

ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'HABITAT DE L'ORIGNAL ET EFFET DE L'AMÉNAGEMENT FORESTIER INTENSIF SUR LA RÉCOLTE D'ORIGNAUX AU BAS-SAINT-LAURENT



Crédit photo : Sépaq



**COLLECTIF RÉGIONAL
DE DÉVELOPPEMENT
DU BAS-SAINT-LAURENT**

Laurent Gagné, biologiste, M. Sc. F.

**Forêts, Faune
et Parcs**

Québec 

Claude Larocque, biologiste
Élise Roussel-Garneau, biologiste

Octobre 2018

Rédaction

Laurent Gagné, Collectif régional de développement (CRD) du Bas-Saint-Laurent
Claude Larocque, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) - Direction de la gestion
de la faune du Bas-Saint-Laurent (DGFa-01)
Élise Roussel-Garneau, MFFP – DGFa-01

Comité de travail

Luc Lavoie, CRD du Bas-Saint-Laurent
Luc Gagnon, MFFP – Direction de la gestion des forêts (DGFo-01)
Sébastien Ross, MFFP – DGFa-01

Collaboration

Manon Perreault, MFFP – DGFo-01
Martin-Hugues St-Laurent, Université du Québec à Rimouski (UQAR)
Peter Camden, Zone d'exploitation contrôlée (Zec) du Bas-Saint-Laurent
Dan Gagnon, Réserve faunique de Matane
Michel Fournier, Réserve faunique de Rimouski
Jean-François Lamarre, Société des établissements de plein air du Québec (Sépaq)
Dany D'Astous, Lulumco
Alain Lapierre, Groupe Lebel
Simon Lemay, Pourvoirie Le Chasseur
Éric Gosselin, Pourvoirie de la Seigneurie du Lac Métis
Bruno Belliveau, consultant
Marie-Hélène Langis, CRD du Bas-Saint-Laurent
Claude Brière, Première nation Malécite de Viger
Maxime Gendron, Réserve faunique Duchénier

Mise en page

Louissette Albert, CRD du Bas-Saint-Laurent

Analyses statistiques

Merci au D^r Alain Caron de l'UQAR pour l'aide apportée aux analyses statistiques.

Diffusion

Cette publication est disponible au CRD du Bas-Saint-Laurent auprès de monsieur Laurent Gagné,
soit par courriel : lgagne@crdbsl.org ou en ligne : <https://www.crdbsl.org>.

Publication

Gagné, L., Larocque, C. et Roussel-Garneau, É. 2018. *Évaluation de la qualité de l'habitat de l'orignal et effet de l'aménagement forestier intensif sur la récolte d'originaux au Bas-Saint-Laurent*. Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent et Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 46 p.

TABLE DES MATIÈRES

Liste des tableaux.....	iv
Liste des figures.....	v
Liste des acronymes.....	vi
Préambule.....	vii
1. Introduction.....	1
2. Méthodologie.....	4
2.1. Aire d'étude.....	4
2.2. Modélisation et interpolation de l'habitat.....	5
2.2.1. Principes généraux.....	5
2.2.2. Traitement appliqué aux grilles d'analyse.....	7
3. Analyses statistiques.....	8
3.1. L'analyse de redondance.....	8
3.2. Régression multiple.....	9
3.3. Détection de ruptures ou analyse de Webster.....	10
3.4. Analyse de variance.....	10
4. Résultats et discussion.....	11
4.1. Objectif 1 - Évolution spatio-temporelle de la qualité de l'habitat de l'orignal entre 2004, 2013 et 2021.....	11
4.2. Objectif 2 - Habitat de l'orignal et aménagement forestier.....	15
4.2.1. Période 2004.....	15
4.2.2. Période 2013.....	17
4.2.3. Variables expliquant la récolte d'originaux (périodes 2004 et 2013).....	21
4.3. Objectif 3 : Aménagement forestier et récolte à la chasse.....	22
4.3.1. Proportion de peuplements de 0 à 20 ans à maintenir.....	22
4.3.2. Densité de chemins forestiers.....	23
5. Conclusion et recommandations.....	25
Bibliographie.....	30
Annexe 1 - Composition des membres du comité et leur affiliation.....	33
Annexe 2 - Quelques exemples illustrant des peuplements pour le calcul des valeurs de l'indice de nourriture, de bordure et de l'IQH.....	34
Annexe 3 - Étapes détaillées pour le calcul de l'IQH et de densité de récolte d'originaux/10 km ²	35
Annexe 4 - Proportion (%) moyenne pour chacune des variables dépendantes et explicatives et superficie totale par BGI utilisée pour les analyses de redondance et les régressions.....	37
Annexe 5 - Tableau des valeurs de corrélation (scores) de l'analyse de redondance pour les années 2004 et 2013 à l'échelle du 5 km ² et du BGI.....	39

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Valeur et potentiel de nourriture des regroupements de peuplements	6
Tableau 2. Description des variables forestières de l'habitat de l'original et les codes utilisés dans les analyses statistiques	7
Tableau 3. Exemple de calcul des différences du nombre d'originaux récoltés entre les classes de proportion de peuplements de 0 à 10 ans pour la détection de ruptures	10
Tableau 4. Répartition annuelle et totale des superficies traitées en éclaircie commerciale entre 2009 et 2013 et des superficies forestières totales dans les UA 012-51 et 012-52	18
Tableau 5. Description des modèles pour estimer la densité de récolte/10 km ² à l'échelle du 5 km ² et du BGI en 2013 ainsi que de la qualité des modèles	22

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Proportion des forêts par classe d'âge en 2004 et 2013 au Bas-Saint-Laurent	2
Figure 2.	Organigramme des comités « Faune » au Bas-Saint-Laurent et liens avec le comité original habitat	3
Figure 3.	Délimitation de l'aire d'étude et localisation de la partie ouest de l'UA 012-72 (A) et des territoires fauniques structurés (B)	4
Figure 4.	Fréquentation et nombre de chasseurs pour l'activité de la chasse à l'orignal dans les territoires fauniques structurés de la partie ouest de l'UA 012-72 entre 2004 et 2015.....	5
Figure 5.	Délimitation de l'aire d'étude en fonction (A) des hexagones de 5 km ² et (B) des BGI.....	6
Figure 6.	Exemple de représentation graphique d'une analyse de redondance.....	9
Figure 7.	Variation de la valeur de l'IQH en 2004, 2013 et 2021 pour la partie ouest de l'UA 012-72	11
Figure 8.	Superficie moyenne annuelle réalisée (en blanc) par période entre 1995-2000 (95-00), 2000-2008 (00-08), 2008-2013 (08-13) et planifiée (en noir) entre 2015 et 2018 (15-18) par grande famille de traitements sylvicoles de l'UA 012-72.....	12
Figure 9.	Pourcentage des strates à potentiel de nourriture faible, modéré et élevé (A), de la valeur de l'indice de bordure, de nourriture, de l'IQH et son écart-type (B) et des regroupements d'habitats pour le calcul de l'IQH (C) pour les périodes 2004, 2013 et 2021 pour la portion ouest de l'UA 012-72	13
Figure 10.	Variation de la valeur relative de la densité de récolte/10 km ² entre 2001 et 2015 pour l'UA 012-72.....	14
Figure 11.	Représentation graphique de l'analyse de redondance à l'échelle du 5 km ² pour les données de 2004.....	16
Figure 12.	Représentation graphique de l'analyse de redondance à l'échelle du BGI pour les données de 2004.....	17
Figure 13.	Représentation graphique de l'analyse de redondance à l'échelle du 5 km ² pour les données de 2013.....	18
Figure 14.	Évolution du reboisement en forêt privée et en forêt publique entre 1964 et 2014 au Bas-Saint-Laurent.....	19
Figure 15.	Représentation graphique de l'analyse de redondance à l'échelle du BGI pour les données de 2013.....	20
Figure 16.	Répartition des moyennes de densité de récolte d'originaux/10 km ² par classe de densité de chemins forestiers (km/km ²) à l'échelle (A) du 5 km ² et (B) du BGI.....	21
Figure 17.	Variation de la densité de récolte en fonction de la proportion (5) des peuplements de 0 à 20 ans en 2013 à l'échelle du 5 km ² (A), du BGI (C) et identification des proportions (lignes verticales pleines) minimales et maximales à l'échelle du 5 km ² (B) et du BGI (D)..	23
Figure 18.	Variation de la densité de récolte en 2013 en fonction de la densité de chemins forestiers à l'échelle du 5 km ² (A), du BGI (C) et identification (lignes verticales pleines) des classes minimales et maximales de densité de chemins à l'échelle du 5 km ² (B) et du BGI (D)	24



LISTE DES ACRONYMES

AIPL	Aire d'intensification de la production ligneuse
ARD	Analyse de redondance
BGI	Bloc de gestion intégré
chemin km ²	Densité de chemins forestiers
CRD	Collectif régional de développement
ct05	Coupe totale qui a été effectuée depuis 1 à 5 ans (régénération naturelle)
ct1120	Coupe totale qui a été effectuée depuis 11 à 20 ans (régénération naturelle)
ct610	Coupe totale qui a été effectuée depuis 6 à 10 ans (régénération naturelle)
Dens_10km	Densité de population au 10 km ²
Dens_rec	Densité de récolte/10 km ²
DGFa-01	Direction de la gestion de la faune du Bas-Saint-Laurent
DGFo-01	Direction de la gestion des forêts du Bas-Saint-Laurent
ecautre	Autre type de coupe partielle sauf l'éclaircie commerciale
ecr	Éclaircie commerciale
Fi501	Feuillus avec essences de lumière
formatures	Forêts matures (>30 ans)
FSC	Forest stewardship council (Conseil de la gestion ou de l'intendance des forêts)
FT50	Feuillus avec essences de lumière
ha	Hectare (mesure de surface)
Ibord	Indice de qualité bordure
Inour	Indice de qualité nourriture
IQH	Indice de qualité de l'habitat
iqsmoyen	Indice de qualité de station moyenne
iqsriche	Indice de qualité de station riche
km ²	Kilomètre carré
Longch_km	Longueur de chemin
MFFP	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
MF110	Feuillus ou mixtes en régénération, peuplements récemment perturbés
MF130	Mixtes avec essences de lumière
MF150	Mixtes avec essences de lumière
MQH	Modèle de qualité de l'habitat pour la faune
MT50	Mixtes avec essences tolérantes à l'ombre
p05	Plantation de 0 à 5 ans
p1120	Plantation 11 à 20 ans
p610	Plantation de 6 à 10 ans
R10	Résineux en régénération
RATF	Rapport d'aménagement technique et financier
RE30	Résineux d'origine plantation d'épinettes
RS30	Résineux avec sapin baumier ou épinette blanche
SEFAQ	Système d'enregistrement de la faune du Québec
Sépaq	Société des établissements de plein air du Québec
TFS	Territoires fauniques structurés
TLGIRT	Table locale de gestion intégrée des ressources et du territoire
UA	Unité d'aménagement
Val_bord	Valeur de bordure
Val_nour	Valeur de nourriture
Zec	Zone d'exploitation contrôlée de chasse et de pêche

PRÉAMBULE

Cette étude est destinée aux membres des Tables locales de gestion intégrée des ressources et du territoire (TLGIRT) du Bas-Saint-Laurent. Ce document fait une brève mise en contexte et une description de la problématique avant de présenter les méthodes d'analyse utilisées. Il fait également état des résultats obtenus dans la partie ouest de l'unité d'aménagement 012-72 de la région sur l'évolution de la qualité de l'habitat de l'orignal entre 2004 et 2021 et de la récolte d'orignaux par la chasse pour la période de 2004 à 2013.

Nous sommes conscients que le modèle d'indice de qualité de l'habitat (IQH) de l'orignal validé par Dussault et al. (2006) pour la région des Laurentides et utilisé dans la présente étude, peut être différent des caractéristiques de l'habitat et aux particularités de la population d'orignal du Bas-Saint-Laurent. Toutefois, il s'agit du seul outil disponible à ce jour et aux fins de la présente étude, il représente une méthode suffisamment robuste pour dégager les principales tendances quant aux besoins généraux de l'orignal en matière d'aménagement. D'ailleurs, Leclerc et al. (2010) ont utilisé le même indice de qualité de l'habitat (Dussault, 2006) pour expliquer l'utilisation du territoire par l'orignal dans les plantations bas-laurentiennes. Sur cette base, il semble cohérent d'utiliser l'indice de qualité de l'habitat pour nos analyses, bien que l'on connaisse ses limitations. À partir des résultats, les auteurs proposent des recommandations aux membres des TLGIRT. Le travail d'analyse et la rédaction ont été réalisés en partenariat entre le Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent et le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs – Direction générale du secteur sud-est.

1. INTRODUCTION

La Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier (LADTF) prévoit que le ministre des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec élabore un plan d'aménagement forestier intégré tactique (PAFIT) et un plan d'aménagement forestier intégré opérationnel (PAFIO) pour chacune des unités d'aménagement. Ces plans se font en collaboration avec les TLGIRT. En 2010, la mise en place des TLGIRT avait pour objectif d'identifier des préoccupations liées à la planification forestière. Les deux TLGIRT du Bas-Saint-Laurent ont identifié différentes préoccupations pour la région qui ont été par la suite traduites en enjeux. En raison de l'importance économique de l'orignal, le maintien de la qualité de son habitat dans un contexte d'aménagement forestier intensif a été ciblé comme un enjeu au Bas-Saint-Laurent. À l'intérieur des forêts du domaine de l'État, les territoires fauniques structurés (TFS) occupent environ 56 % de la superficie des unités d'aménagement du Bas-Saint-Laurent. Ces territoires et leur mode de gestion offrent une plus-value à l'utilisateur, notamment pour l'activité de chasse.

Parce que les forêts bas-laurentiennes ont été aménagées intensivement depuis plus de 40 ans, le portrait forestier qui prévalait dans les années 1970 et 1980 s'est transformé depuis ce temps. À cette époque, l'aménagement forestier était majoritairement consacré à la récupération de peuplements matures affectés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) (*Choristoneura fumiferana*) (Clemens) et à la remise en production par l'entremise du reboisement et des travaux d'éducation de peuplements. La récolte des peuplements affectés par la TBE a eu pour conséquence de générer des superficies considérables de forêts en régénération (Lavoie et al., 2013), habitat propice pour l'orignal en raison de la prolifération d'essences feuillues recherchées par cette espèce comme les bouleaux, le peuplier faux-tremble, les saules et les amélanchiers (Courtois, 1993; Samson et al., 2002). Bien que le sapin baumier (*Abies balsamea*) ne soit pas une essence préférentielle pour l'orignal (Courtois, 1993), elle peut tout de même être consommée, parfois même en abondance, surtout si les essences feuillues sont rares (Courtois et al., 1993). Par ailleurs, les jeunes peuplements (0 à 20 ans) avec une forte composante de feuillus sont des éléments clés de la qualité de l'habitat de l'orignal, particulièrement pour la période hivernale (Samson et al., 2002).

Au cours des dix dernières années, la région a connu dans son ensemble, une augmentation significative de sa population d'orignaux. C'est le cas dans la zone de chasse 2, où elle est passée de $6,8 \pm 1,0$ orignaux/10 km² en 2005 (Lamoureux et al., 2005) et à $11,4 \pm 1,7$ orignaux/10 km² en 2014 (Ross et al., 2014). De plus, dans cette zone de chasse, on recense des secteurs où les densités en hiver sont beaucoup plus élevées que la moyenne. C'est le cas de la Zec du Bas-Saint-Laurent (18 orignaux/10 km²), de la Pourvoirie Le Chasseur (24,9 orignaux/10 km²), de la Pourvoirie de la Seigneurie du Lac Mitis (21,4 orignaux/10 km²) (MFFP 2014, données non publiées) et de la Réserve faunique de Rimouski (29,6 orignaux/10 km²) (Sépaq, 2014, données non publiées). Conséquemment, l'offre pour l'activité de chasse s'est traduite par une augmentation substantielle du nombre de chasseurs, de la fréquentation et des retombées socioéconomiques pour la région (MFFP, 2016, données non publiées). Ceci s'avère exact pour certains territoires fauniques structurés, notamment ceux associés à la partie ouest de l'unité d'aménagement (UA) 012-72.

Dans cette partie du territoire, on retrouve aujourd'hui une proportion importante de jeunes forêts, mais elle tend à diminuer au profit des peuplements résineux de 30 ans et plus (Figure 1). Ces



peuplements offrent ce qu'on appelle un abri, représentant en été des zones permettant à l'orignal de réguler sa température corporelle lors des périodes de grande chaleur (Timmermann et McNicol, 1988; Dussault et al., 2004a; Karns, 2007) et en hiver, une protection en minimisant l'effet de la couche de neige lors des déplacements (Samson et al., 2002). L'abri est un élément essentiel dans l'habitat de l'orignal (Samson et al. 2002) tout comme la disponibilité de nourriture, mais leur proportion respective doit demeurer en équilibre pour maintenir les populations à des densités optimales. En période de forte densité d'orignaux, comme c'est le cas au Bas-Saint-Laurent actuellement, une diminution de la disponibilité de nourriture peut devenir une problématique par rapport à la disponibilité d'abris supplémentaires ayant possiblement pour conséquence de provoquer localement un broutage excessif d'essences commerciales comme le sapin baumier, les bouleaux ou d'autres feuillus. Dans certains secteurs, cette situation pourrait compromettre l'atteinte d'objectifs et enjeux régionaux sur l'aménagement des forêts.

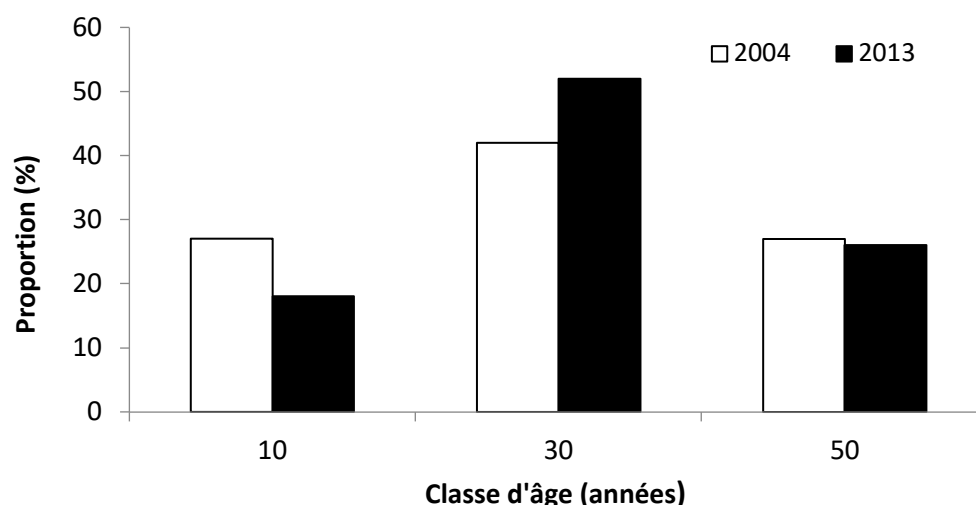


Figure 1. Proportion des forêts par classe d'âge en 2004 et 2013 au Bas-Saint-Laurent

L'implantation des aires d'intensification de la production ligneuse (AIPL) soulève des inquiétudes chez plusieurs intervenants fauniques relativement aux impacts potentiels que cette stratégie d'aménagement pourrait occasionner sur l'habitat de l'orignal. C'est dans ce contexte que des membres des TLGIRT ont soulevé deux préoccupations quant au maintien de la qualité de l'habitat de l'orignal (fiche enjeu-solution n° 11 : Qualité de l'habitat de l'orignal à long terme). Une première préoccupation est qu'à moyen terme la proportion des jeunes peuplements riches en nourriture soit en diminution. Une seconde préoccupation vise cette fois la qualité ainsi que la productivité future des forêts par rapport à un broutage excessif d'essences commerciales, ce qui pourrait provoquer des problèmes de croissance, la perte de jeunes strates aménagées et engendrer des coûts supplémentaires pour la remise en production.

À notre connaissance, il y a peu d'informations scientifiques disponibles pour guider la réflexion des membres des TLGIRT et des gestionnaires du MFFP en lien direct ou indirect avec ces préoccupations, dont l'importance socioéconomique est majeure pour la région. Pour répondre au questionnement relatif à ces enjeux régionaux, les membres des TLGIRT ont demandé la création

d'un comité¹ (Figure 2) et ont mandaté le CRD du Bas-Saint-Laurent afin de répondre aux trois objectifs suivants :

- 1) Vérifier l'évolution spatio-temporelle de l'habitat de l'orignal à partir de l'IQH dans la partie ouest de l'UA 012-72 pour les périodes de 2004, 2013 et 2021;
- 2) Identifier les variables susceptibles d'influer la qualité de l'habitat de l'orignal (travaux de récolte, traitements sylvicoles, type de peuplements, productivité des sols, infrastructures) ainsi que les rendements à la chasse (nommé ci-après densité de récolte d'orignaux/10 km²);
- 3) Identifier les proportions minimales et maximales de peuplements de 0 à 20 ans et la densité des chemins forestiers que l'on devrait viser à l'échelle du 5 km² ou du bloc de gestion intégrée (BGI) afin de maintenir un aménagement forestier propice et une activité de chasse à l'orignal optimale.

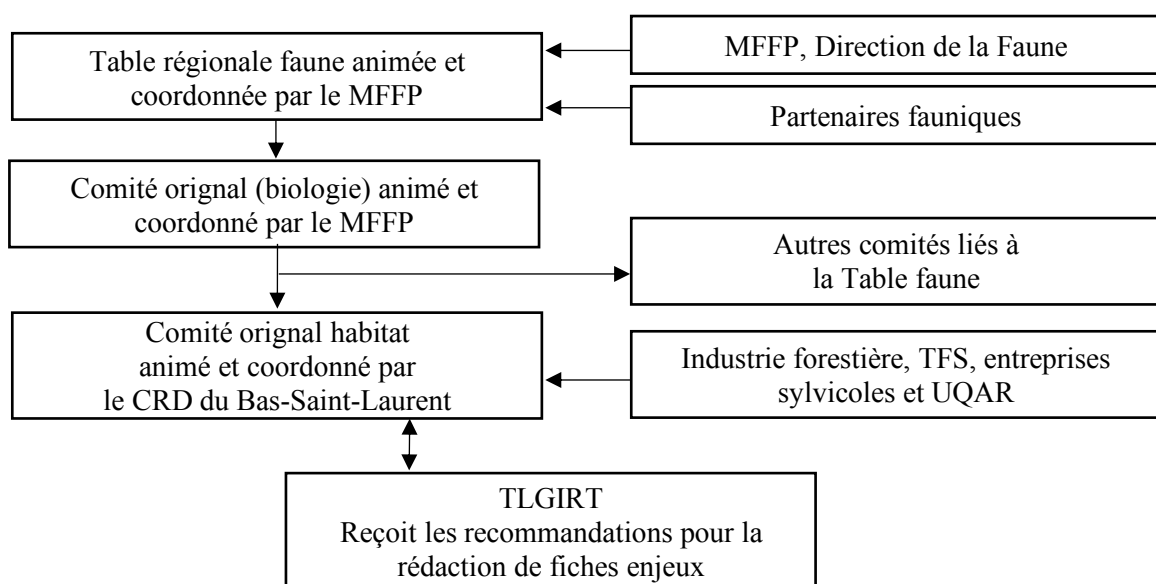


Figure 2. Organigramme des comités « Faune » au Bas-Saint-Laurent et liens avec le comité orignal habitat

Note : La flèche à double sens signifie que le comité orignal habitat présente des résultats et fait des recommandations aux membres des TLGIRT et à l'inverse, il peut y avoir des demandes des membres des TLGIRT pour de l'acquisition de connaissances.

Dans un premier temps, les membres des TLGIRT ont demandé au comité de répondre à ces objectifs tout en sachant pertinemment que d'autres interrogations seront soulevées dans le futur. Les résultats du présent exercice devraient permettre aux membres des TLGIRT de discuter de pistes de solution potentiellement applicables à court terme dans les PAFIT et PAFIO. Par ailleurs, ces solutions permettront de poursuivre les discussions relatives à la localisation des portions résiduelles des AIPL dans la partie ouest de l'UA 012-72 et d'atteindre la cible régionale fixée à 25 %².

¹ Voir l'Annexe 1 pour la composition.

² Pour plus de détails, voir la fiche enjeu-solution n° 17 *Efforts d'aménagement*.

2. MÉTHODOLOGIE

2.1. Aire d'étude

L'aire d'étude, de tenure publique, est constituée de la partie ouest de l'UA 012-72 dans la région administrative du Bas-Saint-Laurent (Figure 3A) et couvre une superficie de 232 378 ha. On y dénombre quatre territoires fauniques structurés (Figure 3B), dont deux réserves fauniques (Duchénier et Rimouski), une zone d'exploitation contrôlée de chasse et de pêche (Zec du Bas-Saint-Laurent) et une pourvoirie à droit exclusif (Pourvoirie Le Chasseur). Ces territoires couvrent un total de 221 360 ha, soit 95,2 % de l'aire d'étude. La chasse à l'orignal y occupe une part importante de l'offre faunique et au cours de la période 2010-2015, il s'y est prélevé 4 627 orignaux pour une fréquentation atteignant 90 389 jours de chasse (MFFP, données non publiées, Figure 4).

L'aire d'étude est principalement dominée par la sapinière à bouleau jaune (MS1), la sapinière à bouleau blanc (MS2) et dans une moindre mesure, l'érablière à bouleau jaune (FE3). En général, les peuplements mélangés et résineux dominent le paysage forestier.

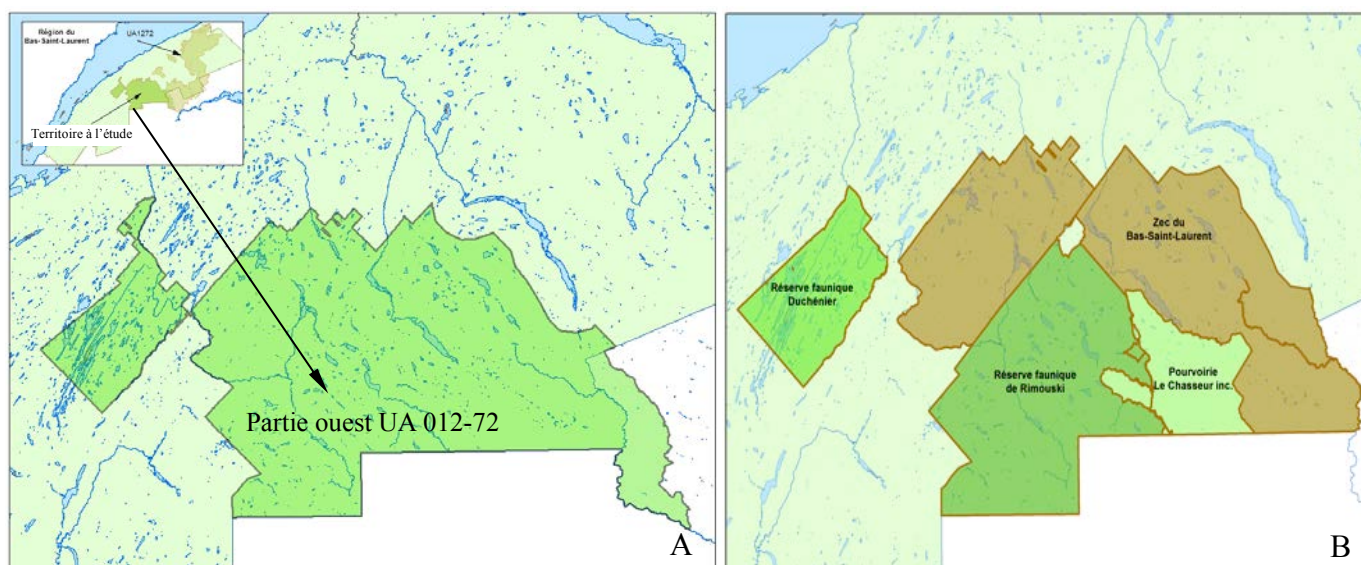
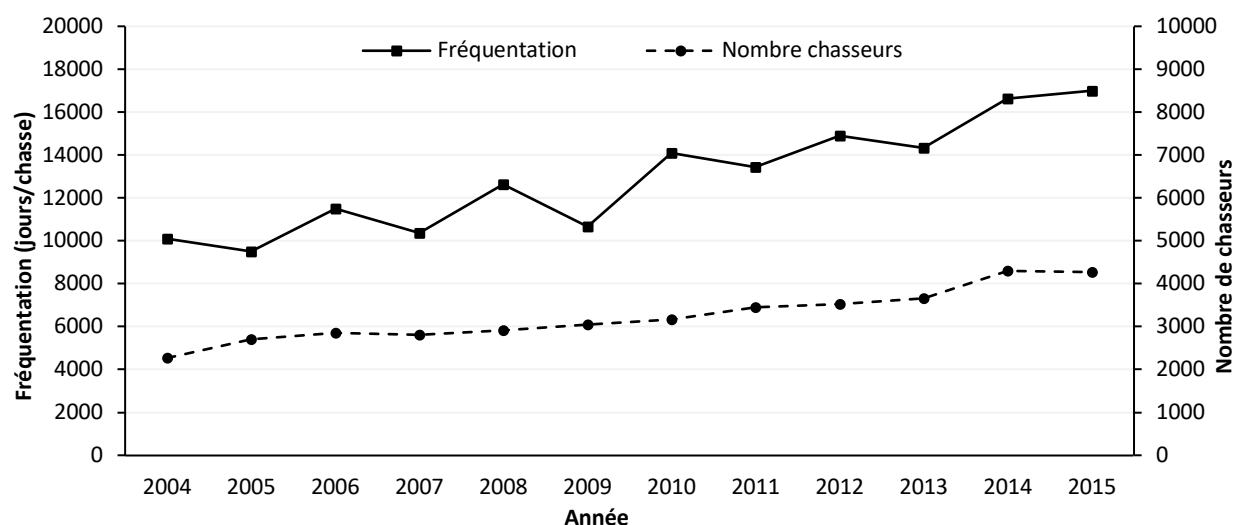


Figure 3. Délimitation de l'aire d'étude et localisation de la partie ouest de l'UA 012-72 (A) et des territoires fauniques structurés (B)



Source : MFFP DGFA-01, 2016

Figure 4. Fréquentation et nombre de chasseurs pour l'activité de la chasse à l'orignal dans les territoires fauniques structurés de la partie ouest de l'UA 012-72 entre 2004 et 2015

2.2. Modélisation et interpolation de l'habitat

2.2.1. Principes généraux

L'évolution spatio-temporelle de la qualité de l'habitat de l'orignal a été modélisée pour les périodes 2004, 2013 et 2021. L'extension Faune-MQH 1.2.6, produite par la Direction de la faune terrestre et de l'avifaune du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (Massé et al., 2013), a été appliquée pour le calcul du modèle de qualité de l'habitat (MQH) de l'orignal dans l'aire d'étude. Le modèle élaboré et validé par Dussault et al. (2006), pour le territoire de la Réserve faunique des Laurentides, fixe à partir des regroupements de peuplements (présentés au Tableau 1 et l'Annexe 2) des valeurs pour la qualité potentielle de la nourriture (indice de nourriture) ainsi que pour l'entremêlement (indice de bordure). L'indice de nourriture contribue à 40 % et l'indice de bordure à 60 % pour le calcul de la valeur de l'IQH. La valeur moyenne des indices de nourriture et de bordure provenant d'une interpolation a été attribuée par la suite à des cellules qui composent une grille d'analyse de l'habitat pour un territoire donné. Pour le détail de la méthodologie utilisée pour le calcul des valeurs d'indice de bordure, indice de nourriture, IQH, densité de récolte, se référer à l'Annexe 3. Tel que recommandé par Dussault et al. (2006), les cellules d'analyse utilisées avaient une superficie de 5 km² (Figure 5A). Nous avons également fait l'exercice pour chaque bloc de gestion intégrée de l'aire d'étude puisque c'est l'échelle d'analyse la plus fréquemment utilisée par les TLGIRT. Les différents BGI de l'aire d'étude ont des superficies qui varient entre 12 km² et 67 km² pour une moyenne de 40 km² (Figure 5B).

Tableau 1. Valeur et potentiel de nourriture des regroupements de peuplements

Type d'habitat	Appellation des regroupements de peuplements	Potentiel de nourriture	Valeur
Feuillus avec essences de lumière	Fi50 ¹	Modéré	Couvert d'été
Mixtes avec essences de lumière	MFi30	Modéré	Couvert d'été
Mixtes avec essences de lumière	MFi50	Modéré	Couvert d'été et d'hiver
Feuillus avec essences de lumière	FT50	Élevé	Couvert d'été
Mixtes avec essences tolérantes à l'ombre	MT50	Élevé	Couvert d'été
Feuillus ou mixtes en régénération, peuplements récemment perturbés	MFi10	Élevé	Nourriture
Résineux en régénération	R10	Modéré	Nourriture
Résineux avec sapin baumier ou épinette blanche	RS30	Faible	Couvert d'été
Résineux d'origine plantation d'épinettes	RE30	Faible	Couvert d'été et d'hiver

Tiré de Samson et al. (2002)

¹ Voir à l'Annexe 2 pour des exemples illustrant des types d'habitats associés aux regroupements de peuplements.

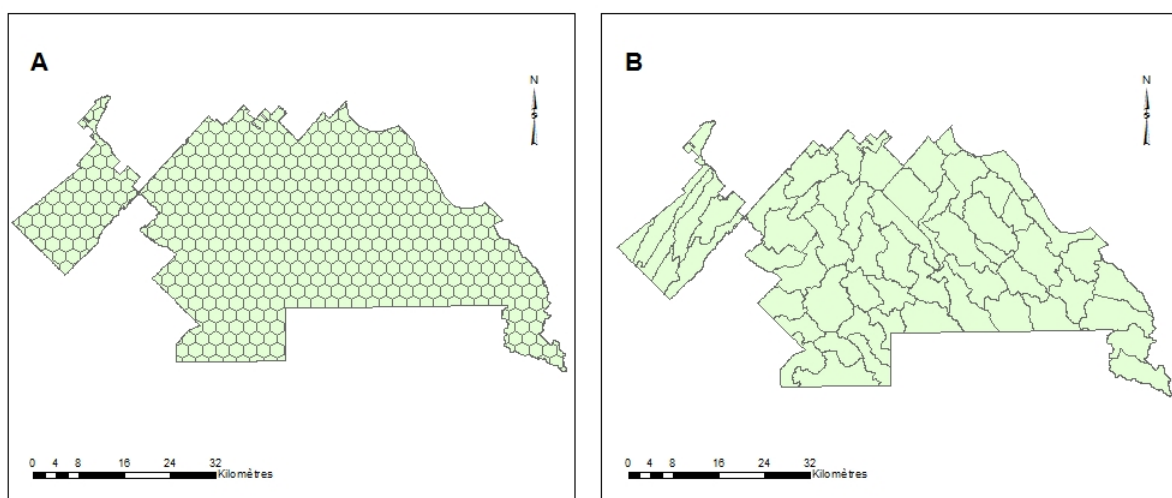


Figure 5. Délimitation de l'aire d'étude en fonction (A) des hexagones de 5 km² et (B) des BGI

En plus du calcul de la valeur de l'IQH, ces deux échelles ont été utilisées pour estimer la valeur moyenne des densités de récolte au 10 km² issue d'une surface de densité par noyau³. Les données de récolte de 2001 à 2006 provenant du Système d'enregistrement de la grande faune (SEFAQ) ont constitué la série pour la surface de densité de 2004 et celles de 2010-2015 pour 2013. À partir des données du Système d'enregistrement de la faune du Québec (SEFAQ), l'aire d'étude incluant la zone tampon (voir Annexe 3) a été géoréférencée, permettant de créer un fichier de forme constitué de points de mortalité. Dans le cas de la Zec du Bas-Saint-Laurent, trois années aux modalités permissives (mâle, femelle, veau) et trois années aux modalités restrictives (mâle uniquement) ont été utilisées afin de tenir compte de la modalité d'exploitation de l'alternance.

³ Le lecteur peut consulter l'ensemble des étapes ayant permis la modélisation spatiale des informations et leurs mises en forme pour les analyses à l'Annexe 3.

2.2.2. Traitement appliqué aux grilles d'analyse

Nous avons utilisé l'outil *Statistiques zonales* d'ArcGis 10.1 pour obtenir les valeurs moyennes de l'indice de bordure, de l'indice de nourriture et de la densité de récolte/10 km², pour chacune des cellules de la grille du 5 km² de même que pour chacun des BGI (Figure 5). À partir des données du quatrième décennal, nous avons calculé la proportion des variables forestières pour chaque cellule du 5 km² et chaque BGI (Tableau 2) pour les années 2004, sa mise à jour pour 2013 et le vieillissement des peuplements pour 2021 (Annexe 4). La densité de chemins forestiers (km/km²) représente le rapport de la longueur des chemins forestiers (km) sur la superficie totale (km²) de chaque hexagone du 5 km² et de chaque BGI.

**Tableau 2. Description des variables forestières de l'habitat de l'orignal
et les codes utilisés dans les analyses statistiques**

Les variables forestières et significations (variables explicatives) ⁴	Code utilisé	Unité de mesure
Forêts matures (>30 ans)	formatures	Hectare
Peuplement traité en éclaircie commerciale	ecr	
Peuplement traité par d'autres types de coupes partielles sauf l'éclaircie commerciale	ecaute	
Indice de qualité de station moyenne (ms22, ms23, ms6*, rb*, rs1*, rs2*, rs3*, rs5*)	iqsmoyen	
Indice de qualité de station riche (fe*, mj*, ms1*, ms25, ms26)	iqsriche	
Plantation de 0 à 5 ans	p05	
Plantation de 6 à 10 ans	p610	
Plantation 11 à 20 ans	p1120	
Peuplement dont l'origine est une coupe totale qui a été effectuée depuis 1 à 5 ans (régénération naturelle)	ct05	
Peuplement dont l'origine est une coupe totale qui a été effectuée depuis 6 à 10 ans (régénération naturelle)	ct610	
Peuplement dont l'origine est une coupe totale qui a été effectuée depuis 11 à 20 ans (régénération naturelle)	ct1120	
Densité de chemins forestiers	chemin km ²	km/km ²
Les variables liées à l'orignal et son habitat (variables dépendantes)	Code utilisé	Unité de mesure
Densité de récolte/10 km ²	Dens_rec	5 km ² ou BGI
Valeur de bordure	Val_bord	5 km ² ou BGI
Valeur de nourriture	Val_nour	5 km ² ou BGI

Note : L'astérisque (*) signifie que tous les types écologiques débutant par ce code sont inclus. Par exemple, ms6* représente tous les types écologiques débutant par ms6 et ceux-ci ont été regroupés pour être considérés dans les analyses.

⁴ Pour la Figure 6, deux variables avec des données fictives ont été ajoutées pour illustrer un exemple d'analyse de redondance, dont une variable dépendante, « Dens_10km » (densité de population au 10 km²) et une variable explicative « Longch_km » (longueur de chemin). Ces deux variables n'ont pas été utilisées dans les analyses statistiques des Figures 11, 12, 13 et 15.

3. ANALYSES STATISTIQUES

3.1. L'analyse de redondance

L'analyse de redondance (ARD) est une analyse multivariée qui permet d'étudier l'association entre deux groupes de variables pour comprendre l'association entre plusieurs variables dépendantes et plusieurs variables indépendantes au sein d'une même analyse (Legendre et Legendre, 1998), mettant en relief lesquelles sont les plus ou les moins corrélées entre elles (Tableau 2).

- **Les quadrants**

- Dans une ARD, l'interprétation des résultats se fait à l'aide d'un graphique (Figure 6) représentant simultanément les variables indépendantes (dans ce cas, les variables forestières en minuscule) et les variables explicatives en majuscule⁵.
- Un graphique comporte quatre quadrants et il est composé de l'axe 1 (axe horizontal) et l'axe 2 (axe vertical). Dans cette étude, seulement les deux premiers axes sont significatifs pour l'ensemble des analyses de redondance.

- **Les points**

- Les points représentent les variables dépendantes et indépendantes. Pour l'interprétation des résultats, on compare deux points à la fois.
- La distance entre le centre du graphique et un point indique la variation par rapport à la moyenne pour cette même variable.
- L'angle formé et la distance entre deux points sont des indicateurs du degré de corrélation entre les variables. Plus l'angle est faible (ou plus les points sont près l'un de l'autre) entre deux points, plus la corrélation entre ces variables est forte. Dans le cas où deux points sont à l'opposé, cela indique une corrélation négative entre ces deux variables. Dans le cas où l'angle formé est à 90°, cela indique une corrélation nulle. On peut interpréter les corrélations une variable à la fois ou globalement. Dans notre cas, ce qui nous intéresse, c'est la corrélation entre les variables dépendantes et indépendantes.
- Dans l'exemple fictif de la Figure 6, les variables dépendantes *Val_bord*, *Dens_10km* et *Dens_rec* sont associées à une ou des variables indépendantes. Pour la variable *Val_nour*, elle semble être faiblement associée aux variables indépendantes représentées. Toutefois, la variable dépendante *Dens_rec* est fortement associée aux variables *ct1120*, *ct610* et *p05*, ce qui indique que la récolte serait fortement influencée par les jeunes peuplements d'origine de coupe totale ou de plantation.
- Pour avoir une idée encore plus précise de la corrélation entre deux variables, nous avons réalisé un tableau des valeurs de corrélation pour chaque analyse de redondance pour les résultats réels de l'étude (voir Annexe 5).

- **Les pourcentages**

- Les axes indiquent la proportion de la variation des variables dépendantes expliquée par les variables forestières (ou variables explicatives). Dans notre exemple fictif (Figure 6), les

⁵ Pour la signification des codes des variables explicatives et dépendantes, se référer au Tableau 2 et à la note en bas de page.

54 % (33 % + 21 %) représentent la variance totale des valeurs des variables dépendantes par les variables explicatives représentées.

- Le pourcentage résiduel est la proportion que l'analyse ne peut expliquer avec les variables utilisées. Il est très rare que les variables explicatives arrivent à expliquer 100 % des variations des variables dépendantes.

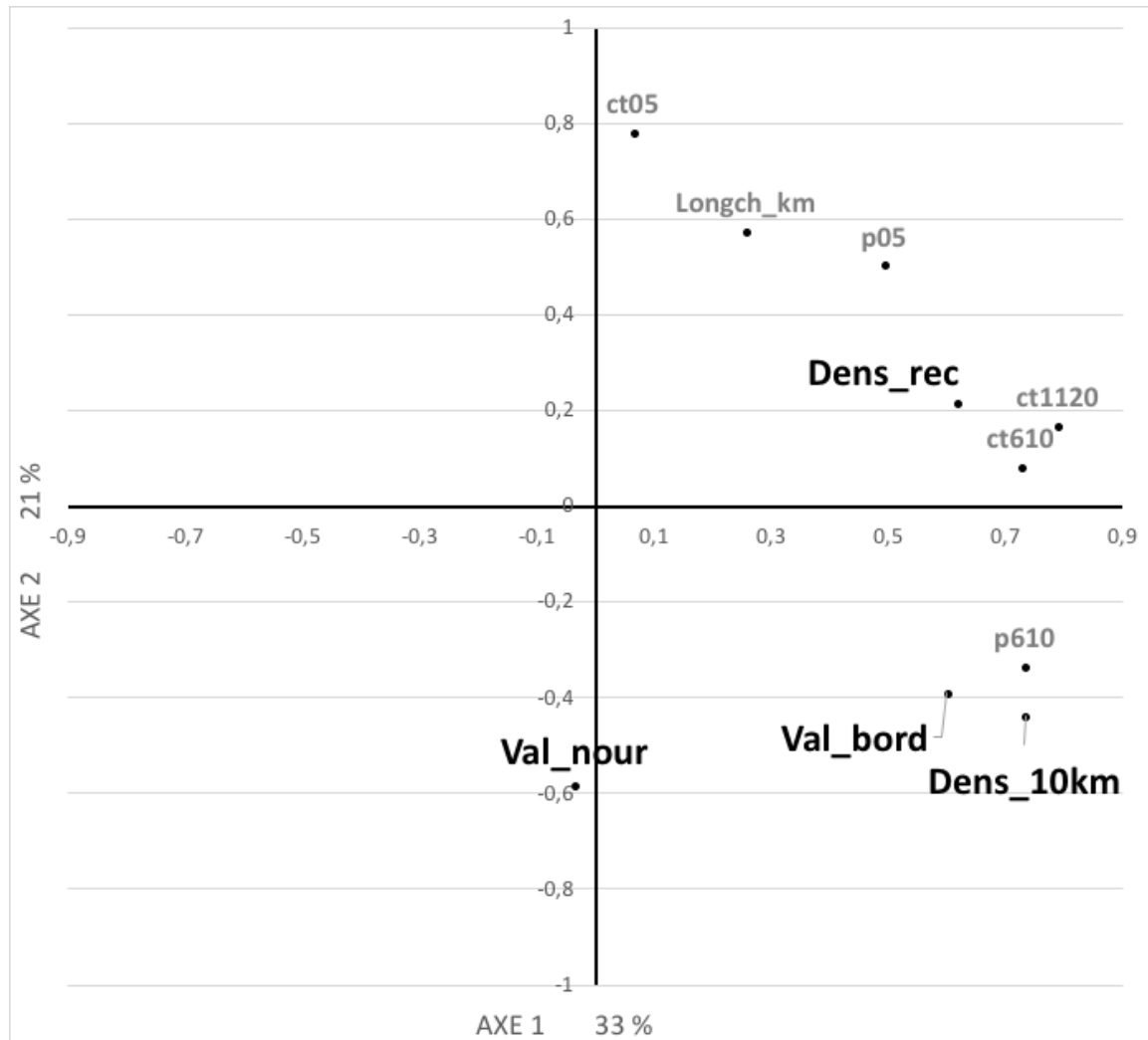


Figure 6. Exemple de représentation graphique d'une analyse de redondance

3.2. Régression multiple

Une régression multiple de type pas-à-pas a été utilisée pour mettre en relation la densité de récolte (variable dépendante) et les différentes variables indépendantes (Tableau 2) afin de déterminer quelles sont les variables qui ont le plus d'influence. Les données ont été transformées en $\log_{10}$ pour respecter les conditions d'application de la régression multiple, notamment la normalité des résidus.

3.3. Détection de ruptures ou analyse de Webster

Pour identifier les proportions minimales et maximales de jeunes peuplements où on observe une récolte optimale du nombre d'orignaux abattus annuellement, nous avons utilisé la détection de ruptures ou une analyse de Webster (Legendre et Legendre, 1998).

La méthode utilisée est relativement simple : on calcule la différence entre la moyenne de récolte d'orignaux des différentes classes établies séquentiellement. Dans notre exemple, pour le nombre d'orignaux récoltés par 10 km², on procède à ce calcul pour chaque classe de proportion de peuplements de 0 à 10 ans (exemple du Tableau 3).

- **Différence entre les classes**

(moyenne des classes 0 % et 5 %) – (moyenne des classes 10 % et 15 %)

(moyenne des classes 5 % et 10 %) – (moyenne des classes 15 % et 20 %)

et ainsi de suite pour les autres classes

Une fois les différences entre les classes calculées, on positionne les valeurs sur un graphique cartésien et la courbe identifie des valeurs maximales en suivant des variations plus ou moins régulières. Les valeurs maximales les plus prononcées identifient les ruptures du nombre moyen d'orignaux récoltés en fonction de la proportion des peuplements de 0 à 10 ans.

Tableau 3. Exemple de calcul des différences du nombre d'orignaux récoltés entre les classes de proportion de peuplements de 0 à 10 ans pour la détection de ruptures

Classe de proportion (%) de peuplements 0 à 10	Moyenne du nombre d'orignaux récoltés		Différence entre les classes de proportion
0	1,7	}	
5	2,2		0,05
10	1,9		0
15	2,1		0,05
20	2,0	}	0,1
25	1,9		0,05
30	2,0		0,15
35	1,8		0,3
40	1,8	}	0,1
45	1,4		0,15
50	2,0		0,15
55	1,5		0,15
60	1,6		0

3.4. Analyse de variance

Dans la présente étude, nous avons utilisé une analyse de variance (ANOVA) (Zar, 1999) à un facteur fixe (année) et un facteur aléatoire (hexagone ou BGI) pour comparer l'IQH entre les années 2004, 2013 et 2021. Toutes les conditions d'application de l'ANOVA ont été respectées.

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R 3.2.4 (2016).

4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1. Objectif 1 - Évolution spatio-temporelle de la qualité de l'habitat de l'orignal entre 2004, 2013 et 2021

D'après les résultats obtenus, il y a eu une baisse des valeurs de la qualité de l'habitat entre 2004 et 2013 et cette tendance semble se poursuivre jusqu'en 2021 (Figure 7). Les valeurs de qualité de l'habitat diminuent progressivement sur l'ensemble du territoire, mais plus spécifiquement dans la portion nord de la Zec Bas-Saint-Laurent et de la Réserve faunique de Rimouski ainsi que sur une portion importante de la Pourvoirie Le Chasseur. Le vieillissement des forêts jumelé à une réduction des superficies de récolte entre 1995 et 2013 apparaît comme la principale cause de cette diminution de la valeur de l'IQH (Figure 8). Toutefois, l'augmentation des coupes totales prévues au cours des prochaines années pourrait signifier une stabilisation ou une hausse de la valeur de l'IQH à plus long terme (Figure 8), mais cela reste à être vérifié par d'autres analyses.

Par ailleurs, le modèle de la qualité de l'habitat utilisé ici a été développé et validé dans une région au Québec où le loup est présent et les densités d'orignaux sont beaucoup plus faibles comparativement au Bas-Saint-Laurent. Dans ce contexte, il serait pertinent d'adapter et valider le modèle pour la région du Bas-Saint-Laurent afin d'obtenir une meilleure résolution comme l'on fait Joannis et al. (2013) pour le domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune.

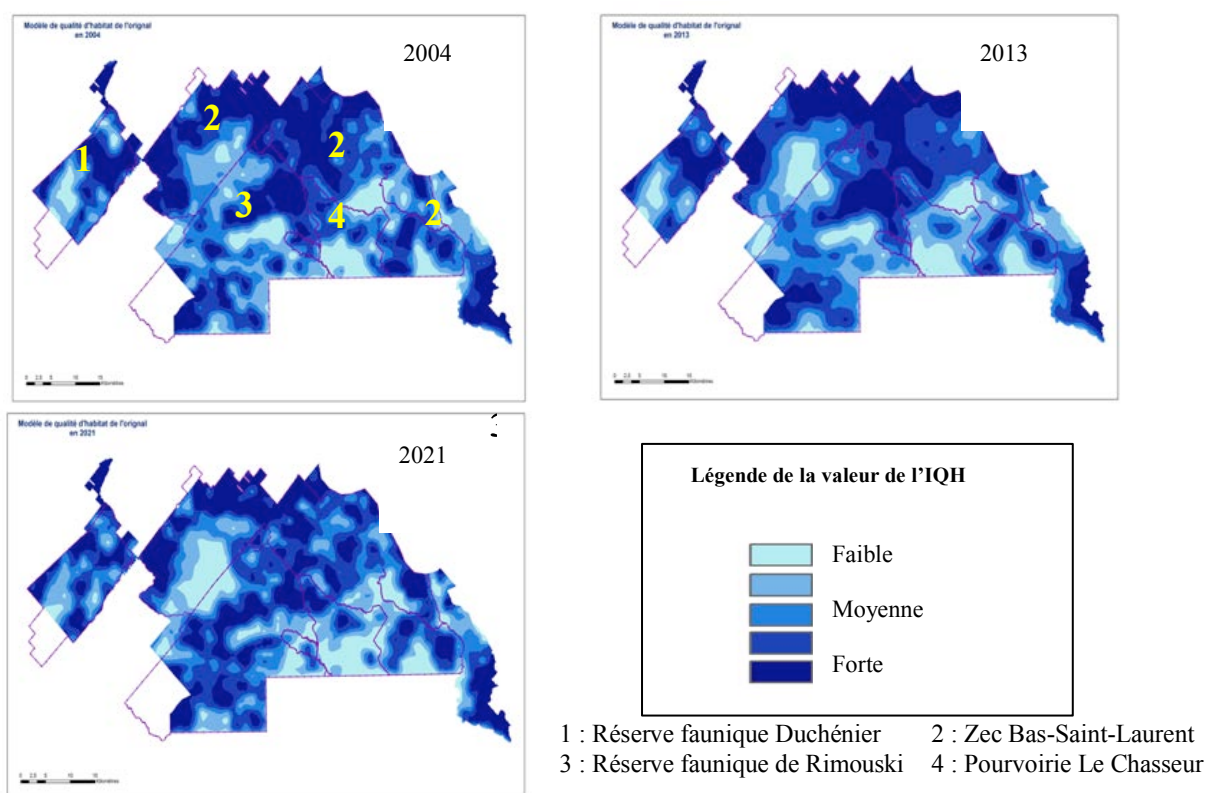
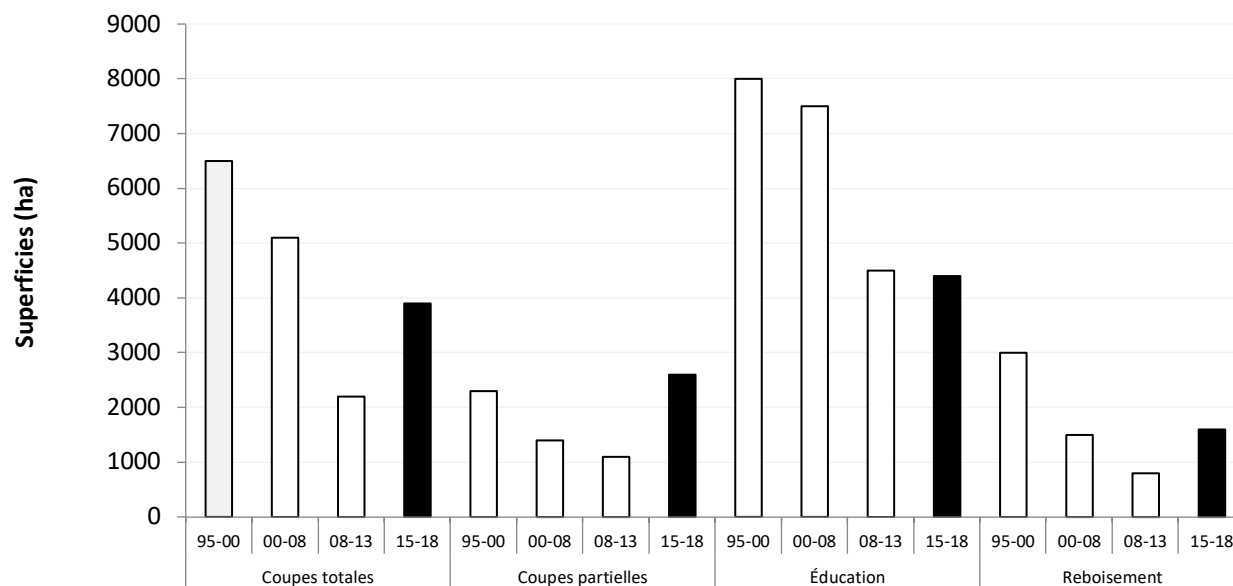


Figure 7. Variation de la valeur de l'IQH en 2004, 2013 et 2021 pour la partie ouest de l'UA 012-72



Adapté : Bureau du Forestier en chef, 2016. Détermination des possibilités forestières 2018-2023.

Figure 8. Superficie moyenne annuelle réalisée (en blanc) par période entre 1995-2000 (95-00), 2000-2008 (00-08), 2008-2013 (08-13) et planifiée (en noir) entre 2015 et 2018 (15-18) par grande famille de traitements sylvicoles de l'UA 012-72

La proportion des peuplements à haut potentiel de nourriture a connu une baisse marquée au cours des dernières années (Figure 9A), entraînant une diminution de la valeur de l'indice de nourriture et conséquemment de l'IQH. La valeur moyenne de l'IQH diminue significativement ($p < 0,05$) pour le territoire à l'étude, passant de 0,66 en 2004 à 0,61 en 2021 (Figure 9B). Cependant, il faut préciser que la variance autour des moyennes est importante, ce qui nécessite de moduler son interprétation. Cependant, si on observe les peuplements de valeur nourriture, c'est particulièrement la proportion des regroupements des habitats MF10 et R10 qui subissent la plus forte réduction (Figure 9C) et qui font varier à la baisse la valeur globale de l'IQH. Quant aux regroupements d'habitats qui génèrent une valeur de bordure, certains regroupements demeurent stables dans le temps alors que d'autres montrent une forte hausse comme les RE30 et les MFi30 (peuplement de valeur de couvert d'été et d'hiver). Cela indique que pour la partie ouest de l'UA 012-72, une bonne proportion des peuplements forestiers devient progressivement des couverts d'abri typique ou des couverts d'abri entremêlés de peuplements avec une valeur de nourriture faible ou moyenne (Figure 9C).

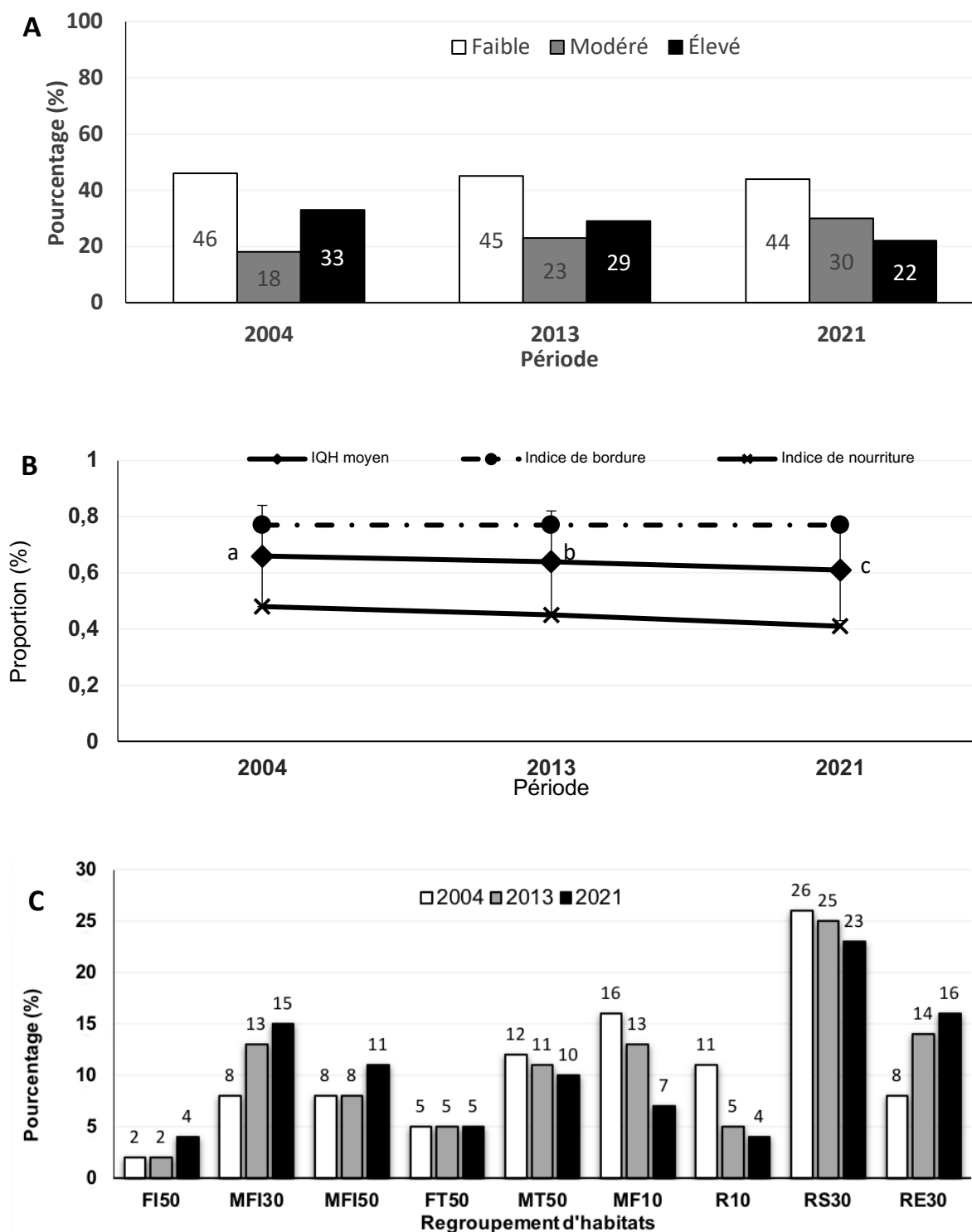


Figure 9. Pourcentage des strates à potentiel de nourriture faible, modéré et élevé (A), de la valeur de l'indice de bordure, de nourriture, de l'IQH et son écart-type (B) et des regroupements d'habitats pour le calcul de l'IQH (C) pour les périodes 2004, 2013 et 2021 pour la portion ouest de l'UA 012-72

En même temps qu'une baisse graduelle de l'indice de nourriture est observée, les résultats montrent que globalement, la densité de récolte augmente entre la période 2001-2006 et la période 2010-2015 (Figure 10). Les plus fortes densités de récolte observées pour la période 2010-2015 sont sensiblement aux mêmes endroits où il y a une baisse de l'IQH moyen. Or, les fortes augmentations des populations d'originaux observées au cours des dernières années sont probablement un effet combiné de l'application du plan de gestion de l'orignal en 1994 (MLCP, 1993) et celui de l'aménagement forestier intensif des 40 dernières années, notamment par les coupes totales, le reboisement et les traitements d'éducation (Figure 8) ayant eu pour effet de générer des peuplements à fort potentiel de nourriture. Une répartition spatiale des plantations et un entremêlement des peuplements offrant un bon couvert d'abri et ceux riches en nourriture sont parmi les principaux critères pour une bonne qualité de l'habitat de l'orignal (Leclerc et al., 2010). Certaines portions du territoire d'étude pourraient aussi bénéficier d'un effet de débordement en provenance du Nouveau-Brunswick, puisque les modalités de chasse y sont plus restrictives que celles du Québec (Ministère du Développement de l'énergie et des ressources du Nouveau-Brunswick, 2016). Ceci demeure toutefois à être vérifié par d'autres études.

Une nourriture abondante et nutritive est importante parce qu'elle permet à la femelle d'être en bonne santé et de maintenir une production de lait pour le veau avant la période hivernale (Schwartz et al., 1987). Cette énergie acquise lui permettrait un meilleur taux de survie. De plus, le taux de gémellité (c'est-à-dire, la production de jumeaux) dans les différentes populations en Amérique du Nord est reconnu pour être corrélé positivement avec la qualité de l'habitat et la capacité de support (Gasaway et al., 1992). En effet, un habitat de qualité augmente la productivité dans la population et la fait croître plus rapidement.

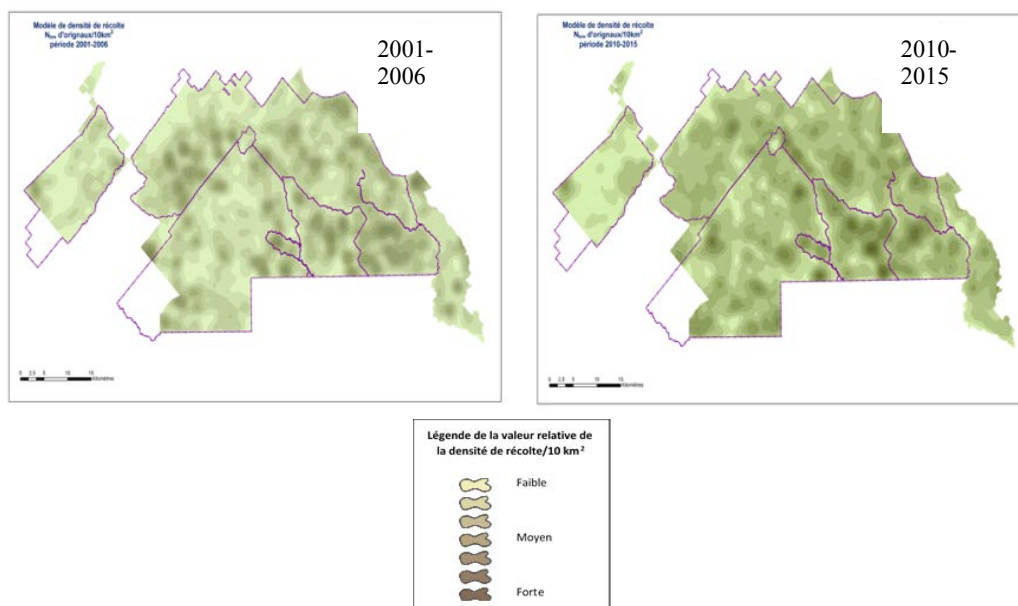


Figure 10. Variation de la valeur relative de la densité de récolte/10 km² entre 2001 et 2015 pour l'UA 012-72

4.2. Objectif 2 - Habitat de l'orignal et aménagement forestier

4.2.1. Période 2004

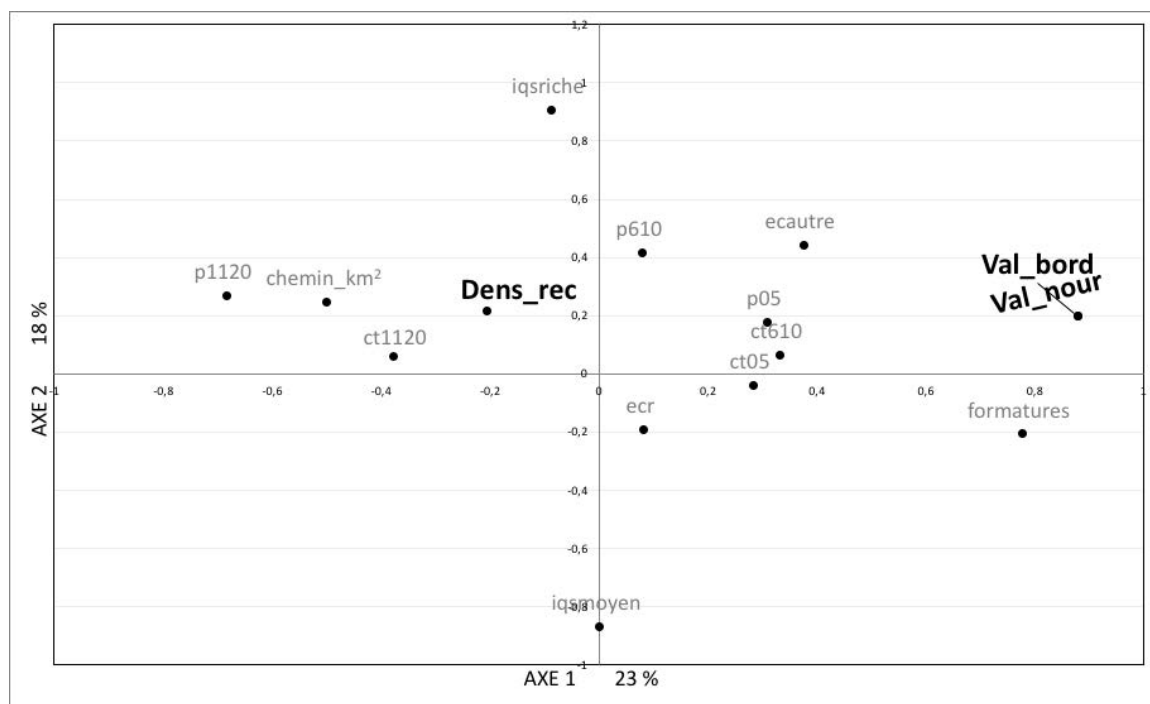
4.2.1.1. Échelle du 5 km²

L'analyse de redondance montre que les variables forestières expliquent 41 % de la variation des variables dépendantes. En 2004, la densité de récolte (Dens_rec) était fortement associée aux coupes totales et plantations âgées de 11 à 20 ans (ct1120 et p1120) et aux peuplements situés sur des sols fertiles (iqsriche) (Figure 11). En période automnale, l'orignal aurait tendance à se déplacer dans ce type de peuplement en raison du changement de diète, de l'abondance de nourriture et de la densité des tiges servant de couverture latérale en période de chasse (Durand et St-Laurent, 2011). L'orignal a besoin d'un couvert forestier dense en période de chasse pour se réfugier (Courtois, 1993). On pourrait expliquer aussi ce résultat par l'intérêt des chasseurs à fréquenter ce type de peuplement parce que la capacité d'abattre un orignal est probablement plus élevée (MH St-Laurent, communication personnelle, janvier 2018).

Le réseau de chemins forestiers est assez fortement corrélé à la récolte (Dens_rec). À l'échelle du 5 km², le réseau routier, dès 2004, semblait avoir une influence positive sur la récolte.

En ce qui concerne les éclaircies commerciales, les superficies ayant fait l'objet de ce traitement sylvicole sont apparues de façon plus soutenue à partir de 2006, alors que les superficies étaient marginales en 2004. Le nombre d'orignaux récoltés (2001-2006) à l'intérieur ou à proximité de ces traitements est nécessairement faible.

La valeur de bordure (Val_bord) et la valeur de nourriture (Val_nour) sont fortement corrélées entre elles (Figure 11). Il est intéressant de constater que ces deux variables, importantes pour le calcul de l'IQH, sont associées aux jeunes peuplements (p05, ct610 et ct05), aux peuplements matures (formatures) et aux coupes partielles (ecautre). D'après Durand et St-Laurent (2011), c'est la présence de peuplements d'abri et de nourriture qui amène une augmentation de la probabilité relative d'abattre un orignal.



Les variables en minuscule représentent les variables forestières et celles en majuscule les variables dépendantes.

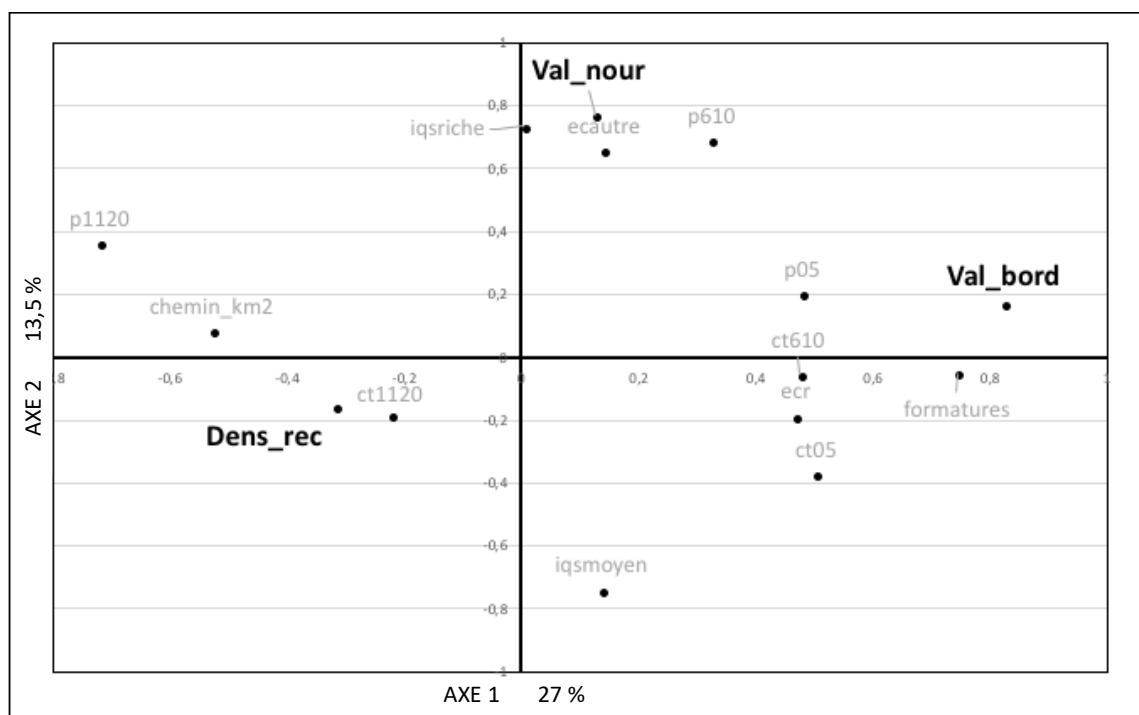
Figure 11. Représentation graphique de l'analyse de redondance à l'échelle du 5 km² pour les données de 2004

4.2.1.2. Échelle au BGI

À l'échelle du BGI, les variables forestières expliquent 40,5 % de la variation des variables dépendantes. Les résultats montrent une tendance similaire aux résultats observés à l'échelle du 5 km² sauf pour la relation entre « Val_nour » et « Val_bord » (Figure 12). Contrairement à ce qui a été observé à l'échelle du 5 km², ces deux variables sont faiblement corrélées entre elles et ont peu de lien avec la densité de récolte. Malgré ce résultat, les peuplements offrant une bonne valeur de bordure et de nourriture demeurent importants pour d'autres périodes de l'année (Samsom et al., 2002). D'après nos résultats, la valeur de bordure est fortement associée aux forêts de plus de 30 ans (formatures) ainsi qu'aux jeunes peuplements de 0 à 10 ans et la valeur de nourriture à des coupes partielles et à des peuplements à haute productivité (iqsriche). Les peuplements situés sur des sols riches et plus productifs produisent des essences feuillues comme l'érable à épis, l'érable de Pennsylvanie, les viornes, le cerisier ou les bouleaux et sont intéressants pour l'orignal.

La récolte semble être fortement associée aux peuplements d'origine de coupe totale âgés de 11 à 20 ans et aux plantations de même classe d'âge. Comme à l'échelle du 5 km², les chemins forestiers semblent avoir un effet positif sur la récolte. Ceux-ci offrent aux chasseurs un accès au territoire facilitant les déplacements en forêt, augmentant les probabilités de récolter un orignal.

Les différences observées entre les échelles d'analyse montrent que l'intensité et le sens des relations entre certaines variables peuvent changer et doivent être considérés dans l'interprétation des résultats.



Les variables en minuscule représentent les variables forestières et celles en majuscule les variables dépendantes.

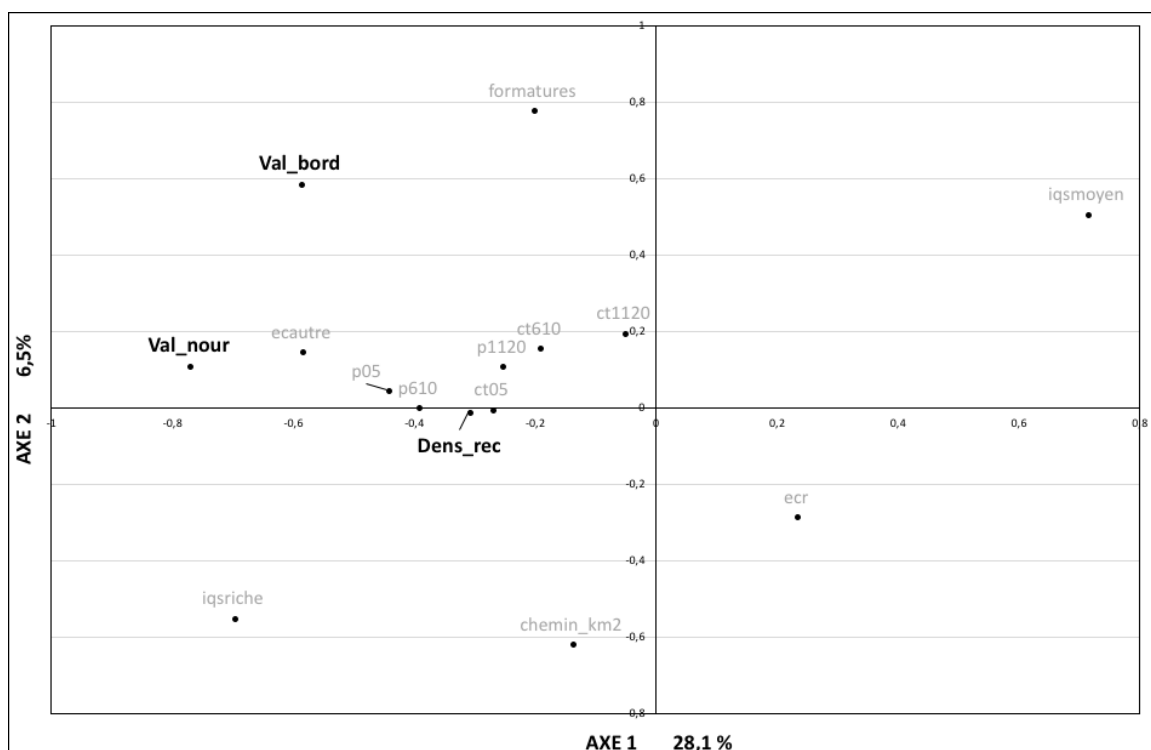
Figure 12. Représentation graphique de l'analyse de redondance à l'échelle du BGI pour les données de 2004

4.2.2. Période 2013

4.2.2.1. Échelle du 5 km²

Pour 2013, à l'échelle du 5 km², les variables forestières expliquent 34,6 % de la variation des variables dépendantes (Figure 13). La densité de récolte est corrélée aux jeunes peuplements de moins de 20 ans, la même tendance que celle observée en 2004.

On remarque que l'éclaircie commerciale a peu de lien avec la densité de récolte. Dans les peuplements à dominance résineuse, l'éclaircie commerciale, en matière de superficies traitées, se classe à l'avant-dernier rang des traitements sylvicoles. La proportion de ces superficies, de 2009 à 2013, demeure relativement marginale (Tableau 4) par rapport à d'autres types de traitements sylvicoles (Annexe 4). Si on considère la somme des superficies des jeunes peuplements de 0 à 20 ans dans l'aire d'étude, celle-ci est de 21 425 ha comparativement à 2 425 pour l'éclaircie commerciale sur un total de 232 182 ha (Annexe 4). Cela pourrait expliquer pourquoi cette variable a peu d'effet, pour le moment, sur les variables dépendantes et que son interprétation demeure incomplète.



Les variables en minuscule représentent les variables indépendantes et celles en majuscule les variables dépendantes.

Figure 13. Représentation graphique de l'analyse de redondance à l'échelle du 5 km² pour les données de 2013

Tableau 4. Répartition annuelle et totale des superficies traitées en éclaircie commerciale entre 2009 et 2013 et des superficies forestières totales dans les UA 012-51 et 012-52

Année	UA 012-51	UA 012-52	Total
	ha	ha	ha
2009	61	68	129
2010	126	66	192
2011	0	182	182
2012	354	219	573
2013	291	245	536
Superficie totale en éclaircie commerciale dans les peuplements à dominance résineuse	832 (0,6 %)	780 (0,8 %)	1 612
Superficie forestière totale	133 423 ¹	98 955 ¹	232 378

¹ Source : Ministère des Ressources naturelles du Québec, 2014.

On connaît peu les effets de l'éclaircie commerciale sur l'habitat de l'orignal ou sur les autres espèces fauniques. Les quelques études qui traitent des liens entre certaines espèces fauniques et l'éclaircie commerciale montrent, soit un effet positif (Bailey et Tappeiner, 1998; Artman, 2003; Suzuki et Hayes, 2003) ou un effet neutre (Bois et al., 2012; Morissette et al., 2011; Lamoureux et al., 2013). Par ailleurs, l'éclaircie commerciale pourrait avoir des effets différents selon les régions du Québec, entre autres, par la disponibilité de l'alimentation et les densités locales d'originaux.

Ce traitement sylvicole est prévu être appliqué à plus grande échelle, d'ici quelques années au Bas-Saint-Laurent (Gagné et Lavoie, 2014), majoritairement dans les plantations d'épinettes (Figure 14) et surtout abondantes dans le territoire faisant l'objet de la présente étude. Considérant cette situation, ce traitement devra être suivi attentivement dans le futur afin d'évaluer ses effets réels sur la qualité de l'habitat de l'orignal. Ce suivi est d'autant plus pertinent, puisqu'à notre connaissance, aucune étude n'a été réalisée sur l'effet de la première éclaircie et encore moins pour la deuxième. Toutefois, malgré l'ensemble de ces facteurs, il est possible de penser que pour l'orignal, ce type de peuplement et l'aménagement réalisé auront comme résultat la production de strates constituant des couverts d'abri (Leclerc et al., 2010). Ainsi, à l'échelle du peuplement, il est peu probable que l'on puisse espérer y produire un entremêlement en abri-nourriture de qualité, particulièrement s'il s'agit de grandes agglomérations de plantations (Leclerc et al., 2010). Considérant l'ensemble de l'activité forestière à une échelle plus grande comme le BGI, ceci pourrait s'avérer possible.

En 2013, à l'échelle du 5 km², la présence d'un réseau dense de chemins forestiers semble être plus ou moins favorable à la récolte d'orignaux (Figure 13, Annexe 5). Les chemins forestiers peuvent avoir parfois des effets positifs pour l'orignal sur l'accès à la nourriture en bordure de chemin, par exemple (Child, 1998; Laurian, 2008) et aussi pour le chasseur (Durand et St-Laurent, 2011). Un réseau dense de chemins forestiers pourrait également offrir des conditions peu recherchées par l'orignal dans le cas où le passage répété des chasseurs ou des véhicules tout terrain pourrait provoquer un comportement d'évitement. Les résultats de Leclerc et al. (2010) suggèrent que le nombre d'orignaux dénombrés par les inventaires aériens est inversement proportionnel à la densité de chemins et vient appuyer cette possibilité de changement comportemental.

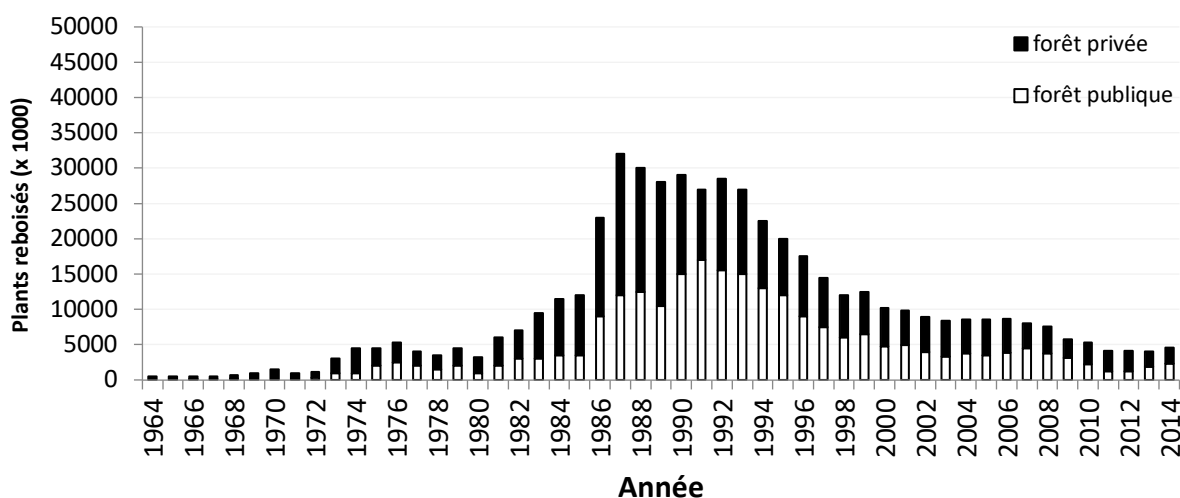
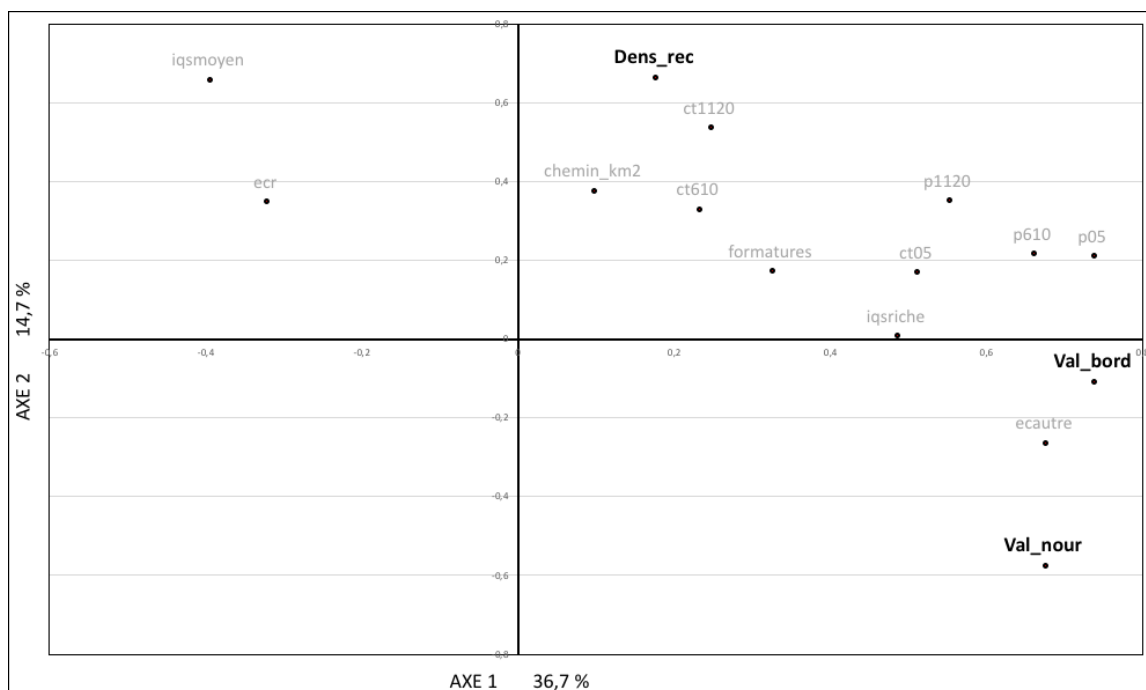


Figure 14. Évolution du reboisement en forêt privée et en forêt publique entre 1964 et 2014 au Bas-Saint-Laurent

4.2.2.2. Échelle d'analyse au BGI

À l'échelle du BGI, les variables forestières expliquent 52 % de la variation des variables dépendantes. Les résultats montrent des tendances similaires comparativement à l'échelle du 5 km² (Figure 15). La densité de récolte est corrélée aux peuplements ct1120, ct610, p610, p1120 et ct05 indiquant une très grande contribution des jeunes peuplements issus des coupes totales.

Concernant le réseau routier en forêt, il y a une forte corrélation entre la récolte et la densité des chemins forestiers (Figure 15). À la suite de cette observation, une analyse exploratoire a été entreprise à partir des données brutes pour répartir les moyennes de densité de récolte en fonction des densités de chemins, toutes les classes de chemins forestiers confondues (Figure 16). Les résultats présentent l'importance de viser des proportions minimales et maximales de densité de chemins pour avoir une récolte optimale. L'échelle semble avoir un « effet » d'étalement qui diminue la densité relative des chemins forestiers et potentiellement avoir un effet sur la récolte d'orignaux. Cela demeure à être validé par une étude plus approfondie en considérant seulement les chemins forestiers carrossables. Pour effectuer une harmonisation des usages en forêt, le BGI pourrait constituer une échelle intéressante pour déterminer les limites minimales et maximales.



Les variables en minuscule représentent les variables indépendantes et celles en majuscule les variables dépendantes.

Figure 15. Représentation graphique de l'analyse de redondance à l'échelle du BGI pour les données de 2013

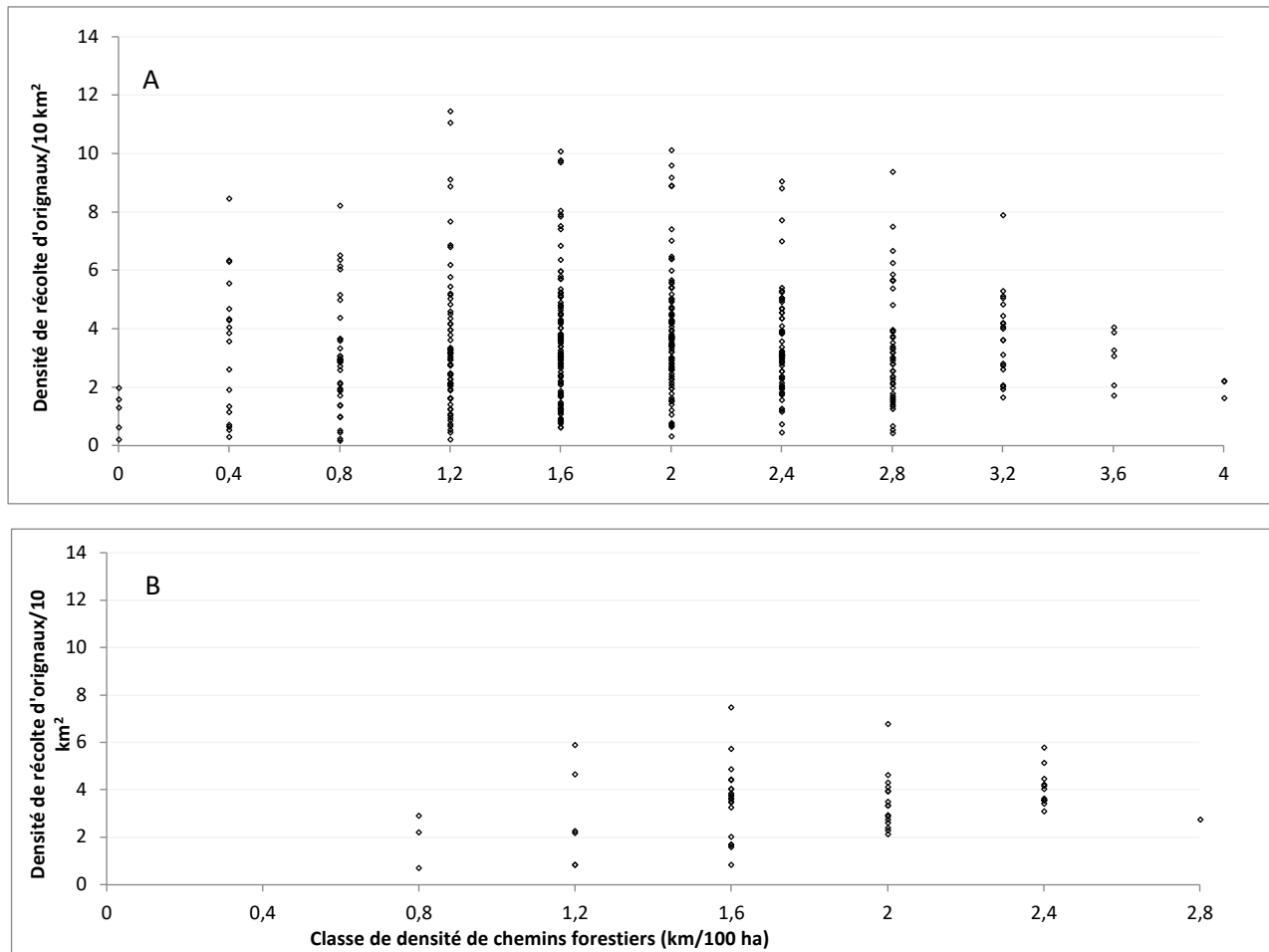


Figure 16. Répartition des moyennes de densité de récolte d'orignaux/10 km² par classe de densité de chemins forestiers (km/km²) à l'échelle (A) du 5 km² et (B) du BGI

4.2.3. Variables expliquant la récolte d'orignaux (périodes 2004 et 2013)

La régression multiple permet de relier une variable dépendante à plusieurs variables indépendantes et d'établir une équation modélisant cette relation. Une telle équation permet de prédire le comportement de la relation pour diverses valeurs des variables indépendantes utilisées. Dans le cas présent, il est donc possible de prédire la densité de récolte pour chacune des deux échelles utilisées dans ce rapport. Toutefois, aucune validation n'a été effectuée avec des données indépendantes, ce qui pourrait d'ailleurs faire l'objet d'une autre étude.

Globalement, les deux modèles présentés sont significatifs ($p < 0,05$), mais le modèle à l'échelle du BGI semble être plus performant avec un R^2 (facteur de détermination) de 0,49 comparativement à 0,28 pour l'échelle du 5 km². Nos résultats montrent que les mêmes variables indépendantes expliquent les variations de la densité de récolte, peu importe l'échelle d'analyse, sauf pour la variable « éclaircie commerciale » où celle-ci n'apparaît pas à l'échelle du 5 km² (Tableau 5). Il semble que la présence combinée de jeunes forêts et de peuplements matures influence la densité de récolte, ce qui vient corroborer les résultats obtenus avec les analyses de redondance. En période de chasse, l'orignal recherche un entremêlement de jeunes forêts denses pour se nourrir ou se

cacher et de forêts plus âgées pour sa quiétude (Samson et al., 2002). Il faut préciser que ces modèles n'intègrent pas le comportement du chasseur puisque nous n'avions pas ce type de données. Cependant, de manière plus générale au niveau de la sélection d'habitats, d'après Dussault et al. (2004b), l'entremêlement serait une variable plus importante que la disponibilité de nourriture.

Les prochains résultats sont présentés à titre indicatif afin de permettre aux gestionnaires de mieux comprendre les variables influençant la récolte d'originaux à différentes échelles territoriales.

Tableau 5. Description des modèles pour estimer la densité de récolte/10 km² à l'échelle du 5 km² et du BGI en 2013 ainsi que de la qualité des modèles

Description des modèles	Qualité des modèles		
Échelle d'analyse au 5 km ²	R ²	Résidus	Valeur de p
⁴ Log ₁₀ Densité de récolte = 2885 + (ct05 * 0,0016) + (ct610 * 0,0034) + (ct1120 * 0,0016) + (p610 * 0,0013) + (p1120 * 0,0011) + (formatures * 0,00024) + (iqsmoyen * 0,00048) + (iqsriche * 0,00091) + (valnour * -327,1)	0,28	> 0,05	< 0,0001
Échelle d'analyse au BGI	R ²	Résidus	Valeur de p
Log ₁₀ Densité de récolte = 5956 + (ct05 * 0,00034) + (p610 * 0,00053) + (ecr * -0,00053) + (formatures * -0,000051) + (iqsmoyen * 0,000099) + (iqsriche * 0,000070) + (valnour * -3257)	0,49	> 0,05	< 0,0001

Pour obtenir la valeur de la densité de récolte (log₁₀), il faut calculer la superficie en hectare, à l'échelle du 5 km² ou du BGI, pour toutes les variables explicatives (référence au Tableau 2) retenues pour chacun des modèles issus des régressions.

4.3. Objectif 3 : Aménagement forestier et récolte à la chasse

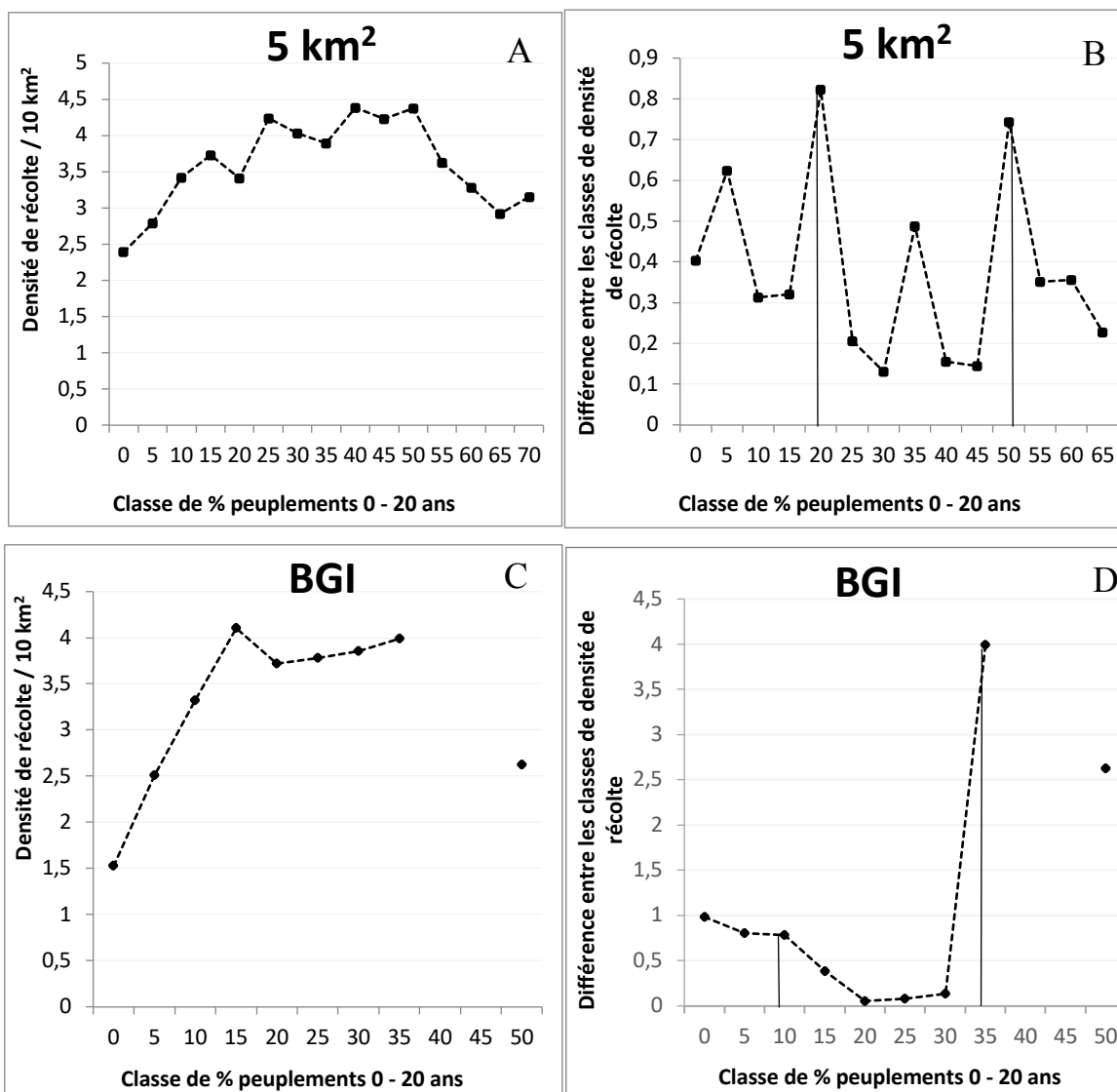
Comme présenté précédemment, les peuplements appartenant à la classe d'âge 0 à 20 ans et les chemins forestiers sont parmi les variables ayant le plus d'influence sur la densité de récolte. Toutefois, ces résultats ne nous informent pas sur les proportions minimales et maximales des forêts de 0 à 20 ans ainsi que sur la densité du réseau routier à maintenir dans le temps. C'est ce que l'analyse de rupture (analyse de Webster) nous permet de faire.

4.3.1. Proportion de peuplements de 0 à 20 ans à maintenir

À l'échelle du 5 km², les résultats indiquent que la densité de récolte d'originaux varie en fonction de la proportion des peuplements âgés de 0 à 20 ans (Figure 17A) et qu'elle semble être optimale lorsque cette proportion oscille entre 20 % et 50 % (Figures 17A et 17B). La densité de récolte est la plus faible (2,3 à 2,9 originaux/10 km²) dans les secteurs où la proportion de jeunes peuplements est < 10 % et > 65 %, alors que la densité de récolte est la plus élevée (4,2 à 4,4 originaux/10 km²) où la proportion de jeunes forêts varie entre 25 % et 50 %.

Pour les BGI, la densité de récolte est la plus faible lorsque la proportion de jeunes forêts 0 à 20 ans est de 0 %. La densité de récolte progresse par la suite pour atteindre une densité maximale variant de 3,8 à 4,1 originaux/10 km² pour redescendre à 2,6 lorsque la proportion de jeunes forêts est de 50 % (Figure 17C). L'analyse de détection des ruptures montre que dans le cas des BGI, avec une proportion de jeunes forêts qui varie entre 10 % et 35 %, la densité de récolte est maximale. Au-delà de cette proportion, la récolte diminue (Figure 17D). Ces résultats suggèrent l'importance

d'identifier un seuil minimal et maximal de jeunes forêts si on veut optimiser l'activité de chasse à l'orignal. Selon l'échelle utilisée, la proportion minimale se situe entre 10 % et 20 % et pour le maximal, elle varie entre 35 % et 50 % (Figures 17B et 17D).



L'absence de lignes discontinues pour les figures C et D, entre les classes 35 % et 50 %, signifie un manque de données.

Figure 17. Variation de la densité de récolte en fonction de la proportion (5) des peuplements de 0 à 20 ans en 2013 à l'échelle du 5 km² (A), du BGI (C) et identification des proportions (lignes verticales pleines) minimales et maximales à l'échelle du 5 km² (B) et du BGI (D)

4.3.2. Densité de chemins forestiers

La densité du réseau de chemins forestiers semble avoir un impact important sur la récolte, peu importe l'échelle (Figure 18). C'est dans les hexagones du 5 km² que le réseau de chemins forestiers varie le plus, passant de 0 à 4,0 km/km² (Figures 18A et 18B) comparativement à une variation de 0,8 à 2,8 km/km² pour les BGI (Figures 18C et 18D). Par conséquent, certaines

portions de territoire ont été plus intensément aménagées que d'autres. Ainsi, deux tendances se profilent selon l'échelle utilisée. Pour l'échelle du 5 km², le seuil minimal de 0,4 km/km² et le seuil maximal de 2 km/km² représentent les limites à respecter pour optimiser le succès de chasse (Figure 18B). Pour les BGI, les seuils 1,2 km/km² et 2,4 km/km² représentent les limites minimales et maximales à viser (Figure 18D). Considérant l'importance du réseau routier en forêt publique pour l'accès au territoire pour différents organismes et entreprises forestières, ce facteur devrait être tenu en compte dans les futurs plans d'aménagement intégré, particulièrement sur les territoires fauniques structurés si on veut maintenir une récolte minimale. Afin d'avoir une meilleure idée de l'importance du réseau routier et de son effet potentiel sur la récolte, d'autres études devraient être réalisées, mais cette fois en tenant compte des classes de chemins forestiers. Dans cette étude, toutes les classes de chemins ont été considérées sans discrimination. C'est la raison pour laquelle aucune recommandation n'a été apportée pour le moment.

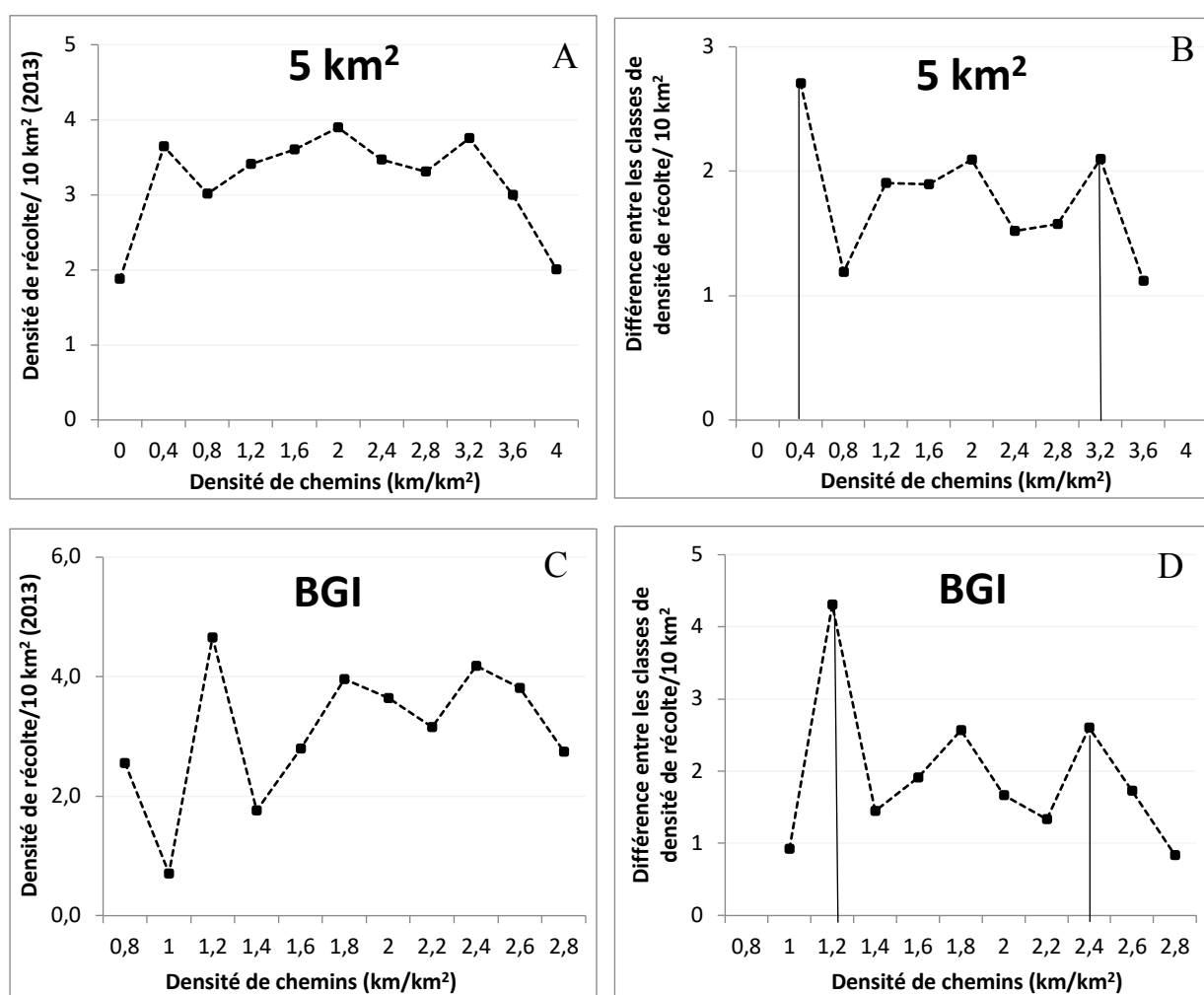


Figure 18. Variation de la densité de récolte en 2013 en fonction de la densité de chemins forestiers à l'échelle du 5 km² (A), du BGI (C) et identification (lignes verticales pleines) des classes minimales et maximales de densité de chemins à l'échelle du 5 km² (B) et du BGI (D)

5. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Ce document a permis d'estimer les principales tendances sur l'évolution temporelle de l'habitat de l'orignal aux meilleures des connaissances actuelles et d'identifier certaines variables forestières les plus susceptibles d'influencer la qualité de l'habitat dans un contexte d'aménagement forestier intensif. D'ici la réalisation d'autres études, les résultats présentés dans le document peuvent fournir aux membres des TLGIRT, ainsi qu'aux gestionnaires fauniques et forestiers, des éléments supplémentaires de réflexion sur l'enjeu de l'habitat de l'orignal. On présente, entre autres, des propositions de cibles quant aux proportions minimales et maximales de peuplements de 0 à 20 ans que l'on devrait viser afin de maintenir à la fois un aménagement forestier économiquement rentable et propice au maintien des activités de chasse à l'orignal.

Les travaux d'aménagement forestier des dernières décennies semblent avoir eu un effet positif sur l'habitat de l'orignal, fournissant une nourriture abondante sur la majorité du territoire à l'étude. Les forêts de la partie ouest de l'UA 012-72 ont été aménagées intensivement à la suite de la récupération des peuplements affectés par la TBE, créant une mosaïque irrégulière entrecoupée de blocs d'ouverture et de forêts matures. Durant cette période, des milliers d'hectares ont fait l'objet de récolte forestière contribuant ainsi à une grande production d'essences feuillues appréciées par l'orignal pour le brouet en hiver. À la lumière des résultats obtenus, cette situation semble changer. Selon les analyses réalisées, l'indice de nourriture tendra à diminuer de façon notable dans les prochaines années. Toutefois, est-ce que la venue de la prochaine épidémie de la TBE pourrait changer la situation?

Le vieillissement des forêts et la diminution de la proportion des peuplements à haute valeur de nourriture (0-20 ans) sont considérés comme les deux principaux éléments ayant contribué à la diminution de l'indice de qualité de l'habitat entre 2004 et 2013. Paradoxalement, les derniers inventaires aériens confirment une hausse significative de la population d'orignaux au Bas-Saint-Laurent. L'activité de chasse connaît un fort accroissement dans l'aire d'étude, ce qui est appuyé par une fréquentation des chasseurs qui a presque doublé entre 2004 et 2015. On assiste présentement à un décalage entre le moment où l'habitat a affiché les plus forts potentiels pour l'orignal et le moment où les densités de récolte de l'espèce sont historiquement les plus élevées. Ces observations sont probablement le résultat combiné de l'implantation du plan de gestion de l'orignal depuis plusieurs années au Bas-Saint-Laurent et la biologie des cervidés en contexte de haute densité où ceux-ci peuvent parfois montrer une forte tolérance et résilience face à la détérioration de leur habitat (Saether et al., 1996; Simard et al., 2008). La plasticité chez les cervidés tend à favoriser le maintien des niveaux d'abondance élevés en optant pour des stratégies de reproduction plus conservatrice (Gingras, 2013, 2014). Le cas de la Réserve faunique de Matane a démontré une tolérance accrue des grands herbivores à la limitation des ressources en qualité et quantité ainsi qu'une modulation des stratégies de reproduction (Gingras, 2013) ou dans d'autres cas, une adaptation de la diète (Coomes et al., 2003).

Cette situation suscite des questionnements quant à l'approche à adopter en matière d'aménagement forestier et le maintien des populations d'orignaux à des fortes densités. Selon les données de Crête (1989), la densité optimale est définie à 10 orignaux/10 km², mais dans certains territoires fauniques où la chasse est contingentée, une densité plus élevée est observée. Ainsi, dans certaines portions du territoire de l'UA 012-72, les populations vont au-delà de 25 ou 30 orignaux/10 km² (Ross et al., 2014; Inventaire de la Réserve faunique de Rimouski en 2014,

données non publiées). La région du Bas-Saint-Laurent est actuellement parmi celles où les densités d'originaux sont les plus élevées au Québec et elle représentait en 2016 plus de 30 % de la récolte provinciale.

Depuis 2014, des aménagistes forestiers soulignent la présence de brout où le taux d'utilisation de la végétation dans l'aire d'étude compromet potentiellement les efforts d'aménagement et les investissements sylvicoles. Des observations terrain laissent croire que l'impact du broutage de l'orignal sur la régénération naturelle est sérieux et suggèrent que l'on doive remettre en production certaines superficies. Dans plusieurs secteurs, on envisage la conversion de jeunes forêts naturelles mélangées en plantation d'épinettes puisque selon la Loi de l'aménagement durable des forêts et la certification *Forest Stewardship Council* (FSC), le MFFP doit s'assurer de ne laisser aucun parterre de coupe improductif. Il s'agit là d'une problématique d'envergure où l'objectif du retour vers des peuplements naturels n'est pas atteint. Actuellement, nous ne possédons pas de données détaillées permettant de dresser un portrait précis de la situation. Toutefois, une question se pose : serait-il possible que l'on ait atteint ou dépassé la capacité de support du milieu dans certains secteurs du Bas-Saint-Laurent? Aux TLGIRT, plusieurs enjeux déjà présents sur le territoire pourraient potentiellement être amplifiés par l'impact des fortes densités d'originaux sur son habitat, par exemple l'accroissement de la simplification de la structure interne des peuplements ou le changement de la composition végétale des forêts.

À partir des résultats obtenus dans ce rapport, les auteurs proposent diverses recommandations.

Recommandation # 1

Appui à la création d'une Chaire de recherche « Concilier l'aménagement du territoire et l'exploitation cynégétique des cervidés évoluant à haute densité en forêt habitée » de l'UQAR

Plusieurs questionnements demeurent et d'autres ont été identifiés à la suite des analyses réalisées. C'est pourquoi le MFFP et la région doivent se doter d'outils pour répondre à ces questions et poursuivre, en collaboration avec d'autres entités régionales, l'acquisition de connaissances et la mise en commun des compétences et des ressources afin de faire face aux enjeux que l'exploitation de la population d'originaux et la forêt au Bas-Saint-Laurent représentent. La chasse à l'orignal est une activité économique importante pour la région tout comme l'industrie forestière. Il est d'autant plus essentiel de concilier l'aménagement forestier et l'exploitation d'une ressource faunique comme l'orignal dans un contexte de développement durable afin de répondre aux complémentarités socioéconomiques des deux secteurs pour la région.

Recommandation # 2

Validation et adaptation du modèle de qualité de l'habitat de l'orignal au domaine de la sapinière à bouleau jaune de l'est en absence de loup

Les modélisations d'habitat réalisées dans le cadre du présent exercice sont issues de l'utilisation d'un outil de calcul qui a été mis au point dans une autre région du Québec (Dussault et al., 2006). On estime que l'habitat de l'orignal au Bas-Saint-Laurent demeure intéressant et de qualité pour l'orignal. La sapinière à bouleau jaune de l'est (zone bioclimatique des peuplements mélangés), qui couvre une très forte proportion (82 %) de la région administrative, offre le plus grand potentiel d'habitat pour l'orignal (Courtois, 1993). Tout comme l'on fait Joanisse et al. (2013) pour le domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune, il serait pertinent d'adapter et valider le modèle pour la région du Bas-Saint-Laurent afin d'obtenir une meilleure résolution. Crête (2003) recommande l'utilisation du modèle d'IQH adéquatement validé avec la pleine conscience de ses limites.

Recommandation # 3

Respecter une proportion minimale de 10 % de jeunes peuplements (0-20 ans) à l'échelle du territoire faunique structuré (TFS) pour ceux qui veulent y adhérer

Les jeunes peuplements de 0 à 20 ans, incluant ceux d'origine de plantation, sont fortement associés à la densité de récolte d'originaux et aux peuplements ayant un indice élevé de la valeur de nourriture alors que les peuplements plus âgés sont plutôt associés à un indice de bordure (abri et/ou abri-nourriture). Bien qu'il ait été démontré qu'un seuil minimal de 10 % de jeunes peuplements à l'échelle du BGI serait favorable pour l'habitat de l'orignal, des problématiques et des contraintes sont prévisibles à l'établissement d'un seuil minimal à cette échelle. Notamment, le chevauchement d'un BGI entre un territoire faunique et le territoire libre, une composition forestière spécifique par BGI où certains ne seront pas admissibles au respect d'un seuil minimal (exemple des BGI avec une forte proportion d'érablières) ou même l'augmentation d'une abondance des peuplements en régénération qui s'opposerait à l'enjeu de la structure d'âge des peuplements. De plus, le besoin est principalement de maintenir dans les territoires fauniques une répartition de jeunes forêts (0-20 ans) afin de soutenir la production de nourriture à moyen et long terme. C'est pourquoi on propose d'ajouter une proportion minimale de jeunes forêts fixée à 10 % par TFS, et ce, pour les trois TFS de la partie ouest de l'UA 012-72 (la Pourvoirie Le Chasseur, la Zec Bas-Saint-Laurent et la Réserve faunique de Rimouski) afin d'assurer une situation minimale pour les composantes d'habitat et l'activité de chasse. En effet, chaque territoire faunique structuré pourra ainsi émettre des préoccupations concernant la répartition des interventions lors des différentes versions du PAFIO et proposer des secteurs d'intervention pour répondre à des problématiques locales.

Recommandation # 4

Ne pas dépasser une proportion maximale de 50 % de jeunes peuplements (0-20 ans) pour 90 % des BGI

Les jeunes peuplements de 0 à 20 ans, incluant ceux d'origine de plantation, sont fortement associés à la densité de récolte d'originaux et aux peuplements ayant un indice élevé de la valeur de nourriture, alors que les peuplements plus âgés sont plutôt associés à un indice de bordure (abri et/ou abri-nourriture). Les résultats confirment qu'une proportion de 50 % de jeunes peuplements de 0 à 20 ans est le seuil maximal à l'échelle des BGI. Les auteurs recommandent le maintien de cette proportion comme limite maximale dans la fiche enjeu-solution n° 11 « Qualité de l'habitat de l'orignal à long terme ».

Recommandation # 5

Évaluer l'effet de l'éclaircie commerciale sur la qualité de l'habitat de l'orignal

Les plantations d'épinettes réalisées depuis plus de 30 ans et les jeunes peuplements aménagés sont aujourd'hui à l'étape d'évaluer si l'application du traitement de l'éclaircie commerciale est valable. Ce traitement était, jusqu'à tout récemment, marginal par rapport à d'autres traitements sylvicoles, mais cette situation change graduellement. En effet, plusieurs milliers d'hectares seront traités pour une première fois en éclaircie commerciale annuellement dans la région au cours des prochaines années. Ces mêmes peuplements seront fort probablement éclaircis une deuxième fois et possiblement une troisième fois. De façon générale, ce traitement sylvicole prendra de plus en plus d'importance dans le paysage forestier bas-laurentien. Il est difficile d'établir l'impact réel du traitement sur la qualité de l'habitat de l'orignal puisque le poids des données analysées dans le présent exercice demeure très faible. Certaines recherches démontrent les avantages et les limites à faire de l'éclaircie commerciale dans un contexte faunique (Converse et al., 2006; Harvey, 2009; Morissette et al., 2011; Bois et al., 2012). Toutefois, la plupart des études ne tiennent pas compte de l'habitat de l'orignal simplement parce que ce traitement a été, jusqu'à tout récemment, peu appliqué à l'échelle du Québec. Cette situation risque de changer dans un futur proche. On estime que ce type d'aménagement produira principalement des couverts d'abri ou d'abri à faible potentiel de production de nourriture jusqu'à leur coupe finale que l'on prévoit à 60 ans, sauf dans le cas des peuplements qui seront orientés vers une structure irrégulière. Il serait intéressant de mesurer les effets à court, moyen et long termes de ce traitement sylvicole sur les éléments de l'habitat de l'orignal. Il serait essentiel d'y évaluer dans son ensemble la production de brouit engendré par les activités de récolte forestière, mais aussi plus spécifiquement le brouit sous couvert (avant et après traitement) dans les sentiers de débardage, dans les ouvertures naturelles ou créées artificiellement ainsi qu'en bordure des chemins forestiers. Étant donné les inquiétudes soulevées par plusieurs intervenants fauniques sur ce traitement sylvicole, un suivi serait souhaitable, particulièrement dans les secteurs où les superficies sont importantes et où il y a de fortes densités d'originaux.

Recommandation # 6

Évaluer le brout ainsi que le broutement sur les essences commerciales et ses impacts sur la production forestière dans l'aire d'étude

Les densités de la population d'orignaux ont fortement augmenté au Bas-Saint-Laurent au cours des dernières années. Dans la zone de chasse 2, couvrant la partie à l'ouest de la rivière Matapédia, les densités de population sont en moyenne de 11,4 orignaux/10 km² (en excluant les réserves fauniques). Cependant, la densité atteint près de 30 orignaux/10 km² dans certaines parties du territoire comme dans la Réserve faunique de Rimouski. Dans plusieurs secteurs, l'orignal y exerce une forte pression sur l'habitat se traduisant par des parterres de coupe présentant une régénération naturelle insuffisante (*stocking* en bas de 80 % dans les AIPL et en bas de 60 % hors AIPL) en raison de l'importance du brout sur les semis; un phénomène déjà observé il y a quelques années dans la Réserve faunique de Matane. Par conséquent, un reboisement s'avère souvent nécessaire afin d'assurer un coefficient de distribution adéquat et suffisant dans ces parterres de coupe. Cependant, l'ampleur de la problématique reste à documenter et la variabilité des impacts doit être mieux comprise. En effet, il importe d'identifier les combinaisons de facteurs pouvant expliquer les variations d'intensité de ces problèmes de régénération après coupe, notamment la densité d'orignaux, le type écologique, le type de peuplement, la composition et la structure du paysage environnant et c'est d'ailleurs, l'objectif de l'étude en cours.

BIBLIOGRAPHIE

- Artman, V.L. 2003. *Effects of commercial thinning on breeding bird populations in western hemlock forests*. American Midland Naturalist 149 : 225-232.
- Bailey, J.D. et Tappeiner, J.C. 1998. *Effects of thinning on structural development in 40- to 100-years-old Douglas-fir stands in western Oregon*. Forest Ecology and Management 108 : 99-113.
- Bois, G., Imbeau, L. et Mazerolle, M. J. 2012. *Recovery time of snowshoe hare habitat after commercial thinning in boreal Quebec*. Canadian Journal of Forest Research 42 : 123-133, doi : 10.1139/X11-170.
- Bureau du Forestier en chef. 2016. *Détermination des possibilités forestières de la période 2018-2023*. Rapport final d'analyse de l'unité d'aménagement 012-72, région du Bas-Saint-Laurent, Roberval, Québec, 50 p.
- Child, K. N. 1998. *Incidental mortality*. Pages 275-301 dans A. W. Franzmann et C. C. Schwartz, editors. *Ecology and management of the North American moose*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., USA.
- Courtois, R. 1993. *Description d'un indice de qualité de l'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.
- Courtois, R., Crête, M., et Barnard, F. 1993. *Productivité de l'habitat et dynamique d'une population d'originaux du sud de la taïga québécoise*. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Québec, 52 p.
- Converse, S.J., White, G.C., Block, W.M. 2006. *Small Mammal Responses to Thinning and Wildfire in Ponderosa Pine-Dominated Forests of the Southwestern*. United States Journal of Wildlife Management, 70(6) : 1711-1722, published by The Wildlife Society, doi : [http://dx.doi.org/10.2193/0022-541X\(2006\)70\[1711:SMRTTA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.2193/0022-541X(2006)70[1711:SMRTTA]2.0.CO;2).
- Coomes, D.A., Allen, R.B., Forsyth, D.M. et Lee, W.G. 2003. *Factors preventing the recovery of New Zealand forests following control of invasive deer*. Conservation biology 17(2) : 450-459.
- Crête, M. 1989. *Approximation of K carrying capacity for moose in eastern Québec*. Canadian Journal of Zoology 67 : 373-380.
- Crête, M. 2003. *Les modèles d'indice de qualité de l'habitat : des outils utiles pour la gestion de l'habitat de la faune forestière?* Société de la faune et des parcs du Québec, 25 p.
- Durand, C. et St-Laurent, M-H. 2011. *Détermination des caractéristiques d'habitat qui influencent le succès de chasse à l'orignal au Bas-Saint-Laurent*. Université du Québec à Rimouski, rapport inédit.
- Dussault, C., Ouellet, J.P., Courtois, R., Huot, J., Breton, L. et Larochelle, J. 2004a. *Behavioural responses of moose to thermal conditions in the boreal forest*. Écoscience 11(3) : 321-328.
- Dussault, C., Courtois, R., Ouellet, J.P., Huot, et J., Breton, L. 2004b. *Effet des facteurs limitatifs sur la sélection de l'habitat par l'orignal : Une étude de trois ans dans le parc de la Jacques-Cartier*. Le Naturaliste canadien 128(2) : 38-45.
- Dussault, C., Courtois, R., et Ouellet, J.P. 2006. *A habitat suitability index model to assess moose habitat selection at multiple spatial scales*. Canadian Journal of Forest Research 36(5) : 1097-1107.

- Gagné, L. et Lavoie, L. 2014. *Rendement des jeunes forêts et potentiel d'éclaircie commerciale dans la forêt publique et la forêt privée du Bas-Saint-Laurent*. Conférence régionale des éluEs du Bas-Saint-Laurent, 33 p.
- Gasaway, W.C., Boertje, R.D., Grandgard, D.V., Kellyhouse, K.G., Stephenson, R.O. et Larsen, D.G. 1992. *The role of predation in limiting moose at low densities in Alaska and Yukon and implications for conservation*. Wildlife Monography 120, 59 p.
- Gingras, J. 2013. *Condition corporelle et fécondité des orignaux de l'Est du Québec en réponse à la variation de la densité*. Mémoire de maîtrise, Université Laval, 64 p.
- Gingras, J., Couturier, S., Côté, S.D. et Tremblay, J. 2014. *Opposite responses of body condition and fertility in adjacent moose populations*. Journal of Wildlife Management 78(5) : 830-839.
- Harvey, V. 2009. *Évaluation de l'utilisation par la faune terrestre des plantations et des peuplements ayant fait l'objet d'une éclaircie précommerciale et de l'impact des éclaircies commerciales à l'échelle locale et régionale*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats, 65 p. ISBN : 978-2-550-56051-7 (PDF).
- Joanisse, G., Blouin, D., Duclos, I., Fink, J., Vachon, L. et Lessard, G. 2013. *Adaptation et validation de l'indice de qualité d'habitat (IQH) de l'orignal (Alces alces) pour le domaine de l'érablière à bouleau jaune dans le sud-est du Québec*. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO), rapport 2013-09, 136 p.
- Karns, P. 2007. *Population distribution, density and trends*. Pages 125-139 dans A.W. Franzmann & C.C. Schwartz, éd., *Ecology and management of the North American moose*, 2nd edition. Smithsonian Institution Press, Washington, USA.
- Labbé J, Langlois C, Dussault C. 2012. *Méthode performante d'évaluation de la qualité de l'habitat de l'orignal dans les zecs du Québec [An efficient method to evaluate moose habitat suitability in Quebec's controlled harvesting zones]*. Rapport de projet, Zecs Québec, 126 p.
- Lamoureux, J., Pelletier, A., Larocque, C. et Bélanger, M. 2005. *Inventaire aérien de l'orignal dans la zone de chasse 2 à l'hiver 2005*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'aménagement de la faune du Bas-Saint-Laurent, 27 p.
- Lamoureux, J., S. Morissette et C. Maisonneuve. 2013. *Effets des éclaircies commerciales sur la faune et ses habitats : résultats du projet du lac Huguette*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs et Regroupement régional des gestionnaires de zecs 01, 42 p.
- Laurian, C., Dussault, C., Ouellet, J-P., Courtois, R., Poulin, M. et Breton, L. 2008. *Behavior of Moose Relative to a Road Network*. The Journal of Wildlife Management 72(7) : 1550-1557.
- Lavoie, L., Gagnon, J-F., Côté, L., D'Astous, D., Dumont, P., Fournier, M., Gagné, L., Jetté, J-P., Lamoureux, J., Morin, P., Schneider, R. et Sirois, L. 2013. *Proposition de cibles pour l'aménagement écosystémique et l'intensification de la production ligneuse au Bas-Saint-Laurent*. Commission régionale sur les ressources naturelles et le territoire du Bas-Saint-Laurent, Conférence régionale des éluEs du Bas-Saint-Laurent, 87 p.
- Leclerc, M., St-Laurent, M.-H. et Lamoureux, J. 2010. *Caractérisation de l'effet des plantations sur l'utilisation du paysage par l'orignal au Bas-Saint-Laurent*. Université du Québec à Rimouski - Département de biologie, chimie et géographie et Ministère des Ressources naturelles et de la Faune - Direction de l'expertise Faune-Forêt-Territoire du Bas-Saint-Laurent, Rimouski, 27 p.

- Legendre, P. et Legendre, L. 1998. *Numerical ecology. Development in environmental modelling* 20. Second english edition, Elsevier science B.V. Amsterdam, 853 p. ISBN : 0-444-89249-4.
- Massé, S., Cheveau, M., Dussault, C., et Blanchette, P. 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 la Faune et des Parcs - Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Gouvernement du Québec, 42 p. ISBN 978-2-550-69095-5.
- Ministère du Développement de l'énergie et des ressources. 2016. *Rapport sur la récolte de gros gibier 2016*. Nouveau-Brunswick. [En ligne] www.gnb.ca/der/ressourcesnaturelle.
- MLCP (Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche). 1993. *Plan de gestion de l'orignal 1994-1998 : Objectifs de gestion et scénarios d'exploitation*. Ministère du Loisir, de la Chasse et de Pêche du Québec, Les Publications du Québec, Canada, 139 pp.
- Morissette, S., Desjardins, C., Lamoureux, J., Côté, L. et Maisonneuve, C. 2011. *Rapport d'étape du projet d'éclaircie commerciale expérimentale au lac Huguette dans la Réserve faunique de Rimouski*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune - Direction de l'expertise Faune-Forêts-Territoire du Bas-Saint-Laurent. Rimouski, 70 p.
- R Core Team. 2016. *R : A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [En ligne] <https://www.R-project.org/>. Platform : x86_64-apple-darwin13.4.0.
- Ross, S., Larocque, C., et Bélanger, M. 2014. *Inventaire aérien dans la zone de chasse 2 à l'hiver 2014*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs - Direction des opérations régionales du Bas-Saint-Laurent, Secteur de la faune, 18p.
- Saether, B. E. 1997. *Environmental stochasticity and population dynamics of large herbivores: A search for mechanisms*. *Trend in Ecology and Evolution* 12 : 143-149.
- Samson, C., Dussault, C., Courtois, R., et Ouellet, J.-P. 2002. *Guide d'aménagement de l'habitat de l'orignal*. Société de la faune et des parcs du Québec, Fondation de la faune du Québec et ministère des Ressources naturelles du Québec, Sainte-Foy, 48 p.
- Schwartz, C. C., Regelin, W.L., Franzmann, A.W., et Hubbert, M.E. 1987. *Nutritional energetics of moose*. *Sweden Wildlife Resource (Suppl.)* 1 : 265-280.
- Simard, M.A., Côté, S.D., Weladji, R.B. et Huot, J. 2008. *Feedback effects of chronic browsing on life-history traits of a large herbivore*. *Journal of Animal Ecology* 77 : 678-686.
- Suzuki, N., et Hayes, J.P. 2003. *Effects of thinning on small mammals in Oregon coastal forests*. *Journal of Wildlife Management* 67 : 352-371.
- Timmermann, H.R., et McNicol, J.G. 1988. *Moose habitat needs*. *The Forestry Chronicle* 64 : 238-245.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. Fourth Edition, Prentice Hall, 663 p. ISBN 0-13-081542-X.

ANNEXE 1

Composition des membres du comité et leur affiliation

- **Membres des TGIRT**

Alain Lapierre	Secteur – Bénéficiaire de garantie d'approvisionnement
Bruno Belliveau	Secteur – Faune / Conseiller des territoires fauniques structurés
Claude Brière	Secteur – Communauté autochtone
Dany D'Astous	Secteur – Entreprise d'aménagement avec récolte
Élise Roussel-Garneau	MFFP, DGFa-01
Jean-François Lamarre	Secteur – Faune / Conseiller expert Sépaq
Laurent Gagné	CRD du Bas-Saint-Laurent
Luc Gagnon	MFFP, DGFO-01
Luc Lavoie	CRD du Bas-Saint-Laurent
Manon Perreault	MFFP, DGFO-01
Maxime Gendron	Secteur – Faune / Réserve faunique
Michel Fournier	Secteur – Faune / Sépaq
Peter Camden	Secteur – Faune/ Zec
Simon Lemay	Secteur – Faune / Pourvoirie

- **Non-membres des TGIRT**

Claude Larocque	MFFP, DGFa-01
Éric Gosselin	Groupe Nyctale – Pourvoirie
Martin-Hugues St-Laurent	UQAR, professeur titulaire et chercheur en écologie animale
Sébastien Ross	MFFP, DGFa-01

ANNEXE 2

**Quelques exemples illustrant des peuplements pour le calcul des valeurs de l'indice
de nourriture, de bordure et de l'IQH**

MF10



R10



MF130



RE30 ou RS30



Crédit des photos : Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent

ANNEXE 3

Étapes détaillées pour le calcul de l'IQH et de densité de récolte d'orignaux/10 km²

- **Choix des données forestières**

- Ajout d'une zone tampon de 2,5 km à l'aire d'étude.
- Sélection des peuplements forestiers du quatrième décennal en date de 2004.
- Mise à jour des peuplements forestiers à l'aide du RATF (rapport d'aménagement technique et financier de 2013).
- Mise à jour de l'âge des peuplements forestiers et production d'une carte forestière à l'aide des prévisions de travaux d'aménagement de la version 6 du PAFIO 2013-2021.

- **Paramètres de calcul de l'IQH**

- Utilisation d'une grille de calcul avec des cellules d'une superficie de 2,5 à 5 km².
- Élimination des hexagones⁶ < 2,5 km².
- Élimination des lisières boisées de 100 m et moins.
- Les coupes de 5 à 20 ans ont été considérées comme des peuplements de nourriture.
- Utilisation de la fonction d'augmentation de résolution de l'IQH pour apporter plus de précision dans les calculs.
- Production d'un sommaire.

- **Adaptation des données IQH et modélisation**

Dans le but d'accroître la résolution du modèle, l'option permettant de réaliser quatre itérations d'analyse (calculs distincts) en décalant les cellules de la grille à chacune des étapes de calcul a été utilisée. Ainsi, une matrice composée de cellules ayant 1 262 mètres de côté a été obtenue et les résultats ont été associés par la suite au centroïde de chacune des cellules en utilisant l'outil *ET GeoWizard* 11.2 pour ArcGis 10.1.

Cette couche de points a subséquemment servi à la réalisation d'une surface de prévision (fichier matriciel en format Esri avec des cellules de 20 m sur 20 m) pour chacun des indices, soit l'indice de nourriture (Inour), l'indice de bordure (Ibord) et l'IQH à partir d'un *krigeage* ordinaire à l'aide de l'extension *Spatial Analyst* d'ArcGis 10.1 (adapté de Labbé et al., 2012). Cette méthode d'interpolation fait appel à des techniques géostatistiques qui permettent de tester les relations statistiques existantes entre les valeurs des indices associées aux différents centroïdes et elle fournit aussi des mesures quant à l'exactitude des prévisions.

⁶ Dans le but de contrôler la qualité des données et restreindre les possibilités de valeurs biaisées par leur rapport à de très petites surfaces.

- **Préparatif nécessaire au krigeage des indices d'habitat**

- Vérification de l'autocorrélation spatiale des indices (Inour, Ibord et IQH) à l'aide de l'outil de calcul *Spatial autocorrelation* (Indice global de Moran).
- Analyses variographiques sur les indices (Inour, Ibord et IQH) par la construction d'un semi-variogramme en estimant la structure de la dépendance spatiale entre les données avec le logiciel R 3.2.4 (2016).

Ainsi, le portrait d'habitat de l'orignal dans les UA 012-51 et 012-52 a été dressé pour trois périodes distinctes (2004, 2013, 2021) couvrant une étendue d'exploitation forestière de près de 40 ans. L'utilisation d'une zone tampon aura permis d'atténuer l'effet de bordure engendré par les limites du territoire lors des différents traitements de modélisation (*raster*).

- **Modélisation de la récolte d'orignaux**

Dans le but de mettre en relation les caractéristiques d'habitat de l'orignal et la récolte d'orignaux sur le territoire d'étude, des modèles de densité de récolte par noyau ont été réalisés. Cette analyse spatiale permet la caractérisation d'un phénomène en construisant une surface de densité continue (*raster*) à l'intérieur de l'aire d'étude à partir d'entités ponctuelles, en l'occurrence les points d'abattage d'orignaux. Les données de récolte de 2001-2006 provenant de SEFAQ ont constitué la série de modélisations de 2004 et celles de 2010-2015 pour 2013. Il a alors été possible de géoréférencer l'information pour l'aire d'étude incluant la zone tampon et de produire un fichier de forme constitué de points de mortalité de trois années aux modalités permissives et de trois années aux modalités restrictives. Un rayon d'analyse permet de définir autour de chaque centre des cellules du modèle de terrain (20 m sur 20 m), le nombre de points situés dans le voisinage. Une densité est alors calculée pour chacune des cellules de la modélisation pour produire une densité par kilomètre carré. Toutefois, une correction a dû être appliquée puisque l'utilisation de données de mortalité (récolte) sur six années d'exploitation où les modalités de chasse ont alterné entre les modes permissifs et restrictifs amène un biais. Une modification à la modélisation fut effectuée à l'aide d'une calculatrice *raster* et a permis d'ajuster le résultat final où l'unité de référence est le nombre moyen d'orignaux récoltés par 10 km² par cellule de modélisation.

ANNEXE 4

Proportion (%) moyenne pour chacune des variables dépendantes et explicatives et superficie totale par BGI utilisée pour les analyses de redondance et les régressions

N° de BGI	Codes des variables dépendantes				Codes des variables explicatives												Superficie (ha)
	IQH	V-al_nour	Val_bord	Dens_rec (/10 km²)	chemin_km² (km/km²)	ct05 (ha)	ct610 (ha)	ct1120 (ha)	p05 (ha)	p610 (ha)	p1120 (ha)	ecr (ha)	ecautre (ha)	formatures (ha)	iqsmoyen (ha)	iqsriche (ha)	
1251-01	0,7	0,7	0,8	2,2	1,4	60	65	75	32	2	0	11	133	2 354	106	2 339	3 170
1251-02	0,5	0,4	0,5	0,8	1,8	1	11	2	0	0	0	0	71	1 767	210	1 299	4 283
1251-03	0,5	0,3	0,6	0,7	1,0	37	64	12	0	0	0	23	91	1 898	141	358	3 871
1251-04	0,7	0,4	0,9	0,9	1,5	3	142	280	0	0	54	39	137	2 739	474	368	4 351
1251-05	0,7	0,5	0,9	1,7	1,9	68	125	115	0	0	24	23	155	2 407	199	970	3 961
1251-06	0,6	0,5	0,7	0,8	1,5	0	12	36	0	0	0	0	77	805	3	1 011	2 060
1251-07	0,6	0,5	0,6	1,6	1,7	0	30	79	0	0	1	0	109	1 275	121	1 969	4 416
1251-08	0,8	0,6	1,0	1,7	1,7	45	89	206	0	31	103	159	536	3 283	257	3 074	4 598
1251-09	0,7	0,7	0,8	2,0	1,9	21	129	34	56	57	12	0	314	2 251	40	3 101	3 658
1251-10	0,7	0,7	0,7	2,9	2,0	137	57	117	91	33	276	32	697	3 157	466	3 426	4 868
1251-11	0,5	0,4	0,6	4,0	2,0	128	58	6	0	25	91	0	134	1 183	711	2 507	4 115
1251-12	0,8	0,6	0,9	3,3	1,8	300	23	99	47	13	0	6	381	2 255	110	3 063	4 065
1251-13	0,5	0,5	0,5	3,6	2,5	0	82	0	1	17	0	0	0	125	115	1 404	1 646
1251-14	0,6	0,6	0,6	3,6	2,0	47	54	6	10	51	0	0	601	2 421	475	4 434	5 154
1251-15	0,3	0,4	0,3	2,3	2,3	8	20	20	0	2	3	392	88	461	176	4 476	4 933
1251-16	0,5	0,4	0,6	3,5	2,5	74	131	4	19	5	6	38	122	636	501	2 404	3 718
1251-17	0,7	0,6	0,8	3,7	1,9	34	173	96	75	91	93	0	361	1 975	55	4 251	4 910
1251-18	0,6	0,5	0,6	3,3	2,0	83	2	0	5	7	61	0	149	1 357	240	2 751	3 215
1251-19	0,5	0,4	0,5	3,5	2,0	0	18	6	2	32	84	179	202	1 210	158	4 302	4 696
1251-20	0,6	0,5	0,8	2,7	2,2	84	67	67	4	5	19	15	453	1 605	19	3 827	4 565
1251-21	0,7	0,5	0,8	4,0	1,7	21	63	46	21	150	132	19	388	1 842	22	4 053	4 960
1251-22	0,7	0,5	0,9	4,4	1,8	0	77	255	29	76	214	72	305	1 558	844	2 812	4 226
1251-23	0,4	0,5	0,3	3,5	2,6	0	0	81	0	9	14	0	13	603	58	2 958	3 366
1251-24	0,6	0,5	0,6	3,3	2,2	7	23	90	13	4	0	168	262	3 000	141	5 849	6 716
1251-25	0,5	0,4	0,5	3,8	1,9	181	54	12	35	47	0	82	259	853	8	2 583	3 190
1251-26	0,4	0,3	0,4	4,3	2,0	8	33	17	9	125	24	0	62	766	46	2 562	3 047
1251-27	0,6	0,5	0,7	2,3	1,5	24	0	7	6	18	5	0	147	1 254	184	2 023	2 409
1251-28	0,5	0,4	0,7	3,5	2,4	5	79	91	30	104	161	49	46	1 744	483	2 401	3 908
1251-29	0,5	0,3	0,6	2,7	3,1	8	55	88	24	81	0	25	16	874	370	1 618	2 319

N° de BGI	Codes des variables dépendantes				Codes des variables explicatives												Superficie par BGI (ha)
	IQH	Val_nour	Val_bord	Dens_rec (/10 km²)	chemin_km² (km/km²)	ct05 (ha)	ct610 (ha)	ct1120 (ha)	p05 (ha)	p610 (ha)	p112 0 (ha)	ecr (ha)	ecautre (ha)	formatures (ha)	iqsmoyen (ha)	iqsriche (ha)	
1251-30	0,4	0,3	0,6	3,5	1,9	57	148	149	14	47	4	18	2	1 641	11 74	2 926	4 662
1251-31	0,7	0,5	0,9	4,5	2,7	78	109	12	139	67	229	0	112	1 304	74	2 540	3 503
1251-32	0,7	0,4	0,9	4,2	2,5	18	37	49	2	141	3	0	87	1 208	244	2 023	2 738
1251-33	0,6	0,3	0,9	5,7	1,9	1	89	202	21	165	97	13	0	1 388	183	1 318	2 606
1251-34	0,6	0,3	0,8	3,9	2,3	238	33	167	153	31	195	48	23	2 366	715	2 751	5 385
1252-01	0,8	0,6	0,9	2,4	2,0	59	33	15	92	83	24	0	123	720	44	690	1 221
1252-02	0,8	0,7	0,9	2,6	2,2	242	165	87	101	370	45	0	479	1 533	18	3 130	4 025
1252-03	0,7	0,5	0,9	3,4	2,6	285	68	72	125	252	201	59	102	1 487	87	3 873	4 889
1252-04	0,6	0,5	0,8	4,4	1,8	54	105	262	54	166	168	44	461	2 573	417	4 267	6 192
1252-05	0,6	0,4	0,8	3,8	1,7	154	18	34	70	104	0	0	128	2 161	115	2352	3 049
1252-06	0,6	0,4	0,8	4,7	1,2	93	58	57	50	128	0	27	108	3 548	504	4 072	5 625
1252-07	0,5	0,3	0,7	2,9	2,0	0	168	0	0	25	1	93	122	1 749	2 498	1 348	4 212
1252-08	0,5	0,4	0,5	4,2	2,5	34	51	277	3	15	26	0	70	885	681	4 785	5 968
1252-09	0,4	0,3	0,5	5,8	2,4	87	56	18	11	71	104	0	56	1 153	209	2 714	3 488
1252-10	0,5	0,4	0,7	7,5	1,8	27	186	240	48	102	33	0	39	2 295	1 588	2 157	4 404
1252-11	0,3	0,2	0,4	3,1	2,7	1	80	32	39	7	32	457	96	2 136	3 918	1 131	5 553
1252-12	0,6	0,4	0,8	4,1	2,1	28	77	227	0	6	158	0	101	3 373	2 737	2 753	5 861
1252-13	0,5	0,4	0,6	5,1	2,6	4	144	133	7	25	36	23	88	1 448	892	2 827	4 211
1252-14	0,4	0,3	0,5	6,8	2,1	266	8	208	2	32	28	248	0	2 350	2 230	1 655	4 465
1252-15	0,5	0,3	0,6	4,0	2,8	32	62	368	8	66	21	35	26	1 152	1 653	1 892	4 269
1252-16	0,7	0,5	0,8	3,8	1,8	3	5	80	0	0	0	0	189	2 143	1 530	1 761	3 368
1252-17	0,7	0,6	0,8	2,1	2,0	0	14	67	0	21	0	0	125	2 756	323	3 496	3 998
1252-18	0,4	0,2	0,6	2,9	0,8	1	211	0	0	8	0	0	1	3 538	3 038	476	4 483
1252-19	0,7	0,6	0,8	4,9	2,0	0	123	27	19	12	28	0	424	1 558	899	2 619	3856
1252-20	0,7	0,5	0,9	4,6	2,1	90	156	88	77	186	62	0	658	2 204	20	4 377	5 288
1252-21	0,7	0,5	0,9	3,6	2,6	81	83	134	90	133	64	0	457	1 543	21	2 911	3 372
1252-22	0,7	0,5	0,9	4,0	1,8	70	34	229	81	116	414	0	140	1 830	287	2 636	3 348
1252-23	0,4	0,3	0,4	2,2	0,8	0	0	11	0	0	0	30	12	547	213	984	1 435
1252-24	0,6	0,5	0,8	5,9	1,5	92	77	58	48	82	0	0	34	1 371	30	1 618	2 313
Moyenne					Total												
	0,6	0,5	0,7	3,5	2,0	3 482	4 137	5 246	1 763	3 447	3 349	2 425	10 573	101 618	33 076	150 275	232 182

ANNEXE 5

**Tableau des valeurs de corrélation (scores) de l'analyse de redondance
pour les années 2004 et 2013 à l'échelle du 5 km² et du BGI**

Dans tous les cas, seuls les deux premiers axes étaient significatifs.

Variables	2004				2013			
	5 km ²		BGI		5 km ²		BGI	
	AXE 1	AXE 2	AXE 1	AXE 2	AXE 1	AXE 2	AXE 1	AXE 2
Val_nour	2,06	-0,49	-0,18	1,08	-1,82	0,26	0,94	-0,80
Val_bord	2,06	-0,49	-1,15	0,24	-1,39	1,38	1,03	-0,15
Dens_rec	-0,50	-0,53	0,44	-0,22	-0,73	-0,02	0,24	0,93
ct05	0,65	0,07	-0,70	-0,52	-0,64	0,00	0,71	0,24
ct610	0,77	-0,18	-0,45	0,96	-0,46	0,37	0,32	0,47
ct1120	-0,88	-0,13	0,31	-0,26	-0,13	0,47	0,34	0,75
p05	0,72	-0,45	-0,67	0,28	-1,05	0,11	1,03	0,30
p610	0,17	-1,01	-0,66	-0,07	-0,93	0,01	0,92	0,31
p1120	-1,63	-0,66	1,00	0,51	-0,60	0,26	0,77	0,50
ecautre	0,87	-1,07	-0,20	0,92	-1,39	0,35	0,94	-0,36
formatures	1,82	0,46	-1,04	-0,07	-0,48	1,84	0,45	0,25
iqsmoyen	-0,01	2,02	-0,19	-1,03	1,68	1,20	-0,55	0,93
iqsriche	-0,22	-2,16	-0,01	1,03	-1,65	-1,30	0,68	0,02
ecr	0,18	0,43	-0,65	-0,26	0,55	-0,67	-0,45	0,49
chemin_km ²	-1,19	-0,60	0,74	0,12	-0,33	-1,46	0,13	0,53

