PROGRAMME DE GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES POUR L'AMÉNAGEMENT DURABLE DE LA FAUNE EN MILIEU FORESTIER

Rapport final

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-ouest du Québec

Présenté à :

Fédération québécoise des chasseurs et pêcheurs - Conseil régional de l'Outaouais

Et

Fondation de la Faune du Québec

Ministère des Ressources naturelles du Québec, Faune QC, DGR-07

Ministère des Finances et de l'Économie

Conférence régionale des élus de l'Outaouais

Par :

CERFO
Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc.

Gilles Joanisse, biol., Ph.D.
Donald Blouin, ing.f., M.Sc.
Isabelle Duclos, biol., M.Sc.
Jean Fink, biol.
Louis Vachon, ing.f.
Guy Lessard, ing.f., M.Sc.

Juillet 2013

© CERFO 2013-09

Mots-clés : orignal, habitat, indice de qualité d'habitat, couvert d'abri, brout, entremêlement de peuplements forestiers

Référence à citer :
Joanisse, G., D. Blouin, I. Duclos, J. Fink, L. Vachon et G. Lessard. 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-ouest du Québec. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 2013-09. 136 pages + 3 annexes.

BÉNÉFICIAIRE DU PROJET

- **Fédération québécoise des chasseurs et pêcheurs - Conseil régional de l'Outaouais, FÉDÉCP-07**
  Rodophe La Salle, président

PARTENAIRES DU PROJET

- **Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO)**
  Jean Fink, biol.
  Donald Blouin, ing.f., M.Sc.
  Gilles Joanisse, biol., Ph.D.
  Isabelle Duclos, biol. M.Sc.
  Louis Vachon, ing.f.
  Guy Lessard, ing.f., M.Sc.

- **Fondation de la Faune du Québec (FFQ)**
  Pierre Breton, ing.f., coordonnateur de projets

- **Ministère des Ressources naturelles du Québec (MRN)**
  Christian Dussault, biol., Ph.D., Service de la faune terrestre et aviaire, Faune Québec
  André Dumont, biol., Ph.D., DGR-07

- **Ministère des Finances et de l'Économie**
  Marie-Andrée Lépine, conseillère en développement

- **Conférence régionale des élus de l'Outaouais**
  Caroline Gagné, biol. M.Sc., Agente de développement

TABLE DES MATIÈRES

BÉNÉFICIAIRE DU PROJET I

PARTENAIRES DU PROJET I

LISTE DES FIGURES IV

LISTE DES TABLEAUX VII

REMERCIEMENTS IX

RÉSUMÉ XI

INTRODUCTION 1

OBJECTIFS 7

1. OBJECTIFS SPÉCIFIQUES 8

2. MÉTHODES 10

2.1. Aire d'étude 10

2.2. Acquisition des connaissances sur le territoire 11

2.2.1. Stratification du territoire 11

2.2.2. Échantillonnage – Points d'observation 17

2.2.3. Organisation de la prise de données sur le terrain 19

2.2.4. Plan de sondage 19

2.2.5. Validation de la base de données 22

2.2.6. Compilations et analyses des données par strate 22

2.2.7. Détermination des différents indices 23

2.2.7.1. Détermination des indices de qualité de nourriture 23

2.2.7.2. Détermination des indices de qualité d'entremêlement 24

Détermination des strates de nourriture 25

Détermination des strates d'abri 25

Détermination des bordures 26

Détermination des strates intra (bonne qualité de nourriture et d'abri intra-strate) 27

Indices de qualité d'entremêlement testés 27

2.2.7.3. Détermination d'un indice de qualité d'abri 29

2.3. Acquisition des connaissances sur la présence des orignaux 32

2.3.1. Inventaires aériens d'orignaux 2012 32

2.3.2. Validation de l'IQH 32

2.3.2.1. Création de parcelles de 100 et 500 ha 32

2.3.2.2. Calcul des cotes par parcelle 33

2.3.2.3. Zone d'inventaire aérien et occupation du territoire par l'orignal 33

2.3.2.4. Mise en relation des indices 35

2.3.2.5. Comparaison avec le modèle existant 36

3. RÉSULTATS 37

3.1. Portrait de l'inventaire terrain réalisé 37

3.2. Caractérisation des strates inventoriées 40

3.2.1. Évaluation de la stratification cartographique réalisée 40

3.2.2. Établissement des cotes par strate 48

3.2.3. Portrait de l'aire d'étude : représentativité des strates 50

3.2.3.1. Proportion de chaque strate dans l'aire d'étude 50

3.2.3.2. Brout disponible 50
3.2.3.3. Couvert résineux total 53
3.2.3.4. Couvert résineux relatif 53
3.2.3.5. Peuplements avec nourriture et abri 53
3.3. Validation des modèles 57
3.3.1. Parcelles de 500 ha 57
3.3.1.1. Portrait des pistes utilisées 57
3.3.1.2. Portrait des indices de qualité de nourriture ($IQ_{nourriture}$) 59
3.3.1.3. Détermination de la meilleure cote de brout pour le calcul de l'indice de qualité de nourriture basée sur des variables continues 62
3.3.1.4. Création de catégorie d'indice de qualité de nourriture 64
3.3.1.5. Indice de qualité d'entremêlement ($IQ_{entremêlement}$) 69
3.3.1.6. Indice de qualité d'abri (IQ_{abri}) 76
3.3.2. Intégration de tous les types d'indice pour définir le modèle de prédiction de la proportion de pistes d'orignaux pour les parcelles de 500 ha 80
3.3.3. Parcelles de 100 ha 82
3.3.3.1. Portrait des indices de qualité de nourriture ($IQ_{nourriture}$) 84
3.3.3.2. Détermination de la meilleure cote de brout pour le calcul de l'indice de qualité de nourriture basée sur des variables continues 87
3.3.3.3. Création d'une catégorie d'indice de qualité de nourriture 89
3.3.3.4. Probabilité de présence de pistes 92
3.3.3.5. Indice de qualité d'entremêlement ($IQ_{entremêlement}$) 95
3.3.3.6. Indice de qualité d'abri (IQ_{abri}) 103
3.3.4. Intégration de tous les types d'indice pour définir le modèle de prédiction de la proportion de piste d'orignaux pour les parcelles de 100 ha 107
3.4. Proposition d'un modèle d'indice de qualité d'habitat (IQH) pour l'orignal pour l'érablière à bouleau jaune de l'ouest de l'Outaouais 110
3.4.1. Comparaison avec modèle MQH existant 110

4. DISCUSSION 116
4.1. Caractéristiques dendrométriques versus cartographiques 116
4.2. Brout disponible pour l'orignal en Outaouais 117
4.3. Abri disponible pour l'orignal en Outaouais 119
4.4. Peuplements offrant à la fois une bonne qualité de brout et d'abri pour l'orignal en Outaouais 121
4.5. Présence d'orignaux sur le territoire de l'Outaouais 122
4.6. Conditions hivernales en Outaouais 123
4.7. Validation des modèles pour les parcelles de 500 ha et de 100 ha 125
4.8. Limites de l'approche de validation 127
4.9. Modèle d'IQH proposé 128
4.10. Autres facteurs influençant la présence de l'orignal 128

5. RECOMMANDATIONS 130

CONCLUSION 132

RÉFÉRENCES 133

ANNEXE 1. FORMULAIRE D'INVENTAIRE 137

ANNEXE 2. DESCRIPTION DES PEUPLEMENTS ÉCHANTILLONNÉS 138

ANNEXE 3. TABLEAUX DE RÉSULTATS D'ANALYSES 139

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation du territoire à l'étude 10
Figure 2. Constitution d'un point d'observation 19
Figure 3. Subdivision du territoire d'étude en 6 compartiments d'inventaire et plan de sondage planifié 20
Figure 4. Exemple de localisation des points d'observation sur une virée d'échantillonnage 21
Figure 5. Relations entre les différentes mesures caractérisant le couvert résineux 31
Figure 6. Description des étapes pour déterminer l'occupation par l'original dans une parcelle 34
Figure 7. Localisation des regroupements et de l'inventaire aérien de pistes d'orignaux de l'hiver 2012 35
Figure 8. Localisation des points d'observation planifiés et réalisés 38
Figure 9. Proportion de surface terrière résineuse par grande strate 41
Figure 10. Proportion de surface terrière résineuse dans les strates feuillues en fonction des types écologiques à tendance feuillue et résineuse 42
Figure 11. Proportion de surface terrière des types de résineux pour les strates résineuses (a et b), les strates à dominance résineuse (c et d) et les strates à dominance feuillue (e) 43
Figure 12. Proportion de surface terrière de feuillus tolérants (FT) et intolérants (FI) par type de strate 44
Figure 13. Surface terrière résineuse relative (pondérée en fonction de la capacité de rétention de la neige des espèces résineuses) par strate 44
Figure 14. Nombre de tiges de brout à l'hectare par strate 47
Figure 15. Représentation du brout disponible selon la cote de brout au 10 % pour l'aire d'étude 52
Figure 16. Représentation cartographique de la surface terrière résineuse totale sur l'aire d'étude 55
Figure 17. Représentation cartographique de la surface terrière résineuse relative sur l'aire d'étude 56
Figure 18. Représentation cartographique du pourcentage de superficie occupée par des pistes d'orignaux dans les parcelles de 500 ha par secteur 58
Figure 19. Proportion de pistes par parcelle de 500 ha pour les quatre secteurs 59
Figure 20. Représentation de l'indice de qualité de nourriture ($IQ_{nourriture}$) pour les parcelles de 500 ha du territoire d'étude 61
Figure 21. Proportions de superficies des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'indice de qualité de nourriture pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur 63
Figure 22. Proportions de superficie des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction des catégories d'indice de qualité de nourriture pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes 67
Figure 23. Proportions de superficie des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction des catégories de qualité de nourriture pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur 68
Figure 24. Proportions de superficie des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{entremêlement}$39 pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur 71
Figure 25. Proportions de superficie des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{entremêlement}$21 pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur 72
Figure 26. Proportions de superficie des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{entremêlement}$6 pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur 73
Figure 27. Proportions de superficie des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{entremêlement}$39 pour l'ensemble des parcelles par secteur 74
Figure 28. Proportions de superficie des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{entremêlement}$21 pour l'ensemble des parcelles par secteur 75
Figure 29. Proportions de superficie des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'IQ_{abri}ST2B_S pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur 78

Figure 30. Proportions de superficie des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{abr\ (ST2B_S)i}$ pour l'ensemble des parcelles par secteur 79
Figure 31. Représentation du pourcentage prédit de superficie de pistes d'orignaux par parcelle de 500 ha selon le modèle de Papineau et Rapides 81
Figure 32. Représentation cartographique du pourcentage de superficie occupée par des pistes d'orignaux dans les parcelles de 100 ha par secteur 83
Figure 33. Proportion de pistes d'orignaux par parcelle de 100 ha pour les quatre secteurs 84
Figure 34. Représentation de l'indice de qualité de nourriture ($IQ_{nourriture}$) par parcelle de 100 ha par secteur 86
Figure 35. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{nourriture}$ pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur 88
Figure 36. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction des catégories d'indice de qualité de nourriture pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes 90
Figure 37. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction des catégories d'indice de qualité de nourriture pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur 91
Figure 38. Nombre de parcelles de 100 ha avec présence de pistes et leurs proportions en fonction de l'indice de qualité de nourriture 92
Figure 39. Nombre de parcelles de 100 ha avec présence de pistes et leurs proportions en fonction de l'indice de qualité de nourriture par secteur 93
Figure 40. Pourcentage de parcelles avec présence de pistes par secteur en fonction des catégories d'indice de qualité de nourriture 94
Figure 41. Probabilité d'observer des pistes d'orignaux en fonction de la densité et de l'indice de qualité de nourriture 94
Figure 42. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{entremêlement}7$ pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur 97
Figure 43. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{entremêlement}6$ pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur 98
Figure 44. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{entremêlement}9$ pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur 99
Figure 45. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de la catégorie d'$IQ_{entremêlement}6$ pour l'ensemble des parcelles par secteur 101
Figure 46. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de la catégorie $IQ_{entremêlement}9$ pour l'ensemble des parcelles par secteur 102
Figure 47. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'IQ_{abri}PC_RES13 pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur 104
Figure 48. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'IQ_{abri}ST2B_S pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur 105
Figure 49. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de la catégorie de l'IQ_{abri}PC_RES13 pour l'ensemble des parcelles par secteur 106
Figure 50. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de la catégorie de IQ_{abri} ST2B_S pour l'ensemble des parcelles par secteur 107
Figure 51. Représentation du pourcentage prédit de superficie de pistes d'orignaux par parcelle de 100 ha selon le modèle combinant les secteurs Papineau et Rapides 109
Figure 52. Proportions occupées par des pistes en fonction des catégories de l'indice de qualité d'habitat de l'orignal proposé (IQH1) pour les parcelles de 500 ha pour a) l'ensemble des secteurs survolés et b) les secteurs de densités moyenne (Papineau et Rapides combinés) 111

Figure 53. Proportions occupées par des pistes en fonction des catégories de l'indice de qualité d'habitat de l'orignal proposé (IQH1) pour les parcelles de 100 ha pour a) l'ensemble des secteurs survolés et b) les secteurs de densités moyenne (Papineau et Rapides combinés) 112
Figure 54. Proportions occupées par des pistes en fonction des catégories de l'indice de qualité d'habitat de l'orignal calculé avec l'outil MQH-orignal du MRN pour les parcelles de 500 ha pour a) l'ensemble des secteurs survolés et b) les secteurs de densités moyenne (Papineau et Rapides combinés) 113
Figure 55. Représentation de l'IQH proposé pour les parcelles de 500 ha 114
Figure 56. Représentation de l'IQH proposé pour les parcelles de 100 ha 115

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Regroupement et stratification des peuplements forestiers du territoire d'étude en 31 strates forestières en fonction de leurs attributs relatifs d'abri et de nourriture 14
Tableau 2. Capacité relative d'interception de la neige par essence 15
Tableau 3. Description des 31 strates d'inventaire originales subdivisées en 41 strates en vue des compilations 16
Tableau 4. Description des seuils pour classer les groupes de strates en fonction de leur attribut en nourriture 25
Tableau 5. Description des seuils pour classer les groupes de strates en fonction de leur attribut d'abri 26
Tableau 6. Description des seuils pour produire les différentes bordures 26
Tableau 7. Description des seuils pour produire les différentes strates intra 27
Tableau 8. Description des combinaisons des strates intra et des bordures pour les différents groupes d'entremêlement testés 28
Tableau 9. Valeur du 70e percentile pour les longueurs de bordure des parcelles de 100 et 500 ha 33
Tableau 10. Nombre de virées et de points d'observation réalisés et retenus pour les analyses par strate 39
Tableau 11. Résultats des compilations des caractéristiques dendrométriques par strate 46
Tableau 12. Caractéristiques dendrométriques et cotes par strate 49
Tableau 13. Superficie et pourcentage de superficie occupés par strate 51
Tableau 14. Proportion de la superficie de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest occupée par chacune des strates intra 54
Tableau 15. Nombre de parcelles de 500 ha couvertes à 80 % et plus par l'inventaire aérien et présence de pistes d'orignaux 57
Tableau 16. Indices de nourriture moyens par parcelle de 500 ha par secteur en fonction des différentes cotes de brout 60
Tableau 17. Nombre, proportion des parcelles et proportion moyenne de pistes par indice de qualité de nourriture par secteur 64
Tableau 18. Fréquence des parcelles de 500 ha occupées par des pistes par catégorie d'$IQ_{nourriture}$ par secteur 66
Tableau 19. Proportion moyenne de pistes par secteur et catégorie d'indice de qualité de nourriture 67
Tableau 20. Description des indices de qualité d'entremêlement retenus et testés pour les parcelles de 500 ha 70
Tableau 21. Résultats des corrélations entre les proportions de pistes et les indices de qualité d'abri pour les parcelles de 500 ha par secteur 76
Tableau 22. Nombre d'hexagones de 500 ha avec présence d'îlots de résineux et proportion de pistes d'orignaux 79
Tableau 23. Indices retenus pour définir les modèles de prédiction de la proportion de pistes d'orignaux pour les parcelles de 500 ha 80
Tableau 24. Nombre de parcelles de 100 ha couvertes à 80 % et plus par l'inventaire aérien et présence de pistes d'orignaux par secteur 82
Tableau 25. Moyennes des Indices de nourriture par parcelle de 100 ha par secteur en fonction des différentes cotes de brout 85
Tableau 26. Proportion moyenne de pistes par secteur et catégorie d'indice de nourriture 90
Tableau 27. Description des indices de qualité d'entremêlement retenus et testés pour les parcelles de 100 ha 96
Tableau 28. Résultats des corrélations entre les proportions de pistes et les indices de qualité d'abri pour les parcelles de 100 ha par secteur 103
Tableau 29. Indices retenus pour définir les modèles de prédiction de la proportion de pistes d'orignaux pour les parcelles de 100 ha 108
Tableau 30. Comparaisons du brout disponible mesuré dans l'étude de Dussault *et al.* (2006) et le présent projet 118

Tableau 31. Moyenne d'épaisseur de neige au sol le dernier jour des mois de décembre, janvier, février et mars pour les années 1990 à 2012 pour trois stations météorologiques à proximité de l'aire d'étude 124
Tableau 32. Épaisseur de neige au sol à la fin des mois de décembre, janvier, février et mars de l'hiver 2012 pour les stations météorologiques d'Environnement Canada localisées dans l'aire d'étude ou à proximité 125

REMERCIEMENTS

Ce projet sur l'adaptation et la validation de l'indice de qualité d'habitat de l'orignal (*Alces alces*) pour le domaine de l'érablière à bouleau jaune en Outaouais est une initiative du Conseil régional de l'Outaouais de la Fédération québécoise des chasseurs et pêcheurs (FÉDÉCP-07). Sa réalisation a été rendue possible grâce à plusieurs partenaires financiers et à de nombreux collaborateurs. Nous tenons à remercier sincèrement l'ensemble de ces partenaires et collaborateurs pour leur précieuse contribution. Nous remercions également MM. André Dumont et Michel Hénault du MRN ainsi que M Christian Dussault du MDDEFP pour la révision scientifique du document.

Équipe de réalisation

Rédaction, recherche et développement

Jean Fink, biologiste, CERFO

Donald Blouin, ingénieur forestier, M.Sc., CERFO

Gilles Joanisse, biologiste, Ph.D., CERFO

Isabelle Duclos, biologiste, M.Sc., CERFO

Louis Vachon, ingénieur forestier, CERFO

Guy Lessard, ingénieur forestier, M.Sc., CERFO

Équipe terrain

François Richard, étudiant, CERFO

Cédric Pépin, technicien forestier, CERFO

André Dumont, biologiste, Ph.D., MRN, DGR-07

Bruno Beaudoin, technicien de la faune, MRN, DGR-07

Jocelyn Caron, technicien de la faune, MRN, DGR-07

Marie-Ève de la Durantaye, technicienne de la faune, MRN, DGR-07

James Hayes, technicien de la faune, MRN, DGR-07

Partenaires financiers

Fédération québécoise des chasseurs et pêcheurs - Conseil régional Outaouais

Fondation de la Faune du Québec

Ministère des Ressources naturelles du Québec, DGR-07 et Faune QC

Ministère des Finances et de l'Économie du Québec

Conférence régionale des élus de l'Outaouais

Partenaires consultés

Christian Dussault, biologiste, Ph.D., MRN, Faune Québec

André Dumont, biologiste, Ph.D., MRN, DGR-07

Michel Hénault, biologiste, M.Sc., MRN, DGR-15

RÉSUMÉ

Avec l'avènement du nouveau régime forestier, les Commissions des ressources naturelles et du territoire (CRRNT) ont la responsabilité de mettre sur pied et d'animer des tables locales de concertation multi-ressources nommées Tables de gestion intégrée des ressources et du territoire (TGIRT). Parmi les rôles qui sont confiés aux membres des TGIRT, on retrouve l'évaluation des impacts des Plans d'aménagement forestier intégré (PAFI) soumis par le MRN. Cependant, les outils d'aide à la décision disponibles pour les TGIRT sont peu nombreux et souvent mal adaptés au contexte régional, particulièrement pour la faune du domaine de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest. Tel est le cas pour le modèle d'IQH de l'orignal.

En effet, le modèle d'IQH pour l'orignal (*Alces alces*) actuellement utilisé a été bâti à partir de données provenant de la sapinière à bouleau blanc, possiblement mal adaptées à l'érablière à bouleau jaune de l'ouest de l'Outaouais. Le modèle actuel comprend des indices de qualité de nourriture ($IQ_{nourriture}$) et d'entremêlement de nourriture et d'abri ($IQ_{entremêlement}$), indices dont l'importance est non connue pour l'érablière à bouleau jaune de l'ouest. Les aménagistes de la forêt et de la faune ainsi que les tables GIRT ont besoin d'un outil valide et adapté au principal domaine bioclimatique de la région, soit l'érablière à bouleau jaune. Ainsi, le présent projet vise l'adaptation et la validation de l'indice de qualité d'habitat de l'orignal pour le domaine de l'érablière à bouleau jaune en Outaouais et l'établissement d'un outil efficace et adapté au contexte régional pour permettre l'évaluation des pratiques d'aménagement forestier sur une espèce à l'origine d'enjeux prioritaires sur les plans environnemental, économique et social en Outaouais.

Pour réaliser le projet, une caractérisation des peuplements retrouvés dans l'érablière à bouleau jaune de l'ouest est primordiale. Ainsi, une stratification de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest a été réalisée en fonction des appellations cartographiques du 4e décennal. Un inventaire de bois sur pied et de brout comprenant 1 798 points d'observation a été réalisé à l'été 2012 et des compilations pour les différentes strates ont été réalisées. Les analyses ont révélé que la stratification produite était appropriée et il y avait une forte correspondance avec les données d'inventaire. Ensuite, les strates ont été cotées en fonction de leur potentiel d'abri et de nourriture

pour calculer différents indices de qualité d'habitat, soit $IQ_{nourriture}$, $IQ_{entremêlement}$ et des indices de qualité d'abri (IQ_{abri}). Ces indices ont été comptabilisés pour des parcelles de 100 ha et de 500 ha et mis en relation avec les données d'inventaires de pistes d'orignaux de l'hiver 2012 pour déterminer les indices significativement reliés aux quantités de pistes d'orignaux, calculées en terme de proportion de superficie. Il s'est avéré que l'$IQ_{nourriture}$ était l'indice expliquant le mieux la proportion de pistes observée pour les deux échelles de parcelles, suivi de l'IQ_{abri}, ce dernier étant calculé à partir de la surface terrière résineuse relative, c'est-à-dire qui tient compte de la capacité d'interception de la neige des différentes espèces résineuses. Pour ces deux indices, les relations étaient significativement meilleures lorsque la densité d'orignaux connue était plus élevée, donc où les orignaux peuvent être en compétition pour la sélection d'habitat. Néanmoins, les relations étaient quand même très faibles avec des R^2 inférieurs à 0,12. Comme les mêmes indices de qualité, soit l'$IQ_{nourriture}$ et l'IQ_{abri}, étaient significatifs pour les deux échelles un modèle d'IQH global est proposé ($IQH = 0.70 * IQ_{nourriture} + 0.30 * IQ_{abri}$) pour lequel la proportion de pistes augmente significativement avec l'augmentation de l'IQH pour les deux échelles. Le modèle proposé pour l'érablière à bouleau jaune de l'ouest améliore celui de Dussault *et al.* (2006) développé pour la sapinière à bouleau blanc. Les limites de prédiction du modèle sont discutées dans le rapport. Ce modèle, quoique significatif, pourra être amélioré par de futures études qui pourront intégrer d'autres variables biotiques et abiotiques ainsi que par la réalisation des suivis de pistes à plus long terme et de télémétrie d'orignaux.

INTRODUCTION

Les activités anthropiques, tel l'aménagement forestier à large échelle, génèrent des conflits entre les gestionnaires des ressources et du territoire, notamment en ce qui concerne le maintien des habitats fauniques. Pour réduire l'impact de ces activités, les gestionnaires des ressources et du territoire ont recours à des concepts tels la gestion écosystémique de la forêt et la gestion intégrée des ressources et du territoire. Associés à ces nouvelles approches, les besoins en outils d'évaluation d'impacts des modifications d'habitats se font de plus en plus ressentir (Yaffee, 1999 et Riley *et al.,* 2002 dans Dussault, 2005). Avec l'avènement du nouveau régime forestier, le MRNF a confié aux Commissions des ressources naturelles et du territoire (CRRNT) la responsabilité de mettre sur pied et d'animer des tables locales de concertation multi-ressources nommées Tables de gestion intégrée des ressources et du territoire (TGIRT). Parmi les rôles qui sont confiés aux membres des TGIRT, on retrouve l'évaluation des impacts des Plans d'aménagement forestier intégré (PAFI) soumis par le MRN. Cependant, les outils d'aide à la décision disponibles pour les TGIRT sont peu nombreux et souvent mal adaptés au contexte régional, particulièrement pour la faune du domaine de l'érablière à bouleau jaune.

Les aménagistes de la forêt et de la faune ainsi que les tables GIRT ont besoin d'un outil validé et adapté au principal domaine bioclimatique de la région, soit l'érablière à bouleau jaune (Erbj). Les responsables de la certification forestière, les professionnels du Bureau du forestier en chef, en charge du calcul de la possibilité forestière, ainsi que les gestionnaires des territoires fauniques auraient aussi besoin d'un tel outil, applicable à une échelle fine.

IQH - outil d'évaluation des impacts

Les modèles d'IQH constituent des moyens de plus en plus utilisés pour incorporer les besoins en matière d'habitats fauniques aux pratiques de gestion des autres ressources (Schamberger et O'Neil, 1986). En effet, ces modèles sont de bons outils pour évaluer les impacts des modifications d'habitats. Ils permettent de comparer la valeur relative de divers sites, d'identifier les habitats à conserver en priorité lors de l'aménagement d'un territoire et de prédire l'évolution de la qualité du milieu à court terme et à moyen terme (Courtois, 1993).

Toutefois, les IQH développés par Courtois (1993) et Dussault *et al.* (2006) ont été développés pour la sapinière à bouleau blanc et s'appliquent donc uniquement à ce domaine bioclimatique. Afin de pouvoir appliquer l'IQH de l'orignal dans l'Erbj en Outaouais, le modèle doit être adapté et validé spécifiquement pour ce domaine bioclimatique. Cet exercice n'a pas encore été réalisé pour le domaine bioclimatique de l'Erbj de l'ouest du Québec.

Paysage de l'Outaouais

On distingue cinq domaines bioclimatiques sur le territoire de la région de l'Outaouais. Partant du sud au nord, le premier domaine est l'érablière à caryer cordiforme qui couvre 3 % du territoire régional. Il est suivi par l'érablière à tilleul, qui s'étend sur 29 % du territoire. Le troisième, le plus important en termes de superficie avec 43 % du territoire régional, est l'érablière à bouleau jaune. Le quatrième couvre la partie nord de la région dans une proportion de 23 % et correspond à la sapinière à bouleau jaune. Enfin, le cinquième est la sapinière à bouleau blanc qui occupe 3 % du territoire et qui est situé à l'extrême nord de la région (MRNF, 2006).

L'importance relative des superficies des peuplements résineux en Outaouais a diminué de 10 % par rapport au 1er inventaire décennal du MRNF. Cette diminution s'est produite en grande partie entre le 1er et le 2e inventaire (8 %) et, dans une moindre mesure, entre le 2e et le 3e inventaire (2 %). L'importance relative de ce type de couvert est par la suite restée stable entre le 3e et le 4e inventaire décennal (CRRNTO, 2011).

État des peuplements résineux en Outaouais

Les peuplements de résineux constituent des habitats privilégiés pour l'orignal : en hiver, pour se soustraire aux rigueurs de la saison et à la prédation et à la fin du printemps, pour éviter le stress thermique (Dussault, 2005). Dans le domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest, les îlots et massifs de résineux se raréfient et les résultats de l'aménagement forestier qui y est pratiqué actuellement tendent à démontrer l'enfeuillement de ces peuplements (CRRNTO, 2011).

Revue de littérature

Sélection d'habitat par l'orignal

La sélection d'habitat se définit comme le processus par lequel un animal choisit son habitat en fonction des composantes de celui-ci (Johnson, 1980). La disponibilité de la nourriture, l'exposition aux prédateurs ou aux conditions climatiques défavorables (ex. : épaisseur de la couche nivale) et les conditions thermiques (ex. : stress thermique) influencent de manière naturelle l'orignal (*Alces alces*) dans son choix d'habitat (voir revue de littérature dans Dussault *et al.,* 2004a). Ainsi, par la sélection d'habitat, l'orignal peut réduire son exposition aux différents facteurs qui lui sont limitatifs et par conséquent, augmenter son succès reproducteur et sa survie.

Dans leur étude, Dussault *et al.* (2004a) démontrent que lors de son choix d'habitat, l'orignal fait un compromis entre la disponibilité de nourriture et le couvert d'abri que procurent les peuplements résineux. En effet, les résineux permettraient aux femelles suitées de réduire leur probabilité de prédation et aux orignaux de favoriser leur thermorégulation. De plus, les peuplements de résineux empêchent l'accumulation importante de neige au sol, qui est associée à des coûts énergétiques pour l'orignal. L'entremêlement des habitats offrant beaucoup de nourriture (*i.e.* peuplement de feuillus intolérants) et de ceux offrant un abri (*i.e.* peuplement de résineux) exprimerait l'habitat optimal que recherche l'orignal dans la sapinière à bouleau blanc. En effet, dans son aire d'étude, l'orignal préférait une mosaïque irrégulière composée de peuplements en régénération (créés principalement par des épidémies d'insectes), de petites ouvertures et de blocs de forêt résineuse mature.

Selon Samson *et al.* (2002), le meilleur habitat pour l'orignal est situé dans les domaines des forêts mélangées (sapinière à bouleau jaune et sapinière à bouleau blanc), principalement parce qu'on y retrouve à la fois un couvert d'abri, fourni par les résineux, et de la nourriture, fournie par les feuillus. En comparaison, la qualité de l'habitat est moindre dans les forêts feuillues situées dans les domaines des érablières, en raison notamment d'un manque de couvert d'abri durant l'hiver. En effet, les densités d'orignaux y sont un peu plus faibles que dans les peuplements mélangés, ce qui suggère que le manque de couvert résineux est vraisemblablement un facteur important pour le choix d'habitat, en hiver.

Indice de qualité d'habitat

Inspiré du *Habitat Suitability Index* (HSI) élaboré aux États-Unis (USFWS, 1981; Allen *et al.,* 1987), l'indice de qualité d'habitat (IQH) est un modèle mathématique qui permet d'évaluer, pour une espèce faunique donnée, la valeur en tant qu'habitat d'une série de peuplements forestiers (Morrison *et al.,* 1992; Courtois, 1993).

Ces modèles d'évaluation de la qualité en habitats (MQH) expliquent généralement, pour un lieu donné, un peu plus de la moitié de la variation observée au niveau de la présence ou de l'abondance d'une espèce faunique (Doyon *et al.,* 2002). Toutefois, les relations établies sont de nature hypothétique et ne donnent pas une projection de la densité d'individus que l'on peut trouver dans un peuplement ni d'information sur la tendance de la population (FAPAQ, 2000)

Courtois (1993) a développé un IQH pour l'orignal au Québec. Cependant, ce modèle, développé pour la sapinière à bouleau blanc, n'est pas spatialement validé pour l'entremêlement du couvert et de la nourriture. C'est dans ce contexte que Dussault *et al.* (2006) ont adapté le modèle en tenant compte de l'entremêlement des peuplements forestiers dans la sapinière à bouleau blanc. Deux composantes ont été introduites dans leur modèle, soit un premier indice de qualité pour la nourriture (SI_{food} ou $IQ_{nourriture}$) et un second pour l'entremêlement des peuplements de couvert et de nourriture (SI_{edge} ou $IQ_{entremêlement}$). À l'étape de validation, contrairement à leur attente, le modèle global performait moins bien que ses deux composantes prises séparément. À l'échelle du paysage (500 ha), l'indice $IQ_{entremêlement}$ expliquait davantage les sélections d'habitats de l'orignal alors qu'à une échelle fine (10 ha), l'indice $IQ_{nourriture}$ était plus performant.

Il est important de souligner que les modèles d'IQH développés dans un type de peuplement forestier doivent être adaptés et validés pour être utilisés dans d'autres types de peuplement (Allen *et al.,* 1987; Dussault *et al.,* 2006; Doyon *et al.,* 2003; (Boyce et Waller, 2003; Apps *et al.,* 2004; Osko *et al.,* 2004 dans Baigas, 2010).

Validation des IQH

Les modèles d'IQH doivent être validés avant leur utilisation et la prise de décision faite par des gestionnaires des ressources (Rothley, 2001). Il est recommandé que la validation se base sur des localisations d'orignaux dans leur habitat (Dussault et al. 2006) et de mesurer leur survie et succès reproducteurs comme indicateur de performance (Van Horne 1983, Schamberger et O'Neil 1986, Van Horne et Wiens 1991). Ces suivis permettent de déterminer leur valeur adaptative (fitness) pour les différents habitats.

L'utilisation de colliers télémétriques GPS (Global Positioning System) pour la grande faune est la technique la plus couramment utilisée pour valider les modèles d'indice de qualité d'habitat (Courtois, 1993; Dussault, 2006; Baigas *et al.,* 2010; Hussey, 2009). Cette technique permet le suivi des déplacements des individus munis de radios GPS sur une période s'étalant sur plusieurs saisons, voire sur plus d'une année, produisant parfois des dizaines de milliers de localisations, permettant d'établir des portraits détaillés de l'utilisation des habitats fréquentés.

Pour la validation de l'IQH, les données portant sur la récolte de chasse présentent certains biais d'interprétation (dont l'accessibilité au territoire) selon Koitzsch (2002). De plus, peu de juridictions possèdent un système d'enregistrement de la grande faune comparable à celui du Québec. Il est donc recommandé de ne pas utiliser de telles données.

Snaith *et al.* (2002) ont utilisé le dénombrement de crottins au printemps pour valider leur modèle d'IQH en Nouvelle-Écosse basé sur le modèle II d'Allen (1987). L'analyse statistique des données sur la présence des tas de crottins comme critère de sélection de l'habitat par l'orignal n'a pu valider leur modèle d'IQH. Toutefois, il a mis en évidence une relation significative entre la présence de crottins et la variable nourriture ainsi qu'entre la distance du couvert par rapport à la nourriture (< 200 m). Ce résultat s'apparente aux composantes SI_{food} et SI_{edge} de l'IQH de Dussault (2006).

Validation du modèle et inventaire hivernal

Les densités d'orignaux varient considérablement dans l'aire de distribution de cette espèce (Maier *et al.,* 2005). Des variations dans la sélection d'habitat existent également entre les individus d'une même population (Osko *et al.,* 2004; Dussault *et al.,* 2005). Ainsi, pour minimiser l'impact de ces variations sur notre compréhension de l'utilisation d'habitat, les ressources nécessaires en termes de couvert et de nourriture auraient avantage à être comparées pour une population pendant la période critique de l'hiver lorsque ces composantes sont limitées (Peterson et Allen, 1974; WGFD, 1990 dans Baigas, 2010). Les localisations de réseaux de pistes et d'individus obtenues lors des inventaires aériens de l'orignal produisent un portrait plutôt instantané de l'utilisation de l'habitat puisqu'elles reflètent les conditions hivernales particulières au moment du survol telles que l'accumulation et la condition de la neige, la température, etc. (Hussey, 2010).

Crête (1977) a réalisé des inventaires aériens successifs (recouvrement total de l'aire d'étude) au cours de l'hiver 1974 dans le secteur du Mont Tremblant. Il a mis en évidence que 89 % du réseau de pistes de l'inventaire de mars était inclus dans le réseau de pistes du survol de janvier. De plus, ces réseaux de pistes n'avaient varié que de 0,5 km. L'épaisseur de neige avoisinait les 90 cm lors de ces inventaires et une croûte semblait entraver les déplacements des orignaux en mars 1974. Il a réalisé deux inventaires aériens en janvier et mars 1975 dans un secteur d'étude du comté de Pontiac en Outaouais. Bien qu'il y ait noté une épaisseur de neige de 50 cm en janvier et 75 cm en mars 1975, il ne fait toutefois aucun commentaire sur la variation de l'emplacement des réseaux de pistes entre ces deux survols.

OBJECTIFS

Ce projet d'adaptation et de validation de l'indice de qualité d'habitat de l'orignal (*Alces alces*) pour le domaine de l'érablière à bouleau jaune en Outaouais vise à établir un outil efficace et adapté au contexte régional pour permettre l'évaluation des pratiques d'aménagement forestier sur une espèce à l'origine d'enjeux prioritaires sur les plans environnemental, économique et social en Outaouais.

Les objectifs spécifiques de ce projet de recherche sont les suivants :

1. Adapter l'IQH développé par Dussault *et al*. (2006) au sous-domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest.

2. Valider le modèle nouvellement adapté à partir des localisations des réseaux de pistes et d'orignaux obtenues lors de l'inventaire aérien réalisé entre janvier et mars 2012 dans la zone de chasse 10.

3. Produire une distribution spatiale des indices de qualité de l'habitat aux échelles choisies.

4. Doter les représentants de la Table régionale Faune aux TGIRT, les gestionnaires des ressources naturelles et du territoire, les responsables de la certification forestière, les professionnels du Bureau du forestier en chef et les gestionnaires des territoires fauniques d'un outil simple, efficace et validé permettant de déterminer la qualité des peuplements forestiers et ainsi d'évaluer les impacts des perturbations anthropiques sur la qualité de l'habitat de l'orignal dans le sous-domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest de l'Outaouais.

5. Vérifier la possibilité d'exportation de la méthodologie utilisée au domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune.

1. OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

Pour le sous-domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest en Outaouais, la présente étude d'adaptation et de validation de l'IQH de l'orignal élaboré par Dussault *et al.* (2006) pour la sapinière à bouleau blanc vise à vérifier les objectifs et hypothèses suivantes :

1. Il y a une bonne correspondance de la composition forestière entre les caractéristiques dendrométriques et les caractéristiques cartographiques des strates générées à partir des cartes du 4e décennal.

2. Les différentes façons de décrire le couvert résineux sont étroitement liées.

3. La quantité de brout observée dans l'Erbj est supérieure à celle observée dans la sapinière à BOP par Dussault *et al.* (2006).

4. La quantité de brout disponible est étroitement liée à la composition du bois sur pied de la strate.

5. Une forte proportion du territoire de l'Erbj est constituée de peuplements offrant une bonne qualité de brout.

6. Une faible proportion du territoire de l'Erbj est constituée de peuplements offrant une bonne qualité d'abri.

7. Une très faible proportion du territoire de l'Erbj est constituée de peuplements offrant à la fois une bonne qualité de brout et une bonne qualité d'abri.

8. Une très faible proportion du territoire de l'Erbj fournit de bonnes conditions d'entremêlement des peuplements.

9. La présence d'orignaux en hiver est fortement liée à la présence de peuplements résineux qui leur fournit un abri sur le territoire, les conditions hivernales étant contraignantes dans l'Erbj de l'Outaouais.

10. Dans l'Erbj, l'indice d'abri contribue davantage à l'IQH de l'orignal que les indices de brout et d'entremêlement, comme c'est le cas dans la sapinière à BOP.

11. Les conditions hivernales des hivers 2008 et 2012 sont représentatives des conditions hivernales observées en Outaouais.

12. Les conditions hivernales des hivers 2008 et 2012 représentent des conditions contraignantes pour le déplacement des orignaux.

13. Tous les indices contribuent significativement au modèle basé sur les cellules de 100 ha et 500 ha.

14. L'importance de la contribution des indices au modèle est différente pour les cellules de 100 ha et 500 ha.

15. La contribution des indices au modèle est plus importante pour les zones avec une plus forte densité de pistes d'orignaux.

2. MÉTHODES

Les sections suivantes présentent l'aire d'étude et les méthodes d'acquisition des connaissances tant sur le territoire que sur la présence d'orignaux.

2.1. AIRE D'ÉTUDE

Le territoire à l'étude est composé du sous-domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest localisée dans les zones de chasse 10 et 12. Il se situe dans la région administrative de l'Outaouais et une partie se trouve à l'ouest de la région des Laurentides (figure 1). Ce territoire représente une superficie totale d'environ 18 000 km^2.

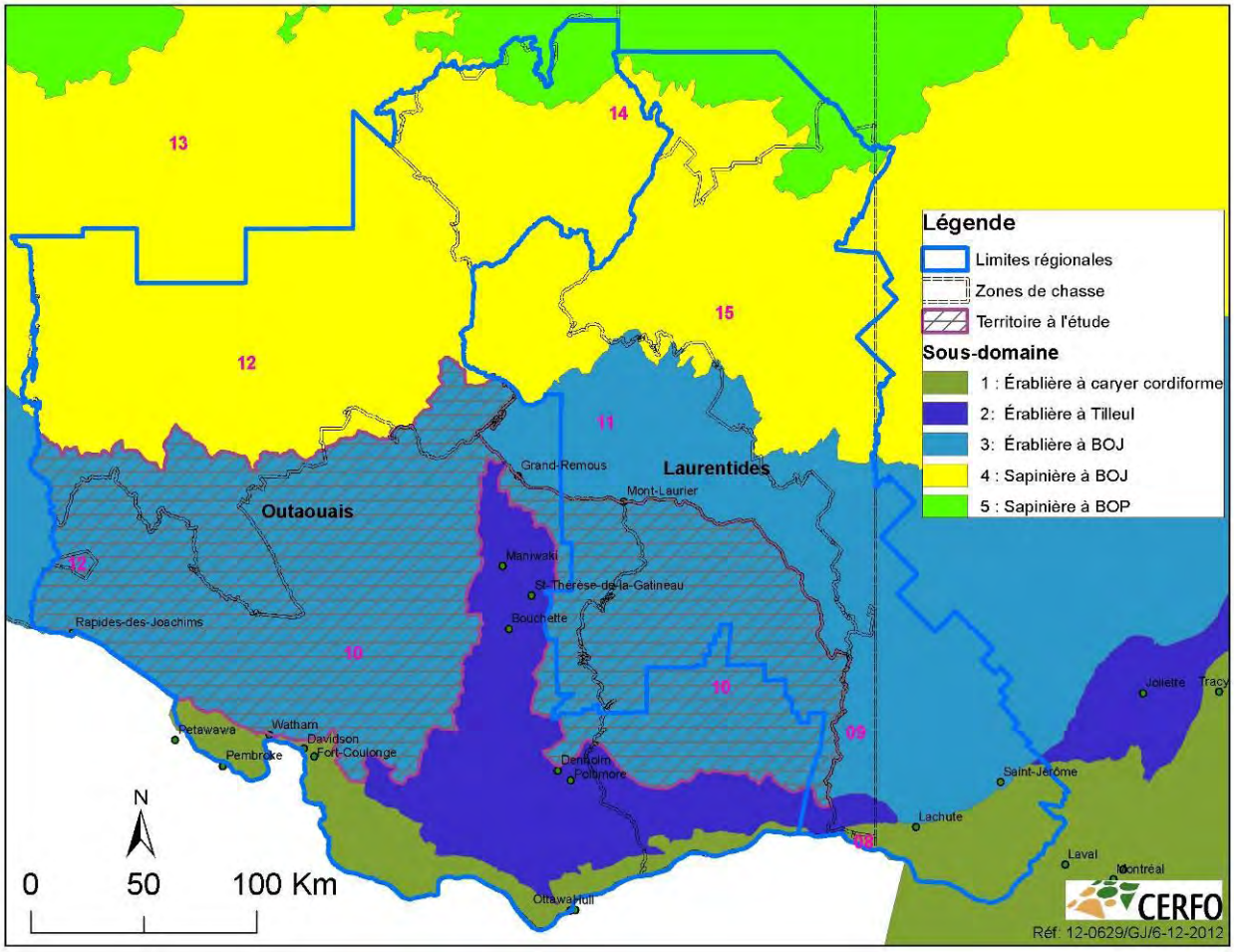

Figure 1. Localisation du territoire à l'étude

2.2. ACQUISITION DES CONNAISSANCES SUR LE TERRITOIRE

Cette section présente les méthodes utilisées concernant la stratification forestière du territoire, les méthodes d'échantillonnage, l'élaboration du plan de sondage, les méthodes de détermination des différentes cotes de brout, d'abri et d'entremêlement des peuplements ainsi que les méthodes statistiques utilisées.

2.2.1. Stratification du territoire

À partir des cartes écoforestières 1: 20 000 du quatrième inventaire décennal du MRNF, plus de 1 100 peuplements forestiers différents ont été identifiés sur le territoire à l'étude. Afin de faciliter le travail de terrain et la compréhension des résultats, les peuplements forestiers ont été regroupés en strates en tenant compte des besoins (abri, nourriture, éviter la prédation) et du comportement de l'orignal en relation avec les caractéristiques des peuplements forestiers telles que : le type de couvert forestier, la composition, le type écologique, la densité, la hauteur, l'âge du peuplement et les superficies disponibles.

Le tableau 1 présente les 31 strates écoforestières ayant servi à la planification et la réalisation de la prise de données sur le terrain. En posant l'hypothèse que dans l'érablière à bouleau jaune, la présence d'abris de qualité est le principal critère limitatif de l'orignal, une forte importance a été accordée sur la quantité et la qualité d'abris constitués de couvert résineux. Les peuplements forestiers ont ainsi fait l'objet de regroupements et de stratification en fonction de leurs attributs d'abri et de nourriture selon 6 grands groupes :

- Strates résineuses de 7 m et plus
- Strates à dominance résineuse de 7 m et plus
- Strates feuillues de 12 m et plus de densité de couvert élevé (≥ 40%)
- Strates à dominance feuillue de 12 m et plus
- Strates feuillues de 12 m et plus de faible densité de couvert (< 40 %)
- Strates en régénération

Strates résineuses de 7 m et plus (8 strates)

Les peuplements résineux sont pressentis pour être ceux ayant les meilleurs attributs d'abri pour l'orignal. La stratification a été effectuée en anticipant la capacité d'interception de la neige des différentes espèces résineuses et en tenant compte de la densité du couvert forestier. Ainsi, on a présumé, pour la stratification initiale, que le sapin et l'épinette offrent la meilleure capacité d'interception de la neige, suivis par le pin et le thuya (les groupes ont été reclassé après inventaires selon les données de capacité de rétention de la neige basé sur la littérature, voir tableau 3) De même, les peuplements de densités A et B offrent une meilleure qualité d'abri que les peuplements de densités C et D. En terme de qualité de nourriture, lorsque que l'on compare les espèces résineuses entres elles, le thuya est préféré au sapin et au pin, alors que l'épinette arrive au dernier rang (tableau 1).

Strates à dominance résineuse de 7 m et plus (8 strates)

Dans le cas des peuplements à dominance résineuse, la différence de qualité de la nourriture offerte par les espèces compagnes a été prise en compte. Ainsi, les feuillus intolérants offriraient une meilleure qualité de nourriture que les feuillus tolérants (Dussault *et al.,* 2006). Les résineux offrant une qualité d'abri semblable ont été regroupés (groupes présumés initiaux : pin avec thuya et sapin avec épinette) tout en tenant toujours compte de la densité du couvert.

Strates feuillues de 12 m et plus de densité de couvert élevé (≥ 40%) (4 strates)

Les peuplements feuillus sont pressentis comme ceux offrant les meilleurs attributs de nourriture pour l'orignal. Tel que suggéré par Dussault *et al.* (2006), les feuillus intolérants offriraient une meilleure qualité de nourriture que les feuillus tolérants. Dans le cas des strates feuillues, c'est leur probabilité à contenir des tiges résineuses qui a servi à compléter la stratification. Ainsi, les types écologiques strictement feuillus (issus des végétations potentielles FE1, FE2, FE5 et FO1) ont été séparés des types écologiques présentant le potentiel de contenir des tiges résineuses (toutes les autres végétations potentielles).

Strates à dominance feuillue de 12 m et plus (6 strates)

La stratification des peuplements à dominance feuillue a tenu compte du type de feuillu (FI ou FT), de la probabilité de présence de tiges résineuses (types écologiques) et de la qualité d'abri

offerte par les espèces compagnes résineuses. Comme les peuplements à dominance feuillue accompagnés de pin et de thuya occupaient peu de superficie (strates 19 et 21), tous les types écologiques de ces peuplements ont été regroupés ensemble (tableau 1).

Strates feuillues de 12 m et plus de faible densité de couvert (< 40 %) (2 strates)

Les peuplements de faible densité ont fait l'objet d'une stratification simple en séparant les peuplements feuillus des peuplements à dominance feuillue (plus forte probabilité de résineux).

Strates en régénération (3 strates)

Les peuplements résineux de moins de 7 m ont été séparés des peuplements mélangés et feuillus de moins de 7 m et des peuplements mélangés et feuillus de 7 à 12 m de hauteur.

Tableau 1. Regroupement et stratification des peuplements forestiers du territoire d'étude en 31 strates forestières en fonction de leurs attributs relatifs d'abri et de nourriture

Strates résineuses - Hauteur 1-2-3-4 - Tous types écologiques

Numéro	Type de peuplement	Densité couvert	Qualité Nourriture	Qualité Abri		Numéro	Type de peuplement	Densité couvert	Qualité Nourriture	Qualité Abri
1	R-S (Sapin)	AB	5	1		9	R-S (Sapin)	CD	4	1
2	R-P (Pin)	AB	5	2		10	R-P (Pin)	CD	4	2
3	R-E (Épinette)	AB	6	1		11	R-E (Épinette)	CD	5	1
4	R-T (Thuya)	AB	4	2		12	R-T (Thuya)	CD	3	2

Strates à dominance résineuse - Hauteur 1-2-3-4 - Tous types écologiques

Numéro	Type de peuplement	Densité couvert	Qualité Nourriture	Qualité Abri		Numéro	Type de peuplement	Densité couvert	Qualité Nourriture	Qualité Abri
5	RFI-PT	AB	4	4		13	RFI-PT	CD	3	4
6	RFI-SE	AB	4	3		14	RFI-SE	CD	3	3
7	RFT-PT	AB	3	4		15	RFT-PT	CD	2	4
8	RFT-SE	AB	3	3		16	RFT-SE	CD	2	3

Strates feuillues - Hauteur 1-2-3 et Densité du couvert A-B-C

Numéro	Type de peuplement	Type écologique	Qualité Nourriture	Qualité Abri		Numéro	Type de peuplement	Type écologique	Qualité Nourriture	Qualité Abri
17	FI	FEU	2	6		23	FI	RES	2	5
18	FT	FEU	1	6		24	FT	RES	1	5

Strates à dominance feuillue - Hauteur 1-2-3 et Densité du couvert A-B-C

Numéro	Type de peuplement	Densité couvert	Qualité Nourriture	Qualité Abri		Numéro	Type de peuplement	Densité couvert	Qualité Nourriture	Qualité Abri
19	FIR-PT	FEU	3	5		19	FIR-PT	RES	3	4
20	FIR-SE	FEU	3	4		25	FIR-SE	RES	3	3
21	FTR-PT	FEU	2	5		21	FTR-PT	RES	2	4
22	FTR-SE	FEU	2	4		26	FTR-SE	RES	2	3

Strates feuillues - Hauteur 1-2-3 et Densité du couvert D

Numéro	Type de peuplement	Type Écologique	Qualité Nourriture	Qualité Abri
27	FI et FT	FEU+RES	3	7
28	FIR et FTR	FEU+RES	4	6

Strates en régénération

Numéro	Type de peuplement	Hauteur	Qualité Nourriture	Qualité Abri
29	REG-R	5-6-7	6	5
30	REG-MF	4	5	6
31	REG-MF	5-6-7	4	7

Cote relative de qualité d'attribut

1	excellent
2	très bon
3	bon
4	moyen
5	pauvre
6	très pauvre
7	nul

Au moment des analyses statistiques, un ajustement a été fait afin de mieux tenir compte de la capacité des essences résineuses à intercepter la neige (tableau 2) et ainsi à offrir une qualité d'abri. Les strates ayant fait l'objet de regroupement du pin et du thuya ont été scindées dans la mesure où suffisamment de données étaient disponibles pour quantifier chacun des cas (strates 5, 7, 11, 13, 15, 19 et 21) (tableau 3). Pour les strates 13 et 19, seules les compilations des strates avec pins présentaient des données d'inventaire. La strate 3 a également été scindée en deux étant donné que plusieurs peuplements échantillonnés contenaient une forte proportion de mélèze.

Suivant ces modifications et ajouts, un total de quarante-et-une (41) strates forestières ont été créées, dont trente-six (36) ont été utilisées dans l'analyse des données forestières (tableau 3). Toutes les nouvelles divisions de strates ont été appliquées sur la cartographie. Pour les strates sans données d'inventaire, les données de la strate d'origine ont été utilisées.

Tableau 2. Capacité relative d'interception de la neige par essence

Essences	Cote relative
Thuya	1,0
Pruche	0,9
Sapin	0,8
Épinettes rouge et blanche	0,7
Pin blanc	0,5
Pin gris, pin rouge et épinette noire	0,3
Mélèze	0,1

Source : Allen *et al.* (1987)

Tableau 3. Description des 31 strates d'inventaire originales subdivisées en 41 strates en vue des compilations

Numéro de strate	Description	Remarque
0	Lac, rivière, etc.	
1	R-S-AB-1234	
2	R-P-AB-1234	
3.1	R-E-AB-1234	Strate divisée pour épinette. Données disponibles pour compilation.
3.2	R-ML-AB-1234	Strate divisée pour mélèze. Données disponibles pour compilation.
4	R-T-AB-1234	
5.1	M-RFI-P-AB-1234	Strate divisée pour PINS. Données disponibles pour compilation.
5.2	M-RFI-T-AB-1234	Strate divisée pour THO. Données disponibles pour compilation.
6	M-RFI-SE-AB-1234	
7.1	M-RFT-P-AB-1234	Strate divisée pour PINS. Données disponibles pour compilation.
7.2	M-RFT-T-AB-1234	Strate divisée pour THO. Données disponibles pour compilation.
8	M-RFT-SE-AB-1234	
9	R-S-CD-1234	
10	R-P-CD-1234	
11.1	R-E-CD-1234	Strate divisée pour épinette. Données disponibles pour compilation.
11.2	R-ML-CD-1234	Strate divisée pour mélèze. Données non disponibles pour compilation.
12	R-T-CD-1234	
13.1	M-RFI-P-CD-1234	Strate divisée pour PINS. Données disponibles pour compilation.
13.2	M-RFI-T-CD-1234	Strate divisée pour THO. Données non disponibles pour compilation.
14	M-RFI-SE-CD-1234	
15.1	M-RFT-P-CD-1234	Strate divisée pour PINS. Données disponibles pour compilation.
15.2	M-RFT-T-CD-1234	Strate divisée pour THO. Données disponibles pour compilation.
16	M-RFI-SE-CD-1234	
17	F-FI-tyF-ABC-123	
18	F-FT-tyF-ABC-123	
19.1	M-FIR-P-tyFR-ABC-123	Strate divisée pour PINS. Données disponibles pour compilation.
19.2	M-FIR-T-tyFR-ABC-123	Strate divisée pour THO. Données non disponibles pour compilation.
20	M-FIR-SE-tyF-ABC-123	
21.1	M-FTR-P-tyFR-ABC-123	Strate divisée pour PINS. Données disponibles pour compilation.
21.2	M-FTR-T-tyFR-ABC-123	Strate divisée pour THO. Données disponibles pour compilation.
22	M-FTR-SE-tyF-ABC-123	
23	F-FI-tyR-ABC-123	
24	F-FT-tyR-ABC-123	
25	M-FIR-SE-tyR-ABC-123	
26	M-FTR-SE-tyR-ABC-123	
27	FEU-D-123	
28	MIX-D-123	
29	R-567	
30	MF-4	
31	MF-567	
32	MF-sans-âge	Strate sans données pour peuplement très jeune.
33	Improductif (AL, DH, …)	Strates sans données pour peuplements non productifs.

2.2.2. Échantillonnage – Points d'observation

Un point d'observation est un tronçon de 50 m de longueur constitué d'une placette au prisme, de 10 observations du couvert espacées de 5 m, d'une observation de sociabilité des tiges et de 3 placettes de 10 m^2 (1,78 m de rayon) espacées de 10 m (figure 2). Avec une chaîne de 50 m, le technicien marchait jusqu'au point d'observation (localisation GPS) et fixait celle-ci au sol (point à la distance 0 m). Les observations étaient effectuées en marchant le long de la chaîne.

Placette au prisme (point à 10 m)

La placette au prisme (facteur 2) a servi à évaluer la qualité de l'abri en établissant la surface terrière des tiges de plus de 10 cm de diamètre à hauteur de poitrine (DHP) par grande classe de DHP (10-18, 20-28, etc.) pour chacune des essences. Le type écologique (dépôt, drainage, milieu) a aussi été confirmé et toute remarque ou justification d'écart a été notée (essence particulière, description du milieu, etc.).

Grappe de 10 observations du couvert (premier point à 5 m et autres points espacés de 5 m par la suite)

Ces observations visaient à caractériser la qualité de l'abri en évaluant le pourcentage de couvert forestier résineux. Ainsi, pour les essences résineuses de 7 m et plus de hauteur, il a été vérifié si le point était situé sous un couvert résineux ou non.

Sociabilité des tiges (*dans les limites visuelles d'un rayon de 20 à 50 m; point à 10 m)*

Cette observation visait à caractériser la qualité de l'abri en établissant la sociabilité des tiges résineuses dans le peuplement. Les tiges résineuses de 7 m et plus de hauteur ont été classées ainsi :

- Individu : Arbre se distinguant de son environnement
- Touffe : Groupe de 2 à 10 arbres se distinguant de leur environnement
- Groupe : Groupement d'arbres occupant de 50 à 300 m^2 (diamètre = hauteur des arbres)
- Bouquet : Groupement d'arbres occupant entre 300 et 1 000 m^2 (diamètre = 1 à 2 fois la hauteur des arbres)

Placettes de 10 m^2 (points à 0, 10 et 20 m)

La placette de 10 m^2 (1,78 m de rayon) avait pour objectif d'évaluer le brout disponible (*c.-à-d.* disponibilité de nourriture) en dénombrant le nombre exact de tiges de la strate arbustive en essences feuillues utilisées par l'orignal entre 50 et 300 cm de hauteur.

Les tiges ayant un brout disponible de 50 cm à 300 cm de hauteur ont été dénombrées pour les essences commerciales, dont : *Betula* spp. (bouleau), *Populus* spp. (peuplier), *Acer* spp. (érable), *Quercus* spp. (chêne), *Fraxinus* spp. (frêne), etc. Les tiges ayant un brout disponible de 50 cm à 300 cm de hauteur ont aussi été dénombrées pour les essences non commerciales, dont : *Acer* spp. (érables à épis et de Pennsylvanie), *Prunus* spp. (cerisier), *Viburnum* spp. (viorne), *Corylus cornuta* (noisetier), *Sorbus* spp. (sorbier), *Salix* spp. (saule), *Sambucus* spp. (sureau), *Cornus* spp. (cornouiller), *Amélanchier* spp. (amélanchier), etc.

Lorsqu'une fourche était présente et que celle-ci était à plus de 15 cm du sol, cette dernière était considérée comme une seule tige. Quand la fourche était située à moins de 15 cm du sol et que les tiges individuelles étaient d'une hauteur équivalente (pas une branche), les tiges étaient considérées comme différentes et donc comptées individuellement.

Les essences ne constituant pas du brout de qualité pour l'orignal ont été exclues : *Fagus grandifolia* (hêtre), *Alnus* spp. (aulne), *Éricacées* (*vaccinium, ledum, gaultheria, kalmia*, etc.), *Ribes* spp. (gadellier et groseillier), *Rubus* spp. (ronce, framboisier) et tous les résineux (sapin, épinette, pin, pruche, thuya).

Finalement, la proportion de tiges dénombrées par rapport au nombre total de tiges (classe de densité de 10 %) a été évaluée et les principales espèces compagnes ont été notées (HEG, OSV, SAB, etc.). Le formulaire utilisé pour l'échantillonnage est présenté à l'annexe 1.

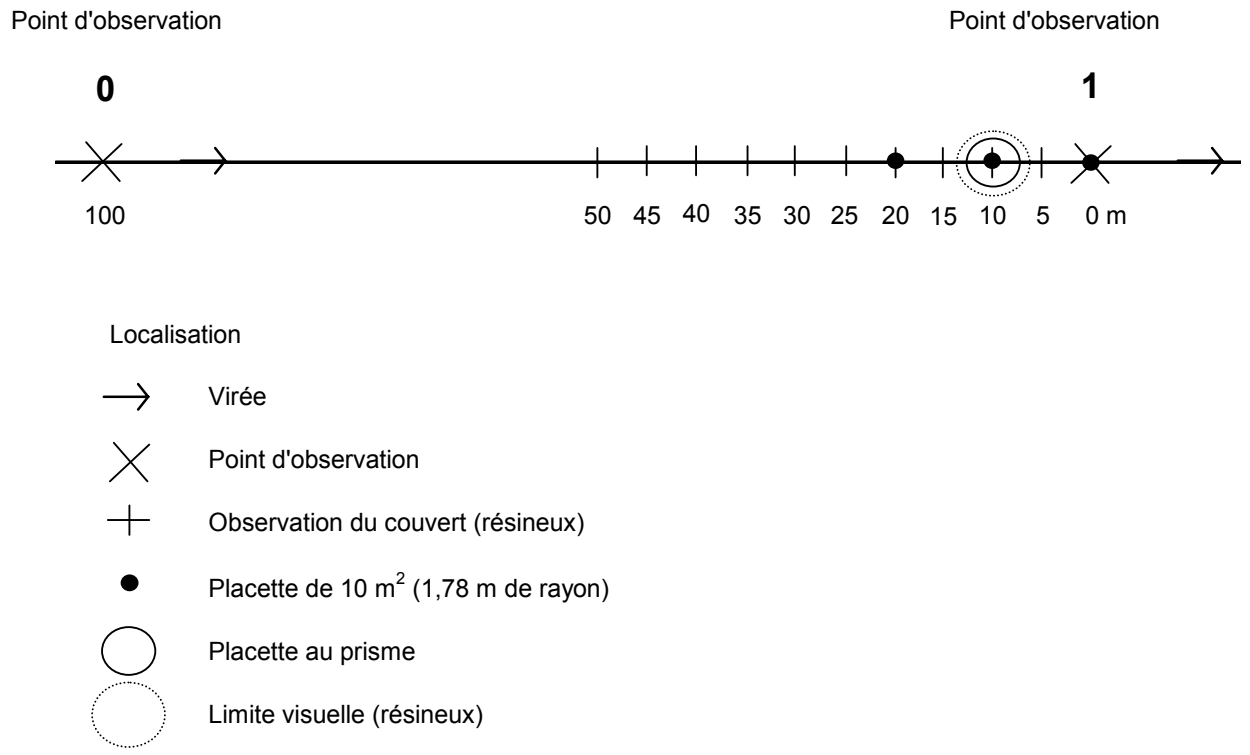

Figure 2. Constitution d'un point d'observation

2.2.3. Organisation de la prise de données sur le terrain

Afin de s'assurer de couvrir l'ensemble du territoire au moyen de l'échantillonnage et pour faciliter l'organisation du travail sur le terrain, le territoire d'étude a été subdivisé en 6 compartiments en fonction des sous-régions écologiques et du temps de travail disponible. La carte synthèse est présentée à la figure 3. L'échantillonnage a été effectué par une équipe de techniciens du CERFO et une équipe de techniciens du MRN entre le 24 mai et le 31 août 2012.

2.2.4. Plan de sondage

Localisation des virées d'échantillonnage

La préparation du plan de sondage a consisté à positionner 12 virées d'échantillonnage dans 12 peuplements différents dans chacune des 31 strates. Au total, 372 virées ont été planifiées. Afin de s'assurer de bien couvrir le territoire d'étude, 2 virées d'échantillonnage par strate dans chacun des compartiments ont été planifiées (voir figure 3).

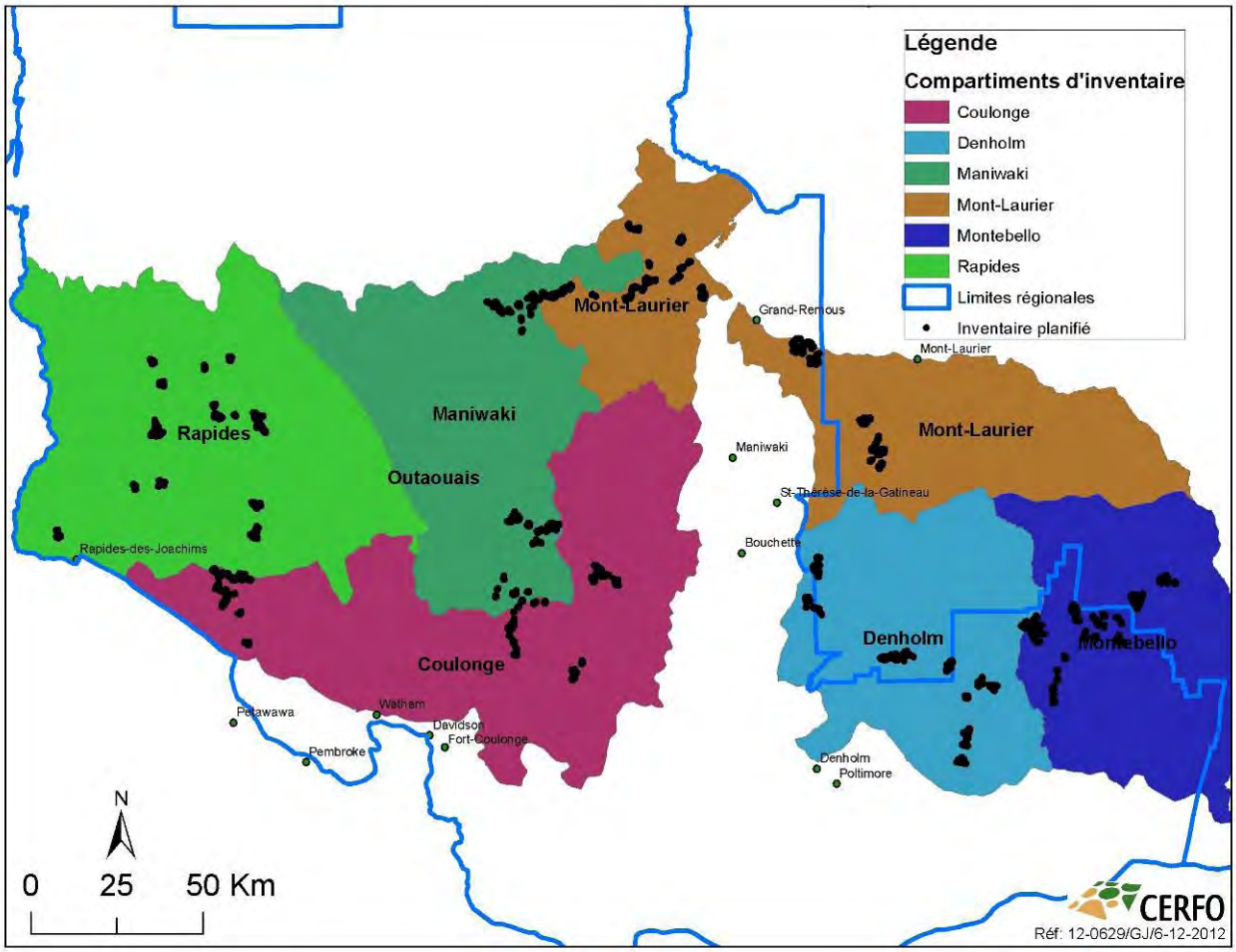

Figure 3. Subdivision du territoire d'étude en 6 compartiments d'inventaire et plan de sondage planifié

Constitution des virées d'échantillonnage

Une virée d'échantillonnage comportait 12 points d'observation qui étaient espacés entre eux d'un minimum de 50 mètres et situés à plus de 50 m de la limite de la strate ou du chemin (voir exemple à la figure 4). Au total, 4 458 points d'observation ont été planifiés et localisés par le plan de sondage sur le territoire d'étude.

Les virées ont été réalisées dans la mesure du possible le long des chemins accessibles par véhicule. Dans certains cas, un véhicule tout terrain a été nécessaire pour se déplacer. Le choix de réaliser l'échantillonnage à un endroit donné était dicté par l'accessibilité des lieux, la présence de plusieurs strates à proximité et par la compartimentation du territoire.

Modalités particulières d'exécution des virées d'échantillonnage

Chaque évaluateur devait réaliser 3 virées par jour et un minimum de 18 points d'observation. L'objectif était de réaliser un minimum de 6 points d'observation par virée. L'évaluateur réalisait d'abord les numéros des points d'observation impairs de chacune des virées. En fonction du temps disponible dans la journée, il réalisait ensuite un certain nombre de points d'observation supplémentaires répartis sur les 3 virées, en commençant par les numéros pairs supérieurs.

Les points d'observations devaient être réalisés à l'endroit planifié; seule une raison majeure justifiait le déplacement d'un point d'observation (ex : chemin forestier). Si les caractéristiques du point d'observation ne correspondaient pas à la strate à laquelle il appartenait, le point d'observation était tout de même échantillonné mais l'observateur devait noter la justification ou des remarques pertinentes.

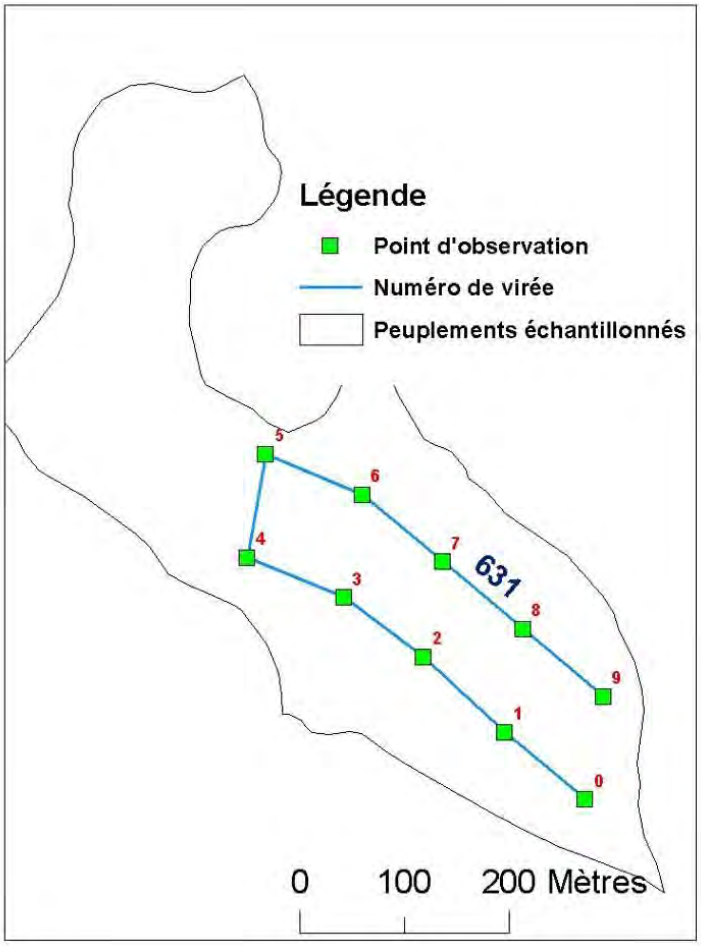

Figure 4. Exemple de localisation des points d'observation sur une virée d'échantillonnage

2.2.5. Validation de la base de données

Une fois que toutes les données avaient été saisies, une validation de chaque variable a été réalisée en fonction des valeurs possibles. Pour ce faire, une vérification des formulaires a été faite et des questions ont été posées au besoin aux techniciens forestiers ayant effectués la prise de données sur le terrain.

Par la suite, l'analyse des remarques prises sur le terrain a permis d'exclure certains points d'observation ou certaines virées. Une virée était annulée lorsque l'ensemble des points d'observation ne correspondaient pas aux peuplements prévus, en se basant sur les remarques. Par exemple, si la majorité des points d'observation d'une virée étaient en chablis et que la strate devait être de densité A ou B, la virée était annulée. Si moins de la moitié de la virée était constituée de chablis, alors la virée et les points d'observation étaient conservés. L'annulation de certains points d'observation au sein d'une virée s'est aussi faite dans certains cas lorsqu'ils différaient grandement de la strate ou présentaient une condition différente (par exemple, si le point d'observation tombait dans un chemin ou dans une coupe récente totale).

2.2.6. Compilations et analyses des données par strate

Les compilations des données par strate et des analyses statistiques ont été réalisées pour déterminer si les différences entre les strates étaient perceptibles à partir des données d'inventaire récoltées.

Les variables ayant été analysées sont en lien avec la stratification des 31 strates d'origine, soit :

- La densité cartographique :
    - Surface terrière totale dans les strates à dominance résineuse stratifiées, en fonction des classes de densité AB et CD;
    - Surface terrière totale des strates à dominance feuillue de classe de densité ABC et D.
- La composition en espèces :
    - Surface terrière résineuse et feuillue par regroupement de strates, soit les strates : résineuses, à dominance résineuse, feuillues et à dominance feuillue. Surface

terrière totale pour les strates à dominance résineuse stratifiées en fonction des classes de densité AB et CD;

- Surface terrière résineuse pour les strates feuillues ayant les types écologique contenant des tiges résineuses;
- Surface terrière totale par essence ou groupe d'essences cibles (THO, PINS, EP, SAB, FI, FT);
- Cote de sociabilité : Lors de l'inventaire, la sociabilité des résineux a été notée au moyen de classes. Ces classes ont été converties en nombre, de la façon suivante : absent = 0, individus = 1, touffe = 2, groupe = 3, bouquet = 4;
- Pourcentage de couvert de résineux selon les virées.

Pour la comparaison du brout disponible, les valeurs de brout ont été comparées en fonction des différents critères de stratification nommés ici haut.

Les analyses de variance (ANOVA) ont été effectuées avec la procédure « MIXED ». Les analyses ont tenu compte de la disposition aléatoire des virées du plan d'expérience. Cette procédure a permis de contrôler les effets aléatoires reliés à l'échantillonnage (virées) et de mettre en lumière les effets fixes. La procédure « LSD » est venue compléter l'analyse de variance et a permis de déterminer s'il y avait des différences significatives entre les divers niveaux de stratification (type de couvert, densité, espèce dominantes) pour les mesures réalisées dans l'inventaire (seuil α = 5 %). Lorsque nécessaires, des transformations de données ont été réalisées pour répondre aux critères d'homogénéité de variances pour faire les analyses.

2.2.7. Détermination des différents indices

Une fois les compilations réalisées, différents indices sont proposés pour qualifier la nourriture, l'abri et l'entremêlement.

2.2.7.1. Détermination des indices de qualité de nourriture

C'est la densité de tiges à l'hectare des essences feuillues faisant partie du régime alimentaire de l'orignal (brout) qui est utilisée pour quantifier la nourriture disponible à l'intérieur de chaque strate.

Trois cotations ont été testées :

Cote_5 % (NBR) : Il s'agit du nombre de tiges à l'hectare de brout divisé par 10 000 et arrondi à 5 % près.

Cote_10 % (NBR) : Il s'agit du nombre de tiges à l'hectare de brout divisé par 10 000 et arrondi à 10 % près.

Cote_10 % (PEU) : D'abord inspirée du calcul de la Cote_10 % (NBR), la distribution des cotes a ensuite été faite par le regroupement des strates ayant des caractéristiques d'appellation forestière semblables.

Chacune des 36 strates forestières se verront attribuer une cote de nourriture. Ces cotes serviront ensuite à déterminer différents indices de qualité de nourriture ($IQ_{nourriture}$) à l'intérieur de chacune des parcelles évaluées selon l'équation suivante :

[1] $IQ_{nourriture}$ = Somme des proportions de superficie des différentes cotes d'abondance de brout à l'intérieur de la parcelle à évaluer

2.2.7.2. Détermination des indices de qualité d'entremêlement

L'indice de qualité de l'entremêlement ($IQ_{entremêlement}$) tel que décrit dans Dussault *et al.* (2006) est calculé sur une unité de surface donnée (parcelle) et est déterminée par la proportion de peuplements se qualifiant à la fois comme strates adéquates en nourriture et en abri (peuplements intra) et par la longueur de bordure entre les peuplements adéquats pour la nourriture et l'abri (bordure exprimé en m/ha) selon les équations suivantes :

[2] $IQ_{entremêlement}$ = peuplements intra + bordure

[3] Peuplements intra = proportions de peuplement adéquat à la fois en nourriture et en abri

[4] Bordure = (1- [3]) X index entre peuplements

[5] Index entre peuplements = (longueur de bordure / 70e percentile de longueur de bordure pour l'ensemble du territoire selon l'unité de surface analysée)

Pour calculer cet indice, il faut déterminer les caractéristiques des peuplements intra et des peuplements pouvant faire une bordure, soit des peuplements adéquats en nourriture et en abri qui se juxtaposent, tel que décrit dans les prochaines sections.

Détermination des strates de nourriture

La détermination des strates que l'on peut qualifier comme ayant de bon attribut de nourriture a été faite selon différentes approches. Premièrement, tel que décrit dans Dussault *et al.* (2006), en prenant la valeur de 10 000 tiges/ha comme bon attribut (BROUT10). Ensuite, les valeurs par strate ont été classées en ordre croissant et leur moyenne a été comparée avec la valeur de 10 000 tiges/ha avec un test de t unilatéral. Il s'est avéré que, pour la plupart des strates, il n'y avait plus de différences à partir de 7 000 tiges/ha. Ainsi, les peuplements de plus de 7 000 tiges ont aussi été considérés comme bons attributs de nourriture (BROUT7). Pour compléter, les strates avec plus de 6 000 (BROUT6) et 8 000 (BROUT8) tiges ont également été prises en compte. Ainsi, ces quatre différents groupes de strates ont été testées (tableau 4).

Tableau 4. Description des seuils pour classer les groupes de strates en fonction de leur attribut en nourriture

Nom de groupe	Nombre de tiges de brout/ha
BROUT10	>=10 000
BROUT8	>= 8 000
BROUT7	>= 7 000
BROUT6	>= 6 000

Détermination des strates d'abri

La détermination des strates que l'on peut qualifier de bons attributs d'abri a été faite selon différentes approches, en considérant les surfaces terrières résineuses totales ou relatives (qui tiennent compte de la capacité de rétention de la neige des espèces résineuses) (tableau 2). Premièrement, tel que décrit dans Dussault *et al.* (2006), la qualification des strates comme abri a été évaluée en prenant la valeur de 13 m^2/ha comme bon attribut d'abri (RES13). Ensuite, les valeurs par strate ont été classées en ordre croissant et leur moyenne a été comparée avec la valeur de 13 m^2/ha avec un test de t unilatéral. Il s'est avéré que, pour la plupart des strates, il n'y avait plus de différences à partir de 10 m^2/ha. Ainsi, les peuplements de plus de 10 m^2/ha de résineux ont aussi été considérés comme bons attributs d'abri (RES10). Pour compléter, les

mêmes seuils de 10 et 13 m^2/ha ont été utilisés, mais pour la surface terrière résineuse relative (RESREL13 et RESREL10). Ainsi, ces quatre différents classements de strates ont été testés pour l'entremêlement (tableau 5).

Tableau 5. Description des seuils pour classer les groupes de strates en fonction de leur attribut d'abri

Nom de groupe	Surface terrière résineuse (m^2/ha)
RES13	>=13 (totale)
RES10	>=10 (totale)
RESREL13	>=13 (relative)
RESREL10	>=10 (relative)

Détermination des bordures

Les différentes bordures testées sont composées des différents groupes de strates de nourriture et d'abri qui se juxtaposent tels que décrits précédemment (tableau 6). Ainsi, pour créer les bordures, une zone tampon de 1 m est créée autour des strates d'abri et est intersectée avec la strate de nourriture. La longueur de la bordure est alors déterminée par la valeur du périmètre moins 2 m, le tout divisé par deux. Cette mesure donne une approximation de la longueur de la bordure (C. Dussault, MRN, communication personnelle).

Tableau 6. Description des seuils pour produire les différentes bordures

	Strate d'abri		Strate de nourriture	
Nom de bordure	Surface terrière résineuse (m^2/ha)	Nom du groupe	Nombre de tiges de brout/ha	Nom du groupe
Bordure1	>=13 (totale)	RES13	>=10000	BROUT10
Bordure2	>=13 (relative)	RESREL13	>=10000	BROUT 10
Bordure3a	>=10 (totale)	RES10	>=10000	BROUT 10
Bordure3b	>=10 (totale)	RES10	>=8000	BROUT 8
Bordure3c	>=10 (totale)	RES10	>=7000	BROUT 7
Bordure3d	>=10 (totale)	RES10	>=6000	BROUT 6
Bordure4a	>=10 (relative)	RESREL10	>=10000	BROUT 10
Bordure4b	>=10 (relative)	RESREL10	>=8000	BROUT 8
Bordure4c	>=10 (relative)	RESREL10	>=7000	BROUT 7
Bordure4d	>=10 (relative)	RESREL10	>=6000	BROUT 6

Détermination des strates intra (bonne qualité de nourriture et d'abri intra-strate)

Les strates intra sont celles ayant à la fois une bonne qualité de nourriture et une bonne qualité d'abri. Plusieurs seuils sont testés en considérant la surface terrière résineuse totale et la surface terrière résineuse relative (tableau 7).

Tableau 7. Description des seuils pour produire les différentes strates intra

	Strate d'abri		Strate de nourriture	
Nom de strate intra	**Surface terrière résineuse (m^2/ha)**	**Nom du groupe**	**Nombre de tiges de brout/ha**	**Nom du groupe**
Intra1	>=10 (totale)	RES10	>=7000	BROUT7
Intra2	>=10 (totale)	RES10	>=6000	BROUT6
Intra2b	>=10 (totale)	RES10	>=5000	BROUT5
Intra2c	>=8 (totale)	RES8	>=5000	BROUT5
Intra2d	>=7 (totale)	RES7	>=5000	BROUT5
Intra3	>=10 (relative)	RESREL10	>=7000	BROUT7
Intra4	>=10 (relative)	RESREL10	>=6000	BROUT6
Intra4b	>=10 (relative)	RESREL10	>=5000	BROUT5
Intra4c	>=8 (relative)	RESREL8	>=5000	BROUT5
Intra4d	>=7 (relative)	RESREL7	>=5000	BROUT5

Indices de qualité d'entremêlement testés

Considérant les différentes bordures et strates intra, plusieurs combinaisons sont possibles pour calculer un indice de qualité d'entremêlement ($IQ_{entremêlement}$) aux différentes échelles spatiales. Ainsi, cinquante (50) indices de qualité d'entremêlement au total ont été produits et testés (tableau 8).

Tableau 8. Description des combinaisons des strates intra et des bordures pour les différents groupes d'entremêlement testés

Nom de groupe	Strates intra			Bordures		
	Nom de strate intra	Surface terrière résineuse (m^2/ha)	Nombre de tiges de brout/ha	Nom de bordure	Surface terrière résineuse (m^2/ha)	Nombre de tiges de brout/ha
$IQ_{entremêlement}1$	Intra1	>=10 (totale)	>=7000	Bordure1	>=13	>=10000
$IQ_{entremêlement}2$	Intra2	>=10 (totale)	>=6000	Bordure1	>=13	>=10000
$IQ_{entremêlement}3$	Intra2b	>=10 (totale)	>=5000	Bordure1	>=13	>=10000
$IQ_{entremêlement}4$	Intra2c	>=8 (totale)	>=5000	Bordure1	>=13	>=10000
$IQ_{entremêlement}5$	Intra2d	>=7 (totale)	>=5000	Bordure1	>=13	>=10000
$IQ_{entremêlement}6$	Intra1	>=10 (totale)	>=7000	Bordure3a	>=10	>=10000
$IQ_{entremêlement}7$	Intra2	>=10 (totale)	>=6000	Bordure3a	>=10	>=10000
$IQ_{entremêlement}8$	Intra2b	>=10 (totale)	>=5000	Bordure3a	>=10	>=10000
$IQ_{entremêlement}9$	Intra2c	>=8 (totale)	>=5000	Bordure3a	>=10	>=10000
$IQ_{entremêlement}10$	Intra2d	>=7 (totale)	>=5000	Bordure3a	>=10	>=10000
$IQ_{entremêlement}11$	Intra1	>=10 (totale)	>=7000	Bordure3b	>=10	>=8000
$IQ_{entremêlement}12$	Intra2	>=10 (totale)	>=6000	Bordure3b	>=10 (totale)	>=8000
$IQ_{entremêlement}13$	Intra2b	>=10 (totale)	>=5000	Bordure3b	>=10 (totale)	>=8000
$IQ_{entremêlement}14$	Intra2c	>=8 (totale)	>=5000	Bordure3b	>=10 (totale)	>=8000
$IQ_{entremêlement}15$	Intra2d	>=7 (totale)	>=5000	Bordure3b	>=10 (totale)	>=8000
$IQ_{entremêlement}16$	Intra1	>=10 (totale)	>=7000	Bordure3c	>=10 (totale)	>=7000
$IQ_{entremêlement}17$	Intra2	>=10 (totale)	>=6000	Bordure3c	>=10 (totale)	>=7000
$IQ_{entremêlement}18$	Intra2b	>=10 (totale)	>=5000	Bordure3c	>=10 (totale)	>=7000
$IQ_{entremêlement}19$	Intra2c	>=8 (totale)	>=5000	Bordure3c	>=10 (totale)	>=7000
$IQ_{entremêlement}20$	Intra2d	>=7 (totale)	>=5000	Bordure3c	>=10 (totale)	>=7000
$IQ_{entremêlement}21$	Intra1	>=10 (totale)	>=7000	Bordure3d	>=10 (totale)	>=6000
$IQ_{entremêlement}22$	Intra2	>=10 (totale)	>=6000	Bordure3d	>=10 (totale)	>=6000
$IQ_{entremêlement}23$	Intra2b	>=10 (totale)	>=5000	Bordure3d	>=10 (totale)	>=6000
$IQ_{entremêlement}24$	Intra2c	>=8 (totale)	>=5000	Bordure3d	>=10 (totale)	>=6000
$IQ_{entremêlement}25$	Intra2d	>=7 (totale)	>=5000	Bordure3d	>=10 (totale)	>=6000
$IQ_{entremêlement}26$	Intra3	>=10 (relative)	>=7000	Bordure2	>=13 (relative)	>=10000
$IQ_{entremêlement}27$	Intra4	>=10 (relative)	>=6000	Bordure2	>=13 (relative)	>=10000
$IQ_{entremêlement}28$	Intra4b	>=10 (relative)	>=5000	Bordure2	>=13 (relative)	>=10000
$IQ_{entremêlement}29$	Intra4c	>=8 (relative)	>=5000	Bordure2	>=13 (relative)	>=10000
$IQ_{entremêlement}30$	Intra4d	>=7 (relative)	>=5000	Bordure2	>=13 (relative)	>=10000
$IQ_{entremêlement}31$	Intra3	>=10 (relative)	>=7000	Bordure4a	>=10 (relative)	>=10000
$IQ_{entremêlement}32$	Intra4	>=10 (relative)	>=6000	Bordure4a	>=10 (relative)	>=10000
$IQ_{entremêlement}33$	Intra4b	>=10 (relative)	>=5000	Bordure4a	>=10 (relative)	>=10000
$IQ_{entremêlement}34$	Intra4c	>=8 (relative)	>=5000	Bordure4a	>=10 (relative)	>=10000
$IQ_{entremêlement}35$	Intra4d	>=7 (relative)	>=5000	Bordure4a	>=10 (relative)	>=10000

Nom de groupe	Strates intra			Bordures		
	Nom de strate intra	Surface terrière résineuse (m^2/ha)	Nombre de tiges de brout/ha	Nom de bordure	Surface terrière résineuse (m^2/ha)	Nombre de tiges de brout/ha
$IQ_{entremêlement}36$	Intra3	>=10 (relative)	>=7000	Bordure4b	>=10 (relative)	>=8000
$IQ_{entremêlement}37$	Intra4	>=10 (relative)	>=6000	Bordure4b	>=10 (relative)	>=8000
$IQ_{entremêlement}38$	Intra4b	>=10 (relative)	>=5000	Bordure4b	>=10 (relative)	>=8000
$IQ_{entremêlement}39$	Intra4c	>=8 (relative)	>=5000	Bordure4b	>=10 (relative)	>=8000
$IQ_{entremêlement}40$	Intra4d	>=7 (relative)	>=5000	Bordure4b	>=10 (relative)	>=8000
$IQ_{entremêlement}41$	Intra3	>=10 (relative)	>=7000	Bordure4c	>=10 (relative)	>=7000
$IQ_{entremêlement}42$	Intra4	>=10 (relative)	>=6000	Bordure4c	>=10 (relative)	>=7000
$IQ_{entremêlement}43$	Intra4b	>=10 (relative)	>=5000	Bordure4c	>=10 (relative)	>=7000
$IQ_{entremêlement}44$	Intra4c	>=8 (relative)	>=5000	Bordure4c	>=10 (relative)	>=7000
$IQ_{entremêlement}45$	Intra4d	>=7 (relative)	>=5000	Bordure4c	>=10 (relative)	>=7000
$IQ_{entremêlement}46$	Intra3	>=10 (relative)	>=7000	Bordure4d	>=10 (relative)	>=6000
$IQ_{entremêlement}47$	Intra4	>=10 (relative)	>=6000	Bordure4d	>=10 (relative)	>=6000
$IQ_{entremêlement}48$	Intra4b	>=10 (relative)	>=5000	Bordure4d	>=10 (relative)	>=6000
$IQ_{entremêlement}49$	Intra4c	>=8 res rel	>=5000	Bordure4d	>=10 (relative)	>=6000
$IQ_{entremêlement}50$	Intra4d	>=7 res rel	>=5000	Bordure4d	>=10 (relative)	>=6000

2.2.7.3. Détermination d'un indice de qualité d'abri

Cet indice n'a pas été retenu dans le modèle général de Dussault *et al.* (2006) puisque que l'abri n'était pas un facteur limitant la répartition de l'orignal dans leur aire d'étude. Puisque cette variable pourrait expliquer la répartition de cet animal dans notre secteur à l'étude, cet indice a été incorporé au modèle général.

Comme il existait une forte relation ($R^2 > 0,80$) (figure 5) entre la surface terrière, le pourcentage de couvert et la sociabilité des tiges de résineux, il a été convenu d'utiliser la surface terrière résineuse dans le calcul de l'indice de qualité de l'abri.

Ainsi, la surface terrière à l'hectare des essences résineuses a été utilisée pour quantifier le couvert en résineux et par conséquent la qualité de l'abri. Afin de tenir compte des différentes capacités d'interception de la neige des espèces résineuses, un facteur de pondération inspiré de Allen *et al.* (1987) (voir tableau 2) a été appliqué pour obtenir une surface terrière pondérée et une surface terrière résineuse relative. La surface terrière résineuse pondérée a été obtenue en attribuant un facteur moyen de pondération à la strate en fonction de la proportion des principales

essences résineuses présentes. La surface terrière résineuse relative a été obtenue en tenant compte de la proportion de la surface terrière de chaque essence retrouvée dans la strate multipliée par le facteur de pondération correspondant.

Six cotations ont été testées :

- RES_ST = Cote déterminée en divisant la valeur de la surface terrière résineuse totale par 13 et en arrondissant au dixième près. Les valeurs supérieures à 1 sont arrondies à 1.
- ST_C_R = Cote déterminée par la valeur de la surface terrière résineuse totale pondérée par la capacité d'interception de la neige moyenne de la strate. Cette valeur est ensuite divisée par 24,8 et arrondie au dixième près.
- ST_C1A = Cote déterminée à partir de la surface terrière résineuse pondérée et attribuée en fonction de la distribution de la surface terrière résineuse pondérée.
- ST2A_P = Cote déterminée à partir de la surface terrière résineuse pondérée et attribuée en fonction de la distribution des appellations semblables de peuplements.
- ST1B_S = Cote déterminée à partir de la surface terrière résineuse relative où les cotes sont attribuées en fonction de la distribution des résultats semblables de surface terrière résineuse relative.
- ST2B_S = Cote déterminée à partir de la surface terrière résineuse relative où les cotes sont attribuées en fonction de la distribution des types de peuplements semblables.

Chacune des 36 strates forestières se verront attribuer une cote d'abri. Ces différentes cotes permettront de déterminer les indices de qualité d'abri à l'intérieur des unités de surfaces analysées, tel que décrit dans l'équation suivante :

[6] IQ_{abri} : Sommes des proportions de superficie des différentes abondances d'abri à l'intérieur des unités de surfaces évaluées

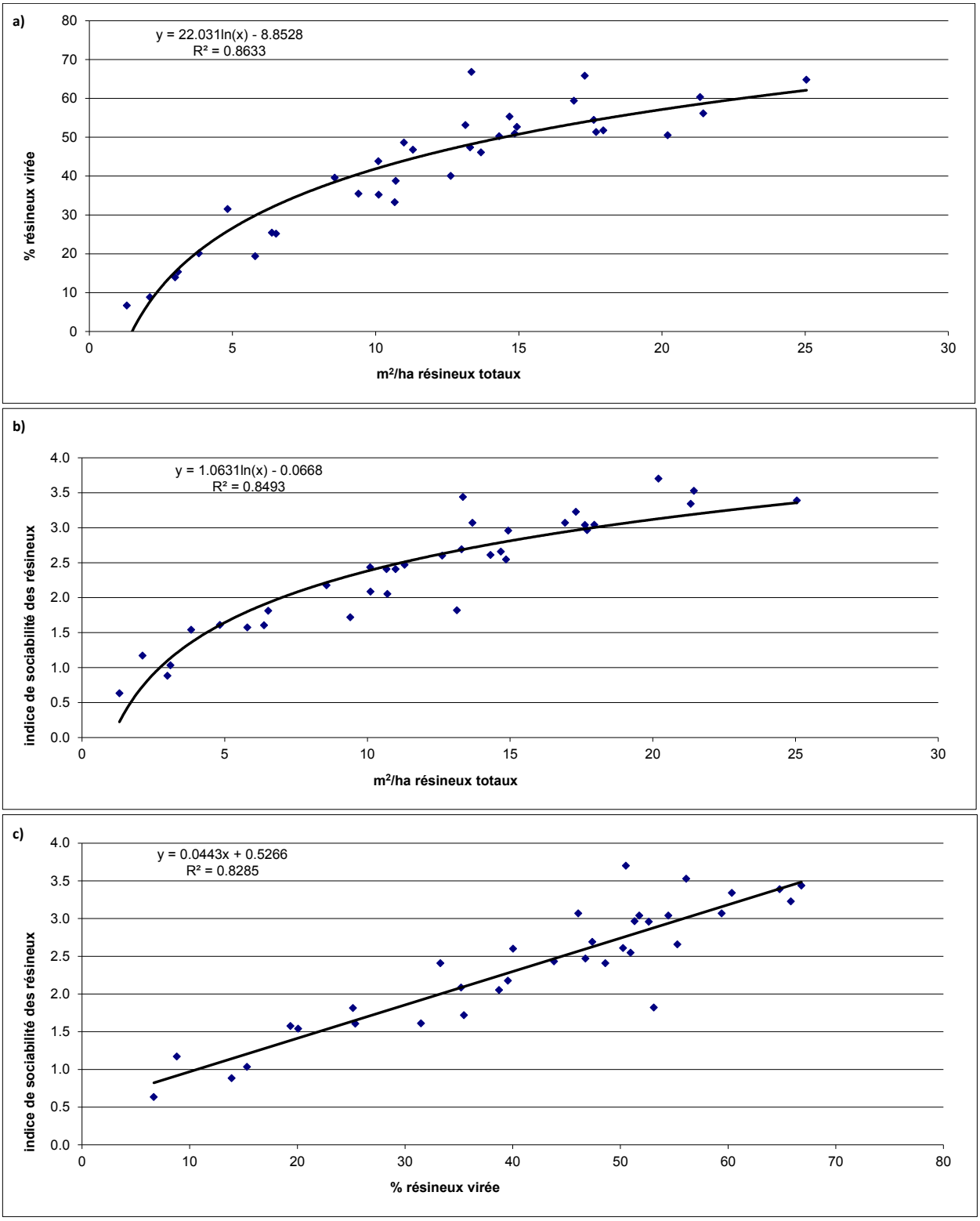

Figure 5. Relations entre les différentes mesures caractérisant le couvert résineux
a) % de couvert résineux de la virée en fonction de la surface terrière résineuse ; b) indice de la cote de sociabilité des résineux en fonction de la surface terrière résineuse et c) indice de la cote de sociabilité des résineux en fonction du pourcentage de couvert résineux de la virée.

2.3. ACQUISITION DES CONNAISSANCES SUR LA PRÉSENCE DES ORIGNAUX

Les sections suivantes présentes les méthodes de relevés aériens de piste d'orignaux, l'occupation faite par l'orignal et la méthode de création des parcelles de 100 et 500 ha.

2.3.1. Inventaires aériens d'orignaux 2012

La quantité de neige au sol observés dans la réserve faunique Papineau-Labelle lors de l'inventaire de 2012 était de 45 cm au début (janvier) et de 70 cm à la fin (mars) des survols aériens (communication personnelle, A. Dumont, MRN-Outaouais).

La récolte par la chasse est un facteur limitant pour la densité de l'orignal dans les zones 10 et 12 en Outaouais. En 2012, la densité moyenne d'orignaux de la zone 10 a été évaluée à **1,57 orignal par 10 km^2** (mais elle est d'environ 3 dans les Zec à l'ouest de la zone, de 4,5 dans la réserve faunique de Papineau-Labelle et d'environ 6,5 dans le secteur Fairmont Kenauk). Ces différences de densité relative d'orignal pourraient s'expliquer par des pressions de chasse différentes (communication personnelle, A. Dumont, MRN-Outaouais). En effet, les zones de chasse 10 et 12 sont des territoires où le prélèvement est non contingenté.

2.3.2. Validation de l'IQH

Pour tenter de valider les différents indices de nourriture, d'abri et d'entremêlement, les données de l'inventaire aérien 2012 sont mises en relation avec ces différents indices. La procédure utilisée est décrite dans cette section et consistait à définir des parcelles de 100 et 500 ha, l'occupation faite par l'orignal, et finalement, à tester différents modèles de prédiction.

2.3.2.1. Création de parcelles de 100 et 500 ha

Des parcelles de 100 ha et de 500 ha de formes hexagonales ont été crées pour l'ensemble de l'aire d'étude avec la fonction Thiessen de Arcgis 10.3.

2.3.2.2. Calcul des cotes par parcelle

Les différents indices (nourriture, abri et entremêlement) ont été calculés pour chacune des parcelles de 100 et 500 ha. Pour l'indice d'entremêlement, les équations définies dans Dussault *et al.* (2006) ont été utilisées. Les valeurs du 70e percentile pour les longueurs de bordure ont été déterminées avec la procédure « univariate » dans SAS (version 9,3). Le tableau 9 illustre les différentes valeurs de percentile obtenues pour les différentes bordures.

Tableau 9. Valeur du 70e percentile pour les longueurs de bordure des parcelles de 100 et 500 ha

			70e percentile	
Nom de bordure	**Surface terrière résineuse (m^2/ha)**	**Nombre de tiges de brout/ha**	**500 ha**	**100 ha**
Bordure1	>=13 (totale)	>=10000	7.9	7.6
Bordure2	>=13 (relative)	>=10000	0.3	0.0001
Bordure3a	>=10 (totale)	>=10000	20.4	21.7
Bordure3b	>=10 (totale)	>=8000	20.9	22.3
Bordure3c	>=10 (totale)	>=7000	29.3	32.0
Bordure3d	>=10 (totale)	>=6000	34.3	37.3
Bordure4a	>=10 (relative)	>=10000	4.6	4.1
Bordure4b	>=10 (relative)	>=8000	5.0	4.6
Bordure4c	>=10 (relative)	>=7000	12.0	12.5
Bordure4d	>=10 (relative)	>=6000	13.9	14.6

2.3.2.3. Zone d'inventaire aérien et occupation du territoire par l'orignal

Pour déterminer les zones d'inventaire, les lignes de vol ont été converties en surfaces avec une zone tampon de 250 m de chaque côté de la ligne de vol. Ces surfaces ont été utilisées pour réaliser les analyses en les superposant avec la couche de parcelles de 100 et 500 ha (figure 6). Les parcelles couvertes à plus de 80 % par une surface de vol ont été retenues pour les analyses soit de 80 ha pour les parcelles de 100 ha et de 400 ha pour les parcelles de 500 ha.

Pour quantifier l'occupation du territoire par l'orignal, les données de pistes ont été utilisées. Pour ce faire, chaque point de piste obtenu lors de l'inventaire aérien a été converti en surface circulaire de 10 ha. La somme de la superficie occupée par des pistes d'orignaux a été compilée pour chaque parcelle de 100 et 500 ha et convertie en pourcentage d'occupation (% superficie occupée / % superficie totale de la parcelle).

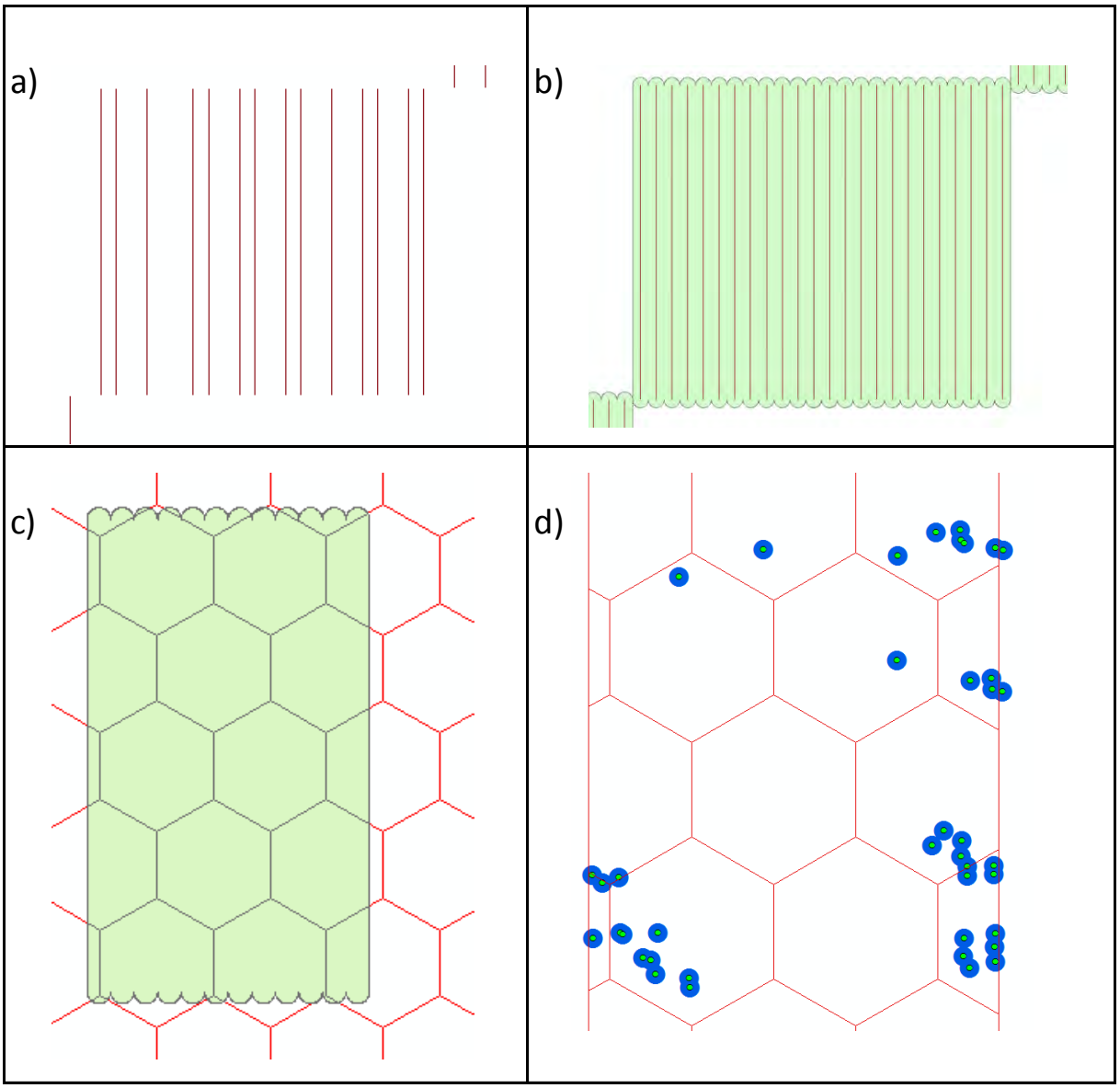

Figure 6. Description des étapes pour déterminer l'occupation par l'original dans une parcelle
a) lignes de vol, b) surface de vol (zone tampon de 250 m), c) intersection de la surface de vol avec les parcelles, d) occupation par l'orignal (zone tampon circulaire de 10 ha).

Suivant les informations disponibles sur les densités connues d'orignaux et les contraintes de chasse, les secteurs d'inventaire ont été regroupés en 4 secteurs, soit : le secteur Rapides, localisé dans l'Ouest de l'Outaouais, le secteur Papineau comprenant la réserve faunique Papineau-Labelle, le secteur Montebello et le reste des secteurs, nommé Autres dans la présente étude (figure 7).

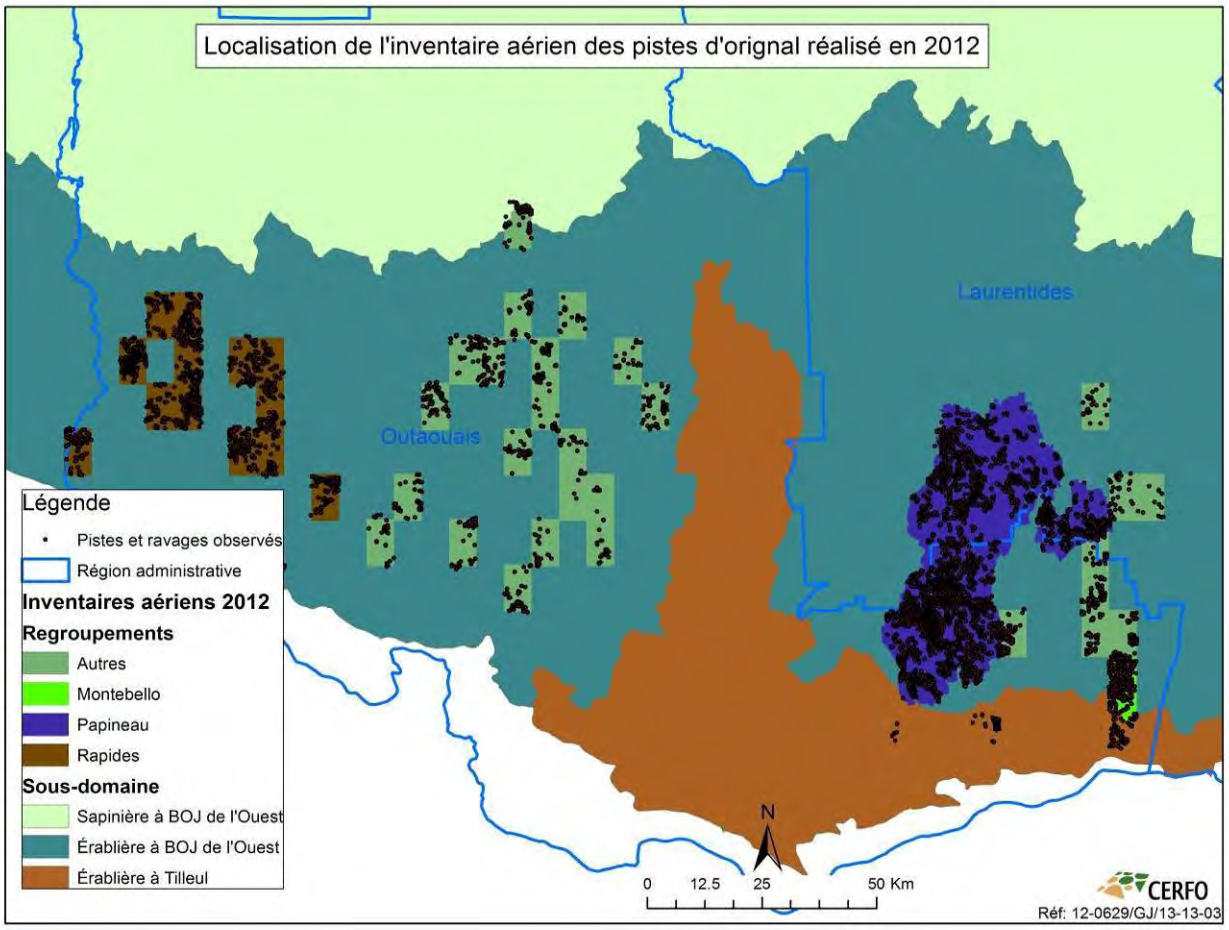

Figure 7. Localisation des regroupements et de l'inventaire aérien de pistes d'orignaux de l'hiver 2012

2.3.2.4. Mise en relation des indices

Des analyses séparées ont été réalisées pour les parcelles de 100 et 500 ha. Des analyses ont été réalisées pour chaque indice (nourriture, abri, entremêlement) afin de déterminer leurs différentes composantes. Par la suite, la combinaison des indices significatifs pour expliquer la proportion de piste a été utilisée pour déterminer le modèle d'IQH global par chaque taille de parcelle.

Pour déterminer quels indices sont les plus reliés à la présence des orignaux, des analyses de corrélation ont d'abord été produites pour l'ensemble des données ainsi que par secteur. Les variables significatives ont été analysées plus en détail en leur conférant des catégories d'indices comme décrit dans Dussault *et al.* (2006). C'est-à-dire que les indices étaient divisés par classe. Ensuite, des ANOVA ont été réalisées pour comparer la proportion de piste entre chaque classe d'un indice donné. Par la suite, la combinaison des indices de nourriture, entremêlement et d'abri

significatifs ont été utilisée pour déterminer des modèles globaux par type de parcelle par rapport à la proportion de piste. Tous les indices utilisés ont des valeurs entre 0 et 1. Lorsque l'intervalle des valeurs possibles du critère ne comprenait pas 0 ou 1, une transformation de ces valeurs doit avoir lieu pour les convertir dans une échelle comprise entre 0 et 1. En effet, tous les indices doivent avoir des valeurs selon la même échelle, pour être comparables et pouvoir être intégrés dans le calcul de l'indice synthèse. La valeur 1 doit alors correspondre au niveau maximal de l'indice présent, alors que la valeur 0 doit correspondre aux niveaux le plus bas. Ainsi, si les valeurs observées ne sont pas 0 et 1 (ex : un critère qui est un pourcentage, mais dont les valeurs extrêmes observées sont 0,25 et 0,8), un ajustement est fait. Des analyses de régression « Stepwise » ont été utilisées pour déterminer les indices les plus significatifs. Ces analyses ont été réalisées avec la procédure « GLMselect » de SAS (version 9.3).

Pour les parcelles de 100 ha, comme le nombre de parcelles était plus élevé, des analyses logistiques ont été réalisées pour déterminer la probabilité de trouver des pistes en fonction des différents indices retenus. La procédure « Proc logistic » de SAS (version 9.3) a été utilisé.

2.3.2.5. Comparaison avec le modèle existant

Pour déterminer si le modèle proposé améliore le modèle existant, une comparaison sommaire a été réalisée avec les résultats obtenus de l'outil existant à une échelle de 500 ha. L'outil intégré dans ARCGIS 10.1. Faune-MQH V1.2.6 beta 3 a été utilisé pour compiler des IQH sur l'aire d'étude en utilisant une grille de 5 km^2 (500 ha) et sans utiliser d'itération. Considérant les limites de superficies pour l'analyse, l'aire d'étude a été divisée en plusieurs secteurs d'analyse qui ont ensuite été regroupés. Les secteurs de survol 2012 ont été intersectés avec la grille de 500 ha produite et les superficies occupées par les pistes ont été calculées, comme décrit précédemment à la section 2.3.2.3. Des classes d'IQH ont été créées et les proportions de pistes ont été comparées entre les classes d'IQH par des ANOVA.

3. RÉSULTATS

La section des résultats présente le portrait de l'inventaire réalisé, la compilation des données par strate servant à leur caractérisation, la validation des modèles de prédiction à l'échelle de 500 et 100 ha ainsi que la proposition d'un modèle de prédiction d'indice de qualité de l'habitat pour l'orignal dans l'érablière à bouleau jaune de l'ouest en Outaouais.

3.1. PORTRAIT DE L'INVENTAIRE TERRAIN RÉALISÉ

Les points d'observations planifiés et réalisés sont représentés à la figure 8. Un total de 314 virées a été réalisé, ce qui représente 1 839 points d'observation. Suite à la validation des données, 309 virées et 1 798 points d'observation[1] ont été conservés pour les analyses. Le nombre de virées et de points d'observation réalisé et retenu pour les analyses statistiques par strate est présenté au tableau 10. Suite à la redéfinition de strates, le nombre de virées varie de 1 à 12 par strate avec une moyenne de 9 virées et 50 points d'observation par strate.

[1] Les coordonnées de chacun des points d'observation, de l'identification de la strate et du type écologique sont disponibles sur demande.

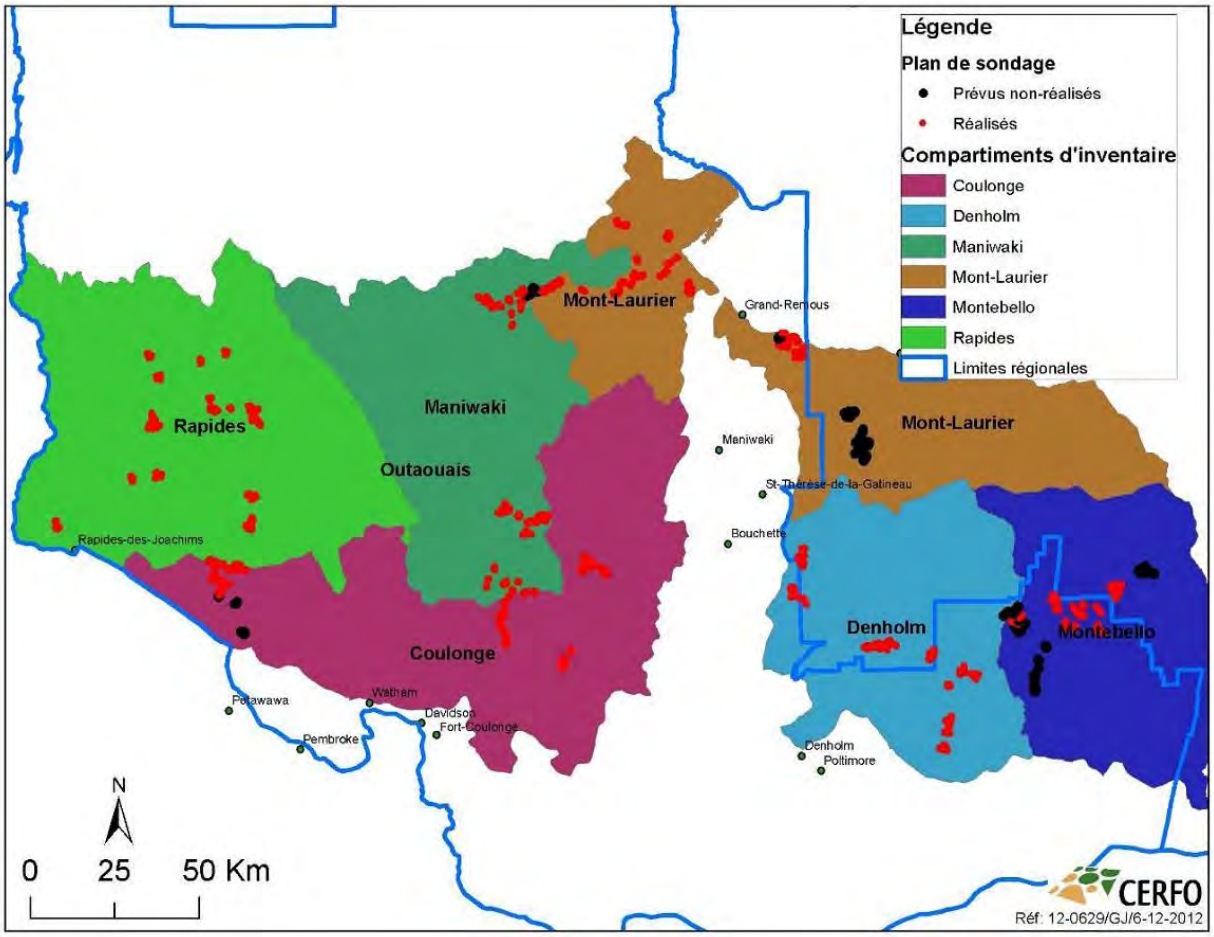

Figure 8. Localisation des points d'observation planifiés et réalisés

Tableau 10. Nombre de virées et de points d'observation réalisés et retenus pour les analyses par strate

Numéro de La strate	Nom de la strate	Nombre de virées	Nombre de points d'observation
1	R-S-AB-1234	10	58
2	R-P-AB-1234	10	59
3	R-E-AB-1234	10	57
3.1	R-ML-AB-1234	1	5
4	R-T-AB-1234	10	53
5.1	M-RFI-P-AB-1234	7	34
5.2	M-RFI-T-AB-1234	4	23
6	M-RFI-SE-AB-1234	11	69
7.1	M-RFT-P-AB-1234	5	28
7.2	M-RFT-T-AB-1234	5	28
8	M-RFT-SE-AB-1234	11	65
9	R-S-CD-1234	10	55
10	R-P-CD-1234	12	72
11	R-E-CD-1234	9	52
12	R-T-CD-1234	6	36
13	M-RFI-PT-CD-1234	10	55
14	M-RFI-SE-CD-1234	11	63
15.1	M-RFT-P-CD-1234	7	42
15.2	M-RFT-T-CD-1234	3	12
16	M-RFT-SE-CD-1234	11	59
17	F-FI-TYF-ABC-123	10	60
18	F-FT-TYF-ABC-123	12	75
19	M-FIR-PT-TYFR-ABC-123	10	55
20	M-FIR-SE-TYF-ABC-123	8	54
21.1	M-FTR-P-TYFR-ABC-123	8	40
21.2	M-FTR-T-TYFR-ABC-123	5	27
22	M-FTR-SE-TYF-ABC-123	10	58
23	F-FI-TYR-ABC-123	10	57
24	F-FT-TYR-ABC-123	9	57
25	M-FIR-SE-TYR-ABC-123	10	56
26	M-FTR-SE-TYR-ABC-123	10	59
27	FEU-D-123	9	52
28	MIX-D-123	9	50
29	R-567	9	50
30	MF-4	10	64
31	MF-567	10	59
Total général		312 (309 différentes)	1 798

3.2. CARACTÉRISATION DES STRATES INVENTORIÉES

Cette section présente les résultats des compilations par strates ainsi que les cotes de brout et de couvert résineux par strate.

3.2.1. Évaluation de la stratification cartographique réalisée

Les résultats de compilation par strate sont présentés au tableau 11. Les moyennes estimées présentées sont déterminées en considérant les virées comme facteur aléatoire et en utilisant chacune des strates comme une classe. Ce sont donc des moyennes ajustées par la procédure « proc mixed » de SAS qui sont présentées.

Pour déterminer si les stratifications effectuées étaient justifiées, des analyses comparatives ont été réalisées. En général, la plupart des strates étaient justifiées en ce qui concerne la composition en espèces forestières et la densité du couvert.

Pour la stratification au niveau de la densité cartographique du couvert forestier, les résultats révèlent que les surfaces terrières moyennes pour l'ensemble des strates résineuses et à dominance résineuse sont significativement plus élevées dans les strates 1 à 8 (classe de densité du couvert A et B) que dans les strates 9 à 16 (classe de densité du couvert C et D), soit de 23,1 m^2/ha dans les classe A et B contre 20,7 m^2/ha dans les classes C et D. Pour les strates feuillues et à dominance feuillue, la surface terrière moyenne est significativement plus élevée dans les classes de densité du couvert A, B et C (strates 17 à 26) que dans la classe de densité du couvert D (strates 27-28), soit de 21,5 m^2/ha contre 16,4 m^2/ha.

Pour les regroupements en strates résineuses, à dominance résineuse, feuillues et à dominance feuillue, les données représentent bien cette stratification, avec une proportion de résineux plus élevée dans les strates résineuses, suivie des strates à dominance résineuse, à dominance feuillue et feuillues (figure 9). Au niveau des strates feuillues, la proportion de surface terrière résineuse est supérieure dans les types écologiques à tendance résineuse que dans les types écologiques à tendance feuillue (figure 10).

Pour le type de résineux (PINS, EP, THO, SAB), la proportion de surface terrière correspond bien à la stratification (figure 11), autant dans les strates résineuses qu'à dominance résineuse et à dominance feuillue. Pour ce qui est de la désignation du type de feuillus (FI, FT) dans les strates à dominance résineuse, à dominance feuillue et feuillues, les relations sont également bonnes et représentent bien les appellations de strates (figure 12). Pour le type de résineux et le type de feuillus, les analyses révèlent la plupart du temps des différences significatives entre les strates.

Puisque la revue de littérature indique que la capacité de protection du couvert résineux variait selon les espèces et que les proportions des différentes espèces résineuses variaient selon la stratification, la surface terrière résineuse relative a été compilée en appliquant les facteurs de pondération de la capacité de rétention de la neige des espèces au niveau des points d'observation pour chaque tige mesurée. La surface terrière résineuse relative varie de 1,1 à 22,2 m^2/ha (figure 13).

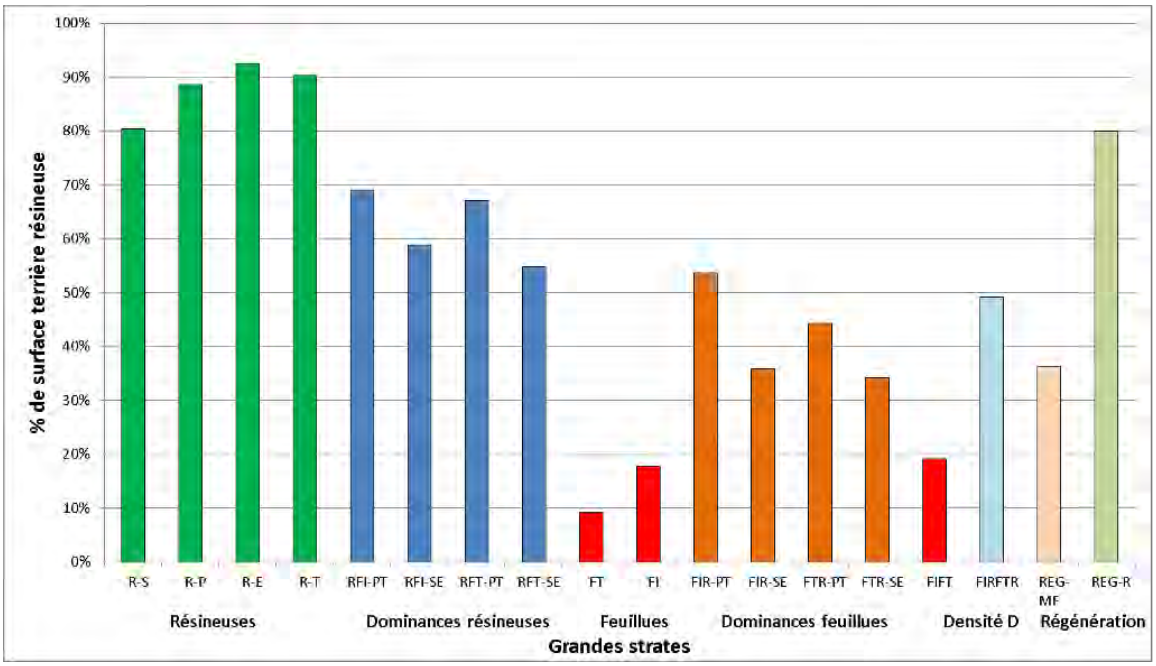

Figure 9. Proportion de surface terrière résineuse par grande strate

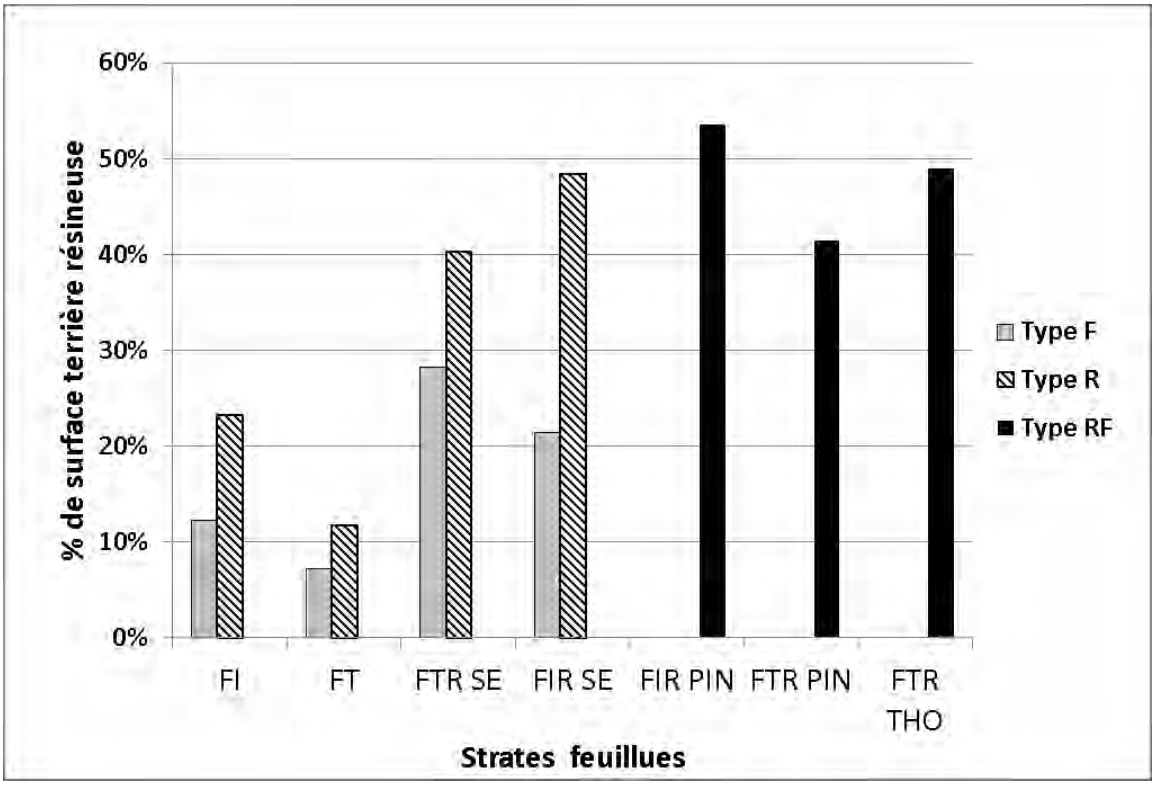

Figure 10. Proportion de surface terrière résineuse dans les strates feuillues en fonction des types écologiques à tendance feuillue et résineuse

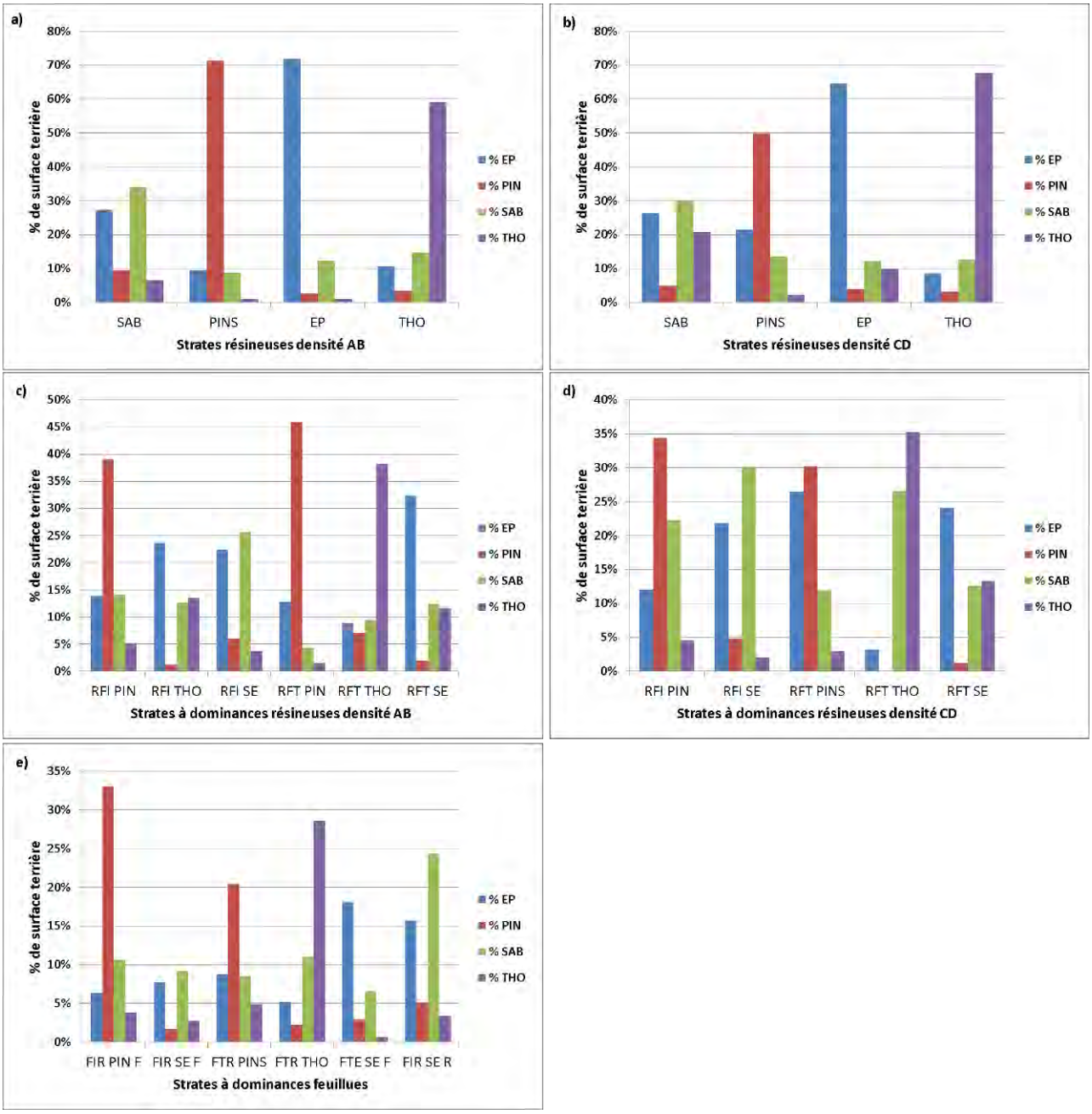

Figure 11. Proportion de surface terrière des types de résineux pour les strates résineuses (a et b), les strates à dominance résineuse (c et d) et les strates à dominance feuillue (e)

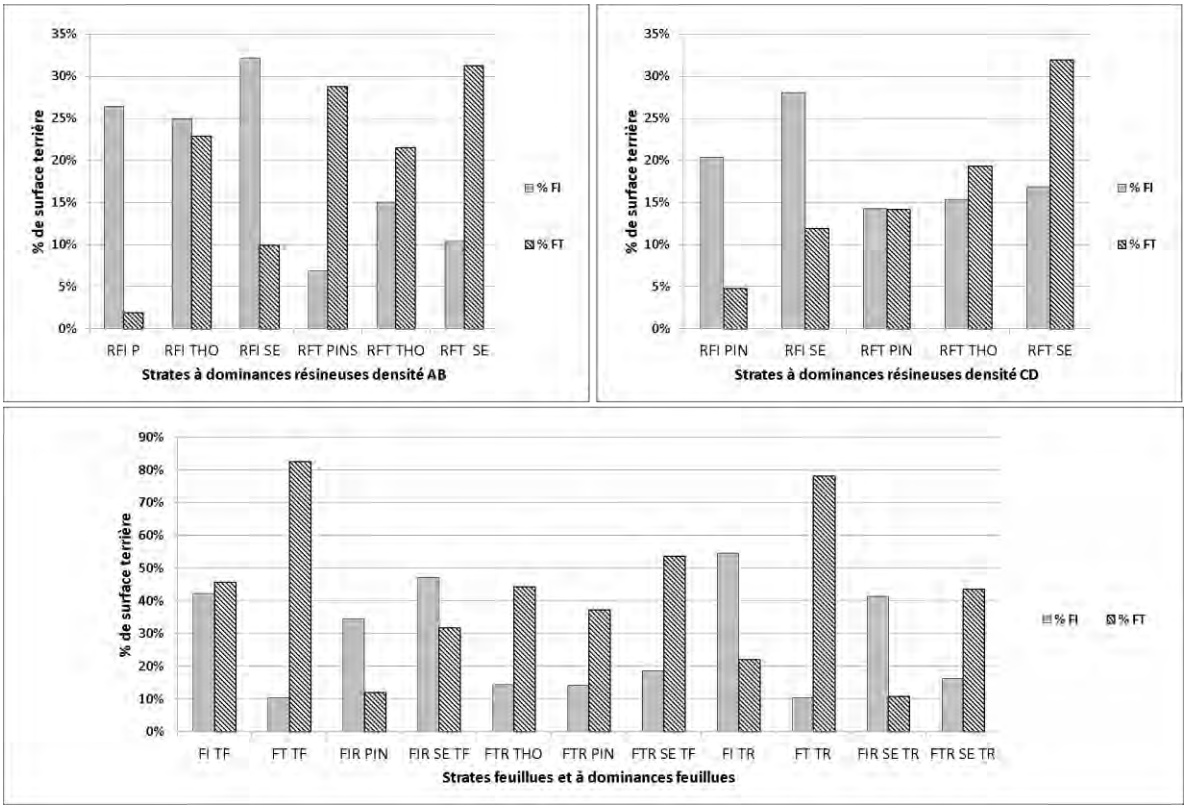

Figure 12. Proportion de surface terrière de feuillus tolérants (FT) et intolérants (FI) par type de strate

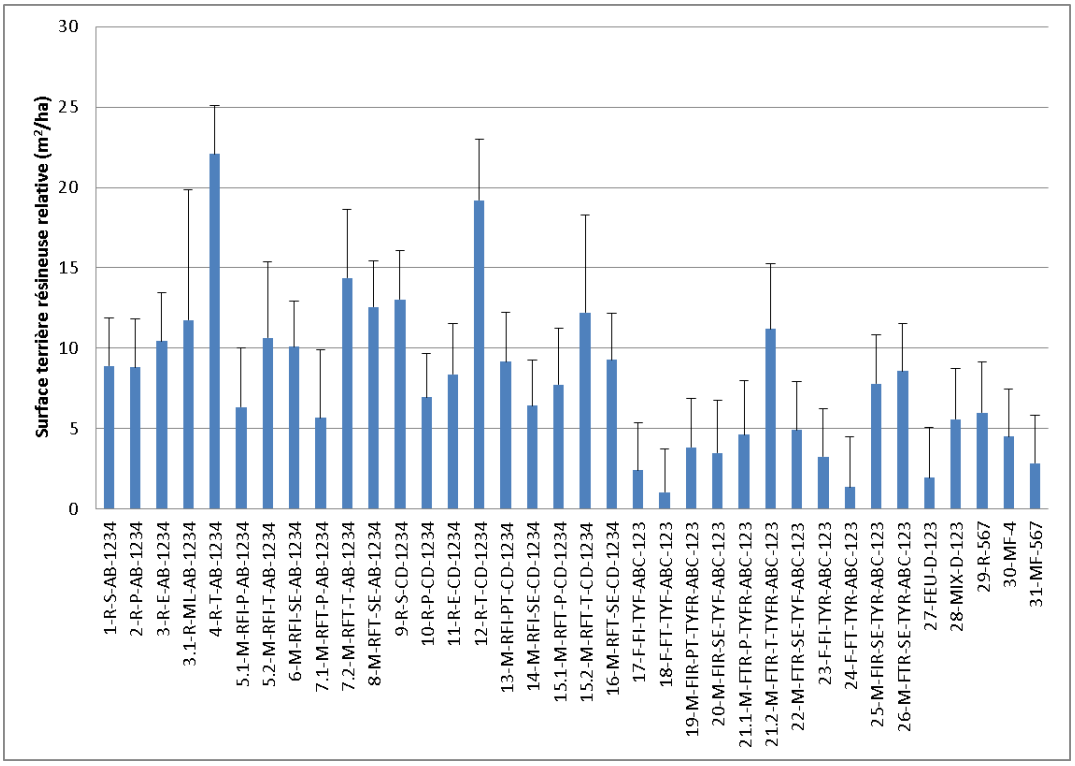

Figure 13. Surface terrière résineuse relative (pondérée en fonction de la capacité de rétention de la neige des espèces résineuses) par strate

Au niveau du nombre de tiges de brout à l'hectare, il varie de 1 398 à 12 400 tiges/ha (tableau 11). Les relations avec la stratification ne sont pas toujours évidentes, les analyses ne révèlent aucune différence au niveau des classes de densité de couvert AB et CD dans les strates résineuses et entre les strates feuillues de densité du couvert ABC et D. Au niveau global, le nombre de tiges de brout à l'hectare est le plus faible dans les strates résineuses (1 398 à 6 414 tiges/ha), suivi des strates à dominance résineuse (2 880 à 9 648 ti/ha), des strates à dominance feuillue (7 028 à 10 235 tiges/ha) et des strates feuillues (8 994 à 12 411 tiges/ha). Au sein des diverses grandes strates, des différences sont présentes, parmi lesquelles des valeurs plus élevées dans les strates résineuses avec PIN par rapport aux autres strates résineuses. Dans les autres strates, les différences sont plus subtiles. Dans les strates en régénération, la quantité de brout est supérieure dans les strates résineuses (REG-MF < REG-R) (figure 14).

Tableau 11. Résultats des compilations des caractéristiques dendrométriques par strate

										Surface terrière (m^2/ha)																	
				Brout total (tiges/ha)		Cote de sociabilité des résineux		% de couvert résineux terrain		Surface terrière totale		Résineuse												Feuillue					
												Totale		EP		PIN		SAB		THO		Résineuse relative		Totale		FI		FT	
Numéro de strate	**Nom de la strate**	**Nbr de virées**	**Nbr de points**	**EST**	***IC***	**EST**	***IC***	**EST**	***IC***	**EST**	***IC***	**EST**	***IC***	**EST**	***IC***	**EST**	***IC***	**EST**	***IC***	**EST**	***IC***	**EST**	***IC***	**EST**	***IC***	**EST**	***IC***	**EST**	***IC***
1	**R-S-AB-1234**	10	58	3555	*2973*	3.0	*0.5*	52.6	*9.3*	19.2	*4.1*	14.9	*3.4*	5.1	*2.6*	1.9	*1.4*	6.3	*1.7*	1.4	*2.2*	8.9	*3.0*	4.2	*2.5*	2.5	*1.8*	1.7	*2.4*
2	**R-P-AB-1234**	10	59	6414	*2952*	3.7	*0.5*	50.5	*9.2*	22.2	*4.0*	20.2	*3.4*	2.7	*2.5*	15.2	*1.4*	1.9	*1.7*	0.4	*2.2*	8.8	*3.0*	2.0	*2.4*	1.6	*1.8*	0.4	*2.4*
3	**R-E-AB-1234**	10	57	3682	*2978*	3.3	*0.5*	60.4	*9.3*	23.5	*4.1*	21.3	*3.4*	16.8	*2.6*	0.4	*1.4*	3.2	*1.7*	0.2	*2.2*	10.4	*3.0*	2.2	*2.5*	1.3	*1.8*	0.9	*2.4*
3.1	**R-ML-AB-1234**	1	5	1398	*7744*	2.3	*1.1*	34.2	*24.6*	22.0	*10.5*	20.6	*9.4*	4.7	*6.2*	0.1	*4.2*	2.6	*4.6*	6.5	*6.0*	11.8	*8.1*	0.9	*7.0*	0.4	*5.4*	0.5	*6.1*
4	**R-T-AB-1234**	10	53	2339	*2997*	3.4	*0.5*	64.8	*9.4*	28.1	*4.1*	25.0	*3.5*	2.7	*2.6*	0.6	*1.4*	3.4	*1.7*	18.1	*2.2*	22.1	*3.0*	3.1	*2.5*	1.8	*1.9*	1.2	*2.5*
5.1	**M-RFI-P-AB-1234**	7	34	5577	*3647*	3.1	*0.6*	46.1	*11.4*	18.8	*5.0*	13.7	*4.2*	2.8	*3.1*	7.4	*1.8*	2.8	*2.1*	0.9	*2.7*	6.3	*3.7*	5.1	*3.0*	4.8	*2.3*	0.3	*3.0*
5.2	**M-RFI-T-AB-1234**	4	23	5156	*4690*	1.8	*0.8*	53.1	*14.7*	24.8	*6.4*	13.1	*5.4*	5.6	*4.0*	0.2	*2.3*	2.8	*2.7*	4.2	*3.5*	10.7	*4.7*	11.7	*3.9*	6.0	*2.9*	5.6	*3.8*
6	**M-RFI-SE-AB-1234**	11	69	5901	*2784*	2.6	*0.5*	50.3	*8.7*	23.7	*3.8*	14.3	*3.2*	4.8	*2.4*	1.6	*1.3*	6.3	*1.6*	1.6	*2.1*	10.1	*2.8*	9.4	*2.3*	6.9	*1.7*	2.4	*2.3*
7.1	**M-RFT-P-AB-1234**	5	28	5012	*4193*	2.7	*0.7*	47.4	*13.1*	19.3	*5.7*	13.3	*4.8*	2.9	*3.6*	9.3	*2.0*	0.8	*2.4*	0.3	*3.1*	5.7	*4.2*	6.1	*3.5*	1.3	*2.6*	4.8	*3.4*
7.2	**M-RFT-T-AB-1234**	5	28	7740	*4205*	3.1	*0.7*	59.4	*13.2*	25.6	*5.7*	16.9	*4.9*	2.2	*3.6*	1.2	*2.0*	2.9	*2.4*	10.6	*3.1*	14.4	*4.3*	8.7	*3.5*	3.5	*2.6*	5.3	*3.4*
8	**M-RFT-SE-AB-1234**	11	65	6171	*2814*	2.7	*0.5*	55.3	*8.8*	25.1	*3.8*	14.7	*3.2*	7.6	*2.4*	0.3	*1.3*	2.6	*1.6*	4.1	*2.1*	12.6	*2.8*	10.5	*2.3*	2.5	*1.7*	8.0	*2.3*
9	**R-S-CD-1234**	10	55	2406	*2991*	3.2	*0.5*	65.8	*9.4*	21.4	*4.1*	17.3	*3.5*	5.3	*2.6*	0.9	*1.4*	6.4	*1.7*	4.6	*2.2*	13.0	*3.0*	4.1	*2.5*	2.9	*1.9*	1.2	*2.4*
10	**R-P-CD-1234**	12	72	6465	*2694*	3.0	*0.5*	51.3	*8.4*	20.4	*3.7*	17.7	*3.1*	4.9	*2.3*	9.7	*1.3*	2.6	*1.5*	0.6	*2.0*	7.0	*2.7*	2.7	*2.2*	2.2	*1.7*	0.5	*2.2*
11	**R-E-CD-1234**	9	52	2728	*3110*	3.0	*0.5*	51.8	*9.7*	19.0	*4.2*	18.0	*3.6*	12.8	*2.7*	0.6	*1.5*	2.2	*1.8*	1.9	*2.3*	8.4	*3.1*	1.1	*2.6*	0.7	*1.9*	0.4	*2.5*
12	**R-T-CD-1234**	6	36	2269	*3785*	3.5	*0.6*	56.1	*11.8*	23.1	*5.2*	21.4	*4.4*	1.6	*3.3*	1.0	*1.8*	2.4	*2.2*	16.4	*2.8*	19.2	*3.8*	1.6	*3.1*	0.8	*2.3*	0.8	*3.1*
13	**M-RFI-PT-CD-1234**	10	55	3804	*3028*	3.0	*0.5*	54.5	*9.5*	23.2	*4.1*	17.6	*3.5*	2.8	*2.6*	7.5	*1.5*	5.7	*1.7*	1.1	*2.3*	9.2	*3.1*	5.6	*2.5*	4.6	*1.9*	0.9	*2.5*
14	**M-RFI-SE-CD-1234**	11	63	5095	*2816*	2.4	*0.5*	43.8	*8.8*	17.4	*3.8*	10.1	*3.2*	3.9	*2.4*	0.7	*1.4*	4.9	*1.6*	0.4	*2.1*	6.4	*2.8*	7.3	*2.3*	5.5	*1.7*	1.8	*2.3*
15.1	**M-RFT-P-CD-1234**	7	42	2881	*3504*	2.5	*0.6*	51.0	*11.0*	21.0	*4.8*	14.9	*4.0*	5.7	*3.0*	6.3	*1.7*	2.1	*2.0*	0.8	*2.6*	7.7	*3.5*	6.2	*2.9*	3.2	*2.2*	3.0	*2.9*
15.2	**M-RFT-T-CD-1234**	3	12	2516	*5986*	3.4	*1.0*	66.8	*18.8*	20.2	*8.2*	13.3	*7.0*	0.5	*5.1*	0.0	*3.0*	5.2	*3.5*	7.6	*4.5*	12.2	*6.1*	6.9	*5.0*	4.0	*3.8*	2.9	*4.9*
16	**M-RFT-SE-CD-1234**	11	59	9648	*2848*	2.5	*0.5*	46.8	*8.9*	20.6	*3.9*	11.3	*3.3*	5.1	*2.4*	0.3	*1.4*	2.8	*1.6*	3.1	*2.1*	9.3	*2.9*	9.3	*2.4*	3.3	*1.8*	6.0	*2.3*
17	**F-FI-TYF-ABC-123**	10	60	8994	*2932*	1.0	*0.5*	15.3	*9.2*	20.7	*4.0*	3.1	*3.4*	1.0	*2.5*	0.1	*1.4*	1.1	*1.7*	0.9	*2.2*	2.4	*3.0*	17.6	*2.4*	8.7	*1.8*	8.9	*2.4*
18	**F-FT-TYF-ABC-123**	12	75	7896	*2665*	0.6	*0.5*	6.7	*8.3*	20.0	*3.6*	1.3	*3.1*	0.8	*2.3*	0.1	*1.3*	0.5	*1.5*	0.1	*2.0*	1.1	*2.7*	18.7	*2.2*	1.7	*1.6*	17.0	*2.2*
19	**M-FIR-PT-TYFR-ABC-123**	10	55	10235	*3018*	2.4	*0.5*	33.3	*9.4*	19.9	*4.1*	10.7	*3.5*	1.4	*2.6*	6.3	*1.5*	1.8	*1.7*	1.2	*2.3*	3.9	*3.1*	9.1	*2.5*	7.4	*1.9*	1.7	*2.5*
20	**M-FIR-SE-TYF-ABC-123**	8	54	7626	*3243*	1.6	*0.6*	31.5	*10.1*	23.0	*4.4*	4.8	*3.7*	1.8	*2.8*	0.4	*1.5*	2.1	*1.8*	0.6	*2.4*	3.5	*3.3*	18.2	*2.7*	11.3	*2.0*	6.9	*2.7*
21.1	**M-FTR-P-TYFR-ABC-123**	8	40	7204	*3308*	1.7	*0.5*	35.5	*10.4*	21.9	*4.5*	9.4	*3.9*	2.0	*2.8*	4.7	*1.6*	1.8	*1.9*	1.0	*2.5*	4.6	*3.4*	12.5	*2.8*	3.4	*2.1*	9.2	*2.7*
21.2	**M-FTR-T-TYFR-ABC-123**	5	27	9938	*3984*	2.6	*0.6*	40.0	*12.5*	23.7	*5.4*	12.6	*4.7*	1.5	*3.3*	0.4	*2.0*	2.7	*2.3*	7.9	*3.0*	11.2	*4.1*	11.2	*3.4*	3.6	*2.6*	7.5	*3.2*
22	**M-FTR-SE-TYF-ABC-123**	10	58	7790	*2958*	1.6	*0.5*	25.4	*9.3*	19.5	*4.0*	6.4	*3.4*	4.4	*2.5*	0.6	*1.4*	1.2	*1.7*	0.2	*2.2*	4.9	*3.0*	13.1	*2.4*	3.5	*1.8*	9.6	*2.4*
23	**F-FI-TYR-ABC-123**	10	57	10349	*2963*	1.6	*0.5*	19.4	*9.3*	23.8	*4.0*	5.8	*3.4*	0.9	*2.5*	1.9	*1.4*	3.0	*1.7*	0.1	*2.2*	3.3	*3.0*	18.0	*2.4*	12.6	*1.8*	5.3	*2.4*
24	**F-FT-TYR-ABC-123**	9	57	12411	*3075*	1.2	*0.5*	8.8	*9.6*	18.4	*4.2*	2.1	*3.5*	0.7	*2.6*	0.3	*1.5*	1.1	*1.8*	0.1	*2.3*	1.4	*3.1*	16.2	*2.5*	1.8	*1.9*	14.4	*2.5*
25	**M-FIR-SE-TYR-ABC-123**	10	56	7029	*2982*	2.4	*0.5*	48.6	*9.3*	21.5	*4.1*	11.0	*3.4*	3.5	*2.6*	1.1	*1.4*	5.3	*1.7*	1.1	*2.2*	7.8	*3.0*	10.5	*2.5*	8.0	*1.9*	2.6	*2.4*
26	**M-FTR-SE-TYR-ABC-123**	10	59	7509	*2943*	2.1	*0.5*	38.7	*9.2*	25.7	*4.0*	10.7	*3.4*	3.5	*2.5*	0.5	*1.4*	4.6	*1.7*	2.2	*2.2*	8.6	*3.0*	15.1	*2.4*	4.2	*1.8*	10.9	*2.4*
27	**FEU-D-123**	9	52	12648	*3107*	0.9	*0.5*	13.9	*9.7*	16.1	*4.2*	3.0	*3.6*	1.1	*2.7*	0.5	*1.5*	1.4	*1.8*	0.0	*2.3*	2.0	*3.1*	13.1	*2.6*	4.5	*1.9*	8.6	*2.5*
28	**MIX-D-123**	9	50	7830	*3129*	2.2	*0.5*	39.6	*9.8*	16.7	*4.3*	8.6	*3.6*	2.2	*2.7*	1.5	*1.5*	3.5	*1.8*	1.3	*2.3*	5.6	*3.2*	8.1	*2.6*	4.8	*1.9*	3.3	*2.6*
29	**R-567**	9	50	10740	*3136*	2.1	*0.5*	35.2	*9.8*	13.2	*4.3*	10.1	*3.6*	6.7	*2.7*	0.3	*1.5*	3.0	*1.8*	0.1	*2.3*	6.0	*3.2*	3.1	*2.6*	2.3	*1.9*	0.8	*2.6*
30	**MF-4**	10	64	3827	*2912*	1.8	*0.5*	25.2	*9.1*	18.5	*4.0*	6.5	*3.3*	2.2	*2.5*	0.7	*1.4*	3.5	*1.7*	0.1	*2.2*	4.5	*2.9*	12.0	*2.4*	5.5	*1.8*	6.5	*2.4*
31	**MF-567**	10	59	6188	*2939*	1.5	*0.5*	20.1	*9.2*	10.7	*4.0*	3.8	*3.4*	1.9	*2.5*	0.2	*1.4*	1.2	*1.7*	0.5	*2.2*	2.8	*3.0*	6.9	*2.4*	1.9	*1.8*	5.0	*2.4*

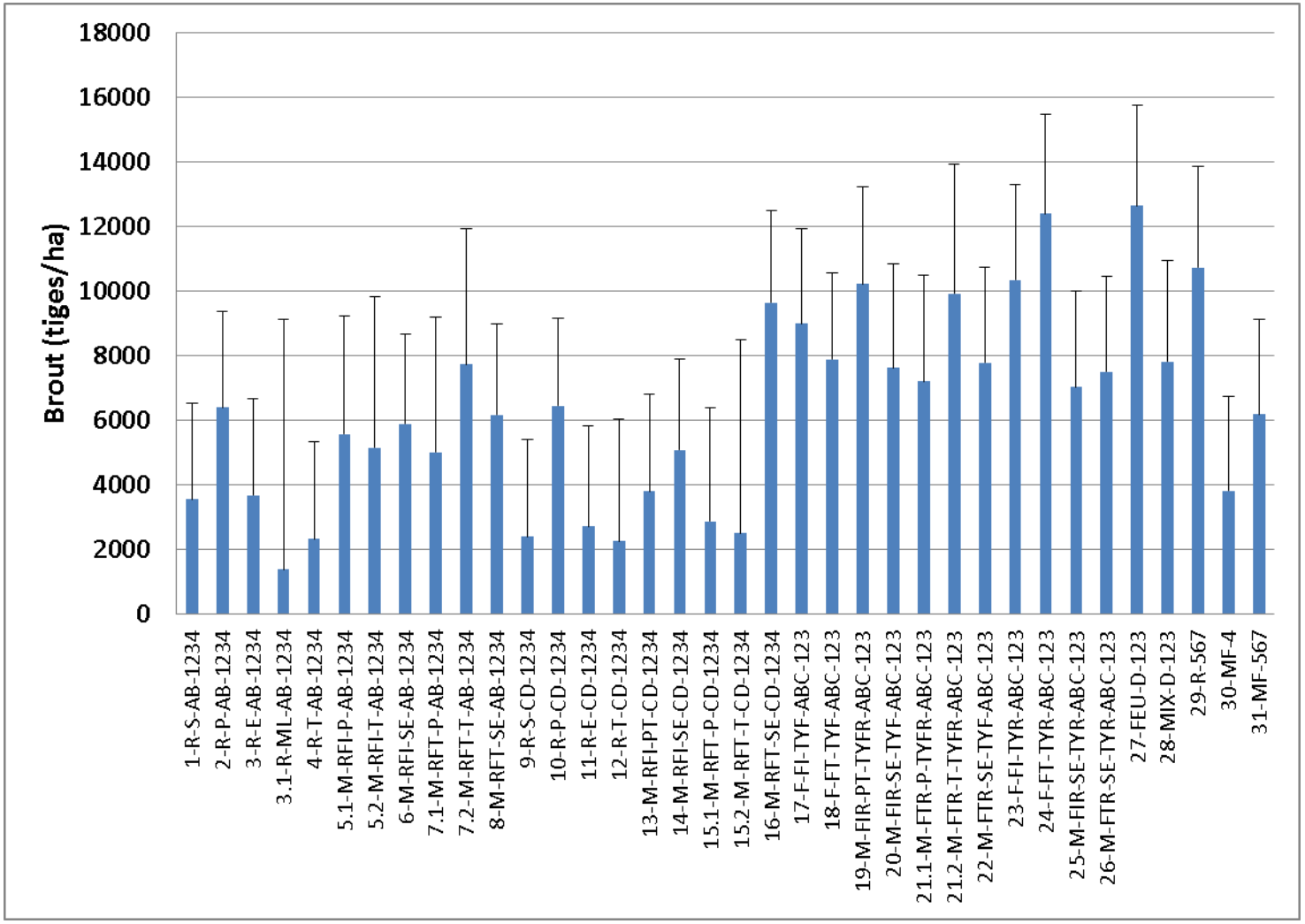

Figure 14. Nombre de tiges de brout à l'hectare par strate

3.2.2. Établissement des cotes par strate

Suivant les compilations, les cotes ont été calculées pour les variables de brout et de couvert résineux (tableau 12). De plus, puisque certaines strates n'ont pas été échantillonnées directement dû à leur trop petite superficie (strates 11.2, 13.2 et 19.2), les valeurs des strates d'origine ont été utilisées pour les analyses. Une nouvelle strate de jeunes peuplements a également été créée (32 – MF sans âge) pour les peuplements de faible hauteur n'ayant pas de hauteur cartographique. De plus, les strates non productives (AL, DH, DS) ont eu la cote 0,1 pour la nourriture.

Tableau 12. Caractéristiques dendrométriques et cotes par strate

		Nombre de tiges de brout	Cotes de brout			Surface terrière résineuse				Cotes de couvert résineux					
			Cote 5% (nombre)	Cote 10% (nombre)	Cote 10% (peup)	Totale (ST)	Relative (STR)	Facteur de pondération	Pondérée (STP)	ST/13	STP/24,8	STP (STP)	STP (PEU)	STR (STR)	STR (PEU)
Numéro de la strate	Nom de la strate	(tiges/ha)	Cote_5%(NBR)	Cote_10%(NBR)	Cote_10%(PEU)	m^2/ha	m^2/ha	moyen par strate	m^2/ha	RES_ST	ST_C_R	ST_C1A	ST2A_P	ST1B_S	ST2B_S
1	R-S-AB-1234	3555	0.35	0.4	0.2	14.9	8.9	0.80	11.9	1.0	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6
2	R-P-AB-1234	6414	0.65	0.6	0.6	20.2	8.8	0.50	10.1	1.0	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6
3.1	R-E-AB-1234	3682	0.35	0.4	0.2	21.3	10.4	0.70	14.5	1.0	0.6	0.7	0.9	0.7	0.7
3.2	R-ML-AB-1234	1398	0.15	0.1	0.1	20.6	11.8	0.85	11.1	1.0	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8
4	R-T-AB-1234	2339	0.25	0.2	0.1	25.0	22.1	1.00	24.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5.1	M-RFI-P-AB-1234	5577	0.55	0.6	0.4	13.7	6.3	0.50	6.8	1.0	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4
5.2	M-RFI-T-AB-1234	5156	0.50	0.5	0.4	13.1	10.7	1.00	12.9	1.0	0.5	0.7	0.8	0.7	0.8
6	M-RFI-SE-AB-1234	5901	0.60	0.6	0.5	14.3	10.1	0.75	10.7	1.0	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7
7.1	M-RFT-P-AB-1234	5012	0.50	0.5	0.3	13.3	5.7	0.50	6.7	1.0	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4
7.2	M-RFT-T-AB-1234	7740	0.75	0.8	0.7	16.9	14.4	1.00	16.9	1.0	0.7	0.8	1.0	0.9	1.0
8	M-RFT-SE-AB-1234	6171	0.60	0.6	0.5	14.7	12.6	0.75	11.0	1.0	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9
9	R-S-CD-1234	2406	0.25	0.2	0.1	17.3	13.0	0.80	13.8	1.0	0.6	0.7	0.9	0.9	0.9
10	R-P-CD-1234	6465	0.65	0.6	0.6	17.7	7.0	0.50	8.9	1.0	0.4	0.5	0.6	0.4	0.4
11.1	R-E-CD-1234	2728	0.25	0.3	0.2	18.0	8.4	0.70	12.3	1.0	0.5	0.7	0.7	0.6	0.5
11.2	R-ML-CD-1234	2728	0.25	0.3	0.2	18.0	8.4	0.70	12.3	1.0	0.5	0.7	0.7	0.6	0.5
12	R-T-CD-1234	2269	0.25	0.2	0.1	21.4	19.2	1.00	21.4	1.0	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0
13.1	M-RFI-P-CD-1234	3804	0.40	0.4	0.3	17.6	9.2	0.75	13.0	1.0	0.5	0.7	0.8	0.6	0.6
13.2	M-RFI-T-CD-1234	3804	0.40	0.4	0.3	17.6	9.2	0.75	13.0	1.0	0.5	0.7	0.8	0.6	0.6
14	M-RFI-SE-CD-1234	5095	0.50	0.5	0.3	10.1	6.4	0.75	7.4	0.8	0.3	0.5	0.5	0.4	0.4
15.1	M-RFT-P-CD-1234	2881	0.30	0.3	0.2	14.9	7.7	0.50	7.4	1.0	0.3	0.5	0.4	0.5	0.4
15.2	M-RFT-T-CD-1234	2516	0.25	0.3	0.1	13.3	12.2	1.00	13.4	1.0	0.5	0.7	0.8	0.8	0.8
16	M-RFI-SE-CD-1234	9648	0.95	1.0	0.9	11.3	9.3	0.75	8.5	0.9	0.3	0.5	0.5	0.6	0.7
17	F-FI-tyF-ABC-123	8994	0.90	0.9	0.8	3.1	2.4	0.75	2.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
18	F-FT-tyF-ABC-123	7896	0.80	0.8	0.8	1.3	1.1	0.75	1.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
19.1	M-FIR-P-tyFR-ABC-123	10235	1.00	1.0	0.9	10.7	3.9	0.75	8.0	0.8	0.3	0.5	0.5	0.2	0.3
19.2	M-FIR-T-tyFR-ABC-123	10235	1.00	1.0	0.9	10.7	3.9	0.75	8.0	0.8	0.3	0.5	0.5	0.2	0.3
20	M-FIR-SE-tyF-ABC-123	7626	0.75	0.8	0.7	4.8	3.5	0.75	3.6	0.4	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3
21.1	M-FTR-P-tyFR-ABC-123	7204	0.70	0.7	0.7	9.4	4.6	0.50	4.7	0.7	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3
21.2	M-FTR-T-tyFR-ABC-123	9938	1.00	1.0	0.9	12.6	11.2	1.00	12.6	1.0	0.5	0.7	0.8	0.7	0.8
22	M-FTR-SE-tyF-ABC-123	7790	0.80	0.8	0.7	6.4	4.9	0.75	4.8	0.5	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3
23	F-FI-tyR-ABC-123	10349	1.00	1.0	1.0	5.8	3.3	0.75	4.4	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2
24	F-FT-tyR-ABC-123	12411	1.00	1.0	1.0	2.1	1.4	0.75	1.6	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
25	M-FIR-SE-tyR-ABC-123	7029	0.70	0.7	0.7	11	7.8	0.75	8.2	0.8	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5
26	M-FTR-SE-tyR-ABC-123	7509	0.75	0.8	0.7	10.7	8.6	0.75	8.0	0.8	0.3	0.5	0.5	0.6	0.5
27	FEU-D-123	12648	1.00	1.0	1.0	3.0	2.0	0.75	2.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
28	MIX-D-123	7830	0.80	0.8	0.7	8.6	5.6	0.75	6.4	0.7	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3
29	R-567	10740	1.00	1.0	1.0	10.1	6.0	0.75	7.5	0.8	0.3	0.5	0.5	0.4	0.4
30	MF-4	3827	0.40	0.4	0.3	6.5	4.5	0.75	4.9	0.5	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
31	MF-567	6188	0.60	0.6	0.5	3.8	2.8	0.75	2.9	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
32	MF-sans-age	6188	0.90	0.9	0.9	3.8	2.8	0.75	1.0	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
33	Improductif (AL, DH, DS)	0	0.10	0.1	0.1	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0	(LAC, rivières, etc..)	0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

3.2.3. Portrait de l'aire d'étude : représentativité des strates

Les comparaisons et les compilations ont démontré des différences entre les strates pour le brout et le couvert résineux. Cependant, la représentativité spatiale est nécessaire pour déterminer l'importance de ces différences sur l'ensemble de l'érablière à bouleau jaune de l'aire d'étude.

3.2.3.1. Proportion de chaque strate dans l'aire d'étude

Le tableau 13 illustre la proportion occupée par chacune des strates dans l'aire d'étude. Les strates les plus abondantes sont les strates feuillues de type FT (strates 18 et 24) avec 34,78 % de superficie productive, suivies de la strate mélangée à dominance FT (strate 26) et FI (strate 25) avec sapin et épinette avec respectivement 11,74 % et 6,29 % de la superficie productive. Au total, les strates feuillues représentent 42 % de la superficie productive, suivies des strates mélangées à dominance feuillue (24 %), des strates mélangées à dominance résineuse (12 %), des jeunes strates en régénération (9 % pour strates 30, 32, 31, 29), des strates résineuses (7 %), et des strates mélangées de densité D (1,45 %). Les aulnaies et autres milieux représentent près de 4 % de la superficie.

3.2.3.2. Brout disponible

Les compilations révèlent que le brout disponible variait de 0 à plus de 10 000 tiges/ha selon les strates. La figure 15 illustre la répartition du brout disponible pour l'aire d'étude selon la cote de brout aux 10 % près (nombre de tiges de brout divisée par 10 000 et arrondie au dixième le plus près). Pour l'ensemble de l'aire d'étude, 30 % de la superficie comporte une cote de 1,0 (>=10 000 tiges de brout/ha) et 35 % de 0,7 à 0,9 (6 501 à 9 500 tiges de brout à l'hectare). Donc, plus de 65 % de la superficie, selon les données d'inventaire recueillies, comporte plus de 6 501 tiges de brout disponibles (ces pourcentages de superficie incluent les lacs et autres milieux non productifs).

Tableau 13. Superficie et pourcentage de superficie occupés par strate

Numéro de la strate	Nom de la strate	Superficie (ha)	% de superficie totale	% de superficie productive
0	Lacs, rivières, etc.	207153	11.51%	NA
1	R-S-AB-1234	7200	0.40%	0.45%
2	R-P-AB-1234	13661	0.76%	0.86%
3.1	R-E-AB-1234	28039	1.56%	1.76%
3.2	R-ML-AB-1234	622	0.03%	0.04%
4	R-T-AB-1234	5745	0.32%	0.36%
5.1	M-RFI-P-AB-1234	10122	0.56%	0.64%
5.2	M-RFI-T-AB-1234	2558	0.14%	0.16%
6	M-RFI-SE-AB-1234	34009	1.89%	2.14%
7.1	M-RFT-P-AB-1234	6687	0.37%	0.42%
7.2	M-RFT-T-AB-1234	5563	0.31%	0.35%
8	M-RFT-SE-AB-1234	36232	2.01%	2.28%
9	R-S-CD-1234	6738	0.37%	0.42%
10	R-P-CD-1234	20470	1.14%	1.29%
11.1	R-E-CD-1234	28821	1.60%	1.81%
11.2	R-ML-CD-1234	571	0.03%	0.04%
12	R-T-CD-1234	5944	0.33%	0.37%
13.1	M-RFI-P-CD-1234	22679	1.26%	1.42%
13.2	M-RFI-T-CD-1234	2622	0.15%	0.16%
14	M-RFI-SE-CD-1234	25470	1.42%	1.60%
15.1	M-RFT-P-CD-1234	25185	1.40%	1.58%
15.2	M-RFT-T-CD-1234	5665	0.31%	0.36%
16	M-RFI-SE-CD-1234	16744	0.93%	1.05%
17	F-FI-tyF-ABC-123	18144	1.01%	1.14%
18	F-FT-tyF-ABC-123	191645	10.65%	12.04%
19.1	M-FIR-P-tyFR-ABC-123	20139	1.12%	1.26%
19.2	M-FIR-T-tyFR-ABC-123	2016	0.11%	0.13%
20	M-FIR-SE-tyF-ABC-123	6347	0.35%	0.40%
21.1	M-FTR-P-tyFR-ABC-123	33656	1.87%	2.11%
21.2	M-FTR-T-tyFR-ABC-123	18666	1.04%	1.17%
22	M-FTR-SE-tyF-ABC-123	12782	0.71%	0.80%
23	F-FI-tyR-ABC-123	65039	3.61%	4.08%
24	F-FT-tyR-ABC-123	362136	20.12%	22.74%
25	M-FIR-SE-tyR-ABC-123	100216	5.57%	6.29%
26	M-FTR-SE-tyR-ABC-123	186973	10.39%	11.74%
27	FEU-D-123	33549	1.86%	2.11%
28	MIX-D-123	23096	1.28%	1.45%
29	R-567	15641	0.87%	0.98%
30	MF-4	48219	2.68%	3.03%
31	MF-567	36941	2.05%	2.32%
32	MF-sans-âge	47346	2.63%	2.97%
33	IMP (AL, DH, DS)	58392	3.25%	3.67%

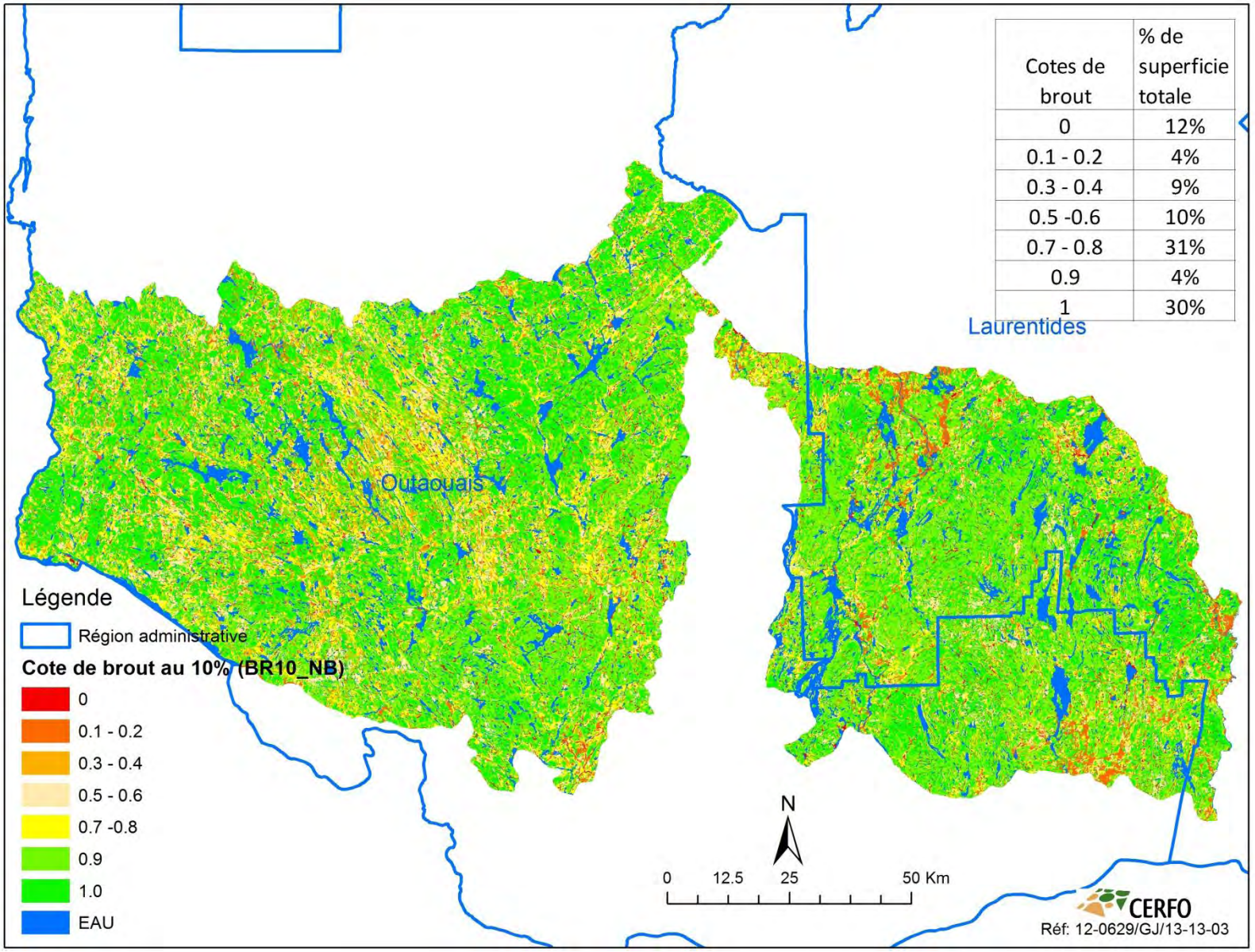

Figure 15. Représentation du brout disponible selon la cote de brout au 10 % pour l'aire d'étude

3.2.3.3. Couvert résineux total

Les compilations ont révélé que la surface terrière résineuse totale variait de 0 à plus de 25 m^2/ha selon les strates. La figure 16 illustre la répartition du couvert résineux pour l'aire d'étude. Pour l'ensemble de l'aire d'étude, 15 % de la superficie comporte une surface terrière résineuse de plus de 13 m^2/ha et 21 % entre 10 et 13 m^2/ha. La majorité des superficies ont moins de 10 m^2/ha de surface terrière résineuse, dont 38 % avec moins de 4 m^2/ha.

3.2.3.4. Couvert résineux relatif

Les compilations ont révélé que la surface terrière résineuse relative variait de 0 à plus de 20 m^2/ha selon les strates. La figure 17 illustre la répartition du couvert résineux pour l'aire d'étude. Pour l'ensemble de l'aire d'étude, 1 % de la superficie comporte une surface terrière relative de plus de 13 m^2/ha et 7 % entre 10 et 13 m^2/ha. La majorité des superficies ont moins de 4 m^2/ha de surface terrière résineuse relative, ce qui représente 44 % des superficies. Ces différences par rapport à la surface terrière résineuse totale s'expliquent par les faibles facteurs de pondération pour les pins et les épinettes, composantes résineuses importantes dans l'aire d'étude.

Ces compilations révèlent que les strates avec un abri adéquat sont peu nombreuses comparativement aux strates avec du brout disponible.

3.2.3.5. Peuplements avec nourriture et abri

Les différentes classifications de strates ayant à la fois de bons attributs de nourriture et d'abri (strates intra) ont été testées. Les compilations révèlent que la proportion de strate intra sur le territoire d'étude varie selon le classement utilisé (tableau 14). Les strates intra avec la surface terrière résineuse totale de plus de 10 m^2/ha et de 7000 tiges de brout occupent 20,3 % de la superficie. Cette proportion augmente avec une diminution du seuil de résineux et de brout. Lorsque les valeurs de surface terrière résineuse relative sont utilisées, les valeurs sont plus bases; les peuplements de surface terrière résineuse relative de plus de 10 m^2/ha, occupent moins de 5,4 % de la superficie.

Tableau 14. Proportion de la superficie de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest occupée par chacune des strates intra

Nom de la strate intra	Surface terrière résineuse (m^2/ha)	Nombre de tiges de brout (ti/ha)	% de superficie
Intra1	>=10 (totale)	>=7000	20.3%
Intra2	>=10 (totale)	>=6000	24.2%
Intra2b	>=10 (totale)	>=5000	28.6%
Intra2c	>=8 (totale)	>=5000	31.8%
Intra2d	>=7 (totale)	>=5000	31.8%
Intra3	>=10 (relative)	>=7000	1.3%
Intra4	>=10 (relative)	>=6000	3.4%
Intra4b	>=10 (relative)	>=5000	5.4%
Intra4c	>=8 (relative)	>=5000	17.5%
Intra4d	>=7 (relative)	>=5000	24.2%

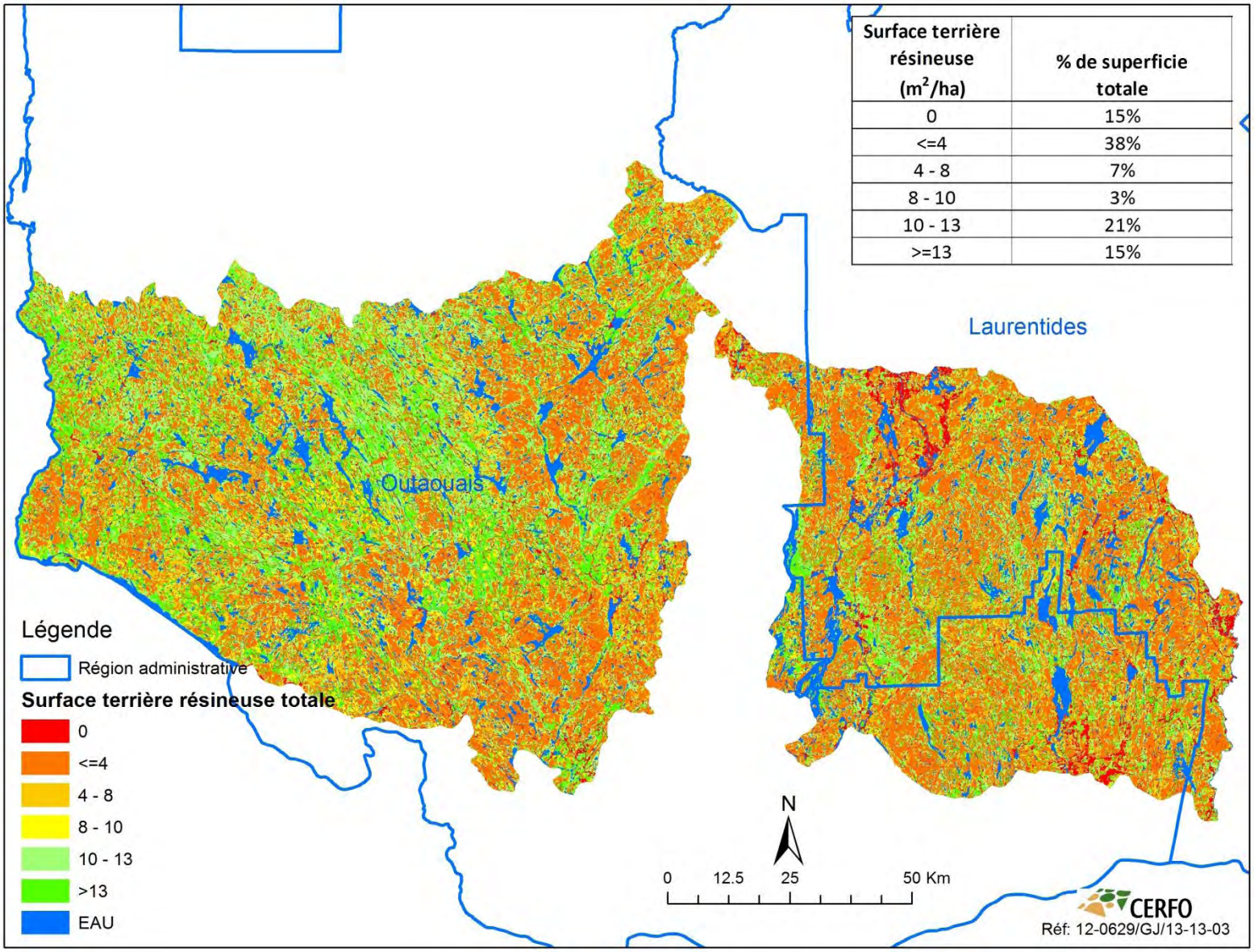

Figure 16. Représentation cartographique de la surface terrière résineuse totale sur l'aire d'étude

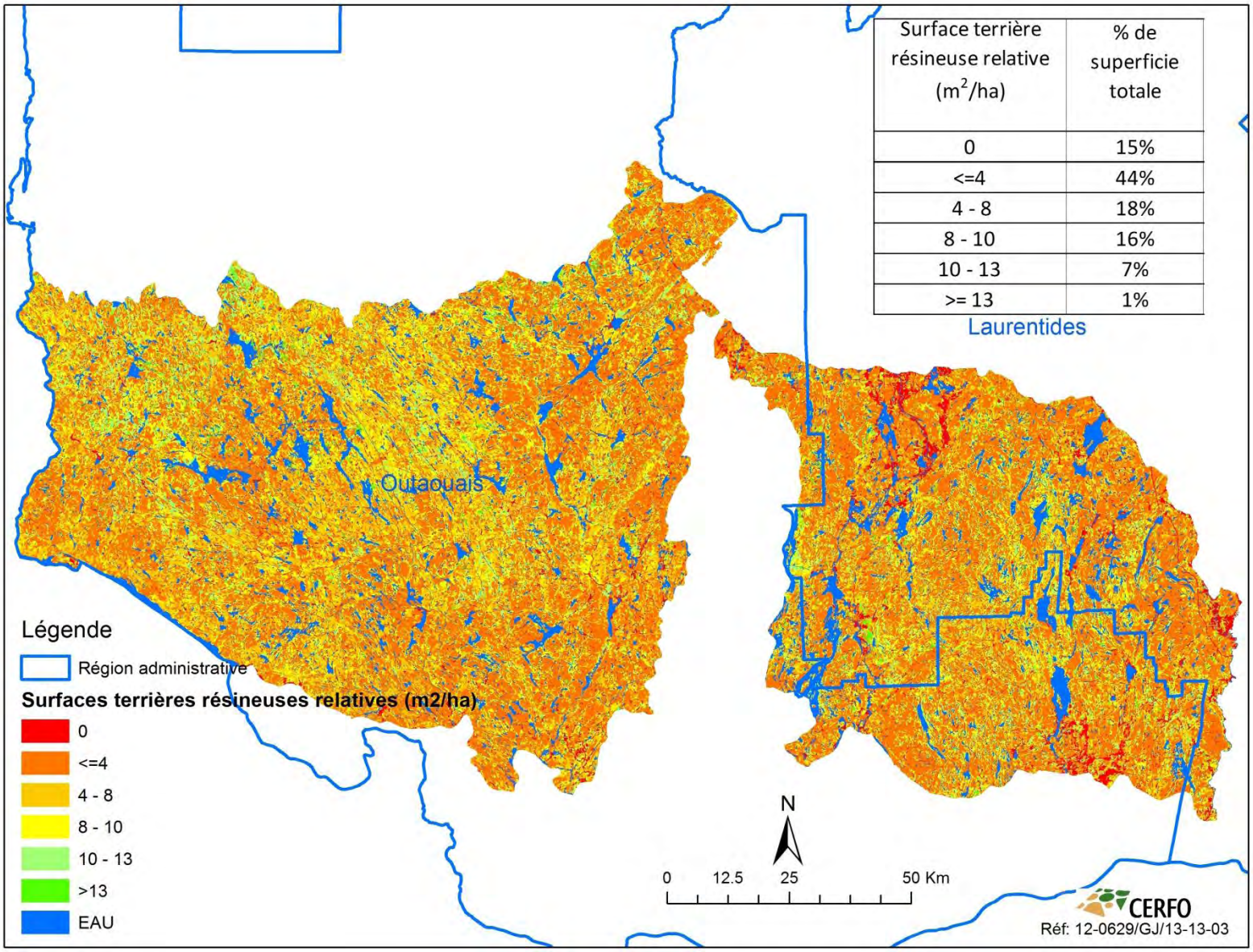

Figure 17. Représentation cartographique de la surface terrière résineuse relative sur l'aire d'étude

3.3. VALIDATION DES MODÈLES

Cette section décrit les résultats de validation des différents indices proposés en fonction des parcelles de 500 ha et de 100 ha.

3.3.1. Parcelles de 500 ha

Cette section présente les résultats pour les parcelles de 500 ha, soit : les portraits des pistes disponibles, les résultats d'analyse pour les indices de nourriture, d'entremêlement et d'abri, et les modèles global comprenant les différents indices.

3.3.1.1. Portrait des pistes utilisées

Pour les parcelles de 500 ha, les proportions de pistes, en termes de superficie, ont été compilées pour toutes les parcelles dont plus de 80 % (400 ha) étaient compris dans la surface d'inventaire aérien.

Deux approches sont testées : utiliser toutes les parcelles faisant partie du survol ou uniquement les parcelles dans lesquelles des pistes d'orignaux sont présentes. Un total de 675 parcelles de 500 ha est utilisé pour les analyses. Parmi ces parcelles, 87 % contiennent des pistes d'orignaux, mais cette valeur varie, selon les secteurs, et est de 100 % pour Montebello, 92 et 95 % pour Papineau et Rapides, et 77 % pour les autres (tableau 15, figure 18). L'approche d'utiliser les parcelles avec des pistes seulement permet de déterminer si, lorsque les pistes sont présentes, la proportion de pistes change avec les différents critères calculés.

Tableau 15. Nombre de parcelles de 500 ha couvertes à 80 % et plus par l'inventaire aérien et présence de pistes d'orignaux

	Nombre de parcelles	Nombre de parcelles avec pistes	% parcelles avec pistes
Autres	247	189	*77%*
Montebello	11	11	*100%*
Papineau	289	265	*92%*
Rapides	128	121	*95%*
Total	675	586	*87%*

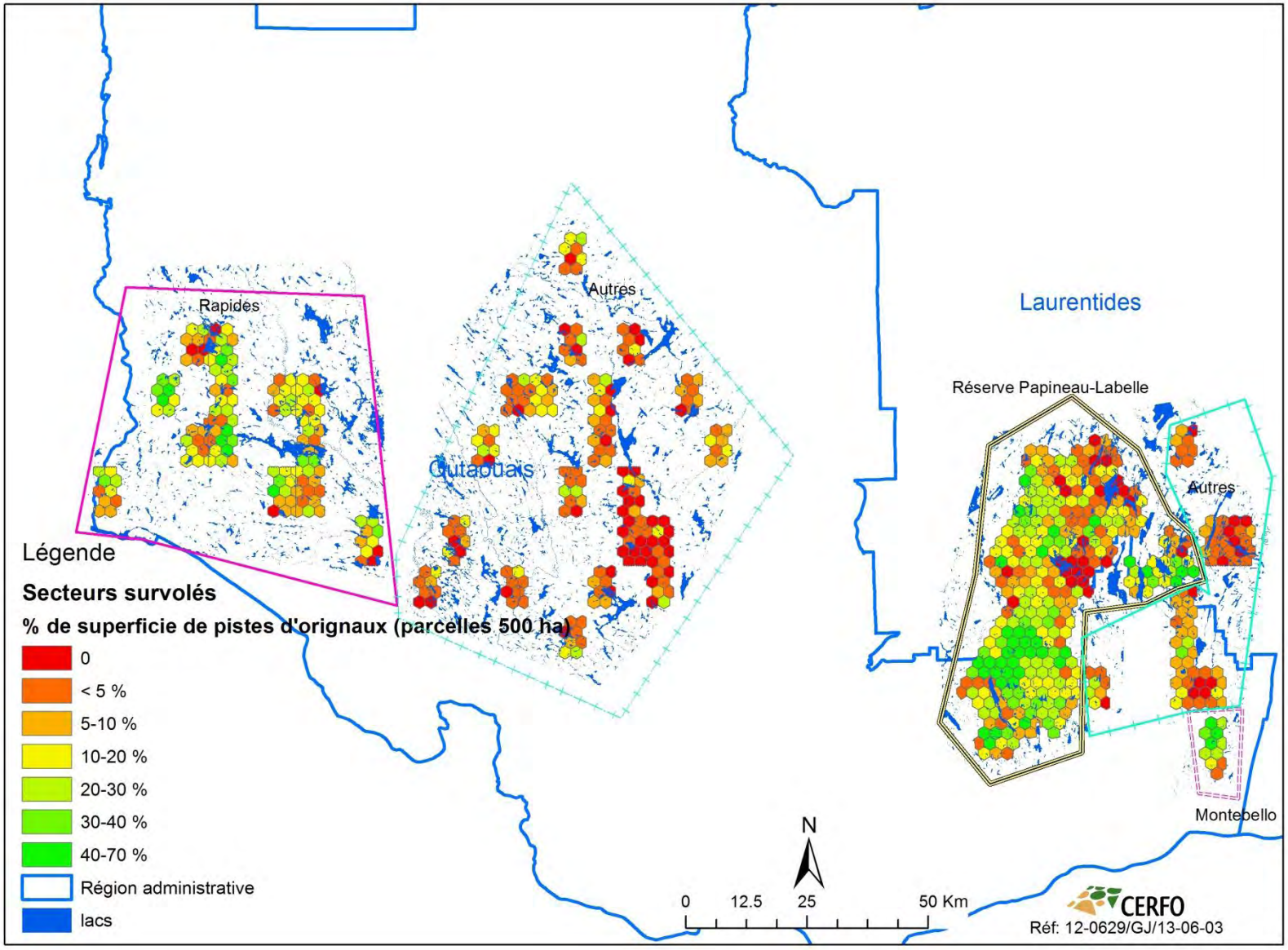

Figure 18. Représentation cartographique du pourcentage de superficie occupée par des pistes d'orignaux dans les parcelles de 500 ha par secteur

Les analyses ont révélé des différences significatives entre les secteurs pour la proportion occupée par des pistes (figure 19), la proportion moyenne étant supérieure pour Montebello, suivie de Papineau, Rapides et des autres. Cette analyse justifie le regroupement en quatre secteurs.

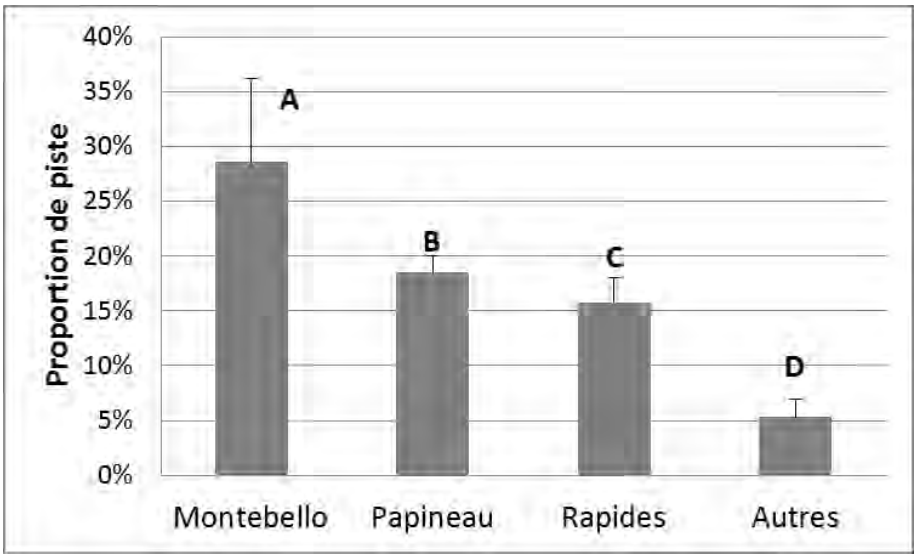

Figure 19. Proportion de pistes par parcelle de 500 ha pour les quatre secteurs

3.3.1.2. Portrait des indices de qualité de nourriture ($IQ_{nourriture}$)

Pour la variable de brout, la cote de brout au 10 % (Cote_10 % (NBR)) ainsi que les classes de strates de bons attributs de nourriture de plus de 6000, 7000, 8000 et 10000 tiges à l'hectare (BROUT6, BROUT7, BROUT8 et BROUT10) ont été utilisées pour établir les indices de qualité de nourriture. Les autres variables de cotes de brout (Cote_5 % (NBR) et Cote_10 % (PEU)) ont préalablement été comparées à la cote de 10 % (Cote_10 % (NBR)) et c'est cette dernière qui était la plus significative. Les résultats du calcul de l'indice de qualité de nourriture à partir de la cote de brout au 10 % sont représentés à la figure 20.

La comparaison des moyennes entre secteur ne révèle aucune différente pour la cote de brout au 10 % (Cote_10 % (NBR)) entre les secteurs, qui se situe autour de 0.69. Par contre, le secteur Rapides à une plus grande proportion moyenne de superficies avec plus de 8000 tiges à l'hectare de brout comparativement aux autres secteurs (tableau 16), alors que le secteur Rapides est plus faible pour la proportion de brout total de plus de 6 000 tiges de brout à l'hectare.

Tableau 16. Indices de nourriture moyens par parcelle de 500 ha par secteur en fonction des différentes cotes de brout

	Autres		Montebello		Papineau		Rapides	
Cote de brout	**MOY**	***IC***	**MOY**	***IC***	**MOY**	***IC***	**MOY**	***IC***
Cote_10%(NBR)	0.690a*	*0.010*	0.690a	*0.060*	0.710a	*0.010*	0.690a	*0.020*
BROUT10	0.276b	*0.020*	0.208b	*0.096*	0.271b	*0.019*	0.369 a	*0.028*
BROUT8	0.300b	*0.020*	0.228b	*0.094*	0.305b	*0.018*	0.404a	*0.028*
BROUT7	0.639b	*0.021*	0.707ab	*0.099*	0.687a	*0.019*	0.606a	*0.029*
BROUT6	0.732b	*0.017*	0.758abc	*0.082*	0.788a	*0.016*	0.684c	*0.024*

**Les lettres servent à confirmer les différences significatives entre les secteurs au seuil de probabilité de 5%*

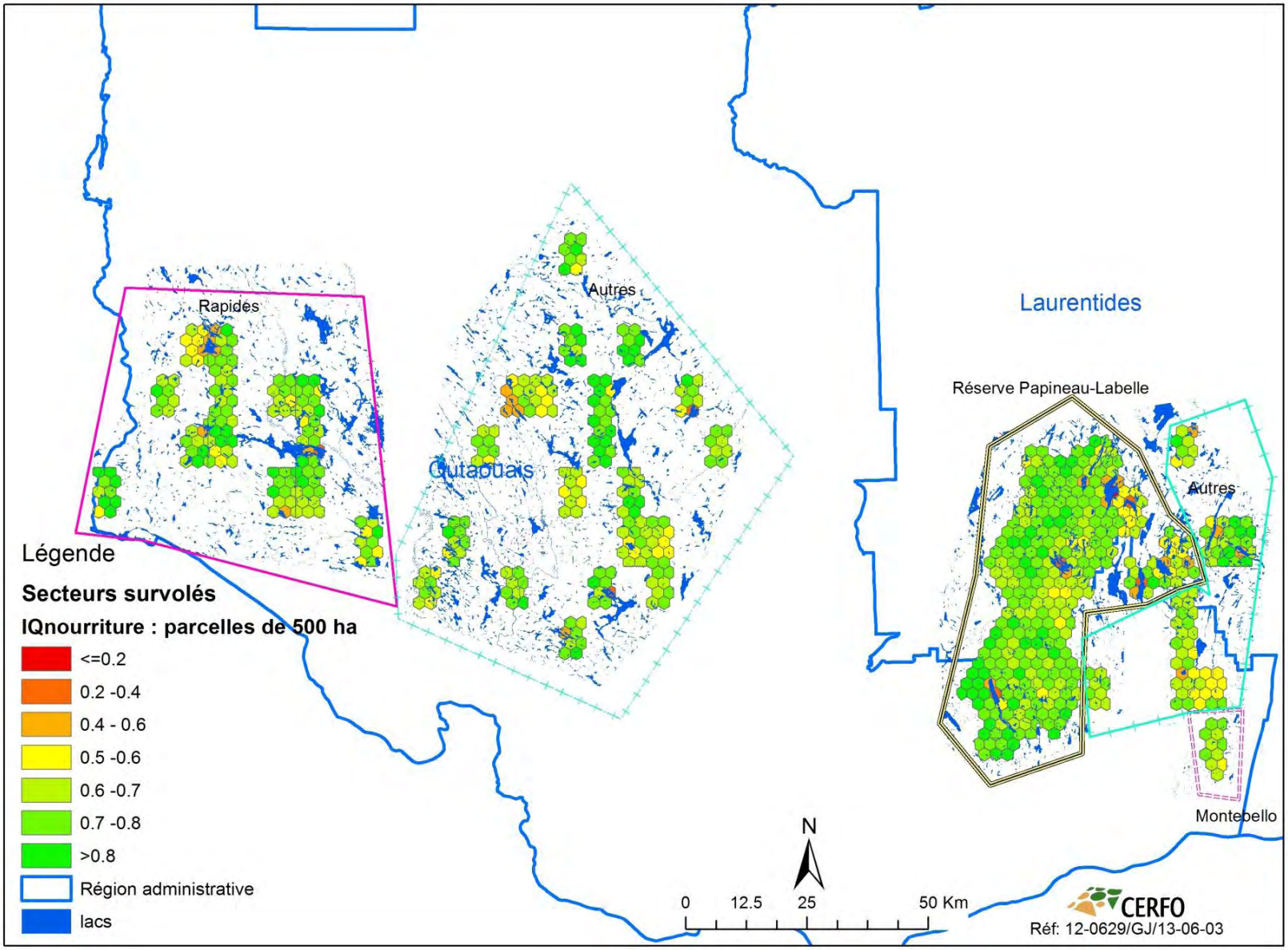

Figure 20. Représentation de l'indice de qualité de nourriture ($IQ_{nourriture}$) pour les parcelles de 500 ha du territoire d'étude

3.3.1.3. Détermination de la meilleure cote de brout pour le calcul de l'indice de qualité de nourriture basée sur des variables continues

Cette section présente les résultats du calcul et de comparaison des indices de qualité de nourriture en traitant les différentes cotes de brout comme des variables (proportions) continues.

Parmi les $IQ_{nourriture}$ testés, c'est la cote de brout au 10% (Cote_10 % (NBR)) qui est la plus significative pour l'ensemble des secteurs. Cependant, une interaction significative est présente entre le secteur. La figure 21 illustre les relations entre les proportions de superficie occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'indice de qualité de nourriture. Les relations, quoique faibles (R^2 <0,15), sont significatives pour le secteur Papineau (R^2=0,0735) et le secteur Rapides (R^2=0,125) lorsque toutes les parcelles de plus de 500 ha sont utilisées alors qu'il n'y a pas de relation significative pour le secteur de Montebello et le secteur Autre. De plus, les pentes sont assez similaires entre les secteurs Papineau et Rapides. Des relations plus faibles sont notées lorsque seules les parcelles avec présence de pistes d'orignaux sont considérées, possiblement parce que les parcelles sans piste comportaient un plus forte proportion d'$IQ_{nourriture}$ faible.

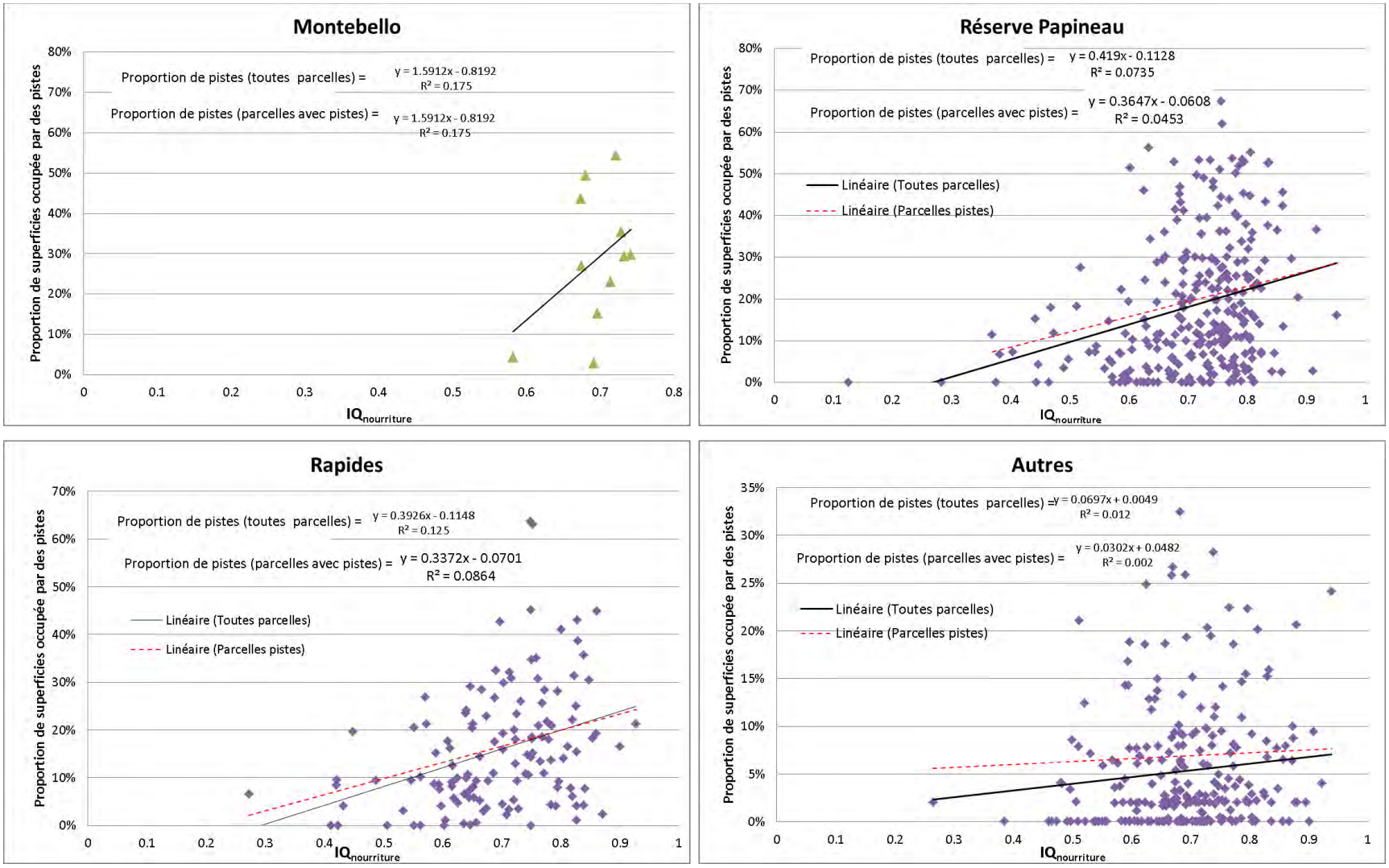

Figure 21. Proportions de superficies des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'indice de qualité de nourriture pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur

3.3.1.4. Création de catégorie d'indice de qualité de nourriture

Considérant la variabilité de l'indice de qualité de nourriture présenté à la section précédente, une catégorisation a été créée selon les classes similaires à celles utilisées dans Dussault *et al.* (2006).

L'indice de qualité de nourriture varie de 0,12 à 0,95 pour les parcelles de 500 ha pour les différents secteurs. Cependant, peu de parcelles ont une valeur en deçà de 0,4 d'$IQ_{nourriture}$, soit moins de 1,1 % des parcelles (8 parcelles). Pour un indice de 0,4 à 0,5, on retrouve 4 % des parcelles, et 10,7 % ont un indice se situant entre 0,5 et 0,6. Plus de 84 % des parcelles ont un indice de qualité de nourriture supérieur à 0,60, et 55 % ont un indice supérieur à 0,70 (tableau 17).

Tableau 17. Nombre, proportion des parcelles et proportion moyenne de pistes par indice de qualité de nourriture par secteur

	Autres			Montebello			Papineau			Rapides			Total		
$IQ_{nourriture}$	NB	%	Moy pistes	NB	%	Moy pistes	NB	%	Moy pistes	NB	%	Moy pistes	NB	%	Moy pistes
0.1-0.2		0.0			0.0		1	0.5	0.0%		0.0		1	0.2	0.0%
0.2-0.3	1	0.6	2.0%		0.0		1	0.4	0.0%	1	0.9	6.6%	3	0.6	2.9%
0.3-0.4	1	0.1	0.0%		0.0		3	0.7	6.1%		0.0		4	0.3	4.6%
0.4-0.5	9	4.0	2.2%		0.0		9	2.8	7.3%	7	5.8	7.3%	25	4.0	5.5%
0.5-0.6	32	11.2	5.0%	1	8.0	4.2%	22	9.5	7.8%	14	11.8	9.7%	69	10.7	6.8%
0.6-0.7	86	31.7	5.7%	5	44.7	27.6%	73	26.0	18.7%	38	29.5	12.7%	202	29.3	12.3%
0.7-0.8	83	35.2	5.2%	5	47.2	34.4%	137	46.2	20.3%	45	35.5	19.5%	270	39.1	15.8%
0.8-0.9	31	15.1	5.4%		0.0		40	13.3	22.4%	21	14.7	20.4%	92	14.3	16.2%
0.9-1.0	4	2.1	9.4%		0.0		3	0.7	18.5%	2	1.9	18.9%	9	1.6	14.5%
Total	247	100.00	5.3%	11	100.00	28.6%	289	100.00	18.5%	128	100.00	15.8%	675	100.00	13.3%

Considérant la distribution des données d'indice de qualité de nourriture, les catégories suivantes ont été retenues : 1 (<=0,2), 2 (0,2-0,4), 3 (0,4-0,6), 4 (0,6-0,8) et 5 (0,8-1). Les $IQ_{nourriture}$ ayant une valeur <0,2, soit de la catégorie 1, ont été exclus de l'analyse. Ces catégories sont utilisées également pour les autres calculs de catégories indices dans les prochaines sections.

Globalement, la proportion de pistes d'orignal est supérieure dans les catégories d'indice de qualité de nourriture 4 et 5 par rapport à 2 et 3 (figure 22), mais une interaction significative a été notée entre les secteurs. Ainsi, il n'y a aucune différence entre les catégories d'indice de qualité

de nourriture pour le secteur Montebello et le secteur Autres (figure 23). Pour le secteur Papineau, la catégorie 5 est supérieur aux catégories 2 et 3, mais similaire à la catégorie 4. Des relations semblables sont observées dans le secteur Rapides.

Il y a des différences significatives de proportion pour les catégories 3, 4 et 5 entre les secteurs (tableau 19). Pour la catégorie 3, les secteurs Rapides et Papineau sont plus élevés que le secteur Autres. Pour la catégorie 4, tous les secteurs sont différents alors que pour la catégorie 5, le secteur Autres est inférieur à Rapides et Papineau.

Comme la proportion de pistes atteint un plateau à partir des catégories 4 et 5, on peut supposer qu'un $IQ_{nourriture}$ est optimal pour supporter une densité moyenne d'orignaux à partir de 0,6.

Tableau 18. Fréquence des parcelles de 500 ha occupées par des pistes par catégorie d'$IQ_{nourriture}$ par secteur

		Parcelles avec présence de pistes	Toutes les parcelles
Secteur	**Catégorie $IQ_{nourriture}$**	**N**	**N**
AUTRES	1		
	2	1	2
	3	26	41
	4	134	169
	5	28	35
	TOTAL	189	247
MONTEBELLO	1		
	2		
	3	1	1
	4	10	10
	5		
	TOTAL	11	11
PAPINEAU	1		1
	2	2	4
	3	26	31
	4	195	210
	5	42	43
	TOTAL	265	289
RAPIDES	1		
	2	1	1
	3	16	21
	4	81	83
	5	23	23
	TOTAL	121	128
Total	1		1
	2	4	7
	3	69	94
	4	420	472
	5	93	101
	TOTAL	586	675

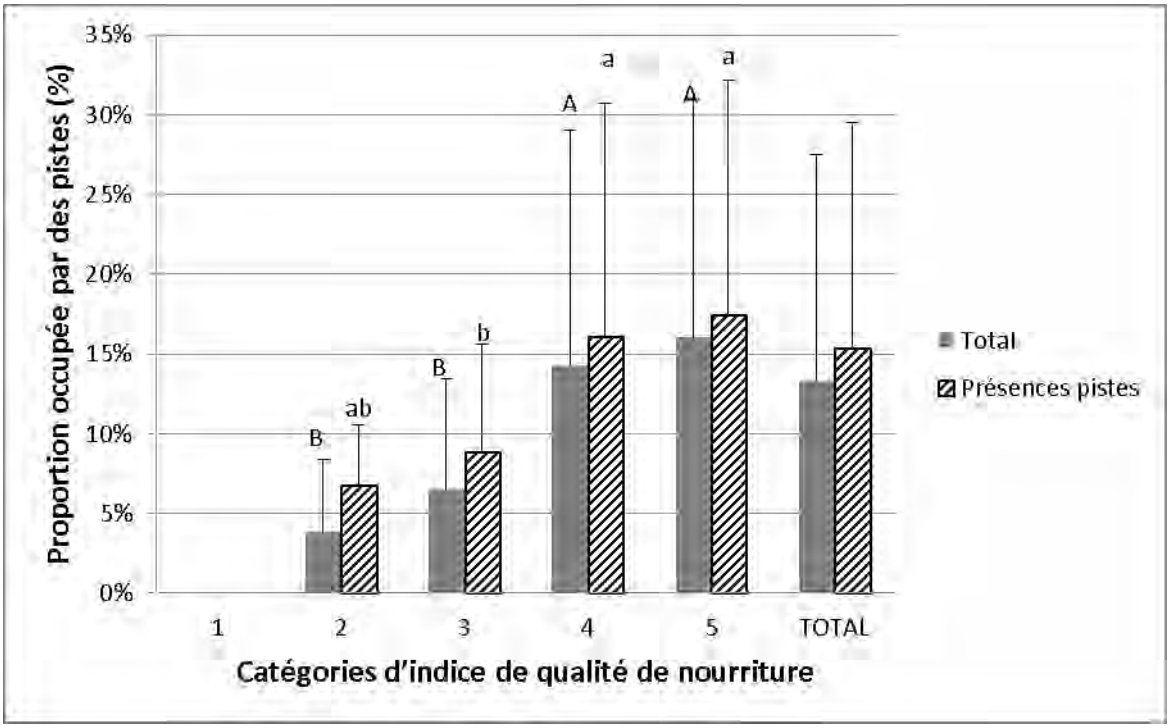

Figure 22. Proportions de superficie des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction des catégories d'indice de qualité de nourriture pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes

Les catégories d'indices de qualité de brout sont : 1 (<0,20), 2 (0,20-0,40), 3 (0,4-0,6), 4 (0,6-0,8) et 5 (>0,8). Des lettres identiques au-dessus des barres au sein d'un même type de compilation (total ou présence de pistes) indiquent que les valeurs ne diffèrent pas significativement (P<0,05) entre les catégories.

Tableau 19. Proportion moyenne de pistes par secteur et catégorie d'indice de qualité de nourriture

	Secteurs			
Catégorie $IQ_{nourriture}$	**Autres**	**Rapides**	**Papineau**	**Montebello**
2	1,0% a	6,6% a	4,6% a	nd
3	4,4 % b	8,9% a	7,6 % a	4,2% ab
4	5,5% d	16,4% c	19,8% b	31,0% a
5	5,8% b	20,2% a	22,1% a	nd

Des lettres minuscules différentes indiquent des différences significatives entre les moyennes des secteurs pour une même catégorie.

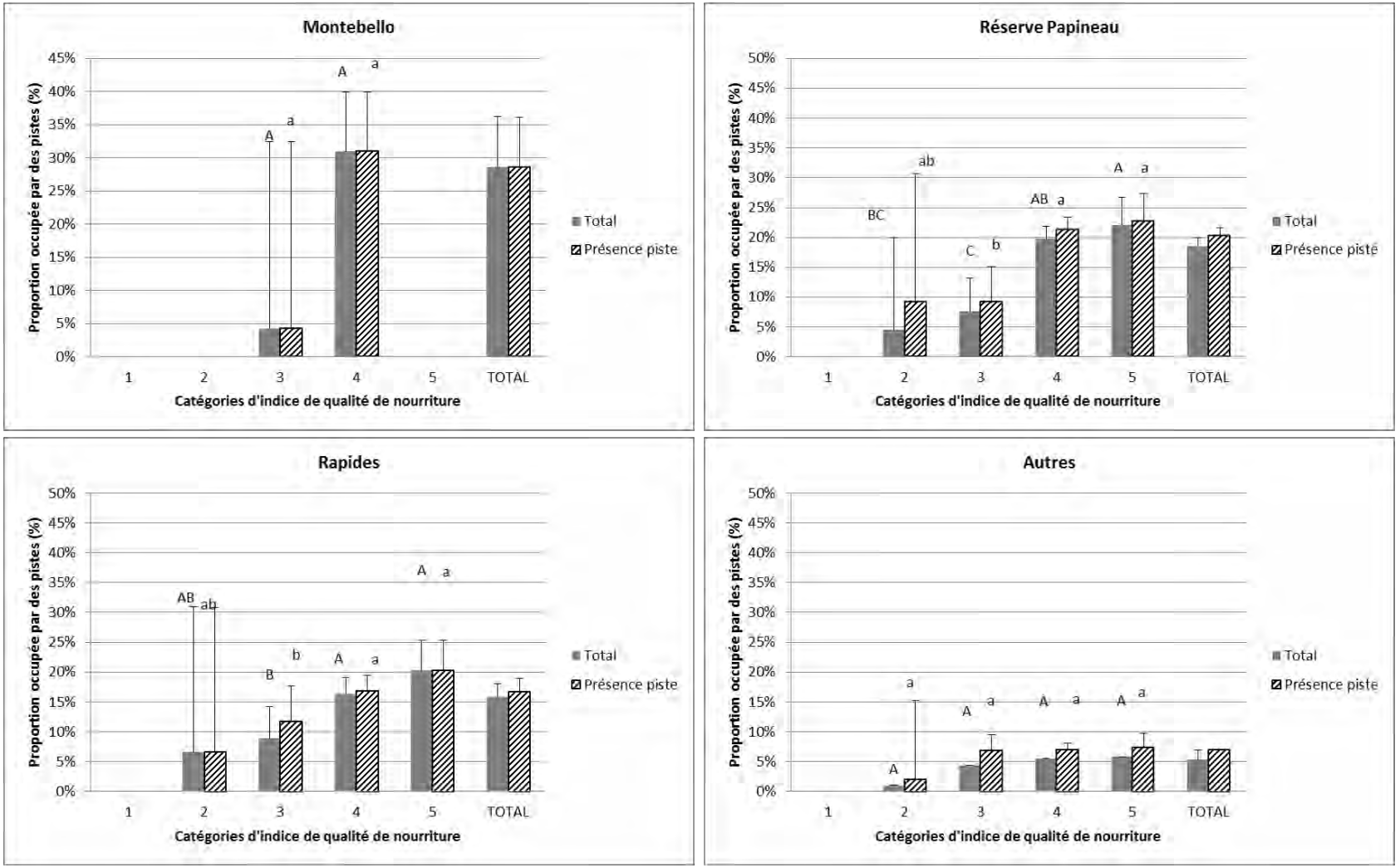

Figure 23. Proportions de superficie des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction des catégories de qualité de nourriture pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur

Les catégories d'indices de qualité de brout sont : 1 (<0,20), 2 (0,20-0,40), 3 (0,4-0,6), 4 (0,6-0,8) et 5 (>0,8). Des lettres identiques au-dessus des barres au sein d'un même secteur et d'un même type de compilation (total ou présence de pistes) indiquent que les valeurs ne diffèrent pas significativement (P<0,05) entre les catégories. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance.

3.3.1.5. Indice de qualité d'entremêlement ($IQ_{entremêlement}$)

Pour l'indice d'entremêlement, tous les indices décrits dans le tableau 8, soit cinquante, ont été testés et les résultats sont présentés à l'annexe 3.

Lorsque toutes les parcelles de 500 ha sont utilisées, parmi tous les $IQ_{entremêlement}$ testés, plusieurs sont significatifs pour l'ensemble des données, mais avec un R^2 maximum de 0,0456. Pour l'ensemble des secteurs, la relation significative la plus forte est pour l'indice $IQ_{entremêlement}39$, soit un R^2 de 0,0456. Cependant, il y a une interaction significative de l'$IQ_{entremêlement}39$ avec les secteurs et pour cet indice, seul le secteur Rapides a une relation significative entre la proportion de superficie occupée par des pistes et l'indice, avec un R^2 de 0,1121 (figure 24). L'indice $IQ_{entremêlement}21$ est significatif dans l'ensemble (p=0,0002, R^2=0,0190) et pour le secteur Rapides ((p=0,0026, R^2=0,0699) et est presque significatif pour le secteur Papineau (p=0,056, R^2=0,0126) (figure 25).

Pour ce qui est de l'indice d'entremêlement par secteur, pour le secteur Autres, aucun $IQ_{entremêlement}$ n'a une relation significative par rapport aux proportions de pistes. Pour le secteur Montebello, des valeurs de p<0,10 sont observées pour les $IQ_{entremêlement}6$ à $IQ_{entremêlement}15$, le $IQ_{entremêlement}6$ ayant un R^2 de 0,33 et un p=0,06 (figure 26). Pour le secteur Papineau, des valeurs de p<0,10 sont observées pour les $IQ_{entremêlement}21$ à $IQ_{entremêlement}26$.

Pour le secteur Rapides, plusieurs $IQ_{entremêlement}$ sont significatifs, à l'exception des $IQ_{entremêlement}1$ à $IQ_{entremêlement}5$, qui sont non significatifs. Parmi les autres indices, les $IQ_{entremêlement}34$, 36, 37, 38, et 39 ont les plus forts R^2, soit de 0,1035 à 0,1121. Les composantes du $IQ_{entremêlement}39$ sont les strates intra constituées de la surface terrière résineuse relative >=8m^2/ha avec plus de 5 000 tiges de brout, une bordure entre la surface terrière résineuse relative >=10 m^2/ha et un brout de plus de 8 000 tiges/ha.

Tableau 20. Description des indices de qualité d'entremêlement retenus et testés pour les parcelles de 500 ha

	Strates intra			Bordures		
$IQ_{entremêlement}$	**Nom de la strate intra**	**Surface terrière résineuse (m^2/ha)**	**Nombre de tiges de brout/ha**	**Nom de bordure**	**Surface terrière résineuse (m^2/ha)**	**Nombre de tiges de brout/ha**
$IQ_{entremêlement}6$	Intra1	>=10 (totale)	>=7000	Bordure3a	>=10 (totale)	>=10000
$IQ_{entremêlement}21$	Intra1	>=10 (totale)	>=7000	Bordure3d	>=10 (totale)	>=6000
$IQ_{entremêlement}39$	Intra4c	>=8 (relative)	>=5000	Bordure4b	>=10 (relative)	>=8000

En utilisant seulement les parcelles avec présence de pistes, les valeurs de R^2 sont un peu plus faibles et les variables significatives sont les mêmes, à l'exception du secteur Papineau, pour lequel $IQ_{entremêlement}21$ est significatif avec un $p<0,05$, mais un R^2 très faible (0,067).

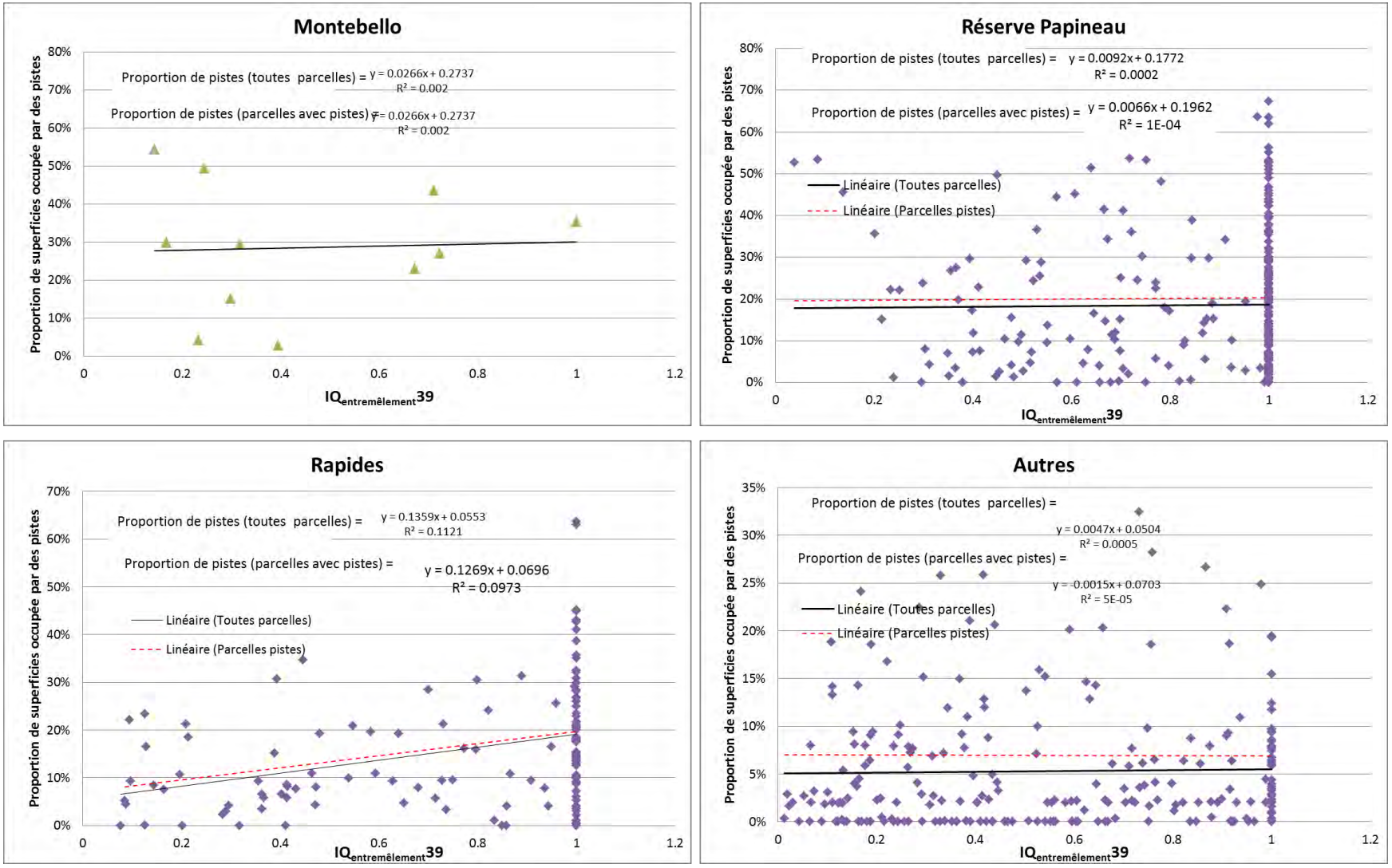

Figure 24. Proportions de superficie des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{entremêlement}$39 pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur

La relation est significative seulement pour le secteur Rapides.

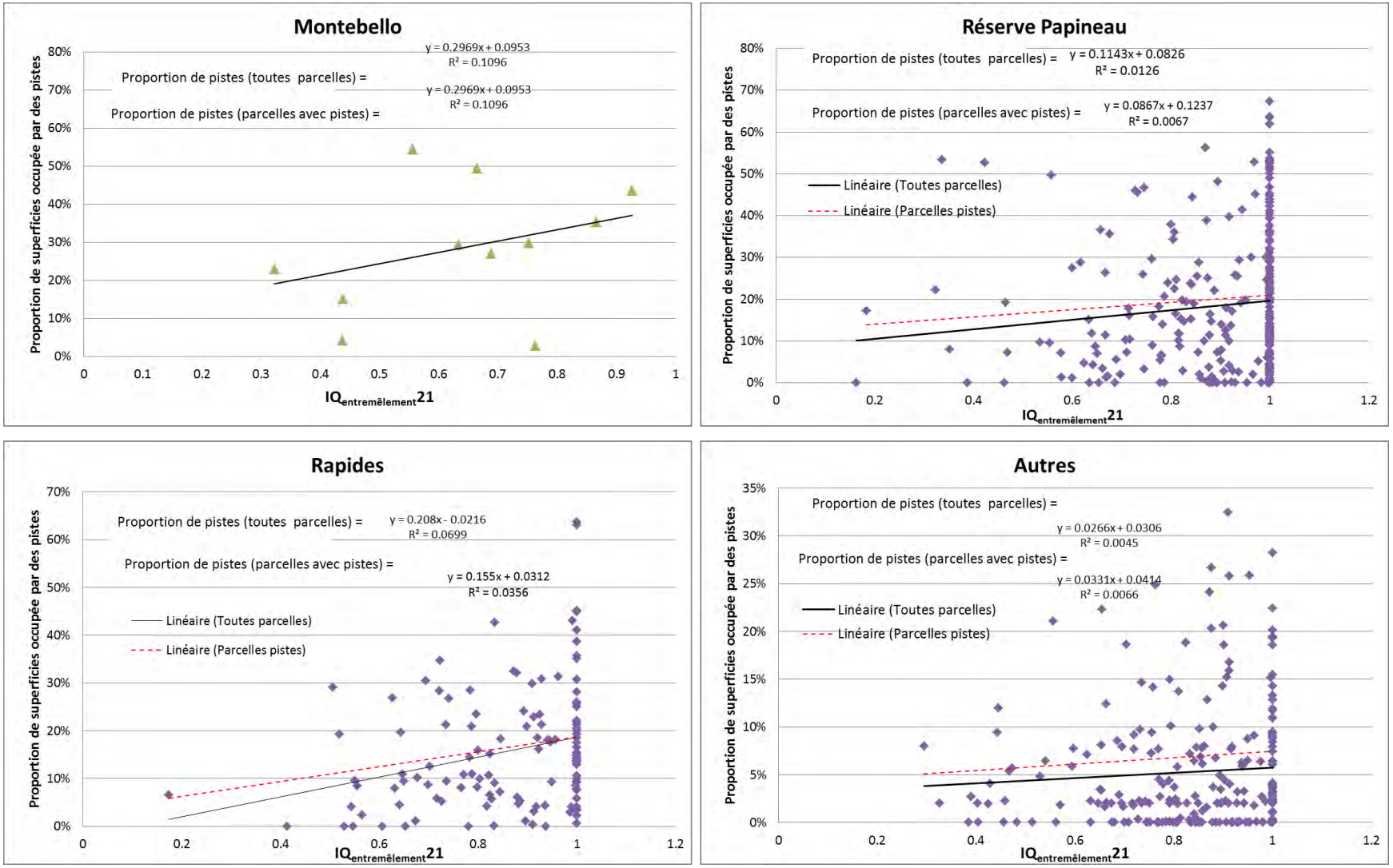

Figure 25. Proportions de superficie des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{entremêlement}21$ pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur

Les relations sont significatives pour les secteurs Rapides et Papineau seulement.

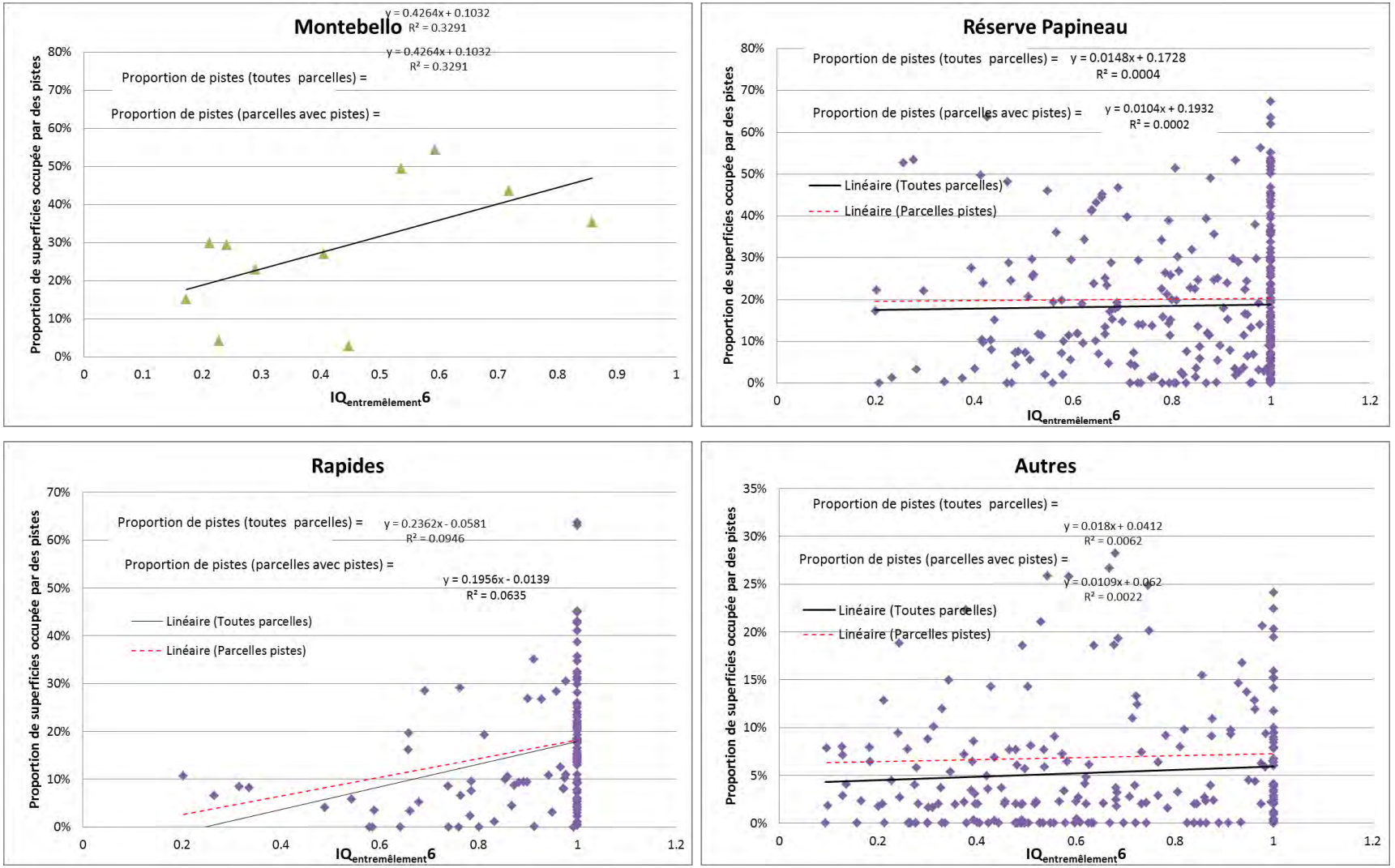

Figure 26. Proportions de superficie des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{entremêlement}6$ pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur

Les relations sont significatives pour les secteurs Rapides et Montebello seulement.

Des indices de qualité d'entremêlement pour les indices 21 et 39 ont été employés en utilisant les mêmes catégories que pour l'indice de qualité de la nourriture $IQ_{nourriture}$. Les analyses révèlent des différences significatives pour les secteurs Rapides et Papineau pour l'$IQ_{entremêlement}$39. Pour le secteur Rapides, la proportion de pistes augmente avec la valeur de la catégorie de l'$IQ_{entremêlement}$39. Pour le secteur Papineau, seule la catégorie 1 a une valeur supérieure aux autres catégories (figure 27). Pour le $IQ_{entremêlement}$21, des différences significatives sont observées pour le secteur Rapides seulement (figure 28).

Considérant les faibles relations entre la proportion occupée par des pistes d'orignaux et l'$IQ_{entremêlement}$, l'indice $IQ_{entremêlement}$ ne semble pas un bon indice à utiliser à l'échelle de 500 ha, à l'exception du secteur Rapides.

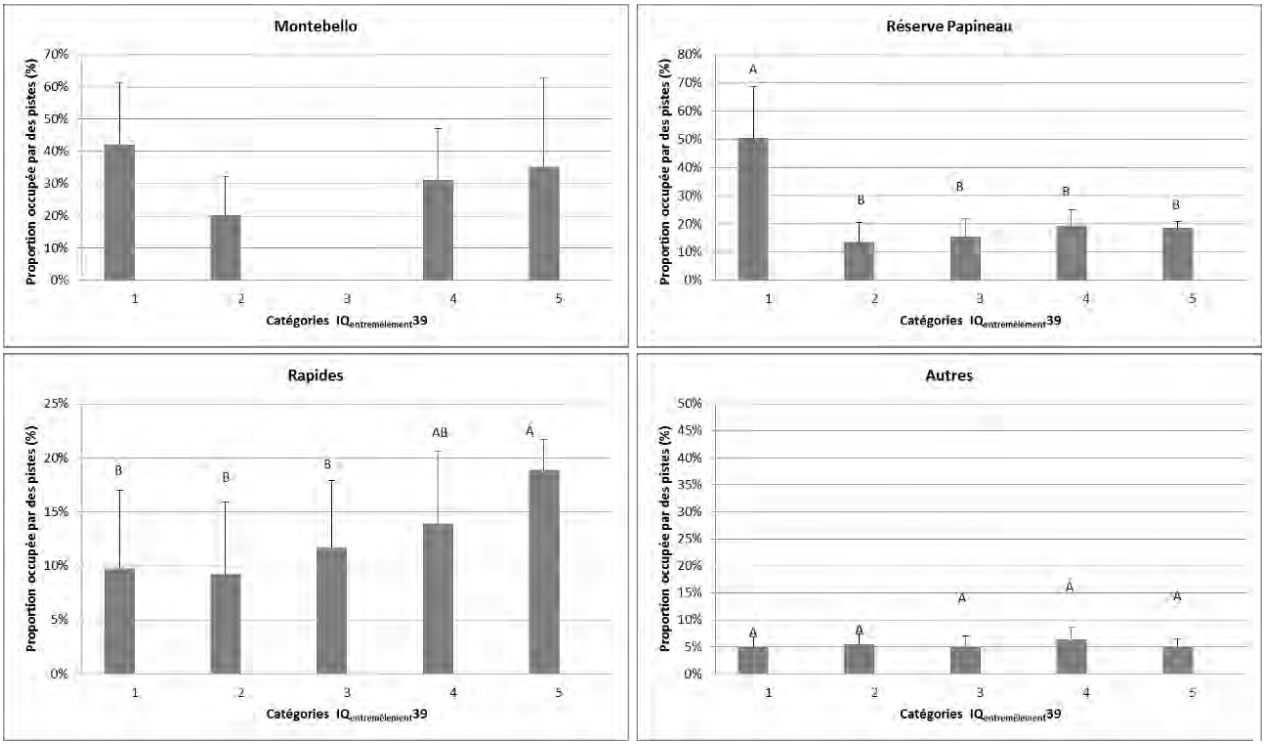

Figure 27. Proportions de superficie des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{entremêlement}$39 pour l'ensemble des parcelles par secteur

Les catégories d'indices de qualité sont : 1 (<0,20), 2 (0,20-0,40), 3 (0,4-0,6), 4 (0,6-0,8) et 5 (>0,8). Des lettres identiques au-dessus des barres au sein d'un même secteur indiquent que les valeurs ne diffèrent pas significativement (P<0,05) entre les catégories. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance.

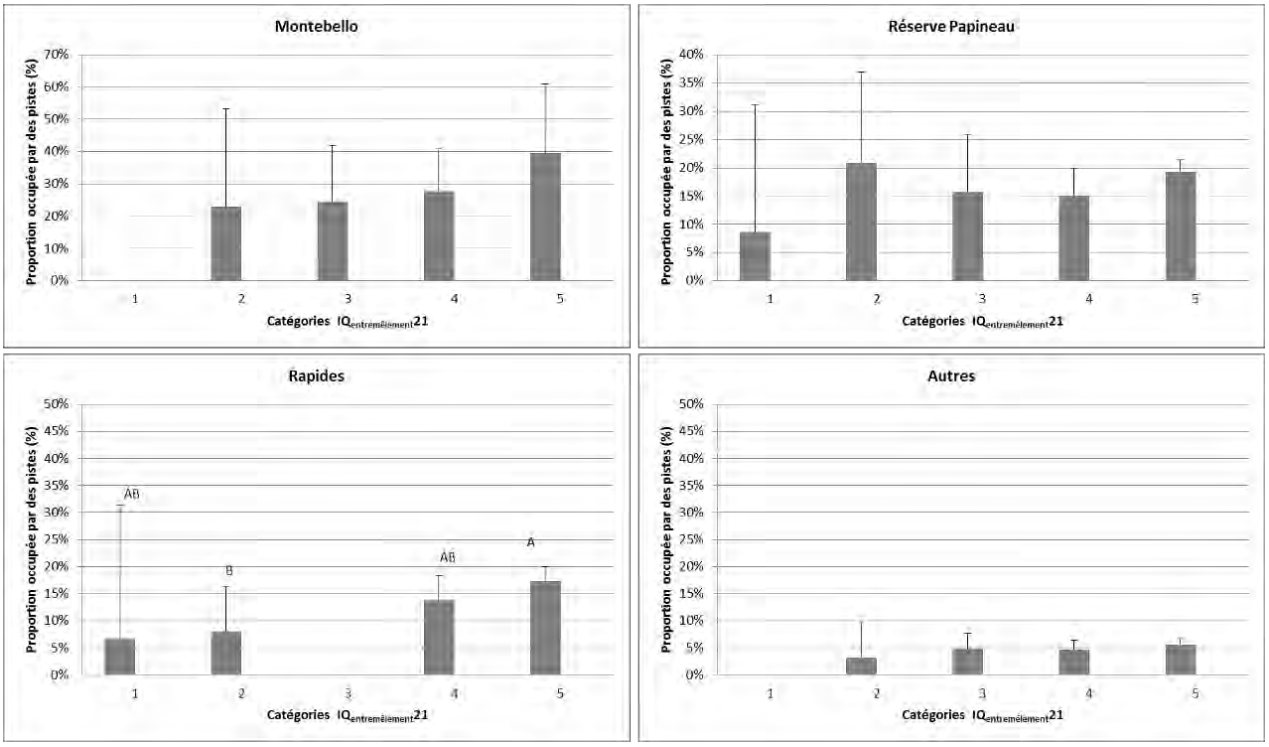

Figure 28. Proportions de superficie des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{entremêlement}$21 pour l'ensemble des parcelles par secteur

Les catégories d'indices de qualité sont : 1 (<0,20), 2 (0,20-0,40), 3 (0,4-0,6), 4 (0,6-0,8) et 5 (>0,8). Des lettres identiques au-dessus des barres au sein d'un même secteur indiquent que les valeurs ne diffèrent pas significativement (P<0,05) entre les catégories. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance.

3.3.1.6. Indice de qualité d'abri (IQ_{abri})

Pour l'indice de qualité d'abri (IQ_{abri}), plusieurs variables ont été testées. Les relations sont très faibles pour toutes les variables testées en termes de corrélation sur l'ensemble des cotes (R^2<0,03), quoique certaines soient significatives. Parmi ces relations, notons les cotes de surface terrière résineuse relative (ST2_B_S, ST1_B_S et PC_RES_REL10), qui présentent les meilleures relations globales. La cote ST2B_S est retenue pour les analyses puisque la relation est quasi-significative pour 3 des 4 secteurs (figure 29).

Tableau 21. Résultats des corrélations entre les proportions de pistes et les indices de qualité d'abri pour les parcelles de 500 ha par secteur

		Résultats proportions de pistes pour toutes les parcelles									
		Total		Autres		Montebello		Papineau		Rapides	
Indice	Critère de surface terrière résineuse	R^2	p	R^2	p	R^2	p	R^2	p	R^2	p
RESREL10	>=10 (relative)	0.030	0.000	0.003	0.357	0.005	0.833	0.008	0.139	0.033	0.041
ST2B_S		0.010	0.007	0.013	0.077	0.001	0.940	0.012	0.069	0.027	0.064
ST1B_S		0.010	0.008	0.016	0.049	0.004	0.845	0.008	0.121	0.028	0.057
ST2A_P		0.002	0.278	0.010	0.117	0.023	0.659	0.006	0.190	0.012	0.226
ST_C_R		0.001	0.383	0.007	0.200	0.032	0.597	0.010	0.096	0.014	0.182
ST_C1A		0.000	0.654	0.008	0.172	0.017	0.705	0.006	0.183	0.008	0.322
RES10	>=10 (totale)	0.000	0.704	0.007	0.205	0.177	0.198	0.004	0.310	0.007	0.332
RES13	>=13 (totale)	0.000	0.784	0.001	0.674	0.120	0.297	0.024	0.009	0.005	0.432
RES_ST		0.000	0.868	0.005	0.291	0.004	0.854	0.014	0.044	0.004	0.461
RESREL13	>=13 (relative)	0.000	0.979	0.003	0.382	0.015	0.719	0.009	0.104	0.038	0.028

Des catégories d'indice de qualité d'abri pour l'indice ST2_B_S ont été créées, avec les mêmes classes que les catégories des indices de qualité de nourriture. Les analyses révèlent des différences significatives pour tous les secteurs où la proportion de pistes augmente avec l'indice de qualité d'abri, à l'exception de Montebello (figure 30).

Un test a été réalisé pour déterminer si la proportion d'îlots résineux variait entre les hexagones. Selon le guide d'aménagement pour l'orignal, il faut maintenir un minimum de 2 à 3 îlots de 3 à 10 ha résineux par 1 000 ha pour agir comme abri. Les analyses ont révélé que dans les secteurs survolés pour le suivi de pistes d'orignaux, 563 hexagones sur les 675 ont 3 îlots résineux ou plus de 3 ha ou ont un minimum de 50 ha résineux avec 13 m^2/ha ou plus par 500 ha (tableau 22) et qu'il n'y avait aucune différence significative pour la proportion de pistes en fonction de la

présence ou non d'îlots résineux. Pour l'ensemble de l'aire d'étude, 79 % des parcelles de 500 ha respectent ce critère. Si le nombre d'îlots résineux est important, ce critère ne semble pas être un facteur limitant pour l'érablière à bouleau jaune.

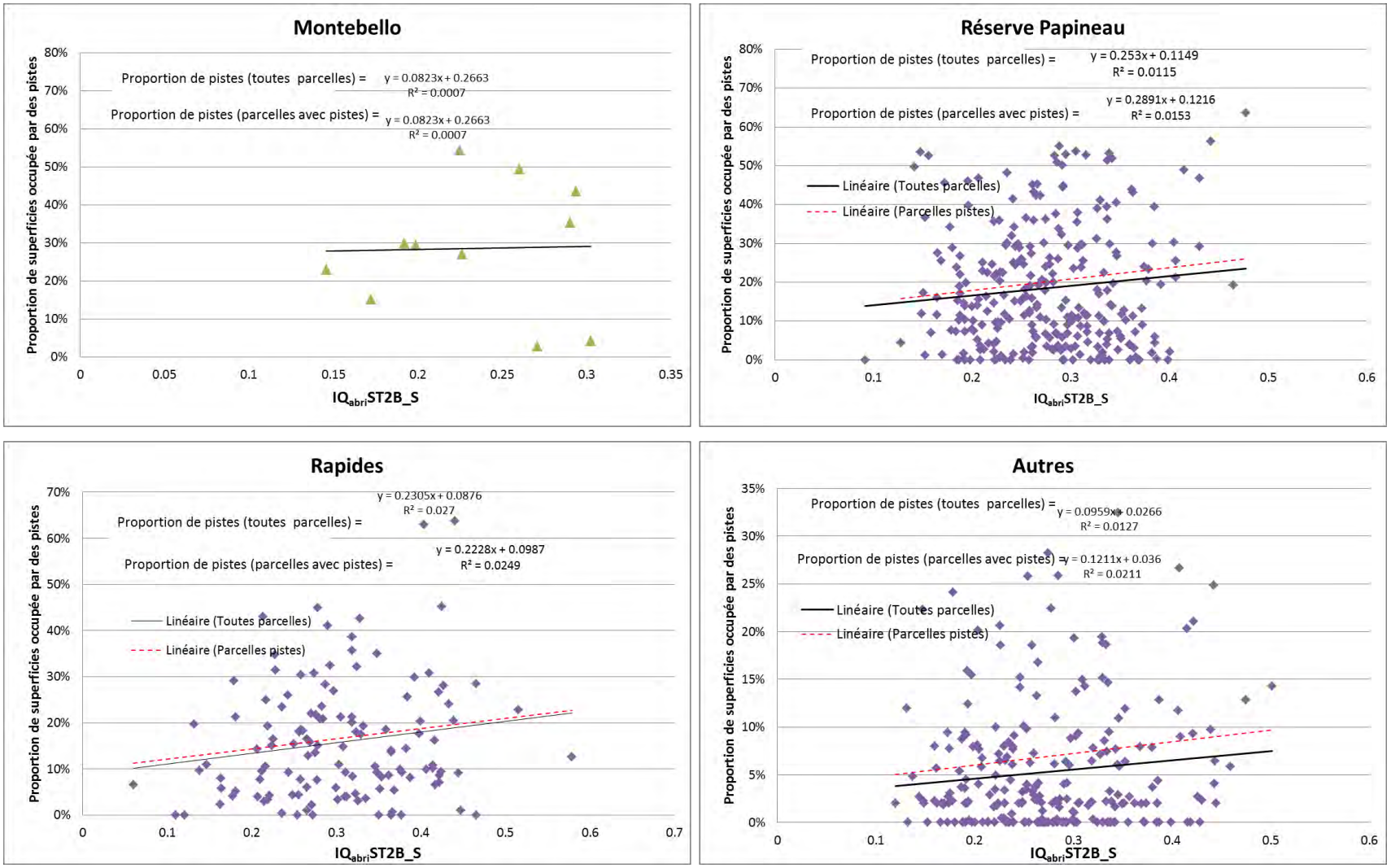

Figure 29. Proportions de superficie des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'IQ_{abri}ST2B_S pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur

Les relations sont significatives (p<0,10) pour les secteurs Rapides, Papineau et Autres.

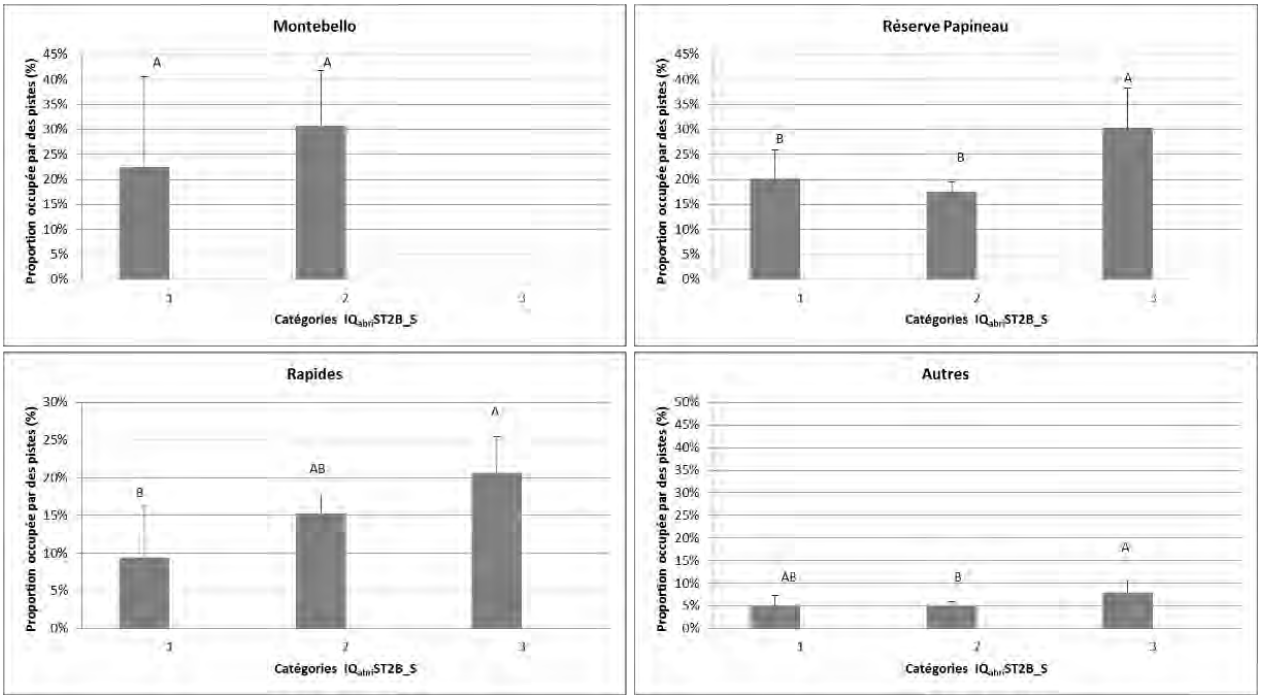

Figure 30. Proportions de superficie des parcelles de 500 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{abr\ (ST2B_S)i}$ pour l'ensemble des parcelles par secteur

Les catégories d'indices de qualité d'abri sont : 1 (<0,20), 2 (0,20-0,40), 3 (0,4-0,6), 4 (0,6-0,8) et 5 (>0,8). Des lettres identiques au-dessus des barres au sein d'un même secteur indiquent que les valeurs ne diffèrent pas significativement (P<0,05) entre les catégories. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance.

Tableau 22. Nombre d'hexagones de 500 ha avec présence d'îlots de résineux et proportion de pistes d'orignaux

	Présence de 3 îlots ou plus de 3 ha résineux ou 50 ha ou plus de résineux (13 m²/ha)						Total		
	Non			Oui					
	Nombre	% piste		Nombre	% piste		Nombre	% piste	
Secteurs	**d'hexagones**	**moy**	**ET**	**d'hexagones**	**moy**	**ET**	**d'hexagones**	**moy**	**ET**
Autres	58	6.3%	*6.4%*	189	5.0%	*6.6%*	247	5.3%	*6.5%*
Montebello	4	25.4%	*22.1%*	7	30.3%	*14.8%*	11	28.6%	*16.9%*
Papineau	40	18.5%	*15.0%*	249	18.5%	*16.3%*	289	18.5%	*16.1%*
Rapides	10	9.2%	*6.7%*	118	16.3%	*13.0%*	128	15.8%	*12.7%*
Total survolé	112	11.6%	*12.5%*	563	13.7%	*14.5%*	675	13.3%	*14.2%*
Total aire d'étude	818			3164			3982		

3.3.2. Intégration de tous les types d'indice pour définir le modèle de prédiction de la proportion de pistes d'orignaux pour les parcelles de 500 ha

Pour les parcelles de 500 ha, les indices $IQ_{nourriture}$, $IQ_{entremêlement}39$, $IQ_{entremêlement}21$ et IQ_{abri}(ST_rel_2BS) ont été intégrées dans une régression de type « stepwise ». Considérant le peu de relation avec les secteurs Autres et Montebello par rapport aux différents indices, seuls les secteurs Papineau et Rapides ont été conservés pour les analyses pour définir un second modèle pour les parcelles de 500 ha. Les analyses ont révélé que pour l'ensemble des secteurs, les indices $IQ_{nourriture}$, IQ_{abri}(ST_rel_2BS) et $IQ_{entremêlement}39$ sont significatives avec un R^2 de 0,103 (tableau 23). En utilisant seulement les résultats des secteurs Papineau et Rapides, les indices retenus sont le $IQ_{nourriture}$ et le IQ_{abri}(ST_rel_2BS), avec un R^2 de 0,102. Quoique ces modèles de prédiction soient significatives, leur pouvoir explicateur est assez faible. Les valeurs de proportions d'habitats ont été calculées en utilisant le modèle de prédiction de Papineau et Rapides pour l'ensemble de l'aire d'étude (figure 30).

Tableau 23. Indices retenus pour définir les modèles de prédiction de la proportion de pistes d'orignaux pour les parcelles de 500 ha

	Valeur des indices non ajustés		Valeur des indices ajustés (min=0 et max=1)	
Modèle	**Global**	**Papineau et Rapides (densité moyenne)**	**Global**	**Papineau et Rapides (densité moyenne)**
R^2	0.103	0.102	0.103	0.102
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Intercepte	-0.194	-0.194	-0.182	-0.186
Indice de nourriture	BR10_N	BR10_N	BR10_N	BR10_N
Valeur	0.327	0.426	0.309	0.403
Indice d'abri	ST2B_S	ST2B_S	ST2B_S	ST2B_S
Valeur	0.165	0.244	0.105	0.154
Indice d'entremêlement	SI_edge39		SI_edge39	
Valeur	0.0718		0.072	

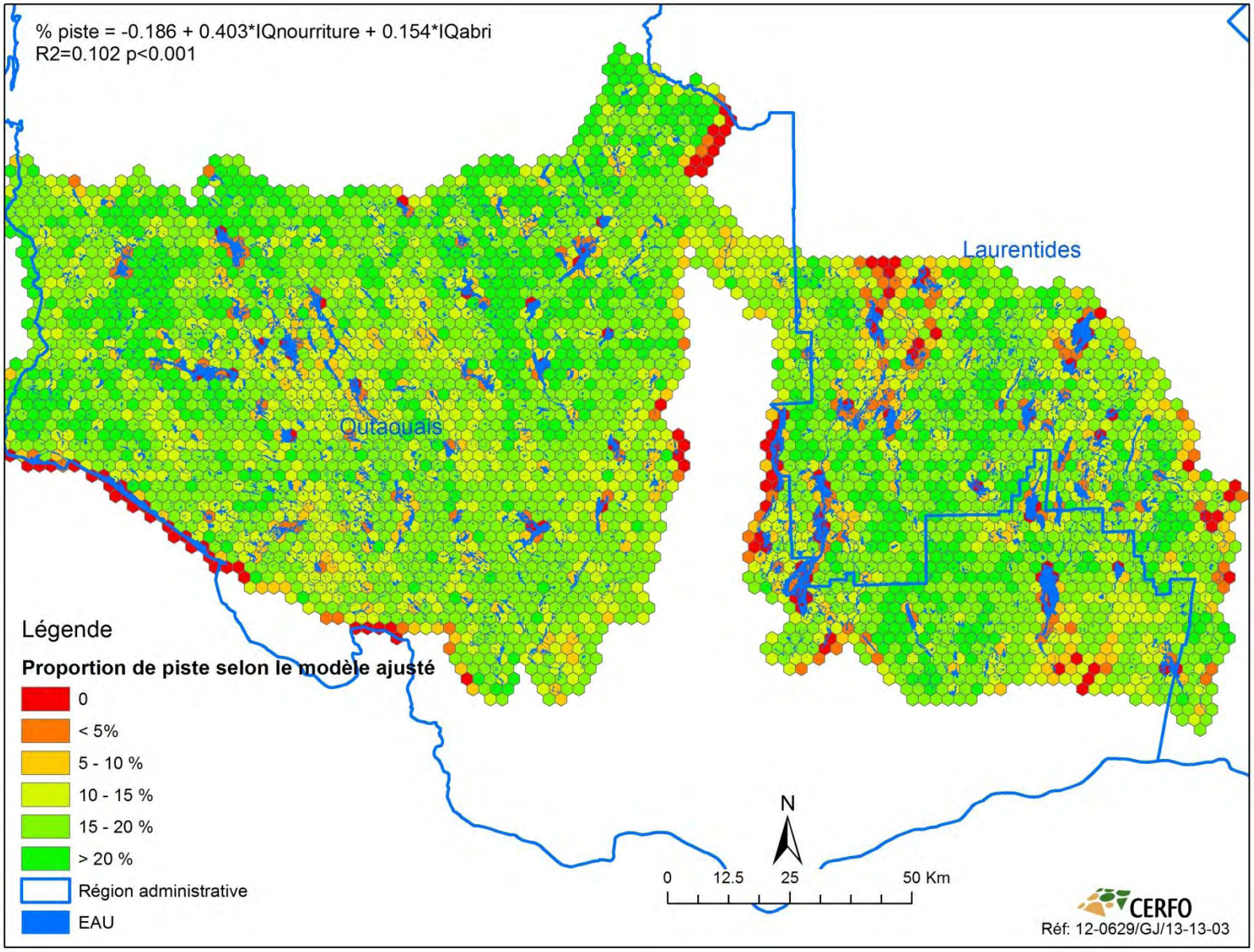

Figure 31. Représentation du pourcentage prédit de superficie de pistes d'orignaux par parcelle de 500 ha selon le modèle de Papineau et Rapides

3.3.3. Parcelles de 100 ha

Pour les parcelles de 100 ha, les proportions de pistes, en termes de superficie, ont été compilées pour toutes les parcelles dont plus de 80 % de la superficie (80 ha) faisaient partie de l'inventaire aérien.

Deux approches ont été utilisées, soit : prendre toutes les parcelles faisant partie du survol ou juste les parcelles dans lesquelles des pistes d'orignaux sont présentes. Un total de 3 842 parcelles de 100 ha était disponible pour les analyses. Parmi ces parcelles, 59 % contiennent des piste d'orignal, mais cette valeur varie selon les secteurs : 97 % pour Montebello, 70 et 71 % pour Papineau et Rapides, et 39 % pour les autres (tableau 24, figure 32). L'approche d'utiliser les parcelles avec des pistes seulement permet de déterminer si, lorsque les pistes sont présentes, la proportion de pistes change avec les différents critères calculés.

Tableau 24. Nombre de parcelles de 100 ha couvertes à 80 % et plus par l'inventaire aérien et présence de pistes d'orignaux par secteur

	Nombre de parcelles	Nombre de parcelles avec pistes	% parcelles avec pistes
Autres	1487	587	39%
Montebello	73	71	97%
Papineau	1549	1086	70%
Rapides	733	521	71%
Total	3842	**2265**	59%

Les analyses ont révélé des différences significatives entre les secteurs pour la proportion occupée par des pistes (figure 33), la proportion moyenne étant supérieure pour Montebello, suivie de Papineau, Rapides et des autres.

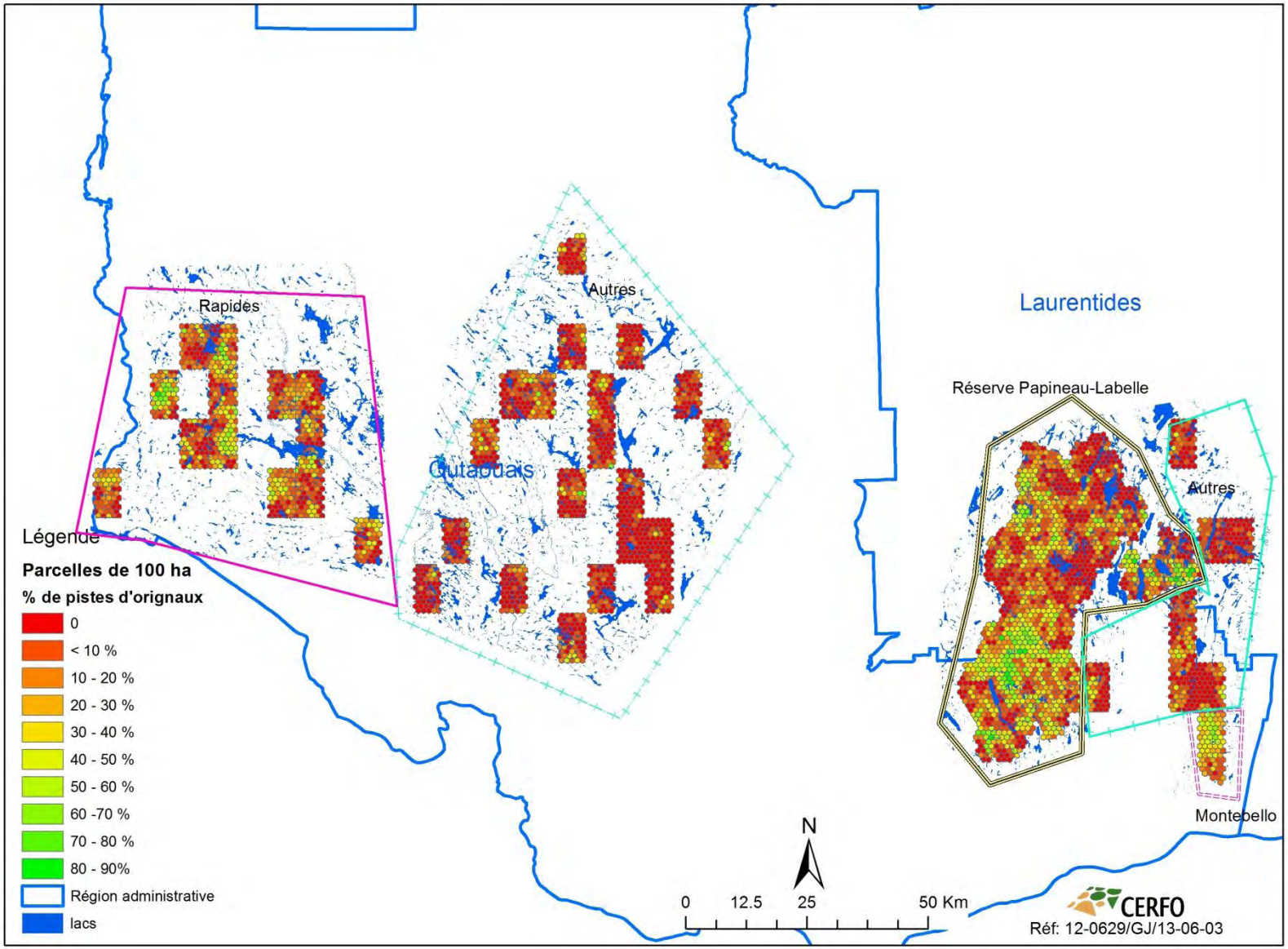

Figure 32. Représentation cartographique du pourcentage de superficie occupée par des pistes d'orignaux dans les parcelles de 100 ha par secteur

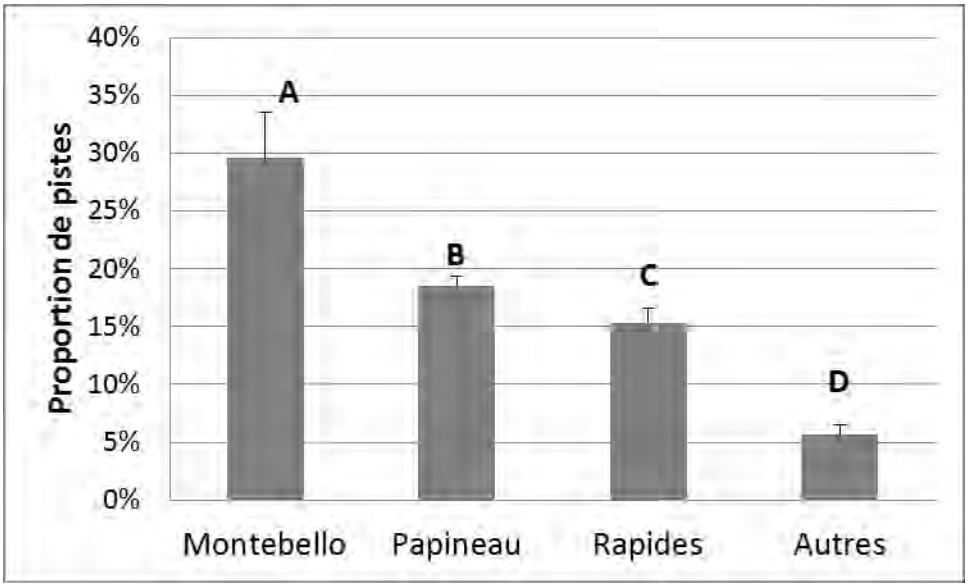

Figure 33. Proportion de pistes d'orignaux par parcelle de 100 ha pour les quatre secteurs

3.3.3.1. Portrait des indices de qualité de nourriture ($IQ_{nourriture}$)

Pour la variable de brout, la cote de brout au 10 % (Cote_10 % (NBR)) ainsi que les classes de strates de bons attributs de nourriture de plus de 6 000, 7 000, 8 000 et 10 000 tiges à l'hectare (BROUT6, BROUT7, BROUT8 et BROUT10) ont été utilisées pour établir les indices de qualité de nourriture.

La comparaison des moyennes de chaque secteur ne révèle aucune différente pour la cote de brout au 10 % (Cote_10 % (NBR)) entre les secteurs, qui se situe autour de 0.69. Par contre, le secteur Rapides a une plus grande proportion moyenne de superficies comportant plus de 8 000 tiges à l'hectare de brout comparativement aux autres secteurs (tableau 16), alors que le secteur Rapides est plus faible pour la proportion de brout total de plus de 7 000 tiges de brout à l'hectare.

Tableau 25. Moyennes des Indices de nourriture par parcelle de 100 ha par secteur en fonction des différentes cotes de brout

	Autres		Montebello		Papineau		Rapides	
Cote de brout	**MOY**	***IC***	**MOY**	***IC***	**MOY**	***IC***	**MOY**	***IC***
Cote_10%(NBR)	0.690b*	*0.010*	0.700ab	*0.03*	0.710a	*0.010*	0.690b	*0.010*
BROUT10	0.276bc	*0.011*	0.226bc	*0.049*	0.273bc	*0.011*	0.362a	*0.015*
BROUT8	0.301b	*0.011*	0.246c	*0.049*	0.307b	*0.011*	0.398a	*0.015*
BROUT7	0.641b	*0.012*	0.704a	*0.053*	0.689b	*0.011*	0.598c	*0.017*
BROUT6	0.734b	*0.010*	0.753ab	*0.045*	0.791a	*0.010*	0.681c	*0.014*

**Les lettres servent à confirmer les différences significatives entre les secteurs au seuil de probabilité de 5%*

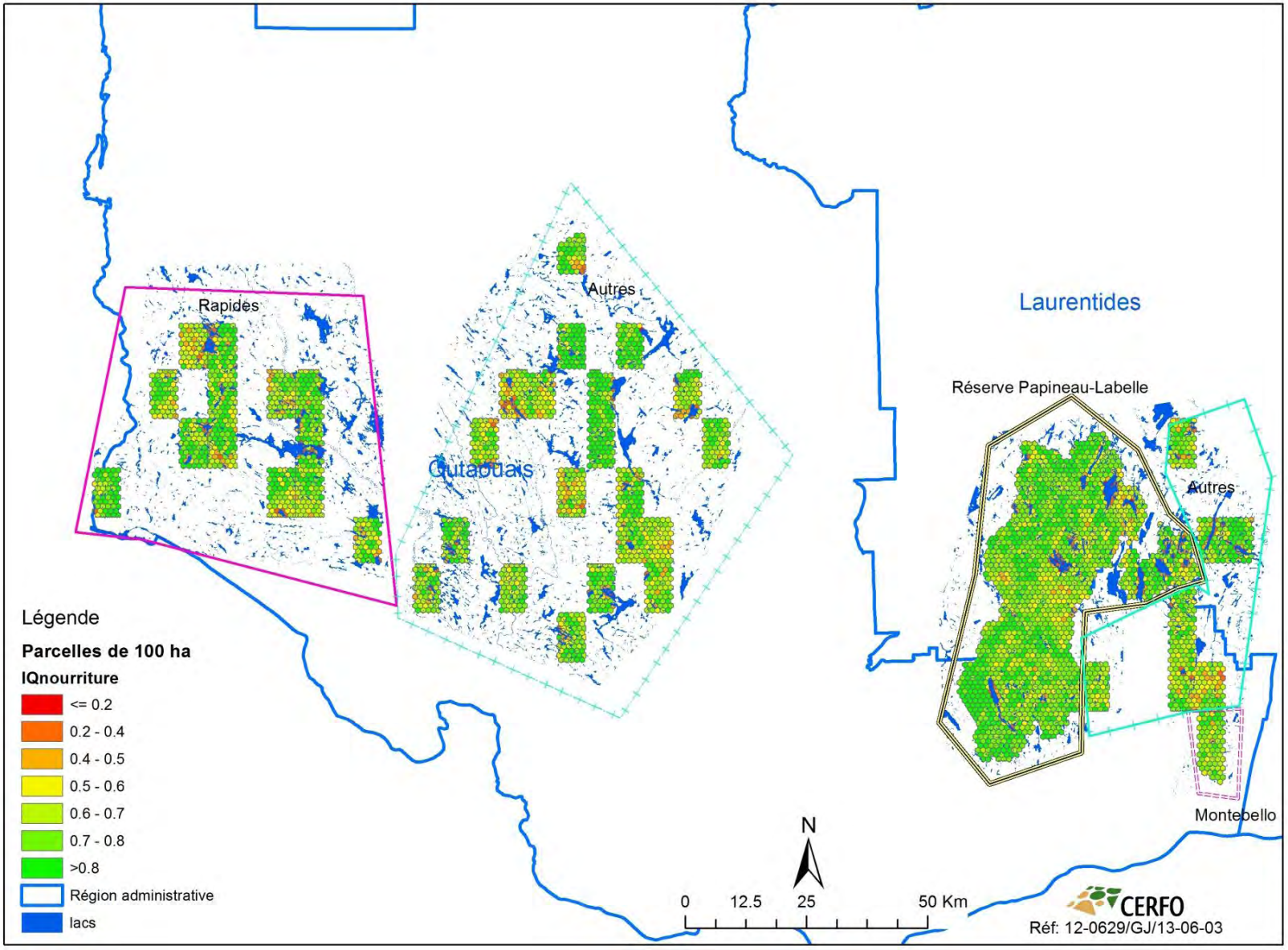

Figure 34. Représentation de l'indice de qualité de nourriture ($IQ_{nourriture}$) par parcelle de 100 ha par secteur

3.3.3.2. Détermination de la meilleure cote de brout pour le calcul de l'indice de qualité de nourriture basée sur des variables continues

Cette section présente les résultats du calcul et de comparaison des indices de qualité de nourriture en traitant les différentes cotes de brout comme des variables (proportions) continues.

Parmi les $IQ_{nourriture}$ testés, c'est la cote de brout au 10% (Cote_10 % (NBR)) qui est la plus significative pour l'ensemble des secteurs (R^2=0,041). Cependant, une interaction significative est présente entre le secteur. La figure 21 illustre les relations entre les proportions de superficie occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'indice de qualité de nourriture des secteurs. Les relations, quoique faibles (R^2 <0,10), sont significatives pour le secteur Papineau (R^2=0,0379), le secteur Rapides (R^2=0,0924) et le secteur Autres (R^2=0,025) lorsque toutes les parcelles de 100 ha sont utilisées. Des relations plus faibles sont notées lorsque seules les parcelles avec présence de pistes d'orignaux sont considérées.

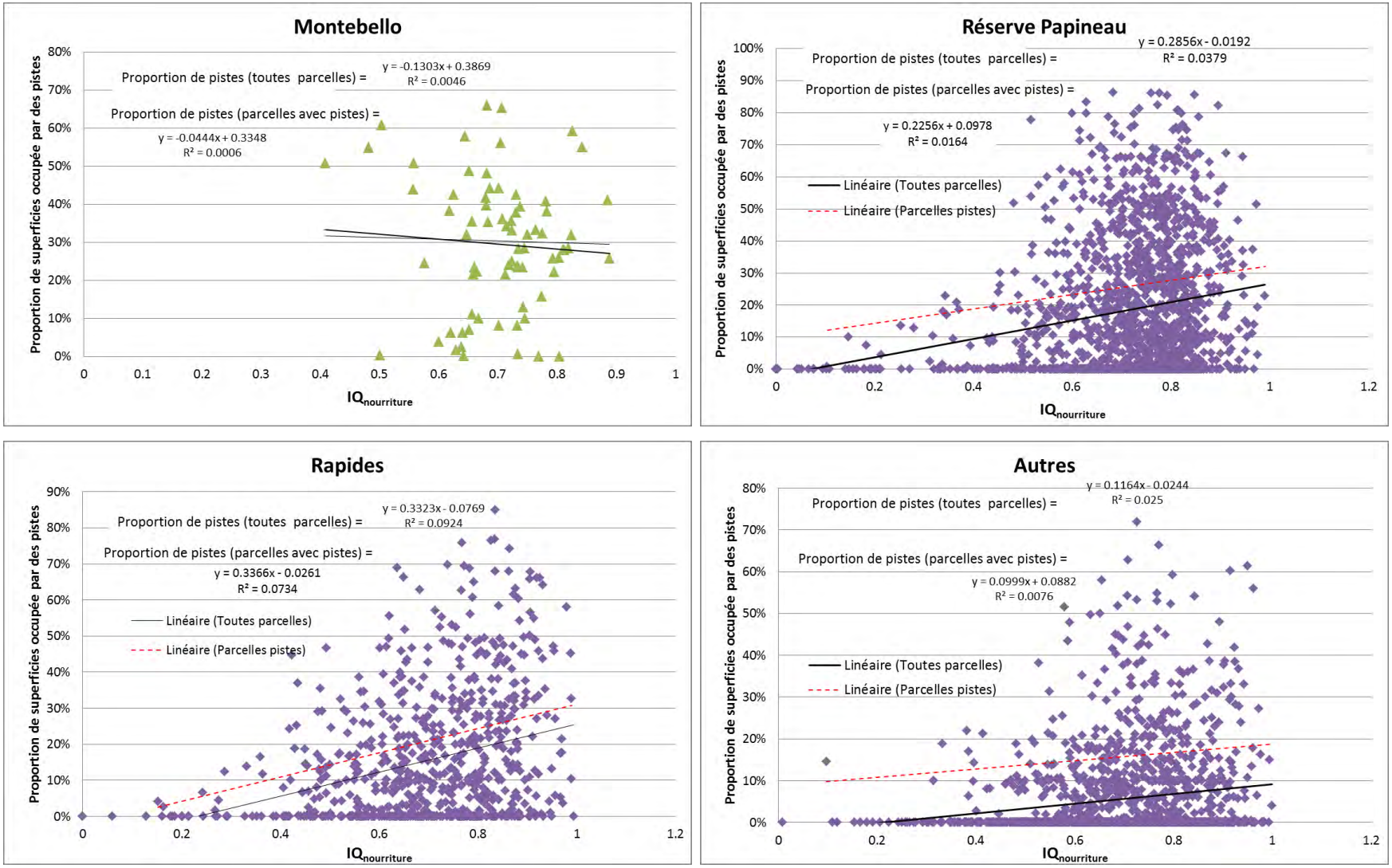

Figure 35. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{nourriture}$ pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur

3.3.3.3. Création d'une catégorie d'indice de qualité de nourriture

Considérant la variabilité de l'indice de qualité de nourriture présenté à la section précédente, une catégorisation a été créée selon les classes similaires à celles utilisées dans Dussault *et al.* (2006), soit 1 (<=0,2), 2 (0,2-0,4), 3 (0,4-0,6), 4 (0,6-0,8) et 5 (0,8-1). Ces catégories sont utilisées également pour les autres variables.

Globalement, la proportion de pistes est supérieure dans les catégories d'indices de nourriture 4 et 5 par rapport à 2 et 3 (figure 38) et une interaction significative a été notée entre les secteurs et les catégories d'indice de nourriture. Ainsi, il n'y a aucune différence entre les diverses catégories d'indice de nourriture pour le secteur Montebello (figure 37). Pour les trois autres secteurs, les catégories 4 et 5 sont supérieures aux catégories 3.

Il y a des différences significatives entre les secteurs pour les catégories 2, 3, 4 et 5 (tableau 26). Pour la catégorie 2, les secteurs Rapides et Papineau ont une proportion de piste plus élevés que le secteur Autres. Pour la catégorie 4, tous les secteurs sont différents alors que pour la catégorie 5, le secteur Autres a une proportion de piste inférieure à Rapides, Papineau et Montebello. Donc, les catégories d'indice de qualité de nourriture ($IQ_{nourriture}$) sont retenues pour la localisation des pistes d'orignaux.

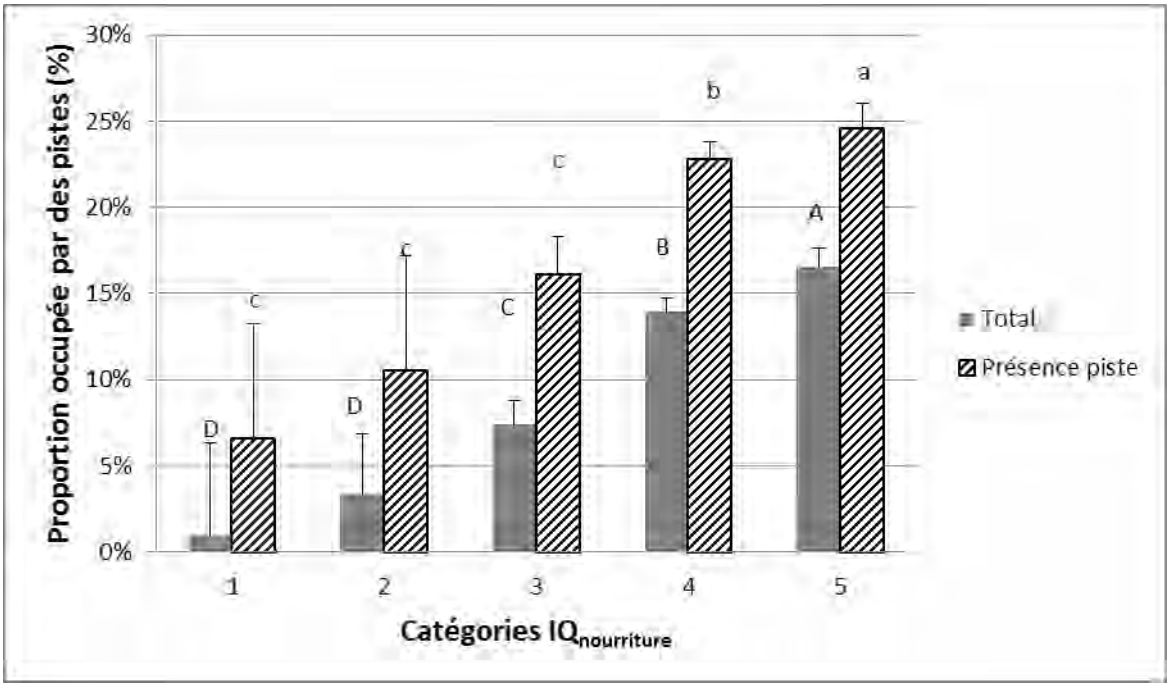

Figure 36. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction des catégories d'indice de qualité de nourriture pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes

Les catégories d'indices de qualité de nourriture sont : 1 (<0,20), 2 (0,20-0,40), 3 (0,4-0,6), 4 (0,6-0,8) et 5 (>0,8). Des lettres identiques au-dessus des barres au sein d'un même type de compilation (total ou présence de pistes) indiquent que les valeurs ne diffèrent pas significativement (P<0,05) entre les catégories.

Tableau 26. Proportion moyenne de pistes par secteur et catégorie d'indice de nourriture

	Secteurs			
Catégorie d'indice de nourriture	**Autres**	**Rapides**	**Papineau**	**Montebello**
1	1.8% a	0.7% a	0.7%a	na
2	2.1% b	3.0% ab	5.2% a	na
3	3.2% c	9.0% b	11.5% b	40.8% a
4	6.2% d	15.2% c	19.4% b	27.6% a
5	7.0% b	22.1%a	21.6%a	32.3%a

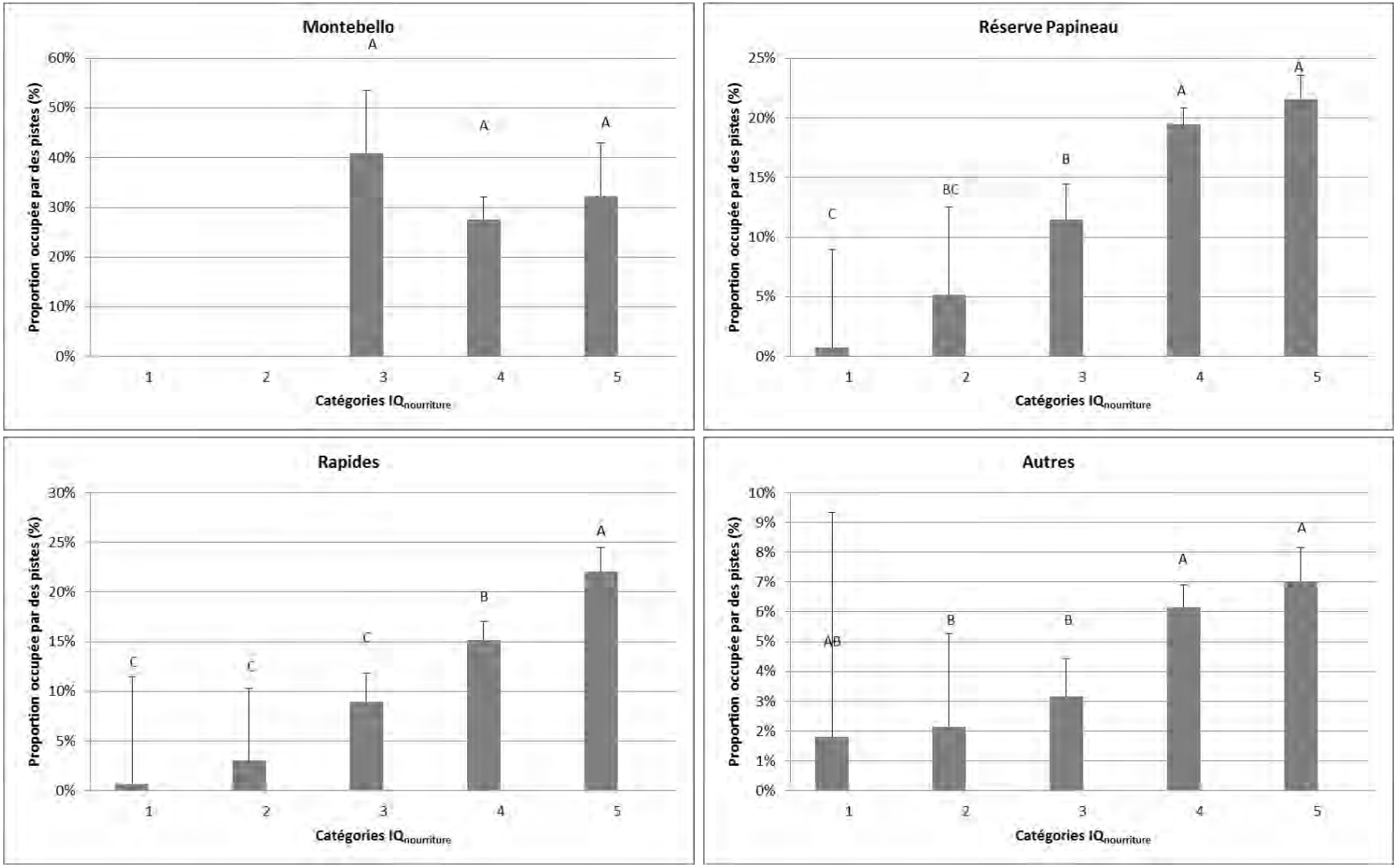

Figure 37. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction des catégories d'indice de qualité de nourriture pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur

Les catégories d'indices de qualité de nourriture sont : 1 (<0,20), 2 (0,20-0,40), 3 (0,4-0,6), 4 (0,6-0,8) et 5 (>0,8). Des lettres identiques au-dessus des barres au sein d'un même secteur et d'un même type de compilation (total ou présence de pistes) indiquent que les valeurs ne diffèrent pas significativement (P<0,05) entre les catégories. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance.

3.3.3.4. Probabilité de présence de pistes

Considérant le plus grand nombre de parcelles de 100 ha avec absence de pistes (figure 38 et figure 39), une analyse de régression logistique a été réalisée pour déterminer si la présence de pistes est influencée par l'indice de qualité de nourriture. Pour réaliser cette analyse, la procédure « proc logistic » a été utilisée pour l'ensemble des données et en regroupant les secteurs Papineau et Rapides, qui ont des densités similaires de pistes.

Les analyses logistiques ont révélé que la probabilité de prédire la présence de pistes en fonction de l'indice de qualité de nourriture est possible (figure 41) et le modèle est plus performant lorsque la notion de classe de densité de piste est incluse. Pour ce faire, deux classes de densité de piste ont été créées, soit : faible (secteur Autres) et moyenne (Papineau et Rapides). Le secteur Montebello a été exclu des analyses puisqu'il était très différent des autres en termes de densité de pistes et que peu de variabilité d'indice de qualité de nourriture était présente. Ainsi, la probabilité que des pistes soient présentes augmente avec la valeur de l'indice de qualité de nourriture, et ce, différemment selon la densité de piste (figure 41). Selon les comparaisons des modèles réalisés (aires sous la courbe), la probabilité de présence de pistes est significativement mieux expliquée lorsque la classe de densité est incluse dans le modèle.

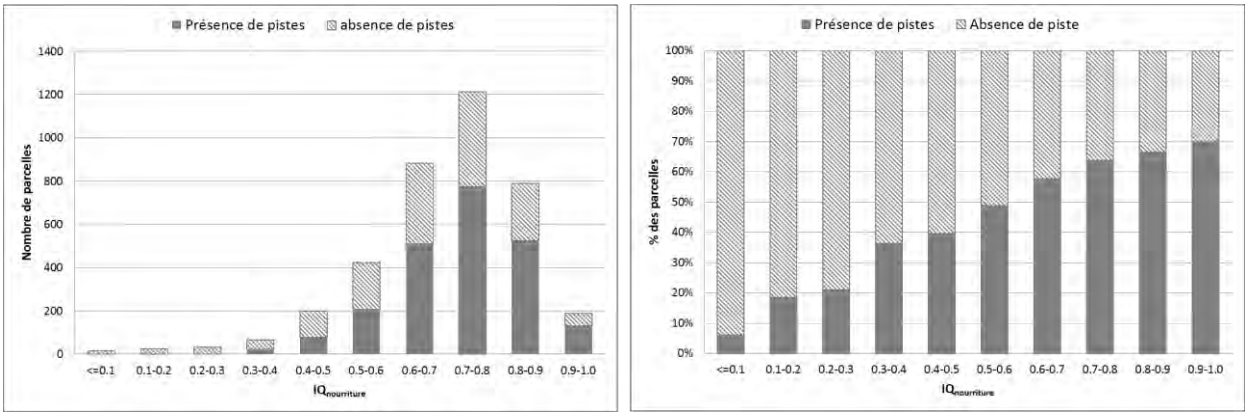

Figure 38. Nombre de parcelles de 100 ha avec présence de pistes et leurs proportions en fonction de l'indice de qualité de nourriture

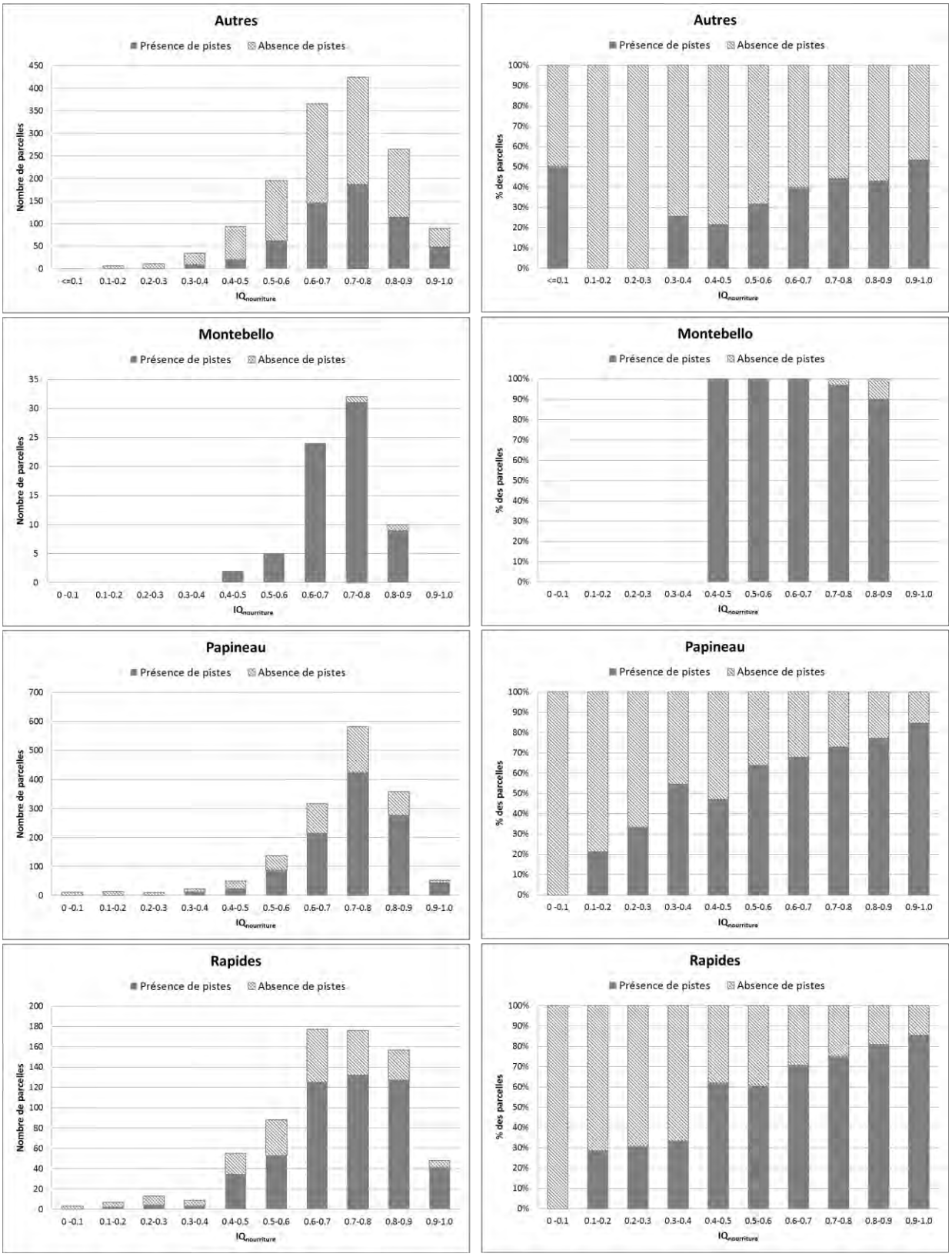

Figure 39. Nombre de parcelles de 100 ha avec présence de pistes et leurs proportions en fonction de l'indice de qualité de nourriture par secteur

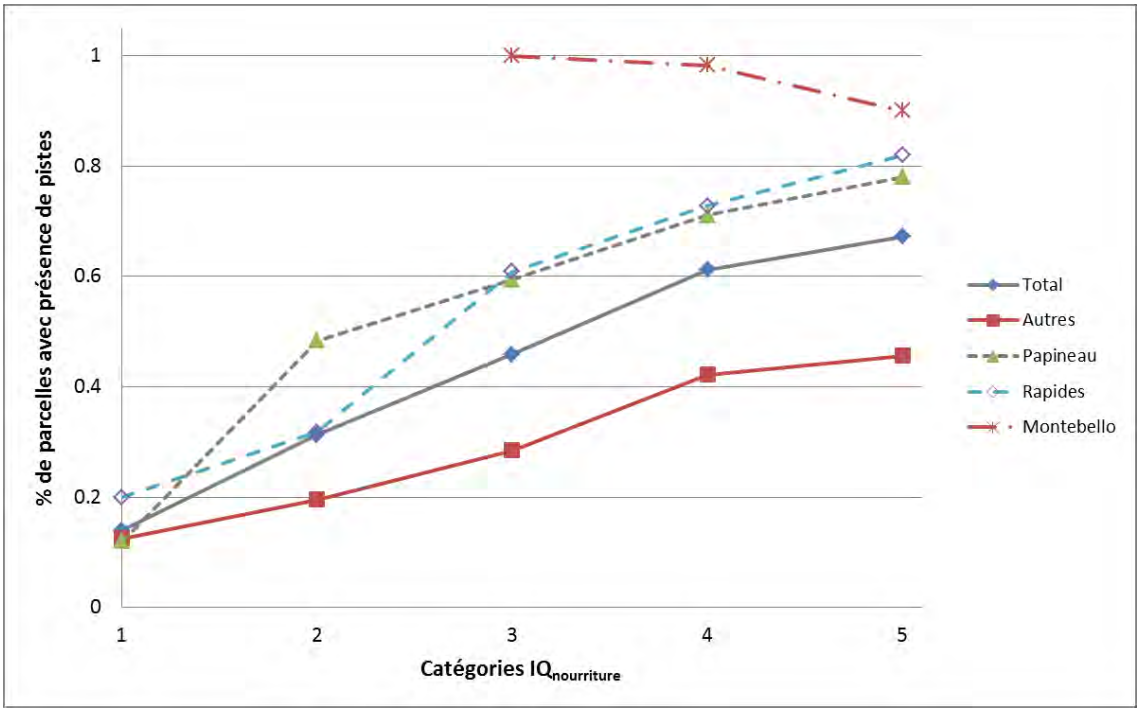

Figure 40. Pourcentage de parcelles avec présence de pistes par secteur en fonction des catégories d'indice de qualité de nourriture

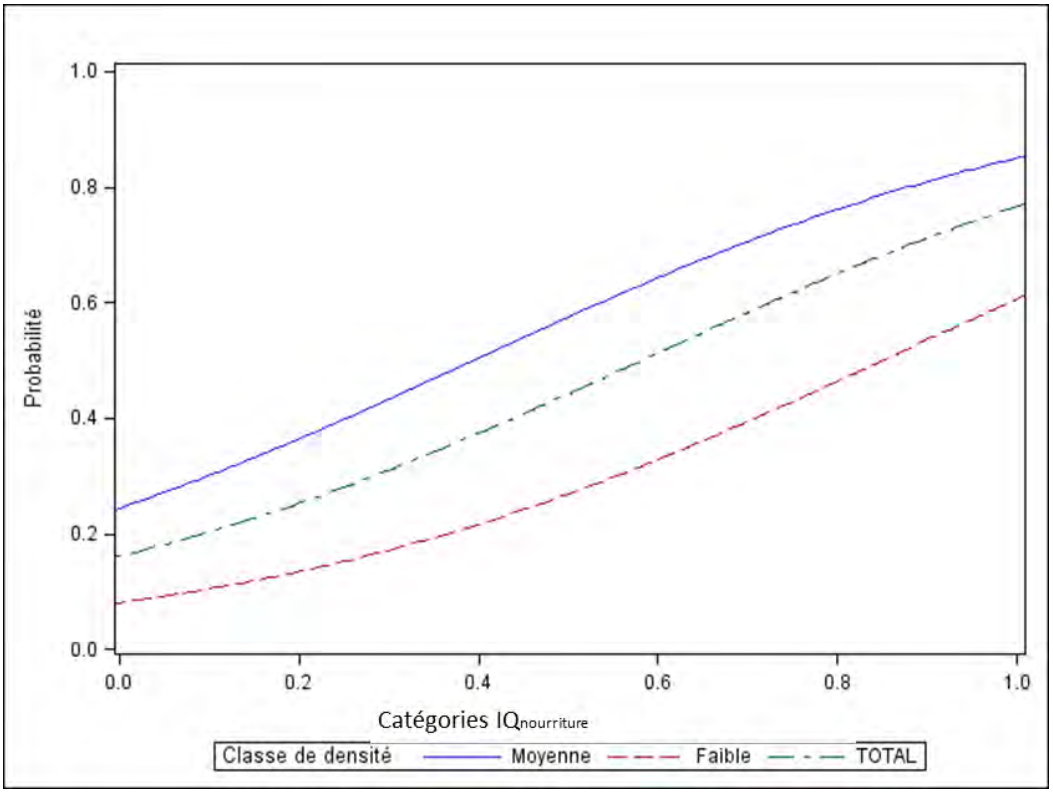

Figure 41. Probabilité d'observer des pistes d'orignaux en fonction de la densité et de l'indice de qualité de nourriture

3.3.3.5. Indice de qualité d'entremêlement ($IQ_{entremêlement}$)

Pour l'indice d'entremêlement, tous les indices décrits dans le tableau 8, soit cinquante, ont été testés et les résultats sont présentés à l'annexe 3.

Lorsque toutes les parcelles de 100 ha sont utilisées, parmi tous les $IQ_{entremêlement}$ testés, plusieurs sont significatifs pour l'ensemble des données, mais avec un R^2 maximum de 0,0245. Pour l'ensemble des secteurs, la relation significative la plus forte est pour l'indice $IQ_{entremêlement}7$, soit un R^2 de 0,0245. Cependant, il y a une interaction avec les secteurs et pour cet $IQ_{entremêlement}$, tous les secteurs ont une relation significative avec un R^2 variant de 0,0063 pour le secteur Autres à 0,1360 pour Montebello (figure 42).

Pour ce qui est de l'indice de qualité d'entremêlement par secteur, pour le secteur Autres, plusieurs $IQ_{entremêlement}$ sont significatifs, mais les R^2 sont très faibles, et la valeur la plus élevée se retrouve dans l'$IQ_{entremêlement}6$ (R^2=0,0082). Pour les autres secteurs, l'$IQ_{entremêlement}6$ est également significatif, avec un R^2 de 0,13 pour Montebello, 0,055 pour Rapides mais de seulement 0,0042 pour Papineau (figure 43).

Pour le secteur Montebello, les meilleures relations entre la proportion occupée par des pistes et l'indice de qualité d'entremêlement sont observées pour les $IQ_{entremêlement}9$ et 10, avec un R^2 de 0,18. Pour ces deux $IQ_{entremêlement}$, les liens sont très faibles pour les autres secteurs, à l'exception du secteur Rapides, qui a un R^2 de 0,0508 (figure 44).

Pour le secteur Papineau, quoique la plupart des $IQ_{entremêlement}$ soient significatifs, les liens sont très faibles (<0,0113).

Pour le secteur Rapides, plusieurs $IQ_{entremêlement}$ sont significatifs, les R^2 varient entre 0,050 et 0,055 pour les $IQ_{entremêlement}6$ et $IQ_{entremêlement}17$. Les valeurs de l'$IQ_{entremêlement}6$ sont présentées à la figure 43.

La description des composantes des $IQ_{entremêlement}6$, 7 et 9 est présentée au tableau 27.

Tableau 27. Description des indices de qualité d'entremêlement retenus et testés pour les parcelles de 100 ha

	Strates intra			Bordures		
$IQ_{entremêlement}$	Nom de la strate intra	Surface terrière résineuse (m^2/ha)	Nombre de tiges de brout/ha	Nom de bordure	Surface terrière résineuse (m^2/ha)	Nombre de tiges de brout/ha
$IQ_{entremêlement}$**6**	Intra1	>=10(totale)	>=7000	Bordure3a	>=10(totale)	>=10000
$IQ_{entremêlement}$7	Intra2	>=10(totale)	>=6000	Bordure3a	>=10(totale)	>=10000
$IQ_{entremêlement}$9	Intra2c	>=8(totale)	>=5000	Bordure3a	>=10(totale)	>=10000

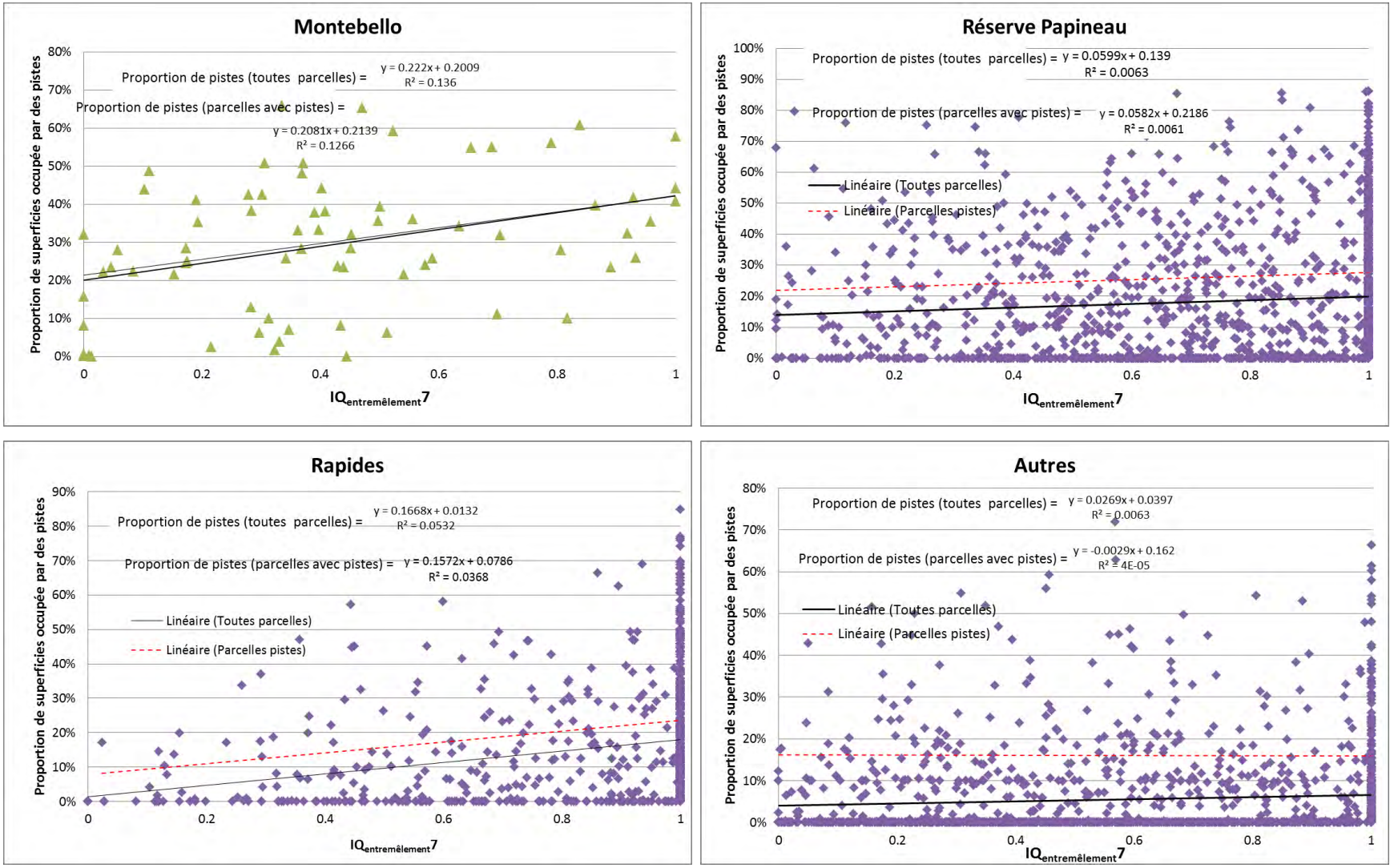

Figure 42. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{entremêlement}7$ pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur

Les régressions sont significatives pour tous les secteurs.

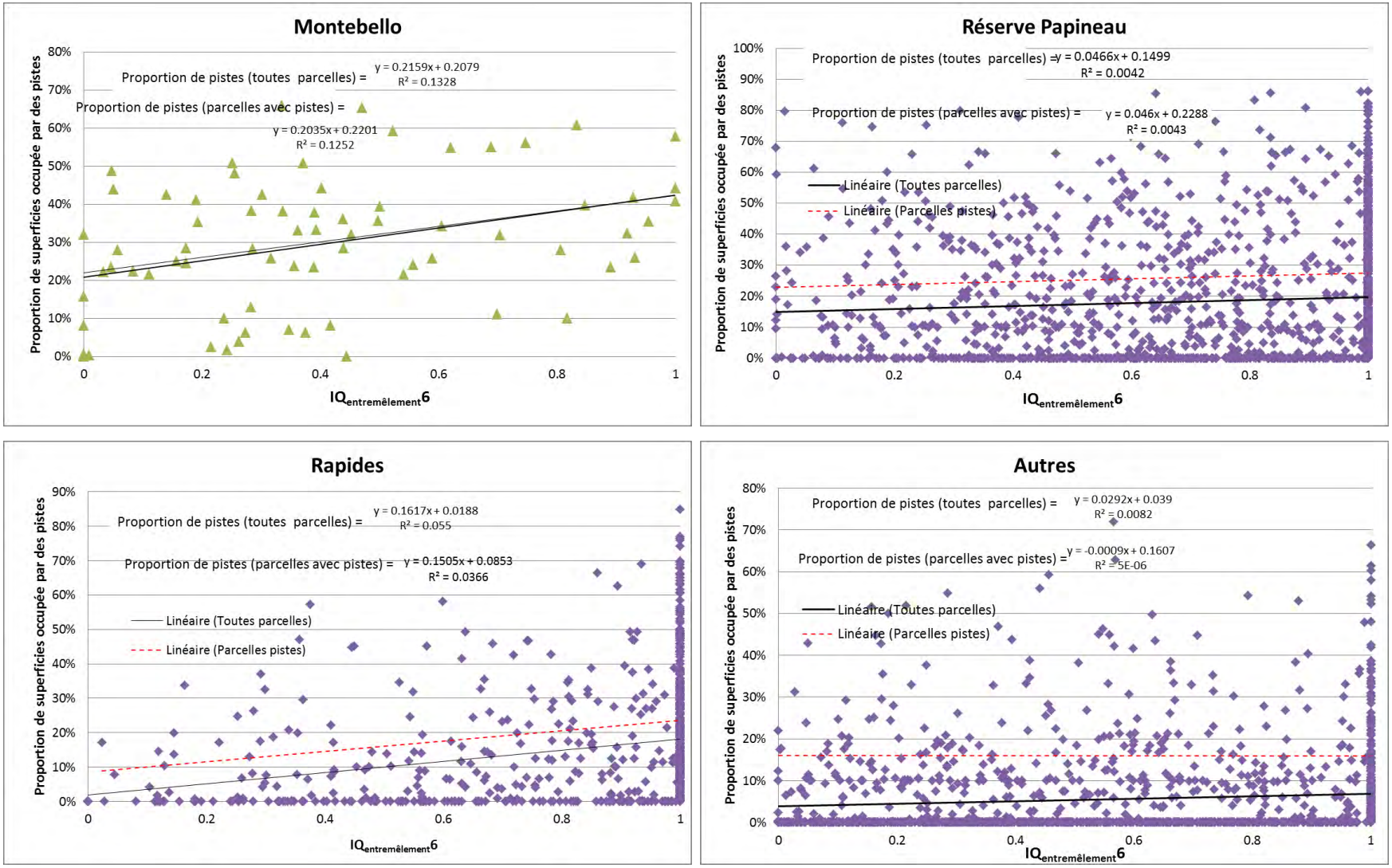

Figure 43. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{entremêlement}6$ pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur

Les régressions sont significatives pour tous les secteurs.

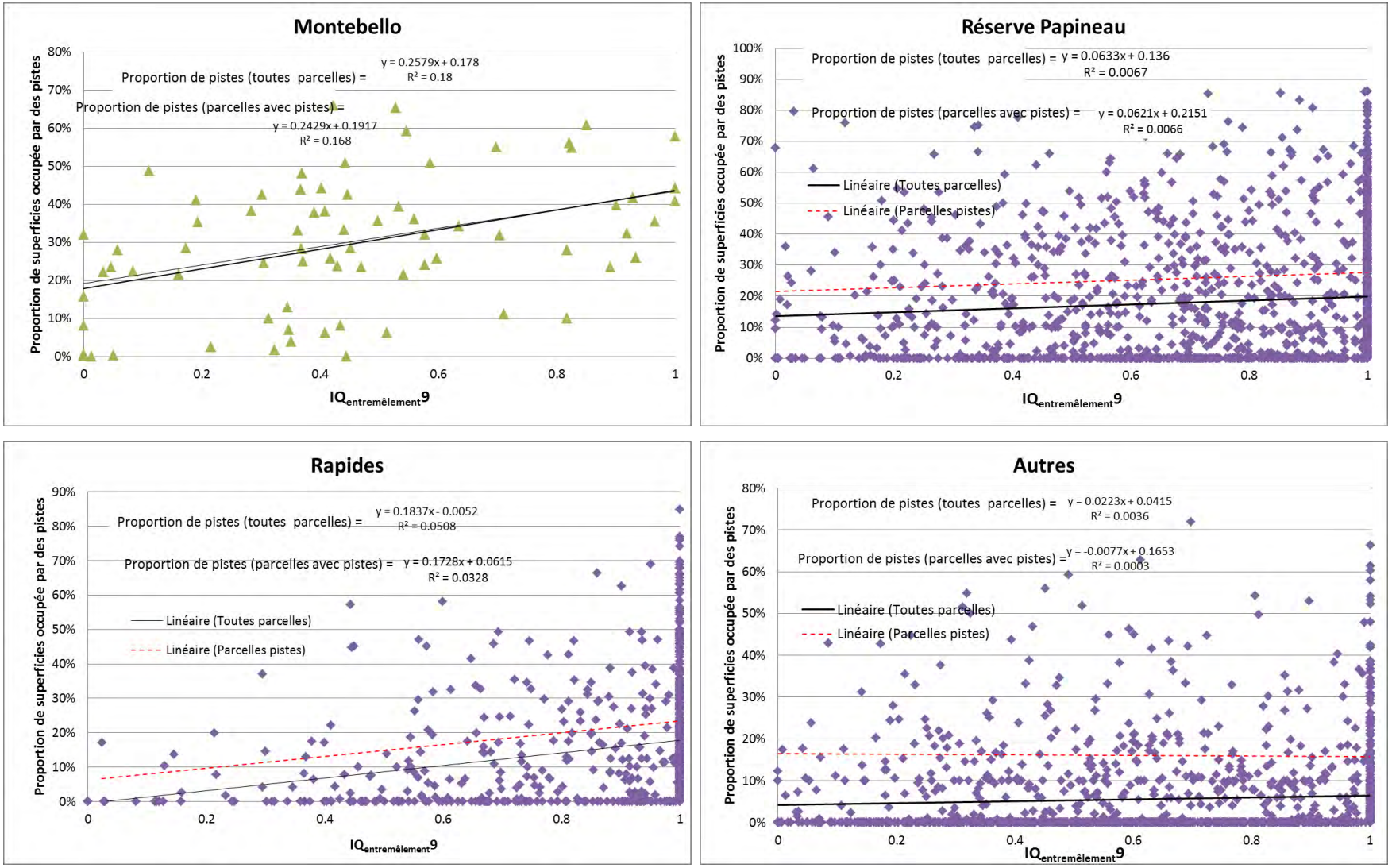

Figure 44. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'$IQ_{entremêlement}9$ pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur

Les régressions sont significatives pour tous les secteurs.

Des catégories d'indices de qualités d'entremêlement pour les indices 6 et 9 ont été employées en utilisant les mêmes catégories que pour l'$IQ_{nourriture}$. Les analyses révèlent des différences significatives pour les secteurs Rapides et Autres ($p<0,05$) et pour les secteurs Montebello et Papineau ($p<0,10$). En général, la proportion de pistes augmente avec les catégories de l'$IQ_{entremêlement}6$, sauf dans le secteur Papineau (figure 45).

Pour les catégories de l'$IQ_{entremêlement}9$, les analyses révèlent des différences significatives pour tous les secteurs, sauf le secteur Autres (figure 46). En général, la proportion de pistes augmente avec les catégories de l'$IQ_{entremêlement}9$.

Considérant les faibles relations entre la proportion occupée par les pistes et les catégories de l'indice de qualité d'entremêlement, l'indice de qualité d'entremêlement ne semble pas un bon indice à utiliser à l'échelle de 100 ha, à l'exception du secteur Montebello. L'analyse des composantes de l'indice donnerait peut-être de meilleurs résultats.

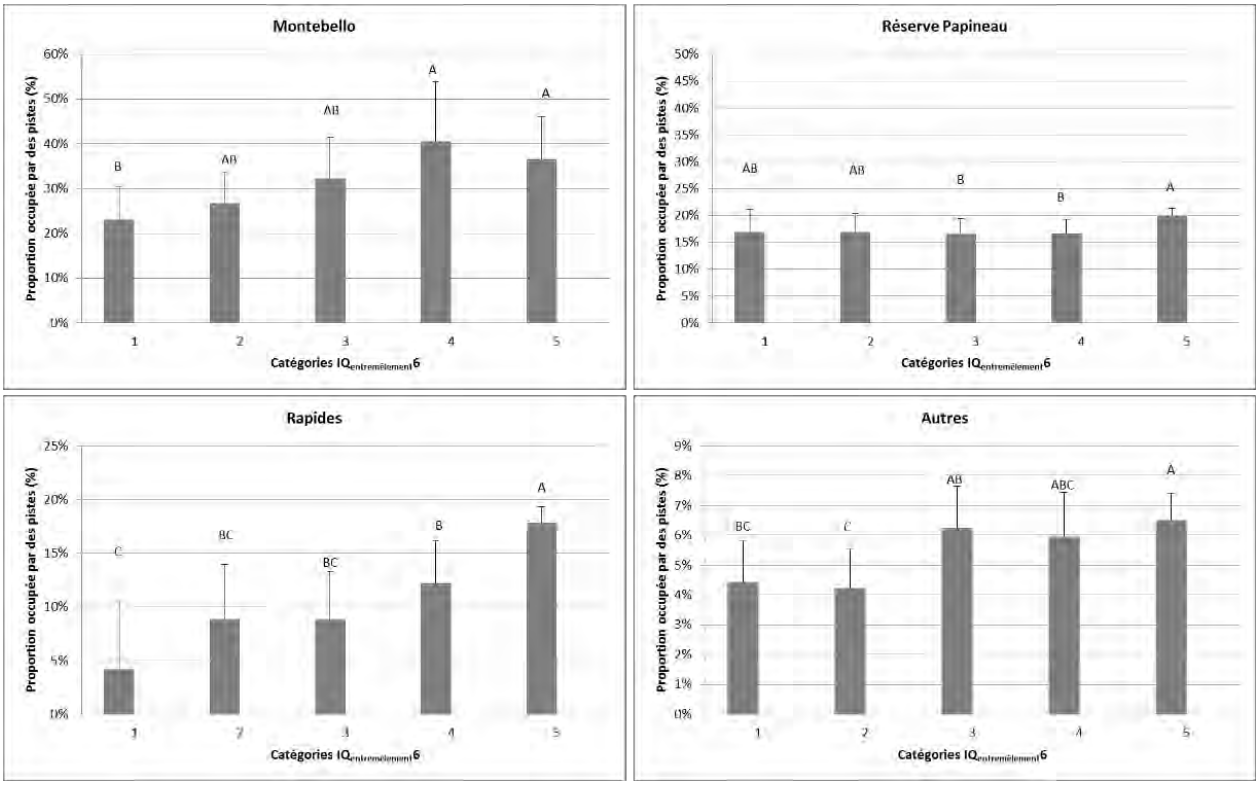

Figure 45. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de la catégorie d'$IQ_{entremêlement}6$ pour l'ensemble des parcelles par secteur

Les catégories d'indices de qualité d'entremêlement sont : 1 (<0,20), 2 (0,20-0,40), 3 (0,4-0,6), 4 (0,6-0,8) et 5 (>0,8). Des lettres identiques au-dessus des barres au sein d'un même secteur indiquent que les valeurs ne diffèrent pas significativement (P<0,05) entre les catégories. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance.

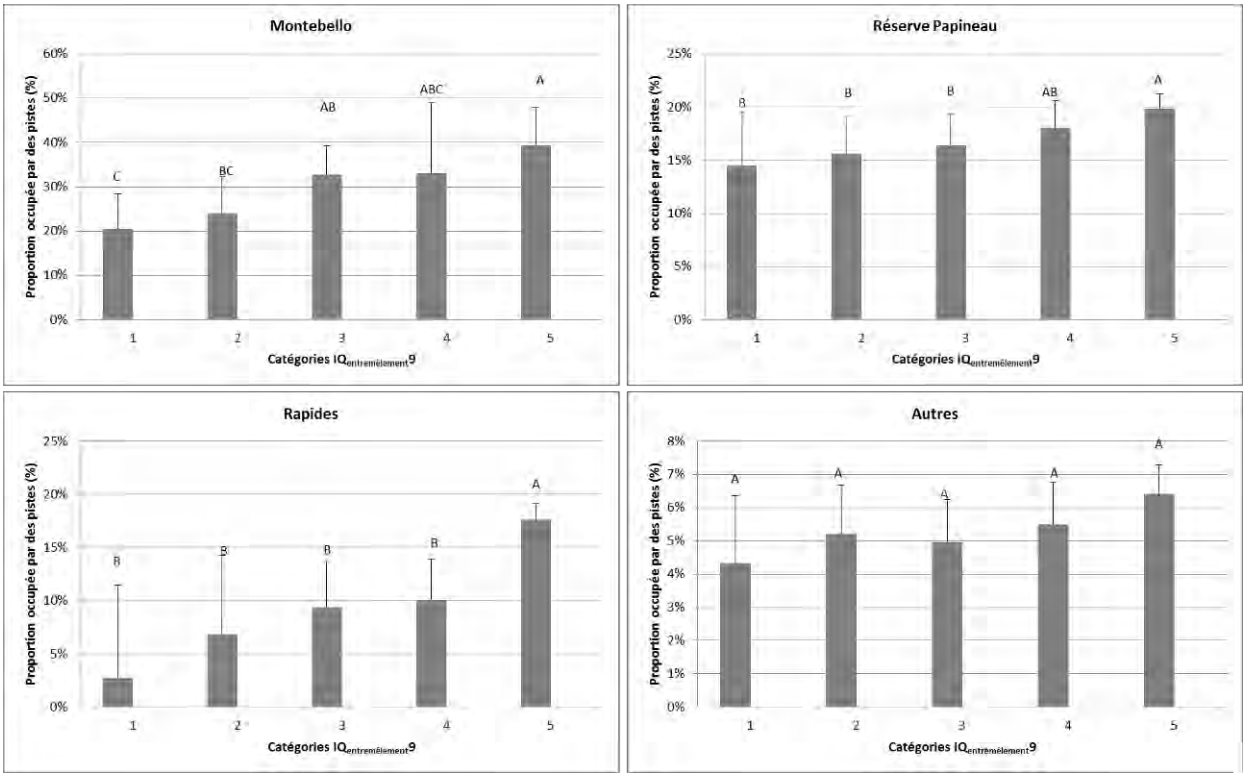

Figure 46. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de la catégorie $IQ_{entremêlement}9$ pour l'ensemble des parcelles par secteur

Les catégories d'indices de qualité d'entremêlement sont : 1 (<0,20), 2 (0,20-0,40), 3 (0,4-0,6), 4 (0,6-0,8) et 5 (>0,8). Des lettres identiques au-dessus des barres au sein d'un même secteur indiquent que les valeurs ne diffèrent pas significativement (P<0,05) entre les catégories. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance.

3.3.3.6. Indice de qualité d'abri (IQ_{abri})

Pour l'IQ_{abri}, plusieurs variables ont été testées (tableau 21). Les relations sont très faibles pour toutes les variables testées en termes de régression sur l'ensemble des cotes (R^2<0,003), quoique certaines soient significatives. Parmi ces relations, notons les cotes de résineux relatifs (ST2B_S, ST1B_S, RESREL13 et RES13), qui présentent les meilleures relations globales. Les relations par secteur sont également faibles, à l'exception du secteur Montebello, qui a un R^2 de 0,19 pour RES10 (% de superficie avec plus de 10 m^2/ha de résineux). La cote RES13 est celle pour laquelle des relations significatives sont observées pour tous les secteurs, mais avec des R^2 très faibles (figure 47). La cote ST2B_S est également illustrée pour comparer avec les parcelles de 500 ha (figure 48).

Tableau 28. Résultats des corrélations entre les proportions de pistes et les indices de qualité d'abri pour les parcelles de 100 ha par secteur

		Résultats proportions de pistes pour toutes les parcelles									
		Total		Autres		Montebello		Papineau		Rapides	
Indice	Critère de surface terrière résineuse	R2	p	R2	p	R2	p	R2	p	R2	p
RES10	>=10 (totale)	**0.0000**	0.7639	0.0009	0.2544	0.1939	0.0001	0.0038	0.0148	0.0001	0.7696
RES13	>=13 (totale)	**0.0013**	0.0249	0.0041	0.0134	0.0886	0.0106	0.0053	0.0041	0.0110	0.0045
RESREL10	>=10 (relative)	**0.0006**	0.1166	0.0006	0.3504	0.0201	0.2313	0.0013	0.1525	0.0002	0.7218
RESREL13	>=13 (relative)	**0.0049**	0.0000	0.0002	0.6116	0.0402	0.0892	0.0020	0.0779	0.0011	0.3728
RES_ST		**0.0000**	0.8339	0.0008	0.2718	0.0870	0.0113	0.0114	0.0000	0.0004	0.5760
ST_C_R		**0.0000**	0.7808	0.0000	0.2677	0.0920	0.0037	0.0088	0.0005	0.0019	0.8005
ST_C1A		**0.0000**	0.8807	0.0008	0.2719	0.1137	0.0043	0.0061	0.0010	0.0002	0.5222
ST1B_S		**0.0031**	0.0005	0.0002	0.8763	0.0863	0.0091	0.0097	0.0002	0.0010	0.2400
ST2A_P		**0.0001**	0.6258	0.0008	0.2786	0.1094	0.0035	0.0070	0.0021	0.0006	0.7222
ST2B_S		**0.0028**	0.0010	0.0008	0.5621	0.1127	0.0116	0.0078	0.0001	0.0001	0.3846

L'indice RES13 a été analysé en tant que catégorie d'indice et des différences significatives ont été notées pour les secteurs Papineau et Rapides (figure 49). Pour les trois secteurs, la proportion de pistes augmente avec l'augmentation de la catégorie de l'indice de qualité de l'abri. Pour l'indice ST2B_S, des différences significatives sont observées entre la proportion occupée par des pistes et la catégorie d'indice de qualité de l'abri pour le secteur Papineau (p<0,001) et pour les secteurs Montebello et Rapides (p<0,10) (figure 49).

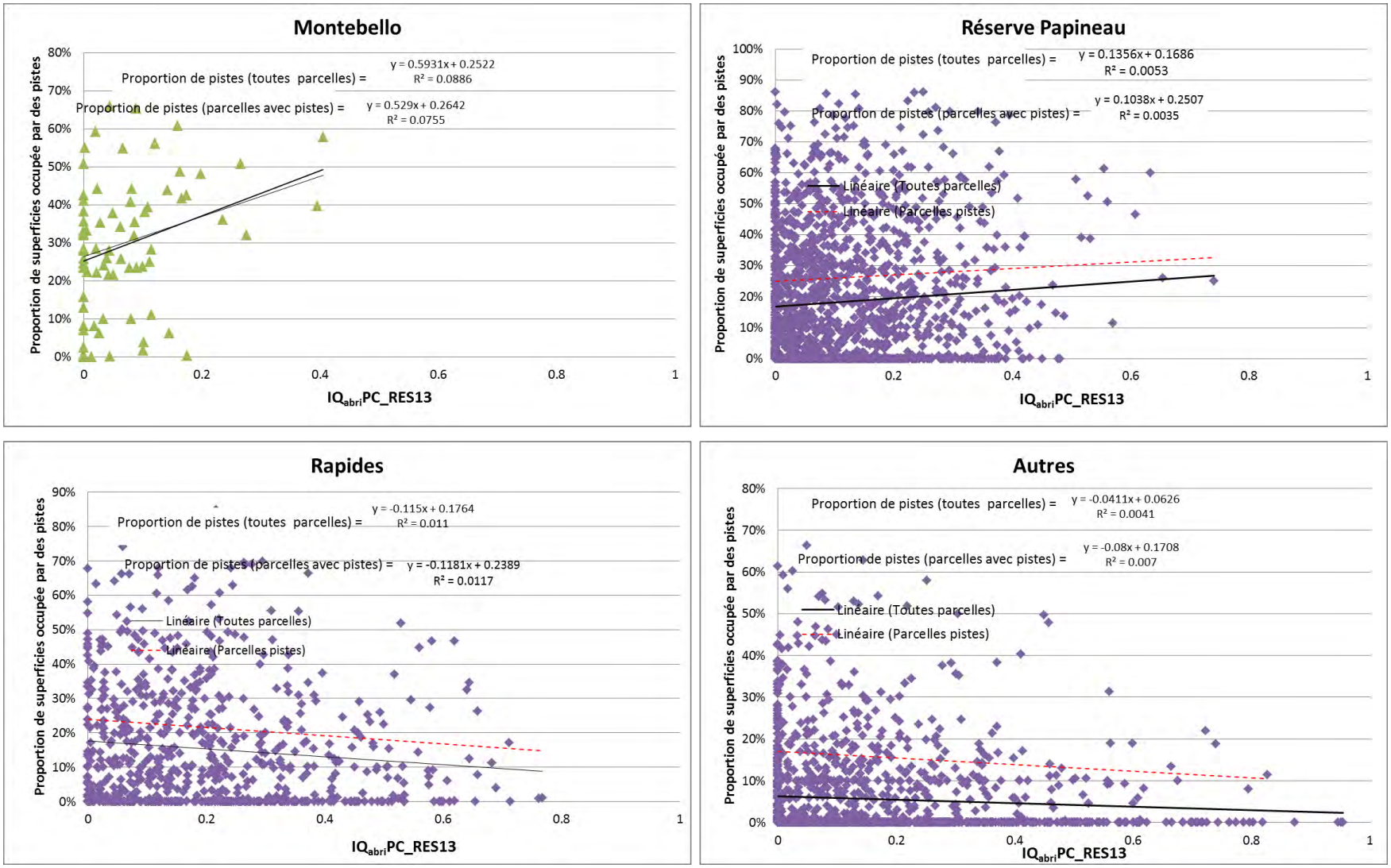

Figure 47. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'IQ_{abri}PC_RES13 pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur

Les relations sont significatives ($p<0,10$) pour tous les secteurs.

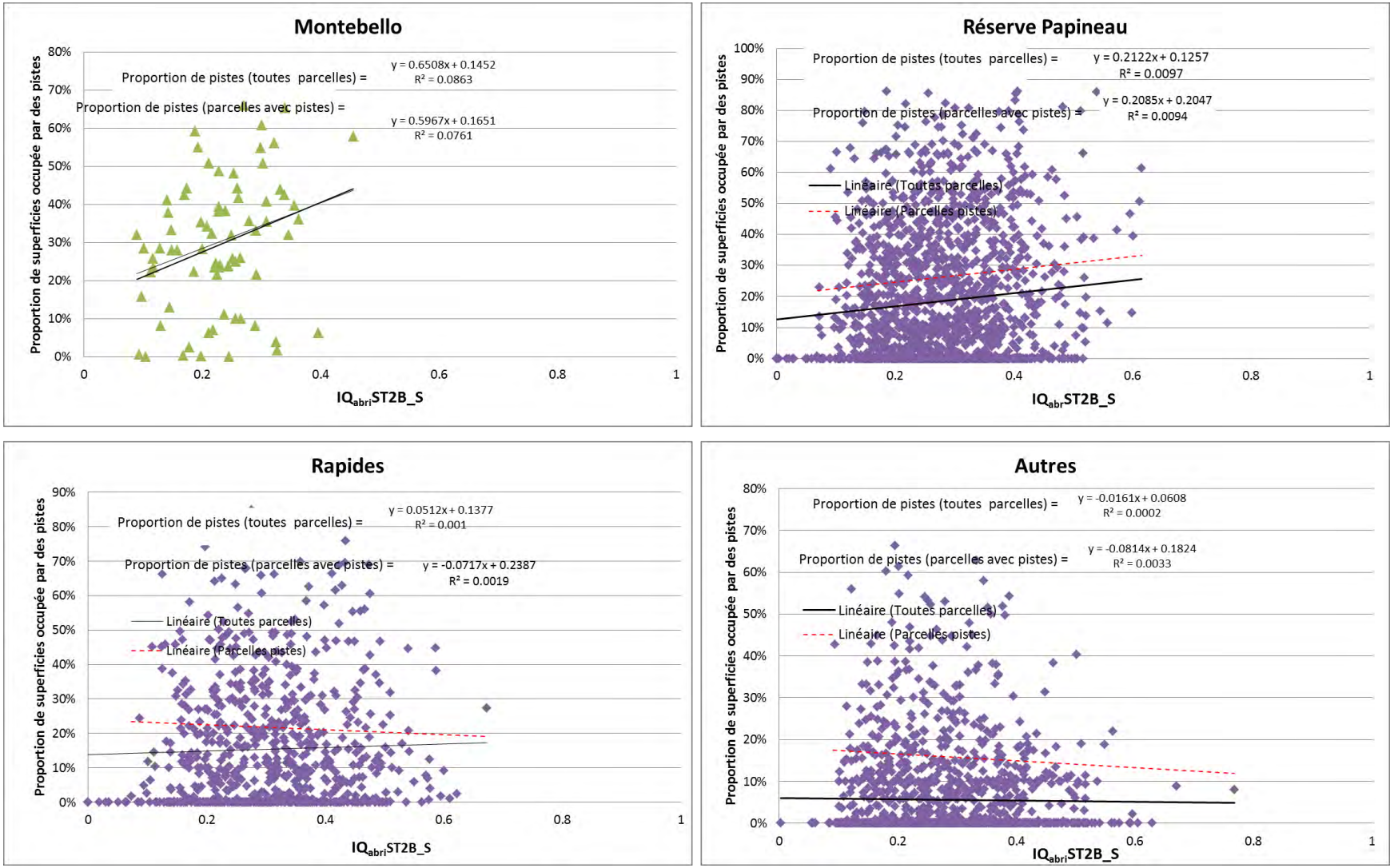

Figure 48. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de l'IQ_{abri}ST2B_S pour l'ensemble des parcelles et les parcelles avec présence de pistes par secteur

Les relations sont significatives (p<0,10) pour les secteurs Montebello et Rapides.

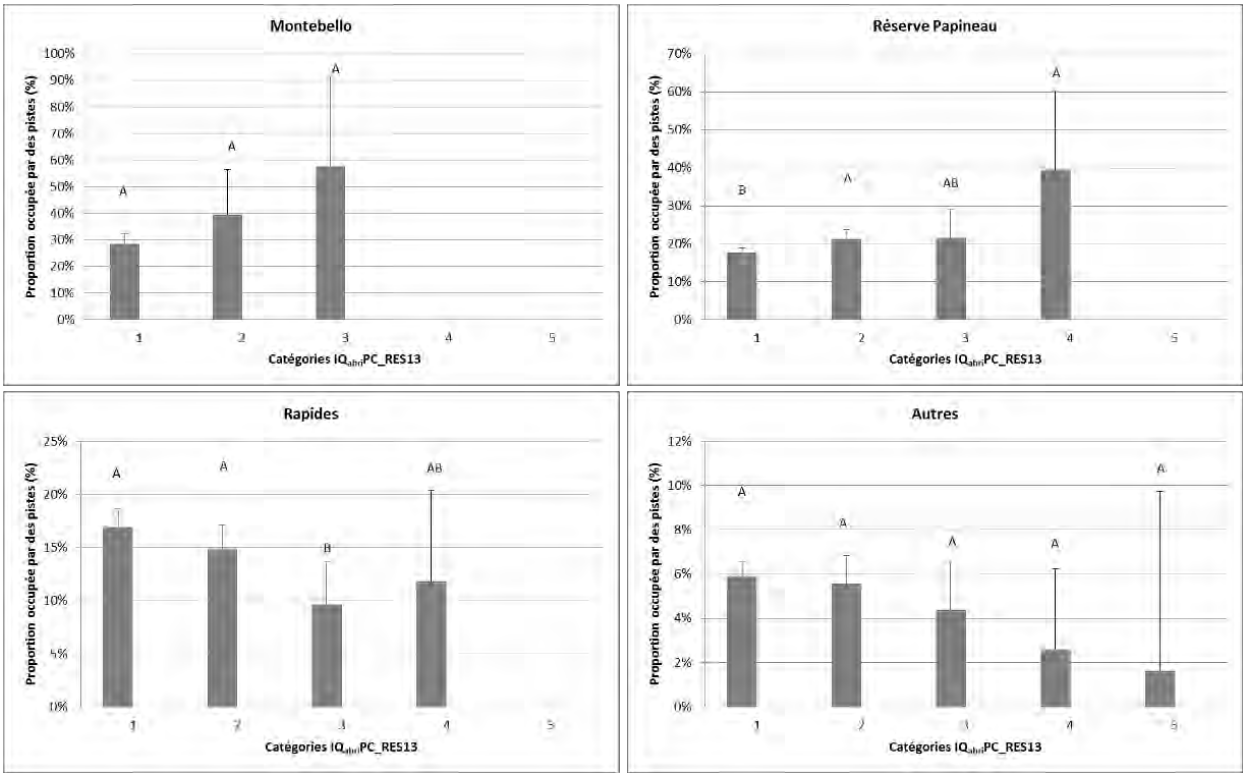

Figure 49. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de la catégorie de l'IQ_{abri}PC_RES13 pour l'ensemble des parcelles par secteur

Les catégories d'indices de qualité d'abri sont : 1 (<0,20), 2 (0,20-0,40), 3 (0,4-0,6), 4 (0,6-0,8) et 5 (>0,8). Des lettres identiques au-dessus des barres au sein d'un même secteur indiquent que les valeurs ne diffèrent pas significativement (P<0,05) entre les catégories. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance.

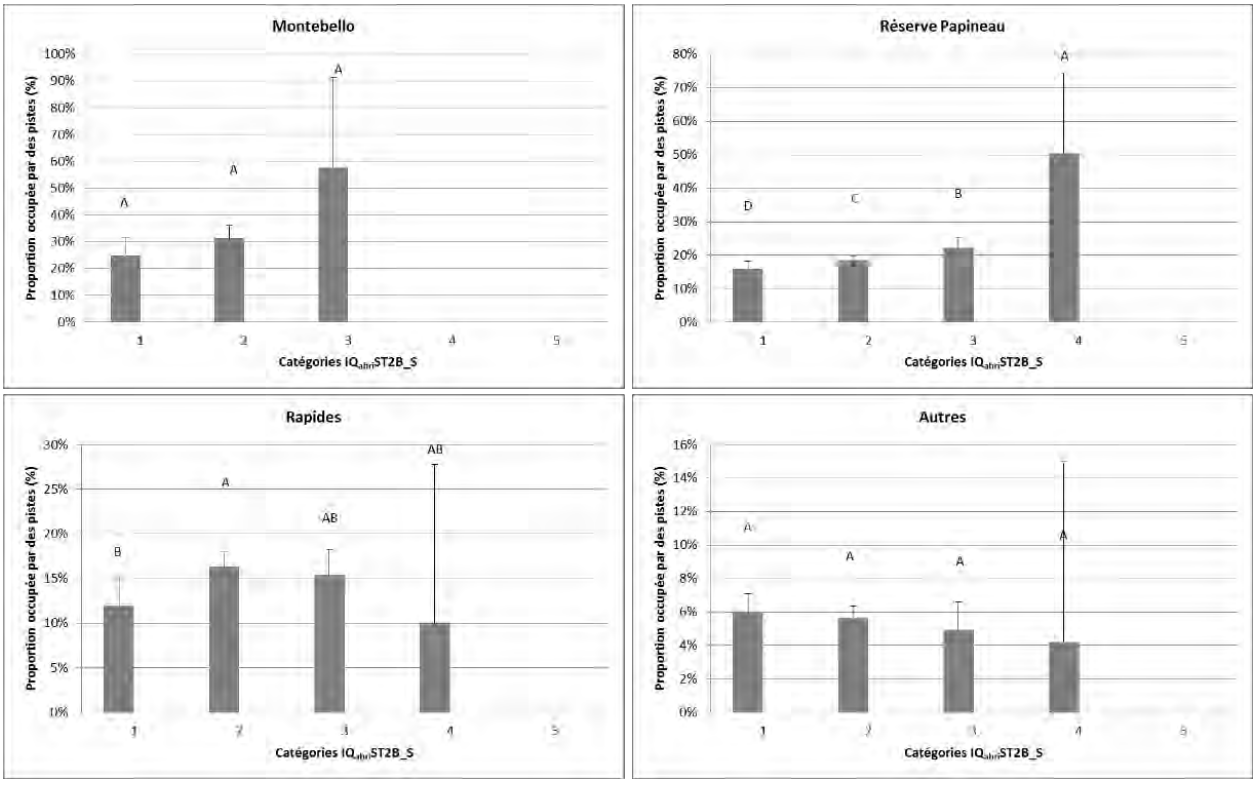

Figure 50. Proportions de superficie des parcelles de 100 ha occupées par des pistes d'orignaux en fonction de la catégorie de IQ_{abri} ST2B_S pour l'ensemble des parcelles par secteur

Les catégories d'indices de qualité d'abri sont : 1 (<0,20), 2 (0,20-0,40), 3 (0,4-0,6), 4 (0,6-0,8) et 5 (>0,8). Des lettres identiques au-dessus des barres au sein d'un même secteur indiquent que les valeurs ne diffèrent pas significativement (P<0,05) entre les catégories. Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance.

3.3.4. Intégration de tous les types d'indice pour définir le modèle de prédiction de la proportion de piste d'orignaux pour les parcelles de 100 ha

Pour les parcelles de 100 ha, les variables $IQ_{nourriture}$, $IQ_{entremêlement}9$ et IQ_{abri} (ST_rel_2BS et PC_RES13) ont été intégrées dans une régression de type « stepwise ». Considérant le peu de relation avec les secteurs Autres et Montebello par rapport aux différents indices, seuls les secteurs Papineau et Rapides ont été conservés pour les analyses pour un second modèle pour les parcelles de 100 ha. Les analyses ont révélé que pour l'ensemble des secteurs, les variables $IQ_{nourriture}$, $IQ_{entremêlement}9$ et IQ_{abri} ST2_BS sont significatives, mais avec un R^2 de 0,05 (tableau 29). Pour les secteurs Papineau et Rapides, les variables retenues sont le $IQ_{nourriture}$ et IQ_{abri} ST2B_S avec un R^2 de 0,06. Quoique les relations soient significatives, le pouvoir explicateur est assez faible. Les valeurs de proportion d'habitats ont été calculées en utilisant les données de Papineau et Rapides pour l'ensemble de l'aire d'étude (figure 51).

Tableau 29. Indices retenus pour définir les modèles de prédiction de la proportion de pistes d'orignaux pour les parcelles de 100 ha

	Valeur des indices non ajustées		Valeur des indices ajustées (min=0 et max=1)	
Modèle	**Global**	**Papineau et Rapides (densité moyenne)**	**Global**	**Papineau et Rapides (densité moyenne)**
R^2	0.05	0.06	0.05	0.06
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Intercepte	-0.0928	-0.0906	-0.0928	-0.0906
Indice de nourriture	BR10_N	BR10_N	BR10_N	BR10_N
Valeur	0.239	0.314	0.239	0.314
Indice d'abri	ST2B_S	ST2B_S	ST2B_S	ST2B_S
Valeur	0.114	0.151	0.095	0.127
Indice d'entremêlement	SI_edge9		SI_edge9	
Valeur	0.033		0.033	

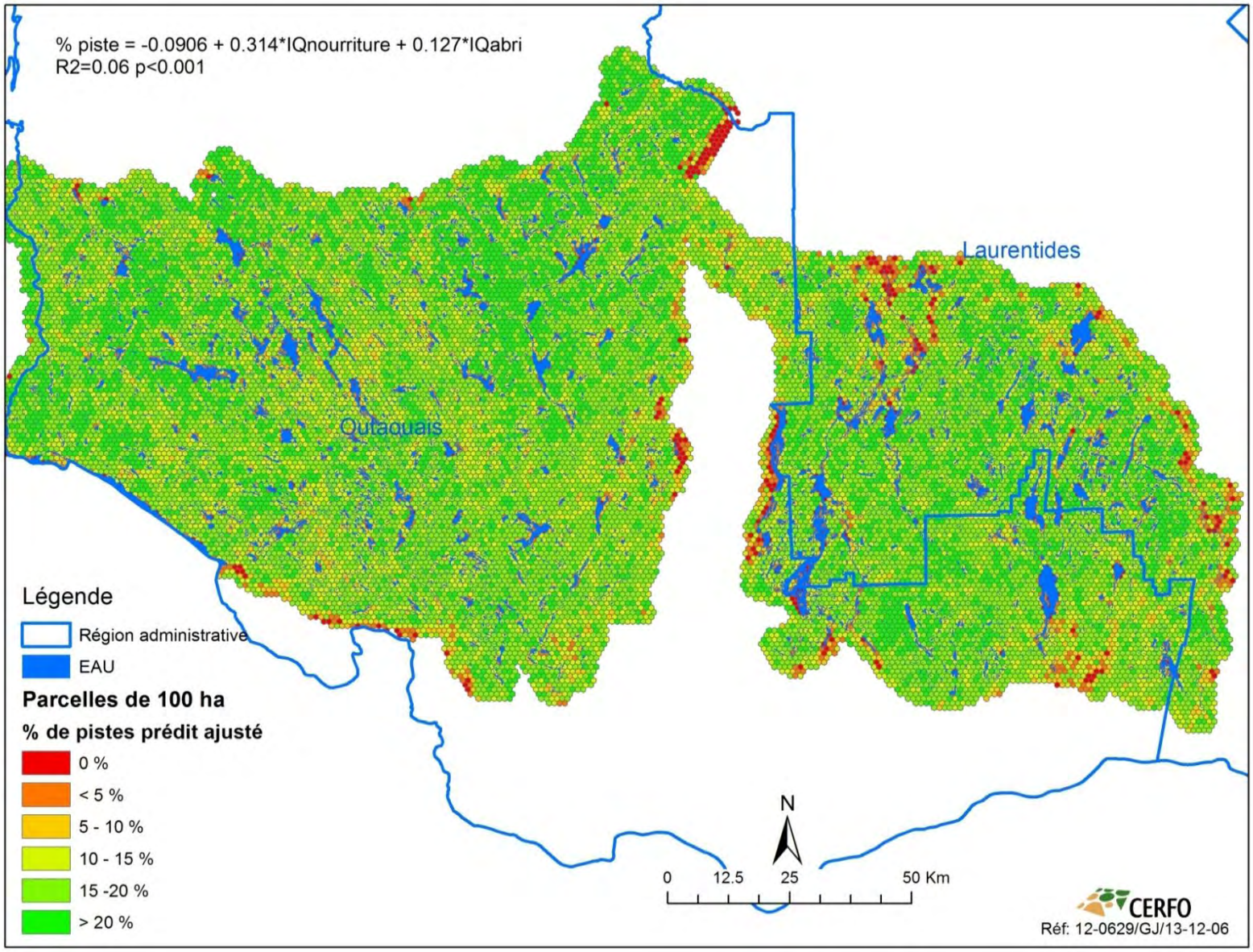

Figure 51. Représentation du pourcentage prédit de superficie de pistes d'orignaux par parcelle de 100 ha selon le modèle combinant les secteurs Papineau et Rapides

3.4. PROPOSITION D'UN MODÈLE D'INDICE DE QUALITÉ D'HABITAT (IQH) POUR L'ORIGNAL POUR L'ÉRABLIÈRE À BOULEAU JAUNE DE L'OUEST DE L'OUTAOUAIS

Selon les résultats obtenus des relations entre les pistes et les différents indices, les indices retenus sont $SI_{nourriture}$10 % et SI_{abri}ST2B_S. Considérant que pour les parcelles de 100 ha et de 500 ha le coefficient du brout est d'environ deux fois et demi celui de l'abri dans les modèles utilisant les valeurs ajustées entre 0 et 1, nous proposons d'appliquer e multiplicateur 0,70 pour le $SI_{nourriture}$ et de 0,30 pour SI_{abri}.

$IQH1 = IQ_{nourriture} * 0,70 + IQ_{abri}*0.30$

L'IQH proposé est représenté à la figure 55 pour les parcelles de 500 ha et à la figure 56 pour les parcelles de 100 ha.

Des catégories d'IQH ont été créées pour analyser la proportion de pistes d'orignaux pour les parcelles de 100 ha et de 500 ha. Les analyses ont révélé, pour les deux types de parcelles, une augmentation significative de la proportion de pistes d'orignaux lorsque la catégorie d'IQH augmente, en utilisant l'ensemble des secteurs ou seulement les secteurs Papineau et Rapides (figures 52 et 53).

3.4.1. Comparaison avec modèle MQH existant

L'IQH a été calculé avec l'outil MQH du MRN (Faune-MQH V1.2.6 beta 3) et les résultats ont été compilés dans les secteurs survolés pour les parcelles de 500 ha. Les résultats sont présentés à la figure 54. Quoiqu'une tendance soit observée avec une proportion de pistes plus faible dans la classe 2 par rapport aux autres classes, les différences entre les classes d'IQH ne sont pas significatives. Le modèle proposé (IQH1) améliore donc la prédiction de la présence de pistes d'orignaux dans les secteurs survolés lors de l'inventaire de 2012.

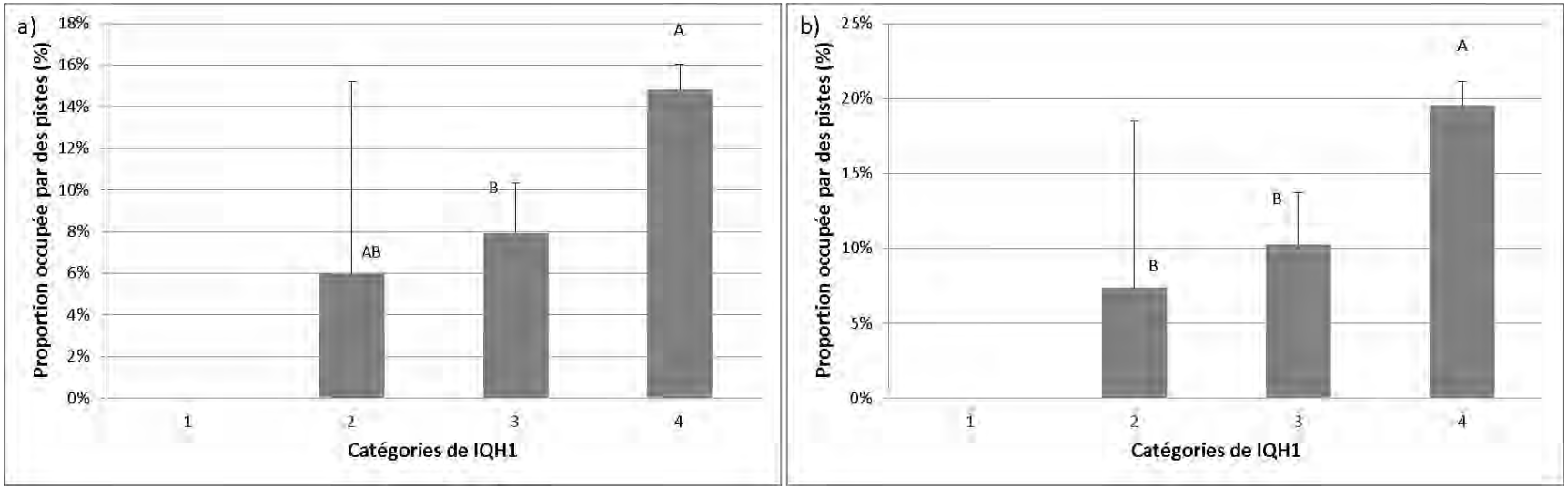

Figure 52. Proportions occupées par des pistes en fonction des catégories de l'indice de qualité d'habitat de l'orignal proposé (IQH1) pour les parcelles de 500 ha pour a) l'ensemble des secteurs survolés et b) les secteurs de densités moyenne (Papineau et Rapides combinés)

Les valeurs IQH sont calculées avec les indices IQnourriture et IQabri ajustés entre 0 et 1. Les catégories sont 1 :<=0,20 (n=1, non illustré) ; 2 (0.2< à <=0.4) ; 3 (0.4< à <=0.6) ; 4 (0.6< à <=0.8). Des lettres différentes indiquent des différences significatives (p<0,05)

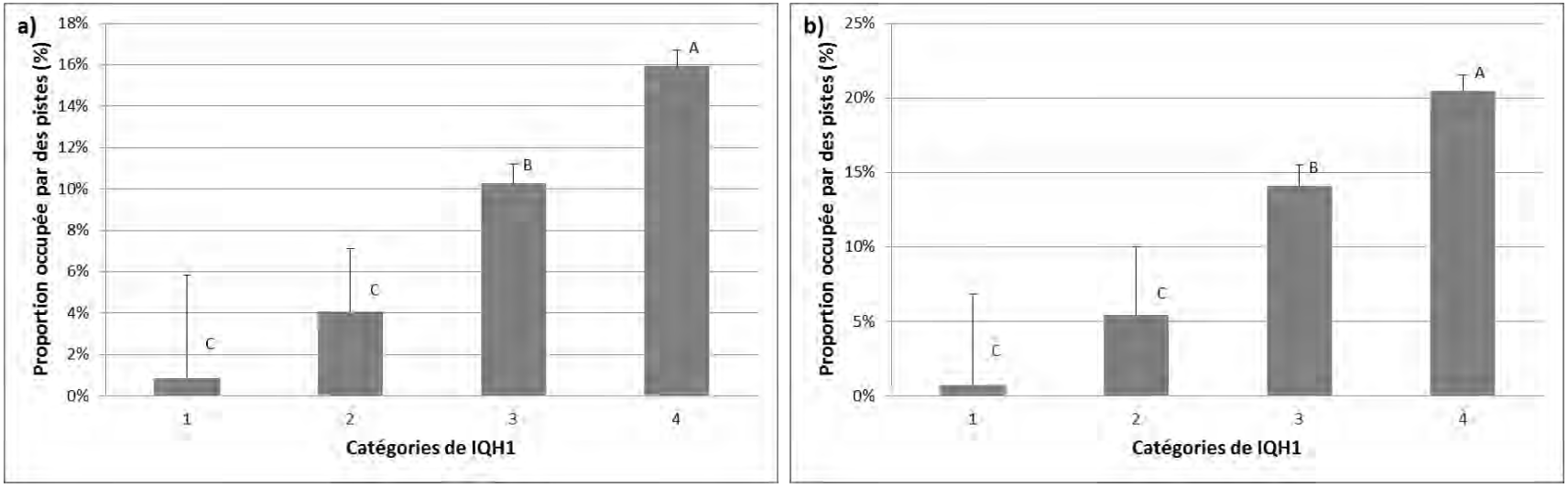

Figure 53. Proportions occupées par des pistes en fonction des catégories de l'indice de qualité d'habitat de l'orignal proposé (IQH1) pour les parcelles de 100 ha pour a) l'ensemble des secteurs survolés et b) les secteurs de densités moyenne (Papineau et Rapides combinés)

Les valeurs IQH sont calculées avec les indices IQnourriture et IQabri ajusté entre 0 et 1. Les catégories sont 1 :<=0,20 ; 2 (0.2< à <=0.4) ; 3 (0.4< à <=0.6) ; 4 (0.6< à <=0.8). Des lettres différentes indiquent des différences significatives (p<0,05).

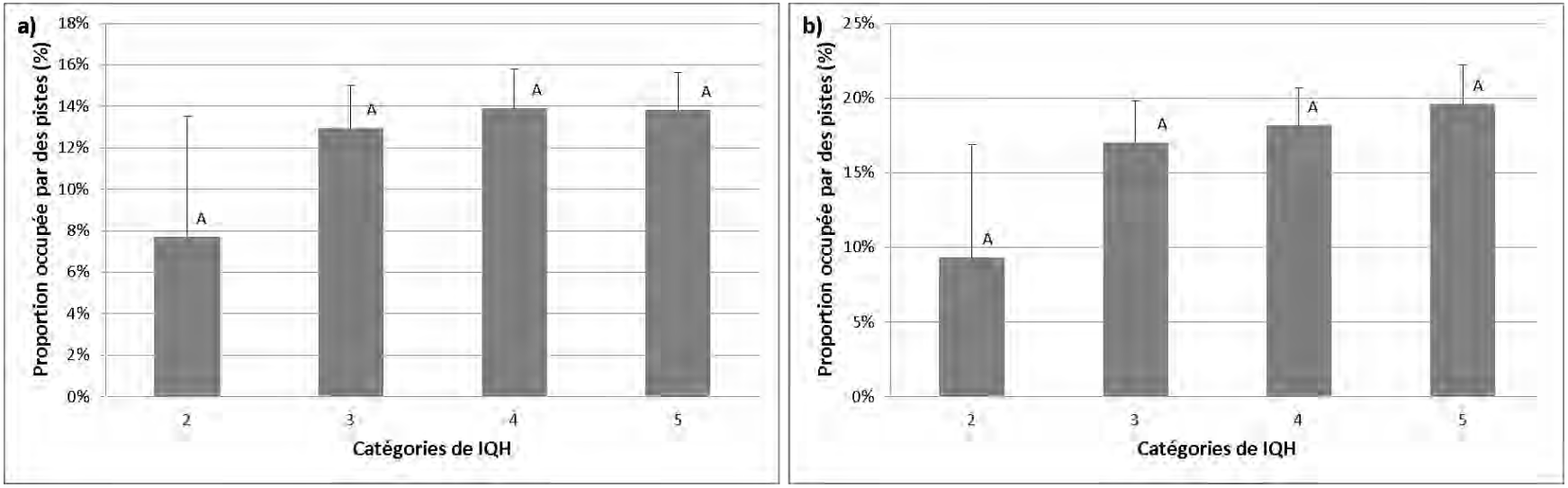

Figure 54. Proportions occupées par des pistes en fonction des catégories de l'indice de qualité d'habitat de l'orignal calculé avec l'outil MQH-orignal du MRN pour les parcelles de 500 ha pour a) l'ensemble des secteurs survolés et b) les secteurs de densités moyenne (Papineau et Rapides combinés)

Les valeurs IQH sont calculées avec les indices IQnourriture et IQentremêlement. Les catégories sont 1 :<=0,20 ; 2 (0.2< à <=0.4) ; 3 (0.4< à <=0.6) ; 4 (0.6< à <=0.8). Des lettres différentes indiquent des différences significatives (p<0,05).

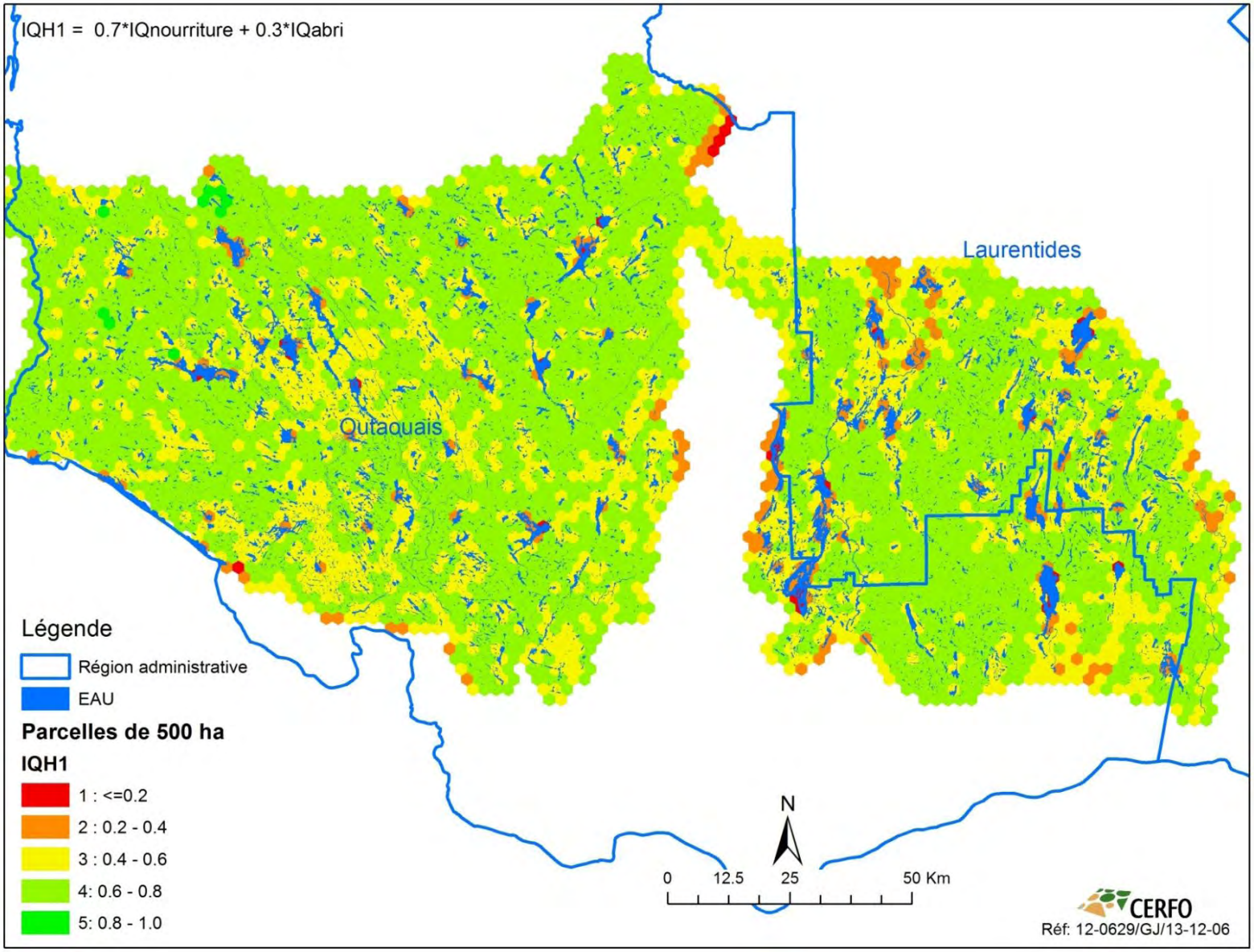

Figure 55. Représentation de l'IQH proposé pour les parcelles de 500 ha
(IQH1=0.70*IQnourriture + 0.30*IQabri)

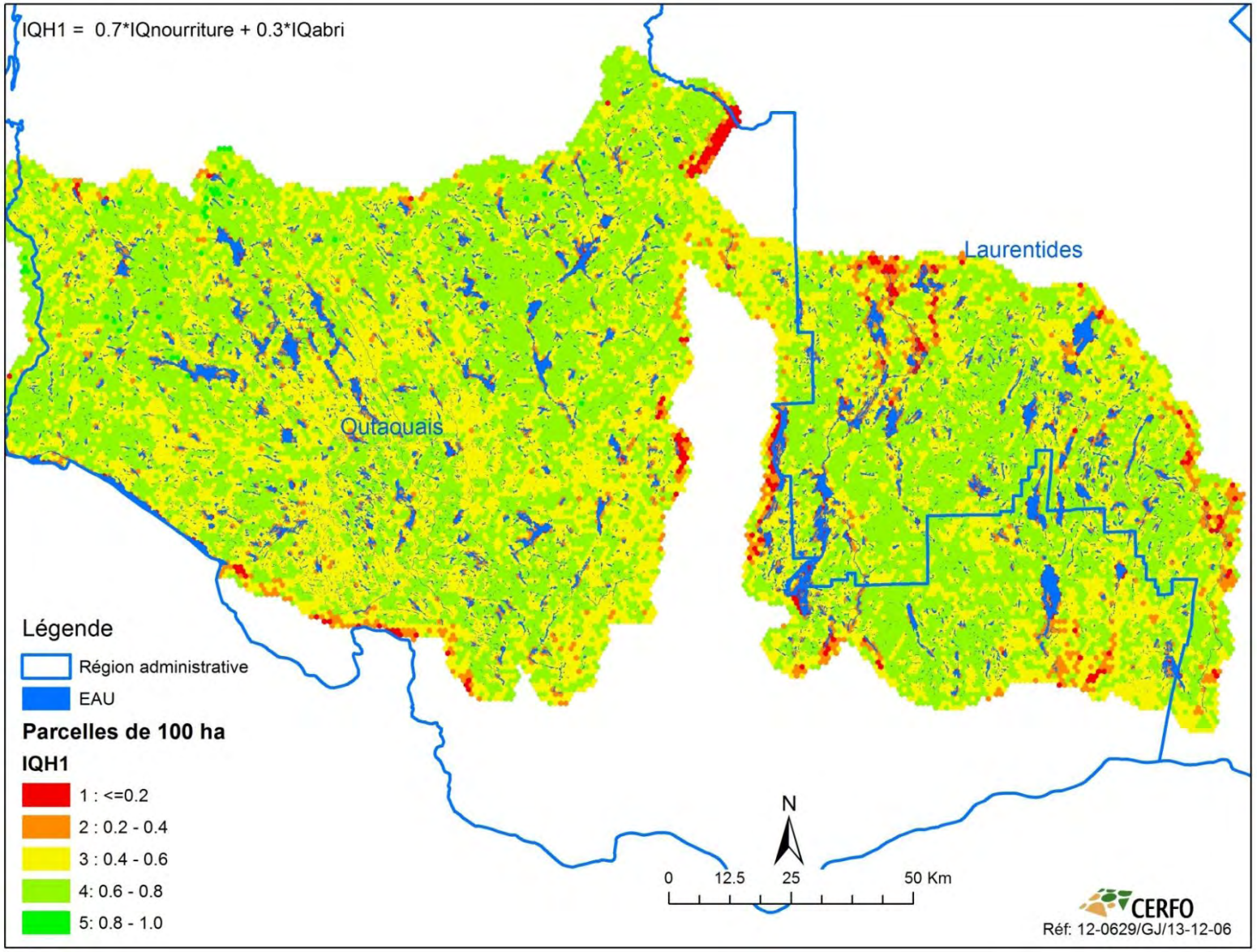

Figure 56. Représentation de l'IQH proposé pour les parcelles de 100 ha
(IQH1=0.70*IQnourriture + 0.30*IQabri)

4. DISCUSSION

4.1. CARACTÉRISTIQUES DENDROMÉTRIQUES VERSUS CARTOGRAPHIQUES

Pour déterminer les habitats intéressants pour l'orignal, un portrait des peuplements de l'érablière à bouleau jaune de l'Outaouais devait être fait. Pour réaliser ce portrait, qui comportait plusieurs milliers de peuplements différents, une stratification a été faite. Cette stratification comportait une trentaine de strates définies selon les hypothèses de qualité d'habitat pour l'orignal en fonction du type de couvert et du brout disponible (tableau 1). Un inventaire terrain a été réalisé et des compilations et comparaisons entre les strates au niveau des surfaces terrières, des type de peuplements (résineux, mélangés, feuillus) et des essences présentes (THO, SAB, EP, PINS, FI, FT) ont été produites. Ces compilations ont été réalisées afin de déterminer si la stratification effectuée était pertinente et si les données recueillies concordaient avec la stratification réalisée. Cette section répond aux hypothèses 1 et 2.

Hypothèse 1 : Il y a une bonne correspondance de la composition forestière entre les caractéristiques dendrométriques et les caractéristiques cartographiques des strates générées à partir des cartes du 4e décennal.

Vrai

Les analyses ont révélé qu'il y avait une bonne correspondance entre la stratification réalisée et les données de l'inventaire pour la plupart des variables mesurées (tableau 11). C'est le cas pour : les densités dans les peuplements résineux, la proportion de surface terrière de résineux selon les types de peuplements (résineux, mélangés à dominance résineuse, feuillus et mélangés à dominance feuillue) (figure 9), et la proportion de résineux par type écologique résineux dans les strates feuillues (figure 10), par type de résineux (THO, EP, SAB, PINS) (figure 11) et par type de feuillu (FI, FT) (figure 12). Ainsi, la stratification des quelque 30 strates initiales est justifiée et un ajout de quelques strates selon les types de résineux et les informations disponibles sur la capacité de rétention de la neige est proposé (tableau 2, tableau 3).

Au niveau de l'inventaire, plusieurs indices servant à déterminer et décrire le couvert résineux ont été mesurés, soit les surfaces terrières, la présence de couvert sur une virée et la sociabilité des résineux. Ces différentes mesures avaient été prises pour bien caractériser les résineux présents et déterminer quelles mesures étaient les plus pertinentes à prendre. L'hypothèse 2 a été émise.

Hypothèse 2 : Les différentes façons de décrire le couvert résineux sont étroitement liées.

Vrai

Les mesures de surface terrière résineuse, de couvert résineux et de sociabilité sont toutes corrélées entres elles (R^2 >0,80) (figure 5). Cela justifie l'utilisation de la surface terrière résineuse, qui est couramment employée dans les inventaires.

4.2. BROUT DISPONIBLE POUR L'ORIGNAL EN OUTAOUAIS

Lors de l'inventaire terrain, le nombre de tiges de brout potentielles a également été noté et les compilations ont été réalisées par strate (tableau 11) et pour l'ensemble de l'érablière à bouleau jaune de l'Outaouais et des Laurentides (zone de chasse 10) (figure 15). Cet inventaire était nécessaire pour caractériser la disponibilité du brout et calculer les différents indices. Pour valider une nouvelle stratification du territoire de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest qui permettrait d'améliorer l'IQH pour l'orignal par rapport à la stratification utilisée dans Dussault *et al.* (2006) pour la sapinière à bouleau blanc, une comparaison sommaire a été réalisée entre les études puis l'hypothèse suivante a été émise :

Hypothèse 3 : La quantité de brout observée dans l'érablière à bouleau jaune de l'ouest est supérieure à celle observée dans la sapinière à BOP par Dussault *et al.* (2006).

Faux et vrai

Les données de la sapinière à BOP de l'étude de Dussault *et al.* (2006) révèlent que le brout disponible varie de 433 à 13 923 tiges à l'hectare selon les regroupements. L'inventaire du présent projet révèle que le brout disponible varie de 1 398 tiges/ha à 12 648 tiges/ha. Il faut noter qu'il y a beaucoup plus de strates dans la présente étude que dans l'étude de Dussault *et al.*

(2006), et les comparaisons entre les deux études sont faites à titre indicatif seulement, mais les valeurs moyennes se retrouvent dans le même intervalle de données qui est inférieur à 14 000 tiges/ha. En termes de quantité de brout par strate, les valeurs sont parfois similaires et parfois différentes (aucune analyse statistique n'a été réalisée ici) (tableau 30), mais en général les valeurs de brout semblent plus élevées dans l'érablière à bouleau jaune que dans la sapinière à BOP pour les strates résineuses. Pour les strates de plus de 50 ans, les valeurs sont plus élevées dans la présente étude pour les FI mais inférieures ou similaires pour les strates FT, mais variables au sein des strates du projet. Ainsi, considérant les différences de brout entre les strates pour une même grande strate (ex : strate résineuse), les résultats justifient la stratification réalisée pour la quantification de la nourriture disponible dans l'érablière à bouleau jaune de l'ouest. De plus, par rapport à la disponibilité de la nourriture sur le territoire, la proportion de strates feuillues et mélangées à dominance feuillue est plus élevée dans l'érablière à bouleau jaune que dans la sapinière à bouleau blanc, engendrant ainsi une proportion plus élevée de superficies avec de la nourriture disponible.

Tableau 30. Comparaisons du brout disponible mesuré dans l'étude de Dussault *et al.* (2006) et le présent projet

		Dussault *et al.*, 2006		Présent projet	
Type	**Âge**	**Strate**	**Brouts (ti/ha)**	**Strates**	**Brouts (ti/ha)**
F - FI	>=30	DI50	4 528	17, 23	8994-10349
F-FT	>=50	DT50	13 923	18, 24	7896- 12 411
	>=50	MI50	3 803	5, 6, 13, 14, 19, 20, 23, 25	3804 à 10 235
M-FI	30	MI30	5 250	30	3827
M-FT	>=50	MT50	10 432	7, 8, 15, 21, 22, 26	2500 à 9938
R- MF	10	MI10	10 097	31	3827
R-REG	10	C10	3 161	29	10740
R-SAB-EPB	>=30	CF30	1 589	1,9	2406 - 3555
R-sans-SAB	>=30	CS30	433	2, 3, 4, 10, 11, 12	1398 à 6465

Hypothèse 4 : La quantité de brout disponible est étroitement liée à la composition du bois sur pied de la strate.

Vrai et faux

Les valeurs mesurées de brout sont assez variables entre les strates, mais des tendances sont observées telles qu'une augmentation du brout disponible dans l'ordre suivant : strates résineuses < strates mélangées à dominance résineuse <strates mélangées à dominance feuillue <=strates feuillues<= strates en régénération (figure 14). Cependant, des différences au sein des types de strates peuvent être observées. Par exemple, au sein des strates résineuses, le brout varie en fonction de l'espèce de résineux. Les valeurs de brout sont plus élevées dans les strates avec du pin que dans les autres strates résineuses, possiblement en raison de sa structure verticale (disposition des branches et hauteur), laissant entrer plus de lumière au sol que les autres résineux et permettant l'installation de strates arbustives. Considérant la variabilité entre les strates, les valeurs de brout pour chacune des strates ont été utilisées dans le calcul des indices.

Hypothèse 5 : Une forte proportion du territoire de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest est constituée de peuplements offrant une bonne qualité de brout.

Vrai

Selon l'analyse réalisée, plus de 65 % de la superficie de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest est constituée de peuplements comptant plus de 7 000 tiges de brout à l'hectare (figure 15). Donc, le territoire de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest est constitué en grande partie de peuplements offrant une bonne qualité de brout.

4.3. ABRI DISPONIBLE POUR L'ORIGNAL EN OUTAOUAIS

Une des prémices du projet est que le couvert résineux est limitant dans l'érablière à bouleau jaune de l'ouest pour l'orignal qui cherche un abri hivernal pour favoriser ses déplacements et un abri printanier pour s'isoler de la chaleur lors des périodes chaudes du printemps. Pour caractériser le couvert résineux, deux méthodes ont été utilisées : comptabiliser les résineux totaux ou compiler la valeur relative en fonction du potentiel d'interception de la neige. Les

résultats pour chacune des strates sont présentés au tableau 11. Ainsi, l'hypothèse suivante est formulée :

Hypothèse 6 : Une faible proportion du territoire de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest est constituée de peuplements offrant une bonne qualité d'abri.

Vrai

Les surfaces terrières résineuses totales varient de 1,3 m^2/ha à plus de 25 m^2/ha selon les strates. En termes de superficie, 15 % de la superficie de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest comporte une surface terrière résineuse de plus de 13 m^2/ha et 21 %, entre 10 et 13 m^2/ha (figure 16). Donc, une faible proportion de la superficie est composée de peuplements avec une surface terrière élevée en résineux. Quant à la surface terrière résineuse relative, 1 % de la superficie comporte une surface terrière résineuse relative de plus de 13 m^2/ha et 7 % entre 10 et 13 m^2/ha. La majorité des superficies ont moins de 4 m^2/ha de surface terrière résineuse relative, ce qui représente 44 % des superficies. Selon le guide d'aménagement de l'habitat de l'orignal (Samson *et al.,* 2002), il est recommandé de conserver 2 à 3 îlots de 3 à 10 ha de résineux par 10 km^2 dans un système de coupe de régénération. Les analyses sommaires ont révélé que pour le secteur d'étude, 79 % des parcelles de 500 ha avaient le nombre d'îlots résineux proposés (2 à 3) pour l'érablière à bouleau jaune de l'ouest et 83% pour le secteur de suivi des pistes (tableau 22), et ce, pour une superficie de 5 km^2 au lieu de 10 km^2. Donc, même si la présence d'îlots est importante, ce critère ne semble pas limitant pour l'aire d'étude.

Les compilations révèlent que les strates avec un abri adéquat sont peu nombreuses comparativement aux strates avec du brout disponible, sauf si on considère la présence d'îlots résineux suffisante.

4.4. PEUPLEMENTS OFFRANT À LA FOIS UNE BONNE QUALITÉ DE BROUT ET D'ABRI POUR L'ORIGNAL EN OUTAOUAIS

Les études précédentes ont démontré l'importance de l'entremêlement de peuplements avec brout et couvert pour la qualité d'habitat de l'orignal ($SI_{edge} = SI_{entremêlement}$). Cet indice d'entremêlement comprend à la fois des peuplements avec du brout et un abri adéquat (strates intra), et les bordures de peuplements avec du brout et de l'abri (bordures). Ainsi, plusieurs types de strates intra, bordures et indices d'entremêlement ont été testés dans le projet. Les hypothèses suivantes sont émises par rapport aux composantes principales, soit les strates intra et les bordures.

Hypothèse 7 : Une très faible proportion du territoire de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest est constituée de peuplements offrant à la fois une bonne qualité de brout et une bonne qualité d'abri.

Faux et vrai

Dépendamment des seuils utilisés pour déterminer les strates intra en termes de brout, d'abri et de type d'abri (tableau 7), les proportions de strates intra varient de 20 à 31 % en utilisant les critères de surface terrière résineuse totale et de 1,3 à 24 % en utilisant les critères de surface terrière résineuse relative (tableau 14). Donc, une faible proportion du territoire est composée de peuplements intra, mais cette proportion varie selon les seuils utilisés. Pour calculer l'indice d'entremêlement, les bordures entre les peuplements de brout et d'abri ont été calculées suivant différents seuils (tableau 8) pour les parcelles de 100 ha et de 500 ha. Dans l'équation, le 70e percentile des différentes bordures a été calculé (tableau 9). Les valeurs obtenues varient de 0,3 m à 37,3 m/ha selon la bordure et le type de parcelle. Pour les bordures similaires à celles de Dussault *et al.* (2006), la bordure 1 (>=13 m^2/ha de résineux et >=10 000 tiges/ha de brout) a un 70 percentile de 7,9 m et 7,6 m pour les parcelles de 500 et 100 ha respectivement. Ces valeurs sont nettement inférieures à celles obtenues dans l'étude de Dussault *et al.* (2006), dont les valeurs sont de 30 m et 45 m pour les parcelles de 500 ha et 100 ha respectivement. Cela indique que la quantité de bordures est plus faible dans l'érablière à bouleau jaune de l'ouest que dans l'étude de Dussault *et al.* (2006) lorsque les mêmes seuils sont utilisés. Ainsi, en utilisant l'équation de Dussault *et al.* (2006), différents indices d'entremêlement ont été calculés pour les

parcelles de 100 ha et de 500 ha (tableau 8). Cela a entraîné l'émission de l'hypothèse 8 (présentée ci-dessous).

Hypothèse 8 : Une très faible proportion du territoire de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest fournit de bonnes conditions d'entremêlement des peuplements.

Faux et vrai

Comme base de discussion, l'indice $SI_{entrmêlement}1$ est utilisé comme comparatif avec l'étude de Dussault *et al.* (2006). En supposant que seulement 20 % de la superficie est occupée par des peuplements intra1 et que la longueur des bordures est courte (bordure1), on s'imagine alors que la cote d'entremêlement sera en général faible. Les résultats de compilation pour $SI_{entremêlement}1$ révèlent que des indices de plus de 0,6 sont observés pour 56 % de la superficie des parcelles de 500 ha, varient de 0,4 à 0,6 pour 19 % de la superficie et que 25 % de la superficie ont un indice en dessous de 0,4. Donc, en se basant sur les compilations des parcelles de 500 ha, plus de la moitié de la superficie de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest a une valeur d'indice supérieure à 0,6. Cependant, si l'indice est calculé à partir des résineux relatifs, les valeurs de l'indice d'entremêlement sont beaucoup plus faibles et une faible proportion du territoire comporte de bonnes conditions d'entremêlement. Donc, les mesures d'entremêlement varient selon la méthode utilisée.

4.5. PRÉSENCE D'ORIGNAUX SUR LE TERRITOIRE DE L'OUTAOUAIS

Considérant la revue de littérature soulignant l'importance du couvert résineux en hiver pour l'orignal, l'hypothèse 9 a été émise.

Hypothèse 9 : La présence d'orignaux en hiver est fortement liée à la présence de peuplements résineux qui leur fournit un abri sur le territoire, les conditions hivernales étant contraignantes dans l'érablière à bouleau jaune de l'ouest en Outaouais.

Partiellement vrai

La présence des pistes de 2012 est reliée à l'indice de couvert résineux relatif, mais les relations, quoique significatives, sont très faible (r^2<0,10). En utilisant les catégories d'indices de couvert résineux, la proportion de pistes observée est effectivement supérieure lorsque les valeurs de l'indice de couvert résineux augmentent pour la plupart des secteurs, autant pour les parcelles de 100 ha (figure 50) que celles de 500 ha (figure 30), et tout particulièrement pour les secteurs avec une densité élevée d'orignaux.

4.6. CONDITIONS HIVERNALES EN OUTAOUAIS

Considérant que le couvert nival peut être contraignant pour l'orignal en hiver et que les relevés de pistes utilisés datent de l'hiver 2012, il est nécessaire de déterminer si les conditions de neige au sol de l'hiver 2012 sont représentatives des conditions hivernales retrouvées généralement dans l'érablière à bouleau jaune de l'ouest de l'Outaouais. Ainsi, l'hypothèse suivante est émise :

Hypothèse 11 : Les conditions hivernales de l'hiver 2012 sont représentatives des conditions hivernales observées en Outaouais.

Vrai

Quoique les valeurs moyennes d'épaisseur de neige au sol pour l'année 2012 se trouvent un peu au-dessus des moyennes de 1990 à 2012, elles sont assez similaires (tableau 31). Les moyennes de neige au sol pour les 22 dernières années (quelques années ne se retrouvent pas dans les compilations) sont de 25 cm pour décembre, 38 cm pour janvier, 46 cm pour février et 16 cm pour mars.

Tableau 31. Moyenne d'épaisseur de neige au sol le dernier jour des mois de décembre, janvier, février et mars pour les années 1990 à 2012 pour trois stations météorologiques à proximité de l'aire d'étude

	Décembre		Janvier		Février		Mars	
Station (1990-2012)	**MOY**	**MAX**	**MOY**	**MAX**	**MOY**	**MAX**	**MOY**	**MAX**
Mont-Laurier	24	63	35	77	45	100	16	58
Notre-Dame de la Paix	26	57	37	80	41	96	14	54
Rapides-des-Joachims	25	58	42	64	51	88	19	63
Total général	**25**	**63**	**38**	**80**	**46**	**100**	**16**	**63**
Moyenne 2012	**18**	**21**	**41**	**52**	**48**	**58**	**1**	**1**

Source : Environnement Canada (http://climate.weatheroffice.gc.ca/prods_servs/cdn_climate_summary_f.html)

Cependant, est-ce que ces niveaux de neige au sol sont contraignants pour les orignaux ? Cette question a entraîné l'hypothèse suivante :

Hypothèse 12 : Les conditions hivernales des hivers 2008 et 2012 représentent des conditions contraignantes pour le déplacement des orignaux.

Faux

Selon les observations réalisées lors des inventaires aériens, le niveau de neige au sol pour l'hiver 2012, dans le secteur Papineau, variait entre 45 cm en janvier jusqu'à 70 cm à la fin mars. Le coût énergétique de locomotion des orignaux augmente exponentiellement lorsque l'épaisseur de neige au sol est supérieure à 60 cm (Renecker et Schwartz, 1998). Les valeurs observées pour janvier sont en deçà du seuil de 60 cm, alors que les valeurs en mars sont juste au-dessus. Les données d'épaisseur de neige au sol d'Environnement Canada pour les stations météorologiques à proximité de l'aire d'étude indiquent que la plupart des valeurs de neige au sol se trouvent en-dessous de 60 cm, avec quelques stations comportant plus de 60 cm (max 67 cm) en février 2012 (tableau 32). Donc, la neige pourrait être faiblement contraignante à la fin mars selon les observations aériennes, mais non selon les données d'Environnement Canada. Pour les 22 dernières années, il est arrivé à quelques reprises que le niveau de neige au sol dépassait les 80 cm, et donc, le couvert nival pourrait être faiblement contraignant.

Tableau 32. Épaisseur de neige au sol à la fin des mois de décembre, janvier, février et mars de l'hiver 2012 pour les stations météorologiques d'Environnement Canada localisées dans l'aire d'étude ou à proximité

	Épaisseur neige à la fin du mois			
	2011	2012		
Station météo	Décembre	Janvier	Février	Mars*
CHENEVILLE	28	42	55	0
LA MACAZA	28	60	66	0
MANIWAKI		53	63	0
MONT LAURIER	21	46	56	1
NOMININGUE	24	54	67	5
NOTRE DAME DE LA PAIX	15	26	31	
RAPIDE DES JOACHIMS	17	52	58	0
WRIGHT	15	50	50	0
Moyenne	21	48	56	1

Source : Environnement Canada (http://climate.weatheroffice.gc.ca/prods_servs/cdn_climate_summary_f.html)

4.7. VALIDATION DES MODÈLES POUR LES PARCELLES DE 500 HA ET DE 100 HA

Une fois les différents indices proposés et calculés, une validation est nécessaire pour déterminer quels indices sont importants pour caractériser l'IQH de l'orignal dans l'Erbj. Pour ce faire, les données de pistes d'orignaux de l'hiver 2012 ont été mises en relation avec les différents indices aux deux échelles étudiées, soit avec des parcelles de 100 ha et de 500 ha. La méthode utilisée pour quantifier les pistes d'orignaux consistait à calculer la proportion de superficies occupée par des pistes d'orignaux dans la parcelle en inférant une surface de 10 ha par point d'observation pistes et en regroupant les surfaces de 10 ha. Considérant la nature plus feuillue de l'Erbj et que le couvert résineux est limité, l'hypothèse suivante est émise :

Hypothèse 10 : Dans l'érablière à bouleau jaune, l'indice d'abri contribue davantage à l'IQH de l'orignal que les indices de brout et d'entremêlement, comme c'est le cas dans la sapinière à BOP.

Faux et vrai

Peu importe les parcelles utilisées, l'$IQ_{nourriture}$ est toujours l'indice qui contribue davantage à expliquer la proportion de pistes d'orignaux, et ce, même si le brout est disponible en quantité

importante dans l'Erbj. Cependant, suivant l'analyse réalisée dans les sections précédentes, il a été démontré que le couvert nival est rarement limitant pour l'orignal et que pour l'hiver 2012, la neige n'était pas très contraignante. Néanmoins, l'IQ_{abri} contribue en général plus que l'$IQ_{entremêlement}$ pour expliquer les proportions de pistes d'orignaux, même si les relations sont très faibles (R^2<0,10). Les indices d'entremêlement étaient parfois significatifs pour certains secteurs, mais les relations entre les proportions de pistes et ces indices étaient en général faibles, et les $IQ_{entremêlement}$ significatifs étaient fortement corrélés à l'$IQ_{nourriture}$.

De plus, lors de la sélection des modèles comportant les $IQ_{nourriture}$, $IQ_{entremêlement}$ et IQ_{abri}, et en utilisant les pistes provenant des secteurs avec des densités intermédiaires d'orignaux, l'indice d'abri est significatif alors que l'indice d'entremêlement ne l'est pas.

Hypothèse 13 : Tous les indices contribuent significativement au modèle basé sur les cellules de 100 m^2 et 500 m^2.

Faux

Tel que décrit dans le point précédent, seuls les indices de nourriture et d'abri sont sortis significatifs dans le modèle d'IQH basé sur les trois types d'indices.

Hypothèse 14 : L'importance de la contribution des indices au modèle est différente pour les cellules de 100 ha et 500 ha.

Faux

Quoique le modèle de prédiction pour les parcelles de 500 ha soit supérieur à celui des parcelles de 100 ha, les relations entre les coefficients de l'$IQ_{nourriture}$ et de l'IQ_{abri} sont similaires, avec environ un coefficient deux fois et demi plus élevé pour l'$IQ_{nourriture}$ que pour l'IQ_{abri}.

Hypothèse 15 : La contribution des indices au modèle est plus importante pour les zones avec une plus forte densité de pistes d'orignaux.

Vrai

Selon la stratification en 4 secteurs, les analyses ont révélé que pour la plupart des indices, les relations étaient significatives dans les secteurs avec une plus forte proportion de pistes d'orignaux, à l'exception du secteur Montebello, où les densités d'orignaux et de pistes d'orignaux sont très élevées. Dans la plupart des cas, les relations entre les proportions de pistes et les différents indices étaient semblables dans les secteurs Papineau et Rapides, deux secteurs avec des densités d'orignaux estimés assez similaires. Dans le secteur Autres, les densités sont si faibles que peu d'indices sortaient significatifs, sauf pour les parcelles de 100 ha pour lesquelles la proportion de pistes augmentait avec l'$IQ_{nourriture}$. De plus, la probabilité d'observer des pistes en fonction de l'$IQ_{nourriture}$ variait en fonction des densités d'orignaux dans les parcelles de 100 ha. Donc, pour proposer un modèle d'IQH, il est préférable d'utiliser les secteurs avec des densités intermédiaires d'orignaux, puisque une pression plus grande devrait être présente pour la sélection des bons habitats.

4.8. LIMITES DE L'APPROCHE DE VALIDATION

Cette section discute des limites de la méthode de validation des modèles d'IQH utilisés dans le cadre du projet. Idéalement, des suivis télémétriques pour associer les meilleurs habitats sont nécessaires pour valider un IQH. Or, dans le cadre du projet, les seules données disponibles étaient les relevées de pistes de l'hiver 2012.

Un modèle d'IQH fournit un indice de la qualité d'habitat pour une espèce donnée. Il ne permet pas de prédire les densités retrouvées dans un territoire, mais plutôt de déterminer quels sont les secteurs pour lesquels une bonne qualité d'habitat est retrouvée. L'utilisation du réseau de pistes, surtout pour les secteurs avec une bonne proportion d'orignaux, permet seulement d'indiquer s'il y a un lien entre l'IQH et la présence d'orignaux. Il n'est donc pas recommandé d'utiliser les IQH comme modèle de prédiction de la densité d'orignaux, mais ils peuvent l'être pour déterminer le potentiel d'un site à satisfaire les besoins de l'orignal.

De plus, le modèle proposé ne tient compte que des données hivernales pour 2012, alors que d'autres habitats peuvent être importants selon les saisons et le sexe de l'animal.

4.9. MODÈLE D'IQH PROPOSÉ

Suivant les résultats des parcelles de 100 ha et de 500 ha, un modèle d'IQH global est proposé. Ce dernier est composé de l'$IQ_{nourriture}$ et de l'IQ_{abri} et se présente comme suit :

$IQH1 = 0{,}70*IQ_{nourriture} + 0{,}30*IQ_{abri.}$

Ce modèle s'est avéré significatif pour expliquer la proportion de pistes lorsque l'IQH est divisé en catégories. Ce modèle diffère de celui de Dussault *et al.* (2006) puisque l'indice d'entremêlement n'a pas été retenu. Cependant, il ne faut pas oublier que le modèle proposé est basé sur des relevés de pistes d'orignaux réalisés en 2012 seulement. Même si l'hiver 2012 est assez semblable aux hivers moyens de l'Outaouais, plusieurs années de suivi seraient nécessaires pour préciser le modèle d'IQH. Néanmoins, le modèle proposé peut servir pour déterminer les potentiels d'habitat d'orignaux. Pour ce faire, des cartes ont été réalisées pour illustrer les valeurs de l'IQH aux deux échelles, soit pour les parcelles de 100 ha et les parcelles de 500 ha.

À titre comparatif, l'outil MQH (MRN) a été utilisé pour des parcelles de 500 ha et a révélé que la relation entre les classes d'IQH et les proportions de pistes n'était pas significative. Ceci indique donc que les inventaires réalisés dans le cadre du projet ont permis de mieux caractériser les strates de nourriture et d'abri et de produire un modèle davantage relié au strates présentes dans l'érablière à bouleau jaune de l'ouest.

4.10. AUTRES FACTEURS INFLUENÇANT LA PRÉSENCE DE L'ORIGNAL

La présente étude comporte certaines limites quant à la validation de la quantité de nourriture disponible, de l'entremêlement et du couvert résineux par rapport à la présence de pistes d'orignaux de l'hiver 2012. En effet, d'autres variables pourraient être importantes et influencer les valeurs de qualité d'habitat à la baisse ou à la hausse.

Parmi ces variables, notons celles de milieux forestiers non-productifs (lacs, tourbière, etc..) qui pourraient influencer les qualités d'habitat. Pour l'instant, ces milieux sont intégrés dans les compilations des différents indices en leur attribuant le plus souvent des valeurs de 0 (lacs et rivières) ou très faibles. Cependant, la présence de lacs (dimension, forme, profondeur) pourrait avoir un effet sur la sélection d'habitat par l'orignal.

Il existe aussi des variables d'interaction avec les autres espèces, tel le cerf de Virginie. Avec un accroissement potentiel de l'aire de distribution du cerf ou de la densité[2] (Huot et Lebel, 2012), les zones de chevauchement des deux espèces augmentent ainsi que la compétition pour les ressources. Des habitats jugés propices pour l'orignal pourraient l'être moins en raison de la compétition exercée par le chevreuil.

Selon le sexe de l'animal, les habitats sélectionnés ne sont pas nécessairement les mêmes et varient selon la saison (voir Dussault *et al.,* 2006 pour les nuances).

Des facteurs anthropiques tels que la pression de chasse, la présence et la densité de routes et de chemins forestiers peuvent également avoir des répercussions sur les populations d'orignaux.

L'intégration de ces variables ainsi que des suivis de télémétrie permettraient d'améliorer le modèle d'indice de qualité d'habitat pour l'orignal.

[2] Le plan de gestion du cerf de Virginie indique que la densité de cerfs/ km^2, après chasse et mortalité hivernale, était de 2,6 et 3,1 dans les zones 10est et 10ouest respectivement en 2008, et que le plan prévoit une augmentation à 4,5 cerfs/ km^2 pour les deux zone en 2017.

5. RECOMMANDATIONS

Cette section présente certaines recommandations faisant suite aux résultats du projet et des discussions.

Limites et améliorations du modèle

Les modèles présentés comportent certaines limites quant au pouvoir de prédiction puisque les relations entre les pistes et les indices étaient significatives, mais faibles.

Pour cette raison, nous recommandons aux gestionnaires :

- D'utiliser le modèle à titre indicatif comme un potentiel d'habitat d'hiver, et non d'habitat annuel;
- D'utiliser le modèle pour déterminer les habitats potentiels et non la densité d'orignaux présente.

Pour améliorer le modèle, nous recommandons :

- De bonifier le modèle, avec un suivi à plus long terme des orignaux au niveau des relevés de pistes aériens sur plusieurs hivers, dont des hivers contraignants;
- De réaliser un suivi télémétrique pour déterminer la sélection d'habitat par l'orignal tout au long de l'année;
- D'intégrer d'autres indices biotiques (prédation, cerf, fréquentation humaine, etc.) et abiotiques (routes, lacs, ruisseaux, pente forte, etc.) reliés à la sélection de l'habitat par l'orignal et de déterminer si le modèle est bonifier;
- De valider le modèle sur d'autres sous-domaines de l'érablière à bouleau jaune (Mauricie, Témiscamingue);
- De réaliser un projet de recherche sur la sélection d'habitat par l'orignal dans le domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune.

Extrapolation de la méthode

Considérant la méthode utilisée dans le projet, nous recommandons :

- aux gestionnaires d'autres régions d'utiliser la méthode décrite dans le projet pour adapter l'IQH à leur région, en réalisant la stratification du territoire, suivie d'un inventaire de caractérisation du couvert et du brout disponible, de la création de cotes et indices et de la validation avec les relevées de pistes d'orignaux;
- d'ajouter le modèle et la stratification proposés pour l'érablière à bouleau jaune de l'ouest dans le modèle Faune-MQH du MRN.

CONCLUSION

Ce projet d'adaptation et de validation de l'indice de qualité d'habitat de l'orignal (*Alces alces*) pour le domaine de l'érablière à bouleau jaune en Outaouais visait à établir un outil efficace et adapté au contexte régional pour permettre l'évaluation des pratiques d'aménagement forestier sur une espèce à l'origine d'enjeux prioritaires sur les plans environnemental, économique et social en Outaouais. Suivant la stratification cartographique et un inventaire terrain, l'IQH développé par Dussault *et al*. (2006) a été adapté au sous-domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest en utilisant une stratification différente du territoire et des indices de qualité différents, soit les indices de nourriture et d'abri. Le modèle proposé et les différents indices d'abri, de nourriture et d'entremêlement ont été validés avec la localisation des réseaux de pistes obtenus lors de l'inventaire aérien réalisé entre janvier et mars 2012 dans la zone de chasse 10 à deux échelles, soit avec des parcelles de 100 ha et de 500 ha. Suivant cette validation, différentes cartes ont été produites pour représenter les différents indices de qualité d'habitats.

Le modèle proposé pour l'érablière à bouleau jaune de l'ouest améliore celui de Dussault *et al.* (2006) développé pour la sapinière à bouleau blanc.

Ces modèles pourront servir comme outils, sous certaines réserves, aux représentants de la Table régionale Faune, aux TGIRT, aux gestionnaires des ressources naturelles et du territoire, aux responsables de la certification forestière, aux professionnels du Bureau du forestier en chef et aux gestionnaires des territoires fauniques permettant de déterminer la qualité des peuplements forestiers et ainsi d'évaluer les impacts des perturbations anthropiques sur la qualité de l'habitat de l'orignal dans le sous-domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest. La méthode développée dans le projet peut être extrapolable à d'autres domaines bioclimatiques et les résultats de stratification pourront être intégrés dans le logiciel MRN-MQH du MRN.

Le modèle développé comporte certaines limites et plusieurs recommandations ont été formulées pour améliorer le modèle, dont la réalisation de suivis télémétrique d'orignaux et de pistes sur plusieurs années.

RÉFÉRENCES

Allen, A.W., P.A. Jordan et J.W. Terrel. 1987. Habitat suitability index models: Moose, Lake Superior region. U.S. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. 82 (10.155) 47 p.

Baigas, Phillip E., R.A. Olson, R.M. Nielson, S.N. Miller, et F.G. Lindzey, 2010. Modelling Seasonal distribution and spatial range capacity of moose in Southern Wyoming. Alces 46: 89-112.

Courtois, R. 1993. Description d'un indice de qualité d'habitat pour l'orignal (*Alces alces*) au Québec [Livre]. Québec : Direction générale de la ressource faunique, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, 1993. Vol. Doc. tech. 93/1.

Courtois, R., J.-P. Ouellet, et B. Gagné, 1998. Characteristics of cutovers used by moose (*Alces alces*) in early winter. Alces, 34: 201–211.

Crête, M. 1977. Importance de la coupe forestière sur l'habitat de l'orignal dans le sud-ouest du Québec. Can. J. For. Res. 7 : 241-257.

CRRNTO (Commission régionale sur les ressources naturelles et le territoire public de l'Outaouais), 2011. Plan régional de développement intégré des ressources naturelles et du territoire public de l'Outaouais. Gatineau, 406 p.

Doyon, F., D. Bouchard et J. Poirier. 2002. Classification et cartographie des habitats fauniques basée sur les caractéristiques structurales des peuplements forestiers de l'Outaouais. Institut québécois de la forêt feuillue, St-André-Avellin, Qc., 142 p.

Dussault, C., R. Courtois, J.-P. Ouellet, J. Huot, et L. Breton, 2004a. Effet des facteurs limitatifs sur la sélection de l'habitat par l'orignal. Le Naturaliste Canadien, 128: 38–45.

Dussault, C., J.-P. Ouellet, R. Courtois, J. Huot, L. Breton, et J. Larochelle, 2004b. Behavioral responses of moose to thermal conditions in the boreal forest. Ecoscience, 11: 321–328.

Dussault, C., R. Courtois, J.-P. Ouellet, et I. Girard. 2005. Space use of moose in relation to food availability. Canadian Journal of Zoology, 83: 1431-1437.

Dussault, C., R. Courtois, et J.-P. Ouellet, 2006. A habitat suitability index model to assess moose habitat selection at multiple spatial scales. Can. J. For. Res. 36: 1097–1107.

FAPAQ, 2000. Outils d'évaluation de l'habitat. Gouvernement du Québec. Société de la Faune et des Parcs (www.fapaq.gouv.qc.ca/fr/etu_rec/exec).

Hussey, K, 2010. Space use patterns of moose (*Alces alces*) in relation to forest cover in south eastern Ontario, Canada. M. Sc. thesis. Faculty of Arts and Science Trent University, Peterborough, Ontario, Canada.

Huot, M et F. Lebel, 2012. Plan de gestion du cerf de Virginie au Québec 2010-2017. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune — Secteur Faune Québec, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, 578 p.

Johnson, D.H. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. Ecology, 61: 65–71.

Koitzsch, K.B., 2002. Application of a moose habitat suitability index model to Vermont wildlife management units. Alces, 38: 89–108.

Lemieux, E., F. Trottier, A. Gasse, et M. Hatin, 2010. Planification de la gestion de l'habitat de l'orignal : comparaison des méthodologies développées pour qualifier l'habitat de l'orignal sur les territoires fauniques structurés des Hautes-Laurentides. Rapport remis à la Fondation de la faune du Québec. Juillet 2010.

Maier, J.A.K., J. Ver Hoef, A.D. McGuire, R.T. Bowyer, L. Saperstein, et H.A. Maier, 2005. Distribution and density of moose in relation to landscape characteristics: effects of scale. Can. J. For. Res., 35: 2233-2243.

Morrison, M.L., B.G. Marcot, et R.W. Mannan, 1992. Wildlife habitat relationships. Concepts and applications. The University of Wisconsin Press. 343 p.

MRNF, 2006. Portrait territorial. Outaouais. Direction générale régionale de l'Outaouais. Gatineau, Qc.

Osko, T.J., M.N. Hiltz, R.J. Hudson, et S.M. Wasel, 2004. Moose habitat preferences in response to changing availability. Journal of Wildlife Management, 68: 576-584.

Peterson, R.O., et D.L. Allen, 1974. Snow conditions as a parameter in moose-wolf relationships. Le Naturaliste Canadien, 101: 481-492.

Renecker, L.A. et C.C. Schwartz, 1998. Population dynamics. Pages 403-409 in A.W. Franzmann et C.C Schwartz. Ecology and Management of the North American Moose. Smithsonian institution, Washington, D.C., USA.

Rothley, K.D., 2001. Manipulative, multi-standard test of a white-tailed deer habitat suitability model. J. Wildl. Manage. 65: 953–963.

Samson, C., C. Dussault, R. Courtois et J.-P. Ouellet, 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.

Schamberger, M.L., et L.J. O'Neil, 1986. Concepts and constraints of habitat-model testing. *In* Wildlife 2000: modeling habitat relationships of terrestrial vertebrates. *Edited by* J.Verner, M.L. Morrison, et C.J. Ralph. University of Wisconsin Press, Madison, Wis. pp. 5-10.

Snaith, T.V., K.F. Beazley, F. MacKinnon, et P. Duinker, 2002. Preliminary habitat suitability analysis for moose in mainland Nova Scotia, Canada. Alces, 38: 73-88.

U.S. Fish et Wildlife Service, 1981. Standards for the development of habitat suitability index models. United States Fish and Wildlife Service, Release no. 1-81.

Van Horne, B., 1983. Density as a misleading indicator of habitat quality. J. Wildl. Manage., 47: 893-901.

Van Horne, B., et J.A. Wiens, J.A. 1991. Forest bird habitat suitability models and the development of general habitat models. US Fish et Wildl. Serv. Fish Wildl. Res. 8.

Wyoming Game and Fish Department (WGFD), 1990. Moose Area 1 Study: Final Report. Wyoming Game and Fish Department, Cheyenne, Wyoming, USA.

ANNEXE 1. FORMULAIRE D'INVENTAIRE

Strate						Date					
Virée						Nom					
Point d'observation						Type écologique					

Bois sur pied (prisme facteur 2)

Essence											
10-18											
20-28											
30-38											
40-48											
50+											

Type écologique, dépôt, drainage

Couvert résineux (oui/non) (> 7 m de hauteur)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total

Sociabilité des tiges résineuses (20 à 50 m de rayon) (> 7 m de hauteur)

Individu	Touffe (2-10 arbres)	Groupe (-300m^2)	Bouquet (-1000m^2)

Brout (1,78 m de rayon - 10 m^2) (50 à 300 cm de hauteur)

	Brout commercial	Brout non-comm	Espèces compagnes	Proportion	Remarques
1					
2					
3					

Point d'observation						Type écologique					

Bois sur pied (prisme facteur 2)

Essence											
10-18											
20-28											
30-38											
40-48											
50+											

Type écologique, dépôt, drainage

Couvert résineux (oui/non) (> 7 m de hauteur)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total

Sociabilité des tiges résineuses (20 à 50 m de rayon) (> 7 m de hauteur)

Individu	Touffe (2-10 arbres)	Groupe (-300m^2)	Bouquet (-1000m^2)

Brout (1,78 m de rayon - 10 m^2) (50 à 300 cm de hauteur)

	Brout commercial	Brout non-comm	Espèces compagnes	Proportion	Remarques
1					
2					
3					

Brout commercial : érable, bouleau, peuplier, chêne, frêne, tilleul, etc.

Brout non-comm : érable, cerisier, viorne, noisetier, sorbier, saule, sureau, cornouiller, amélanchier, etc.

Espèces compagnes : hêtre, aulne, éricacée, gadellier, framboise, etc.

ANNEXE 2. DESCRIPTION DES PEUPLEMENTS ÉCHANTILLONNÉS

Fichiers fournis sur demande

ANNEXE 3. TABLEAUX DE RÉSULTATS D'ANALYSES

Résultats des cotes d'entremêlement pour les parcelles de 500 ha.

							Résultats proportions de pistes pour toutes les parcelles >=400 ha										
	Intra			Bordure			Total			Autres		Montebello		Papineau		Rapides	
SI_edge	Nom	RES	Brout	Nom	RES	Brout	R^2	Sign.	p	R^2	p	R^2	p	R^2	p	R^2	p
SI_edge1	intra1	>=10	>=7000	EDGE1	>=13	>=10000	0.0138	OUI	0.0013	0.0004	0.7639	0.0233	0.6540	0.0025	0.3997	0.0103	0.2552
SI_edge2	intra2	>=10	>=6000	EDGE1	>=13	>=10000	0.0153	OUI	0.0007	0.0003	0.7951	0.0148	0.7214	0.0033	0.3276	0.0100	0.2610
SI_edge3	INTRA2b	>=10	>=5000	EDGE1	>=13	>=10000	0.0131	OUI	0.0016	0.0002	0.8458	0.0375	0.5683	0.0034	0.3266	0.0098	0.2669
SI_edge4	INTRA2c	>=8	>=5000	EDGE1	>=13	>=10000	0.0119	OUI	0.0026	0.0004	0.7534	0.0424	0.5434	0.0035	0.3140	0.0087	0.2949
SI_edge5	INTRA2d	>=7	>=5000	EDGE1	>=13	>=10000	0.0119	OUI	0.0026	0.0004	0.7534	0.0424	0.5434	0.0035	0.3140	0.0087	0.2949
SI_edge6	intra1	>=10	>=7000	EDGE3a	>=10	>=10000	0.0334	OUI	0.0000	0.0062	0.2188	0.3291	0.0650	0.0004	0.7446	0.0946	0.0004
SI_edge7	intra2	>=10	>=6000	EDGE3a	>=10	>=10000	0.0335	OUI	0.0000	0.0051	0.2612	0.2914	0.0865	0.0010	0.5988	0.0952	0.0004
SI_edge8	INTRA2b	>=10	>=5000	EDGE3a	>=10	>=10000	0.0289	OUI	0.0000	0.0046	0.2875	0.3176	0.0710	0.0008	0.6263	0.0900	0.0006
SI_edge9	INTRA2c	>=8	>=5000	EDGE3a	>=10	>=10000	0.0262	OUI	0.0000	0.0032	0.3737	0.3147	0.0726	0.0010	0.5986	0.0901	0.0006
SI_edge10	INTRA2d	>=7	>=5000	EDGE3a	>=10	>=10000	0.0262	OUI	0.0000	0.0032	0.3737	0.3147	0.0726	0.0010	0.5986	0.0901	0.0006
SI_edge11	intra1	>=10	>=7000	EDGE3b	>=10	>=8000	0.0289	OUI	0.0000	0.0041	0.3179	0.2864	0.0898	0.0003	0.7680	0.0983	0.0003
SI_edge12	intra2	>=10	>=6000	EDGE3b	>=10	>=8000	0.0292	OUI	0.0000	0.0033	0.3705	0.2550	0.1131	0.0009	0.6188	0.0986	0.0003
SI_edge13	INTRA2b	>=10	>=5000	EDGE3b	>=10	>=8000	0.0246	OUI	0.0000	0.0028	0.4085	0.2825	0.0924	0.0007	0.6472	0.0930	0.0005
SI_edge14	INTRA2c	>=8	>=5000	EDGE3b	>=10	>=8000	0.0221	OUI	0.0001	0.0018	0.5120	0.2808	0.0936	0.0009	0.6198	0.0928	0.0005
SI_edge15	INTRA2d	>=7	>=5000	EDGE3b	>=10	>=8000	0.0221	OUI	0.0001	0.0018	0.5120	0.2808	0.0936	0.0009	0.6198	0.0928	0.0005
SI_edge16	intra1	>=10	>=7000	EDGE3c	>=10	>=7000	0.0177	OUI	0.0003	0.0012	0.5955	0.1864	0.1849	0.0012	0.5564	0.0898	0.0006
SI_edge17	intra2	>=10	>=6000	EDGE3c	>=10	>=7000	0.0174	OUI	0.0003	0.0016	0.5349	0.1703	0.2071	0.0015	0.5059	0.0869	0.0007
SI_edge18	INTRA2b	>=10	>=5000	EDGE3c	>=10	>=7000	0.0147	OUI	0.0009	0.0016	0.5314	0.2047	0.1623	0.0014	0.5336	0.0796	0.0013
SI_edge19	INTRA2c	>=8	>=5000	EDGE3c	>=10	>=7000	0.0138	OUI	0.0013	0.0018	0.5013	0.2083	0.1582	0.0014	0.5206	0.0767	0.0016
SI_edge20	INTRA2d	>=7	>=5000	EDGE3c	>=10	>=7000	0.0138	OUI	0.0013	0.0018	0.5013	0.2083	0.1582	0.0014	0.5206	0.0767	0.0016
SI_edge21	intra1	>=10	>=7000	EDGE3d	>=10	>=6000	0.0190	OUI	0.0002	0.0045	0.2958	0.1096	0.3199	0.0126	0.0567	0.0699	0.0026
SI_edge22	intra2	>=10	>=6000	EDGE3d	>=10	>=6000	0.0176	OUI	0.0003	0.0040	0.3205	0.0957	0.3546	0.0116	0.0677	0.0662	0.0034
SI_edge23	INTRA2b	>=10	>=5000	EDGE3d	>=10	>=6000	0.0156	OUI	0.0007	0.0044	0.3018	0.1284	0.2792	0.0110	0.0745	0.0614	0.0048

							Résultats proportions de pistes pour toutes les parcelles >=400 ha										
	Intra			Bordure			Total			Autres		Montebello		Papineau		Rapides	
SI_edge	Nom	RES	Brout	Nom	RES	Brout	R^2	Sign.	p	R^2	p	R^2	p	R^2	p	R^2	p
SI_edge24	INTRA2c	>=8	>=5000	EDGE3d	>=10	>=6000	0.0142	OUI	0.0011	0.0039	0.3276	0.1329	0.2704	0.0110	0.0754	0.0570	0.0067
SI_edge25	INTRA2d	>=7	>=5000	EDGE3d	>=10	>=6000	0.0142	OUI	0.0011	0.0039	0.3276	0.1329	0.2704	0.0110	0.0754	0.0570	0.0067
SI_edge26	INTRA3	>=10 res rel	>=7000	EDGE2	>=13 res rel	>=10000	0.0000	NON	0.3141	0.0050	0.2706	0.0774	0.4075	0.0094	0.1006	0.0553	0.0075
SI_edge27	INTRA4	>=10 res rel	>=6000	EDGE2	>=13 res rel	>=10000	0.0025	NON	0.0991	0.0052	0.2593	0.0911	0.3670	0.0068	0.1610	0.0566	0.0069
SI_edge28	intra4b	>=10 res rel	>=5000	EDGE2	>=13 res rel	>=10000	0.0014	NON	0.1605	0.0051	0.2639	0.0890	0.3729	0.0074	0.1440	0.0551	0.0076
SI_edge29	INTRA4c	>=8 res rel	>=5000	EDGE2	>=13 res rel	>=10000	0.0048	OUI	0.0391	0.0080	0.1621	0.0879	0.3760	0.0070	0.1548	0.0613	0.0049
SI_edge30	INTRA4d	>=7 res rel	>=5000	EDGE2	>=13 res rel	>=10000	0.0013	NON	0.1669	0.0062	0.2160	0.0421	0.5450	0.0081	0.1274	0.0491	0.0119
SI_edge31	INTRA3	>=10 res rel	>=7000	EDGE4a	>=10 RES REL	>=10000	0.0413	OUI	0.0000	0.0000	0.9887	0.0020	0.8967	0.0006	0.6718	0.0988	0.0003
SI_edge32	INTRA4	>=10 res rel	>=6000	EDGE4a	>=10 RES REL	>=10000	0.0433	OUI	0.0000	0.0000	0.9677	0.0002	0.9706	0.0003	0.7584	0.0990	0.0003
SI_edge33	intra4b	>=10 res rel	>=5000	EDGE4a	>=10 RES REL	>=10000	0.0416	OUI	0.0000	0.0000	0.9729	0.0002	0.9643	0.0003	0.7515	0.0982	0.0003
SI_edge34	INTRA4c	>=8 res rel	>=5000	EDGE4a	>=10 RES REL	>=10000	0.0450	OUI	0.0000	0.0003	0.7714	0.0000	0.9980	0.0004	0.7372	0.1035	0.0002
SI_edge35	INTRA4d	>=7 res rel	>=5000	EDGE4a	>=10 RES REL	>=10000	0.0408	OUI	0.0000	0.0002	0.8062	0.0119	0.7497	0.0004	0.7284	0.0959	0.0004
SI_edge36	INTRA3	>=10 res rel	>=7000	EDGE4b	>=10 RES REL	>=8000	0.0442	OUI	0.0000	0.0001	0.9027	0.0081	0.7924	0.0004	0.7373	0.1071	0.0002
SI_edge37	INTRA4	>=10 res rel	>=6000	EDGE4b	>=10 RES REL	>=8000	0.0450	OUI	0.0000	0.0001	0.8730	0.0033	0.8671	0.0004	0.7232	0.1073	0.0002
SI_edge38	intra4b	>=10 res rel	>=5000	EDGE4b	>=10 RES REL	>=8000	0.0435	OUI	0.0000	0.0001	0.8688	0.0035	0.8620	0.0004	0.7298	0.1060	0.0002
SI_edge39	INTRA4c	>=8 res rel	>=5000	EDGE4b	>=10 RES REL	>=8000	0.0456	OUI	0.0000	0.0005	0.7150	0.0020	0.8963	0.0002	0.8211	0.1121	0.0001
SI_edge40	INTRA4d	>=7 res rel	>=5000	EDGE4b	>=10 RES REL	>=8000	0.0416	OUI	0.0000	0.0005	0.7350	0.0243	0.6473	0.0002	0.8254	0.1030	0.0002
SI_edge41	INTRA3	>=10 res rel	>=7000	EDGE4c	>=10 RES REL	>=7000	0.0382	OUI	0.0000	0.0002	0.8226	0.0483	0.5163	0.0002	0.7999	0.0934	0.0004
SI_edge42	INTRA4	>=10 res rel	>=6000	EDGE4c	>=10 RES REL	>=7000	0.0386	OUI	0.0000	0.0002	0.8180	0.0406	0.5526	0.0002	0.7982	0.0940	0.0004
SI_edge43	intra4b	>=10 res rel	>=5000	EDGE4c	>=10 RES REL	>=7000	0.0375	OUI	0.0000	0.0002	0.8417	0.0407	0.5521	0.0002	0.8088	0.0936	0.0004
SI_edge44	INTRA4c	>=8 res rel	>=5000	EDGE4c	>=10 RES REL	>=7000	0.0374	OUI	0.0000	0.0003	0.7703	0.0336	0.5897	0.0001	0.8650	0.1000	0.0003
SI_edge45	INTRA4d	>=7 res rel	>=5000	EDGE4c	>=10 RES REL	>=7000	0.0341	OUI	0.0000	0.0002	0.8241	0.0707	0.4295	0.0001	0.8650	0.0918	0.0005
SI_edge46	INTRA3	>=10 res rel	>=7000	EDGE4d	>=10 RES REL	>=6000	0.0296	OUI	0.0000	0.0000	0.9579	0.0581	0.4750	0.0016	0.5031	0.0746	0.0018
SI_edge47	INTRA4	>=10 res rel	>=6000	EDGE4d	>=10 RES REL	>=6000	0.0300	OUI	0.0000	0.0000	0.9679	0.0478	0.5186	0.0015	0.5051	0.0753	0.0017
SI_edge48	intra4b	>=10 res rel	>=5000	EDGE4d	>=10 RES REL	>=6000	0.0292	OUI	0.0000	0.0000	0.9592	0.0478	0.5182	0.0015	0.5136	0.0751	0.0017
SI_edge49	INTRA4c	>=8 res rel	>=5000	EDGE4d	>=10 RES REL	>=6000	0.0292	OUI	0.0000	0.0000	0.9201	0.0391	0.5601	0.0010	0.5978	0.0821	0.0010
SI_edge50	INTRA4d	>=7 res rel	>=5000	EDGE4d	>=10 RES REL	>=6000	0.0265	OUI	0.0000	0.0000	0.9592	0.0845	0.3858	0.0009	0.6040	0.0751	0.0017

Résultats des cotes d'entremêlement pour les parcelles de 100 ha.

							Résultats proportions de pistes pour toutes les parcelles >=80 ha									
	Intra			Bordure			Total		Autres		Montebello		Papineau		Rapides	
SI_edge	Nom	RES	Brout	Nom	RES	Brout	R^2	p	R^2	p	R^2	p	R^2	p	R^2	p
SI_edge1	intra1	>=10	>=7000	EDGE1	>=13	>=10000	**0.0040**	0.0001	0.0001	0.7709	0.0782	0.0166	0.0003	0.5274	0.0044	0.0734
SI_edge2	intra2	>=10	>=6000	EDGE1	>=13	>=10000	**0.0046**	0.0000	0.0002	0.6172	0.0781	0.0167	0.0009	0.2416	0.0038	0.0950
SI_edge3	INTRA2b	>=10	>=5000	EDGE1	>=13	>=10000	**0.0034**	0.0003	0.0004	0.4431	0.1185	0.0029	0.0008	0.2539	0.0023	0.1936
SI_edge4	INTRA2c	>=8	>=5000	EDGE1	>=13	>=10000	**0.0029**	0.0009	0.0008	0.2633	0.1238	0.0023	0.0012	0.1753	0.0020	0.2287
SI_edge5	INTRA2d	>=7	>=5000	EDGE1	>=13	>=10000	**0.0029**	0.0009	0.0008	0.2633	0.1238	0.0023	0.0012	0.1753	0.0020	0.2287
SI_edge6	intra1	>=10	>=7000	EDGE3a	>=10	>=10000	**0.0240**	0.0000	0.0082	0.0005	0.1328	0.0015	0.0042	0.0107	0.0550	0.0000
SI_edge7	intra2	>=10	>=6000	EDGE3a	>=10	>=10000	**0.0245**	0.0000	0.0063	0.0021	0.1360	0.0013	0.0063	0.0017	0.0532	0.0000
SI_edge8	INTRA2b	>=10	>=5000	EDGE3a	>=10	>=10000	**0.0206**	0.0000	0.0047	0.0084	0.1751	0.0002	0.0059	0.0024	0.0497	0.0000
SI_edge9	INTRA2c	>=8	>=5000	EDGE3a	>=10	>=10000	**0.0192**	0.0000	0.0036	0.0207	0.1800	0.0002	0.0067	0.0012	0.0508	0.0000
SI_edge10	INTRA2d	>=7	>=5000	EDGE3a	>=10	>=10000	**0.0192**	0.0000	0.0036	0.0207	0.1800	0.0002	0.0067	0.0012	0.0508	0.0000
SI_edge11	intra1	>=10	>=7000	EDGE3b	>=10	>=8000	**0.0219**	0.0000	0.0074	0.0009	0.1097	0.0042	0.0040	0.0129	0.0557	0.0000
SI_edge12	intra2	>=10	>=6000	EDGE3b	>=10	>=8000	**0.0224**	0.0000	0.0057	0.0036	0.1133	0.0036	0.0061	0.0021	0.0538	0.0000
SI_edge13	INTRA2b	>=10	>=5000	EDGE3b	>=10	>=8000	**0.0187**	0.0000	0.0042	0.0126	0.1488	0.0008	0.0057	0.0029	0.0502	0.0000
SI_edge14	INTRA2c	>=8	>=5000	EDGE3b	>=10	>=8000	**0.0174**	0.0000	0.0032	0.0284	0.1535	0.0006	0.0065	0.0015	0.0513	0.0000
SI_edge15	INTRA2d	>=7	>=5000	EDGE3b	>=10	>=8000	**0.0174**	0.0000	0.0032	0.0284	0.1535	0.0006	0.0065	0.0015	0.0513	0.0000
SI_edge16	intra1	>=10	>=7000	EDGE3c	>=10	>=7000	**0.0187**	0.0000	0.0044	0.0106	0.1144	0.0034	0.0041	0.0116	0.0542	0.0000
SI_edge17	intra2	>=10	>=6000	EDGE3c	>=10	>=7000	**0.0182**	0.0000	0.0032	0.0287	0.1154	0.0033	0.0051	0.0047	0.0511	0.0000
SI_edge18	INTRA2b	>=10	>=5000	EDGE3c	>=10	>=7000	**0.0156**	0.0000	0.0027	0.0450	0.1329	0.0015	0.0049	0.0056	0.0473	0.0000
SI_edge19	INTRA2c	>=8	>=5000	EDGE3c	>=10	>=7000	**0.0149**	0.0000	0.0023	0.0635	0.1347	0.0014	0.0054	0.0040	0.0460	0.0000
SI_edge20	INTRA2d	>=7	>=5000	EDGE3c	>=10	>=7000	**0.0149**	0.0000	0.0023	0.0635	0.1347	0.0014	0.0054	0.0040	0.0460	0.0000
SI_edge21	intra1	>=10	>=7000	EDGE3d	>=10	>=6000	**0.0151**	0.0000	0.0052	0.0056	0.0755	0.0186	0.0102	0.0001	0.0368	0.0000
SI_edge22	intra2	>=10	>=6000	EDGE3d	>=10	>=6000	**0.0146**	0.0000	0.0041	0.0141	0.0766	0.0178	0.0112	0.0000	0.0351	0.0000
SI_edge23	INTRA2b	>=10	>=5000	EDGE3d	>=10	>=6000	**0.0129**	0.0000	0.0036	0.0215	0.0957	0.0078	0.0109	0.0000	0.0323	0.0000
SI_edge24	INTRA2c	>=8	>=5000	EDGE3d	>=10	>=6000	**0.0120**	0.0000	0.0029	0.0380	0.0978	0.0071	0.0113	0.0000	0.0309	0.0000

							Résultats proportions de pistes pour toutes les parcelles >=80 ha									
	Intra			Bordure			Total		Autres		Montebello		Papineau		Rapides	
SI_edge	Nom	RES	Brout	Nom	RES	Brout	R^2	p	R^2	p	R^2	p	R^2	p	R^2	p
SI_edge25	INTRA2d	>=7	>=5000	EDGE3d	>=10	>=6000	**0.0120**	0.0000	0.0029	0.0380	0.0978	0.0071	0.0113	0.0000	0.0309	0.0000
SI_edge26	INTRA3	>=10 res rel	>=7000	EDGE2	>=13 res rel	>=10000	**0.0015**	0.0167	0.0013	0.1630	0.0004	0.8590	0.0007	0.2929	0.0085	0.0124
SI_edge27	INTRA4	>=10 res rel	>=6000	EDGE2	>=13 res rel	>=10000	**0.0047**	0.0000	0.0013	0.1688	0.0002	0.9039	0.0000	0.9866	0.0094	0.0088
SI_edge28	intra4b	>=10 res rel	>=5000	EDGE2	>=13 res rel	>=10000	**0.0032**	0.0005	0.0011	0.2005	0.0000	0.9683	0.0000	0.8008	0.0083	0.0135
SI_edge29	INTRA4c	>=8 res rel	>=5000	EDGE2	>=13 res rel	>=10000	**0.0094**	0.0000	0.0023	0.0662	0.0043	0.5833	0.0006	0.3434	0.0161	0.0006
SI_edge30	INTRA4d	>=7 res rel	>=5000	EDGE2	>=13 res rel	>=10000	**0.0094**	0.0000	0.0023	0.0662	0.0043	0.5833	0.0006	0.3434	0.0161	0.0006
SI_edge31	INTRA3	>=10 res rel	>=7000	EDGE4a	>=10 RES REL	>=10000	**0.0121**	0.0000	0.0005	0.3728	0.0277	0.1595	0.0000	0.7843	0.0168	0.0004
SI_edge32	INTRA4	>=10 res rel	>=6000	EDGE4a	>=10 RES REL	>=10000	**0.0132**	0.0000	0.0006	0.3569	0.0256	0.1759	0.0000	0.9768	0.0169	0.0004
SI_edge33	intra4b	>=10 res rel	>=5000	EDGE4a	>=10 RES REL	>=10000	**0.0123**	0.0000	0.0005	0.3952	0.0280	0.1571	0.0000	0.9665	0.0161	0.0006
SI_edge34	INTRA4c	>=8 res rel	>=5000	EDGE4a	>=10 RES REL	>=10000	**0.0160**	0.0000	0.0008	0.2682	0.0406	0.0873	0.0001	0.7008	0.0218	0.0001
SI_edge35	INTRA4d	>=7 res rel	>=5000	EDGE4a	>=10 RES REL	>=10000	**0.0160**	0.0000	0.0008	0.2682	0.0406	0.0873	0.0001	0.7008	0.0218	0.0001
SI_edge36	INTRA3	>=10 res rel	>=7000	EDGE4b	>=10 RES REL	>=8000	**0.0136**	0.0000	0.0005	0.4080	0.0332	0.1227	0.0002	0.5385	0.0167	0.0004
SI_edge37	INTRA4	>=10 res rel	>=6000	EDGE4b	>=10 RES REL	>=8000	**0.0145**	0.0000	0.0005	0.3909	0.0304	0.1404	0.0004	0.4164	0.0168	0.0004
SI_edge38	intra4b	>=10 res rel	>=5000	EDGE4b	>=10 RES REL	>=8000	**0.0137**	0.0000	0.0004	0.4210	0.0328	0.1250	0.0004	0.4253	0.0160	0.0006
SI_edge39	INTRA4c	>=8 res rel	>=5000	EDGE4b	>=10 RES REL	>=8000	**0.0167**	0.0000	0.0006	0.3283	0.0427	0.0795	0.0008	0.2781	0.0216	0.0001
SI_edge40	INTRA4d	>=7 res rel	>=5000	EDGE4b	>=10 RES REL	>=8000	**0.0167**	0.0000	0.0006	0.3283	0.0427	0.0795	0.0008	0.2781	0.0216	0.0001
SI_edge41	INTRA3	>=10 res rel	>=7000	EDGE4c	>=10 RES REL	>=7000	**0.0123**	0.0000	0.0000	0.8724	0.0309	0.1366	0.0015	0.1295	0.0145	0.0011
SI_edge42	INTRA4	>=10 res rel	>=6000	EDGE4c	>=10 RES REL	>=7000	**0.0124**	0.0000	0.0000	0.8767	0.0304	0.1401	0.0015	0.1330	0.0147	0.0010
SI_edge43	intra4b	>=10 res rel	>=5000	EDGE4c	>=10 RES REL	>=7000	**0.0120**	0.0000	0.0000	0.8065	0.0314	0.1335	0.0014	0.1366	0.0143	0.0012
SI_edge44	INTRA4c	>=8 res rel	>=5000	EDGE4c	>=10 RES REL	>=7000	**0.0137**	0.0000	0.0000	0.9760	0.0367	0.1046	0.0018	0.0948	0.0188	0.0002
SI_edge45	INTRA4d	>=7 res rel	>=5000	EDGE4c	>=10 RES REL	>=7000	**0.0137**	0.0000	0.0000	0.9760	0.0367	0.1046	0.0018	0.0948	0.0188	0.0002
SI_edge46	INTRA3	>=10 res rel	>=7000	EDGE4d	>=10 RES REL	>=6000	**0.0105**	0.0000	0.0000	0.8424	0.0272	0.1631	0.0027	0.0427	0.0112	0.0041
SI_edge47	INTRA4	>=10 res rel	>=6000	EDGE4d	>=10 RES REL	>=6000	**0.0106**	0.0000	0.0000	0.8397	0.0264	0.1694	0.0026	0.0446	0.0113	0.0039
SI_edge48	intra4b	>=10 res rel	>=5000	EDGE4d	>=10 RES REL	>=6000	**0.0103**	0.0000	0.0000	0.8007	0.0276	0.1602	0.0026	0.0463	0.0110	0.0044
SI_edge49	INTRA4c	>=8 res rel	>=5000	EDGE4d	>=10 RES REL	>=6000	**0.0120**	0.0000	0.0000	0.9632	0.0335	0.1211	0.0030	0.0321	0.0153	0.0008
SI_edge50	INTRA4d	>=7 res rel	>=5000	EDGE4d	>=10 RES REL	>=6000	**0.0120**	0.0000	0.0000	0.9632	0.0335	0.1211	0.0030	0.0321	0.0153	0.0008