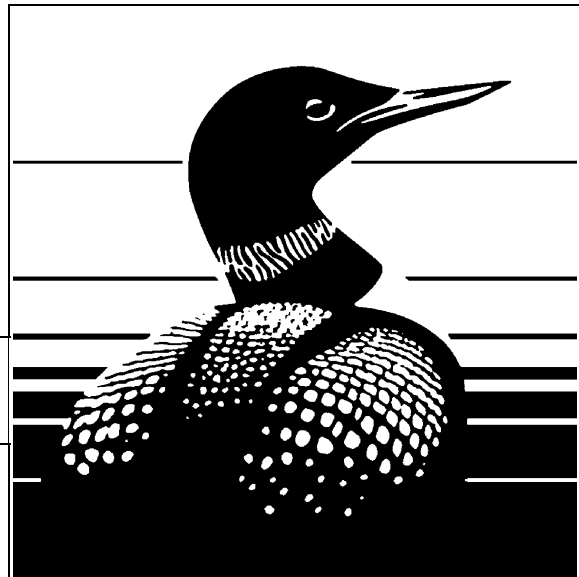

Cadre pour l'évaluation scientifique des impacts potentiels des projets sur les oiseaux

Alan Hanson, Ian Goudie, Anthony Lang, Carina Gjerdrum,
Richard Cotter et Garry Donaldson

Région de l'Atlantique

Série de Rapports techniques n° 508





SÉRIE DE RAPPORTS TECHNIQUES DU SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE

Cette série de rapports, créée en 1986, donne des informations scientifiques et techniques sur les projets du Service canadien de la faune (SCF). Elle vise à diffuser des études qui s'adressent à un public restreint ou sont trop volumineuses pour paraître dans une revue scientifique ou une autre série du SCF. Ces rapports techniques ne sont habituellement demandés que par les spécialistes des sujets traités. C'est pourquoi ils sont produits à l'échelle régionale et en quantités limitées. Ils sont toutefois numérotés à l'échelle nationale. On ne peut les obtenir qu'à l'adresse indiquée au dos de la page titre. La référence recommandée figure à la page titre.

Les rapports techniques sont conservés dans les bibliothèques du SCF et figurent dans le catalogue de la Bibliothèque nationale du Canada, que l'on retrouve dans les principales bibliothèques scientifiques du Canada. Ils sont publiés dans la langue officielle choisie par l'auteur, en fonction du public visé, accompagnés d'un résumé dans la deuxième langue officielle. **En vue de déterminer si la demande est suffisante pour publier ces rapports dans la deuxième langue officielle, le SCF invite les usagers à lui indiquer leur langue officielle préférée. Les demandes de rapports techniques dans la deuxième langue officielle doivent être envoyées à l'adresse indiquée au dos de la page titre.**

CANADIAN WILDLIFE SERVICE TECHNICAL REPORT SERIES

This series of reports, introduced in 1986, contains technical and scientific information on Canadian Wildlife Service projects. The reports are intended to make available material that is either of interest to a limited audience or is too extensive to be accommodated in scientific journals or in existing CWS series. Demand for the Technical Reports is usually limited to specialists in the fields concerned. Consequently, they are produced regionally and in small quantities. They are numbered according to a national system but can be obtained only from the address given on the back of the title page. The recommended citation appears on the title page.

Technical Reports are available in CWS libraries and are listed in the catalogue of the National Library of Canada, which is available in science libraries across the country. They are printed in the official language chosen by the author to meet the language preference of the likely audience, with an abstract in the second official language. **To determine whether there is sufficient demand to make the Reports available in the second official language, CWS invites users to specify their official language preference. Requests for Technical Reports in the second official language should be sent to the address on the back of the title page.**



Cadre pour l'évaluation scientifique des impacts potentiels des projets sur les oiseaux

Alan Hanson¹
Ian Goudie²
Anthony Lang²
Carina Gjerdrum³
Richard Cotter⁴
Garry Donaldson⁵

Série de rapports techniques n° 508
Décembre 2009

- ¹ Service canadien de la faune – Environnement Canada, Sackville (Nouveau-Brunswick)
- ² LGL Ltd. environmental research associates, St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador)
- ³ Service canadien de la faune – Environnement Canada, Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
- ⁴ Service canadien de la faune – Environnement Canada, Ste-Foy (Québec)
- ⁵ Service canadien de la faune – Environnement Canada, Gatineau (Québec)

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Environnement, 2009.

Version Imprimé :

N° de catalogue: CW69-5/508F

ISBN #: 978-1-100-94132-5

Version PDF

N° de catalogue: CW69-5/508F-PDF

ISBN #: 978-1-100-94134-9

This document is also available in English.

Printed Version:

Catalogue # : CW69-5/508E

ISBN #: 978-1-100-15301-8

PDF Version:

Catalogue # : CW69-5/508E-PDF

ISBN # : 978-1-100-15305-6

Le présent rapport peut être cité comme suit :

Hanson, A., I. Goudie, A. Lang, C. Gjerdrum, R. Cotter et G. Donaldson. 2009. Cadre pour l'évaluation scientifique des impacts potentiels des projets sur les oiseaux. Service canadien de la faune, Série de rapports techniques n° 508. Région de l'Atlantique, 69 p.

On peut se procurer des exemplaires auprès de :

Alan Hanson

Service canadien de la faune – Environnement Canada

C.P. 6227, Sackville (Nouveau-Brunswick), CANADA E4L 1G6

Courriel : al.hanson@ec.gc.ca

Ou en consultant la page Web du catalogue de publication d'Environnement Canada au <http://www.ec.gc.ca/Publications>

REMERCIEMENTS

Nous désirons remercier les personnes nommées ci-après pour leur travail de révision et leurs diverses contributions à la rédaction de ce document :

Ron Bazin, Kevin Blair, Sean Boyd, Monique Breau, Louis Breton, Wendy Easton, Dan Esler, John Fischer, Lyle Friesen, Charles Francis, Rachel Gautreau, Friederike Kirstein, Hélène Lévesque, Geneviève Perreault, Greg Robertson, and Jayne Roma.

Merci à Barry Jeffrey et à Eric Hundert pour leur travail d'administration financière de ce projet.

Ce projet a été élaboré dans le cadre de l'Initiative du Bureau des grands projets.

AVERTISSEMENT

Ce Rapport technique a été préparé à des fins d'information seulement. Il a été rédigé en vue d'une application générale et ne tient pas compte des circonstances spécifiques qui peuvent caractériser une évaluation en particulier. Les renseignements fournis ne remplacent pas la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCEE), la *Loi sur les espèces en péril* (LEP), la *Loi de 1994 sur la convention concernant les oiseaux migrateurs* (LCOM) ou tout règlement qui découle de ces lois. En cas d'incompatibilité entre le présent rapport technique et les lois ou les règlements, ce sont ces derniers qui ont préséance. L'information officielle sur la LCOM, la LEP et la LCEE peut être consultée dans les textes juridiques de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*, la *Loi sur les espèces en péril* et la *Loi de 1994 sur la convention concernant les oiseaux migrateurs*, disponibles sur le site Web du ministère de la Justice Canada à l'adresse suivante : <http://laws.justice.gc.ca/fra/PagePrincipale>.

RÉSUMÉ

La conservation des oiseaux migrateurs relève du gouvernement du Canada. Environnement Canada (EC) est le principal ministère fédéral responsable de la conservation des oiseaux migrateurs au Canada, tel que le prévoit la *Loi de 1994 sur la convention concernant les oiseaux migrateurs*. À ce titre, Environnement Canada est reconnu comme l'organisme responsable du volet sur les oiseaux migrateurs dans le cadre des évaluations environnementales (EE) et comme source d'informations spécialisées à ce sujet. La *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCEE) est un outil de planification et de prise de décision utilisé par le gouvernement fédéral pour déterminer les effets environnementaux et les mesures d'atténuation nécessaires, et pour établir la probabilité que des effets environnementaux importants se produisent. Une détermination de l'évaluation environnementale doit reposer sur des analyses techniques ainsi que sur la participation des parties prenantes et du public, et s'appuyer sur une justification solide et des informations bien étayées. Une tierce personne prenant connaissance du rapport d'évaluation environnementale devrait être en mesure, en se basant sur l'information et la justification fournies, d'en arriver aux mêmes conclusions. Le présent rapport technique a été conçu pour aider les promoteurs à tirer des conclusions scientifiques relativement aux impacts sur les oiseaux de projets éventuels et déjà réalisés, et à évaluer l'efficacité des stratégies d'atténuation à l'appui du processus décisionnel dans le cadre de l'évaluation environnementale.

Les projets et les perturbations anthropiques peuvent nuire aux oiseaux migrateurs de bien des manières, qu'il s'agisse d'en modifier l'abondance, la démographie et le comportement ou qu'il s'agisse de l'altération ou de la perte de leur habitat. Le cadrage d'un projet peut aider à déterminer des questions dont les exigences en matière de données peuvent varier considérablement. La crédibilité scientifique repose sur la collecte d'informations de référence et sur l'utilisation de techniques de collecte de données valides, d'analyses statistiques et d'interprétation, de discussion et de présentation des résultats. L'approche scientifique exige l'application de protocoles de collecte de données standards et la synthèse de nombreux aspects de l'écologie théorique et des statistiques étayés par la littérature scientifique. Par-dessus tout, la diffusion d'informations scientifiques sur les effets environnementaux exige un engagement concerté à l'égard des principes de l'évaluation du risque écologique, du suivi des effets environnementaux et des études complémentaires. L'information et les processus scientifiques utilisés pour en arriver à des conclusions dans le cadre des EE doivent être compréhensibles et publiquement défendables.

Un cadre scientifique pour déterminer et gérer les effets de projets sur les oiseaux a été élaboré (figure 1). Après avoir procédé à un dépouillement exhaustif de la documentation et de l'information disponible, en consultation avec Environnement Canada, les personnes qui entreprennent une EE doivent d'abord définir les zones d'études, déterminer l'information de référence existante ainsi que les lacunes en la matière, et mettre en lumière les effets possibles du projet proposé. En établissant des indicateurs des effets prévus, il est possible de concevoir des évaluations rentables pour mesurer les effets de façon directe ou indirecte. L'étape cruciale subséquente est l'élaboration d'hypothèses écologiques et d'un modèle conceptuel qui réunit les conditions nécessaires à l'élaboration d'un plan d'échantillonnage

rentable, à des analyses statistiques, à la mise à l'essai d'hypothèses et à l'interprétation de résultats. La priorité consiste à éviter, et par la suite à atténuer, les impacts négatifs afin de soutenir un développement durable. Puisque l'amplitude de bien des impacts est inconnue au moment de l'EE, des études de surveillance complémentaires sont souvent nécessaires. Les personnes qui entreprennent une EE doivent appliquer le principe de précaution lorsque les données, les connaissances scientifiques ou la compréhension sont limitées ou présentent une grande incertitude. Les études de suivi des effets environnementaux et les études de suivi complémentaires permettent d'obtenir l'information nécessaire à la gestion adaptative afin de raffiner ultérieurement l'atténuation des effets.

Afin de prédire, d'étudier et de gérer les effets d'un projet sur les oiseaux migrateurs, il est important de mettre en œuvre une approche écosystémique qui identifie les composantes valorisées de l'écosystème et les substituts, incluant les espèces en péril, les espèces indicatrices, les espèces clés, les espèces parapluie, les espèces emblématiques et les espèces ayant une importance économique. Cette approche tient compte également des questions à l'échelle du paysage, telles que le degré de fragmentation et de connectivité des habitats après la construction des projets proposés. Bien que l'accent soit mis principalement sur l'habitat, il faut également porter attention à l'évaluation des guildes d'espèces (celles qui partagent le même habitat, par exemple). Les promoteurs doivent tenir compte des effets au niveau des espèces et des communautés; des problématiques telles que la compétition accrue, la prédation, le parasitisme des nids, ou encore les changements qui peuvent survenir dans la disponibilité de nourriture ou dans l'habitat doivent être examinés. Une importante composante de l'intégrité des écosystèmes est la biodiversité. Les impacts sur cette dernière doivent être minimisés par l'adoption du principe directeur selon lequel il ne doit pas y avoir de perte nette du fonctionnement écosystémique soutenu par les espèces, les populations et la diversité génétique. Les constatations établies dans une zone d'étude définie doivent être liées aux tendances des populations à l'échelle locale, régionale et nationale ainsi qu'aux problématiques de conservation.

Les études sur les effets environnementaux sont conçues pour évaluer l'environnement avant et après la perturbation par les humains. Le plan d'étude optimal comporte un ou plusieurs emplacements témoins distincts de l'emplacement de traitement, qui fait aussi l'objet d'un échantillonnage avant et après la perturbation. Dans les études d'impact environnementales, on utilise couramment un plan de comparaison avant-après avec témoin (BACI, pour Before-After-Control-Impact). La capacité des promoteurs d'atténuer les impacts est proportionnelle à la qualité du travail scientifique entrepris à l'origine pour mesurer ces effets. Dans certains cas, ces effets peuvent être déduits à partir de situations évidentes (suppression d'habitat, par exemple) ou d'expériences et d'études précédentes (prévisions de la dose-effet, par exemple). Dans le cadre des EE, il faudra bien souvent d'importantes données de référence pour déterminer quels sont les impacts et les atténuer. Les techniques servant à la réalisation du plan d'étude, de l'évaluation des types de données, des analyses statistiques, des tests de puissance ainsi qu'à la détermination de la taille de l'effet sont bien élaborées dans la documentation scientifique et on se doit d'y avoir recours.

Ce rapport présente un cadre conceptuel pour l'évaluation scientifique des impacts potentiels sur les oiseaux migrateurs ainsi qu'un aperçu des approches scientifiques, des types d'impacts et des méthodes de relevé.

La croyance implique de vous convaincre vous-même.
La science implique de convaincre les autres.

SUMMARY

The conservation of migratory birds is the responsibility of the Government of Canada. Environment Canada (EC) is the lead federal department for migratory bird conservation in Canada as mandated by the *Migratory Birds Convention Act, 1994*. As such, EC is recognized as the agency responsible for, and a source of expert information on, migratory birds in environmental assessment (EA). The Canadian Environmental Assessment Act (CEAA) is a planning and decision making tool used by the federal government to identify environmental effects and required mitigation and determine if significant environmental effects are likely. An EA determination should be based on technical analyses, stakeholder/public input, and supported by a strong rationale and well documented information. An independent reviewer reading the EA report should be able to come to the same conclusions, based on the information and rationale provided. This Technical Report was designed to help proponents make scientifically based conclusions on potential and realized project impacts on birds, and to evaluate the effectiveness of mitigation strategies in support of the EA decision making process.

Projects and human perturbations may affect migratory birds in a variety of ways from changing abundance, demography and behaviour to habitat loss and alteration. Project scoping can identify issues where data requirements may vary considerably. Scientific credibility is based on the collection of baseline information, and the use of valid data collection techniques, statistical analyses, results interpretation, discussion, and presentation. The scientific approach requires application of standard data collection protocols, and syntheses of many aspects of theoretical ecology and statistics that are supported in the scientific literature. Most of all, delivery of science-based information on environmental effects requires a concerted commitment to the principles of ecological risk assessment, environmental effects monitoring and follow-up studies. The scientific information and process used to reach conclusions in EA need to be understandable and publically defensible.

A scientific framework for determining and managing effects of projects on birds was developed (Figure 1). Through a comprehensive review of existing literature and information, and in consultation with EC, persons undertaking EAs should first define study areas, identify existing baseline information and information gaps, and highlight potential effects of proposed project. By determining indicators of predicted effects, cost-effective assessments can be designed that measure the effects directly or indirectly. The next critical step is the development of ecological hypotheses, and a conceptual model that sets the stage for the development of cost-effective sampling design, statistical analyses, testing of hypotheses and interpretation of results. The priority is to avoid, and secondly to mitigate, negative impacts in order to support sustainable development. Because the magnitude of many impacts is unknown at the time of the EA, follow-up monitoring studies are often necessary. Persons undertaking EAs should apply the precautionary principle when data, scientific knowledge or understanding are limited or have high uncertainty. Environmental effects monitoring and follow-up studies provide the information required for adaptive management to further refine mitigation of effects.

In order to predict, study and manage the effects of a project on migratory birds, it is important to implement an ecosystem-based approach that identifies valued ecosystem components and surrogates, including species at risk, indicator, keystone, umbrella, flagship, and economically important species. This approach also considers landscape-level issues, such as the degree of fragmentation and connectivity of habitats expected after construction of proposed projects. While emphasis is habitat-centred, there needs to be a focus on assessing guilds of species (e.g., those sharing the same habitat). Proponents should consider potential effects at the level of species and communities; issues such as increased competition, predation, brood parasitism, and/or shifts that might occur in food availability and habitat need to be examined. An important component of ecosystem integrity is biodiversity. Impacts on biological diversity should be minimized by adopting the guiding principle of no net loss of the ecosystem function supported by species, populations and/or genetic diversity. Findings within a defined study area need to be related to local, regional and national population level trends, and conservation issues.

Environmental effects studies are designed to assess the environment before and after the human perturbation. The optimal study design has one or more control sites separate from the treatment site that is similarly sampled before and after the perturbation. The Before-After-Control-Impact (BACI) study design is commonly used in studies of environmental impact. The ability for proponents to mitigate impacts is commensurate with the quality of the scientific work undertaken to initially measure effects. In some cases these can be inferred from obvious situations (e.g., removal of habitat) or previous experience and studies (e.g., dose-response predictions). EAs oftentimes will require significant pre-development data in order to identify and mitigate impacts. Techniques to address study design, assessment of data types, statistical analyses, power tests and determination of effect size are well developed in the scientific literature and should be used.

This report provides a conceptual framework for scientifically assessing potential impacts on migratory birds and an overview of scientific approaches, impact types, and survey methods.

Belief involves convincing yourself.
Science involves convincing others.

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	1
1.1 Objet du Rapport technique	1
1.2 La <i>Loi canadienne sur l'évaluation environnementale</i>	5
1.3 La <i>Loi de 1994 sur la convention concernant les oiseaux migrateurs</i>	7
1.4 Lignes directrices précédentes	7
2. PRATIQUES SCIENTIFIQUES ET ÉCOLOGIQUES EXEMPLAIRES À L'APPUI DE L'EE	8
2.1. La science à l'appui de l'EE	8
2.2 La méthode scientifique	10
2.3 Approche écosystémique	11
2.4 Principe de précaution et gestion adaptative	12
3. CONSIDÉRATIONS LIÉES AU PLAN D'ÉTUDE	13
3.1 Déterminer les problèmes et questions d'ordre général	13
3.2 Déterminer le niveau de signification	14
3.3 Délimiter la zone d'étude	16
3.4 Obtenir de l'information de référence	16
3.5 Réaliser l'inventaire préliminaire	21
3.6 Déterminer les impacts potentiels	21
3.7 Évaluer les impacts sur l'habitat	22
3.8 Évaluer les impacts sur les individus ou les populations	23
3.9 Évaluer les impacts sur le comportement	24
3.10 Évaluer l'efficacité des mesures d'atténuation	24
3.11 Intégrer le plan d'étude des effets environnementaux	25
4. ASPECTS STATISTIQUES DU PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE	27
4.1 Choix des variables	27
4.2 Exigences en matière de taille d'échantillon	29
4.3 Définir la taille de l'effet	30
4.4 Cas particulier des espèces rares	31
5. MÉTHODES DE RELEVÉS	32
5.1 Qualifications de l'équipe	32
5.2 Choix d'un protocole en matière de relevés	32
6. ANALYSES STATISTIQUES	33
6.1 Procédures statistiques à une variable	33
6.2 Procédures statistiques à plusieurs variables	34
6.3 Suivi démographique et modélisation	35
7. PRÉSENTATION DE L'INFORMATION ET DES DONNÉES	36
7.1 Présentation de l'information	36
7.2 Stockage et consultation des données	36

8. CONCLUSIONS SCIENTIFIQUEMENT DÉFENDABLES	37
9. LISTE DE CONTRÔLE DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS D'UNE EE	38
10. MOT DE LA FIN.....	38
11. BIBLIOGRAPHIE.....	40
ANNEXE 1 – IMPACTS POSSIBLES SUR LES HABITATS DES OISEAUX ET INDICATEURS DE L'EFFET	48
ANNEXE 2 – EXEMPLES DE TYPES DE PROJETS ET SÉQUENCES POSSIBLES DES EFFETS	49
ANNEXE 3 – TYPES DE PROJETS ET TECHNIQUES D'ÉVALUATION DES IMPACTS SUR LES OISEAUX MIGRATEURS.....	52
ANNEXE 4 – TECHNIQUES DE RELEVÉS POUR CALCULER LE NOMBRE OU LA DENSITÉ DES OISEAUX MIGRATEURS DANS DIVERS HABITATS.....	60
ANNEXE 5 – MODÈLES DE PLANS DE COMPARAISON AVANT-APRÈS AVEC TÉMOIN (BACI)	65
ANNEXE 6 – CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA DISTRIBUTION DES DONNÉES SPATIALES.....	66
ANNEXE 7 – CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA DISTRIBUTION DES DONNÉES TEMPORELLES	66
ANNEXE 8 – CONSIDÉRATIONS STATISTIQUES ET APPLICATIONS APPROPRIÉES.....	67

1. INTRODUCTION

1.1 Objet du Rapport technique

La responsabilité de la conservation des oiseaux migrateurs incombe au gouvernement du Canada et découle de la signature, en 1916, d'un traité international, la *Convention concernant les oiseaux migrateurs*. Environnement Canada (EC) est le principal ministère fédéral responsable de la conservation des oiseaux migrateurs au Canada, tel que le prévoit la *Loi de 1994 sur la convention concernant les oiseaux migrateurs*. À ce titre, Environnement Canada est reconnu comme l'organisme responsable du volet sur les oiseaux migrateurs dans le cadre des évaluations environnementales (EE) et comme source d'informations spécialisées à ce sujet. La *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCEE) est un outil de planification et de prise de décision utilisé par le gouvernement fédéral pour déterminer les effets environnementaux et les mesures d'atténuation nécessaires, pour établir la probabilité d'effets environnementaux importants, et pour dispenser l'information en vue de décider s'il faut ou non appuyer un projet. Une détermination de l'évaluation environnementale doit reposer sur des analyses techniques ainsi que sur la participation des intervenants ou du public, et s'appuyer sur une justification acceptable et des informations bien étayées. Une personne indépendante qui lirait un rapport d'évaluation environnementale devrait être en mesure, en se basant sur l'information et la justification fournies, d'en arriver aux mêmes conclusions. Le présent rapport technique a été conçu pour aider les promoteurs à tirer des conclusions scientifiques relativement aux impacts sur les oiseaux de projets éventuels et déjà réalisés, et à évaluer l'efficacité des stratégies d'atténuation à l'appui du processus décisionnel dans le cadre de l'évaluation environnementale.

Bien que seules les espèces d'oiseaux mentionnées dans la LCOM soient de compétence fédérale, ce rapport technique présente des conseils sur le plan d'étude et les méthodes de relevés qui conviennent à la cueillette d'informations sur toutes les espèces. Nous rappelons aux promoteurs que les espèces d'oiseaux non visées par la LCOM sont de compétence provinciale ou territoriale. Les protocoles suggérés dans ce document ne visent pas à remplacer les informations fournies par les autorités provinciales ou territoriales. On encourage instamment les promoteurs à communiquer avec ces instances pour déterminer quelles sont les exigences ou les attentes auxquelles ils doivent répondre en ce qui a trait à la surveillance des oiseaux avant et après la construction.

Ce rapport technique a été préparé à des fins d'information seulement. Il a été rédigé en vue d'une application générale et ne tient pas compte des circonstances spécifiques qui peuvent caractériser une évaluation en particulier. Les renseignements fournis ne remplacent pas la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCEE), la *Loi sur les espèces en péril* (LEP), la *Loi de 1994 sur la convention concernant les oiseaux migrateurs* (LCOM) ou tout règlement qui découle de ces lois. En cas d'incompatibilité entre le présent rapport technique et les lois ou les règlements, ce sont ces derniers qui ont préséance. L'information officielle sur la LCOM, la LEP et la LCEE peut être consultée dans les textes juridiques de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*, la *Loi sur les espèces en péril* et la *Loi de 1994 sur la convention concernant les oiseaux migrateurs*, disponibles sur le site Web du ministère de la Justice Canada à l'adresse suivante : <http://laws.justice.gc.ca/fra/PagePrincipale>.

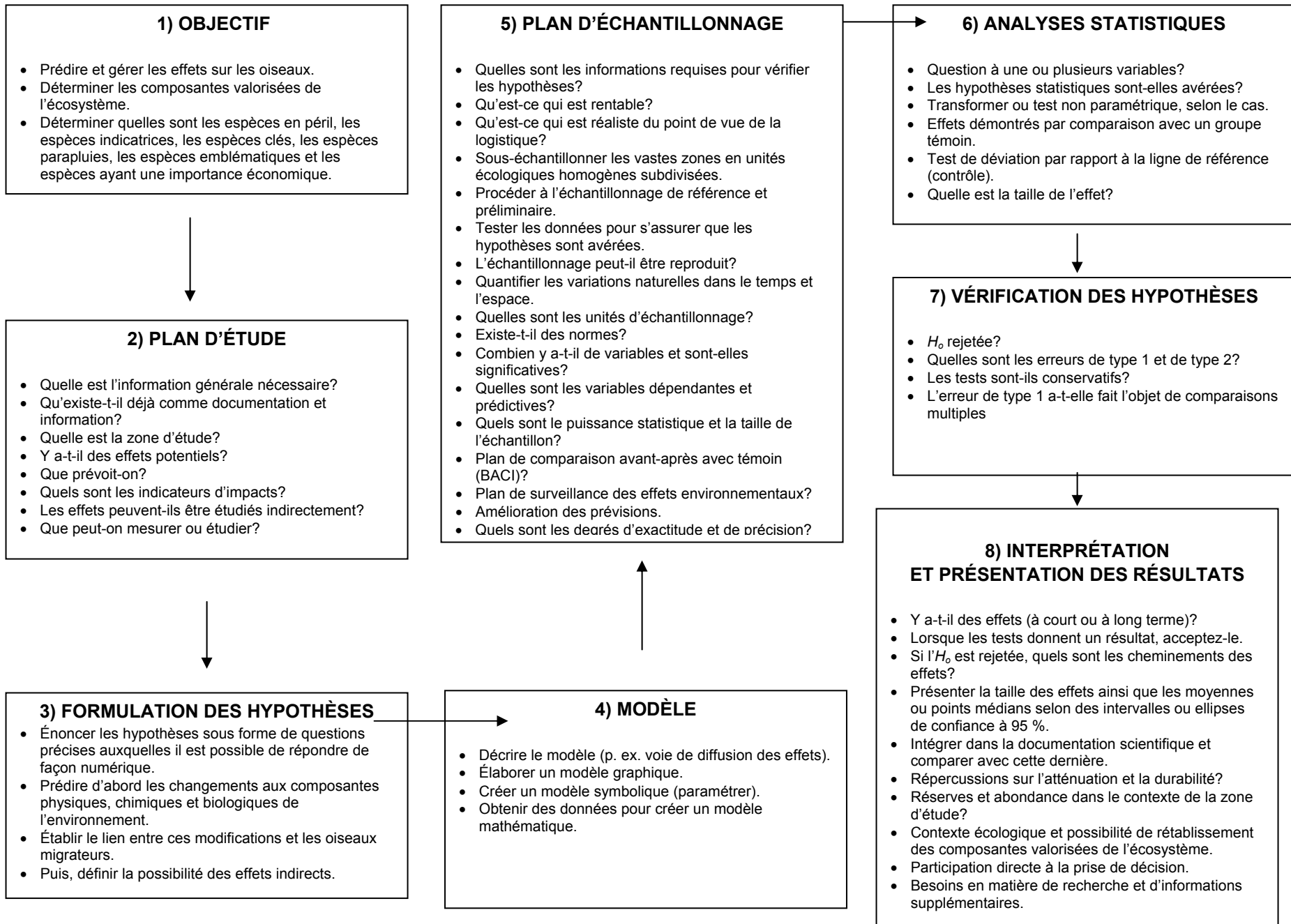


Figure 1 – Cadre scientifique pour déterminer les effets potentiels des projets sur les oiseaux migrateurs.

Le processus d'évaluation environnementale doit être une séquence logique qui débute par la collecte de renseignements et de données de référence et se termine par le suivi des effets environnementaux en passant par la prédiction des impacts et la vérification de l'hypothèse. Le processus d'EE doit justifier des conclusions scientifiquement défendables au sujet des impacts possibles d'un projet sur les oiseaux migrateurs et, par extension, des décisions publiquement défendables au sujet de la probabilité d'effets environnementaux négatifs importants. Un fondement scientifique solide pour prédire et mesurer les effets sur les oiseaux migrateurs doit être guidé par des protocoles standardisés de recherche sur le terrain qui peuvent varier en fonction des espèces, des saisons et du lieu. L'application des approches d'analyse statistique et une présentation succincte des constatations peuvent fournir une estimation claire des effets, de la taille des effets significatifs, de la certitude et des mesures d'atténuation possibles (figure 1).

« La connaissance d'un grand nombre de faits ne mène pas à la compréhension à moins que l'on saisisse également comment ces faits sont liés entre eux. »

[Traduction libre]

Peter Kosso (2007)

Bien que les types et la quantité de données requises pour une EE varient d'un projet à l'autre, une approche scientifique en matière d'évaluation environnementale est applicable à toutes les EE. Une approche scientifique pour l'EE ne requiert pas nécessairement plus d'échantillonnage, une portée plus vaste, plus de variables ou des coûts additionnels; il s'agit principalement d'utiliser les données colligées pour fournir de l'information valide sur les impacts possibles d'un projet et des conclusions défendables. Il a été affirmé que ce qui peut être qualifié de « fait » constitue la question centrale de la gestion des ressources et de l'environnement (Susskind *et al.* 2007), et des critiques ont été formulées à l'endroit du processus d'EE au Canada (Nikiforuk, 1997; Gibson, 2002). Cependant, au cours des dernières années, on a accordé peu d'attention aux principes scientifiques de l'EE (Baker et Rapaport, 2005; Noble, 2006). Il est important que ceux qui procèdent à des EE respectent les principes scientifiques dans leur démarche de prévision des impacts et de formulation des conclusions (p. ex. Beanlands et Duinker, 1983; Green, 1979). L'EE doit être considérée dans le contexte d'une évaluation environnementale des risques et non simplement comme un obstacle administratif qu'il faut surmonter afin d'obtenir un permis en vue d'entreprendre un projet.

Selon la décision de la Cour fédérale prononcée le 5 mars 2008, le rapport de la Commission d'examen conjoint du projet d'exploitation des sables bitumineux Kearl mise de l'avant par Imperial Oil ne fournissait pas de justification à ses conclusions sur les émissions de gaz à effets de serre. Par conséquent, la Cour a renvoyé l'affaire à la même commission d'examen pour qu'elle fournisse des motifs étayant ses conclusions. [Traduction]

1.2 La Loi canadienne sur l'évaluation environnementale

Le mandat de conservation et de protection des oiseaux migrateurs du gouvernement du Canada découle de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCEE) qui entre en jeu lorsqu'un projet concerne tout particulièrement des terres domaniales et du financement fédéral, ou lorsqu'on demande à une autorité fédérale de délivrer une licence, un permis, un certificat ou toute autre autorisation réglementaire prévue par le *Règlement sur les dispositions législatives et réglementaires désignées* (voir la figure 2a sur le site Web de la LCEE, www.ceaa-acee.gc.ca). Bien qu'Environnement Canada soit l'autorité judiciaire en matière d'oiseaux migrateurs au Canada, la vaste majorité des oiseaux migrateurs du pays occupent des habitats qui ne sont pas de compétence fédérale ou qui n'appartiennent pas au gouvernement fédéral. Par conséquent, Environnement Canada travaille en collaboration avec les propriétaires fonciers provinciaux, territoriaux et privés au moment d'évaluer les impacts possibles sur l'environnement de projets d'exploitation. Environnement Canada a déjà présenté des lignes directrices pour les EE qui traitent d'importants concepts et principes nécessaires à l'évaluation des impacts possibles de projets sur les oiseaux migrateurs (Milko, 1998a, 1998b, 1998c).

Une EE peut être soumise à la *LCEE*, à la législation provinciale en matière d'EE ou à un contexte législatif qui fait intervenir de multiples ordres de gouvernement. Au début, Environnement Canada examine l'EE pour déterminer s'il est nécessaire d'approfondir l'évaluation en ce qui a trait aux oiseaux migrateurs, répertorie d'autres champs d'expertise (c.-à-d. qui devrait intervenir), aide à l'élaboration de lignes directrices pour la détermination de la portée et fournit de l'encadrement aux promoteurs. Environnement Canada examine les rapports d'EE et les analyses à l'appui afin d'en évaluer la conformité aux lignes directrices et de juger de la précision des effets prédits et de l'efficacité des mesures d'atténuation proposées. Les programmes d'atténuation et de suivi sont ensuite mis en œuvre tel que requis (figure 2).

Le 27 janvier 2009, la décision de la Commission d'examen conjoint, créée par le ministre de l'Environnement fédéral et l'Alberta Energy and Utilities Board, consistait à dire que la demande déposée par EnCana pour obtenir un permis de forage de trois puits ne comportait pas d'évaluations préalables avant perturbation complètes et à jour relativement aux sites de forage proposés. Étant donné cette lacune, la Commission n'a pas été en mesure d'évaluer entièrement les impacts environnementaux possibles des trois puits proposés, tel que requis par l'article 3 de l'*Energy Resources Conservation Act* et, par conséquent, la Commission a établi qu'il n'était pas dans l'intérêt du public d'approuver pour le moment cette demande de permis. [Traduction]

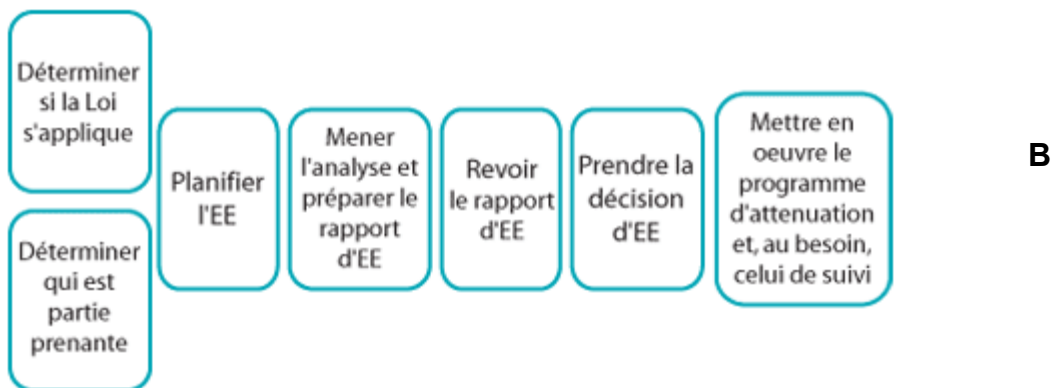
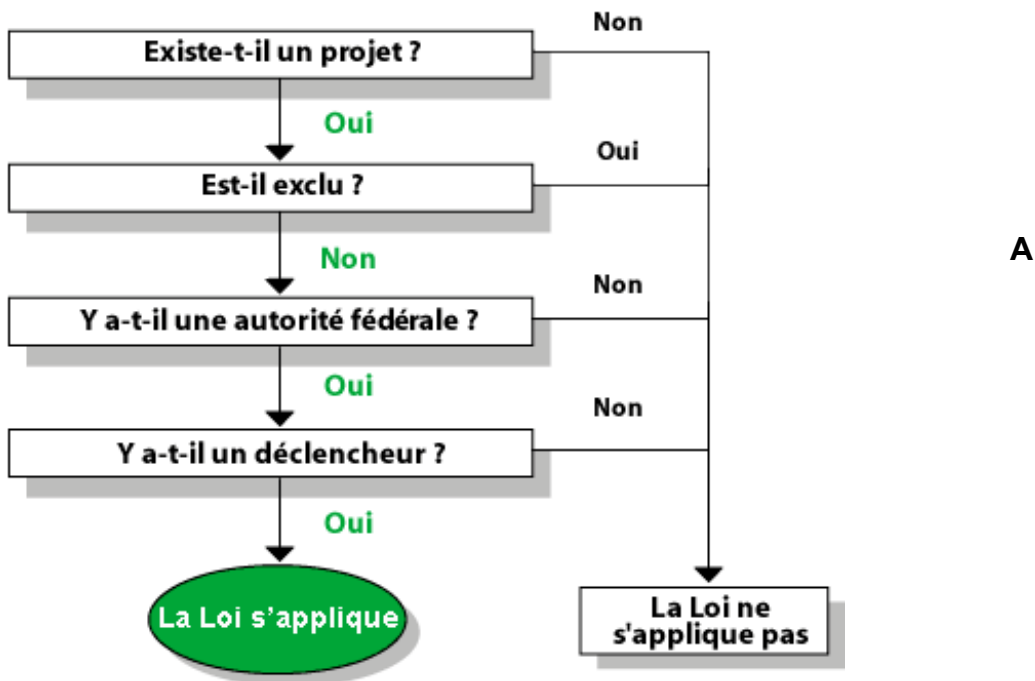


Figure 2 – Schéma d'application de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* de l'Agence canadienne d'évaluation environnementale (A) et organigramme d'élaboration et d'approbation d'une évaluation environnementale (B). Pour obtenir une description complète de la figure, consulter le site www.ceaa-acee.gc.ca.

1.3 La Loi de 1994 sur la convention concernant les oiseaux migrateurs

Le Canada et les États-Unis ont signé la *Convention concernant les oiseaux migrateurs* en 1916 afin d'empêcher les prises excessives d'oiseaux migrateurs et pour assurer la préservation de ces derniers. La *Convention* comporte un système de protection coordonné entre les deux pays qui a incité la Grande-Bretagne, au nom du Canada, à adopter, en 1917, la *Loi sur la convention concernant les oiseaux migrateurs* (LCOM), et les États-Unis à adopter la *Migratory Bird Treaty Act*, en 1918. La LCOM a été remise à jour en entier en 1994 et s'intitule maintenant la *Loi de 1994 sur la convention concernant les oiseaux migrateurs*. D'autres amendements y ont été apportés en 2005, y compris des dispositions d'application plus sévères et une augmentation importante des pénalités. Il incombe au gouvernement fédéral du Canada de protéger et de conserver les quelque 400 espèces courantes d'oiseaux migrateurs du Canada. Le Service canadien de la faune (1991) présente la liste des espèces d'oiseaux protégés en vertu de la LCOM, qui dérive de l'article 1 de la *Convention*. Cette liste comprend tous les oiseaux marins (sauf le cormoran et le pélican), toute la sauvagine, les oiseaux de rivage et la plupart des oiseaux terrestres (oiseaux ayant principalement un cycle de vie en milieu terrestre). Les oiseaux migrateurs peuvent résider ici de façon saisonnière ou permanente, migrer ou être de passage dans une « zone d'étude » définie.

Le but de la LCOM est la protection et la conservation des oiseaux migrateurs en tant qu'individus et populations. L'article 6 du *Règlement sur les oiseaux migrateurs* (ROM) interdit de déranger, de détruire ou de prendre un nid ou un œuf d'un oiseau migrateur; d'avoir en sa possession un oiseau migrateur vivant, ou la carcasse, la peau, le nid ou les œufs d'un oiseau migrateur à moins d'être le titulaire d'un permis délivré à cette fin. Il est important de mentionner qu'aux termes du ROM actuel, la prise accessoire d'oiseaux migrateurs dans le cadre de travaux ou d'autres activités économiques est illégale. L'article 5.1 de la LCOM interdit également le dépôt de substances nuisibles pour les oiseaux migrateurs dans l'eau ou dans une zone fréquentée par ces oiseaux, ou dans un endroit où de telles substances peuvent pénétrer dans ces eaux. Depuis 2002, les espèces d'oiseaux migrateurs en péril, menacées et en voie de disparition (espèces, sous-espèces, populations distinctes) sont protégées par les dispositions législatives fédérales de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP).

Dans le cadre du mandat de conservation des oiseaux migrateurs, Environnement Canada peut déterminer les exigences en matière d'information auxquelles un promoteur doit répondre lorsqu'il cherche à faire approuver un projet visé par la législation sur l'EE. Ce Rapport technique a été élaboré dans le but de fournir des lignes directrices aux promoteurs, aux consultants et aux organismes de réglementation quant aux besoins en matière de données et d'informations de référence qui constituent un préalable pour prédire scientifiquement les effets environnementaux possibles de projets sur les oiseaux migrateurs.

1.4 Lignes directrices précédentes

Milko (1998a, 1998b, 1998c) a présenté des lignes directrices sur l'évaluation des impacts possibles sur les oiseaux migrateurs, l'habitat forestier des oiseaux migrateurs ainsi que les milieux humides. Ces documents d'orientation ont été élaborés pour déterminer le type d'informations et d'analyses qu'Environnement Canada s'attend à trouver dans une EE qui

porte sur les impacts sur les oiseaux migrateurs. Kirk (2000) a fourni de l'information sur la manière de déterminer les impacts sur les oiseaux et d'élaborer un système de soutien à la prise de décisions. Les personnes qui entreprennent une EE doivent consulter le site Web de l'Agence canadienne d'évaluation environnementale, citée ici sous le nom d'ACEE, pour obtenir les renseignements qui pourraient y être ajoutés à l'avenir (www.ceaa-acee.gc.ca).

Lynch-Stewart (2004) a présenté de l'information sur l'EE et les espèces sauvages en péril. Récemment, des lignes directrices ont été élaborées pour expliquer l'information requise en vue d'évaluer les impacts possibles des projets d'énergie d'éolienne sur les oiseaux migrateurs (Environnement Canada, 2007a et 2007b).

2. PRATIQUES SCIENTIFIQUES ET ÉCOLOGIQUES EXEMPLAIRES À L'APPUI DE L'EE

2.1. La science à l'appui de l'EE

L'EE offre une occasion d'évaluer les effets environnementaux possibles des projets proposés sur les oiseaux migrateurs, afin que des décisions éclairées puissent être prises en vue de minimiser les impacts sur les oiseaux et leur habitat, avant le début desdits projets. Le type et la quantité d'informations qui doivent être inclus dans les documents d'EE, et qui sont nécessaires pour tirer des conclusions scientifiquement et publiquement défendables, sont tributaires des particularités du projet et sont directement proportionnelles aux possibilités d'effets nuisibles (ACEE, 2007a,b,c,d). Diverses méthodes quantitatives et qualitatives sont utilisées pour prédire les effets des projets, y compris des modèles mathématiques et physiques, des expériences de laboratoire et sur le terrain ainsi que des études de cas et sur le terrain (ACEE, 2007a). La question à savoir si une conclusion scientifique est nécessaire pour fournir la justification d'une détermination dépendra également du projet. En général, une approche scientifique en matière d'EE peut se révéler avantageuse pour toutes les parties concernées puisqu'elle peut donner lieu à des décisions fondées sur de l'information solide et crédible.

« Le rapport d'EE étaye le processus, les méthodes et les décisions appliqués au cours de la planification et de l'analyse de l'EE; il justifie les constatations et les recommandations découlant de l'analyse. La décision de l'EE doit toujours tenir compte des conclusions sur l'importance des effets environnementaux négatifs résiduels tels que précisés dans le rapport préalable. Le rapport d'EE justifie le processus décisionnel relatif à l'EE car il explique clairement les fondements de la détermination de l'importance des impacts. Une personne indépendante qui lirait un rapport d'évaluation environnementale devrait être en mesure d'en arriver aux mêmes conclusions, à partir de l'information et de la justification fournies. Toute controverse, critique ou remise en question de la décision de l'EE portera sur le contenu du rapport d'EE et les justifications fournies. » [Traduction]

Agence canadienne d'évaluation environnementale (2007a)

Selon l'ACEE (2007a), l'examen d'un rapport d'EE vise à s'assurer que :

- 1) les effets ont été adéquatement cernés et évalués;
- 2) le processus d'EE est transparent;
- 3) le rapport contient de l'information précise et des renseignements à l'appui capables de résister à un examen approfondi par le public ou par un tiers;
- 4) l'information présentée est adéquate pour appuyer le processus décisionnel du gouvernement;
- 5) sur le plan juridique, l'évaluation est conforme à la législation sur l'EE de la province ou du territoire concerné.

La décision de l'EE doit reposer sur des analyses techniques et sur les commentaires des parties concernées ou du public, et être soutenue par une justification acceptable et des informations bien étayées (ACEE, 2007a). Une EE qui est crédible scientifiquement réduit le risque que des groupes professionnels ou sociaux en critiquent le processus et les décisions subséquentes (voir Matthews, 1975; Schindler, 1976; Rosenberg *et al.*, 1981). Si l'autorité responsable conclut qu'il n'est pas clair que la réalisation du projet est susceptible d'entraîner des effets environnementaux négatifs importants, elle doit s'adresser au ministre pour une médiation ou un examen par une commission (LCEE, sous-alinéa 20(1)c(i)).

L'EE en elle-même fournit rarement une certitude absolue quant à la présence ou l'absence d'un effet parce que les travaux ou la perturbation en sont en général à l'étape de proposition et que les mesures et les impacts ne sont pas encore chose concrète. L'EE doit inclure une surveillance après projet lorsqu'on est en présence d'une incertitude raisonnable quant à savoir si des résultats prévus se réaliseront; cela s'applique également à l'efficacité des mesures d'atténuation (ACEE, 2007b). Afin de traiter réellement des impacts possibles sur l'environnement, il est nécessaire de quantifier la variation naturelle de l'écosystème et de la comparer avec la variation qui apparaît dans les « indicateurs » à la suite de la réalisation du projet. Lorsque les connaissances sont insuffisantes pour prédire l'impact sur l'environnement en toute confiance, il faut assurer une surveillance après la réalisation des travaux (« suivi »). Un cadre scientifique pour la collecte de données et pour l'établissement des conditions de référence est essentiel si l'on veut tirer des conclusions en se fondant sur la surveillance effectuée après la réalisation des travaux.

« Il peut être difficile de tirer des conclusions du programme de suivi si l'on comprend mal les conditions de référence et les tendances écologiques et si les prédictions quant aux effets environnementaux étaient vagues et qualitatives. »

ACEE (2007a)

Green (1984) insiste sur le fait qu'il faut, au préalable, un bon plan d'études environnementales validé au moyen d'un échantillonnage préliminaire pour que les résultats ultérieurs soient concluants. Les études environnementales doivent être constituées d'une suite logique formée d'objectifs, de questions, d'hypothèses, de modèles, de plans d'échantillonnage, d'analyses statistiques, de vérification des hypothèses, et d'interprétations

et de présentation des résultats (figure 1). Il ne peut y avoir de progrès dans la pratique de l'EE et dans la compréhension de la réaction d'un écosystème à la suite de perturbations que si l'on peut comparer les attentes (prévisions) aux résultats concrets, et ce, grâce à la mesure et à l'analyse des résultats. La publication de résultats rigoureux peut se révéler avantageuse pour la communauté scientifique dans son ensemble et améliorer la certitude des prévisions dans le cadre des futurs projets.

« Résoudre un problème ne consiste en rien de plus que le présenter d'une manière telle que la solution devient évidente. » [Traduction]

- Herbert Simon, MIT, prix Nobel d'économie, 1978

2.2 La méthode scientifique

Si les décisions sont réputées être fondées sur la science, alors on doit respecter les définitions techniquement et publiquement admises de ce que sont la science (Kuhn, 1970), la méthode scientifique (Peters, 1991), le raisonnement scientifique (Giere, 1991) et le code de déontologie scientifique (Committee on Science, Engineering, and Public Policy, 2009). Dans le dictionnaire Webster (1975), **méthode scientifique** s'entend d'« une méthode de recherche qui comprend la définition d'un problème, la collecte de données, l'ébauche d'une hypothèse et sa mise à l'épreuve empirique. » [Traduction] Dans le contexte de l'EE, les attentes du public à l'égard de ce que comporte la méthode scientifique ont tout autant d'importance (voir p. ex. la définition ci-après tirée de la version anglaise de Wikipédia).

Une perception publique de la méthode scientifique (version anglaise de Wikipédia, consultée le 15 avril 2009)

On appelle méthode scientifique l'ensemble des techniques servant à l'étude de phénomènes, à l'acquisition de nouvelles connaissances, ou à la correction et à l'intégration de connaissances préalables. Elle se fonde sur la collecte d'éléments de preuve observables, empiriques et mesurables, soumis à des principes de raisonnement bien précis. La méthode scientifique comporte la collecte de données par l'observation et l'expérimentation, ainsi que la formulation d'hypothèses et leur mise à l'épreuve. Les chercheurs scientifiques proposent des hypothèses à titre d'explications de phénomènes et conçoivent des études expérimentales pour mettre ces hypothèses à l'épreuve. Ces étapes doivent pouvoir être reproduites afin de prédire les résultats à venir de manière fiable. Ce processus vise à réduire l'interprétation partielle des résultats. On s'attend aussi à ce que toutes les données et la méthodologie soient étayées, archivées et communiquées afin qu'elles puissent être disponibles pour un examen en profondeur par d'autres scientifiques, ce qui permet à d'autres chercheurs de vérifier les résultats en tentant de les reproduire. Cette pratique, appelée *divulgaration de toute information*, permet également de mesurer statistiquement la fiabilité des données. [Traduction]

La science peut contribuer à l'EE au niveau des applications lorsque des hypothèses vérifiables formulées permettent la mesure de variables de l'environnement (Raybould, 2006). Il est important de mentionner que la méthode scientifique a trait non seulement à la mise à l'épreuve des hypothèses, mais aussi à la présentation des données et des statistiques connexes ainsi qu'à l'obligation de veiller à ce qu'il s'agisse d'un processus objectif et transparent. Les prévisions quantitatives permettent d'obtenir des mesures solidement fondées, contrairement aux études descriptives qui ne permettent pas en soi de tirer des conclusions. Les études descriptives sont valables dans la mesure où elles servent à diriger et à orienter les études environnementales à long terme, parce qu'elles fournissent le fondement de la conceptualisation et de la formulation d'hypothèses de travail (Beanlands et Duinker, 1983). Dans sa forme la plus simple, l'hypothèse nulle veut que la perturbation humaine en question n'ait aucun effet important sur les oiseaux migrateurs.

Une EE publiquement défendable doit reposer sur un paradigme scientifique qui peut être formulé ainsi :

Hypothèse nulle (H_0) : Le projet ou la perturbation n'aura aucun effet important sur les (populations d') oiseaux migrateurs.

Hypothèse alternative (H_A) : Le projet ou la perturbation aura un effet important sur les (populations d') oiseaux migrateurs.

Comme nous le verrons à la section 3, l'importance des impacts peut être mesurée sur le plan statistique, biologique, environnemental ou sociétal. Dans le cadre de la mise à l'épreuve de l'hypothèse, l'hypothèse nulle énonce qu'il n'y aura pas d'impact statistiquement significatif. Une série de prévisions quant aux éventuelles conséquences négatives découle de ce paradigme fondamental. Les organismes de réglementation demandent aux promoteurs de mener des études qui traitent de ces préoccupations. Nous verrons toutefois à la section 3 que l'approche scientifique en matière d'EE est plus large que la seule mise à l'épreuve d'une hypothèse nulle (Germano, 1999, par exemple).

2.3 Approche écosystémique

De plus en plus, les EE sur les oiseaux migrateurs se concentrent sur les espèces préoccupantes, la biodiversité et les écosystèmes (voir www.ceaa-acee.gc.ca). Un objectif important consiste à adopter une approche écosystémique, qui a été décrite comme la planification de la conservation afin de protéger, maintenir et restaurer, s'il y a lieu, des écosystèmes pleinement fonctionnels à toutes les échelles spatiales et temporelles, par la conception d'activités humaines qui cadrent avec les contraintes du développement durable. Une EE ne doit pas uniquement être défendable scientifiquement, elle doit aussi être réalisée dans un contexte écosystémique (Milko, 1998a). Les écosystèmes sont dynamiques et les changements (variations) sont des processus écologiques normaux. Néanmoins, les projets entraînent souvent des changements qui vont au-delà de la gamme des variations naturelles (p. ex. amplitude, taux, étendue). L'utilisation inappropriée des écosystèmes et des paysages

par l'humain peut avoir de graves impacts négatifs écologiques, sociaux, économiques et culturels à long terme (Hammond, 2002).

En prenant en considération les effets sur les oiseaux migrateurs, une approche écosystémique exige de se pencher sur des questions à l'échelle du paysage telles que le degré de fragmentation et de connectivité des habitats auquel on s'attend après la construction des projets proposés. Bien que l'accent soit mis principalement sur l'habitat, il faut également porter attention à l'évaluation des guildes d'espèces (celles qui partagent le même habitat, par exemple; Kirk, 2000). Les promoteurs doivent tenir compte des effets possibles à l'échelle des espèces et des communautés en examinant des questions telles que l'éventualité de changements à la compétition, la prédation, le parasitisme des nids, ou encore les changements qui peuvent survenir dans la disponibilité de nourriture ou dans l'habitat. Les constatations établies dans une zone d'étude définie doivent être mises en lien avec les tendances à l'échelle des populations locales, régionales et nationales ainsi qu'aux questions de conservation.

Une importante composante de l'intégrité de l'écosystème est la biodiversité, et les personnes qui entreprennent des EE doivent minimiser les impacts sur la diversité biologique en adoptant le principe directeur selon lequel il ne doit pas y avoir de perte nette du fonctionnement écosystémique, de la connectivité des habitats, des populations d'espèces ou de la diversité génétique. Dans l'EE, les considérations générales de la biodiversité comprennent la définition des paramètres spatiaux qui caractérisent les processus et les composantes écologiques afin de fournir un contexte régional pour l'analyse d'impact d'un projet proposé (Environnement Canada, 1996). Une attention particulière doit être portée aux espèces en péril (Lynch-Stewart, 2004).

L'atténuation des impacts doit être élaborée de façon similaire dans le contexte de la conservation de l'écosystème afin de maintenir la biodiversité naturelle. Par exemple, la restauration du paysage « naturel » à la suite d'une construction doit recourir aux espèces de plantes indigènes de cette région, et des techniques de précaution doivent être appliquées pour réduire le risque d'introduction d'espèces exotiques dans les communautés de plantes qui occupent des zones relativement vierges.

2.4 Principe de précaution et gestion adaptative

Une composante essentielle de l'EE est la prédiction des modifications aux conditions de référence en raison de perturbations causées par l'homme ainsi que la vérification et la quantification des prévisions au cours de la surveillance effectuée après les travaux. Un des rôles principaux d'une EE consiste à déterminer les effets négatifs possibles qui nécessiteront des mesures d'atténuation. Idéalement, les effets négatifs des perturbations causées par l'homme doivent être évités. Pour qu'une approche écosystémique soit efficace, ses lignes directrices doivent comprendre le *principe de précaution* puisqu'il y a toujours un certain degré d'incertitude scientifique inhérent au fonctionnement d'un écosystème. Les décisions, les interprétations, les plans et les activités doivent être teintés de prudence afin de protéger l'écosystème (Santillo *et al.*, 1998). La gestion adaptative est exercée selon les contraintes du

principe de précaution en ce que les mesures prises sont continuellement évaluées et optimisées pour maintenir ou restaurer la santé écologique et la diversité biologique (Hammond, 2002).

Puisque les promoteurs désirent que leurs projets démarrent le plus tôt possible, il est souvent nécessaire qu'ils s'engagent à mener d'autres études après la réalisation et l'approbation de l'EE. L'évaluation environnementale porte surtout sur la prédiction des impacts et il faut donc qu'il y ait un engagement à l'égard de la surveillance des conditions environnementales après la réalisation des travaux lorsque la certitude quant aux résultats prédits est limitée (Duinker, 1989). L'information tirée de la surveillance après la réalisation des travaux doit être utilisée pour accroître la certitude des résultats prédits à l'avenir. La durée de cette surveillance sera basée sur la variabilité temporelle des variables répondantes choisies et le décalage prévu entre le projet et son impact sur chacune de ces variables répondantes. Étant donné qu'une surveillance continue peut être nécessaire pendant plusieurs années après la fin du projet, le choix judicieux des variables répondantes et le développement d'un plan d'étude approprié sont importants. Les lignes directrices en ce qui touche la surveillance des effets sont expliquées par l'ACEE dans la section « programmes de suivi » (ACEE, 2007b).

3. CONSIDÉRATIONS LIÉES AU PLAN D'ÉTUDE

3.1 Déterminer les problèmes et questions d'ordre général

La détermination de la portée de l'EE établit quelle est l'information requise et la stratégie d'étude indique comment l'acquérir. Un problème doit être analysé attentivement, et on doit procéder à l'examen de la documentation et de l'information existantes avant même que les études visant à le résoudre ne débutent (Beanlands et Duinker, 1983). Les objectifs de l'étude doivent être évalués afin que les efforts consacrés se traduisent par une probabilité élevée de produire des résultats utiles. Même l'information la plus exacte et la plus détaillée qui soit a peu de valeur si les décisions sont prises sur la base d'autres considérations. L'analyse décisionnelle permet de s'assurer que le protocole scientifique, la modélisation et la collecte de données demeurent centrés sur les objectifs.

Les questions de l'étude doivent inclure :

1. Quels sont les objectifs écologiques?
2. Quelle information générale est nécessaire?
3. Quels sont les besoins précis en matière d'information?
4. Les décisions requièrent-elles une caractérisation exacte ou précise d'une variable?
5. Est-il possible d'obtenir de l'information scientifique et des tests adéquats en ce qui a trait aux effets?
6. Comment l'information sera-t-elle utilisée pour répondre aux objectifs écologiques?
7. Comment l'information particulière sera-t-elle utilisée dans le processus décisionnel?

Les perspectives écologiques générales suivantes doivent être appliquées à l'EE (Beanlands et Duinker, 1983; Orians *et al.*, 1986) :

1. S'efforcer d'élaborer un plan d'étude qui prévoit une occasion de mesurer les changements après l'amorce du projet.
2. Chercher un compromis entre l'étude des composantes valorisées de l'écosystème (CVE) et les plus proches éléments auxiliaires pour lesquels les prévisions sont possibles.
3. Tirer avantage de l'information disponible pouvant être tirée des activités naturelles et humaines ainsi que des données naturelles.
4. Centrer la collecte de données numériques sur la définition statistique de la variation naturelle des composantes environnementales dans le temps et dans l'espace.
5. Améliorer une notion d'effet environnemental jusqu'à ce qu'elle puisse être énoncée comme une question précise pour laquelle une réponse numérique est possible.
6. Tenter d'abord de prédire les modifications produites par le projet sur les composantes physiques et chimiques et leurs impacts sur les organismes. Ensuite, centrer l'attention sur les effets indirects qui se produisent par suite de modifications à l'habitat ou à l'alimentation.
7. Considérer la capacité à long terme d'un écosystème ou d'une composante de se remettre d'un impact prévu, jusqu'à prévoir la conséquence immédiate de la perturbation.

Ces considérations doivent être intégrées et développées au moyen du cadre qui indique le processus qui va de l'objectif jusqu'aux questions, aux hypothèses, aux modèles, au plan d'échantillonnage, aux analyses statistiques, à la mise à l'épreuve et à l'interprétation des hypothèses (figure 1).

3.2 Déterminer le niveau de signification

La notion d'« importance » est fondamentale en évaluation environnementale, mais constitue aussi une des plus difficiles à définir. Un des objectifs énoncés de la *LCEE* vise à s'assurer que les projets ne causent pas d'effets environnementaux négatifs importants. D'un point de vue juridique, cette détermination constitue un critère objectif, ce qui signifie que toutes les décisions consistant à déterminer si les projets sont susceptibles ou pas d'avoir des effets environnementaux négatifs doivent s'appuyer sur des constatations qui reposent sur les exigences énoncées dans la *LCEE* (www.ceaa-acee.gc.ca). La détermination de l'importance est donc plus difficile sans le soutien d'une évaluation ou d'une analyse scientifique. Nous renvoyons le lecteur au site Web de l'ACEE et aux rapports sur l'« importance » présentés en 2000. L'étude de Kirk (2000) présente un prototype d'outil de soutien à la décision pour aider à déterminer l'importance des impacts sur les oiseaux à la lumière des priorités régionales et internationales en matière de conservation; Gibson (2001) tente de lier les concepts d'importance et de durabilité. Dans le cadre d'une EE, la notion d'importance doit tenter d'englober le contexte statistique, écologie et social des impacts prédits sur les oiseaux migrateurs.

Les trois grandes étapes pour déterminer l'importance des effets sont les suivantes :

1. décider si les effets environnementaux sont négatifs,
2. décider si les effets environnementaux négatifs sont importants,
3. décider si les effets environnementaux négatifs importants sont probables.

Les effets négatifs sont réputés importants en fonction des éléments suivants : i) l'ampleur, ii) l'étendue géographique, iii) le contexte écologique, iv) les normes environnementales, et v) les analyses des risques écologiques. Un ou l'ensemble de ces aspects doit être quantifié si possible, puis son importance statistique doit être vérifiée. Les effets négatifs possibles sont par la suite examinés en profondeur dans le contexte de la probabilité de leur occurrence et de l'incertitude scientifique. Une approche statistique peut fournir une quantification directe de ces derniers paramètres qu'on pourrait nommer α et β , respectivement (voir la section sur la puissance statistique) puisque $1-\alpha$ est la probabilité qu'il y ait un effet lorsque c'est le cas, et β est la probabilité d'accepter qu'il n'y a aucun effet alors qu'il y en a un.

La détermination des effets environnementaux négatifs importants devrait inclure les considérations suivantes [adaptées de Beanlands et Duinker (1983)] :

1. Importance statistique

L'approche scientifique tente d'isoler les effets causés par l'homme de la variation naturelle, de la manière suivante : i) des mesures sont effectuées pour vérifier les modifications, ii) on suppose la détection d'un écart par rapport aux conditions de référence, ce qui implique que ces dernières doivent être connues, et iii) son interprétation adéquate requiert l'utilisation de procédures statistiques acceptables pour l'analyse de l'écart observé par rapport à la variabilité normale.

2. Importance écologique

Jugement professionnel subjectif quant à savoir si un impact prédit influe sur l'écosystème soit directement soit par l'intermédiaire d'effets sur le fonctionnement écologique et la biodiversité. Un tel jugement reconnaît qu'il est possible qu'un effet statistiquement mesurable n'ait pas d'importance sur le plan écologique (certains effets sur le comportement, par exemple).

3. Importance sociale

Les projets proposés peuvent avoir des conséquences considérables sur le plan de l'acceptation sociale, et être jugés inacceptables par les citoyens locaux dans bien des situations pour des raisons qui relèvent davantage de l'esthétique et des traditions que de l'écologie.

La définition de l'importance statistique est très précise : elle suppose que l'hypothèse nulle (aucun impact) est considérée falsifiée si la probabilité des constatations est inférieure à un certain niveau de signification (en général $\alpha = 0,05$); cela signifie qu'il y a une chance sur vingt que la condition observée se soit produite naturellement (c.-à-d. par hasard). Ainsi, la méthode scientifique peut déterminer s'il existe un effet environnemental statistiquement « important »

et fournir une mesure de la taille de cet effet. En théorie, on peut situer le tout dans un contexte local ou régional selon la disponibilité de l'information écologique régionale. Que ces conclusions scientifiques appuient ou remettent en question la durabilité d'un projet, l'importance d'un impact environnemental négatif constitue un jugement partial qui repose sur l'intérêt public et les dirigeants élus. Par conséquent, l'EE est un processus qui combine la science statistique et les sciences sociales en un document final à l'appui du développement durable.

En plus des discussions sur l'importance, il faut se rappeler que selon les dispositions de la LCOM, il est illégal de tuer, blesser ou harceler un oiseau migrateur ou de perturber, détruire ou prendre son nid ou ses œufs.

3.3 Délimiter la zone d'étude

Les frontières géographiques des effets environnementaux possibles du projet proposé doivent être déterminées. Ces frontières doivent inclure les oiseaux migrateurs et leurs habitats qui seraient touchés par le projet en tant que partie intégrante des processus écologiques et des composantes d'écosystème d'une zone d'étude plus vaste. Dans le cas des oiseaux migrateurs, cette tâche peut se révéler difficile en raison de la nature mobile de ces oiseaux, de leurs diverses exigences en matière d'habitat et de leur occupation saisonnière de ces habitats. Néanmoins, il est crucial qu'une zone d'impact possible soit clairement définie par le promoteur, en accord avec Environnement Canada, dès le début des étapes de planification. Au moyen d'une approche écosystémique, des zones d'études définies de façon fonctionnelle peuvent, par exemple, comprendre des bassins hydrographiques et être appliquées à l'échelle d'un écodistrict, et se révéler importantes pour la biodiversité et la connectivité de l'écosystème (Hammond, 2002).

3.4 Obtenir de l'information de référence

L'impact est souvent calculé comme la différence entre l'état du système en question avant et après la perturbation. En général, une EE doit établir l'information de référence et traiter des exigences fondamentales pour déterminer la possibilité des effets :

1. Quels sont les espèces ou les groupes d'espèces qui sont possiblement touchées?
2. Quelle en est le nombre et la variation dans le temps et l'espace?
3. À quelle époque de l'année sont-elles présentes?
4. Quels sont les habitats utilisés, et par quelles espèces?
5. Quelle est l'écologie générale des composantes valorisées de l'écosystème?
6. Quelles sont les principales espèces indicatrices?
7. La zone d'étude comprend-elle des espèces en péril ou des espèces soulevant des inquiétudes?
8. La zone d'étude comporte-t-elle des habitats critiques?
9. Quelles sont les variables qui peuvent le mieux servir à faire le suivi des modifications causées par les effets prédits?
10. Peut-on obtenir des échantillons de données efficaces?

Les données de référence doivent être colligées de manière scientifique afin de pouvoir les comparer aux conditions d'après-projet. La référence doit être constituée de descriptions statistiques adéquates de la variabilité inhérente (par ex., saisonnière, annuelle, spatiale) aux composantes précises d'un écosystème (Beanlands et Duinker, 1983). Il existe peut-être déjà de l'information sur les oiseaux migrateurs de la zone d'étude, et cette information peut se révéler précieuse en raison de sa portée spatiale et temporelle (tableau 1). Il est parfois nécessaire de supposer (prédire) la nature de la variabilité afin de concevoir un programme de surveillance significatif relativement à la situation de référence (Duinker, 1989).

L'étude de Lemieux *et al.* (1997) fournit de bons exemples de la manière dont les données de référence colligées avec attention, telles que le nombre de couples reproducteurs d'oiseaux migrateurs, pourraient être utilisées pour établir les densités des populations d'oiseaux (p. ex. couples par ha) par type d'habitat (tableau 2). On peut considérer qu'aux habitats dont on prédit qu'ils seront touchés par le projet correspond une perte équivalente de couples d'oiseaux migrateurs lorsqu'on se sert des classifications écologiques des terres (tableau 3). Cette information de référence est extrêmement précieuse pour l'évaluation de l'impact local relatif sur toute une gamme d'espèces d'oiseaux migrateurs. Il faut un niveau élevé de rigueur et de détails dans le cas d'espèces en péril (Environnement Canada, 2004; tableau 4).

L'évaluation environnementale est souvent caractérisée par un contexte spatial en raison de l'emplacement des individus et des espèces, des habitats où une présence ou une perte sont possibles, des variations saisonnières et de l'emplacement physique des projets. Les systèmes d'information géographique (SIG) sont particulièrement précieux pour fournir des données spatiales (p. ex. habitat critique) et temporelles, et pour intégrer la conception d'un projet aux données écologiques. Par exemple, il peut être intéressant de discuter des effets des perturbations sonores sur les oiseaux dans le contexte de zones tampons d'un certain rayon depuis la source, puisqu'il a été démontré que les effets du bruit varient de façon non linéaire en fonction de la distance (voir p. ex. Reijnen et Foppen, 1994; Reijnen *et al.*, 1995).

Tableau 1. Exemples de sources d'information existantes sur les oiseaux migrateurs

Source	Site Web
Registre public des espèces en péril	www.sararegistry.gc.ca
Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC)	www.cosewic.gc.ca
Centre de données sur la conservation (CDC) de NatureServe Canada	www.natureserve-canada.ca/fr/index.htm
Atlas des Oiseaux Nicheurs des Maritimes	www.mba-aom.ca
Les Oiseaux du Québec	www.oiseauxqc.org
Atlas des oiseaux nicheurs du Québec	http://www.atlas-oiseaux.qc.ca/index_fr.jsp
Atlas des oiseaux nicheurs de l'Ontario	www.birdsontario.org/atlas
Saskatchewan Bird Atlas	http://gisweb1.serm.gov.sk.ca/imf/imf.jsp?site=birds
The Federation of Alberta Naturalists	www.fanweb.ca
Atlas des oiseaux nicheurs de Colombie-Britannique	www.birdatlas.bc.ca/francais/index.jsp
Breeding Bird Survey data	www.pwrc.usgs.gov/bbs
Le relevé des oiseaux des Territoires du Nord-Ouest/Nunavut	www.mb.ec.gc.ca/nature/migratorybirds/nwtbcs
Christmas Bird Count	www.audubon.org/Bird/cbc
Canadian Migration Monitoring Network	www.bsc-eoc.org/volunteer/cmmn
Avian Knowledge	www.avianknowledge.net
eBird Canada	www.ebird.org/canada
Système canadien d'information sur la biodiversité	www.cbif.gc.ca

Tableau 2. Estimation de la taille hypothétique de l'effet par l'intégration de la classification écologique des terres et des densités estimées des populations d'oiseaux reproducteurs, d'après Lemieux *et al.* (1997).

Habitat – Sphaigne et sapin baumier (lisières de terres humides)			
Espèces	N ^{bre} de couples indiqués (5 ha échantillonnés)	Densité (couples/ha)	Estimation du n ^{bre} total de couples touchés (100 ha)
Bruant fauve	10	2	200
Paruline des ruisseaux	15	3	300
Paruline à croupion jaune	14	2,8	280
Quiscale rouilleux	4	0,8	80

Tableau 3. Résumé de la taille hypothétique de l'effet par type d'habitat, d'après Lemieux *et al.* (1997).

Nombre total de couples reproducteurs touchés par type d'habitat					
Espèces	Sphaigne-sapin baumier (100 ha)	Osmonde-épinette noire (35 ha)	Tremble/bouleau-sapin baumier (500 ha)	Graminées sapin baumier (150 ha)	N ^{bre} total de couples touchés (785 ha)
Bruant fauve	200	100	0	50	350
Paruline des ruisseaux	300	100	0	0	400
Paruline à croupion jaune	280	100	100	75	555
Quiscale rouilleux	80	35	0	0	115
Viréo de Philadelphie	0	0	5	1	6
Paruline couronnée	0	0	150	25	175

Tableau 4. Facteurs à considérer dans l'évaluation des effets environnementaux sur les espèces sauvages en péril. Adapté de Lynch-Stewart (2004).

Caractérisation des espèces sauvages en péril et leurs vulnérabilités	Interactions environnement-espèces possibles
Statut/rang : mondial, national, provincial/territorial	
Taille de la population et étendue de la présence <ul style="list-style-type: none"> ▪ Taille de la zone utilisée ▪ Pourcentage des aires de répartition au Canada/province 	Quelle est la proportion de la population qui utilise la zone visée par le projet?
Tendance au sein de la population	En quoi le projet influence-t-il ces tendances? Quelle est l'évaluation quantitative ou qualitative de la viabilité de la population? Comment le projet peut-il influencer le modèle de viabilité?
Répartition géographique	Quelle est la proportion de l'étendue de la présence ou l'aire occupée représentée par la zone d'étude?
Menaces naturelles ou anthropiques à la viabilité de la population	En quoi le projet contribue-t-il à ces menaces?
Facteurs potentiellement limitatifs qui rendent l'espèce sensible ou qui limitent le potentiel de rétablissement de celle-ci	En quoi le projet influe-t-il sur ces facteurs?
Activités susceptibles d'avoir des incidences sur les individus ou les populations	Combien d'individus et quelle proportion de la population pourraient être touchés? Jusqu'à quel point? D'autres projets ou activités intensifieront-ils ces effets?
Fluctuation saisonnière et adaptabilité aux phénomènes climatiques extrêmes	Quelles activités du projet pourraient interférer avec les activités saisonnières et comment? Quelles activités du projet et particularités techniques pourraient contribuer à accroître le stress causé aux espèces si l'on tient compte des phénomènes climatiques extrêmes?
Interrelations entre les espèces <ul style="list-style-type: none"> ▪ importance du rôle dans l'écologie/l'écosystème ▪ autres espèces qui subissent les mêmes menaces 	Comment le projet peut-il influencer la relation prédateur/proie et sur d'autres relations entre espèces?
Habitats et résidences <ul style="list-style-type: none"> ▪ occupés et autres habitats qui pourraient éventuellement être utilisés ▪ habitats critiques ou essentiels à la survie ou au rétablissement d'une espèce ▪ principales caractéristiques d'un habitat ▪ tendances au sein de l'habitat 	Quels sont les types d'habitats qui se trouvent dans la zone d'étude du projet? Quelle proportion d'habitats essentiels à la survie ou au rétablissement d'une espèce se trouve dans la zone d'étude du projet? Comment le projet peut-il influencer directement ou indirectement sur ces habitats ou sur les principales caractéristiques de ces habitats? Quel effet cela peut-il avoir sur les individus ou les populations?
Processus et fonctions écologiques cruciaux pour le maintien des habitats	Comment le projet peut-il influencer sur ces processus et fonctions?

Tableau 4 Suite

Caractérisation des espèces sauvages en péril et leurs vulnérabilités	Interactions environnement-espèces possibles
Politiques ou exigences juridiques pertinentes	Quelles sont les exigences en ce qui concerne la protection des espèces?
Buts, objectifs, approches en matière de rétablissement	Comment le projet peut-il influencer sur le rétablissement des espèces?
Activités de rétablissement en cours	Comment le projet peut-il influencer sur les activités de rétablissement en cours?

3.5 Réaliser l'inventaire préliminaire

L'EE doit déterminer les effets du projet sur l'environnement ainsi que les impacts connexes sur les espèces dans une communauté biologique. Les éléments possiblement touchés doivent être clairement définis pour chaque unité d'étude, tels que les individus, les populations, l'identification des espèces concernées, le nombre d'individus, le moment et la nature des impacts possibles ou les espèces substitutives. Pour réaliser cela de manière efficace, on doit concevoir un programme d'échantillonnage en vue d'obtenir des données qui seront analysées par une méthode statistique de manière à vérifier s'il y a des preuves d'un effet sur le biote, et à décrire quantitativement tout effet (Green, 1979). Cela requiert des études et des échantillonnages préliminaires sur le terrain. Les inventaires descriptifs ne sont pas, en soi, un fondement aux prévisions de l'EE, et les personnes qui effectuent des EE sont prévenues qu'il faut utiliser les inventaires de ressources naturelles (fondés sur des relevés, des connaissances existantes, et de l'information anecdotique) pour améliorer les prévisions scientifiques. Dans bien des cas, des études de suivi sont nécessaires pour vérifier les prévisions tirées des études préliminaires sur le terrain et du travail de préparation de l'EE.

3.6 Déterminer les impacts potentiels

Les impacts des projets sur les oiseaux migrateurs doivent être évalués et interprétés à plusieurs échelles étant donné que les effets négatifs peuvent s'appliquer :

1. aux individus
2. aux populations
3. aux espèces
4. aux groupes d'espèces
5. à court ou à long termes
6. à la quantité d'habitats
7. à la qualité des habitats
8. aux caractéristiques démographiques (p. ex. survie ou recrutement)
9. au comportement (p. ex. évitement, alimentation, succès de nidification, etc.)

La meilleure façon d'appliquer une approche écosystémique consiste à prendre en considération de multiples espèces ou groupes d'espèces et d'intégrer les éléments de l'habitat à l'échelle d'un écodistrict (Hammond, 2002).

Nous avons une compréhension élémentaire des effets possibles de projets sur les oiseaux migrateurs (annexes 1 et 2), et la quantification de ces effets requiert des méthodes d'inventaires adéquates (annexes 3 et 4). À chaque phase d'un projet, on doit définir les effets environnementaux. Les effets sur les oiseaux migrateurs doivent être différenciés selon qu'ils touchent les individus et les populations ou bien les habitats. Bien qu'intuitivement cette distinction soit claire, il peut y avoir des différences considérables dans la qualité relative de l'information évaluée. Par exemple, l'inondation d'une vallée fluviale en milieu forestier peut entraîner une perte d'habitats riverains quantifiée de manière relativement exacte, tandis que les connaissances sur les densités et les populations d'oiseaux sont moins précises. Dans certains cas, la quantité d'habitats perdus peut être déterminée, alors que la composition et l'abondance réelles des espèces d'oiseaux sont mal comprises, mais peuvent être déduites à partir d'études publiées.

3.7 Évaluer les impacts sur l'habitat

Au cours de la détermination de la portée du projet, on doit conceptualiser les types de changements à l'habitat et, à la lumière de cette information, on devrait prévoir certains effets. La prévision des effets possibles permet d'établir quelles sont les variables indicatrices qui peuvent ensuite être mesurées et surveillées en vue d'évaluer les effets environnementaux (voir figure 1). Les changements à l'habitat peuvent être classés en quatre catégories :

1) Quantité d'habitat

La perte d'habitat est en général causée par l'élimination de la végétation (p. ex. les forêts) ou la destruction du substrat (p. ex. les plages, les dunes et les terres humides). Cette perte peut être suivie ou pas du remplacement de l'habitat. Si ce n'est pas le cas, on parle d'une perte nette d'habitat. Les pertes nettes ont des impacts globaux sur la faune aviaire. Il est incorrect de supposer que les oiseaux iront ailleurs, parce que ces effets réduisent la capacité du paysage d'accueillir les oiseaux migrateurs, et que certaines espèces sont considérées limitées à l'habitat disponible (Lemieux *et al.*, 1997). On peut évaluer l'importance de l'impact par la diminution du nombre d'individus, s'il y a des inquiétudes quant aux tendances ou au statut de la population, ce qui est souvent le cas pour les espèces en péril. Souvent, on ne dispose pas de suffisamment d'information pour comprendre pleinement les conséquences de la perte d'habitat; par exemple, l'habitat est-il sous-utilisé pour d'autres raisons, comme lorsque la densité de population est bien en deçà de la capacité de support de l'habitat? La perte d'habitat est un impact négatif informatif en ce que les populations ont la capacité de se rétablir pour ce qui est du nombre, tandis que la perte d'habitat est souvent irréversible (voir annexe 1).

2) Qualité de l'habitat

L'habitat peut être altéré physiquement par l'introduction de polluants, des changements à la structure d'âge de la végétation, la composition en espèces végétales, etc., ce qui peut influencer indirectement sur les paramètres démographiques vitaux, tels que la survie des oiseaux ou la nourriture dont ils dépendent. Les déversements de pétrole, la modification à la salinité et la sédimentation accrue en sont des exemples.

3) Perturbation de l'habitat

La qualité de l'habitat peut aussi être marquée par d'autres facteurs tels que la présence de structures (p. ex. des turbines, en particulier dans des habitats ouverts tels que les prairies), des mouvements (p. ex. les aubes de turbines), du bruit, la présence humaine, des espèces introduites, l'abondance accrue de prédateurs, l'augmentation des lisières, etc. Ces modifications peuvent i) influencer sur le degré d'utilisation de l'habitat par les oiseaux, ou ii) nuire aux paramètres démographiques vitaux (p. ex. la survie et la productivité).

4) Remplacement de l'habitat

L'habitat original peut être supprimé et remplacé par un autre type d'habitat. L'inondation d'une vallée fluviale pour créer un lac artificiel qui servira de réservoir hydro-électrique constitue un exemple classique d'un effet immédiat. Le plus souvent, le remplacement de l'habitat se fait après la mise en œuvre du projet; tel est le cas des successions écologiques progressives des milieux humides des rivières Peace-Athabasca qui sont devenus arbrisseaux, puis forêts à la suite de l'aménagement du barrage de la rivière Peace (Gill et Cooke, 1974).

3.8 Évaluer les impacts sur les individus ou les populations

Les activités liées au projet peuvent influencer sur l'abondance des oiseaux qui peut alors être observée par la diminution de la densité de la population ou même par l'absence subséquente de l'espèce dans la zone touchée. Les effets peuvent être subtils et se traduire par un déclin progressif dans le temps après le lancement du projet, ou draconiens et rapides en raison de la création ou la destruction d'un habitat (p. ex. eaux libres de glace, sites d'enfouissement, etc.). Le contexte écologique des effets est important et les impacts pourraient influencer sur la répartition des espèces si leur présence est circonscrite à la zone touchée.

L'évaluation des impacts sur les populations animales est foncièrement plus complexe que l'évaluation des impacts sur l'habitat, puisque les individus sont mobiles et marqués par les données démographiques liées à la survie, la mortalité, le recrutement, l'immigration et l'émigration. Bon nombre de ces paramètres vitaux pourraient être perturbés par un projet. Ainsi, l'établissement d'une décharge à ciel ouvert près d'une zone côtière pourrait perturber radicalement l'immigration dans les colonies locales de goélands. On doit prendre en considération les impacts à différentes étapes de vie, par exemple sur les adultes reproducteurs ou sur les nids (œufs et oisillons), et à différentes périodes de l'année (été, période de migration, hiver). Les espèces présentes dans la zone d'étude peuvent aussi montrer une variation saisonnière. Les effets à court et à long termes doivent également être

examinés. Certaines perturbations peuvent influencer sur les taux de reproduction, ce qui n'a aucun effet démontrable sur les adultes, mais aura d'importants effets observables des années plus tard, alors que l'on s'attendra à voir de nouvelles recrues. Ainsi, des définitions et des prévisions scientifiques bien établies des effets d'un projet sont d'une importance cruciale pour l'efficacité et la précision d'une EE (voir figure 1).

3.9 Évaluer les impacts sur le comportement

Les oiseaux sont des animaux sauvages relativement visibles qui se prêtent bien à l'étude par observation. Le comportement des oiseaux est une science assez vaste qui a donné lieu à beaucoup de publications sur les effets des activités humaines sur leur comportement. Les activités liées à des projets ainsi que d'autres perturbations peuvent entraîner des modifications de comportement telles que l'évitement ou l'abandon du nid, ou des collisions avec des structures. Les effets sur le comportement peuvent aussi se manifester indirectement par l'intermédiaire de facteurs tels qu'une prédation accrue (p. ex. en raison des effets de bordure) ou l'introduction d'espèces.

Puisque les comportements des oiseaux sont généralement observables, ils peuvent être mesurés; il est donc possible de mesurer un comportement à titre de substitut pour des impacts à d'autres échelles, parfois plus difficiles à mesurer. Par exemple, la diminution du temps consacré à l'alimentation en raison d'une perturbation peut, au bout du compte, servir de substitut pour prévoir une dégradation de la condition physique qui peut influencer sur la survie et la reproduction (Reed *et al.*, 2004; Krapu et Reinecke, 1992). Les comportements d'alerte et de vigilance peuvent être, chez les individus, des indicateurs de stress qui augmentent selon une relation dose-effet (Goudie et Jones, 2004). Néanmoins, le choix préalable de variables comportementales pour prédire un effet peut soulever des difficultés. Les comportements des oiseaux sont très variés et il se peut qu'on réussisse mieux à détecter des effets en adoptant une approche à variables multiples; dans certains cas, la perturbation peut entraîner une inactivité qui passerait inaperçue dans le cadre d'une étude limitée à des réactions manifestes (Goudie, 2006); ou encore, on peut mal choisir la variable simple de réaction pour l'étude en question.

Les effets démontrés sur les comportements devraient être considérés comme un substitut à d'autres conséquences plus délétères sur les paramètres démographiques. Idéalement, les relevés doivent étayer l'efficacité des substituts (comportementaux) par l'évaluation d'effets importants sur les individus et les populations (c.-à-d. les impacts démographiques).

3.10 Évaluer l'efficacité des mesures d'atténuation

L'atténuation signifie l'élimination, la réduction ou la diminution des effets environnementaux négatifs d'un projet assortie de mesures de rétablissement, notamment par remplacement, restauration, compensation ou autres moyens (ACEE, 2007a). Idéalement, il est souhaitable de prendre des mesures d'atténuation relativement à tous les impacts potentiellement négatifs. La capacité des promoteurs d'atténuer les impacts dépend de la qualité du travail scientifique entrepris à l'origine pour mesurer ces effets. Dans certains cas, ces effets peuvent être déduits

de situations évidentes (élimination d'un habitat, par exemple) ou d'expériences et d'études précédentes (prévision de la relation dose-effet, par exemple). Néanmoins, bien des EE tireraient avantage de la collecte de nouvelles informations en vue de déterminer et d'atténuer les impacts.

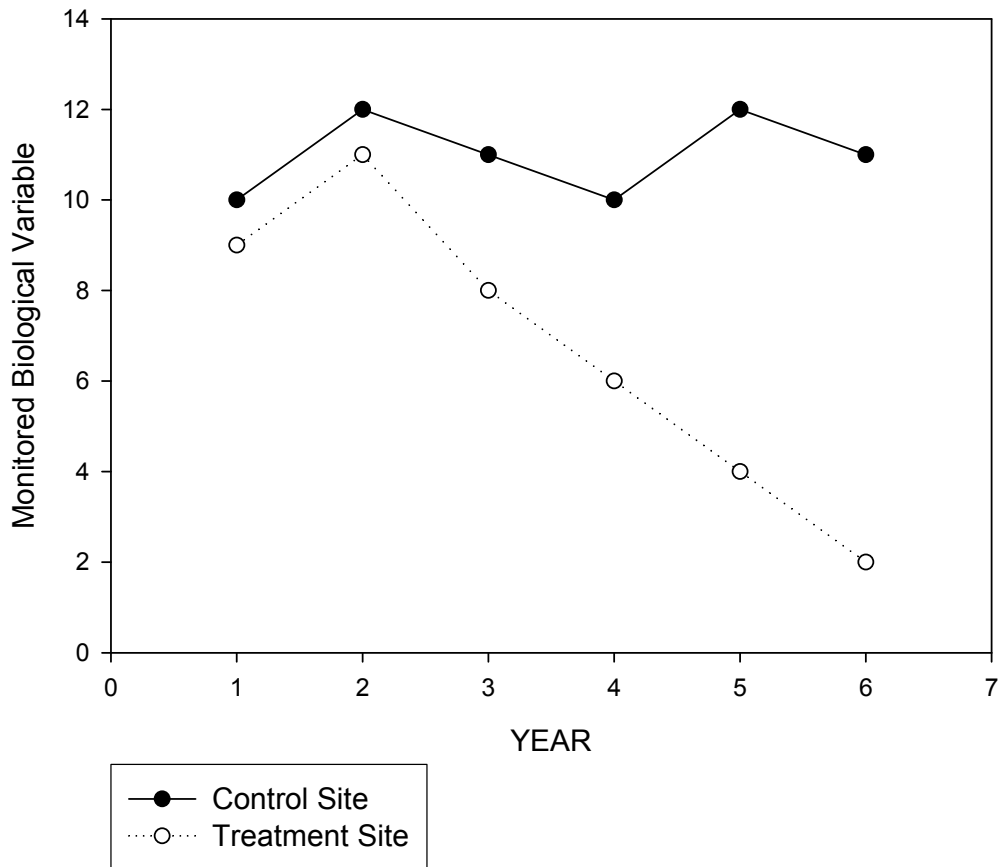
Les constatations des études de suivi doivent découler d'un plan de comparaison avant-après avec témoin (BACI) ou de plans d'étude similaires (voir la section 3.11 et l'annexe 5) et être intégrées dans la conception et la réalisation d'un projet au moyen d'une gestion adaptative appliquée dans le contexte du principe de précaution (Hammond, 2002).

3.11 Intégrer le plan d'étude des effets environnementaux

Dans une évaluation environnementale, les promoteurs doivent décrire l'abondance relative et l'utilisation des habitats des oiseaux migrateurs dans la zone touchée et comparer ces données à des habitats similaires du paysage régional qui ne seront pas touchés par le projet proposé. Ce point est important pour déceler des zones témoins ou de référence représentatives, en vue d'un suivi des effets environnementaux (Milko, 1998a). L'utilisation de témoins dans le temps et l'espace est le fondement du plan de comparaison avant-après avec témoin (BACI). À ce mécanisme s'ajoute le modèle linéaire général, qui est une analyse de variance à deux critères dotée d'un plan factoriel superficie-temps de 2 X 2 et grâce à laquelle les effets des impacts sont des paramètres d'interaction significatifs (Green, 1979) (figure 3). Les articles de Goudie et Lang (2008) et d'Underwood (1992, 1994a) présentent de l'information détaillée sur le plan de comparaison avant-après avec témoin (BACI).

« Si on ne vous dit rien à propos des méthodes d'échantillonnage, vous devez conserver un doute salutaire au sujet des résultats. »
Ronald Giere, 1999

Impact Occurs In Year2



Impact Occurs in Year 2 = Impact qui survient la deuxième année
Monitored Biological Variable = Variable biologique contrôlée Year = Année
Control Site = Emplacement témoin Treatment Site = Emplacement de traitement

Figure 3 – Modèle théorique d'un plan de comparaison avant-après avec témoin (BACI) présentant un effet important à la suite d'une perturbation

4. ASPECTS STATISTIQUES DU PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

4.1 Choix des variables

L'élaboration d'une EE scientifiquement défendable exige un examen serré des éléments dont il faut faire le suivi. Cet exercice s'apparente à une procédure par diminution graduelle dans le cadre de laquelle on doit d'abord établir quels habitats examiner, puis quelles espèces d'oiseaux y sont associées (Verner, 1985). Certaines espèces sont définies comme des espèces sentinelles, des espèces « parapluie » ou des espèces clés, toutes pouvant contribuer à mettre l'accent sur les unités d'échantillonnage pertinentes (voir la figure 1). Les indicateurs peuvent receler la quasi-totalité de l'information relative à la structure d'une communauté dans l'espace et le temps. Lorsqu'un grand nombre de variables sont mesurées, l'information obtenue est souvent très redondante (MacDonald et Green, 1983). Pour faciliter l'élaboration d'un modèle d'étude et le choix des variables à examiner, il faudrait tenir compte des principes régissant l'approche scientifique en matière d'EE énoncés par Green (1979), repris au tableau 5.

Tableau 5. Les dix principes de Green (1979) relatifs au plan d'échantillonnage et aux méthodes statistiques à l'intention des biologistes de l'environnement.

Étape	Principe
1	Pouvoir exprimer avec concision la question posée.
2	Prélever des échantillons multiples pour chaque combinaison de temps, de lieu et de tout autre variable contrôlée.
3	Utiliser pour les comparaisons un nombre identique d'échantillons multiples répartis au hasard.
4	Démontrer de façon plus manifeste un effet en procédant à une comparaison par rapport aux témoins.
5	Procéder à un échantillonnage préliminaire afin d'évaluer la nature des données potentielles.
6	Veiller à ce que la méthode d'échantillonnage soit représentative de la variation observée pour l'ensemble de conditions qui prévalent.
7	Subdiviser les grandes zones d'étude en ensembles écologiques homogènes, puis procéder à des sous-échantillonnages.
8	Vérifier que l'unité d'échantillonnage correspond aux espèces ciblées et évaluer la taille de l'échantillon nécessaire à l'obtention du degré de précision souhaitable.
9	Tester les données pour s'assurer qu'elles correspondent aux hypothèses statistiques et, s'il y a lieu, les transformer ou utiliser des procédures simulées ou indépendantes de la distribution (non paramétriques).
10	Lorsqu'une étude scientifique préalable valable produit un résultat, s'en tenir à ce résultat.

La capacité à définir l'importance statistique dépend des éléments réellement présents dans la zone d'étude, et ce, quels que soient les espèces ou les aspects de leurs caractéristiques biologiques initialement choisis pour l'étude. En dernier ressort, ce postulat détermine les espèces et les paramètres choisis pour l'étude. Il est fortement recommandé d'utiliser un modèle statistique et un échantillonnage préliminaire sur le terrain pour déterminer ce qui peut être mesuré de façon réaliste sur le terrain (Green, 1979 et 1984; Clarke et Green, 1988). Les variables critères devraient établir un lien solide et direct à la question posée et aux hypothèses avancées; en effet, c'est à ce niveau que sont réellement prises les décisions difficiles, et si le spécialiste en EE ne peut établir de lien entre les préoccupations du public et les variables critères utilisées dans l'étude, il est clair que personne d'autre ne sera en mesure de le faire (Green, 1984).

L'échantillonnage préliminaire met au jour les restrictions relatives à l'obtention des données pour les variables dont il est question. Si certaines variables peuvent être échantillonnées de façon rentable, ce n'est pas le cas de toutes. Les attributs des données elles-mêmes peuvent alors être évalués pour voir s'ils correspondent aux hypothèses statistiques (figure 1), bon nombre de données écologiques ne soutenant pas ces hypothèses (Green, 1979). À titre d'exemple, la distribution spatiale des oiseaux détectés pourrait engendrer des distributions (annexe 6) qui sont :

- uniformes, ce qui expliquerait que la variance soit inférieure à la moyenne (ce que l'on observe couramment chez les oiseaux chanteurs territoriaux);
- groupées, où la variance serait supérieure à la moyenne (p. ex. chez les oiseaux qui vivent en unités sociales);
- aléatoires où la variance serait égale à la moyenne (p. ex. chez la plupart des espèces rares).

Dans d'autres cas, les modèles non linéaires peuvent être plus appropriés que les modèles linéaires (Glass, 1967). Comprendre la distribution spatiale sous-jacente des données devrait orienter le choix d'une approche appropriée pour les analyses statistiques des données; par exemple, les espèces rares devraient être évaluées à l'aide de la loi de distribution statistique sous-jacente de Poisson ou de la loi binomiale négative (voir la section 4.4). Les promoteurs doivent savoir que l'utilisation de tests statistiques qui partent du principe selon lequel les données ont une distribution normale peut faire perdre du temps et des ressources si, ultérieurement, on découvre que ces données ne sont pas paramétriques (Green, 1979 et 1984; Clarke et Green, 1988).

Il est important d'établir en quoi consiste un site d'échantillonnage et comment recueillir des données qui représentent réellement la population cible visée. Plus la population cible est étroitement définie, plus la variance parasite peut être contrôlée. Étant donné que les zones de traitement (et les zones témoins) présentent souvent une variété de conditions sur le site, il est important que l'échantillonnage soit représentatif de cette variation (Green, 1969). L'élaboration d'un modèle visuel est cruciale à ce stade (figure 1). Lorsqu'il existe une gamme d'attributs spatiaux pour les zones d'étude, un modèle quelconque d'échantillonnage stratifié est requis (Schneider, 1994). À titre d'exemple, les dénombrements par parcelle des oiseaux

chanteurs dans des zones de traitement et des zones témoins devraient être stratifiés pour les comparaisons par types d'habitat (forêt de conifères, forêt de feuillus, prairie, milieu humide).

Lors de la collecte de données sur un grand nombre de variables biotiques (p. ex. habitat des oiseaux chanteurs en des points précis le long des transects), il est conseillé de réduire le nombre de variables à 15 ou moins en produisant une matrice de corrélation et en laissant tomber une variable des paires de variables fortement corrélées. Il est préconisé de conserver les variables qui sont le moins corrélées possible et, par le fait même, indépendantes (Green, 1979 et 1984), afin de pouvoir mieux juger de l'importance des variables prédictives individuelles. Une fois les variables révisées pour éviter la redondance, il est préférable de réduire la dimensionnalité au moyen d'analyses en composantes principales (ACP), où les variables (15 ou moins) sont réduites à quelques composantes principales sans lien (orthogonales) entre elles, et d'expliquer une grande partie de la variance (information) dans le groupe de données. Lorsque cette approche est utilisée, il est nécessaire d'interpréter et d'expliquer en profondeur des composantes principales importantes.

On peut améliorer l'interprétation des conclusions en répétant les mesures biologiques et chimiques sur les mêmes individus (mesures répétées), car cela permet de contrôler la variance chez un même sujet et d'obtenir des tests statistiques plus puissants. Il est important d'effectuer le bon nombre et le bon type de répétitions et il est préférable d'avoir pour objectif un plan équilibré avec un nombre identique d'animaux (mesures répétées) analysés dans chaque site. Des lectures répétées peuvent également être utilisées à même différents niveaux hiérarchiques (Green, 1979 et 1993) et être prises en compte au titre de considérations relatives à la distribution de données temporelles (annexe 7).

4.2 Exigences en matière de taille d'échantillon

Il est souvent souhaitable d'estimer la puissance statistique des études de suivi environnemental (p. ex. Lougheed *et al.*, 1999). Le rejet de l'hypothèse nulle alors que celle-ci est vraie est appelé erreur de type I (faux positif) et se produit dans au moins 5 % des cas lorsqu'il a été établi préalablement que $\alpha = 0,05$. Une erreur de type II consiste à ne pas rejeter une hypothèse nulle, alors que celle-ci est fautive (faux négatif). Une méthode d'analyse statistique efficace doit être aussi prudente (faible erreur de type I), puissante (faible erreur de type II) et fiable que possible (les niveaux d'erreur ne sont pas véritablement affectés par le type de données recueillies). On peut réduire la probabilité d'une erreur de type I en réduisant alpha, par exemple $\alpha = 0,01$ (probabilité équivalente à 1 %). Toutefois, en procédant ainsi, il y a augmentation de l'erreur de type II, ou β , qui consiste à conclure que H_0 est vraie alors que ce n'est pas le cas. Ce qui complique l'analyse, c'est que β n'est généralement pas spécifié ou connu. On peut parvenir à un compromis par l'amélioration du modèle d'étude, tout particulièrement en augmentant le nombre d'échantillons étudiés. Ainsi, pour un α donné, un plus grand nombre d'échantillons donnera des tests statistiques plus puissants ($1 - \beta$) (Zar, 1999). D'autre part, si H_0 est erronée, un test statistique peut ne pas déceler cet état de fait et, en ne rejetant pas H_0 , on en tire une conclusion fautive.

En appliquant le principe de précaution, on peut décider au préalable de la puissance des tests statistiques. Par exemple, on peut postuler que la probabilité de détecter un déclin qui s'est produit par suite d'un traitement est de 0 % ($1 - \beta$). On peut y arriver si on possède une connaissance statistique préalable élémentaire de la population étudiée, notamment une estimation de la variation (variance ou écart-type). La capacité à détecter un changement, une différence ou une corrélation peut être déterminée au moyen de la formule appropriée (Zar, 1999). Il n'est généralement pas utile d'établir a posteriori que les conclusions sont très faibles en termes de puissance statistique (p. ex. analyse rétrospective de la puissance). Les hypothèses et la puissance statistiques devraient être énoncées avant de faire l'examen des données.

En général, il est possible de renforcer la puissance statistique en :

1. augmentant la taille de l'échantillon (n),
2. augmentant la différence entre les moyennes de population,
3. réduisant le nombre de groupes faisant l'objet de comparaisons,
4. diminuant la variabilité (S^2) au sein des populations,
5. augmentant au préalable la valeur α (p. ex. de 0,05 à 0,10).

Goudie et Lang (2008) ont présenté une analyse détaillée sur la taille de l'échantillon et l'analyse de la puissance statistique. Il est important de faire preuve de prudence et de toujours recueillir plus d'échantillons que prévu. La « puissance » d'un test statistique correspond à son efficacité et peut être corrélée à l'amplitude de tout effet (p. ex. diminution). Lorsque la variance d'erreur S^2 est exprimée dans la formule, toute fonction liant la variance à la moyenne peut la remplacer et la loi de puissance de Taylor ($S^2 = a\mu^b$) s'applique, notamment pour les cas d'abondance animale qui devient l'effet exprimé en tant que fraction de la moyenne (p. ex. pollution causant une diminution de l'abondance de 33 %, etc.) En conséquence, le nombre total d'animaux compris dans n échantillons, soit $n\mu$, est inversement proportionnel au carré de l'amplitude de l'effet, ce qui signifie que le critère d'adéquation de la taille de l'échantillon peut être fondé sur l'échantillonnage jusqu'à ce qu'un nombre total donné d'organismes soit collecté. Les analyses de puissance peuvent également englober les réponses à plusieurs variables (Green, 1989). Il s'agit du nombre d'échantillons répétés devant être répartis au hasard selon une combinaison superficie-temps dans un plan de comparaison avant-après avec témoin, pour lequel il est préalablement décidé quel niveau de changement (p. ex. une diminution de 50 %) peut être détecté (Green, 1979), si un quelconque échantillonnage préliminaire est effectué.

4.3 Définir la taille de l'effet

Il est important de connaître la taille de l'effet car, lorsque la taille de l'échantillon ne convient pas, il est possible de conclure statistiquement qu'il n'y a aucun impact alors que, dans les faits, les impacts sont grands et importants sur le plan biologique. L'inverse peut aussi se produire : si l'on dispose d'un grand échantillon, il est possible d'observer des différences statistiques significatives, mais sans conséquence sur le plan biologique, et qui ne révèlent pas d'effets environnementaux nuisibles importants. La taille de l'effet représente un moyen

numérique d'exprimer le degré de différence entre un traitement et un témoin, et elle peut être mesurée en tant qu'écart normalisé (connu sous le nom de d de Cohen) entre deux moyennes; la corrélation de la taille de l'effet peut en outre être mesurée en tant que corrélation entre les valeurs variables indépendantes et les valeurs correspondantes de la variable dépendante. La formule de base pour calculer la taille de l'effet consiste à soustraire la moyenne du groupe témoin de celle du groupe expérimental, puis de diviser le numérateur par l'écart-type du groupe témoin.

Le calcul de la taille de l'effet varie selon que les plans utilisent l'analyse de variance, le test t , la régression ou la corrélation. La taille de l'effet est exprimée par un nombre décimal et les valeurs supérieures à 1,00 sont possibles quoique rares. Lorsque la taille de l'effet tend vers 0,00, cela signifie que les groupes témoins et expérimentaux affichent les mêmes résultats. En règle générale, on considère que la taille de l'effet est faible lorsque $d \leq 0,2$, modérée lorsque $d = 0,5$ et forte si $d \geq 0,8$. Elle peut être positive ou négative, ce qui suppose que le groupe expérimental est supérieur ou inférieur au groupe témoin, respectivement. Cette approche formalise une mesure de la taille de l'effet. En d'autres circonstances, il est intuitivement plus probant de parler de la taille de l'effet en tant que changement proportionnel, par exemple de l'abondance, dans les sites de traitement plutôt que dans les zones témoins. L'importance biologique de la taille de l'effet sera déterminée par le contexte écologique, comme l'abondance, la répartition, le taux de croissance intrinsèques de la population, etc.

La présentation de données sous forme de moyennes (centroïdes) couplées à des intervalles ou ellipses de confiance à 95 % fournit des moyens visuels intuitifs d'évaluer les valeurs moyennes et l'amplitude des réponses associées au(x) groupe(s) témoin(s).

4.4 Cas particulier des espèces rares

Les EE concernant les espèces rares répertoriées dans les lois fédérales et provinciales régissant les espèces en péril (www.ceaa-acee.gc.ca) nécessitent des régimes d'échantillonnage particuliers lorsque des renseignements recueillis sur le terrain sont requis. Les espèces répertoriées comme menacées ou en voie de disparition sont protégées en vertu de la réglementation et au moyen de l'imposition de sanctions correspondantes conséquentes. Par définition, bon nombre d'espèces répertoriées sont peu communes et représentent donc un défi pour les promoteurs qui souhaitent démontrer que les techniques appropriées d'échantillonnage par observation ont été utilisées. Le mode de relevé pour ces espèces est bien souvent élaboré pour une espèce en particulier et les EE doivent alors montrer que les efforts déployés dans le cadre des relevés sur les espèces en péril ont été suffisants (Thompson, 2004).

Green et Young (1993) font état de l'importance des lois de Poisson et binomiale négative pour détecter les espèces rares lorsque, dès le début, on s'attend à ce que les données sur le terrain produisent un nombre disproportionné de zéros ou de faibles nombres d'individus. La distribution de Poisson est importante pour décrire les cas aléatoires lorsque la probabilité de l'occurrence est faible. Ainsi, la distribution de Poisson se révèle importante pour décrire des événements distribués selon le mode binomial (c'est-à-dire que soit ils surviennent, soit ils ne surviennent pas) qui ont un faible taux de probabilité. Si les espèces affichent une distribution

en grappes/agrégative, il est alors plus pertinent d'appliquer la loi binomiale négative (Zar, 1999), étant donné que la distribution de Poisson repose sur le principe selon lequel chaque unité d'échantillonnage a une probabilité équivalente de fréquence des espèces rares (voir Goudie et Lang, 2008).

5. MÉTHODES DE RELEVÉS

5.1 Qualifications de l'équipe

La plupart des évaluations environnementales menées par les promoteurs sont effectuées par des experts-conseils qui offrent leurs services aux corporations, aux organismes gouvernementaux, aux entités non gouvernementales et au public. Les qualifications et l'expérience des personnes qui effectuent le travail sont essentielles à une application réussie du cadre scientifique. Dans le domaine de l'EE, on met de plus en plus l'accent sur la présentation de résultats scientifiquement défendables. Le travail mené dans le cadre d'une EE est conçu et mis au point par des scientifiques et des biologistes isolés. En ce qui concerne les oiseaux migrateurs, on s'attend bien évidemment à ce que le personnel sur le terrain sache reconnaître les oiseaux et connaisse les périodes et les endroits appropriés pour localiser les espèces d'intérêt. Il est par conséquent important d'indiquer les noms des personnes qui procèdent aux relevés et de faire état des renseignements concernant le moment et l'ampleur de l'échantillonnage.

Dans le cadre de leurs thèses, les étudiants de troisième cycle en sciences biologiques et de l'environnement doivent produire des hypothèses de recherche, concevoir des études visant à tester ces hypothèses, collecter et analyser des données, faire état des résultats et commenter les conclusions en contexte de données scientifiques publiées. C'est également ce à quoi l'on s'attend d'une EE à vocation scientifique.

5.2 Choix d'un protocole en matière de relevés

Un examen approfondi des ouvrages scientifiques, des rapports publiés et des données à l'échelle locale et régionale (p. ex. l'Atlas des oiseaux nicheurs, le Relevé des oiseaux nicheurs) devrait être mené avant d'entreprendre les enquêtes sur le terrain (voir la section 4.2 dans Environnement Canada, 2007a). Cet examen aide à définir les nouvelles données requises et les protocoles à utiliser pour effectuer les relevés. Il est recommandé d'utiliser chaque fois que possible des protocoles de relevés normalisés déjà publiés.

Tel que susmentionné, le protocole de relevé doit convenir **aux espèces** (p. ex. merle d'Amérique versus butor d'Amérique), **à l'habitat** (p. ex. forêt versus milieu humide), **à la géographie** (p. ex. Labrador versus sud de l'Ontario), **à l'impact** (p. ex. disparition d'habitat versus agression sonore), **à la variable-réponse** (p. ex. présence versus succès de reproduction restreint) **et à la période de l'année** (p. ex. saison de reproduction versus hiver). L'annexe 3 propose un résumé de nombreuses techniques de relevé pour les oiseaux migrateurs de divers habitats d'Amérique du Nord. Environnement Canada (2007b) a déjà décrit les protocoles recommandés pour assurer le suivi des impacts des éoliennes sur les

oiseaux. La validité des conclusions sur les impacts possibles sur les oiseaux migrateurs est en partie déterminée par le choix de protocoles de relevé appropriés.

6. ANALYSES STATISTIQUES

« Afin de minimiser l'incertitude scientifique d'une EE, il faut appliquer chaque fois que possible les méthodes statistiques permettant d'établir l'importance et la probabilité de l'occurrence »

ACEE, 2007a

6.1 Procédures statistiques à une variable

En général, les problèmes écologiques se prêtent à des approches statistiques à une ou à plusieurs variables (Fletcher et Manly, 1994). Bon nombre de données recueillies doivent être prétraitées, car les techniques d'analyse de variance couramment utilisées nécessitent la formulation d'hypothèses de base relatives à la normalité et à l'égalité de la variance. Toute analyse statistique part du principe selon lequel les données comportent certains attributs. Il est primordial d'admettre que les tests statistiques ne sont pas essentiels lorsque les effets sont tout à fait évidents (par exemple, la perte de couples nicheurs en raison de la disparition totale de l'habitat). Les hypothèses habituelles pour bon nombre de tests statistiques paramétriques font état de l'échantillonnage aléatoire, de la répartition des erreurs normales et indépendantes, de l'homogénéité de la variation de l'erreur au sein des groupes et des effets additifs. Underwood (1994b) fait l'illustration d'une d'erreur d'échantillonnage courante avec le cas de biologistes de terrain qui ont obtenu des valeurs pour la couverture d'espèces végétales A et B provenant des mêmes quadrats et qui ont par la suite analysé les espèces de façon indépendante, alors qu'il est évident que la couverture d'une espèce dans un quadrat est corrélée à la couverture de l'autre espèce. Les méthodes à une variable telles que l'analyse de variance et le test t résistent relativement bien aux écarts par rapport à la normalité (ce qui est moins sûr pour les méthodes à plusieurs variables). Si ce fait s'observe pour les tests relatifs à la différence observée dans les moyennes, les tests concernant les variances et les covariances ne sont pas aussi fiables (Green, 1979; Clarke et Green, 1988). Seul un échantillonnage adéquat peut assurer les erreurs indépendantes. Les transformations logarithmiques sont très utilisées en raison du fait que toutes les variables sont étudiées selon une échelle commune de variation, quelles que soient les unités de mesure originales. Bien qu'il y ait des méthodes de type non paramétrique (indépendantes de la distribution), il s'agit toutefois d'un compromis, car les méthodes qui font appel à moins d'hypothèses produisent des tests d'hypothèses moins puissants (Glass *et al.*, 1972), et les scientifiques chevronnés considèrent que les statistiques paramétriques sont intrinsèquement plus puissantes (Green, 1979 et 1984).

Ce sont les objectifs définis sur le plan biologique qui devraient définir les statistiques et non pas l'inverse. Les tests statistiques requièrent des hypothèses biologiques formulées en

termes de modèles (voir la figure 1) étant donné que leur réalité ne s'exprime qu'en tant que tests d'hypothèses. Comprendre en quoi consiste une modification de type et d'importance capables d'engendrer une préoccupation importante est la question fondamentale d'une bonne évaluation environnementale et il s'agit bien plus que d'une simple question d'importance statistique. Lorsque les hypothèses sont clairement établies, on sait généralement quel type de test statistique il faut utiliser (annexe 8).

Pour démontrer les effets environnementaux, il faut éviter si possible de faire appel aux analyses basées sur la corrélation. L'évaluation de la relation dose-effet donnera des conclusions plus pertinentes (p. ex. Goudie et Jones, 2004). Pour établir plus étroitement le lien entre les effets et la perturbation à l'œuvre, il est souvent préférable de ne pas tenir compte des effets des variables « parasites » physiques ou biologiques qui ne sont pas contrôlés dans le modèle d'étude. La nécessité de contrôler le poids corporel en lien avec les dosages des contaminants illustre bien ce qui précède et l'analyse de covariance est le meilleur moyen d'y parvenir. Pour faire la synthèse des processus biologiques multivariés, il est conseillé d'éviter les indices de diversité qui ne constituent pas des indicateurs empiriques fiables des corrélats importants de salubrité de l'environnement liés aux systèmes biologiques (Green, 1984).

6.2 Procédures statistiques à plusieurs variables

Les méthodes à une variable sont extrêmement puissantes lorsque l'on recherche uniquement la réponse d'une variable simple (p. ex. preuve d'une relation dose-effet) et que les autres facteurs peuvent être sous contrôle. Dans le domaine de l'écologie, il arrive souvent que l'on puisse mieux répondre aux hypothèses en tenant compte de diverses variables qui interagissent simultanément. Ainsi, l'accent est mis sur les ensembles de variables intercorrélées plutôt que sur les variables individuelles (McGarigal *et al.*, 2000). En ce qui concerne la covariance, les analyses statistiques à plusieurs variables constituent le meilleur moyen de parvenir à l'unique description idéale de la réponse (p. ex. Goudie, 2006). Les analyses en composantes principales (ACP) sont indiquées dans le cas d'évaluation environnementale de variables multiples, car la procédure permet de réduire la dimensionnalité en créant des composantes qui sont des combinaisons linéaires des variables originales, chacune étant orthogonale (perpendiculaire) à l'axe précédent et décrivant de moins en moins l'information contenue dans l'ensemble de données (annexe 8).

L'analyse de variance à plusieurs critères de classification maximise le ratio de la variance intergroupe à intragroupe des valeurs canoniques et, après une analyse de variance à plusieurs variables statistiquement importante, il est possible d'appliquer une analyse de discrimination. L'analyse de discrimination constitue logiquement une extension de l'analyse de variance à plusieurs variables étant donné que, dans l'ensemble, on est intéressé à tester l'hypothèse nulle voulant que les groupes ne varient pas, alors qu'en ce qui concerne une analyse de discrimination, l'objectif visé est de décrire les combinaisons linéaires des variables dépendantes qui établissent une distinction maximale entre les groupes. L'analyse de variance à plusieurs critères de classification et l'analyse de discrimination correspondent aux aspects inférentiels et descriptifs des analyses de la même façon que l'analyse de variance à une

variable et les tests de comparaisons multiples subséquents puisque, pour ces derniers, l'objectif est de décrire où se situent les différences entre les groupes (McGarigal *et al.*, 2000). L'extension à plusieurs variables de l'analyse de covariance correspond à l'analyse de covariance à plusieurs critères de classification (annexe 8).

La distribution des échantillons dans un espace à plusieurs variables est calculée en dénombrant les données brutes au moyen de la composante principale ou de la variable canonique (vecteur) et les « valeurs » obtenues représentent les nouvelles données à plusieurs variables étant donné qu'elles sont calculées à partir d'une combinaison linéaire des variables originales. La représentation graphique des données dans un espace à deux et à trois dimensions fournit une interprétation visuelle intuitive des conclusions (voir l'exemple de Williams [1994] sur l'abondance des coléoptères avant et après les brûlages dirigés). En faisant la moyenne des valeurs pour un groupe donné, nous calculons le centroïde pour chaque groupe, lequel représente la moyenne composée d'un certain nombre de variables initiales. La distribution des centroïdes dans un espace à plusieurs variables peut être évaluée en utilisant une ellipse de confiance à 95 % ou un intervalle de confiance multivoie à 95 %.

6.3 Suivi démographique et modélisation

L'évaluation des taux démographiques des oiseaux peut représenter une approche puissante de mesure des impacts, notamment des impacts résiduels pouvant subsister bien après l'événement ou la mise en place de la perturbation (p. ex. Esler *et al.*, 2000). L'étude de Skalski *et al.* (2005) fournit un aperçu détaillé de l'analyse de données sur le sexe, l'âge et le dénombrement des populations fauniques. Il existe actuellement beaucoup de techniques d'évaluation des indices vitaux chez les animaux. Une des plus courantes est la radiotélémétrie qui permet d'établir avec précision le taux de mortalité dans une situation de devenir connu. Récemment, il y a eu un accroissement des techniques d'analyse de marquage et de recapture/de réobservation qui offrent une période de suivi bien plus longue et permettent d'obtenir, au moyen du programme logiciel MARK, une estimation précise des taux de survie et de divers paramètres tels que l'immigration et l'émigration. En raison de leur grande visibilité, ces applications sont très prometteuses en termes de suivi des impacts des indices vitaux chez les oiseaux; de plus, le logiciel intègre une approche interactive qui vise à établir le meilleur ajustement de covariables environnementales susceptibles d'affecter la survie.

La modélisation est un moyen d'intégrer une quantité considérable d'informations en vue d'évaluer les répercussions possibles des perturbations. Elle peut offrir un outil très utile au processus d'EE et fournir le mécanisme d'élaboration de prévisions scientifiques pouvant faire l'objet de tests expérimentaux. Les modèles fonctionnels permettent d'évaluer les effets consécutifs à la modification de certains paramètres spécifiques, en en gardant d'autres constants et peuvent contribuer à l'évaluation des effets synergiques ou cumulatifs d'une variété de perturbations (Wiese et Robertson, 2004). Les modèles démographiques fournissent un fondement pour l'évaluation de l'effet relatif (sensibilité) des taux de survie sur les taux de croissance de la population étudiée, à diverses étapes du cycle de vie (McDonald et Caswell, 1993; Caswell, 2001).

7. PRÉSENTATION DE L'INFORMATION ET DES DONNÉES

7.1 Présentation de l'information

La présentation efficace de données est un élément essentiel et les deux mesures descriptives numériques les plus importantes sont les mesures de la tendance centrale et les mesures de la variabilité (Ott, 1984). Dans la pratique courante, il est préférable de faire état de la moyenne (μ), de l'écart-type (σ) ou de l'erreur-type (σ / \sqrt{n}) et de la taille de l'échantillon (n). Présenter les moyennes de groupe (centroïdes) avec des intervalles de confiance à 95 % (généralement) constitue une pratique intéressante. Cette méthode procure une interprétation visuelle directe permettant de savoir s'il y a des différences significatives lorsque la mesure est établie dans le cadre d'autres groupes témoins et expérimentaux. Si l'intervalle de confiance ou l'ellipse à 95 % chevauche la moyenne ou le centroïde d'un autre groupe, cela signifie qu'il n'y a probablement pas de différence significative. Lorsque les données ont subi une transformation logarithmique aux fins des analyses, une rétrotransformation (exposant) est requise et il en résulte un intervalle asymétrique.

Le compte rendu des conclusions et des interprétations scientifiques doit être étayé par des références scientifiques authentiques. Que l'on fasse référence à une approche statistique ou à des renseignements sur la situation d'une espèce, toute l'information doit provenir de sources scientifiques ou, dans certains cas, d'une communication personnelle ayant les qualités requises. Les références doivent faire état de la source d'information originale et ne pas répéter un énoncé cité par un auteur se référant à la source originale. Les sources d'information non publiées (y compris les rapports des experts-conseils ou les rapports techniques gouvernementaux non publiés) doivent être soigneusement citées en référence pour que d'autres puissent accéder à cette information, au besoin. Il faut, si possible, citer des publications évaluées par les pairs plutôt que des rapports non publiés.

7.2 Stockage et consultation des données

Les données existantes sont extrêmement importantes et peuvent constituer un outil utile sur lequel fonder les études proposées. Il existe des données à long terme pour des programmes tels que les recensements des oiseaux de Noël (Dunn et Sauer, 1997), les relevés des oiseaux nicheurs (Bradstreet et Dunn, 1997) et les atlas des oiseaux nicheurs (p. ex. Cadman *et al.*, 2007). Ces programmes sont fondés sur un grand nombre d'observateurs et les données sont facilement accessibles.

Les données environnementales sont souvent restreintes; ceci s'observe particulièrement lorsque les experts-conseils et les organismes tentent d'évaluer la situation des espèces, des populations et des habitats d'oiseaux migrateurs. Certaines des études sur les effets environnementaux parmi les plus exhaustives se rapportent à des recherches effectuées dans le cadre des EE et du suivi sur les effets environnementaux. La plupart de ces données sont utilisées à des fins d'approbation de projets; toutefois, il faut obtenir des engagements plus fermes pour que ces données correspondent au format de normes scientifiques pour leur archivage et leur consultation. L'Association canadienne de l'énergie éolienne et le Service canadien de la faune ont conjointement mis sur pied une base de données pour la collecte de

renseignements sur les oiseaux provenant des projets de l'Association canadienne de l'énergie éolienne (Environnement Canada, 2007b). Une copie numérique des données de relevé devrait faire partie de la présentation de l'EE. Cette copie permet d'assurer que les résumés et les interprétations des données présentées sont exacts et que l'information sur les oiseaux migrateurs recueillie lors d'une EE est accessible aux organismes de réglementation à des fins de consultation future.

Le suivi consciencieux et la mise en place de protocoles normalisés pour la collecte, la présentation et l'archivage des données assurent le contrôle de la qualité des données. Les données sur les espèces en péril font désormais l'objet d'un archivage quotidien dans les centres de données sur la conservation. Pour ces catégories, les promoteurs doivent communiquer aux organismes de gestion, à des fins d'archivage, les emplacements spécifiques de toute espèce en péril. Cette approche pourrait être élargie à l'ensemble des données sur les oiseaux migrateurs. Des ententes et des liens exclusifs peuvent être conclus et établis entre les organismes de réglementation responsables et les promoteurs, s'il y a lieu; toutefois, l'avantage, à long terme, serait de permettre à tous d'avoir accès aux données et d'améliorer l'évaluation des impacts environnementaux.

Les promoteurs sont également encouragés à publier les conclusions des études dans des revues scientifiques évaluées par les pairs. Les études sur les effets environnementaux sont relativement peu publiées; à terme, cela entraîne une perte d'information pour la communauté élargie (scientifiques, organismes de réglementation, public, promoteurs). D'une manière générale, un changement de cet ordre profiterait au milieu scientifique et au développement durable et permettrait d'améliorer la qualité des EE.

8. CONCLUSIONS SCIENTIFIQUEMENT DÉFENDABLES

L'EE constitue un moyen de veiller à ce que les ressources environnementales (faune, eau propre, air pur) sont gérées de manière durable. Plusieurs aspects relatifs au processus d'EE et aux recommandations et approbations finales sont de notoriété publique. Il est par conséquent important que les conclusions des rapports d'EE soient établies au moyen d'un processus scientifique. Il faut donc faire valoir les principes présentés à la figure 1 et divulguer intégralement les renseignements sur le modèle d'étude, le protocole d'échantillonnage, les données existantes, les résultats de relevé, l'analyse statistique et les références pertinentes requises. Toute conclusion associée à l'importance des impacts possibles du projet sur les oiseaux migrateurs doit être étayée par les renseignements contenus dans le rapport d'EE.

« Après avoir mené à terme l'analyse des effets, il est important de présenter les résultats d'une manière rationnelle et facile à comprendre. Les caractéristiques relatives à la nature, la quantité, le temps et l'espace des effets environnementaux devraient être décrites de telle façon qu'un tiers puisse lire le rapport, comprendre les effets prévus et parvenir à la même conclusion logique à l'aide de l'information présentée. »

ACEE, 2007a

9. LISTE DE CONTRÔLE DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS D'UNE EE

Le tableau 6 donne un aperçu des principaux éléments d'une EE fondée sur des faits scientifiques dont l'objectif est d'évaluer les impacts possibles sur les oiseaux.

10. MOT DE LA FIN

Les Canadiens ont adopté le concept du développement durable; il incombe au gouvernement et aux promoteurs de fournir les outils et l'information nécessaires pour faire de celui-ci une réalité.

Nous espérons que ce document aidera les promoteurs à obtenir de manière économique l'information nécessaire au processus décisionnel et, par là même, à consolider la validité scientifique des décisions prises dans le cadre d'un processus d'EE. Il s'agit d'un processus itératif dans le cadre duquel les organismes gouvernementaux et les promoteurs travaillent en collaboration en vue de clarifier et de rentabiliser davantage les exigences. Pour comprendre véritablement les coûts et les avantages associés à un projet, quel qu'il soit, il faut faire une évaluation quantitative approfondie des impacts environnementaux associés aux avantages sociaux-économiques. C'est le fondement même d'un processus décisionnel efficace. Une approche schématique pour l'élaboration d'une EE sur les oiseaux migrateurs scientifiquement défendable est présentée à la figure 1 sous forme d'organigramme. La liste de contrôle reprise au tableau 6 devrait servir de guide lors de la planification, de la mise en œuvre et de la présentation du compte rendu des études scientifiques sur les effets possibles d'un projet donné sur les oiseaux migrateurs.

Tableau 6. Liste de contrôle des éléments essentiels d'une évaluation scientifiquement fondée des impacts possibles d'un projet sur les oiseaux migrateurs dans le cadre d'une évaluation environnementale.

Étape	Élément et description
1	Description des impacts possibles du projet proposé sur les oiseaux migrateurs (établissement de la portée des impacts), établis en fonction de la documentation, des données existantes, de l'échantillonnage préliminaire sur le terrain et de la nature du projet proposé.
2	Énoncé des hypothèses écologiques et statistiques vérifiables.
3	Description des protocoles et des méthodes de relevé utilisés et motifs étayant l'utilisation.
4	Description de la façon dont le programme d'échantillonnage et le protocole de relevé soutiennent la mise à l'épreuve des hypothèses écologiques et statistiques. (p. ex. ont fourni l'information sur les conditions de référence, les effets prévus, la vérification et les prévisions).
5	Description de la façon dont le programme d'échantillonnage et le protocole de relevé fournissent de l'information sur le nombre d'espèces d'oiseaux différentes et leur densité.
6	Description de la façon dont le programme d'échantillonnage et le protocole de relevé fournissent de l'information sur les autres types d'impacts. (p. ex. disparition de l'habitat, succès de reproduction/survie restreints pour cause de perturbation).
7	Description de la façon dont l'intensité d'échantillonnage spatiale et temporelle soutient l'établissement de conclusions recevables sur les plans statistique et scientifique. (p. ex. documentation sur l'analyse de puissance, l'évaluation du risque écologique et le suivi des effets environnementaux).
8	Description de la façon dont le programme d'échantillonnage fournit de l'information concernant la manière dont les impacts sur les individus affectent les populations locales et régionales.
9	Identification des personnes qui ont effectué les recherches et description de leurs qualifications et contribution.
10	Description des conditions d'habitat actuelles, des conditions d'habitat futures proposées (y compris les perturbations) et de la façon dont ces conditions affecteront les oiseaux migrateurs.
11	Conclusions sur les effets probables du projet sur les oiseaux de la zone d'étude.
12	Conclusions sur les effets importants probables du projet sur les oiseaux de la zone d'étude.
13	Description des activités de suivi, des mesures d'atténuation et des plans d'intervention en cours.

11. Bibliographie

- Agence canadienne d'évaluation environnementale. 2007a. Examens préalables en vertu de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*. Agence canadienne d'évaluation environnementale, Ottawa, Ont.
- Agence canadienne d'évaluation environnementale. 2007b. Énoncé de politique opérationnelle. Programmes de suivi en vertu de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*. Agence canadienne d'évaluation environnementale, Ottawa, Ont.
- Agence canadienne d'évaluation environnementale. 2007c. Avis de projet : guide de présentation en vertu de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*. Agence canadienne d'évaluation environnementale, Ottawa, Ont.
- Agence canadienne d'évaluation environnementale. 2007d. Énoncé de politique opérationnelle. Aborder les effets environnementaux cumulatifs en vertu de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*. Agence canadienne d'évaluation environnementale, Ottawa, Ont.
- Baker, D. et E. Rapaport. 2005. The science of assessment: identifying and predicting environmental impacts. p.33-52. *In*: Hanna, K.S. (éd.). Environmental impact assessment: practice and participation. Oxford University Press Canada, Don Mills, ON. 412 p.
- Bart, J. et S. Earnst. 2002. Double sampling to estimate density and population trends in birds. *Auk* 119: 36-45.
- Bart, J. et S. L. Earnst. 2005. Methods for shorebird surveys in the Arctic. p. 907-917. *In* Ralph, C.J. et T.D. Rich (éd.). The Third International Partners in Flight Conference: A workshop on bird conservation implementation and integration, 20-24 mars 2002, Asilomar, CA. USDA Forest Service General Technical Report PSW-GTR-191.
- Bazin, R. et F.B. Baldwin. 2007. Canadian Wildlife Service Standardized Protocol for the survey of Yellow Rails (*Coturnicops noveboracensis*) in Prairie and Northern Region. Environnement Canada, Winnipeg.
- Beanlands, G. E. et P. N. Duinker. 1983. Un cadre écologique pour l'évaluation environnementale au Canada. Institute for Resource and Environmental Studies, Dalhousie University, Halifax, Nouvelle-Écosse et Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales, Hull, Québec. 142 p
- Bibby, C. J., N. D. Burgess et D. A. Hill. 1992. Bird census techniques. Academic Press, London.
- Bond, W. K., K. W. Cox, T. Heberlein, E. W. Manning, D. R. Witty, and D. A. Young. 1992. Guide d'évaluation des terres humides : rapport final du projet « Les Terres humides ne sont pas des terres de désolation ». Terres humides durables, communication n° 1992-1. Environnement Canada, Ottawa, Canada. 127 p.
- Bradstreet, M. S. W. et Dunn, E. H. 1997. Using breeding season surveys to monitor changes in Canadian Landbird populations. p. 43-48. *In*: E. H. Dunn, M. D. Cadman et J. B. Falls (éd.). Monitoring bird populations: the Canadian experience. Canadian Wildlife Service Occasional Paper No. 95.

- Cadman, M.D., S.A. Sutherland, G.G. Beck, D. Lepage et A.R. Couturier (éd.). 2007. Atlas of the Breeding Birds of Ontario, 2001-2005. Bird Studies Canada, Environnement Canada, Ontario Field Ornithologists, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario et Ontario Nature, Toronto. 706 p.
- Camphuysen, K. C. J. et S. Garthe. 2004. Recording foraging seabirds at sea: standardized recording and coding of foraging behaviour and multi-species foraging associations. *Atlantic Oiseaux marins* 6(1): 1-31.
- Caswell, F. D. et K. M. Dickson. 1997. Evaluating the status of waterfowl populations in Canada. p. 8-15. *In*: E. H. Dunn, M. D. Cadman et J. B. Falls (éd.). Monitoring bird populations: the Canadian experience. Canadian Wildlife Service Occasional Paper No. 95.
- Caswell, H. 2001. Matrix population models: construction, analysis and interpretation, 2^e éd. Sinauer Associates Inc., Sunderland, Maine, États-Unis.
- Clarke, K. R. et R. H. Green. 1988. Statistical design and analysis for a biological effects study. *Marine Ecology Progress Series* 46: 213-226.
- Committee on Science, Engineering, and Public Policy. 2009. On Being a Scientist: A Guide to Responsible Conduct in Research, 3^e éd. The National Academies Press Washington, D.C. 63 p.
- Conway, C. J. et S. T. A. Timmermans. 2005. Progress Toward Developing Field Protocols for a North American Marshbird Monitoring Program. USDA Forest Service General Technical Report No. PSW-GTR-191. 997-1005 p.
- de Lucas, M., G. F. E. Janss et M. Ferrer. 2007. Birds and wind farms: risk assessment and mitigation. Buteo Books. 275 p.
- Dieni, J. S. et S. L. Jones. 2002. A field test of the area search method for measuring bird populations. *Journal of Field Ornithology* 73(3): 253-257.
- Dobkin, D. S. et A. C. Rich. 1998. Comparison of line transect, spot map, and point count surveys for birds in riparian habitats of the Great Basin. *Journal of Field Ornithology* 69:430-443.
- Duinker, P. N. 1989. Ecological effects monitoring in environmental impact assessment: what can it accomplish? *Environmental Management* 13: 797-805.
- Dunn, E. H. et J. H. Sauer. 1997. Monitoring Canadian bird populations with winter counts. p. 49-54. *In*: E. H. Dunn, M. D. Cadman et J. B. Falls (éd.), Monitoring bird populations: the Canadian experience. Canadian Wildlife Service Occasional Paper No. 95.
- Dunn, E. H., J. Bart, B. T. Collins, B. Craig, B. Dale, C. M. Downes, C. M. Francis, S. Woodley et P. Zorn. 2006. Surveillance des populations d'oiseaux dans de petites zones géographiques. Publication spéciale (Service canadien de la faune). Environnement Canada, Ottawa, Canada. 71 p.
- Dunn, E. H., M. D. Cadman et J. B. Falls (éd.). 1997. Monitoring bird populations: the Canadian experience. Canadian Wildlife Service Occasional Paper No. 95. Environnement Canada, Ottawa.
- Environmental Protection Agency. 2002. Methods for evaluating wetland condition: #13 biological assessment methods for birds. EPA-822-R-02-023. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC 20460.

- Environnement Canada. 1996. Guide sur la diversité biologique et l'évaluation environnementale. Bureau de la Convention sur la biodiversité, Environnement Canada, Ottawa. 16 p.
- Environnement Canada. 2004. Guide des meilleures pratiques en matière d'évaluation environnementale pour les espèces sauvages en péril au Canada. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa. 72 p.
- Environnement Canada. 2007a. Les éoliennes et les oiseaux : document d'orientation sur les évaluations environnementales. Avril 2007. Environnement Canada, Service canadien de la faune, Gatineau, Québec.
- Environnement Canada. 2007b. Protocoles recommandés pour la surveillance des impacts des éoliennes sur les oiseaux. Avril 2007. Environnement Canada, Service canadien de la faune, Gatineau, Québec.
- Environnement Canada. 2007c. General Guidelines for Surveys of Breeding Landbird for Environmental Assessment of Linear Right-of-Way Projects. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Région de l'Atlantique, Sackville, Nouveau-Brunswick.
- Environnement Canada. 2009. Standardized protocol for pelagic seabird surveys conducted in Eastern Canada from moving and stationary platforms (Draft). Canadian Wildlife Service Technical Report Series. Région de l'Atlantique.
- Esler, D., J. A. Schmutz, R. L. Jarvis et D. M. Mulcahy. 2000. Winter survival of adult female Harlequin Ducks in relation to history of contamination by the Exxon Valdez oil spill. *Journal of Wildlife Management* 64: 839-847.
- Fletcher, D. J. et B. F. J. Manly (éd.). 1994. *Statistics in ecology and environmental monitoring*. Otago Conference Series, Otago, Nouvelle-Zélande.
- Gabor, T. S., T. R. Gadawski, R. K. Ross, R. S. Rempel et D. W. Kroeker. 1995. Visibility bias of waterfowl brood surveys using helicopters in the Great Clay Belt of northern Ontario. *Journal of Field Ornithology* 66(1): 81-87.
- Germano, J.D. 1999. Ecology, statistics, and the art of misdiagnosis: The need for a paradigm shift. *Dossiers environnement*. 7: 167-190.
- Gibson, R.B. 2001. Spécification des critères de décision axés sur la durabilité et analyse de leurs incidences sur la détermination de l' « importance » dans l'évaluation environnementale. Collection de monographies en recherche et développement. No de catalogue En105-67/2001F. Agence canadienne d'évaluation environnementale, Ottawa, Canada.
- Gibson, R.B. 2002. EA in Canada: from Wreck Cove to Voisey's Bay: the evolution of federal environmental assessment in Canada. *Impact Assessment and Project Appraisal* 20(3):151-159.
- Giere, R.N. 1991. *Understanding Scientific Reasoning*. Harcourt Brace Jovanich Inc. Orlando FL. 322 p.
- Gill, D. et A. D. Cooke. 1974. Controversies over hydroelectric developments in sub-Arctic Canada. *Polar Record* 17(107): 109-127.
- Glass, G. V., P. D. Peckham et J. R. Sanders. 1972. Consequences of failure to meet assumptions underlying the fixed effects analysis of variance and covariance. *Review of Education Research* 42: 237-288.
- Glass, N. R. 1967. A technique for fitting nonlinear models to biological data. *Ecology* 48: 1010-1013.

- Goudie, R. I. 2006. Multivariate response of Harlequin Ducks to aircraft perturbation in Labrador. *Environmental Conservation* 33 (1): 28-35.
- Goudie, R. I. et A. Lang. 2008. Discussion paper of requirements for scientific assessment of impacts on migratory birds. LGL Rep. SA977. Rapport présenté par LGL Limited Environmental Research Associates. St. John's, NL, pour le Service canadien de la faune, Environnement Canada.
- Goudie, R. I. et I. L. Jones. 2004. Dose-response relationships of Harlequin Duck behaviour to noise from low-level military jet over-flights in central Labrador. *Environmental Conservation* 31(4): 1-10.
- Green, R. H. 1969. Population dynamics and environmental variability. *American Zoologist* 9: 393-398.
- Green, R. H. 1979. Sampling design and statistical methods for environmental biologists. John Wiley and Sons, Toronto. 257 p.
- Green, R. H. 1984. Statistical and nonstatistical considerations for environmental monitoring studies. *Environmental Monitoring and Assessment* 4: 293-301.
- Green, R. H. 1989. Power analysis and practical strategies for environmental monitoring. *Environmental Research* 50: 195-205.
- Green, R. H. 1993. Application of repeated measures design in environmental impact and monitoring studies. *Australian Journal of Ecology* 18: 81-98.
- Green, R. H. et R. C. Young. 1993. Sampling to detect rare species. *Ecological Applications* 3(2): 351-356.
- Hammond, H. 2002. Ecosystem-based planning: principles and process. The Silva Forest Foundation, Slocan, BC. 12 p.
- Hanson, A., L. Swanson, D. Ewing, G. Grabas, S. Meyer, L. Ross, M. Watmough et J. Kirkby. 2008. Aperçu des méthodes d'évaluation des fonctions écologiques des terres humides, Service canadien de la faune, Série de Rapports techniques n° 497, Région de l'Atlantique, 70 p.
- Kirk, D. 2000. Un instrument d'aide à la décision pour évaluer l'importance des effets négatifs sur les oiseaux lors de l'évaluation environnementale. Collection de monographies en recherche et développement, 2000. N° de catalogue En 105-63/2001F. Agence canadienne d'évaluation environnementale, Ottawa, Canada.
- Kosso, P. 2007. Scientific understanding. *Foundations of Science* 12:173-188.
- Krapu, G.L. et K.J. Reinecke. 1992. Foraging ecology and nutrition. p. 1-29. *In*: B.D.J. Batt, A.D. Afton, M.G. Anderson, C.D. Ankney, D.H. Johnson, J.A. Kadlec et G.L. Krapu (éd.). *Ecology and Management of Breeding Waterfowl*. University of Minnesota Press, Minneapolis, MN. 635 p.
- Kuhn, T.S. 1970. *The Structure of Scientific Revolutions*. 2^e éd. The University of Chicago Press. Chicago IL. 210 p.
- Lemieux, S., J. Haemmerli, J.-P. Savard, G. Chapdelaine, P. Brousseau, C. Saint-Charles et J.-M. Coutu. 1997. Guide pour l'évaluation des impacts sur les oiseaux. Division des évaluations environnementales, Service canadien de la faune, Québec.
- Lougheed, L. W., A. Breault et D. B. Lank. 1999. Estimating statistical power to evaluate ongoing waterfowl population monitoring. *Journal of Wildlife Management* 63: 1359-1369.

- Lynch-Stewart, P. 2004. Guide des meilleures pratiques en matière d'évaluation environnementale pour les espèces sauvages en péril au Canada. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa, Ont. 72 p.
- MacDonald, J. S. et R. H. Green. 1983. Redundancy of variables used to describe importance of prey species in fish diets. *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques* 40: 635-637.
- Matthews, W. H. 1975. Objective and subjective judgments in environmental impact analysis. *Environmental Conservation* 2: 121-131.
- McDonald, D. B. et H. Caswell. 1993. Matrix methods for avian demography. p. 139-185. *In*: D. M. Power (éd.), *Current Ornithology*, Volume 10. Plenum Press.
- McGarigal, K., S. Cushman et S. Stafford. 2000. *Multivariate statistics for wildlife and ecology research*. Springer, NY, États-Unis. 283 p.
- Milko, R. 1998a. Directive pour les évaluations environnementales relatives aux oiseaux migrateurs. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.
- Milko, R. 1998b. Directive pour les évaluations environnementales relatives à l'habitat forestier des oiseaux migrateurs. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.
- Milko, R. 1998c. Directive pour les évaluations environnementales relatives aux milieux humides. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.
- Montevecchi, W. A., F. K. Wiese, G. Davoren, A. W. Diamond, F. Huettmann et J. Linke. 1999. Seabird attraction to large platforms and seabird monitoring from offshore support vessels and other ships: literature review and monitoring designs. *Environmental Studies Research Funds No. 138*, Calgary, Alberta. 51 p.
- Mooney, K. A. 2002. Quantifying avian habitat use in forests using track-plates. *Journal of Field Ornithology* 73(4): 392-298.
- Moulton, V. D. et B. D. Mactavish. 2005. Recommended seabird and marine mammal observational protocols for Atlantic Canada. LGL Limited Report SA775-1. *Environmental Studies Research Fund No. 156*, Calgary, Alberta. 71 p.
- Nettleship, D. N. 1997. Long-term monitoring of Canada's seabird population. p. 8-15. *In*: E. H. Dunn, M. D. Cadman et J. B. Falls (éd.), *Monitoring bird populations: the Canadian experience*. Canadian Wildlife Service Occasional Paper No. 95.
- Nikiforuk, A. 1997. *The nasty game: the failure of environmental assessment in Canada*. Water and Gordon Foundation, Toronto, ON. 44 p.
- Noble, B.F. 2006. *Environmental Impact Assessment: Guide to Principles and Practice*. Oxford University Press Canada, Don Mills, ON. 216 p.
- Orians, G. H., J. Buckley, W. Clark, M. E. Gilpin, C. F. Jordan, J. T. Lehman, R. M. May, G. A. Robilliard et D. S. Simberloff. 1986. *Ecological knowledge and environmental problem solving: concepts and case studies*. Committee on the applications of ecological theory to environmental problems, Commission of Life Sciences, National Research Council. National Academy Press, Washington, D.C. 388 p.
- Ott, L. 1984. *An introduction to statistical methods and data analysis*. Duxbury Press, Boston, MA. 775 p.
- Pagen, R. W., F. R. Thompson et D. E. Burhas. 2002. A comparison of point count and mist net detections of songbirds by habitat and time of season. *Journal of Field Ornithology* 73(1): 53-59.
- Peters, R.H. 1991. *A critique of ecology*. Cambridge University Press, New York, NY. 366 p.

- Pollock, K. H. et W. L. Kendall. 1987. Visibility bias in aerial surveys: a review of estimation procedures. *Journal of Wildlife Management* 51: 502-510.
- Ralph, C. J. et J. M. Scott. 1981. Estimating numbers of terrestrial birds. *Studies in Avian Biology* No. 6.
- Raybould, A. 2006. Problem formulation and hypothesis testing for environmental risk assessments of genetically modified cultures. *Environmental Biosafety Research* 5: 119-125.
- Reed, E. T., G. Gauthier et J.-F. Giroux. 2004. Effects of spring condition on breeding propensity of Greater Snow Goose females. *Animal Biodiversity and Conservation* 27: 35-46.
- Reijnen, R. et R. Foppen. 1994. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. I. Evidence of reduced habitat quality for willow warblers (*Phylloscopus trochilus*) breeding close to a highway. *Journal of Applied Ecology* 31: 85-94.
- Reijnen, R., R. Foppen, C.T., Braak et J. Thissen. 1995. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. III. Reduction of density in relation to the proximity of main roads. *Journal of Applied Ecology*, 32: 187-202.
- Rosenberg, D. M., V. H. Resh, S. S. Balling, M. A. Barnby, J. N. Collins, D. V. Durbin, T. S. Flynn, D. D. Hart, G. A. Lamberti, E. P. McElravy, J. R. Wood, T. E. Blank, D. M. Schultz, D. L. Marrin et D. G. Price. 1981. Recent trends in environmental impact assessment. *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques* 38: 591-624.
- Ross, R. K. 1985. Helicopter versus ground surveys for waterfowl in the boreal forest. *Wildlife Society Bulletin* 13: 153-157.
- Santillo, D., R.L. Stringer, P.A. Johnston et J. Tickner. 1998. The precautionary principle: protecting against failures of scientific assessment and risk assessment. *Marine Pollution Bulletin* 39: 939-950.
- Schindler, D. W. 1976. The impact statement boondoggle. *Science* 192: 4239.
- Schneider, D.C. 1994. *Quantitative Ecology: spatial and temporal scaling*. Academic Press Toronto, ON. 395 p.
- Service canadien de la faune. 1991. Les oiseaux protégés au Canada en vertu de la *Loi sur la Convention concernant les oiseaux migrateurs*. Publication hors série no 1. Environnement Canada, Ottawa.
- Service canadien de la faune. 2007. Program for Regional and International Shorebird Monitoring (PRISM) field manual. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Yellowknife. 74 p.
- Siegel, R. B., D. F. Desante et M. P. Nott. 2001. Using point counts to establish conservation priorities: how many visits are optimal? *Journal of Field Ornithology* 72(2): 228-235.
- Skalski, J. R., K. E. Ryding et J. J. Millspaugh. 2005. *Wildlife demography: analysis of sex, age, and count data*. Elsevier Academic Press, New York. 636 p.
- Susskind, L., P. Field, M. van der Wansem et J. Peyser. 2007. Integrating scientific information, stakeholder interests, and political concerns. p. 181-203. *In*: K.S. Hanna et D.S. Slocombe (éd.). *Integrated Resource and Environmental Management: Concepts and Practice*. Oxford University Press, Don Mills, ON. 265 p.
- Takats, D. L., C. M. Francis, G. L. Holroyd, J. R. Duncan, K. M. Mazur, R. J. Cannings, W. Harris et D. Holt. 2001. *Guidelines for Nocturnal Owl Monitoring in North America*. Beaverhill Bird Observatory and Bird Studies Canada. Edmonton, AB. 32 p.

- Tasker, M. L., P. H. Jones, T. J. Dixon et B. F. Blake. 1984. Counting seabirds at sea from ships: a review of methods employed and a suggestion for a standardized approach. *Auk* 101: 567-577.
- Thompson, F. R., D. E. Burhans et B. Root. 2002. Effects of point count protocol on bird abundance and variability estimates and power to detect population trends. *Journal of Field Ornithology* 73(2): 141-150.
- Thompson, W. 2004. Sampling rare and elusive species: concepts, designs, and techniques for estimating population parameters. Island Press, Washington, D.C.
- Underwood, A. J. 1992. Beyond BACI: the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable world. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 161: 145-178.
- Underwood, A. J. 1994a. On beyond BACI: sampling design that might reliably detect environmental perturbations. *Ecological Applications* 4: 3-15.
- Underwood, A. J. 1994b. Things environmental scientists (and statisticians) need to know to receive (and give) better statistical advice. p. 33-62. *In*: D. J. Fletcher et B. F. J. Manly (éd.), *Statistics and Environmental Monitoring*. Otago Conference Series No.2. University of Otago Press, Dunedin, Nouvelle-Zélande.
- Verner, J. 1985. Assessment of counting techniques. p. 247-302. *In*: R. F. Johnston (éd.). *Current Ornithology* 2.
- Walsh, P. M., D. J. Harvey, M. P. Harris, A. del Nevo, I. M. W. Sim et M. L. Tasker. 1995. Seabird monitoring handbook for Britain and Ireland. JNC/RSPB/ITE Seabird Group, Peterborough.
- Webster Dictionary. 1975. *The Living Webster Encyclopedic Dictionary of the English Language*. The English Language Institute of America, Chicago, États-Unis.
- Wiese, F. K. et G. J. Robertson. 2004. Assessing seabird mortality from chronic oil discharges at sea. *Journal Wildlife Management* 68: 627-638.
- Williams, M. R. 1994. Use of principal component biplots to detect environmental impact. p. 263-269. *In*: D. J. Fletcher et B. F. J. Manly (éd.). *Statistics and Environmental Monitoring*. Otago Conference Series No.2. University of Otago Press, Dunedin, Nouvelle-Zélande.
- Wilson, R. R., D. J. Twedt, et A. B. Elliott. 2000. Comparison of line transects and point counts for monitoring spring migration in forested wetlands. *Journal of Field Ornithology* 71(2): 345-355.
- Zar, J. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, NJ, États-Unis.
- Zimmerling, J. R. et C. D. Ankney. 2000. A technique that increases detectability of passerine species during point counts. *Journal of Field Ornithology* 71(4): 638-649.

Annexes

Annexe 1 – Impacts possibles sur les habitats des oiseaux et indicateurs de l'effet

Type d'effet environnemental	Description de l'effet	Indicateurs de l'effet ou des effets
Perte d'habitat	L'habitat est détruit et peut être ou ne pas être remplacé par un habitat différent.	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité réduite des espèces et capacité de support. - Utilisation de la zone d'étude par les oiseaux avant et après - Mesure de la croissance et de la survie des jeunes - Déplacement de populations et impacts indirects sur d'autres emplacements - Modification de la composition des espèces
Modification de l'habitat (direct)	L'habitat demeure, mais il est modifié (p. ex. éclaircie du sous-étage, modification de la composition ou de la structure d'âge des espèces).	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité réduite des espèces - Parasitisme accru des nids - Baisse du succès de nidification - Taux de prédation accru
Introduction d'obstacles physiques	Obstacles physiques mis en place (p. ex. lignes de transport d'électricité, routes).	<ul style="list-style-type: none"> - Mortalités le long de l'emprise détectées grâce à des relevés effectués au moment opportun - Utilisation des installations par les oiseaux - Effets de barrière, modification de l'utilisation de l'habitat
Perturbation de l'habitat	Notamment bruit, activité humaine et impacts attribuables aux chercheurs.	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de l'habitat avant et après - Diversité réduite des espèces - Baisse du succès de nidification
Contamination et pollution	Délibéré c. accidentel; substances précises; voies de pénétration dans l'environnement; bioaccumulation par la chaîne alimentaire.	<ul style="list-style-type: none"> - Voies d'expositions des toxines; peut être mesurée dans les aliments potentiels - Examen des espèces indicatrices (p. ex. lichens) - Évaluation des risques liés aux événements accidentels
Modification de l'habitat (indirect)	L'habitat peut être touché par des modifications à l'hydrologie ou encore la modification de l'habitat peut favoriser les compétiteurs ou les prédateurs.	<ul style="list-style-type: none"> - Changements dans les indicateurs climatiques (p. ex. degrés-jours) - Turbidité de l'eau - Étendue d'eau libre disponible - Utilisation de la zone d'étude par les oiseaux avant et après
Modification à la disponibilité de nourriture	Il se peut que l'habitat ne convienne plus aux espèces qui constituent les aliments privilégiés (p. ex. introduction d'espèces exotiques); moins de nourriture peut entraîner plus de compétition.	<ul style="list-style-type: none"> - Mesure de la disponibilité de nourriture - Utilisation de la zone d'étude par les oiseaux avant et après - Mesure de la croissance et de la survie des jeunes - Déplacement de populations et impacts indirects sur d'autres emplacements (p. ex. cultures, complexes immobiliers, parcs de stationnement, etc.)

Annexe 2 – Exemples de types de projets et séquences possibles des effets

Types de projet	séquences des effets (impacts communs)
<p>Prospection pétrolière/gazière ou sismique – zone littoral Exercices/essais militaires – zone littoral</p>	<p>Perturbation (p. ex. bruit, présence humaine) Modification à l'habitat (terrestre et milieux humides) Effets de bordure Fragmentation de l'habitat Perte d'habitat intérieur Mortalité causée par des munitions explosives Mortalité – destruction/abandon des nids actifs Contamination/mortalité par un effluent, des émissions</p>
<p>Prospection pétrolière/gazière ou sismique – au large Exercices/essais militaires – au large</p>	<p>Perturbation Possibilité de dommages auditifs chez les oiseaux plongeurs Mortalité des oiseaux marins attirés par la lumière artificielle</p>
<p>Forage pétrolier et gazier /Production pétrolière et gazière – au large</p>	<p>Perte d'habitat Mortalité – eau produite Mortalité – éruption (accidentelle) d'un puits Mortalité des oiseaux marins attirés par la lumière artificielle</p>
<p>Installation ou usine de fabrication, de raffinage ou de traitement; centrale électrique Production pétrolière et gazière – zone littoral Forage de puits Installation de gestion des déchets; Incinérateur Installation de biorestauration Subdivision de lots pour commerces, résidences ou chalets Base militaire</p>	<p>Perte d'habitat Effets de bordure Fragmentation de l'habitat Transformation de l'habitat (y compris des espèces invasives) Mortalité, perte d'habitat – incendie/explosion (accidentel) Mortalité, perte d'habitat, contamination – déversement (accidentel) Mortalité – destruction de nids actifs Perte d'habitat intérieur Contamination/mortalité par un effluent, des émissions, des déchets, la lixiviation en tas Détérioration de l'habitat – émissions Perturbation (p. ex. bruit, présence humaine) Prédation élevée par des espèces consommatrices de déchets en raison de l'accroissement de leur taux de survie et de leur reproduction Mortalité attribuable à un programme de gestion de la faune Mortalité causée par des collisions ou par une chasse accrue</p>

Types de projet	séquences des effets (impacts communs)
Projets linéaires Tunnel Route/autoroute Chemin de fer Métro Canal Oléoduc/gazoduc Ligne de transport d'électricité	Perte d'habitat Effets de bordure Fragmentation de l'habitat Transformation de l'habitat (y compris des espèces invasives) Mortalité, perte d'habitat – incendie/explosion (accidentel) Mortalité, perte d'habitat, contamination – déversement (accidentel) Mortalité – destruction de nids actifs Perte d'habitat intérieur Contamination/mortalité par un effluent, des émissions, des déchets Détérioration de l'habitat – émissions Perturbation (p. ex. bruit, présence humaine) Mortalité attribuable à un programme de gestion de la faune Mortalité causée par des collisions ou par une chasse accrue
Éoliennes Structures élevées Tours de communication Immeuble de grande hauteur	Perturbation Évitement Perte d'habitat intérieur Effets de bordure Fragmentation de l'habitat Transformation de l'habitat (y compris des espèces invasives) Mortalité, perte d'habitat – incendie/explosion (accidentel) Mortalité, perte d'habitat, contamination – déversement (accidentel) Mortalité – collisions avec la structure Mortalité – destruction de nids actifs Perturbation (p. ex. bruit, présence humaine) Contamination/mortalité par un effluent, des émissions, des déchets
Exploitation forestière; sylviculture Extraction de tourbe Agriculture Terrain de golf Exploitation de mines à ciel ouvert/exploitation de carrières Site d'enfouissement	Détérioration de l'habitat Perte d'habitat Émissions Perturbation (p. ex. bruit, présence humaine) Prédation élevée par les espèces consommatrices de déchets en raison de leur taux de survie et de leur reproduction Mortalité attribuable à un programme de gestion de la faune Mortalité causée par des collisions ou par une chasse accrue Mortalité – destruction de nids actifs
Réservoir et structure de rétention d'eau	Perte d'habitat Transformation de l'habitat (y compris des espèces invasives) Effets de bordure Perturbation (p. ex. sonore, visuelle) Mortalité – destruction de nids actifs

Types de projet	séquences des effets (impacts communs)
Terminal/base maritime Pont Tunnel sous-terrain	Perte d'habitat Fragmentation de l'habitat Transformation de l'habitat (y compris des espèces invasives) Effets de bordure Perturbation (p. ex. sonore, visuelle) Mortalité – destruction de nids actifs
Dragage /remplissage pour la navigation	Transformation de l'habitat Perturbation (p. ex. bruit, présence humaine)
Aquaculture	Perte d'habitat ou transformation de l'empreinte Transformation de l'habitat adjacent par un effluent Perturbation (p. ex. bruit, présence humaine) Attraction des oiseaux pour les installations
Programme de gestion des espèces nuisibles	Mortalité
Installation de pompage d'eau souterraine	Perte d'habitat ou transformation de l'empreinte Transformation de l'habitat adjacent par un effluent

Annexe 3 – Types de projets et techniques d'évaluation des impacts sur les oiseaux migrateurs

Type de projet	Groupes d'oiseaux	Impacts courants	Variables	Techniques d'évaluation ¹
Prospection sismique et production ou prospection pétrolière/gazière, zone littoral	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Modification à l'habitat (terrestre et milieux humides)	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perturbation (p. ex. bruit, présence humaine)	Nombre d'individus, succès de nidification	Dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids, dénombrement des nichées
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
Prospection pétrolière/gazière ou sismique, au large	Oiseaux marins	Perturbation (p. ex. bruit, présence humaine)	Nombre d'individus par unité de surface	Relevés effectués par bateau le long de transects
	Oiseaux marins	Mortalité, possibilité de dommages auditifs chez les oiseaux plongeurs	Cadavres par unité de surface, par unité de temps	Relevés effectués par bateau le long de transects
Forage pour la prospection/ l'exploitation pétrolière/gazière, au large	Oiseaux marins	Mortalité – éruption d'un puits (accidentelle)	Cadavres par unité de surface, par unité de temps	Levés par sonar
	Oiseaux marins	Mortalité des oiseaux marins attirés par la lumière artificielle	Cadavres par unité de surface, par unité de temps	Recherche de zones, extrapolation de la mortalité totale, relevés effectués par bateau le long de transects
Installation ou usine de fabrication, de raffinage ou de traitement	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux de proie	Transformation de l'habitat (y compris des espèces invasives)	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Mortalité, perte d'habitat – incendie/explosion (accidentel)	Nombre d'individus	Recherche d'emplacements et extrapolation de la mortalité totale
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Mortalité, perte d'habitat, contamination par un déversement (accidentel)	Nombre d'individus	Recherche d'emplacements et extrapolation de la mortalité totale
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Contamination par un effluent, des émissions, des déchets, lixiviation en tas	Santé animale, succès de nidification	Échantillonnage de tissus et analyse toxicologique; recherche de nids
Centrale électrique (thermique, hydroélectrique, nucléaire)	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Transformation de l'habitat (y compris des espèces invasives)	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids

Type de projet	Groupes d'oiseaux	Impacts courants	Variables	Techniques d'évaluation ¹
Centrale électrique (thermique, hydroélectrique, nucléaire)	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perturbation (p. ex. bruit, présence humaine)	Nombre d'individus, succès de nidification	Recherche de nids, dénombrement des nichées
	Passereaux Oiseaux de proie	Dégradation de l'habitat – émissions	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Contamination par un effluent, des émissions, des déchets	Santé animale, succès de nidification	Échantillonnage de tissus et analyse toxicologique; recherche de nids
Éoliennes servant à la production d'énergie électrique	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux de proie	Dégradation de l'habitat – émissions	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perturbation (p. ex. bruit, présence humaine)	Nombre d'individus, succès de nidification	Dénombrement par point d'écoute, recherche de nids le long de transects, dénombrement des nichées
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Mortalité – collisions	Cadavres par unité de surface, par unité de temps, oiseaux/turbine/année ou oiseaux/MW/année ou oiseaux/surface balayée par le rotor/an.	Recherche d'emplacement
Structures de grande taille	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Mortalité – collisions	Cadavres par unité de surface, par unité de temps	Recherche d'emplacement
Exploitation forestière – coupe à blanc	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Transformation de l'habitat (y compris des espèces invasives)	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
Exploitation forestière - sélective	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Modification à l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
Sylviculture	Passereaux	Diminution de la biodiversité	Nombre d'individus par unité de surface	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes
	Passereaux	Effets de bordure	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids

Type de projet	Groupes d'oiseaux	Impacts courants	Variables	Techniques d'évaluation ¹
Scierie	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Mortalité, habitat – explosion et incendie (accidentel)	Nombre d'individus	Recherche d'emplacements et extrapolation de la mortalité totale
Extraction de tourbe	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
Exploitation de surface	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux de proie	Transformation de l'habitat (y compris des espèces invasives)	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Contamination par un effluent, des émissions, des déchets, remblais de lixiviation	Santé animale, succès de nidification	Échantillonnage et analyse de tissus; recherche de nids
Exploitation de mine à ciel ouvert, carrière, sablière/gravière L'habitat peut être rendu attirant pour les oiseaux qui nichent au sol ou les hirondelles de rivage peuvent décider de nicher dans les morts-terrains.	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux de proie	Transformation de l'habitat (y compris des espèces invasives)	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Martin-pêcheur d'Amérique, hirondelles, troglodyte des rochers	Création d'habitat de nidification	Nombre de nids par unité de surface, succès de nidification	Recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Contamination par un effluent, des émissions, des déchets, remblais de lixiviation	Santé animale, succès de nidification	Échantillonnage et analyse de tissus; recherche de nids
Forage de puits	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux de proie	Transformation de l'habitat (y compris des espèces invasives)	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Contamination par un effluent, des émissions, remblais de lixiviation	Santé animale, succès de nidification	Échantillonnage et analyse de tissus; recherche de nids

Type de projet	Groupes d'oiseaux	Impacts courants	Variables	Techniques d'évaluation ¹
Gestion des déchets d'uranium	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Contamination par un effluent, des émissions, des déchets, remblais de lixiviation	Santé animale, succès de nidification	Échantillonnage et analyse de tissus; recherche de nids
Installation de production de deutérium; installation de traitement du carburant nucléaire irradié	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux de proie	Transformation de l'habitat (y compris des espèces invasives)	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Contamination par un effluent, des émissions, des déchets	Santé animale, succès de nidification	Échantillonnage et analyse de tissus; recherche de nids
Installation de traitement/ d'incinération/ d'élimination/de recyclage de déchets dangereux	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux de proie	Transformation de l'habitat (y compris des espèces invasives)	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Contamination par un effluent, des émissions, des déchets	Santé animale, succès de nidification	Échantillonnage et analyse de tissus; recherche de nids
Incinérateur : déchets domestiques, d'agents microbiens ou biologiques	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux de proie	Transformation de l'habitat (y compris des espèces invasives)	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Contamination par un effluent, des émissions, des déchets	Santé animale, succès de nidification	Échantillonnage et analyse de tissus; recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Risque biologique causé par un effluent, des émissions, des déchets	Santé animale, succès de nidification	Échantillonnage et analyse de tissus; recherche de nids
Site d'enfouissement sanitaire, installation de biorestauration	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux de proie	Transformation de l'habitat (y compris des espèces invasives)	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids

Type de projet	Groupes d'oiseaux	Impacts courants	Variables	Techniques d'évaluation ¹
Site d'enfouissement sanitaire, installation de biorestauration	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Contamination par un effluent, des émissions, des déchets	Santé animale, succès de nidification	Échantillonnage de tissus et analyse toxicologique; recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Prédation élevée par les espèces consommatrices de déchets en raison de l'accroissement de leur taux de survie et de leur reproduction	Nombre de nids par unité de surface, succès de nidification	Recherche de nids, dénombrement des nichées
Commercial, industriel léger, résidentiel (y compris les aéroports, aérodromes, pistes, base militaire, poste de transformation)	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perturbation (p. ex. sonore, visuelle)	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux de proie	Transformation de l'habitat (y compris des espèces invasives)	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perturbation (p. ex. sonore, visuelle)	Nombre d'individus, succès de nidification	Recherche de nids, Dénombrement des nichées
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Mortalité – programme de gestion de la faune	Nombre d'individus	Tenue de dossiers/registres sur la gestion de la faune
Exercices navals	Oiseaux marins	Perturbation (p. ex. sonore, visuelle)	Nombre d'individus par unité de surface	Relevés effectués par bateau le long de transects
	Oiseaux marins	Mortalité – munitions explosives	Nombre de cadavres par unité de surface	Relevés effectués par bateau le long de transects
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perturbation (p. ex. sonore, visuelle)	Nombre d'individus par unité de surface	Relevés effectués par bateau le long de transects
Exercices d'infanterie/ de véhicules blindés/d'artillerie	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Modification à l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perturbation (p. ex. sonore, visuelle)	Nombre d'individus et densité	Dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
Vol à basse altitude (exercices militaires)	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perturbation (p. ex. sonore, visuelle)	Nombre d'individus, et densité	Dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Mortalité – munitions explosives	Nombre d'individus	Recherches d'emplacements et extrapolation pour la mortalité totale
Essais d'armes	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perturbation (p. ex. sonore, visuelle)	Nombre d'individus et densité	Dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Oiseaux marins	Mortalité – munitions explosives	Nombre de cadavres per	Relevés effectués le long de transects
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Modification à l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids

Type de projet	Groupes d'oiseaux	Impacts courants	Variables	Techniques d'évaluation ¹
Forces armées, terrestres	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux de proie	Transformation de l'habitat (notamment modification de la végétation en raison de la modification à l'eau souterraine, espèces invasives)	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perturbation (p. ex. sonore, visuelle)	Nombre d'individus et densité	Dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
Modification au rivage, base navale, terminal portuaire	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux de proie	Transformation de l'habitat (notamment modification de la végétation en raison de la modification à l'eau souterraine, espèces invasives)	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perturbation (p. ex. sonore, visuelle)	Nombre d'individus et densité	Dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
Retrait/destruction d'épaves	Passereaux Oiseaux de proie	Transformation de l'habitat (notamment modification de la végétation en raison de la modification à l'eau souterraine, espèces invasives)	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perturbation (p. ex. sonore, visuelle)	Nombre d'individus et densité	Dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
Barrage / structure de rétention d'eau et réservoir	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
Pont, tunnel sous-marin.	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perturbation (p. ex. sonore, visuelle)	Nombre d'individus et densité	Dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux de proie	Transformation de l'habitat (y compris des espèces invasives)	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids

Type de projet	Groupes d'oiseaux	Impacts courants	Variables	Techniques d'évaluation ¹
Pont, tunnel sous-marin.	Oiseaux aquatiques hirondelles	Création d'habitat de nidification (opérations), perte d'habitat de nidification (nettoyage ou démantèlement d'un pont)	Nombre de nids par unité de surface, succès de nidification	Recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perturbation (p. ex. sonore, visuelle)	Nombre d'individus, succès de nidification	Recherche de nids, dénombrement des nichées
Tunnel	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perturbation (p. ex. sonore, visuelle)	Nombre d'individus et densité	Dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
Projet linéaire (oléoduc/gazoduc, ligne de transport d'électricité, route /autoroute, voie ferrée, canal)	Passereaux Oiseaux de proie	Transformation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte d'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Fragmentation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Mortalité, habitat – explosion et incendie (accidentel)	Nombre d'individus	Recherches d'emplacements et extrapolation pour la mortalité totale
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Transformation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Mortalité (collisions, chasse)	Nombre d'individus	Recherches d'emplacements et extrapolation pour la mortalité totale
	Passereaux	Espèces envahissantes	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
Dragage ou remplissage pour la navigation	Oiseaux aquatiques	Transformation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
Développement de l'aquaculture (poissons)	Oiseaux aquatiques	Perte d'habitat et/ou transformation	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
Développement de l'aquaculture (mollusques)	Oiseaux aquatiques	Perte d'habitat et/ou transformation (création d'habitat d'alimentation)	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
Développement agricole	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte, transformation ou perturbation de l'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids

Type de projet	Groupes d'oiseaux	Impacts courants	Variables	Techniques d'évaluation ¹
Terrains de golf	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte, transformation ou perturbation de l'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
Constructions de chalets	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte, transformation, ou perturbation de l'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
Installations de gestion des déchets	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Perte, transformation, ou perturbation de l'habitat, notamment effets de bordure et perte d'habitat intérieur	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids
Prise ou destruction d'animaux sauvages dans le cadre d'un programme de gestion de la faune	Passereaux Oiseaux aquatiques Oiseaux de proie	Mortalité	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, parcelles aériennes, recherche de nids, dénombrement des nichées, recherche d'emplacements et extrapolation de la mortalité totale
Installation de pompage d'eau souterraine	Passereaux Oiseaux de proie	Transformation de l'habitat	Nombre d'individus par unité de surface, succès de nidification	Classification d'habitat, dénombrement par points d'écoute, densité x habitat = pertes, recherche de nids

¹Certaines espèces peuvent être trop fragiles pour l'application de certaines méthodes.

Annexe 4 – Techniques de relevés pour calculer le nombre ou la densité des oiseaux migrateurs dans divers habitats

Groupe d'oiseaux /moment	Type	Unités	Technique	N ^{bre} de relevés	Précisions	Application
Passereaux/ Nicheurs Dunn <i>et al.</i> , 1997 Dunn <i>et al.</i> , 2006 Ralph et Scott, 1981	Dénombrement complet	N ^{bre} d'individus	Recensement des mâles chanteurs et de tous les oiseaux actifs	Au moins deux relevés à environ deux ou trois semaines d'intervalle	Relevés effectués tôt le matin durant la saison de reproduction	La superficie prévue des habitats touchés est relativement faible
Bibby <i>et al.</i> , 1992 Dieni et Jones, 2002 Dunn <i>et al.</i> , 2006	Dénombrement complet dans les parcelles d'échantillonnage	N ^{bre} d'individus par unité de surface (densité)	Recensement des mâles chanteurs et de tous les oiseaux actifs	Au moins deux relevés par parcelle	Les parcelles sont stratifiées pour être représentatives des types d'habitat; effectués tôt le matin durant la saison de reproduction	Les résultats sont extrapolés pour les types d'habitats dans l'ensemble de la zone d'étude
Dobkin et Rich, 1998 Dunn <i>et al.</i> , 2006	Cartographie du territoire	Interactions interspécifiques ou entre mâles chanteurs (nombre corrigé selon la densité ou les couples nicheurs indiqués)	Cartographie ou méthode par plan quadrillé sur quadrats de 10 ha	Normalement, de sept à dix visites sont nécessaires	Durant la saison de reproduction; effectués tôt le matin durant la saison de reproduction; les parcelles sont stratifiées pour être représentatives des types d'habitat	La superficie prévue des habitats touchés est relativement élevée, mais aussi relativement homogène
Mooney, 2002 Wilson <i>et al.</i> , 2000 Zimmerling et Ankney, 2000 Siegel <i>et al.</i> , 2001 Thompson <i>et al.</i> , 2002 Dunn <i>et al.</i> , 2006 EC, 2007b	Dénombrement par points d'écoute	Mâles chanteurs et tous les oiseaux observés (nombre corrigé selon la densité ou les d'équivalents-couples)	Dénombrement des mâles chanteurs pendant dix minutes à partir d'un point fixe dans un rayon de portée supposé jusqu'à une distance précisée	Au moins deux relevés à environ deux ou trois semaines d'intervalle par station	Effectués tôt le matin durant la saison de reproduction; données colligées par bandes concentriques : 0-50 m, 50-75 m, 75-100 m, 100 m et plus	Particulièrement adaptée aux forêts denses, aux terrains accidentés et aux grandes superficies; donne un bon indice d'abondance relative des espèces
De Lucas <i>et al.</i> , 2007 Pagen <i>et al.</i> , 2002 Dunn <i>et al.</i> , 2006 EC, 2007b	Dénombrement complet	Oiseaux migrateurs	Capture au filet japonais Relevé linéaire			

Groupe d'oiseaux /moment	Type	Unités	Technique	N ^{bre} de relevés	Précisions	Application
Passereaux EC, 2007c	Dénombrement complet, dénombrement par points d'écoute, dénombrement par plan quadrillé	N ^{bre} d'individus	Recensement des mâles chanteurs et de tous les oiseaux actifs, réponses au chant, couples nicheurs indiqués (relevé linéaire)	Au moins deux relevés à environ deux ou trois semaines d'intervalle	Effectués tôt le matin durant la saison de nidification	Projets linéaires
Oiseaux de rivage nicheurs Bart et Earnst, 2002 Bart et Earnst, 2005 SCF, 2007	Dénombrement rapide	N ^{bre} d'individus en couples	Dénombrement au sol	Dénombrement rapide dans les parcelles d'échantillonnage et dénombrement intensif sur les sous-échantillons des parcelles	Un observateur marche seul sur une parcelle de 10 à 15 ha, effectuant le relevé au rythme de 10 ha/h	Milieux humides de la toundra et de la taïga
Oiseaux de proie et pics	Dénombrement représentatif	N ^{bre} d'individus	Lecture d'enregistrement du chant des espèces visées (les pics répondent souvent au chant des oiseaux de proie)	Au moins deux ou trois relevés durant la saison de reproduction	Effectués en général tôt le matin ou tard le soir	Vise les espèces difficiles à repérer; peut servir à augmenter le nombre de plans quadrillés
Strigidés Takats <i>et al.</i> , 2001	Dénombrement représentatif	N ^{bre} d'individus	Lecture d'enregistrement de chants des espèces du petit-duc (sud du Canada), de la nyctale de Tengmalm ou de la chouette rayée (régions de forêts boréales et mixtes)	Au moins deux ou trois relevés durant la saison de reproduction à au moins sept jours d'intervalle	D'une demi-heure après le coucher du soleil à une demi-heure avant le lever du soleil	Vise les espèces difficiles à repérer; peut servir à augmenter le nombre de plans quadrillés

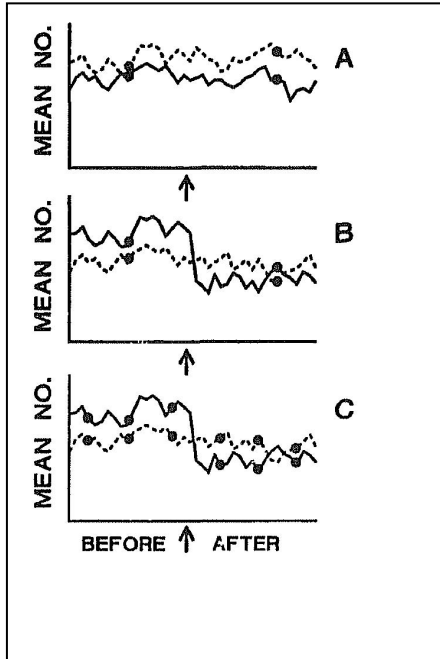
Groupe d'oiseaux /moment	Type	Unités	Technique	N ^{bre} de relevés	Précisions	Application
Espèces discrètes des marais (butors, râles, gallinules poule-d'eau, foulques, grèbes solitaires) Conway et Timmermans, 2005 Bazin et Baldwin, 2007	Dénombrement représentatif	N ^{bre} d'individus	Lecture d'enregistrement de chants des espèces visées	Au moins deux ou trois relevés durant la saison de reproduction	Effectués en général tôt le matin ou tard le soir	Vise les espèces difficiles à repérer; peut servir à augmenter le nombre de plans quadrillés
Sauvagine Lemieux <i>et al.</i> , 1997	Dénombrement complet	N ^{bre} d'individus	Équivalents-couples au cours des cinq premières heures de clarté	Au moins un relevé pour les espèces qui nichent tôt et un pour les espèces qui nichent tard	Des parcelles d'échantillonnage de 1 km ² de milieux humides sont entièrement inventoriées à pied ou en canot, du début de la saison de reproduction jusqu'à l'éclosion des œufs ou au début de l'incubation	Utile pour les zones d'étude en milieu humide relativement petites lorsqu'un recensement complet est réalisable
Ross, 1985 Pollock et Kendall, 1987 Caswell et Dickson, 1997	Dénombrement complet dans les parcelles d'échantillonnage ou par transect	N ^{bre} d'individus observés	Équivalents-couples au cours des cinq premières heures de clarté	Au moins un relevé pour les espèces qui nichent tôt et un pour les espèces qui nichent tard	Les parcelles d'échantillonnage de 25 à 100 km ² sont inventoriées en entier généralement par hélicoptère, du début de la saison de reproduction jusqu'à l'éclosion des œufs ou au début de l'incubation	La superficie prévue de milieux humides touchés est relativement grande et les densités de sauvagine sont faibles (p. ex. régions boréales nordiques)

Groupe d'oiseaux /moment	Type	Unités	Technique	N ^{bre} de relevés	Précisions	Application
Gabor <i>et al.</i> , 1995	Dénombrement complet dans les parcelles d'échantillonnage	N ^{bre} d'individus observés	Dénombrement des nichées au cours des cinq premières heures de clarté	Au moins un relevé pour les espèces qui nichent tôt et un pour les espèces qui nichent tard	Les parcelles d'échantillonnage de 25 à 100 km ² sont inventoriées en entier généralement par hélicoptère, au milieu de la saison des nichées	La superficie prévue de milieux humides touchés est relativement grande et les densités de sauvagine sont faibles (p. ex. régions boréales nordiques)
Milko, 1998c Bond et al 1992 Hanson et al 2008	Évaluation	Milieux humides				
Oiseaux marins (en mer) Tasker <i>et al.</i> , 1984 Camphuysen et Garthe, 2004 Moulton et Mactavish, 2005 EC, 2009	Dénombrement complet par transect d'échantillonnage	N ^{bre} d'individus	Relevé le long des transects à partir d'une plateforme mobile	100 km de transects chaque hiver, migration printanière, saison de nidification, dispersion post reproductrice et migration automnale	Transects d'une largeur de 300 m à partir du bateau se déplaçant à une vitesse de 4 à 19 kt (10 kt idéalement); dénombrement de dix minutes; avec protocole pour éviter les distorsions dans le dénombrement des oiseaux en vol	Utilisé pour estimer la densité dans la zone pélagique

Groupe d'oiseaux /moment	Type	Unités	Technique	N ^{bre} de relevés	Précisions	Application
Oiseaux marins Walsh <i>et al.</i> , 1995 Montevecchi <i>et al.</i> , 1999	Dénombrement complet dans les parcelles d'échantillonnage	N ^{bre} d'individus	Relevé instantané de la parcelle		Balayage et dénombrement visuel rapide et décompte dans un demi-cercle de 300 m de diamètre à 2 h d'intervalle	Utilisé pour estimer la densité dans la zone pélagique à partir d'une plateforme fixe, p. ex. plateforme d'exploitation pétrolière ou gazière ou de forage pétrolier ou gazier
Oiseaux marins / nicheurs Nettleship, 1997	Dénombrement complet (petites colonies de nidification) ou dans les parcelles d'échantillonnage (grandes colonies)	N ^{bre} de couples reproducteurs	Photo aérienne ou dénombrement au sol	Au moins un relevé pour les espèces qui nichent tôt et un pour les espèces qui nichent tard	Colonies qui nichent sur des sommets présentant une topographie plane : photo aérienne et dénombrement au sol; sur une falaise : dénombrement par photographie (grande colonie) ou direct (petite colonie); dans des terriers : quadrats/transects; dans des rochers/grottes : dénombrement du nombre de couples nicheurs apparaissant sur la mer	Colonies de nidification

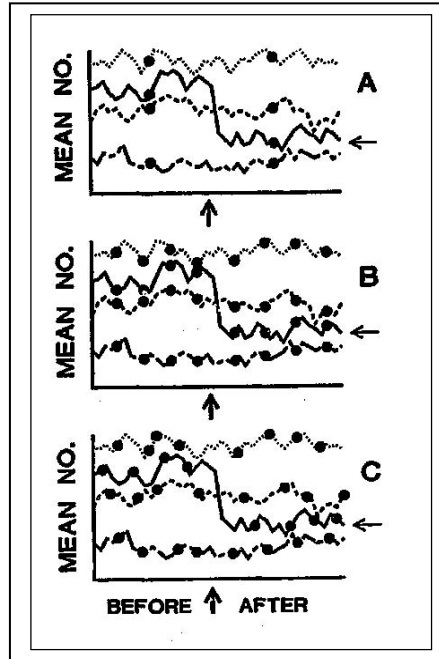
Annexe 5 – Modèles de plans de comparaison avant-après avec témoin (BACI)

Les lignes pleines représentent l'emplacement présumé de l'impact, les lignes tiretées sont les emplacements témoins, les cercles représentent le moment de l'échantillonnage et les flèches indiquent le début de l'impact.



(Scénario 1)

MEAN NO.	VALEUR MOYENNE
MEAN NO.	VALEUR MOYENNE
MEAN NO.	VALEUR MOYENNE
BEFORE	AVANT
AFTER	APRÈS



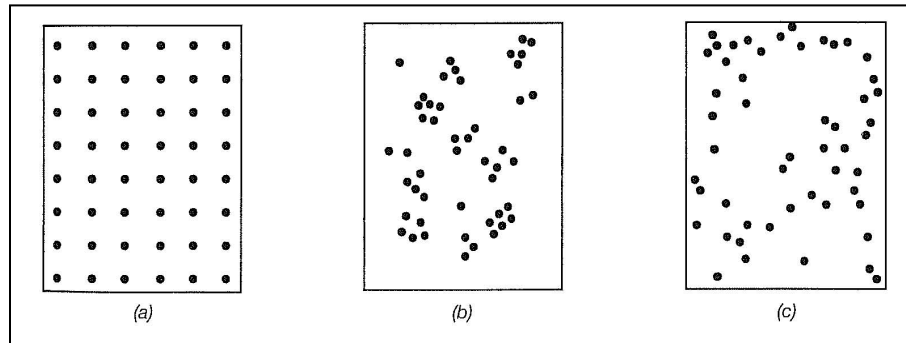
(Scénario 2)

Dans le scénario 1, lorsque la variabilité de l'abondance est faible (A), une différence entre l'emplacement témoin et l'emplacement de l'impact serait détectée même s'il n'y a eu aucun impact. En (B), un impact réel ne serait pas détecté en raison des variations aléatoires et, en (C), un impact réel n'est pas détecté.

Dans le scénario 2, la variation aléatoire peut masquer un effet réel (A) et être corrigée par un échantillonnage répété avant et après la perturbation.

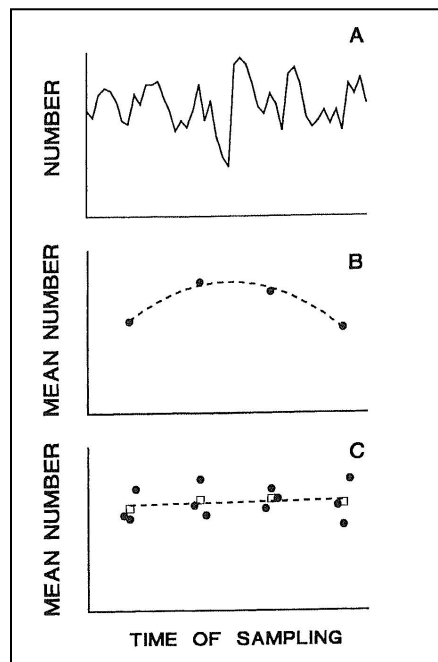
Annexe 6 – Considérations relatives à la distribution des données spatiales

Soit les distributions théoriques de la population où, en (a), la variance (σ^2) est inférieure à la moyenne (μ) (normale), en (b), $\sigma^2 > \mu$ (binôme négatif) et, en (c), $\sigma^2 = \mu$ et est aléatoire (loi de distribution statistique Poisson). Un régime d'échantillonnage inadéquat ne pourra pas révéler la nature sous-jacente des données.



Annexe 7 – Considérations relatives à la distribution des données temporelles

Un paramètre qui montre une variation naturelle (A) peut faire conclure à tort qu'il indique un effet saisonnier (B), lequel peut être corrigé par la répétition appropriée de l'échantillonnage dans le temps (C). Un régime d'échantillonnage inadéquat ne pourra pas révéler la nature sous-jacente des données.



NUMBER	VALEUR
MEAN NUMBER	VALEUR MOYENNE
TIME OF SAMPLING	MOMENT DE L'ÉCHANTILLONNAGE

Annexe 8 – Considérations statistiques et applications appropriées

Considération	Informations importantes	Applications
Type de données	Ratio, intervalle, données ordinales (rang), données nominales (catégorie)	La statistique paramétrique s'applique principalement aux ratios et aux données nominales.
Codage	Certains codages ne changent pas les propriétés inhérentes aux variables, alors que d'autres le font; il est parfois nécessaire de créer des variables fictives.	Le codage peut servir à normaliser les données ou être important pour intégrer des catégories fictives dans la régression.
Exactitude	Est indiquée comme le degré d'erreur associé au paramètre.	Rend compte de la variance des mesures associée.
Précision	Indique la précision d'une mesure ou d'une valeur.	Rend compte du degré de mesure d'une variable.
Distribution de fréquence	Sert à évaluer les données pour le type de distribution.	Souvent présentée sous forme d'histogrammes; les statistiques paramétriques supposent une distribution normale.
Distribution normale	La moitié des valeurs est supérieure à la moyenne et l'autre moitié est inférieure à la moyenne.	Peut être évaluée relativement à la symétrie et à l'aplatissement.
Observations aberrantes	Doivent être évaluées et enlevées.	Elles peuvent résulter d'erreurs de mesure, etc.
Transformation des données	Il peut être nécessaire de convertir les données afin de corroborer les hypothèses.	Beaucoup de données biologiques sont log-normales, mais il y a aussi des cas spéciaux tels que les arc-sinus $\sqrt{\quad}$ pour les proportions.
Distribution de fréquence cumulative		Utile pour déterminer les médianes, centiles et autres quantiles.
Échantillonnage au hasard	Chaque unité a une chance égale d'être échantillonnée.	Des échantillons peuvent être attribués en utilisant une table de nombres aléatoires.
Mesures de la tendance centrale	Fournit de l'information sur la mesure de la moyenne.	Moyenne (arithmétique et géométrique), médiane, mode.
Mesures de la dispersion/variation	Indique l'ampleur du changement d'une valeur par rapport à la valeur moyenne.	Étendue, variance, écart-type, erreur-type.
Relation entre la dispersion et la moyenne	Fournit un indice normalisé de la variabilité des données.	Écart-type relatif
Probabilités	Les résultats ont des possibilités discrètes.	Sert à déterminer la probabilité d'un résultat.
Déviations normale	Sert à normaliser ou à standardiser jusqu'à la moyenne 0 et la variance 1.	Est nommée écart réduit et peut être appliquée pour estimer les probabilités d'une occurrence.
Unilatéral ou bilatéral	Les tests unilatéraux sont plus puissants.	Ils sont précisés lorsque la direction du changement anticipé est uniquement à sens unique ou bilatérale.
Mesures répétées	Les mesures répétées donnent une plus grande puissance statistique.	Les mesures sont répétées sur les mêmes individus.

Considération	Informations importantes	Applications
Robustesse	La représentativité n'est pas sérieusement affectée par les écarts modérés des hypothèses.	Les écarts sont plus communs que les absences d'écart.
Test t	Un test paramétrique qui suppose la normalité, mais est robuste.	Test servant à mesurer la différence entre les moyennes des populations.
Limites de confiance	Fournit l'étendue statistique à l'intérieur de laquelle se produit une moyenne.	Présentation visuelle utile des données.
X^2 (chi carré)	Test de la variance d'une valeur attendue.	Largement utilisée pour tester une valeur par rapport à une valeur attendue.
Tableaux de contingence du X^2 (chi carré)	Comparaisons des caractéristiques entre les groupes.	Test d'indépendance de la fréquence des occurrences.
Test G	Comparaisons des caractéristiques entre les groupes quand la taille de l'échantillon est faible (< 6 unités)	Test d'indépendance de la fréquence des occurrences.
Test du rapport de variances	Les variances doivent être égales dans les tests paramétriques.	Test de l'égalité des variances.
Test de Mann-Whitney	Non paramétrique lorsque la normale ne peut être supposée.	Tests entre des moyennes de population.
Analyse de variance	La variable dépendante est nominale.	On fait les tests dans des populations nombreuses.
Test de Kruskal-Wallis	Non paramétrique lorsque la normale ne peut être supposée.	On fait les tests dans des populations nombreuses.
Analyse de variance à plusieurs critères de classification	On suppose la multinormalité	Lorsqu'on est en présence de groupes et de variables de réactions multiples.
Analyse discriminante (AD)	Met en lumière les différences entre les groupes.	L'équivalent à plusieurs variables du test de comparaisons multiples.
Test de comparaisons multiples	Requis en raison du risque accru d'erreurs de type 1.	Déterminer où sont les différences significatives parmi les moyennes dans l'analyse de variance.
Analyse de variance à deux critères de classification	La variable dépendante est nominale. Les effets des interactions présentent un intérêt pour les plans de comparaison avant-après avec témoin.	Tests entre des moyennes de population pour plus d'un facteur.
Analyse de covariance	La variable dépendante est un ratio et les variables indépendantes sont des ratios et sont de type nominal.	Tests pour connaître la signification des différences de groupes.
Analyse de covariance à plusieurs critères de classification	Les variables dépendantes multiples sont des ratios et les variables indépendantes sont des ratios et sont de type nominal.	L'équivalent à plusieurs variables de l'analyse de covariance.
Régression	La variable dépendante est un ratio et les variables explicatives sont des ratios. Il est possible d'utiliser des variables fictives, mais pas des catégories.	L'évaluation des effets des variables indicatrices sur la variable dépendante lorsque la réponse est présumée linéaire.
Analyse des corrélations canoniques (ACC)	Les variables dépendantes multiples sont des ratios et les variables explicatives sont des ratios. Il est possible d'utiliser des variables fictives, mais pas des catégories.	L'équivalent multidimensionnel de la régression linéaire.

Considération	Informations importantes	Applications
Comparaison des droites de régression		Test d'égalité des pentes.
Régression multiple	Une variable dépendante et plus d'une variable explicative.	Les coefficients ne peuvent être interprétés directement en raison du manque d'indépendance des variables.
Coefficient de corrélation	Aucune dépendance fonctionnelle entre variables n'est présumée.	L'étendue des valeurs va de -1 à $+1$ pour les corrélations négatives et positives.
Modèle linéaire généralisé	Une approche unifiée intégrant les méthodologies dans un format plutôt que dans des tests statistiques individuels.	Intègre des données en examinant les termes normaux, binomiaux et les termes d'erreur de Poisson. Fournit une méthodologie plus conceptualisée.