



## 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



Figure 1. Mesure de la vitesse de l'eau dans la rivière Magpie (Ontario). Source de la photo : MPO.



Figure 2. Mesure de la superficie de l'habitat dans la rivière Batchawana (Ontario). Source de la photo : MPO

### Contexte :

En décembre 2011, Pêches et Océans Canada (MPO) a tenu un processus d'avis scientifique afin d'examiner s'il était possible de concevoir une approche de surveillance normalisée dans le but de vérifier l'efficacité des activités de compensation de l'habitat. Trois niveaux hiérarchiques de surveillance sont brièvement décrits (surveillance de la conformité, surveillance fonctionnelle et surveillance de l'efficacité), mais l'avis scientifique de 2012 issu de cette réunion était axé sur la surveillance de l'efficacité pour les projets comportant des mesures de compensation nécessitant une surveillance détaillée. Le rapport technique (Smokorowski et al. 2015) produit après l'avis scientifique de 2012 mettait l'accent sur l'élaboration du plan et des paramètres nécessaires pour assurer une surveillance exhaustive de l'efficacité.

Dans l'avis scientifique de 2012, la surveillance fonctionnelle est brièvement décrite comme une évaluation à échelle réduite de l'efficacité de la compensation de l'habitat, qui utilise des techniques quantitatives, mais dépend de renseignements sur des substituts pour évaluer les changements dans la productivité des pêches (p. ex. changement de la densité des macrophytes, de la vitesse ou de la quantité d'un type de substrat; figures 1 et 2). Il a été reconnu que des directives scientifiques plus poussées étaient nécessaires pour l'appliquer.

*Les objectifs de ce processus de consultation scientifique et de cet avis scientifique étaient de fournir au Programme de protection des pêches (PPP) du MPO des conseils sur le plan normalisé de la surveillance et les paramètres appropriés pour entreprendre une surveillance fonctionnelle. Plus précisément, des paramètres qui représentent des substituts de la productivité des poissons dans les milieux marins et d'eau douce et qui pourraient être utilisés pour évaluer l'efficacité des mesures d'atténuation, de compensation et de restauration.*

*Le présent avis scientifique découle de la réunion du 26 au 28 février 2018, sur l' 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 ».*

*Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada](#)*

## SOMMAIRE

- Le succès de tout programme de surveillance repose sur l'élaboration d'un but et d'un objectif clairs, étayés par des questions bien définies et scientifiquement fondées, formulées dès le départ. Trois niveaux hiérarchiques de surveillance des mesures d'atténuation, de compensation ou de restauration (ci-après dénommées « mesures de gestion ») ont été décrits précédemment. Ces derniers vont de la simple évaluation de la conformité aux normes, par une évaluation de la fonction, jusqu'à l'établissement de l'efficacité relative à l'atteinte d'objectifs quantitatifs de productivité du poisson.
- Aux fins du présent document, la surveillance fonctionnelle est définie comme une version scientifique et à échelle réduite de la surveillance de l'efficacité qui s'appuie sur des paramètres de substitution de la productivité du poisson afin d'évaluer si les mesures de gestion fournissent les conditions attendues pour que les poissons puissent réaliser leurs processus vitaux.
- La surveillance fonctionnelle a pour objectif de fournir une évaluation scientifique relativement rapide et objective du rendement de la mesure de gestion, au-delà de la simple conformité aux normes de conception et de construction, dans les cas où la mise en œuvre d'un programme complet et plus coûteux de surveillance de l'efficacité n'est pas forcément nécessaire ou faisable.
- La surveillance fonctionnelle représente l'option la plus appropriée dans les situations où il existe une certaine compréhension du rendement des mesures de gestion et des paramètres de substitution choisis dans le contexte écologique donné.
- La surveillance fonctionnelle peut également être appliquée après la surveillance de l'efficacité afin de confirmer la fonction à plus long terme.
- Une synthèse de multiples évaluations de la surveillance fonctionnelle de mesures de gestion appliquées de la même façon dans différents sites peut permettre de mieux comprendre l'efficacité de ces mesures, ce qui pourrait améliorer à la fois l'évaluation du site et celle du programme.
- Un cadre recommandé (figure 4) est présenté afin d'établir les étapes utilisées pour planifier la surveillance fonctionnelle d'un site ou d'un type de projet donné. Ces étapes sont les suivantes :
  1. Déterminer l'objectif précis du programme de surveillance fonctionnelle.
  2. Choisir les indicateurs et les paramètres pertinents.

**Région de la capitale nationale**

---

3. Choisir un plan d'échantillonnage adéquat.
  4. Recueillir et analyser les données à l'aide de l'approche normalisée appropriée.
  5. Évaluer si les mesures de gestion atteignent les objectifs à partir des données de la surveillance fonctionnelle.
  6. Enregistrer les données et les résultats dans une base de données pour l'apprentissage futur du programme.
- La première étape du cadre de surveillance fonctionnelle consiste à établir les objectifs (c.-à-d. évaluation du site ou du programme) du programme de surveillance. Les diagrammes des séquences des effets sont des modèles conceptuels de la façon dont les activités menées dans l'eau pourraient entraîner des changements dans l'écosystème et ils pourraient être utilisés pour déterminer les objectifs de surveillance fonctionnelle; il devrait s'agir d'objectifs quantitatifs liés à la productivité du poisson.
  - Le plan d'échantillonnage du programme de surveillance fonctionnelle peut prendre diverses formes. Six types de plans d'échantillonnage ont fait l'objet de discussions et des attributs décrivant le moment le plus approprié pour chacun sont indiqués (tableau 1). Il faut tenir compte de la variabilité, de l'hétérogénéité, de la reproduction, des exigences minimales en matière d'information et d'autres limites pratiques.
  - Tous les plans d'échantillonnage nécessitent un comparateur, et les différents plans utilisent des comparateurs différents (voir les précisions données dans le corps du document). Il est recommandé de recueillir des données « pré-projet ».
  - Les indicateurs les plus appropriés varient en fonction du projet et du plan d'échantillonnage; Le tableau 2 donne des exemples d'indicateurs pouvant convenir à la surveillance fonctionnelle. Le choix des indicateurs doit tenir compte des critères suivants :
    - si les indicateurs sont liés au résultat attendu (p. ex. la couverture de macrophytes associée à la création d'un marais ou d'une zone humide) et liés à la productivité du poisson sur le plan quantitatif.
    - si les indicateurs sont corrélés et dans l'affirmative, la mesure d'autres indicateurs fournit-elle des renseignements uniques (par exemple, les éléments nutritifs et la chlorophylle *a* sont souvent corrélés de façon positive, mais les éléments nutritifs fournissent de l'information sur leur disponibilité pour la production primaire, tandis que la chlorophylle *a* renseigne sur la façon dont les éléments nutritifs sont utilisés par les taux de photosynthèse).
    - la variabilité des indicateurs dans le temps et l'espace (p. ex. la profondeur de l'eau dans les rivières peut varier quotidiennement et est influencée par les conditions météorologiques).
    - la mesure de la fiabilité des indicateurs (p. ex. l'évaluation visuelle de la composition des sédiments peut avoir un biais élevé).
    - S'il existe des seuils de réussite dans un contexte pertinent (p. ex. des seuils minimaux pour la densité de la zostère ou les concentrations d'oxygène).
  - Les plans d'échantillonnage de la surveillance fonctionnelle devraient suivre des protocoles bien établis lorsqu'ils existent. Il n'y a pas de recommandation de plans d'échantillonnage ou de protocoles précis pour un paramètre donné, car ces éléments sont largement disponibles (p. ex. voir les méthodes normalisées de l'American Fisheries Society à l'annexe 2).

**Région de la capitale nationale**

---

- Les analyses des données ainsi obtenues dépendent du plan et doivent être prises en compte à l'étape de la conception pour assurer une reproduction et une interprétation spatiales et temporelles appropriées. Les critères relatifs à la prise de décisions pour déterminer si les résultats d'un programme de surveillance fonctionnelle indiquent que le programme est fructueux doivent être définis à l'avance. Ces critères décisionnels doivent être pertinents à l'échelle régionale et peuvent être élaborés à la suite d'un programme de surveillance de l'efficacité à plus long terme.
- Bien qu'il ne soit pas possible d'établir une liste de contrôle unique pour tous les types de projets, on considère qu'il est possible d'utiliser une approche de liste de contrôle commune pour recueillir des données de la surveillance fonctionnelle si le même type de mesure de l'effet/de gestion et de plan d'échantillonnage est utilisé pour tous les projets.
- Il est recommandé d'adopter une approche de liste de contrôle à plusieurs paliers afin d'assurer une certaine collecte de données normalisées à l'échelle nationale tout en conservant de la souplesse. Le palier 1 établirait le plus grand nombre de points communs nationaux entre les projets; le palier 2 établirait des points communs propres à certains projets; et le palier 3 tiendrait compte des particularités régionales, par exemple :
  1. des renseignements de base (p. ex. renseignements souvent recueillis pour la surveillance de la conformité, y compris l'emplacement géoréférencé, la superficie de l'habitat modifiée par activité, le type d'habitat, le type de mesure de gestion, etc.);
  2. de l'information concernant toute la surveillance fonctionnelle d'un type donné de mesure de gestion (p. ex. ponts);
  3. des renseignements propres au site, au projet, à la région ou à l'habitat, à élaborer avec le PPP et les Sciences à l'échelle régionale.
- Dans la plupart des cas, la surveillance fonctionnelle fournira de l'information propre à un site au sujet d'une mesure de gestion donnée, mais les résultats de multiples projets de surveillance fonctionnelle pourraient, pris ensemble, servir de base factuelle pour l'élaboration d'avis et de programmes futurs en matière du PPP. Un certain degré de collecte et de présentation de données normalisées facilitera le rassemblement et la comparaison futurs des données de la surveillance fonctionnelle.
- Au fur et à mesure que s'accumulent les résultats de la surveillance fonctionnelle d'un type particulier de mesure de gestion, il est possible d'effectuer des analyses de puissance afin de déterminer le nombre de projets additionnels et le degré de précision et d'exactitude requis pour répondre à la question primordiale de garantir le succès des méta-analyses futures. Il faut faire preuve de prudence lorsqu'on effectue une méta-analyse entre plusieurs plans d'échantillonnage, car l'ampleur de l'effet varie selon le plan d'échantillonnage et peut ne pas être directement comparable.
- La surveillance de l'efficacité et la surveillance fonctionnelle peuvent travailler ensemble :
  - La surveillance de l'efficacité peut aider à définir des critères décisionnels (p. ex. en matière de réussite) pour évaluer le rendement des paramètres de la surveillance fonctionnelle.
  - La surveillance fonctionnelle peut prolonger les séries chronologiques de la surveillance de l'efficacité, car il est possible de maintenir des programmes d'échantillonnage moins onéreux plus longtemps.

- La surveillance fonctionnelle pourrait aider à déterminer la nécessité d'une surveillance de l'efficacité à l'avenir si les résultats sont très différents des attentes.

## INTRODUCTION

En décembre 2011, Pêches et Océans Canada (MPO) a tenu un processus d'avis scientifique afin d'étudier la possibilité de concevoir une approche de surveillance normalisée dans le but de vérifier l'efficacité des activités de compensation de l'habitat de sorte « qu'il n'y ait aucune perte nette de la capacité de production de l'habitat du poisson », ce que la politique prescrivait à cette époque. L'avis scientifique découlant de cet atelier se trouve [en ligne](#) (ci-après l'AS 2012). Trois niveaux hiérarchiques de surveillance ont été brièvement décrits (surveillance de la conformité, surveillance fonctionnelle et surveillance de l'efficacité), mais l'AS 2012 était axé sur la surveillance de l'efficacité pour les projets comportant des mesures de compensation qui nécessitent une surveillance détaillée (c.-à-d. les projets complexes qui devraient avoir un impact large sur le poisson et son habitat). Le rapport technique (Smokorowski *et al.* 2015) produit après l'AS 2012 mettait l'accent sur l'élaboration du plan et des paramètres nécessaires pour assurer une surveillance exhaustive de l'efficacité.

En revanche, les promoteurs de certains projets qui peuvent avoir besoin d'une autorisation aux termes de la *Loi sur les pêches* pour réaliser des projets simples ou de faible ampleur ou les promoteurs qui ont reçu une lettre concernant un avis propre à leur projet n'ont pas nécessairement l'obligation d'assurer une surveillance détaillée à long terme de l'efficacité. Toutefois, les responsables du Programme de protection des pêches du MPO désirent toujours comprendre les résultats de ces projets et ont besoin d'une approche pour améliorer la surveillance au-delà de la conformité afin d'y parvenir. La surveillance fonctionnelle présente un intérêt particulier pour le PPP en raison de l'information précieuse qui peut être recueillie en déployant un effort modéré. Le PPP reconnaît que certains projets exigent un effort de surveillance très intense, mais les cas où un effort modéré est approprié et défendable sur le plan scientifique peuvent permettre de surveiller davantage de projets. Le MPO s'est engagé à améliorer la surveillance et s'efforcera de concevoir, de mettre à l'essai et d'appliquer une approche de surveillance fonctionnelle pour le plus grand nombre possible de projets, en fonction des risques et de la capacité, sachant que cela ne sera pas possible pour tous les projets. De plus, lorsque la surveillance est une composante obligatoire d'une autorisation, les promoteurs devront également fournir des données de surveillance fonctionnelle fondées sur les méthodes (p. ex. techniques d'évaluation rapide, utilisation de substituts ou d'indicateurs) et les processus (p. ex. liste de contrôle de la surveillance fonctionnelle) recommandés, compte tenu des conditions décrites dans le présent document. Dans l'AS 2012, la surveillance fonctionnelle est brièvement décrite comme une évaluation à échelle réduite de l'efficacité de la compensation de l'habitat, qui utilise des techniques quantitatives, mais dépend de renseignements de substitution pour évaluer les changements dans la productivité des pêches (p. ex. changement de la densité des macrophytes ou de la quantité d'un type de substrat). Toutefois, il a été reconnu que des directives scientifiques plus poussées étaient nécessaires relativement à la conception et à l'application de la surveillance fonctionnelle.

Les objectifs du processus de consultation scientifique et de l'avis scientifique consistaient à fournir au PPP des avis sur le plan et les paramètres normalisés appropriés pour effectuer une surveillance fonctionnelle, qui peuvent utiliser des substituts de la productivité du poisson dans les milieux marins et d'eau douce, et pour analyser les données afin d'évaluer l'efficacité des mesures d'atténuation, de compensation et de restauration.

L'utilisation de techniques normalisées de surveillance fonctionnelle présente plusieurs avantages potentiels. Le premier consisterait à fournir une évaluation scientifique relativement

rapide et objective du rendement de la mesure de gestion. Un projet de surveillance fonctionnelle bien planifié, mis en œuvre et faisant l'objet d'un suivi constant fournirait des renseignements précieux pour comprendre le rendement d'une plus grande proportion de projets dont seule la conformité aux exigences en matière de plan/construction peut être évaluée à l'heure actuelle. Par la suite, à mesure que les résultats de la surveillance des mesures de gestion couramment appliquées s'accumulent à partir de différents sites, l'analyse de ces résultats devrait permettre au PPP de donner plus facilement aux promoteurs de meilleurs conseils et des exigences fondés sur des données probantes au sujet de ces mesures d'atténuation et de compensation. De telles analyses devraient fournir aux promoteurs de meilleures directives au niveau des projets ainsi que de meilleures décisions au niveau des programmes.

## **ÉVALUATION DES EXIGENCES EN MATIÈRE DE SURVEILLANCE FONCTIONNELLE**

La surveillance peut être classée selon une hiérarchie en trois types généraux servant à évaluer les activités d'atténuation, de compensation ou de restauration au Canada : surveillance de la conformité, surveillance fonctionnelle et surveillance de l'efficacité. Chaque type de surveillance est défini dans le glossaire, mais des renseignements supplémentaires sur la surveillance de l'efficacité se trouvent dans MPO (2012) et Smokorowski et al. (2015). Le succès de tout programme de surveillance repose sur l'élaboration d'un but et d'objectifs clairs, étayés par des questions bien définies et scientifiquement fondées (c.-à-d. basées sur des hypothèses) formulées dès le départ. Le présent document consultatif porte plus particulièrement sur la surveillance fonctionnelle, laquelle a été définie, aux fins du présent document, comme une version scientifique et à échelle réduite de la surveillance de l'efficacité qui s'appuie sur des paramètres de substitution de la productivité du poisson afin d'évaluer si les mesures de gestion fournissent les conditions attendues pour que les poissons puissent réaliser leurs processus vitaux.

La surveillance fonctionnelle est la plus appropriée lorsqu'il existe une certaine compréhension du rendement de la mesure de gestion de l'habitat (c.-à-d. les mesures d'atténuation, de compensation et de restauration) et que les paramètres de substitution sont suffisamment bien compris pour qu'on puisse les lier à la productivité du poisson sur le plan quantitatif dans le contexte écologique donné. La surveillance fonctionnelle ne devrait pas être appliquée lorsque l'on utilise des techniques plus novatrices ou lorsqu'il existe une grande incertitude quant aux liens entre l'habitat et les poissons ou lorsque les effets de la mesure de gestion ne sont pas bien compris (p. ex. la transformation de l'écosystème comme compensation), car ces situations se prêtent mieux à la surveillance de l'efficacité.

La surveillance fonctionnelle peut également être utile pour confirmer la fonction à plus long terme après la surveillance de l'efficacité. Cette approche aiderait à élaborer ou à valider des substituts fonctionnels de la productivité, en renforçant les liens et les hypothèses selon lesquelles la fonction peut être évaluée sans mesurer spécifiquement les paramètres de la productivité du poisson. Une synthèse des résultats de la surveillance fonctionnelle des mesures couramment appliquées peut aider à mieux comprendre l'efficacité des mesures pour une évaluation plus large à l'échelle du site ou du programme. La surveillance fonctionnelle et la surveillance de l'efficacité devraient être considérées comme un continuum plutôt que comme des approches distinctes.

Le mandat de ce processus comportait quatre objectifs principaux qui ont été examinés l'un après l'autre :

- i. Quels sont les plans et méthodes de surveillance recommandés (p. ex techniques d'évaluation rapide, utilisation de substituts ou d'indicateurs) pour évaluer les mesures d'atténuation, de compensation et de restauration à l'aide de méthodes de surveillance fonctionnelle (c.-à-d. sans programme de surveillance exhaustive de l'efficacité)?
- ii. Quelles données et analyses sont nécessaires pour soutenir une évaluation scientifique fonctionnelle des mesures d'atténuation, de compensation et de restauration?
- iii. Est-il possible de recueillir des données de la surveillance fonctionnelle à l'aide d'une liste de contrôle applicable de manière uniforme à plusieurs types de projets et à différentes étapes de construction (c.-à-d. pour chaque type de projet, une liste de contrôle des données précises à recueillir lors de la surveillance assurée par le promoteur, une visite du site pendant la surveillance de la construction et la surveillance à la suite de la construction qui peut être utilisée de manière uniforme par les biologistes du PPP)?
- iv. Si une telle liste de contrôle est envisageable pour différents types de projets et à différentes étapes de construction, quels sont les domaines requis?

## **Niveau d'effort et cadre du programme**

### **Effort**

De nombreux programmes de surveillance procurent peu d'information utile malgré la collecte de grandes quantités de données, en raison, par exemple, d'un mauvais plan d'échantillonnage, d'indicateurs ou de paramètres mal choisis ou de descriptions incomplètes des données.

Pour acquérir une compréhension scientifique des résultats des décisions sur la fonctionnalité de l'habitat, il faut déployer un minimum d'efforts avant que la valeur de l'information obtenue dépasse le coût minimal de l'acquisition de l'information (figure 3). Ce seuil dépend en partie de la compréhension de la force du lien entre l'habitat et le biote qui sont visés par les mesures de gestion (les poissons dans ce cas). Si ce lien n'est pas bien compris, la surveillance fonctionnelle peut constituer une utilisation inefficace de l'effort, car les données recueillies ne nous renseigneront pas de façon fiable sur l'incidence de la mesure de gestion sur la productivité du poisson. Dans de tels cas, une surveillance de l'efficacité peut s'avérer nécessaire.

Les programmes de surveillance fonctionnelle ne devraient pas être considérés dans l'optique de minimiser les coûts, mais plutôt d'optimiser la valeur de l'information obtenue, tout en demeurant plus simples sur le plan logistique et plus rentable que des programmes de surveillance de l'efficacité.



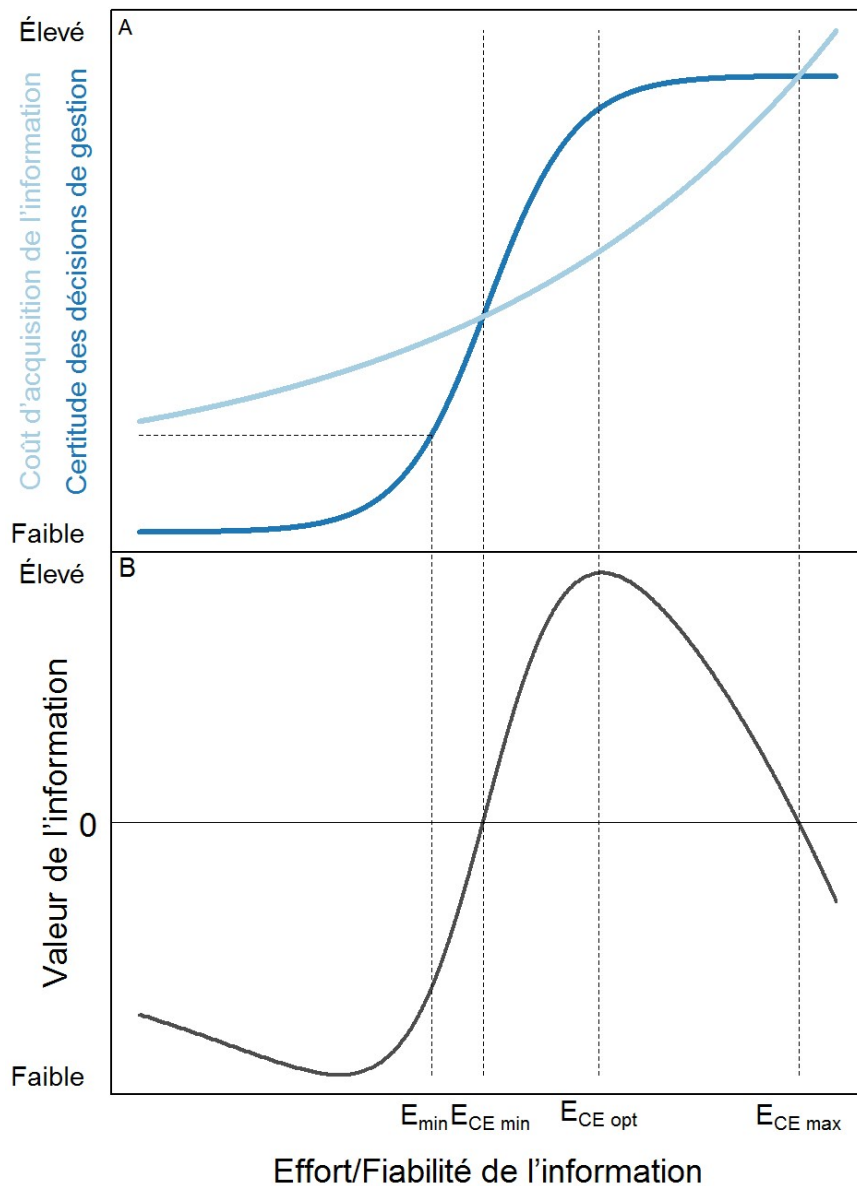


Figure 3. A) Relations entre l'effort et le coût d'acquisition de l'information (ligne bleu clair), et efficacité de l'utilisation de l'information (certitude des décisions de gestion) (ligne bleu foncé). B) Relation entre l'effort et la valeur de l'information. La différence entre le coût et l'efficacité est la valeur de l'information,  $E_{CE\ min}$ ,  $E_{CE\ opt}$ ,  $E_{CE\ max}$ , et représente respectivement l'effort de surveillance rentable minimal, optimal et maximal.  $E_{min}$  est l'effort minimal requis pour prendre une décision de gestion. Lorsque l'effort de surveillance est trop faible (Effort <  $E_{min}$  et  $E_{CE\ min}$ ), l'information recueillie n'a aucune valeur. À mesure que l'effort augmente au-delà du point optimal, la valeur de l'information finit par diminuer (Effort >  $E_{CE\ opt}$ ) au point où le gain d'efficacité n'est plus justifié par les coûts. Entre ces limites se trouve une plage d'effort de surveillance rentable. Il convient de replacer les représentations théoriques d'un tel compromis entre l'effort et l'information dans le contexte approprié de la façon dont on tirera les inférences au sujet des impacts sur l'habitat ou dont on utilisera l'information pour prendre des décisions (voir Braun et al. 2018 pour plus d'informations).



**Cadre**

Un cadre recommandé a été créé afin de décrire les étapes utilisées pour planifier et évaluer un programme de surveillance fonctionnelle (figure 4).

La première étape du cadre (étape 1) consiste à établir les objectifs (c.-à-d. l'évaluation du site ou du programme) du programme de surveillance. Les diagrammes des séquences des effets pourraient être utilisés pour déterminer les questions pertinentes et les objectifs de surveillance; ces objectifs devraient être quantitatifs, mesurables et liés à la productivité du poisson. Par exemple, il peut s'agir d'établir des cibles pour la taille du substrat, la profondeur, la vitesse, l'oxygène ou la température à atteindre sur des hauts-fonds de frai rocheux créés pour les poissons, ces cibles répondant aux critères établis pour les espèces les plus restrictives ou sensibles susceptibles d'utiliser cette frayère. L'évaluation de l'atteinte ou non de l'objectif sera fondée sur une mesure quantitative des paramètres choisis propres aux indicateurs liés aux critères d'effet des séquences des effets. Le plan d'échantillonnage doit être décidé à l'avance pour assurer une couverture spatiale et temporelle adéquate à l'appui de l'analyse des données. Il faut mesurer des indicateurs uniformes au site d'impact et au comparateur choisi (p. ex. avant l'impact, site témoin), et utiliser des approches normalisées de collecte de données pour accroître la comparabilité entre les sites/projets/régions/habitats, si possible. Les résultats devraient démontrer que la fonctionnalité est bien établie compte tenu des objectifs de surveillance. L'enregistrement des données et des résultats dans une base de données normalisée pourrait faciliter les évaluations au niveau du programme et leur adaptation future à des programmes. Davantage de précisions sur certains aspects de ce cadre sont données ci-après.

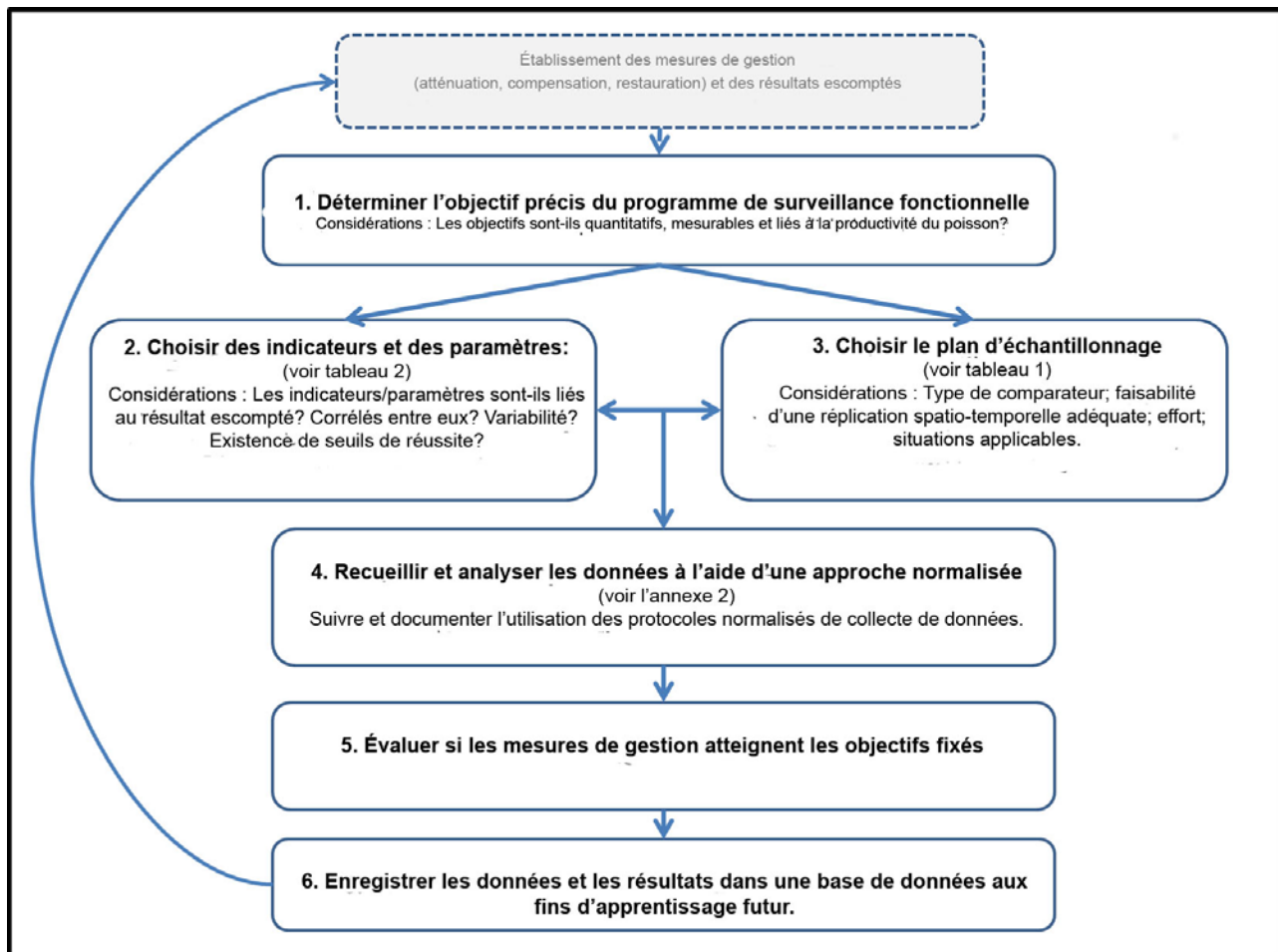


Figure 4. Cadre conceptuel pour l'élaboration d'un programme de surveillance fonctionnelle. Ce cadre repose sur l'idée qu'une mesure de gestion a été choisie et que le programme de surveillance fonctionnelle est conçu pour évaluer si, à la suite de cette mesure, l'habitat remplit sa fonction prévue pour le poisson. Bien que ce cadre soit présenté comme un processus par étapes à des fins d'illustration, dans la pratique, plusieurs de ces étapes devront être envisagées simultanément ou de façon itérative (p. ex. le choix des indicateurs dépendra dans une certaine mesure du plan d'échantillonnage, et vice-versa).

### Objectif 1 du mandat – Plan et méthodes de surveillance recommandés.

Aucun plan d'échantillonnage unique ne convient à tous les programmes de surveillance fonctionnelle en raison des problèmes propres au site ou au projet (p. ex. disponibilité des données, caractère unique des sites). Au total, six plans possibles ont fait l'objet de discussions et des attributs décrivant le moment le plus approprié pour chacun d'eux sont indiqués (tableau 1). Un élément essentiel de tous les plans est qu'une certaine forme de comparateur est nécessaire, que ce soit sous la forme de données préalables au projet (recommandées), de données appariées sur les sites témoins, de conditions de référence établies à partir d'une série de sites comparables non touchés, d'analyses des séries chronologiques sur un gradient d'impact, ou de repères régionaux établis de façon scientifique ou de « plages normales ». En l'absence de comparateur, il est impossible de déterminer si la réponse fonctionnelle observée est réellement le résultat de l'activité d'atténuation, de compensation ou de restauration. Parmi les six plans, le plan avant-après-contrôle-impact (BACI) est présenté comme étant idéal, mais

n'importe lequel d'entre eux, s'il est correctement mis en œuvre, pourrait convenir à la surveillance fonctionnelle et fournir des renseignements précieux sur la mesure de gestion.

Le plan BACI est considéré comme le plan optimal, car il permet d'exercer un certain contrôle sur le risque qu'un changement important au site de l'impact, sans rapport avec la mesure de gestion, soit observé (un risque dans le plan avant/après) ou que l'intervention n'ait pas d'incidence sur le site de l'impact (un risque dans le plan contrôle/impact). Bien que l'idéal soit d'avoir plusieurs témoins, un seul site témoin peut être adéquat s'il est soigneusement choisi et peut être comparé au site touché de manière fiable (p. ex. un témoin en amont avec des composantes de l'habitat semblables dans la même rivière). Le plan BACI exige une planification, de connaître le moment où l'impact se produira et un échantillonnage avant le projet. Bien que le plan BACI soit plus exigeant en ressources que les variantes plus simples (les plans avant/après ou contrôle/impact), il n'est pas nécessairement moins rentable que certains des autres qui sont présentés (p. ex. l'approche des conditions de référence ou la tendance temporelle).

Le plan contrôle/impact est une variante du plan BACI qui peut être utilisée dans la surveillance fonctionnelle lorsque l'information préalable au projet (avant) n'est pas disponible. Il suppose que le site touché et le site témoin étaient semblables avant l'aménagement. Pour réduire l'incertitude entourant cette hypothèse, plusieurs sites témoins voisins (3-5) peuvent être utilisés afin de fournir un certain niveau de variance pour l'état ou le paramètre surveillé. Ce plan pourrait par exemple être utilisé pour la consolidation des berges dans les cours d'eau (en particulier celles qui sont effectuées en raison d'événements extrêmes, donc sans données antérieures). Les paramètres pourraient inclure les sédiments en aval du site ou la morphométrie du chenal à l'intérieur du site, qui pourraient ensuite être comparés aux témoins en amont ou à proximité.

L'autre variante du BACI est le plan avant/après, plus simple du point de vue logistique puisqu'elle utilise uniquement des témoins temporels comme comparateur. Les données sont recueillies avant et après le changement de l'habitat, idéalement sur plusieurs années d'échantillonnage pour quantifier la variance. Les avantages du plan avant/après sont qu'il nécessite moins d'efforts qu'un plan BACI complet et qu'il peut être appliqué lorsque les sites témoins appropriés ne sont pas disponibles ou sont limités (p. ex. des environnements uniques comme de très grandes rivières ou de grands deltas intérieurs). Il ne conviendrait pas aux projets soumis à des échéanciers stricts pour lesquels la collecte de données avant le projet n'est pas possible (p. ex. situations d'urgence) ou dans les cas où le PPP ne peut pas demander des données avant la collecte (p. ex. avec l'envoi d'une lettre d'avis), mais souhaite quand même surveiller les résultats de son avis (c'est-à-dire les résultats des mesures d'atténuation recommandées).

Bien que l'évaluation des différents résultats soit propre à chaque site, les deux variantes du BACI (avant/après ou contrôle/impact) peuvent contribuer à l'apprentissage et à la modification du programme afin d'améliorer les avis, en se fondant sur des données empiriques sur les mesures d'atténuation, de compensation ou de restauration efficaces, avec une normalisation et une taille d'échantillon adéquates. Ces plans comportent toutefois des risques inhérents puisqu'ils intègrent différents types de variations naturelles. Le plan avant/après contrôle la variation spatiale en surveillant le même site, mais il est forcé d'intégrer la variation temporelle naturelle qui n'est pas nécessairement liée à l'aménagement (p. ex. un événement météorologique violent s'est produit au même moment que la mise en œuvre de la mesure de gestion, ce qui fausse l'interprétation des résultats). En revanche, le plan contrôle/impact contrôle la variation temporelle en mesurant deux sites simultanément (c.-à-d. qu'un événement météorologique touche les deux sites, ce qui permet d'affirmer avec davantage de fiabilité qu'un

changement intervenu au site touché et non observé au site témoin résulte de la mesure de gestion), mais incorpore la variation spatiale parce que deux sites ne seront jamais exactement les mêmes.

L'approche des conditions de référence (ACR) compare les paramètres d'un site d'intérêt aux valeurs de nombreux sites de référence qui ne sont pas exposés à l'agent de stress ou à la mesure de gestion. L'application la plus courante utilise la composition des communautés d'invertébrés benthiques comme paramètre, mais elle pourrait également s'appliquer à d'autres taxons, y compris les poissons, à condition que la dispersion ou l'accès ne limite pas la répartition des espèces. Cette méthode exige des échantillons provenant du site touché et des échantillons provenant de plusieurs sites de référence. À certains endroits, des données sur les sites de référence provenant de programmes d'échantillonnage antérieurs peuvent être disponibles. Les données sur l'habitat ou d'autres attributs du site sont souvent utilisées pour contrôler les variations dans les données. L'ACR avec les invertébrés est la mieux adaptée pour évaluer la santé de l'écosystème à des échelles spatiales relativement grandes. Au Canada, le Réseau canadien de biosurveillance aquatique (RCBA) est un programme de biosurveillance aquatique visant à évaluer la santé des écosystèmes d'eau douce. L'échantillonnage sur le terrain n'est pas onéreux et il est souvent possible de prélever plusieurs échantillons le même jour. Toutefois, l'analyse taxonomique des échantillons exige un ensemble de compétences spécialisées et peut s'avérer longue et coûteuse. Le protocole du RCBA prévoit des outils de gestion et d'analyse des données, mais les sorties statistiques des modèles ne sont pas faciles à interpréter, car elles sont souvent présentées au moyen de méthodes multivariées difficiles à visualiser. De plus, les méthodes d'analyse ne permettent pas de calculer l'ampleur de l'effet et, par conséquent, il n'est pas possible d'inclure l'ACR dans une méta-analyse traditionnelle, bien que d'autres analyses globales soient possibles (p. ex. proportion dans une condition de référence). Les communautés d'invertébrés sont touchées à la fois par les conditions locales aux sites d'échantillonnage et par les conditions à grande échelle des bassins hydrographiques. Elles sont sensibles aux changements de la qualité de l'eau et peuvent fournir de l'information sur les niveaux trophiques inférieurs dans les réseaux trophiques (p. ex. la nourriture des poissons), mais ne sont pas toujours un substitut pour d'autres conditions de l'habitat dont les poissons ont besoin pour accomplir leur cycle vital. Par exemple, l'ACR n'est probablement pas la meilleure approche pour surveiller le passage du poisson ou la disponibilité de structures et d'abris. De plus, le niveau d'effort et d'expertise requis pour mettre en œuvre une ACR signifie que, dans la plupart des cas, ce n'est probablement pas le plan le plus approprié pour un programme de surveillance fonctionnelle, mais il peut y avoir des cas où son application est appropriée, particulièrement si une base de données de référence existe déjà. Par exemple, l'ACR sert actuellement à surveiller les effets de l'exploitation des placers aurifères au Yukon. Cette application peut être appropriée, puisque l'exploitation minière est pratiquée à l'échelle d'un bassin hydrographique (les zones touchées sont relativement vastes) et que le principal agent de stress est le rejet de sédiments en suspension. Le SCCS vient de publier un examen de la première décennie de résultats et en évalue la pertinence en soulignant les forces et les limites de cette application de l'ACR (MPO 2019).

Une variante de l'ACR consiste à utiliser une gamme normale de conditions ou de repères définis plutôt que de continuer à échantillonner les sites de référence. Pour ce faire, il faut établir scientifiquement une valeur attendue ou une fourchette de valeurs attendues à partir i) de l'échantillonnage de sites de référence appropriés, ii) d'études en laboratoire ou sur le terrain qui peuvent servir à déterminer les valeurs optimales ou iii) de valeurs théoriques ou modélisées fondées sur les relations décrites dans la documentation. L'avantage de cette approche est qu'une fois que l'investissement a été réalisé pour établir la gamme normale de conditions ou les repères, la surveillance propre au projet n'a qu'à échantillonner le site touché

pour déterminer si ses conditions respectent ou non la gamme des valeurs prévues. L'inconvénient est que l'établissement d'une gamme normale de conditions ou de repères peut nécessiter beaucoup de données, être spécifique à une région ou à un écosystème et doit être terminé avant que le plan de surveillance puisse être appliqué. Il faut également faire preuve de prudence pour établir une « gamme normale » ou un repère, car il est possible que ces valeurs changent avec le temps sur certains sites, en raison, par exemple, des changements climatiques. Bien que l'investissement initial puisse être supérieur à celui d'autres plans de surveillance, cette approche sera probablement plus rentable à long terme. En plus de la surveillance propre au projet, une comparaison avec les fourchettes normales ou les repères pourrait permettre de faire le suivi du rendement des mesures d'atténuation ou de compensation par rapport aux résultats attendu au niveau du programme.

Les analyses de la tendance temporelle conviennent bien aux situations où il faut effectuer une surveillance immédiate qui ne permet pas la collecte de données de référence. Par un échantillonnage répété des sites exposés à un gradient de traitements (tendance temporelle) ou à l'intérieur des sites témoins et des sites de traitement (niveau par temps), on suppose qu'elles incorporent dans un paramètre des changements de fond qui ne sont pas liés au traitement. Cette hypothèse doit être testée pour les paramètres d'intérêt et les sites témoins doivent être très proches (et tous les sites d'échantillonnage doivent être maintenus constants) afin de réduire les variables pouvant introduire des sources de confusion et les infractions à cette hypothèse. Le principal inconvénient de ces approches de surveillance fonctionnelle est qu'elles exigent un échantillonnage répété sur une période pertinente pour le paramètre d'intérêt (probablement mesuré sur plusieurs années). De plus, comme ces types d'analyses sont souvent utilisés dans des situations où les sites ne sont pas choisis au hasard, les résultats peuvent être difficiles à appliquer ailleurs. Étant donné les exigences en matière de surveillance temporelle prolongée (et les coûts supplémentaires connexes), ces techniques ne conviennent probablement pas dans un contexte de surveillance fonctionnelle; elles peuvent plutôt présenter un intérêt pour l'évaluation de l'impact ou du rétablissement après un événement.

Tableau 1. Plans de surveillance couramment utilisés dans les évaluations de la modification de l'habitat (p. ex. effets et atténuation, restauration et compensation de l'habitat).

Plan	Réplication temporelle	Portée spatiale	Avantages	Défis	Effort	Le plus applicable	Le moins applicable	Principales considérations
<b>BACI</b>	Souvent plusieurs années de données recueillies avant (contrôle temporel) et après la modification de l'habitat.	Souvent, plusieurs sites témoins sont évalués – recommander de trois à cinq sites.	Contrôles pour déceler les variations à la fois dans le site témoin et dans le site modifié.	Nécessite une réplication temporelle adéquate.	Plan nécessitant le plus d'effort au moment de l'évaluation; aucun coût supplémentaire une fois l'évaluation est terminée.	Le plus applicable lorsque des répliques spatiales et temporelles appropriées sont disponibles.	Le moins applicable lorsque l'altération et la réaction sont étroitement liées ou lorsque la distribution temporelle de la réaction est uniforme.	Il est impératif d'échantillonner le site touché avant l'aménagement – une planification préalable est nécessaire.  Réplication temporelle et spatiale et sites témoins appropriés.
<b>Avant/Après</b>	Souvent plusieurs années de données recueillies avant (contrôle temporel) et après la modification de l'habitat.	Pas de contrôles spatiaux.	Peut être utilisé pour évaluer un site où les sites témoins appropriés sont limités.	Nécessite des données avant l'impact.  Durée de la collecte des données avant/après.  Impossible de contrôler la variation temporelle non attribuable à l'impact.	Moins d'efforts qu'un plan BACI complet.  Pas d'autres coûts une fois l'évaluation est terminée.	S'applique surtout aux projets réalisés dans des milieux uniques (p. ex. très grands fleuves, grands deltas intérieurs) pour lesquels les sites témoins sont limités.	S'applique le moins aux projets dont les échéanciers sont stricts et pour lesquels la collecte des données antérieures n'est pas réalisable.	Il est impératif d'échantillonner le site touché avant l'impact – une planification préalable est nécessaire.
<b>Contrôle/impact</b>	Aucune donnée recueillie avant la modification de l'habitat, données recueillies seulement après la modification de l'habitat.	Souvent, plusieurs sites témoins sont évalués – recommander de trois à cinq sites.	Peut être utilisé pour évaluer un site sans données de référence.	Ne permet pas de contrôler la variation temporelle non attribuable à l'impact.	Moins d'efforts qu'un plan BACI complet.  Pas d'autres coûts une fois l'évaluation est terminée.	S'applique surtout lorsqu'il y a un besoin immédiat de surveillance qui ne permet pas la collecte de données de référence et lorsqu'une forte réplication spatiale est possible.	Moins applicable lorsque les réseaux hydrographiques sont très variables ou lorsque les sites sont uniques.	Un témoin approprié est nécessaire – peut être difficile pour des sites plus uniques.

<b>Approche des conditions de référence</b>	Souvent pas de réplication temporelle, mais réplication temporelle possible.	Plusieurs sites témoins requis, recommander 10 sites de référence par groupe de référence.	Peut être utilisé pour évaluer un site sans données de référence.	Ne reflète pas les conditions de référence du site touché; il peut être difficile de représenter adéquatement les conditions de référence.	Plan nécessitant le moins d'effort au moment de l'évaluation; les coûts supplémentaires de la surveillance des sites de référence peuvent être substantiels.	S'applique le meilleur à l'évaluation de la santé de l'écosystème sur une grande échelle spatiale.	Moins applicable pour évaluer les changements dans l'habitat local (p. ex. passage du poisson, disponibilité des structures et des abris).	Nombre et type appropriés de sites de référence; les coûts peuvent être réduits en utilisant l'information existante pour élaborer les points de repère des indicateurs.
<b>Approche de la plage normale</b>	Aucune donnée recueillie avant la modification de l'habitat, données recueillies seulement après la modification de l'habitat.	Les données de plusieurs sites peuvent être utilisées.	Aucune donnée de référence requise.	Besoins élevés en données (p. ex. longues séries chronologiques) pour déterminer les plages normales ou les points de repère.  Les plages normales peuvent être affectées par le changement des valeurs de référence.	Effort élevé pour établir les plages normales ou les points de repère, à moins qu'il existe des modèles ou des données dans la documentation; effort moindre requis pour chaque projet.	S'applique surtout lorsqu'il existe un lien étroit entre la réaction et la modification de l'habitat, et que les points de repère et les plages normales peuvent être définis à l'aide de données de laboratoire ou de terrain, d'expériences ou de modèles.	S'applique le moins lorsqu'il y a peu d'information sur le réseau hydrographique et les relations avec la réaction.	Transfert d'information sur les plages normales ou les points de repère entre les projets/réseaux hydrographiques/espèces.
<b>Analyse de la tendance temporelle</b>	Aucune donnée recueillie avant la modification de l'habitat, données recueillies seulement après la modification de l'habitat, plusieurs années requises.	Les données de plusieurs sites peuvent être utilisées.	Aucune donnée de référence requise.	Longues séries chronologiques nécessaires, en supposant un équilibre dynamique.	Effort élevé pour établir des séries chronologiques.	S'applique surtout lorsqu'il y a un besoin immédiat de surveillance qui ne permet pas la collecte de données de référence.	S'applique le moins lorsque les réseaux hydrographiques sont très variables ou lorsque la collecte des données à long terme n'est pas possible.	Évalue la relation entre le paramètre et l'aménagement (en continu).



## Objectif 2 du mandat – Données et analyses requises pour appuyer un programme de surveillance fonctionnelle

Comme la première étape de la surveillance fonctionnelle consiste à établir des objectifs quantitatifs liés aux critères d'effet des séquences des effets, ces objectifs évalueront les indicateurs (p. ex. les quantités plus générales, comme la température, utilisées pour évaluer les changements dans la productivité du poisson) et les paramètres (p. ex. la représentation ou la quantification précise d'un indicateur, comme la température maximale) à mesurer pour atteindre ces objectifs (voir Braun et al. 2018). Les indicateurs les plus appropriés varieront en fonction du projet et du plan d'échantillonnage. Il faudra toutefois tenir compte des critères suivants pour choisir les indicateurs :

- Si les indicateurs sont liés au résultat attendu (p. ex. la couverture de macrophytes liée à la création d'un marais ou d'une zone humide). Idéalement, tous les indicateurs auront un lien quantitatif fort et établi avec la productivité du poisson, mais certains liens peuvent reposer sur des preuves empiriques plus faibles provenant d'études scientifiques, et il faut donc rechercher des preuves supplémentaires.
- Si les indicateurs sont corrélés et dans l'affirmative, si la mesure d'autres indicateurs fournit des renseignements uniques (par exemple, les éléments nutritifs et la chlorophylle *a* sont souvent corrélés de façon positive, mais les éléments nutritifs fournissent de l'information sur leur disponibilité pour la production primaire, tandis que la chlorophylle *a* renseigne sur la façon dont les éléments nutritifs sont utilisés par les taux de photosynthèse), ou si une certaine redondance est souhaitable pour accroître la fiabilité des résultats.
- La variabilité des indicateurs dans le temps et l'espace (p. ex. la profondeur de l'eau dans les rivières peut varier quotidiennement et est influencée par les conditions météorologiques).
- La mesure de la fiabilité des indicateurs (p. ex. l'évaluation visuelle de la composition des sédiments peut avoir un biais élevé).
- S'il existe des seuils de réussite dans un contexte pertinent (p. ex. des seuils minimaux pour la densité de la zostère ou les concentrations d'oxygène).

Le tableau 2 donne des exemples d'indicateurs qui pourraient être utilisés pour représenter les changements des 11 critères d'effet des séquences des effets pertinents pour la surveillance fonctionnelle, qui ont été compilés à partir de toutes les séquences des effets dans l'eau (MPO 2018a). La plupart des indicateurs énumérés représentent des propriétés physiques ou chimiques du site puisqu'ils sont relativement faciles à mesurer et peuvent avoir moins de variables que les indicateurs biologiques, deux caractéristiques souhaitables pour un programme de surveillance fonctionnelle efficient et efficace. Toutefois, il peut y avoir des situations où l'utilisation du biote comme indicateur supplémentaire est appropriée, par exemple, utiliser la présence ou l'absence du poisson pour évaluer le succès de l'amélioration de l'accès à l'habitat comme compensation ou pour documenter l'utilisation par le poisson d'un habitat nouvellement créé. En général, l'utilisation d'indicateurs de la productivité du poisson (p. ex. abondance, biomasse) exige un niveau élevé d'effort sur une période plus longue et convient mieux à la surveillance de l'efficacité. Toutefois, l'utilisation de la présence ou de l'absence de poisson comme mesure de la surveillance fonctionnelle peut être appropriée parce que le fait que les poissons utilisent ou non une zone est la mesure ultime pour déterminer si une zone fonctionne ou non comme habitat du poisson. Toutefois, comme la seule présence de poissons peut être insuffisante pour démontrer la fonctionnalité, des indicateurs biotiques et

abiotiques peuvent être nécessaires, mais la décision d'inclure les deux devrait être prise au cas par cas.

L'utilisation de macroinvertébrés a également été considérée comme nécessitant un niveau d'effort plus élevé que ce qui est normalement prévu pour la surveillance fonctionnelle. Cependant, il peut y avoir des situations particulières où les macroinvertébrés seraient un indicateur approprié, par exemple, lorsque les programmes de surveillance existants fournissent une condition de référence (p. ex. le RCBA) comme comparateur, réduisant ainsi les exigences d'échantillonnage, et lorsque ce groupe de taxons peut être particulièrement sensible aux mesures de restauration, par exemple, lors de la restauration d'un site endommagé par l'exploitation minière. Ces situations particulières peuvent encore être évaluées de manière plus appropriée par la surveillance de l'efficacité et doivent être décidées au cas par cas. Dans tous les cas, les indicateurs les plus appropriés doivent être clairement liés aux objectifs de surveillance quantitatifs qui sont fixés lors des étapes de planification d'un projet.

Braun *et al.* (2018) donnent des renseignements supplémentaires et proposent des paramètres précis appropriés pour chacun des indicateurs énumérés dans le tableau 2. Bien que la liste fournie ne soit pas exhaustive, elle donne des exemples clairs de paramètres dont on sait qu'ils sont liés à l'indicateur et au critère d'effet des séquences des effets qui nous intéresse. Le nombre de paramètres choisis pour être mesurés dans un programme de surveillance fonctionnelle dépend d'un certain nombre de facteurs, mais il est possible de n'en utiliser qu'un seul s'il est très étroitement lié aux objectifs, peut être mesuré de façon fiable et varie peu dans l'espace et le temps. Toutefois, la mesure de différents paramètres aidera à mieux comprendre le mécanisme qui sous-tend la fonctionnalité observée (ou non) et permettra d'avoir davantage confiance dans l'atteinte des objectifs.

Tableau 2. Liste de contrôle des indicateurs normalisés pour les activités menées dans l'eau et les critères d'effet des séquences des effets (MPO 2018a) qui pourraient être utilisés pour la surveillance fonctionnelle. Les X indiquent si l'indicateur peut être utile pour évaluer un critère d'effet potentiel d'une activité précise menée dans l'eau. Les séquences des effets du projet seraient définies et, pour chaque critère d'effet des séquences des effets, des séries d'indicateurs propres à l'écosystème seraient assignées à un protocole de surveillance. Les indicateurs utilisés pour les évaluations marines sont indiqués par M et ceux qui sont utilisés pour les évaluations en eau douce par F. On suppose que la surveillance de la conformité sera effectuée pour tous les projets. La variabilité des indicateurs est un facteur important dans le choix d'un plan d'échantillonnage et d'une méthode de collecte de données appropriés.

Indicateur	Écosystème	Δ dans la réserve de nourriture	Δ dans la structure de l'habitat et le couvert	Δ dans les concentrations des sédiments	Δ dans les concentrations de nutriments	Δ dans les concentrations de contaminants	Δ dans l'accès aux habitats	Δ dans la salinité	Δ dans la pression de gaz totale	Δ dans les repères ou les barrages thermiques	Δ dans la température de l'eau	Δ dans l'oxygène dissous
Nutriments	M, F	X			X							
Substrat	M, F	X	X	X								
Profondeur de l'eau	F		X				X				X	
Vitesse du courant	F		X				X				X	
Assemblage de poissons	F						X					
Couvert dans l'eau	M, F	X	X								X	
Couvert riverain	M, F	X	X	X	X						X	
Concentration des sédiments	M, F			X							X	
Concentration des contaminants	M, F					X						
Gradient	F						X					
Assemblage de poissons	F						X					

<b>Indicateur</b>	<b>Écosystème</b>	Δ dans la réserve de nourriture	Δ dans la structure de l'habitat et le couvert	Δ dans les concentrations des sédiments	Δ dans les concentrations de nutriments	Δ dans les concentrations de contaminants	Δ dans l'accès aux habitats	Δ dans la salinité	Δ dans la pression de gaz totale	Δ dans les repères ou les barrages thermiques	Δ dans la température de l'eau	Δ dans l'oxygène dissous
Salinité	M, F							X				
Pression du gaz dissous	M, F								X			
Température	M, F									X	X	
Concentration d'oxygène dissous	M, F								X			X

Une fois que les indicateurs et les paramètres précis qui en résultent ont été choisis pour être mesurés, il faut s'efforcer d'utiliser des méthodes d'échantillonnage normalisées et publiées pour recueillir les données. Bien qu'il n'entre pas dans la portée du présent avis scientifique de décrire des méthodes précises, un certain nombre de ressources appropriées sont indiquées à l'annexe 2. Le respect de protocoles bien établis améliorera la qualité des données recueillies, renforcera la capacité potentielle d'effectuer une évaluation au niveau des programmes pour chaque paramètre individuel grâce à une plus grande comparabilité, et permettra d'inclure davantage de projets dans les futures méta-analyses en raison de la qualité élevée des renseignements. Certaines techniques d'échantillonnage peuvent être appropriées pour utiliser, par exemple, l'évaluation d'images numériques ou la télédétection, mais il se peut qu'il n'existe pas de méthodes normalisées établies pour les appliquer. Dans ces cas, les méthodes décrites dans une publication scientifique primaire évaluée par des pairs ou d'autres sources publiées appropriées devraient être adéquates, à condition que les méthodes utilisées soient bien décrites et citées afin qu'elles puissent être répétées par d'autres. Si des protocoles nouveaux et non publiés sont élaborés au cours du programme de surveillance, ils doivent être examinés par une équipe d'experts avant d'être mis en œuvre et doivent être documentés à un niveau de détail qui permet à un biologiste qualifié qui ne connaît pas la technique de les reproduire. Toutefois, dans le cas d'un programme de surveillance fonctionnelle, les méthodes bien établies et normalisées doivent toujours être considérées en premier, et les nouvelles méthodes ne devraient l'être que dans des circonstances exceptionnelles.

Les analyses statistiques appropriées des données découlant d'un programme de surveillance fonctionnelle dépendent du plan choisi. Il faut tenir compte de différents facteurs à l'étape du

plan afin d'assurer une réplication spatiale et temporelle adéquate pour permettre l'analyse. Il faut tenir compte de facteurs tels que l'indépendance des répliques et la réplication temporelle uniforme, adéquate et appropriée (p. ex. échantillonnage au même moment au cours d'une saison et sur plusieurs années) afin de pouvoir effectuer les analyses voulues lorsque les données seront disponibles. On trouvera plus de détails sur les méthodes d'analyse appropriées pour les plans possibles adaptés à la surveillance fonctionnelle dans Braun et al. (2018).

Les critères relatifs à la prise de décisions pour déterminer si les résultats d'un programme de surveillance fonctionnelle indiquent que le programme est fructueux doivent être définis à l'avance et, dans la mesure du possible, être quantitatifs (p. ex. l'atteinte d'une densité particulière de macrophytes comparativement à un témoin). Ces critères décisionnels devraient être pertinents à l'échelle régionale et pourraient être élaborés à la suite d'un programme de surveillance de l'efficacité qui a permis d'établir un lien entre la fonction de l'habitat et un niveau souhaité de productivité du poisson, le niveau de la fonction de l'habitat devenant le critère de réussite pour un programme de surveillance fonctionnelle à plus long terme. D'autres critères de réussite peuvent être tirés de la littérature, par exemple, les besoins en oxygène propres à l'espèce pour une incubation réussie des œufs dans le substrat de l'habitat de frai créé.

Au fur et à mesure que s'accumulent les résultats de la surveillance fonctionnelle d'un type particulier de mesure de gestion, il est possible d'effectuer des analyses de puissance pour déterminer le nombre de projets additionnels et le degré de précision et d'exactitude requis pour répondre à des questions générales qui feront l'objet de futures méta-analyses. Par exemple, les méta-analyses peuvent répondre à la question de savoir si une mesure de gestion particulière dans un type d'environnement donné donne constamment des résultats positifs, et des preuves solides à cet effet peuvent indiquer qu'il n'est plus nécessaire de pousser la surveillance au-delà de la conformité.

Il faut faire preuve de prudence lorsqu'on effectue une méta-analyse à partir de l'ampleur de l'effet de plus d'un plan de surveillance, car l'ampleur de l'effet varie selon le plan et peut ne pas être directement comparable. Par exemple, un seuil élevé positif peut être établi a priori pour indiquer le succès d'un plan avant-après, mais un seuil d'équivalence pour indiquer le succès peut être approprié dans un plan à contrôle/impact lorsque le site témoin présente un habitat de haute qualité et une productivité élevée du poisson. De même, une approche de la plage normale où la mesure de gestion est conçue pour atteindre l'équivalence avec cette « norme » devrait afficher une faible différence moyenne entre l'intervention et la plage normale, et l'ampleur de l'effet serait donc faible si elle réussissait. Pour que l'interprétation soit correcte, les plans comparés doivent être cohérents en ce qui concerne l'effet attendu, sinon ils doivent être analysés séparément.

### **Objectifs 3 et 4 du mandat – Faisabilité et contenu d'une approche fondée sur une liste de contrôle**

L'utilisation d'une approche de type liste de contrôle pour la surveillance présente plusieurs avantages, notamment celui de fournir un moyen simple de s'assurer que toutes les données pertinentes sont recueillies et que ces données sont saisies de façon uniforme, ce qui facilite la production de rapports et l'archivage cohérents et donc les analyses nationales à plus long terme au niveau des programmes. Il est possible d'élaborer des listes de contrôle pour la surveillance fonctionnelle en utilisant le même format ou un format très similaire pour des activités et des plans de surveillance semblables. Il faut modifier ces listes de contrôle en fonction du type de projet et du plan de surveillance utilisé, et éventuellement en tenant compte

des différences régionales. Il existe un certain nombre d'exemples détaillés de listes de contrôle, utilisées actuellement, dans le PPP à l'échelle régionale. Il faudrait trouver des exemples sur lesquels s'appuyer pour élaborer des listes de contrôle uniformes à l'échelle nationale. Il est recommandé d'établir des listes de contrôle au niveau national chaque fois que cela est possible.

Il est recommandé d'utiliser une liste de contrôle à plusieurs paliers parce qu'une telle liste permet d'intégrer plusieurs niveaux d'information normalisée (site/projet/région/habitat), tout en offrant une plus grande souplesse à mesure que le niveau de détail de la collecte des données augmente. Le premier palier serait la norme pour tous les projets à l'échelle nationale et comprendrait la collecte de renseignements de base comme l'emplacement géoréférencé, la superficie d'habitat touchée, le type d'habitat et tout autre contenu habituellement recueilli au niveau de la surveillance de la conformité. Le deuxième palier serait la norme pour des types de projets particuliers (p. ex. les ponceaux) et demeurerait relativement uniforme à l'échelle nationale. Le troisième palier serait propre à un site/projet/région/habitat particulier et offrirait la plus grande souplesse sur le plan des données collectées. Les champs des indicateurs de la surveillance fonctionnelle utilisés dans les paliers 2 et 3 des listes de contrôle ont pu être déterminés à partir du tableau 2. Braun et al. (2018) donnent des informations supplémentaires et proposent des paramètres appropriés pour chacun des indicateurs énumérés dans le tableau 2. Afin d'assurer un niveau élevé de contrôle de la qualité et de normalisation, il est recommandé que le PPP élabore les listes de contrôle pour les paliers 1 et 2 à l'échelle nationale, avec la participation du Secteur des sciences du MPO au besoin. De même, il est recommandé que les listes de contrôle pour le palier 3 (renseignements propres au projet) soient élaborées dans le cadre d'une collaboration entre le Secteur des sciences du MPO et le PPP au niveau de la région ou du projet.

### Sources d'incertitude

La surveillance fonctionnelle s'applique le mieux dans les situations où il existe un lien clair entre la productivité du poisson et la fonction de l'habitat. Bon nombre de ces liens sont théoriques et ne sont pas bien étayés par des données empiriques; l'incertitude sera alors plus grande. Il y a deux niveaux d'incertitude liés aux liens : 1) la solidité des preuves reliant les mesures de gestion de l'habitat (c.-à-d. atténuation, compensation, restauration) à la productivité du poisson, et 2) la solidité du lien entre les indicateurs choisis dans le cadre du programme de surveillance fonctionnelle et la productivité du poisson.

Le degré d'incertitude de la mesure de gestion déterminera s'il faut recourir à une surveillance fonctionnelle ou à une surveillance de l'efficacité; lorsque cette incertitude est élevée, la surveillance de l'efficacité peut aider à établir le lien appuyant l'utilisation future de la technique de compensation ou de restauration. Le degré d'incertitude de la relation entre l'indicateur et la productivité du poisson peut influencer sur le nombre de paramètres à inclure dans un programme de surveillance fonctionnelle; la mesure de plusieurs paramètres peut aider à réduire cette incertitude.

De plus, les six plans possibles recommandés ici comportent tous leur lot de défis, d'hypothèses et d'incertitudes, qui sont tous examinés brièvement ci-dessus et en profondeur dans Braun *et al.* (2018), et qui devraient être soigneusement pris en compte lors du choix d'un plan et de l'interprétation des résultats du programme de surveillance fonctionnelle.

## CONCLUSIONS ET AVIS

Le but de la surveillance fonctionnelle est de fournir une évaluation scientifique relativement rapide et objective du rendement de la mesure de gestion qui va au-delà d'une simple évaluation de la conformité aux normes de conception/construction. La surveillance fonctionnelle devrait être mise en œuvre uniquement lorsqu'il y a peu d'incertitude quant au rendement prévu de la mesure de gestion et à l'importance du lien entre les paramètres de substitution mesurés et le résultat souhaité pour le poisson. Si ce degré d'incertitude est faible, les praticiens du MPO peuvent effectuer une surveillance fonctionnelle (lorsqu'aucune surveillance du promoteur n'est requise) ou la faire effectuer par les promoteurs (lorsqu'une surveillance est requise, mais qu'une surveillance de l'efficacité n'est pas jugée nécessaire) pour des projets individuels. Lorsque l'incertitude est élevée, une surveillance de l'efficacité devrait être mise en œuvre. La surveillance fonctionnelle de multiples mesures de gestion similaires dans différents sites peut permettre de mieux comprendre l'efficacité de ces mesures, ce qui pourrait améliorer à la fois l'évaluation du site et celle du programme.

Objectif 1 du mandat – Plan et méthodes de surveillance recommandés.

- Six plans d'échantillonnage différents (avant/après, contrôle/impact; avant/après; contrôle/impact; approche des conditions de référence; plage normale/points de repère; tendance temporelle ou niveau par temps) ont été examinés en vue d'être utilisés pour la surveillance fonctionnelle. Le choix du plan dépend en grande partie du contexte du projet.
- Les considérations relatives au choix du plan d'échantillonnage approprié ont été fournies pour chaque plan (tableau 1) et des références aux méthodes normalisées ont été indiquées (annexe 2).

Objectif 2 du mandat – Données et analyses à l'appui de la surveillance fonctionnelle

- Les facteurs à prendre en compte pour choisir les indicateurs ont été décrits, notamment la relation entre l'indicateur et le résultat attendu, la corrélation entre les indicateurs, la variabilité temporelle et spatiale des indicateurs, la fiabilité de la mesure des indicateurs et la disponibilité de seuils clairs.
- Des exemples d'indicateurs appropriés sont fournis par rapport aux paramètres des séquences des effets dans les écosystèmes marins et d'eau douce (tableau 2) et des références aux méthodes normalisées sont fournies (annexe 2).

Objectifs 3 et 4 du mandat – Faisabilité et contenu des listes de contrôle

- Les listes de contrôle ont été considérées comme un moyen réalisable de confirmer la collecte de données pertinentes pour la surveillance fonctionnelle.
- Il a été recommandé d'établir une liste de contrôle à plusieurs paliers afin de maintenir une certaine uniformité entre les programmes de surveillance fonctionnelle tout en permettant la collecte de données propres aux projets et aux régions. Le premier palier contiendrait des champs normalisés pour tous les projets, le deuxième, des champs normalisés pour des types de projets particuliers (p. ex. ponceaux), et le troisième palier serait propre à un site, un projet, une région ou un habitat. Les champs des indicateurs de la surveillance fonctionnelle pour les listes de contrôle pourraient être renseignés à partir des indicateurs fournis dans le tableau 2.



## **AUTRES CONSIDÉRATIONS**

Pour faciliter la mise en œuvre d'un programme de surveillance fonctionnelle efficace, il faut combler les principales lacunes critiques suivantes dans les connaissances :

- Travailler à l'établissement de paramètres fondés sur des données probantes pour les indicateurs de la productivité du poisson afin d'élargir l'applicabilité de la surveillance fonctionnelle;
- Établir des plages normales et des points de repère pour les types de projets ou les types d'écosystèmes hautement prioritaires;
- Directives plus détaillées sur les domaines clés à incorporer dans la surveillance fonctionnelle pour des types de projets ou d'écosystèmes particuliers (c.-à-d. les paliers 2 et 3 de la liste de contrôle)

## **LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION**

<b>Nom</b>	<b>Affiliation</b>
Smokorowski, Karen (Coprésidente)	MPO - Sciences, Région du Centre et de l'Arctique (C&A)
Keatley, Bronwyn (Coprésidente)	MPO - Sciences, Région de la capitale nationale (RCN)
Berryman, Court	MPO - Programme de protection des pêches (PPP), C&A
Bradford, Mike	MPO - Sciences, Pacifique (PAC)
Braun, Doug	MPO - Sciences, PAC
Breau, Cindy	MPO - Sciences, Région du Golfe
Clarke, Keith	MPO - Sciences, Région de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.)
Cooper, Jennie	MPO - Programme de protection des pêches (PPP), C&A
Cormier, Roland	MPO - Sciences, Région du Golfe
Delaney, Leanda	MPO - Programme de protection des pêches (PPP), Maritimes (MAR)
Doka, Sue	MPO - Sciences, C&A
Enders, Eva	MPO - Sciences, C&A
Glover, Luc (rapporteur)	MPO - Sciences, C&A
Gregory, Bob	MPO - Sciences, T.-N.-L.
Harwood, Andrew	Ecofish Research
Hussey, Darryl	MPO - Programme de protection des pêches (PPP), PAC
Koops, Marten	MPO - Sciences, C&A
Lapointe, Nicolas	Fédération canadienne de la faune
Lemieux, Jeffrey	MPO - Sciences, PAC
Loughlin, Kristen	MPO - Sciences, T.-N.-L.
MacDonald, Steve	MPO - Sciences, PAC
McMaster, Mark	Environnement et Changement climatique Canada
Midwood, Jon	MPO - Sciences, C&A
Mochnacz, Neil	MPO - Sciences, C&A
Munkittrick, Kelly	Wilfrid Laurier University
Nardini, Michel	MPO - Programme de protection des pêches (PPP), RCN
Rose, Al	MPO - Programme de protection des pêches (PPP), RCN
Winegardner, Amanda (rapporteuse)	MPO - Sciences, RCN
Ziai, Chad	MPO - Programme de protection des pêches (PPP), RCN

## SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion du 26 au 28 février 2018 sur l'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. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada](#).

- Arnqvist, G., and Wooster, D. 1995. Meta-analysis: synthesizing research findings in ecology and evolution. *Trends Ecol. Evol.* **10**(6): 236–240. doi:10.1016/S0169-5347(00)89073-4.
- Bradford, M.J., R.G. Randall, K.S. Smokorowski, B.E. Keatley et K.D. Clarke. 2014. Cadre d'évaluation de la productivité des pêches destiné au Programme de protection des pêches correspondant. *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech.* 2013/067. vi + 35 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. Sous presse.
- 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. 2013. [Énoncé de politique sur la protection des pêches](#).
- MPO. 2019. Évaluation de l'approche des conditions de référence pour la surveillance des activités d'exploitation des placers du Yukon. *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci.* 2018/053.
- MPO. 2018a. [Séquences des effets](#). [accédé le 1 janvier 2018].
- MPO. 2018b. [Loi sur les pêches](#).
- MPO. 2018c. [Règlement sur les demandes d'autorisation visées à l'alinéa 35\(2\)b\) de la Loi sur les pêches](#)
- Randall, R.G. 2003. Fish productivity and habitat productive capacity: definitions, indices, units of field measurement, and a need for standardized terminology. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2003/06, ii + 14 p
- Randall, R.G., Bradford, M.J., Clarke, K.D., and Rice, J.C. 2013. A science-based interpretation of ongoing productivity of commercial, recreational or Aboriginal fisheries. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2012/112 iv + 26 p.
- Smokorowski, K.E., Bradford, M.J., Clarke, K.D., Clément, M., Gregory, R.S., 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.
- Stoddard, J.L., Larsen, D.P., Hawkins, C.P., Johnson, R.K., and Norris, R.H. 2006. Setting expectations for the ecological condition of streams: The concept of reference condition. *Ecol. Appl.* **16**(4): 1267–1276. doi:10.1890/1051-0761(2006)016.
- Sutula, M. a., Stein, E.D., Collins, J.N., Fetscher, a. E., and Clark, R. 2006. a Practical Guide for the Development of a Wetland Assessment Method: the California Experience<sup>1</sup>. *JAWRA J. Am. Water Resour. Assoc.* **42**: 157–175. doi:10.1111/j.1752-1688.2006.tb03831.x.

Underwood, A.J. 1991. Beyond baci: Experimental designs for detecting human environmental impacts on temporal variations in natural populations. *Mar. Freshw. Res.* **42**(5): 569–587.  
doi:10.1071/MF9910569

**ANNEXES****Annexe 1. Glossaire****Glossaire**

<b>Terme</b>	<b>Description</b>	<b>Référence</b>
<b>Atténuation</b>	Mesure visant à réduire l'échelle spatiale, la durée ou l'intensité des dommages sérieux causés au poisson qui ne peuvent être totalement évités. Les mesures d'atténuation comprennent la mise en œuvre de pratiques de gestion exemplaires pendant la construction, l'entretien, l'exploitation et la mise hors service d'un projet.	MPO 2013
<b>Autorisation aux termes de la Loi sur les pêches</b>	Directives fournies à un promoteur de projet par le PPP sur la façon d'éviter ou d'atténuer les effets, dans la mesure du possible, et les exigences en matière de restauration et de compensation lorsque les effets sont inévitables et ne peuvent être atténués	MPO 2018c
<b>BA</b>	Avant/après (Before-After) – Plan de surveillance couramment utilisé qui compare les données recueillies avant et après une activité d'aménagement.	Underwood 1991
<b>BACI</b>	Avant/après, contrôle/impact (Before-After-Control-Impact) – Plan de surveillance couramment utilisé où les sites témoins et touchés sont échantillonnés avant et après l'aménagement.	Underwood 1991
<b>Capacité de production</b>	Somme de la production de toutes les espèces de poissons qui cohabitent pendant une période donnée.	Randall 2003
<b>CI</b>	Contrôle/impact (Control-Impact) – Plan de surveillance couramment utilisé qui compare les données entre les sites témoins et les sites touchés.	Underwood 1991
<b>Compensation</b>	Mesure qui contrebalance les dommages sérieux inévitables causés au poisson par un projet dans le but de maintenir ou d'améliorer la productivité du poisson.	MPO 2013
<b>Évaluation rapide</b>	Protocole d'évaluation qui peut être réalisé en peu de temps (p. ex. moins d'un jour pour deux personnes pour recueillir les données, les gérer, les analyser et produire des rapports complets).	Sutula <i>et al.</i> 2006

<b>Terme</b>	<b>Description</b>	<b>Référence</b>
<b>Habitat</b>	Toute aire dont dépend, directement ou indirectement, la survie du poisson, notamment les frayères, les aires d'alevinage, de croissance ou d'alimentation et les routes migratoires.	MPO 2018b
<b>Indicateur</b>	Quantité qui décrit les changements de la productivité du poisson et dont on suppose qu'elle est liée à ces changements. Les indicateurs peuvent être constitués d'un ou plusieurs paramètres quantitatifs, ou être de nature qualitative (cf. « changement de GDL », « perte de structure »).	Bradford <i>et al.</i> 2014
<b>Lettre d'avis</b>	Directives fournies à un promoteur par le PPP lorsqu'une autorisation aux termes de la <i>Loi sur les pêches</i> n'est pas nécessaire, mais qu'il est possible d'éviter ou d'atténuer des effets du projet sur la productivité des pêches.	MPO 2018c
<b>Mesure quantitative</b>	Collecte de mesures physiques et biologiques, de paramètres et d'indicateurs selon différents degrés de mesure.	Smokorowski <i>et al.</i> 2015
<b>Mesures</b>	Les mesures sont prises sur le terrain et décrivent l'état actuel de l'écosystème ou de son biote, par exemple l'abondance des poissons ou le débit.	Bradford <i>et al.</i> 2014
<b>Méta-analyses</b>	Méthode analytique puissante qui peut être utilisée pour déterminer l'efficacité de différentes mesures de gestion pour atteindre une productivité durable du poisson en évaluant l'effet global d'une mesure de gestion donnée pour plusieurs projets.	Arnqvist and Wooster 1995
<b>Objectifs en matière de surveillance de la gestion</b>	Les objectifs de surveillance du Programme de protection des pêches liés à la surveillance des projets sont : 1) assurer la conformité aux avis, aux normes de construction et de conception et à la <i>Loi sur les pêches</i> et à la <i>Loi sur les espèces en péril</i> (programme de surveillance de la conformité); 2) évaluer l'efficacité des mesures de gestion visant à réduire les effets des projets sur le poisson et son habitat (programmes de surveillance fonctionnelle et de surveillance de l'efficacité).	Braun <i>et al.</i> 2018
<b>Paramètre</b>	Représentation ou quantification précise d'un indicateur. Les paramètres servent à évaluer le changement ou la relation entre le site modifié et les sites témoins ou les comparateurs pertinents. Un paramètre peut être dérivé de mesures avant/après sur le terrain (p. ex. changement dans l'abondance des poissons) ou peut être estimé à partir de	Bradford <i>et al.</i> 2014

<b>Terme</b>	<b>Description</b>	<b>Référence</b>
	mesures de référence et d'un effet prévu ou modélisé.	
<b>Productivité des pêches</b>	Rendement soutenu de toutes les populations et les espèces, ainsi que de leurs habitats, dont dépend une pêche dans une zone définie et qui y contribuent.	Randall <i>et al.</i> 2013
<b>Productivité du poisson</b>	Paramètre de survie propre à une population de poissons (p. ex. taux de croissance maximal d'une population à faible densité). La productivité peut aussi être caractérisée par d'autres caractéristiques de la population comme la croissance, la fécondité et l'âge à la maturité.	Randall 2003
<b>ACR</b>	Approche des conditions de référence – Approche qui compare un site d'essai à un ensemble de conditions définies par plusieurs sites de référence qui représentent un état souhaitable (p. ex. non perturbé, vierge ou intact).	Stoddard <i>et al.</i> 2006
<b>Restauration</b>	Création ou restauration d'un habitat précédemment dégradé dont on sait qu'il a rempli cette fonction dans le passé.	Smokorowski <i>et al.</i> 2015
<b>Surveillance de l'efficacité</b>	Activité à caractère scientifique, nécessitant un plan normalisé et transférable. Les paramètres ou indicateurs doivent mesurer la capacité de production ou les substituts de la capacité de production basés sur le poisson.	Smokorowski <i>et al.</i> 2015
<b>Surveillance fonctionnelle</b>	Version scientifique et à échelle réduite de la surveillance de l'efficacité qui s'appuie sur des paramètres de substitution pour évaluer si les mesures de gestion fournissent les conditions attendues pour que les poissons puissent mener à bien leurs processus vitaux.	MPO 2012
<b>Surveillance normalisée</b>	Programmes de surveillance qui utilisent des protocoles cohérents de collecte de données, d'analyse et de production de rapports.	Braun <i>et al.</i> 2018
<b>Type de réseau hydrographique</b>	Lac, rivière, ruisseau, estuaire, marin, côtier ou autre grande catégorie de plan d'eau.	Braun <i>et al.</i> 2018

## Annexe 2. Ressources pour les méthodes normalisées

[American Fisheries Society: Fisheries Techniques](#)

[American Fisheries Society: Standard Methods for Sampling North American Freshwater Fishes](#)

[Les méthodes normalisées se trouvent aussi sur le Web :](#)

[American Fisheries Society: Analysis and Interpretation of Freshwater Fisheries Data](#)

[Tous les exemples tirés de ce livre ont été convertis en R et se trouvent ici :](#)

[American Fisheries Society: Monitoring Stream and Watershed Restoration](#)

[American Fisheries Society: A Guide to Sampling Freshwater Mussel Populations](#)

[American Fisheries Society: Biological Indicators of Aquatic Ecosystem Stress](#)

[American Fisheries Society: Aquatic Habitat Assessment](#)

American Public Health Association (APHA). 1998. Standard Methods of Water and Wastewater. 20<sup>e</sup> éd. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation publication. APHA, Washington D.C.

Hatfield, T., F.J.A. Lewis et S. Babakaiff. 2007. [Guidelines for the collection and analysis of fish and fish habitat data for the purpose of assessing impacts from small hydropower projects in British Columbia.](#)

Lewis, F.J.A., A.J. Harwood, C. Zyla, K.D. Ganshorn et T. Hatfield. 2013. [Protocoles de surveillance à long terme des projets hydroélectriques nouveaux et mis à niveau.](#) Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2012/166. ix + 88p.

Mackie, Gerald. 2004. Applied Aquatic Ecosystem Concepts. 2<sup>e</sup> éd. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque, Iowa.

### Exemples de guides de programmes de surveillance provinciaux :

Colombie-Britannique

[Government of British Columbia inventory of monitoring protocols:](#)

Alberta

[Government of Alberta Fish Habitat Manual:](#)

Ontario

[Programme de surveillance à grande échelle :](#)

[Broadscale Monitoring Program Fish Community Monitoring Guidelines:](#)

Manitoba

[Manitoba/Manitoba Hydro Coordinated Aquatic Monitoring Program:](#)



**CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :**

Centre des avis scientifiques (CAS)  
Région de la capitale nationale  
Pêches et Océans Canada  
200, rue Kent  
Ottawa (Ontario) K1A 0E6  
Téléphone : 613-990-0293  
Courriel : [csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca](mailto:csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca)  
Adresse Internet : [www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/)

ISSN 1919-5117

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2019



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2019. 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

*Also available in English:*

DFO. 2019. *Science advice on operational guidance on functional monitoring: Surrogate metrics of fish productivity to assess the effectiveness of mitigation and offsetting measures. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2019/042.*