



Guide d'utilisation des modèles de qualité de l'habitat

Décembre 2013

Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats

*Développement durable,
Environnement,
Faune et Parcs*

Québec 

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Auteurs :

Marianne Cheveau
Christian Dussault

Direction de la faune terrestre et de l'avifaune

CHEVEAU, Marianne et Christian DUSSAULT, 2013. *Guide d'utilisation des modèles de qualité de l'habitat*, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Gouvernement du Québec, ISBN 978-2-550-69550-9, 25 p.

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2013

ISBN 978-2-550-69550-9 (PDF)
© Gouvernement du Québec, 2013

NOTE AU LECTEUR

La section décrivant les modèles de qualité d'habitat disponibles au Québec n'a pas été rédigée pour être lue de façon linéaire. Nous avons supposé que la majorité des lecteurs se rendraient directement à la sous-section traitant de l'espèce qui les intéresse. Le texte peut donc paraître redondant puisque nous avons répété dans chaque sous-section les liens et les références aux documents pertinents.

RÉSUMÉ

Les premiers modèles de qualité de l'habitat ont été conçus au Québec au début des années 1990, faisant écho aux indices de qualité de l'habitat (*Habitat Suitability Index*) développés par les américains au cours des années 1980. À cette époque, les espèces ciblées ont été sélectionnées sur la base de leur représentativité des stades de développement des grands écosystèmes forestiers. Suite à cette démarche, des modèles de qualité de l'habitat, sous diverses formes, sont aujourd'hui disponibles pour le castor, le cerf de Virginie, la gélinotte huppée, le grand pic, le grimpeur brun, le lièvre, la martre, l'orignal, l'ours, la paruline couronnée, la sitelle à poitrine rousse et le tétras du Canada. Au fil des années, certains de ces premiers modèles ont été améliorés ou remplacés grâce à l'acquisition de nouvelles connaissances. Pour aider les utilisateurs à s'y retrouver, nous avons produit ce guide colligeant les principales informations à connaître sur le sujet. On y discute, entre autres, de l'utilité et des limites des modèles de qualité d'habitat en général, en plus de décrire les différents modèles disponibles (p. ex., saison ou segment de la population considérés). Le cas échéant, nous spécifions quel est le meilleur modèle parmi ceux disponibles pour une espèce donnée et indiquons l'endroit où le trouver.

TABLE DES MATIÈRES

Liste des tableaux.....	VI
1. INTRODUCTION.....	1
2. TYPES DE MODÈLES	1
3. DÉVELOPPEMENT D'UN MQH.....	4
4. LIMITES DES MQH	5
5. MODÈLES DISPONIBLES POUR LE QUÉBEC (EN OCTOBRE 2013)	7
5.1 Castor	7
5.2 Cerf de Virginie	8
5.3 Gélinotte huppée	8
5.4 Grand pic	9
5.5 Grimpereau brun.....	10
5.6 Lièvre d'Amérique	11
5.7 Martre d'Amérique	12
5.8 Orignal	12
5.9 Ours noir	14
5.10 Paruline couronnée.....	15
5.11 Sittelle à poitrine rousse	15
5.12 Tétrras du Canada	16
6. NOUVEAUX DÉVELOPPEMENTS	18
7. MQH ET CALCUL DES POSSIBILITÉS FORESTIÈRES.....	19
8. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	20
ANNEXE 1	19

LISTE DES TABLEAUX

<i>TABLEAU 1</i>	Comparaison des avantages et des inconvénients des types de modèles de qualité de l'habitat	3
------------------	---	---

1 INTRODUCTION

Les premiers modèles de qualité de l'habitat au Québec ont été conçus au début des années 1990 lors de l'implantation du projet de développement de gestion intégrée des ressources du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. Ils faisaient écho aux indices de qualité de l'habitat (*Habitat Suitability Index*), élaborés aux États-Unis dans les années 1980. Les espèces sélectionnées à ce moment étaient représentatives des stades de développement des grands écosystèmes forestiers que l'on trouve au Québec, ou encore elles présentaient un intérêt particulier pour la gestion (espèces gibier) (Lafleur et LaRue, 1992; Blanchette et LaRue, 1995; Blanchette et Ostiguy, 1996). Certains de ces premiers modèles ont été modifiés avec le temps en fonction des nouvelles connaissances qui se sont ajoutées. Les modèles de qualité de l'habitat sont parfois critiqués (Crête, 2003), mais ils sont tout de même souvent utilisés pour dresser des portraits et prendre des décisions de gestion, notamment dans les territoires fauniques structurés (réserves fauniques, pourvoiries, zecs). La stratégie d'aménagement durable des forêts (SADF), qui devrait prochainement être adoptée, propose l'utilisation de modèles de qualité de l'habitat à la fois pour le suivi des espèces sensibles à l'aménagement forestier (défi 2, orientation 2, objectif 3) et pour l'augmentation des services offerts au sein des territoires fauniques structurés (défi 3, orientation 2, objectif 3). Ainsi, d'anciens modèles seront mis à jour et validés alors que d'autres seront développés. L'objectif de ce document est de clarifier quels modèles devraient être prioritaires et quels autres devraient être évités, selon le contexte d'application et les limites du modèle lui-même.

2 TYPES DE MODÈLES

Trois types de modèles permettent d'évaluer la qualité de l'habitat chez les espèces fauniques: les indices de qualité de l'habitat (IQH), les clés d'évaluation du potentiel d'habitat et les cotes de qualité de l'habitat (tableau 1). Nous utiliserons indistinctement pour ces trois types de modèles l'expression « modèle de qualité d'habitat » (MQH). On entend ici par « habitat » le milieu dans lequel une espèce donnée trouve, en quantité suffisante, les éléments biologiques et physiques nécessaires à sa survie et à sa reproduction.

- **IQH** : inspiré de l'*Habitat Suitability Index* américain, l'indice de qualité de l'habitat (IQH) est un modèle mathématique qui inclut plusieurs variables jugées importantes pour l'espèce. Dans un premier temps, une valeur relative est attribuée à chacune de ces variables (caractéristiques végétales ou physiques). Dans un second temps, une valeur moyenne pour l'ensemble des variables est calculée (souvent à partir d'une moyenne géométrique ou d'une somme pondérée) afin de générer un indice global, d'une valeur comprise entre 0 (qualité nulle) et 1 (qualité la plus élevée).

- **Clés** : les clés d'évaluation du potentiel d'habitat, contrairement à la majorité des IQH, portent plutôt un jugement global sur l'appellation forestière (composition, densité, hauteur, âge, origine). Autrement dit, la clé classe chaque type de peuplement forestier ou milieu improductif et permet de répondre à la question : « Que vaut ce peuplement pour l'espèce visée ? » Elle regroupe donc les peuplements forestiers en fonction de leur valeur pour l'espèce, selon des catégories basées sur la probabilité d'utilisation (ex. : « peu utilisable », « bon habitat » ou « excellent habitat ») ou sur des vocations différentes qui peuvent combler des besoins particuliers (ex. : « abri », « alimentation »).

- **Cotes** : les cotes de qualité de l'habitat, établies plus récemment, sont une variante des clés d'évaluation, car elles se basent sur le même principe. Elles regroupent des types de peuplements forestiers en fonction de leur valeur pour l'espèce donnée, mais une valeur quantitative est allouée à chaque type de peuplements forestiers (ex. : qualité 1 = bonne, 2 = moyenne ou 3 = pauvre) plutôt qu'une valeur qualitative, ce qui permet par exemple de calculer des statistiques descriptives pour dresser le portrait d'un territoire.

TABLERAU 1 Comparaison des avantages et des inconvénients des types de modèles de qualité de l'habitat

Type de modèle	Avantages	Inconvénients
IQH	<ul style="list-style-type: none"> - Ils permettent de pondérer les besoins d'une espèce en fonction de leur importance relative. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comme les IQH permettent l'inclusion de nombreuses variables, cela peut mener à des formules complexes; - Le choix de la fonction mathématique est critique et a une grande influence sur l'IQH final. Un mauvais choix de fonction mathématique peut mener à des résultats erronés; - Il est possible d'inclure des variables d'habitat nécessitant la prise de mesures sur le terrain (ex. : densité de débris ligneux), ce qui rend difficile leur application sur de grands territoires. Cependant, il est possible de remplacer ces variables « terrain » par des variables « cartographiques » qui leur sont corrélées (ex. : l'âge des peuplements remplaçant la densité de débris ligneux), ce qui s'avère souvent peu précis.
Clés	<ul style="list-style-type: none"> - Elles sont très simples d'utilisation; - Les données nécessaires sont la plupart du temps facilement disponibles à partir de cartes écoforestières, dans la forêt commerciale à tout le moins. 	<ul style="list-style-type: none"> - Certaines clés sont binaires (« utilisé » vs « non utilisé ») et ne permettent pas d'évaluer différents niveaux de qualité de l'habitat; - L'absence de valeur numérique associée à chaque type d'habitat peut compliquer l'analyse de la valeur d'un territoire dans une perspective multiespèce; - Les clés ne permettent pas l'inclusion de variables autres que les attributs des peuplements forestiers (ex. : distance à un cours d'eau, pente)*.
Cotes	<ul style="list-style-type: none"> - Elles sont très simples d'utilisation; - Les données nécessaires sont la plupart du temps facilement disponibles à partir de cartes écoforestières, dans la forêt commerciale à tout le moins; - L'utilisation d'une cote numérique facilite l'interprétation de la qualité des habitats (en opposition aux clés basées sur la vocation, qui est binaire), ce qui facilite les études multiespèces. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elles ne permettent pas l'inclusion de variables autres que celles qui sont présentes sur la carte écoforestière (ex. : distance à un cours d'eau, pente)*; - Elles ne tiennent habituellement pas compte de l'organisation spatiale des habitats.

* Cela peut éventuellement être contourné par un zonage du territoire.

Il existe d'autres façons de qualifier la qualité de l'habitat, par exemple grâce à des modèles de régression ou des fonctions de sélection des ressources (Manly et collab., 2002). Ces techniques permettent de considérer une grande diversité de variables, mais la complexité des modèles élaborés limite souvent leur application à de grands territoires. Ces modèles ne seront donc pas présentés dans ce document. Certains modèles nécessitent aussi la collecte de mesures sur le terrain pour leur conception, ce qui limite leur intérêt pour une application à grande échelle. Ces modèles ne seront pas abordés non plus.

3 CONCEPTION D'UN MQH

Quatre étapes sont nécessaires pour concevoir un modèle de qualité d'habitat de type IQH : le développement, le calibrage, la vérification et la validation (Brooks, 1997). Le stade de conception du modèle peut aussi servir d'indice du niveau de risque associé à son utilisation (Brooks, 1997). Un modèle dûment calibré et validé sera certainement plus fiable qu'un modèle qui n'a pas subi ces étapes.

- **Développement** : le développement représente l'étape initiale de l'élaboration d'un MQH. Il comprend la sélection des variables pertinentes basées sur une revue de littérature, une étude spécifique ou des avis d'experts. Dans le cas d'un IQH, il faut choisir la fonction mathématique qui permettra au modèle d'avoir le comportement souhaité dans une variété de conditions environnementales, c'est-à-dire qu'il estimera adéquatement la valeur des unités cartographiques (par exemple, les peuplements forestiers). Nous pouvons catégoriser les modèles de qualité d'habitat en fonction de l'origine de l'information sur laquelle ils sont basés. Cela donne un indice de l'adaptation locale du modèle. Ainsi une revue de littérature non ciblée géographiquement (par exemple, sur toute l'aire de distribution de l'espèce) donnera un modèle qu'on peut qualifier de **théorique**. Une revue de littérature ciblée géographiquement (par exemple, dans l'est de l'Amérique du Nord) donnera un modèle **théorique adapté régionalement**. Un modèle conçu par des experts locaux de l'espèce pourra être qualifié de **mi-théorique mi-empirique** car les connaissances des experts colligent des informations qui proviennent de ces deux sources. Enfin, un modèle basé sur des données empiriques, télémétriques ou autres (inventaire de la densité, du succès reproducteur, etc.), serait qualifié d'**empirique**.
- **Calibrage** : l'étape du calibrage n'existe que dans le cas des modèles de type IQH qui comportent des formules mathématiques alliant plusieurs variables. Le calibrage permet d'évaluer la sensibilité du modèle et son comportement le long d'un gradient de variabilité de l'habitat. Il peut être effectué à partir de données empiriques ou par simulation. En effet, une fois le modèle défini, il faut s'assurer que celui-ci couvre toutes les conditions environnementales dans lesquelles le modèle sera appliqué en fournissant des valeurs contrastées (entre 0 et 1 plutôt que

seulement entre 0,3 et 0,6 par exemple). Dans le cas des clés et des cotes d'habitat, la relation étant directe entre le type de peuplement et la valeur allouée, cette étape n'est pas pertinente.

- **Vérification et validation** : la vérification tente, dans un premier temps, d'évaluer la qualité de l'habitat d'un site en utilisant une source d'information (c'est-à-dire des données) différente de celle qui a servi à bâtir le modèle et compare ce résultat à celui qui est produit par le modèle. La validation représente, quant à elle, la dernière étape de la conception des MQH. Cette étape exige de comparer les résultats du modèle (carte de qualité de l'habitat) avec un autre indicateur de la qualité de l'habitat pour l'espèce cible. On utilise souvent la fréquentation des unités cartographiques par des individus de l'espèce cible au moyen des données télémétriques ou des inventaires de densité, mais il est préférable d'utiliser des variables liées à la valeur adaptative, comme le succès reproducteur ou la survie (Schamberger et O'Neil, 1986). Les données utilisées pour la validation du modèle doivent être indépendantes de celles qui sont utilisées pour son développement (validation croisée). La validation permet d'évaluer la capacité du modèle à bien faire ressortir la qualité de l'habitat dans un territoire réel. Le choix de la variable suivie comme indicateur de l'utilisation de l'habitat par l'espèce ou de la performance de la population est critique à ce stade et doit dépendre des caractéristiques de l'espèce et du modèle (Schamberger et O'Neil, 1986). Cette étape, bien qu'elle soit déterminante pour juger de la fiabilité du modèle développé, est cependant souvent négligée (Flather et King, 1992), notamment pour des raisons financières. Dans certains cas, il est mentionné que le modèle a été révisé par un comité d'experts. Cela ne peut être considéré comme une validation formelle, bien qu'un modèle révisé puisse être jugé plus fiable qu'un modèle non révisé.

4 LIMITES DES MQH

Les MQH sont avant tout des outils d'aide à la décision. Ils sont utiles pour dresser des portraits de territoires en vue de prendre des décisions de gestion ou de conservation. Avant d'utiliser des MQH, il faut être conscient que ce sont des outils qui comportent un certain nombre de limites.

- **Approximation de la réalité** : les modèles, quels qu'ils soient, ne fournissent qu'une approximation plus ou moins grossière de la réalité. Les modèles sont des simplifications des systèmes qu'ils décrivent et la perte de résolution est proportionnelle au niveau de simplification. Ils requièrent de nombreuses suppositions et ne peuvent jamais mimer complètement la réalité (Schamberger et O'Neil, 1986). Ainsi, les MQH ne fournissent pas une estimation de la densité ou du nombre d'individus que l'on peut trouver dans un peuplement forestier ou sur un territoire donné. En d'autres termes, un habitat de qualité élevée n'entraîne pas nécessairement une densité plus élevée d'individus d'une espèce donnée. Des facteurs autres que la qualité de l'habitat, lesquels ne sont pas considérés dans les modèles, peuvent influencer la densité

d'individus à une échelle locale, comme la présence de prédateurs, la compétition, les maladies, la mortalité, la natalité, le climat et la nourriture (Schamberger et O'Neil, 1986).

- **État des connaissances** : les modèles sont le reflet de l'état des connaissances scientifiques au moment du développement du modèle. Ainsi, le niveau de connaissance sur une espèce influencera indirectement la performance du modèle. De plus, les MQH peuvent n'être basés que sur les éléments d'habitat ou sur les saisons les plus critiques. Par exemple, si l'habitat utilisé pendant la saison hivernale est jugé le plus important pour le maintien d'une espèce, il est alors possible que l'évaluation de la qualité de l'habitat ne soit basée que sur cet habitat. Des connaissances approfondies de l'écologie d'une espèce sont nécessaires pour juger si cette simplification des besoins en habitat d'une espèce est justifiée ou si elle permet d'obtenir seulement un portrait incomplet de l'habitat de cette espèce.
- **Fiabilité des cartes écoforestières** : les MQH sont souvent basés sur les caractéristiques des peuplements forestiers disponibles sur les cartes écoforestières du Québec. Or, la fiabilité de ces cartes pour l'étude des habitats fauniques a été critiquée (Potvin et collab., 1999; Dussault et collab., 2001; Thompson et collab., 2007). Un des problèmes fréquemment rapportés avec les MQH est la sur-simplification de l'environnement naturel qui sous-estime la variabilité des conditions disponibles (Roloff et Kernohan, 1999). Par exemple, on suppose habituellement que tous les peuplements ayant une même appellation cartographique (photo-interprétée) sont identiques et l'on ne considère pas la possibilité d'une certaine variabilité. Ce problème est encore plus marqué si plusieurs types de peuplements sont regroupés en strates afin de simplifier les calculs.
- **Adaptation régionale** : les modèles généraux ou théoriques pourraient nécessiter des adaptations avant d'être appliqués dans une région différente de celle où ils ont été conçus. De la même manière, un modèle empirique établi dans une région pourrait ne pas bien fonctionner dans une autre région (Flather et King, 1992). Un modèle régionalement adapté sera possiblement moins performant à mesure que la localisation géographique et les caractéristiques bioclimatiques, telles que la composition spécifique, le régime de perturbations et la dynamique naturelle, s'éloigneront de celles de la région où il a été conçu.
- **Besoins spatiaux** : les besoins spatiaux des espèces ne sont pas toujours considérés dans les MQH. La superficie du domaine vital détermine la plupart du temps à quelle échelle devrait se faire l'évaluation de la qualité de l'habitat pour chaque espèce. Ainsi, certaines espèces nécessitent la présence d'une mosaïque particulière de différents types d'habitats à l'intérieur d'une superficie équivalente à celle d'un domaine vital. D'autres espèces plus spécialisées pourront combler tous leurs besoins dans un seul type d'habitat, et la qualité de l'habitat sera

déterminée par la proportion d'habitats de bonne qualité sur une superficie équivalente à celle d'un domaine vital.

- **Échelle d'analyse** : un MQH est un outil qui permet de faire un bilan sur un territoire à une échelle relativement grande ($\geq 50 \text{ km}^2$) et non une évaluation précise d'un peuplement à une échelle plus fine (quelques hectares).

5 MODÈLES DISPONIBLES POUR LE QUÉBEC (EN OCTOBRE 2013)

Un certain nombre de modèles ont été développés au Québec (annexe 1). Pour certaines espèces, il existe même plusieurs modèles qui se sont succédés avec l'acquisition de nouvelles connaissances.

5.1 Castor

Un seul modèle de qualité de l'habitat est disponible pour le castor (*Castor canadensis*). Il s'agit d'un IQH adapté par la Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent (FMBSL) (Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent et Université du Québec à Rimouski, 2003) à partir d'un modèle conçu par Allen (1982) aux États-Unis (annexe 1). La FMBSL n'a conservé que les variables accessibles à partir des cartes écoforestières et topographiques du Québec et elle a adapté le modèle à la composition forestière locale. Comme l'a suggéré Allen (1982), les préférences alimentaires du castor sont liées à la disponibilité des essences. Ainsi, les espèces ciblées dans l'IQH du castor (bouleau blanc [*Betula papyrifera*], peuplier faux-tremble [*Populus tremuloides*] et aulnes [*Alnus spp.*]) sont typiques de la forêt boréale (pessière et sapinière) du Québec. Ce modèle modifié semble n'avoir été ni révisé ni validé.

- *Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent et Université du Québec à Rimouski, 2003. Indices de qualité d'habitat. Extension ArcView version 3.0. Université du Québec à Rimouski, 58 p.*

Dans le modèle, deux paramètres sont caractérisés et codés de 0 à 1 : l'alimentation hivernale (basée sur la composition et la hauteur des peuplements) et les caractéristiques des plans d'eau. L'habitat n'est évalué qu'à proximité des plans d'eau (masque spatial de 100 m le long de la rive) et la qualité d'une parcelle dépend de sa distance à la rive et du type de plan d'eau (rivières ou lacs de différentes tailles) ainsi que de la pente, du périmètre et de la superficie du plan d'eau. Ce modèle possède donc une composante spatiale (distance à un plan d'eau) et il considère la superficie et la forme des plans d'eau. Il faut noter que seuls les plans d'eau qui conservent un niveau d'eau stable sur une base annuelle sont considérés. Les peuplements sont ensuite cotés selon les classes de qualité suivantes selon la valeur de l'IQH : « nulle » [IQH = 0], « faible »]0-0,34[, « moyenne » [0,34-0,66[ou « élevée » [0,66-1].

La FMBSL a aussi mis au point un outil permettant de calculer la qualité de l'habitat du castor à partir des cartes écoforestières et topographiques. Cet outil fonctionne cependant seulement avec ArcView 3.

5.2 Cerf de Virginie

Le guide d'aménagement des ravages de cerfs de Virginie (*Odocoileus virginianus*) et la clé d'évaluation du potentiel d'habitat pour le cerf ont été mis à jour en 2013. La clé permet de classifier les peuplements forestiers selon leur potentiel d'utilisation par le cerf (Hébert et collab., 2013). La précédente version datait de 1998 (ministère de l'Environnement et de la Faune, 1998) (annexe 1). Cette clé de 1998 était basée sur des connaissances empiriques recueillies dans la forêt mixte et feuillue du Québec, dans l'aire de distribution du cerf. La nouvelle version de la clé est une mise à jour intégrant les nouvelles connaissances acquises sur l'espèce :

- Hébert, F., M. Hénault, J. Lamoureux, M. Bélanger, M. Vachon et A. Dumont, 2013. Guide d'aménagement des ravages de cerfs de Virginie. *Ministère des Ressources naturelles et ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs*, 62 p.

<http://www.mddefp.gouv.qc.ca/faune/publications/Guide-amenagement-ravages-cerfs-Virginie.pdf>.

<http://www.mddefp.gouv.qc.ca/faune/publications/habitats-fauniques/cle-evaluation-cerf-virginie.pdf>.

La nouvelle clé évalue les deux composantes critiques à la survie du cerf, soit « l'habitat d'alimentation » et « l'abri ». La clé considère quatre variables : la composition, la densité, la hauteur et l'âge des peuplements. Les peuplements ne reçoivent pas de cotes de qualité d'habitat, mais ils sont classifiés selon leur potentiel d'utilisation par le cerf : « abri », « nourriture et abri », « nourriture » et « peu utilisé ». La qualité des peuplements est donc jugée de façon binaire selon leur capacité à répondre à un besoin du cerf : « habitat peu utilisé » vs « bon habitat ». Les deux clés s'appliquent uniquement aux ravages.

Le Secteur de la faune a produit un outil géomatique (Faune-MQH 1.2.6) basé sur la nouvelle clé d'évaluation et permettant de dresser le portrait d'un ravage à partir des cartes écoforestières. Cet outil fonctionne avec ArcGIS 9.3, 10 et 10.1, à partir des cartes forestières des 3^e et 4^e inventaires décennaux (de type SIEF [système d'information écoforestière] et DDE [diffusion des données écoforestières]).

- Massé, S., M. Cheveau, C. Dussault et P. Blanchette, 2013. Guide de l'utilisateur. Extension Faune-MQH 1.2.6 pour ArcGIS : modèles de qualité de l'habitat pour la faune, *ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Gouvernement du Québec*, 42 p.

<http://www.mddefp.gouv.qc.ca/faune/habitats-fauniques/evaluation-logiciels.htm>.

5.3 Gélinotte huppée

Un IQH a d'abord été établi en 1995 pour la gélinotte huppée (*Bonasa umbellus*) (Blanchette, 1995) (annexe 1). Cependant, les études qui visaient à valider ce modèle ont plutôt révélé sa faible valeur prédictive (Parent, 1996; Blanchette et collab., 2002). Un guide d'aménagement de l'habitat de la gélinotte huppée pour les forêts mixtes du Québec (Blanchette et collab., 2010) a donc été produit pour pallier ces manques. Ce guide inclut une nouvelle clé d'évaluation de l'habitat de la gélinotte basée sur l'utilisation

des différents types de peuplements en fonction de la saison. Il est à noter que seuls les besoins des femelles sont considérés dans le modèle.

- *Blanchette, P., P.-É. Lafleur, É. Deslauriers, W. Giroux et J.-C. Bourgeois, 2010. Guide d'aménagement de l'habitat de la gélinotte huppée pour les forêts mixtes du Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Société de la gélinotte huppée inc. et Fondation de la faune du Québec, Québec, 55 p.*

http://www.fondationdelafaune.qc.ca/documents/x_guides/849_guidegelinotte.pdf.

La clé évalue les trois composantes critiques pour la survie de la gélinotte, soit les habitats de « nidification », « d'élevage des couvées » et « d'hivernage ». La clé se base sur trois variables : la composition, la hauteur et l'origine des peuplements. La première étape attribue donc une valeur écologique aux peuplements forestiers en fonction de leur potentiel à combler les besoins de la gélinotte durant les périodes de son cycle annuel. Dans un deuxième temps, la qualité de l'habitat est définie sur une base annuelle dans une fenêtre mobile de 40 ha en fonction de la disponibilité de ces trois types d'habitat. Un bon habitat doit avoir au moins 13 ha d'habitat d'élevage des couvées (32 %), 4 ha d'habitat d'hivernage (11 %) et 1 ha d'habitat de nidification. Ainsi, c'est la présence des trois types d'habitat en quantité suffisante dans un paysage de 40 ha qui détermine la qualité d'un secteur (habitat adéquat annuellement).

Le Secteur de la faune a produit un outil géomatique (Faune-MQH 1.2.6) basé sur la clé d'évaluation du potentiel d'habitat pour la gélinotte et permettant de dresser le portrait d'un territoire à partir des cartes écoforestières. Cet outil fonctionne avec ArcGIS 9.3, 10 et 10.1, à partir des cartes forestières des 3^e et 4^e inventaires décennaux (de type SIEF et DDE).

- *Massé, S., M. Cheveau, C. Dussault et P. Blanchette, 2013. Guide de l'utilisateur. Extension Faune-MQH 1.2.6 pour ArcGIS : modèles de qualité de l'habitat pour la faune, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Gouvernement du Québec, 42 p.*

<http://www.mddefp.gouv.qc.ca/faune/habitats-fauniques/evaluation-logiciels.htm>.

5.4 Grand pic

Un IQH a été établi pour le grand pic (*Dryocopus pileatus*) en 1993 (Lafleur et Blanchette, 1993) (annexe 1). Le modèle se veut applicable sur tout le territoire du Québec, cependant le grand pic est présent principalement dans la forêt mixte et feuillue. On peut donc conclure qu'il est particulièrement adapté à cette région. Le grand pic est pratiquement absent de la pessière, donc aucun modèle n'est nécessaire pour cette région. L'IQH du grand pic a été validé en 1996 à partir de données empiriques colligées dans la réserve faunique Mastigouche et dans le parc national de la Mauricie (Savignac et collab., 1996). Cette étude a révélé que les variables présentes dans le modèle étaient effectivement importantes dans la sélection d'habitat du grand pic. Par contre, l'importance des variables variait selon l'échelle spatiale : le

grand pic recherchait une certaine composition forestière à l'échelle du paysage, des caractéristiques structurales internes aux peuplements à l'échelle intermédiaire (154 ha) et une bonne densité de chicots à plus fine échelle (Savignac et collab., 1996). Le pourcentage d'habitats de qualité élevée dans une superficie de 154 ha s'est révélé un bon indice de la présence du grand pic. Cependant, bien que les bons habitats aient été correctement identifiés, les habitats de qualité moyenne étaient en réalité de faible qualité à cause d'une mauvaise évaluation de la densité des chicots nécessaires à l'alimentation. Savignac et ses collaborateurs (1996) ont donc suggéré de modifier la valeur des paramètres de l'IQH pour le rendre plus performant, en prenant mieux en compte la densité des chicots qui semblait sous-estimée dans le modèle. En d'autres termes, le modèle nécessite des correctifs. En attendant, il peut tout de même servir à repérer les bons habitats.

- *Lafleur, P.-É., et P. Blanchette, 1993. Développement d'un indice de qualité de l'habitat pour le grand pic (*Dryocopus pileatus* L.) au Québec. Gouvernement du Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la ressource faunique, Gestion intégrée des ressources, document technique 93/3, 36 p.*

<http://www.mddefp.gouv.qc.ca/faune/habitats-fauniques/evaluation-logiciels.htm>.

Le modèle comporte trois paramètres : la composition, la combinaison densité-hauteur, qui décrit la structure des peuplements, et la densité de gros chicots / ha (>35 cm de diamètre à hauteur de poitrine). La formule de l'IQH final est une moyenne géométrique de ces trois éléments. La qualité de l'habitat sera qualifiée de « nulle » (IQH = 0), « faible » (0,33-0,53), « moyenne » (0,60-0,76) ou « élevée » (0,87-1). Il n'existe actuellement pas de composante spatiale dans le modèle.

Puisque ce modèle ne se base pas uniquement sur des variables écoforestières, il ne peut être calculé seulement à partir des cartes écoforestières. La FMBSL a cependant proposé une version modifiée du modèle dans le cas où la densité de chicots par type d'habitat ne serait pas disponible (Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent et Université du Québec à Rimouski, 2003). Ce modèle modifié semble n'avoir été ni révisé ni validé. Cet IQH modifié est inclus dans l'extension développée par la FMBSL mais il fonctionne uniquement avec ArcView 3.

5.5 Grimpereau brun

Un IQH est disponible pour le grimpereau brun (*Certhia americana*) (Sansregret et Blanchette, 2002) (annexe 1). Il a été établi à partir d'un inventaire de chants de grimpereaux bruns et d'un inventaire de végétation sur l'île René-Levasseur sur la Côte-Nord. Le meilleur modèle de régression logistique permettant de prédire la présence du grimpereau brun aux stations d'écoute en fonction des caractéristiques de l'habitat a été sélectionné. Ce modèle est donc adapté à cette région particulière. Il a été succinctement testé (calibrage), mais il n'a pas été validé à partir de données de terrain indépendantes.

- *Sansregret, H., et P. Blanchette, 2002. Développement d'un indice de qualité de l'habitat pour le grimpeur brun (*Certhia americana*), à l'île René-Levasseur, Québec. Gouvernement du Québec, Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune, 14 p.*

Le modèle est en fait une régression logistique entre la probabilité de présence de l'espèce et les quatre paramètres suivants : la hauteur des peuplements, le diamètre moyen quadratique des chicots (qui dépend de la surface terrière en chicots et de la densité de chicots par hectare), la surface terrière en sapins et la fermeture de la couronne des arbres. Il n'existe pas de composante spatiale dans ce modèle. Outre la hauteur, les autres paramètres du modèle sont des caractéristiques des peuplements qui doivent être mesurées sur le terrain. Cet IQH ne peut donc être calculé à partir des cartes écoforestières seulement.

5.6 Lièvre d'Amérique

Il existe deux versions de l'IQH pour le lièvre (*Lepus americanus*) (annexe 1). La deuxième version (Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent et Université du Québec à Rimouski, 2003) est une simplification de la première (Guay, 1994). Il semble que les résultats des deux versions soient similaires, mais que le temps de calcul de la deuxième version est moindre. Bien que nous n'ayons pas eu accès à ces documents, il y a eu une tentative de validation de l'IQH par Guay (1994). Cependant, il semble que cette étude ait révélé que le modèle ne reflétait que partiellement l'utilisation réelle des habitats par le lièvre en forêt mélangée (Darveau et collab., 2000, 2001, 2003, rapports non publiés, cités dans Brugerolle, 2003). L'IQH de Guay (1994) a été établi pour l'ensemble du Québec, à partir d'informations provenant de différents secteurs de la sapinière. La source de l'information est exactement la même pour les deux versions du modèle. Il n'y a pas eu de validation de la version simplifiée proposée par la FMBSL.

- *Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent et Université du Québec à Rimouski, 2003. Indices de qualité d'habitat. Extension ArcView version 3.0, Université du Québec à Rimouski, 58 p.*

La valeur des peuplements dépend de leur composition en essences, de leur densité et de leur hauteur, de même que de la présence ou non d'éclaircie précommerciale (origine). La valeur des habitats est directement déterminée à la manière d'une clé d'évaluation de l'habitat : habitat de qualité « nulle », « faible », « moyenne » ou « élevée ». Il existait une composante spatiale dans l'IQH de Guay (1994), basée sur la longueur des écotones, mais celle-ci a été supprimée dans la version de la FMBSL (2003).

La FMBSL a mis au point un outil permettant de calculer l'IQH du lièvre et de créer des cartes de qualité de l'habitat à partir des cartes écoforestières. Cependant, cet outil fonctionne seulement avec ArcView 3.

5.7 Martre d'Amérique

Il existe deux MQH pour la martre (*Martes americana*) (annexe 1). L'IQH de LaRue (1993) a vite été remplacé par une clé (Société de la faune et des parcs du Québec, 2000) pour prendre en considération les nouvelles connaissances, notamment en ce qui a trait aux préférences d'habitat liées à la structure, plutôt qu'à la composition en essences et au stade de développement des peuplements. Cette clé se veut applicable sur l'ensemble du Québec. Aucun de ces modèles n'a été validé jusqu'à présent. Cependant, un projet de validation de la clé d'évaluation du potentiel de l'habitat de la martre a débuté en 2012 et, si nécessaire, des adaptations régionales seront produites. En attendant que la clé révisée soit disponible, il est recommandé d'utiliser la clé de 2000.

- *Société de la faune et des parcs du Québec (FAPAQ), 2000. Clé d'évaluation du potentiel d'habitat de la martre d'Amérique (Martes americana). Gouvernement du Québec, Société de la faune et des parcs du Québec, Québec.*

<http://www.mddfp.gouv.qc.ca/faune/habitats-fauniques/evaluation-logiciels.htm>.

La clé se base sur la composition en essences, la densité, la hauteur et l'origine des peuplements. Les peuplements sont identifiés comme « peu utilisable », « milieu de passage », « habitat en devenir », « bon habitat » et « excellent habitat ». Ce modèle ne tient pas compte des besoins spatiaux de la martre, qui ne tolère qu'environ 35 % d'habitats inadéquats (« peu utilisables », « en devenir » et « de passage ») à l'intérieur de son domaine vital (5-10 km², Potvin et collab., 2000). Il est donc suggéré de calculer la qualité de l'habitat pour la martre dans une fenêtre mobile de la superficie d'un domaine vital de martre.

Le Secteur de la faune a produit un outil géomatique (Faune-MQH 1.2.6) permettant de dresser le portrait d'un territoire à partir des cartes écoforestières. Cet outil fonctionne avec ArcGIS 9.3, 10 et 10.1, à partir des cartes forestières des 3^e et 4^e inventaires décennaux (de type SIEF et DDE). Il intègre une version améliorée de la clé d'évaluation (FAPAQ, 2000), mais aussi un volet spatial supplémentaire. Ainsi, la valeur finale tiendra compte à la fois de la qualité individuelle des peuplements forestiers et de la quantité d'habitats de qualité présents dans une fenêtre mobile de la superficie d'un domaine vital de martre (flexible selon la région).

- *Massé, S., M. Cheveau, C. Dussault et P. Blanchette, 2013. Guide de l'utilisateur. Extension Faune-MQH 1.2.6 pour ArcGIS : modèles de qualité de l'habitat pour la faune, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Gouvernement du Québec, 42 p.*

<http://www.mddfp.gouv.qc.ca/faune/habitats-fauniques/evaluation-logiciels.htm>.

5.8 Orignal

Il existe quatre versions d'IQH pour l'orignal (*Alces americanus*) (annexe 1). Le premier IQH (Courtois, 1993) a été remplacé par celui de Dussault et ses collaborateurs (2002). Il existe par ailleurs deux versions modifiées du premier IQH (Aubert et collab., 1997; Doyon et collab., 2003). Jusqu'à présent, le

seul IQH qui a été validé est celui de Dussault et ses collaborateurs (2002); c'est donc celui dont l'utilisation est recommandée. Ce modèle a été développé dans la sapinière à bouleau blanc, et c'est pour ce domaine bioclimatique qu'il est le mieux adapté. Dans un premier temps, il a été validé partiellement à partir de données colligées sur des orignaux porteurs de colliers GPS dans le parc national de la Jacques-Cartier. Mais ces données étaient les mêmes que celles qui ont servi à l'élaboration du modèle, ce qui n'est pas recommandé. L'IQH de Dussault et ses collaborateurs (2002) a ensuite été validé à partir de données indépendantes colligées sur des orignaux porteurs de colliers GPS dans la réserve faunique des Laurentides (Dussault et collab., 2006). Ces études ont révélé que le modèle avait un meilleur pouvoir prédictif de la fréquentation des peuplements par les orignaux en été qu'en hiver (Dussault et collab., 2002). De plus, le modèle prédisait mieux la fréquentation du territoire par l'orignal dans des parcelles d'analyse de 5 km². Dussault et ses collaborateurs (2006) ont aussi montré que le modèle prédisait mieux l'utilisation de l'habitat par les mâles que par les femelles.

- *Dussault, C., R. Courtois et J.-P. Ouellet, 2002. Indice de qualité d'habitat pour l'orignal (Alces alces) adapté au sud de la forêt boréale du Québec. Gouvernement du Québec, Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune, 44 p.*

<http://www.mddfp.gouv.qc.ca/faune/habitats-fauniques/evaluation-logiciels.htm>.

L'IQH de Dussault et ses collaborateurs (2002) est basé sur deux paramètres : la qualité de « l'habitat d'alimentation » et « l'entremêlement entre l'habitat d'alimentation et le couvert ». La valeur de chaque peuplement comme habitat d'alimentation dépend de sa composition, de son âge et de son origine. L'entremêlement se calcule à partir de la densité de bordure (c'est-à-dire l'écotone) entre les peuplements offrant une bonne qualité pour l'alimentation et ceux offrant une bonne qualité de couvert, et par la proportion de peuplements mixtes (>50 ans) qui fournissent à la fois du couvert et de la nourriture entremêlés à très fine échelle (à l'intérieur même du peuplement). La formule de l'IQH final donne une pondération à ces deux composantes de l'habitat de l'orignal. Il est recommandé de calculer l'IQH dans des cellules de 5 km², et la valeur globale de chaque cellule est cotée faible (IQH ≤ 0,3), moyenne (0,4-0,6) ou élevée (0,7-1).

L'IQH de Dussault et ses collaborateurs (2002) utilise une composante spatiale puisque la bordure entre nourriture et couvert résulte de la juxtaposition de deux peuplements permettant à l'orignal de combler deux besoins différents, à l'intérieur de fenêtres d'analyse de 5 km².

Le Secteur de la faune a produit un outil géomatique (Faune-MQH 1.2.6) basé sur l'IQH de Dussault et collab. (2002) et permettant de dresser le portrait d'un territoire à partir des cartes écoforestières. Cet outil fonctionne avec ArcGIS 9.3, 10 et 10.1, à partir des cartes forestières des 3^e et 4^e inventaires décennaux (de type SIEF et DDE). L'organisme Zecs Québec a participé au développement du module orignal de l'outil Faune-MQH.

- Massé, S., M. Cheveau, C. Dussault et P. Blanchette, 2013. Guide de l'utilisateur. Extension Faune-MQH 1.2.6 pour ArcGIS : modèles de qualité de l'habitat pour la faune, *ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Gouvernement du Québec, 42 p.*

<http://www.mddefp.gouv.qc.ca/faune/habitats-fauniques/evaluation-logiciels.htm>.

5.9 Ours noir

Il existe un IQH pour l'ours noir (*Ursus americanus*) (Samson, 1996) (annexe 1). Le modèle a été développé pour s'adapter aussi bien à la forêt feuillue qu'à la forêt mixte et résineuse. Cependant, il semble mieux adapté à la forêt mixte et feuillue (Samson, 1996). Les ours sont aussi présents en pessière, mais il faudrait modifier le modèle afin d'adapter les variables qui concernent les fruits des feuillus tolérants (c'est-à-dire les noix) qui sont presque absents de cette région. Par ailleurs, il existe une étude qui a tenté de valider le modèle IQH (Hébert et collab., 2001). Les auteurs ont comparé la fréquentation des peuplements forestiers par des ours munis d'un collier émetteur avec les prédictions du modèle, ce qui leur a permis de conclure que les ours ne semblaient pas sélectionner d'habitat particulier au printemps. Les paramètres du modèle décrivant les besoins de l'ours durant cette saison pourraient donc être enlevés du modèle. Le modèle s'est par contre révélé un bon prédicteur de la disponibilité de la nourriture en été et en automne, de même que du couvert à l'automne (Hébert et collab., 2001). Il est à noter que le modèle est basé sur les besoins en habitats des femelles seulement, car Samson (1996) affirme que la population est principalement limitée par la survie et la fécondité des femelles.

- Samson, C., 1996. Modèle d'indice de qualité de l'habitat pour l'ours noir (*Ursus americanus*) au Québec. *Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction générale de la ressource faunique et des parcs, 57 p.*

<http://www.mddefp.gouv.qc.ca/faune/habitats-fauniques/evaluation-logiciels.htm>.

Le modèle est composé de trois paramètres : la nourriture (printanière, estivale et automnale), le couvert et la présence humaine. Ces paramètres dépendent de nombreuses variables présentes sur les cartes écoforestières (composition, âge, densité, hauteur, origine) et de variables physiques (distances, type de sol, activités humaines). Les auteurs ont fait le choix de ne pas considérer la disponibilité des tanières qui semble de moindre importance par rapport aux autres facteurs. La qualité de l'habitat de chaque unité cartographique est qualifiée de « nulle » ($\text{IQH} \leq 0,09$), « faible » (0,10-0,36), « moyenne » (0,37-0,62), « élevée » (0,63-0,89) ou « optimale » (0,90-1). Il est recommandé d'appliquer l'IQH de l'ours noir sur une superficie minimale de 12 km² (équivalant à une zone d'activité plus intensive). L'IQH comprend plusieurs composantes spatiales, notamment des distances à des milieux anthropisés ou à un couvert de fuite ou des longueurs de lisières. De plus, les peuplements riches en nourriture doivent couvrir au moins 10 % du territoire pour le printemps, 25 % pour l'été et 25 % pour l'automne pour que ce territoire soit jugé de bonne qualité pour l'ours. Les peuplements offrant du couvert doivent aussi occuper plus de 65 % du territoire. Plusieurs variables nécessaires au calcul de l'IQH de l'ours ne sont pas disponibles sur les

cartes écoforestières, ce qui complique l'automatisation du calcul. Cela dit, la FMBSL a simplifié ce modèle et conçu un outil permettant de calculer l'IQH de l'ours et de créer des cartes de qualité de l'habitat. Cette version simplifiée du modèle n'inclut que deux des trois paramètres (nourriture et couvert) et il n'est utilisable qu'avec ArcView 3. Ce modèle modifié semble n'avoir été ni révisé ni validé.

5.10 Paruline couronnée

Il existe un IQH pour la paruline couronnée (*Seiurus aurocapillus*) (Blanchette et LaRue, 1993) (annexe 1). Le modèle a été développé à partir de connaissances provenant de l'ensemble de l'Amérique du Nord, mais les auteurs ont pris soin de l'adapter au contexte du Québec, plus particulièrement au secteur de la réserve faunique Mastigouche. Un calibrage du modèle a été réalisé. Les auteurs ont successivement attribué toutes les combinaisons de valeurs possibles aux paramètres du modèle afin de vérifier quelle combinaison permettait au modèle de mieux refléter les attentes des experts. Par contre, le modèle n'a pas été validé à partir de données empiriques.

- *Blanchette, P., et P. LaRue, 1993. Développement d'un indice de qualité de l'habitat pour la paruline couronnée (Seiurus aurocapillus L.) au Québec. Gouvernement du Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la ressource faunique, Gestion intégrée des ressources, document technique 93/2, 20 p.*

<http://www.mddefp.gouv.qc.ca/faune/habitats-fauniques/evaluation-logiciels.htm>.

L'IQH se compose de quatre variables : la composition en essences et la densité de la strate arborescente ainsi que des strates arbustives haute (1-4 m) et basse (< 1 m). Il est donc nécessaire de prendre des mesures sur le terrain pour appliquer l'IQH, ce qui limite la possibilité de créer un outil géomatique utilisant les cartes écoforestières. La qualité de l'habitat est qualifiée de « nulle » (IQH = 0), « faible » (0,33-0,53), « moyenne » (0,56-0,76) ou « élevée » (0,81-1). Il n'existe pas de dimension spatiale dans le modèle.

La FMBSL a simplifié ce modèle et conçu un outil permettant d'automatiser le calcul de l'IQH de la paruline couronnée et de créer des cartes de qualité de l'habitat à partir des cartes écoforestières. Cependant, ce modèle fonctionne seulement avec ArcView 3 et il ne semble avoir été révisé ou validé.

5.11 Sittelle à poitrine rousse

Il existe un modèle de qualité de l'habitat de type IQH pour la sittelle à poitrine rousse (*Sitta canadensis*) (Marchand et Blanchette, 1995) (annexe 1). Le modèle a été développé à partir de connaissances provenant de l'ensemble de l'Amérique du Nord, mais les auteurs ont pris soin de l'adapter au contexte du Québec, plus particulièrement au secteur de la réserve faunique des Laurentides. Comme pour la paruline couronnée, un calibrage a été réalisé en attribuant toutes les combinaisons de valeurs possibles aux paramètres afin de vérifier quelle combinaison reflétait le mieux les attentes des experts. Par contre,

le modèle n'a pas été validé à partir de données empiriques. L'accent a été mis dans ce modèle sur la période de nidification, mais il semble que les besoins de la sittelle à poitrine rousse en termes d'habitat ne varient pas d'une saison à l'autre. Par ailleurs, la densité de population de la sittelle semble corrélée avec les épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*), aussi Marchand et Blanchette (1995) précisent que le modèle n'est applicable qu'en dehors des périodes d'épidémies. Pendant les épidémies de tordeuse, la sittelle est très abondante et les habitats marginaux sont aussi utilisés car la nourriture n'est pas limitante.

- *Marchand, S., et P. Blanchette, 1995. Modèle d'indice de qualité de l'habitat pour la sittelle à poitrine rousse (Sitta canadensis) au Québec. Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction générale de la ressource faunique et des parcs, Gestion intégrée des ressources, ministère des Ressources naturelles, document technique 92/6, 21 p.*

<http://www.mddefp.gouv.qc.ca/faune/habitats-fauniques/evaluation-logiciels.htm>.

Le modèle se compose de quatre variables : la composition en essences, la hauteur et la densité du peuplement ainsi que la densité des tiges vivantes et des chicots de plus de 20 cm de diamètre. Cette dernière variable nécessite des inventaires sur le terrain, ce qui limite la possibilité d'automatiser le calcul à partir des cartes écoforestières seulement. Par ailleurs, les sapins (*Abies balsamea*) et les épinettes blanches (*Picea glauca*) n'étant pas différenciées lors de la photo-interprétation du 3^e inventaire décennal, la présence de sapins pourrait être surestimée, ce qui introduit de l'imprécision dans l'évaluation de la qualité des peuplements. La qualité de l'habitat est regroupée en « nulle » (IQH = 0), « faible » (0,33-0,53), « moyenne » (0,56-0,76) ou « élevée » (0,81-1). Il n'existe pas de composante spatiale dans le modèle.

La FMBSL a simplifié ce modèle et conçu un outil permettant de calculer cet IQH et d'automatiser la création de cartes de qualité de l'habitat à partir des cartes écoforestières. Cependant, il fonctionne seulement avec ArcView 3 et il ne semble pas avoir été révisé ou validé.

5.12 Tétrras du Canada

Il existe un IQH pour le tétras (*Falci pennis canadensis*) (Tweddell et collab., 2000) (annexe 1). Le modèle a été développé pour être appliqué partout au Québec. Il a été élaboré à partir d'une revue de la littérature nord-américaine, mais une importance particulière a été accordée aux informations provenant de l'Abitibi-Témiscamingue, du Saguenay-Lac-Saint-Jean et de l'île d'Anticosti. Le modèle peut être considéré théorique car, à notre connaissance, il n'a pas été ni calibré ni validé.

- *Tweddell, S., Y. Lemay et A. Caron, 2000. Modèle d'indice de qualité de l'habitat pour le tétras du Canada (Dendragapus canadensis canadensis) au Québec. Université du Québec à Rimouski, présenté à la Société de la faune et des parcs du Québec, 20 p.*

Le modèle est composé de deux paramètres qui désignent deux types d'habitats importants pour le tétras, en fonction des saisons : 1) l'habitat hivernal de tous les tétras, l'habitat estival des mâles et des femelles sans couvée (mue) et de nidification et 2) l'habitat d'élevage des jeunes. Les deux paramètres dépendent de la composition en essences, de la densité et de la hauteur des peuplements. Le modèle tient compte de la dimension spatiale en considérant non seulement le peuplement analysé, mais aussi ses voisins (dans une superficie de 20 ha) pour l'évaluation de la qualité de l'habitat (méthode similaire à celle qui est utilisée pour la gélinotte huppée). À la suite de l'analyse spatiale, la valeur finale attribuée aux unités de 20 ha est de qualité « nulle » (IQH = 0), « faible » (1-1,42), « moyenne » (1,72-2) ou « élevée » ($\geq 2,44$). La FMBSL a conçu un outil permettant le calcul de l'IQH du tétras et d'automatiser la création de cartes de qualité de l'habitat à partir des cartes écoforestières. Cependant, cet outil fonctionne seulement avec ArcView 3 et il ne semble pas avoir été révisé ou validé.

6 NOUVEAUX DÉVELOPPEMENTS

Un sondage succinct a été réalisé durant l'automne 2011 auprès des unités régionales du ministère oeuvrant dans le domaine de la faune afin de dresser un portrait de l'utilisation des MQH. En résumé, bien que l'intérêt soit présent, les MQH étaient peu utilisés, pour trois raisons principales: le manque de temps ou de formation, le manque d'adaptation des MQH à la région et l'incompatibilité des outils avec le 4^e inventaire décennal. Pour pallier certains de ces problèmes, le Secteur de la faune a fait programmer un outil géomatique incluant quatre des MQH actuellement disponibles présentant le plus d'intérêt pour les régions (orignal, martre d'Amérique, cerf de Virginie et gélinotte huppée) ou le plus de fiabilité. Cet outil, nommé Faune-MQH 1.2.6, peut être obtenu sur le site Internet du Ministère et il facilitera l'utilisation des MQH pour la réalisation de portraits fauniques dans les régions. Cet outil est très versatile car il est adapté à ArcGIS 9.3, 10 et 10.1, aux 3^e et 4^e inventaires décennaux ainsi qu'aux cartes écoforestières utilisant la nomenclature SIEF ou DDE. Les modèles programmés sont basés sur les plus récentes versions des MQH pour les quatre espèces sélectionnées, soit celles de Dussault et ses collaborateurs (2002) pour l'orignal, de la Société de la faune et des parcs du Québec (FAPAQ, 2000) pour la martre, de Hébert et ses collaborateurs (2013) pour le cerf de Virginie et de Blanchette et ses collaborateurs (2010) pour la gélinotte huppée. Cet outil restera évolutif car des modifications pourront être apportées au fur et à mesure que de nouvelles connaissances, validations ou adaptations régionales seront disponibles. Par ailleurs, l'extension Faune-MQH 1.2.6 utilise une méthode de calcul qui permet d'évaluer les besoins des espèces sur des superficies adaptées à chaque d'entre elles (sauf pour le cerf car l'unité d'analyse est le ravage).

- *Massé, S., M. Cheveau, C. Dussault et P. Blanchette, 2013. Guide de l'utilisateur. Extension Faune-MQH 1.2.6 pour ArcGIS : modèles de qualité de l'habitat pour la faune, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Gouvernement du Québec, 42 p.*

<http://www.mddefp.gouv.qc.ca/faune/habitats-fauniques/evaluation-logiciels.htm>.

7 MQH ET CALCUL DES POSSIBILITÉS FORESTIÈRES

Les MQH décrits jusqu'ici sont utilisables à échelle fine, pour dresser le portrait de territoires basés sur les caractéristiques écoforestières des peuplements forestiers. Une deuxième version simplifiée de certains MQH ou encore complètement différente de la version originale a été créée pour leur intégration au calcul des possibilités forestières qui, lui, est utilisable à échelle beaucoup plus large et qui est basé sur des regroupements de strates forestières.

Dans le cas particulier où l'on voudrait utiliser les MQH pour simuler l'évolution de la forêt selon différents scénarios d'aménagement lors du calcul des possibilités forestières, les recommandations peuvent donc différer. En effet, plusieurs des MQH suggérés plus haut ne sont pas compatibles avec Woodstock-Stanley (WS), soit d'un point de vue stratégique (échelle spatiale considérée), soit d'un point de vue technique (variables non évolutives dans WS, par exemple, la densité des peuplements). Le Bureau du forestier en chef (BFEC) rend disponible plusieurs MQH adaptés dans WS comme variables de suivi dans un premier temps. Les MQH actuellement intégrés dans WS sont ceux du cerf de Virginie, de la gélinotte huppée, de la martre d'Amérique, de l'orignal et du tétras du Canada. Le MQH du cerf est une adaptation de la plus récente clé (Hébert et collab., 2013). Le MQH de la gélinotte découle de Blanchette et ses collaborateurs (2010) sans toutefois considérer l'aspect spatial. Dans le cas de la martre et de l'orignal, il s'agit de cotes de qualité de l'habitat inspirées de Potvin et ses collaborateurs (2006) et de Blanchette et Hénault (2008), mais révisées par un comité d'experts. Finalement, le MQH du tétras est basé sur les cotes de qualité de l'habitat de Blanchette et Hénault (2008). Ces outils peuvent être obtenus auprès des analystes du BFEC. Les modèles adaptés sont décrits en annexe du chapitre 4.6 du *Manuel de détermination des possibilités forestières 2013-2018* (BFEC, 2013).

- *Bureau du forestier en chef. 2013. Manuel de détermination des possibilités forestières 2013-2018. Gouvernement du Québec, Roberval, Québec, 247 p.*

http://forestierenchef.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2013/01/157-173_MDPF_HabitatsFauniques.pdf
(chapitre 4.6).

8 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEN, A. W., 1982. *Habitat suitability index models: Beaver*, U.S. Dept. Int., Fish Wildl. Servo FWS/OBS-82/10.30, 20 p.
- AUBERT, E., Y. LEMAY, J.-P. OUELLET et L. SIROIS, 1997. *Cartographie du potentiel d'habitat faunique de la Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent inc.*, Université du Québec à Rimouski, rapport final, 66 p.
- BLANCHETTE, P., 1995. *Modèle d'indice de qualité de l'habitat pour la gélinotte huppée (Bonasa umbellus) au Québec*, Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction générale de la ressource faunique et des parcs, Gestion intégrée des ressources, ministère des Ressources naturelles, document technique 95/1, 39 p.
- BLANCHETTE, P., J.-C. BOURGEOIS, P. COURCHESNE, I. CHARTIER et I. PARENT, 2002. *Validation du modèle d'indice de qualité de l'habitat (IQH) de la gélinotte huppée à l'échelle du paysage en Mauricie*, rapport présenté à la Fondation Héritage Faune et à Kruger Inc., Scierie Parent, 80 p.
- BLANCHETTE, P., et M. HÉNAULT, 2008. *Avis sur la méthode d'évaluation de la qualité de l'habitat proposée par Potvin et collab. (2006)*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Fondation de la faune du Québec, Québec, 6 p.
- BLANCHETTE, P., P.-É. LAFLEUR, E. DESLAURIERS, W. GIROUX et J.-C. BOURGEOIS, 2010. *Guide d'aménagement de l'habitat de la gélinotte huppée pour les forêts mixtes du Québec*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Société de la gélinotte huppée inc. et Fondation de la faune du Québec, Québec, 55 p.
- BLANCHETTE, P., et P. LARUE, 1993. *Développement d'un indice de qualité de l'habitat pour la paruline couronnée (Seiurus aurocapillus L.) au Québec*, Gouvernement du Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la ressource faunique, Gestion intégrée des ressources, document technique 93/2, 20 p.
- BLANCHETTE, P., et P. LARUE, 1995. « La définition d'objectifs stratégiques de conservation des habitats fauniques dans le cadre du projet de la gestion intégrée des ressources, approche méthodologique », *Vision Science*, printemps, p. 7-9.
- BLANCHETTE, P., et D. OSTIGUY, 1996. *Méthode de sélection des espèces représentatives utilisées dans le cadre du projet de développement de la gestion intégrée des ressources*, Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, ministère des Ressources naturelles, Gestion intégrée des ressources, document technique 96/1, 30 p.
- BROOKS, R. P., 1997. « Improving habitat suitability index models », *Wildlife Society Bulletin*, vol. 25, p. 163-167.
- BRUGEROLLE, S., 2003. « Caractérisation de l'habitat du lièvre d'Amérique à différentes échelles spatiales: une étude en forêt mélangée », mémoire de maîtrise, Université Laval, 38 p.
- BUREAU DU FORESTIER EN CHEF, 2013. *Manuel de détermination des possibilités forestières 2013-2018*. Gouvernement du Québec, Roberval, Québec, 247 p.

- COURTOIS, R.**, 1993. *Description d'un indice de qualité d'habitat pour l'orignal (Alces alces) au Québec*, Gouvernement du Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la ressource faunique, Gestion intégrée des ressources, document technique 93/1, 56 p.
- CRÊTE, M.**, 2003. *Les modèles d'indices de qualité de l'habitat de la faune: des outils utiles pour la gestion de l'exploitation forestière?*, Société de la faune et des parcs du Québec, Direction du développement de la faune, 20 p.
- DOYON, F., D. BOUFFARD et N. BERGERON**, 2003. *Classification cartographique des habitats fauniques de l'orignal (Alces alces) et développement d'un indice de qualité d'habitat (IQH) spatialement explicite basé sur les caractéristiques structurales des peuplements forestiers de l'Outaouais*, Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, 33 p.
- DUSSAULT, C., R. COURTOIS, J. HUOT et J.-P. OUELLET**, 2001. « The use of forest maps for the description of wildlife habitats: limits and recommendations », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 31, p. 1227-1234.
- DUSSAULT, C., R. COURTOIS et J.-P. OUELLET**, 2002. *Indice de qualité d'habitat pour l'orignal (Alces alces) adapté au sud de la forêt boréale du Québec*, Gouvernement du Québec, Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune, 44 p.
- DUSSAULT, C., R. COURTOIS et J.-P. OUELLET**, 2006. « A habitat suitability index model to assess moose habitat selection at multiple scales », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 36, p. 1097-1107.
- FLATHER, C. H., et R. M. KING**, 1992. « Evaluating performance of regional wildlife habitat models: Implications to resource planning », *Journal of Environmental Management*, vol. 34, p. 31-46.
- FORÊT MODÈLE DU BAS-SAINT-LAURENT et UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI**, 2003. *Indices de qualité d'habitat. Extension ArcView version 3.0*, Université du Québec à Rimouski, 58 p.
- GUAY, S.**, 1994. *Modèle d'indice de qualité d'habitat pour le lièvre d'Amérique (Lepus americanus) au Québec*, Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, ministère de l'Environnement et de la Faune, Gestion intégrée des ressources, document technique 93/6, 59 p.
- HÉBERT, F., M. HÉNAULT, J. LAMOUREUX, M. BÉLANGER, M. VACHON et A. DUMONT**, 2013. *Guide d'aménagement des ravages de cerfs de Virginie*, ministère des Ressources naturelles et ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 62 p.
- HÉBERT, R., C. SAMSON et J. HUOT**, 2001. Validation d'un modèle d'indice de qualité de l'habitat pour l'ours noir, Rapport présenté à l'Agence Parcs Canada, la Fondation de la Faune du Québec, le Ministère des Ressources Naturelles du Québec et la Société de la faune et des parcs du Québec, 69 p.
- LAFLEUR, P.-É., et P. BLANCHETTE**, 1993. *Développement d'un indice de qualité de l'habitat pour le grand pic (Dryocopus pileatus L.) au Québec*, Gouvernement du Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la ressource faunique, Gestion intégrée des ressources, document technique 93/3, 36 p.
- LAFLEUR, P.-É., et P. LARUE**, 1992. *La sélection d'espèces fauniques représentatives des réserves fauniques Mastigouche et des Laurentides: cadre général d'analyse et proposition d'une liste d'espèces-cibles*, Gestion intégrée des ressources, document technique 91/7, 12 p.

- LARUE, P.**, 1993. *Développement d'un indice de qualité de l'habitat pour la martre d'Amérique (Martes americana Turton) au Québec*, Gouvernement du Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la ressource faunique, Gestion intégrée des ressources, document technique 92/7, 34 p.
- MANLY, B. F. J., L. L. McDONALD, D. L. THOMAS, T. L. McDONALD et W. P. ERICKSON**, 2002. *Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies*, Kluwer Academic Publishers, 221 p.
- MARCHAND, S., et P. BLANCHETTE**, 1995. *Modèle d'indice de qualité de l'habitat pour la sittelle à poitrine rousse (Sitta canadensis) au Québec*, Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction générale de la ressource faunique et des parcs, Gestion intégrée des ressources, ministère des Ressources naturelles, document technique 92/6, 21 p.
- MASSÉ, S., M. CHEVEAU, C. DUSSAULT et P. BLANCHETTE**, 2013. *Guide de l'utilisateur. Extension Faune-MQH 1.2.6 pour ArcGIS : modèles de qualité de l'habitat pour la faune*, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Gouvernement du Québec, 42 p.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE**, 1998. *Guide d'aménagement des ravages de cerfs de Virginie*, Gouvernement du Québec, Québec, Canada, 78 p.
- PARENT, A.**, 1996. *Validation d'un modèle de qualité de l'habitat pour la gélinotte huppée (Bonasa umbellus) et caractérisation de l'habitat de tambourinage sur la seigneurie Nicolas-Riou, Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent*, Direction générale du patrimoine faunique et naturel, ministère de l'Environnement et de la Faune, 39 p.
- POTVIN, F., L. BÉLANGER et K. LOWELL**, 1999. « Validité de la carte écoforestière pour décrire les habitats fauniques à l'échelle locale : une étude de cas en Abitibi-Témiscamingue », *The Forestry Chronicle*, vol. 75, p. 851-859.
- POTVIN, F., L. BÉLANGER et K. LOWELL**, 2000. « Marten habitat selection in a clearcut boreal landscape », *Conservation Biology*, vol. 14, p. 844-857.
- POTVIN, F., N. BERTRAND et R. WALSH**, 2006. *Évolution de l'habitat d'espèces fauniques de la forêt boréale dans un secteur de coupe intensive sur une période de 25 ans*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche sur la faune, Direction de l'environnement forestier, Québec, 28 p.
- ROLOFF, G. J., et B. J. KERNOHAN**, 1999. « Evaluating reliability of habitat suitability index models », *Wildlife Society Bulletin*, vol. 27, p. 973-985.
- SAMSON, C.**, 1996. *Modèle d'indice de qualité de l'habitat pour l'ours noir (Ursus americanus) au Québec*, Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction générale de la ressource faunique et des parcs, 57 p.
- SANSREGRET, H., et P. BLANCHETTE**, 2002. *Développement d'un indice de qualité de l'habitat pour le grimpeur brun (Certhia americana), à l'île René-Levasseur, Québec*, Gouvernement du Québec, Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune, 14 p.

- SAVIGNAC, C., J. HUOT et A. DESROCHERS**, 1996. *Validation de l'indice de qualité de l'habitat du grand pic (Dryocopus pileatus) en Mauricie*, Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction générale de la ressource faunique et des parcs, 61 p.
- SCHAMBERGER, M. L., et L. J. O'NEIL**, 1986. « Concepts and constraints of habitat-model testing », dans J. Verner, M. L. Morrison et C. J. Ralph. *Wildlife 2000: Modeling habitat relationships of terrestrial vertebrates*, University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin, É.-U., p. 5-10.
- SOCIÉTÉ DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC (FAPAQ)**, 2000. *Clé d'évaluation du potentiel d'habitat de la martre d'Amérique (Martes americana)*, Gouvernement du Québec, Société de la faune et des parcs du Québec, Québec.
- THOMPSON, I. D., S. C. MAHER, D. P. ROUILLARD, J. M. FRYXELL et J. A. BAKER**, 2007. « Accuracy of forest inventory mapping: some implications for boreal forest management », *Forest Ecology and Management*, vol. 252, p. 208-221.
- TWEDDELL, S., Y. LEMAY et A. CARON**, 2000. *Modèle d'indice de qualité de l'habitat pour le tétras du Canada (Dendragapus canadensis canadensis) au Québec*, Université du Québec à Rimouski, présenté à la Société de la faune et des parcs du Québec, 20 p.

Annexe 1 Comparaison des modèles de qualité de l'habitat développés au Québec. Nous avons indiqué en gris le modèle qu'il est recommandé d'utiliser lorsque plusieurs modèles sont disponibles.

	Type de modèle	Fonction mathématique	Échelle	Spatialisation	Région d'origine et exportabilité vers d'autres régions	Développement ¹	Calibrage	Validation	Date
castor FMBSL, 2003 (adapté d'Allen, 1982)	IQH	multiplication	~200 ha	oui	général (Québec)	TC	?	non*	2003
* Le modèle d'Allen (1982) a été révisé par un comité d'experts mais pas le modèle de la FMBSL (2003).									
cerf de Virginie MEF, 1998	clé	cotes	ravage	oui	général (Québec), mais présent seulement dans la forêt mixte et feuillue	TE	-	non	1998
Hébert et collab., 2013	clé	cotes	ravage	oui	général (Québec), mais présent seulement dans la forêt mixte et feuillue	TE	-	non	2013
gélinotte huppée Blanchette, 1995	IQH	moyenne géométrique	20-60 ha	oui	adapté régionalement (sapinière à bouleau blanc (BOP))	TC	oui	oui	1995
Blanchette et collab., 2010	clé	cotes	20-60 ha	oui	adapté régionalement (sapinière à bouleau jaune (BOJ))	E	-	non	2010
grand pic Lafleur et Blanchette, 1993	IQH	moyenne géométrique	40-200 ha	non	général (Québec), mais présent seulement dans la forêt mixte et feuillue	T	oui	oui	1993
grimpereau brun Sansregret et Blanchette, 2002	IQH	régression logistique	5-10 ha	non	adapté régionalement (pessière)	E	oui	non	2002

	Type de modèle	Fonction mathématique	Échelle	Spatialisation	Région d'origine et exportabilité vers d'autres régions	Développement ¹	Calibrage	Validation	Date
lièvre d'Amérique									
Guay, 1994	IQH	somme pondérée	2-10 ha	oui	adapté régionalement (forêt mixte et feuillue)	TE	oui	oui	1994
FMBSL, 2003	IQH	cotes	2-10 ha	non	adapté régionalement (forêt mixte et feuillue)	TE	?	non	2003
martre d'Amérique									
LaRue, 1993	IQH	moyenne géométrique	5-10 km ²	non	général (Québec)	T	oui	non (comité d'experts)	1993
FAPAQ, 2000	clé	cotes	5-10 km ²	non	général (Québec)	TE?	-	non	2000
orignal									
Courtois, 1993	IQH	racine carrée	15 km ²	oui	général (Québec) (mais une partie des données viennent du Bas-Saint-Laurent–Gaspésie)	TE	?	oui	1993
Aubert et collab., 1997	IQH	somme pondérée	15 km ²	oui	général (Québec) (mais une partie des données viennent du Bas-Saint-Laurent–Gaspésie)	TE	?	non	1997
Dussault et collab., 2002	IQH	somme pondérée	5 km ²	oui	adapté régionalement (sapinière à BOP)	TE	oui	oui	2002
Doyon et collab., 2003	IQH	-	12 km ²	oui	adapté régionalement (forêt feuillue)	TE	?	non	2003
ours noir									
Samson, 1996	IQH	racine carrée et somme pondérée	12 km ²	oui	général (Québec)	TE	?	oui	1996

	Type de modèle	Fonction mathématique	Échelle	Spatialisation	Région d'origine et exportabilité vers d'autres régions	Développement ¹	Calibrage	Validation	Date
<u>paruline couronnée</u> Blanchette et LaRue, 1993	IQH	moyenne géométrique	0,3 ha	non	général (Québec)	T	oui	non	1993
<u>sittelle à poitrine rousse</u> Marchand et Blanchette, 1995	IQH	moyenne géométrique	3-10 ha	non	général (Québec)	T	oui	non	1995
<u>tétras du Canada</u> Tweddell et collab., 2000	IQH	racine carrée	20 ha	oui	général (Québec)	TC	?	non	2001

¹. T : théorique, TC : théorique ciblé géographiquement, TE : mi théorique-mi empirique, E : empirique.