

Sélection d'habitat du caribou
forestier de Charlevoix
d'après la télémétrie GPS
Saison 2004-2005



8169-06-11

Ressources naturelles
et Faune

Québec



**Direction du développement de la faune
Direction de la recherche sur la faune**

**SÉLECTION D'HABITAT DU CARIBOU FORESTIER DE CHARLEVOIX
D'APRÈS LA TÉLÉMÉTRIE GPS
SAISON 2004-2005**

par

Sébastien Lefort ¹

Réhaume Courtois ¹

Marius Poulin ²

Laurier Breton ¹

et

Aïssa Sebbane ¹

¹ Ministère des Ressources naturelles et de la Faune

² Ministère des Transports du Québec

Juillet 2006

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Québec, 2006
ISBN-10 : 2-550-48447-9 (Version imprimée)
ISBN-13 : 978-2-550-48447-9 (Version imprimée)
ISBN-10 : 2-550-48440-1 (PDF)
ISBN-13 : 978-2-550-48440-0 (PDF)

RÉSUMÉ

La sélection d'habitat est généralement considérée comme un processus hiérarchique dont le résultat varie selon l'échelle spatiale considérée. Nous avons suivi 14 caribous munis de colliers GPS pour étudier leurs préférences d'habitat dans un site d'étude fortement marqué par la coupe forestière. Nos résultats confirment ceux obtenus antérieurement avec la télémétrie VHF. À l'échelle du paysage, les caribous préféraient les résineux matures, fermés ou ouverts, et les dénudés secs. La sélection d'habitat à l'échelle du paysage semble être le résultat d'un compromis entre deux facteurs limitants potentiels, soit le risque de prédation (résineux matures fermés) et la disponibilité en nourriture (résineux matures ouverts et dénudés secs). À l'intérieur du domaine vital, les préférences d'habitat différaient sensiblement selon la période de l'année. Les résineux matures ouverts et les dénudés secs étaient préférés à l'hiver, les milieux ouverts, le printemps et l'été tandis que les résineux jeunes l'étaient à l'automne. Les caribous ont par contre évité les brûlis presque toute l'année. Nos résultats suggèrent que la sélection d'habitat à l'échelle du domaine vital vise à satisfaire les besoins alimentaires l'hiver (résineux matures ouverts et dénudés secs) et le printemps (milieux ouverts), à favoriser l'évitement des prédateurs (milieux ouverts) et la recherche de partenaires sexuels à l'automne (résineux jeunes). Bien que les caribous utilisaient des sites en haute altitude (877 m) toute l'année, l'altitude à laquelle ils se retrouvaient, variait selon les périodes considérées. Ils concentraient leurs activités à des altitudes relativement faibles après le rut (800 m) et plus élevées à la fin de l'hiver (950 m). La fréquentation de sites d'altitude élevée en fin d'hiver pourrait être attribuable à la recherche de lichens terricoles dans les dénudés secs, et à l'isolement des prédateurs ou des activités humaines. L'analyse des données GPS de la première année du suivi télémétrique confirme nos connaissances antérieures sur la population de caribous de Charlevoix.

TABLE DES MATIÈRES

Page

RÉSUMÉ	iii
TABLE DES MATIÈRES	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES	ix
1. INTRODUCTION	1
2. AIRE D'ÉTUDE	3
3. MÉTHODES	6
3.1. Marquage et télémétrie	6
3.2. Périodes annuelles.....	6
3.3. Délimitation du site d'étude	9
3.4. Carte d'habitat.....	10
3.5. Traitement des données	12
3.6. Estimation des altitudes	12
4. RÉSULTATS	14
4.1 Données télémétriques	14
4.2 Habitats disponibles	14
4.3 Sélection d'habitat.....	15
4.3.1 Sélection brute	15
4.3.2 Sélection fine.....	16
4.4 Altitude	20

5. DISCUSSION	24
5.1 Mise en contexte	24
5.2 Sélection d'habitat	24
5.3 Répartition altitudinale du caribou en fonction des périodes annuelles..	28
6. CONCLUSION	30
REMERCIEMENTS	31
RÉFÉRENCES	32
ANNEXES	37

LISTE DES TABLEAUX

Page

Tableau 1. Description des différentes périodes qui marquent le cycle annuel des caribous de Charlevoix.....	9
Tableau 2. Classes d'habitat retenues pour les analyses de sélection d'habitat (la liste des abréviations utilisées est disponible à l'annexe 1)	11
Tableau 3. Moyenne (au-dessus de la diagonale) et erreurs types (sous la diagonale) des indices de préférence des habitats et rang de préférence à l'échelle du paysage ($n=14$). Une moyenne positive indique que l'habitat sur la ligne est préféré à l'habitat sur la colonne alors qu'une moyenne négative indique que l'habitat sur la colonne est préféré à l'habitat sur la ligne (ex. : OV est préféré à AU alors qu'inversement RM_F est préféré à OV). Les rangs les plus élevés indiquent les habitats préférés. Les différences significatives entre lignes et colonnes sont indiquées par des astérisques	15
Tableau 4. Moyenne (au-dessus de la diagonale) et erreurs types (sous la diagonale) des indices de préférence des habitats et rang de préférence à l'échelle du domaine vital (échelle fine) durant la dispersion printanière ($n=14$). Une moyenne positive indique que l'habitat sur la ligne est préféré à l'habitat sur la colonne alors qu'une moyenne négative indique que l'habitat sur la colonne est préféré à l'habitat sur la ligne. Les rangs les plus élevés indiquent les habitats préférés. Les différences significatives entre lignes et colonnes sont indiquées par des astérisques	16
Tableau 5. Moyenne (au-dessus de la diagonale) et erreurs types (sous la diagonale) des indices de préférence des habitats et rang de préférence à l'échelle du domaine vital (échelle fine), durant la mise bas, la post-mise bas et l'été ($n=14$). Une moyenne positive indique que l'habitat sur la ligne est préféré à l'habitat sur la colonne alors qu'une moyenne négative indique que l'habitat sur la colonne est préféré à l'habitat sur la ligne. Les rangs les plus élevés indiquent les habitats préférés. Les différences significatives entre lignes et colonnes sont indiquées par des astérisques	17
Tableau 6. Moyenne (au-dessus de la diagonale) et erreurs types (sous la diagonale) des indices de préférence des habitats et rang de préférence à l'échelle du domaine vital (échelle fine), durant le pré-rut, le rut et le post-rut ($n=14$). Une moyenne positive indique que l'habitat sur la ligne est préféré à l'habitat sur la colonne alors qu'une moyenne négative indique que l'habitat sur la colonne est préféré à l'habitat sur la ligne. Les rangs les plus élevés indiquent les habitats préférés. Les différences significatives entre lignes et colonnes sont indiquées par des astérisques	18

- Tableau 7. Moyenne (au-dessus de la diagonale) et erreurs types (sous la diagonale) des indices de préférence des habitats et rang de préférence à l'échelle du domaine vital (échelle fine), durant le début, le milieu et la fin de l'hiver ($n=14$). Une moyenne positive indique que l'habitat sur la ligne est préféré à l'habitat sur la colonne alors qu'une moyenne négative indique que l'habitat sur la colonne est préféré à l'habitat sur la ligne. Les rangs les plus élevés indiquent les habitats préférés. Les différences significatives entre lignes et colonnes sont indiquées par des astérisques 19
- Tableau 8. Rang de préférence des habitats à l'échelle du domaine vital (échelle fine) selon les périodes ($n=14$). AU=Autre, BR=Brûlis, DS=Dénudés secs, EA=Plans d'eau, OV=Milieus ouverts, RJ=Résineux jeunes, RM_F=Résineux matures fermés, RM_O=Résineux matures ouverts..... 20
- Tableau 9. Comparaison de l'altitude (m) enregistrée par le collier GPS et celle estimée à partir de la ligne hypsométrique la plus proche de la localisation ... 22

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1. Localisation du site d'étude du caribou de Charlevoix	3
Figure 2. Habitats du caribou de Charlevoix, d'après les cartes écoforestières mises à jour en mars 2004	4
Figure 3. Taille moyenne des groupes chez les caribous adultes (tiré de Jolicoeur <i>et al.</i> 2005).....	7
Figure 4. Taux de déplacement moyen ($m \cdot h^{-1}$) des caribous de Charlevoix munis de collier GPS entre avril 2004 et mars 2005 ($n=15$). FHI=fin de l'hiver, DIS=dispersion printanière, M/B=mise bas, PMB=post-mise bas, ARU=pré-rut, PRU=post-rut, DHI=début de l'hiver, MHI=milieu de l'hiver.....	8
Figure 5. Aire utilisée par les caribous de Charlevoix entre avril 2004 et avril 2005. Les localisations (points) et les domaines vitaux (traits) sont également illustrés	10
Figure 6. Habitats disponibles dans l'aire fréquentée par les caribous. AU=Autre, BR=Brûlis, DS=Dénudés secs, EA=Plans d'eau, OV=Milieus ouverts, RJ=Résineux jeunes, RM_F=Résineux matures fermés, RM_O=Résineux matures ouverts	14
Figure 7. Comparaison de l'altitude (m) enregistrée par le collier GPS et celle estimée à partir de la ligne hypsométrique la plus proche de la localisation	21
Figure 8. Altitude moyenne des caribous de Charlevoix selon les mois de l'année $\pm$ écart type ($n=15$) – avril 2004 à mars 2005. DIS=dispersion printanière, M/B=mise bas, PMB=post-mise bas, ARU=pré-rut, PRU=post-rut, DHI=début de l'hiver, MHI=milieu de l'hiver, FHI=fin de l'hiver.....	22
Figure 9. Altitude moyenne des caribous de Charlevoix selon les périodes de leur cycle annuel $\pm$ écart type ($n=15$) – avril 2004 à mars 2005. DIS=dispersion printanière, M/B=mise bas, PMB=post-mise bas, ARU=pré-rut, PRU=post-rut, DHI=début de l'hiver, MHI=milieu de l'hiver, FHI=fin de l'hiver. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes.....	23

1. INTRODUCTION

Le caribou forestier (*Rangifer tarandus caribou*) est en difficulté sur l'ensemble de son aire de répartition (Bergerud 1974, Mallory et Hillis 1998, Courtois *et al.* 2003). Au Canada, la quasi-totalité des populations sont désignées menacées (COSEPAC 2004), tandis que le Québec a reconnu ce type écologique comme vulnérable en mars 2005 (décret 75-2005). La harde de Charlevoix, qui a été réintroduite au début des années 1970 après avoir disparu durant les années 1920, ne fait pas exception. Cette population décline depuis 1992 (Sebbane *et al.* 2003b) et n'est actuellement constituée que de 70 à 75 individus. Malgré les efforts de concertation en cours pour redresser l'état de cette population (Lafleur *et al.*, en préparation), son déclin pourrait s'accroître au cours des prochaines années si les conditions actuelles se maintiennent.

Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer les difficultés du caribou forestier. À l'origine, une forte diminution des effectifs semble avoir été causée par une exploitation humaine intensive accentuée par la prédation de certaines hardes par le loup (*Canis lupus*) (Bergerud 1974). La chasse étant maintenant restreinte ou interdite pour la plupart des populations de caribous forestiers, la principale cause directe de mortalité semble être la prédation. Cependant les altérations d'habitat par la coupe ou les feux de forêt pourraient être la principale cause indirecte en favorisant la prédation (Seip 1992). Dans la région de Charlevoix, le loup et l'ours noir (*Ursus americanus*) sont les principaux prédateurs du caribou, tandis qu'une exploitation forestière intense y persiste depuis 20 à 25 ans et que deux feux de forêt importants y ont eu lieu durant les années 1990. Bien que les prédateurs puissent abaisser significativement les taux de survie des caribous et que la perte d'habitat soit néfaste pour ceux-ci, la complexité des interactions entre la prédation et les altérations d'habitat excède vraisemblablement l'impact individuel de chacun de ces facteurs.

Le statut préoccupant de la harde de Charlevoix a poussé les principaux acteurs de la gestion faunique à rechercher des solutions pour en assurer la conservation, par exemple par l'élaboration d'un plan d'aménagement forestier et de gestion faunique (Sebbane *et al.* 2003a, Lafleur *et al.* en préparation). Cependant, sous nos latitudes

la prédation peut jouer un rôle majeur dans le maintien à faible densité des populations d'herbivores (Oksanen et Oksanen 2000). De plus, les altérations d'habitat pourraient influencer grandement les interactions entre les prédateurs et les proies. À l'approche de la capacité de support, comme c'est le cas pour le caribou de Charlevoix (Sebbane *et al.* 2003b), l'impact des modifications d'habitat peut être plus grand parce qu'en pareille situation, les habitats de remplacement sont très rares. Dans de telles circonstances, de nombreux herbivores sont contraints de fréquenter des habitats marginaux et s'exposent ainsi à un risque de prédation plus élevé (Sinclair et Arcese 1995). Les effets des changements d'habitat sont en fait très mal connus si bien que notre capacité à orienter les plans d'aménagement demeure limitée. Nous avons donc entrepris, en 2004, un vaste programme de recherche qui s'achèvera en 2007 et qui vise à identifier l'effet des altérations d'habitat sur la prédation du caribou de Charlevoix. En suivant simultanément des caribous, des loups et des ours noirs à l'aide de télémétrie GPS et VHF, nous pourrions mieux comprendre comment ces espèces interagissent, se partagent l'espace et les habitats et déterminer comment les modifications d'habitat influencent ces interactions.

Notre objectif dans cette étude a été d'évaluer la sélection d'habitat du caribou de Charlevoix dans un contexte d'exploitation forestière qui s'est intensifiée depuis les dix dernières années. Pour décrire la sélection d'habitat, nous avons retenu deux échelles d'analyse car la sélection d'habitat est un processus hiérarchique qui peut différer selon l'échelle considérée (Johnson 1980). Les travaux antérieurs (Sebbane *et al.* 2002, 2003b) ont indiqué que les caribous préféraient les milieux riches en lichens, les résineux mûrs, les milieux ouverts et les plans d'eau à l'échelle du paysage. Les préférences changeaient selon la période à l'échelle du domaine vital. Les milieux ouverts et les milieux riches en lichens étaient préférés pendant la mise bas, les tourbières, les milieux ouverts et les milieux à lichens durant le rut et les résineux mûrs et les milieux à lichens en hiver. Cette étude était basée sur un peu plus de 1 000 localisations VHF. Il nous est apparu important de comparer ces résultats avec ceux obtenus à l'aide de la télémétrie GPS, une méthode qui permet d'obtenir un très grand nombre de repérages très précis. Le présent rapport fournit les résultats de la première année du suivi. Ces résultats préliminaires pourraient aider les gestionnaires dans l'élaboration d'un plan d'aménagement forestier du caribou.

2. AIRE D'ÉTUDE

L'aire d'étude a été définie comme étant le territoire utilisé par 17 caribous munis de collier GPS/Argos (méthode du polygone convexe minimum avec 95 % des localisations, centroïde = 47°38' Nord et 71°06' Ouest). Situé au nord de la ville de Québec, il couvre une superficie de 4 613 km² qui chevauche en partie la réserve faunique des Laurentides ainsi que les parcs de la Jacques-Cartier, des Grands-Jardins et des Hautes-Gorges de la rivière Malbaie (figure 1). Notons que les trois parcs mentionnés sont des parcs de conservation à l'intérieur desquels la chasse et l'exploitation forestière sont interdites.

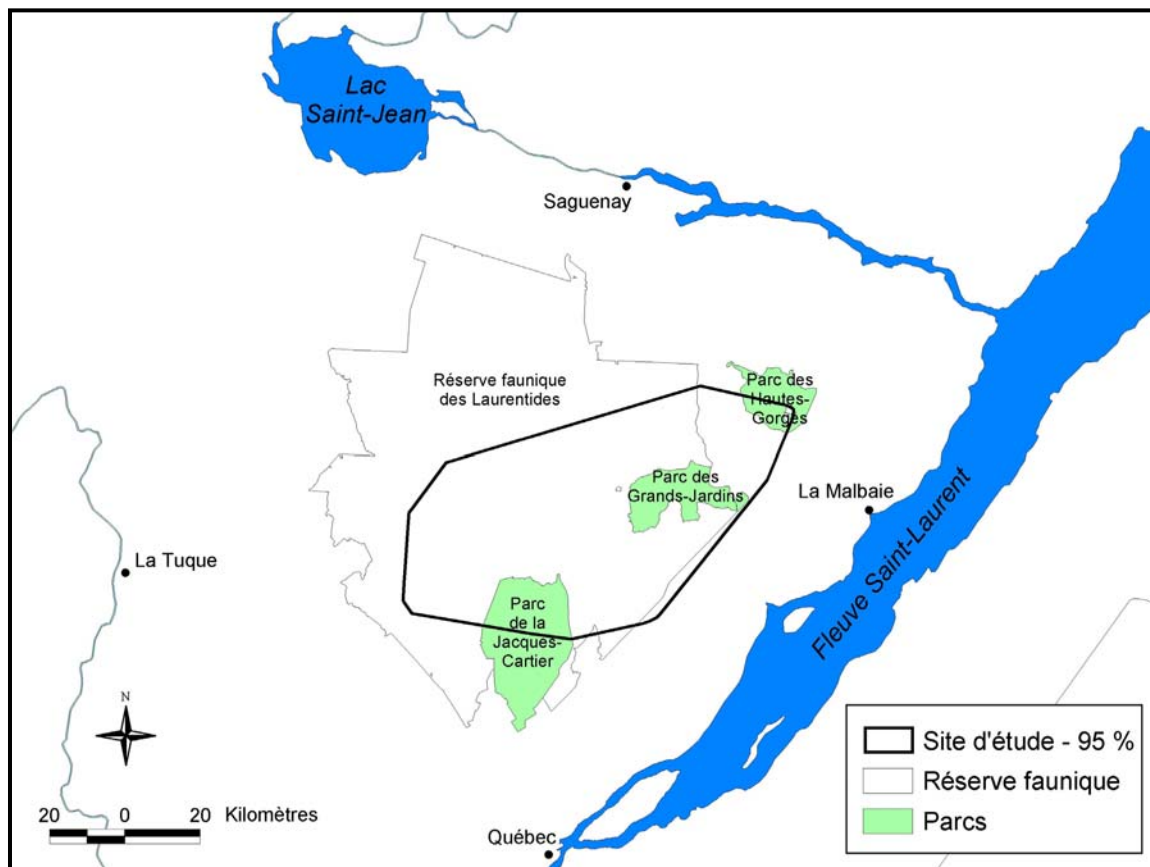


Figure 1. Localisation du site d'étude du caribou de Charlevoix

La forêt boréale couvre intégralement l'aire d'étude. D'après les cartes écoforestières, les sapinières et les pessières noires occupent la moitié de ce

territoire alors que les peuplements mélangés (bouleau blanc associé au sapin baumier ou à l'épinette noire) et feuillus (bouleau blanc surtout ainsi que peupliers et bouleau jaune) représentent 17 % et 4 % de l'aire d'étude (figure 2). Les coupes forestières, les épidémies d'insectes et les feux de forêt occupent 18 % de l'aire d'étude alors que les plans d'eau en couvrent 5 %. Les perturbations ont maintenu la forêt relativement jeune puisque 67 % des peuplements appartiennent à la classe d'âge de 50 ans ou moins.

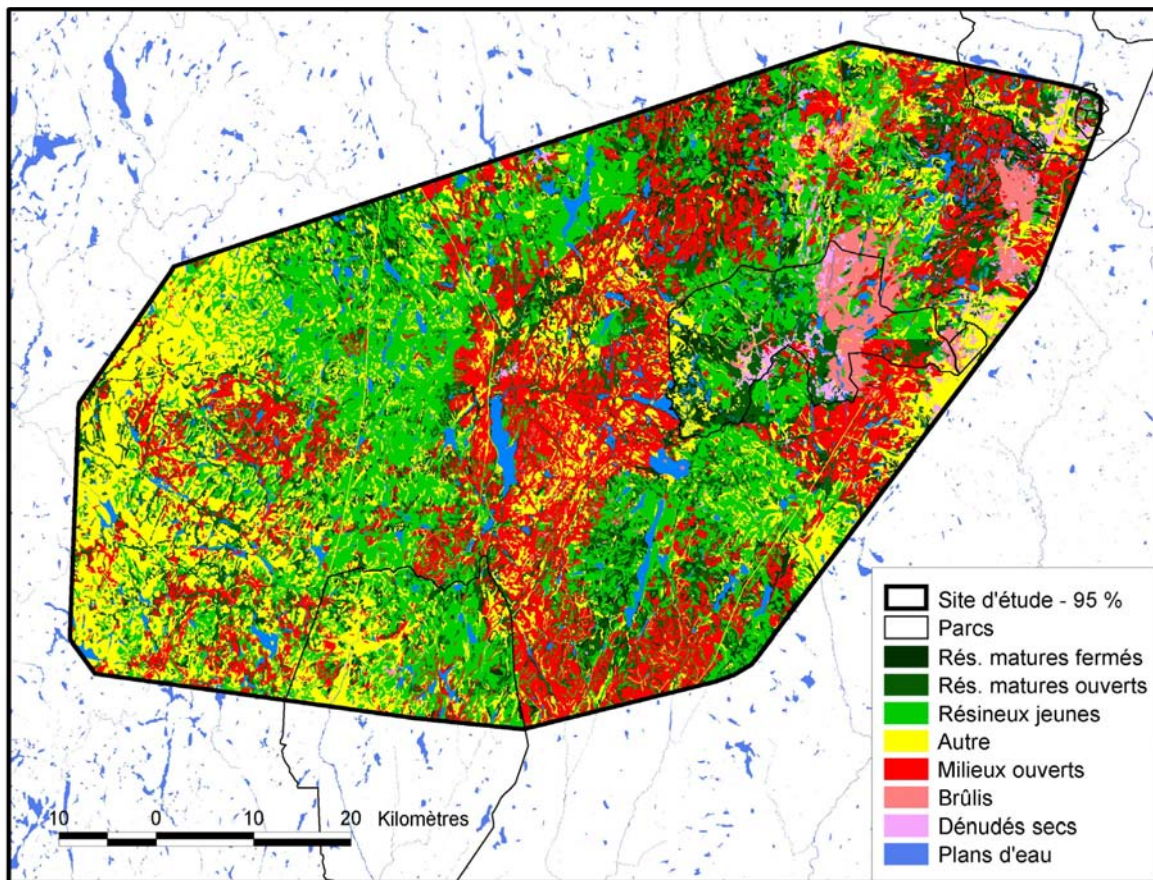


Figure 2. Habitats du caribou de Charlevoix, d'après les cartes écoforestières mises à jour en mars 2004

Peu nombreux, les résineux matures (peuplements âgés de 70 ans et plus) se trouvent surtout dans le parc des Grands-Jardins, au nord-ouest et au sud-ouest de celui-ci. Les milieux ouverts, essentiellement des coupes forestières, occupent la partie centrale de l'aire d'étude ainsi que le nord-est et le sud-est du parc des

Grands-Jardins. Témoinnant d'une certaine régénération, les résineux jeunes (peuplements âgés de 50 ans et moins) se trouvent en périphérie des coupes forestières, alors que les feuillus et les mélangés sont localisés à l'extrémité ouest et est de l'aire d'étude.

Cette région montagneuse (250 à 1 100 m d'altitude) reçoit des précipitations abondantes. L'hiver, plus de 450 cm de précipitations tombent sous forme de neige. Les températures moyennes, minimales et maximales, sont de 8,8 et 20,4°C en juillet, et de -8,6 et -21,1°C en janvier.

Avec 2,2 individus/100 km² (Direction de l'aménagement de la faune de la Capitale-Nationale, données non publiées), la densité des caribous de Charlevoix estimée en 2004 est relativement élevée en comparaison de celles trouvées ailleurs en Amérique du Nord. La densité de l'orignal était de 22 orignaux/100 km² au milieu des années 1990 (St-Onge *et al.* 1995), mais elle a de toute évidence augmentée depuis cette date, à la suite de l'application d'une chasse plus restrictive. Les prédateurs naturels du caribou, le loup et l'ours noir, sont présents dans l'aire d'étude à des densités de 0,52 à 0,74 loups/100 km² en octobre (Jolicoeur 1998) et de 22 ours/100 km² (Jolicoeur 2004).

3. MÉTHODES

3.1. Marquage et télémétrie

En avril 2004, nous avons capturé 17 caribous femelles à l'aide d'un lance filet projeté à partir d'un hélicoptère (Potvin et Breton 1988). Tous les animaux capturés ont été munis de collier GPS de marque Telonics, modèle TGW3680. Les femelles ont été privilégiées afin d'estimer les paramètres ayant le plus d'impact sur la dynamique des populations, à savoir la productivité des femelles et la mortalité des faons. Lorsque les colliers émetteurs indiquaient une mortalité, ils étaient récupérés rapidement pour déterminer les causes de mortalité. La prédation était présumée lorsque la présence de loups ou d'ours noirs était évidente (ossements disloqués, broyés ou dispersés, marque de dents, présence de sang) (Schaeffer *et al.* 2001).

Les colliers GPS ont été programmés pour fournir des localisations aux trois heures durant la dispersion printanière et la mise bas (2 avril – 15 juin 2004) et aux sept heures par la suite jusqu'à la date du changement de collier (3 février – 7 mars 2005). Le changement du collier nous a permis de télécharger les localisations GPS préalablement enregistrées. Les données postérieures à la date du changement de collier ont été obtenues à l'aide du système Argos qui nous a transmis six localisations GPS tous les 14 jours et ce jusqu'au 15 avril 2005. Les enregistrements en 3D (c.-à-d. avec au moins quatre satellites) avec des HDOP ≥ 25 et ceux en 2D (c.-à-d. avec trois satellites) avec des HDOP ≥ 10 ont été éliminés de la base de données parce que potentiellement imprécis (Christian Dussault, communication personnelle). La base de données ainsi obtenue comprenait 21 734 localisations GPS enregistrées entre le 2 avril 2004 et le 15 avril 2005.

3.2. Périodes annuelles

Les périodes annuelles d'intérêt pour le caribou (dispersion printanière, mise bas, post-mise bas, été, pré-rut, rut, post-rut, début, milieu et fin d'hiver) ont déjà été déterminées par Jolicoeur *et al.* (2005) en considérant le comportement du caribou de Charlevoix (1978-1981), principalement les changements du nombre moyen d'individus par groupe de caribou (figure 3) et les distances parcourues

quotidiennement. Globalement, les caribous forestiers se regroupent en hiver, se dispersent au printemps, restent isolés durant la mise bas et l'été puis commencent à former des petits groupes à partir de la mi-septembre.

Dans la présente étude, nous avons déterminé les périodes annuelles d'intérêt pour le caribou en utilisant les taux de déplacement (distance parcourue entre deux localisations divisée par le nombre d'heures entre les deux localisations, soit aux six heures durant la dispersion printanière et la mise bas, et aux sept heures par la suite). À moins d'être dérangés par des prédateurs ou des humains, les caribous sont de façon générale très sédentaires durant l'hiver (figure 4). Par la suite, ils font de grands déplacements durant la dispersion printanière afin de regagner les sites de mise bas où ils demeurent à nouveau très peu mobiles. Puis, les caribous augmentent graduellement leurs déplacements jusqu'au milieu de l'été pour finalement les diminuer graduellement jusqu'au début de l'hiver. Afin de tenir compte de la variabilité entre les individus, les périodes retenues sur la base des déplacements horaires (dispersion printanière, mise bas, post-mise bas, été, pré-rut, rut, post-rut, début, milieu et fin d'hiver) ont été évaluées indépendamment pour chaque individu. Les périodes annuelles moyennes, minimales et maximales sont présentées dans le tableau 1.

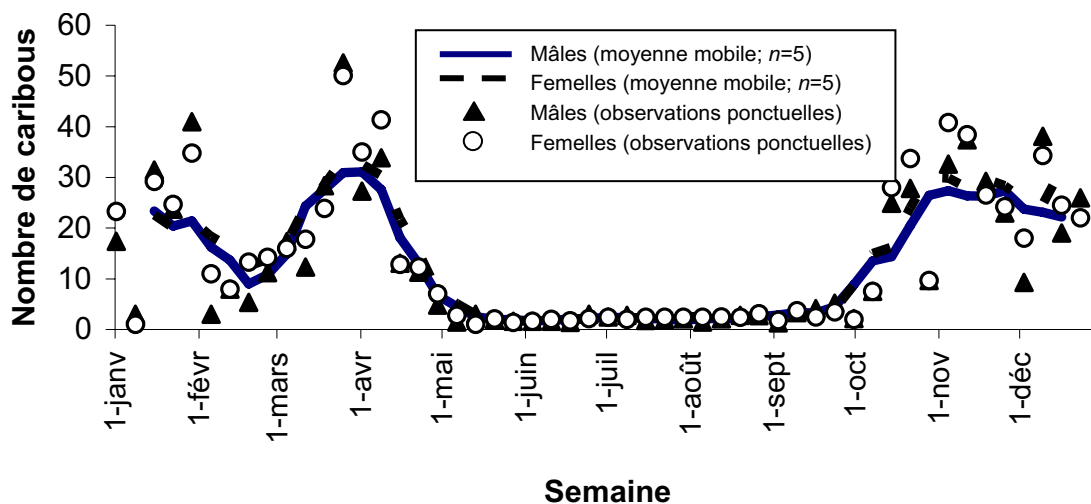


Figure 3. Taille moyenne des groupes chez les caribous adultes (tiré de Jolicoeur et al. 2005)

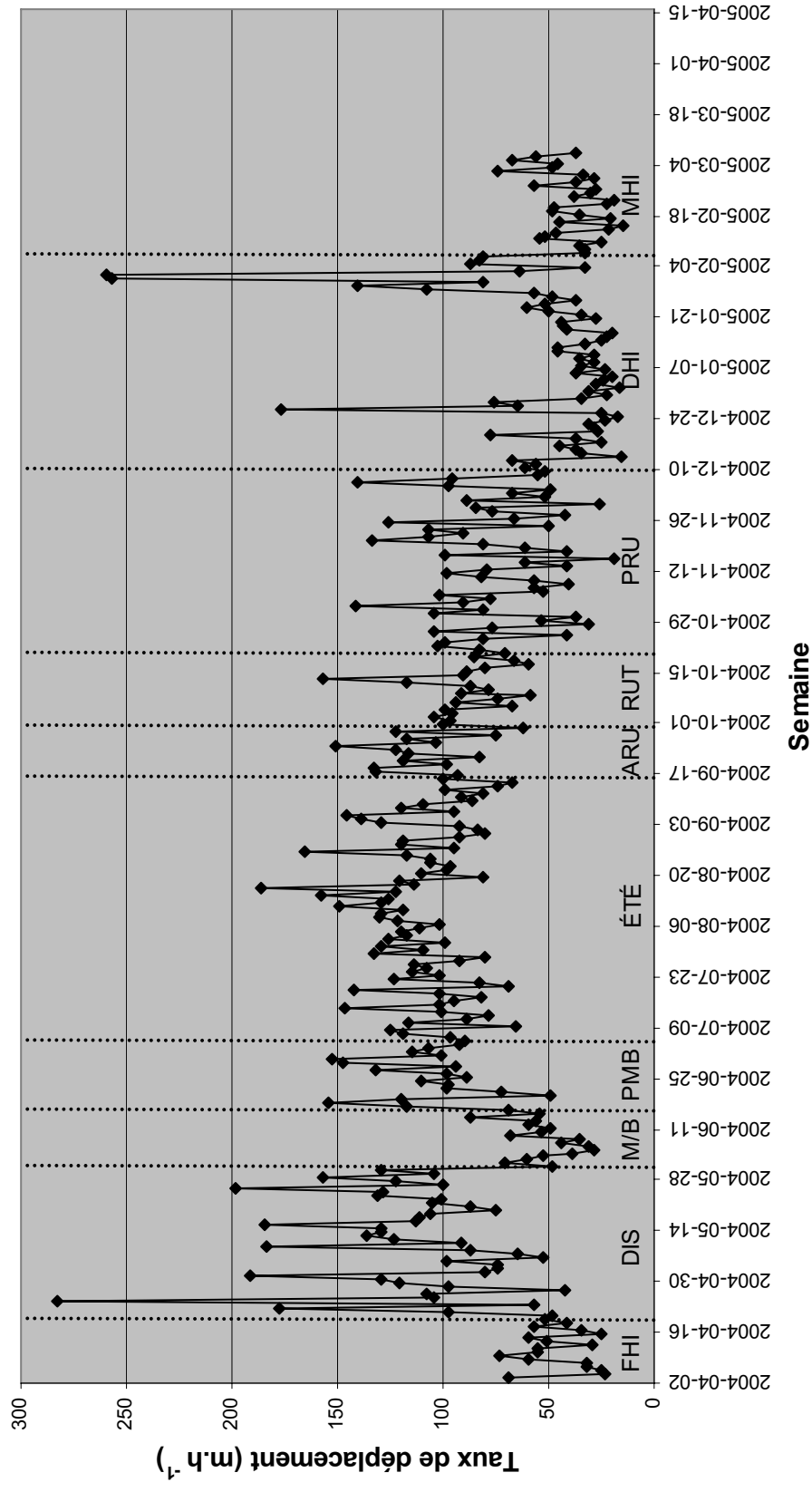


Figure 4. Taux de déplacement moyen (m.h⁻¹) des caribous de Charlevoix munis de collier GPS entre avril 2004 et mars 2005 ($n=15$). FHI=fin de l'hiver, DIS=dispersion printanière, M/B=mise bas, PMB=post-mise bas, ARU=pré-rut, PRU=post-rut, DHI=début de l'hiver, MHI=milieu de l'hiver

Tableau 1. Description des différentes périodes qui marquent le cycle annuel des caribous de Charlevoix

Nom de la période	Abréviation	Date et durée moyennes des périodes		
		Début période (min-max)	Fin période (min-max)	Durée période (min-max)
Fin d'hiver	FHI	2 avril (date fixe)	24 avril (8 avril – 6 juin)	23 jours (7 – 66)
Dispersion printanière	DIS	25 avril (9 avril – 7 juin)	30 mai (24 mai – 19 juin)	36 jours (13 – 55)
Mise bas	M/B	31 mai (25 mai – 20 juin)	18 juin (11 – 28 juin)	19 jours (7 – 35)
Post-mise bas	PMB	19 juin (12 – 29 juin)	8 juillet (26 juin – 24 juillet)	20 jours (11 – 28)
Été	ÉTÉ	9 juillet (27 juin – 25 juillet)	14 septembre (15 août – 27 sept.)	68 jours (50 – 80)
Pré-rut	ARU	15 septembre (3 – 28 sept.)	6 octobre (16 sept. – 1 ^{er} nov.)	22 jours (8 – 37)
Rut	RUT	7 octobre (17 sept. – 2 nov.)	28 octobre (18 oct. – 18 nov.)	22 jours (12 – 32)
Post-rut	PRU	29 octobre (19 oct. – 19 nov.)	2 décembre (13 nov. – 19 déc.)	35 jours (14 – 54)
Début d'hiver	DHI	3 décembre (14 nov. – 20 déc.)	4 février (date fixe)	64 jours (47 – 83)
Milieu d'hiver	MHI	5 février (date fixe)	1 ^{er} avril (date fixe)	56 jours (durée fixe)

3.3. Délimitation du site d'étude

À l'aide du logiciel Ranges 6 v1.211 (Anatrack LTD. Wareham, UK), nous avons délimité le site d'étude en utilisant la technique du polygone convexe minimum (Eddy 1977) avec 95 % des localisations (figure 5). Seulement 95 % des localisations ont été considérées afin d'éviter le biais induit par les déplacements marginaux (« outliers »). Le site d'étude ainsi délimité mesurait 4 613 km².

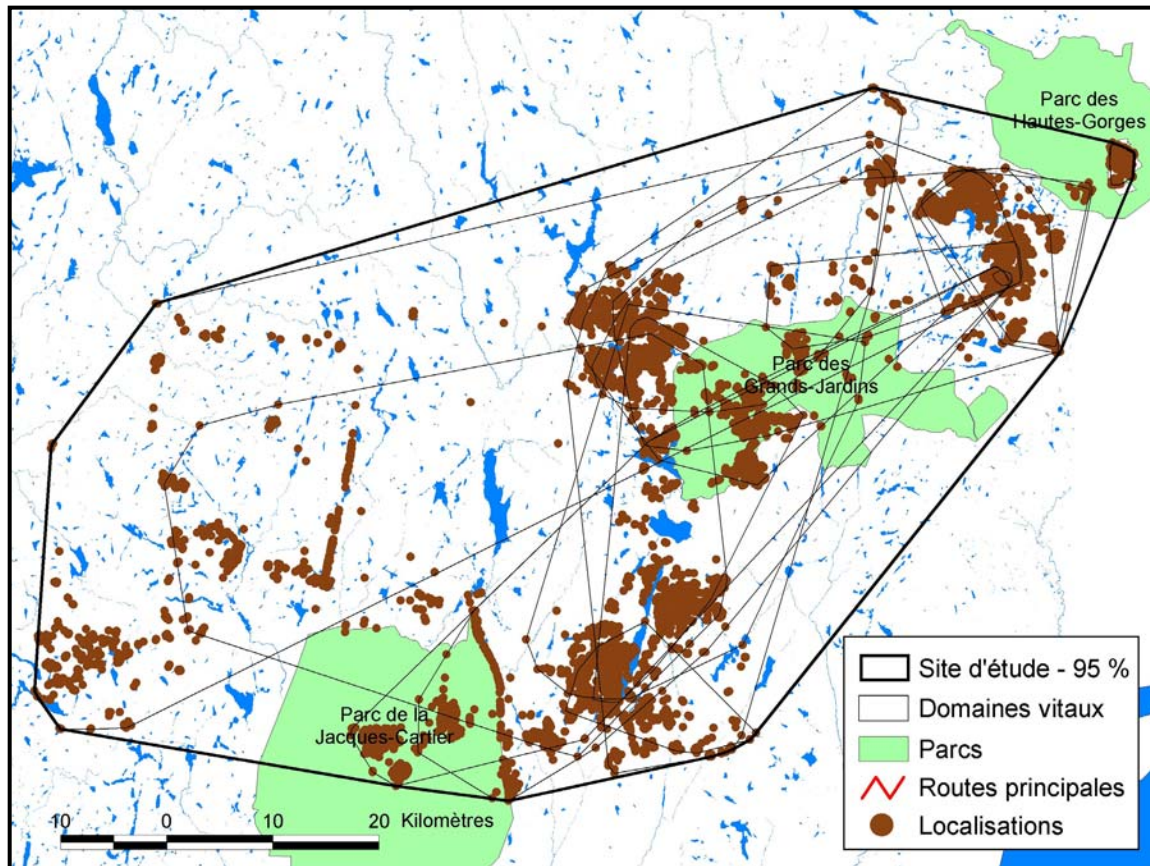


Figure 5. Aire utilisée par les caribous de Charlevoix entre avril 2004 et avril 2005. Les localisations (points) et les domaines vitaux (traits) sont également illustrés

3.4. Carte d'habitat

L'habitat du caribou a été caractérisé à l'aide de la banque de données provenant du système d'information écoforestière (SIEF). Les 42 feuillets SIEF nécessaires pour couvrir la superficie du site d'étude ont été mis à jour en y incorporant les coupes forestières des années 2001 à 2004 inclusivement. Un premier regroupement en 72 classes d'habitat des polygones terrestres et aquatiques a été établi à partir de l'importance relative des divers groupements d'essences, de leur âge, de leur densité et de l'écologie du caribou (annexe 1). Pour faciliter les traitements et l'interprétation des résultats, les 72 classes d'habitat initiales ont finalement été regroupées en huit classes (tableau 2). Les regroupements ont été faits en se basant sur les résultats d'analyses préliminaires sur les sélection brute et fine des 72 classes d'habitat (annexes 2 et 3).

Tableau 2. Classes d'habitat retenues pour les analyses de sélection d'habitat (la liste des abréviations utilisées est disponible à l'annexe 1)

Classes d'habitat retenues (codes)	Regroupement
Autre (AU)	AUTRE + ILE + DH R_30 + R_50 + R_70 + R_90 + R_120 F_30_120 + R_ES_30+ + M_30_120 + M_ES_30+
Brûlis (BR)	BR + CHT
Dénudés Secs (DS)	DS
Plans d'eau (EA)	EA
Milieux Ouverts (OV)	OV_0-5_ans + OV_non_reg + OV_reg_10
Résineux jeunes (RJ)	EE_30_AB + EE_30_CD + EE_50_AB + EE_50_CD + EME_30_CD + EME_50_AB + EME_50_CD + ES_30_AB + ES_30_CD + ES_50_AB + ES_50_CD + PG_50_AB + PG_50_CD + SE_30_AB + SE_30_CD + SE_50_AB + SE_50_CD + SS_30_AB + SS_30_CD + SS_50_AB + SS_50_CD
Résineux matures fermés (RM_F)	EE_70_AB + EE_90_AB + EE_120_AB + EME_90_AB + EME_120_AB + ES_70_AB + ES_90_AB + ES_120_AB + PG_70_AB + SE_70_AB + SE_90_AB + SE_120_AB + SS_70_AB + SS_90_AB + SS_120_AB +
Résineux matures ouverts (RM_O)	EE_70_CD + EE_90_CD + EE_120_CD + EME_70_CD + EME_90_CD + EME_120_CD + ES_70_CD + ES_90_CD + ES_120_CD + PG_70_CD + PG_90_CD + SE_70_CD + SE_90_CD + SE_120_CD + SS_70_CD + SS_90_CD + SS_120_CD

3.5. Traitement des données

Les localisations GPS ont permis d'estimer, à l'aide du logiciel Ranges 6 v1.211, l'étendue des domaines vitaux annuels en utilisant la technique du polygone convexe minimum (Eddy 1977) avec 95 % des localisations afin d'exclure les déplacements marginaux (« outliers »). La composition forestière du site d'étude et des domaines vitaux annuels a été obtenue en superposant leurs limites sur les cartes d'habitat.

Les préférences d'habitat ont été évaluées à l'aide de la méthode de Aebischer *et al.* (1993) en utilisant les données des 14 caribous suivis durant toute l'année. Deux échelles ont été considérées. Les préférences brutes consistaient à comparer l'importance relative des habitats présents dans le domaine vital annuel par rapport à ceux disponibles dans le site d'étude. Par la suite, les préférences fines ont été établies en comparant l'importance relative des habitats dans lesquels se trouvaient les localisations par rapport à ceux disponibles dans le domaine vital. Les indices de préférences obtenus ont été standardisés de façon à obtenir la préférence qui serait notée si toutes les catégories d'habitat étaient disponibles en proportion équivalente (Manly *et al.* 1993). Les analyses de préférences ont été précédées d'analyses de variance multivariées (PROC GLM, SAS 1999) pour tester l'influence de la période annuelle sur les indices de préférence d'habitat transformés en « log-ratios », et en utilisant l'individu comme unité d'échantillonnage (Aebischer *et al.* 1993). Par la suite, les indices de préférence moyens sur l'ensemble des caribous ont été ordonnés en rang, les rangs les plus élevés identifiant les habitats préférés. Un seuil de rejet de $P \leq 0,05$ a été utilisé pour l'ensemble des analyses.

3.6. Estimation des altitudes

L'altitude de chaque localisation en 3D (c.-à-d. avec au moins quatre satellites) a été enregistrée par le collier GPS. Afin de vérifier la précision des altitudes fournies par le collier GPS, nous les avons comparées à celles des sites de localisations estimées à partir des cartes topographiques du Québec à l'échelle 1 : 20 000, en associant à chacune des localisations la courbe de niveau la plus proche. Dans la

mesure où les repérages GPS transmis par le système Argos n'enregistraient pas l'altitude, nous avons retenu l'altitude estimée à partir de la courbe de niveau la plus proche pour calculer l'altitude moyenne des caribous selon le mois de l'année et la période annuelle. Afin de déterminer l'effet des périodes annuelles sur l'altitude, une analyse de variance univariée a été effectuée selon un dispositif à mesures répétées (PROC MIXED, SAS 1999) suivi de comparaisons multiples à l'aide du test de Tukey avec un seuil de rejet de $\alpha=0,05$.

4. RÉSULTATS

4.1 Données télémétriques

Au total, 21 734 localisations ont été enregistrées (dont 623 transmises par le système Argos) entre le 2 avril 2004 et le 15 avril 2005, ce qui représente tout près de 1 400 localisations en moyenne par animal. Quatre caribous sont morts au cours de l'étude, soit GJ51 (septembre 2004, chasse à l'original), GJ54 (février 2005, manipulations lors du deuxième marquage), GJ58 (avril 2004, prédation?) et GJ61 (juin 2004, prédation par le loup).

4.2 Habitats disponibles

Au printemps 2004, juste avant le début de l'étude, les peuplements résineux jeunes et matures occupaient le tiers de l'aire d'étude, soit 18 % chacun (figure 6). La catégorie « Autre » (essentiellement des peuplements feuillus et mélangés) couvrait près de 30 % de ce territoire. Enfin, les milieux perturbés (milieu ouvert + brûlis) occupaient 28 % de l'aire d'étude, alors que les dénudés secs et les plans d'eau couvraient respectivement 1 et 5 %.

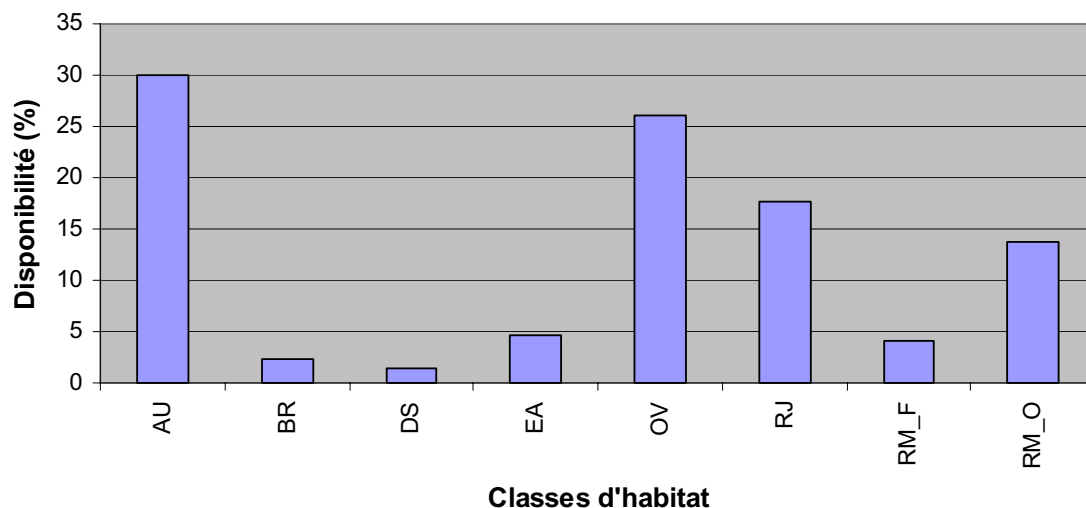


Figure 6. Habitats disponibles dans l'aire fréquentée par les caribous. AU=Autre, BR=Brûlis, DS=Dénudés secs, EA=Plans d'eau, OV=Milieux ouverts, RJ=Résineux jeunes, RM_F=Résineux matures fermés, RM_O=Résineux matures ouverts

4.3 Sélection d'habitat

4.3.1 Sélection brute

À l'échelle du site d'étude ou du paysage, la préférence de l'habitat du caribou était la suivante : RM_F > RM_O=DS > OV=BR=EA=RJ > AU (tableau 3). Les résineux matures fermés étaient l'habitat le plus recherché par le caribou de Charlevoix suivis de près par les résineux matures ouverts et les dénudés secs. Les milieux ouverts, les brûlis, les plans d'eau et les résineux jeunes étaient des habitats moins recherchés. Les habitats classés dans la catégorie « Autre » étaient visiblement évités par les caribous. Les résultats détaillés par caribou sont présentés à l'annexe 2.

Tableau 3. Moyenne (au-dessus de la diagonale) et erreurs types (sous la diagonale) des indices de préférence des habitats et rang de préférence à l'échelle du paysage ($n=14$). Une moyenne positive indique que l'habitat sur la ligne est préféré à l'habitat sur la colonne alors qu'une moyenne négative indique que l'habitat sur la colonne est préféré à l'habitat sur la ligne (ex. : OV est préféré à AU alors qu'inversement RM_F est préféré à OV). Les rangs les plus élevés indiquent les habitats préférés. Les différences significatives entre lignes et colonnes sont indiquées par des astérisques

Habitat	OV ^a	BR	DS	EA	AU	RJ	RM_F	RM_O	Rang
OV		-0,366	-0,652*	-0,065	0,634**	0,202	-0,371**	-0,186*	1
BR	0,276		-0,286	0,301	1,000**	0,568	-0,005	0,180	1
DS	0,360	0,274		0,587	1,286**	0,854**	0,281	0,466	3
EA	0,058	0,284	0,383		0,699**	0,267	-0,306**	-0,121	1
AU	0,180	0,377	0,506	0,167		-0,432*	-1,005**	-0,820**	0
RJ	0,149	0,352	0,344	0,185	0,251		-0,573*	-0,388**	1
RM_F	0,123	0,221	0,337	0,124	0,229	0,245		0,185	4
RM_O	0,080	0,280	0,307	0,112	0,225	0,099	0,158		3

^a OV : Milieux ouverts, BR : Brûlis, DS : Dénudés secs, EA : Plans d'eau, AU : Autre, RJ : Résineux jeunes, RM_F : Résineux matures fermés, RM_O : Résineux matures ouverts.

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

4.3.2 Sélection fine

À l'intérieur de son domaine vital, le caribou de Charlevoix a préféré les milieux ouverts, les résineux matures ouverts et les dénudés secs sur une base annuelle (tableaux 4, 5, 6, 7 et 8). Les préférences étaient toutefois peu marquées. Hormis les brûlis qui étaient clairement évités durant presque toutes les périodes de son cycle annuel, les autres habitats étaient peu recherchés par le caribou.

En comparant la sélection fine selon les périodes, on a pu diviser le cycle annuel du caribou en trois grandes phases en termes de sélection d'habitat. La première durant laquelle les milieux ouverts étaient préférés, s'étend du printemps jusqu'au début de l'automne (tableaux 4, 5, 6 et 8). Durant la mise bas et la post-mise bas, les préférences étaient cependant nettement moins marquées. De courte durée, la deuxième grande phase était le rut durant laquelle les résineux jeunes semblaient être davantage recherchés que durant les autres périodes (tableaux 6 et 8). Enfin, la troisième et dernière grande phase débute après le rut et se termine au début du printemps. Les dénudés secs et les résineux matures ouverts occupaient alors un rang élevé parmi les habitats recherchés par les caribous (tableaux 6, 7 et 8). Les résultats détaillés par animal sont présentés à l'annexe 3.

Tableau 4. Moyenne (au-dessus de la diagonale) et erreurs types (sous la diagonale) des indices de préférence des habitats et rang de préférence à l'échelle du domaine vital (échelle fine) durant la dispersion printanière ($n=14$). Une moyenne positive indique que l'habitat sur la ligne est préféré à l'habitat sur la colonne alors qu'une moyenne négative indique que l'habitat sur la colonne est préféré à l'habitat sur la ligne. Les rangs les plus élevés indiquent les habitats préférés. Les différences significatives entre lignes et colonnes sont indiquées par des astérisques

Dispersion printanière

Habitat	OV ^a	BR	DS	EA	AU	RJ	RM_F	RM_O	Rang
OV		4,538**	1,043	4,196**	2,276**	1,717*	2,067*	1,834**	6
BR	1,070		-3,495*	-0,341	-2,262	-2,821**	-2,471*	-2,704**	0
DS	0,991	1,542		3,153*	1,233	0,673	1,024	0,791	2
EA	0,751	1,096	1,511		-1,920	-2,480**	-2,129	-2,362**	0
AU	0,844	1,389	1,464	1,175		-0,559	-0,209	-0,442	0
RJ	0,809	1,061	1,078	1,009	1,273		0,350	0,117	2
RM_F	0,177	1,423	1,431	1,330	1,675	0,980		-0,233	1
RM_O	0,742	1,128	1,158	0,930	1,261	0,975	1,098		2

^a OV : Milieux ouverts, BR : Brûlis, DS : Dénudés secs, EA : Plans d'eau, AU : Autre, RJ : Résineux jeunes, RM_F : Résineux matures fermés, RM_O : Résineux matures ouverts.

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

Tableau 5. Moyenne (au-dessus de la diagonale) et erreurs types (sous la diagonale) des indices de préférence des habitats et rang de préférence à l'échelle du domaine vital (échelle fine), durant la mise bas, la post-mise bas et l'été ($n=14$). Une moyenne positive indique que l'habitat sur la ligne est préféré à l'habitat sur la colonne alors qu'une moyenne négative indique que l'habitat sur la colonne est préféré à l'habitat sur la ligne. Les rangs les plus élevés indiquent les habitats préférés. Les différences significatives entre lignes et colonnes sont indiquées par des astérisques

Mise bas

Habitat	OV ^a	BR	DS	EA	AU	RJ	RM_F	RM_O	Rang
OV		5,421**	2,297	2,287	0,366	1,360	1,699	2,507*	2
BR	1,264		-3,123*	-3,134**	-5,055**	-4,061**	-3,721**	-2,913**	0
DS	1,931	1,352		-0,011	-1,931	-0,938	-0,598	0,210	1
EA	1,371	1,097	1,632		-1,921	-0,927	-0,587	0,221	1
AU	1,676	1,465	1,887	1,321		0,994	1,333	2,141	1
RJ	1,467	1,359	1,527	1,810	2,095		0,340	1,148	1
RM_F	1,865	1,312	1,026	1,882	2,269	1,400		0,808	1
RM_O	1,284	1,137	1,571	1,824	2,064	1,593	1,427		1

Post-mise bas

Habitat	OV ^a	BR	DS	EA	AU	RJ	RM_F	RM_O	Rang
OV		6,574**	2,312*	1,339	1,354	1,380	3,226**	0,523	3
BR	1,331		-4,262**	-5,235**	-5,220**	-5,194**	-3,348**	-6,051**	0
DS	1,318	1,157		-0,973	-0,958	-0,931	0,914	-1,789*	1
EA	1,138	1,022	1,141		0,015	0,042	1,887	-0,816	1
AU	1,357	1,479	1,605	1,069		0,027	1,872	-0,831	1
RJ	1,383	1,155	1,361	1,248	1,421		1,845	-0,858	1
RM_F	1,101	1,392	1,360	1,530	1,832	1,300		-2,703**	1
RM_O	0,737	0,950	0,907	0,725	1,046	0,917	1,095		3

Été

Habitat	OV ^a	BR	DS	EA	AU	RJ	RM_F	RM_O	Rang
OV		7,283**	3,428**	1,465*	2,119**	2,289*	2,279**	1,505**	7
BR	0,897		-3,855**	-5,818**	-5,164**	-4,994**	-5,004**	-5,778**	0
DS	1,142	1,387		-1,963*	-1,309	-1,139	-1,149	-1,923*	1
EA	0,725	1,179	0,938		0,654	0,824	0,814	0,040	2
AU	0,779	1,082	1,413	0,834		0,170	0,160	-0,614	1
RJ	1,017	1,084	1,520	1,079	1,275		-0,010	-0,784	1
RM_F	0,757	1,355	1,227	1,058	1,350	1,172		-0,774	1
RM_O	0,433	0,986	0,901	0,483	0,814	0,967	0,751		2

^a OV : Milieux ouverts, BR : Brûlis, DS : Dénudés secs, EA : Plans d'eau, AU : Autre, RJ : Résineux jeunes, RM_F : Résineux matures fermés, RM_O : Résineux matures ouverts.

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

Tableau 6. Moyenne (au-dessus de la diagonale) et erreurs types (sous la diagonale) des indices de préférence des habitats et rang de préférence à l'échelle du domaine vital (échelle fine), durant le pré-rut, le rut et le post-rut ($n=14$). Une moyenne positive indique que l'habitat sur la ligne est préféré à l'habitat sur la colonne alors qu'une moyenne négative indique que l'habitat sur la colonne est préféré à l'habitat sur la ligne. Les rangs les plus élevés indiquent les habitats préférés. Les différences significatives entre lignes et colonnes sont indiquées par des astérisques

Pré-rut

Habitat	OV ^a	BR	DS	EA	AU	RJ	RM_F	RM_O	Rang
OV		6,381**	3,906*	1,607	2,566*	2,935*	3,248**	2,433*	6
BR	0,995		-2,475	-4,774**	-3,815**	-3,446*	-3,133**	-3,949**	0
DS	1,721	1,665		-2,299*	-1,340	-0,971	-0,657	-1,473	0
EA	1,379	1,246	1,189		0,959	1,328	1,642	0,826	2
AU	1,484	1,414	1,763	1,634		0,369	0,683	-0,133	1
RJ	1,547	1,679	1,035	1,346	1,442		0,313	-0,503	1
RM_F	1,056	1,203	1,646	1,333	1,802	1,922		-0,816	1
RM_O	1,074	1,152	1,371	1,219	1,772	1,447	1,268		1

Rut

Habitat	OV ^a	BR	DS	EA	AU	RJ	RM_F	RM_O	Rang
OV		3,331*	1,331	0,953	1,621	-0,905	1,197	0,477	1
BR	1,910		-2,000	-2,378	-1,710	-4,236**	-2,134	-2,854*	0
DS	1,606	1,751		-0,379	0,289	-2,236*	-0,134	-0,854	0
EA	1,644	1,608	1,313		0,668	-1,858	0,245	-0,475	0
AU	2,045	1,302	2,089	1,577		-2,525*	-0,423	-1,143	0
RJ	1,396	1,034	1,303	1,358	1,334		2,102	1,382	3
RM_F	1,390	1,616	1,576	1,478	1,911	1,446		-0,720	0
RM_O	1,366	1,615	1,644	1,590	2,207	1,479	1,234		1

Post-rut

Habitat	OV ^a	BR	DS	EA	AU	RJ	RM_F	RM_O	Rang
OV		0.527	-2.829*	0.808	-0.414	0.097	0.694	-1.662	0
BR	2.000		-3.357**	0.281	-0.942	-0.430	0.166	-2.189	0
DS	1.355	1.312		3.637**	2.415	2.926*	3.523*	1.167	5
EA	1.275	1.746	1.129		-1.222	-0.711	-0.115	-2.470	0
AU	1.647	1.005	1.563	1.649		0.511	1.108	-1.248	0
RJ	1.003	1.898	1.191	1.176	1.601		0.597	-1.759	0
RM_F	1.679	1.540	1.429	1.832	1.419	1.566		-2.356*	0
RM_O	1.390	1.437	1.546	1.730	1.190	1.704	1.070		1

^a OV : Milieux ouverts, BR : Brûlis, DS : Dénudés secs, EA : Plans d'eau, AU : Autre, RJ : Résineux jeunes, RM_F : Résineux matures fermés, RM_O : Résineux matures ouverts.

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

Tableau 7. Moyenne (au-dessus de la diagonale) et erreurs types (sous la diagonale) des indices de préférence des habitats et rang de préférence à l'échelle du domaine vital (échelle fine), durant le début, le milieu et la fin de l'hiver ($n=14$). Une moyenne positive indique que l'habitat sur la ligne est préféré à l'habitat sur la colonne alors qu'une moyenne négative indique que l'habitat sur la colonne est préféré à l'habitat sur la ligne. Les rangs les plus élevés indiquent les habitats préférés. Les différences significatives entre lignes et colonnes sont indiquées par des astérisques

Début de l'hiver

Habitat	OV ^a	BR	DS	EA	AU	RJ	RM_F	RM_O	Rang
OV		-1.820	-6.901**	-3.641**	-2.759*	-1.922*	-2.462	-4.451**	0
BR	1.483		-5.081**	-1.820	-0.938	-0.102	-0.642	-2.630*	0
DS	1.929	1.863		3.260**	4.142*	4.979**	4.439**	2.450*	7
EA	1.365	1.736	0.974		0.882	1.719*	1.179	-0.810	1
AU	1.594	1.192	1.702	1.405		0.837	0.297	-1.692	0
RJ	1.099	1.413	1.598	0.968	1.635		-0.540	-2.529*	0
RM_F	1.703	1.695	1.565	1.556	1.261	1.797		-1.988*	0
RM_O	1.681	1.443	1.245	1.270	1.348	1.303	0.977		2

Milieu de l'hiver

Habitat	OV ^a	BR	DS	EA	AU	RJ	RM_F	RM_O	Rang
OV		1.834	-4.177*	-0.526	1.711	-0.946	-0.658	-4.194*	0
BR	1.258		-6.011**	-2.360*	-0.123	-2.780*	-2.492*	-6.028**	0
DS	1.918	1.516		3.651*	5.888**	3.231*	3.519*	-0.017	6
EA	1.300	1.275	1.565		2.237	-0.420	-0.132	-3.668*	1
AU	1.160	1.030	1.676	1.354		-2.657	-2.369	-5.905**	0
RJ	2.117	1.540	1.392	1.505	1.930		0.288	-3.248	1
RM_F	1.606	1.253	1.854	1.783	1.539	1.916		-3.536*	1
RM_O	1.988	1.243	1.801	1.889	1.808	1.886	1.868		5

Fin de l'hiver

Habitat	OV ^a	BR	DS	EA	AU	RJ	RM_F	RM_O	Rang
OV		6.904**	1.382	6.294**	3.704**	3.024	2.246*	-0.196	4
BR	0.822		-5.522**	-0.610	-3.200**	-3.879**	-4.657**	-7.100**	0
DS	1.514	1.201		4.912**	2.322**	1.642	0.864	-1.578	3
EA	0.888	0.771	1.534		-2.590*	-3.270*	-4.048**	-6.490**	0
AU	1.459	1.160	0.870	1.422		-0.680	-1.458	-3.900**	2
RJ	1.827	1.427	1.847	1.592	1.816		-0.778	-3.220*	2
RM_F	1.159	1.347	1.664	1.270	1.837	2.158		-2.442*	2
RM_O	0.986	1.010	1.105	1.152	1.100	1.607	1.251		5

^a OV : Milieux ouverts, BR : Brûlis, DS : Dénudés secs, EA : Plans d'eau, AU : Autre, RJ : Résineux jeunes, RM_F : Résineux matures fermés, RM_O : Résineux matures ouverts.

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

Tableau 8. Rang de préférence des habitats à l'échelle du domaine vital (échelle fine) selon les périodes ($n=14$). AU=Autre, BR=Brûlis, DS=Dénudés secs, EA=Plans d'eau, OV=Milieux ouverts, RJ=Résineux jeunes, RM_F=Résineux matures fermés, RM_O=Résineux matures ouverts

Période	Préférence d'habitat
Dispersion printanière	OV > DS=RJ=RM_O > RM_F > BR=EA=AU
Mise bas	OV > DS=EA=AU=RJ=RM_F=RM_O > BR
Post-mise bas	OV=RM_O > DS=EA=AU=RJ=RM_F > BR
Été	OV > EA=RM_O > DS=AU=RJ=RM_F > BR
Pré-rut	OV > EA > AU=RJ=RM_F=RM_O > BR=DS
Rut	RJ > OV=RM_O > BR=DS=EA=AU=RM_F
Post-rut	DS > RM_O > OV=BR=EA=AU=RJ=RM_F
Début de l'hiver	DS > RM_O > EA > AU=RJ > OV=BR=RM_F
Milieu de l'hiver	DS > RM_O > EA=RJ=RM_F > OV=BR=AU
Fin de l'hiver	RM_O > OV > DS > AU=RJ=RM_F > BR=EA

4.4 Altitude

De façon générale, l'altitude enregistrée par le collier GPS correspondait à celle mesurée sur la carte hypsométrique. Hormis pour une trentaine de localisations, ces deux estimations étaient bien corrélées (figure 7). En moyenne, l'altitude estimée à partir de l'hypsométrie était d'environ 20 mètres supérieure à celle enregistrée par le collier GPS, alors que la distance moyenne entre la localisation et la courbe de niveau la plus proche était de 46 mètres (tableau 9). Avec des altitudes comprises entre 700 et 1 000 m et une moyenne annuelle de 877 m, les caribous de Charlevoix évoluaient à des altitudes relativement élevées (figure 8). L'altitude variait selon les périodes annuelles ($F = 2,90$; $P = 0,004$; $df = 9$; figure 9) mais les fluctuations observées étaient de faible amplitude. De la dispersion printanière jusqu'au rut, elle était stable, oscillant autour de 900 m. Après le rut, l'altitude a diminué pour atteindre un minimum au début de l'hiver (près de 800 m) et augmenté par la suite pour culminer à la fin de l'hiver (950 m).

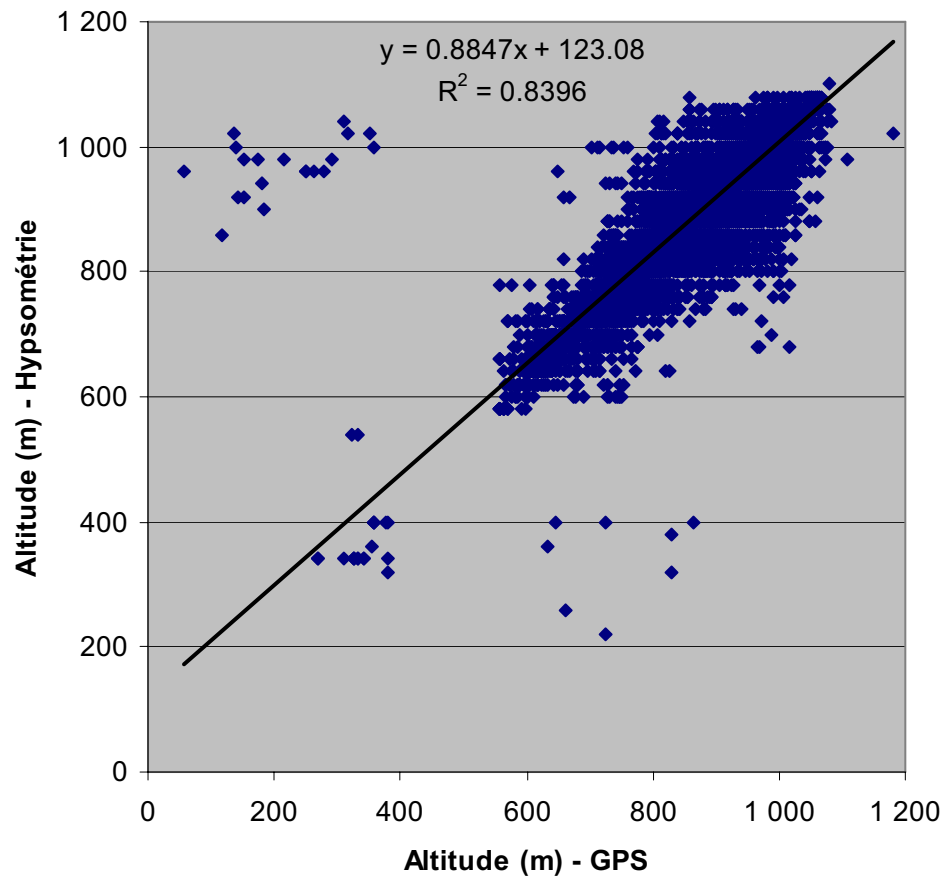


Figure 7. Comparaison de l'altitude (m) enregistrée par le collier GPS et celle estimée à partir de la ligne hypsométrique la plus proche de la localisation

Tableau 9. Comparaison de l'altitude (m) enregistrée par le collier GPS et celle estimée à partir de la ligne hypsométrique la plus proche de la localisation

CARIBOU	ALTITUDE (m)			DISTANCE (m)	LOCALISATIONS (n)
	Hypsométrie	GPS	Hypso - GPS	Localisation / Hypso	
GJ-50	892	866	26	50	1 412
GJ-51	937	909	28	44	791
GJ-52	904	877	27	60	1 405
GJ-53	916	895	21	53	1 385
GJ-54	937	917	21	49	1 405
GJ-55	871	849	23	42	1 366
GJ-57	896	873	23	32	1 375
GJ-59	803	776	27	46	1 307
GJ-62	853	829	24	67	1 353
GJ-63	943	928	15	21	1 432
GJ-64	885	858	28	74	1 348
GJ-65	907	888	19	30	1 433
GJ-66	784	758	26	95	1 220
GJ-67	891	868	23	31	1 382
GJ-68	956	941	16	22	1 457
Total	893	870	23	46	20 071

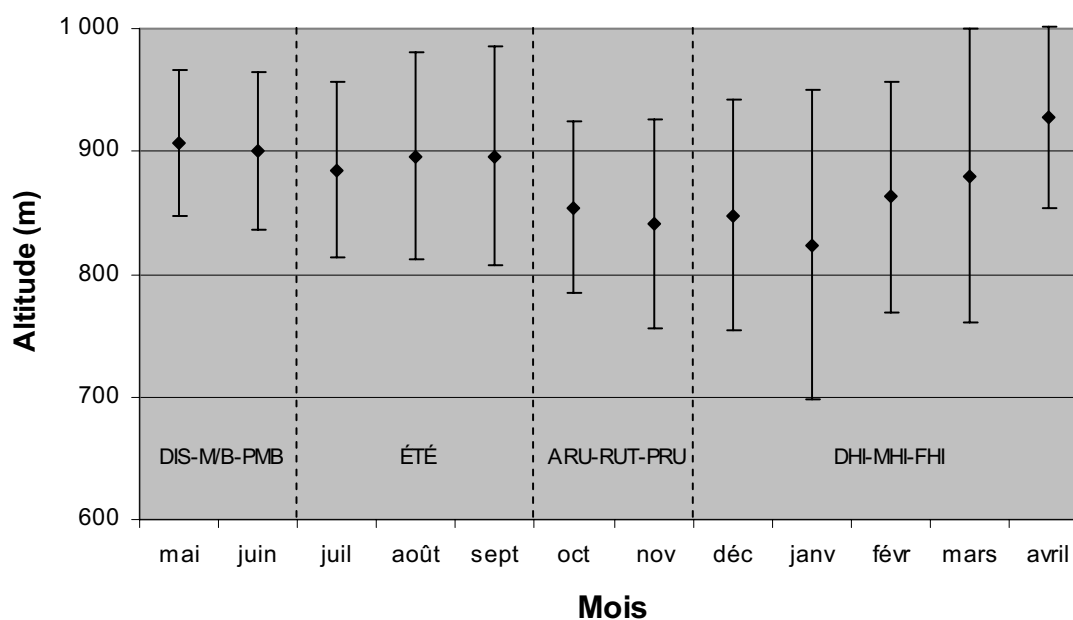


Figure 8. Altitude moyenne des caribous de Charlevoix selon les mois de l'année $\pm$ écart type ($n=15$) – avril 2004 à mars 2005. DIS=dispersion printanière, M/B=mise bas, PMB=post-mise bas, ARU=pré-rut, PRU=post-rut, DHI=début de l'hiver, MHI=milieu de l'hiver, FHI=fin de l'hiver

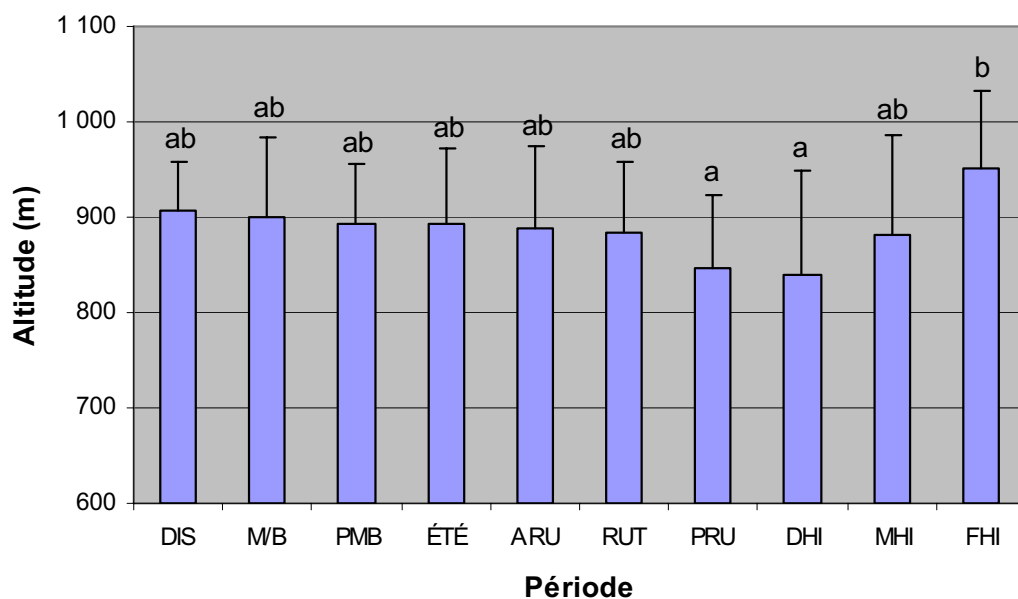


Figure 9. Altitude moyenne des caribous de Charlevoix selon les périodes de leur cycle annuel $\pm$ écart type ($n=15$) – avril 2004 à mars 2005. DIS=dispersion printanière, M/B=mise bas, PMB=post-mise bas, ARU=pré-rut, PRU=post-rut, DHI=début de l'hiver, MHI=milieu de l'hiver, FHI=fin de l'hiver. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes

5. DISCUSSION

5.1 Mise en contexte

Plusieurs auteurs en Colombie-Britannique (Poole *et al.* 2000, Johnson *et al.* 2003), en Ontario (Brown *et al.* 2006) et au Québec (Sebbane *et al.* 2003b, Courtois *et al.* 2005) utilisent une cartographie forestière tirée de leur propre interprétation d'images satellitaires pour décrire les préférences d'habitat des caribous forestiers. Bien qu'il soit valable, ce type de cartographie forestière présente l'inconvénient de différer de la carte écoforestière à l'échelle 1 : 20 000 qui sert à l'aménagement forestier. Puisque l'objectif général de notre étude est d'acquérir suffisamment de connaissances sur les préférences d'habitat des caribous de Charlevoix pour aider à élaborer à court terme un plan d'aménagement forestier, l'utilisation des cartes écoforestières est un atout. À notre connaissance, seuls Crête *et al.* (2004) ont utilisé la carte écoforestière au Québec pour étudier les préférences d'habitat de cette espèce.

5.2 Sélection d'habitat

Nos résultats mettent en évidence une sélection d'habitat hiérarchique déjà observée chez l'orignal (Courtois *et al.* 2002, Dussault *et al.* 2005) et le caribou forestier (Rettie et Messier 2000, Apps *et al.* 2001, Courtois 2003, Sebbane *et al.* 2003b, Brown 2005, Ferguson et Elkie 2005). Cette hiérarchie de sélection pourrait traduire une influence hiérarchique des facteurs qui peuvent limiter le « fitness » des individus (Rettie et Messier 2000).

Sélection d'habitat à l'échelle du paysage (sélection brute)

Les résineux matures, fermés ou ouverts, et les dénudés secs étaient les habitats les plus recherchés par les caribous pour établir leur domaine vital (sélection brute). Le premier habitat est probablement recherché pour diminuer le risque de prédation, le facteur limitant le plus important à l'échelle du paysage dans notre secteur d'étude (Rettie et Messier 1998, Poole *et al.* 2000, Courtois *et al.* 2004, Ferguson et Elkie 2004, Brown 2005). Il est généralement accepté que le risque de prédation des caribous est plus grand en présence d'originaux parce que ceux-ci permettent de supporter des densités élevées de loup (Bergerud et Ballard 1988). Par conséquent,

les caribous pourraient diminuer le risque de prédation en sélectionnant les résineux matures fermés, un habitat peu recherché par les orignaux qui préfèrent les milieux en régénération issus de coupes forestières ou de feux de forêt (Rempel *et al.* 1997).

Le risque de prédation n'est pas le seul facteur limitant à l'échelle du paysage. Les caribous recherchaient deux autres habitats en raison probablement de leur disponibilité en nourriture, soit les résineux matures ouverts (lichens terricoles et arboricoles) et les dénudés secs (lichens terricoles). En hiver, les lichens terricoles constituent la base de l'alimentation du caribou (Gauthier *et al.* 1989, Cumming 1992, Timmermann 1998) alors que les lichens arboricoles servent de nourriture d'appoint (Courtois 2003). Dans la mesure où les caribous vivent en groupe durant l'hiver, la recherche des dénudés secs aux échelles du paysage et du domaine vital en hiver pourrait également être vue comme une façon d'améliorer l'efficacité de la quête alimentaire car chaque individu dispose de plus de temps pour chercher sa nourriture sans augmenter sa vulnérabilité à la prédation (Krebs *et al.* 1972, Caraco *et al.* 1980). Elle pourrait aussi être considérée comme une tactique anti-prédateur basée sur une meilleure visibilité des prédateurs (Bergerud 1996), une vigilance accrue, une défense mutuelle, un effet de position et de dilution qui vise à diminuer les coûts liés à la vie en groupe (Hamilton 1971, Geist 1978).

Nos résultats se comparent à ceux obtenus par Crête *et al.* (2004) sur la Côte-Nord où les caribous préféraient les sapinières matures ouvertes, les pessières matures fermées et les dénudés secs pour établir leur domaine vital. Dans la même aire d'étude que la nôtre, Sebbane *et al.* (2002, 2003b) ont également montré que les caribous recherchaient les milieux riches en lichens (landes à lichens ou dénudés secs et résineux ouverts à lichens), les résineux mûrs et les milieux ouverts. Par ailleurs, les tourbières (dénudé humide selon notre classification) n'ont pas fait l'objet d'une sélection quelconque alors que Rettie et Messier (2000) en Saskatchewan et Courtois (2003) sur la Côte-Nord ont pourtant observé la recherche de ce type d'habitat à l'échelle du paysage.

Selon notre analyse, il semble donc que la sélection d'habitat à l'échelle du paysage soit le résultat d'un compromis entre deux facteurs limitants potentiels. L'évitement

des prédateurs pourrait être le premier facteur, mais les caribous montrent une préférence élevée pour les résineux matures ouverts et les dénudés secs si bien que la recherche de nourriture semble jouer également un rôle non négligeable.

Sélection d'habitat à l'échelle du domaine vital (sélection fine)

À l'échelle du domaine vital, nous avons observé des changements dans la sélection d'habitat en fonction des périodes considérées. Trois types d'habitat se partagent successivement le statut d'habitat préféré selon les périodes, soit les résineux matures ouverts et les dénudés secs à l'hiver (PRU, DHI, MHI et FHI) ainsi que les milieux ouverts au printemps et en été (DIS, M/B, PMB, ÉTÉ, ARU). Les caribous ont par contre évité les brûlis presque toute l'année. Ces résultats concordent globalement avec ceux de Sebbane *et al.* (2002, 2003b) qui ont montré que les caribous préféraient les milieux ouverts et les peuplements riches en lichens durant la mise bas, les tourbières, les milieux ouverts et les milieux riches en lichens durant le rut ainsi que les milieux riches en lichens et les résineux denses durant l'hiver.

Les dénudés secs (Johnson *et al.* 2003) et les résineux matures ouverts (Courtois 2003, Sebbane *et al.* 2003b, Jolicoeur *et al.* 2005) sont recherchés par les caribous durant la période hivernale (PRU, DHI, MHI et FHI) car ils constituent des sites d'alimentation de premier ordre. Avec 4 160 kg/ha (Sebbane *et al.* 2003b), ces deux habitats supportent en effet la plus grande biomasse de lichen terricole, le principal élément du régime alimentaire hivernal du caribou (Gauthier *et al.* 1989, Cumming 1992, Timmermann 1998). Considéré comme une nourriture d'appoint par Courtois (2003), les lichens arboricoles se trouvant entre 1 et 3 m et ceux tombant au sol sous l'effet du vent, de la neige ou du verglas (pluie de lichens) fournissent néanmoins un apport de nourriture attrayant aux caribous (Rominger *et al.* 2000, Terry *et al.* 2000, Kinley *et al.* 2003) sans compter celui produit par les arbres renversés par le vent (Crête *et al.* 2004). Pour le caribou montagnard du nord-ouest des États-Unis, Rominger *et al.* (2000) rapportent d'ailleurs qu'au début de l'hiver la moitié du régime alimentaire des caribous est constituée de lichens arboricoles consommés sur des arbres renversés. Toujours pour l'écotype montagnard, en Colombie-Britannique, Kinley *et al.* (2003) ont même observé que les caribous se nourrissaient exclusivement de lichens arboricoles lorsque les conditions de neige

(épaisseur de neige au sol ≥ 62 cm) ne permettaient plus le creusage de cratères d'alimentation, un comportement déjà notée par Vandal (1985) chez le caribou forestier de Charlevoix.

De la fin d'avril au début d'octobre, les caribous préféraient les milieux ouverts. Cependant, les préférences étaient nettement moins marquées durant la mise bas et la post-mise bas. De la même façon, Jolicoeur *et al.* (2005) ont rapporté que les caribous de Charlevoix utilisaient les coupes forestières le tiers du temps au cours de la mise bas, de la post-mise bas et de l'été. La sélection de milieux ouverts issus de coupes forestières est assez inhabituelle et peut surprendre étant donné que la perte d'habitat et la fragmentation sont des causes probables du déclin du caribou (Seip 1991). La plupart des études (Rettie et Messier 2000, Courtois 2003, Sebbane *et al.* 2003a) ont plutôt mis en évidence que les caribous évitaient les milieux perturbés telles les coupes forestières car les risques de prédation y seraient plus grands. Au printemps, il se peut néanmoins que la sélection des milieux ouverts soit guidée par la recherche de nourriture, car le développement de la végétation herbacée y est plus rapide que dans les habitats forestiers. Certains auteurs, peu nombreux, avancent que les milieux ouverts, exposés au vent, sont sélectionnés l'été par les caribous afin de diminuer le harcèlement par des insectes piqueurs (Darby et Duquette 1986). Compte tenu que les caribous sont reconnus pour être philopatriques, la recherche des coupes forestières peut également être vue comme le résultat de la sélection d'habitat avant perturbation alors que les habitats étaient de bonne qualité (Rettie et Messier 2000). Enfin, dans un paysage très fragmenté comme c'est le cas pour l'aire de répartition du caribou de Charlevoix, la fréquentation des milieux ouverts pourrait être une conséquence de la dispersion des individus dans l'environnement comme mesure d'évitement de la prédation (Bergerud et Page 1987).

La période du rut sépare la période estivale de la période hivernale. La sélection y est peu marquée même si les caribous semblent préférer les résineux jeunes, un milieu relativement ouvert. Ce type d'habitat pourrait faciliter la recherche de partenaires sexuels et permettre aux mâles matures d'évaluer à distance leurs rivaux potentiels.

Selon la période considérée, nos résultats suggèrent que la sélection d'habitat à l'échelle du domaine vital s'effectue dans le but de satisfaire les besoins alimentaires l'hiver et le printemps, d'éviter les prédateurs l'été et de rechercher des partenaires sexuels l'automne.

5.3 Répartition altitudinale du caribou en fonction des périodes annuelles

Sur une base annuelle, les caribous de Charlevoix utilisent essentiellement des sites en assez haute altitude. Nos résultats correspondent à ceux de Poole *et al.* (2000) qui ont noté que les caribous montagnards de la Colombie-Britannique évitaient les forêts à basse altitude à l'échelle du paysage pour diminuer le risque de prédation.

L'altitude à laquelle les caribous concentrent leurs activités varie néanmoins selon les périodes considérées (Apps *et al.* 2001, Sebbane *et al.* 2002, Jolicoeur *et al.* 2005). Même si les changements d'altitude étaient de faible amplitude dans notre étude, nous avons également constaté des fluctuations saisonnières (altitude relativement faible après le rut et au début de l'hiver, altitude relativement élevée à la fin de l'hiver). En Colombie-Britannique, les caribous utilisent les milieux de faible altitude au début de l'hiver car l'épaisseur de neige au sol permet la consommation de lichens terricoles (Apps *et al.* 2001, Kinley *et al.* 2003). À la fin de l'hiver, lorsque les conditions de neige ne permettent plus le creusage de cratères d'alimentation, les caribous fréquentent les milieux d'altitude élevée pour se nourrir de lichens arboricoles (Rominger et Oldemeyer 1990, Apps *et al.* 2001, Kinley *et al.* 2003). Dans notre cas, les principaux milieux à lichens se trouvent à des altitudes moyennes et sont accessibles en début d'hiver. À la fin de l'hiver, alors que la couverture nivale est plus épaisse, les caribous semblent incités à fréquenter les dénudés secs en altitude qui comprennent des lichens terricoles et où l'épaisseur de neige est plus faible. D'autres auteurs (Bergerud et Page 1987, Poole *et al.* 2000) suggèrent que l'utilisation différentielle des secteurs de haute altitude reflète davantage une stratégie d'évitement des prédateurs. Il se pourrait ainsi que nos résultats indiquent que la sélection d'habitat à fine échelle n'est pas uniquement orientée vers la recherche de nourriture en fin d'hiver, mais plutôt vers un compromis entre la recherche de nourriture et l'évitement des prédateurs. Ce patron de sélection

s'apparente à celui de l'orignal en forêt boréale (Dussault *et al.* 2005). Outre l'altitude, il se pourrait que d'autres facteurs influencent la sélection d'habitat. Il est reconnu notamment que les caribous évitent les réseaux routiers (Dyer *et al.* 2002). On peut donc présumer que la sélection d'habitat des caribous pourrait également être influencée par les réseaux routiers.

Contrairement à Poole *et al.* (2000) et Apps *et al.* (2001), les caribous de Charlevoix ne fréquentaient pas des sites de faible altitude au printemps pour bénéficier le plus tôt possible des jeunes pousses herbacées de l'année qui émergent. Ils semblaient néanmoins rechercher la nouvelle végétation herbacée puisqu'ils sélectionnaient des milieux ouverts où la fonte de la neige est plus hâtive que dans les milieux forestiers.

6. CONCLUSION

À l'échelle du paysage, nous avons observé que la sélection d'habitat résultait d'un compromis entre deux facteurs limitants potentiels : le risque de prédation (résineux matures fermés) et la disponibilité en nourriture (résineux matures ouverts et dénudés secs). À l'échelle du domaine vital, nos résultats indiquent que la sélection d'habitat tend à combler les besoins alimentaires l'hiver (résineux matures ouverts et dénudés secs) et le printemps (milieux ouverts), permet d'éviter les prédateurs l'été (milieux ouverts) et favorise la recherche de partenaires sexuels l'automne (résineux jeunes).

En conclusion, les résultats obtenus par la télémétrie GPS appuient les observations de Sebbane *et al.* (2002, 2003b) quant à l'utilisation de l'espace (aire utilisée, sites saisonniers) et la sélection d'habitat. L'aire utilisée est plus vaste en raison de deux caribous qui ont utilisé la partie ouest du territoire durant la mise bas et l'été. Par contre, les sites utilisés intensément sont essentiellement les mêmes que ceux identifiés antérieurement (portion ouest du parc des Grands-Jardins, sud-est du parc des Hautes-Gorges et zec des martres durant l'hiver, la mise bas, l'été et le rut ainsi que le secteur du lac des neiges durant la mise bas et l'été). De même, les principaux habitats utilisés à l'échelle du paysage demeurent les milieux riches en lichens et les résineux mûrs. À l'échelle du domaine vital, nos résultats montrent aussi que les milieux ouverts sont recherchés durant la mise bas alors que les milieux riches en lichens et les résineux mûrs le sont durant l'hiver.

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pu être accompli sans l'aide de MM. Denis Villeneuve (Abitibi Consolidated inc.), Éric Provost (Scieries Leduc), Éric Deslauriers (COGEFOR), Gaétan Laberge (Terres du Séminaire de Québec) et Claude Gagnon (ministère des Ressources naturelles et de la Faune – Direction régionale du Saguenay-Lac-Saint-Jean) qui ont permis de mettre à jour les cartes écoforestières. Nous tenons également à remercier MM. Christian Dussault et Paul-Émile Lafleur pour leurs commentaires sur la version préliminaire du rapport. Nous adressons des remerciements particuliers à l'équipe des techniciens de la faune du ministère des Ressources naturelles et de la Faune soit MM. Alain Desrosiers et Rolland Lemieux, qui ont participé aux captures et au suivi télémétrique. Les travaux ont été financés par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, le ministère des Transports du Québec et la société Provancher d'histoire naturelle du Canada.

RÉFÉRENCES

- AEBISCHER, N. J., P. A. ROBERTSON, et R. E. KENWARD. 1993. Compositional Analysis of Habitat Use from Animal Radio-tracking Data. *Ecology* 74:1313-1325.
- APPS, C. D., B. N. MCLELLAN, T. A. KINLEY, et J. P. FLAA. 2001. Scale-dependant habitat selection by mountain caribou, Columbia Mountains, British Columbia. *Journal of Wildlife Management* 65:65-76.
- BERGERUD, A. T. 1974. Decline of caribou in North America following settlement. *Journal of Wildlife Management* 38:757-770.
- BERGERUD, A. T. 1996. Evolving perspectives on caribou population dynamics, have we got it right yet ? *Rangifer Special Issue* 9:95-115.
- BERGERUD, A. T., et W. B. BALLARD. 1988. Wolf predation on caribou : the Nelchina herd case history, a different interpretation. *Journal of Wildlife Management* 52:344-357.
- BERGERUD, A. T., et R. E. PAGE. 1987. Displacement and dispersion of parturient caribou at calving as antipredator tactics. *Canadian Journal of zoology* 62:1566-1575.
- BROWN, G. S. 2005. Habitat Selection by Woodland Caribou in managed boreal forest of Northeastern Ontario. University of Guelph.
- BROWN, G. S., W. J. RETTIE, et F. F. MALLORY. 2006. Application of a variance decomposition method to compare satellite and aerial inventory data : a tool for evaluating wildlife-habitat relationship. *Journal of Applied Ecology* 43:173-184.
- CARACO, T., S. MARTINDALE, et H. R. PULLIAM. 1980. Avian flocking in the presence of a predator. *Nature* 285:400-401.
- COSEPAC. 2004. Espèces canadiennes en péril. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada.
- COURTOIS, R. 2003. La conservation du caribou forestier dans un contexte de perte d'habitat et de fragmentation du milieu. Ph. D., Université du Québec à Rimouski.
- COURTOIS, R., C. DUSSAULT, A. GINGRAS, et G. LAMONTAGNE. 2003. Rapport sur la situation du caribou forestier au Québec. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction du développement de la faune.
- COURTOIS, R., C. DUSSAULT, F. POTVIN, et G. DAIGLE. 2002. Habitat Selection by Moose (*Alces alces*) in Clear-cut Landscapes. *Alces* 38:177-192.

- COURTOIS, R., J.-P. OUELLET, C. DUSSAULT, et A. GINGRAS. 2004. Forest management guidelines for forest-dwelling caribou in Québec. *The Forestry Chronicle* 80:598-606.
- COURTOIS, R., A. SEBBANE, A. GINGRAS, B. ROCHETTE, L. BRETON, et D. FORTIN. 2005. Changement d'abondance et adaptation du caribou dans un paysage sous aménagement. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche sur la faune, Direction de l'aménagement de la faune de la Côte-Nord.
- CRÊTE, M., L. MARZELL, et J. PELTIER. 2004. Indices de préférences de l'habitat des caribous forestiers sur la Côte-Nord entre 1998 et 2004 d'après les cartes écoforestières 1:20000 - Examen sommaire pour aider l'aménagement forestier. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction du développement de la faune et Direction de l'aménagement de la faune de la Côte-Nord.
- CUMMING, H. G. 1992. Woodland caribou : facts for forest managers. *Forest Chronicle* 68:481-491.
- DARBY, R., et L. S. DUQUETTE. 1986. Woodland caribou and forestry in northern Ontario, Canada. *Rangifer Special Issue* 1:87-93.
- DUSSAULT, C., J.-P. OUELLET, R. COURTOIS, J. HUOT, L. BRETON, et H. JOLICOEUR. 2005. Linking moose habitat selection to limiting factors. *Ecography* 28:619-628.
- DYER, S. J., J. P. O'NEILL, S. M. WASEL, et S. BOUTIN. 2002. Quantifying Barrier Effects of Roads and Seismic Lines on Movements of Female Woodland Caribou in Northeastern Alberta. *Canadian Journal of zoology* 80:839-845.
- EDDY, W. F. 1977. A new convex Hull algorithm for planar sets. *ACM Trans. Math. Software* 3:398-403.
- FERGUSON, S. H., et P. C. ELKIE. 2004. Seasonal movement patterns of woodland caribou (*Rangifer tarandus caribou*). *Journal of Zoology of London* 262:125-134.
- FERGUSON, S. H., et P. C. ELKIE. 2005. Use of Lake Areas in Winter by Woodland Caribou. *Northeastern Naturalist* 12:45-66.
- GAUTHIER, L., R. NAULT, et M. CRÊTE. 1989. Variations saisonnières du régime alimentaire des caribous du troupeau de la rivière George, Québec nordique. *Le Naturaliste canadien* 116:101-112.
- GEIST, V. 1978. Life Strategies, Human Evolution, Environmental Design. Toward a biological Theory of Health. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.

- HAMILTON, W. D. 1971. Geometry for the selfish herd. *Journal of theoretical biology* 31:295-311.
- JOHNSON, C. J., A. R. D. WHEATE, et K. PARKER. 2003. Characterizing woodland caribou habitat in sub-boreal and boreal forests. *Forest Ecology and Management* 180:241-248.
- JOHNSON, D. H. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology* 61:65-71.
- JOLICOEUR, H. 1998. Le loup du massif de la Jacques-Cartier. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction du développement de la faune.
- JOLICOEUR, H. 2004. Estimation de la densité d'ours noirs dans différents types de végétation à l'aide de traceurs radioactifs, période 1984-1994. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction du développement de la faune.
- JOLICOEUR, H., R. COURTOIS, et S. LEFORT. 2005. Le caribou de Charlevoix, une décennie après sa réintroduction 1978-1981. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction du développement de la faune.
- KINLEY, T. A., J. BERGENSKE, J.-A. DAVIES, et D. QUINN. 2003. Characteristics of Early-Winter Caribou, *Rangifer tarandus caribou*, Feeding Sites in the Southern Purcell Mountains, British Columbia. *Canadian Field-Naturalist* 117:352-359.
- KREBS, J. R., H. M. MCROBERTS, et J. M. CULLEN. 1972. Flocking and feeding in the great tit *Parus major*. An experimental study. *Ibis* 114:507-530.
- LAFLEUR, P.-E., R. COURTOIS, et M. CLOUTIER. (en préparation). Plan d'aménagement forestier pour le territoire fréquenté par le caribou de Charlevoix, période 2006-2011. Ministère des Ressources naturelles et de la faune, secteur Faune Québec, Direction de l'aménagement de la faune de la Capitale-Nationale et Direction du développement de la faune, et secteur Forêt Québec, Direction régionale de la Capitale-Nationale, de Chaudière-Appalaches et de l'Estrie.
- MALLORY, F. F., et T. L. HILLIS. 1998. Demographic characteristics of circumpolar caribou populations : ecotypes, ecological constraints, releases and population dynamics. *Rangifer*:49-60.
- MANLY, B. F. J., L. L. McDONALD, et D. L. THOMAS. 1993. Resource selection by animals. Statistical design and data analysis for field studies. Chapman & Hall, London, UK.
- OKSANEN, L., et T. OKSANEN. 2000. The logic and realism of the hypothesis of exploitation ecosystems. *American Naturalist* 155:703-723.

- POOLE, K. G., D. C. HEARD, et G. MOWAT. 2000. Habitat use by woodland caribou near Takla Lake in central British Columbia. *The Canadian Journal of Zoology* 78:1552-1561.
- POTVIN, F., et L. BRETON. 1988. Use of net gun for capturing white-tailed deer, *Odocoileus virginianus*, on Anticosti island, Quebec. *Canadian Field Naturalist* 102:697-700.
- REMPEL, R. S., P. C. ELKIE, A. R. RODGERS, et M. J. GLUCK. 1997. Timber-management and natural-disturbance effects on moose habitat : landscape evaluation. *Journal of Wildlife Management* 61:517-524.
- RETTIE, W. J., et F. MESSIER. 1998. Dynamics of woodland caribou populations at the southern limit of their range in Saskatchewan. *Canadian Journal of zoology* 76:251-259.
- RETTIE, W. J., et F. MESSIER. 2000. Hierarchical habitat selection by woodland caribou: its relationship to limiting factors. *Ecography* 23:466-478.
- ROMINGER, E. M., et J. L. OLDEMEYER. 1990. Early-winter diet of woodland caribou in relation to snow accumulation, Selkirk Mountains, British Columbia, Canada. *Canadian Journal of zoology* 68:2691-2694.
- ROMINGER, E. M., C. T. ROBBINS, M. A. EVANS, et D. J. PIERCE. 2000. Autumn foraging dynamics of woodland caribou in experimentally manipulated habitats, Northeastern Washington, USA. *Journal of Wildlife Management* 64:160-167.
- SAS, I. I. 1999. The SAS system for windows, release 8.00. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- SCHAEFFER, J. A., A. M. VEITCH, F. H. HARRINGTON, W. K. BROWN, J. B. THEBERGE, et S. N. LUTTICH. 2001. Fuzzy structure and spatial dynamics of a declining woodland caribou population. *Oecologia* 126:507-514.
- SEBBANE, A., R. COURTOIS, A. GINGRAS, B. ROCHETTE, et L. BRETON. 2003a. Influence d'un plan d'aménagement forestier sur l'abondance du caribou forestier et son utilisation de l'espace et des habitats - Rapport d'étape, printemps 2001 - hiver 2003. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune et Direction de l'aménagement de la faune de la Côte-Nord.
- SEBBANE, A., R. COURTOIS, S. ST-ONGE, L. BRETON, et P.-É. LAFLEUR. 2002. Utilisation de l'espace et caractéristiques de l'habitat du caribou de Charlevoix, entre l'automne 1998 et l'hiver 2001. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune.
- SEBBANE, A., R. COURTOIS, S. ST-ONGE, L. BRETON, et P.-É. LAFLEUR. 2003b. Trente ans après sa réintroduction, quel est l'avenir du caribou de Charlevoix? *Le Naturaliste canadien* 127:55-62.

- SEIP, D. R. 1991. Predation and caribou populations. *Rangifer Special Issue* 7:46-52.
- SEIP, D. R. 1992. Factors limiting woodland caribou populations and their interrelationships with wolves and moose in southeastern British Columbia. *Canadian Journal of zoology* 70:1494-1503.
- SINCLAIR, A. R. E., et P. ARCESE. 1995. Population consequence of predation-sensitive foraging : the Serengeti wildebeest. *Ecology* 76:882-891.
- ST-ONGE, S., R. COURTOIS, et D. BANVILLE. 1995. Inventaires aériens de l'orignal dans les réserves fauniques du Québec. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats.
- TERRY, E. L., B. N. McELLAN, et G. S. WATTS. 2000. Winter habitat ecology of mountain caribou in relation to forest management. *Journal of Applied Ecology* 37:589-602.
- TIMMERMANN, H. R. 1998. Use of mixedwood sites and forests cover by woodland caribou. Ontario Ministry of Natural Resources, Thunder Bay, Ontario.
- VANDAL, D. 1985. Écologie comportementale du caribou du parc des Grands-Jardins. M. Sc., Université Laval.

ANNEXES

ANNEXE 1 - Description des 72 classes d'habitat établies à partir des cartes écoforestières

Classe d'habitat	Description
AUTRE	Terrains forestiers improductifs (aulnaie, défriché) + Terrains non forestier (terres agricoles, site inondé, ligne de transport d'énergie, route, gravière, villégiature etc.)
BR	Brûlis total
CHT	Chablis total
DH	Dénudé humide
DS	Dénudé sec
EA	Lac, rivière
EE_30_AB	Pessière noire, 30 ans et jeune peuplement inéquien, densité A et B
EE_30_CD	Pessière noire, 30 ans et jeune peuplement inéquien, densité C et D
EE_50_AB	Pessière noire, 50 ans, densité A et B
EE_50_CD	Pessière noire, 50 ans, densité C et D
EE_70_AB	Pessière noire, 70 ans, densité A et B
EE_70_CD	Pessière noire, 70 ans, densité C et D
EE_90_AB	Pessière noire, 90 ans, densité A et B
EE_90_CD	Pessière noire, 90 ans, densité C et D
EE_120_AB	Pessière noire, 120 ans et vieux peuplement inéquien, densité A et B
EE_120_CD	Pessière noire, 120 ans et vieux peuplement inéquien, densité C et D
EME_30_CD	Pessière noire à mélèze, 30 ans et jeune peuplement inéquien, densité C et D
EME_50_AB	Pessière noire à mélèze, 50 ans, densité A et B
EME_50_CD	Pessière noire à mélèze, 50 ans, densité C et D
EME_70_CD	Pessière noire à mélèze, 70 ans, densité C et D
EME_90_AB	Pessière noire à mélèze, 90 ans, densité A et B
EME_90_CD	Pessière noire à mélèze, 90 ans, densité C et D
EME_120_AB	Pessière noire à mélèze, 120 ans et vieux peuplement inéquien, densité A et B
EME_120_CD	Pessière noire à mélèze, 120 ans et vieux peuplement inéquien, densité C et D
ES_30_AB	Pessière noire à sapin, 30 ans et jeune peuplement inéquien, densité A et B
ES_30_CD	Pessière noire à sapin, 30 ans et jeune peuplement inéquien, densité C et D
ES_50_AB	Pessière noire à sapin, 50 ans, densité A et B
ES_50_CD	Pessière noire à sapin, 50 ans, densité C et D
ES_70_AB	Pessière noire à sapin, 70 ans, densité A et B
ES_70_CD	Pessière noire à sapin, 70 ans, densité C et D
ES_90_AB	Pessière noire à sapin, 90 ans, densité A et B
ES_90_CD	Pessière noire à sapin, 90 ans, densité C et D
ES_120_AB	Pessière noire à sapin, 120 ans et vieux peuplement inéquien, densité A et B
ES_120_CD	Pessière noire à sapin, 120 ans et vieux peuplement inéquien, densité C et D
F_30_120	Peuplement feuillu, quelque soit l'âge et la densité
ILE	Île
M_30_120	Peuplement mélangé, quelque soit l'âge et la densité
M_ES_30+	Peuplement mélangé issu d'une épidémie sévère, 30 ans et plus

Classe d'habitat	Description
OV_0-5_ans	Milieu ouvert non régénéré issu d'une coupe forestière de 4 ans et moins
OV_non_reg	Milieu ouvert non régénéré issu d'une coupe forestière de 5 à 25 ans
OV_reg_10	Milieu ouvert régénéré 10 ans issu d'une coupe forestière de 5 à 35 ans
PG_50_AB	Pinède grise, 50 ans, densité A et B
PG_50_CD	Pinède grise, 50 ans, densité C et D
PG_70_AB	Pinède grise, 70 ans, densité A et B
PG_70_CD	Pinède grise, 70 ans, densité C et D
PG_90_CD	Pinède grise, 90 ans, densité C et D
R_30	Résineux, 30 ans
R_50	Résineux, 50 ans
R_70	Résineux, 70 ans
R_90	Résineux, 90 ans
R_120	Résineux, 120 ans
R_ES_30+	Peuplement résineux issu d'une épidémie sévère, 30 ans et plus
SE_30_AB	Sapinière à épinette, 30 ans et jeune peuplement inéquien, densité A et B
SE_30_CD	Sapinière à épinette, 30 ans et jeune peuplement inéquien, densité C et D
SE_50_AB	Sapinière à épinette, 50 ans, densité A et B
SE_50_CD	Sapinière à épinette, 50 ans, densité C et D
SE_70_AB	Sapinière à épinette, 70 ans, densité A et B
SE_70_CD	Sapinière à épinette, 70 ans, densité C et D
SE_90_AB	Sapinière à épinette, 90 ans, densité A et B
SE_90_CD	Sapinière à épinette, 90 ans, densité C et D
SE_120_AB	Sapinière à épinette, 120 ans et vieux peuplement inéquien, densité A et B
SE_120_CD	Sapinière à épinette, 120 ans et vieux peuplement inéquien, densité C et D
SS_30_AB	Sapinière, 30 ans et jeune peuplement inéquien, densité A et B
SS_30_CD	Sapinière, 30 ans et jeune peuplement inéquien, densité C et D
SS_50_AB	Sapinière, 50 ans, densité A et B
SS_50_CD	Sapinière, 50 ans, densité C et D
SS_70_AB	Sapinière, 70 ans, densité A et B
SS_70_CD	Sapinière, 70 ans, densité C et D
SS_90_AB	Sapinière, 90 ans, densité A et B
SS_90_CD	Sapinière, 90 ans, densité C et D
SS_120_AB	Sapinière, 120 ans et vieux peuplement inéquien, densité A et B
SS_120_CD	Sapinière, 120 ans et vieux peuplement inéquien, densité C et D

ANNEXE 2 - Sélection brute (moyenne $\pm$ SE) des 14 caribous selon les 72 classes d'habitat

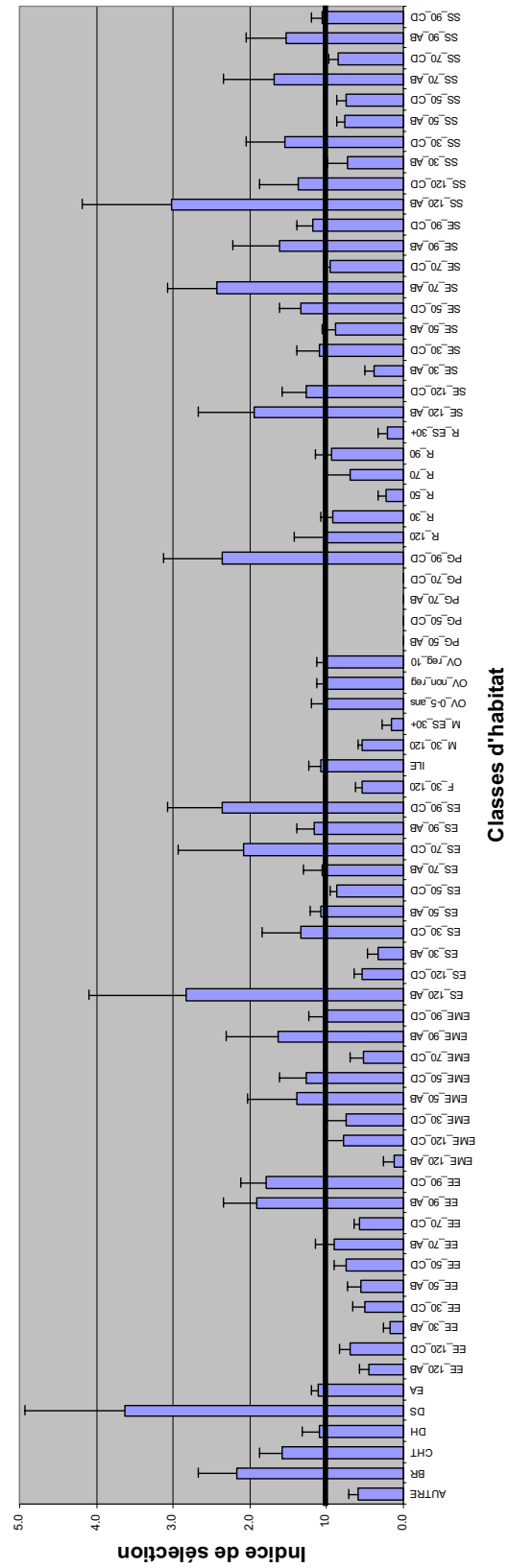


Figure 1. Sélection brute tous : domaine vital versus site d'étude

ANNEXE 3 - Sélection brute de chaque animal selon les 72 classes d'habitat

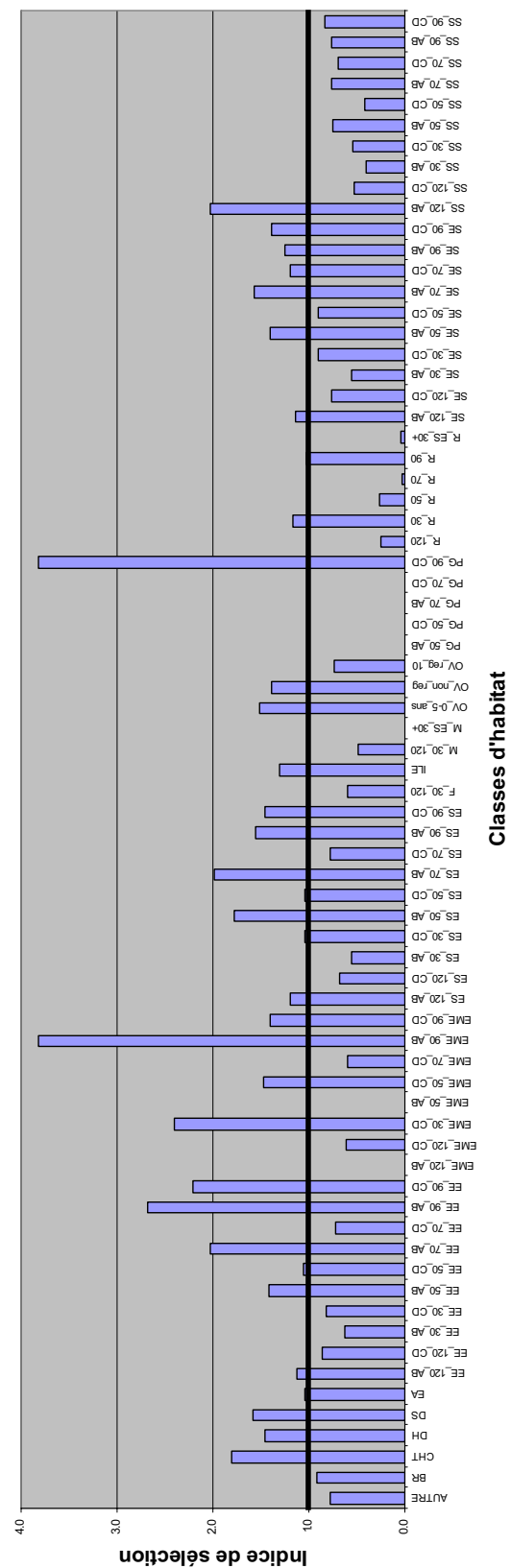


Figure 1. Sélection brute GJ-50 : domaine vital versus site d'étude

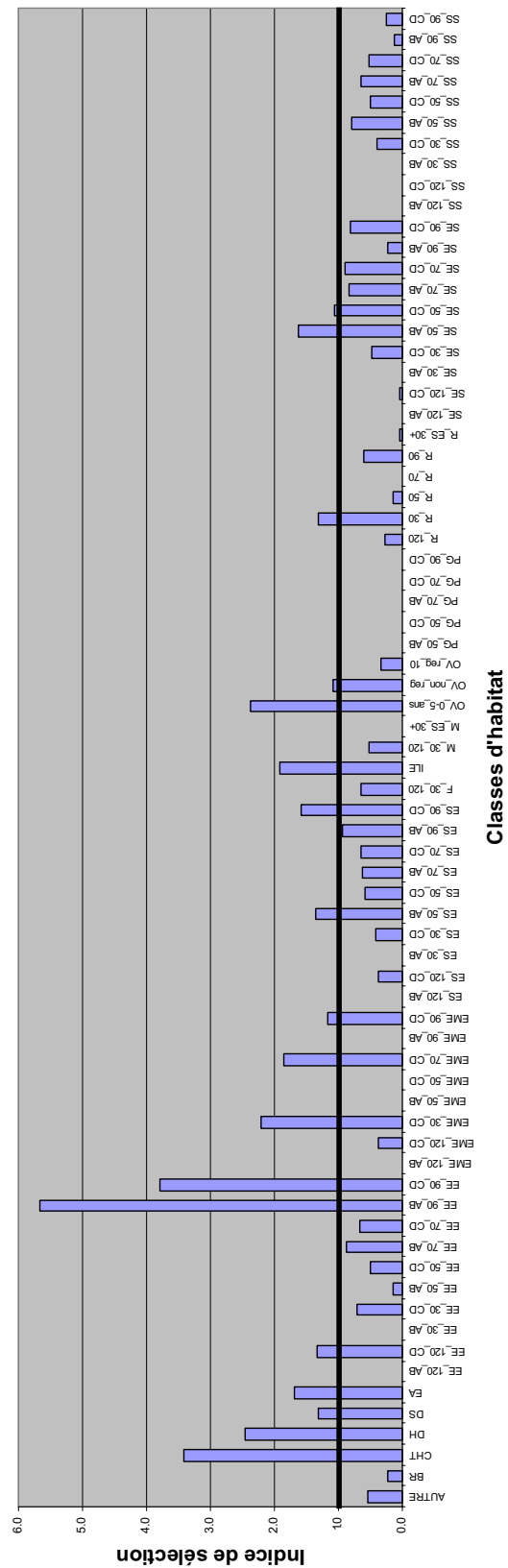


Figure 2. Sélection brute GJ-52 : domaine vital versus site d'étude

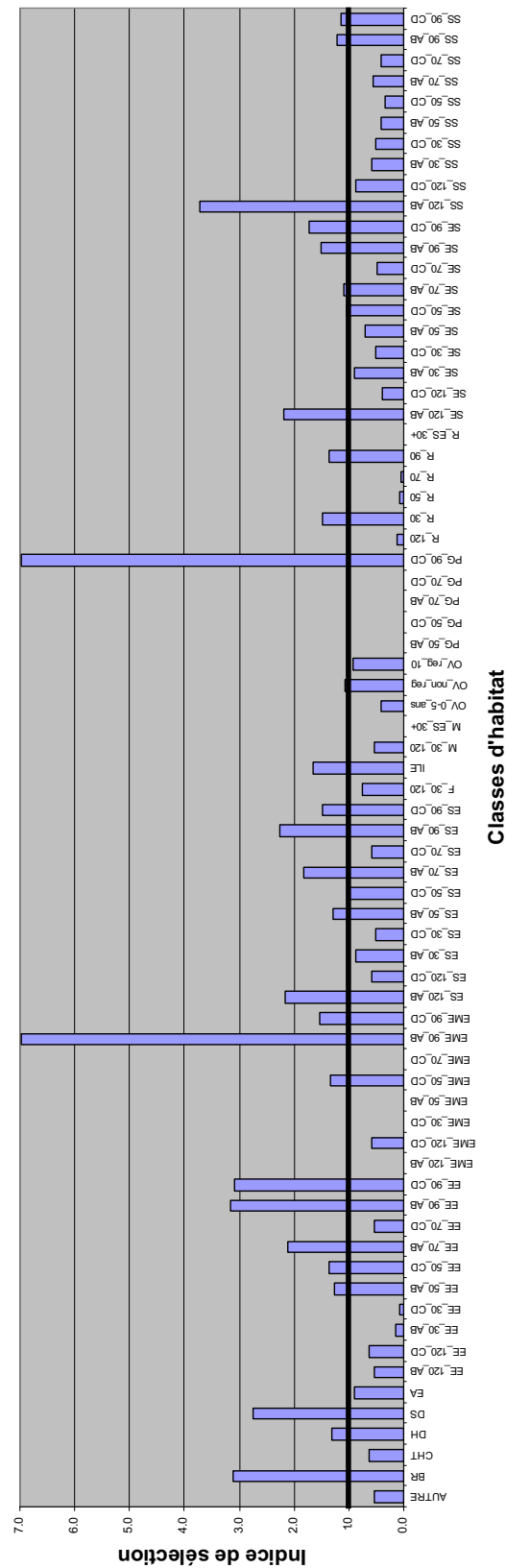


Figure 3. Sélection brute GJ-53 : domaine vital versus site d'étude

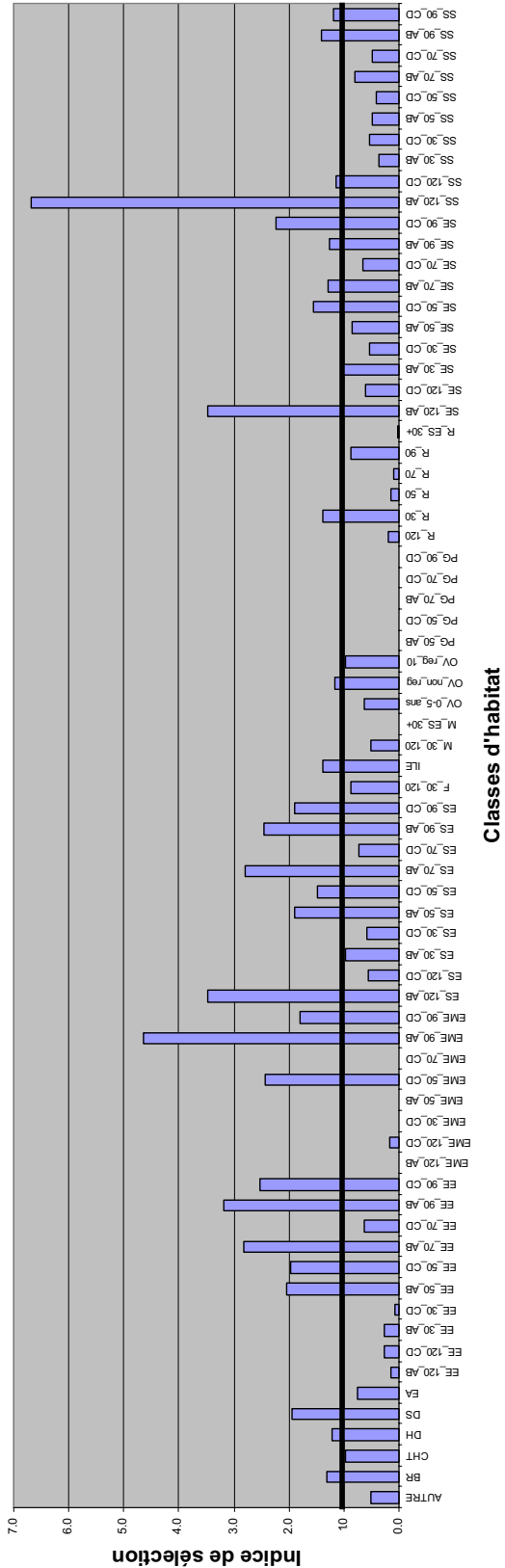


Figure 4. Sélection brute GJ-54 : domaine vital versus site d'étude

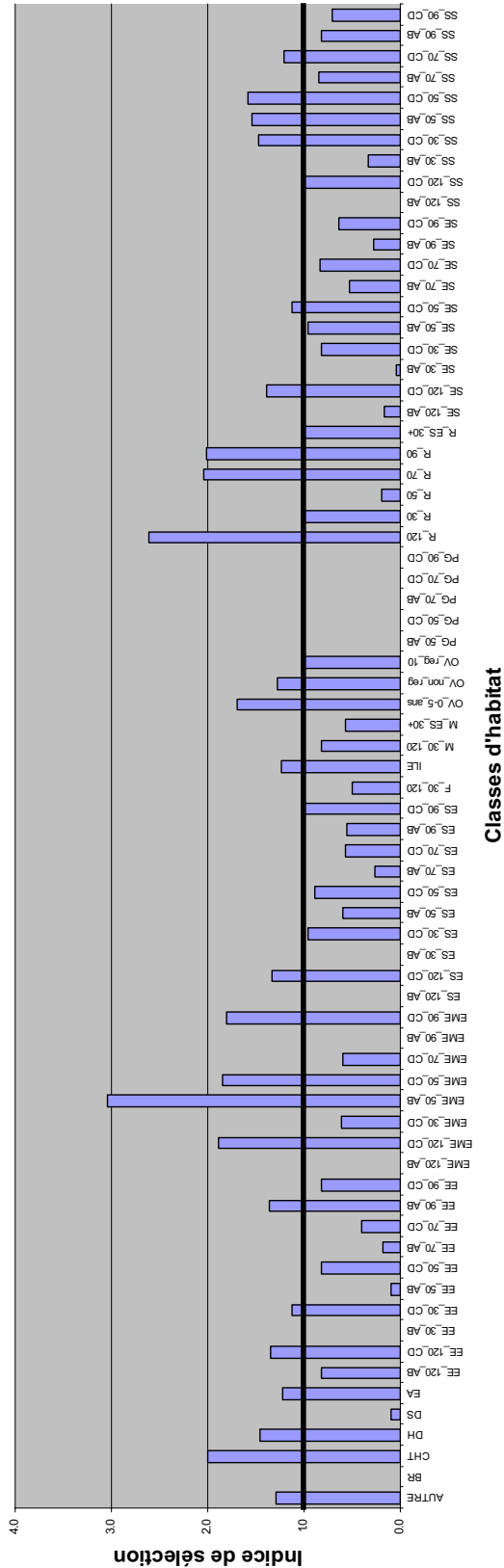


Figure 5. Sélection brute GJ-55 : domaine vital versus site d'étude

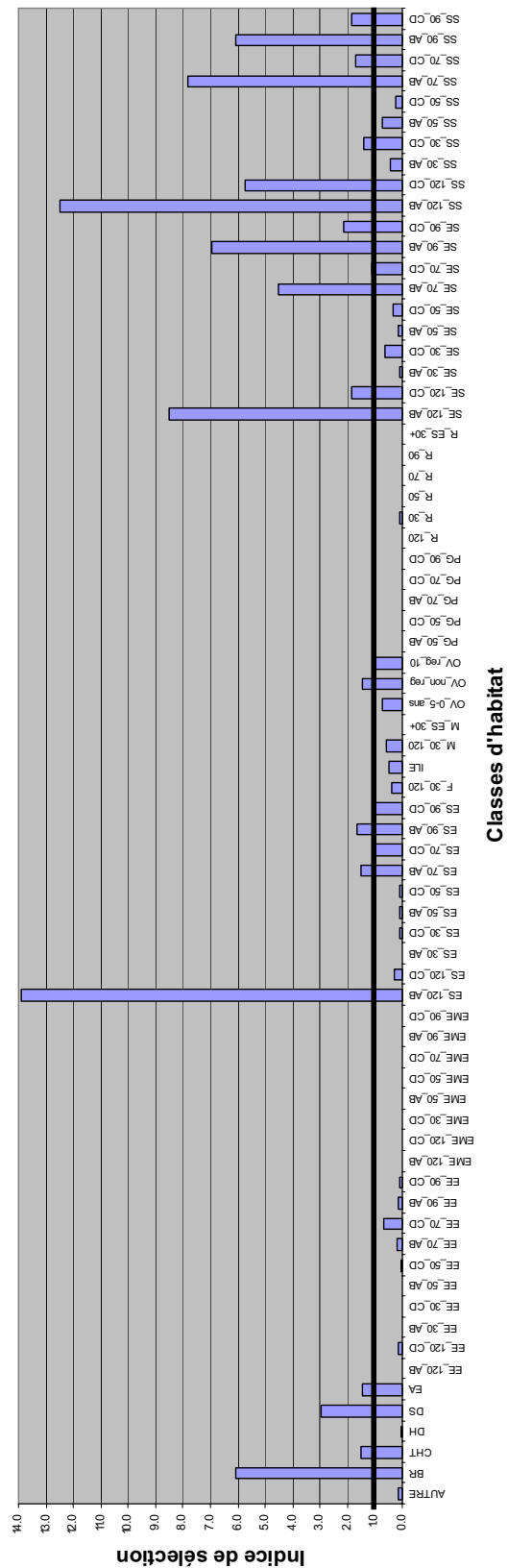


Figure 6. Sélection brute GJ-57 : domaine vital versus site d'étude

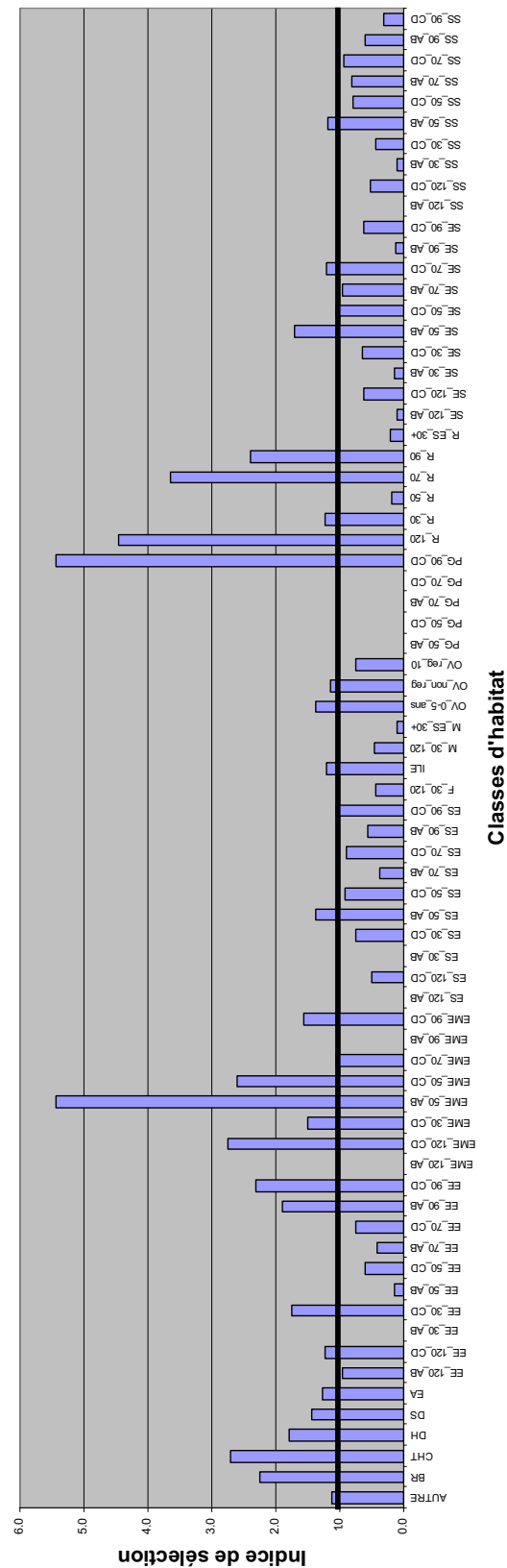


Figure 7. Sélection brute GJ-59 : domaine vital versus site d'étude

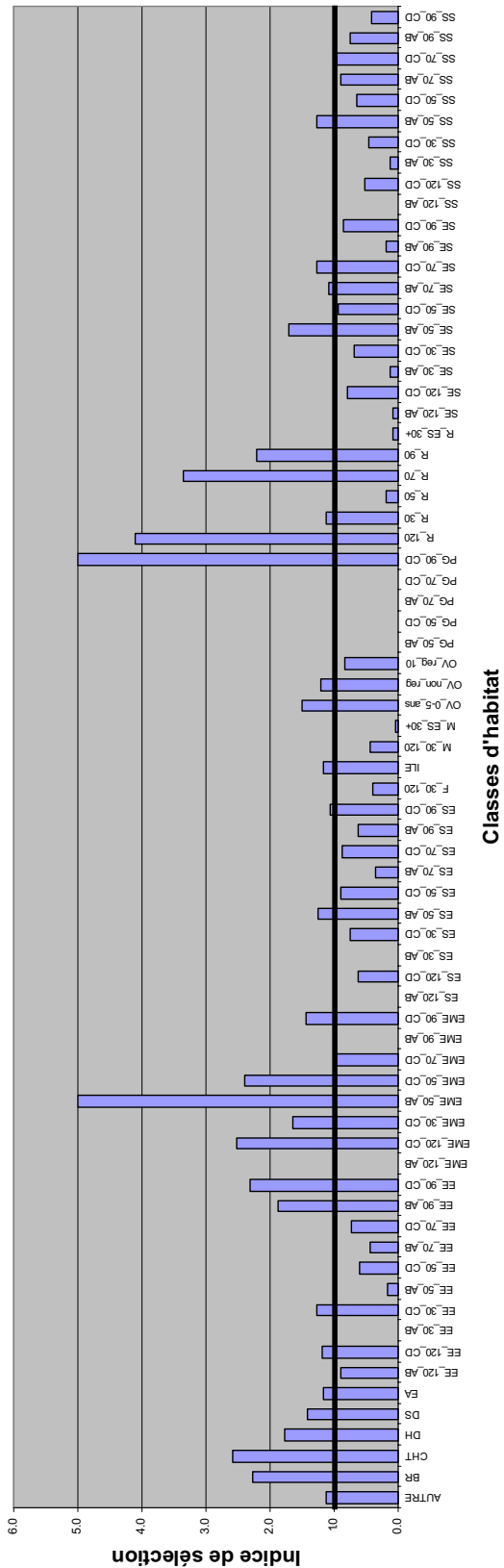


Figure 8. Sélection brute GJ-62 : domaine vital versus site d'étude

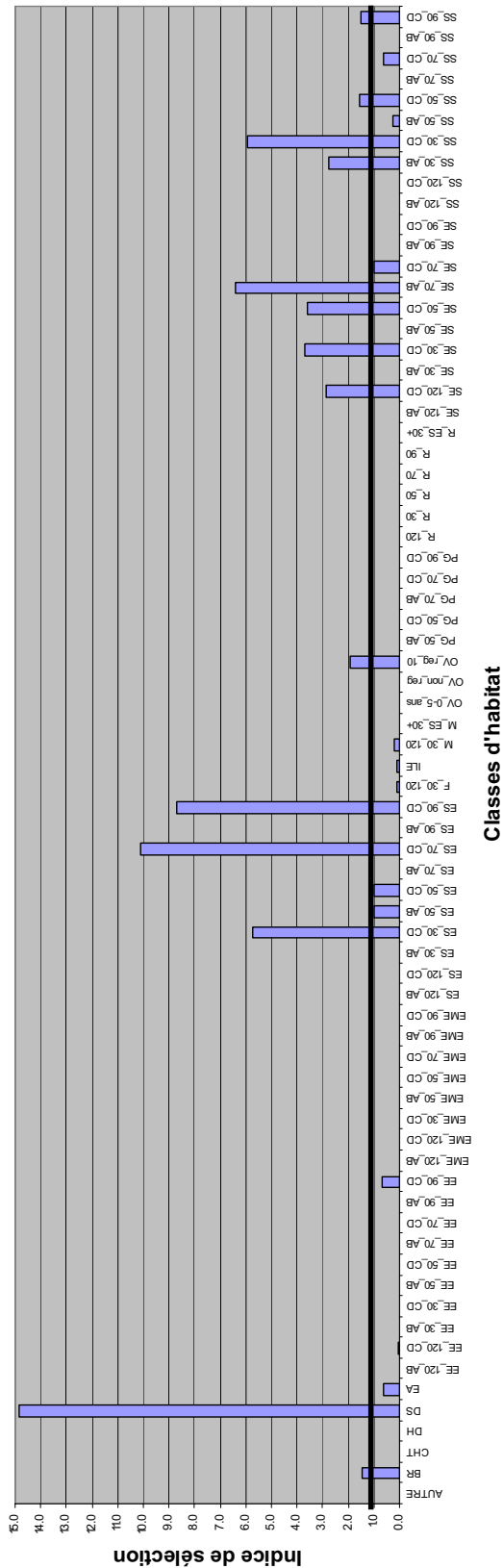


Figure 9. Sélection brute GJ-63 : domaine vital versus site d'étude

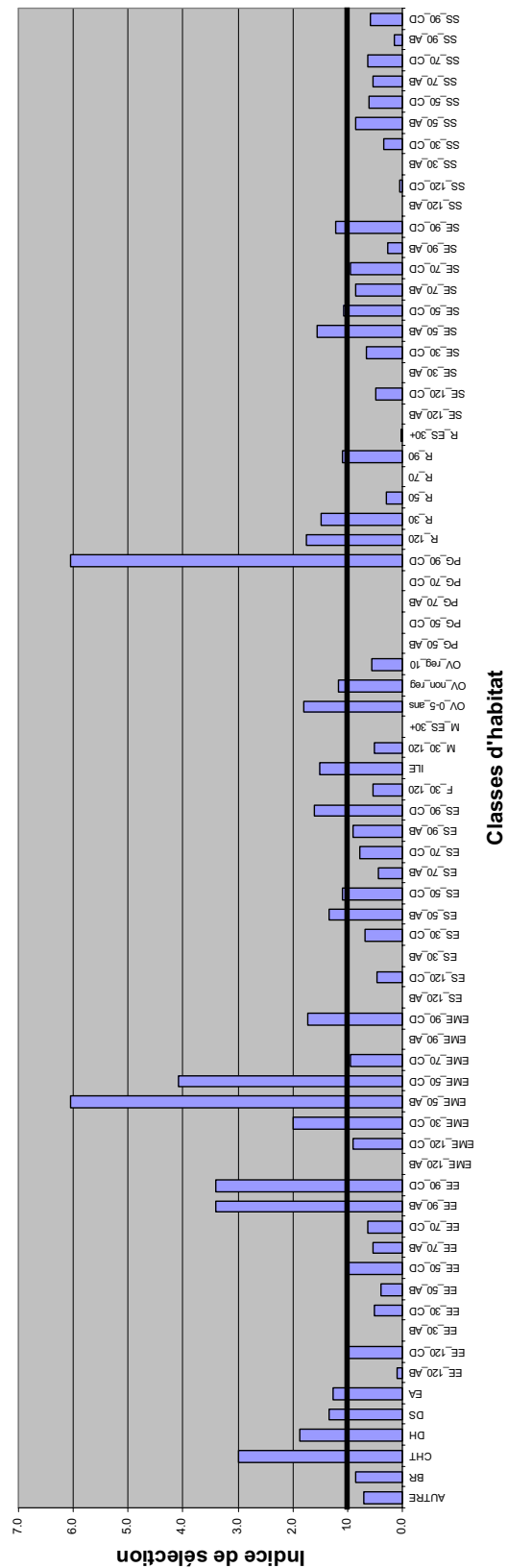


Figure 10. Sélection brute GJ-64 : domaine vital versus site d'étude

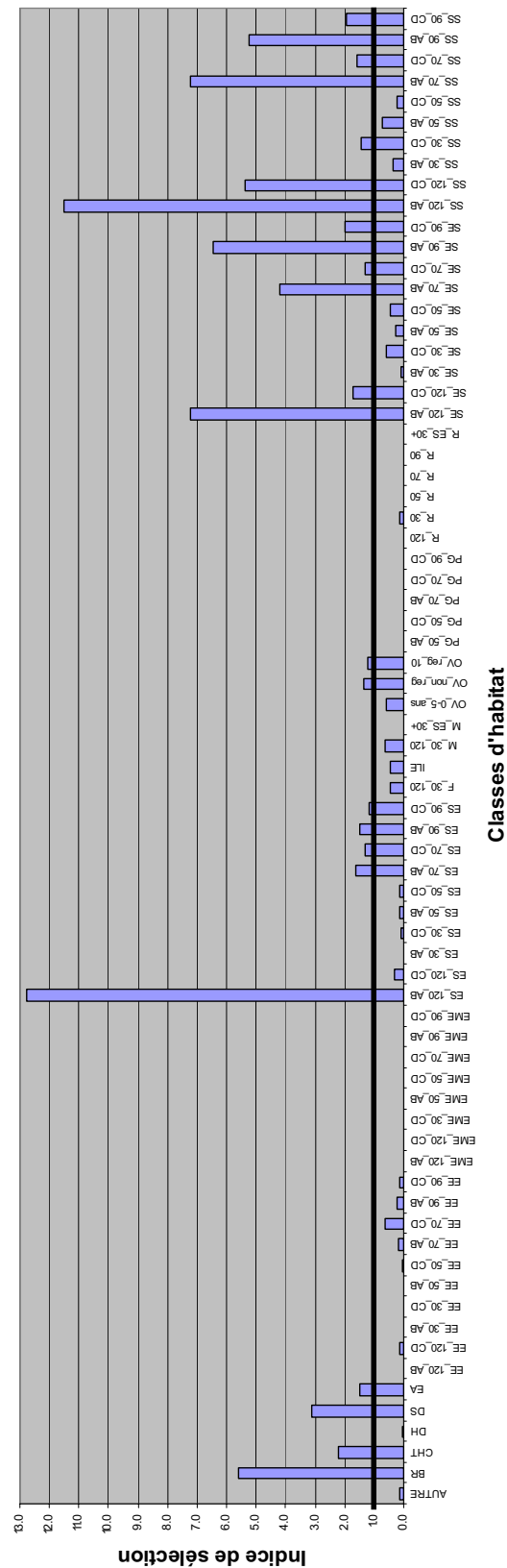


Figure 11. Sélection brute GJ-65 : domaine vital versus site d'étude

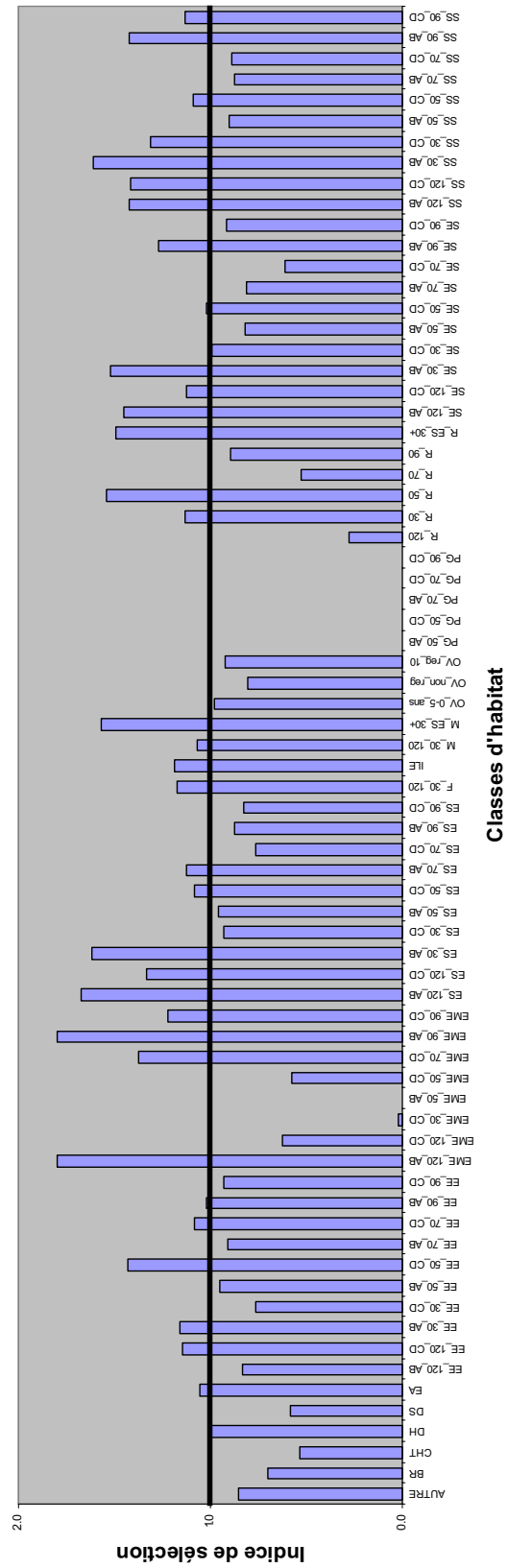


Figure 12. Sélection brute GJ-66 : domaine vital versus site d'étude

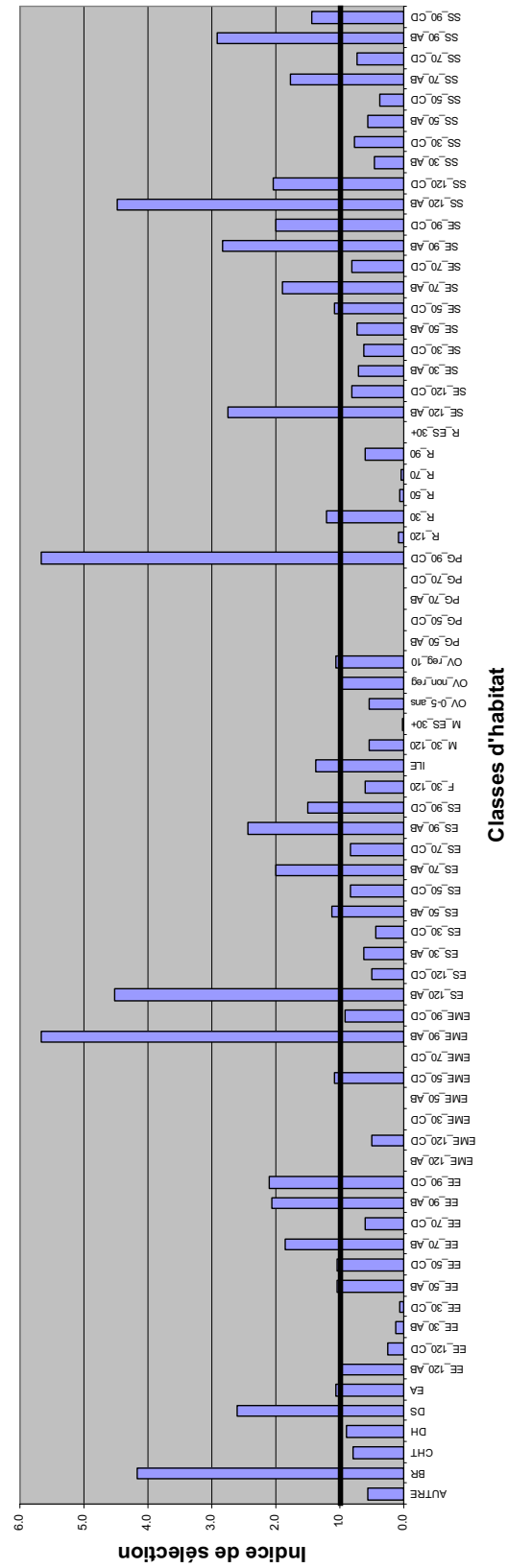


Figure 13. Sélection brute GJ-67 : domaine vital versus site d'étude

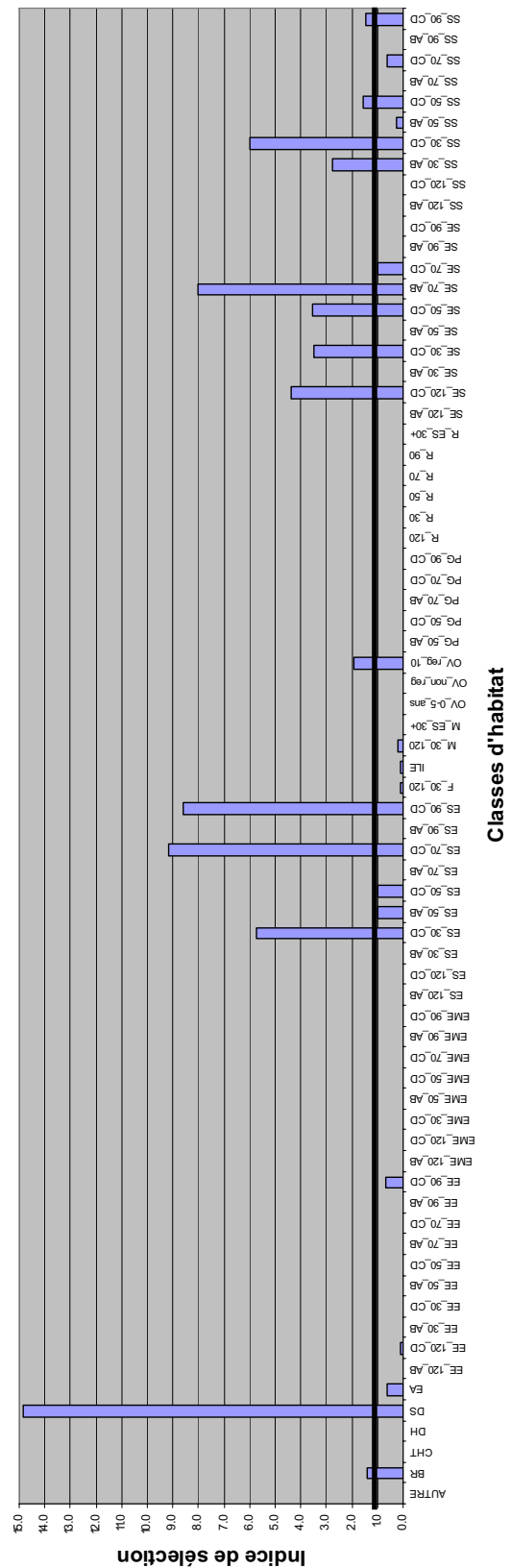


Figure 14. Sélection brute GJ-68 : domaine vital versus site d'étude

ANNEXE 4 - Sélection fine (moyenne $\pm$ SE) des 14 caribous selon les 72 classes d'habitat

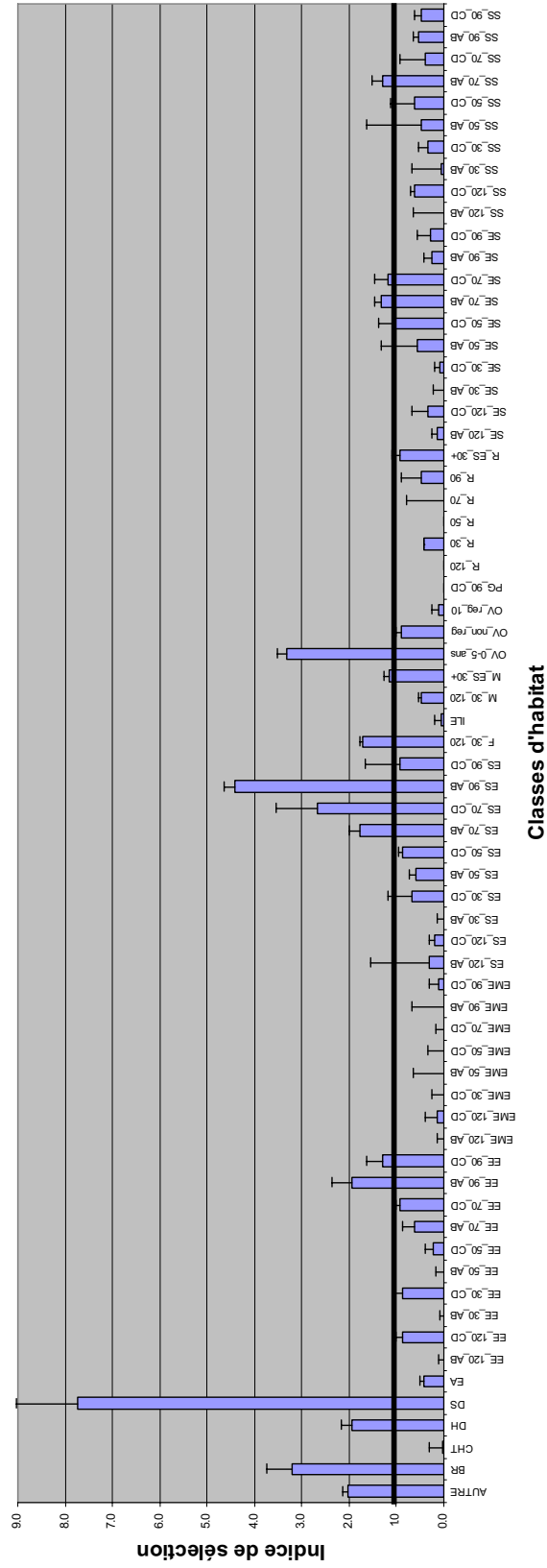


Figure 1. Sélection fine tous : localisations annuelles versus domaine vital

ANNEXE 5 - Sélection fine de chaque animal selon les 72 classes d'habitat

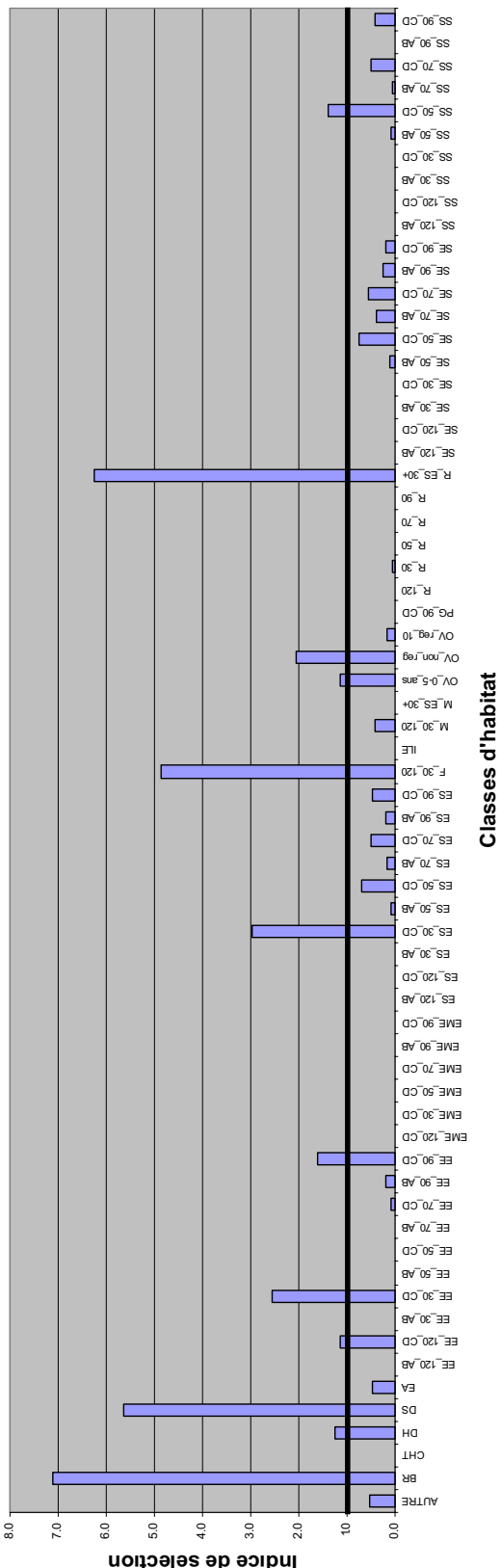


Figure 1. Sélection fine GJ-50 : localisations annuelles versus domaine vital

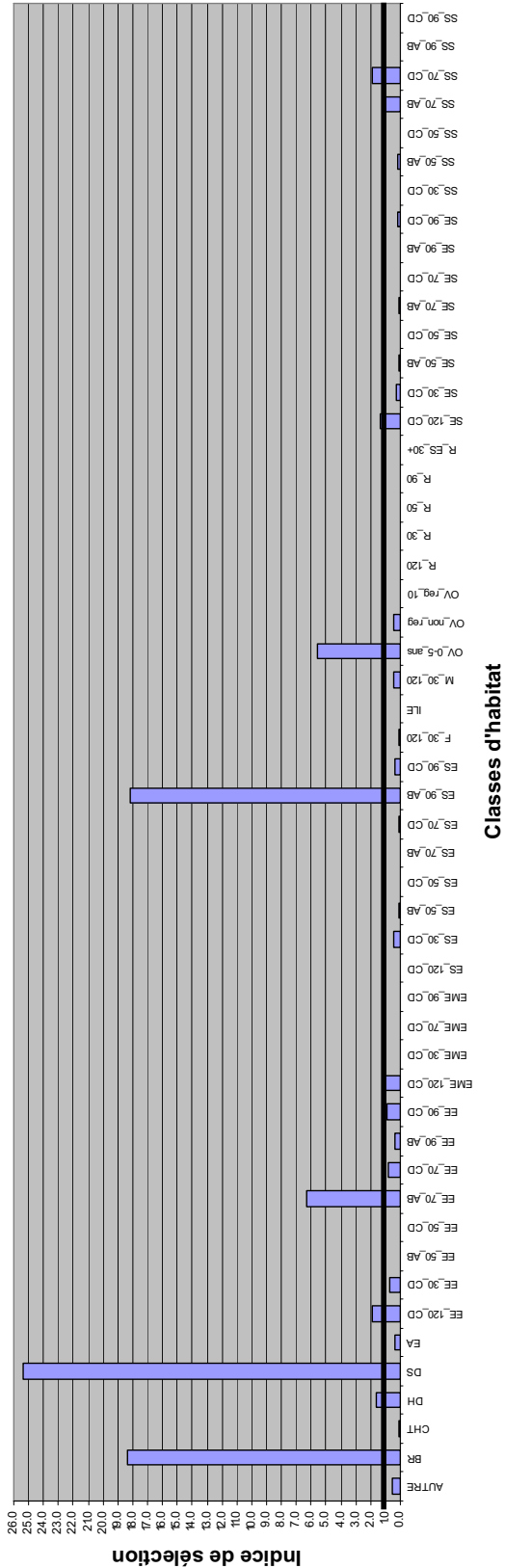


Figure 2. Sélection fine GJ-52 : localisations annuelles versus domaine vital

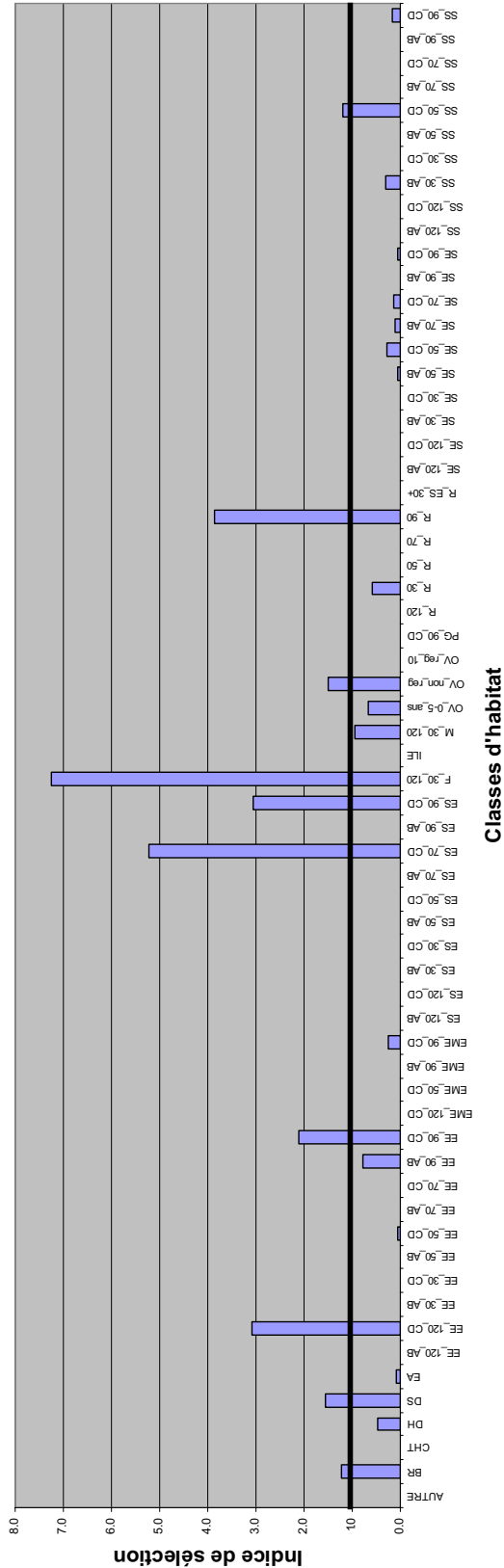


Figure 3. Sélection fine GJ-53 : localisations annuelles versus domaine vital

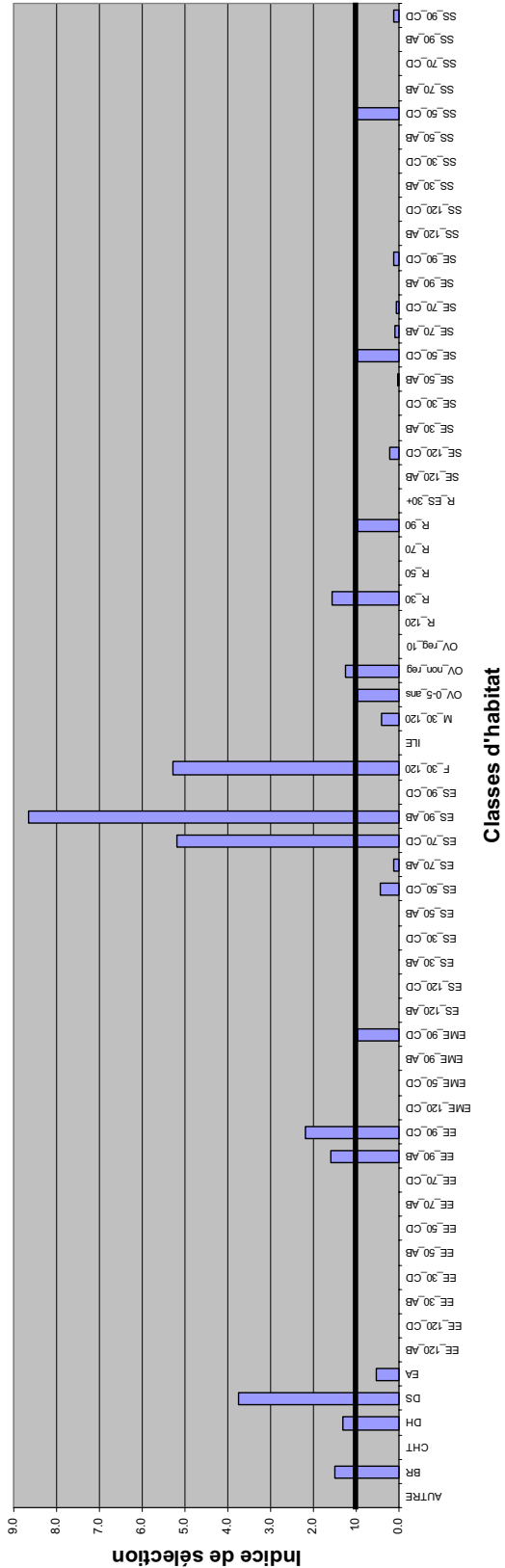


Figure 4. Sélection fine GJ-54 : localisations annuelles versus domaine vital

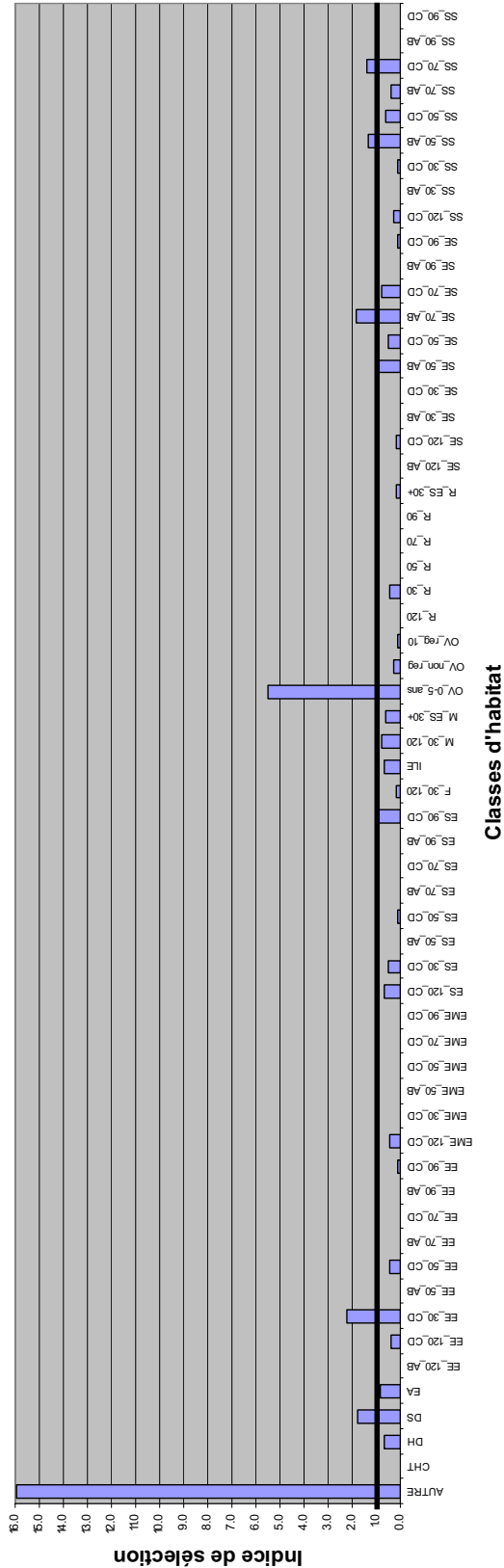


Figure 5. Sélection fine GJ-55 : localisations annuelles versus domaine vital

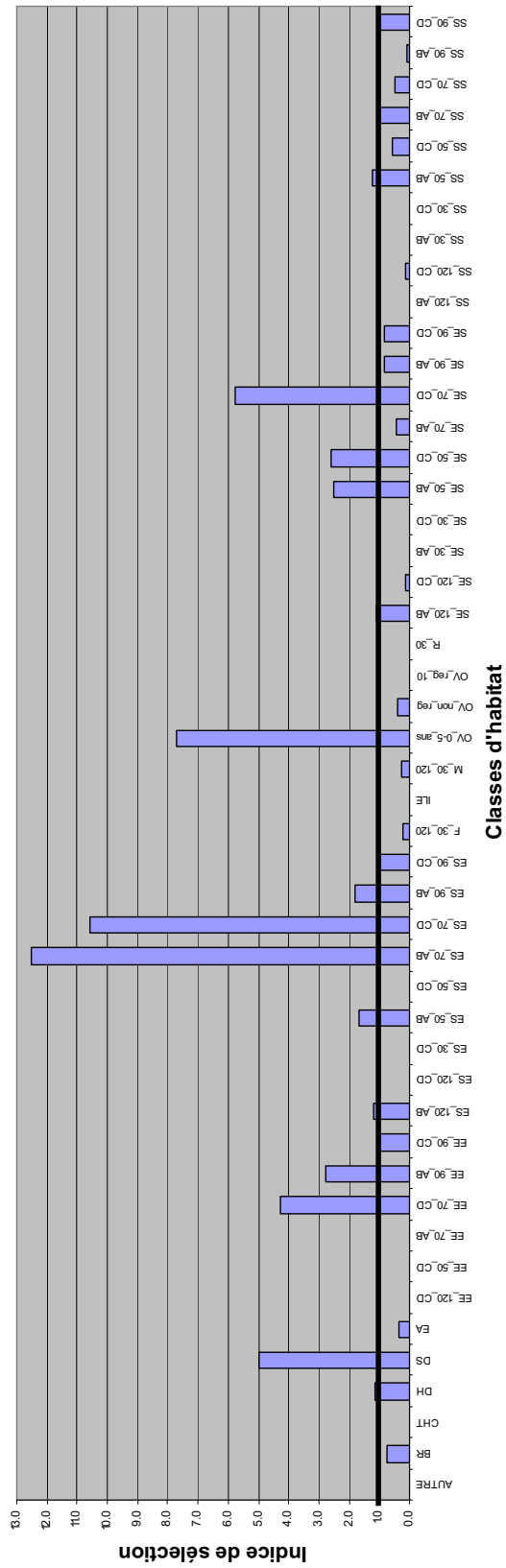


Figure 6. Sélection fine GJ-57 : localisations annuelles versus domaine vital

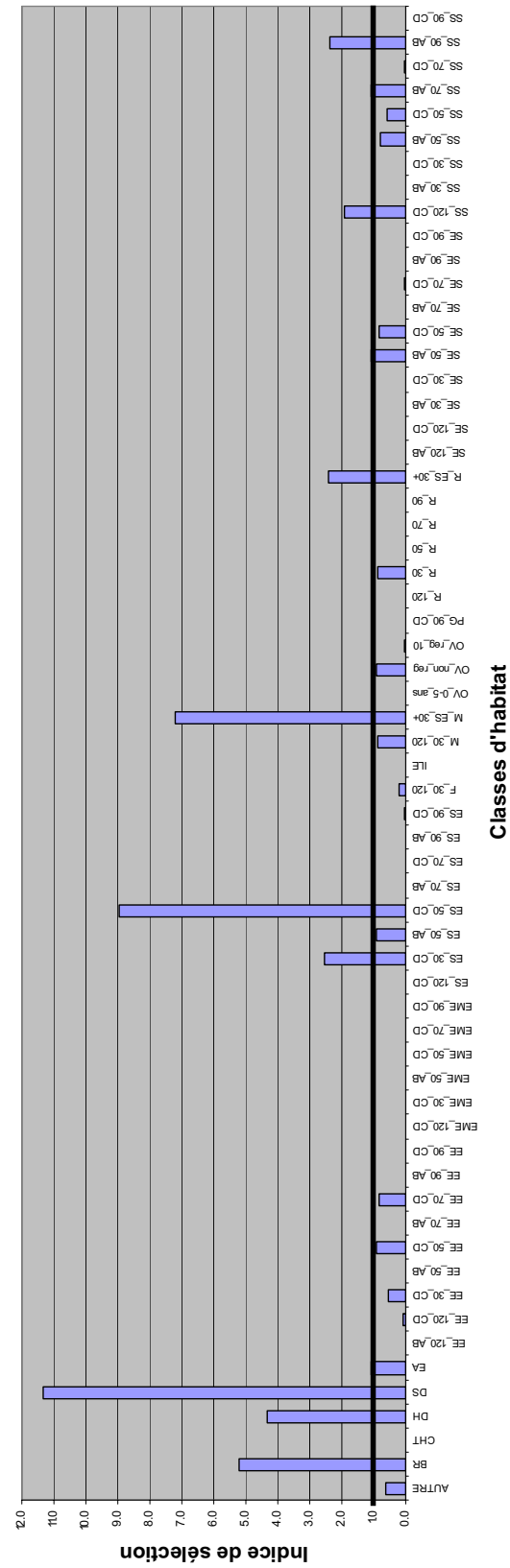


Figure 7. Sélection fine GJ-59 : localisations annuelles versus domaine vital

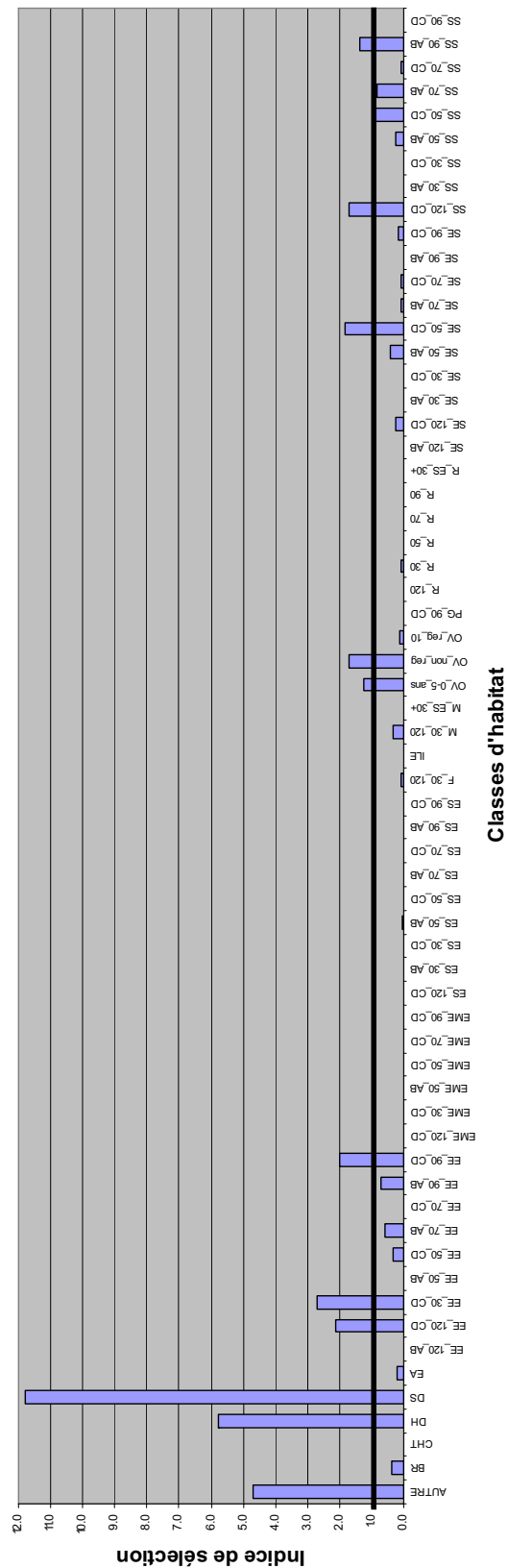


Figure 8. Sélection fine GJ-62 : localisations annuelles versus domaine vital

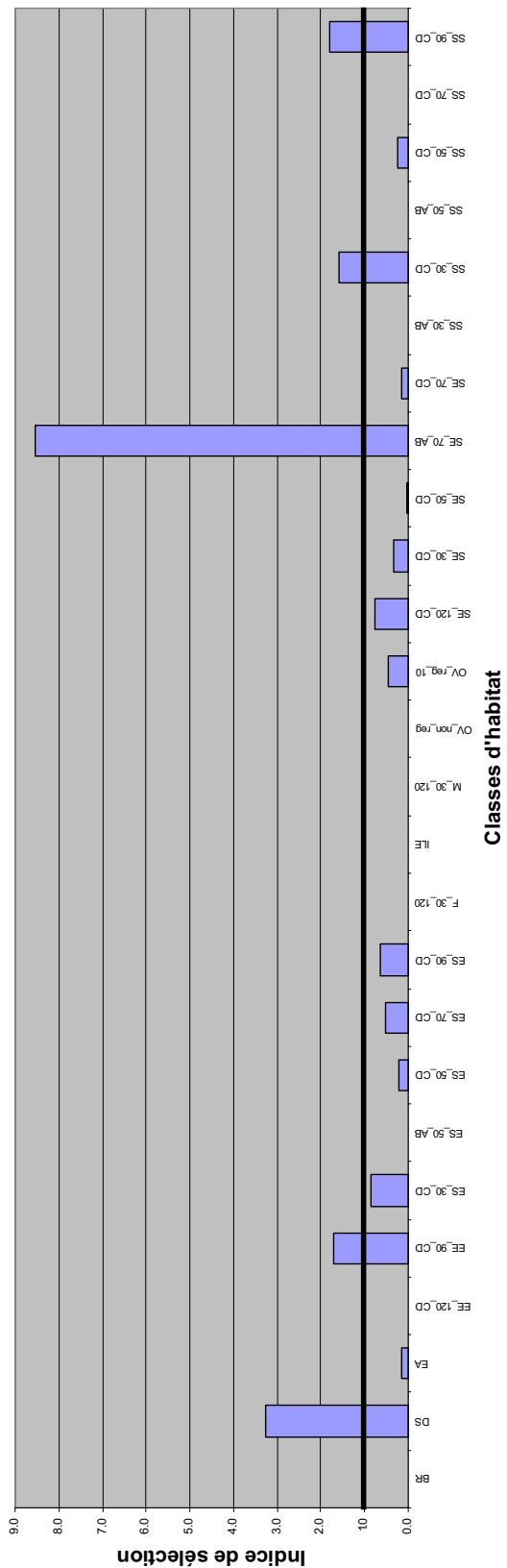


Figure 9. Sélection fine GJ-63 : localisations annuelles versus domaine vital

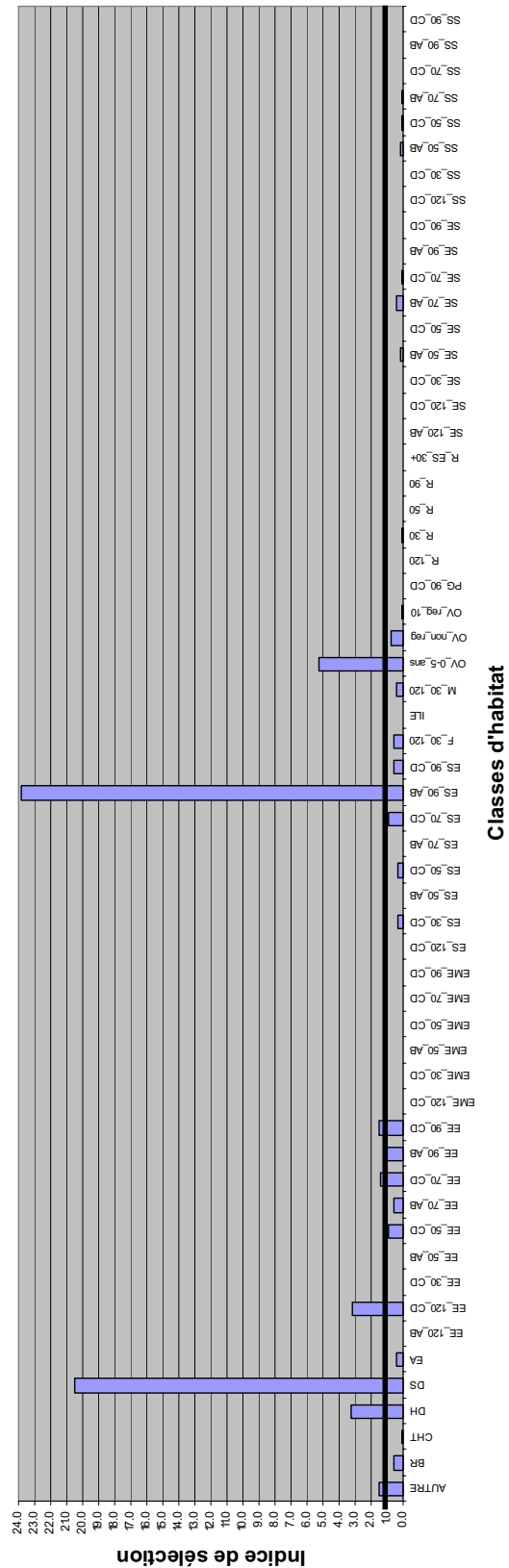


Figure 10. Sélection fine GJ-64 : localisations annuelles versus domaine vital

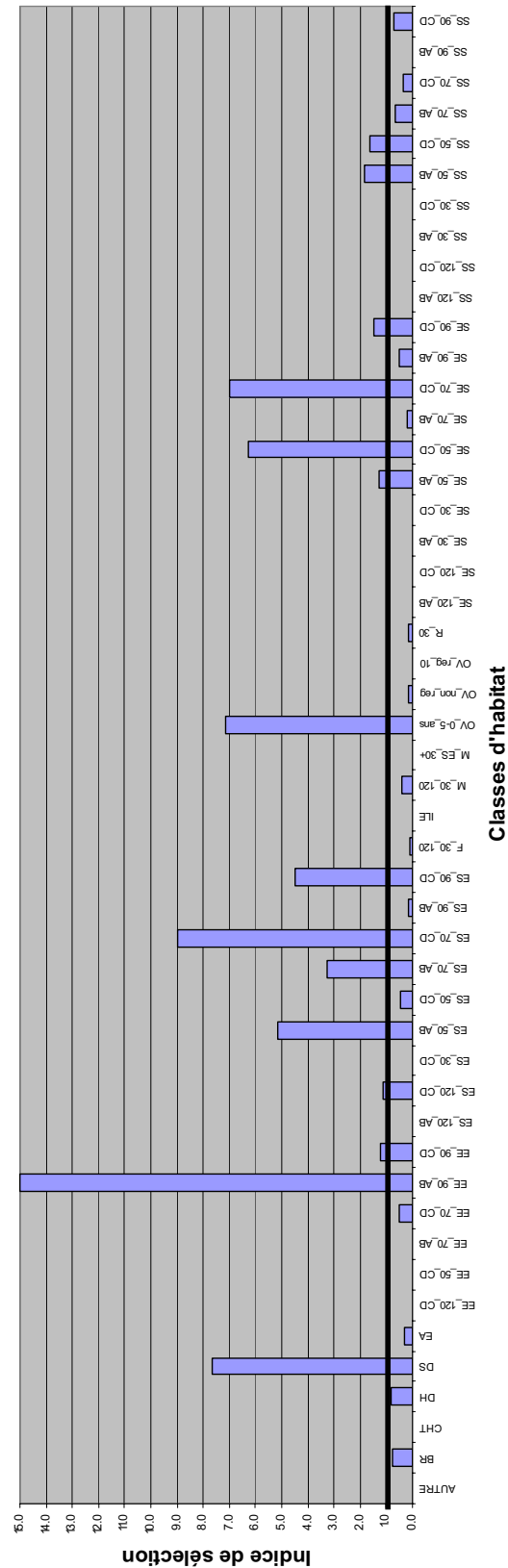


Figure 11. Sélection fine GJ-65 : localisations annuelles versus domaine vital

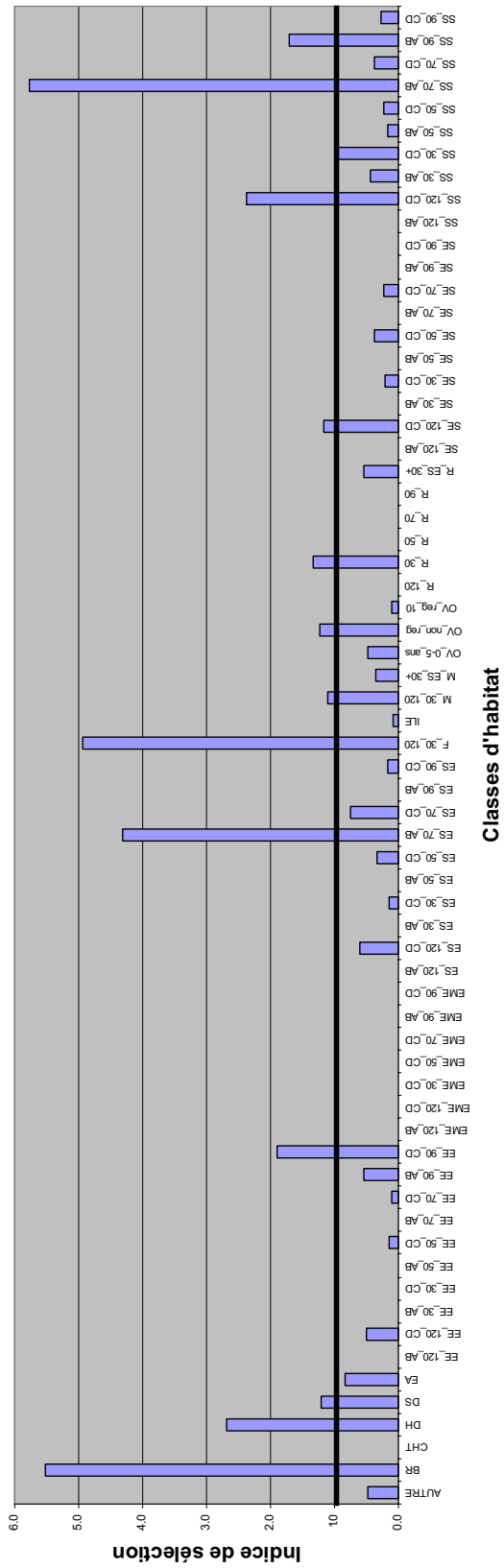


Figure 12. Sélection fine GJ-66 : localisations annuelles versus domaine vital

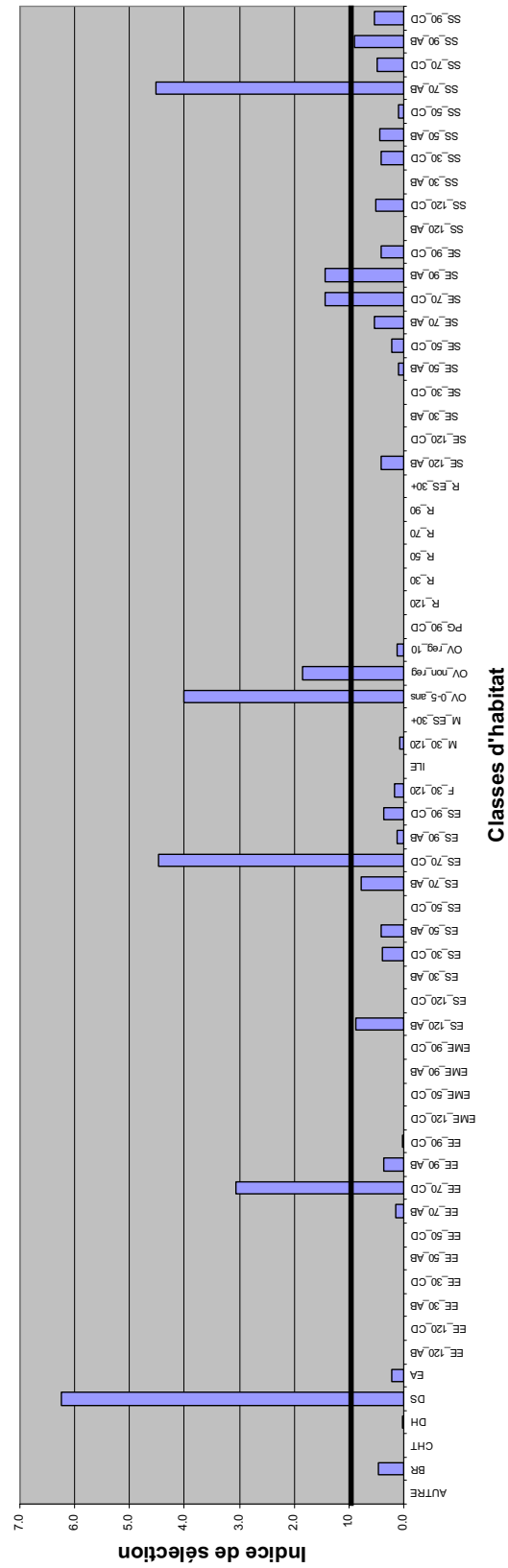


Figure 13. Sélection fine GJ-67 : localisations annuelles versus domaine vital

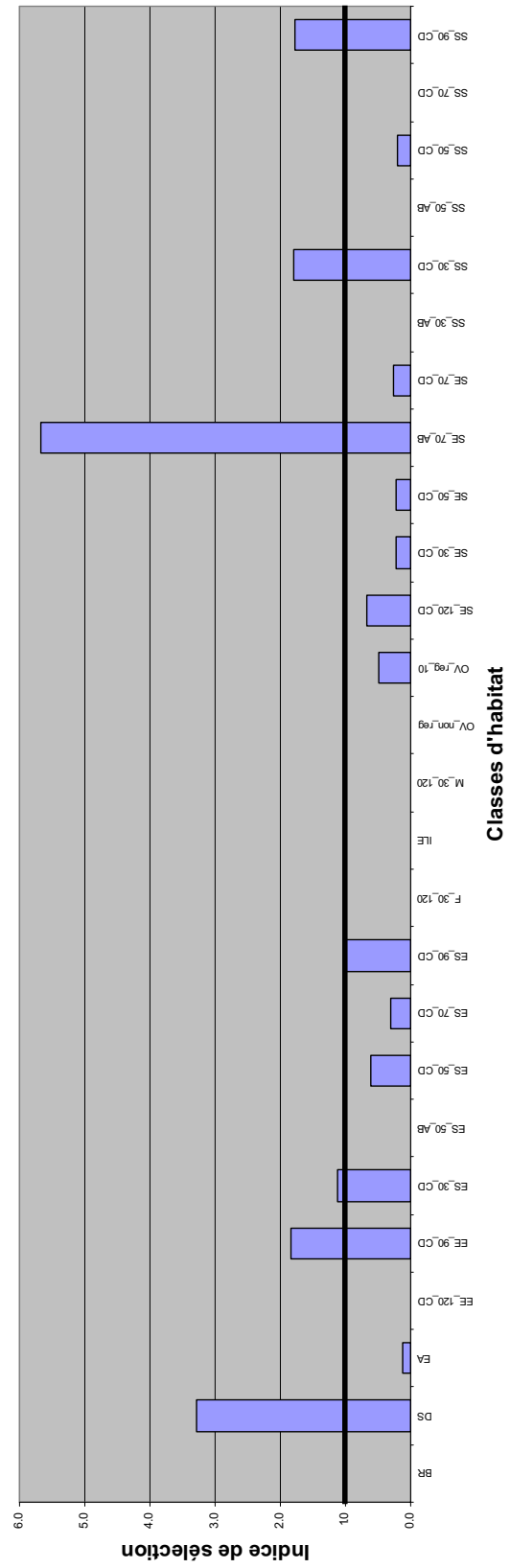


Figure 14. Sélection fine GJ-68 : localisations annuelles versus domaine vital