



Pêches et Océans  
Canada

Fisheries and Oceans  
Canada

Sciences des écosystèmes  
et des océans

Ecosystems and  
Oceans Science

## **Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS)**

---

**Document de recherche 2022/081**

**Région de la capitale nationale**

### **Données scientifiques sur l'utilisation des périodes particulières comme mesure d'atténuation**

Tyler D. Tunney<sup>1</sup>, Douglas C. Braun<sup>2,3</sup>, Jonathan D. Midwood<sup>4</sup>, Sean M. Naman<sup>2</sup>,  
et Jordan Roszell<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre des pêches du Golfe  
Pêches et Océans Canada  
343 Université Ave  
Moncton, NB E1C 5K4

<sup>2</sup> Direction de Science  
d'écosystèmes d'eau douce, Région du Pacifique  
Pêches et Océans Canada  
4222 Autoroute Columbia Valley  
Cultus Lake BC, V2R 5B6

<sup>3</sup> School of Resource and Environmental Management  
Simon Fraser University  
8888 University Drive  
Burnaby BC, V5A 1S6

<sup>4</sup> Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques  
Pêches et Océans Canada  
867, chemin Lakeshore  
Burlington (Ontario) L7S 1A1

---

## Avant-propos

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

### Publié par :

Pêches et Océans Canada  
Secrétariat canadien des avis scientifiques  
200, rue Kent  
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

<http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/>  
[csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca](mailto:csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca)



© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du  
ministère des Pêches et des Océans, 2023

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-46773-3 N° cat. Fs70-5/2022-081F-PDF

### La présente publication doit être citée comme suit :

*Tunney, T.D., Braun, D.C., Midwood, J.D., Naman, S.M., et Roszell, J. 2023. Données scientifiques sur l'utilisation des périodes particulières comme mesure d'atténuation. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/081. v + 90 p.*

### Also available in English :

Tunney, T.D., Braun, D.C., Midwood, J.D., Naman, S.M., and Roszell, J. 2023. Science on the use of timing windows as a mitigation measure. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2022/081. v + 81 p.

---

---

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	v
1. INTRODUCTION .....	1
1.1. BUT ET OBJECTIFS.....	4
2. RISQUE ET GESTION DU RISQUE DANS UN CONTEXTE DE PÉRIODES PARTICULIÈRES .....	5
3. EXAMEN DE LA DOCUMENTATION SUR LES PÉRIODES PARTICULIÈRES .....	7
3.1. MÉTHODES.....	7
3.2. RÉSULTATS .....	8
3.2.1. Recherche et extraction de documents.....	8
3.2.2. Tendances dans la littérature sur les périodes particulières .....	9
3.2.3. Examen des études de justification des périodes particulières.....	11
3.2.4. Évaluation des périodes particulières .....	14
3.2.5. Cadres.....	15
3.2.6. Principales considérations .....	17
4. PÉRIODES PARTICULIÈRES EN EAU DOUCE AU CANADA .....	18
4.1. MÉTHODES .....	18
4.2. SOMMAIRE.....	18
4.2.1. Principales considérations .....	25
5. CONSIDÉRATIONS POUR CONCEVOIR, APPLIQUER ET MODIFIER LES PÉRIODES PARTICULIÈRES .....	25
5.1. PROCESSUS VITAUX DU POISSON .....	30
5.1.1. Migration .....	32
5.1.2. Fraie .....	33
5.1.3. Naissance .....	34
5.1.4. Croissance .....	35
5.1.5. Alimentation .....	36
5.1.6. Refuge.....	37
5.2. PRÉDICTEURS ENVIRONNEMENTAUX DES PÉRIODES CHEZ LES POISSONS ....	38
5.3. CARACTÉRISTIQUES DE L'OEA .....	40
5.3.1. Périodes .....	40
5.3.2. Persistance .....	41
5.4. CARACTÉRISTIQUES DE L'HABITAT .....	43
5.4.1. Période des événements liés à l'habitat et des interactions avec les OEA.....	43
5.4.2. Prévisibilité du changement temporel de l'habitat.....	45
5.4.3. Mécanismes des pressions de l'OEA et des conditions changeantes de l'habitat....	46
5.4.4. Décalage entre le changement de l'habitat et la vulnérabilité du poisson .....	47
5.4.5. Interactions différées entre l'OEA et les conditions de l'habitat .....	47
5.4.6. D'autres pressions locales et régionales peuvent interagir avec les OEA .....	50

---

5.5. AUTRES CONSIDÉRATIONS .....	51
5.5.1. Efficacité de la période particulière .....	51
5.5.2. Variabilité de la période et résilience .....	53
5.5.3. Incertitude et périodes particulières préventives.....	55
5.5.4. Considérations relatives à la communauté .....	55
5.5.5. Changements climatiques.....	56
6. AVIS SUR LA CONCEPTION D'ÉTUDES VISANT À ÉVALUER L'EFFICACITÉ DES PÉRIODES PARTICULIÈRES.....	56
6.1. UNE APPROCHE PROGRESSIVE POUR LES ÉTUDES DE L'EFFICACITÉ DES PÉRIODES PARTICULIÈRES .....	58
6.1.1. Niveau 1 (probabilité d'exposition).....	60
6.1.2. Niveau 2 (conséquence de l'exposition sur un processus).....	60
6.1.3. Niveau 3 (conséquence de l'exposition sur la population).....	61
6.1.4. Exemple d'application d'une approche progressive à l'efficacité .....	62
6.2. APPROCHE FONDÉE SUR LE POIDS DE LA PREUVE.....	63
6.3. AUTRES CONSIDÉRATIONS .....	64
7. CONCLUSIONS.....	64
8. RÉFÉRENCES CITÉES .....	66
ANNEXE A. GLOSSAIRE .....	78
ANNEXE B. RENSEIGNEMENTS SUPPLÉMENTAIRES.....	80
B.1. TERMES DE RECHERCHE DANS LA DOCUMENTATION .....	80
B.2. LISTE D'OUVRAGES POUR L'ANALYSE DOCUMENTAIRE .....	81
B.3. SOURCES DE PÉRIODES PARTICULIÈRES .....	87
B.4. ESPÈCES VISÉES PAR DES PÉRIODES PARTICULIÈRES AU CANADA.....	88
B.5. PÉRIODES PARTICULIÈRES DE LA MARINE CANADIENNE.....	90

---

## RÉSUMÉ

Les périodes particulières désignent une mesure d'atténuation qui définit les périodes où les ouvrages, entreprises ou activités (OEA) posent un risque faible de dommages au poisson et à son habitat. Le Programme de protection du poisson et de son habitat (PPPH) de Pêches et Océans Canada a demandé un avis scientifique sur l'utilisation des périodes particulières. Pour répondre à cette demande, le présent document s'articule autour de trois objectifs principaux énoncés dans le mandat. Tout d'abord, nous avons réalisé une recherche documentaire qui a permis de constater que peu de recherches scientifiques évaluées par des pairs ont porté sur les périodes particulières et que la documentation à ce sujet est dominée par les documents consacrés aux activités de dragage. Un examen approfondi de la justification, de l'efficacité et des cadres relatifs aux périodes particulières est fourni. Au Canada, l'utilisation des périodes particulières, leur justification et les considérations connexes varient d'une province et d'un territoire à l'autre, mais la fraie est souvent mentionnée comme le processus vital du poisson qui est ciblé pour la protection. Ensuite, nous présentons un modèle conceptuel qui décrit un ensemble de justifications et de considérations pour la création ou la modification de périodes particulières en mettant l'accent sur (1) la période et la vulnérabilité des processus vitaux du poisson, (2) les caractéristiques des OEA et les pressions connexes et (3) les caractéristiques des conditions de l'habitat et environnementales. Il est important de noter que la vulnérabilité des processus vitaux aux OEA varie. Toutefois, certains de ces processus se prêtent mieux à l'utilisation de périodes particulières compte tenu de leurs caractéristiques, comme une période bien définie et prévisible. D'autres considérations relatives à la migration, à la fraie, à l'alimentation, à la naissance, à la croissance et à l'utilisation des refuges sont également présentées dans le document. Les caractéristiques des pressions liées aux OEA, y compris leur période et leur persistance, sont aussi des facteurs clés à prendre en compte pour les périodes particulières. L'interaction des pressions avec l'habitat du poisson sera influencée par les caractéristiques de l'habitat et le contexte environnemental. La protection des processus de l'habitat au moyen de périodes particulières dépendra de la prévisibilité des processus, des mécanismes qui réglementent les pressions de l'OEA et du processus de l'habitat, ainsi que du degré de chevauchement et de la force de la pression pendant l'exposition. Enfin, nous présentons une approche à trois niveaux pour évaluer l'efficacité des périodes particulières afin de réduire le risque d'exposition des processus vitaux ou de l'habitat du poisson, les effets des pressions sur le processus exposé et le risque au niveau de la population. Les études à chaque niveau peuvent orienter les comparaisons de l'évolution du risque au fil du temps, un facteur clé au moment de choisir l'une des périodes particulières possibles. Le présent document fait progresser l'état des connaissances sur l'utilisation des périodes particulières et sur l'évaluation de leur efficacité. Le PPPH peut utiliser l'information présentée pour établir un cadre scientifique sur les périodes particulières pour guider leur création et leur modification, afin d'aider les praticiens à déterminer les risques potentiels posés par les OEA en dehors des périodes établies et à s'adapter aux conditions environnementales changeantes.

# 1. INTRODUCTION

Le Programme de protection du poisson et de son habitat (PPPH) de Pêches et Océans Canada (MPO) a mis en place un régime de réglementation pour éviter, atténuer et compenser les conséquences indésirables des ouvrages, entreprises et activités (OEA) autres que la pêche sur le poisson et son habitat (MPO 2019a). Dans le cadre du processus de gestion du risque (voir la section 3 ci-après), nous utilisons une approche de séquences des effets (SE) pour déterminer les liens entre les OEA et leurs pressions sur les effets qui sont nocifs pour le poisson et son habitat – en d’autres termes, (1) la mort du poisson (article 34.4 de la *Loi sur les pêches*) et (2) la détérioration de l’habitat du poisson qui soutient les processus vitaux du poisson (article 35 de la *Loi sur les pêches*) [Brownscombe et Smokorowski 2021]. Lorsqu’il n’est pas possible d’éviter complètement les effets indésirables des OEA, on applique des mesures d’atténuation pour réduire l’échelle spatiale, la durée et l’intensité des pressions (MPO 2019a) [figure 1].

## Séquences des effets

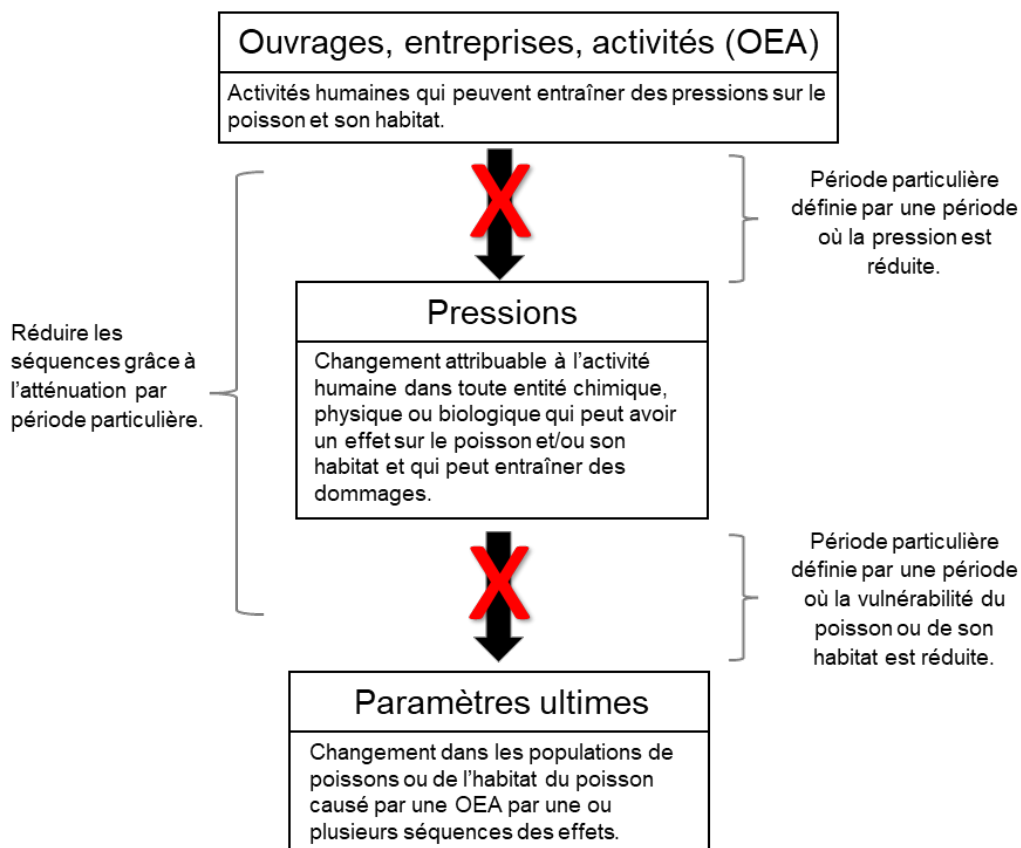


Figure 1. Schéma montrant comment on peut utiliser des périodes particulières comme mesure d’atténuation pour rompre les liens entre les composantes clés le long des séquences des effets. Les périodes particulières peuvent permettre de réduire la pression exercée par un OEA (par exemple, les travaux sont effectués à un moment de l’année où la pression peut être réduite). Une période particulière pourrait également servir à réduire le risque de pression sur un effet ultime (par exemple, les travaux sont effectués à une période de l’année où le risque pour le poisson et son habitat, comme la vulnérabilité) est réduit. Les périodes particulières peuvent également agir pour réduire la force des liens tout au long de la séquence des effets.

Les périodes particulières sont une mesure d'atténuation qui définit les périodes de l'année où les travaux peuvent avoir lieu, compte tenu du risque réduit d'effets négatifs sur le poisson et son habitat et, par conséquent, sur les processus vitaux essentiels du poisson (par exemple, fraie, migration, naissance et croissance, alimentation et utilisation des refuges) [figure 2]. Elles sont également appelées « périodes environnementales », « périodes des travaux » ou plus précisément, « périodes d'activité restreinte ». Ces dernières définissent les périodes de risque élevé pendant lesquelles des activités ne devraient pas avoir lieu. Les périodes particulières ne sont pas utilisées pour atténuer les pressions permanentes ou soutenues à long terme (perturbations continues), mais elles sont imposées pour réduire les dommages associés aux pressions durant des périodes précises du cycle annuel des processus vitaux d'un poisson. Ainsi, les périodes particulières atténuent une composante temporelle ou saisonnière des diagrammes des séquences des effets des pressions, de même que les réactions des effets ultimes comme la mortalité et la capacité réduite des habitats à soutenir les processus vitaux des poissons.

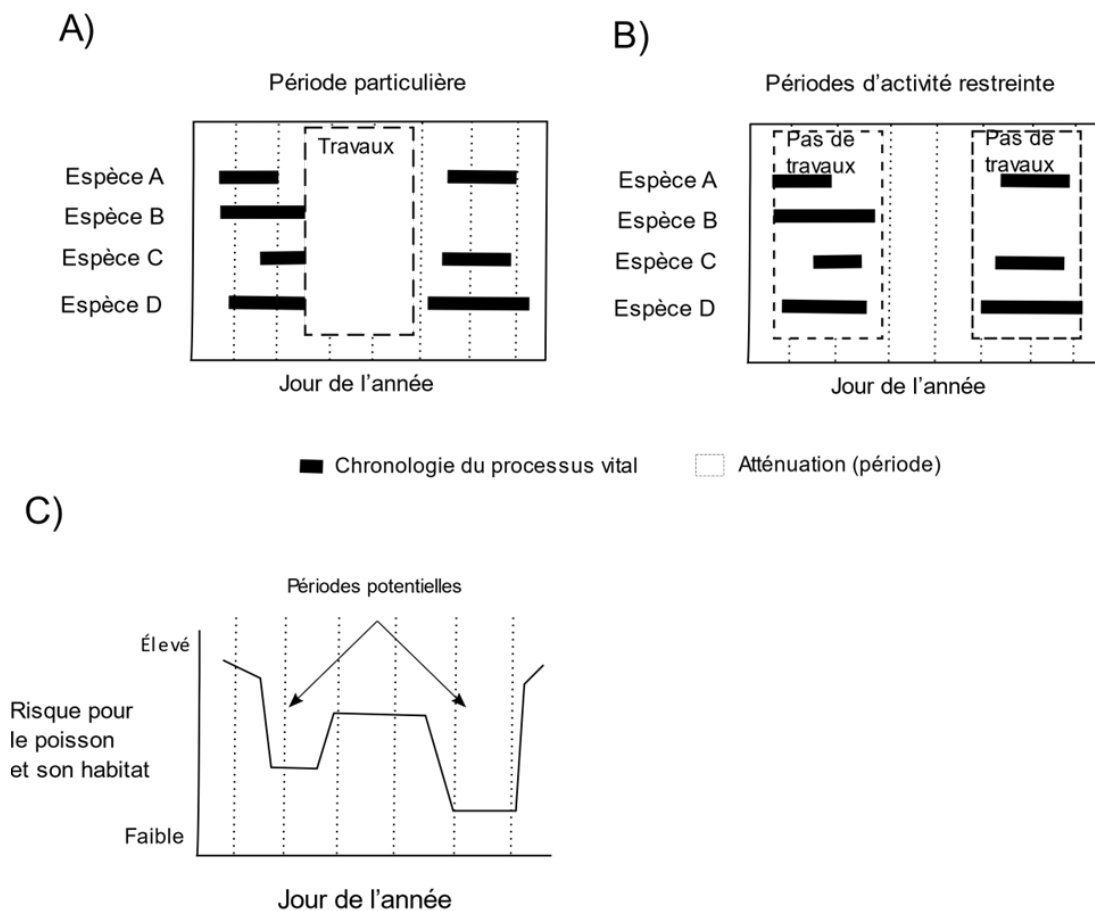


Figure 2. Schémas illustrant les concepts clés des périodes particulières. A) Une période particulière désigne la période où le risque des OEA est réduit. Par exemple, la période particulière ne chevauche pas la période des processus vitaux de plusieurs espèces d'intérêt pour la gestion. B) Une période d'activité restreinte désigne la période où les risques pour les espèces sont élevés et où le travail ne devrait pas chevaucher la période des processus vitaux des espèces (à l'inverse d'une période particulière). C) La relation entre la période et l'ampleur du risque pour les processus vitaux du poisson. Les périodes particulières possibles sont définies comme la période de l'année où les risques liés aux pressions des OEA sont les plus faibles. S'il n'y a pas de variabilité du risque, il n'y a pas de période particulière.

---

Les périodes particulières sont utilisées pour protéger le biote aquatique et terrestre, ainsi que leurs écosystèmes, à l'échelle internationale (par exemple, Wu *et al.* 2018; Wickliffe *et al.* 2019). Au Canada, les périodes particulières sont l'une des mesures d'atténuation les plus fréquemment utilisées pour protéger le poisson et son habitat, et elles sont généralement appliquées avec d'autres mesures. Les périodes particulières sont établies par les ministères provinciaux et territoriaux responsables de la gestion des ressources, le MPO ou une combinaison des deux dans certaines administrations. Le [site Web du MPO](#) donne des liens vers des sources provinciales sur les périodes particulières dans les eaux douces au Canada, les emplacements où elles s'appliquent et certains renseignements sur leur utilisation. Elles sont également résumées plus loin, dans la section 4.

Les principes fondamentaux qui sous-tendent les périodes particulières sont intuitifs et étayés par d'autres domaines de la science et de la gestion. La détermination de la période des événements est un thème majeur de la recherche scientifique dans de nombreux domaines de la biologie et de l'écologie (Forrest *et al.* 2010; Chuine et Régnière 2017). Le cycle biologique (la séquence des événements liés à la croissance, à la reproduction et à la survie au cours de la vie d'un organisme) occupe une place primordiale dans la discipline de l'écologie du poisson (Roff 1984; Winemiller 2005) et joue un rôle clé dans la science qui guide la gestion du poisson et de son habitat (Winemiller 2005). Les périodes sont utilisées comme outil provisoire (par exemple, fermetures) dans la gestion des pêches pour réagir à la variabilité à court terme de l'environnement. Par exemple, un protocole relatif aux eaux chaudes est en place dans plusieurs rivières du Nouveau-Brunswick afin de gérer les activités de pêche récréative et de réduire le risque de mortalité lorsque la température dépasse les limites physiologiques des poissons (par exemple, le saumon atlantique [*Salmo salar*]) [Breau *et al.* 2012]. Cependant, il peut être difficile pour la science et la gestion de définir des périodes particulières à l'aide de renseignements appropriés et de déterminer si elles sont efficaces pour atténuer les dommages causés au poisson et à son habitat.

L'efficacité d'une mesure d'atténuation ou d'un contrôle opérationnel peut être définie par le fait que la mesure produit ou non le résultat attendu (ou visé) lorsqu'elle est appliquée (Cormier *et al.* 2017). Une période particulière efficace réduira le risque de dommages causés par les OEA au poisson et à son habitat dans une zone géographique et une période définies par l'écologie de l'espèce ou de l'habitat cible. Il est difficile de définir des périodes particulières efficaces, et il faut disposer de renseignements scientifiques qui tiennent compte de la phénologie (c.-à-d. l'étude de la période des événements naturels [Mundy et Evenson 2011]), de l'habitat et des processus vitaux, ainsi que des changements temporels de la vulnérabilité du poisson et de son habitat aux pressions créées par les OEA. Les périodes particulières peuvent donc répondre à diverses intentions. Néanmoins, l'intention devrait correspondre aux objectifs stratégiques et être clairement énoncée afin que l'efficacité puisse être testée. Pour les praticiens, l'application de périodes particulières efficaces est importante pour atténuer les pressions des OEA et assurer la conformité du projet à la *Loi sur les pêches*. Des mesures d'atténuation efficaces sont nécessaires pour atteindre les objectifs plus vastes de conservation et de protection du poisson et de son habitat au Canada. Cependant, il reste des inconnues dans nos connaissances sur l'efficacité des périodes particulières.

Le PPPH demande un avis sur l'utilisation des périodes particulières comme mesure d'atténuation. Les périodes particulières varient d'une province et d'un territoire à l'autre en fonction de leurs caractéristiques (par exemple, échelles spatiales) et de leur intention de protéger un assemblage diversifié d'espèces, de processus vitaux et d'habitats. Il est donc intéressant d'examiner les diverses approches utilisées à l'échelle du Canada pour déterminer et mettre en œuvre des périodes particulières. Le PPPH est aussi régulièrement confronté à des demandes d'autorisation pour réaliser des OEA en dehors des périodes particulières



---

existantes. Il conviendrait de prendre ces décisions en s'appuyant sur des renseignements scientifiques (qui peuvent comprendre l'examen de mesures d'atténuation supplémentaires) afin de réduire les dommages au poisson et à son habitat, mais il y a actuellement peu d'orientations sur les éléments à prendre en considération pour créer, modifier (par exemple, prolonger) ou appliquer des périodes particulières. L'élaboration de ces orientations est très complexe, car les exigences liées au poisson et à son habitat changent – nos écosystèmes et nos sociétés ne sont pas statiques (Carpenter *et al.* 2011; Arlinghaus *et al.* 2015). En d'autres termes, les mesures de gestion fondées sur l'expérience pourraient ne pas produire le résultat souhaité à l'avenir.

Dans le présent document, nous essayons de maintenir l'uniformité de la terminologie et des orientations avec les récents processus du Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS). L'avis demandé dans le cadre de ce processus pourrait être utilisé pour élaborer un cadre axé sur les risques; nous avons donc consulté le PPPH et des documents antérieurs du SCAS pour obtenir de l'information sur les risques. Notre approche comprend des références aux OEA, aux pressions et aux effets pour le poisson et son habitat. Toutefois, pour consulter un examen de tous les effets qui pourraient servir de justification pour les périodes particulières, nous renvoyons les lecteurs aux documents récents du SCAS sur les séquences des effets (Brownscombe et Smokorowski 2021; MPO 2021). Aux fins du présent document, les justifications sont des raisons ou des bases logiques utilisées pour créer ou modifier une période particulière et qui pourraient servir à évaluer l'efficacité des périodes particulières. Nous précisons également que la création et la modification de périodes particulières peuvent tenir compte de facteurs socioéconomiques, comme le coût relatif des activités ou les préoccupations liées à la sécurité des travaux; toutefois, nous ne mentionnons que brièvement ces considérations.

## **1.1. BUT ET OBJECTIFS**

Le présent document de recherche fait suite à la demande du PPPH pour obtenir un avis scientifique sur l'utilisation des périodes particulières comme mesure d'atténuation. Notre objectif est de produire un document qui sert d'étape dans le processus d'établissement de l'état des connaissances sur l'utilisation des périodes particulières. Nous nous efforçons de donner un avis sur la science en cause afin de guider la création et la modification des périodes particulières et d'évaluer leur efficacité. À cette fin, le présent document vise trois objectifs principaux :

1. Examiner et synthétiser les exemples d'utilisation de périodes particulières pour atténuer les effets sur le poisson et son habitat. Cet examen contribuera à l'établissement de nouvelles périodes particulières, ou à l'amélioration de celles qui existent, et à leur application. Cet examen peut inclure les éléments suivants, sans s'y limiter :
  - a. Les études scientifiques qui fournissent la justification écologique de l'utilisation des périodes particulières, les études de l'efficacité et les cadres ou outils de décision qui ont contribué à l'établissement des périodes particulières.
  - b. Les considérations et le raisonnement d'autres entités (c'est-à-dire d'autres gouvernements et organisations) qui peuvent avoir contribué à l'établissement, à l'application et à l'évaluation des périodes particulières.
2. Élaborer un ensemble normalisé de critères ou de principes scientifiques applicables à l'échelle nationale qui devraient être pris en compte dans l'élaboration d'un cadre fondé sur le risque pour guider la création de périodes particulières efficaces, la modification/le perfectionnement des périodes particulières existantes et leur utilisation.

- 
3. Fournir des avis sur la conception d'études visant à évaluer l'efficacité des périodes particulières. Il peut s'agir d'approches de recherche, de surveillance ou de modélisation.

Pour atteindre ces objectifs, nous : (1) examinons la documentation sur les périodes particulières qui est disponible dans une base de données principale et un moteur de recherche, ainsi que sur les sites Web des gouvernements nord-américains en nous intéressant en particulier aux tendances dans les types d'études entreprises et les renseignements relatifs aux cadres, aux justifications et aux évaluations de l'efficacité; (2) élaborons un ensemble normalisé de critères pour guider la création ou la modification de périodes particulières, y compris une approche conceptuelle définissant les trois principaux domaines pris en compte : les processus vitaux des poissons, les caractéristiques des pressions des OEA et les caractéristiques de l'habitat; et (3) présentons un avis sur la conception des études et de la surveillance permettant d'évaluer l'efficacité des périodes particulières selon une approche à trois niveaux qui inclut des études de la probabilité d'exposition à une pression d'un OEA, les conséquences de l'exposition pour les processus vitaux ou de l'habitat et les effets au niveau de la population.

## **2. RISQUE ET GESTION DU RISQUE DANS UN CONTEXTE DE PÉRIODES PARTICULIÈRES**

Le terme « risque » est utilisé tout au long du présent document dans notre discussion sur les périodes particulières. C'est pourquoi nous fournissons une courte section autonome pour définir le risque et quelques composantes du processus de gestion du risque avant d'entamer l'objectif 1. Cette section servira de référence pour le risque dans les discussions ultérieures. Le risque appliqué au processus décisionnel en matière d'environnement est un domaine relativement jeune, et une application plus officielle de l'évaluation du risque a pris de l'ampleur à l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis à la fin des années 1970 ([About Risk Assessment](#)). Il existe de nombreuses définitions du risque, qui peuvent généralement être comprises de deux façons (Bradford *et al.* 2015) : (1) Définitions des probabilités et de la conséquence. Quelle est la probabilité qu'un événement se produise et quelle est la conséquence de cet événement? (2) Définitions des incertitudes liées au résultat d'événements futurs. Quelles sont les incertitudes dans les résultats d'un événement qui se produira? Quelle est l'ampleur de la conséquence? Les deux définitions sont utiles pour tenir compte du risque par rapport aux périodes particulières.

Les périodes particulières peuvent être définies en déterminant comment le risque varie avec le temps et en tenant compte d'un niveau de tolérance au risque acceptable pour la gestion. L'évolution du risque au fil du temps est déterminée au moyen d'une évaluation du risque (figure 3), qui comporte habituellement une analyse du risque. C'est l'étape du processus d'évaluation du risque où l'on a besoin de la science et des données pour estimer le risque. La détermination du niveau de tolérance au risque relève généralement de la gestion du risque (traitement), une activité de gestion qui nécessite la prise de décisions. Toutes ces activités seront guidées par un processus plus vaste de gestion du risque (figure 3; MPO 2015).

Le risque lié aux périodes particulières peut être déterminé de diverses façons et à différentes fins. Le résultat souhaité d'une évaluation du risque pourrait être de savoir si une période particulière donnée réduira les effets d'un OEA sur une population. Par ailleurs, l'objectif peut être d'estimer la probabilité qu'une pression coïncide avec une condition environnementale ou un processus vital et expose le poisson ou son habitat au-delà du niveau de tolérance acceptable. Des périodes particulières ont été utilisées pour réduire le risque de dommages en évitant l'exposition du poisson et de son habitat aux pressions pendant les périodes où les

conséquences sont graves pour les poissons. Le PPPH applique une approche de gestion du risque au processus décisionnel pour les mesures de gestion, y compris les périodes particulières (MPO 2019a). Un cadre axé sur les risques n'a pas encore été élaboré spécialement pour les périodes particulières. Un cadre peut tenir compte des éléments suivants :

1. Un processus plus vaste d'évaluation du risque.
2. L'harmonisation avec les objectifs stratégiques.
3. Les cadres d'analyse du risque, les outils de gestion du risque (par exemple, diagrammes des séquences des effets) et les indicateurs existants.
4. La production d'une estimation du risque qui peut être évaluée par rapport à un niveau de tolérance dans la gestion du risque (traitement).
5. L'amélioration continue pour comprendre le risque (recherche et surveillance).

### ISO 31000:2009

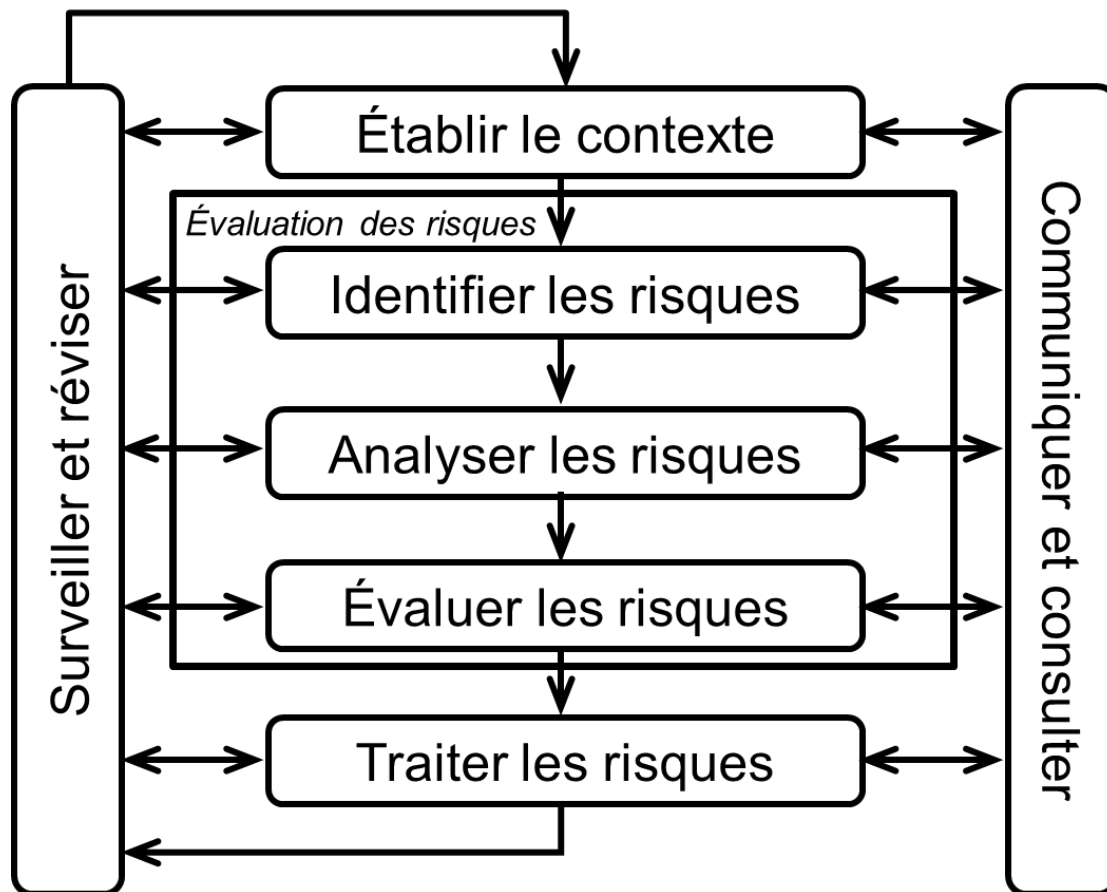


Figure 3. Tiré de MPO (2015). Diagramme schématisant la structure d'un cadre de gestion du risque conforme aux lignes directrices de la norme ISO 31000. Trois niveaux sont mis en évidence dans l'évaluation du risque : la définition, l'analyse et l'évaluation. L'évaluation est suivie d'un traitement du risque. Un élément clé du diagramme est le cycle d'amélioration continue qui comprend la surveillance et l'examen. Il peut inclure l'évaluation de l'efficacité des instruments du programme (par exemple, les mesures d'atténuation).

---

### 3. EXAMEN DE LA DOCUMENTATION SUR LES PÉRIODES PARTICULIÈRES

Nous avons procédé à une analyse documentaire pour déterminer les connaissances sur l'utilisation et l'efficacité des périodes particulières. Pour l'examen, nous avons suivi une version abrégée d'un examen systématique selon les méthodes d'analyse documentaire publiées dans de récents documents du SCAS (voir Braun *et al.* 2019; Caskenette *et al.* 2020). L'examen comportait les étapes suivantes : (1) élaborer une liste de termes de recherche; (2) déterminer les bases de données principales et y rechercher les termes de recherche; (3) évaluer l'exhaustivité de la recherche; (4) filtrer les documents en fonction des critères d'admissibilité; et (5) catégoriser les documents en fonction de leur contenu (voir ci-après).

#### 3.1. MÉTHODES

Pour élaborer nos termes de recherche, nous avons d'abord effectué une recherche rapide dans Google Scholar en utilisant des termes clés tirés de discussions avec les membres du comité directeur. Nous avons également utilisé le récent document du SCAS sur les séquences des effets comme source de termes clés pour les OEA et les pressions que des périodes particulières pourraient atténuer (Brownscombe et Smokorowski 2021). Les termes de recherche ont été classés en cinq catégories : (1) Organisme; (2) OEA; (3) Pressions; (4) Habitat; et (5) Atténuation. Ces catégories ont été liées par l'opérateur « ET » ou ont été combinées en une seule catégorie lorsque nous avons établi nos stratégies de recherche (voir les termes de recherche à l'annexe B). Les termes de chaque catégorie ont été combinés à l'aide de l'opérateur « OU ».

Nous avons mené nos recherches dans Web of Science et Google Scholar en octobre et novembre 2021. Les recherches dans Web of Science ont été effectuées directement dans le site Web, et les termes de recherche ont été combinés pour élaborer des chaînes de recherche en utilisant « ET » et « OU ». Nous avons utilisé le logiciel [Publish or Perish](#) pour les recherches dans Google Scholar (par exemple, Hodgson *et al.* 2020), en reprenant les mêmes chaînes de recherche que dans Web of Science. Cet outil a été configuré pour retourner les 1 000 premiers éléments de recherche. Différentes chaînes de recherche (annexe B) ont été utilisées pour effectuer 15 recherches appariées dans Web of Science et Google Scholar.

Nous avons concentré une recherche secondaire dans six bases de données gouvernementales, dont la Réseau Canadien des Bibliothèques Scientifiques Fédérales et cinq sites du gouvernement des États-Unis (voir la figure 3). Cette recherche a également été réalisée en octobre et novembre 2021. Chaque base de données a été consultée à l'aide de combinaisons de termes utilisés pour les recherches dans Web of Science et Google Scholar. Cependant, le nombre de termes de recherche était limité dans certaines de ces bases de données et, par conséquent, l'ensemble précis de recherches différait. Nous avons mené 27 recherches à l'aide des bases de données gouvernementales.

La documentation a été examinée en deux étapes : (1) le titre et le résumé et (2) le texte intégral. Deux examinateurs ont effectué des contrôles rapides de la cohérence au niveau du titre et du résumé. Les doublons ont été supprimés à chaque étape de la recherche documentaire. En fonction de nos objectifs généraux, nous avons inclus dans nos résultats des documents sur l'élaboration (y compris la justification), l'utilisation et l'application, ainsi que l'évaluation des périodes particulières. Nous avons un nombre ingérable de documents sur les pressions générées par les OEA et les effets sur différentes espèces et différents stades de vie des poissons. C'est pourquoi la liste finale des documents inclus dans l'examen ne comprenait que des documents qui mentionnaient spécialement les périodes particulières, un synonyme ou une application de gestion qui correspond à la définition des périodes particulières. Les résumés de conférences, les diapositives de présentations et l'examen de certains projets qui

ne comprennent que la période particulière précise utilisée n'ont pas été inclus. Pour nous assurer que notre ensemble d'articles était complet, la dernière étape de notre recherche a consisté à vérifier les listes de référence des documents de base en fonction des mêmes critères, et tous les autres documents trouvés ont été inclus dans l'examen.

## 3.2. RÉSULTATS

### 3.2.1. Recherche et extraction de documents

Une recherche dans Web of Science et Google Scholar a produit 22 095 documents. Après avoir examiné le titre et le résumé de ces documents, nous en avons conservé 288 et avons réduit ce nombre à 54 documents à examiner après l'élimination des doublons. Les recherches effectuées dans la base de données du gouvernement ont donné 6 880 documents, dont 58 ont été conservés après vérification du titre, du résumé et du texte intégral et élimination des doublons. Le total pour toutes les bases de données combinées, après suppression des doublons, était de 92, plus 18 documents ajoutés à partir des références de ces documents. Une fois le processus terminé, nous avons conservé pour l'examen 110 documents, représentant tous les documents de notre recherche qui comprenaient une référence aux périodes particulières (figure 4).

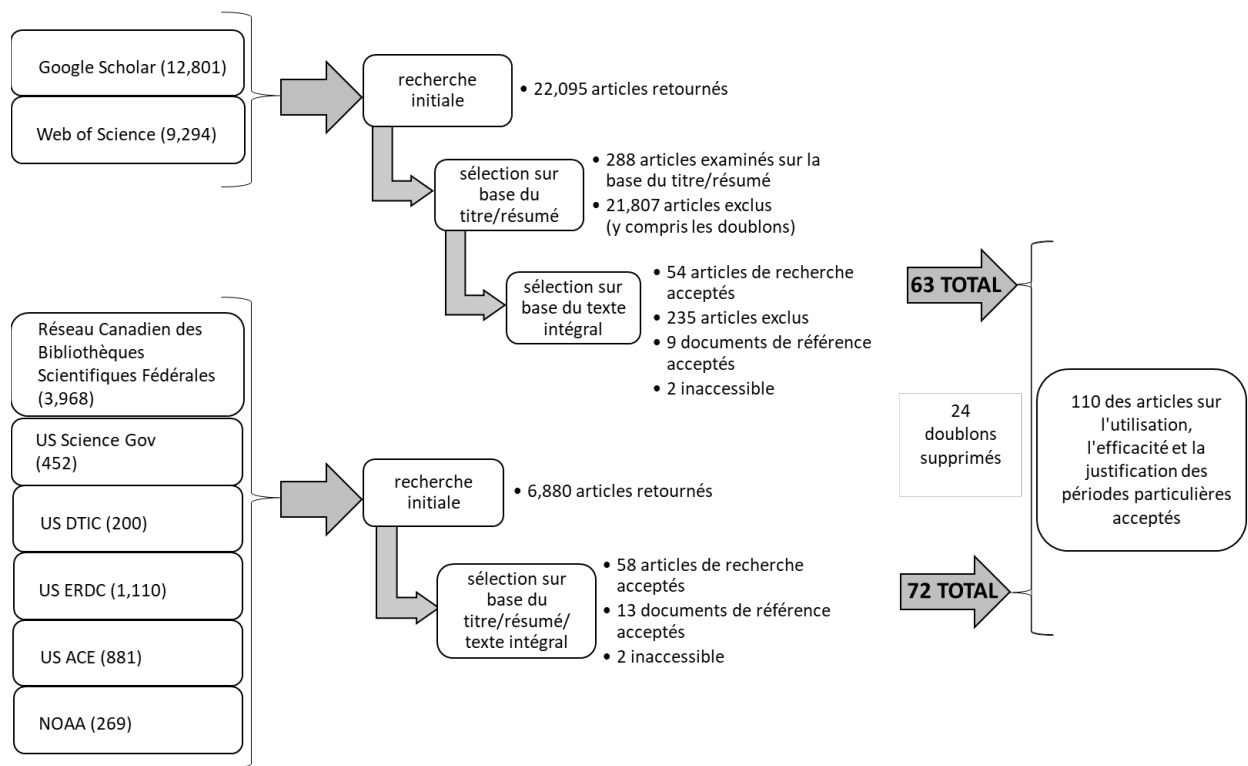


Figure 4. Diagramme du déroulement du processus d'analyse documentaire et nombre de résultats de la vérification.

Pour refléter l'information disponible sur les périodes particulières, nous avons extrait les renseignements des 110 documents. Dans chaque document, nous avons extrait plusieurs éléments d'information, notamment les données sur le type de document ou d'étude, la date, l'emplacement, le type d'écosystème, les OEA, les pressions, les organismes (espèces)

mentionnés, le processus vital ou le stade de vie, le type de période particulière et les éventuelles considérations sur l'efficacité. La liste des documents inclus dans l'analyse documentaire figure à l'annexe B.

### 3.2.2. Tendances dans la littérature sur les périodes particulières

Dans cette section, nous présentons les tendances et les profils tirés de l'analyse documentaire sur les périodes particulières et nous nous étendons sur trois domaines d'intérêt en fonction de la demande d'avis scientifique : (1) la justification des périodes particulières; (2) l'évaluation des périodes particulières; et (3) les cadres sur les périodes particulières. Ce faisant, nous visons à présenter un état des connaissances d'après les matériels disponibles sur l'utilisation des périodes particulières comme mesure d'atténuation.

La documentation sur l'utilisation d'une période particulière comme mesure d'atténuation dans la gestion des ressources existe depuis plusieurs décennies. Le premier document conservé dans notre recherche remonte à 1984; c'est l'un des quatre seuls documents des années 1980 (figure 5). Cela correspond à la quarantaine d'années d'utilisation des périodes particulières aux États-Unis (National Research Council [NRC] 2001) et à leur adoption plus tard dans d'autres pays comme le Canada, l'Australie et l'Europe. Le nombre de documents conservés sur les périodes particulières a augmenté de façon monotone chaque décennie jusqu'à aujourd'hui, avec 50 des 110 documents conservés datant de 2011 à 2020. Les documents disponibles sur les périodes particulières sont en grande partie des rapports rédigés par le gouvernement et des consultants; nous n'avons retenu que 19 articles de revues scientifiques examinés par des pairs sur les périodes particulières. Les tendances dans le contenu de ces documents sont expliquées en détail dans les sections suivantes : OEA, processus vitaux, types d'écosystèmes, type d'étude; elles sont résumées à la figure 6.

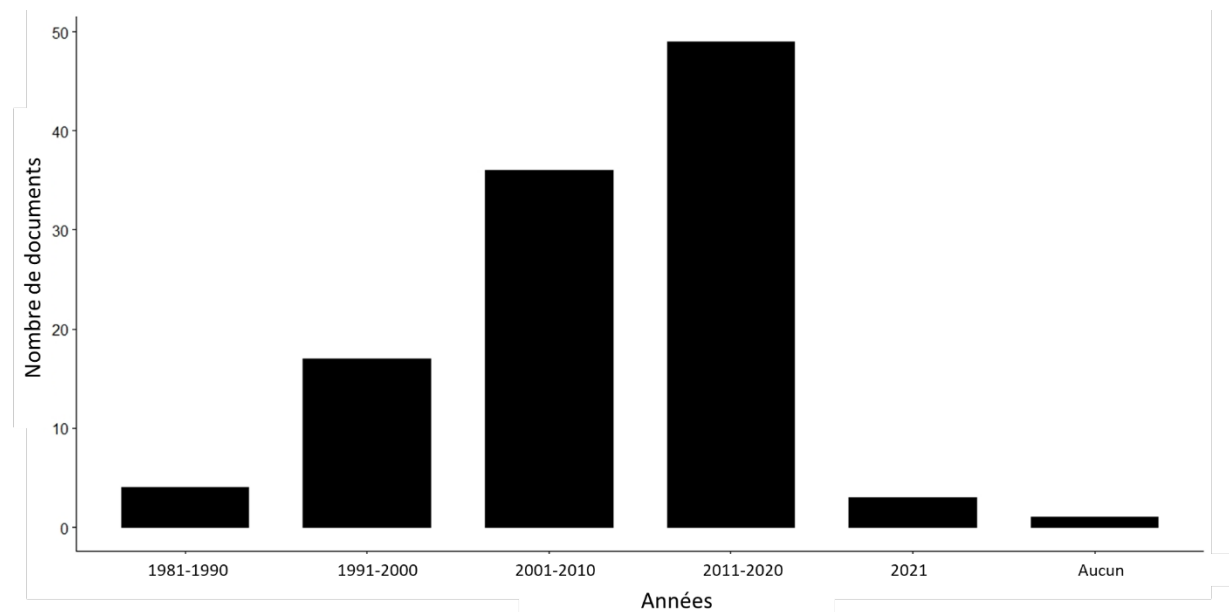


Figure 5. Diagramme à barres de la documentation sur les périodes particulières résumant le nombre de documents qui ont été conservés dans notre recherche, par décennie de publication. Un document n'avait pas de date de publication.

---

### 3.2.2.1. Écosystèmes

Nous avons trouvé des références à plusieurs types d'écosystèmes différents, y compris l'eau douce, les eaux côtières et estuariennes et l'eau de mer. Pour acquérir une compréhension générale de la prévalence des différents types d'écosystèmes dans la documentation, nous avons noté le nombre de documents qui font référence à chaque type d'écosystème. Si un document traitait de plus d'un type d'écosystème, une observation était ajoutée à chacune des catégories appropriées. Certains documents traitaient de plus d'un type d'écosystème, d'autres ne portaient pas explicitement sur un type en particulier. Les écosystèmes estuariens (39) étaient les plus mentionnés, suivis des écosystèmes marins (25) et d'eau douce (25). De nombreux documents examinés ne nommaient pas explicitement un type d'écosystème (32) ou faisaient simplement référence aux écosystèmes côtiers (figure 6A). Les documents qui ne précisaient pas un type d'écosystème étaient habituellement des documents techniques du gouvernement qui traitaient du dragage ou d'autres OEA en général et ne précisaient pas leur utilisation dans un écosystème.

### 3.2.2.2. Ouvrages, entreprises et activités (dragage)

La constatation la plus frappante de notre examen a été la prédominance des documents consacrés au dragage dans la documentation sur les périodes particulières. « Dragage » est le terme utilisé pour désigner l'activité d'extraction de matériaux sous-marins qui vise à créer et à entretenir des chenaux de navigation pour les embarcations. Plusieurs pressions potentielles générées par le dragage peuvent poser un risque de causer des dommages au poisson et à son habitat, y compris la mort du poisson par entraînement (par exemple, aspiration directe d'organismes aquatiques par la drague; Reine *et al.* 1998a) et la mise en suspension et le dépôt de sédiments fins pendant la fraie, qui peuvent perturber le comportement reproducteur et provoquer la mortalité des œufs (Levine-Fricke 2004; Connor *et al.* 2005; Rich 2010; Kjelland *et al.* 2015). Nous avons constaté que sur les 110 études et rapports sur les périodes particulières que nous avons conservés, 100 portaient sur le dragage (figure 6B). L'association entre les périodes particulières et le dragage dans les documents examinés semble être une conséquence d'un intérêt de la part du United States Army Core of Engineers (USACE) associé à plusieurs facteurs liés aux opérations de dragage, notamment un compromis entre la protection de l'environnement et le calendrier et les coûts des activités de dragage. On a signalé, par exemple, que l'USACE dépense des millions de dollars pour tenir compte des périodes particulières dans les opérations de dragage (Dickerson *et al.* 1998).

### 3.2.2.3. Processus vitaux

Différents processus vitaux ont été abordés dans la documentation, y compris la fraie, la migration, la naissance (œufs), la croissance (premiers stades de vie), l'alimentation et l'utilisation des refuges. À l'exception de l'utilisation des refuges et de l'alimentation, le nombre de documents traitant de chaque processus vital était semblable. Parmi ceux-ci, les sujets les plus discutés (38 et 39) dans les ouvrages étaient la naissance et la croissance (figure 6C), ce qui peut s'expliquer par la vulnérabilité présumée des œufs et des larves aux pressions des OEA associées au dragage (par exemple, la sédimentation). De plus, les études sur les premiers stades de vie (comme les œufs ou les larves) sont généralement plus faciles à réaliser.

### 3.2.2.4. Catégories de types d'études

Pour caractériser la documentation sur les périodes particulières, nous avons réparti les documents en cinq catégories : 1) Cadres; 2) Recherche standard ou modélisation sur l'élaboration, l'utilisation, l'évaluation et la justification des périodes particulières; 3) Examens des études et des modèles pour l'élaboration, l'utilisation, l'évaluation et la justification des

périodes particulières; 4) Plus d'une catégorie; 5) Autre. La catégorie 4 fait référence aux documents qui ne correspondent pas à une catégorie particulière, comprenant par exemple des examens de recherche standard, mais aussi un certain type de cadre. La catégorie 5 (Autre) désigne les études qui ne correspondent à aucune des autres catégories.

La recherche standard et la modélisation faisaient l'objet du plus grand nombre de documents (41). Cette catégorie comprenait des articles de revues à comité de lecture ainsi que des documents ou des ateliers gouvernementaux. La catégorie 5 était la deuxième catégorie la plus nombreuse, avec un tiers des documents (31) [figure 6D]. Certains de ces documents comprennent des notes techniques du gouvernement des États-Unis ou des ateliers de dragage où l'on discute des opinions sur les conséquences économiques des périodes environnementales où l'on mentionne peu les considérations écologiques.

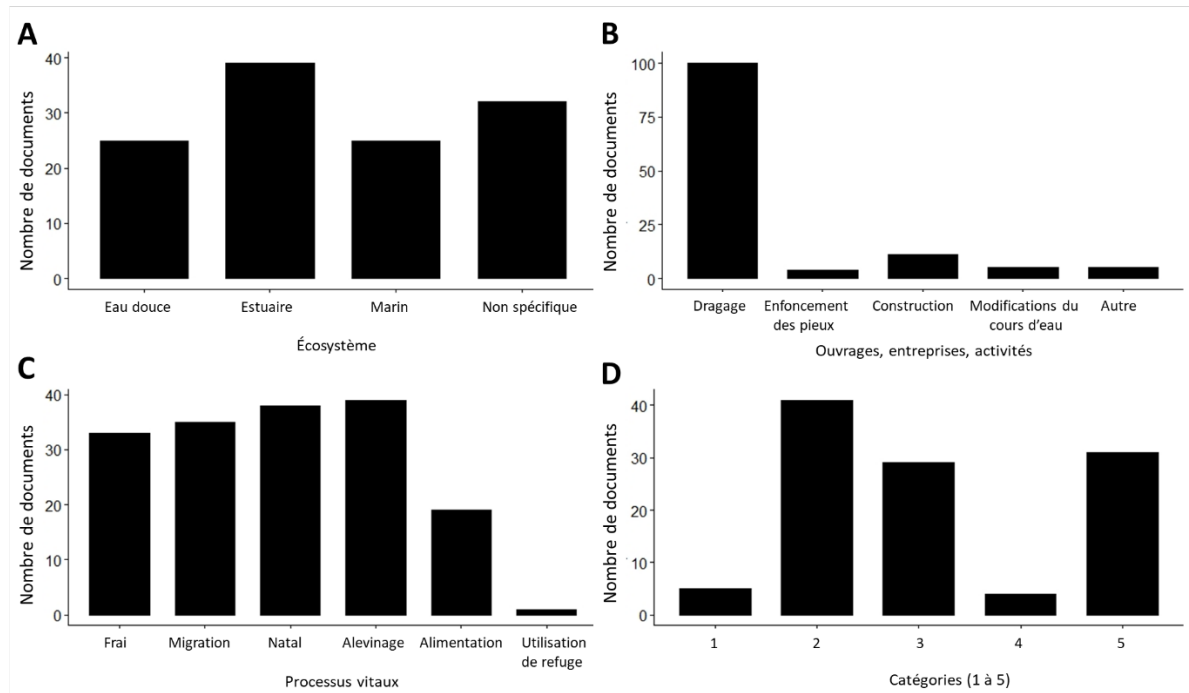


Figure 6. Diagrammes à barres résumant les ouvrages examinés dans la recherche documentaire sur les périodes particulières. La documentation est divisée en quatre catégories : (A) Types d'écosystèmes liés aux périodes particulières; (B) Ouvrages, entreprises et activités mentionnés dans les documents; (C) Processus vitaux mentionnés dans les documents; et (D) Type d'information documenté (type d'étude). Les catégories de type d'étude sont les suivantes : (1) Cadres; (2) Recherche standard ou modélisation; (3) Examens; (4) Plus d'une catégorie; et (5) Autre.

### 3.2.3. Examen des études de justification des périodes particulières

L'hypothèse fondamentale des périodes particulières est qu'il y a des périodes dans le cycle annuel des événements dans les écosystèmes pendant lesquelles les organismes et leur habitat sont moins vulnérables aux activités anthropiques (les OEA). Si les vulnérabilités du poisson, de son habitat ou des pressions qui nuisent au poisson et à son habitat ne varient pas pendant le cycle annuel, par exemple en fonction des saisons, une période particulière ne sera pas vraiment utile pour atténuer les dommages. Cette hypothèse est abordée dans plusieurs documents sur les périodes particulières dans lesquels la détermination des périodes de grande et de faible vulnérabilité des espèces aux pressions des OEA faisait partie du processus d'établissement de périodes particulières (NRC 2001). Quelques documents reconnaissent également que la période peut influencer sur la variabilité des pressions produites par les OEA.



---

Cependant, il n'y a pas d'études de recherche dans la documentation sur les périodes particulières qui traitent explicitement de cette composante temporelle.

Les documents de recherche examinés visaient généralement à établir ou à remettre en question les relations entre la pression et l'effet pour un stade de vie d'une espèce utilisé pour justifier une période particulière précise. La composante temporelle de ces études était représentée par la variance naturelle des stades de vie/processus vitaux dans un cycle annuel. Cette concentration peut être attribuable à la prédominance des études sur le dragage dans la documentation puisque de nombreuses études portaient sur un processus vital ou un stade de vie qui était spécifiquement lié à la pression des activités de dragage. Par exemple, le hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) n'est généralement pas prévalent dans les zones littorales où le dragage a lieu, sauf pendant des périodes limitées de l'année où l'espèce se regroupe pour frayer et pendant les premiers stades de vie (les œufs et les larves) (Suedel *et al.* 2008). Les études de recherche sur cette espèce sont donc axées sur un élément d'exposition pendant une période limitée, comme l'effet des sédiments en suspension sur les œufs (Griffin *et al.* 2009; Griffin *et al.* 2012).

Dans les sections qui suivent, nous examinons la recherche sur la justification des périodes particulières dans la recherche documentaire. Les documents examinés sont utiles pour comprendre l'état des connaissances ciblées sur les périodes particulières; cependant, l'étendue des matériels examinés est limitée. Nous avons adopté une approche plus large pour déterminer la justification des périodes particulières dans la section 6, où nous abordons l'adéquation et la vulnérabilité du processus vital dans le contexte de l'objectif 2. L'examen ci-dessous porte sur les différents processus vitaux et stades de vie des poissons, y compris les premiers stades de vie (naissance, croissance, alimentation), les adultes (fraie, migration, alimentation) [Levine-Fricke 2004; ECORP Consulting Inc. 2009; Rich 2010; Kjelland *et al.* 2015] et d'autres espèces aquatiques.

### **3.2.3.1. Poissons**

#### *3.2.3.1.1. Naissance et croissance*

Les premiers stades de vie (œufs et larves) des poissons ont des réactions variables aux pressions. Par exemple, les œufs et les alevins d'un an du doré jaune (*Sander vitreus*) se sont révélés tolérants à la sédimentation (Suedel *et al.* 2012; Suedel *et al.* 2014), mais des concentrations plus fortes de sédiments pourraient réduire la viabilité des œufs dans certains cas (Suedel *et al.* 2014). Les premiers stades de vie du hareng du Pacifique, plus de deux heures après la fécondation, ne semblaient pas non plus subir de répercussions négatives dans certaines études (Griffin *et al.* 2008; Griffin *et al.* 2009; Griffin *et al.* 2012), mais d'autres études ont constaté une augmentation de la mortalité des œufs et une réduction de la croissance et du développement des larves (Levine-Fricke 2004; Connor *et al.* 2005; Ogle 2005). Des études ont documenté la variabilité et les réactions propres aux OEA et aux pressions (Berry *et al.* 2011; Suedel *et al.* 2017). Cela pourrait s'expliquer en partie par le fait que bon nombre des études examinées reposaient sur des expériences en laboratoire; l'applicabilité de ces résultats à l'état sauvage n'est pas claire.

#### *3.2.3.1.2. Alimentation*

La documentation sur les habitudes alimentaires des poissons est limitée dans le contexte des périodes particulières. La majeure partie des ouvrages est constituée de documents d'examen et d'ateliers qui traitent brièvement de l'alimentation, sans faire référence, ou presque, à des études scientifiques évaluées par des pairs. La présence de sédiments en suspension et l'augmentation de la turbidité, qui peuvent découler du dragage, limitaient l'alimentation pour de nombreuses espèces, comme les salmonidés, l'achigan à grande bouche (*Micropterus*

---

*salmoides*) et le grand brochet (*Esox Lucius*) [Levine-Fricke 2004; Connor *et al.* 2005; ECORP Consulting Inc. 2009; Kjelland *et al.* 2015]. Cependant, les documents examinés donnent à penser qu'il y a aussi beaucoup d'incohérences pour certaines espèces (Levine-Fricke 2004; Connor *et al.* 2005; ECORP Consulting Inc. 2009; Kjelland *et al.* 2015). Les mécanismes eux aussi n'étaient pas clairs, mais ils pouvaient être dus à des changements visuels, à un évitement accru par les proies ou à d'autres facteurs (Kjelland *et al.* 2015).

#### 3.2.3.1.3. Fraie

Il a été établi que les OEA et les pressions connexes ont une incidence sur les activités de reproduction des poissons (Rich 2010; Kjelland *et al.* 2015). Une partie de la documentation sur la fraie étudiait le succès de la reproduction. Le succès peut être influencé par des changements dans la fertilisation, l'évitement de l'habitat de la fraie, la dégradation et l'enfouissement des frayères ou des changements dans le comportement reproducteur (Levine-Fricke 2004; Ogle 2005; Rich *et al.* 2010). Par exemple, le dragage et la sédimentation connexe ont dégradé l'habitat de fraie de l'éperlan à petite bouche (*Hypomesus transpacificus*) [Levine-Fricke 2004].

#### 3.2.3.1.4. Migration

D'après la documentation sur les périodes particulières, les OEA et les pressions connexes ont des effets indésirables sur la migration des poissons (Levine-Fricke 2004; ECORP Consulting Inc. 2009; Rich 2010; Wickliffe *et al.* 2019) et pourtant, certaines espèces traversent dans les zones des OEA sans être perturbées (Balazik *et al.* 2020; Balazik *et al.* 2021). D'autres études ont souligné que la migration pourrait être touchée (Rich 2010; ECORP Consulting Inc. 2009; Levine-Fricke 2004), par exemple pour le saumon coho (*Oncorhynchus kisutch*), l'ombre arctique (*Thymallus arcticus*) [Levine-Fricke 2004] et le saumon atlantique (*Salmo salar*) [ECORP Consulting Inc. 2009]. La documentation examinée est composée d'un petit nombre d'études principalement de terrain, d'examen de recherche et de documents gouvernementaux. Les conditions physiques et les restrictions des cours d'eau peuvent contribuer à des effets migratoires différents (ECORP Consulting Inc. 2009), bien que le contexte environnemental ne fasse pas l'objet de recherches approfondies.

#### 3.2.3.2. Prise en compte d'espèces autres que les poissons à nageoires

La recherche documentaire était dominée par des documents sur les poissons à nageoires, mais certains étaient consacrés à d'autres organismes, notamment les coraux, les herbiers marins, les huîtres, les tortues de mer et les mammifères. Les premiers stades de vie et les phases adultes de certaines espèces de coraux peuvent être vulnérables aux sédiments, à la lumière réduite pour la photosynthèse et aux changements de la qualité de l'eau (McCook *et al.* 2015). Les documents sur les herbiers marins étaient tous axés sur le dragage et les pressions connexes associées aux sédiments, aux dommages physiques, à la réduction de la lumière et à la qualité de l'eau. Les effets de ces pressions peuvent être graves, mais ils dépendent des espèces et des écosystèmes (McCook *et al.* 2015; Fraser *et al.* 2017; Wu *et al.* 2017). La vulnérabilité des huîtres variait en fonction des espèces, des pressions ou des stades de vie. Nous avons trouvé des renseignements contradictoires sur l'entraînement des huîtres en raison du dragage (LaSalle *et al.* 1991; Carter 1986; Reine *et al.* 1998a). Suedel et ses collaborateurs (2015) ont décrit les huîtres de l'est comme tolérantes aux sédiments. Les tortues de mer et les effets du dragage ont fait l'objet de certains examens techniques et ateliers gouvernementaux. L'entraînement causé par le dragage a des effets sur les tortues de mer (Dickerson et Nelson 1988; Dickerson *et al.* 1995; Reine *et al.* 1998a; Dickerson *et al.* 2004), mais la vulnérabilité à l'entraînement variait entre les espèces de tortues selon la façon dont elles utilisaient les zones de dragage et la période où elles les utilisaient (Dickerson *et al.* 1995; Reine *et al.* 1998a; Dickerson *et al.* 2004). Le bruit lié au dragage peut influencer sur le

---

comportement des mammifères. Le dragage peut aussi avoir un effet indirect sur les mammifères en agissant sur leurs proies (Todd *et al.* 2015).

### 3.2.3.3. Habitat et écosystème

Bien que les documents que nous avons trouvés dans notre examen traitent des espèces et des stades de vie, ils ne portent pas directement sur des études qui pourraient justifier la nécessité de mettre en place des périodes particulières dans certains habitats ou écosystèmes. Le contexte écologique dans différents habitats et écosystèmes (par exemple, le régime de température, la complexité de l'habitat) est une explication plausible de certains des résultats variables de la recherche présentée ci-dessus. Cette mise en garde importante est abordée dans plusieurs documents examinés (ECORP Consulting Inc. 2009; McCook *et al.* 2015) et la nécessité de mener d'autres recherches sur les processus de l'habitat et de l'écosystème a également été soulignée (NRC 2001).

### 3.2.4. Évaluation des périodes particulières

L'évaluation est un élément important de la mise en place de périodes particulières efficaces qui fonctionnent comme prévu. Un nombre considérable de documents que nous avons examinés traitent de la nécessité d'une évaluation plus scientifique des périodes particulières. Cet énoncé est étayé par notre examen, car nous avons trouvé peu de documents qui appliquaient une approche scientifique pour évaluer l'efficacité des périodes particulières. La plupart de ces études portent sur le dragage et ses effets sur les poissons plutôt que sur l'habitat, à l'aide d'indicateurs comme la présence de poissons, la mortalité des poissons ou les effets sublétaux, notamment sur le comportement (Reine *et al.* 2014; Chapman *et al.* 2019; Balazik *et al.* 2020). Il est important de noter que, malgré des approches variables de l'évaluation des périodes particulières, nous n'avons trouvé aucun exemple d'expérience sur le terrain à forte intensité mesurant les conséquences au niveau de la population. Nous présentons ci-après des exemples de recherches sur le terrain et d'approches de rechange (par exemple, des modèles) pour examiner la documentation sur l'efficacité des périodes particulières.

Deux études d'observation ont permis de conclure que les périodes particulières définies n'étaient pas efficaces pour réduire les risques pour les poissons. Dans la première, Chapman et ses collaborateurs (2019) laissent entendre que les périodes particulières ne sont pas efficaces parce que leur étude a révélé de grands nombres d'esturgeons verts (*Acipenser medirostris*) dans des sites de dragage et d'immersion de déblais de dragage dans l'estuaire de la baie de San Francisco pendant la période particulière. Dans la seconde, les relevés au chalut effectués durant trois périodes (été, automne, hiver) dans le ruisseau Little Bear, dans le lac Sainte-Claire, ont permis de découvrir de grands nombres de poissons, dont des ménés camus (*Notropis anogenus*), une espèce en péril, pendant la période particulière d'automne, et ont en outre donné à penser que les périodes actuelles pourraient laisser les habitats de croissance en péril (Barnucz *et al.* 2015).

Des études de télémétrie acoustique publiées récemment ont évalué une période d'activité restreinte proposée pour protéger la migration de l'esturgeon noir (*Acipenser oxyrinchus oxyrinchus*), en voie de disparition, contre le dragage dans une section de 12 km de long et de 4 km de large du cours inférieur de la rivière James, en Virginie (Reine *et al.* 2014; Balazik *et al.* 2020). Une étude pilote a permis de recueillir des données sur cinq poissons et n'a révélé aucune mortalité liée au dragage (Reine *et al.* 2014). Cependant, les auteurs ont noté un risque élevé de mortalité, car les poissons utilisaient des habitats benthiques où ils sont plus vulnérables à la drague. Balazik et ses collaborateurs (2020) ont étendu cette étude au même endroit, y compris avec 98 esturgeons marqués supplémentaires. Les auteurs remettent en question la nécessité d'une période d'activité restreinte dans cette situation en se fondant sur le

---

fait qu'il n'y a pas eu de mortalité des esturgeons marqués et qu'il n'y a eu aucun changement de comportement chez l'esturgeon entre les périodes de dragage et sans dragage. Les auteurs précisent que leurs résultats pourraient ne pas s'appliquer aux cours d'eau plus petits.

Les études sur le terrain sont plus souvent utilisées pour évaluer l'efficacité, mais les modèles et d'autres approches peuvent constituer un complément important. Par exemple, un rapport non examiné par des pairs a présenté une approche pour évaluer graphiquement l'efficacité d'une période d'activité restreinte à l'aide des données sur les prises dans une pêche (Rogers et Nicholson 2002). Ce type de recherche qui propose une approche pour élaborer de meilleurs objectifs et critères en vue de déterminer l'efficacité est rare, mais devrait être utile pour les périodes particulières. Une autre étude a utilisé des modèles du réseau de croyance bayésien pour montrer que l'utilisation de périodes particulières pour les activités de dragage pouvait permettre de préserver la résilience des herbiers marins dans les ports du monde entier (Wu *et al.* 2017). Les auteurs ont comparé les périodes particulières pour certaines activités de dragage à l'aide d'un ensemble de trois modèles qui : 1) évaluent l'étendue temporelle et spatiale des panaches de sédiments (SSFATE); 2) utilisent les panaches théoriques pour déterminer l'exposition des stades de vie des poissons (SSDOSE); 3) établissent un lien entre l'exposition et la dynamique des populations de poissons (FISHFATE) [Clarke *et al.* 2003]. Il convient de prendre en compte les hypothèses des différentes approches, tout comme les besoins en ressources. Des approches plus simples que celles qui exigent de multiples modèles et des données d'entrée considérables sont préférables pour la plupart des situations, mais quelle que soit l'approche utilisée, il est essentiel d'avoir des objectifs clairs et précis pour évaluer l'efficacité d'une période particulière.

### 3.2.5. Cadres

Un examen des cadres relatifs aux périodes particulières est un élément crucial de notre premier objectif, car l'information peut être utile pour l'élaboration d'un cadre normalisé pour les périodes particulières au MPO. Notre recherche documentaire a retenu cinq documents qui présentent des cadres pour la création ou la modification de périodes particulières. Ces documents variaient d'articles de revues scientifiques à comité de lecture (par exemple, Suedel *et al.* 2008), à des documents gouvernementaux (par exemple, LaSalle *et al.* 1991) et à des rapports d'ateliers pluriorganisationnels (par exemple, NCR 2001). Malgré une quantité limitée de documents, nous présentons un résumé des documents qui ont été rédigés dans le but de faciliter l'élaboration d'un cadre pour la création ou la modification de périodes particulières.

La motivation pour l'élaboration de cadres pour les périodes particulières était semblable dans les documents. Les périodes particulières peuvent être une mesure de gestion utile pour protéger les ressources biologiques. Cependant, il n'y a pas de consensus quant à savoir si de nombreuses périodes particulières produisent le résultat escompté. Ces préoccupations ont été soulevées du point de vue de la protection des ressources biologiques comme le poisson, mais aussi par considération pour les intervenants (NCR 2001; Burt 2002; Burt et Hayes 2004; Suedel *et al.* 2008). Les documents sur les cadres et d'autres documents que nous avons examinés donnent à penser que les preuves scientifiques utilisées pour créer certaines périodes particulières sont incohérentes, désuètes ou inexistantes (LaSalle *et al.* 1991; Reine *et al.* 1998b). D'autres laissent entendre que les facteurs socioéconomiques ne sont pas bien pris en compte (NRC 2001; Suedel *et al.* 2008). Par conséquent, on fait valoir que, dans bien des cas, des cadres sont nécessaires pour orienter le processus de création et de modification des périodes particulières, pour améliorer l'uniformité et pour veiller à ce que les périodes particulières appliquées soient fondées sur la meilleure information disponible.

En général, les cadres relatifs aux périodes particulières comportent un processus en plusieurs étapes qui tient compte du cycle des pressions générées par une activité particulière (souvent

---

le dragage), de la vulnérabilité ou des conséquences pour les organismes et une étape qui nécessite de prendre une décision de gestion pour déterminer si une période particulière est requise ou la période précise de l'année où la période particulière est la plus appropriée (LaSalle *et al.* 1991; NCR 2001). Certains cadres ont été élaborés pour atténuer un projet particulier et les pressions connexes qui devaient toucher une espèce ou un ensemble défini d'espèces à un emplacement donné (par exemple, dragage dans la baie de San Francisco) [Connor *et al.* 2005; Suedel *et al.* 2008]. D'autres cadres ont été élaborés pour des applications plus générales dans des régions géographiques plus vastes, comme au niveau des États (par exemple, Caroline du Nord et Caroline du Sud, Wickliffe *et al.* 2019). Ceux-ci tiennent compte de nombreuses activités et pressions humaines, ainsi que d'un plus large éventail de facteurs biologiques et écologiques.

Les cadres examinés étaient différents de par leur complexité et présentaient des avantages et des inconvénients. Celui décrit dans LaSalle *et al.* (1991) est un exemple de cadre élaboré antérieurement qui comporte un petit nombre d'étapes et vise à créer une période particulière pour les projets de dragage. Premièrement, le cadre demande de déterminer l'ensemble des pressions liées à la survie du poisson ou à un processus vital (par exemple, entraînement par les dragues). Il applique un processus décisionnel en trois étapes pour établir les périodes particulières. D'autres cadres comprenaient des processus progressifs comme celui de LaSalle et ses collaborateurs (1991), mais ajoutaient souvent des étapes plus nombreuses ou différentes et plus de détails, ce qui peut nécessiter un plus grand investissement de ressources. Par exemple, le NCR (2001) présente un processus en six étapes qui peut être réalisé en un cycle annuel (à réviser dans les années à venir) afin de guider l'établissement, la gestion et la surveillance des périodes particulières. Ce cadre tient compte du cycle biologique des organismes, des effets, des agents de stress et des seuils, ainsi que des solutions technologiques possibles. Il prévoit également les étapes initiales suivantes : (1) former un groupe de travail auquel participeront les intervenants; (2) évaluer les options pour les moyens technologiques de réduire les pressions; (3) tenir compte des facteurs socioéconomiques; et (4) planifier la surveillance des activités proposées. Suedel et ses collaborateurs (2008) ont adopté une approche différente par rapport aux cadres susmentionnés. Cette étude a d'abord conceptualisé le problème, puis décrit un cadre en travaillant à une étude de cas bien connue. Un des avantages du cadre présenté dans Suedel *et al.* (2008) est qu'il décrit un outil logiciel et un processus permettant d'évaluer différentes options pour les périodes. D'autres cadres ont décrit les étapes du processus avec peu de détails sur l'évaluation ou le traitement du risque. Les cadres tirés de la documentation sur les périodes particulières sont un point de départ utile, mais une recherche plus vaste sur les cadres et les outils utilisés pour évaluer le risque est recommandée.

### **3.2.5.1. Outils**

Un examen exhaustif de la gamme d'outils ou d'analyses qui pourraient être utilisés pour orienter les périodes particulières dépasse la portée du présent document. Ici, nous passons en revue les outils qui ont été définis dans les documents sur les cadres relatifs aux périodes particulières. Les cadres examinés ont tendance à donner un aperçu des étapes du processus de création ou de modification des périodes et des types de données ou de questions de recherche qui pourraient être incluses. Peu de documents fournissent des détails sur les types d'analyses du risque ou d'analyses de décisions à appliquer (voir l'exception dans Suedel *et al.* 2008). Toutefois, les documents sur les cadres comprenaient des diagrammes du processus décisionnel, des diagrammes conceptuels ou des exemples d'outils de collecte de données et des listes de contrôle qualitatives qui peuvent être utilisés sur le terrain (NCR 2001) pour faciliter l'élaboration de modèles physiques et biologiques (Burt et Hayes 2004). Par exemple, certaines applications propres à l'atténuation des opérations de dragage adoptent des modèles

---

dynamiques de population de poissons pour évaluer la vulnérabilité des différents stades de vie (Meester *et al.* 2001; Rainwater *et al.* 2016, 2017). Le type et la complexité de l'outil peuvent dépendre de nombreux facteurs, notamment de la taille et de la complexité du secteur envisagé pour la période, des activités et des pressions prises en compte, de la disponibilité des données et de celle des ressources (Wickliffe *et al.* 2019).

La recherche sur les outils décisionnels pour les périodes particulières peut être utile pour guider l'élaboration de cadres et les processus d'analyse et de traitement du risque pour décider d'une période particulière. Il ne semble pas y avoir beaucoup d'outils utilisés pour prendre des décisions sur les périodes particulières. Mais on ne sait pas bien si cette lacune perçue est due à un manque d'outils ou à un manque d'information publiée sur les outils. Certains documents mentionnent des approches de modélisation pour la prise de décisions, mais sans donner de détails sur leur utilisation. Suedel et ses collaborateurs (2008) insistent sur l'intégration d'un outil décisionnel axé sur le risque comme élément central de leur cadre. Ils utilisent une application logicielle (SMAA-III) qui aide les utilisateurs à établir des pondérations pour les critères, et qui incorpore des données biologiques, physiques (principalement liées aux pressions), sur la qualité de l'eau et sur les coûts dans une analyse du risque et décisionnelle. Tout le processus a été utilisé pour comparer les périodes dans le cadre d'un processus d'évaluation du risque.

### **3.2.5.2. Périodes particulières et gestion adaptative**

La révision des périodes particulières est incluse dans certains cadres en tant qu'étape du cycle de gestion (NRC 2001). Cette étape de révision est l'occasion de mettre à jour les périodes particulières en fonction des informations les plus récentes. Elle sert également à actualiser les plans visant à prioriser la recherche scientifique et à revoir les incertitudes dans les données physiques et biologiques. Ce réexamen est essentiel à la lumière des changements mondiaux rapides (par exemple, les changements climatiques) qui peuvent modifier la composition des écosystèmes aquatiques et décaler la période des événements. Du fait de ces changements, les attentes fondées sur l'expérience peuvent ne pas s'appliquer aux conditions actuelles ou futures. Un cycle de gestion adaptative a été proposé pour gérer les écosystèmes dans un environnement changeant et incertain (NRC 2001). Une telle approche devrait maintenir des périodes particulières plus efficaces, mais il n'existe pas de preuve que cet avis est suivi.

### **3.2.6. Principales considérations**

Nous avons examiné la documentation sur les périodes particulières en ce qui concerne la justification, les évaluations de l'efficacité et les cadres. Notre examen a porté plus particulièrement sur les 110 documents qui ont été conservés dans notre recherche documentaire sur les périodes particulières. Nous avons constaté que les ouvrages étaient dominés par des rapports et des documents gouvernementaux, avec peu d'articles de revues scientifiques à comité de lecture. Plus précisément :

- Les documents examinés étaient en grande partie consacrés à une activité, le dragage. Il est donc important de garder cette tendance à l'esprit lorsque nous examinons les renseignements fournis dans notre examen, car des approches semblables ne conviendront peut-être pas pour tous les OEA.
- Selon de nombreuses études, les périodes particulières ne sont pas bien étayées par des données scientifiques et sont définies en fonction de l'expérience des praticiens.
- Les périodes particulières reposent sur l'idée que la vulnérabilité du poisson et de son habitat aux pressions générées par certains OEA varie dans le temps.

- 
- La plupart des recherches ont porté sur l'interaction entre les pressions et leurs effets sur les espèces et les stades de vie, et non explicitement sur la variabilité temporelle de la vulnérabilité; toutefois, cet aspect temporel est implicite dans les études axées sur le stade de vie ou le processus (par exemple, si les œufs ou les larves sont exposés aux sédiments).
  - Nous avons trouvé peu d'évaluations claires de l'efficacité des périodes particulières dans les documents examinés, qui ont tendance à être des études sur le terrain, mais la modélisation a également été utilisée dans certains des ouvrages pour déterminer et comparer les périodes, et un rapport a élaboré des critères pour tester l'efficacité.
  - Les cadres de création ou de modification de périodes particulières comprennent des processus en plusieurs étapes qui décrivent les étapes à suivre pour mettre en place une période particulière, décider d'une période et, dans certains cas, la surveiller. Peu de documents sur les cadres donnaient des détails sur le traitement des données et de l'information, sur le processus d'évaluation du risque ou sur le processus décisionnel final.

## 4. PÉRIODES PARTICULIÈRES EN EAU DOUCE AU CANADA

### 4.1. MÉTHODES

Pour explorer les périodes particulières actuellement utilisées au Canada, nous avons lancé une recherche d'information sur le [site Web Projets près de l'eau de Pêches et Océans Canada](#). Certaines provinces affichent leur information directement sur ce site Web, et d'autres fournissent des liens vers des documents qui contiennent l'information. Nous avons extrait les renseignements sur les OEA et les pressions déterminés, les stades de vie protégés, le type de période utilisée, les espèces de poissons protégées par les périodes, les échelles spatiales ou biologiques sur lesquelles les périodes sont fondées et certaines périodes à partir du site Web et des documents (voir les tableaux récapitulatifs canadiens dans les tableaux SI-3 et SI-4 en annexe). Des recherches supplémentaires ont été nécessaires pour certaines provinces (par exemple, la Nouvelle-Écosse). Nous avons réalisé des recherches sur Google pour ces provinces ou territoires en utilisant la province en question et « périodes particulières », « périodes des travaux » ou « périodes d'activité restreinte ». Les renseignements sont résumés dans le tableau 1 (voir les sources canadiennes des périodes particulières dans le tableau SI-4 en annexe).

### 4.2. SOMMAIRE

Le Canada abrite des espèces et des habitats diversifiés, de sorte que beaucoup de situations différentes nécessiteront une protection par des périodes particulières. Les provinces et les territoires du Canada utilisent deux mesures d'atténuation différentes : (1) les périodes particulières et (2) les périodes d'activité restreinte. Un nombre comparable de provinces et de territoires utilisent des périodes particulières (n = 6) ou des périodes d'activité restreinte (n = 7); cependant, les périodes particulières et d'activité restreinte précises qui sont utilisées sont très variées. Les espèces et les processus vitaux protégés documentés, tout comme leurs périodes particulières ou d'activité restreinte précises, sont différents (tableau 1).

Toutes les provinces et tous les territoires mentionnent la protection de la fraie et de l'incubation des œufs comme justification des périodes particulières (période particulière et période d'activité restreinte). Ils sont nombreux à inclure aussi l'éclosion (Alberta, Nouveau-Brunswick, Terre-Neuve-et-Labrador, Territoires du Nord-Ouest, Nouvelle-Écosse, Nunavut, Saskatchewan, Yukon) et d'autres ajoutent également la migration (Alberta, Colombie-Britannique), la mobilité des larves (Québec), l'émergence des alevins/larves (Alberta) ou d'autres processus/stades non spécifiques (Ontario, Colombie-Britannique). Les

---

poissons protégés dans chaque province et territoire varient, et bon nombre des administrations protègent la pêche sportive (voir l'annexe B), ce qui explique en partie les différences observées entre les provinces et les territoires. Un large éventail d'OEA est également documenté, et certaines administrations indiquent aussi les pressions qui devaient être atténuées (tableau 1).

Les provinces et les territoires utilisent des types d'échelles différents pour les périodes particulières ou les périodes d'activité restreinte, notamment des échelles spatiales et biologiques. Les échelles spatiales vont de l'échelle provinciale ou territoriale à régionale, sous-régionale ou à l'échelle d'un bassin hydrographique ou d'une rivière. Les échelles biologiques comprennent les saisons de fraie ou les guildes thermiques, les groupes de poissons, puis les espèces. Les provinces et les territoires peuvent n'en utiliser qu'une seule ou les combiner. Par exemple, les provinces des Maritimes utilisent une période particulière unique, tandis que Terre-Neuve-et-Labrador utilise des périodes d'activité restreinte pour les espèces de poissons (saumon atlantique, truite brune) dans différentes régions (continent, île) et sous-régions (estuaires/cours principaux et affluents/eaux d'amont), pour un total de quatre périodes uniques. Pour sa part, le Nunavut a des périodes d'activité restreinte en fonction des régions et des poissons aux besoins thermiques différents, ce qui a donné quatre périodes d'activité restreinte. La Colombie-Britannique a les périodes particulières les plus complexes, qui sont établies pour différentes espèces dans les bassins hydrographiques des sous-régions (22) dans les régions plus vastes (8). Elle compte au total 92 périodes particulières différentes, dont certaines sont utilisées dans différentes régions ou sous-régions ou différents bassins hydrographiques (tableau 1) [figure 7].



Tableau 1. Sommaire de l'information disponible sur les périodes particulières et les périodes d'activité restreinte au Canada. L'information présentée ici a été tirée du site Web de Pêches et Océans Canada, de documents liés à ce site Web et d'autres documents pertinents en ligne. Les périodes particulières s'appliquent à tous les travaux exécutés dans l'eau ou près de l'eau. Ce tableau indique les renseignements qui sont spécialement mentionnés dans l'information accessible au public. Voir la section 10.2.4 de l'annexe B pour connaître les autres ressources en ligne utilisées. Remarque : Les « OEA indiqués » sont des exemples précis fournis dans la documentation pour chaque province ou territoire, et pas seulement ceux pour lesquels des périodes particulières sont appliquées (par exemple, la documentation de Terre-Neuve-et-Labrador ne fait pas référence à des OEA précis, mais des périodes particulières sont appliquées à tous les OEA).

<b>Province/territoire</b>	<b>OEA indiqués</b>	<b>Pressions déterminées</b>	<b>Type de période</b>	<b>Stades de vie/comportements protégés</b>	<b>Échelle spatiale</b>	<b>Échelle biologique</b>	<b>Nombre de périodes particulières uniques</b>
<b>Alberta</b>	Pipeline, ligne électrique, émissaire d'effluent, essais hydrostatiques, travaux de franchissement de cours d'eau	Érosion, sédimentation	Périodes d'activité restreinte	Migration, fraie, incubation des œufs et éclosion/émergence des alevins	Régionale (10)	Espèce	23
<b>Colombie-Britannique</b>	Aménagement des terres, ouvrages dans les cours d'eau et en milieu aquatique (stabilisation des berges, ponts, entretien des chenaux, ponceaux, restauration, pipeline, travaux de services publics), activités de modification et de désactivation des travaux de construction aux traversées	Dépôt de sédiments, destruction de l'habitat	Périodes particulières	Migration, fraie, autres stades biologiques	Régionale (8), sous-régionale (22), bassin versant/cours d'eau	Espèce	92
<b>Manitoba</b>	Exploitation d'engins, défrichement des rives, travaux pipeliniers (construction dans le cours d'eau, près du rivage)	Érosion, dépôt de sédiments dans l'habitat du poisson	Périodes d'activité restreinte	Fraie, incubation/croissance	Régionale (2)	Saisons de fraie (printemps, été, automne)	6

<i>Province/territoire</i>	<i>OEA indiqués</i>	<i>Pressions déterminées</i>	<i>Type de période</i>	<i>Stades de vie/comportements protégés</i>	<i>Échelle spatiale</i>	<i>Échelle biologique</i>	<i>Nombre de périodes particulières uniques</i>
<b>Nouveau-Brunswick</b>	Exploitation d'engins, modification de la structure, dépôt/retrait de sédiments, perturbation du sol, retrait de végétation et d'arbres dans les cours d'eau et les zones humides. Dragage, barrages, pipelines, ponts, ponceaux, terrassement en bordure d'un cours d'eau	Sédimentation, compactage, érosion	Périodes particulières	Migration, fraie, incubation des œufs, éclosion, alimentation	Provinciale	S.O.	1
<b>Terre-Neuve-et-Labrador</b>	Tous les OEA	S.O.	Périodes d'activité restreinte	Migration, fraie, incubation des œufs et éclosion	Régionale (2), sous-régionale (2)	Groupe taxonomique (famille ou espèce)	4
<b>Territoires du Nord-Ouest</b>	Travaux dans l'eau ou sur le rivage, construction dans l'eau	Perturbations ou sédiments	Périodes d'activité restreinte	Fraie, incubation des œufs, éclosion et alevins	Régionale (3)	Saisons de fraie (printemps/été, automne, hiver)	4
<b>Nouvelle-Écosse</b>	Installation, entretien, retrait de ponts, ponceaux, quais/appontements, prises d'eau, franchissements de services publics et barrages/stockage d'eau. Retrait/ajout de matériaux dans les cours d'eau et projets de restauration/modification des chenaux	Érosion, modification des chenaux, modification de la profondeur/vitesse de l'eau, déplacement et dépôt de sédiments	Périodes particulières	Fraie, incubation des œufs et éclosion	Provinciale	S.O.	1

<i>Province/territoire</i>	<i>OEA indiqués</i>	<i>Pressions déterminées</i>	<i>Type de période</i>	<i>Stades de vie/comportements protégés</i>	<i>Échelle spatiale</i>	<i>Échelle biologique</i>	<i>Nombre de périodes particulières uniques</i>
<b>Nunavut</b>	S.O.	S.O.	Périodes d'activité restreinte	Fraie, incubation des œufs et éclosion	Régionale (2)	Saisons de fraie	4
<b>Ontario</b>	Travaux dans l'eau	S.O.	Périodes d'activité restreinte	Fraie, migration et autres stades de vie essentiels	Régionale (3)	Espèce	15
<b>Île-du-Prince-Édouard</b>	Drainer, pomper, déverser, remblayer, déposer, draguer, excaver ou retirer de la terre, de l'eau, des pierres, etc. Construire, réparer, retirer des structures. Exploiter des engins lourds ou un véhicule à moteur sur un lit de sédiments, une plage ou une berge d'un cours d'eau ou d'une zone humide. Perturber, retirer, modifier le sol ou la végétation et mener des activités d'amélioration.	Compactage, érosion accrue, sédimentation de l'habitat de fraie du poisson (étouffement des œufs, destruction des ressources)	Périodes particulières	Fraie, incubation des œufs et croissance	Provinciale	S.O.	1
<b>Québec</b>	S.O.	S.O.	Périodes particulières	Fraie, incubation des œufs et mobilité des larves	Régionale (17)	Groupe taxonomique (famille, espèce)/espèce d'intérêt	22
<b>Saskatchewan</b>	Utilisation de véhicules de grande taille, labourage de pipeline près de l'eau ou dans l'eau.	Perturbation, sédimentation	Périodes d'activité restreinte	Fraie, incubation des œufs et éclosion	Régionale (3)	Saisons de fraie (printemps, automne/hiver)	11

<i>Province/territoire</i>	<i>OEA indiqués</i>	<i>Pressions déterminées</i>	<i>Type de période</i>	<i>Stades de vie/comportements protégés</i>	<i>Échelle spatiale</i>	<i>Échelle biologique</i>	<i>Nombre de périodes particulières uniques</i>
	Construction de routes, forage, pipeline en tranchée, dynamitage, concassage de pierres, dosage d'asphalte si les travaux sont réalisés dans l'eau ou à proximité.						
<b>Yukon</b>	Creusage de tranchées, forage et travaux comportant des explosifs. Modification du lit, des berges ou du chenal du cours d'eau. « Travaux dans le cours d'eau », construction de routes temporaires, défrichage de la végétation	Érosion, sédimentation et augmentation du ruissellement, afflux d'éléments nutritifs et de contamination, changements de la température et du débit	Périodes particulières	Fraie, incubation des œufs et éclosion	Régionale (6)	Espèce	14

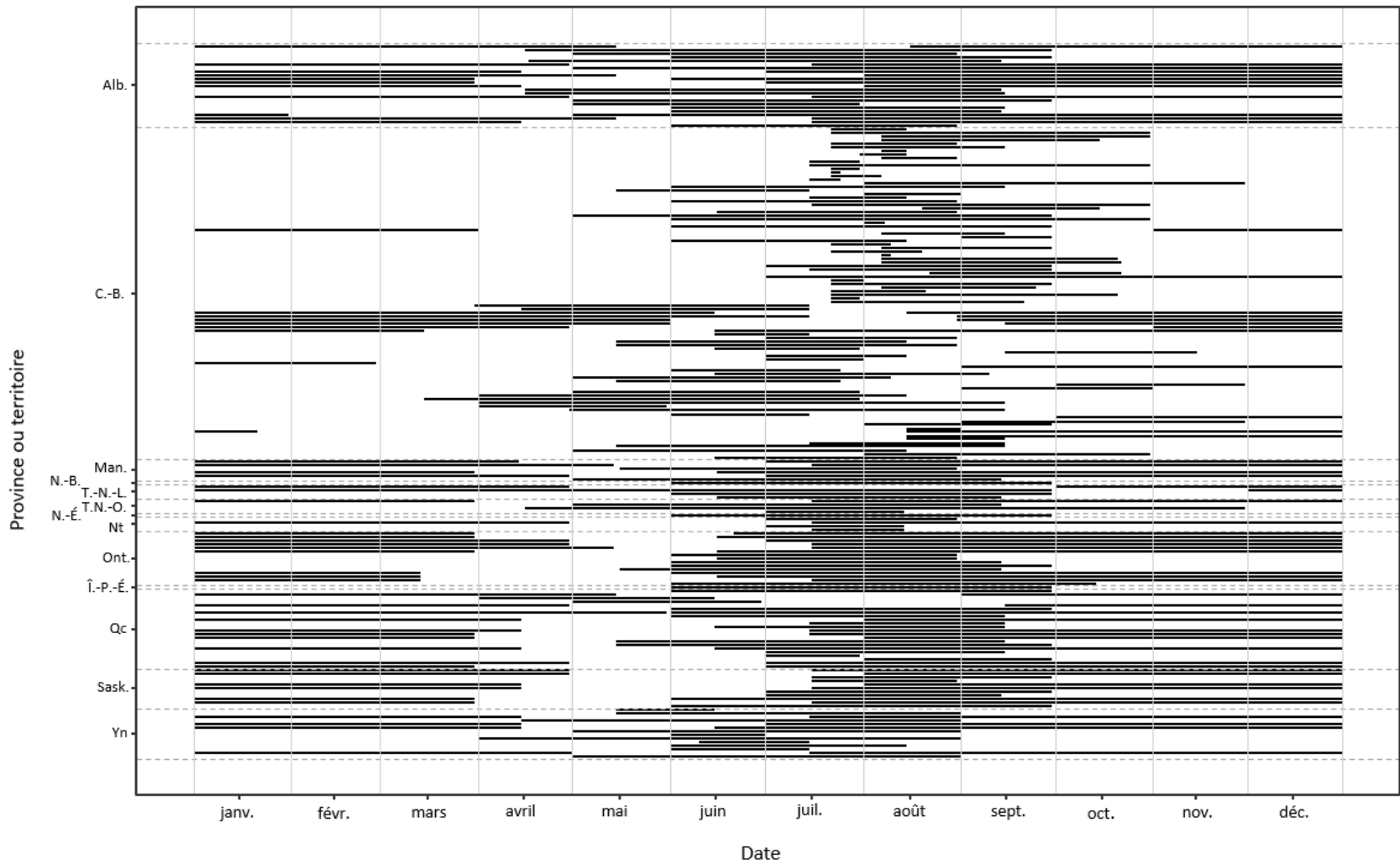


Figure 7. Graphique montrant la variabilité des périodes particulières en eau douce dans les provinces et les territoires du Canada et entre eux. Toutes les périodes indiquées ici, indiquées par des lignes sombres, représentent les périodes où les travaux sont autorisés. Veuillez noter que les périodes particulières en mer ne sont pas indiquées dans cette figure.

---

Cet examen ne portait pas sur les périodes en mer, mais le site *Web Projets à proximité de l'eau de Pêches et Océans Canada* fournit des liens vers des renseignements sur les périodes particulières en mer pour la Colombie-Britannique et le Québec, et le document de Terre-Neuve-et-Labrador fait référence aux périodes particulières dans l'estuaire. Nous présentons à l'annexe 10.2.5 un bref sommaire des périodes particulières pour ces provinces. D'autres travaux seront nécessaires pour compiler un récapitulatif complet des périodes en mer au Canada.

#### **4.2.1. Principales considérations**

Notre objectif en examinant les périodes particulières utilisées au Canada n'était pas de vérifier les périodes, mais de recueillir et de résumer l'information sur l'utilisation actuelle des périodes particulières en eau douce. Nous avons demandé de l'information sur les périodes particulières dans les milieux marins, mais elle n'était pas aussi facilement accessible et devra être compilée à une date ultérieure. Ces données permettent de formuler quelques observations générales :

- L'utilisation des périodes particulières, y compris leur application par rapport à des périodes d'activité restreinte, la justification de leur utilisation et leurs caractéristiques temporelles et spatiales diffèrent d'un bout à l'autre du Canada.
- Les périodes particulières sont utilisées pour protéger un groupe diversifié d'espèces, la fraie est le processus vital le plus mentionné et la sédimentation est une pression courante à atténuer.
- Un examen plus approfondi est nécessaire si l'on veut utiliser le type de renseignements résumés ici dans un contexte scientifique. Par exemple, pour élaborer des cadres, déterminer l'objectif de certaines périodes et établir l'ordre de priorité des évaluations de l'efficacité. Une collaboration sera nécessaire entre le MPO et les organismes provinciaux et territoriaux.
- La résolution de l'information accessible au public varie selon la région du pays. Certains documents existent, mais les sources de données n'étaient souvent pas fournies et les détails du processus utilisé pour définir les périodes particulières n'étaient pas accessibles au public.
- Enfin, il est important de noter que nous avons tenté (mais pas de façon exhaustive) de trouver des matériels ou documents sources qui expliquent comment les périodes particulières au Canada ont été conçues ou définies, mais que nous n'avons pas réussi à trouver cette information. Les discussions avec certains praticiens ont mis l'accent sur le fait que certaines périodes particulières ont été établies en fonction des connaissances régionales et qu'elles étaient intentionnellement préventives (période particulière limitée ou période d'activité restreinte générale) afin de protéger pleinement le processus vital d'intérêt.

### **5. CONSIDÉRATIONS POUR CONCEVOIR, APPLIQUER ET MODIFIER LES PÉRIODES PARTICULIÈRES**

Pour répondre au deuxième objectif, nous présentons des justifications et des considérations scientifiques pour guider la conception, l'application et la modification des périodes particulières. Ces critères sont fondés sur l'hypothèse selon laquelle les périodes particulières exigent de l'information sur l'évolution du risque potentiel d'un OEA dans le temps (voir la section 3). L'approximation de ce risque comporte plusieurs couches d'information, qui sont conceptualisées à la figure 8, puis examinées plus en détail dans les sous-sections suivantes.

Nous décrivons plus précisément : (1) la période de vulnérabilité des processus vitaux des poissons; (2) les caractéristiques de l'OEA et les pressions connexes; et (3) les caractéristiques des habitats et des conditions environnementales.

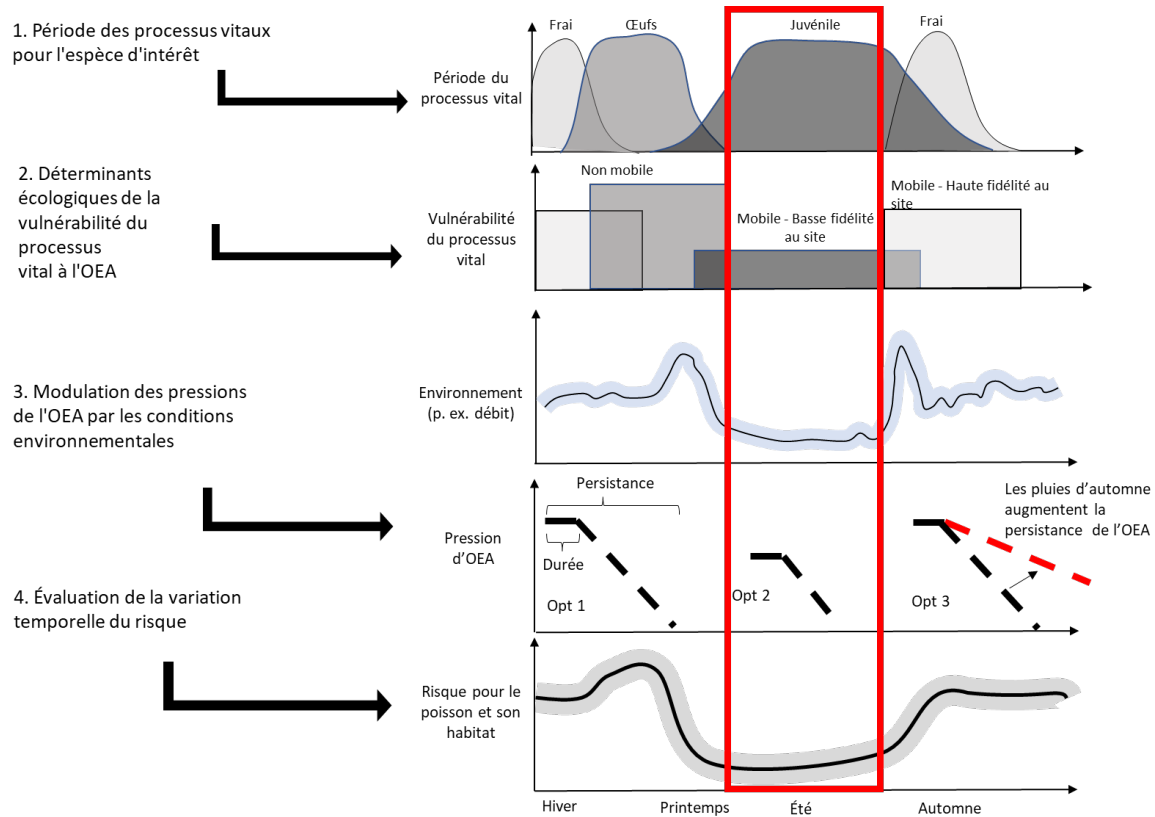


Figure 8. Modèle conceptuel des composantes clés pour guider la conception, la modification et l'application des périodes particulières. L'objectif principal d'une période particulière est de réduire le risque posé par un OEA pour une population ou un écosystème; par conséquent, l'élément essentiel pour une application efficace est une approximation de l'évolution du risque posé par l'OEA dans le temps. Il y a là plusieurs composantes clés, qui sont représentées comme des graphiques différents. Premièrement, les poissons accomplissent différents processus vitaux (par exemple, fraie, croissance, migration) à différentes périodes de l'année. Chaque processus se déroule sur une plage de dates que l'on peut considérer comme des distributions qui se chevauchent (graphique du haut). Chacun de ces stades diffère par sa vulnérabilité aux pressions (deuxième graphique); par exemple, les œufs sont immobiles et peuvent être plus fortement touchés par les travaux que les juvéniles ou les adultes mobiles. La pression exercée par un OEA peut également être fortement modifiée par les conditions environnementales et physiques de l'habitat, comme le débit ou les précipitations, qui varient selon des échelles temporelles différentes (troisième graphique à partir du haut). De ce fait, la pression pendant et après un OEA peut varier considérablement selon la période. Dans cet exemple, l'ampleur et la persistance temporelle d'un OEA augmentent pendant les débits plus élevés à l'automne, par rapport aux périodes de débit plus faibles en été (quatrième graphique). Collectivement, ces éléments définissent la trajectoire temporelle du risque (graphique du bas). Idéalement, des périodes particulières (boîte rouge) seraient élaborées et appliquées pendant des périodes qui réduisent le risque au minimum, qui pourraient être considérées de façon cumulative dans le temps. Chaque niveau d'information peut comporter de l'incertitude, qui se propagera à l'estimation finale du risque au fil du temps (représentée par un ombrage gris autour de la ligne).

---

Le modèle conceptuel de la figure 8 est présenté dans le contexte de l'évaluation d'un seul OEA et d'une seule espèce. Toutefois, en principe, l'approche pourrait être superposée pour tenir compte de plusieurs OEA (c.-à-d. les effets cumulatifs) ainsi que du risque posé par un ou plusieurs OEA pour des communautés de poissons plus vastes (voir la section 5.5.4). Dans la pratique, ces extensions peuvent être considérablement plus complexes; par exemple, plusieurs OEA peuvent avoir des effets cumulatifs sur le risque qui ne sont pas additifs. Il est également important de noter que, dans de nombreuses situations, le risque pour le poisson et son habitat peut ne pas varier dans le temps, c'est-à-dire que le graphique du bas de la figure 8 représenterait une ligne plate, ou les périodes de risque plus faible peuvent être trop courtes ou imprévisibles pour que des travaux puissent avoir lieu. Dans ces cas, les périodes particulières ne seront pas efficaces et d'autres mesures d'atténuation seront nécessaires.

Chaque composante de ce modèle conceptuel nécessite des renseignements différents sur les espèces focales, l'habitat et l'OEA, qui définissent collectivement une mesure intégrée du risque relatif tout au long de l'année. Cela peut à son tour orienter la définition du début et de la fin des périodes particulières qui minimisent le risque. Les sections suivantes traitent ces composantes de manière plus détaillée, mais nous résumons ici les points clés sous forme d'un ensemble de questions générales, qui pourraient servir de critères préliminaires pour guider la conception, l'application et la modification de la période particulière.

#### *Processus vitaux du poisson*

1. Quelles sont les espèces d'intérêt?
2. Utilisent-elles l'habitat potentiellement touché pour un processus vital (le cas échéant, quel processus)?
3. La période de leur utilisation chevauche-t-elle les travaux ou les pressions de l'OEA?
4. Est-il probable que les pressions de l'OEA auront des effets négatifs sur le processus vital exposé (est-il vulnérable ou sensible à l'OEA)?
5. Le processus vital exposé est-il relativement plus vulnérable à l'OEA que les processus vitaux à d'autres périodes de l'année?
6. Les individus se regroupent-ils au cours du processus vital, de sorte qu'une proportion plus élevée de la population risquerait d'être exposée à la pression?
7. Des facteurs environnementaux connus pour ce processus pourraient-ils aider à préciser les périodes de début et de fin du processus?

#### *Caractéristiques de l'OEA*

1. Les pressions de l'OEA sont-elles transitoires ou permanentes?
2. Selon les séquences de pression de l'OEA, les séquences des effets permettent-elles de penser que le choix de la période sera efficace?
3. Quelle est l'échelle temporelle de l'OEA?
4. Comment les pressions varient-elles dans le temps après la fin d'un OEA?

#### *Caractéristiques de l'habitat*

1. Prévoit-on des interactions entre les OEA et l'habitat?
2. Prévoit-on des changements dans l'habitat? Dans l'affirmative, le moment du changement est-il prévisible ou épisodique?
3. Quel est le mécanisme du changement dans l'habitat?



4. Y a-t-il des pressions différées induites par l'habitat?
5. Y a-t-il d'autres pressions locales ou régionales qui pourraient modifier la pression de l'OEA?

Il faut beaucoup d'information pour répondre à bon nombre de ces questions, y compris l'écologie et la vulnérabilité des espèces focales et de l'habitat touché, ainsi que les types d'effets de l'OEA. Toutefois, certains de ces renseignements sont disponibles dans des rapports ou des documents, et le document du SCAS sur les séquences des effets (Brownscombe et Smokorowski 2021) donne des orientations de haut niveau sur les pressions probables des OEA. De même, des renseignements sommaires sur le cycle biologique des espèces (Scott et Crossman 1998; Coker *et al.* 2001) ou leurs caractères (Frimpon et Angermeier 2009) peuvent aider à déterminer la probabilité d'exposition et la vulnérabilité potentielle des processus vitaux. Un exemple de la façon dont ce type d'information spécifique pourrait être compilé pour faciliter la création ou la modification d'une période particulière est présenté dans le tableau 2, avec l'effet déterminant la probabilité qu'une espèce soit exposée à une pression de l'OEA. Les processus vitaux qui, dans le tableau 2, ont une forte probabilité d'exposition à un OEA devraient ensuite être évalués en fonction de la vulnérabilité de l'OEA d'intérêt (ou des types d'OEA probables dans cette région). La combinaison de ces deux éléments, l'exposition et la vulnérabilité, peut aider à déterminer les périodes où le risque est moins élevé pour réaliser les travaux.

*Tableau 2. Récapitulatif des renseignements qu'il peut être utile de recueillir sur les poissons et leurs processus vitaux afin de guider la création ou la modification des périodes particulières et d'évaluer le risque potentiel d'exposition d'un processus vital à une pression de l'OEA. À titre de démonstration, le tableau contient des renseignements propres au gaspareau (*Alosa pseudoharengus*) dans les Grands Lacs inférieurs (Lane *et al.* 1996, Scott et Crossman 1998, Eakins 2021). Ce tableau est une version modifiée de celui créé par Don Little, de l'Office de protection de la nature de Toronto et de la région. Il a été utilisé et étendu avec la permission de l'Office.*

Paramètres d'intérêt		Processus vital					
		Migration	Fraie	Naissance	Croissance	Alimentation	Refuge
Période générale		Avril-mai	Juin-août	Juillet-août	Août-novembre	Septembre-mai	-
Durée		-	4-6 semaines	3-7 jours	-	-	-
Réseau hydrographique	Lac	√	√	√	√	√	-
	Cours d'eau	-	-	-	-	-	-
	Estuaire	-	-	-	-	-	-
	Côtier (marin)	-	-	-	-	-	-
Température de prédilection (°C)	Min	-	9	15,6	-	16	-
	Moyenne	-	13	-	-	-	-
	Max	-	21	22,2	-	21	-
	Argile	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	-

Paramètres d'intérêt	Processus vital						
	Migration	Fraie	Naissance	Croissance	Alimentation	Refuge	
Affinité pour le substrat	<i>Limon</i>	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	-
	<i>Sable</i>	Faible	Élevée	Élevée	Faible	Faible	-
	<i>Gravier</i>	Faible	Élevée	Élevée	Faible	Faible	-
	<i>Pierrailleux</i>	Faible	Élevée	Élevée	Faible	Faible	-
	<i>Galets</i>	Faible	Élevée	Élevée	Faible	Faible	-
	<i>Roches</i>	Faible	Élevée	Élevée	Faible	Faible	-
	<i>Substrat rocheux</i>	Faible	Élevée	Élevée	Faible	Faible	-
	<i>Autre</i>	-	-	-	-	-	-
Affinité pour la végétation	<i>Plantes submergées</i>	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	-
	<i>Émergente</i>	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	-
Profondeur(s) de prédilection (m)	<i>0-1</i>	-	√	√	-	-	-
	<i>1-2</i>	-	√	√	√	-	-
	<i>2-5</i>	-	√	-	√	-	-
	<i>5-10</i>	√	-	-	√	√	-
	<i>10+</i>	√	-	-	-	√	-
Influences environnementales du processus vital	<i>Température</i>	√	√	√	√	√	-
	<i>Lumière</i>	-	√	-	-	-	-
	<i>Hydrologie</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Météorologie</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Qualité de l'eau</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Accès à la nourriture</i>	-	-	-	√	√	-
	<i>Autre</i>	-	-	-	-	-	-
Autres considérations	<i>Stratégie de quête de nourriture</i>	-	-	-	Pélagique	Pélagique	-
	<i>Origine des aliments</i>	-	-	-	Zooplancton	Zooplancton	-

Paramètres d'intérêt		Processus vital					
		Migration	Fraie	Naissance	Croissance	Alimentation	Refuge
	<i>Mobilité</i>	-	-	Non mobile	-	-	-
Moment probable d'exposition à l'OEA dans la journée	<i>Toute la journée</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Jour</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Nuit</i>	-	√	-	√	-	-
	<i>Crépuscule</i>	-	-	-	-	-	-
Notes sur le comportement		-	Déplacements nycthémeraux (au large pendant la journée)	Non mobile	Déplacements nycthémeraux (au large pendant la journée)	-	-
Probabilité (exposition à l'OEA)		Aucune	Élevée	Élevée	Faible	Aucune	Inconnue

## 5.1. PROCESSUS VITAUX DU POISSON

Les poissons d'eau douce ont une morphologie, un comportement et des stratégies de cycle biologique très diversifiés (Scott et Crossman 1998; Mims *et al.* 2010). Le régime alimentaire et les besoins en matière d'habitat varient souvent au sein d'une espèce tout au long de son développement (Werner et Gilliam 1984; Shuter 1990). Par conséquent, la disponibilité des ressources dans l'habitat d'une espèce doit également varier pour correspondre aux exigences de chaque stade de vie (Shuter 1990), puisque l'habitat pour tous les stades est essentiel à l'accomplissement du cycle biologique de l'espèce (Minns *et al.* 1996). Pour limiter les détériorations de la capacité d'un habitat à soutenir les processus vitaux du poisson, il est important de comprendre la variété des espèces qui peuvent utiliser cet habitat et les périodes pendant lesquelles elles sont susceptibles de dépendre le plus de cet habitat, et donc plus vulnérables aux pressions.

Les périodes particulières sont principalement utilisées pour protéger une des nombreuses espèces pendant les périodes où un individu ou la population peut être particulièrement sensible aux pressions associées à un OEA. Il est donc important de comprendre les processus vitaux des poissons lorsqu'on cherche à créer ou à ajuster une période particulière. Ici, nous discutons brièvement des processus vitaux des poissons mis en évidence au bas de chacun des diagrammes des séquences des effets du MPO (Brownscombe et Smokorowski 2021), en mettant spécialement l'accent sur l'adéquation des périodes particulières pour atténuer les effets des pressions de l'OEA et en examinant brièvement les raisons pour lesquelles les poissons peuvent être vulnérables ou sensibles pendant chaque processus.

Malgré l'importance notée de tous les processus vitaux pour la persistance d'une population, on peut utiliser certaines caractéristiques d'un processus vital pour orienter une période particulière. Plus précisément, les périodes particulières seront plus faciles à définir et potentiellement plus efficaces comme mesure d'atténuation (c.-à-d. appropriées) lorsqu'un processus vital :

- 
- a des périodes de début et de fin définies (c.-à-d. qu'il est discret);
  - se produit à un moment précis (par exemple, certaines semaines ou certains mois);
  - se répète chaque année;
  - se produit dans un type d'habitat ou à un emplacement précis;
  - concerne une proportion importante de la population (ou des individus sont présents en forte densité).

Les processus vitaux présenteront des niveaux variables de vulnérabilité à un OEA et aux pressions connexes. Cette vulnérabilité sera propre à chaque espèce et dépendra de la période du processus et de sa concordance avec celle de la pression de l'OEA. Les composantes du cycle biologique qui déterminent la vulnérabilité d'une espèce ou d'un groupe d'espèces à la pression d'un OEA peuvent être la stratégie de fraie (par exemple, pélagique/benthique ou semelpare/itérope), la stratégie de quête de nourriture (par exemple, filtreur, prédateur visuel), la taille à la maturité, la spécificité des associations avec l'habitat (niche étroite d'habitat), la taille de l'aire de répartition et la mobilité, ou encore leur position générale dans la colonne d'eau (par exemple, benthique, pélagique; voir Harvey *et al.* 2017). En général, cependant, les processus vitaux des espèces qui occupent des niches étroites d'habitat ou de quête de nourriture (les espèces spécialistes) sont probablement plus vulnérables aux pressions des OEA que les espèces généralistes, car les espèces spécialistes auront moins de solutions de rechange si leur habitat ou leur base d'alimentation subissent des effets négatifs (Wilson *et al.* 2008). De même, les processus vitaux qui ne peuvent s'adapter ou s'acclimater aux conditions changeantes de l'habitat (par exemple, régimes thermiques) seraient également considérés comme plus vulnérables étant donné leur capacité limitée à faire face aux futurs agents de stress (Pankhurst et Munday 2011).

Il peut être difficile de compiler des renseignements propres aux espèces sur la vulnérabilité des processus vitaux, compte tenu de la diversité des espèces au Canada et de la variété des conditions écosystémiques qu'une seule espèce peut rencontrer dans son aire de répartition. Pour relever ce défi, plusieurs études se concentrent sur les caractéristiques du cycle biologique plutôt que sur des évaluations propres à des espèces, certaines déterminant les caractères qui peuvent accroître la vulnérabilité de l'espèce aux changements environnementaux comme la température (par exemple, la tolérance thermique; Dahlke *et al.* 2020; Nyboer *et al.* 2021), les caractères qui peuvent accroître le risque de disparition du pays ou d'extinction (par exemple, la taille, l'âge à la maturité; Olden *et al.* 2008; van der Lee et Koops 2016) ou les caractères reproductifs liés à la stabilité de l'écosystème (Winemiller 2005). Une telle approche a l'avantage de fournir un lien mécaniste entre les caractères d'une espèce et les facteurs environnementaux (McGill *et al.* 2006), qui peut à son tour étayer les prévisions de la réaction d'une espèce (ou de plusieurs espèces qui ont un caractère commun) à une perturbation.

Une mise en garde importante s'impose cependant à propos de bon nombre de ces ouvrages : ils sont souvent davantage axés sur les changements permanents dans les écosystèmes aquatiques ou les taux vitaux, et de telles pressions dépassent les effets qu'une période particulière est censée atténuer. Des travaux supplémentaires sont donc nécessaires pour comprendre les effets des pressions à court terme de l'OEA sur les processus vitaux; une approche fondée sur les caractères est prometteuse, car il existe des données qui définissent les caractéristiques du cycle biologique des espèces (voir Frimpon et Angermeier 2009) ainsi que les besoins particuliers en matière d'habitat en fonction du stade de vie (par exemple, Coker *et al.* 2001). Combinés, ces renseignements peuvent aider à déterminer les caractères des espèces qui sont susceptibles d'être touchés, leur vulnérabilité potentielle si les espèces

---

sont exposées à une pression et la probabilité qu'elles occupent l'habitat concerné. Nous présentons d'autres précisions sur les vulnérabilités potentielles des six processus vitaux indiqués dans le cadre des séquences des effets du MPO dans la section ci-dessous.

### 5.1.1. Migration

**Adéquation** : La migration est liée à d'autres processus vitaux, comme l'alimentation, la fraie ou la recherche de refuges, et les définitions mettent également l'accent sur la nécessité pour une majorité de la population de se déplacer entre deux habitats sur une distance plus grande que l'aire de répartition habituelle de l'espèce avec une certaine périodicité fixe (voir Lucas et Baras 2008). Selon cette définition, les périodes particulières sont prometteuses pour assurer une protection pendant ce processus vital, à condition que la période de migration et les corridors de déplacement puissent être définis.

**Vulnérabilité** : Il existe essentiellement deux moyens d'interrompre la migration : le premier est d'empêcher le passage le long d'un corridor de migration (obstacle physico-chimique) et le deuxième d'exercer un effet tel sur un individu qu'il ne peut pas accomplir la migration (réduction de la valeur adaptative). Bien que les obstacles physiques à la migration puissent clairement bloquer l'accès aux habitats nécessaires ou forcer les populations à se regrouper dans un habitat sous-optimal, les conditions en amont ou en aval des obstacles peuvent également empêcher un individu de migrer. Par exemple, les zones en aval des obstacles peuvent avoir des concentrations d'oxygène et des températures de l'eau variables et si les poissons évitent ces zones ou s'ils rencontrent un déficit d'oxygène qui réduit leur capacité à contourner une structure, la migration peut échouer (voir Lucas et Baras 2008). Pendant la migration, les individus peuvent être sensibles aux pressions des OEA, particulièrement si leurs réserves d'énergie sont faibles ou si les distances de migration sont longues (par exemple, températures élevées chez le saumon rouge; Crossin *et al.* 2008). Dans ces situations, la réaction d'un individu à la pression exercée par l'OEA et sa capacité à migrer dépendront de sa valeur adaptative ou de son état de départ (Lucas et Baras 2008). Quel que soit le mécanisme, l'échec de la migration aura un effet différé lié au processus vital ultime, par exemple, l'incapacité d'atteindre l'habitat de fraie et, par conséquent, l'échec de la reproduction ou l'échec de la migration et, de ce fait, l'incapacité d'atteindre un habitat de croissance convenable). Ainsi, la raison d'une migration est essentielle pour déterminer le risque que posent des interruptions de ce processus vital pour l'individu ou la population. Le tableau 3 récapitule certains des facteurs et des prédicteurs de la migration, pour les individus et au niveau de la population.

#### Principales considérations

- Raison de la migration
- Durée de la migration
- Étendue ou distance de migration
- Partie de la population concernée par la migration
- Trajectoire du déplacement
- Besoins de l'espèce
- État des individus qui entreprennent la migration

---

### 5.1.2. Fraie

**Adéquation :** Comme il est précisé à la section 5, la fraie est le processus vital le plus souvent utilisé pour définir les périodes particulières au Canada. La plupart des espèces frayent chaque année, pendant une période définie et limitée, et dans un habitat précis (ou une série de conditions de l'habitat). Cela peut signifier qu'une forte proportion de la population adulte sera à ces emplacements en même temps et donc plus vulnérable à la pression d'un OEA. La fraie est également bien étudiée, et les facteurs et les indices de la migration de fraie et de la fraie sont bien documentés pour de nombreuses espèces (Scott et Crossman 1998; tableau 3). La disponibilité de ce type d'information permet de soutenir la modification des périodes particulières autour des saisons de fraie par rapport à d'autres processus vitaux.

**Vulnérabilité :** Les perturbations pendant la fraie peuvent réduire la reproduction de la population. Les poissons présentent une grande variété de stratégies et de comportements de fraie et utilisent divers habitats à cette fin. Les espèces peuvent avoir des stratégies de fraie semelpares (se reproduisant une seule fois au cours de leur vie) ou itéropares (se reproduisant plusieurs fois), qui peuvent dicter l'ampleur de l'effet d'un OEA. L'échec de la fraie pour une espèce semelpare peut avoir de plus grandes conséquences au niveau de la population, car une fois que les ressources sont investies pour la fraie, un individu ne peut pas facilement les réaffecter si les conditions de l'habitat local ne conviennent pas. En revanche, même si, à court terme, la fraie peut être touchée de la même façon pour les espèces itéropares, celles-ci peuvent retarder la fraie jusqu'à ce que les conditions s'améliorent. La vulnérabilité d'une stratégie de fraie sera également influencée par d'autres caractéristiques du cycle biologique de l'espèce ou de la population, y compris l'âge à la maturité, la proportion de la population qui fraie et la fécondité (Velez-Espino *et al.* 2006); une compréhension holistique de la stratégie de fraie d'une espèce est donc nécessaire pour évaluer pleinement la vulnérabilité.

Quelle que soit la stratégie, pour les poissons qui se regroupent pendant la fraie, une densité accrue dans une zone de fraie confinée peut exposer une plus grande partie de la population aux pressions de l'OEA que celle qui se trouve habituellement dans une zone, une situation qui peut temporairement accroître le risque associé aux OEA qui ont lieu en même temps (probabilité accrue d'épisodes de mortalité massive). Toute perturbation qui provoque une réaction au stress chez un individu peut avoir une incidence sur le comportement et la reproduction, bien que la réaction précise dépende du moment et de l'ampleur de la réaction au stress (Schreck 2010). Des perturbations à court terme peuvent entraîner un comportement d'évasion qui peut créer une carence en oxygène chez un individu, carence qui devra être résolue (c.-à-d. que les individus devront se reposer et se rétablir) avant que la fraie puisse reprendre (van Overzee et Rijnsdorp 2015). Une pression de l'OEA qui retarde la libération ou la fertilisation des œufs peut entraîner une surmaturation des œufs, dont la qualité et les taux de fertilisation diminueront (Springate *et al.* 1984); si la pression est prolongée, un tel retard peut se traduire par une occasion de fraie manquée (Rideout *et al.* 2000). Pour l'accouplement, les pressions des OEA peuvent interrompre les routines habituellement effectuées avant ou pendant un épisode de fraie (par exemple, une turbidité accrue peut modifier le choix du partenaire; Glotzbecker *et al.* 2015). Étant donné que les habitudes comportementales liées à la fraie varient d'une espèce à l'autre, Rowe et Hutchings (2003) pensent que la complexité du comportement peut dicter l'ampleur de la perturbation causée par la pression d'un OEA. Enfin, les reproducteurs et les embryons peuvent également être plus sensibles à certaines formes de perturbation que les autres stades de vie, puisque ce sont ceux qui ont la tolérance thermique la plus étroite et la capacité aérobie la plus faible, ce qui en fait les plus sensibles aux changements de température liés à la pression d'un OEA (Dahlke *et al.* 2020).

---

## Principales considérations

- Stratégie de fraie (par exemple, sémelpare ou itéropare)
- Durée de la saison de fraie
- Besoins en matière d'habitat de fraie (par exemple, habitat physique, profondeur, débit)
- Densités des individus pendant la fraie
- Comportement pendant la fraie (par exemple, construction de nids, parade nuptiale)

### 5.1.3. Naissance

**Adéquation** : En tant que produit de la fraie, le processus vital de la naissance se produira immédiatement après et, dans une certaine mesure, une partie de la période natale aura lieu pendant les périodes particulières qui sont définies de façon appropriée pour la fraie. Cela est principalement vrai pour les poissons qui frayent au printemps, car la croissance et le développement des œufs peuvent intervenir rapidement (par exemple, en 12 à 18 jours pour le doré jaune; Scott et Crossman 1998), ce qui accroît l'adéquation des périodes particulières pour protéger ce processus vital. Il peut être plus difficile d'appliquer des périodes particulières pour protéger les processus vitaux natals pour les espèces qui frayent à l'automne étant donné la nature prolongée du développement des œufs (qui peut durer pendant tout l'hiver avec une émergence parfois aussi tardive qu'au printemps).

**Vulnérabilité** : Comme la fraie, les perturbations pendant la période de naissance réduiront la reproduction de la population. Le développement des œufs est influencé par les conditions environnementales, notamment la température (Pauly et Pullin 1988), et la survie des œufs est souvent naturellement faible (Houde 2009), avec une variabilité considérable selon les conditions de l'habitat (par exemple, la composition du substrat de la frayère; Marsden *et al.* 1995) ou la température de l'eau (Ivan *et al.* 2010; Gagliano *et al.* 2007). Les pressions des OEA qui modifieront les conditions environnementales pendant le développement des œufs peuvent accroître la mortalité natale directement (changement de température léthal ou étouffement par les sédiments) ou indirectement (taux de croissance réduits entraînant une augmentation de la mortalité pendant les processus vitaux de la naissance et de la croissance). Le premier cas serait constitué des exemples de ce que Houde (1989) a décrit comme une mortalité épisodique, où une brève pression de l'OEA entraîne un épisode de forte mortalité à court terme. En revanche, les effets plus indirects correspondent à des changements plus subtils des taux quotidiens de mortalité ou à de légères réductions des taux de croissance (Houde 1989). Les deux types de mortalité dans les premiers stades de vie peuvent avoir une incidence importante sur le recrutement, mais bien que des changements subtils soient plus fréquents (Houde 1989), les pressions des OEA qui causent des événements épisodiques sont plus visibles et sont donc plus susceptibles d'être documentées.

## Principales considérations

- Période de la fraie pour une espèce donnée
- Durée du développement des œufs
- Variabilité des taux de développement en fonction des conditions environnementales (par exemple, température)
- Vulnérabilité des œufs aux OEA/pressions

---

#### 5.1.4. Croissance

**Adéquation :** Pour la croissance, l'utilité potentielle des périodes particulières dépend du cycle biologique d'une espèce. Pour les espèces dont les déplacements après l'émergence des larves sont passifs, la densité des individus peut diminuer au cours de ces premiers stades et il n'y a pas toujours une association avec des caractéristiques précises de l'habitat, ce qui rend les périodes particulières moins utiles comme mesure d'atténuation (par exemple, doré jaune; Sesterhenn *et al.* 2014). De même, la dispersion active par les juvéniles est difficile à prévoir et réduit la densité locale (Radinger et Wolter 2014). En revanche, pour les espèces qui prennent un certain soin de leurs petits en adoptant un comportement de protection des nids (par exemple, achigan à petite bouche [*Micropterus Dolomieu*] ou qui protègent les jeunes après la migration ascendante (par exemple, poisson-castor [*Amia Calva*]), les jeunes peuvent être regroupés dans des zones discrètes pendant une période prolongée, ce qui augmenterait l'utilité des périodes particulières pour limiter les OEA/pressions.

**Vulnérabilité :** À l'instar des processus natals, pendant la phase de croissance, les poissons sont sensibles aux perturbations des conditions de l'habitat, y compris les changements de température, la réduction de l'oxygène dissous ou du couvert protecteur et l'augmentation de la sédimentation ou de la turbidité. Cette période est dominée par des taux de mortalité et de croissance élevés, qui affichent tous deux une variabilité interannuelle considérable. Ces paramètres sont également liés à une croissance plus lente, généralement associée à une augmentation de la mortalité (Houde 1997). Toutes les pressions d'un OEA qui modifieront ou ralentiront les taux de croissance pendant les stades des larves-juvéniles influenceront donc le recrutement. Cela comprend les changements de la disponibilité des ressources convenables en proies, en concentrations suffisantes, puisque les larves de poissons sont des prédateurs qui sont limités par l'ouverture maximale de leurs mâchoires et qui ont des besoins énergétiques élevés (Houde et Zastrow 1993). Les décalages entre la période de l'émergence des larves et la présence de proies appropriées sont une hypothèse bien établie de l'échec du recrutement aux premiers stades de vie (dans Houde 2009). De même, après l'absorption du sac vitellin, les larves de poisson doivent commencer à s'alimenter avant d'avoir épuisé leur énergie, après quoi il est impossible de prévenir la famine (même si l'alimentation commence après ce point). La durée de la tolérance à cette privation dépend à la fois de la taille des larves (plus courte pour les petites larves; Miller *et al.* 1988 dans Houde 2009) et de la température (plus longue à des températures plus froides). La prédation est une source importante de mortalité pendant les stades larvaires et juvéniles et elle est habituellement sélective selon la taille, la survie favorisant donc les larves plus grandes ou à croissance plus rapide (Houde 2009). De ce fait, les pressions des OEA qui risquent de retarder la fraie, de nuire à l'émergence des ressources en proies (habituellement le phytoplancton, le zooplancton ou d'autres invertébrés) ou de réduire les taux de croissance des larves peuvent avoir des effets résiduels sur le recrutement.

Il est essentiel d'atteindre un habitat de croissance approprié pour trouver des proies convenables et éviter la prédation. Le transport ou la rétention des œufs et des larves dans un habitat de croissance convenable ou inadéquat est donc un facteur de la variabilité interannuelle du succès du recrutement (Cowan et Shaw 2002 – dans Houde 2009). Les premiers stades de vie ont une capacité de nage limitée (Lucas et Baras 2008) et dépendent donc du débit dans les rivières ou des courants dans les lacs pour les transporter vers un habitat de croissance convenable. À mesure qu'ils deviennent plus matures et plus mobiles, même les migrations apparemment sur de courtes distances (les déplacements nyctéméraux vers les côtes et le large) sont importantes pour la survie et la croissance des poissons. Cela est particulièrement vrai pour les larves et les juvéniles, car ils ont des réserves d'énergie limitées et doivent équilibrer leurs besoins alimentaires et leur vulnérabilité accrue à la prédation pendant les déplacements loin de l'habitat de croissance (Lucas et Baras 2008). Les pressions



---

des OEA qui peuvent modifier le débit ou le courant et, par conséquent, limiter l'accès à un habitat de croissance convenable peuvent donc avoir une incidence sur la croissance et la survie aux premiers stades de vie. Enfin, pour les espèces qui protègent les nids ou les œufs pendant l'alevinage, la pression d'un OEA peut modifier le comportement des adultes et les faire abandonner le nid temporairement et permettre aux prédateurs d'y entrer (Zuckerman et Suski 2013). De plus, les espèces qui protègent les nids peuvent se regrouper dans des habitats précis (par exemple, plus de 300 achigans à grande bouche adultes par hectare dans certains cas [Weis et Sass 2011]); la pression d'un OEA dans cette région peut donc avoir une incidence sur une plus grande partie de la population à un moment donné.

### Principales considérations

- Mobilité et étendue de la dispersion durant les premiers stades de vie de l'espèce
- Densité des individus dans un habitat
- Comportement de protection des nids ou des œufs
- Vulnérabilité de la croissance aux pressions des OEA
- Vulnérabilité des proies à la pression des OEA

#### 5.1.5. Alimentation

**Adéquation** : En raison de la nature prolongée de ce processus vital, il est probablement le plus difficile à protéger avec des périodes particulières. La stratégie de quête de nourriture peut varier considérablement entre les populations d'une même espèce et à l'intérieur de celles-ci (par exemple, il y a trois profils distincts d'utilisation de l'habitat et d'activité dans une population de grand brochet; Kobler *et al.* 2009), et il est de ce fait plus difficile d'offrir une protection plus générale à une espèce ou à une population à l'aide de périodes particulières. De même, bien que certaines espèces se nourrissent toute l'année, d'autres peuvent chercher à se nourrir de manière plus intense à certaines périodes, qui seront suivies de périodes d'inactivité relative (par exemple, certains achigans pendant l'hiver; Suski et Ridgway 2009). Une autre difficulté réside dans le fait que les poissons peuvent ajuster leur habitat d'alimentation tout au long de leur cycle biologique ou de façon saisonnière afin de mieux cibler les ressources tout en limitant le risque (Shuter 1990).

**Vulnérabilité** : Les périodes de privation d'aliments, en particulier si elles sont prolongées, peuvent modifier la valeur adaptative d'un individu et mener à des troubles physiologiques (par exemple, altération de la fonction immunitaire, stress oxydatif; Pascual *et al.* 2003; Caruso *et al.* 2011) ou comportementaux (par exemple, malaise, migration retardée; Wang *et al.* 2006; Midwood *et al.* 2016). Cependant, compte tenu de la prévalence des périodes de disponibilité limitée de nourriture dans les systèmes naturels, les poissons ont une variété de réponses adaptatives qui peuvent aider à maximiser la survie (Wang *et al.* 2006; McCue 2010). Par exemple, à court terme, un poisson peut accroître son activité de quête de nourriture, mais s'il échoue, il peut réduire cette activité et, ainsi, ses dépenses énergétiques (Méndez et Wieser 1993). Par conséquent, le plus grand risque posé par la pression d'un OEA pour la quête de nourriture se produira lorsque la pression est prolongée et empêche les poissons de se nourrir (par exemple, des augmentations de la turbidité peuvent limiter le succès de la recherche de nourriture chez les prédateurs visuels; Hecht et van der Lingen 1992). Pour certaines espèces, il y a des périodes où la quête de nourriture est particulièrement importante pour les processus vitaux futurs, notamment chez certains poissons qui frayent au printemps, comme le grand brochet et le doré jaune, qui continuent de se nourrir tout au long de l'hiver pour soutenir le développement des œufs (Zhao *et al.* 2008; Harvey 2009). Les perturbations

---

pendant ces périodes peuvent donc avoir des effets différés et réduire le succès de la reproduction. Enfin, la pression de l'OEA peut influencer sur l'approvisionnement alimentaire d'une espèce, de sorte que, même si son comportement ou sa capacité de chercher de la nourriture ne sont pas directement touchés, la disponibilité des ressources alimentaires peut être réduite.

### Principales considérations

- Proies principales
- Influence de la pression des OEA sur les ressources alimentaires
- Habitat d'alimentation
- Criticité de la période d'alimentation (par exemple, embryogenèse hivernale)
- Durée de la période de privation de nourriture causée par la pression de l'OEA

#### 5.1.6. Refuge

**Adéquation** : Pendant certaines périodes de l'année, les poissons peuvent chercher refuge dans des habitats particuliers lorsque les conditions ailleurs sont moins favorables. Par exemple, les variations saisonnières de la profondeur par rapport à la température optimale cible (par exemple, touladi [*Salvelinus namaycush*] pendant l'été; McMeans *et al.* 2020), l'évitement des déficits hypolimnétiques en oxygène (par exemple, doré jaune dans une échanture eutrophe; Brooks *et al.* 2022), la recherche de conditions plus stables en hiver (par exemple, les poissons de cours d'eau passant dans des fosses plus profondes et plus lentes; Lucas et Baras 2008) et l'évitement des prédateurs (par exemple, passage des poissons proies des systèmes lentiques aux systèmes lotiques; He et Wright 1992). Les périodes particulières peuvent offrir une protection aux poissons lorsque l'habitat de refuge est essentiel, en particulier pour les espèces qui cherchent un refuge chaque année et qui utilisent ces habitats pendant une période limitée. Par conséquent, il faut connaître les facteurs qui sous-tendent le besoin de refuge ainsi que le moment de leur utilisation pour bien appliquer des périodes particulières.

**Vulnérabilité** : Par définition, l'utilisation d'un refuge sous-entend que d'autres habitats autrefois convenables ne sont pas disponibles. La quantité d'habitat de refuge disponible est un facteur important pour évaluer le risque, car un habitat de refuge plus limité peut entraîner une augmentation de la densité et, ainsi, exposer une plus grande partie de la population aux effets d'une pression de l'OEA. De plus, la raison pour laquelle un poisson cherche un refuge particulier et les conditions qu'offre ce refuge est pertinente pour que les pressions de l'OEA ne rendent pas les conditions de l'habitat du refuge semblables à celles que le poisson évite dans l'habitat qu'il occupait auparavant.

### Principales considérations

- Raison de chercher refuge
- Durée de la période de refuge
- Disponibilité d'un habitat de refuge
- Taille de l'habitat de refuge

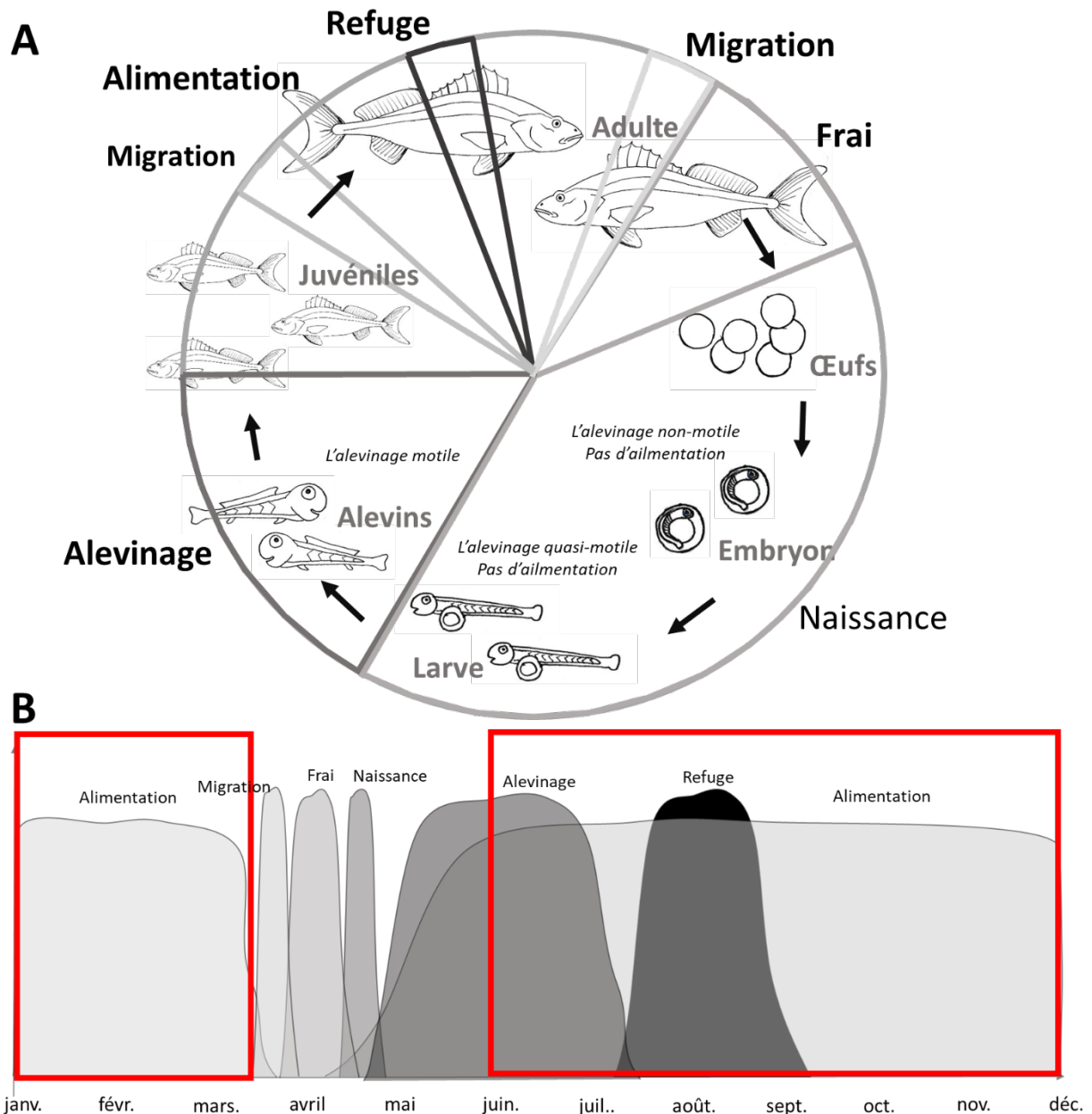


Figure 9. A) Période généralisée des processus vitaux pour une espèce de poisson. B) Exemple de période et de durée des processus vitaux du doré jaune (*Sander vitreus*) dans les Grands Lacs inférieurs avec la période particulière (boîte rouge) montrant les processus vitaux qui ne sont pas protégés contre les pressions des OEA.

## 5.2. PRÉDICTEURS ENVIRONNEMENTAUX DES PÉRIODES CHEZ LES POISSONS

Les périodes des processus vitaux et les exigences et conditions de l'habitat nécessaires à leur accomplissement varient selon les espèces et les populations. La figure 9 illustre un cycle biologique annuel généralisé pour une espèce d'eau douce qui fraie au printemps. Ces processus sont intimement liés aux conditions environnementales, qui peuvent déclencher le début d'un processus ou en établir le rythme de progression (par exemple, croissance et développement accélérés des œufs à des températures plus chaudes; Pauly et Pullin 1988). Le

début et la durée d'un processus vont donc varier d'une année à l'autre dans une population, ainsi que dans l'espace chez une espèce.

Lucas et Baras (2008) donnent un aperçu des facteurs qui influent sur le début de la migration des poissons d'eau douce et soulignent qu'une combinaison de facteurs internes et externes dictera le comportement de migration (résumés dans le tableau 3). Des liens semblables sont probablement présents pour d'autres processus vitaux. Bien que d'autres recherches soient sans aucun doute nécessaires pour confirmer les liens proposés entre ces facteurs et le processus qui en résulte, lorsque l'information est disponible, elle peut s'avérer utile pour définir ou peaufiner l'application des périodes particulières afin d'atténuer les effets négatifs des pressions de l'OEA sur les processus vitaux.

Plus précisément, la connaissance des facteurs externes ou environnementaux des processus vitaux peut aider à déterminer s'il est sécuritaire, l'année en question, d'élargir les périodes particulières définies plus généralement (ou de travailler pendant des périodes d'activité restreinte) sans avoir d'incidence sur les processus vitaux. Par exemple, si la température de l'eau doit atteindre un seuil de base avant qu'une espèce commence à frayer et qu'il a fait plus froid que d'habitude, il peut être sécuritaire de prolonger la période des travaux cette année-là, au moins jusqu'à ce que des individus de cette espèce soient détectés près des frayères.

*Tableau 3. Récapitulatif des facteurs potentiels des processus vitaux (c.-à-d. les facteurs qui peuvent contrôler le début ou la fin d'un processus vital). Les interactions entre ces facteurs sont probables et doivent être prises en compte. Les facteurs sont divisés en groupes externes et internes pour mettre l'accent sur la façon dont l'état interne d'un individu dictera également quand ce dernier entamera un processus vital ou la transition entre des processus (adapté de Lucas et Baras 2008).*

	Facteur	Migration	Fraie	Naissance	Alevinage	Alimentation	Refuge	Facteurs précis des processus vitaux
<b>Externe</b>	Température	X	X	X	X	X	X	Hausse ou baisse des températures, degrés-jours cumulés
	Lumière	X	X	-	-	X	-	Nycthéral, heures de lumière, intensité, influence sur les proies (par exemple, phytoplancton), phase de la lune
	Hydrologie	X	X	-	-	-	X	Débit, inondation
	Météorologie	X	-	-	-	-	X	Précipitations (influence l'hydrologie), pression barométrique, couverture de glace
	Qualité de l'eau	X	-	-	-	X	X	Oxygène dissous, contaminants, turbidité
	Accès à la nourriture	X	-	-	X	X	X	Densité des proies, taille des proies (limitation par l'ouverture maximale des mâchoires), compétition
<b>Interne</b>	Facteurs génétiques et ontogénétiques	X	X	X	X	X	-	Caractéristiques héréditaires du processus vital (par exemple, fraie dans une rivière ou dans un lac chez le doré jaune)

	Facteur	Migration	Fraie	Naissance	Alevinage	Alimentation	Refuge	Facteurs précis des processus vitaux
	<i>Faim et équilibre métabolique</i>	X	X	X	-	X	X	Taux métabolique standard, température
	<i>Écotropisme</i>	X	X	X	-	X	X	Origine natale
	<i>Comportement</i>	X	X	-	-	X	X	Variable individuelle, liée au taux métabolique
	<i>Évitement des prédateurs</i>	X	-	-	X	X	X	Densité des prédateurs

### 5.3. CARACTÉRISTIQUES DE L'OEA

L'efficacité des périodes particulières en tant que mesure d'atténuation dépend des caractéristiques des OEA et de leurs séquences de pression et effets. Bien qu'une discussion exhaustive d'OEA précis dépasse la portée du présent document, cette section examine les caractéristiques générales des OEA qu'il est important de prendre en considération pour la conception, l'application et la modification des périodes particulières. Plus précisément, nous nous penchons sur les périodes et la persistance des pressions en tant que principaux facteurs déterminants de la possibilité que des périodes particulières permettent d'atténuer les effets des OEA. En général, les périodes particulières seront plus faciles à définir et potentiellement plus efficaces comme mesure d'atténuation lorsque :

- les pressions de l'OEA sont transitoires plutôt que permanentes;
- la trajectoire de la pression résiduelle après la fin de l'OEA peut être définie et est prévisible.

#### 5.3.1. Périodes

L'importance de la période variera selon les pressions associées à un OEA donné. Les diagrammes des séquences des effets (Brownscombe et Smokorowski 2021) pourraient constituer un point de départ pour déterminer de façon générale les endroits évidents où la période influe ou non sur les séquences des pressions. Dans certains cas, les pressions sont permanentes : par exemple, l'ajout de structures comme des barrages hydroélectriques qui réduisent ou éliminent de façon permanente le passage du poisson; les périodes particulières ne constituent pas alors une mesure d'atténuation efficace. En revanche, d'autres pressions peuvent être transitoires; par exemple, la concentration de sédiments en suspension peut augmenter pendant que les engins sont exploités dans l'eau, puis diminuer une fois l'OEA terminé. Dans ces dernières situations, l'application de périodes particulières pour modifier la période des pressions pourrait modifier considérablement les effets sur le poisson et son habitat. Dans le cas de certains grands projets qui durent plus d'un an, les périodes particulières pourraient tout de même constituer une mesure d'atténuation efficace si le risque pour le poisson et son habitat varie dans le temps.

Bradford et ses collaborateurs (2015) proposent cinq critères pour évaluer l'échelle temporelle des OEA; ces critères, utiles pour déterminer de façon générale les catégories d'échelle temporelle, sont les suivants : (1) La modification est-elle permanente, réversible ou transitoire? (2) La pression est-elle très fréquente et devrait-elle être considérée cumulativement ou comme un seul événement? (3) La durée est-elle plus courte qu'un stade de vie du poisson dans la zone touchée? (4) La période coïncide-t-elle avec des processus vitaux sensibles du poisson? Et (5) La durée est-elle suffisante pour avoir un effet significatif au-delà de celui que les

---

poissons subirait du fait de la variation naturelle? Même avec des informations limitées, l'application de ces critères aux pressions associées à un OEA donné (déterminées à partir des diagrammes des séquences des effets) peut donner une approximation préliminaire de l'endroit où les périodes particulières pourraient être efficacement appliquées comme mesures d'atténuation.

### 5.3.2. Persistance

Bien que les évaluations à l'échelle du cours des diagrammes des séquences des effets décrits ci-dessus puissent déterminer où les périodes particulières pourraient être (ou ne pas être) efficaces, d'autres renseignements sont nécessaires pour évaluer l'ampleur de leur efficacité et les risques liés au fait de travailler en dehors de celles-ci. L'évaluation du risque d'un OEA comporte habituellement la prise en compte de l'ampleur, de l'étendue spatiale et de la persistance temporelle potentielles des pressions et des effets (Bradford *et al.* 2015). La persistance est spécialement pertinente pour les périodes particulières et se définit comme le temps nécessaire pour qu'une pression disparaisse, du moment où un OEA commence à modifier une composante de l'habitat, jusqu'à celui où la pression n'est plus présente. La persistance d'un OEA peut être encore davantage décomposée en *durée*, la pression pendant l'OEA et en *pression continue* après la fin de l'OEA (figure 10). Cette distinction est importante parce que l'ampleur de la pression peut varier dans le temps et que la forme de cette trajectoire devrait fortement influencer sur la conception des périodes particulières et le risque de travailler en dehors de celles-ci. Par exemple, prolonger les travaux au-delà d'une période particulière lorsque la pression continue diminue rapidement (ligne 1 de la figure 10) entraînerait un risque supplémentaire beaucoup moins grand qu'une pression résiduelle qui diminue plus graduellement (ligne 2 de la figure 10). Les OEA qui causent des pressions continues sur des périodes plus longues (par exemple, ligne 3 ou 4 de la figure 10) peuvent nécessiter des mesures d'atténuation supplémentaires.

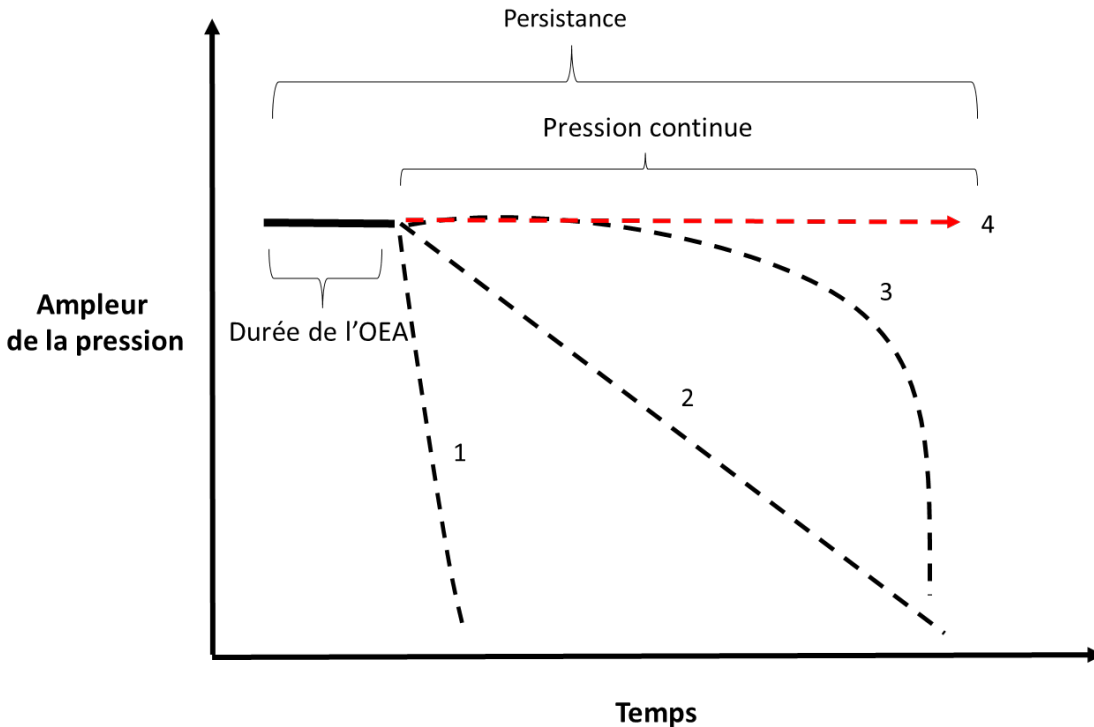


Figure 10. Schéma des différentes composantes de la persistance de la pression résultant d'un OEA. La durée de l'OEA (ligne pleine) définit la pression subie pendant l'OEA, par exemple, les effets sur les sédiments pendant que les engins travaillent dans l'eau. La pression continue (lignes tiretées) décrit la façon dont cette pression persiste dans le temps après la fin de l'OEA. Il existe de nombreuses trajectoires possibles pour ces pressions continues; certaines sont représentées par des lignes tiretées 1 à 4. La ligne rouge (4) illustre une situation dans laquelle un OEA a des effets permanents sur la capacité d'un habitat de soutenir le poisson, de sorte que les périodes particulières ne seraient pas une mesure d'atténuation efficace. À l'autre extrémité du spectre, la ligne 1 représente une pression qui est immédiatement éliminée après la fin d'un OEA (par exemple, bruit sous-marin). Les lignes 2 et 3 correspondent aux cas intermédiaires où une pression se poursuit après l'OEA, mais diminue graduellement au fil du temps (par exemple, concentration de sédiments en suspension). Divers mécanismes influencent la forme de ces courbes. Par exemple, les pressions de source ponctuelle, comme les sédiments ou les contaminants, peuvent être graduellement diluées dans le temps, ou il est possible de réduire activement les pressions par des mesures de restauration comme la plantation de végétation.

Beaucoup de travaux ont été effectués sur la persistance de certaines pressions dans les écosystèmes aquatiques, particulièrement celles liées aux sédiments et aux contaminants. Par exemple, de nombreuses études consacrées à la mesure et à la modélisation du devenir et du transport des particules pourraient en principe servir à prédire les trajectoires de l'échelle temporelle et de la pression résiduelle (par exemple, Johnson *et al.* 2000a; Johnson *et al.* 2000b; Lindim *et al.* 2016, Courtice et Naser 2020). Toutefois, dans de nombreuses situations, l'information pour paramétrer ces outils peut être limitée et il n'existe pas de cadre heuristique complet pour prédire l'ampleur et la forme des trajectoires de la persistance entre les OEA. De plus, la persistance des OEA peut être fortement influencée par l'habitat local et les conditions environnementales, ce qui peut créer des trajectoires complexes de la pression résiduelle. Cette question est abordée de manière plus détaillée dans la section Caractéristiques de l'habitat (5.4).

## 5.4. CARACTÉRISTIQUES DE L'HABITAT

### 5.4.1. Période des événements liés à l'habitat et des interactions avec les OEA

Les périodes particulières efficaces devraient éviter de chevaucher les périodes des propriétés physiques et écologiques qui forment et maintiennent l'habitat. Idéalement, elles devraient aussi éviter les conditions qui pourraient accroître l'ampleur et la persistance de la pression de l'OEA. La présente section donne un aperçu des principaux processus physiques et biologiques qui structurent les habitats aquatiques et de la façon dont ils pourraient interagir avec les OEA (tableau 4). Les conditions de l'habitat extraordinairement variables à l'échelle du Canada ne permettent pas d'examiner toutes les interactions possibles entre les conditions de l'habitat et les caractéristiques des OEA qui accroissent la pression sur les habitats aquatiques. Dans cette section, nous cherchons plutôt à décrire les concepts généraux, ainsi qu'à donner des exemples illustratifs, liés à la façon dont la période des événements ou de la dynamique de l'habitat peut interagir pour moduler les pressions de l'OEA. En général, les périodes particulières seront plus faciles à définir et potentiellement plus efficaces comme mesure d'atténuation lorsque :

- les conditions de l'habitat sont prévisibles;
- les mécanismes par lesquels les conditions de l'habitat influent sur les pressions de l'OEA sont compris.

*Tableau 4. Principaux processus physiques qui façonnent les habitats aquatiques, les changements dans l'habitat et l'interaction potentielle avec les OEA qui accroîtraient la vulnérabilité de l'habitat. Les pressions sur l'habitat indiquées en gras sont des changements directs et le texte en caractères normaux dénote des changements indirects.*

Processus	Paramètre	Réseaux hydrographique	Changement de l'habitat	Augmentation de la vulnérabilité à un OEA
<b>Régime hydrologique</b>	Débit élevé	Cours d'eau et rivières	<b>Augmentation de la quantité d'eau,</b> augmentation de l'érosion, augmentation de la vitesse.	Changement de la quantité d'habitat (c.-à-d. zone humide et/ou structure et couvert), augmentation des sédiments en suspension.
<b>Régime hydrologique</b>	Débit faible	Cours d'eau et rivières	<b>Diminution du débit de base, diminution de la quantité d'eau,</b> hausse de la température.	Changement ou perte de quantité d'habitat (c.-à-d. zone humide et/ou structure et couvert), quantité et qualité de l'habitat physique, effets létaux et sublétaux des pressions de la température sur le poisson.
<b>Régime hydrologique</b>	Niveau d'eau	Lacs, zones humides, estuaires	<b>Augmentation ou diminution de la quantité d'eau.</b>	Changement de la quantité d'habitat (c.-à-d. zone humide), quantité et qualité de l'habitat physique (c.-à-d. végétation aquatique inondée), changement de l'exposition à l'énergie éolienne/des vagues ou à l'affouillement par la glace.
<b>Régime de glaces</b>	Couverture et formation de glace	Cours d'eau, rivières, lacs, zones humides	<b>Diminution de la quantité d'eau.</b>	Perte de quantité d'habitat (c.-à-d. zone humide et/ou structure et couvert) et de qualité habitat (c.-à-d. frasil).



<b>Processus</b>	<b>Paramètre</b>	<b>Réseaux hydrographique</b>	<b>Changement de l'habitat</b>	<b>Augmentation de la vulnérabilité à un OEA</b>
<b>Régime de température</b>	Température maximale, dépassement des seuils de température (s'ils sont connus pour les espèces)	Cours d'eau et rivières, zones humides, estuaires	<b>Diminution du débit de base, diminution de l'ombre</b> , hausse de la température.	Effets létaux et sublétaux de la température sur le poisson.
<b>Régime sédimentaire</b>	Concentration de sédiments en suspension	Cours d'eau et rivières	<b>Remise en suspension ou entraînement des sédiments.</b>	Augmentation des sédiments en suspension et de la sédimentation de l'habitat du poisson, perte de structure physique et de couvert.
<b>Paramètres chimiques de l'eau</b>	Concentration en oxygène dissous	Zones humides, estuaires, lacs	<b>Diminution de l'oxygène dissous.</b>	Changement direct de la quantité et de la qualité de l'habitat physique, effets létaux et sublétaux de la faible teneur en oxygène dissous sur le poisson.
<b>Régime nutritif</b>	Concentration en éléments nutritifs	Cours d'eau, rivières, zones humides, estuaires, lacs	<b>Augmentation des nutriments</b> , diminution de l'oxygène dissous.	Effets létaux et sublétaux de la faible teneur en oxygène dissous sur le poisson.
<b>Régime de végétation</b>	Biomasse	Zones humides, cours d'eau, lacs	<b>Changement dans la végétation</b> , changement dans l'oxygène dissous.	Perte de structure et de couvert, effets létaux et sublétaux de la faible teneur en oxygène dissous sur le poisson.

Les habitats du poisson sont des composantes dynamiques des écosystèmes aquatiques et établissent les conditions rencontrées par les poissons. Ces dynamiques sont par exemple les changements saisonniers dans les bassins versants dominés par la neige, depuis les faibles débits hivernaux jusqu'aux forts débits pendant la crue printanière, qui sont ensuite suivis par les faibles débits en été, les cycles de marée qui entraînent des changements dans les niveaux d'eau et les conditions de l'habitat dans les habitats marins côtiers, et les changements diurnes spectaculaires de la température de l'eau et des niveaux d'oxygène dissous dans les zones humides. Des changements plus épisodiques de l'habitat, comme les réactions aux événements météorologiques, peuvent aussi mener à une dynamique de l'habitat moins prévisible. Il s'agit notamment des fortes précipitations qui augmentent les débits et relèvent les niveaux d'eau, des épisodes de froid qui entraînent la formation de glace de surface et de glace de fond, ainsi que de périodes chaudes comme les dômes de chaleur récemment observés dans l'Ouest canadien, qui réchauffent considérablement les systèmes aquatiques, des habitats littoraux jusqu'aux cours d'eau d'amont. Ces exemples illustrent une partie de la portée et des échelles des périodes des changements de l'habitat.

La variation temporelle des conditions de l'habitat contribue à créer et à façonner l'habitat lui-même, ainsi que les populations de poissons qui y vivent. Par exemple, les débits élevés des cours d'eau peuvent transporter différentes composantes du système en aval, où ils poussent des sédiments et de grands débris ligneux qui forment les bases de l'habitat (Wohl 2019). Cette variation temporelle des conditions de l'habitat influence aussi directement les poissons et leurs processus vitaux. Les changements des conditions de l'habitat qui modifient la quantité ou la qualité de l'habitat peuvent avoir des effets dépendants ou indépendants de la densité sur la croissance, la survie et la reproduction des poissons. Par exemple, on observe souvent des effets dépendants de la densité sur la croissance et la mortalité résultant des faibles débits estivaux ou de la production de glace de fond en hiver, qui limitent la quantité d'habitat

---

disponible pour les poissons dans les cours d'eau (Brown *et al.* 2010; Rosenfeld 2017). Les pluies automnales épisodiques peuvent également entraîner une mortalité indépendante de la densité causée par l'affouillement des tapis d'œufs ou des nids (Lapointe *et al.* 2000). Pour de nombreuses espèces, des changements temporels précis des conditions de l'habitat, souvent associés à un stade de vie particulier, entraînent une forte régulation de la population. Ils sont souvent décrits comme des goulots d'étranglement d'habitat ou de population et peuvent rendre les populations plus vulnérables à des changements supplémentaires. Le chevauchement des périodes des changements de l'habitat et du stade de vie ou du processus vital du poisson est donc particulièrement important pour évaluer le risque que pose pour les populations un changement supplémentaire de l'habitat que l'OEA pourrait introduire dans le système.

Le degré de chevauchement et la force de l'interaction entre les conditions de l'habitat et les OEA détermineront l'ampleur et la persistance de la pression exercée par un OEA sur le poisson et son habitat. Les conditions changeantes de l'habitat peuvent moduler l'ampleur et la persistance des pressions de l'OEA sur le poisson et son habitat. Par exemple, les débits élevés peuvent accroître l'érosion des sédiments lorsque les débits dans les cours d'eau augmentent et érodent les berges déstabilisées. Pour les OEA dont les séquences de pression provoquent une augmentation des charges en sédiments due à l'aggravation de l'érosion des berges (par exemple, engins travaillant dans la zone mouillée) ou à la perturbation des sédiments dans les chenaux (par exemple, extraction de gravier), les périodes de débits élevés peuvent accroître l'ampleur et la persistance des fortes concentrations de sédiments. Ainsi, en structurant les périodes particulières pour réduire le chevauchement entre les conditions de l'habitat pouvant accroître la pression de l'OEA, on pourrait atténuer les pressions de l'OEA, mais cela nécessite de l'information sur les profils cycliques de la période et de l'ampleur des principaux changements de l'habitat.

#### **5.4.2. Prévisibilité du changement temporel de l'habitat**

L'utilisation de périodes particulières pourrait être la plus efficace lorsque le changement des conditions de l'habitat est prévisible et qu'il interagit fortement avec l'OEA. La période des principaux changements ou des décalages des conditions de l'habitat est déterminée par des processus physiques (par exemple, processus hydrologique, cycles des marées, transport des sédiments, formation de glace, chimie de l'eau et dynamique des nutriments) qui suivent souvent des profils saisonniers ou diurnes prévisibles (tableau 4). Dans certains cas, la période du changement de l'habitat est très prévisible, comme le changement des niveaux d'eau côtiers dû aux marées. En revanche, les changements du débit des cours d'eau en raison des fortes précipitations et de tempêtes ont tendance à être épisodiques et sont beaucoup moins prévisibles dans l'espace et le temps. L'examen de la prévisibilité de la période des changements annuels de l'habitat, ainsi que de la façon dont ces événements pourraient interagir avec les différentes pressions d'un OEA, sera utile pour déterminer le risque relatif d'un OEA et choisir une période particulière efficace pour les travaux dans l'eau.

La prévisibilité peut différer pour un paramètre donné au cours d'une année, car différents mécanismes peuvent causer des changements saisonniers de l'habitat. Prenons l'exemple précédent où des débits élevés accroissent la pression de l'OEA en augmentant les concentrations de sédiments en suspension. Dans de nombreuses régions, des débits élevés résultent de la fonte des neiges pendant les crues printanières, mais aussi des tempêtes qui entraînent des précipitations élevées. La période et l'ampleur des débits créés par la fonte des neiges sont raisonnablement prévisibles, chaque réseau hydrographique ayant son propre régime hydrologique. En revanche, l'ampleur et la période des débits élevés attribuables aux tempêtes sont moins prévisibles, car elles dépendent des conditions météorologiques locales. Les mécanismes de distribution de l'eau dans ces deux cas sont différents, ce qui signifie que

---

l'efficacité d'une période particulière mise en place pour éviter les débits élevés des tempêtes peut être beaucoup plus incertaine qu'une période instaurée pour éviter ceux qui sont associés aux crues printanières annuelles.

La prévisibilité des changements de l'habitat peut varier considérablement d'une échelle spatiale et temporelle à l'autre. Si l'on poursuit avec l'exemple des débits élevés dans les cours d'eau et les rivières, aux endroits où les pluies automnales sont fréquentes (par exemple, sur la côte de la Colombie-Britannique), il est très probable que les fortes précipitations provoqueront des débits élevés pendant les mois d'automne. Cependant, contrairement à la crue printanière, la probabilité d'un débit élevé un jour donné est beaucoup plus faible, car elle dépend davantage des conditions météorologiques locales que du climat régional. De plus, l'autocorrélation temporelle contribue à la période des crues nivales printanières, où les hausses saisonnières de la température de l'air accroissent la fonte de la neige et le ruissellement, tandis que les débits élevés attribuables aux pluies automnales ont tendance à être dissociés et se présentent habituellement sous la forme de multiples épisodes. L'échelle temporelle à laquelle la période est prise en compte influera sur la prévisibilité des changements de l'habitat; par exemple, la prise en compte de l'hydrologie automnale à des échelles temporelles plus grandes (c.-à-d. de l'ordre de quelques semaines à quelques mois) réduit l'incertitude entourant la prévision des débits élevés.

#### **5.4.3. Mécanismes des pressions de l'OEA et des conditions changeantes de l'habitat**

Il est important de tenir compte du processus physique qui pourrait interagir avec les OEA pour évaluer le risque. Lorsque les OEA interagissent avec des processus physiques et biologiques naturels, il est important de tenir compte du mécanisme qui alimente à la fois la pression de l'OEA et le processus naturel. Lenzi et Marchi (2000) montrent comment les forts débits dus aux pluies automnales peuvent accroître le risque de charges plus élevées et plus variables en sédiments par rapport à la crue printanière. En effet, l'apport d'eau et de sédiments en aval lors d'une importante précipitation sur le sol nu est différent de la fonte de la neige pendant la crue nivale. Lenzi et Marchi révèlent également que les concentrations de sédiments sont plus élevées et plus variables pour un débit donné pendant les inondations causées par la pluie que durant la crue printanière en raison des différences dans l'apport d'eau et de sédiments (figure 11). Pendant la crue printanière, le sol perturbé par les épisodes de gel et de dégel est la principale source de sédiments, mais durant les inondations provoquées par les pluies, les sédiments peuvent provenir de glissements de terrain localisés et de l'érosion des berges du chenal pendant les débits élevés. Cet exemple illustre les effets que le même changement de l'habitat (les niveaux d'écoulement et les sédiments en suspension) résultant de différents processus peut avoir sur la prévisibilité de la période et du risque potentiel associé à un OEA.

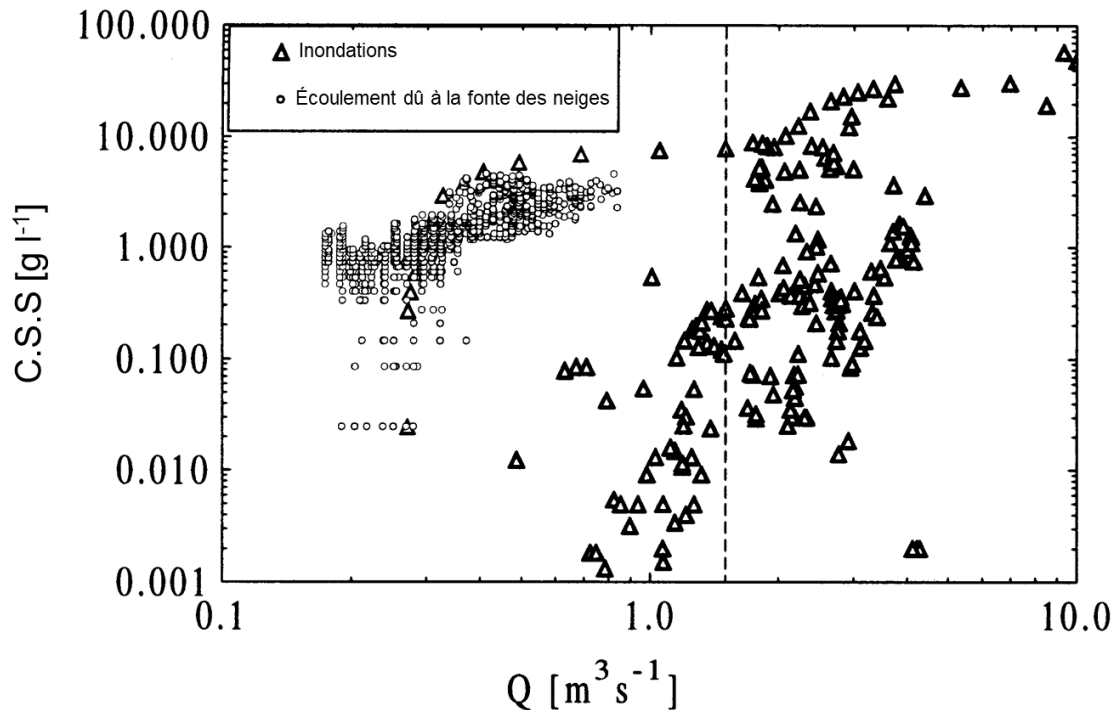


Figure 11. Tiré de Lanzi et Marchi (2000) – Diagramme de dispersion de la concentration de sédiments en suspension (CSS) par rapport au débit des inondations provoquées par les pluies et au ruissellement de la fonte des neiges en mai et juin 1990. La ligne tiretée représente le seuil au-dessus duquel la charge de lit est transportée.

#### 5.4.4. Décalage entre le changement de l'habitat et la vulnérabilité du poisson

Il est possible de concevoir des périodes particulières pour réduire les effets de l'OEA sur l'habitat ou les processus vitaux du poisson. Toutefois, la période du changement de l'habitat peut différer de celle de la vulnérabilité du poisson. Comme nous l'avons décrit plus haut, les changements de l'habitat peuvent être plus importants lors de la transition d'une saison à une autre ou au cours d'une saison lorsque des conditions météorologiques épisodiques entraînent des réactions spectaculaires dans l'habitat, par exemple, des tempêtes qui modifient la morphologie structurelle de l'habitat. La vulnérabilité du poisson peut être dissociée de ces événements transitoires ou épisodiques de l'habitat et peut intervenir lorsque les conditions de l'habitat sont relativement stables. Par exemple, les conditions de l'habitat peuvent changer rapidement lors d'épisodes de débit élevé en raison de l'érosion et du transport de sédiments et de gros débris ligneux. Cependant, dans le cas des systèmes intacts, les conditions de la qualité de l'eau peuvent être encore bonnes et il peut y avoir de nombreux refuges en raison des vitesses élevées de l'eau pendant que ces changements physiques ou de l'habitat se produisent. En revanche, les faibles débits ou les niveaux d'eau relativement stables en été qui coïncident avec les températures maximales de l'eau peuvent créer des conditions stressantes pour les poissons en augmentant la densité et le stress physiologique (voir la section 5.4.1). Ces exemples mettent en évidence l'importance de tenir compte du compromis possible entre les périodes du changement de l'habitat et de la vulnérabilité du poisson et de leur influence sur l'efficacité d'une période particulière.

#### 5.4.5. Interactions différées entre l'OEA et les conditions de l'habitat

La figure 10 présente les concepts et la terminologie originaux qui décrivent les éléments des périodes des OEA; elle montre aussi que la pression résiduelle est continue et qu'elle diminue

---

après la fin de l'OEA. C'est là une description simpliste des pressions résiduelles qui, dans certains cas, peuvent être plus complexes. Les pressions de l'OEA peuvent se manifester au-delà de sa durée et de sa pression résiduelle, produisant des effets qui non seulement prolongent la persistance de l'OEA, mais qui sont dissociés de la durée et de la pression résiduelle de l'OEA initial (figure 12). La figure 12 illustre une pression résiduelle différée qui est temporairement déconnectée des pressions associées à la durée d'un OEA et de la pression résiduelle qui la suit immédiatement. Les pressions résiduelles différées sont particulièrement problématiques si elles se prolongent au-delà de la période particulière initiale, réduisant la protection que celle-ci offre au poisson et à son habitat.

Les pressions résiduelles différées peuvent suivre différentes voies. Elles sont particulièrement probables lorsqu'un OEA a modifié la capacité d'un habitat à résister à des changements environnementaux rapides, comme une tempête ou un épisode de débit élevé. Par exemple, les travaux de construction dans le cours d'eau effectués pendant les mois d'hiver, lorsque les débits sont faibles, peuvent réduire la stabilité des berges et provoquer de l'érosion, mais la pression résiduelle serait minimale pendant ces périodes de faible débit. Toutefois, une pression résiduelle importante résultant du transport des sédiments perturbés et de l'érosion des berges moins stables peut se manifester lorsque les débits dépassent les seuils de mobilisation pendant la fonte et la crue printanière. La pression résiduelle peut ainsi se produire des mois après la fin de l'OEA.

Dans l'exemple précédent, l'augmentation des charges en sédiments pendant la crue nivale pourrait réduire la clarté de l'eau, qui à son tour préviendrait l'établissement de la végétation et se répercuterait sur les espèces phytophiles (figure 13). La réduction de la couverture végétale dans les systèmes aquatiques pourrait avoir des effets directs sur les poissons juvéniles qui les utilisent comme aires de croissance, ainsi que sur la fraie plus tard dans l'été (Smokorowski et Pratt 2006) [c.-à-d. le processus vital que la plupart des périodes particulières sont conçues pour protéger]. Bien que les pressions exercées par l'OEA n'aient pas toutes des répercussions sur le poisson et son habitat, il est difficile de prendre en compte tous les risques en raison de la complexité et du nombre de voies d'interactions potentielles entre les OEA et la variation des conditions de l'habitat. Un examen exhaustif de la façon dont l'habitat change et pourrait interagir avec les OEA pendant et après la construction serait un exercice prudent pour refléter bon nombre des risques potentiels.

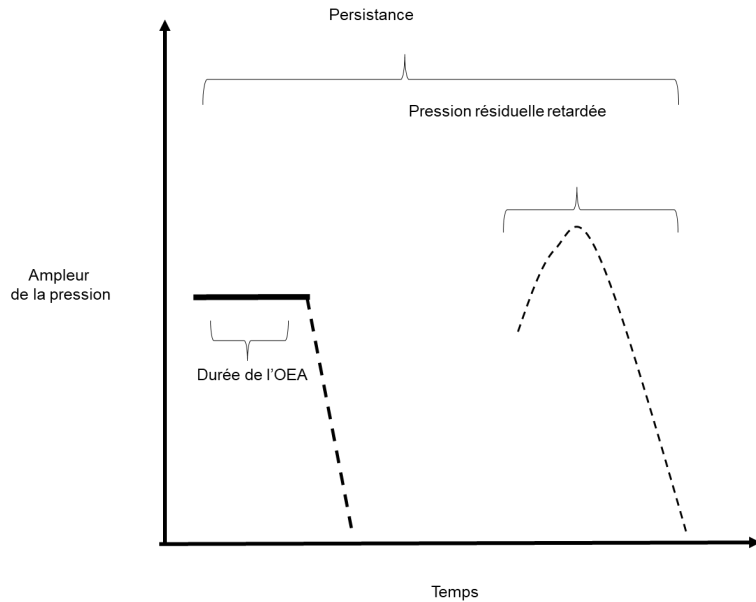


Figure 12. Composantes temporelles décrivant l'ampleur de l'effet d'un OEA pendant les travaux (durée de l'OEA) et d'un impact résiduel différé.

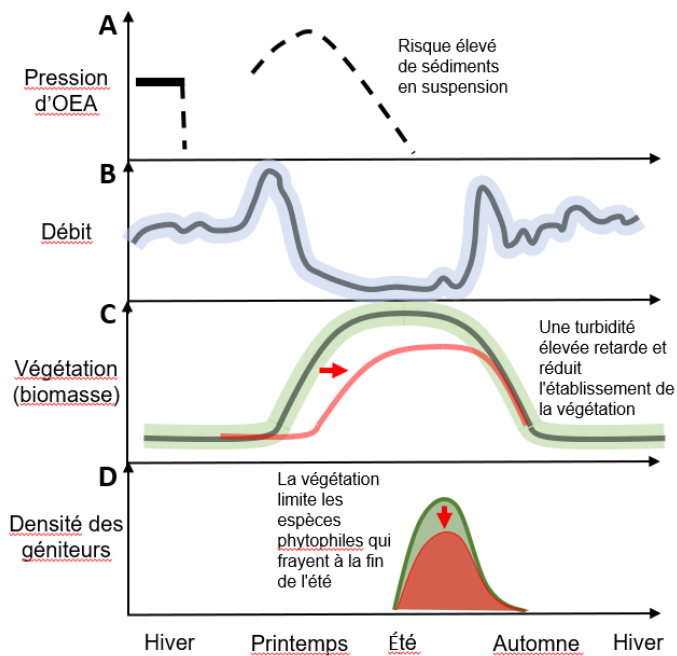


Figure 13. Exemple hypothétique de pression résiduelle différée d'un OEA sur la densité des reproducteurs phytophiles. Le graphique A) illustre le risque de pression de l'OEA, y compris la durée (ligne pleine) et les pressions résiduelles (lignes tiretées). Noter la deuxième pression résiduelle différée; le graphique B) montre la variation de l'écoulement; le graphique C) représente la biomasse, la ligne verte indiquant la croissance habituelle (en l'absence de l'OEA) et la ligne rouge, la croissance de la végétation lorsque l'établissement de la végétation est limité par la sédimentation accrue; le graphique D) montre la répartition des reproducteurs (densité des reproducteurs), le vert correspondant à la densité normale des reproducteurs en l'absence de l'OEA et le rouge à la réduction de la densité des reproducteurs due à la diminution de la croissance de la végétation.

Les pressions différées peuvent être particulièrement difficiles à prévoir parce que les conditions environnementales responsables des effets différés en sont probablement dissociées (c.-à-d. que les conditions pendant les travaux d'hiver peuvent ne pas prévoir les conditions pendant la crue nivale). De plus, ces effets différés peuvent être négligés pour les projets de moindre envergure qui ne couvrent que de courtes périodes. Si la construction est terminée en quelques semaines ou quelques mois, il se peut qu'il n'y ait pas de personnel sur place pour observer, surveiller ou atténuer ces répercussions différées. Dans le cas des projets qui soulèvent des préoccupations, une approche de précaution pourrait comprendre l'exploration des séquences des effets de l'OEA tout au long de l'année afin que l'on puisse cerner les éventuels effets différés et en faire le suivi par des mesures de surveillance ou d'atténuation.

#### 5.4.6. D'autres pressions locales et régionales peuvent interagir avec les OEA

Les interactions entre l'altération du paysage naturel et les OEA peuvent également être un facteur important à prendre en compte pour concevoir ou modifier des périodes particulières. Les effets passés d'autres activités d'utilisation et de perturbation des terres peuvent interagir avec les OEA menés en aval ou à des emplacements adjacents (tableau 5). Par exemple, un grand nombre de documents décrivent les répercussions à court et à long termes de la récolte forestière sur les systèmes aquatiques, et donnent à penser qu'elles pourraient persister pendant une centaine d'années (Coble *et al.* 2020; Reid *et al.* 2020), en fonction de la productivité du système et de la poursuite des activités d'utilisation des terres. L'utilisation des terres en amont qui influe sur les réponses hydrologiques est plus susceptible d'interagir avec les OEA en aval étant donné qu'on observera une augmentation de l'ampleur et de la fréquence des crues dans l'ensemble du bassin versant. D'autres réactions à l'utilisation des terres en amont, comme l'érosion accrue, n'entraîneront pas nécessairement de changements marqués de l'habitat en aval, car leurs effets pourraient se disperser en raison du transport des sédiments vers l'aval (Courtice et Naser 2019).

Tableau 5. Exemple d'autres pressions locales et régionales possibles qui peuvent mener à des pressions cumulatives avec les OEA.

Pression	Réponses possibles de l'habitat et pressions cumulatives	Changement prévu des périodes de l'habitat	Référence
<b>Récolte forestière</b>	Hausse de la température de l'eau, augmentation de l'ampleur et de la fréquence des crues, augmentation des sédiments en suspension, diminution de la complexité du chenal.	Période plus précoce des crues nivales et des conditions connexes.	Cheng 1989; St-Hilaire 2016; Tschapinski et Pike 2017; Gronsdahl <i>et al.</i> 2018
<b>Agriculture</b>	Hausse de la température, augmentation de la concentration en éléments nutritifs, augmentation des sédiments en suspension, augmentation des débits de pointe, diminution des faibles débits.	Températures de pointe plus précoces qui persistent plus longtemps.	Meehan 1991; Poff <i>et al.</i> 2006
<b>Extraction minière</b>	Augmentation des sédiments en suspension, diverses – selon l'activité minière.	Augmentation des sédiments associés à la fonte des neiges et aux précipitations dans les bassins hydrographiques où est pratiquée l'extraction des placers.	Pentz et Kostaschuk 1999
<b>Prélèvement d'eau</b>	Réduction des débits, hausse de la température de l'eau.	Températures de pointe plus précoces qui persistent plus longtemps, débits réduits et variables – dépendent fortement de la gestion.	Hatfield <i>et al.</i> 2003

Pression	Réponses possibles de l'habitat et pressions cumulatives	Changement prévu des périodes de l'habitat	Référence
<b>Barrages et réservoirs</b>	Hydrographie irrégulière, hausse des températures, baisse des températures, changement des nutriments, réduction du transport des sédiments.	Changements spectaculaires des périodes des débits de pointe et des débits faibles – dépendent fortement de la gestion.	Poff <i>et al.</i> 2006; Clark <i>et al.</i> 2008
<b>Incendies</b>	Hausse de la température, augmentation de l'ampleur et de la fréquence des crues, augmentation des sédiments en suspension.	Période plus précoce des crues nivales et des conditions connexes – l'ampleur du changement peut dépendre de la récupération ou non des grumes.	Gresswell 1999; Isaak <i>et al.</i> 2010; Beakes <i>et al.</i> 2014; Martens <i>et al.</i> 2019
<b>Maladies et défoliation des forêts</b>	Hausse de la température, augmentation de l'ampleur et de la fréquence des crues, augmentation des sédiments en suspension.	Période plus précoce des crues nivales – l'ampleur du changement peut dépendre de la récupération ou non des grumes.	Cheng 1989; Wehner et Stednick 2017

## 5.5. AUTRES CONSIDÉRATIONS

### 5.5.1. Efficacité de la période particulière

Le principal objectif des périodes particulières est de réduire le risque associé aux OEA en protégeant les processus vitaux et les habitats plus vulnérables du poisson. Bien que l'optimisation de la protection offerte par les périodes particulières maximise leur efficacité, cela pourrait mener à des périodes particulières excessivement courtes qui interdiraient le travail pendant des périodes prolongées. Les protections qui limitent le développement, mais qui ne favorisent pas l'atteinte des objectifs de conservation et de protection peuvent être socialement et politiquement inacceptables. L'évaluation de l'efficacité des périodes particulières comporte donc un compromis entre les objectifs de la *Loi sur les pêches* et les attentes sociétales et politiques. Des considérations supplémentaires sur les compromis entre les mesures de protection et le développement pourraient ainsi être utiles pour évaluer l'efficacité de la période particulière.

L'efficacité d'une période particulière est un concept qui pourrait guider les évaluations de l'efficacité et refléter explicitement les compromis entre les protections et le développement. Par exemple, une période particulière qui est mise au point pour réduire le risque de pression d'un OEA qui augmente les températures dans les cours d'eau et peut causer un stress physiologique chez les poissons. Cela pourrait être le résultat de l'extraction d'eau dans une section d'une rivière. La période particulière considérée se compose de deux périodes, avant et après celle où les températures de pointe sont observées (figure 14). Bien que les températures de pointe tombent toujours dans une période de 40 jours, pendant les 20 années de données historiques, elles n'ont été observées que sur 20 jours. Les périodes particulières des graphiques du haut et du bas de la figure 14 semblent maximiser la protection des poissons contre les températures de pointe, mais la période particulière plus longue du graphique du haut de la figure 14 autorise plus de jours de construction et pourrait être considérée comme plus efficace. La réduction des périodes particulières plus longtemps que nécessaire pour atteindre l'objectif (par exemple, pour protéger un processus vital donné) peut donner des rendements décroissants de l'efficacité. En revanche, les périodes particulières qui n'atteignent pas leur objectif (par exemple, lorsque la période particulière chevauche le processus vital vulnérable), la protection peut être insuffisante. Le graphique du milieu de la figure 14 illustre une période particulière qui chevauche le moment où le risque est élevé.



---

Une autre considération importante est l'échelle temporelle appropriée pour caractériser les composantes du risque, comme les processus vitaux et les conditions de l'habitat. Par exemple, la conception d'une période particulière fondée sur des changements de l'habitat caractérisés à une échelle temporelle trop grossière peut mener à une période particulière inefficace où la plupart des jours présentent un faible risque d'interaction avec un OEA, comme une période particulière qui évite tous les travaux pendant les mois d'automne. Par contraste, une caractérisation à une échelle trop fine se traduirait par une période particulière trop courte qu'il faudra mettre à jour constamment (par exemple, une période particulière pour une journée à la fois).

L'efficacité de la période particulière fournit un contexte important pour savoir quand les périodes particulières peuvent être plus longues ou plus courtes que nécessaire pour atteindre leur objectif. Il faut connaître l'efficacité d'une période particulière en ce qui a trait à la réduction du risque, qui pourrait être approximée en fonction des considérations décrites dans la présente section. La prise en compte de l'efficacité est compliquée par l'incertitude qui entoure le calcul du risque et l'efficacité; toutefois, l'incertitude et la variabilité pourraient être prises en compte en principe. Un examen supplémentaire de la tolérance au risque acceptable serait également nécessaire pour toute application, mais nous n'allons pas l'aborder ici.

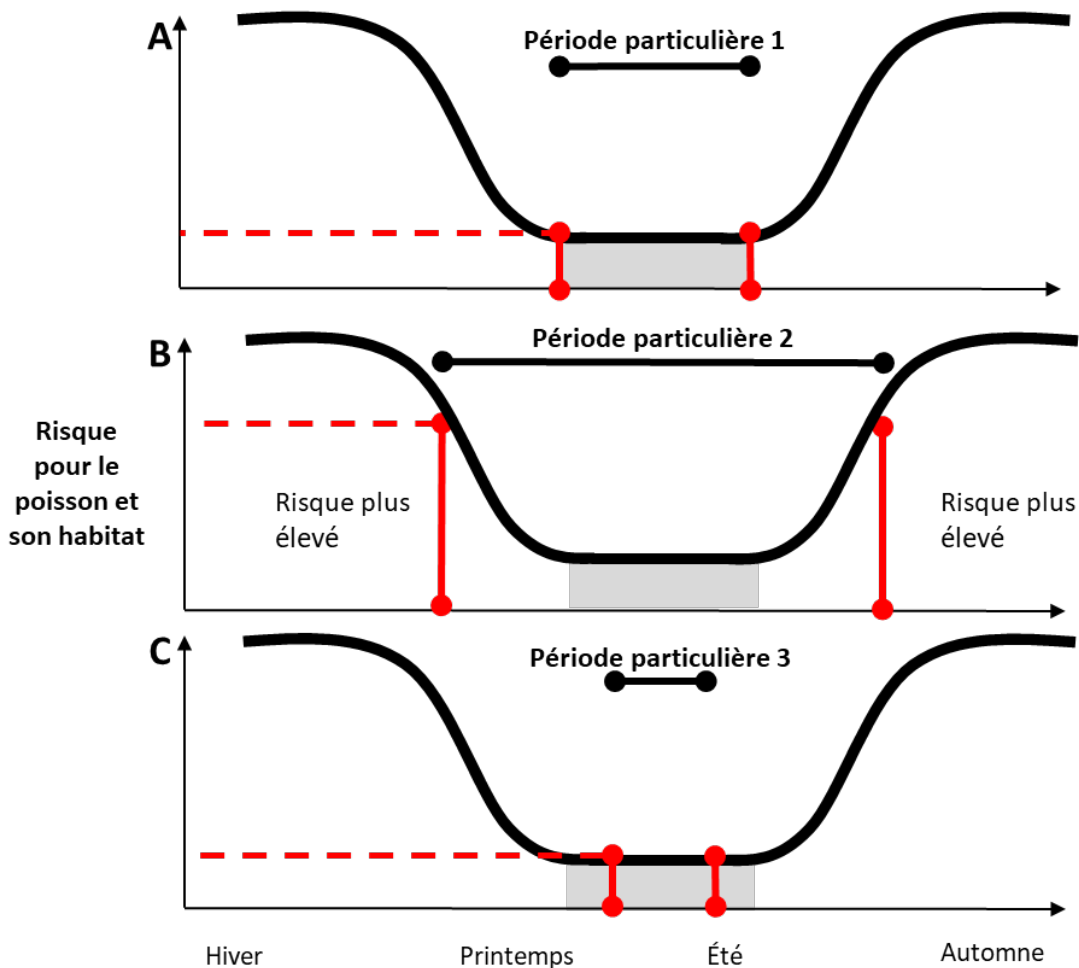


Figure 14. Schéma décrivant le concept d'efficacité d'une période particulière. La ligne pleine noire représente le risque que pose un OEA donné pour le poisson et son habitat. Les jours où l'OEA pose un risque sont indiqués par la barre horizontale noire, qui est déterminée par l'étendue de la période particulière (lorsque les travaux sont permis). Les barres verticales rouges montrent les limites de la période particulière et les lignes rouges horizontales tiretées illustrent le niveau de risque maximal associé à la période particulière. La boîte grise représente le début et la fin de la période où le risque est le plus faible, et la zone à l'extérieur de cette boîte est la période prévue où le risque est élevé (c.-à-d. que les températures sont supérieures à la tolérance thermique). Le graphique A illustre une période particulière préventive puisque les journées à risque qu'elle détermine (lorsque la construction est autorisée) sont limitées aux extrémités de la période de faible risque connue (zone ombrée en gris). Le graphique B représente une période particulière moins préventive que l'exemple précédent, comme l'indiquent la barre noire horizontale plus large et la période de construction plus longue qui dépasse la limite de la période de faible risque (boîte ombrée en gris). Enfin, le graphique C montre une période particulière qui est plus préventive que les deux exemples précédents, dénotée par la période particulière (zone entre les deux barres rouges verticales) et qui se trouve largement à l'intérieur de la période de faible risque (zone ombrée en gris). Ces graphiques illustrent différents niveaux de compromis entre la protection et le développement.

### 5.5.2. Variabilité de la période et résilience

La prévisibilité et l'uniformité des processus vitaux des poissons et des conditions de l'habitat sous-tendent la conception des périodes particulières et influent fortement sur leur efficacité. Toutefois, il est important de souligner la variabilité intrinsèque de la période des événements

écologiques, y compris les processus vitaux comme la migration et la fraie, ainsi que des processus de formation de l'habitat comme les débits élevés et la formation de glace. Cette variabilité se manifeste à de multiples échelles spatiales et temporelles et constitue, en elle-même, une dimension importante de la résilience écologique, et à son tour un risque. Le concept de l'effet de portefeuille (Schindler *et al.* 2010) prédit que le risque devrait être réduit en fonction de l'augmentation de la diversité dans les populations; par exemple, la variabilité de la période de la fraie peut protéger les populations contre des événements extrêmes (Moore *et al.* 2010). Cela correspond à une théorie semblable élaborée pour la résilience et la stabilité de l'ensemble de l'écosystème (Holling 1973; McMeans *et al.* 2016).

L'idée que la variabilité temporelle sous-tend la résilience de la population et de l'écosystème est pertinente pour les périodes particulières pour deux raisons. Tout d'abord, les propriétés qui contribuent à l'établissement d'une période particulière peuvent également donner un aperçu de la résilience. Par exemple, des processus vitaux fortement synchronisés dans certaines populations, mais pas dans d'autres, peuvent dénoter une réduction de la résilience (Moore *et al.* 2010) et donc un risque plus grand. Ensuite, les périodes particulières peuvent elles-mêmes influencer la variabilité temporelle des processus vitaux, et donc de la résilience, si elles laissent les pressions persister dans la plage possible de variabilité d'un processus vital (figure 15). Dans ces cas, les périodes particulières peuvent protéger une partie importante d'un processus vital, tout en réduisant la diversité temporelle potentielle et, par conséquent, la capacité d'une population à s'adapter aux conditions changeantes. La diversité temporelle et la résilience sont donc importantes pour tenir compte du risque et de l'efficacité liés à la période particulière. Cela peut être vraiment important dans les situations où les périodes particulières sont appliquées à de vastes régions.

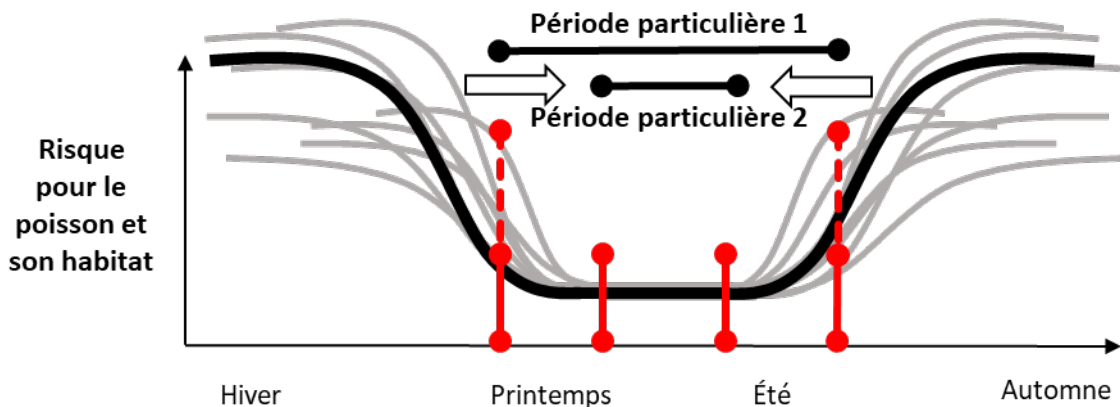


Figure 15. Comme sur la figure 14, la période d'un processus biologique ou d'un habitat peut différer d'une année à l'autre, comme d'un individu à l'autre dans une population. Les distributions en gris plus pâle indiquent une période moins commune des processus vitaux et différents niveaux de risque des OEA pour le poisson et son habitat, qui pourraient être attribuables à des conditions abiotiques anormales ou à des fréquences plus élevées de phénotypes rares dans la population certaines années. Bien que le prolongement de la période de construction (c.-à-d. le passage de la période particulière 1 à la période particulière 2) puisse ne pas augmenter le risque en soi, il peut réduire la diversité des périodes possibles, et donc avoir une incidence sur la capacité d'une population à réagir au changement, autrement dit réduire sa résilience.

Bien que la quantification des nuances de la résilience ne soit pas exploitable dans la plupart des situations de gestion, il faudrait continuellement réévaluer et affiner les périodes particulières pour tenir compte de la variabilité temporelle des principaux processus écologiques. Il faudrait intégrer les nouveaux renseignements, qui pourraient être recueillis par

---

les promoteurs (par exemple, le tableau 3), pour modifier les périodes particulières dans le cadre d'un cycle de gestion adaptative (voir la section 4.2.5.2.). Les renseignements sur la variabilité de la période seront également utiles pour communiquer l'incertitude du risque posé par l'OEA et l'efficacité de la période particulière (section 5.5.1 ci-dessus).

### **5.5.3. Incertitude et périodes particulières préventives**

Il est important de souligner que les données servant à étayer les divers éléments de risque abordés dans cette section (par exemple, la période et la vulnérabilité du processus vital) seront limitées dans la plupart des situations. Par conséquent, une grande incertitude entourera le risque posé par un OEA dans le temps. La conception de périodes particulières face à l'incertitude devrait donc tenir compte du principe de précaution et, éventuellement, pencher du côté des périodes particulières courtes, plus préventives, lorsque l'information disponible pour évaluer le risque est médiocre ou que la tolérance au risque est faible (par exemple, pour les espèces inscrites en vertu de la LEP). À mesure que la qualité de l'information augmente, par exemple grâce à la surveillance (voir la section 7), on pourrait modifier les périodes particulières pour les rendre plus larges, plus efficaces et plus étroitement harmonisées avec les processus qu'elles doivent protéger. L'incertitude entourant les diverses composantes du risque est également pertinente pour autoriser des travaux en dehors des périodes particulières. Bien que la plupart des OEA soient achevés à l'intérieur de la période particulière prescrite par une autorisation délivrée en vertu de la *Loi sur les pêches*, les travaux peuvent être autorisés à se prolonger en dehors d'une période des travaux pour tenir compte des changements apportés au calendrier de construction. Il peut être nécessaire de travailler au-delà d'une période particulière (ou au cours d'une période d'activité restreinte) du fait de retards de construction ou de l'évitement de conditions environnementales imprévues pendant la période des travaux (par exemple, un épisode de pluie important a empêché les travaux) [Hatfield et Chilibeck 2008]. Le fait de travailler au-delà des périodes particulières pourrait compromettre la protection qu'elles confèrent et leur efficacité. Par conséquent, ces autorisations justifient un examen attentif du risque supplémentaire qui serait encouru. Une plus grande incertitude et une prévisibilité réduite des processus vitaux et de la dynamique de l'habitat peuvent nécessiter un élargissement plus prudent des périodes particulières ou une surveillance intensive pour réduire les effets.

### **5.5.4. Considérations relatives à la communauté**

Les périodes particulières sont en grande partie utilisées pour réduire le risque de dommages pour les poissons au niveau de l'organisme ou de la population. Cependant, il y a des situations où l'objectif d'une période particulière est de protéger plusieurs espèces de poissons ou une communauté de poissons. Les périodes particulières qui sont fondées sur de nombreuses espèces dont des processus vitaux vulnérables interviennent à des périodes semblables (comme les reproducteurs d'automne) peuvent être efficaces pour atténuer les pressions exercées par l'OEA à l'échelle de la communauté, mais le risque que représente la pression anthropique pour la communauté peut dépendre d'autres propriétés, comme les réactions des espèces clés, la modification des séquences du réseau trophique ou la période de certaines interactions qui ont une incidence anormale sur un assemblage d'espèces.

Par exemple, une espèce clé a un effet disproportionnellement important sur l'abondance d'autres membres de la communauté compte tenu de sa propre abondance (Paine 1980; Power *et al.* 1996). À ce titre, l'inclusion de la protection des processus vitaux d'une espèce clé pourrait fournir une période particulière qui protégera mieux l'abondance de la communauté de poissons, puis se concentrer strictement sur le nombre d'espèces protégées (Branton et Richardson 2011). De même, d'autres recherches indiquent que les interactions entre les espèces ne sont pas toutes égales (Paine 1980; McCann 2012). La force et la place de certains

---

liens entre les espèces peuvent déterminer la façon dont les pressions de l'OEA sont transférées dans la communauté et devraient être associées aux propriétés fonctionnelles des communautés, comme la productivité et la résilience (McMeans *et al.* 2016).

Il est difficile de déterminer l'efficacité des périodes particulières axées sur la communauté. L'aspect temporel de l'écologie de la communauté de poissons en est à ses premiers stades de développement. On connaît souvent mal les interactions des espèces locales et l'incertitude entourant les résultats des pressions sur la communauté de poissons sera donc grande. Lorsque les connaissances sur la communauté sont rares, la protection des espèces dont les processus vitaux interviennent à des périodes semblables peut constituer une option raisonnable pour protéger la communauté à l'aide d'une période particulière. Néanmoins, si l'objectif d'une période particulière est de réduire le risque au niveau de la communauté, l'information sur la structure et les fonctions de la communauté, y compris les interactions, devrait être précieuse pour le processus de conception d'une période particulière. L'utilisation stratégique de modèles communautaires peut être utile dans certains cas pour comparer les résultats potentiels (par exemple, Whitney *et al.* 2020).

### **5.5.5. Changements climatiques**

Les changements climatiques modifient la période des événements environnementaux et des processus de formation de l'habitat, comme les dates de début et de fin des saisons de glace et les débits ou niveaux d'eau élevés et faibles, et ces modifications se répercutent à leur tour sur la période des processus vitaux du poisson, comme la fraie et les migrations (Portner et Peck 2010; Crozier et Hutchings 2014), et finalement sur la trajectoire du risque pour le poisson et son habitat au fil du temps. L'efficacité des périodes particulières établies pour des conditions passées ou présentes peut ainsi se trouver réduite à l'avenir. Bien que certains effets des changements climatiques soient prévisibles dans une certaine mesure (par exemple, les tendances directionnelles à grande échelle de la phénologie), la réaction des populations et des écosystèmes est assortie d'une incertitude importante (Reto-Walther *et al.* 2002, Srivastava *et al.* 2022). De plus, les changements climatiques accroissent la fréquence des événements environnementaux extrêmes aux deux extrémités de la distribution, par exemple les inondations et les sécheresses extrêmes, qui peuvent modifier considérablement la chronologie du risque. Les praticiens devraient envisager de protéger les périodes particulières contre l'incertitude liée aux changements climatiques (section 6.5.3) et d'intégrer les changements climatiques dans des réévaluations périodiques de l'efficacité des fenêtres temporelles (voir la section 7.1) dans un cycle de gestion adaptative.

## **6. AVIS SUR LA CONCEPTION D'ÉTUDES VISANT À ÉVALUER L'EFFICACITÉ DES PÉRIODES PARTICULIÈRES**

Notre troisième objectif est de fournir un avis sur la conception d'études visant à évaluer l'efficacité des périodes particulières. Des périodes particulières efficaces réduisent le risque de dommages au poisson et à son habitat découlant des pressions liées à un OEA en limitant le calendrier d'une activité aux périodes à faible risque. La création ou la modification d'une période particulière, ainsi que l'application d'une période à un nouvel emplacement, sont des raisons d'en évaluer l'efficacité. Une observation inattendue de l'activité de fraie des poissons à proximité d'un projet pendant une période particulière peut indiquer qu'une évaluation scientifique de l'efficacité est peut-être nécessaire. La documentation sur les périodes particulières que nous avons examinée pour le présent document ne donne aucune orientation particulière sur la conception des études de l'efficacité. L'absence de documents de recherche qui évaluent l'efficacité des périodes particulières limite encore davantage notre capacité de

---

synthétiser les conseils tirés de ces ouvrages et souligne la nécessité de mener des études à ce sujet.

La conception, la modification et l'application de périodes particulières devraient être fondées sur des preuves scientifiques et la production de telles preuves passe par le choix d'un type et d'un plan d'étude appropriés. Il y a plusieurs facteurs à prendre en considération au moment de sélectionner un plan d'étude, notamment la définition du but et des objectifs des travaux proposés, l'examen des avantages et des inconvénients des types et des plans d'étude et la détermination des systèmes et des outils d'étude complémentaires. Les considérations générales sur la conception des études ont fait l'objet de longues discussions dans des documents antérieurs du SCAS, y compris des renseignements précis sur l'intensité de la surveillance (MPO 2012; Smokorowski *et al.* 2015; Braune *et al.* 2019; MPO 2019b). On peut aussi consulter les chapitres de certains livres (Garton *et al.* 2005; Guy et Brown 2007); c'est pourquoi nous ne présentons pas ici d'avis généraux sur la conception des études.

Les périodes particulières provinciales ou territoriales peuvent être appliquées telles quelles ou modifiées, ou on peut créer une nouvelle période particulière. Les objectifs peuvent différer d'une période particulière à l'autre. Bien que toutes les périodes particulières partagent un objectif commun plus vaste, qui est de réduire le risque de dommages aux poissons et à leur habitat découlant des pressions liées à l'OEA, l'intention et les objectifs précis d'une période particulière peuvent varier. Par exemple, l'objectif d'une période particulière pourrait être de réduire la probabilité d'exposition des processus vitaux du poisson à une pression, tandis qu'une autre peut tolérer une certaine exposition à condition qu'elle ne cause pas de dommages au poisson et à son habitat au-delà d'un niveau tolérable (comme la mortalité ou un effet mesurable sur la population). Pour évaluer l'efficacité d'une période particulière, il faut donc en connaître les objectifs et l'intention. Idéalement, ces renseignements devraient être définis a priori, puisqu'ils aideront à orienter la définition de la période; toutefois, lorsque ces renseignements ne sont pas explicitement disponibles pour les périodes particulières établies, les objectifs précis (par exemple, empêcher que des travaux aient lieu pendant la fraie de l'espèce focale) peuvent être définis après coup, puis évalués. Les informations nécessaires pour évaluer l'efficacité de la période particulière varieront donc selon la disponibilité et le type d'objectif.

Une approche progressive pour évaluer l'efficacité de la période particulière peut fournir une orientation structurée qui peut être adaptée pour répondre aux besoins d'une période particulière précise. Un avis scientifique antérieur a recommandé une approche progressive pour évaluer les activités d'atténuation, de restauration et de compensation, comprenant des programmes de surveillance de la conformité, de surveillance fonctionnelle et de surveillance de l'efficacité (MPO 2019b). Tous les projets devraient comporter une surveillance de la conformité afin de déterminer si les travaux ont été exécutés conformément à la description donnée dans une autorisation ou une lettre d'avis. La surveillance fonctionnelle peut être appliquée pour les projets dont l'incidence est faible ou dont le lien entre la mesure de substitution et la productivité du poisson est bien compris puisqu'elle utilise des indicateurs ou des mesures de substitution pour évaluer si la mesure de gestion fonctionne comme prévu (par exemple, la qualité ou la quantité de l'habitat a-t-elle changé?). Enfin, lorsqu'un projet peut avoir un impact important ou s'accompagne d'une grande incertitude, il faudrait recourir à une surveillance de l'efficacité à grande échelle pour déterminer si des jalons écologiques précis ont été atteints (par exemple, changement de la productivité du poisson; Braun *et al.* 2019). Ce type d'approche progressive permet de s'assurer que les objectifs et l'approche d'un programme de surveillance correspondent aux besoins en information et à l'incertitude associés à un projet. Une approche progressive semblable pourrait convenir aux évaluations de l'efficacité des périodes

---

particulières, car elle peut aider à tenir compte de la variation des périodes particulières appliquées comme mesures d'atténuation par le MPO.

Pour orienter la réflexion initiale sur l'évaluation des périodes particulières, nous présentons d'abord une approche progressive pour la recherche et la surveillance de l'efficacité. Nous décrivons comment les différents niveaux peuvent produire des points de vue distincts sur l'efficacité des périodes particulières et nous donnons des exemples des types d'études qui conviennent à chaque niveau, en terminant par un exemple travaillé. Nous discutons ensuite de la valeur potentielle d'une approche fondée sur le poids de la preuve pour créer et évaluer les périodes particulières.

## **6.1. UNE APPROCHE PROGRESSIVE POUR LES ÉTUDES DE L'EFFICACITÉ DES PÉRIODES PARTICULIÈRES**

Nous présentons ici un processus de surveillance ou de recherche à trois niveaux qui peut aider à déterminer le type d'information et les types d'études nécessaires pour évaluer l'efficacité des périodes particulières (figure 16). Il est fondamental pour tous les niveaux que l'étude entreprise soit scientifiquement rigoureuse et bien conçue afin que l'on puisse utiliser les résultats en toute fiabilité pour évaluer l'efficacité de la période particulière. Les niveaux sont définis en fonction de l'intention ou de l'objectif des études qui peuvent être réalisées à l'intérieur de chaque niveau et se rapportent à la probabilité d'exposition à une pression de l'OEA ou aux conséquences de cette exposition. Les niveaux peuvent être liés à l'objectif ou à l'intention de la période particulière.

**Niveau 1** (*probabilité d'exposition*) – Déterminer s'il y a un chevauchement entre la période particulière et un processus vital, un facteur environnemental, une condition de l'habitat ou une pression de l'OEA.

**Niveau 2** (*conséquence de l'exposition sur un processus*) – Déterminer si l'exposition à une pression de l'OEA pendant la période particulière entraîne la mortalité des poissons ou une détérioration de la capacité de l'habitat à soutenir les processus vitaux des poissons.

**Niveau 3** (*conséquence de l'exposition sur la population*) – Déterminer si l'exposition d'un processus vital ou d'une fonction de l'habitat à une pression de l'OEA pendant la période particulière a des conséquences d'ordre supérieur au niveau de l'individu ou du site.

Des explications plus détaillées de chaque niveau, ainsi que les types de questions qu'il peut aborder, des exemples d'études qui pourraient être réalisées et les limites ou les défis potentiels liés à la mise en œuvre de ces études sont présentés ci-après.

#### Déclencheurs de l'étude d'efficacité:

- Développement d'une nouvelle période particulière
- Application de la période particulière existante à un nouveau système (par exemple, espèce, population, habitat)
- Nouvelles informations (observations de la présence de poissons ou du processus d'habitat pendant la période particulière)

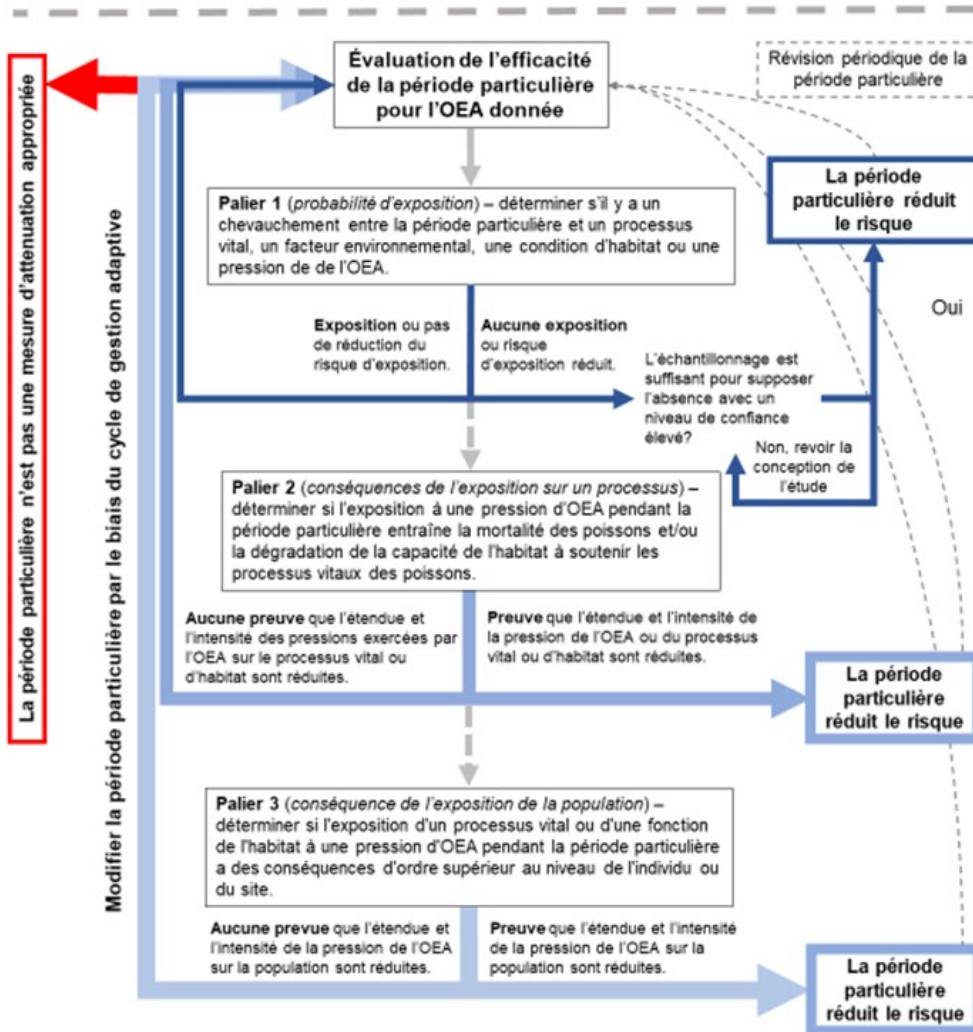


Figure 16. Diagramme conceptuel d'une approche progressive pour évaluer l'efficacité d'une période particulière. Les évaluations de l'efficacité de la période particulière peuvent être déclenchées par la conception de nouvelles périodes particulières, de nouvelles applications ou des observations montrant que la période particulière n'atteint peut-être pas son objectif. Les niveaux de recherche et de surveillance augmentent la quantité d'inférence effectuée pour évaluer l'efficacité de la période particulière, comme l'indique l'augmentation de la largeur de la ligne (lignes plus épaisses = plus d'inférence). Les niveaux inférieurs peuvent déclencher le niveau suivant plus intensif (lignes grises tiretées) ou les niveaux peuvent être appliqués indépendamment aux questions sur l'efficacité. Dans tous les cas où il existe des preuves que les objectifs de la période particulière ne sont pas atteints, il faudrait réviser ou modifier la période particulière au moyen d'un processus de gestion adaptative et, dans certains cas, on pourrait conclure qu'une période particulière ne constitue pas une mesure d'atténuation appropriée. On pourrait aussi procéder à des évaluations périodiques de toutes les périodes particulières pour s'assurer que les changements d'origine climatique touchant les espèces et les habitats sont pris en compte (mince ligne tiretée grise).



---

### 6.1.1. Niveau 1 (probabilité d'exposition)

L'objectif de ce niveau est de déterminer si la période particulière chevauche les processus vitaux du poisson ou la période des processus clés de l'habitat qu'elle était censée protéger. Les études peuvent confirmer la présence de l'espèce ciblée par la protection par une période particulière et peuvent définir la période d'un processus vital ou d'un processus de l'habitat si l'on craint qu'il y ait chevauchement avec une période particulière existante. De même, une étude peut déterminer si les pressions résiduelles d'un OEA terminé pendant la période particulière visée persistent pendant une période de risque élevé pour le poisson et son habitat. Par exemple, on pourrait utiliser les données sur la présence et l'absence et les modèles d'occupation pour déterminer si la période était efficace en confirmant que les espèces focales ne sont pas présentes ou n'entreprennent pas le processus vital ciblé pendant la période définie. L'examen des documents de surveillance du promoteur ou la surveillance d'indice standard pourraient fournir ce type d'information, à condition que l'échantillonnage ait été effectué sur une durée suffisante et avec un engin et une intensité appropriés pour capturer les espèces focales (le cas échéant). L'information à ce niveau pourrait guider la répartition et l'abondance des espèces utilisées pour étayer les périodes particulières; elle pourrait aussi orienter la conception de nouvelles périodes particulières (ou la comparaison de différentes options pour les périodes particulières) en fonction de la période et de la répartition observées des espèces ou des processus de l'habitat.

#### Exemples d'études

- Exercice de bureau qui examine les bases de données provinciales ou territoriales sur les observations des poissons et les conditions de l'habitat (par exemple, hydrologie, température) pour déterminer le chevauchement entre les observations des espèces (ou les processus de l'habitat) et les périodes particulières.
- Études sur le terrain qui utilisent des engins de pêche standard (par exemple, pêche à l'électricité, pièges à vairons, verveux), les relevés visuels (Weaver *et al.* 2014), les compteurs électroniques ou l'ADN environnemental (Bylemans *et al.* 2016) pour déterminer la présence ou l'absence d'espèces de poissons protégées pendant la période particulière.
- Des échantillonneurs automatiques d'eau ou des enregistreurs de turbidité sont déployés pour faire le suivi des sédiments en suspension dans la colonne d'eau pendant une période d'augmentation du débit afin de déterminer si des effets résiduels d'un OEA se prolongent à l'extérieur de la période particulière.
- Études du comportement migratoire des poissons, des voies de migration et de l'utilisation de l'habitat qui font appel à la biotéléométrie (par exemple, téléométrie acoustique, radiorepérage, étiquettes PIT) qui peuvent montrer si et quand des poissons marqués sont présents dans l'habitat potentiellement touché (Larocque *et al.* 2020; Balazik *et al.* 2021).

### 6.1.2. Niveau 2 (conséquence de l'exposition sur un processus)

Les objectifs du niveau 2 consistent à établir un lien entre l'exposition du processus vital ou du processus de l'habitat et le risque de dommage découlant d'une pression exercée par l'OEA. Les études à ce niveau peuvent tenir compte de la durée, de l'étendue spatiale et de l'intensité des pressions de l'OEA et de leurs effets (par exemple, la mortalité du poisson) sur les processus vitaux du poisson ou les processus de l'habitat. Une approche de recherche intégrée pourrait être nécessaire, car ces liens sont très complexes à établir. Les études sur le terrain qui font le suivi de la réaction d'un processus à un OEA donné *in situ* s'inscriraient dans ce niveau (Balazik *et al.* 2021), mais des études en laboratoire qui produisent une évaluation plus contrôlée de l'effet de la pression de l'OEA (Suedel *et al.* 2012) ou des modèles qui peuvent

---

étayer l'étendue ou la durée d'un OEA conviennent également pour calculer des estimations du risque (Courtice et Naser 2020). Une caractéristique clé de ce niveau est la quantification du risque associé à l'exposition d'un processus vital ou d'un processus de l'habitat. Une telle quantification est essentielle pour mettre en contraste les risques pour différents processus se déroulant pendant le cycle annuel (essentielle pour comparer les périodes particulières possibles). Certains des défis associés à ce niveau sont la transférabilité des résultats d'un système à un autre ou du laboratoire au terrain, la détermination de la résolution spatiale et temporelle requise pour refléter la variabilité d'un processus vital et la tenue à jour des connaissances étant donné l'environnement changeant. Ces études permettront de déterminer si l'exposition entraîne des interdictions prévues à la *Loi sur les pêches* en vertu de la politique actuelle (c.-à-d. la mort du poisson et la détérioration, la destruction ou la perturbation de l'habitat du poisson).

Exemples d'études :

- Études de télémétrie à échelle fine qui peuvent documenter en temps réel les changements de comportement des poissons (Tsuda *et al.* 2006), de l'énergie (par exemple, utilisation d'accéléromètres) (Wright *et al.* 2014) ou de l'utilisation de l'habitat (Chapman *et al.* 2019) en réaction à une exposition à une pression de l'OEA.
- Études sur le terrain et modèles qui peuvent mesurer et prévoir l'étendue spatiale, la durée ou l'intensité des pressions (par exemple, les sédiments) d'un OEA dans différentes périodes et conditions environnementales (par exemple, des modèles quantitatifs de type devenir-transport comme le SSFATE [Johnson *et al.* 2000a; Johnson *et al.* 2000b]).
- Réseaux de croyances bayésiens (RBC), qui peuvent être utilisés dans des situations où les données locales et régionales sont limitées. Ces modèles peuvent intégrer des connaissances spécialisées et comparer des options de rechange pour les décisions de gestion. On a utilisé des RBC pour déterminer l'efficacité des périodes particulières pour le dragage (Wu *et al.* 2017) et l'efficacité des mesures d'atténuation visant à réduire les pressions générées par différents OEA (Cormier *et al.* 2017).

### **6.1.3. Niveau 3 (conséquence de l'exposition sur la population)**

L'objectif du niveau 3 est d'évaluer si une période particulière donnée réduit le risque d'effets au-delà du niveau de l'individu ou du site (par exemple, population ou communauté). Ce palier peut examiner la façon dont les populations réagissent lorsqu'un certain OEA est réalisé pendant un processus vital ou un processus de l'habitat visé par la protection. Une étude sur le terrain à grande échelle peut être la méthode privilégiée pour évaluer l'efficacité à ce niveau. Elle peut prendre la forme d'une expérience dans laquelle on manipule un OEA et on compare la réaction à une population de référence. L'application de cette manipulation à certains moments du cycle annuel peut donner une idée de la variation du risque d'effet d'un OEA sur la population selon les périodes particulières. Mais la réalisation de cette étude sera difficile et spécialisée. Dans bien des cas, ces études de population peuvent ne pas être exploitables en raison des facteurs de confusion attribuables au changement saisonnier. Une simulation modélisée peut s'avérer utile pour renseigner sur les effets sur la population ou la communauté, mais il faut disposer de suffisamment de données pour paramétrer un tel modèle. Par exemple, on peut perturber les stades de vie dans le modèle afin de déterminer le moment où la vulnérabilité de la population peut culminer ou les périodes de l'année où la pression d'un OEA peut poser un risque moindre.

Exemples d'études :

- 
- Études sur le terrain à long terme qui quantifient les réactions au niveau de la population aux pressions de l'OEA et comparent les périodes particulières. Il pourrait s'agir d'expériences (par exemple, des plans de type BACI) qui manipulent explicitement les périodes particulières, ou d'études d'observation qui comparent les périodes particulières dans différents systèmes. Ces types d'études sont soumis à des défis importants, comme la dynamique transitoire et la capacité limitée d'isoler les effets des périodes particulières des autres mesures d'atténuation. Il y a aussi un défi conceptuel inhérent à la mesure d'un effet qui est évité. De ce fait, les enquêtes de niveau 3 sont moins réalisables sur le plan empirique.
  - Les modèles de simulation offrent une avenue plus facile à suivre pour les études de niveau 3. Pour les espèces sur lesquelles on dispose de suffisamment d'information (par exemple, les salmonidés), les modèles de cycle biologique ou les modèles de population structurés par stade offrent un moyen d'évaluer l'efficacité des périodes particulières au niveau de la population. Ces approches modélisent les résultats à l'échelle de la population des effets propres au stade de vie (Nickelson et Lawson 1998; Jorgensen *et al.* 2021); ainsi, elles peuvent prévoir explicitement les effets au niveau de la population des différentes périodes particulières qui protègent divers processus vitaux. L'utilité des modèles de cycle biologique peut être réduite pour les espèces sur lesquelles l'information écologique disponible est plus limitée. Dans ces cas, des techniques de modélisation moins exigeantes en données (par exemple, les réseaux de croyances bayésiens, modèle de Joe) seraient plus appropriées. Les modèles semi-qualitatifs peuvent être utiles pour comprendre les effets cumulatifs des pressions sur différents effets, comme une réaction qualitative de la population, pendant différentes périodes particulières (par exemple, modèle de Joe) [MPO 2019c].
  - Pour explorer la vulnérabilité au niveau de la communauté pour les situations riches en données, on pourrait paramétrer des modèles écosystémiques et appliquer la mortalité aux espèces afin de déterminer ceux qui peuvent avoir le plus grand impact sur les espèces d'intérêt ou sur l'ensemble de la communauté de poissons (par exemple, Ecopath-Ecosim; Christensen et Walters 2004).

#### **7.1.4. Exemple d'application d'une approche progressive à l'efficacité**

Nous décrivons ici un exemple de l'approche progressive générale de l'évaluation de l'efficacité des périodes particulières, appliquée aux salmonidés. La protection de la fraie de ces espèces est un objectif courant pour les périodes particulières au Canada; 12 des 13 provinces et territoires mentionnent expressément ce processus vital comme justification des périodes particulières et celles-ci sont appréciées par la société humaine. Les saisons de fraie sont bien définies pour de nombreuses populations de salmonidés et la période de ce processus vital est généralement constante d'une année à l'autre pour de nombreuses populations. De nombreuses preuves indiquent aussi que la fraie est un stade de vie particulièrement vulnérable (par exemple, Levine Fricke 2004).

Les observations de poissons reproducteurs sur un site de travaux plus tôt ou plus tard que prévu (c.-à-d. à l'intérieur de la période particulière) pendant la surveillance de la conformité déclencheraient une enquête sur l'efficacité de la période particulière. Un enquêteur pourrait appliquer l'approche progressive suivante :

Niveau 1 : Les enquêtes initiales pourraient porter sur l'étendue du chevauchement entre la fraie et la période particulière. On pourrait concevoir de nombreuses approches pour détecter la présence de reproducteurs, notamment des relevés visuels cherchant à détecter les adultes reproducteurs ou des relevés des nids pour détecter la présence d'œufs après la fraie. La preuve d'une fraie durant la période particulière dénoterait une exposition à des pressions de

---

l'OEA et montrerait que la période particulière n'est peut-être pas efficace. Les estimations de la probabilité de détection seraient importantes pour déterminer l'absence de reproducteurs (Bradford et Braun 2021).

Niveau 2 : Pour approfondir l'examen de l'efficacité de la période particulière, un enquêteur pourrait mener une étude pour déterminer l'effet d'une pression de l'OEA sur la fraie (ou examiner des études existantes tirées de la documentation), comme des relevés sur le terrain pour surveiller le comportement reproducteur et documenter les épisodes de mortalité avant la ponte pour les espèces sémelpares, qui peuvent être un indicateur solide d'effets nocifs. Cette étude pourrait également être complétée par des études en laboratoire sur la rétention des œufs en présence et en l'absence de pressions, comme les sédiments ou les contaminants.

Niveau 3 : Si l'on a constaté que la pression de l'OEA a une incidence sur la fraie, des mesures supplémentaires seraient nécessaires pour quantifier l'incidence au niveau de la population. L'ampleur de l'impact d'un OEA sur la fraie n'est pas directement proportionnelle à son impact sur l'ensemble de la population en raison des nombreux processus qui se produisent tout au long du cycle biologique (par exemple, la dynamique compensatoire). Étant donné que les processus vitaux sont bien étudiés pour de nombreux salmonidés, il est possible de paramétrer les modèles de cycle biologique afin de vérifier comment les effets sur la fraie se manifestent au niveau de la population. Par exemple, on pourrait ajuster la mortalité ou la ponte dans le modèle pour tenir compte des pressions sur les reproducteurs. Pess et Jordan (2019) donnent des orientations complètes sur l'élaboration et l'application de modèles de cycle biologique dans le contexte de la restauration de l'habitat, qu'il serait facile d'élargir pour étudier les effets de l'OEA et l'efficacité de la période particulière.

Les praticiens peuvent utiliser les renseignements obtenus à chaque niveau pour préciser les périodes particulières, étayer leur création et répondre aux demandes de prolongation des travaux au-delà des périodes particulières désignées.

## **6.2. APPROCHE FONDÉE SUR LE POIDS DE LA PREUVE**

L'approche progressive proposée pour l'évaluation de l'efficacité de la période particulière s'appuie sur de multiples sources d'information dont les poids de la preuve sont différents mais qui, collectivement, fournissent des renseignements puissants sur notre compréhension d'un système. Une approche fondée sur le poids de la preuve se prête à l'évaluation de plusieurs sources d'information et de données pour déterminer au moyen d'une approche systématique, transparente et logique comment un système a réagi à la modification ou à l'atténuation (Forbes et Calow 2002; Burkhardt-Holm et Scheurer 2007). Alors que le niveau 1 permet une évaluation dichotomique pour déterminer s'il y a un chevauchement entre la période particulière et la présence d'un processus du cycle biologique ou d'un processus de l'habitat, les niveaux 2 et 3 sont plus complexes et aucune source de données ou étude unique ne produira des renseignements complets pour déterminer si une période particulière a réduit le risque posé par une pression de l'OEA. Par exemple, pour déterminer les risques d'exposition à une pression de l'OEA, on peut utiliser une combinaison d'études en laboratoire qui testent directement l'impact d'un agent de stress sur un processus vital donné, ainsi que des études sur le terrain qui déterminent les réactions comportementales à un agent de stress. Bien que l'étude en laboratoire puisse indiquer les conséquences de l'exposition, les poissons peuvent se comporter différemment à l'état sauvage de manière à réduire le risque d'exposition à un OEA, par exemple en utilisant temporairement d'autres habitats. Bien que l'élaboration d'une approche fondée sur le poids de la preuve dépasse la portée du présent document, Forbes et Calow (2002) présentent des orientations précises sur la façon d'élaborer une approche et Connors et ses collaborateurs (2014) en donnent un excellent exemple.

---

### 6.3. AUTRES CONSIDÉRATIONS

L'évaluation de l'efficacité des périodes particulières n'est pas un simple test ponctuel. Une approche progressive fournit une orientation pour la normalisation de l'approche, mais reconnaît la nécessité d'une certaine souplesse dans les détails de l'étude. Cette souplesse s'harmonise également avec l'approche canadienne des périodes particulières compte tenu de la diversité des assemblages de communautés de poissons et des conditions de l'habitat, ainsi que de la variété des pressions des OEA à intégrer. La normalisation est également importante puisque chaque province ou territoire définit et gère les périodes particulières différemment (échelles spatiale, temporelle et biologique) et avec des objectifs souvent distincts. Les niveaux ne se veulent pas hiérarchiques, mais les résultats aux niveaux inférieurs peuvent déclencher des enquêtes à un niveau supérieur. Il est important de revoir périodiquement les périodes particulières pour fournir des commentaires et s'assurer que les périodes particulières sont actualisées (conformes aux données scientifiques les plus récentes et aux conditions écologiques actuelles). L'étape de la révision donne l'occasion d'ajuster les périodes particulières afin de réduire davantage les risques, ce qui les rend plus efficaces, ce qui est conforme à une approche de gestion adaptative.

### 7. CONCLUSIONS

Les périodes particulières sont une mesure d'atténuation couramment appliquée au MPO. L'étendue de la variation entre les périodes existantes et les espèces de poissons, les processus vitaux et les habitats qu'elles sont censées protéger reflète la diversité des poissons et des habitats qui se trouvent dans les eaux canadiennes. Le PPPH cherche à élaborer un cadre pour faciliter la création, la modification et l'évaluation des périodes particulières, et l'information présentée dans ce rapport vise à faciliter les discussions pour façonner l'avis scientifique à l'appui de ce cadre. Les principales considérations pour la création ou la modification d'une période particulière sont la détermination des espèces présentes et de leur phénologie, l'évaluation de la vulnérabilité des espèces ou des processus (en général et pour les OEA concernés) et l'évaluation de la variation temporelle du risque.

Bien que nous ayons trouvé peu de preuves explicites de l'efficacité, l'intention des périodes particulières est ancrée dans l'écologie de base et la phénologie des espèces, de sorte que si l'on sait qu'un processus vital ou un processus de l'habitat est menacé par la pression exercée par un OEA, l'élimination de la pression sur ce processus devrait atténuer les dommages. Bien que les périodes particulières soient solides sur le plan conceptuel, des preuves supplémentaires de leur efficacité appuieront mieux la justification de leur utilisation, tout comme l'information sur la période où les processus ont lieu et ceux qui sont les plus menacés par certaines pressions de l'OEA. Les considérations liées aux caractéristiques des pressions des OEA, comme leur durée, leur persistance et leur étendue, ainsi que les vulnérabilités des processus vitaux ou des processus de l'habitat peuvent étayer une application fondée sur le risque des périodes particulières en définissant la variation temporelle du risque. Le modèle conceptuel présenté ici peut être adapté pour soutenir l'application ou l'amélioration des périodes existantes afin de répondre aux besoins des activités réglementées par le PPPH en intégrant l'information régionale sur la phénologie des espèces et les processus environnementaux. Le modèle conceptuel incorpore également les processus environnementaux comme étape de l'évaluation du risque et les changements environnementaux (par exemple, les changements climatiques) influenceront sur la période de ces processus et, par conséquent, sur celle des processus vitaux des poissons. En élaborant et en utilisant un tel modèle, on peut estimer les périodes où le risque est plus faible en fonction des nouvelles conditions environnementales, ce qui peut aider à définir ou à mettre à jour les limites d'une période particulière. L'approche progressive de l'évaluation de l'efficacité des périodes

---

particulière présentée ici peut également alimenter une approche de gestion adaptative qui facilitera une application améliorée. Avec plus de renseignements sur la phénologie d'une espèce dans une région (recueillis par la surveillance), il est possible d'améliorer l'efficacité d'une période particulière pour s'assurer qu'elle couvre les processus vitaux les plus vulnérables d'une espèce, sans limiter indûment les OEA.

---

## 8. RÉFÉRENCES CITÉES

- Arlinghaus, R., Tillner, R., and Bork, M. 2015. Explaining participation rates in recreational fishing across industrialised countries. *Fish. Manag. Ecol.* 22(1): 45-55. doi:10.1111/fme.12075.
- Balazik, M.T., Altman, S., Reine, K.J., and Katzenmeyer, A.W. 2021. Atlantic sturgeon movements in relation to a cutterhead dredge in the James River, Virginia. DOER Technical Notes Collection. ERDC/TN DOER-R31. Vicksburg, MS: US Army Engineer Research and Development Center. 1-14 p.
- Balazik, M., Barber, M., Altman, S., Reine, K., Katzenmeyer, A., Bunch, A., and Garman, G. 2020. Dredging activity and associated sound have negligible effects on adult Atlantic sturgeon migration to spawning habitat in a large coastal river. *PloS one* 15(3): e0230029. doi:10.1371/journal.pone.0230029/.
- Barnucz, J., Mandrak, N.E., Bouvier, L.D., Gaspard, R., Price, D.A. 2015. Effets of dredging on fish species at risk in Lake St. Clair, Ontario. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2015/018. v + 12 p.
- Beakes, M.P., Moore, J.W., Hayes, S.A., and Sogard, S.M. 2014. Wildfire and the effects of shifting stream temperature on salmonids. *Ecosphere* 5(5): 1–14. doi:10.1890/ES13-00325.1.
- Berry, W.J., Rubinstein, N.I., Hinchey, E.K., Klein-MacPhee, G., and Clarke, D.G. 2011. Assessment of dredging-induced sedimentation effects on winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) hatching success: results of laboratory investigations. In *Western Dredging Association Technical Conference and Texas A&M Dredging Seminar*. 47-57 p.
- Bradford, M.J., and Braun, D.C. 2021. Regional and local effects drive changes in spawning stream occupancy in a sockeye salmon metapopulation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 78(8): 1084–1095. doi:10.1139/cjfas-2020-0463.
- Bradford, M.J, Koops, M.A, and Randall, R.G. 2015. [Science advice on a decision framework for managing residual effects to fish and fish habitat](#). *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2014/112. v + 31 p
- Braun, D.C., Smokorowski, K.E., Bradford, M.J., et Glover, L. 2019. [Examen de la surveillance fonctionnelle pour évaluer les activités d'atténuation, de restauration et de compensation au Canada](#). *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech.* 2019/057. vii + 81 p.
- Breau, C. 2013. [Knowledge of fish physiology used to set water temperature thresholds for inseason closures of Atlantic salmon \(\*Salmo salar\*\) recreational fisheries](#). *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2012/163. iii + 24 p.
- Brooks, J.L, Midwood, J.D., Smith, A., Cooke, S.J., Flood, B., Boston, C.M., Semecsen, P., Doka, S.E., and Wells, M.G. 2022. [Internal seiches as drivers of fish depth use in lakes](#). *Limnol. Oceanogr.*
- Brown, R.S., Hubert, W.A., and Daly, S.F. 2011. A Primer on winter, ice, and fish: what fisheries biologists should know about winter ice processes and stream-dwelling fish. *Fisheries* 36(1): 8–26. doi:10.1577/03632415.2011.10389052.
- Brownscombe, J.W., Smokorowski, K.E. 2021. [Examen des diagrammes de séquence des effets \(SE\) à l'appui de l'évaluation des risques du PPPH](#). *Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech.* 2021/079. iv + 61 p.

- 
- Branton, M. and Richardson, J.S. 2011. Assessing the value of the umbrella-species concept for conservation planning with meta-analysis. *Conserv. Biol.* 25(1): 9-20. doi:10.1111/j.1523-1739.2010.01606.x.
- Burkhardt-Holm, P., and Scheurer, K. 2007. Application of the weight-of-evidence approach to assess the decline of brown trout (*Salmo trutta*) in Swiss rivers. *Aquat. Sci.* 69(1): 51–70. doi:10.1007/s00027-006-0841-6.
- Burt, N. 2002. Environmental windows as emerging issue in Europe. 1-12 p.
- Burt, N. and Hayes, D. 2004. Framework for research leading to improved assessment of dredge generated plumes. HR Wallingford Ltd (Great Britain). 22-34 p.
- Bylemans, J., Furlan, E.M., Hardy, C.M., McGuffie, P., Lintermans, M., and Gleeson, D.M. 2016. An environmental DNA-based method for monitoring spawning activity: a case study using the endangered Macquarie perch (*Macquaria australasica*). *Methods Ecol. Evol.* 8: 646-655. doi:10.1111/2041-210X.12709.
- Carpenter, S.R., Stanley, E.H., and Vander Zanden, M.J. 2011. State of the world's freshwater ecosystems: physical, chemical, and biological changes. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 36: 75-99. doi:10.1146/annurev-environ-021810-094524.
- Carter, W.R. 1986. An argument for retaining periods of non-dredging for the protection of oyster resources in upper Chesapeake Bay. Maryland Department of Natural Resources. Annapolis, MD. 5-10 p.
- Caruso, G., Denaro, M.G., Caruso, R., Mancari, F., Genovese, L. and Maricchiolo, G. 2011. Response to short term starvation of growth, haematological, biochemical and non-specific immune parameters in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo*). *Mar. Environ. Re.* 72(1-2): 46-52.
- Caskenette, A.L., Durhack, T.C., et Enders, E.C. 2020. [Directives sur la désignation de l'habitat essentiel dans la zone riveraine pour les espèces d'eau douce en péril](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2020/049. vii + 71 p.
- Cheng, J.D. 1989. Streamflow changes after clear-cut logging of a pine beetle-infested watershed in southern British Columbia, Canada. *Water Resour. Res.* 25(3): 449–456. doi:10.1029/WR025i003p00449.
- Chapman, E.D., Miller, E.A., Singer, G.P., Hearn, A.R., Thomas, M.J., Brostoff, W.N., LaCivita, P.E., and Klimley, A.P. 2019. Spatiotemporal occurrence of green sturgeon at dredging and placement sites in the San Francisco estuary. *Environ. Bio. Fishes* 102(1): 27-40. doi:10.1007/s10641-018-0837-9.
- Christensen, V. and Walters, C.J. 2004. Ecopath with ecosim: methods, capabilities and limitations. *Ecol. Modell.* 172(2–4): 109–139. doi:10.1016/j.ecolmodel.2003.09.003.
- Chuine, I. and Régnière, J. 2017. Process-based models of phenology for plants and animals. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 48: 159-182. doi:0.1146/annurev-ecolsys-110316-022706.
- Clarke, D., Ault, J., French, D., and Johnson, B. 2003. Dredging operations and environmental research program: building tools for objective determination of environmental windows. In *Dredging'02: Key Technologies for Global Prosperity*. 1-13 p.



- 
- Coble, A.A., Barnard, H., Du, E., Johnson, S., Jones, J., Keppeler, E., Kwon, H., Link, T.E., Penaluna, B.E., Reiter, M., River, M., Puettmann, K., and Wagenbrenner, J. 2020. Long-term hydrological response to forest harvest during seasonal low flow: Potential implications for current forest practices. *Sci. Total Environ.* 730: 138926. Elsevier B.V. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.138926.
- Coker, G.A., Portt, C.B., and Minns, C.K. 2001. Morphological and ecological characteristics of Canadian freshwater fishes. *Can. MS Rpt. Fish. Aquat. Sci.* 2554: iv + 89p.
- Connor, M., Hunt, J., and Werme, C. 2005. Potential effects of dredging on pacific herring in San Francisco Bay. In Final Draft White Paper. Prepared for the US Army Corps of Engineers South Pacific Division and the Long-Term Management Strategy Science Assessment and Data Gaps Workgroup Herring Subcommittee. iii + 82 p.
- Connors, B.M., Marmorek, D.R., Olson, E., Hall, A.W., de la Cueva Bueno, P., Bensen, A., Bryan, K., Perrin, C., Parkinson, E., Abraham, D., Alexander, C., Murray, C., Smith, R., Grieg, L., and Farrell, G. 2014. Independent review of potential effects of run-of-river hydroprojects on salmonid species in British Columbia. xiv + 59 p + Appendix 1-8.
- Cormier, R., Kelble, C.R., Anderson, M.R., Allen, J.I., Grehan, A., and Gregersen, O. 2017. Moving from ecosystem-based policy objectives to operational implementation of ecosystem-based management measures. *ICES J. Mar. Sci.* 74(1): 406-413. doi:10.1093/icesjms/fsw181.
- Courtice, G., and Naser, G. 2020. In-stream construction-induced suspended sediment in riverine ecosystems. *River Res. Appl.* 36(3): 327–337. doi:10.1002/rra.3559.
- Crossin, G.T., Hinch, S.G., Cooke, S.J., Welch, D.W., Patterson, D.A., Jones, S.R.M., Lotto, A.G., Leggatt, R.A., Mathes, M.T., Shrimpton, J.M., and Van Der Kraak, G. 2008. Exposure to high temperature influences the behaviour, physiology, and survival of sockeye salmon during spawning migration. *Can. J. Zool.* 86(2): 127-140. doi:10.1139/Z07-122.
- Dahlke, F.T., Wohlrab, S., Butzin, M. and Pörtner, H.O. 2020. Thermal bottlenecks in the life cycle define climate vulnerability of fish. *Science* 369(6499): 65-70. doi:10.1126/science.aaz3658.
- Dickerson, D.N. and Nelson, D.A. 1988. Proceedings of the national workshop on the methods to minimize dredging effects on the sea turtles. US Army Corps of Engineers Report. 1-90 p.
- Dickerson, D., Reine, K., Nelson, D., and Dickerson Jr, C. 1995. Assessment of sea turtle abundance in six South Atlantic US Channels. Miscellaneous Paper EL-95-5. US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS. ix + 124 p.
- Dickerson, D.D., Reine, K.J., and Clarke, D.G. 1998. Economic effects of environmental windows associated with dredging operations. US Army Engineers Waterways Experiment Station Vicksburg, MS. 1-18 p.
- Dickerson, D., Wolters, M., Theriot, C., and Slay, C. 2004. Dredging effects on sea turtles in the Southeastern USA: a historical review of protection. In Proceedings of World Dredging Congress XVII, Dredging in a Sensitive Environment. 1-13 p.
- Eakins, R.J. 2021. [Ontario freshwater fishes life history database](#). Version 5.11.
- ECORP, Inc. 2009. Literature review: fish behavioural response to dredging and dredging material placement activities. Report. 1-69 p.

- 
- Forbes, V.E. and Calow, P. 2002. Applying weight-of-evidence in retrospective ecological risk assessment when quantitative data are limited. *Hum. Ecol. Risk Assess.* 8(7): 1625–1639. doi:10.1080/20028091057529.
- Forrest, J. and Miller-Rushing, A.J. 2010. Toward a synthetic understanding of the role of phenology in ecology and evolution. *Philos. Trans. R. Soc. B.* 365(1555): 3101-3112. doi:10.1098/rstb.2010.0145.
- Frimpong, E.A. and Angermeier, P.L. 2009. Fish traits: a database of ecological and life-history traits of freshwater fishes of the United States. *Fisheries* 34(10): 487-495. doi:10.1577/1548-8446-34.10.487.
- Fraser, M.W., Short, J., Kendrick, G., McLean, D., Keesing, J., Byrne, M., Caley, M.J., Clarke, D., Davis, A.R., and Erftemeijer, P.L. 2017. Effects of dredging on critical ecological processes for marine invertebrates, seagrasses and macroalgae, and the potential for management with environmental windows using Western Australia as a case study. *Ecol. Indic.* 78: 229-242. doi:10.1016/j.ecolind.2017.03.026.
- Gagliano, M., McCormick, M.I., and Meekan, M.G. 2007. Temperature-induced shifts in selective pressure at a critical developmental transition. *Oecologia* 152(2): 219-225. doi:10.1007/s00442-006-0647-1.
- Garton, E.O., Ratti, J.T., and Giudice, J.H., 2005. Research and experimental design. Techniques for wildlife investigations and management. Sixth edition. The Wildlife Society, Bethesda, Maryland, USA. 43-71 p.
- Glitzbecker, G.J., Ward, J.L., Walters, D.M., and Blum, M.J. 2015. Turbidity alters pre-mating social interactions between native and invasive stream fishes. *Freshw. Biol.* 60(9): 1784-1793. doi:10.1111/fwb.12610.
- Gresswell, R.E. 1999. Fire and aquatic ecosystems in forested biomes of North America. *Trans. Am. Fish. Soc.* 128(2): 193–221. doi:10.1577/1548-8659(1999)128<0193:faaeif>2.0.co;2.
- Griffin, F.J., Smith, E.H., Vines, C.A. and Cherr, G.N. 2008. Effects of suspended sediments on fertilization, embryonic development, and early life stages of the Pacific Herring, *Clupea pallasii*. A report to the US Army Corps of Engineers and the long-term environmental strategy environmental science work group. 1-32 p + Appendix 1-4.
- Griffin, F.J., Smith, E.H., Vines, C.A., and Cherr, G.N. 2009. Effects of suspended sediments on fertilization, embryonic development, and early larval life stages of the Pacific herring, *Clupea pallasii*. *Biol. Bull.* 216(2): 175-187. doi:10.1086/BBLv216n2p175.
- Griffin, F.J., DiMarco, T., Menard, K.L., Newman, J.A., Smith, E.H., Vines, C.A., and Cherr, G.N. 2012. Larval Pacific herring (*Clupea pallasii*) survival in suspended sediment. *Estuaries Coasts* 35(5): 1229-1236. doi:10.1007/s12237-012-9518-7.
- Gronsdahl, S., Moore, R.D., Rosenfeld, J., McCleary, R., and Winkler, R. 2019. Effects of forestry on summertime low flows and physical fish habitat in snowmelt-dominant headwater catchments of the Pacific Northwest. *Hydrol. Process.* 33(25): 3152–3168. doi:10.1002/hyp.13580.
- Guy, C.S. and Brown, M.L., 2007. Analysis and interpretation of freshwater fisheries data. American Fisheries Society.
- Harvey, B. 2009. A biological synopsis of northern pike (*Esox lucius*). *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2885: v + 31 p.
-

- 
- Harvey, E., Wenger, A., Saunders, B., Newman, S., Wilson, S., Travers, M., Browne, N., Rawson, C., Clarke, D., and Hobbs, J. 2017. Effects of dredging-related pressures on critical ecological processes for finfish: a review and possible management strategies. Report of WAMSI Dredging Science Node Theme 8 Report. vii + 38 p + Appendix 1-5.
- Hatfield, T. and Chillbeck, B. 2008. Kitimat to Summit Lake natural gas pipeline looping project — conceptual compensation plan for fish habitat. iii + 26 p + Appendix A-C.
- Hatfield, T., Lewis, A., Ohlson, D., and Bradford, M. 2003. Development of instream flow thresholds as guidelines for reviewing proposed water uses. vi + 88 p.
- He, X. and Wright, R.A. 1992. An experimental study of piscivore–planktivore interactions: population and community responses to predation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49(6): 1176-1183. doi:10.1139/f92-132.
- Hecht, T. and Van der Lingen, C.D. 1992. Turbidity-induced changes in feeding strategies of fish in estuaries. *Afr. Zool.* 27(3): 95-107. doi:10520/AJA00445096\_644.
- Hodgson, E.E., Wilson, S.M., and Moore, J.W. 2020. [Changing estuaries and effects on juvenile salmon: A systematic review](#). *Glob. Chang. Biol.* 26(4): 1986-2001.
- Holling, C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 4: 1–23. doi:10.1146/annurev.es.04.110173.000245.
- Houde, E.D. 1989. Subtleties and episodes in the early life of fishes. *J. Fish Biol.* 35: 29-38. doi:10.1111/j.1095-8649.1989.tb03043.x.
- Houde, E.D. 1997. Patterns and trends in larval-stage growth and mortality of teleost fish. *J. Fish Biol.* 51: 52-83.
- Houde, E.D. 2009. Recruitment variability. In *Fish reproductive biology: implications for assessment and management*. Edited by Jakobsen, T., Fogarty, M., and Moksness, E. 91-171 p.
- Houde, E.D. and Zastrow, C.E. 1993. Ecosystem-and taxon-specific dynamic and energetics properties of larval fish assemblages. *Bull. Mar. Sci.* 53(2): 290-335.
- Isaak, D.J., Luce, C.H., Rieman, B.E., Nagel, D.E., Peterson, E.E., Horan, D.L., Parkes, S., and Chandler, G.L. 2010. Effects of climate change and wildfire on stream temperatures and salmonid thermal habitat in a mountain river network. *Ecol. Appl.* 20(5): 1350–1371. doi:10.1890/09-0822.1.
- Ivan, L.N., Rutherford, E.S., Riseng, C. and Tyler, J.A. 2010. Density, production, and survival of walleye (*Sander vitreus*) eggs in the Muskegon River, Michigan. *J. Great Lakes Res.* 36(2): 328-337. doi:10.1016/j.jglr.2010.02.010.
- Johnson, B.H., Andersen, E., Isaji, T., Teeter, A.M., and Clarke, D.G. 2000a. Description of the SSFATE numerical modeling system. DOER Technical Notes Collection. ERDC/TN DOER-E10. Vicksburg, MS: US Army Engineer Research and Development Center. 1-12 p.
- Johnson, B.H., Andersen, E., Isaji, T., Teeter, A.M., and Clarke, D.G. 2000b. Demonstration of the SSFATE numerical modeling system. DOER Technical Notes Collection. ERDC/TN DOER-E12. Vicksburg, MS: US Army Engineer Research and Development Center. 1-21 p.
- Jorgensen, J.C., Nicol, C., Fogel, C., and Beechie, T.J. 2021. Identifying the potential of anadromous salmonid habitat restoration with life cycle models. *PLoS One* 16: 1–22. doi:10.1371/journal.pone.0256792.
-

- 
- Kjelland, M.E., Woodley, C.M., Swannack, T.M., and Smith, D.L. 2015. A review of the potential effects of suspended sediment on fishes: potential dredging-related physiological, behavioral, and transgenerational implications. *Environ. Syst. Decis.* 35(3): 334-350. doi:10.1007/s10669-015-9557-2.
- Kobler, A., Klefoth, T., Mehner, T., and Arlinghaus, R., 2009. Coexistence of behavioural types in an aquatic top predator: a response to resource limitation? *Oecologia* 161(4): 837-847. doi:10.1007/s00442-009-1415-9.
- Lane, J.A., C.B. Portt and C.K. Minns. 1996. Spawning habitat characteristics of Great Lakes fishes. *Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2368: v + 48 p.
- Lapointe, M., Eaton, B., Driscoll, S., and Latulippe, C. 2000. Modelling the probability of salmonid egg pocket scour due to floods. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57(6): 1120–1130. doi:10.1139/f00-033.
- Larocque, S., Boston, C.M., Midwood, J.D. 2020. Seasonal daily depth use patterns of acoustically tagged freshwater fishes informs nearshore fish community sampling protocols. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3409: viii + 38 p.
- LaSalle, M.W., Clarke, D.G., Homziak, J., Lunz, J.D., and Fredette, T.J. 1991. A framework for assessing the need for seasonal restrictions on dredging and disposal operations. Technical Report D-91-1. US Army Engineer Waterways Experiment Station Vicksburg, MS. ii + 74 p.
- Lenzi, M.A. and Marchi, L. 2000. Suspended sediment load during floods in a small stream of the Dolomites (northeastern Italy). *Catena* 39(4): 267–282. doi:10.1016/S0341-8162(00)00079-5.
- Levine Fricke 2004. Framework for assessment of potential effects of dredging on sensitive fish species in San Francisco Bay - Final report. vii + 131 p.
- Lindim, C., van Gils, J., and Cousins, I.T. 2016. A large-scale model for simulating the fate & transport of organic contaminants in river basins. *Chemosphere* 144: 803–810. doi:10.1016/j.chemosphere.2015.09.051.
- Lucas, M. and Baras, E., 2008. Migration of freshwater fishes. John Wiley & Sons.
- Marsden, J.E., Perkins, D.L., and Krueger, C.C. 1995. Recognition of spawning areas by lake trout: deposition and survival of eggs on small, man-made rock piles. *J. Great Lakes Res.* 21: 330-336. doi:10.1016/S0380-1330(95)71107-8.
- Martens, A.M., Silins, U., Proctor, H.C., Williams, C.H.S., Wagner, M.J., Emelko, M.B., and Stone, M. 2019. Long-term impact of severe wildfire and post-wildfire salvage logging on macroinvertebrate assemblage structure in Alberta's Rocky Mountains. *Int. J. Wildl. Fire* 28(10): 738–749. doi:10.1071/WF18177.
- McCann, K.S., 2011. Food webs (MPB-50). Princeton University Press.
- McCook, L., Schaffelke, B., Apte, S., Brinkman, R., Brodie, J., Erftemeijer, P., Eyre, B., Hoogerwerf, F., Irvine, I., and Jones, R. 2015. Synthesis of current knowledge of the biophysical effects of dredging and disposal on the Great Barrier Reef: report of an independent panel of experts. Great Barrier Reef Marine Park Authority. v + 97 p + Appendix A-G.
- McCue, M.D. 2010. Starvation physiology: reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge. *Comp. Biochem. Physiol. Part A Mol. Integr. Physiol.* 156(1): 1-18. doi:10.1016/j.cbpa.2010.01.002.
-

- 
- McGill, B.J., Enquist, B.J., Weiher, E., and Westoby, M. 2006. Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends Ecol. Evol.* 21(4): 178-185. doi:10.1016/j.tree.2006.02.002.
- McMeans, B.C., McCann, K.S., Guzzo, M.M., Bartley, T.J., Bieg, C., Blanchfield, P.J., Fernandes, T., Giacomini, H.C., Middel, T., Rennie, M.D., and Ridgway, M.S. 2020. Winter in water: differential responses and the maintenance of biodiversity. *Ecol. Lett.* 23(6): 922-938. doi:10.1111/ele.13504.
- McMeans, B.C., McCann, K.S., Tunney, T.D., Fisk, A.T., Muir, A.M., Lester, N.P., Shuter, B.J., and Rooney, N. 2016. The adaptive capacity of lake food webs: from individuals to ecosystems. *Ecol. Monogr.* 95(4): 833–844. doi:10.1890/15-0288.1.
- Meehan, W.R. 1991. Influences of forest and rangeland management on salmonid fishes and their habitats. Edited By W.R. Meehan. American Fisheries Society Special Publication 19, Bethesda, Maryland.
- Meester, G.A., Ault, J.S., Smith, S.G., and Mehrotra, A. 2001. An integrated simulation modeling and operations research approach to spatial management decision making. *Sarsia* 86(6): 543-558. doi:10.1080/00364827.2001.10420492.
- Méndez, G. and Wieser, W. 1993. Metabolic responses to food deprivation and refeeding in juveniles of *Rutilus rutilus* (Teleostei: Cyprinidae). *Environ. Biol. Fishes* 36(1): 73-81. doi:10.1007/BF00005981.
- Midwood, J.D., Larsen, M.H., Aarestrup, K., and Cooke, S.J. 2016. Stress and food deprivation: linking physiological state to migration success in a teleost fish. *J. Exp. Biol.* 219(23): 3712-3718. doi:10.1242/jeb.140665.
- Mims, M.C., Olden, J.D., Shattuck, Z.R., and Poff, N.L. 2010. Life history trait diversity of native freshwater fishes in North America. *Ecol. Freshw. Fish* 19(3): 390-400. doi:10.1111/j.1600-0633.2010.00422.x.
- Minns, C.K., Randall, R.G., Moore, J.E., and Cairns, V.W. 1996. A model simulating the impact of habitat supply limits on northern pike, *Esox lucius*, in Hamilton Harbour, Lake Ontario. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53(S1): 20-34. doi:10.1139/cjfas-53-S1-20.
- Moore, J.W., McClure, M., Rogers, L.A., and Schindler, D.E. 2010. Synchronization and portfolio performance of threatened salmon. *Conserv. Lett.* 3(5): 340–348. doi:10.1111/j.1755-263X.2010.00119.x.
- MPO. 2012. [Évaluation de l'efficacité des activités de compensation de l'habitat du poisson au Canada : Conception et paramètres des programmes de surveillance](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2012/060.
- MPO. 2015. [Approche scientifique pour évaluer l'impact des activités humaines sur les composantes et les fonctions écosystémiques](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2015/020.
- MPO. 2019a. Énoncé de politique sur la protection du poisson et de son habitat.
- MPO. 2019b. [Avis scientifique sur les directives opérationnelles en matière de surveillance fonctionnelle – paramètres de remplacement de mesure de la productivité du poisson afin d'évaluer l'efficacité des mesures d'atténuation et de compensation](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2019/042
- MPO. 2019c. [Examen du modèle de Joe d'évaluation des effets cumulatifs du ministère de l'environnement et des Parcs de L'Alberta](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2019/045.
-

- 
- MPO. 2021. [Avis scientifique sur la révision des diagrammes de séquence des effets à l'appui de l'évaluation des risques liés au PPPH](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2021/053.
- Mundy, P.R. and Evenson, D.F. 2011. Environmental controls of phenology of high-latitude Chinook salmon populations of the Yukon River, North America, with application to fishery management. *ICES J. Mar. Sci.* 68(6): 1155-1164. doi:10.1093/icesjms/fsr080.
- Nyboer, E.A., Lin, H.Y., Bennett, J.R., Gabriel, J., Twardek, W., Chhor, A.D., Daly, L., Dolson, S., Guitard, E., Holder, P., and Mozzon, C.M. 2021. Global assessment of marine and freshwater recreational fish reveals mismatch in climate change vulnerability and conservation effort. *Glob. Chang. Biol.* 27(19): 4799-4824. doi:10.1111/gcb.15768.
- Nickelson, T.E. and Lawson, P.W. 1998. Population viability of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, in Oregon coastal basins: application of a habitat-based life cycle model. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55(11): 2383–2392. doi:10.1139/f98-123.
- National Research Council (NRC). 2001. A process for setting, managing, and monitoring environmental windows for dredging projects. Marine Board, Transportation Research Board, Special Report 262. Washington, D.C.: National Academy Press. ix + 37 p + Appendix A-E.
- Ogle, S. 2005. A review of scientific information on the effects of suspended sediments on Pacific Herring (*Clupea pallasii*) reproductive success [Report]. Pacific Ecorisk: i + 21 p.
- Olden, J.D., Poff, N.L., and Bestgen, K.R. 2008. Trait synergisms and the rarity, extirpation, and extinction risk of desert fishes. *Ecology* 89(3): 847-856. doi:10.1890/06-1864.1.
- Paine, R.T., 1980. Food webs: linkage, interaction strength and community infrastructure. *J. Anim. Ecol.* 49(3): 667-685. doi:10.2307/4220.
- Pascual, P., Pedrajas, J.R., Toribio, F., López-Barea, J., and Peinado, J. 2003. Effect of food deprivation on oxidative stress biomarkers in fish (*Sparus aurata*). *Chem. Biol. Interact.* 145(2): 191-199. doi:10.1016/S0009-2797(03)00002-4.
- Pauly, D. and Pullin, R.S. 1988. Hatching time in spherical, pelagic, marine fish eggs in response to temperature and egg size. *Environ. Biol. Fishes* 22(4): 261-271. doi:10.1007/BF00004892.
- Pentz, S.B. and Kostaschuk, R.A. 1999. Effect of placer mining on suspended sediment in reaches of sensitive fish habitat. *Environ. Geol.* 37(1–2): 78–89. doi:10.1007/s002540050363.
- Pess, G.R. and Jordan, C.E. 2019. Characterizing watershed-scale effects of habitat restoration actions to inform life cycle models: case studies using data-rich vs. data poor approaches. NOAA Technical Memorandum NMFS NWFSC: xv + 151 p. doi:10.25923/vka-w128.
- Poff, N.L.R., Bledsoe, B.P., and Cuhaciyan, C.O. 2006. Hydrologic variation with land use across the contiguous United States: Geomorphic and ecological consequences for stream ecosystems. *Geomorphology* 79: 264–285. doi:10.1016/j.geomorph.2006.06.032.
- Power, M.E., Tilman, D., Estes, J.A., Menge, B.A., Bond, W.J., Mills, L.S., Daily, G., Castilla, J.C., Lubchenco, J., and Paine, R.T., 1996. Challenges in the quest for keystones: identifying keystone species is difficult—but essential to understanding how loss of species will affect ecosystems. *BioScience*. 46(8): 609-620. doi:10.2307/1312990.
- Radinger, J. and Wolter, C. 2014. Patterns and predictors of fish dispersal in rivers. *Fish Fish.* 15(3): 456-473. doi:10.1111/faf.12028.
-

- 
- Rainwater, C., Nachtmann, H., and Adbesh, F. 2016. Optimal dredge fleet scheduling within environmental work windows. MarTREC 5002 Final Research Report. iii + 47 p.
- Rainwater, C., Nachtmann, H., and Adbesh, F. 2017. Optimal dredge fleet scheduling, phase 2. MarTREC 5010 Final Research Report. iii + 19 p.
- Reid, D.A. and Hassan, M.A. 2020. Response of in-stream wood to riparian timber harvesting: field observations and long-term projections. *Water Resour. Res.* 56(8): 1–17. doi:10.1029/2020WR027077.
- Reine, K., Clarke, D., Balzaik, M., O'Haire, S., Dickerson, C., Frederickson, C., Garman, G., Hager, C., Spells, A., and Turner, C. 2014. Assessing effects of navigation dredging on Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*). Army Engineer Research and Development Center Vicksburg MS Environmental Lab.
- Reine, K.J., Dickerson, D.D., and Clarke, D.G. 1998a. Environmental windows associated with dredging operations. US Army Engineer Waterways Experiment Station Vicksburg, MS.
- Reine, K.J., Clarke, D.G., and Engler, R.M. 1998b. Entrainment by hydraulic dredges-A review of potential effects. US Army Engineer Waterways Experiment Station Vicksburg, MS.
- Rich, A. 2010. Potential effects of re-suspended sediments associated with dredging and dredged material placement on fishes in San Francisco Bay, California—literature review and identification of data gaps. Army Corps of Engineers, San Francisco, California. vi + 75 p + Appendix A-M.
- Rideout, R.M., Burton, M.P.M., and Rose, G.A. 2000. Observations on mass atresia and skipped spawning in northern Atlantic cod, from Smith Sound, Newfoundland. *J. Fish Biol.* 57(6): 1429-1440. doi:10.1111/j.1095-8649.2000.tb02222.x.
- Roff, D.A. 1984. The evolution of life history parameters in teleosts. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41(6): 989-1000. doi:10.1139/f84-114.
- Rogers, S.I. and Nicholson, M.D. (2002). Monitoring the outcome of a seasonal dredging restriction: a precautionary approach. *Sci. Ser. Tech. Rep., CEFAS Lowestoft*, 115: 5-11.
- Rosenfeld, J.S. 2017. Developing flow–ecology relationships: implications of nonlinear biological responses for water management. *Freshw. Biol.* 62(8): 1305–1324. doi:10.1111/fwb.12948.
- Rowe, S. and Hutchings, J.A. 2003. Mating systems and the conservation of commercially exploited marine fish. *Trends Ecol. Evol.* 18(11): 567-572. doi:10.1016/j.tree.2003.09.004.
- Schindler, D.E., Hilborn, R., Chasco, B., Boatright, C.P., Quinn, T.P., Rogers, L.A., and Webster, M.S. 2010. Population diversity and the portfolio effect in an exploited species. *Nature* 465(7298): 609–612. doi:10.1038/nature09060.
- Schreck, C.B. 2010. Stress and fish reproduction: the roles of allostasis and hormesis. *Gen. Comp. Endocrinol.* 165(3): 549-556. doi:10.1016/j.ygcen.2009.07.004.
- Scott, W.B. and Crossman, E.J. 1998. *Freshwater fishes of Canada*. Galt House Publications Ltd, Oakville, Ontario.
- Sesterhenn, T.M., Roswell, C.R., Stein, S.R., Klaver, P., Verhamme, E., Pothoven, S.A., and Höök, T.O. 2014. Modeling the implications of multiple hatching sites for larval dynamics in the resurgent Saginaw Bay walleye population. *J. Great Lakes Res.* 40: 113-122. doi:10.1016/j.jglr.2013.09.022.
- Shuter, B.J. 1990, December. Population-level indicators of stress. In *American Fisheries Society Symposium Vol. 8*: 145-166.
-

- 
- Smokorowski, K., E. Bradford, M.J., Clarke, K.D., Clément, M., Gregory, R.S., and Randall, R.G. 2015. Assessing the effectiveness of habitat offset activities in Canada: monitoring design and metrics. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3132: vi + 48 p.
- Smokorowski, K.E. and Pratt, T.C., 2006. Effect of a change in physical structure and cover on fish and fish habitat. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2642: iv + 52 p.
- Springate, J.R.C., Bromage, N.R., Elliott, J.A.K., and Hudson, D.L. 1984. The timing of ovulation and stripping and their effects on the rates of fertilization and survival to eying, hatch and swim-up in the rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). *Aquaculture* 43(1-3): 313-322. doi:10.1016/0044-8486(84)90032-2.
- St-Hilaire, A., Duchesne, S., and Rousseau A.N. 2016. Floods and water quality in Canada: a review of the interactions with urbanization, agriculture and forestry. *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques*, 41(1-2): 273-287. doi:10.1080/07011784.2015.1010181
- Suedel, B.C., Kim, J., Clarke, D.G., and Linkov, I. 2008. A risk-informed decision framework for setting environmental windows for dredging projects. *Sci. Total Environ.* 403(1-3): 1-11. doi:10.1016/j.scitotenv.2008.04.055.
- Suedel, B.C., Lutz, C.H., Clarke, J.U., and Clarke, D.G. 2012. The effects of suspended sediment on walleye (*Sander vitreus*) eggs. *J. Soils Sediments.* 12(6): 995-1003. doi:10.1007/s11368-012-0521-1.
- Suedel, B.C., Clarke, J.U., Lutz, C.H., Clarke, D.G., Godard-Codding, C., and Maul, J. 2014. Suspended sediment effects on walleye (*Sander vitreus*). *J. Great Lakes Res.* 40(1): 141-148. doi:10.1016/j.jglr.2013.12.008.
- Suedel, B.C., Clarke, J.U., Wilkens, J., Lutz, C.H., and Clarke, D.G. 2015. The effects of a simulated suspended sediment plume on eastern oyster (*Crassostrea virginica*) survival, growth and condition. *Estuaries Coast.* 38: 578-589. doi:10.1007/s12237-014-9835-0.
- Suski, C.D. and Ridgway, M.S. 2009. Winter biology of centrarchid fishes. *Centrarchid Fishes: Biology, Diversity, and Conservation.* Blackwell-Wiley, Ames, IA. 264-292 p.
- Todd, V.L., Todd, I.B., Gardiner, J.C., Morrin, E.C., MacPherson, N.A., DiMarzio, N.A., and Thomsen, F. 2015. A review of effects of marine dredging activities on marine mammals. *ICES J. Mar. Sci.* 72(2): 328-340. doi:10.1093/icesjms/fsu187.
- Tschaplinski, P.J. and Pike, R.G. 2017. Carnation Creek watershed experiment—long-term responses of coho salmon populations to historic forest practices. *Ecohydrology* 10(2): e1812. doi:10.1002/eco.1812.
- Tsuda, Y., Kawabe, R., Tanaka, H., Mitsunaga, Y., Hiraishi, T., Yamamoto, K., and Nashimoto, K. 2006. Monitoring the spawning behaviour of chum salmon with an acceleration data logger. *Ecol. Freshw. Fish.* 15: 264-274. doi:10.1111/j.1600.0633.2006.00147.x
- van der Lee, A.S. and Koops, M.A. 2015. Are small fishes more sensitive to habitat loss? A generic size-based model. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 73(4): 716-726. doi:10.1139/cjfas-2015-0026.
- van Overzee, H.M. and Rijnsdorp, A.D. 2015. Effects of fishing during the spawning period: implications for sustainable management. *Rev. Fish Biol. Fish.* 25(1): 65-83. doi:10.1007/s11160-014-9370-x.
-



- 
- Wang, T., Hung, C.C. and Randall, D.J. 2006. The comparative physiology of food deprivation: from feast to famine. *Annu. Rev. Physiol.* 68: 223-251. doi:10.1146/annurev.physiol.68.040104.105739.
- Weaver, D.M., Kwak, T.J., and Pollock, K.H. 2014. Sampling characteristics and calibration of snorkel counts to estimate stream fish populations. *N. Am. J. Fish. Manag.* 34(6): 1159-1166. doi:10.1080/02755947.2014.951808.
- Wehner, C.E. and Stednick, J.D. 2017. Effects of mountain pine beetle-killed forests on source water contributions to streamflow in headwater streams of the Colorado Rocky Mountains. *Front. Earth Sci.* 11(3): 496–504. doi:10.1007/s11707-017-0660-1.
- Weis, J.J. and Sass, G.G. 2011. Largemouth bass nest site selection in small, north temperate lakes varying in littoral coarse woody habitat abundances. *N. Am. J. Fish. Manag.* 31(5): 943-951. doi:10.1080/02755947.2011.633688.
- Werner, E.E. and Gilliam, J.F. 1984. The ontogenetic niche and species interactions in size-structured populations. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 15(1): 393-425. doi:10.1146/annurev.es.15.110184.002141.
- Weißhuhn, P., Müller, F., and Wiggering, H. 2018. Ecosystem vulnerability review: proposal of an interdisciplinary ecosystem assessment approach. *Environ. manage.* 61(6): 904-915. doi:10.1007/s00267-018-1023-8.
- Whitney, E. J., Bellmore, J. R., Benjamin, J. R., Jordan, C. E., Dunham, J. B., Newsom, M., and Nahorniak, M. 2020. Beyond sticks and stones: Integrating physical and ecological conditions into watershed restoration assessments using a food web modeling approach. *Food Webs*, 25: e00160. doi:10.1016/j.fooweb.2020.e00160.
- Wilson, S.K., Burgess, S.C., Cheal, A.J., Emslie, M., Fisher, R., Miller, I., Polunin, N.V.C., and Sweatman, H.P.A. 2008. Habitat utilization by coral reef fish: implications for specialists vs. Generalists in a changing environment. *J. Anim. Ecol.* 77: 220-228. doi:10.1111/j.1365-2656.2007.01341.x.
- Wickliffe, L.C., Rohde, F.C., Riley, K.L., and Morris, J.A. (eds.) 2019. An assessment of fisheries species to inform time-of-year restrictions for North Carolina and South Carolina. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS: xv + 241 p + Appendix A.
- Winemiller, K.O. 2005. Life history strategies, population regulation, and implications for fisheries management. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62(4): 872-885. doi:10.1139/f05-040.
- Wohl, E., Kramer, N., Ruiz-Villanueva, V., Scott, D.N., Comiti, F., Gurnell, A.M., Piegay, H., Liningier, K.B., Jaeger, K.L., Walters, D.M., and Fausch, K.D. 2019. The natural wood regime in rivers. *Bioscience* 69(4): 259–273. doi:10.1093/biosci/biz013.
- Wright, S., Metcalfe, J.D., Hetherington, S., and Wilson, R., 2014. Estimating activity-specific energy expenditure in a teleost fish, using accelerometer loggers. *Marine Ecol. Prog. Series*, 496: 19-32. doi:10.3354/meps10528.
- Wu, P.P.-Y., Mengersen, K., McMahon, K., Kendrick, G.A., Chartrand, K., York, P.H., Rasheed, M.A., and Caley, M.J. 2017. Timing anthropogenic stressors to mitigate their impact on marine ecosystem resilience. *Nat. Commun.* 8(1): 1-11. doi:10.1038/s41467-017-01306-9.
- Zhao, Y., Shuter, B.J., and Jackson, D.A. 2008. Life history variation parallels phylogeographical patterns in North American walleye (*Sander vitreus*) populations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65(2): 198-211. doi:10.1139/f07-162.
-

---

Zuckerman, Z.C., and Suski, C.D. 2013. Predator burden and past investment affect brood abandonment decisions in a parental care-providing teleost. *Funct. Ecol.* 27(3): 693-701. doi:10.1111/1365-2435.12074.

## ANNEXE A. GLOSSAIRE

*Tableau des définitions des termes employés dans le présent document.*

Terme	Description	Référence
Avant-après-contrôle-impact (BACI)	Plan d'étude qui comprend une surveillance avant et après sur un site témoin et un site d'impact.	Braun <i>et al.</i> 2019
Uniformité	Capacité d'une action à produire le même résultat lorsque son application est répétée.	Tunney <i>et al.</i> 2017
Surveillance de la conformité	Programme de surveillance qui surveille les activités de l'OEA et vérifie si les règlements sont respectés.	MPO 2012b
Efficacité ( <i>mesure d'atténuation</i> )	Pour une atténuation, si la mesure produit le résultat attendu (ou visé) lorsqu'elle est appliquée.	Cormier <i>et al.</i> 2017
Surveillance de l'efficacité	Programme de surveillance défendable sur le plan scientifique qui évalue directement un paramètre ou un indicateur d'intérêt clé, et qui peut comprendre la capacité de production ou un substitut de la compensation.	MPO 2012b
Effets	Changement des populations de poissons ou de l'habitat du poisson causé par un ouvrage, une entreprise ou une activité par une ou plusieurs séquences.	Brownscombe et Smokorowski 2021
Entraînement	Absorption directe d'organismes aquatiques par la drague.	Reine <i>et al.</i> 1988a. Voir page 9
Surveillance fonctionnelle	Approche moins intensive que la surveillance de l'efficacité qui met l'accent sur la mesure des composantes physiques et chimiques de l'habitat.	MPO 2019b
Habitat	Zones de l'environnement d'un organisme qui sont utilisées et nécessaires à des processus vitaux critiques, comme la fraie et l'alimentation.	Braun <i>et al.</i> 2019
Atténuation	« Mesure visant à réduire l'échelle spatiale, la durée ou l'intensité des dommages sérieux aux poissons qui ne peuvent être entièrement évités ».	Braun <i>et al.</i> 2019; MPO 2019a
Phénologie	Étude de la période des événements naturels.	Mundy et Evenson 2011
Persistence	Temps nécessaire pour qu'une pression disparaisse, du moment où un OEA commence à modifier une composante de l'habitat, jusqu'à celui où la pression n'est plus présente.	Voir page 37
Pressions	Changement d'origine anthropique d'une entité chimique, physique ou biologique qui peut avoir un effet sur le poisson ou son habitat susceptible d'entraîner des effets nocifs.	Brownscombe et Smokorowski 2021
Justification	Ensemble de raisons ou de fondements logiques pour un plan d'action. Utilisé ici en référence à la création ou à la modification d'une mesure d'atténuation (par exemple, une période particulière).	Voir page 4
Pression continue	Composante de la persistance d'un OEA qui décrit la <i>pression</i> qui persiste après la fin de l'OEA.	Voir la figure 10 (voir page 37)

<b>Terme</b>	<b>Description</b>	<b>Référence</b>
Résilience	Mesure de la persistance des systèmes et de leur capacité à absorber les changements et les perturbations tout en maintenant les mêmes relations entre les populations ou les variables d'état.	Holling 1973
Période d'activité restreinte	Période de l'année où les OEA ne peuvent avoir lieu en raison d'un risque élevé de dommages au poisson et à son habitat.	PPPH, demande du SCAS
Risque	(1) Incertitude quant au résultat et probabilité que le résultat se produise.  (2) Incertitude et ampleur du résultat d'un événement.	Bradford <i>et al.</i> 2015
Adéquation	Adéquation d'une période particulière pour atténuer les effets négatifs d'un OEA sur un processus vital en fonction des caractéristiques de ce processus vital.	Voir page 28
Période particulière (OU période environnementale, période des travaux)	Mesure d'atténuation qui définit les périodes de l'année où les travaux peuvent avoir lieu en posant un risque réduit d'effets négatifs sur le poisson et son habitat et, par conséquent, sur les processus vitaux essentiels du poisson (par exemple, fraie, migration, naissance et croissance, alimentation et utilisation des refuges).	Voir page 1
Vulnérabilité	Probabilité d'un effet négatif sur un processus vital ou un processus de l'habitat exposé à une pression de l'OEA (c.-à-d. sa susceptibilité) et capacité du processus de se rétablir après un impact.	Weißshuhn <i>et al.</i> 2018

---

## ANNEXE B. RENSEIGNEMENTS SUPPLÉMENTAIRES

### B.1. TERMES DE RECHERCHE DANS LA DOCUMENTATION

Tableau SI-1. Termes de recherche utilisés dans les 15 recherches appariées dans Google Scholar/Web of Science et les 27 recherches menées dans les bases de données gouvernementales. Différentes combinaisons de termes de recherche ont été utilisées. Les chaînes de recherche ont été créées à l'aide de l'opérateur « ET » entre les catégories et « OU » dans les catégories.

Catégorie	Termes
Organisme étudié	« Poisson » OU « Espèce en péril » OU « Invertébré » OU « Zooplancton » OU « Moule »
Habitat	« Eau douce » OU « Estuaires » OU « Lac » OU « Ruisseau » OU « Rivière » OU « Cours d'eau » OU « Étang » OU « Habitat » OU « Zone humide » OU « Riverain » OU « Voie navigable »
OEA (ouvrages, entreprises ou activités)	« Drague* » OU « Ponceaux » OU « Pont » OU « Pipeline » OU « Hydrostatique » OU « Développement » OU « Extraction minière » OU « Barrages » OU « Construction » OU « Excavation » OU « Nivellement » OU « Défrichage » OU « Tranchées » OU « Structure d'émissaire » OU « Engins » OU « Explosifs » OU « Eaux usées » OU « Modification » OU « Effets » OU « Dégradation » OU « Battage de pieux » OU « Forage »
Pression	« Sédiments* » OU « En suspension » OU « Érosion » OU « Compactage » OU « Changement dans les éléments nutritifs » OU « Apports d'éléments nutritifs » OU « Morphologie du chenal » OU « Changement du littoral » OU « Défrichage » OU « Végétation modifiée » OU « Herbicide » OU « Pesticide » OU « Modification des berges » OU « Modification du drainage » OU « Qualité de l'eau » OU « Huile » OU « Carburant » OU « Piétinement » OU « Dérivation de cours d'eau » OU « Charge en éléments nutritifs »
Stades de vie/processus vitaux	« Fraie* » OU « Reprodu* » OU « Migrat* » OU « Incubat* » OU « Viabilité des œufs » OU « Éclosion* » OU « Adhérence des œufs » OU « Larves » OU « Alevins » OU « Alevins d'un an » OU « Déplacement » OU « Habitat » OU « Mortalité » OU « Recrutement » OU « Aliment* » OU « Proies » OU « Interactions » OU « Rétablissement » OU « Alevinage » OU « Croissance » OU « Blessures physiques » OU « Échouement » OU « Diminution de l'approvisionnement alimentaire » OU « Productivité » OU « Communication »
Mesure d'atténuation	« Période particulière » OU « Période d'activité restreinte » OU « Période des travaux » OU « Période environnementale » OU « Période écologique » OU « Fermeture »

---

## B.2. LISTE D'OUVRAGES POUR L'ANALYSE DOCUMENTAIRE

Tableau SI-2. Liste des 110 documents trouvés pendant la recherche et l'analyse documentaire des périodes particulières. Nous avons utilisé des documents concernant l'utilisation et l'efficacité des périodes particulières qui mentionnaient spécifiquement des « périodes particulières » ou un concept équivalent.

Année	Auteurs	Titre
2017	Adbesh	Methodologies for Solving Integrated Transportation and Scheduling Problems
2003	Anchor Environmental	Literature review of effects of resuspended sediments due to dredging operations
1998	Ault <i>et al.</i>	FISHFATE: Population Dynamics Models to Assess Risks of Hydraulic Entrainment by Dredges
1999	Ault <i>et al.</i>	Users guide for FISHFATE vers. 1.0: A spatially-explicit model for simulating population responses to alternative dredge entrainment scenarios.
2020	Balazik <i>et al.</i>	Dredging activity and associated sound have negligible effects on adult Atlantic sturgeon migration to spawning habitat in a large coastal river
2021	Balazik <i>et al.</i>	Atlantic sturgeon movements in relation to a cutterhead dredge in the James River, Virginia
2015	Barnucz <i>et al.</i>	Impacts of dredging on fish species at risk in Lake St. Clair, Ontario
2001	Bash <i>et al.</i>	Effects of turbidity and suspended solids on salmonids
2011	Berry <i>et al.</i>	Assessment of dredging-induced sedimentation effects on winter flounder ( <i>Pseudopleuronectes americanus</i> ) hatching success: results of laboratory investigations.
2002	Burt	Environmental windows as emerging issues in Europe
2004	Burt <i>et Hayes</i>	Framework for research leading to improved assessment of dredge generated plumes
1986	Carter	An argument for retaining periods of non-dredging for the protection of oyster resources in upper Chesapeake Bay
2009	Chapman <i>et al.</i>	Juvenile salmonid outmigration and green sturgeon distribution in the San Francisco Estuary
2019	Chapman <i>et al.</i>	Spatiotemporal occurrence of green sturgeon at dredging and placement sites in the San Francisco estuary
1992	Chillibeck <i>et al.</i>	Land development guidelines for the protection of aquatic habitat
2000	Clarke <i>et al.</i>	Assessment of Potential Impacts of Dredging Operations Due to Sediment Resuspension.
2003	Clarke <i>et al.</i>	Dredging Operations and Environmental Research Program: Building Tools for Objective Determination of Environmental Windows
2005	Connor <i>et al.</i>	Potential impacts of dredging on pacific herring in San Francisco Bay

<b>Année</b>	<b>Auteurs</b>	<b>Titre</b>
2015a	MPO	Proceedings of the regional science peer review of impacts of dredging on fish species at risk in the lower Great Lakes basin
2015b	MPO	Assessment of the impacts of dredging on fish species at risk in lake St. Clair, Ontario (SAR 2015/50)
1998	Dickerson et Nelson	Proceedings of the national workshop on methods to minimize dredging impacts on sea turtles
1995	Dickerson <i>et al.</i>	Assessment of sea turtle abundance in six south Atlantic U.S. channels to evaluate species composition, population structure, and spatial and temporal distributions
1998	Dickerson <i>et al.</i>	Economic impacts of environmental windows associated with dredging operations
2001	Dickerson <i>et al.</i>	Characterization of underwater sounds produced by bucket dredging operations
2004	Dickerson <i>et al.</i>	Dredging impacts on sea turtles in the Southeastern USA: a historical review of protection
2007	Dickerson <i>et al.</i>	Effectiveness of relocation trawling during hopper dredging for reducing incidental take of sea turtles
2018	Dredged Material Management Office (DMMO)	Dredging and placement of dredged material in San Francisco Bay January-December 2017 report
2009	ECORP Consulting Inc	Literature review (for studies conducted prior to 2008): fish behavior in response to dredging & dredged material placement activities
2020	Elko <i>et al.</i>	Best management practices for coastal inlets
2016	Feola <i>et al.</i>	Platform of integrated tools to support environmental studies and management of dredging activities
2005	Francingues et Palmero	Silt curtains as a dredging project management practice
2017	Fraser <i>et al.</i>	Effects of dredging on critical ecological processes for marine invertebrates, seagrasses and macroalgae, and the potential for management with environmental windows using Western Australia as a case study
2004	Goodchild	Fish habitat is everyone's business, Canada's fish habitat management programme
1994	Goodchild et Metikosh	Fisheries-related information requirements for pipeline water crossings
2021	Commission des Grands Lacs	Exploring science-based strategies for environmental dredging windows in Lake Michigan
2009	Griffin <i>et al.</i>	Impacts of suspended sediments on fertilization, embryonic development, and early larval life stages of the Pacific herring
2008	Griffin <i>et al.</i>	Impacts of suspended sediments on fertilization, embryonic development and early larval stages of the Pacific Herring, <i>Clupea pallasii</i> (Full Report)
2012	Griffin <i>et al.</i>	Larval Pacific Herring ( <i>Clupea pallasii</i> ) Survival in Suspended Sediment
a.d.	Griffin <i>et al.</i>	Impacts of suspended sediments in San Francisco Bay on Pacific Herring larval survival condition

<b>Année</b>	<b>Auteurs</b>	<b>Titre</b>
2000	Hales <i>et al.</i>	Dredging Research
2017	Harvey <i>et al.</i>	Effects of dredging-related pressures on critical ecological processes for finfish: a review and possible management strategies
2010	Hearn <i>et al.</i>	Juvenile salmonid outmigration and green sturgeon distribution in the San Francisco Estuary Annual report 2010
2005	Hoover <i>et al.</i>	Paddlefish and sturgeon entrainment by dredges: swimming performance as an indicator of risk
2008	Jabusch	Effects of short-term water quality impacts due to dredging and disposal on sensitive fish species in San Francisco Bay
2002	James <i>et al.</i>	Re: Timing Windows and Measures for the Conservation of Fish and Fish Habitat for the Omineca Region
2004	James <i>et al.</i>	Re: Reduced Risk Timing Windows and Measures for the Conservation of Fish and Fish Habitat for the Omineca Region
2000a	Johnson <i>et al.</i>	Description of the SSFATE numerical modeling system
2000b	Johnson <i>et al.</i>	Demonstration of the SSFATE numerical modeling system
1997	Keevin et Hempen	The environmental effects of underwater explosions with methods to mitigate impacts
2015	Kjelland <i>et al.</i>	A review of the potential effects of suspended sediment on fishes: potential dredging-related physiological, behavioral, and transgenerational implications
2009	Klimley <i>et al.</i>	Juvenile salmonid outmigration and distribution in the San Francisco estuary: 2006-2008 interim draft report
2016	Krebs <i>et al.</i>	Avoidance of pile-driving noise by Hudson River sturgeon during construction of the new NY Bridge at Tappan Zee
1992	LaSalle <i>et al.</i>	Seasonal restrictions on dredging: an approach toward issue resolution
1991	LaSalle <i>et al.</i>	A framework for assessing the need for seasonal restrictions on dredging and disposal operations
2013	Leslie et Schertner	Reducing Inwater Pile Driving Sound-What Are My Options?
2004	Levine-Fricke	Framework for assessment of potential effects of dredging on sensitive fish species in San Francisco Bay
2001	Long-term Management Strategy (LTMS)	Long-term management strategy for the placement of dredged material in the San Francisco Bay region
2012a	LTMS	Long-term management strategy for the placement of dredged material in the San Francisco Bay region, 12-year review final report
2012b	LTMS	Long-term management strategy for the placement of dredged material in the San Francisco Bay region, 12-year review process Appendix D
2012c	LTMS	San Francisco Bay long-term management strategy program 12-year review
2012d	LTMS	San Francisco Bay long-term management strategy program 12-year review Appendix A Program data assessment meeting materials package



<b>Année</b>	<b>Auteurs</b>	<b>Titre</b>
2012e	LTMS	San Francisco Bay long-term management strategy program 12-year review Appendix F
1984	Lunz <i>et al.</i>	Seasonal Restrictions on bucket dredging operations in freshwater systems
2012	Lutz <i>et al.</i>	A fish larvae and egg exposure system (FLEES) for evaluating the effects of suspended sediments on aquatic life
2015	McCook <i>et al.</i>	Synthesis of current knowledge of the biophysical impacts of dredging and disposal on the Great Barrier Reef: report of an independent panel of experts
2001	Meester <i>et al.</i>	An integrated simulation modeling and operations research approach to spatial management decision making
2017	Montgomery <i>et al.</i>	A Modelling-based Assessment of the Impacts of Drain Maintenance on Fish Species-at-risk Habitat in Little Bear Creek, Ontario
2014	Natchmann <i>et al.</i>	Optimal Dredge Fleet Scheduling Within Environmental Work Windows
2001	National Research Committee (NRC)	A process for setting, managing, and monitoring environmental windows for dredging projects
2015	NMFS	Endangered Species Act (ESA) Section 7(a)(2) Biological opinion: long term management strategy for the placement of dredged material in the San Francisco Bay Region
2004	Ogle	A bibliography of scientific literature on Pacific Herring ( <i>Clupea pallasii</i> ), with additional selected references for Baltic herring ( <i>Clupea harengus</i> )
2005	Ogle	A review of scientific information on the effects of suspended sediments on pacific herring ( <i>Clupea pallasii</i> ) reproductive success
2008	Palermo <i>et al.</i>	Technical guidelines for environmental dredging of contaminated sediments
2016	Rainwater <i>et al.</i>	Optimal dredge fleet scheduling within environmental work windows
2017	Rainwater <i>et al.</i>	Optimal Dredge Fleet Scheduling, Phase 2
2016	Reid <i>et al.</i>	Seasonal variation in the composition of fishes caught during trawl-based surveys of Little Bear Creek, Ontario
2014	Reine <i>et al.</i>	Assessing impacts of navigation dredging on Atlantic Sturgeon ( <i>Acipenser oxyrinchus</i> )
2007	Reine <i>et al.</i>	Assessment of potential impacts of bucket dredging plumes on walleye spawning habitat in Maumee Bay, Ohio
1998a	Reine <i>et al.</i>	Entrapment by hydraulic dredges-A review of potential impacts
1998b	Reine <i>et al.</i>	Environmental Windows Associated with Dredging Operations
2010	Rich	Potential impacts of re-suspended sediments associated with dredging and dredged material placement on fishes in San Francisco Bay, California— Literature review and identification of data gaps
2011	Rich	Tools for assessing and monitoring fish behavior caused by dredging activities
2011	Robinson et Greenfield	LTMS longfin smelt literature review and study plan

<b>Année</b>	<b>Auteurs</b>	<b>Titre</b>
2002	Rogers et Nicholson	Monitoring the outcome of a seasonal dredging restriction: a precautionary approach
1989	Sanders et Killgore	Seasonal restrictions on dredging operations in freshwater systems
2011	Schultz et Borrowman	Bayesian networks for modelling dredging decisions
2017	Short <i>et al.</i>	Effects of dredging-related pressures on critical ecological processes for organisms other than fish or coral
1988	Simenstad	Effects of dredging on anadromous Pacific coast fishes
2019	Suedel et Fischer	Future Directions of Threatened and Endangered Species and Environmental Windows Research within the Dredging Operations and Environmental Research Program
2019	Suedel <i>et al.</i>	Evaluating effects of dredging-induced underwater sound on aquatic species
2008	Suedel <i>et al.</i>	A risk-informed decision framework for setting environmental windows for dredging projects
2012	Suedel <i>et al.</i>	The effects of suspended sediment on walleye ( <i>Sander vitreus</i> ) eggs
2014	Suedel <i>et al.</i>	Suspended sediment effects on walleye ( <i>Sander vitreus</i> )
2015	Suedel <i>et al.</i>	The effects of a simulated suspended sediment plume on eastern oyster ( <i>Crassostrea virginica</i> ) survival, growth, and condition
2017	Suedel <i>et al.</i>	Effects of Suspended Sediment on Early Life Stages of Smallmouth Bass ( <i>Micropterus dolomieu</i> )
2015	Todd <i>et al.</i>	A review of impacts of marine dredging activities on marine mammals
2021	Tomlin <i>et al.</i>	Identifying and monitoring of forage fish spawning beaches in British Columbia's Salish Sea for conservation of forage fish
2004	USACE	Long Term Management Strategy (LTMS) Environmental Work Windows: Informal Consultation Preparation Packet
2009	USACE	Programmatic essential fish habitat (EFH) assessment for the long-term management strategy for the placement of dredged material in the San Francisco Bay region
2013	USACE	Application of winter flounder early life history data to seasonal dredging constraints and essential fish habitat designations
2003	Vogt <i>et al.</i>	The National Dredging Team's Action Agenda: Issues and Actions for the Next Decade
1992	Washington <i>et al.</i>	Success and failures of acoustics in the measurement of environmental impacts
2016	Welch <i>et al.</i>	A literature review of the beneficial use of dredged material and sediment management plans and strategies
2018	Wenger <i>et al.</i>	Management strategies to minimize the dredging impacts of coastal development on fish and fisheries
2015	Wickliffe <i>et al.</i>	An assessment of fisheries species to inform time-of-year restrictions for North Carolina and South Carolina

---

<b>Année</b>	<b>Auteurs</b>	<b>Titre</b>
2005	Wilber <i>et al.</i>	Sedimentation: Potential Biological Effects of Dredging Operations in Estuarine and Marine Environments
2017a	Wilkins et Suedel	A method for simulating sedimentation of fish eggs to generate biological effects data for assessing dredging impacts
2017b	Wilkins et Suedel	Using the Fish Larvae and Egg Exposure System (FLEES) to Generate Effects Data for Informing Environmental Windows
2015	Wilkins <i>et al.</i>	Laboratory test of suspended sediment effects on short-term survival and swimming performance of juvenile Atlantic sturgeon ( <i>Acipenser oxyrinchus oxyrinchus</i> , Mitchill, 1815)
2017	Wu <i>et al.</i>	Timing anthropogenic stressors to mitigate their impact on marine ecosystem resilience

---

---

### B.3. SOURCES DE PÉRIODES PARTICULIÈRES

Les informations relatives au résumé de les périodes particulières ont été trouvées sur le site web de [Pêches et Océans Canada - Projets à proximité de l'eau](#), qui fournit des liens vers des documents provinciaux/territoriaux et/ou des sites web qui ont été utilisés dans notre recherche.

*Tableau SI-3. Une liste des documents qui ont été obtenus en plus des ressources en ligne mentionnées ci-dessus.*

<b>Province/Territoire</b>	<b>Ressources</b>
<b>Alberta</b>	"Restricted Activity (RAPs) for Fish Species in 10 Fish Management Zones of Alberta", "Restricted Activity Period Fact Sheet"
<b>Colombie-Britannique</b>	"Timing windows and measures to adequately manage and conserve aquatic resources for the forest districts in the Cariboo Region"
<b>Manitoba</b>	"Appendix 10: DFO Operational Statements: Manitoba Operational Statement", "Enbridge Pipelines Inc. - Line 3 replacement project Commitments Tracking Table"
<b>Territoires du Nord-Ouest</b>	"Northwest Territories in water construction timing windows for protection of fish and fish habitat, "Inuvik to Tuktoyaktuk Highway: FFHPP Final Draft"
<b>Nouvelle-Écosse</b>	"Guide to Altering Watercourses by the Province of Nova Scotia"
<b>Île-du-Prince-Édouard</b>	"Watercourse, Wetland and Buffer Zone Activity Guidelines, Version 3"
<b>Saskatchewan</b>	"Saskatchewan activity restriction guidelines for sensitive species"
<b>Yukon</b>	"Preferred practices for works affecting Yukon waters"

## B.4. ESPÈCES VISÉES PAR DES PÉRIODES PARTICULIÈRES AU CANADA

Tableau SI-4. Liste des espèces de poissons qui sont incluses dans les documents sur les périodes particulières au Canada, d'après le [site Web Projets près de l'eau de Pêches et Océans Canada](#) et dans les documents énumérés à la section 10.2.3 de l'annexe B (tableau SI-3).

Province/Territoire	Espèces mentionnées dans la documentation sur les périodes particulières en eau douce
Alberta	Ombre arctique, truite fardée, omble de fontaine, truite brune, omble à tête plate, grand corégone, ménomini des montagnes, truite arc-en-ciel, lotte, laquaiche aux yeux d'or, esturgeon jaune, grand brochet, perchaude, doré noir, doré jaune
Colombie-Britannique	Esturgeon vert (inscrit sur la liste rouge), eulakane (inscrit sur la liste bleue), saumon arc-en-ciel, truite arc-en-ciel, truite fardée, truite fardée côtière, Dolly Varden, omble à tête plate, touladi, omble de fontaine, saumon chinook, saumon kéta, saumon coho, ménomini des montagnes, bouche coupante, saumon rose, kokani, saumon rouge, lotte, grand corégone, autres espèces de corégonos, ombre arctique, corégone tschir (inscrit sur la liste rouge), cisco sardinelle (inscrit sur la liste bleue), épinoche noire géante (inscrite sur la liste rouge), épinoche limnétique du lac Enos (inscrite sur la liste bleue), lamproie du lac Cowichan (inscrite sur la liste rouge), lamproie du ruisseau Morrison (inscrite sur la liste rouge), saumon du Pacifique
Manitoba	Grand brochet, doré jaune, doré noir, perchaude, meuniers, achigan à petite bouche, ombre arctique, barbue de rivière, esturgeon jaune, laquaiche aux yeux d'or, laquaiche argentée, bar blanc, malachigan, tête carminée (espèce en péril), omble de fontaine, touladi, omble chevalier, grand corégone*
Nouveau-Brunswick	Esturgeon à museau court, esturgeon noir, alose d'été, alose savoureuse, gaspareau, hareng de rivière, truite arc-en-ciel, saumon atlantique, truite brune, omble de fontaine, grand corégone, omble chevalier, brochet maillé, éperlan arc-en-ciel, épinoche à quatre épines, épinoche à cinq épines, baret, perchaude, achigan à petite bouche, poulamon, anguille d'Amérique, meunier noir*
Terre-Neuve-et-Labrador	Saumon atlantique, truite brune
Territoires du Nord-Ouest	Ombre arctique, grand brochet, doré jaune, perchaude, laquaiche aux yeux d'or, éperlan arc-en-ciel, meunier rouge, meunier noir*
Nouvelle-Écosse	Salmonidés (et gaspareau, alose savoureuse, éperlan arc-en-ciel*)
Nunavut	Ombre chevalier, touladi, grand corégone, corégone tschir, ménomini rond, ombre arctique, grand brochet *
Ontario	Doré jaune, grand brochet, esturgeon jaune, maskinongé, achigan à grande bouche, achigan à petite bouche, truite arc-en-ciel, touladi, omble de fontaine, saumon du Pacifique, grand corégone, cisco de lac, autres espèces/espèces inconnues frayant au printemps ou à l'automne
Île-du-Prince-Édouard	Salmonidés, hareng de rivière, éperlans *
Québec	Saumon atlantique/ouananiche, grand corégone, omble de fontaine, touladi, truite brune, truite arc-en-ciel, achigan à petite bouche, achigan à grande bouche, bar rayé, doré jaune, doré noir, éperlan arc-en-ciel, grand brochet, maskinongé, perchaude
Saskatchewan	Ombre arctique, barbotte, laquaiche aux yeux d'or, esturgeon jaune, laquaiche argentée, grand brochet, truite arc-en-ciel, doré noir, achigan à petite bouche, meuniers, doré jaune, perchaude, omble de fontaine, truite brune, lotte, cisco, touladi, grand corégone *

---

Province/Territoire	Espèces mentionnées dans la documentation sur les périodes particulières en eau douce
<b>Yukon</b>	Saumon chinook, saumon rouge, saumon coho, saumon kéta, truite arc-en-ciel, touladi, Dolly Varden, grand corégone, ombre arctique, omble à tête plate, grand brochet

---

\* Les espèces sont énumérées dans un document sur les périodes particulières, mais le document n'indique pas explicitement si les périodes ont été établies en tenant compte des périodes sensibles des espèces.

## B.5. PÉRIODES PARTICULIÈRES DE LA MARINE CANADIENNE

Tableau SI-5. Liste des périodes particulières marines accessibles à partir des documents sur les périodes particulières canadiennes du site web [Pêches et Océans Canada - Projets à proximité de l'eau](#). Il est à noter que les informations sur les périodes particulières marines n'étaient pas disponibles pour toutes les provinces et tous les territoires. Certains sont enclavés.

Province/ territoire	OEA indiqués	Pressions déterminées	Type de période	Stades de vie/ comportements protégés	Échelle spatiale	Échelle biologique	Nombre de périodes particulières uniques
C.-B.	s.o.	s.o.	Période particulière	s.o.	Estuaires/régionale / sous-régionale	Espèce	21(104)
Qc	s.o.	s.o.	Période particulière	fraie, migration, l'incubation des œufs, agrégation des jeunes	Estuaires/régionale / sous-régionale	Espèce	62 (146)
T.-N.-L.	s.o.	s.o.	Période d'activité restreinte	fraie, migration, l'incubation des œufs, et éclosion	Estuaires/régionale (Terre-Neuve-et- Labrador)	Espèce	2

\* le nombre de périodes particulières uniques (une série de dates uniques pour l'ensemble de la province ou du territoire) est indiqué en premier, suivi du nombre total de périodes particulières (une combinaison unique de date, de lieu et d'espèce pour chaque province et territoire) entre parenthèses.