parce que l'on croit que les nouveaux sites de collecte au cours de la période actuelle (1997-2018) sont le fruit d'un effort d'échantillonnage accru et non pas d'une expansion de l'aire de répartition de l'espèce (c.-à-d. que la moule verruqueuse était probablement présente dans ces sites au cours de la période de relevés passée, mais que les sites n'avaient pas fait l'objet d'un échantillonnage au cours de cette période). Selon l'approche du polygone convexe, la zone d'occurrence passée est de 13 643 km². En comparaison, la zone d'occurrence actuelle, fondée sur des collectes effectuées de 1997 à 2018, est de 5 015 km², ce qui représente un déclin de 63,2 %. Ce déclin reflète les pertes antérieures dues à l'invasion des Grands Lacs par les moules de la famille des Dreissénidés à la fin des années 1980. On pense que l'aire de répartition actuelle est essentiellement stable depuis.

L'indice de zone d'occupation (IZO) a été calculé au moyen d'une grille à carrés non chevauchants de 2 km de côté. Une approche continue a été utilisée dans les zones où la moule verruqueuse est présente dans tous les sites ou presque tous les sites où l'habitat est considéré comme homogène et convenable pour l'espèce (voir **Besoins en matière d'habitat**) (p. ex. sous-bassin inférieur de la rivière Thames). Les zones d'occurrence de l'espèce séparées par un habitat non convenable (p. ex. rivière Sydenham Est) ou les zones d'habitat apparemment convenable, mais où un échantillonnage n'a pas permis de déceler la présence de la moule verruqueuse (p. ex. rivière Sydenham Est, rivière Ausable, sous-bassin supérieur de la rivière Thames), sont considérées comme non continues. L'IZO passé (1934-2018) est estimé à 896 km², tandis que l'IZO récent (1997-2018) est estimé à 664 km². Il s'agit donc d'un déclin de 25,9 %, qui reflète les pertes antérieures attribuables à l'invasion de dreissenidés dans les Grands Lacs à la fin des années 1980, plus précisément la perte de sites dans le lac Érié et à proximité ainsi que dans la rivière Détroit. L'aire de répartition actuelle serait essentiellement stable depuis.

Activités de recherche

Relevés antérieurs

Il y a 66 mentions passées (1934-1994) de moules verruqueuses en Ontario dans les rivières Détroit, Sydenham et Thames ainsi que dans le lac Érié et autour de l'île Pelée. Toutes ces mentions sont incomplètes, car il manque des données au sujet des activités de recherche, de la méthode d'échantillonnage, de l'état de l'individu (c.-à-d. individu vivant, coquille fraîche, coquille altérée) et/ou du nombre d'individus décelés. La plupart de ces mentions proviennent de collections de musées et d'observations fortuites pour lesquelles de nombreux détails, comme les activités de recherche, sont inconnus. Parmi les relevés antérieurs, 42 % sont basés sur la détection d'individus vivants spécifiés, tandis que les autres relevés sont des mentions de coquilles ou de spécimens de condition inconnue.

Relevés récents

Comparativement aux mentions antérieures, presque toutes les 135 mentions récentes de moules verruqueuses (1997-2018) contiennent des renseignements complets, y compris de l'information sur les activités de recherche, la méthode d'échantillonnage et la condition des individus. La plupart des relevés de ces dernières années ont été effectués à l'aide de méthodes d'échantillonnage qualitatives (à intervalle chronométré) ou quantitatives (par quadrat); certaines mentions récentes sont encore le résultat d'observations fortuites ne comprenant pas de détails complets sur les activités de recherche et la méthode d'échantillonnage. Les relevés à intervalle chronométré et par quadrat avec des renseignements complets fournissent des données sur l'abondance relative ou la densité, respectivement. Dans la rivière Ausable, dix relevés à intervalle chronométré (27 heures-personnes; activités consignées pour 6/10 relevés) et neuf relevés par quadrat (zone excavée de 654 m²; Baitz *et al.*, 2008; Upsdell *et al.*, 2012) ont permis de déceler des moules verruqueuses vivantes. Dans la rivière Sydenham, 42 relevés à

intervalle chronométré ou des observations fortuites (436,17 heures-personnes; activités consignées pour 28/42 relevés; Metcalfe-Smith *et al.*, 1998; Metcalfe-Smith *et al.*, 2000) et 22 relevés par quadrat (1 817 m²; Metcalfe-Smith *et al.*, 2007) ont également permis d'observer des individus vivants. Dans la rivière Thames, 34 relevés à intervalle chronométré (121,5 heures-personnes; travaux enregistrés pour 25/34 relevés; Morris et Edwards, 2007) et 15 relevés par quadrat (1 029 m²) ont permis de noter des moules verruqueuses vivantes. Aucun de ces relevés ne visait la moule verruqueuse, mais était des recherches générales au cours desquelles l'espèce a été observée. Le tableau 1 résume les activités de recherche et les méthodes d'échantillonnage pour tous les relevés récents dans l'aire de répartition actuelle de la moule verruqueuse. Les descriptions de ces méthodes d'échantillonnage se trouvent sous **Activités et méthodes d'échantillonnage** de la section **TAILLE ET TENDANCES DES POPULATIONS**. La figure 5 illustre tous les sites passés et actuels ayant fait l'objet de relevés ciblant les moules d'eau douce dans l'aire de répartition canadienne de la moule verruqueuse.

Tableau 1. Résumé des travaux d'échantillonnages récents (1997-2018) de moules dans l'aire de répartition actuelle de la moule verruqueuse (*Cyclonaias tuberculata*). Les données comprennent les sites échantillonnés par différentes méthodes ainsi que les mentions d'observation fortuite. « HP » signifie le nombre d'heures-personnes de recherche pour les sites où ces données étaient disponibles; le nombre d'HP n'a pas été consigné pour tous les sites. Les données proviennent de la base de données sur les Unionidés des Grands Lacs inférieurs (Lower Great Lakes Unionid Database, 2018). Des sources de données supplémentaires sont mentionnées, le cas échéant. Le chiffre en exposant indique le nombre de sites où seules des coquilles ont été observées.

Plan d'eau	Nombre de sites avec des individus vivants/Total de sites examinés	Année	Travaux réalisés	Notes	Autres sources
Rivière Ausable	2 ¹ /10	1998	39,75 HP (1,5-4,5 HP par site)	Relevé à intervalle chronométré	
	0/1	1999	Aucun travail consigné	Relevé à intervalle chronométré	
	0/1	2001	Aucun travail consigné	Relevé à intervalle chronométré	
	1/4	2002	18 HP (4,5 HP par site)	Relevé à intervalle chronométré	
	0/2	2003	Aucun travail consigné	Observations fortuites	
	0 ¹ /8	2004	36 HP (4,5 HP par site)	Relevé à intervalle chronométré	
	0/1	2005	Aucun travail consigné	Observations fortuites	
	3/7	2006	506 x 1 m ² quadrats avec excavation (7 sites; 69-75 quadrats par	Relevé des stations d'indice par l'Office de protection de la nature d'Ausable(OPNA)	Baitz <i>et al.</i> , 2008; Upsdell <i>et al.</i> , 2012

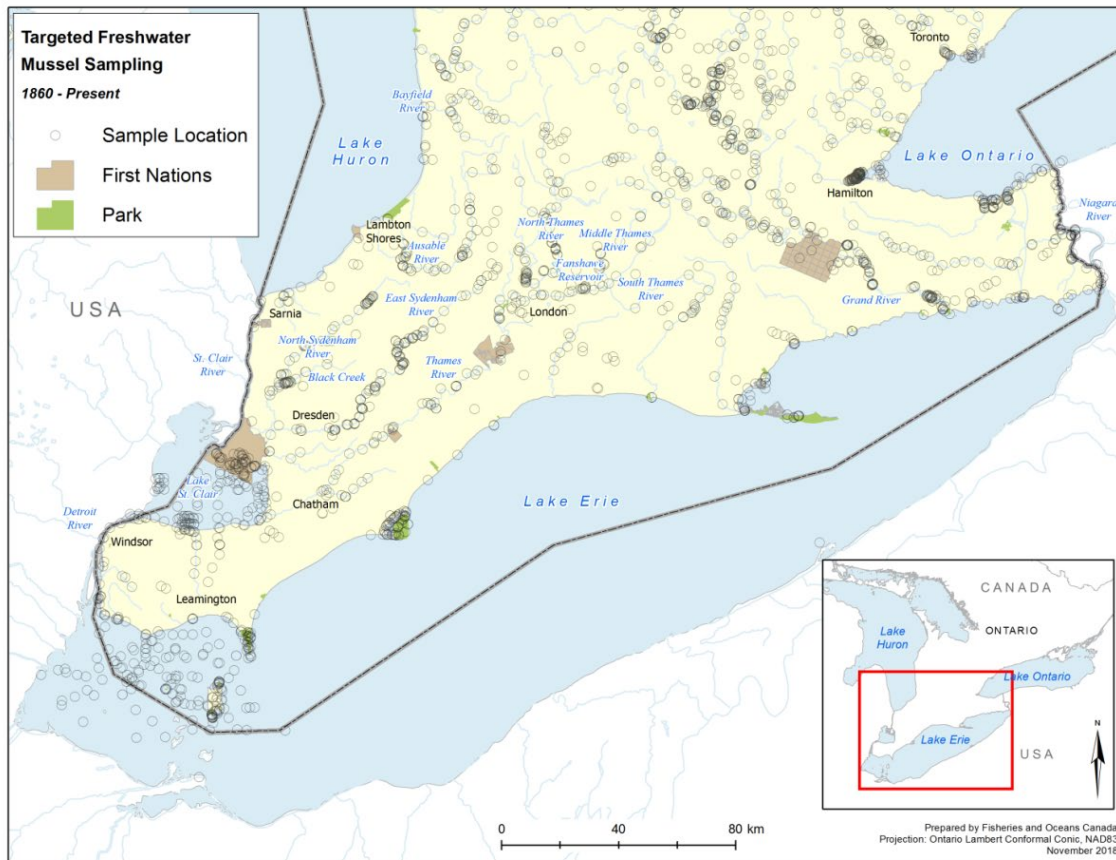
Plan d'eau	Nombre de sites avec des individus vivants/Total de sites examinés	Année	Travaux réalisés	Notes	Autres sources
			site)		
	1/2	2007	66 x 1 m ² quadrats avec excavation (1 site); 4,5 HP	Relevé des stations d'indice par l'OPNA; relevé à intervalle chronométré	Ausable Bayfield Conservation Authority, données inédites
	2 ¹ /12	2008	234 x 1 m ² quadrats avec excavation (3 sites; 57-96 quadrats par site); 18 HP (4,5 HP à 4 sites)	Relevé des stations d'indice par l'OPNA; relevé à intervalle chronométré par D. Zanatta	Ausable Bayfield Conservation Authority, données inédites
	0/7	2009	174 x 1 m ² quadrats avec excavation (2 sites; 87 quadrats à chaque site); 9 HP (4,5 HP dans 2 sites)	Relevé des stations d'indice par l'OPNA; relevés à intervalle chronométré par l'OPNA; relevé à intervalle chronométré par D. Zanatta	Ausable Bayfield Conservation Authority, données inédites
	0/1	2010	Aucun travail consigné	Observations compilées par l'OPNA	Ausable Bayfield Conservation Authority, données inédites
	2/7	2011	534 x 1 m ² quadrats avec excavation (7 sites; 74-80 quadrats par site)	Relevé des stations d'indice par l'OPNA	Upsdell <i>et al.</i> , 2012
	1/1	2012	Aucun travail consigné	Étude du comportement de la communauté	
	2/3	2013	75 x 1 m ² quadrats avec excavation (1 site); 5,0 HP (1 site)	Relevé des stations d'indice par l'OPNA; relevé à intervalle chronométré; étude du MPO sur le comportement	Ausable Bayfield Conservation Authority, données inédites
	1/4	2018	300 x 1 m ² quadrats avec excavation (4 sites; 75 quadrats par	Relevé des stations d'indice par l'OPNA	Ausable Bayfield Conservation Authority, données

Plan d'eau	Nombre de sites avec des individus vivants/Total de sites examinés	Année	Travaux réalisés	Notes	Autres sources
			site)		inédites
Rivière Sydenham	7/8	1997	36 HP (4,5 HP par site)	Relevé à intervalle chronométré	
	4 ¹ /5	1998	18,5 HP (4,5-5 HP par site)	Relevé à intervalle chronométré	
	2/8	1999	147 x 1 m ² quadrats avec excavation (2 sites; 69-78 quadrats par site)	Relevé des stations d'indice; relevé à intervalle chronométré	Metcalf-Smith <i>et al.</i> , 2007
	0/1	2000	Aucun travail consigné	Observations fortuites	
	2/18	2001	230 x 1 m ² quadrats avec excavation (3 sites; 75-80 quadrats par site)	Relevé des stations d'indice; relevé à intervalle chronométré par l'Université de Guelph	Metcalf-Smith <i>et al.</i> , 2007
	4/43	2002	381 x 1 m ² quadrats avec excavation (5 sites; 72-81 quadrats par site); 4,5 HP (dans 1 site)	Relevé des stations d'indice; relevé à intervalle chronométré par l'Université de Guelph	Metcalf-Smith <i>et al.</i> , 2007
	3/15	2003	387 x 1 m ² quadrats avec excavation (5 sites; 69-84 quadrats par site); 75,67 HP (6-40,67 HP par site)	Relevé des stations d'indice; relevé à intervalle chronométré par l'Université de Guelph	Metcalf-Smith <i>et al.</i> , 2007
	0/2	2004	46 HP (22,67-23,33 HP par site)	Relevé à intervalle chronométré	
	0/9	2005	40 HP (7,5-20,5 HP par site)	Relevé à intervalle chronométré par l'Université de Guelph	
	0/6	2006	20,5 HP (1,5-19 HP par site)	Relevé à intervalle chronométré par l'Université de Guelph	
	0/2	2007	16 HP (1-15 HP par site)	Relevé à intervalle chronométré	
5/19	2008	168 m ² ;	Excavation à l'aide d'une benne à		

Plan d'eau	Nombre de sites avec des individus vivants/Total de sites examinés	Année	Travaux réalisés	Notes	Autres sources
			34,52 HP (1,6-10,67 HP par site)	palourdes montée sur une grue par G.L. Mackie; relevé à intervalle chronométré par D. Zanatta; relevé à intervalle chronométré par l'Université de Guelph	
	0/14	2009	45,97 HP (1,3-12,75 HP par site)	Relevé à intervalle chronométré par D. Zanatta	
	2/3	2010	37,5 HP (15-22,5 HP par site)	Relevé à intervalle chronométré; observations compilées	
	0/7	2011	102 HP (4,5-32 HP par site)	Relevé à intervalle chronométré par l'Université de Guelph	
	6/12	2012	669 x 1 m ² quadrats avec excavation (5 sites; 69-375 quadrats par site); 235 HP (5-192 HP par site)	Relevé des stations d'indice; relevé à intervalle chronométré par l'Université de Guelph	
	6/11	2013	375 x 1 m ² quadrats avec excavation (5 sites; 75 quadrats dans chaque site); 120,5 HP (9-60 HP par site)	Relevé des stations d'indice; relevé à intervalle chronométré par l'Université de Guelph; étude sur la reproduction par la MPO	
	3/4	2014	60 HP (14-25 HP par site)	Relevé à intervalle chronométré; étude sur la reproduction par la MPO	
	4/7	2015	225 x 1 m ² quadrats avec excavation (3 sites; 75 quadrats dans chaque site); 24 HP (2-14 HP par site)	Relevé des stations d'indice; relevé à intervalle chronométré par l'Université de Guelph	
	0/5	2016	71 HP (20-27 HP par site)	Relevé à intervalle chronométré; observations compilées par l'Office de protection de la nature de la région de Sainte-Claire	

Plan d'eau	Nombre de sites avec des individus vivants/Total de sites examinés	Année	Travaux réalisés	Notes	Autres sources
	8/11	2017	50 x 1 m ² quadrats avec excavation (5 sites; 10 quadrats par site); 64,5 HP (4,5-42 HP par site)	Relevé quantitatif dans la réserve naturelle de la rivière Sydenham; relevé à intervalle chronométré; atelier sur l'identification des moules d'eau douce de l'Ontario (Ontario Freshwater Mussel Identification Workshop)	
	2/2	2018	22 HP (dans 1 site)	Atelier sur l'identification des moules d'eau douce de l'Ontario	
Rivière Thames	6 ³ /11	1997	49,5 HP (4,5 HP par site)	Relevé à intervalle chronométré	Metcalf-Smith <i>et al.</i> , 1998; Metcalf-Smith <i>et al.</i> , 2000
	0/9	1998	22,5 HP (4,5 HP dans 5 sites)	Relevé à intervalle chronométré	Metcalf-Smith <i>et al.</i> , 2000
	4 ² /21	2004	336 x 1 m ² quadrats avec excavation (5 sites; 63-72 quadrats par site); 72 HP (4,5 HP par site)	Relevé des stations d'indice; relevé à intervalle chronométré	Morris et Edwards, 2007; Fisheries and Oceans Canada, données inédites
	9/10	2005	69 x 1 m ² quadrats avec excavation (1 site); 40,5 HP (4,5 HP dans 9 sites)	Relevé des stations d'indice; relevé à intervalle chronométré	Morris et Edwards, 2007; Fisheries and Oceans Canada, données inédites
	0/1	2006	Aucun travail consigné	Relevé à intervalle chronométré par l'Université de Guelph	
	3/14	2008	18 HP (4,5 HP dans 4 sites)	Relevé à intervalle chronométré; étude temporelle	
	0/2	2009	Aucun travail consigné	Étude du comportement des déplacements verticaux	
	2/8	2010	318 x 1 m ² quadrats avec excavation (5 sites; 15-78 quadrats par site); 1 HP (dans un site)	Relevé des stations d'indice; relevé à intervalle chronométré par l'Université de Guelph; observation fortuite	Fisheries and Oceans Canada, données inédites

Plan d'eau	Nombre de sites avec des individus vivants/Total de sites examinés	Année	Travaux réalisés	Notes	Autres sources
	0/12	2011	1 069 x 1 m ² quadrats avec excavation (30-999 quadrats par site); 75 HP (1-18 HP par site)	Relevé à intervalle chronométré avec excavation; observation fortuite	
	2/9	2012	696 x 1 m ² quadrats avec excavation (10-318 quadrats par site)	Relevé quantitatif	
	1 ¹ /11	2013	636 x 1 m ² quadrats avec excavation (318 quadrats par site); 70 HP (1-33 HP par site)	Déplacements avec excavation; relevé à intervalle chronométré	
	0/4	2014	84 HP (14-30 HP par site)	Relevé à intervalle chronométré	
	3/7	2015	294 x 1 m ² quadrats avec excavation (4 sites; 69-75 quadrats par site; 45,5 HP (12-17,5 HP par site)	Relevé des stations d'indice; relevé à intervalle chronométré	Fisheries and Oceans Canada, données inédites
	2/10	2016	375 x 1 m ² quadrats avec excavation (5 sites; 75 quadrats excavés dans les 5 sites); 38 HP (4-10 HP par site)	Relevé des stations d'indice; relevé à intervalle chronométré	Fisheries and Oceans Canada, données inédites
	2/4	2017	225 x 1 m ² quadrats avec excavation (3 sites; 75 quadrats par site)	Relevé des stations d'indice; relevé à intervalle chronométré	Fisheries and Oceans Canada, données inédites
	2/7	2018	300 x 1 m ² quadrats avec excavation (4 sites; 75 quadrats par site); 6 HP (2,5-3,5 HP)	Relevé des stations d'indice; relevé à intervalle chronométré; relevé à intervalle chronométré par le LTVCA; relevé à intervalle chronométré par l'UTRCA	Fisheries and Oceans Canada, données inédites



Veillez voir la traduction française ci-dessous :

Targeted Freshwater Mussel Sampling = Échantillonnage ciblé de moules d'eau douce

1860 – Present = De 1860 à aujourd'hui

Sample Location = Site d'échantillonnage

First Nations = Premières Nations

Park = Parc

USA = États-Unis

Detroit River = Rivière Détroit

St. Clair River = Rivière Sainte-Claire

Lake St. Clair = Lac Sainte-Claire

Lake Huron = Lac Huron

North Sydenham River = Rivière Sydenham Nord

Black Creek = Ruisseau Black

East Sydenham River = Rivière Sydenham Est

Ausable River = Rivière Ausable

Thames River = Rivière Thames

Chippewas of the Thames First Nation = Première Nation des Chippewas de la Thames

Oneida First Nation = Première Nation Oneida

Munsee-Delaware First Nation = Première Nation Munsee-Delaware

Moravian of the Thames = Moraviens de la Thames

North Thames River = Rivière Thames Nord

Middle Thames River = Rivière Thames Middle

Fanshawe Reservoir = Réservoir Fanshawe

South Thames River = Rivière Thames Sud

Lake Erie = Lac Érié

Rondeau Provincial Park = Parc provincial Rondeau

Point Pelee National Park = Parc national de la Pointe-Pelée

Pelée Island = Île Pelée

Lake Huron = Lac Huron

Lake Ontario = Lac Ontario

Prepared by Fisheries and Oceans Canada = Préparée par Pêches et Océans Canada

Projection: Ontario Lambert Conformal Conic, NAD83 =

Projection : conique conforme de Lambert (Ontario), NAD 83

November 2018 = Novembre 2018

Figure 5. Tous les sites ayant fait l'objet de relevés ciblant les moules d'eau douce (1860-2018) dans l'aire de répartition canadienne de la moule verruqueuse (*Cyclonaias tuberculata*).

HABITAT

Besoins en matière d'habitat

La description suivante est un résumé de Clarke (1981), de Metcalfe-Smith *et al.* (2005) et de Watters *et al.* (2009). La moule verruqueuse est présente dans des cours d'eau petits à grands, de courant modéré à rapide offrant divers types de substrat, notamment des zones de galets, de gravier, de gravier et de sable mélangés, et de boue. Des données spécifiques sur les caractéristiques physiques sont disponibles pour plusieurs sites des rivières Sydenham et Thames où l'espèce a été observée (Morris, données inédites). En Ontario, l'espèce se trouve généralement dans des zones de galets, de gravier et de sable, car ces matériaux constituaient au moins 80 % du substrat des quadrats où l'espèce a été observée dans les rivières Sydenham et Thames. De façon générale, ces zones ont un courant modéré à rapide (Metcalfe-Smith *et al.*, 2005), et la vitesse moyenne de l'eau dans les rivières Sydenham et Thames était de 0,66 et de 0,43 m/s, respectivement (Morris, données inédites). Selon Parmalee et Bogan (1998), la moule verruqueuse se trouve à des profondeurs de 0,6 à 6 m; cependant, durant les relevés estivaux menés en Ontario, la profondeur moyenne de l'eau était de 0,32 m dans la rivière Sydenham et de 0,34 m dans la rivière Thames.

Aucune espèce hôte n'a encore été identifiée pour les populations canadiennes de moules verruqueuses, mais on a déterminé des hôtes pour les populations états-uniennes (voir **Cycle vital et reproduction**). La barbus de rivière, la barbotte jaune et la barbotte noire sont les hôtes les plus probables de la moule verruqueuse au Canada. La barbus de rivière est présente dans les cours d'eau et les lacs de taille moyenne à grande (Scott et Crossman, 1998; Holm *et al.*, 2009) avec un substrat de sable, de gravier ou de gravats. Contrairement aux barbottes, la barbus de rivière ne préfère pas les zones peu profondes et troubles offrant de la végétation (Scott et Crossman, 1998). La barbotte noire préfère les cours d'eau à débit lent, les bras morts de plus gros cours d'eau et les lacs peu profonds avec un substrat mou et limoneux et un couvert (p. ex. végétation, billots) (Scott et Crossman, 1998; Holm *et al.*, 2009). La barbotte jaune a des préférences similaires à celles de la barbotte noire, bien qu'elle soit généralement associée à une végétation aquatique dense et à des substrats allant de la vase au gravier (Scott et Crossman, 1998).

Tendances en matière d'habitat

Les tendances en matière d'habitat pour le bassin versant de la rivière Ausable sont résumées à partir de Nelson *et al.* (2003) et de Coleman *et al.* (2018). Avant la colonisation européenne, le bassin était couvert à 80 % de forêts, à 19 % de végétation de basse terre et à 1 % de marécages. En 1983, 85 % de cette superficie était affectée à l'agriculture, et plus de 70 % du bassin était drainé par des tuyaux souterrains. À l'heure actuelle, les milieux humides et les forêts représentent moins de 14 % du bassin versant (Fisheries and Oceans Canada, 2018). La population de cette région en grande partie rurale est de 45 000 habitants. De 2000 à 2008, les concentrations de phosphore et de nitrate se sont avérées élevées, dépassant souvent les lignes directrices. Toutefois, les concentrations de nitrate ont montré une légère tendance à la baisse au cours de cette

même période (Upsdell *et al.*, 2010). Le cours naturel de la partie inférieure de la rivière n'existe plus depuis la fin du XIX^e siècle, car il a été dérivé à deux endroits pour atténuer les inondations. La rivière Ausable a été décrite comme instable, car elle subit d'importantes augmentations de débit par suite du ruissellement consécutif aux tempêtes. Il y a 21 barrages dans le bassin versant qui causent une rétention de sédiments en amont et de l'affouillement en aval.

Les tendances en matière d'habitat pour le bassin versant de la rivière Sydenham sont résumées à partir de Staton *et al.* (2003) et de SCRCA (2008, 2018a). Avant la colonisation européenne, le bassin versant de la Sydenham se constituait à 70 % de forêts et à 30 % de marécages. Aujourd'hui, la région de St. Clair compte seulement un peu plus de 11 % et de 1 % de forêts et de marécages, respectivement. Un total de 60 % du bassin versant est drainé par des systèmes souterrains. Les concentrations de phosphore total (PT) continuent de dépasser l'objectif provincial de qualité de l'eau (OPQE – 0,03 mg/L) (Ontario Ministry of Environment and Energy, 1994), comme elles l'ont fait au cours des 30 dernières années. Bien que les concentrations dans les bras moyen et inférieur de la Sydenham soient parmi les plus basses du bassin versant, elles demeurent trois et quatre fois supérieures à l'OPQE, respectivement. Selon l'Office de protection de la nature de la région de St. Clair (SCRCA, 2008) et Staton *et al.* (2003), depuis 1990, les concentrations de chlorure dans la rivière Sydenham sont relativement faibles, mais augmentent lentement. De 2006 à 2016, les concentrations dans cette rivière variaient de 9,4 à 61 ug/L (SCRCA, comm. pers., 2018b). Les charges de sédiments provenant du ruissellement de surface et des drains souterrains sont élevées, et le bras nord de la rivière est particulièrement turbide. Les zones tampons riveraines sont importantes pour la santé du milieu aquatique (p. ex. stabilisation des berges, filtration des nutriments, modération des températures); pourtant, elles sont très limitées le long de certaines parties de la Sydenham, avec seulement 12 à 35 % dans l'aire de répartition de la mulette verruqueuse. La région couverte par l'Office de protection de la nature de la région de St. Clair compte environ 160 000 êtres humains (SCRCA, 2013), et il n'y a que deux collectivités le long de la rivière Sydenham dont la population est de plus de 10 000 personnes (Strathroy et Wallaceburg; SCRCA, 2018c). Il existe des stations d'épuration des eaux usées au sein de l'aire de répartition de la mulette verruqueuse qui traitent les effluents avant qu'ils ne pénètrent dans la rivière, et une évaluation environnementale a été entreprise pour l'installation d'un système de traitement municipal à Florence (SCRCA, 2018c). Pour améliorer la qualité de l'eau, l'Office de protection de la nature (SCRCA, 2013, 2018a) propose de réparer les fosses septiques défectueuses et d'établir un plan d'entretien des fosses septiques.

Les tendances en matière d'habitat de la rivière Thames sont résumées à partir de Taylor *et al.* (2004), d'UTRCA (2017) et de LTVCA (2017, 2019). L'agriculture est la forme dominante d'utilisation des terres dans l'ensemble du bassin versant de la rivière Thames (Nürnberg et LaZerte, 2015), avec 71 % de la superficie des terres dans le sous-bassin versant supérieur et 88 % dans le sous-bassin versant inférieur à usage agricole. Le couvert forestier, quant à lui, ne représente que 11 % de la surface terrestre dans le sous-bassin versant supérieur et 10,5 % dans le sous-bassin versant inférieur (Lower Thames River Valley Conservation Authority, données inédites). Le sous-bassin versant supérieur de la Thames est principalement rural, avec une population de 539 500 habitants concentrée dans les villes de London, de Stratford et de Woodstock (UTRCA, 2018a). Le sous-bassin versant inférieur compte près de 100 000 habitants. Au fur et à mesure que les terres ont été défrichées, les inondations sont devenues un problème grave. Pour réduire les dommages causés par celles-ci, trois grands barrages et réservoirs ont été construits dans le sous-bassin versant supérieur de 1952 à 1965. Depuis, de nombreux barrages et déversoirs privés ont été aménagés, et on compte maintenant 188 structures vérifiées dans le sous-bassin versant supérieur et 65 dans le sous-bassin inférieur. Le drainage souterrain domine 59 % des terres dans l'ensemble du bassin versant (Nürnberg et LaZerte, 2015). Les données sur la qualité de l'eau recueillies depuis les années 1970 montrent que les concentrations de phosphore sont stables ou à la baisse dans certaines parties du bassin versant, mais elles demeurent toutefois supérieures à l'OPQE. En 2017, trois grandes proliférations de cyanobactéries ont été observées dans le sous-bassin versant inférieur de la Thames, et la rivière a été ciblée comme un bassin versant prioritaire nécessitant une réduction des concentrations de phosphore. Le sous-bassin versant supérieur de la Thames compte 22 installations de traitement des eaux usées, et le sous-bassin inférieur en compte 8. Toutefois, on constate une amélioration des concentrations de phosphore dans les installations de traitement au fil du temps (Maaskant, 2014). Les concentrations de nitrate et de chlorure semblent augmenter (UTRCA, 2004; PWQMN, 2018). Le nombre de déversements de polluants signalés dans le sous-bassin versant supérieur était de 390 de 2011 à 2015, ce qui est inférieur aux 666 rapportés de 2006 à 2010.

BIOLOGIE

La mulette verruqueuse est semblable à toutes les moules d'eau douce de la famille des Unionidés. Elle est sédentaire et vit à l'âge adulte partiellement ou complètement enfouie dans le substrat présent au fond des plans d'eau. À l'âge adulte, les moules d'eau douce sont suspensivores et se procurent de la nourriture en retirant de la colonne d'eau, ainsi que des sédiments, des particules de débris organiques de différentes tailles, des algues et des bactéries (Beck et Neves, 2003; Nichols *et al.*, 2005; Tran, 2017). Les moules adultes se trouvent généralement à la surface du substrat pendant les mois d'été et sont connues pour s'enfouir sous la surface du substrat pendant l'hiver en réponse aux changements de température de l'eau et des régimes de débit (Schwalb et Pusch, 2007). On pense que les moules juvéniles s'enfouissent complètement sous la surface du substrat, où elles passent les trois à cinq premières années de leur vie (Neves et Widlak, 1987; Balfour et Smock, 1995; Schwalb et Pusch, 2007). Pendant cette période, la croissance est accélérée (pendant deux à trois ans; Watters *et al.*, 2009), et les juvéniles

se nourrissent probablement d'une combinaison de débris, d'algues et de bactéries obtenus dans l'eau interstitielle (porale) ou à l'aide de leur pied (Gatenby *et al.*, 1997). La moule verruqueuse pourrait vivre jusqu'à environ 40 ans (Watters *et al.*, 2009). Des employés de Pêches et Océans Canada effectuent actuellement des travaux afin de déterminer l'âge des coquilles de moules verruqueuses recueillies dans les rivières Sydenham et Thames (Fisheries and Oceans Canada, données inédites). Les renseignements sur le cycle vital résumés ci-dessous proviennent d'une analyse de la littérature ainsi que des connaissances des rédacteurs du présent rapport.

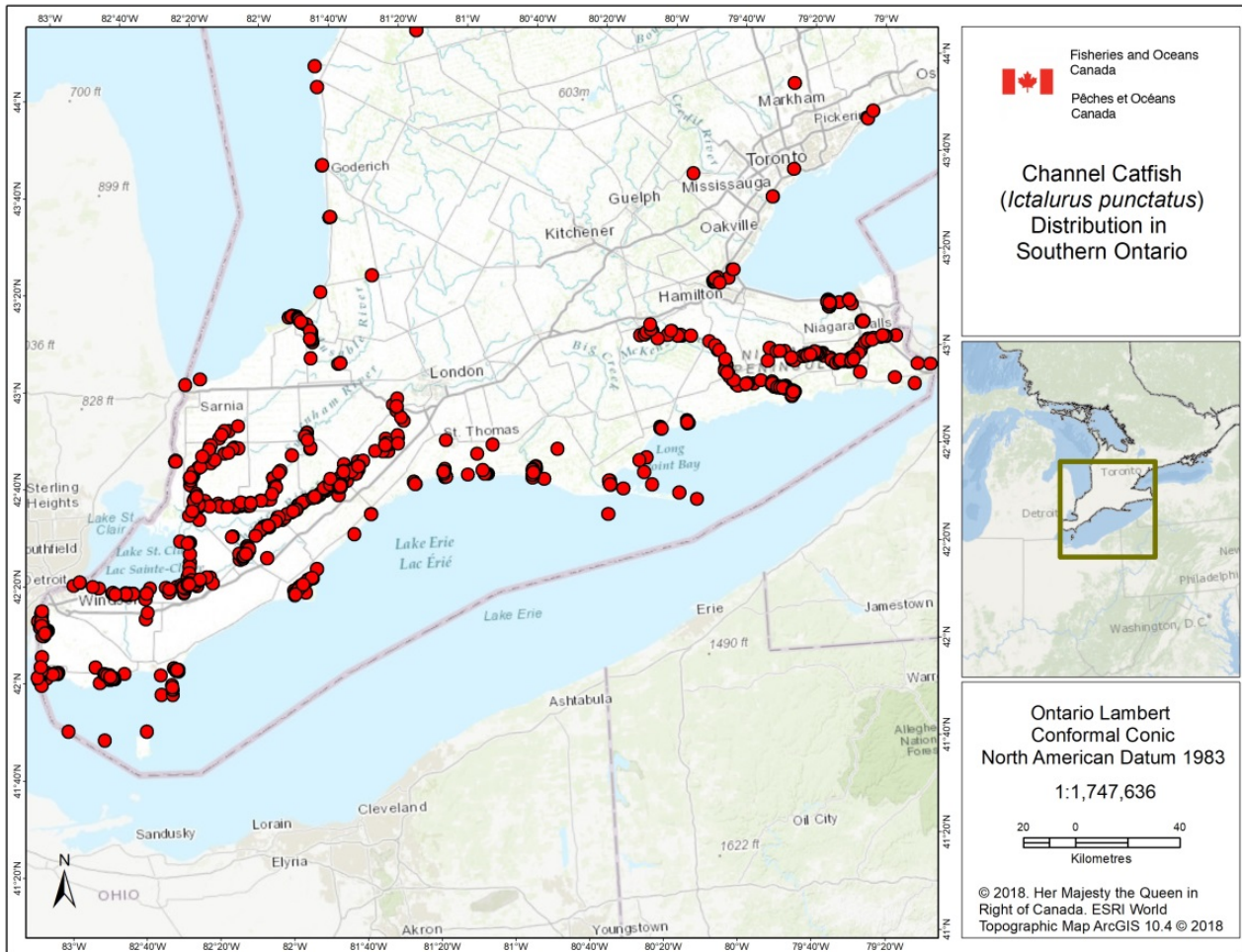
Cycle vital et reproduction

La moule verruqueuse, comme tous les membres de la famille des Unionidés, possède un cycle de reproduction complexe faisant intervenir un hôte vertébré. Les moules verruqueuses sont, pour la plupart, dioïques – sur 233 individus, Haggerty *et al.* (1995) n'ont observé qu'un seul cas d'hermaphrodisme – cependant, la coquille ne présente pas de dimorphisme sexuel prononcé (Watters *et al.*, 2009). Durant la fraie, les mâles libèrent leur sperme dans l'eau, et les femelles se trouvant en aval le captent par filtration avec leurs branchies. L'espèce est tachytictique (gravité de courte durée), c'est-à-dire que la fraie a lieu au printemps et que les glochidies sont libérées au cours de l'été. Selon des études antérieures (Jirka et Neves, 1992; Haggerty *et al.*, 1995; Boyles, 2004), la moule verruqueuse fraie de la mi-mars à juin (Jirka et Neves, 1992) dans la rivière New (Virginie-Occidentale et Virginie) et de mars à août dans la rivière Tennessee (Tennessee) (Haggerty *et al.*, 1995). En Ontario, on a observé un faible nombre de spermatozoïdes et d'œufs du début juin à août. En octobre, un nombre beaucoup plus élevé de spermatozoïdes et d'œufs non fécondés a été dénombré dans les échantillons de fluide prélevés sur des individus vivants (Morris, données inédites). Ces deux observations font écho à celles de Jirka et Neves (1992) et de Haggerty *et al.* (1995), qui ont noté un nombre plus faible de spermatozoïdes et d'œufs au moyen de coupes histologiques pendant l'été, suivi d'une augmentation en automne. Jirka et Neves (1992) et Haggerty *et al.* (1995) ont observé le nombre le plus élevé de spermatozoïdes et d'œufs au printemps et au début de l'été, durant la période de fraie. Aucune donnée n'a été recueillie sur la moule verruqueuse de l'Ontario au début du printemps.

Les moules femelles gardent leurs petits du stade de l'œuf au stade larvaire dans des zones spécialisées de leurs branchies appelées marsupiums. Des glochidies (juvéniles immatures) ont été observées en juillet 2019 en Ontario lors de relevés dans la rivière Sydenham. Ces données sont similaires aux observations de Sietman *et al.* (2012) au sujet de la rivière Sainte-Croix (Minnesota et Wisconsin), où des glochidies ont été observées de juin à août. Jirka et Neves (1992) ont noté des glochidies dans la rivière New (Virginie et Virginie-Occidentale) de mars à juin. On pense que la moule verruqueuse garde les glochidies à l'extérieur des deux ensembles de branchies; il a toutefois été proposé que cette espèce peut parfois utiliser ses quatre branchies (Frierson, 1927 cité dans Watters *et al.*, 2009). Les glochidies se développent dans les marsupiums et sont libérées dans la colonne d'eau par la moule femelle (voir ci-dessous pour plus de renseignements). Les glochidies mesurent environ 264 µm de long et 325 µm de haut (subelliptiques) et sont dépourvues de crochet, ce qui donne à penser qu'elles sont des parasites des branchies (Barnhart *et al.*, 2008; Watters *et al.*, 2009; Tremblay *et al.*, 2015). Les juvéniles ne peuvent

pas se développer davantage sans une période d'enkystement sur un hôte vertébré, généralement un poisson. Pendant l'enkystement, les juvéniles immatures se nourrissent des liquides corporels de l'hôte et subissent une importante différenciation. La mortalité naturelle des glochidies est difficile à estimer, mais on la pense très élevée. Selon plusieurs études, la métamorphose des juvéniles et leur désenkystement se produisent de 17 à 38 jours après l'infestation dans le cas de la mulette verruqueuse (Hove *et al.*, 1994; Hove, 1997; Hove et Kurth, 1997). Hove *et al.* (1994) mentionnent un développement de 23 ou de 24 jours à une température de 19 ± 2 °C.

Aux États-Unis, des expériences en laboratoire ont montré que les poissons hôtes de la mulette verruqueuse sont la barbotte noire (*Ameiurus melas*), la barbotte jaune (*Ameiurus natalis*), la barbue de rivière (*Ictalurus punctatus*) et la barbue à tête plate (*Pylodictus olivaris*) (Hove *et al.*, 1994; Hove, 1997; Hove et Kurth, 1997). Aucune expérience d'identification des poissons hôtes n'a été réalisée en Ontario; cependant, on pense que des espèces similaires servent d'hôtes. Quelques barbottes à tête plate ont été capturées dans le sous-bassin versant inférieur de la rivière Thames (Colm *et al.*, 2018; Colm, comm. pers., 2018); toutefois, leur nombre n'était pas élevé et l'espèce ne serait pas considérée comme un hôte primaire au Canada à ce moment. Les aires de répartition de la barbue de rivière, de la barbotte noire et de la barbotte jaune en Ontario sont illustrées aux figures 6, 7 et 8 (Fisheries and Oceans Canada, données inédites). Il est vraisemblable que la mulette verruqueuse utilise une combinaison d'hôtes dans les rivières Ausable et Sydenham et dans le sous-bassin inférieur de la rivière Thames. Cependant, aucune barbue de rivière n'a été capturée en amont de London, dans le sous-bassin versant supérieur de la Thames (figure 6); par conséquent, l'utilisation d'hôtes est très probablement limitée aux espèces de barbottes dans cette zone (figures 7 et 8).



Veillez voir la traduction française ci-dessous :

Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) Distribution in Southern Ontario = Aire de répartition de la barbue de rivière (*Ictalurus punctatus*) dans le sud de l'Ontario

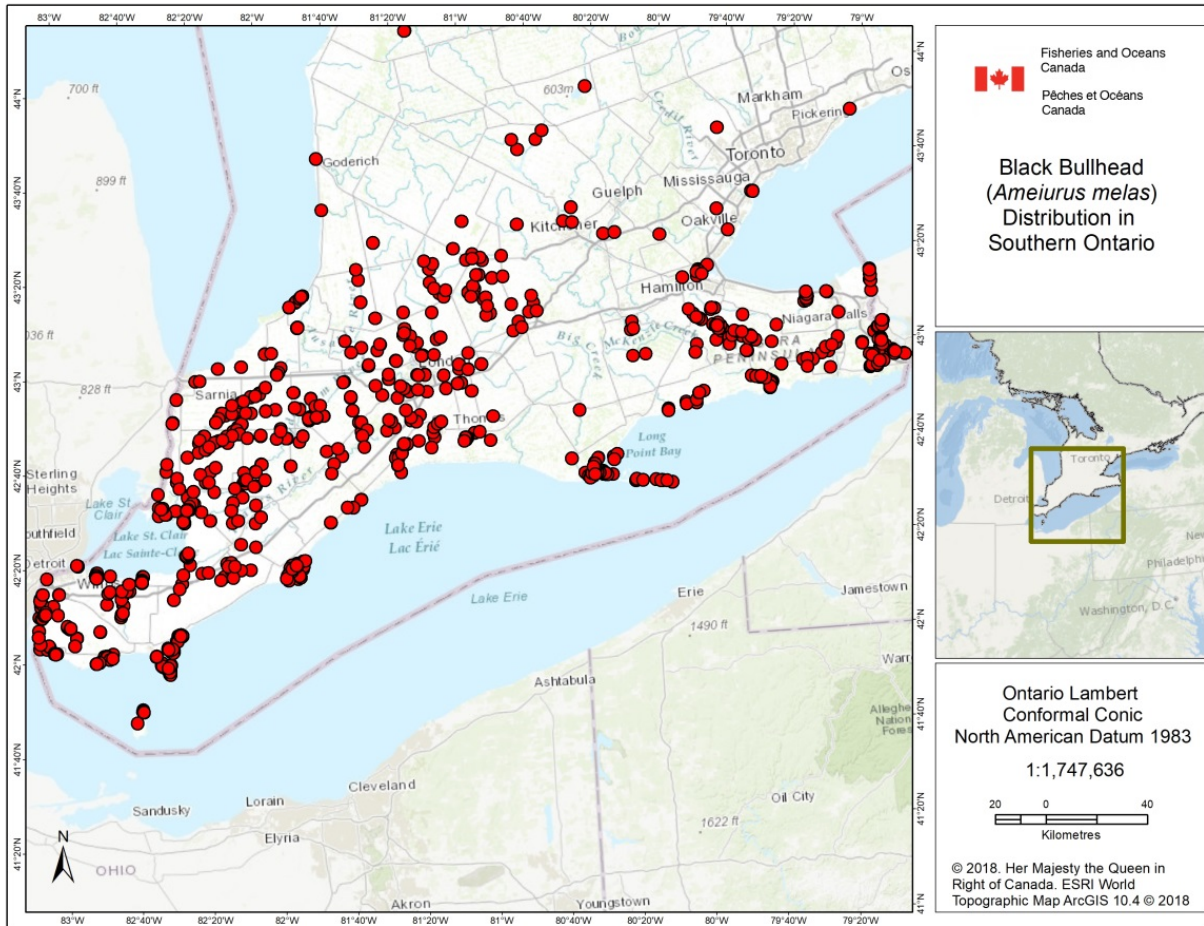
Ontario Lambert Conformal Conic North American Datum 1983 = Projection conique conforme de Lambert, Ontario, système de référence nord-américain de 1983

Kilometres = Kilomètres

© 2018. Her Majesty the Queen in Right of Canada. = © 2018. Sa Majesté la Reine du chef du Canada.

ESRI World Topographic Map ArcGIS 10.4 © 2018 = ESRI – Carte topographique mondiale, ArcGIS 10.4 © 2018

Figure 6. Aire de répartition de la barbue de rivière (*Ictalurus punctatus*) dans le sud-ouest de l'Ontario. Données de Pêches et Océans Canada.



Veillez voir la traduction française ci-dessous :

Black Bullhead (*Ameiurus melas*) Distribution in Southern Ontario = Aire de répartition de la barbotte noire (*Ameiurus melas*) dans le sud de l'Ontario

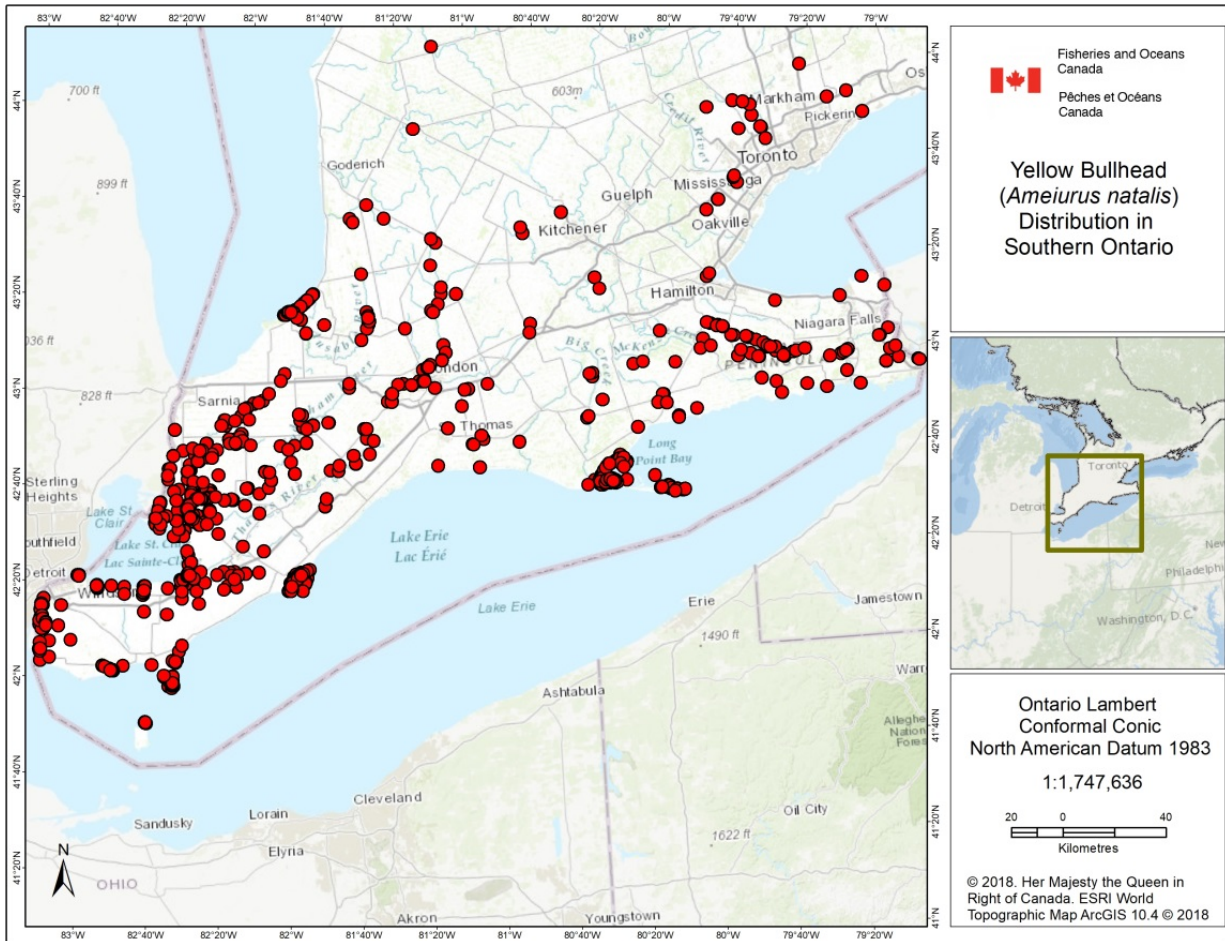
Ontario Lambert Conformal Conic North American Datum 1983 = Projection conique conforme de Lambert, Ontario, système de référence nord-américain de 1983

Kilometres = Kilomètres

© 2018. Her Majesty the Queen in Right of Canada. = © 2018. Sa Majesté la Reine du chef du Canada.

ESRI World Topographic Map ArcGIS 10.4 © 2018 = ESRI – Carte topographique mondiale, ArcGIS 10.4 © 2018

Figure 7. Aire de répartition de la barbotte noire (*Ameiurus melas*) dans le sud-ouest de l'Ontario. Données de Pêches et Océans Canada.



Veillez voir la traduction française ci-dessous :

Yellow Bullhead (*Ameiurus natalis*) Distribution in Southern Ontario = Aire de répartition de la barbotte jaune (*Ameiurus natalis*) dans le sud de l'Ontario

Ontario Lambert Conformal Conic North American Datum 1983 = Projection conique conforme de Lambert, Ontario, système de référence nord-américain de 1983

Kilometres = Kilomètres

© 2018. Her Majesty the Queen in Right of Canada. = © 2018. Sa Majesté la Reine du chef du Canada.

ESRI World Topographic Map ArcGIS 10.4 © 2018 = ESRI – Carte topographique mondiale, ArcGIS 10.4 © 2018

Figure 8. Aire de répartition de la barbotte jaune (*Ameiurus natalis*) dans le sud-ouest de l'Ontario. Données de Pêches et Océans Canada.

Après s'être détachés de l'hôte, les juvéniles s'établissent sur le fond de la rivière et commencent à vivre de façon autonome. Ils demeurent enfouis dans les sédiments pendant plusieurs années jusqu'à ce qu'ils atteignent leur maturité sexuelle, puis remontent à la surface du substrat, et le cycle vital recommence (Balfour et Smock, 1995). Selon Jirka et Neves (1992), les moules verruqueuses sexuellement matures les plus jeunes ($n = 90$) avaient 6 ans. Les individus vivent de 25 à 40 ans (Badra, 2004; Watters *et al.*, 2009; Henley *et al.*, 2013; Ecological Specialists, Inc., 2014), et la durée d'une génération serait de 10 à 20 ans (Woolnough et Bogan, 2017).

De nombreuses espèces de moules d'eau douce ont développé des stratégies complexes pour attirer les hôtes (p. ex. leurres, conglutinats ou stratégies de saisie de l'hôte) et augmenter ainsi la probabilité d'en trouver un convenable (Barnhart *et al.*, 2008). La moule verruqueuse semble déployer son manteau et libérer un conglutinat amorphe (Sietman *et al.*, 2012). Les individus de cette espèce adopteraient une stratégie ou l'autre (c.-à-d. qu'ils n'alternent pas entre le déploiement du manteau et la libération du conglutinat). Sietman *et al.* (2012) décrivent le déploiement du manteau (femelles gardant des petits) comme étant en « forme de stomate » avec une couleur gris bleuté et des marques de lunettes sombres et peu visibles. Dans la rivière Sainte-Croix, des déploiements ont été observés de juin à août lorsque les températures étaient de 19 à 27 °C (Sietman *et al.*, 2012). Les individus qui libèrent un conglutinat gélatineux ont été observés au cours de la même période au cours de laquelle les femelles gardent des petits. Les conglutinats (c.-à-d. paquets contenant des glochidies) sont amorphes et transparents, et varient de 5 à 20 cm de longueur (Sietman *et al.*, 2012). Le relâchement de conglutinats tend à susciter une réponse prédatrice chez le poisson hôte, provoquant la rupture du conglutinat et la libération des glochidies.

Physiologie et adaptabilité

La moule verruqueuse, comme toutes les moules d'eau douce, est hétérothermique, et est donc sensible et réceptive à la température (Mulcrone, 2005). En général, la présence de moules d'eau douce de la famille des Unionidés est indicatrice d'un écosystème en santé. Les moules sont sensibles à plusieurs paramètres environnementaux, dont les suivants : turbidité, métaux lourds, ammoniac, acidité, salinité, ruissellement urbain, effluents de traitement des eaux usées et cuivre (Keller et Zam, 1991; Huebner et Pynnonen, 1992; Goudreau *et al.*, 1993; Mummert *et al.*, 2003; Gillis *et al.*, 2008; Gillis, 2011, 2012; Gillis *et al.*, 2014; Gillis *et al.*, 2017; Tuttle-Raycraft *et al.*, 2017). Les individus aux premiers stades du cycle vital (glochidies et juvéniles) sont les plus vulnérables à l'exposition aux contaminants (Ingersoll *et al.*, 2007) (voir **MENACES ET FACTEURS LIMITATIFS**). Scavia et Mitchell (1989) sont d'avis que la recolonisation de cette espèce dans la rivière Huron, au Michigan, s'est produite en raison de l'amélioration de la qualité de l'eau dans la région, et Watters *et al.* (2009) affirment que l'espèce a besoin d'une eau de grande qualité. Les exigences physiologiques détaillées et les tolérances de l'espèce semblent inconnues.

La moule verruqueuse est indicatrice d'un habitat de grands cours d'eau avec un substrat stable et de l'eau vive (The Adaptive Management Group, 2007). À l'aide d'une analyse canonique des correspondances et d'une analyse par grappes, Ostby (2005) l'a placée dans un groupe tolérant le « débit lent », mais a noté que la plupart des espèces de ce groupe semblent tolérer un large éventail de débits. Un seul projet de relocalisation comprenant le déplacement de 68 moules verruqueuses munies d'une étiquette a eu lieu en 2011 dans la rivière Thames, en Ontario. Les taux de rétablissement étaient de 49,3 % à 54,7 % après un mois et un an, respectivement, ce qui se situe dans la moyenne dont on fait état dans la littérature (Vandenbyllaardt et Morris, données inédites). Cela laisse donc croire que l'espèce peut s'adapter à certains changements environnementaux. Selon Boyles (2004), la moule verruqueuse a la capacité d'être maintenue en captivité jusqu'à 23 mois sans différences importantes dans sa composition biochimique par rapport aux individus des populations sauvages.

Déplacements et dispersion

Les déplacements des moules d'eau douce peuvent avoir lieu vers l'amont ou vers l'aval, mais des études ont montré un déplacement net vers l'aval au fil du temps (Balfour et Smock, 1995; Villella *et al.*, 2004). Les glochidies et les moules juvéniles peuvent se déplacer vers l'aval après avoir été relâchées par les femelles ou s'être détachées du poisson hôte; toutefois, les déplacements sont variables et dépendent du débit et de la température de l'eau, de l'hydrodynamique et, dans le cas des juvéniles, du comportement (Schwalb *et al.*, 2010; Schwalb *et al.*, 2011; French et Ackerman, 2014). Aucun renseignement n'a été trouvé sur les déplacements des moules verruqueuses adultes, mais l'on sait que le principal moyen de dispersion des moules de la famille des Unionidés, y compris pour se déplacer vers l'amont et vers de nouveaux habitats, se limite au transport sur les poissons hôtes alors qu'elles sont au stade de glochidies enkystées. Parmi les poissons hôtes, la barbotte de rivière est connue pour se déplacer sur les plus grandes distances en tant qu'adulte à certaines périodes de l'année – une barbotte de rivière, par exemple, a parcouru plus de 500 km (Funk, 1957; Siddons, 2015). La barbotte est capable de déplacements à petite échelle, mais aucune information spécifique sur le domaine vital ou la distance parcourue par la barbotte noire n'a été trouvée. Funk (1957) a constaté que la plupart des barbottes jaunes demeurent dans le même périmètre de 1,6 km ou moins, et Ball (1944) a noté qu'elles se déplaçaient sur une distance de 0,14 à 0,91 km.

Relations interspécifiques

La moule verruqueuse, comme tous les unionidés, dépend d'un hôte pour compléter son cycle vital. Bien que leur existence n'ait pas été confirmée au Canada, les poissons hôtes de la moule aux États-Unis comprennent la barbotte noire, la barbotte jaune, la barbotte de rivière et la barbotte à tête plate (Hove *et al.*, 1994; Hove, 1997; Hove et Kurth, 1997). Sans la phase de parasitisme obligatoire sur l'hôte, la moule verruqueuse ne serait pas en mesure de compléter son cycle vital.

Les interactions négatives avec les espèces envahissantes dans la région des Grands Lacs ont gravement nui aux populations de moules d'eau douce. Les dreissénidés colonisent les unionidés en grand nombre et nuisent à leur alimentation, leur respiration, leur locomotion et leur reproduction (Haag *et al.*, 1993; Ricciardi *et al.*, 1995; Schloesser *et al.*, 1997, 1998). En outre, des unionidés juvéniles ont été trouvés dans le contenu stomacal de gobies à taches noires capturés dans la rivière Sydenham (Poos, comm. pers., 2011). Le gobie constitue un puits pour la fixation des glochidies, ce qui limite le succès du recrutement chez les unionidés (Tremblay *et al.*, 2016). Voir la section **MENACES ET FACTEURS LIMITATIFS** pour de plus amples renseignements.

TAILLE ET TENDANCES DES POPULATIONS

Activités et méthodes d'échantillonnage

Aucune des collections passées n'a fourni de détails concernant la méthode d'échantillonnage ou les activités de relevés. Les estimations de l'abondance relative (capture par unité d'effort, CPUE) ou de la densité dans un site ne peuvent être déterminées sans ces données, ce qui rend impossible une mesure des fluctuations de population avec un quelconque niveau de confiance. Bien qu'il ne soit pas possible d'établir des comparaisons quantitatives entre les relevés passés et récents à cause de l'absence de données, les relevés passés constituent des connaissances de base sur la moule verruqueuse dans ces plans d'eau, et fournissent des données sur la persistance des sous-populations au fil du temps. Ce n'est qu'en 1997 que des relevés systématiques à grande échelle ont été effectués dans le sud-ouest de l'Ontario. Au cours des relevés récents, deux méthodes d'échantillonnage officielles ont permis de déceler la moule verruqueuse; la méthodologie de chacune est décrite ci-dessous. Plusieurs mentions récentes représentent des observations fortuites qui n'ont pas été faites à l'aide d'une méthode d'échantillonnage officielle. Ces mentions ne fournissent pas non plus de renseignements concernant les activités de recherche.

Relevés à intervalle chronométré

Dans les rivières Ausable, Sydenham et Thames, on a décelé la moule verruqueuse à l'aide d'une technique intensive de relevés à intervalle chronométré. Cette méthode, décrite en détail dans Metcalfe-Smith *et al.* (2000), est brièvement résumée ici. Le lit de la rivière fait l'objet d'un examen visuel pendant une durée déterminée, mesurée en heures-personnes (HP). Les travaux de recherche sont généralement d'une durée de 4,5 HP, une norme déterminée comme étant l'effort approprié pour déceler une proportion élevée d'espèces rares dans un site. Lorsque la visibilité est mauvaise et ne permet pas l'utilisation de boîtes de visualisation, la recherche se fait au toucher. Lorsque la profondeur de l'eau ne permet pas l'utilisation de boîtes de visualisation ou une recherche au toucher, des écopages à moules sont utilisés. La longueur du tronçon faisant l'objet du relevé varie en fonction de la largeur du cours d'eau, mais est généralement de 100 à 300 m. Toutes les moules vivantes observées sont identifiées par espèce, comptées, mesurées (longueur de la coquille), sexées (si elles sont sexuellement

dimorphiques) et remises sur le lit du cours d'eau. Depuis 1997, 60 relevés à intervalle chronométré dont les activités sont détaillées ont été effectués dans les rivières Ausable, Sydenham et Thames par divers chercheurs (tableau 1). L'effort varie selon les sites : 4,5 HP dans tous les sites de la rivière Ausable (Baitz *et al.*, 2008), de 2 à 192 HP dans la Sydenham (Metcalf-Smith *et al.*, 1998; Metcalf-Smith *et al.*, 2003) et de 4,5 à 12 HP dans la Thames (Metcalf-Smith *et al.*, 1998; Morris et Edwards, 2007). Un site de la rivière Ausable a fait l'objet d'un relevé en 2008 où les travaux ont été mesurés en superficie fouillée à la main (300 m²) plutôt qu'en HP. Ces relevés ont été menés de 1997 à 2017. On a procédé à des relevés dans 27 autres sites (1998-2018) répartis dans les trois plans d'eau et dans le ruisseau Black à l'aide de méthodes visuelles/tactiles (relevés à intervalle chronométré), mais aucune donnée sur les travaux n'a été consignée. Ces mentions représentent des relevés à intervalle chronométré ou des données fortuites pour lesquelles les CPUE ne peuvent pas être estimées à cause du manque d'information sur les travaux.

Relevé quantitatif

Des relevés quantitatifs par quadrat ont permis d'observer la moule verruqueuse dans les rivières Ausable, Sydenham et Thames. Ces relevés ont généré des estimations précises de variables démographiques, telles que la densité, la fréquence des catégories de taille et les taux de recrutement. Le protocole de suivi, qui provient de Strayer et Smith (2003), est résumé brièvement ici. L'échantillonnage a été réalisé par une équipe d'au moins trois personnes sur un minimum de deux jours de travail. L'effort a varié, mesuré par le nombre de quadrats (superficie) excavés, aussi la méthode sera-t-elle décrite en utilisant la superficie générale échantillonnée dans un site. Dans un site, une superficie de 375 m² de la partie la plus productive d'un tronçon a été sélectionnée pour l'échantillonnage. Cette zone a été choisie en fonction des résultats des relevés qualitatifs antérieurs (Metcalf-Smith *et al.*, 2003; Morris et Edwards, 2007; Baitz *et al.*, 2008). Les sites ont été délimités en 25 blocs de taille égale (5 m de long et 3 m de large), et chaque bloc a été subdivisé en 15 quadrats de 1 m². Dans chaque bloc, 3 quadrats ont été choisis aléatoirement aux fins d'échantillonnage dans les 25 blocs d'un site. Cela a permis d'obtenir une couverture de 20 % de la superficie (75 m² de 375 m²) dans chaque site. Chaque quadrat a été échantillonné en utilisant trois techniques : 1) examen visuel à l'œil nu; 2) examen visuel à l'aide d'une boîte de visualisation; 3) excavation d'une profondeur de 10 à 15 cm. Tout le substrat (sauf les gros rochers) a été enlevé et la profondeur requise a été atteinte afin de déceler les juvéniles. On sait que les jeunes moules s'enfouissent profondément dans le substrat pendant les trois premières années de vie et ne sont généralement pas observées lors des relevés visuels/tactiles de surface. Toutes les moules vivantes trouvées dans chaque quadrat ont été conservées dans l'eau, dans un sac de plongée en maille, jusqu'à la fin de l'excavation. Tous les individus ont ensuite été identifiés par espèce, comptés, mesurés (longueur de la coquille), sexés (s'ils sont sexuellement dimorphiques) et remis dans le quadrat où ils ont été prélevés. Bien que les principes de base de cette méthode d'échantillonnage aient été respectés au cours des 46 relevés effectués de 1999 à 2018 dans les trois plans d'eau, le nombre de quadrats examinés a varié considérablement, de 10 à 375 dans un site (Fisheries and Oceans Canada, données inédites; Metcalf-Smith *et al.*, 2007; Upsdell *et al.*, 2012). L'un des sites de la rivière Sydenham, à Croton, a fait l'objet d'une excavation complète, et les 375 m² ont été excavés.

Abondance

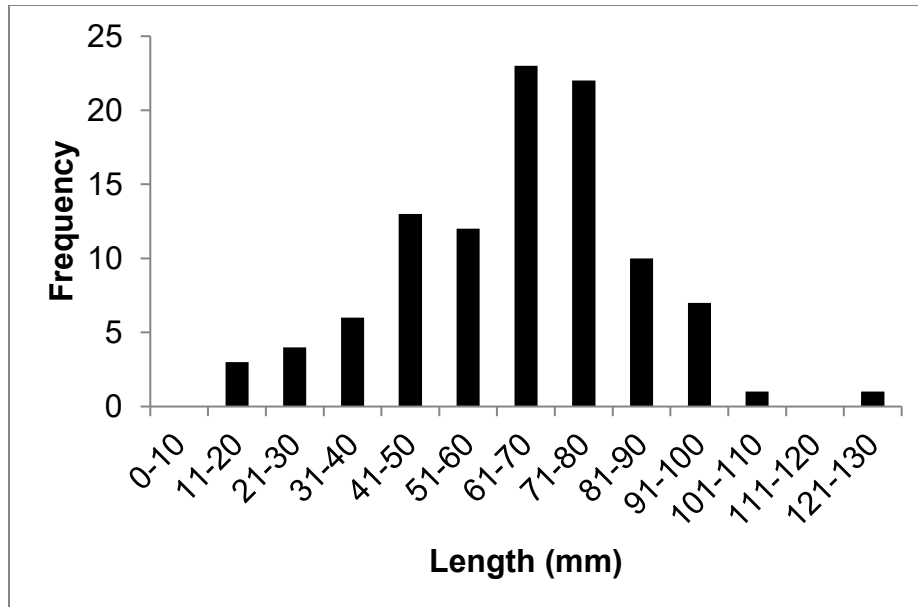
Au meilleur de nos connaissances, la moule verruqueuse n'est plus présente dans la rivière Détroit (Schloesser *et al.*, 2006) ni dans le lac Érié (Schloesser et Nalepa, 1994). À l'heure actuelle, sa présence est limitée aux rivières Ausable, Sydenham et Thames (tableau 2).

Tableau 2. Estimations les plus récentes des captures par unité d'effort (CPUE), de la densité et de la population de moules verruqueuses (*Cyclonaias tuberculata*) dans les rivières Ausable, Sydenham et Thames. Voir la section Taille et tendances des populations pour de plus amples renseignements sur les méthodes.

Localité	CPUE (ind./HP ± ET)	Densité moyenne (vivantes/m ² ± ET)	Estimation de la population moyenne (± SE)
Rivière Ausable	0,61 (± 0,17)	0,09 (± 0,03)	24 000 (± 7 000)
Rivière Sydenham	6,63 (± 2,38)	2,52 (± 0,76)	5 400 000 (± 1 600 000)
Rivière Thames	1,53 (± 0,27)	0,26 (± 0,12)	2 400 000 (± 1 100 000)

Rivière Ausable

Depuis 1998, 150 moules verruqueuses vivantes ont été observées dans 20 % (9/45) des sites qui ont fait l'objet de relevés dans la rivière Ausable. La présence de coquilles a été notée dans trois autres sites. Au total, 54 de ces individus ont été décelés lors de relevés à intervalle chronométré (1998-2013) effectués dans 7 sites, alors que les 96 autres individus ont été observés dans le cadre de 9 relevés par quadrat dans 5 sites (1998-2018). Les captures par unité d'effort (CPUE) pour la moule verruqueuse dans la rivière Ausable ont été estimées à 0,61 (ET ± 0,17) individu/HP selon les données de 6 sites pour lesquels les activités de recherche ont été consignées. La densité de la moule verruqueuse dans cette rivière a été estimée à 0,09 (± 0,03) individu/m² d'après les données sur les activités de recherche consignées pour les 9 relevés. La sous-population de la rivière Ausable abriterait environ 24 000 (± 7 000) individus, d'après la densité moyenne du plan d'eau. L'aire de répartition actuelle de l'espèce dans la rivière semble être segmentée en deux tronçons distincts de zone habitée, le premier à proximité de Nairn et le deuxième en amont d'Arkona, ce qui représente un total de 18,5 km de rivière. La figure 9 illustre la répartition des tailles des 102 individus vivants qui ont été mesurés après détection dans la rivière Ausable. On voit une gamme de catégories de taille, y compris celles qui indiquent un recrutement récent dans la sous-population (Haag et Warren, 2007; Metcalfe-Smith *et al.*, 2007).



Veillez voir la traduction française ci-dessous :

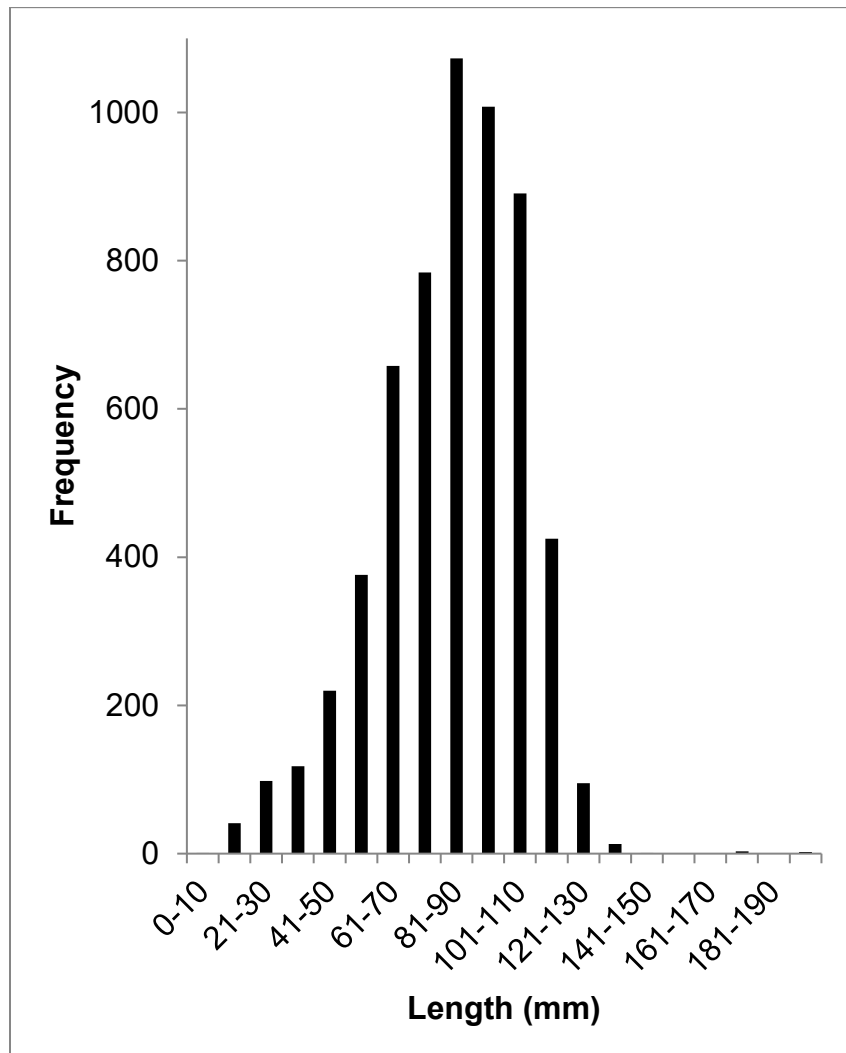
Frequency = Fréquence
 Length (mm) = Longueur (mm)

Figure 9. Répartition de la fréquence des longueurs des 102 moules verruqueuses (*Cyclonaias tuberculata*) vivantes mesurées lors des relevés à intervalle chronométré et par quadrat dans la rivière Ausable de 1998 à 2018.

Rivière Sydenham

Depuis 1997, 6 337 moules verruqueuses vivantes ont été observées dans 56 % (19/34) des sites qui ont été examinés dans la rivière Sydenham, et une coquille a été notée dans un autre site. Quarante-deux relevés à intervalle chronométré (1997-2018) ont permis de déceler la présence de 1 006 de ces individus dans 23 sites, tandis que 22 relevés par quadrat (1999-2015) ont permis d'observer les 5 331 autres individus dans 12 sites. Les CPUE pour la moule verruqueuse dans la Sydenham sont de 6,63 ($\pm 2,38$) individus/HP d'après les travaux dans 28 sites pour lesquels les activités de recherche ont été consignées. La densité de moules verruqueuses est estimée à 2,52 ($\pm 0,76$) individus/m² d'après les activités de recherche notées pour les 22 relevés. La sous-population de cette rivière serait de 5,4 millions ($\pm 1,6$ million) d'individus selon la densité moyenne du plan d'eau. L'aire de répartition actuelle de la moule verruqueuse dans la rivière Sydenham est relativement continue, s'étendant de l'amont de Napier à l'aval de Dresden (87,2 km de rivière). La figure 10 représente la distribution des tailles des 5 807 individus vivants qui ont été mesurés lors des relevés à intervalle chronométré et par quadrat dans la rivière Sydenham. La moule verruqueuse est représentée par une fourchette de catégories de taille dans la Sydenham, y compris celles qui indiquent un recrutement récent dans la sous-population (Haag et Warren, 2007; Metcalfe-Smith *et al.*, 2007).

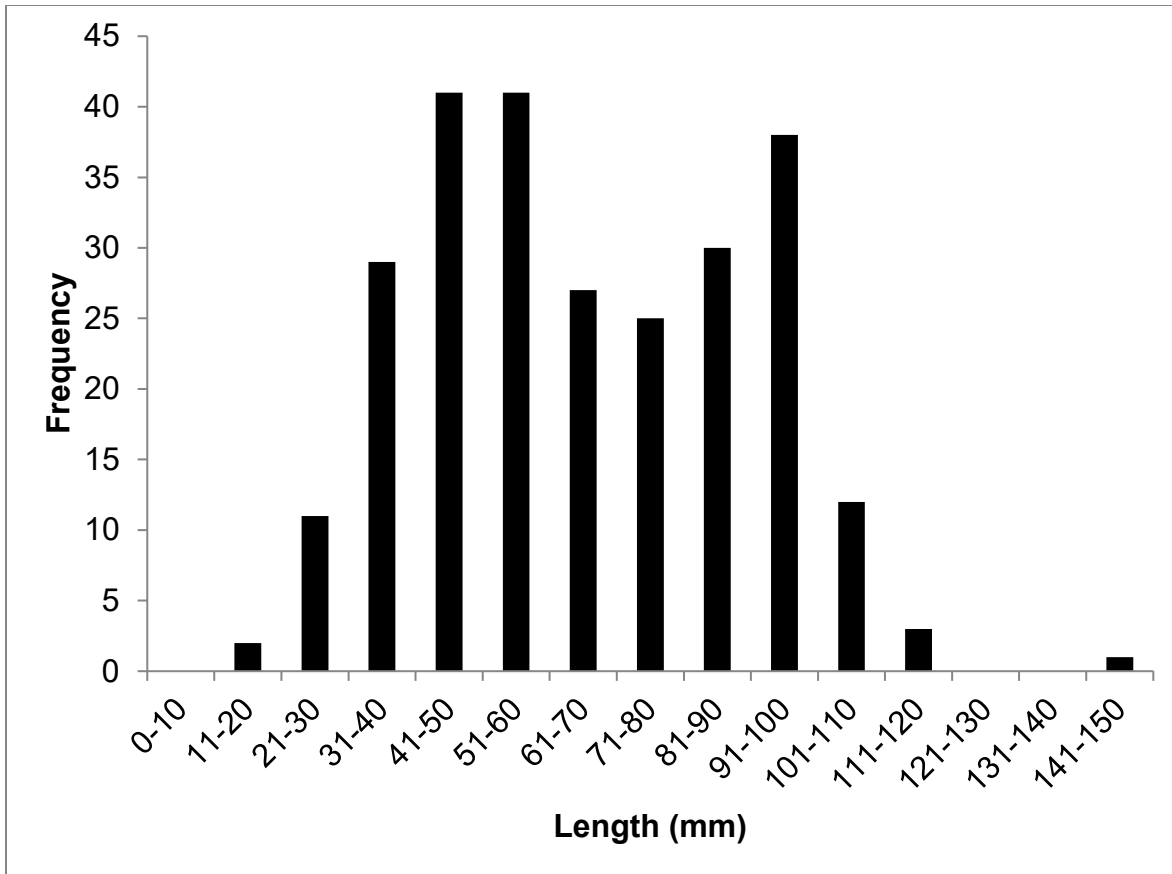
Une seule mulette verruqueuse vivante est l'unique preuve de l'espèce dans le ruisseau Black, un affluent de la rivière Sydenham. Vingt-sept sites ont été examinés dans ce cours d'eau (1997-2018), et cette mention représente une occurrence dans 4 % des sites. Les CPUE et la densité ne peuvent pas être estimées, car il n'y avait pas de renseignements sur les activités de recherche associés à cette mention. On n'a pas tenu compte de cet individu, donc aucune donnée sur le recrutement dans la population n'est disponible.



Veillez voir la traduction française ci-dessous :

Frequency = Fréquence
 Length (mm) = Longueur (mm)

Figure 10. Répartition de la fréquence de la longueur des 5 807 mulettes verruqueuses (*Cyclonaias tuberculata*) vivantes mesurées lors des relevés à intervalle chronométré et par quadrat dans la rivière Sydenham de 1997 à 2018.



Veillez voir la traduction française ci-dessous :

Frequency = Fréquence
 Length (mm) = Longueur (mm)

Figure 11. Répartition de la fréquence des longueurs des 260 moules verruqueuses (*Cyclonaias tuberculata*) vivantes mesurées lors des relevés à intervalle chronométré et par quadrat dans la rivière Thames de 1997 à 2018.

Rivière Thames

Depuis 1997, 396 moules verruqueuses vivantes ont été observées dans 29 % (22/76) des sites ayant fait l'objet de relevés dans la Thames. Des coquilles ont été notées dans 4 autres sites. Trente-quatre relevés à intervalle chronométré ont permis d'observer 194 de ces individus dans 30 sites (1997-2016), et les 202 individus restants ont été décelés dans le cadre de 15 relevés par quadrat dans 9 sites (2004-2018). D'après les données sur les activités de recherche dans 24 de ces sites, les CPUE pour la moule verruqueuse dans la rivière Thames se mesurent à 1,53 ($\pm 0,27$) individu/HP. La densité de moules verruqueuses est de 0,26 ($\pm 0,12$) individu/m² d'après les données sur les activités de recherche consignées dans 15 sites. La sous-population de la rivière Thames abriterait 2,4 millions ($\pm 1,1$ million) d'individus d'après la densité moyenne des plans d'eau. L'aire de répartition actuelle de la moule verruqueuse s'étend à la fois dans les sous-bassins versants supérieur et inférieur de la rivière. Dans le sous-bassin versant supérieur, l'espèce est présente dans la rivière Thames Nord en amont du barrage Fanshawe, à proximité de

Thorndale, et dans la Thames Sud, de Dorchester aux limites de la ville de London (28,5 km). L'aire de répartition est répandue dans tout le sous-bassin versant inférieur de la Thames, où des individus vivants ont été observés de Delaware jusqu'en aval de Thamesville, et l'aire de répartition s'étend probablement jusqu'à l'embouchure de la rivière (188,8 km). La figure 11 illustre la répartition par taille des 260 individus vivants qui ont été mesurés au moment de leur observation dans le cadre de relevés à intervalle chronométré et par quadrat dans la rivière Thames. La moule verruqueuse est représentée par une fourchette de catégories de taille dans la rivière, y compris celles qui indiquent un recrutement récent dans la sous-population (Haag et Warren, 2007; Metcalfe-Smith *et al.*, 2007).

Fluctuations et tendances

Rivière Ausable

Il est impossible de comparer les aires de répartition antérieures et actuelles, car aucun relevé passé n'a été effectué dans la rivière Ausable. Malgré l'absence de relevé passé, on croit que la sous-population de moules verruqueuses de la rivière Ausable existait pas le passé et qu'elle n'a été décelée que lors de relevés récents en raison d'une augmentation des activités de recherche.

Des relevés par quadrat dans la rivière Ausable fournissent l'aperçu le plus quantitatif des fluctuations et des tendances de la moule verruqueuse au cours des dernières années. Les cinq sites de quadrats où l'on a détecté la présence de l'espèce sont des stations d'indice établies comme sites de suivi à long terme (Upsdell *et al.*, 2012). Trois de ces sites ont fait l'objet de deux relevés, d'abord dans le cadre d'un relevé initial (2006-2008) et ensuite dans le cadre d'un suivi (2011-2013; tableau 3). Le quatrième site a fait l'objet de trois relevés, soit un relevé initial (2006) et deux suivis (2011, 2018). La densité des moules verruqueuses calculée en moyenne dans les quatre sites à partir des relevés initiaux était de 0,16 ($\pm 0,06$) individu/m². La densité durant les relevés de suivi était de 25 % inférieure, soit 0,12 ($\pm 0,05$) individu/m². Comme on a procédé à trois relevés dans un seul site, il n'y a pas de densité moyenne, mais la densité dans ce site a diminué entre le premier et le deuxième suivi. À l'échelle du site, la densité moyenne de l'espèce a diminué dans 75 % des sites et est demeurée constante dans 25 % des sites. Aucun site n'a connu une augmentation de la densité entre les échantillonnages. Les données sur la longueur n'étaient pas disponibles pour tous les échantillonnages, de sorte qu'il n'est pas possible de comparer l'existence de recrutement dans un site au fil du temps.

Tableau 3. Comparaison de la densité de mulettes verruqueuses (*Cyclonaias tuberculata*) lors des relevés initiaux et des suivis dans quatre stations d'indice de la rivière Ausable de 2006 à 2018. * indique la détection d'individus représentant un recrutement récent lors de l'échantillonnage.

[Note des rédacteurs : Les données de localisation précises du tableau ont été supprimées. Veuillez communiquer avec le Secrétariat du COSEPAC si vous avez besoin de ces données.]

Code du site	Latitude	Longitude	Année de l'échantillonnage	Abondance	Effort de recherche (m ²)	Densité (individus/m ²)
AUR-AUR-05			2006	2	69	0,03
			2011	0	75	0,00
AUR-AUR-07			2006*	22	69	0,32
			2011	18	75	0,24
			2018	12	75	0,16
AUR-AUR-24			2006*	14	75	0,19
			2011	8	75	0,11
AUR-AUR-36			2008	9	75	0,12
			2013	9	75	0,12

Rivière Sydenham

L'absence de données antérieures sur les activités de recherche dans les relevés passés empêche la comparaison des fluctuations et des tendances entre les relevés passés et récents. L'aire de répartition de la mulette verruqueuse dans la rivière Sydenham est restée relativement inchangée entre les relevés passés et récents. Cette espèce est connue dans un plus grand nombre de sites depuis 1997, mais cela est lié à une augmentation des activités de recherche au cours des dernières années.

Les données le plus instructives sur les fluctuations et les tendances de l'espèce proviennent des relevés par quadrat effectués dans la Sydenham. Dix des douze quadrats où l'on a observé des mulettes verruqueuses sont des stations d'indice établies comme sites de suivi à long terme (Morris, données inédites). Ces sites ont chacun fait l'objet de deux relevés, soit un relevé initial de 1999 à 2003 et un suivi de 2012 à 2015 (tableau 4). La densité de la mulette verruqueuse, calculée en moyenne sur l'ensemble des sites lors des relevés initiaux, était de 1,56 ($\pm 0,49$) individu/m². Au cours des relevés de suivi, la densité avait augmenté à 2,69 ($\pm 0,91$) individus/m² (72 % d'augmentation par rapport aux relevés initiaux). À l'échelle des sites, une augmentation de la densité a été mesurée dans 80 % des sites. De plus, au cours des relevés de suivi, un recrutement a été noté dans 86 % (6/7) des sites où un recrutement avait été détecté lors des relevés initiaux (Haag et Warren, 2007; Metcalfe-Smith *et al.*, 2007). Le taux de recrutement réussi semble être resté à un niveau relativement constant dans la rivière Sydenham entre les deux épisodes d'échantillonnage.

Tableau 4. Comparaison de la densité de moulettes verruqueuses (*Cyclonaias tuberculata*) lors des relevés initiaux et des suivis dans dix stations d'indice de la rivière Sydenham de 1999 à 2015. * indique la détection d'individus représentant un recrutement récent lors de l'échantillonnage.

[Note des rédacteurs : Les données de localisation précises du tableau ont été supprimées. Veuillez communiquer avec le Secrétariat du COSEPAC si vous avez besoin de ces données.]

Code du site	Latitude	Longitude	Année de l'échantillonnage	Abondance	Effort de recherche (m ²)	Densité (individus/m ²)
SR-01			2002	14	72	0,19
			2012	23	72	0,32
SR-02			2003*	80	78	1,03
			2013*	125	75	1,67
SR-03			1999	11	69	0,16
			2012	30	69	0,43
SR-05			2003*	139	69	2,01
			2015*	251	75	3,35
SR-06			2002*	341	78	4,37
			2012*	2616	375	6,98
SR-07			2003*	173	81	2,14
			2013*	95	75	1,27
SR-10			2001*	47	75	0,63
			2013	41	75	0,55
SR-12			1999	33	78	0,42
			2015	123	75	1,64
SR-17			2001*	48	75	0,64
			2012*	166	81	2,05
SR-19			2002*	304	75	4,05
			2013*	646	75	8,61

Le seul individu vivant signalé dans le ruisseau Black ne permet pas d'étudier les fluctuations et les tendances de la moulette verruqueuse dans ce plan d'eau. On ne croit pas que cette récente mention d'un individu vivant indique une expansion de l'aire de répartition de l'espèce par rapport à son aire de répartition antérieure; cela représente simplement des activités de recherche accrues dans le plan d'eau.

Rivière Thames

Comme pour la rivière Sydenham, l'absence de données sur les activités de recherche dans les relevés antérieurs empêche de comparer les fluctuations et les tendances entre les relevés antérieurs et récents. L'aire de répartition actuelle de la moulette verruqueuse dans la rivière Thames est beaucoup plus étendue que l'aire de répartition passée, mais cela est lié à une augmentation importante des activités de recherche au cours des dernières années (8 relevés antérieurs par rapport à 34 relevés récents).

Les relevés par quadrat réalisés dans la rivière Thames fournissent des renseignements précieux sur les fluctuations et les tendances actuelles de la sous-population de mulettes verruqueuses. Les neuf sites de relevés par quadrat dans laquelle l'espèce a été décelée dans cette rivière sont des stations d'indice établies comme sites de suivi à long terme (Fisheries and Oceans Canada, données inédites). Sept d'entre eux ont fait l'objet de deux relevés, soit un relevé initial de 2004 à 2010 et un deuxième relevé de 2015 à 2017 (tableau 5). La densité moyenne de mulettes verruqueuses dans l'ensemble des relevés initiaux était de 0,10 ($\pm 0,05$) individu/m². Durant le deuxième relevé, la densité était de 0,31 ($\pm 0,15$) individu/m² (augmentation de 210 % comparativement aux relevés initiaux). Sur les sept sites, 86 % (6/7) ont connu une augmentation de la densité entre les épisodes d'échantillonnage. Ces sept sites couvrent à la fois les sous-bassins versants supérieur et inférieur de la Thames. De plus, dans 43 % des sites, on a décelé des individus représentant ceux qui ont été recrutés dans la population au cours des deux ou trois dernières années, alors que ces individus n'avaient pas été observés dans aucun des sept sites lors des relevés initiaux (Haag et Warren, 2007; Metcalfe-Smith *et al.*, 2007). L'augmentation des signes d'individus récemment recrutés pourrait laisser croire à une évolution vers la stabilité dans ces sites.

Tableau 5. Comparaison de la densité de mulettes verruqueuses (*Cyclonaias tuberculata*) lors des relevés initiaux et des suivis dans sept stations d'indice de la rivière Thames de 2004 à 2017. * indique la détection d'individus représentant un recrutement récent lors de l'échantillonnage.

[Note des rédacteurs : Les données de localisation précises du tableau ont été supprimées. Veuillez communiquer avec le Secrétariat du COSEPAC si vous avez besoin de ces données.]

Code du site	Latitude	Longitude	Année de l'échantillonnage	Abondance	Effort de recherche (m ²)	Densité (individus/m ²)
TR-03			2004	9	66	0,14
			2015	10	75	0,13
TR-11			2004	3	66	0,05
			2017	8	75	0,11
TR-12			2004	1	63	0,02
			2015	6	75	0,08
TR-25			2010	0	75	0,00
			2017	1	75	0,01
TR-42			2005	6	69	0,09
			2015*	14	75	0,19
TR-50			2010	6	15	0,40
			2016*	85	75	1,13
TR-51			2010	1	75	0,01
			2016*	40	75	0,53

Les résultats relatifs aux fluctuations et aux tendances doivent être interprétés avec prudence étant donné les fortes fluctuations dans chaque site et d'une année à l'autre. Selon Reid et Morris (2017), il est difficile de déceler des changements importants dans la densité des espèces de moules d'eau douce en péril à l'aide du protocole de suivi de l'Ontario à cause des faibles densités de population et de la grande variabilité. En outre, on sait peu de choses sur la stabilité spatiale des gisements de moules dans les cours d'eau ontariens.

Immigration de source externe

Bien que certaines hôtes de la moule verruqueuse soient capables de déplacements à grande échelle sur des dizaines ou des centaines de kilomètres (voir Déplacements et dispersion), il est peu probable que les sous-populations canadiennes de moules verruqueuses connaissent une immigration depuis des sous-populations états-uniennes, car le statut de ces dernières dans les bassins versants des lacs Huron et Érié varie de « vulnérable » à « possiblement disparue » (tableau 6). De plus, Zanatta *et al.* (2015) ont entrepris des relevés dans 25 sites des États-Unis, dans la rivière Détroit et le bassin ouest du lac Érié, mais n'ont observé aucune moule verruqueuse, ce qui indique qu'une immigration à partir de ces plans d'eau est peu probable.

Tableau 6. Cotes de conservation infranationales de la moule verruqueuse (*Cyclonaias tuberculata*) (NatureServe, 2018)

Cote de conservation	Description	État ou province
SH	Possiblement disparue	Pennsylvanie, Dakota du Sud
S1	Gravement en péril	Kansas, Minnesota, Mississippi, Caroline du Nord
S2	En péril	Illinois, Iowa, Michigan, Virginie-Occidentale, Wisconsin
S3	Vulnérable	Ohio, Ontario
S4	Apparemment non en péril	Arkansas, Indiana, Kentucky, Missouri, Oklahoma, Tennessee
S5	Non en péril	Alabama

MENACES ET FACTEURS LIMITATIFS

Menaces

Les principales menaces pesant sur les populations de moules verruqueuses sont la pollution et les changements climatiques. Les autres menaces, qui ont un impact faible ou négligeable, comprennent les espèces envahissantes, les corridors de transport et de service, les ressources biologiques, les intrusions et les perturbations humaines et les modifications des systèmes naturels. Les menaces cernées sont basées sur le calculateur

des menaces, qui a été rempli le 27 novembre 2018. Il est important de noter que ces menaces peuvent interagir directement ou indirectement les unes avec les autres; cependant, ces interactions ne sont pas comprises. C'est pourquoi les menaces sont abordées ci-dessous une à la fois, de l'impact calculé le plus élevé au plus faible.

Menace n° 9 : Pollution – IMPACT MOYEN

Menace n° 9.3 : Effluents agricoles et sylvicoles (moyen)

À l'échelle mondiale, la qualité de l'eau se dégrade à cause des activités agricoles intensives et de l'urbanisation des terres (Giri et Qiu, 2016). Poole et Downing (2004) sont d'avis que la conversion des paysages naturels en terres agricoles entraîne une destruction de l'habitat et une réduction de la biodiversité, et mentionnent les moules comme exemple spécifique en Iowa. Comme il a été mentionné précédemment (voir **Tendances en matière d'habitat**), la plupart des terres bordant les rivières Ausable, Sydenham et Thames sont utilisées à des fins agricoles, et les nutriments dépassent souvent les lignes directrices proposées.

Les moules d'eau douce sont touchées indirectement par la mauvaise qualité de l'eau. L'augmentation des charges de phosphore et d'azote peut diminuer la concentration d'oxygène disponible en stimulant la croissance et la décomposition des algues et des plantes ainsi que la perte d'habitat (Carpenter *et al.*, 1998; NPCA, 2010). Cela réduit la respiration et peut entraîner la mort (Tetzloff, 2001) des moules, et peut également avoir des effets négatifs sur les communautés de poissons (Jackson *et al.*, 2001), ce qui, à son tour, peut limiter la reproduction des moules. L'excès de nutriments peut provenir de diverses sources, dont les engrais, les herbicides, le fumier, les détergents et les déchets (Carpenter *et al.*, 1998; UTRCA, 2017). Dans le sud-ouest de l'Ontario, l'agriculture comprend à la fois l'élevage et la culture; par conséquent, une variété de ces apports pénètre dans les cours d'eau où la moule verruqueuse est présente (Nelson *et al.*, 2003; Staton *et al.*, 2003; Taylor *et al.*, 2004).

Les charges de solides en suspension causant la turbidité et l'envasement est présumée être l'un des principaux facteurs limitatifs pour la plupart des espèces aquatiques en péril dans le sud de l'Ontario (DFO, 2011; Bouvier *et al.*, 2014). Parmi les pratiques agricoles qui peuvent augmenter les taux d'envasement, on compte le fait de permettre au bétail d'accéder aux cours d'eau (instabilité des berges, érosion); l'installation de systèmes de drainage souterrain; le défrichage de la végétation riveraine. L'érosion due à de mauvaises pratiques agricoles peut entraîner l'envasement et le déplacement des substrats, qui peuvent étouffer les moules (Williams *et al.*, 1993). Le transport et l'augmentation de l'abondance des particules fines peuvent dégrader l'habitat des cours d'eau et nuire à l'alimentation, à la respiration, à la croissance et à la reproduction des moules en obstruant les structures branchiales (Wood et Armitage, 1997; Strayer et Fetterman, 1999; Tuttle-Raycraft *et al.*, 2017). En outre, les espèces qui s'enfouissent complètement dans le substrat peuvent être plus sensibles à la sédimentation que la plupart des autres espèces de moules, car une accumulation de limon dans le lit du cours d'eau réduit le débit et la concentration d'oxygène dissous sous la surface en obstruant les

espaces interstitiels du substrat du cours d'eau (Österling *et al.*, 2010). De plus, le cycle de reproduction de cette moule peut nécessiter qu'un hôte soit attiré visuellement vers le manteau ou le conglutinat (Sietman *et al.*, 2012) (bien que certains laissent croire qu'il pourrait y avoir un signal chimique associé à ces appâts; Barnhart *et al.*, 2008). Une augmentation de la turbidité diminuerait la probabilité que le poisson hôte soit capable de localiser visuellement le manteau ou le conglutinat, diminuant ainsi la valeur adaptative (« fitness »).

Menace n° 9.1 : Eaux usées domestiques et urbaines (moyen-faible)

Les caractéristiques du cycle vital des moules d'eau douce les rendent particulièrement vulnérables aux concentrations accrues de contaminants dans les sédiments et de polluants dans l'eau. Les moules adultes se nourrissent principalement par filtration, tandis que les juvéniles restent enfouis profondément dans les sédiments et se nourrissent de particules associées aux sédiments. Les données laissent croire que les moules d'eau douce sont vulnérables aux PCB, au DDT, au malathion, à la roténone et aux métaux lourds, des substances toutes susceptibles d'empêcher les moules de respirer, capables de s'accumuler dans leurs tissus (Fuller, 1974; USFWS, 1994), et d'altérer la croissance, la capacité de filtration, l'activité enzymatique et le comportement des moules (Naimo, 1995). Les moules aux premiers stades vitaux (glochidies et juvéniles) semblent être particulièrement sensibles aux métaux lourds (Keller et Zam, 1991; Bringolf *et al.*, 2007a, 2007b; Gillis *et al.*, 2008), à l'acidité (Huebner et Pynnonen, 1992), à la salinité (Liquori et Insler, 1985) et au chlorure (Gillis, 2011). Les moules d'eau douce juvéniles sont parmi les organismes aquatiques les plus sensibles à la toxicité de l'ammoniac non ionisé, car elles présentent généralement des effets nocifs à des concentrations bien inférieures à celles utilisées comme lignes directrices pour la sécurité aquatique dans les cours d'eau des États-Unis (Newton, 2003; Newton *et al.*, 2003). Les routes et les zones urbaines peuvent également contribuer à la présence importante de contaminants dans les cours d'eau, notamment les hydrocarbures et les graisses (Archambault *et al.*, 2018b), les métaux lourds et les chlorures (Gillis, 2011). Bien que la plupart des terres environnantes des rivières Ausable, Sydenham et Thames soient utilisées à des fins agricoles, on s'attend à une croissance de la population (Ontario Ministry of Finance, 2018), en particulier dans la région de London, près de la rivière Thames. Ainsi, les moules devraient continuer d'être exposées à différentes concentrations de contaminants.

La hausse de la population et de l'urbanisation entraîne une augmentation de la quantité d'eaux usées qui pénètrent dans les milieux aquatiques. L'exposition aux effluents municipaux peut avoir des effets nocifs sur la santé des unionidés (voir par exemple Gagné *et al.*, 2004; Gagnon *et al.*, 2006; Gagné *et al.*, 2011). Des produits pharmaceutiques peuvent pénétrer dans les cours d'eau et les lacs, en grande partie par les effluents des stations de traitement des eaux usées. On s'inquiète de plus en plus des effets de ces produits chimiques sur les systèmes endocriniens et reproductifs du biote aquatique. Au Québec, en aval d'un émissaire d'effluent municipal, Gagné *et al.* (2011) ont déterminé que l'elliptio de l'Est (*Elliptio complanata*) connaissait une augmentation drastique du nombre de femelles et que les mâles présentaient une protéine spécifique aux femelles. Cela donne à penser que les contaminants et les substances toxiques perturbent

la physiologie des gonades et la reproduction de cette espèce. Les expériences menées par Gillis *et al.* (2014) ont permis de tester les effets des effluents d'eaux usées municipales sur la lasmigone cannelée (*Lasmigona costata*) dans la rivière Grand, en Ontario. Selon les résultats de ces expériences, les moules se trouvant en aval de l'effluent d'eaux usées ont subi des répercussions négatives sur la base du stress physiologique observé dans les biomarqueurs et l'état du système immunitaire. En outre, Gillis *et al.* (2017) ont constaté qu'un tronçon de 7 km de la rivière Grand, en aval d'une importante station de traitement des eaux usées, ne comptait aucune moule; ils sont d'avis que la mauvaise qualité de l'eau a directement ou indirectement créé une zone où l'espèce a disparu.

Menace n° 11 : Changements climatiques et phénomènes météorologiques violents – IMPACT MOYEN-FAIBLE

Menace n° 11.2 : Sécheresses (MOYEN-FAIBLE)

À l'heure actuelle, les changements climatiques ne semblent pas toucher les sous-populations de mulettes verruqueuses. Selon un récent article de Brinker *et al.* (2018), les changements climatiques *auront* une incidence sur l'aire de répartition et l'abondance des espèces dans le bassin des Grands Lacs de l'Ontario; toutefois, on ne sait pas dans quelle mesure ils toucheront les populations de moules fluviales des rivières Ausable, Sydenham et Thames. Les sécheresses associées aux changements climatiques, qui entraînent l'assèchement des cours d'eau, auraient une répercussion létale directe sur cette espèce aquatique. Indirectement, les conséquences des changements climatiques comprennent, sans s'y limiter : l'augmentation des charges de phosphore, de limon et de turbidité, la modification du débit d'eau, les inondations, une variation de la vitesse du courant et de la qualité de l'eau, une variation des températures, la disponibilité de l'habitat, les changements de la disponibilité ou de la santé des poissons hôtes, de même que les interactions entre certains ou tous ces éléments, avec des effets variés aux différents stades du cycle vital (Hastie *et al.*, 2003; Cope *et al.*, 2008; Brinker *et al.*, 2018; Carpenter *et al.*, 2018; Jeffery *et al.*, 2018; Modesto *et al.*, 2018). Brinker *et al.* (2018) ont examiné la vulnérabilité de dix groupes taxinomiques, et les mollusques étaient l'un des groupes les plus vulnérables (avec d'autres groupes qui dépendent de l'eau). La mulette verruqueuse n'était pas spécifiquement incluse dans les six espèces d'unionidés qui ont été jugées vulnérables (une extrêmement vulnérable, trois très vulnérables, deux modérément vulnérables). Cependant, une grande partie de la vulnérabilité des unionidés est due au fait qu'il s'agit d'animaux sessiles à l'âge adulte qui dépendent de poissons hôtes pour compléter leur cycle vital (Archambault *et al.*, 2018a; Brinker *et al.*, 2018). Les données laissent croire que la rivière Ausable et certaines parties des rivières Sydenham et Thames sont vulnérables aux changements climatiques dans le bassin des Grands Lacs (Brinker *et al.*, 2018).

Menace n° 8 : Espèces et gènes envahissants ou autrement problématiques – IMPACT FAIBLE

Menace n° 8.1 : Espèces ou agents pathogènes exotiques (non indigènes) envahissants (Faible)

Depuis leur invasion dans les années 1980, les dreissénidés (*Dreissena polymorpha*, moule zébrée, et *D. rostriformis*, moule quagga) représentent la plus grande menace pour les moules d'eau douce de l'Ontario. L'éradication presque complète des unionidés indigènes s'est produite dans les Grands Lacs inférieurs et leurs voies interlacustres, dont le lac Sainte-Claire, le lac Érié et la rivière Détroit (Schloesser et Nalepa, 1994; Nalepa *et al.*, 1996; Schloesser *et al.*, 2006). Les dreissénidés s'attachent à la coquille des moules indigènes à l'aide de byssus, et peuvent s'incruster par centaines et milliers sur une seule unionidé (Schloesser *et al.*, 2006). Les effets néfastes sur les unionidés sont nombreux et graves, dont l'étouffement de leurs siphons, une gêne de l'ouverture et de la fermeture des valves, l'interférence avec l'activité normale d'alimentation et d'enfouissement et l'inhibition de la formation normale de la coquille, de la reproduction et la perturbation de la survie (Nalepa *et al.*, 1996; Schloesser *et al.*, 2006). Bien que les dreissénidés ont été une menace sérieuse pour les unionidés, certaines données montrent que les effets de ces espèces envahissantes commencent à s'atténuer et ne sont pas aussi prononcés qu'il y a dix ans (Strayer et Malcom, 2007; Crail *et al.*, 2011; Strayer *et al.*, 2011). Certaines données indiquent qu'il y a une tendance vers des nombres plus élevés de *D. rostriformis* que de *D. polymorpha* dans les Grands Lacs inférieurs, et le *D. rostriformis* peut avoir moins d'effets nuisibles sur les espèces indigènes (Karatayev *et al.*, 2015).

La propagation de dreissénidés n'est pas très étendue dans l'aire de répartition actuelle de la moule verruqueuse, mais elles ont été décelées dans les rivières Sydenham et Thames. La moule zébrée n'a pas été observée dans le cours inférieur de la rivière Sydenham, en aval de l'aire de répartition connue de la sous-population de moules verruqueuses. La moule zébrée, dont la présence a été notée pour la première fois dans le réservoir Fanshawe de la Thames Nord en 2002, s'étend en aval dans tout le sous-bassin versant inférieur de la Thames jusqu'à Thamesville (UTRCA, 2018b). Les unionidés des cours d'eau sont moins sensibles à l'invasion de la moule zébrée, car les eaux courantes créent un refuge pour les espèces indigènes (Metcalf-Smith *et al.*, 1998).

Le gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*) a été détecté pour la première fois en Amérique du Nord en 1990 dans la rivière Sainte-Claire et a depuis été décelé dans les tronçons inférieurs des rivières Ausable, Sydenham et Thames (Poos *et al.*, 2010). Le gobie à taches noires a de nombreux effets sur les moules indigènes de l'Ontario. La prédation sur les juvéniles et les petits adultes unionidés et la perte du rendement de la reproduction constituent des effets directs sur les unionidés (Poos *et al.*, 2010; Tremblay *et al.*, 2016). Les effets indirects sur les unionidés sont présents sous la forme de répercussions nuisibles du gobie à taches noires sur les espèces de poissons hôtes se manifestant par la prédation de petits individus, la compétition pour la nourriture et l'habitat et la prédation des œufs des espèces indigènes (Ray et Corkum, 1997; Poos *et al.*, 2010; Tremblay *et al.*, 2016). Le gobie à taches noires est un concurrent et une proie pour de

nombreuses espèces de poissons indigènes, dont les dards et les chabots (Ray et Corkum, 1997; Poos *et al.*, 2010). Il n'y a pas eu de recherche sur les effets du gobie à taches noires sur les espèces de barbués et de barbottes. On pense que les dreissénidés représentent la plus grande proportion du régime alimentaire du gobie à taches noires, ce qui donne à penser que les unionidés juvéniles et les petites espèces peuvent être à haut risque de prédation (Ray et Corkum, 1997; Poos *et al.*, 2010). Cependant, on a constaté que le gobie à taches noires du lac Ontario se nourrissait principalement d'invertébrés benthiques sans carapace, comme les amphipodes et les chironomides (Brush *et al.*, 2012). Le risque de prédation des unionidés par le gobie à taches noires pourrait être moins important qu'on ne le pensait initialement. Le gobie à taches noires a été noté dans l'aire de répartition de la mulette verruqueuse dans les rivières Sydenham et Thames et observé en aval dans la rivière Ausable. Cela laisse donc penser que l'invasion en amont progresse et pourrait poser une menace continue pour les sous-populations de mulettes verruqueuses à l'avenir (Poos *et al.*, 2010).

Facteurs limitatifs

Le facteur limitatif le plus important pour les unionidés est la disponibilité de poissons hôtes appropriés. Les unionidés ne peuvent pas compléter leur cycle vital sans une phase parasitaire sur leur hôte. Si les populations de poissons hôtes diminuent en nombre ou disparaissent complètement, le recrutement ne peut pas avoir lieu et la population de moules disparaîtra fonctionnellement (c.-à-d. que les moules ne pourront pas compléter leur cycle vital), avant de disparaître pour de bon. Les populations de poissons doivent être surveillées pour s'assurer que les populations d'espèces hôtes soient présentes et en bonne santé. Les hôtes présumés de la mulette verruqueuse appartiennent à la famille des Ictaluridés (barbué de rivière, barbotte noire et barbotte jaune – voir la section Cycle vital et reproduction), qui sont courants et largement répartis dans tout le sud-ouest de l'Ontario (Fisheries and Oceans Canada, données inédites). Tant qu'ils persistent en nombre suffisant pour soutenir la population de moules, il ne semble pas que ces hôtes soient un facteur limitatif pour la mulette verruqueuse à l'heure actuelle.

Nombre de localités

Compte tenu de la menace la plus probable qui pèse sur la mulette verruqueuse (pollution) et de la nature linéaire de l'habitat fluvial où l'espèce est présente, le nombre de localités le plus probable est de quatre (rivière Ausable, rivière Sydenham, rivière Thames Nord et rivière Thames [y compris la rivière Thames Sud]). Étant donné que toutes les sous-populations sont touchées par la même menace (pollution), il est possible de les considérer comme une seule localité. Cependant, il est peu probable qu'un seul événement menaçant ait un impact sur toutes les sous-populations en même temps, étant donné l'isolement spatial des cours d'eau. Le nombre maximum de localités pourrait être de cinq si l'on considère que le seul individu recueilli dans le ruisseau Black représente une sous-population viable dans cet affluent.

PROTECTION, STATUTS ET CLASSEMENTS

Statuts et protection juridiques

La moule verruqueuse ne figure actuellement pas sur la liste fédérale ni au Canada ni aux États-Unis. Elle est inscrite sur la liste des espèces menacées au Michigan (Michigan State University, 2019) et sur la liste des espèces en voie de disparition au Mississippi et au Wisconsin (Mississippi Natural Heritage program, 2015; Wisconsin Department of Natural Resources, 2018). L'espèce ne figure pas à l'heure actuelle sur la liste de la *Loi de 2007 sur les espèces en voie de disparition* de l'Ontario.

En Ontario, la collecte de moules d'eau nécessite un permis de collecte délivré par le ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario en vertu de la *Loi sur la protection du poisson et de la faune*.

Statuts et classements non juridiques

NatureServe (2018) considère la moule verruqueuse comme non en péril à l'échelle mondiale (G5); toutefois, l'espèce figure sur la liste rouge de l'UICN comme étant quasi menacée (NT) (Woolnough et Bogan, 2017), et Williams *et al.* (1993) la considèrent comme préoccupante au Canada et aux États-Unis. L'espèce est jugée comme non en péril à l'échelle nationale (N5) aux États-Unis. Cependant, au Canada, l'espèce est considérée comme vulnérable (N3) (NatureServe, 2018). Les classements provinciaux et étatiques présentés dans le tableau 6 montrent que si l'espèce n'est pas en péril dans la portion sud de l'aire de répartition, elle est en déclin dans la portion nord, tant dans les Grands Lacs que dans le réseau supérieur du bassin du Mississippi.

Protection et propriété de l'habitat

En Ontario, l'aménagement en bordure des cours d'eau est géré par des règlements sur les plaines inondables appliqués par les offices de protection de la nature locaux (COSEWIC, 2013).

D'autres lois entrées en vigueur amélioreront la qualité globale de l'eau pour toutes les espèces de moules : 1) la *Loi de 2002 sur la gestion des éléments nutritifs*, qui réglemente le stockage et l'utilisation des éléments nutritifs, notamment le fumier, les eaux de ruissellement des fermes et les eaux de lavage des fermes; 2) la *Loi de 2006 sur l'eau saine*, qui protège les sources d'eau de l'Ontario par l'intermédiaire de comités locaux qui dressent la liste des menaces existantes et potentielles et mettent en œuvre des mesures qui réduiront ou les élimineront (OMEC, 2018); 3) la *Loi sur les ressources en eau de l'Ontario*, qui vise les eaux souterraines et de surface dans toute la province dans le but de conserver, de protéger et de gérer les ressources en eau de l'Ontario (OMEC, 2018); 4) la *Loi sur la protection de l'environnement*, qui interdit le rejet de tout contaminant (causant des effets négatifs) dans l'environnement et exige que tout déversement de polluants soit signalé et nettoyé en temps opportun (OMEC, 2018).

La plupart des terres adjacentes aux cours d'eau où l'on trouve la moule verruqueuse sont des propriétés privées; toutefois, le fond des cours d'eau appartient généralement à la Couronne provinciale (COSEWIC, 2013). Des portions de la population de la rivière Thames se trouvent à côté de la Première Nation Munsee-Delaware et de la Première Nation des Moraviens de la Thames. En 2016, Ontario Nature a acheté une parcelle de 193 acres dans le bassin versant supérieur de la rivière Sydenham et a établi la réserve naturelle de la rivière Sydenham, qui comprend un tronçon d'environ 2 km de l'aire de répartition de la moule verruqueuse (Ontario Nature, 2018).

Un habitat essentiel a été désigné pour deux espèces de moules d'eau douce (obovarie ronde et ptychobranche réniforme) dans les rivières Ausable, Sydenham et Thames (Fisheries and Oceans Canada, 2013). Les mesures visant à y protéger l'habitat essentiel de ces deux espèces seront bénéfiques pour la protection de la moule verruqueuse.

REMERCIEMENTS ET EXPERTS CONTACTÉS

Service canadien de la faune :

- Judith Girard, Service canadien de la faune, Environnement et Changement climatique Canada, gouvernement du Canada. 3 octobre 2018.

Musée canadien de la nature :

- Robert Anderson, chercheur scientifique, Musée canadien de la nature, Ottawa (Ontario). 3 octobre 2018.

Représentant du Sous-comité des connaissances traditionnelles autochtones du COSEPAC :

- Daniel Benoit, Sous-comité des connaissances traditionnelles autochtones du COSEPAC. 3 octobre 2018.

Représentants non gouvernementaux du COSEPAC :

- Danna Leaman, consultant. 3 octobre 2018.
- Arne Mooers, professeur, Université Simon Fraser, Burnaby (Colombie-Britannique). 3 octobre 2018.
- John Reynolds, professeur, Université Simon Fraser, Burnaby (Colombie-Britannique). 3 octobre 2018.

Pêches et Océans Canada :

- Jennifer Shaw, conseillère scientifique, Pêches et Océans Canada, Ottawa (Ontario). 3 octobre 2018.

Office de protection de la nature de la vallée de la Thames inférieure :

- Jason Wintermute, gestionnaire, Services Watershed and Information Services. 5 décembre 2018 et 5 septembre 2019.

Ministère des Ressources naturelles (Department of Natural Resources) du Minnesota :

- Mike Davis, gestionnaire de projet, Ecological and Water Resources, Lake City (Minnesota). 15 août 2018.
- Bernard Sietman, malacologue, Ecological and Water Resources, Lake City (Minnesota). 15 août 2018.

Défense nationale :

- Rachel McDonald, conseillère principale en environnement, Défense nationale, Ottawa (Ontario). 3 octobre 2018.

Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario :

- Christina Davy, spécialiste de la recherche sur la faune, espèces en péril, ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario, Peterborough (Ontario). 3 octobre 2018.
- Colin Jones, Centre d'information sur le patrimoine naturel de l'Ontario, ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario, Peterborough (Ontario). 3 octobre 2018.
- Scott Reid, chercheur scientifique, espèces aquatique en voie de disparition, ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario, Peterborough (Ontario). 3 octobre 2018.
- Centre d'information sur le patrimoine naturel de l'Ontario :
- Demande par courriel, NHICrequests@ontario.ca. 3 octobre 2018.

Parcs Canada :

- Shelley Pruss, spécialiste de la conservation des espèces, Direction de la conservation des ressources naturelles, Parcs Canada, Fort Saskatchewan (Alberta). 3 octobre 2018.

Office de protection de la nature de la région de St. Clair :

- Nicole Drumm, technicienne de projets spéciaux, Office de protection de la nature de la région de St. Clair, Strathroy (Ontario). 28 novembre 2018.

SOURCES D'INFORMATION

- Archambault, J., W. Cope et T. Kwak. 2018a. Chasing a changing climate: Reproductive and dispersal traits predict how sessile species respond to global warming. *Diversity and Distributions* 24:880-891.
- Archambault, J., S. Prochazka, W. Cope, D. Shea et P. Lazaro. 2018b. Polycyclic aromatic hydrocarbons in surface waters, sediments, and unionid mussels: relation to road crossings and implications for chronic mussel exposure. *Hydrobiologia* 810:465-476.
- Badra, P.J. 2004. *Cyclonaias tuberculata* (purple wartyback). Site Web : https://mnfi.anr.msu.edu/abstracts/zoology/Cyclonaias_tuberculata.pdf [consulté en octobre 2018].
- Baitz, A., M. Veliz, H. Brock et S. Staton. 2008. A monitoring program to track the recovery of endangered freshwater mussels in the Ausable River, Ontario. Draft. Ausable River Recovery Team, Ausable Bayfield Conservation Authority. Exeter. 52 pp.
- 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. (Balfour et Smock, 1995). *Journal of Freshwater Ecology* 10:255-268.
- Ball, R.C. 1944. A tagging experiment on the fish population of Third Sister Lake, Michigan. *Transaction of the American Fisheries Society* 74:360-369.
- Barnhart, M., W. Haag et W. Roston. 2008. Adaptations to host infection and larval parasitism in Unionoida. *Journal of the North American Benthological Society* 27:370-394.
- Beck, K. et R. Neves. 2003. An evaluation of selective feeding by three age-groups of the rainbow mussel. *North American Journal of Aquaculture* 65(3): 203-209.
- Bouvier, L.D., J.A.M. Young et T.J. Morris. 2014. Information in support of a Recovery Potential Assessment of Threehorn wartyback (*Obliquaria reflexa*) in Canada. Fisheries and Oceans Canada. Canadian Science Advisory Secretary. Ottawa. 2014/023:1-38.
- Boyles, J.L. 2004. An evaluation of adult freshwater mussels held in captivity at the White Sulphur Springs National Fish Hatchery, West Virginia. Mémoire de maîtrise ès sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA. 106 pp.

- Bringolf, R.B., W.G. Cope, M.C. Barnhart, S. Mosher, P.R. Lazaro et D. Shea. 2007a. Acute and chronic toxicity of pesticide formulations (atrazine, chlorpyrifos, and permethrin) to glochidia and juveniles of *Lampsilis siliquoidea*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 26:2101-2107.
- Bringolf, R.B., W.G. Cope, S. Mosher, M.C. Barnhart et D. Shea. 2007b. Acute and chronic toxicity of glyphosate compounds to glochidia and juveniles of *Lampsilis siliquoidea* (Unionidae). *Environmental Toxicology and Chemistry* 26:2094-2100.
- Brinker, S.R., M. Garvey et C.D. Jones. 2018. Climate change vulnerability assessment of species in the Ontario Great Lakes Basin. Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry, Science and Research Branch. Peterborough. Climate Change Research Report CCRR-48. 85 pp.
- Brush, J.M., A.T. Fisk, N.E. Hussey et T.B. Johnson. 2012. Spatial and seasonal variability in the diet of round goby (*Neogobius melanostomus*): stable isotopes indicate that stomach contents overestimate the importance of dreissenids. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 69:573-586.
- Campbell, D., J. Serb, J. Buhay, K. Roe, R. Minton et C. Lydeard. 2005. Phylogeny of North American amblesines (Bivalvia, Unionoida): prodigious polyphyly proves pervasive across genera. *Invertebrate Biology* 124:131-164.
- Carpenter, S., E. Booth et C. Kucharik. 2018. Extreme precipitation and phosphorus loads from two agricultural watersheds. *Limnology and Oceanography* 63:1221-1233.
- Carpenter, S., N. Caraco, D. Correll, R. Howarth, A. Sharpley et V. Smith. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications* 8:559-568.
- Clarke, A.H. 1981. *The Freshwater Molluscs of Canada*. National Museum of Natural Sciences/National Museums of Canada. Ottawa, Ontario. 446 pp. [Également disponible en français : Clarke, A.H. 1981. *Les mollusques d'eau douce du Canada*. Musée national des sciences naturelles/Musées nationaux du Canada. Ottawa (Ontario). 447 p.]
- Coleman, L., H. Brock et M. Veliz. 2018. Ausable Bayfield Watershed Report Card 2018. Ausable Bayfield Conservation Authority. Exeter, Ontario. 110 pp.
- Colm, J., D. Marson et B. Cudmore. 2018. Results of Fisheries and Oceans Canada's 2016 Asian Carp early detection field surveillance program. Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences 3147. 67 pp.
- Colm, J., comm. pers., 2018. *Correspondance par courriel avec K. McNichols-O'Rourke*. Décembre 2018. Biologiste des milieux aquatiques. Pêches et Océans Canada, Burlington (Ontario).
- Cope, W.G., R.B. Bringolf, D.B. Buchwalter, T.J. Newton, C.G. Ingersoll, N. Wang, T. Augspurger, F.J. Dwyer, M.C. Barnhart, R.J. Neves et E. Hammer. 2008. Differential exposure, duration, and sensitivity of unionoidean bivalve life stages to environmental contaminants. *Journal of North American Benthological Society* 27:451-462.

- COSEWIC. 2013. COSEWIC assessment and status report on the Threehorn Wartyback *Obliquaria reflexa* in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. Ottawa, Ontario. ix + 58 pp. [Également disponible en français : COSEPAC. 2013. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'obliquaire à trois cornes *Obliquaria reflexa* au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa (Ontario). x + 62 p.]
- COSEWIC. 2016. COSEWIC assessment and status report on the Mapleleaf *Quadrula quadrula*, Great Lakes - Upper St. Lawrence population and Saskatchewan - Nelson Rivers population, in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. Ottawa, Ontario. xi + 86 pp. [Également disponible en français : COSEPAC. 2016. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la muette feuille d'érable *Quadrula quadrula* – Population des Grands Lacs et du haut Saint-Laurent – Population de la rivière Saskatchewan et du fleuve Nelson – au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa (Ontario). xviii + 92 p.]
- Crail, T.D., R.A., Crebs et D, Ontario.T. Zanatta. 2011. Unionid mussels from nearshore zones of Lake Erie. *Journal of Great Lakes Research* 37:199-202.
- DFO (Fisheries and Oceans Canada). 2011. Recovery Potential Assessment of Eastern Pondmussel (*Ligumia nasuta*), Fawnsfoot (*Truncilla donaciformis*), Mapleleaf (*Quadrula quadrula*), and Rainbow (*Villosa iris*) in Canada. Fisheries and Oceans Canada. Canadian Science Advisory Secretariat. Science Advisory Report 2010/073:1-32. [Également disponible en français : MPO (Pêches et Océans Canada). 2011. Évaluation du potentiel de rétablissement de la ligumie pointue (*Ligumia nasuta*), de la troncille pied-de-faon (*Truncilla donaciformis*), de la muette feuille d'érable (*Quadrula quadrula*) et de la villeuse irisée (*Villosa iris*) au Canada. Pêches et Océans Canada. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Avis scientifique 2010/073 : 1-39.]
- Ecological Specialist, Inc. 2014. Unionid survey for proposed construction at an existing railroad bridge in the Kankakee River near Wilmington, Illinois. Prepared for CH2M Hill, Englewood, Colorado. Under contract to Union Pacific Railroad, Omaha, Nebraska. ESI Project 14-013. Site Web : https://www.dnr.illinois.gov/conservation/NaturalHeritage/Documents/ITA_Conservation_Plans/Conservation_Plans/125_CP.pdf [consulté en novembre 2018].
- Fisheries and Oceans Canada. 2013. Recovery Strategy for the Round Hickorynut (*Obovaria subrotunda*) and the Kidneyshell (*Ptychobranthus fasciolaris*) in Canada. Species at Risk Act Recovery Strategy Series. Fisheries and Oceans Canada. Ottawa. vi + 70 pp. [Également disponible en français : Pêches et Océans Canada. 2013. Programme de rétablissement de l'obovarie ronde (*Obovaria subrotunda*) et du ptychobranche réniforme (*Ptychobranthus fasciolaris*) au Canada. Série de programmes de rétablissement de la *Loi sur les espèces en péril*. Pêches et Océans Canada. Ottawa. viii + 77 p.]

- Fisheries and Oceans Canada. 2018. Action Plan for the Ausable River in Canada: An Ecosystem Approach [Proposed]. *Species at Risk Act* Action Plan Series. Fisheries and Oceans Canada, Ottawa. v + 47 pp. [Également disponible en français : Pêches et Océans Canada. 2018. Plan d'action pour la rivière Ausable du Canada : une approche écosystémique [ébauche]. Série de plans d'action de la *Loi sur les espèces en péril*. Pêches et Océans Canada, Ottawa. v + 54 p.]
- French, S.K. et J.D. Ackerman. 2014. Responses of newly settled juvenile mussels to bed shear stress: Implications for dispersal. *Society for Freshwater Science* 33(1): 46-55.
- Fuller, S.L.H. 1974. Clams and mussels (Mollusca: Bivalvia). pp. 215-273, in C.W. Hart et S.L.H. Fuller (eds.). *Pollution ecology of freshwater invertebrates*. Academic Press, New York.
- Funk, J.L. 1957. Movement of stream fishes in Missouri. *Transactions of the American Fisheries Society* 85:39-57.
- Gagné, F., C. Blaise et J. Hellou. 2004. Endocrine disruption and health effects of caged mussels, *Elliptio complanata*, placed downstream from a primary-treated municipal effluent plume for 1 year. *Comparative Biochemistry and Physiology C-Toxicology & Pharmacology* 138:33-44.
- Gagné, F., B. Bouchard, C. Andre, E. Farcy et M. Fournier. 2011. Evidence of feminization in wild *Elliptio complanata* mussels in the receiving waters downstream of a municipal effluent outfall. *Comparative Biochemistry and Physiology C-Toxicology & Pharmacology* 153:99-106.
- Gagnon, C., F. Gagné, P. Turcotte, I. Saulnier, C. Blaise, M.H. Salazar et S.M. Salazar. 2006. Exposure of caged mussels to metals in a primary-treated municipal wastewater plume. *Chemosphere* 62:998-1010.
- Galbraith, H.S., D.T. Zanatta et C.C. Wilson. 2015. Comparative analysis of riverscape genetic structure in rare, threatened and common freshwater mussels. *Conservation Genetics* 16:845-857.
- Gatenby, C.M., B.C. Parker et R.J. Neves. 1997. Growth and survival of juvenile rainbow mussels, *Villosa iris* (Lea, 1829) (Bivalvia: Unionidae), reared on algal diets and sediment. *American Malacological Bulletin* 14:57-66.
- Gillis, P.L. 2011. Assessing the toxicity of sodium chloride to the glochidia of freshwater mussels: Implications for salinization of surface waters. *Environmental Pollution* 159:1702-1708.
- Gillis, P.L. 2012. Cumulative impacts of urban runoff and municipal wastewater effluents on wild freshwater mussels (*Lasmigona costata*). *Science of the Total Environment* 431:348-356.
- Gillis, P., F. Gagne, R. McInnis, T. Hooey, E. Choy, C. Andre, M. Hoque et C. Metcalfe. 2014. The impact of municipal wastewater effluent on field- deployed freshwater mussels in the Grand River (Ontario, Canada). *Environmental Toxicology and Chemistry* 33:134-143.

- Gillis, P., R. McInnis, J. Salerno, S. de Solla, M. Servos et E. Leonard. 2017. Municipal wastewater treatment plant effluent-induced effects on freshwater mussel populations and the role of mussel refugia in recolonizing an extirpated reach. *Environmental Pollution* 225:460-468.
- Gillis, P.L., R.J. Mitchell, A.N. Schwalb, K.A. McNichols, G.L. Mackie, C.M Wood et J.D. Ackerman. 2008. Sensitivity of the glochidia (larvae) of freshwater mussels to copper: Assessing the effect of water hardness and dissolved organic carbon on the sensitivity of endangered species. *Aquatic Toxicology* 88:137-145.
- Giri, S. et Z. Qiu. 2016. Understanding the relationship of land uses and water quality in Twenty First Century: A review. *Journal of Environmental Management* 173:41-48.
- Goudreau, S.E., R.J. Neves et R.J. Sheehan. 1993. Effects of wastewater treatment plant effluents on freshwater mollusks in the Upper Clinch River, Virginia, USA. *Hydrobiologia* 252:211-230.
- 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* 73:291-314.
- Haag, W.R., D.J. Berg, D.W. Garton et J.L Farris. 1993. Reduced survival and fitness in native bivalves in response to fouling by the introduced zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in western Lake Erie. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50:13-19.
- Haag, W.R. et M.L. Warren. 2007. Freshwater mussel assemblage structure in a regulated river in the Lower Mississippi River Alluvial Basin, USA. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 17:25-36.
- Haggerty, T.M., J.T. Garner, G.H. Patterson et L.C. Jones, Jr. 1995. A quantitative assessment of the reproductive biology of *Cyclonaias tuberculata* (Bivalvia: Unionidae). *Canadian Journal of Zoology* 73:83-88.
- Hastie, L., P. Cosgrove, N. Ellis et M. Gaywood. 2003. The threat of climate change to freshwater pearl mussel populations. *Ambio* 32:40-46.
- Heath, D., M. Hove, R. Benjamin, M. Endris, R. Kenyon et J. Kurth. 1998. *Quadrula fragosa* exhibit unusual reproductive behaviors. *Triannual Unionid Report* 16:33.
- Henley, W.F., M.J. Pinder, B.T. Watson et R.J. Neves. 2013. Status of freshwater mussels in the Middle Fork Holston River, Virginia. *Freshwater Mollusk Conservation Society. Walkerana* 16:68-80.
- Holm, E., N.E. Mandrak et M.E. Burrige. 2009. The ROM field guide to freshwater fishes of Ontario. Royal Ontario Museum, Toronto, Ontario. 462 pp.
- Hove, M. 1997. Ictalurids serve as suitable hosts for the purple wartyback. *Triannual Unionid Report* 11:4.
- Hove, M., R. Engelking, E. Evers, M. Peteler, E. Peterson. 1994. *Cyclonaias tuberculata* host suitability tests. *Triannual Unionid Report* 5:10.

- Hove, M. et J. Kurth. 1997. *Cyclonaias tuberculata* glochidia transform on catfish barbels. Triannual Unionid Report 13:21.
- Huebner, J.D. et K.S. Pynnonen. 1992. Viability of glochidia of two species of *Anodonta* exposed to low pH and selected metals. Canadian Journal of Zoology 70:2348-2355.
- Imlay, M.J. 1982. Use of shells of freshwater mussels in monitoring heavy metals in monitoring heavy metals and environmental stresses: A review. Malacological Review 15:1-14.
- Ingersoll, D.G., N.J. Kernaghan, T.S. Gross, C.D. Bishop, N. Wang et A. Roberts. 2007. Laboratory toxicity testing with freshwater mussels. pp. 95-134, in J.L. Farris et H. Van Hassel (eds). Freshwater bivalve ecotoxicology. SETAC and CRC Press., Pensacola, Florida.
- Jackson, D.A., P.R. Peres-Neto et J.D. Olden. 2001. What controls who is where in freshwater fish communities - the roles of biotic, abiotic, and spatial factors. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 58:157-170.
- Jeffery, J.D., K.D. Hannan, C.T. Hasler et C.D. Suski. 2018. Hot and bothered: effects of elevated PCO₂ and temperature on juvenile freshwater mussels. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology 315: R115-R127.
- Jirka, K.J. et R.J. Neves. 1992. Reproductive Biology of four species of freshwater mussels (Molluscs: Unionidae) in the New River, Virginia and West Virginia. Journal of Freshwater Ecology 7:35-44.
- Karatayev, A.Y., L.E. Burlakova et D.K. Padilla. 2015. Zebra versus quagga mussels: a review of their spread, population dynamics, and ecosystem impacts. Hydrobiologia 746:97-112.
- Keller, A. et S. Zam. 1991. The acute toxicity of selected metals to the freshwater mussel, *Anodonta imbecilis* (Keller and Zam 1991). Environmental Toxicology and Chemistry 10:539-546.
- Liquori, V.M. et G.D. Insler. 1985. Gill parasites of the white perch: phenologies in the lower Hudson River. New York Fish and Game Journal 32:71-76.
- Lower Great lakes Unionid Database. 2018. Lower Great Lakes Unionid Database. Microsoft Access 2010. Fisheries and Oceans Canada, Great Lakes Laboratory of Fisheries and Aquatic Sciences, Burlington, Ontario. [Également disponible en français : base de données sur les Unionidés des Grands Lacs inférieurs. 2018. Base de données sur les Unionidés des Grands Lacs inférieurs. Microsoft Access 2010. Pêches et Océans Canada, Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques, Burlington (Ontario).]
- LTVCA (Lower Thames Valley Conservation Authority). 2017. 2017 Annual Report Lower Thames Valley Conservation Authority "for a balanced and healthy watershed". Lower Thames Valley Conservation Authority. Chatham. 1-24 pp.

- LTVCA (Lower Thames Valley Conservation Authority). 2019. Lower Thames Conservation. About Us. Site Web : <https://www.lowerthames-conservation.on.ca/about-us/> [consulté en septembre 2019].
- Maaskant, K. 2014. Water Quality Assessment in the Thames River Watershed. Nutrient and sediment trends. Upper Thames River Conservation Authority. Symposium: Showcasing water innovation for the Thames River system (December 2-3, 2014).
- Martel, A., J-M. Gagnon, M. Gosselin, A. Pacquet et I. Picard. 2007. Liste des noms français révisés et des noms latins et anglais à jour des moules du Canada (Bivalvia: Familles: Margaritiferidae, Unionidae). *Le Naturaliste Canadien* 131:79-84.
- Metcalfe-Smith, J.L., A. MacKenzie, I. Carmichael et D. McGoldrick. 2005. Photo field guide to the freshwater mussels of Ontario. St. Thomas Field Naturalist Club Inc., St. Thomas, Ontario. 61 pp.
- Metcalfe-Smith, J.L., S.K. Staton, G.L. Mackie et E.L. West. 1998. Assessment of current conservation status of rare species of freshwater mussel in southern Ontario. National Water Research Institute, NWRI contribution NO. 98-019, Burlington, Ontario. 77 pp.
- Metcalfe-Smith, J.L., J. Di Maio, S.K. Staton et G.L. Mackie. 2000. Effect of sampling effort on the efficiency of the timed search method for sampling freshwater mussel communities. *Journal of North American Benthological Society* 19:725-732.
- Metcalfe-Smith, J.L., J. Di Maio, S.K. Staton et S.R. DeSolla. 2003. Status of the freshwater mussel communities of the Sydenham River, Ontario, Canada. *The American Midland Naturalist* 150:37-50.
- Metcalfe-Smith, J.L., D.J. McGoldrick, D.T. Zanatta et L.C. Grapentine. 2007. Development of a monitoring program for tracking the recovery of endangered freshwater mussels in the Sydenham River, Ontario. *Water Science and Technology Directorate, Environment Canada, Burlington, Ontario* 07-210: 61 pp.
- Michigan State University. 2019. Michigan Natural Features Inventory. Plants and Animals. *Cyclonaias tuberculata*, Purple Wartyback. Site Web : <https://mnfi.anr.msu.edu/species/description/12356/Cyclonaias-tuberculata> [consulté en septembre 2019].
- Mississippi Natural Heritage Program, 2015. Listed Species of Mississippi. Museum of Natural Science, Mississippi Dept. of Wildlife, Fisheries, and Parks, Jackson, MS. 3 pp.
- Modesto, V., M. Ilarri, A. Souza, M. Lopes-Lima, K. Douda, M. Clavero et R. Sousa. 2018. Fish and mussels: Importance of fish for freshwater mussel conservation. *Fish and Fisheries* 19:244-259.
- Morris, T.J. et A. Edwards. 2007. Freshwater mussel communities of the Thames River, Ontario: 2004-2005. *Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences* 2810: 30 pp.

- Mulcrone, R. 2005. "Cyclonaias tuberculata" (en ligne), site Web Animal Diversity : https://animaldiversity.org/accounts/Cyclonaias_tuberculata/ [consulté en novembre 2018]
- Mummert, A.K., R.J. Neves, T.J. Newcomb et D.S. Cherry. 2003. Sensitivity of juvenile freshwater mussels (*Lampsilis fasciola*, *Villosa iris*) to total and un-ionized ammonia. *Environmental Toxicology and Chemistry* 22:2545-2553.
- Naimo, T. 1995. A review of the effects of heavy-metals on fresh-water mussels. *Ecotoxicology* 4:341-362.
- Nalepa, T.F., D.J. Hartson, G.W. Gostenik, D.L. Fanslow et G.A. Lang. 1996. Changes in the freshwater mussel community of Lake St. Clair: from Unionidae to *Dreissena polymorpha* in eight years. *Journal of Great Lakes Research* 22:354-369.
- NatureServe. 2018. NatureServe Explorer: An online encyclopedia of life [application Web]. Version 7.1. NatureServe, Arlington, Virginia. Site Web : <http://explorer.natureserve.org> [consulté en octobre 2018].
- Nelson, M., M. Veliz, S. Staton et E. Dolmage. 2003. Towards a recovery strategy for species at risk in the Ausable River: Synthesis of background information, Prepared for the Ausable River Recovery Team. Site Web : http://www.abca.on.ca/downloads/Synthesis_Report_Final_.pdf [consulté en janvier 2014].
- Neves, R.J. et M.C. Odom. 1989. Muskrat predation on endangered freshwater mussels in Virginia. *Journal of Wildlife Management* 53:934-941.
- Neves, R. et J. Widlak. 1987. Habitat ecology of juvenile fresh-water mussels (Bivalvia, Unionidae) in a headwater stream in Virginia. *American Malacological Bulletin* 5:1-7.
- Newton, T.J. 2003. The effects of ammonia on freshwater unionid mussels. *Environmental Toxicology and Chemistry* 22:2543-2544.
- Newton, T.J., J.W. Allran, J.A. O'Donnell, M.R. Bartsch et W.B. Richardson. 2003. Effects of ammonia on juvenile unionid mussels (*Lampsilis cardium*) in laboratory sediment toxicity tests. *Environmental Toxicology and Chemistry* 22:2554-2560.
- Newton, T.J., S.J. Zigler, J.T. Rogala, B.R. Gray et M. Davis. 2011. Population assessment and potential functional roles of native mussels in the Upper Mississippi River. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 21:122-131.
- Nichols, S.J., H. Silverman, T.H. Dietz, J.W. Lynn et D.L. Garling. 2005. Pathways of food uptake in native (Unionidae) and introduced (Corbiculidae and Dreissenidae) freshwater bivalves. *Journal of Great Lakes Research* 31:87-96.
- NPCA (Niagara Peninsula Conservation Authority). 2010. NPCA water quality monitoring program: 2009 Annual Report. Niagara Peninsula Conservation Authority, Welland. 1-35 pp.
- Nürnberg, G. et B. LaZerte. 2015. Water Quality Assessment in the Thames River Watershed - Nutrient and Sediment Sources. *Freshwater Research*. Prepared for The Upper Thames River Conservation Authority. London. 1-95 pp.

- OMECP (Ontario Ministry of Environment, Conservation and Parks). 2018. Legislation Ontario Ministry of Environment. Site Web : <https://www.ontario.ca/page/ministry-environment-conservation-parks> [consulté en décembre 2018]. [Également disponible en français : Ontario. Ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs. 2018. Législation. Ontario. Ministère de l'Environnement. Site Web : <https://www.ontario.ca/fr/page/ministere-de-lenvironnement-de-la-protection-de-la-nature-et-des-parcs>.]
- Ontario Ministry of Environment and Energy. 1994. Water Management Policies Guidelines Provincial Water Quality Objectives of the Ministry of Environment and Energy. Queen's Printer for Ontario. 32 pp.
- Ontario Ministry of Finance. 2018, Ontario Population Projections Update, 2017-2041. Site Web : <https://www.fin.gov.on.ca/en/economy/demographics/projections/> [consulté en décembre 2018]. [Également disponible en français : Ontario. Ministère des Finances. 2018, Mise à jour des projections démographiques pour l'Ontario, 2017–2041. Site Web : <https://www.fin.gov.on.ca/fr/economy/demographics/projections/>.]
- Ontario Nature. 2018. Sydenham River Nature Reserve. Site Web : <https://ontarionature.org/programs/nature-reserves/sydenham-river/> [consulté en décembre 2018].
- Ostby, B.K. 2005. Characterization of suitable habitats for freshwater mussels in the Clinch River, Virginia and Tennessee. Mémoire de maîtrise ès sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia. 200 pp.
- Österling, M.E., B.L. Arvidsson et L.A. Greenberg. 2010. Habitat degradation and the decline of the threatened mussel *Margaritifera margaritifera*: influence of turbidity and sedimentation on the mussel and its host. *Journal of Applied Ecology* 47:759-768.
- Parmalee, P.W. et A.E. Bogan. 1998. The Freshwater Mussels of Tennessee. The University of Tennessee Press, Knoxville, Tennessee. xi + 328 pp.
- Paterson, W.L., T.A. Griffith, L.E. Burlakova, R.W. Krebs et D.T. Zanatta. 2015. An evaluation of the genetic structure of mapleleaf mussels (*Quadrula quadrula*) in the Lake Erie watershed. *Journal of Great Lakes Research* 41:1123-1130.
- Poole, K. et J. Downing. 2004. Relationship of declining mussel biodiversity to stream-reach and watershed characteristics in an agricultural landscape. *Journal of the North American Benthological Society* 23:114-125.
- Poos, M., comm. pers., 2011. *Rencontre avec K. McNichols-O'Rourke*. Octobre 2011. Boursière postdoctorale, Pêches et Océans Canada, Burlington (Ontario).
- Poos, M., A.J. Dextrase, A.N. Schwalb et J.D. Ackerman. 2010. Secondary invasion of the round goby into high diversity Great Lakes tributaries and species at risk hotspots: potential new concerns for endangered freshwater species. *Biological Invasions* 12:1269-1284.

- PWQMN (Provincial Water Quality Monitoring Network). 2018. Provincial (Stream) Water Quality Monitoring Network. Site Web : <https://www.ontario.ca/data/provincial-stream-water-quality-monitoring-network> [consulté en décembre 2018]. [Également disponible en français : RPCQE (Réseau provincial de contrôle de la qualité des cours d'eau). 2018. Réseau provincial de contrôle de la qualité de l'eau (ruisseau). Site Web : <https://www.ontario.ca/fr/donnees/reseau-provincial-de-contrôle-de-la-qualite-de-leau-ruisseau>.]
- Ray, W.J. et L.D. Corkum. 1997. Predation of zebra mussels by round gobies, *Neogobius melanostomus*. *Environmental Biology of Fishes* 50:267-273.
- Reid, S. et T.J. Morris. 2017. Tracking the recovery of freshwater mussel diversity in Ontario Rivers: Evaluation of a quadrat-based monitoring protocol. *Diversity* 9:1-17.
- Ricciardi, A., F.G. Whoriskey et J.B. Rasmussen. 1995. Predicting the intensity and impact of *Dreissena* infestation on native unionid bivalves from *Dreissena* field density. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52(7): 1449-1461.
- Scavia, E. et M. Mitchell. 1989. Reoccurrence of *Cyclonaias tuberculata* in the Huron River, Michigan. *Nautilus* 103:40-41.
- Schloesser, D.W. et T.F. Nalepa. 1994. Dramatic decline of unionid bivalves in offshore waters of western Lake Erie after infestation by the Zebra Mussel, *Dreissena polymorpha*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51:2234-2242.
- Schloesser, D.W., W.P. Kovalak, G.D. Longton, K.L. Ohnesorg et R.D. Smithee. 1998. Impact of zebra and quagga mussels (*Dreissena* spp.) on freshwater unionids (Bivalvia: Unionidae) in the Detroit River of the Great Lakes. *The American Midland Naturalist* 140:299-313.
- Schloesser, D.W., J.L. Metcalfe-Smith, W.P. Kovalak, G.D. Longton et R.D. Smithee. 2006. Extirpation of freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae) following the invasion of Dreissenid mussels in an interconnecting river of the Laurentian Great Lakes. *The American Midland Naturalist* 155:307-320.
- Schloesser, D., R. Smithee, G. Longton et W. Kovalak. 1997. Zebra mussel induced mortality of unionids in firm substrata of western Lake Erie and a habitat for survival. *American Malacological Bulletin* 14:67-74.
- Schwalb, A.N., K. Cottenie, M.S. Poos et J.D. Ackerman. 2011. Dispersal limitation of unionid mussels and implications for their conservation. *Freshwater Biology* 56:1509-1518.
- Schwalb, A.N., M. Garvie et J.D. Ackerman 2010. Dispersion of freshwater mussel larvae in a lowland river. *Limnology and Oceanography* 55:628-638.
- Schwalb, A.N. et M.T. Pusch 2007. Horizontal and vertical movements of unionid mussels in a lowland river. *Journal of the North American Benthological Society* 26:261-272.
- Scott, W.B. et E.J. Crossman. 1998. *Freshwater fishes of Canada*. Galt House Publications Ltd., Oakville, Ontario. xx + 966 pp.

- SCRCA (St. Clair Region Conservation Authority). 2008. Thames- Sydenham and Region Watershed Characterization Summary Report. St. Clair Region Source Protection Area. 1-35 pp.
- SCRCA (St. Clair Region Conservation Authority). 2013. St. Clair Region 2013 Watershed Report Card Summary. Site Web : <https://www.scrca.on.ca/wp-content/uploads/2013/09/Report-Card-2013-Summary.pdf> [consulté en décembre 2018].
- SCRCA (St. Clair Region Conservation Authority). 2018a. St. Clair Region Watershed Report Card 2018., St. Clair Region Conservation Authority. Strathroy. 1-91 pp.
- SCRCA (St. Clair Region Conservation Authority), comm. pers., 2018b. *Correspondance par courriel avec K. McNichols-O'Rourke*. Décembre 2018. St. Clair Region Conservation Authority, Strathroy (Ontario).
- SCRCA (St. Clair Region Conservation Authority). 2018c. Sydenham River Watershed helping species at risk. Site Web : <http://www.sydenhamriver.on.ca/river.html> [consulté en décembre 2018].
- Siddons, S.F. 2015. Population Dynamics and Movement of Channel Catfish in the Red River of the North. Mémoire de maîtrise ès sciences, University of Nebraska, Lincoln, Nebraska. 125 pp.
- Sietman, B., J. Davis et M. Hove. 2012. Mantle display and glochidia release behaviors of five quadruline freshwater mussel species (Bivalvia: Unionidae). *American Malacological Bulletin* 30:39-46.
- Staton, S., A. Dextrase, J.L. Metcalfe-Smith, J. DiMaio, M. Nelson, J. Parish, B. Kilgour et E. Holm. 2003. Status and trends of Ontario's Sydenham River ecosystem in relation to aquatic species at risk. *Environmental Monitoring* 88:283-310.
- Strayer, D.L. et A.R. Fetterman. 1999. Changes in the distribution of freshwater mussels (Unionidae) in the upper Susquehanna River basin, 1955-1965 to 1996-1997. *American Midland Naturalist* 142:328-339
- Strayer, D.L. et D.R. Smith. 2003. A guide to sampling freshwater mussel populations. American Fisheries Society, Monograph 8, Bethesda, Maryland. xi + 103 pp.
- Strayer, D.L. et H.M. Malcom. 2007. Effects of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) on native bivalves: the beginning of the end or the end of the beginning? *Journal of North American Benthological Society* 26:111-122.
- Strayer, D.L., N. Cid et H.M. Malcom. 2011. Long-term changes in a population of an invasive bivalve and its effects. *Oecologia* 165:1063-1072.
- Taylor, I., B. Cudmore-Vokey, C. MacCrimmon, S. Madzia et S. Hohn. 2004. Synthesis report: identification of the physical and chemical attributes and aquatic species at risk of the Thames River watershed. Thames River Ecosystem Recovery Team. Site Web : http://www.thamesriver.on.ca/species_at_risk/synthesis_report/Thames_River_Synthesis_report.pdf [consulté en octobre 2011].

- Tetzloff, J. 2001. Survival rates of unionid species following a low oxygen event in Big Darby Creek, Ohio. *Ellipsaria* 3:18-19.
- The Adaptive Management Group. 2007. A Mussel Sampling Protocol to Assess Potential Commercial Dredging Sites in Pools 2, 3, 4, 5, 7, 8, and 9 in the Allegheny River and the Dashields, Montgomery, and New Cumberland Pools in the Ohio River, Pennsylvania. pp. 1-23, *in* Enviroscience Inc. Native Mussel Screening Survey Upper Ohio River Navigation Study. Site Web : https://www.lrp.usace.army.mil/Portals/72/docs/UpperOhioNavStudy/App_Env%20-%20Mussel%20Survey.pdf?ver=2017-11-03-135608-377 [consulté en novembre 2018].
- Tran, K. 2017. Selective feeding of freshwater mussels: Implications for resource partitioning. Mémoire de maîtrise ès sciences, University of Guelph, Guelph, Ontario, 77 pp.
- Tremblay, M.E.M., T.J. Morris et J.D. Ackerman. 2015. A multivariate approach to the identification of unionid glochidia with emphasis on Species at Risk in Southern Ontario. Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences 3057: 51 pp.
- Tremblay, M.E.M., Morris, T.J. et Ackerman, J.D. 2016. Loss of reproductive output caused by an invasive species. *Royal society open science* 3:150481.
- 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: Mollusks. 2nd Edition. American Fisheries Society Special Publication 26: ix-526.
- Tuttle-Raycraft, S., T. Morris et J. Ackerman. 2017. Suspended solid concentration reduces feeding in freshwater mussels. *Science of the Total Environment* 598:1160-1168.
- Upsdell, B., M. Veliz et K. Jean. 2012. Monitoring Ausable River ecosystem recovery with freshwater mussel species at risk 2006-2011. Ausable Bayfield Conservation Authority, Exeter. 1-16 pp.
- Upsdell, B., M. Veliz, K. Monk et K. Jean. 2010. Habitat Stewardship Program for Species at Risk Evaluation of Contributions to Ausable River Recovery 2004-2009. Ausable Bayfield Conservation Authority. Exeter. 1-23 pp.
- USFWS (United States Fish and Wildlife Service). 1994. Clubshell (*Pleurobema clava*) and Northern Riffleshell (*Epioblasma torulosa rangiana*) recovery plan. Region five, U.S Fish and Wildlife Service, Hadley, Massachusetts. vi + 63 pp.
- UTRCA (Upper Thames River Conservation Authority). 2004. UTRCA water report: Turning information into action. Upper Thames River Conservation Authority. London. 1-15 pp.

- UTRCA (Upper Thames River Conservation Authority). 2017. 2017 Upper Thames River Watershed Report Cards. Upper Thames River Conservation Authority. Site Web : <http://thamesriver.on.ca/wp-content/uploads/WatershedReportCards/S1-Report.pdf> [consulté en novembre 2018]
- UTRCA (Upper Thames River Conservation Authority). 2018a. Upper Thames River Conservation Authority: About Us. Site Web : <http://thamesriver.on.ca/about-us/> [consulté en décembre 2018].
- UTRCA (Upper Thames River Conservation Authority). 2018b. Upper Thames River Conservation Authority. Zebra Mussels. Site Web : <http://thamesriver.on.ca/watershed-health/invasive-species/zebra-mussels/> [consulté en décembre 2018].
- Vaughn, C.C. et C.C. Hakenkamp. 2001. The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology* 46:1431-1446.
- Villella, R.F., D.R. Smith et D.P. Lemarie. 2004. Estimating survival and recruitment in a freshwater mussel population using mark-recapture techniques. *American Midland Naturalist* 151:114-133.
- Watters, G.T., M.A. Hoggarth et D.H. Stansbery. 2009. *The freshwater mussels of Ohio*. Ohio State University Press, Columbus, Ohio. xiii + 421 pp.
- Welker, M. et N. Walz. 1998. Can mussels control the plankton in rivers? A planktological approach applying a Lagrangian sampling strategy. *Limnology and Oceanography* 43:753-762.
- Williams, J.D., A. E. Bogan, R.S. Butler, K.S. Cummings, J.T. Garner, J.L. Harris, N.A. Johnson et G.T. Watters. 2017. A revised list of the freshwater mussels (Mollusca: Bivalvia: Unionida) of the United States and Canada. *Freshwater Mollusk Biology and Conservation* 20:33–58.
- Williams, J.D., M.L. Warren, K.S. Cummings, J.L. Harris et R.J. Neves. 1993. Conservation status of freshwater mussels of the United States and Canada. *Fisheries* 18:6-22.
- Wisconsin Department of Natural Resources. 2018. Wisconsin's endangered and threatened species list. Site Web : <https://dnr.wi.gov/topic/endangeredresources/etlist.html> [consulté le 16 octobre 2018].
- Wood, P.J. et P.D. Armitage. 1997. Biological effects of fine sediment in the lotic environment. *Environmental Management* 21:203-217.
- Woolnough, D. et A.E. Bogan. 2017. *Cyclonaias tuberculata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T6018A62905357. Site Web : <https://www.iucnredlist.org/species/6018/62905357> [consulté en octobre 2018].

Zanatta, D.T., J.M. Bossenbroek, L.E. Burlakova, T.D. Crail, F. de Szalay, T.A. Griffith, D. Kapusinski, A.Y. Karateyev, R.A. Krebs, E.S. Meyer, W.L. Paterson, T.J. Prescott, M.T. Rowe, D.W. Schloesser et M.C. Walsh. 2015. Distribution of native mussel (Unionidae) assemblages in coastal Lake Erie, Lake St. Clair, and connecting channels, twenty-five years after the dreissenid invasion. *Northeastern Naturalist* 22: 223–235

SOMMAIRE BIOGRAPHIQUE DES RÉDACTEURS

Todd J. Morris est chercheur scientifique au Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques de Pêches et Océans Canada, à Burlington, en Ontario (Canada). Il est titulaire d'un baccalauréat ès sciences (avec distinction) en zoologie de l'Université Western Ontario (1993), d'un diplôme spécialisé en écologie et en évolution de l'Université Western Ontario (1994), d'une maîtrise en écologie aquatique de l'Université de Windsor (1996) et d'un doctorat en zoologie de l'Université de Toronto (2002). Dans ses recherches, M. Morris s'intéresse aux facteurs biotiques et abiotiques qui structurent les écosystèmes aquatiques, et il a travaillé avec une grande variété de taxons aquatiques allant du zooplancton aux poissons prédateurs. Il étudie la faune des moules d'eau douce de l'Ontario depuis 1993, est le rédacteur de trois programmes de rétablissement concernant huit espèces de moules d'eau douce désignées par le COSEPAC, est le rédacteur ou le corédacteur de huit rapports de situation du COSEPAC et d'un sommaire du statut de l'espèce du COSEPAC, préside l'Équipe de rétablissement des moules d'eau douce de l'Ontario et est membre du Sous-comité de spécialistes des mollusques du COSEPAC et du Sous-comité des moules en voie de disparition (Endangered Mussels Subcommittee) de l'American Fisheries Society.

Kelly McNichols-O'Rourke est technicienne en sciences aquatiques au Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques de Pêches et Océans Canada, à Burlington, en Ontario (Canada). Elle est titulaire d'un baccalauréat ès sciences (avec distinction) en biologie marine de l'Université de Guelph (2001) et d'une maîtrise en biologie intégrative de l'Université de Guelph (2007). Dans ses recherches, M^{me} McNichols-O'Rourke s'intéresse au cycle vital et à l'aire de répartition des unionidés indigènes et de leurs poissons hôtes dans les écosystèmes aquatiques. Elle étudie les moules d'eau douce de la famille des Unionidés de l'Ontario depuis 2000, a rédigé deux programmes de rétablissement (et en a édité/mis à jour quatre) concernant 11 espèces de moules d'eau douce désignées par le COSEPAC, et est membre de plusieurs équipes de rétablissement, dont l'Équipe de rétablissement des moules d'eau douce de l'Ontario.

Meg Sheldon est technicienne en sciences aquatiques au Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques de Pêches et Océans Canada, à Burlington, en Ontario (Canada). Elle possède un baccalauréat ès sciences (avec distinction) en biologie et conservation de la faune de l'Université de Guelph (2016). Elle étudie les moules d'eau douce de l'Ontario depuis 2014, et se concentre sur l'aire de répartition des espèces en péril.

COLLECTIONS EXAMINÉES

La description suivante de la création de la base de données sur les Unionidés des Grands Lacs inférieurs provient de COSEWIC (2013).

En 1996, toutes les données historiques et récentes sur l'occurrence d'espèces de moules d'eau douce dans le bassin hydrographique des Grands Lacs inférieurs ont été compilées dans une base de données informatisée associée à un SIG, appelée « base de données sur les Unionidés des Grands Lacs inférieurs ». Cette base de données est hébergée par le Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques de Pêches et Océans Canada, à Burlington, en Ontario. Les sources de données d'origine provenaient notamment de la littérature, de musées d'histoire naturelle, d'organismes fédéraux, provinciaux et municipaux (et de quelques organismes des États-Unis), d'offices de protection de la nature, de plans d'assainissement pour les secteurs préoccupants des Grands Lacs, de thèses universitaires et de sociétés d'experts-conseils en environnement. Les collections de moules de six musées d'histoire naturelle dans la région des Grands Lacs (le Musée canadien de la nature, le Musée de zoologie de l'Université de l'Ohio [Ohio State University Museum of Zoology], le Musée royal de l'Ontario, le Musée de zoologie de l'Université du Michigan [University of Michigan Museum of Zoology], le Musée et Centre des sciences de Rochester [Rochester Museum and Science Center] et le Musée des sciences de Buffalo [Buffalo Museum of Science]) ont été les principales sources de données (deux tiers des données). M^{me} Janice Metcalfe-Smith a personnellement examiné les collections du Musée royal de l'Ontario, du Musée de zoologie de l'Université du Michigan et du Musée des sciences de Buffalo, de même que de plus petites collections du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. La base est continuellement mise à jour par l'ajout de données de terrain, et comprend aujourd'hui environ 8 200 mentions d'Unionidés provenant des lacs Ontario, Érié et Sainte-Claire et de leurs bassins versants, de même que de plusieurs des principaux affluents du lac Huron inférieur. La majeure partie des données consignées dans la base proviennent aujourd'hui de relevés de terrain récents (datant d'après 1990) réalisés par Pêches et Océans Canada, Environnement et Changement climatique Canada, des organismes provinciaux, des universités et des offices de protection de la nature. Cette base de données est la source de tous les renseignements sur les populations canadiennes de moules verruqueuses dans ce rapport. Les rédacteurs du présent rapport de situation ont personnellement examiné les spécimens vivants de toutes les populations qui y sont décrites.

Annexe I : TABLEAU D'ÉVALUATION DES MENACES

Nom scientifique de l'espèce ou de l'écosystème	Mulette verruqueuse (<i>Cyclonaias tuberculata</i>)		
Identification de l'élément		Code de l'élément	
Date :	2019-10-17		
Évaluateurs :	Joseph Carney (coprésident), Christina Davy, Dwayne Leptizki (animateur), Vicki McKay, Kelly McNichols-O'Rourke (rédactrice du rapport), Todd Morris (rédacteur du rapport), Sarah Rabideau, Margaret Sheldon (rédactrice du rapport), David Zanatta		
Références :	Ébauche du calculateur rédigé lors du rapport de situation du COSEPAC de six mois; téléconférence le 17 octobre 2019		
Guide pour le calcul de l'impact global des menaces :	Comptes des menaces de niveau 1 selon l'intensité de leur impact		
	Impact des menaces		Maximum de la plage d'intensité
			Minimum de la plage d'intensité
	A	Très élevé	0
	B	Élevé	0
	C	Moyen	2
	D	Faible	2
Impact global des menaces calculé :			Élevé
Impact global des menaces attribué :	B = Élevé		
Ajustement de la valeur de l'impact global calculée – justifications :			
Impact global des menaces – commentaires :	La durée d'une génération est de 10 à 20 ans; ainsi, l'échéancier pour la gravité et l'immédiateté est de 30 à 60 ans.		

Menace		Impact (calculé)	Portée (10 prochaines années)	Gravité (10 ans ou 3 générations)	Immédiateté	Commentaires
1	Développement résidentiel et commercial	Négligeable	Négligeable (< 1 %)	Modérée-légère (1-30 %)	Modérée (possiblement à court terme, < 10 ans/3 gén.)	
1.1	Zones résidentielles et urbaines					
1.2	Zones commerciales et industrielles					

Menace		Impact (calculé)		Portée (10 prochaines années)	Gravité (10 ans ou 3 générations)	Immédiateté	Commentaires
1.3	Zones touristiques et récréatives		Négligeable	Négligeable (< 1 %)	Modérée-légère (1-30 %)	Modérée (possiblement à court terme, < 10 ans/3 gén.)	Répercussion possible de l'installation de nouvelles rampes de mises à l'eau de canots dans le sous-bassin versant inférieur de la Thames (intérêt pour l'établissement de nouveaux itinéraires de canots). Aucune installation n'a lieu actuellement, mais il est très probable que cela se produise dans les dix prochaines années. La population est touchée par le piétinement et par la traînée des canots dans le fond de la rivière lors de la mise à l'eau et de la sortie des canots. Il s'agit d'une espèce robuste, à coquille épaisse, qui serait capable de résister à un certain impact, de sorte que la gravité pourrait être très faible. De plus, ces zones sont déjà reconnues comme un habitat essentiel pour d'autres espèces de moules; par conséquent, toute installation devra être soumise à un examen.
2	Agriculture et aquaculture		Négligeable	Négligeable (< 1 %)	Légère (1-10 %)	Élevée (continue)	Aucune conversion de terres pour l'agriculture.
2.1	Cultures annuelles et pérennes de produits autres que le bois						
2.2	Plantations pour la production de bois et de pâte						
2.3	Élevage de bétail		Négligeable	Négligeable (< 1 %)	Légère (1-10 %)	Élevée (continue)	Les terres sont fortement agricoles le long des trois plans d'eau, avec de nombreux élevages bovins le long des plans d'eau. Risque de piétinement par les vaches qui pénètrent dans les cours d'eau et les traversent. Faible gravité, car l'espèce est robuste et à coquille épaisse et capable de résister à un certain impact.
2.4	Aquaculture en mer et en eau douce						
3	Production d'énergie et exploitation minière						
3.1	Forage pétrolier et gazier						
3.2	Exploitation de mines et de carrières						
3.3	Énergie renouvelable						
4	Corridors de transport et de service	D	Faible	Petite (1-10 %)	Extrême-modérée (11-100 %)	Élevée (continue)	

Menace		Impact (calculé)		Portée (10 prochaines années)	Gravité (10 ans ou 3 générations)	Immédiateté	Commentaires
4.1	Routes et voies ferrées		Négligeable	Négligeable (< 1 %)	Légère (1-10 %)	Élevée (continue)	D'importants travaux de construction sont en cours et se poursuivront. De nombreux ponts le long de la Thames sont vieux et devront être remplacés et entretenus. L'aire de répartition de la moule verruqueuse chevauche celle d'autres espèces figurant sur la liste des espèces en péril, de sorte que des relocalisations seraient nécessaires. La gravité serait liée aux animaux qui ne survivraient pas à la relocalisation.
4.2	Lignes de services publics		Négligeable	Négligeable (< 1 %)	Négligeable (< 1 %)	Élevée (continue)	Même que ci-dessus. Oléoducs et gazoducs.
4.3	Voies de transport par eau	D	Faible	Petite (1-10 %)	Extrême-moderée (11-100 %)	Élevée (continue)	Aucun dragage n'a été effectué dans le cours inférieur de la Thames depuis de nombreuses années (milieu des années 1950). L'Office de protection de la nature d'Ausable Bayfield n'en prévoit aucun. La rivière Sydenham a fait l'objet de certains travaux de dragage – pas spécifiquement dans les sites où la moule verruqueuse est présente, mais dans les affluents à proximité (estimation prudente de 500 km de dragage au cours des 10 dernières années) et comprend des nettoyages et de nouveaux systèmes de drainage souterrains/zones fermées – certaines zones peuvent être fermées et possiblement canalisées. Il semble que le processus soit en cours. La gravité est élevée, car on ne sait pas si, en cas de dragage, des mesures d'atténuation seraient nécessaires. S'il est nécessaire de fouiller dans les tas de déblais de dragage pour pouvoir retourner les moules dans la rivière, la gravité serait beaucoup moins élevée, mais il y aurait tout de même une certaine mortalité, car on perdrait certains animaux ou si une certaine mortalité est associée à une relocalisation. Si le dragage n'est pas atténué, la gravité serait extrême, puisque toutes les moules présentes dans les déblais de dragage seraient vouées à la mort.
4.4	Corridors aériens						
5	Utilisation des ressources biologiques		Négligeable	Négligeable (< 1 %)	Négligeable (< 1 %)	Élevée (continue)	
5.1	Chasse et capture d'animaux terrestres						
5.2	Cueillette de plantes terrestres						
5.3	Exploitation forestière et récolte de bois						

Menace		Impact (calculé)		Portée (10 prochaines années)	Gravité (10 ans ou 3 générations)	Immédiateté	Commentaires
5.4	Pêche et récolte de ressources aquatiques		Négligeable	Négligeable (< 1 %)	Négligeable (< 1 %)	Élevée (continue)	Pêche de poissons hôtes : la barbu de rivière ferait l'objet d'une pêche récréative, mais peut-être pas d'une pêche importante. La capture et la remise à l'eau ne sont probablement pas nuisibles, mais la capture et la conservation entraîneraient une mortalité de 100 % des glochidies dans les branchies. Aucune des espèces de poissons hôtes fait l'objet d'une pêche sportive, la récolte des hôtes serait donc minime. Récolte pour la recherche : des méthodes d'échantillonnage non létales sont généralement employées (p. ex. l'écouvillonnage plutôt que le prélèvement de spécimens témoins aux fins d'analyses génétiques), la mortalité pour la recherche serait donc très faible.
6	Intrusions et perturbations humaines		Négligeable	Généralisée (71-100 %)	Négligeable (< 1 %)	Élevée (continue)	
6.1	Activités récréatives		Négligeable	Généralisée (71-100 %)	Négligeable (< 1 %)	Élevée (continue)	Nous savons que les gens utilisent ces plans d'eau à des fins récréatives (bateaux, canots, pêche). Des VTT passent dans la rivière Sydenham. La portée est généralisée, car ces activités se déroulent dans les trois rivières et de nombreux individus y sont exposés. La gravité est très faible, car l'espèce est robuste et possède une coquille épaisse et pourrait survivre à certains impacts.
6.2	Guerre, troubles civils et exercices militaires						
6.3	Travail et autres activités		Négligeable	Petite (1-10 %)	Négligeable (< 1 %)	Élevée (continue)	Un permis en vertu de la LEP serait nécessaire pour tout travail, car espèce ne se trouve que dans l'habitat essentiel d'autres espèces en péril.
7	Modifications des systèmes naturels		Négligeable	Généralisée (71-100 %)	Négligeable (< 1 %)	Élevée (continue)	
7.1	Incendies et suppression des incendies						

Menace		Impact (calculé)		Portée (10 prochaines années)	Gravité (10 ans ou 3 générations)	Immédiateté	Commentaires
7.2	Gestion et utilisation de l'eau et exploitation de barrages		Inconnu	Généralisée (71-100 %)	Inconnue	Élevée (continue)	Y a-t-il une canalisation? Oui, dans certains drains de la Sydenham; pas spécifiquement dans les sites où se trouve la mulette verruqueuse, mais à proximité. Y a-t-il des prélèvements d'eau? Les données à ce sujet proviennent du ministère de l'Environnement, de la Conservation et des Parcs. Il semble y avoir des permis de prélèvement d'eau pour tous ces sites, ce n'est donc pas une nouvelle menace. Il s'agit de zones agricoles, donc nous supposons qu'il y a un prélèvement d'eau. La question est de savoir la quantité d'eau prélevée. Il est difficile d'établir un lien entre la mortalité et le prélèvement d'eau; nous ne savons donc pas quel est l'impact du prélèvement d'eau sur la mulette verruqueuse. Nous proposons donc une gravité inconnue. Des barrages sont présents dans les trois plans d'eau. La rivière Thames en compte le plus, et c'est là qu'on trouve les plus grandes structures (p. ex. réservoir Fanshawe) qui n'empêchent aucun passage de poissons. La portée est considérée comme généralisée, mais vers l'extrémité inférieure de la fourchette, et fait référence spécifiquement aux barrages.
7.3	Autres modifications de l'écosystème		Négligeable	Généralisée (71-100 %)	Négligeable (< 1 %)	Élevée (continue)	Modifications de l'habitat dues à des espèces exotiques envahissantes – gobie à taches noires, carpe commune, phragmites (peut-être dans le sous-bassin versant inférieur de la Thames). La gravité est très faible en raison de l'habitat dans lequel on trouve cette espèce (habitat fluvial par rapport aux milieux humides). Effet minime de l'élimination de l'habitat fluvial pour rouvrir d'anciennes rampes de mise à l'eau de canots et créer de nouvelles rampes dans le sous-bassin versant inférieur de la Thames.
8	Espèces et gènes envahissants ou autrement problématique	D	Faible	Généralisée (71-100 %)	Légère (1-10 %)	Élevée (continue)	

Menace		Impact (calculé)		Portée (10 prochaines années)	Gravité (10 ans ou 3 générations)	Immédiateté	Commentaires
8.1	Espèces ou agents pathogènes exotiques (non indigènes) envahissants	D	Faible	Généralisée (71-100 %)	Légère (1-10 %)	Élevée (continue)	Le gobie à taches noires a un impact direct, car il se nourrit de moules juvéniles (il s'agit de la principale menace de cette catégorie pesant sur la moule verruqueuse). La moule zébrée est présente dans la rivière Thames (Fanshawe) et le cours inférieur de la Sydenham, mais en faible quantité. Elle n'a pas été observée dans la rivière Ausable. La moule zébrée n'est pas susceptible d'envahir de nouvelles zones et ne demeure une menace que dans les zones qu'elle a déjà envahies (empêchant le rétablissement plutôt qu'augmentant l'impact). Sont-elles présentes dans la rivière Ausable? Seulement à la décharge du lac Huron, à Port Franks. La carpe noire (molluscivore) constitue une menace, mais il est peu probable qu'elle envahisse la rivière dans un avenir proche.
8.2	Espèces ou agents pathogènes indigènes problématiques	D	Faible	Grande-petite (1-70 %)	Légère (1-10 %)	Élevée (continue)	Prédation par le raton laveur et le malachigan. Les populations de ratons laveurs seraient à la hausse en Ontario. On n'a pas trouvé de données à l'appui de cette affirmation; on ne sait pas si c'est vrai ou du moins si ce n'est pas vrai pour les zones rurales. On pense que les populations de malachigans seraient également à la hausse. Cette affirmation n'a pas été confirmée. L'Office de protection de la nature de la région de St. Clair ne dispose pas de suffisamment de données sur les poissons pour formuler de commentaires à ce sujet. L'Office de protection de la nature d'Ausable Bayfield a quelques données sur le cours inférieur de l'Ausable, mais peu de malachigans y ont été prélevés au fil des ans. Les déplacements en amont seraient limités à cause des barrages et des autres structures sur les plans d'eau (surtout sur la Thames). Grande incertitude quant à la portée, car on ne connaît pas l'aire de répartition du malachigan dans les plans d'eau ni la taille de la population de ratons laveurs. La portée est basée principalement sur la prédation par le raton laveur.
8.3	Matériel génétique introduit						
8.4	Espèces ou agents pathogènes problématiques d'origine inconnue						
8.5	Maladies d'origine virale ou maladies à prions						
8.6	Maladies de cause inconnue						

Menace		Impact (calculé)		Portée (10 prochaines années)	Gravité (10 ans ou 3 générations)	Immédiateté	Commentaires
9	Pollution	C	Moyen	Généralisée (71-100 %)	Modérée (11-30 %)	Élevée (continue)	
9.1	Eaux usées domestiques et urbaines	CD	Moyen-faible	Généralisée (71-100 %)	Modérée-légère (1-30 %)	Élevée (continue)	Toutes les localités où se trouve la mullette verruqueuse sont exposées à ces menaces (portée élevée). Les rivières Ausable, Sydenham et Thames sont toutes fortement agricoles. La rivière Thames comporte une grande zone urbaine, de sorte que le sous-bassin versant inférieur de la Thames sera exposé à tout ce qui s'écoule de London. On a examiné le sel de voirie et les eaux usées. Une certaine incertitude quant à la gravité, car nous ne voyons pas de déclin drastiques, mais nous savons qu'il y a un impact. La gravité est modérée en raison de la combinaison de toutes les sources et de la synergie possible.
9.2	Effluents industriels et militaires	CD	Moyen-faible	Grande-petite (1-70 %)	Modérée-légère (1-30 %)	Élevée (continue)	La menace la plus probable est la rupture d'un oléoduc. L'échéancier comprend à la fois les menaces continues provenant de sources de pollution chroniques (principalement dans la partie inférieure des plans d'eau) et les événements à court terme (p. ex. rupture d'un oléoduc). La portée est grande afin de saisir l'impact d'un événement catastrophique se produisant dans la rivière Sydenham (~69 % de la population) ainsi que dans la rivière Ausable (~3 % de la population). La gravité est modérée en raison de la combinaison de toutes les sources et de la synergie possible.
9.3	Effluents agricoles et sylvicoles	CD	Moyen-faible	Généralisée (71-100 %)	Modérée-légère (1-30 %)	Élevée (continue)	Il s'agit de menaces en cours et chroniques auxquelles toutes les moules sont exposées dans le sud-ouest de l'Ontario. Nous n'assistons pas à des déclin drastiques, mais il y a probablement un impact. La gravité est modérée en raison de la combinaison de toutes les sources et de la synergie possible.
9.4	Déchets solides et ordures						
9.5	Polluants atmosphériques						
9.6	Apports excessifs d'énergie						
10	Phénomènes géologiques						
10	Volcans						
10	Tremblements de terre et tsunamis						
10	Avalanches et glissements de terrain						

Menace		Impact (calculé)		Portée (10 prochaines années)	Gravité (10 ans ou 3 générations)	Immédiateté	Commentaires
11	Changements climatiques et phénomènes météorologiques violents	CD	Moyen-faible	Généralisée (71-100 %)	Modérée-légère (1-30 %)	Élevée (continue)	Beaucoup d'effets indirects. Les moules sont vulnérables aux changements climatiques, car elles sont sessiles à l'âge adulte et dépendent d'un hôte pour compléter leur cycle vital.
11	Déplacement et altération de l'habitat						Les systèmes sont bien protégés contre l'acidification.
11	Sécheresses	CD	Moyen-faible	Généralisée (71-100 %)	Modérée-légère (1-30 %)	Élevée (continue)	Seule menace qui aurait uniquement des effets néfastes. La portée est élevée en tant que menace possible pour toutes les sous-populations.
11	Températures extrêmes		Inconnu	Généralisée (71-100 %)	Inconnue	Élevée (continue)	Les changements de la température de l'eau (sous la limite supérieure létale de l'OPQE) pourraient être bénéfiques. L'augmentation de la température pourrait profiter aux espèces hôtes et/ou à la productivité du système, ce qui profiterait à son tour à la moule verruqueuse. Gravité inconnue. La portée est élevée en tant que menace possible pour toutes les sous-populations.
11	Tempêtes et inondations		Inconnu	Grande (31-70 %)	Inconnue	Élevée (continue)	Les rivières Sydenham, Thames et Ausable ont toutes des niveaux d'eau très variables (avec crues soudaines). Gravité inconnue. Pourrait être faible, car l'espèce est robuste et adaptée à la vie dans de grands systèmes fluviaux. Serait capable de résister à un épisode d'affouillement/tempête/inondation.
12	Autres impacts						

Classification des menaces d'après l'IUCN-CMP, Salafsky *et al.* (2008).