

Sélection des sites de repos par le Cerf (Cervus elaphus L.) et le Chevreuil (Capreolus capreolus L.) vivant en sympatrie en forêt tempérée de moyenne montagne

Christophe Baltzinger

▶ **To cite this version:**

Christophe Baltzinger. Sélection des sites de repos par le Cerf (Cervus elaphus L.) et le Chevreuil (Capreolus capreolus L.) vivant en sympatrie en forêt tempérée de moyenne montagne. Autre [q-bio.OT]. ENGREF (AgroParisTech), 2003. Français. NNT : 75ENGREF09 . tel-00005727

HAL Id: tel-00005727
https://pastel.hal.science/tel-00005727

Submitted on 5 Apr 2004

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ECOLE NATIONALE DU GENIE RURAL, DES EAUX ET DES FORÊTS

N° attribué par la bibliothèque
/ 0 / 3 / E / N / G / R / 0 / 0 / 0 / 3 /

THESE

pour obtenir le grade de

Docteur de l'ENGREF
Spécialité : Sciences Forestières

présentée et soutenue publiquement par

Christophe BALTZINGER

le ***26 septembre 2003***

à ***l'Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts***
Centre de : ***Paris***

TITRE : Sélection des sites de repos
par le Cerf (*Cervus elaphus* L.) et le Chevreuil (*Capreolus capreolus* L.)
vivant en sympatrie en forêt tempérée de moyenne montagne.

devant le jury suivant :

M. Michel DENIS	Directeur d'unité *Cemagref,* examinateur
M. Hervé FRITZ	Chargé de recherche au CNRS-CEBC, rapporteur
M. François KLEIN	Directeur du CNERA Cervidés-Sanglier, ONCFS, examinateur
M. Robert MAUGET	Professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle, rapporteur
M. Claude MILLIER	Directeur de recherche ENGREF, président du jury
M. Dominique PÉPIN	Directeur de recherche INRA-IRGM, directeur de thèse

Une brève histoire de thèse

L'histoire de mes premiers pas dans la recherche débute lors de mon DEA à Montpellier sous la direction de Jean-Louis Martin, qui m'a fait connaître le Cerf à queue noire et le Thuya géant sur les îles de la Reine Charlotte. Deux mois et demi de terrain sont passés en Colombie Britannique à effectuer à la fois le terrain de mon DEA (**annexe II**) et l'installation de dispositifs pour ma poursuite en thèse, confirmée par le comité scientifique des bourses FCPR (Formation Complémentaire par la Recherche) de l'ENGREF. J'avais bien bu de l'eau de cette source des îles de la Reine Charlotte dont l'histoire raconte que si on en boit on revient forcément sur les îles. Mais je n'y suis pas retourné.

En effet, au moment de débuter ma thèse, alors que le ministère de l'agriculture avait d'abord donné son accord pour la poursuite en thèse avec J.L. Martin, la bourse FCPR m'est finalement refusée.

A cette époque j'avais le choix entre un poste de gestion ou bien poursuivre dans la recherche ; à moi la charge de trouver un organisme en l'espace de 2 à 3 mois, susceptible de m'accueillir pour continuer en thèse, sur un sujet à définir. C'est à cette occasion que par l'intermédiaire de M. Buffet de l'ENGREF à Nancy, je suis rentré en contact avec M. Denis. Il m'a informé que mon profil intéressait le responsable du département gestion des territoires du *Cemagref*, D. Terrasson.

A cela suit une première rencontre à Nogent-sur-Vernisson avec l'équipe, à l'époque, *"Faune Sauvage"* : P. Ballon, J.P. Hamard, Y. Boscardin, M. Denis, N. Morellet : un sacré jury pour mon DEA tout chaud sous le bras. Puis j'ai rencontré D. Terrasson qui a confirmé mon affectation au *Cemagref* de Nogent-sur-Vernisson pour y effectuer une thèse sur un sujet toujours à définir. Arrivée sur place mi-janvier 1998.

S'ensuit une phase de documentation sur les sujets abordés par l'équipe "*Faune Sauvage*" et les problématiques actuellement débattues sur les ongulés sauvages en lien à la gestion forestière. De cette phase de recherche bibliographique sortent deux sujets de thèse potentiels : le premier traite de la "morphométrie des bois comme indice de qualité des populations de cervidés" et le second de l'"approche de la valeur refuge du milieu forestier pour le Cerf". L'équipe m'avait orienté plutôt sur le Cerf que sur le Chevreuil et plutôt sur la valeur refuge du milieu forestier que sur la valeur alimentaire, qui était et reste à ce jour une des principales thématiques de l'équipe. N. Morellet m'a alors invité à contacter J.M. Gaillard pour discuter des 2 sujets. Me voilà parti à Lyon un vendredi matin, un peu perdu. L'entrevue est courte, J.M. Gaillard, étonné de mes questions et de ma démarche me souffle juste qu'il ne croit pas trop à ces histoires d'asymétrie fluctuante et de stabilité de développement, ce qui met un terme au premier sujet. Et finalement, me voilà parti sur l'étude de la valeur refuge du milieu forestier et des couchettes de Cerf et de Chevreuil.

Il fallait encore trouver un directeur de thèse, et c'est par téléphone que D. Pépin m'accorde la faveur de bien vouloir diriger mon travail. S'en suit une première visite à Toulouse à l'IRGM pour discuter du sujet choisi avec tous les membres présents du laboratoire. Le terrain se déroulera dans les Cévennes où l'équipe de l'IRGM mène un programme sur le Cerf. Mon inscription en thèse débute officiellement en décembre 1998, à l'ENGREF.

A cette époque, je suis toujours sursitaire du service militaire et espère bien terminer ma thèse avant de partir au service. C'est ici compter sans la bienveillance du ministère de la défense : mes reports année après année sont arrivés à bout. Il me manque juste un an pour finir ma thèse. J'envoie une lettre soutenue par D. Pépin à A. Richard, alors ministre de la défense, pour obtenir une année de report supplémentaire. La réponse est négative, nous sommes en février/mars 2000. L'idée d'un service militaire en caserne ne m'enchante guère et je recherche donc un poste de coopérant ou bien de volontaire à l'aide technique (service long de 16 mois) et c'est la Guyane qui se dessine à l'horizon. Le départ est effectif au 1er

octobre 2000. La thèse est alors temporairement interrompue. Au retour, en février 2002, je reprends ma thèse pour la finir maintenant en septembre 2003.

En août 2002, lors du colloque "5th International Deer Biology Congress" à Québec, j'ai rencontré S. Stockton, l'étudiant canadien qui a finalement repris le sujet sur l'influence du Cerf à queue noire sur la végétation des îles de la Reine Charlotte, sujet que je devais traiter initialement sous la direction de J.L. Martin, la boucle est bouclée. La petite histoire est terminée.

Remerciements

Merci à R. Mauget et H. Fritz d'avoir accepté d'être les rapporteurs de cette thèse, à D. Pépin, C. Millier, F.Klein (encouragé par Sonia et Eric à Bar-le-Duc) et M. Denis d'en être les examinateurs.

Merci aux différents membres de mon comité de pilotage de thèse rarement réuni au complet : P. Duncan, H. Verheyden et P. Ballon à l'occasion et J.C. Hervé, J.M. Gaillard, F. Klein, M. Denis, et D. Pépin.

Merci à Jean-Louis pour les cerfs à queue noire. Merci à Michel pour m'avoir repêché.

Merci à l'équipe *Faune Sauvage*, maintenant *Habicer* pour leur accueil : à Dominique, Philippe, Jean-Pierre, Michel, Yves, Pascal, Jean, Vincent et Léo.

Merci à Gilles, toujours disponible, pour ses différents coups de main en informatique.

Merci à Michel pour m'avoir aiguillé le premier sur les poils. Merci à J. Reich de l'ENV Toulouse et à G. Rouhaut de l'INRA d'Orléans pour l'initiation à l'analyse microscopique des poils, à A. Keller pour sa documentation.

Merci à D. Pépin pour le coup de pouce et l'analyse génétique des poils au CBGP à Montpellier. Merci à Jeff. Merci à Max, équipier et encadrant de choc qui a guidé mes premiers pas dans les méthodes de biologie moléculaire. Bon rétablissement.

Merci à Matthieu Mandret de m'avoir pris comme maître de stage pour son BTS et aux bons moments passés ensemble.

Merci à l'équipe de l'IRGM et au Parc National des Cévennes pour l'hébergement à la maison du Parc de Pont de Montvert.

Merci à J. de Kermabon, R. Larchevêque, Y. Bruc, S. Hugonnet, J.M. Fabre, A. et O. Rival du Parc National des Cévennes.

Merci à D. Maurin, J. Cuinat, S. Tabusse, L. Malgouyres, et J. Rouveyrand de l'Office National des Forêts.

Merci à la bande des thésards pour les conseils, Pierre-Cyril, Christophe A., Christophe Bon., Christophe Bou. (moi c'est Christophe Ba.), Manu, Fanou , Patrick et Philippe.

Merci pour avoir surmonté mes manques de motivation.

Merci à tous ceux que j'ai oubliés.

Merci à toute ma famille.

A Marie, à Salomé !

Sommaire

Sommaire…… **I**
Liste des annexes……**IV**
Index des tableaux……**V**
Index des figures……**X**

Introduction…… **13**

Chapitre I. Présentation du système étudié……**15**
I1. Les espèces étudiées : le Cerf et le Chevreuil……15
I1.1 Systématique……... 15
I1.2 Morphologie comparée…….. 15
I1.3 Cycles biologiques…….. 16
I1.4 Stratégie alimentaire……...16
I1.5 Rythme d'activité…… 17
I2. Le site d'étude : la Forêt Domaniale du Bougès, Parc National des Cévennes……17
I2.1 Localisation…….. 17
I2.2 Topographie…… 17
I2.3 Climat…… 17
I2.4 Groupements végétaux et essences dominantes…… 18
I2.5 Activités humaines et interactions avec la faune……...18
I2.5.1 Le tourisme au cours des saisons……... 18
I2.5.2 La chasse et l'évolution des populations de Cerf et de Chevreuil……..…18

Chapitre II. Matériel et méthodes…… **19**
II1. Méthode d'échantillonnage……... 19
II1.1 Transect : description, localisation…….. 19
II1.2 Procédure d'échantillonnage……... 22
II1.3 Localisation des reposées……..…22
II2. Mesures de l'habitat……...24
II2.1 Variables de végétation……24
II2.1.1 Différents types de couvert……..24
II2.1.2 Composition et structure du peuplement forestier……...26
II2.2 Topographie et dérangement……...27
II2.2.1 Topographie……...27
II2.2.2 Dérangement et distance à différents tracés linéaires…… 28
II2.3 Description de la reposée et autres indices de présence……28
II3. Méthodes d'analyse des données……30
II3.1 Effort d'échantillonnage……31
II3.2 Structure des données appariées…… 32
II3.2.1 Approche univariée……...32
II3.2.2 Approche multivariée : régression logistique par paire……...33

Chapitre III. Reposées de Cerf, reposées de Chevreuil : critères d'identification……**35**
III1. Au travers des indices de présence et des caractéristiques de la reposée……35
III1.1 Les reposées……..35
III1.2 Les grattis……... 35
III1.3 Les fèces……..…36
III1.4 Les empreintes de patte……...36
III1.5 Les frottis, les écorçages et les coulées……37
III1.6 Les poils……..37
III1.6.1 Examen à l'œil nu……..…37

III1.6.2 Analyse microscopique……37
III1.6.3 Analyse génétique……38
III2. A partir d'ADN extrait de poils prélevés sur les reposées (**Annexe I**)…….. 38
III3. La taille des reposées est-elle un bon indicateur pour différencier Cerf et Chevreuil?..39
III3.1 Evolution de la taille des reposées au cours du temps……...39
III3.2 Taille des reposées de Cerf et de Chevreuil……39

Chapitre IV. Utilisation de l'habitat forestier par les cervidés……... **42**
IV1. Transects et types de peuplements rencontrés……...42
IV2. Utilisation de l'habitat à l'échelle du peuplement forestier……..44
IV2.1 Démarche……...44
IV2.2 Sélection à l'échelle du peuplement forestier par les cervidés……..46
IV2.3 Sélection à l'échelle du peuplement forestier par le Cerf et le Chevreuil…… 47

Chapitre V. Sélection des sites de repos par le Cerf et le Chevreuil à l'échelle du microhabitat…… **51**
V1. Généralités sur les données……51
V1.1 Effort total d'échantillonnage…… 51
V1.2 Structure des mesures de couvert en hiver……...52
V2. Sélection des sites de repos par le Cerf……53
V2.1 Sélection des sites de repos par le Cerf en hiver…… 53
V2.1.1 Effectif total des reposées de Cerf en hiver……53
V2.1.2 Sélection des sites de repos par le Cerf pendant l'hiver 2……53
V2.1.3 Sélection des sites de repos par le Cerf pendant l'hiver 1……61
V2.1.4 Synthèse sur la sélection des sites de repos par le Cerf en hiver…… 62
V2.2 Sélection des sites de repos par le Cerf en été……...63
V2.2.1 Effectif total des reposées de Cerf en été……63
V2.2.2 Sélection des sites de repos par le Cerf pendant l'été 1…… 63
V2.2.3 Sélection des sites de repos par le Cerf pendant l'été 2…… 71
V2.2.4 Synthèse sur la sélection des sites de repos par le Cerf en été……...79
V2.3 Sélection des sites de repos par le Cerf : évolutions saisonnières……82
V2.3.1. A l'échelle du peuplement forestier……...82
V2.3.2. A l'échelle du microhabitat…… 83
V3. Sélection des sites de repos par le Chevreuil……... 84
V3.1. Sélection des sites de repos par le Chevreuil en hiver……...84
V3.1.1 Effectif total des reposées de Chevreuil en hiver…… 84
V3.1.2 Sélection des sites de repos par le Chevreuil pendant l'hiver 1……84
V3.1.3 Sélection des sites de repos par le Chevreuil pendant l'hiver 2……92
V3.1.4 Synthèse sur la sélection des sites de repos par le Chevreuil en hiver...99
V3.2. Sélection des sites de repos par le Chevreuil en été……..101
V3.2.1 Effectif total des reposées de Chevreuil en été…….. 101
V3.2.2 Sélection des sites de repos par le Chevreuil pendant l'été 1……...101
V3.2.3 Sélection sites de repos par le Chevreuil pendant l'été 2…….. 108
V3.2.4 Synthèse sur la sélection des sites de repos par le Chevreuil en été…..116
V3.3. Sélection des sites de repos par le Chevreuil : évolutions saisonnières…… 118
V3.3.1 A l'échelle du peuplement forestier…… 118
V3.3.2 A l'échelle du microhabitat…….. 118

Chapitre VI. Comparaison interspécifique entre Cerf et Chevreuil : ségrégation ou cohabitation ?…….. **120**
VI1. En hiver…….. 120
VI1.1 A l'échelle du peuplement forestier…… 120
VI1.2 A l'échelle du microhabitat…….. 121
VI1.3 Synthèse sur la comparaison des patrons de sélection entre Cerf et Chevreuil en hiver…… 123

VI2. En été……124
VI2.1 Pendant l'été 1…… 124
VI2.1.1 A l'échelle du peuplement forestier……124
VI2.1.2 A l'échelle du microhabitat…… 124
VI2.2 Pendant l'été 2…… 125
VI2.2.1 A l'échelle du peuplement forestier…… 125
VI2.2.2 A l'échelle du microhabitat…… 127
VI2.3 Synthèse sur la comparaison des patrons de sélection entre Cerf et Chevreuil en été…… 127

Chapitre VII. Discussion…… **129**
VII1. Sélection de l'habitat : aspects méthodologiques…… 129
VII1.1 Cadre général……129
VII1.1.1 Observations indirectes…… 129
VII1.1.2 Observations directes…… 130
VII1.2. Quelles méthodes pour des espèces sympatriques ?……130
VII1.2.1 Comment distinguer Cerf et Chevreuil ?……130
VII1.2.2 Comment étudier les interactions ?…… 131
VII1.3 Réflexions sur notre étude…… 132
VII1.3.1 Démarche……132
VII1.3.2 Patrons de sélection……132
VII2. Sélection de l'habitat : différence entre préférence et besoin vital…… 133
VII2.1 Mise en évidence d'un besoin vital……133
VII2.2 Préférence……134
VII3. Sélection des sites de repos à l'échelle du peuplement forestier…… 135
VII3.1. Typologie des peuplements forestiers……135
VII3.2. Se reposer ou bien manger ?…… 136
VII3.3. Cerf et Chevreuil : question d'échelle……137
VII4. Sélection des sites de repos à l'échelle du microhabitat……139
VII4.1 Stratégie antidérangement, antiprédation……139
VII4.1.1 La visibilité……139
VII4.1.2 Le couvert…… 141
VII4.2 Recherche de confort thermique……142
VII4.2.1 En hiver…… 143
VII4.2.2 En été…… 144
VII5. Les ongulés sympatriques et les relations interspécifiques……145
VII5.1 Influence de la prédation…… 145
VII5.2 Modalités de la coexistence……146
VII5.2.1. Evitement réciproque ou choix différents ?……146
VII5.2.2. Compétition interspécifique ?…… 147

Références bibliographiques…… **151**

Résumé…… **161**

Summary…… **162**

Liste des travaux réalisés au cours de la thèse…… **163**

Annexes…… **164**

Liste des annexes

Annexe I. Galan M., Baltzinger C., Hewison A. J. M. et Cosson J.-F. Deer species identification using DNA extracted from hair samples and the polymerase chain reaction (PCR) method. A soumettre dans Wildlife Society Bulletin…… **164**

Annexe II. Martin J.-L. et Baltzinger C. 2002. Interaction among deer browsing, hunting, and tree regeneration. Canadian Journal of Forest Research 32: 1254-1264……**180**

Index des tableaux

Tableau 1. Systématique comparée des 2 Ongulés étudiés : le Cerf élaphe (*Cervus elaphus hippelaphus*) et le Chevreuil (*Capreolus capreolus*)……..**15**

Tableau 2. Eléments de comparaison morphologique entre Cerf élaphe et Chevreuil…..…..**16**

Tableau 3a. Caractéristiques des transects installés et parcourus sur la Forêt Domaniale du Bougès : dénomination, longueur (en km) et campagne d'échantillonnage……..**19**

Tableau 3b. Conditions météorologiques pendant les 4 campagnes de terrain……..**21**

Tableau 4. Descriptif des différentes classes d'estimation du couvert horizontal et latéral relevées sur le terrain…… **25**

Tableau 5. Définition des catégories utilisées : Petits Bois, Bois Moyens, Gros Bois et Très Gros Bois, en fonction du diamètre à 1.30m ($Ø_{1.30m}$) pour les feuillus et pour les résineux……**27**

Tableau 6a. Définition et abréviations des principaux termes et variables utilisés……..**29**

Tableau 6b. Récapitulatif de l'effort d'échantillonnage par campagne d'échantillonnage en distinguant les reposées décrites par espèce d'une part et les reposées non décrites d'autre part……**31**

Tableau 7. Récapitulatif des présences d'empreintes (Cerf, Chevreuil et Indéterminé) en fonction des 4 campagnes de terrain effectuées sur la Forêt Domaniale du Bougès, et pourcentage d'identification : (Cerf+Chevreuil) /effectif…… **36**

Tableau 8. Dimensions (Longueur, L et largeur, l) des reposées de Cerf et de Chevreuil de la Forêt Domaniale du Bougès identifiées par analyse génétique (n=73 pour le Cerf, n=73 pour le Chevreuil)…… **40**

Tableau 9. Effort d'échantillonnage des différents types de peuplement au travers de la distance parcourue par la totalité des transects……**44**

Tableau 10. Demi-largeur (en mètres) du transect prospectée par type de peuplement et par saison, estimée à partir de 95% des données……**45**

Tableau 11a. Surface (en hectares) parcourue et disponibilité entre parenthèses par type de peuplement et par campagne d'échantillonnage……**45**

Tableau 11b. Proportions des reposées de cervidés détectées par type de peuplement par rapport au total des reposées détectées (valeurs observées) par campagne de terrain…… **46**

Tableau 12a. Effectif et pourcentage des reposées décrites par rapport au total des reposées repérées (décrites et non décrites) le long des transects par campagne d'échantillonnage……**48**

Tableau 12b. Proportions des reposées de Cerf décrites par type de peuplement par rapport au total des reposées décrites (valeurs observées) par campagne de terrain…… **48**

Tableau 12c. Proportions des reposées de Chevreuil décrites par type de peuplement par rapport au total des reposées décrites (valeurs observées) par campagne de terrain……**48**

Tableau 13. Effort d'échantillonnage et effectif total des couples (reposée, point apparié) de Cerf et de Chevreuil par campagne de terrain……**51**

Tableau 14. Coefficient de corrélation entre les différents couvert ligneux et résineux, dans les strates comprises entre 0 et 4 m de hauteur sur la totalité des données (Cerf et Chevreuil) pendant l'hiver 1 (n=72) et l'hiver 2 (n=124). Les valeurs des variables utilisées sont les différences entre reposée et point apparié……..…..**52**

Tableau 15. Effectif total par campagne hivernale des reposées de Cerf recensées le long des transects sur la Forêt Domaniale du Bougès, en fonction du nombre total de reposées présentes 10 m autour de la reposée mesurée (n_R) et du point apparié (n_A)……**53**

Tableau 16. Récapitulatif de l'ensemble des variables testées pour la sélection des reposées par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès (hiver 2, $n_R>n_A$). Le test-T apparié de Student est utilisé sauf *, qui signifie l'utilisation d'un test des signes de Wilcoxon. Les variables significatives au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique*…… **55**

Tableau 17. Description des modèles obtenus pour la sélection des reposées par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2, $n_R>n_A$) : AICc, déviance expliquée (%) et signe des variables retenues……**56**

Tableau 18. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #4 (+Asol +CLl0.5 -Vm) pour la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès l'hiver 2 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour l'ajout de n-unité à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé…… **58**

Tableau 19. Synthèse des modèles retenus pour la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2) en fonction des différents cas de figure entre n_R et n_A (descriptif, effectif, déviance du modèle nul et déviance expliquée (%))…..… **60**

Tableau 20. Récapitulatif des variables significatives l'hiver 1 et des variables retenues dans les modèles l'hiver 2, pour la sélection des reposées de cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 1, $n_R>n_A$). Le test-T de Student est utilisé sauf * qui signifie l'utilisation d'un test des signes de Wilcoxon. Les variables significatives au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique*……..**61**

Tableau 21. Effectif total par campagne estivale des reposées de Cerf recensées le long des transects sur la Forêt Domaniale du Bougès en fonction du nombre total de reposées présentes 10 m autour de la reposée mesurée (n_R) et du point apparié (n_A)……**63**

Tableau 22. Récapitulatif de l'ensemble des variables testées pour la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 1). Le test-T de Student est utilisé sauf * qui signifie l'utilisation d'un test des signes de Wilcoxon. Les variables significatives au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique*…… **66**

Tableau 23. Description des modèles obtenus pour la sélection des reposées par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 1) : AICc, déviance expliquée (%) et signe des variables retenues……... **67**

Tableau 24. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #1 pour la sélection des reposées par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 1 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé…….. **67**

Tableau 25. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #2 (+ CLr2 - CHsl0.5 + Chf4) pour la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès l'été1 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé…….. **69**

Tableau 26. Récapitulatif de l'ensemble des variables testées pour la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 2, $n_R>n_A$). Le test-T de Student est utilisé sauf * qui signifie l'utilisation d'un test des signes de Wilcoxon. Les variables significatives au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique*…... **73**

Tableau 27. Description des modèles obtenus pour la sélection des reposées par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 2) : AICc, déviance expliquée (%) et signe des variables retenues……... **74**

Tableau 28. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #1 pour la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 2 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé……. **75**

Tableau 29. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #2 pour la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 2 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé……. **76**

Tableau 30. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #3 pour la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 2 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé……. **76**

Tableau 31. Synthèse des modèles retenus pour la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 2) en fonction des différents cas de figure entre n_R et n_A (descriptif, effectif, déviance du modèle nul et déviance expliquée (%))……. **78**

Tableau 32. Effectif total par campagne hivernale des reposées de Chevreuil recensées le long des transects sur la Forêt Domaniale du Bougès, en fonction du nombre total de reposées présentes 10 m autour de la reposée mesurée (n_R) et du point apparié (n_A)…….. **84**

Tableau 33. Récapitulatif de l'ensemble des variables testées pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 1, $n_R>n_A$). Le test-T de Student est utilisé sauf * qui signifie l'utilisation d'un test des signes de Wilcoxon. Les variables significatives au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique*…... **86**

Tableau 34. Description des modèles obtenus pour la sélection des reposées par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 1, $n_R>n_A$) : AICc, déviance expliquée (%) et signe des variables retenues…….. **87**

Tableau 35. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #1 (+ CLl2 - Dist-rf + CHsl0.5) pour les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 1, $n_R>n_A$) : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé…….. **88**

Tableau 36. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #2 pour les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 1, $n_R>n_A$) : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé……... **89**

Tableau 37. Synthèse des modèles retenus pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2) en fonction des différents cas de figure entre n_R et n_A (descriptif, effectif, déviance du modèle nul et déviance expliquée (%))…… **91**

Tableau 38. Récapitulatif de l'ensemble des variables testées pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2, $n_R>n_A$). Le test-T de Student est utilisé sauf * qui signifie l'utilisation d'un test des signes de Wilcoxon. Les variables significatives au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique*…...**93**

Tableau 39. Description des modèles obtenus pour la sélection des reposées par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2) : AICc, déviance expliquée (%) et signe des variables retenues…… **94**

Tableau 40. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #1 (- CHh0.5 + CLl2 + Grg) pour les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2) : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé…… **95**

Tableau 41. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #2 pour les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2) : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé……..**96**

Tableau 42. Synthèse des modèles retenus pour la sélection des reposées par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2) en fonction des différents cas de figure entre n_R et n_A (descriptif, effectif et déviance expliquée (%))…….. **98**

Tableau 43. Effectif total par campagne estivale des reposées de Chevreuil recensées le long des transects sur la Forêt Domaniale du Bougès, en fonction du nombre total de reposées présentes 10 m autour de la reposée mesurée (n_R) et du point apparié (n_A)…… **101**

Tableau 44. Récapitulatif de l'ensemble des variables testées pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 1). Le test-T de Student est utilisé sauf * qui signifie l'utilisation d'un test des signes de Wilcoxon. Les variables significatives au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique*….**104**

Tableau 45. Description des modèles obtenus pour la sélection des reposées par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 1) : AICc, déviance expliquée (%) et signe des variables retenues…….. **105**

Tableau 46. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #1 pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 1 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé……...**105**

Tableau 47. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #2 pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 1 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé……...**106**

Tableau 48. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #3 pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 1 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé……...**106**

Tableau 49. Récapitulatif de l'ensemble des variables testées pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 2, $n_R>n_A$). Le test-T de Student est utilisé sauf * qui signifie l'utilisation d'un test des signes de Wilcoxon. Les variables significatives au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique*….**110**

Tableau 50. Description des modèles obtenus pour la sélection des reposées par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 2) : AICc, déviance expliquée (%) et signe des variables retenues…….. **111**

Tableau 51. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #1 pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 2 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé……...**112**

Tableau 52. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #2 pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 2 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé……...**112**

Tableau 53. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #3 pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 2 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé……...**113**

Tableau 54. Synthèse des modèles retenus pour la sélection des reposées par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 2) en fonction des différents cas de figure entre n_R et n_A (descriptif, effectif et déviance expliquée (%)……...**115**

Tableau 55. Comparaison des différentes variables sur les sites de repos des chevreuils et des cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2). Les colonnes "sélection locale" indiquent si une variable est recherchée (+) ou évitée (-). Les résultats significatifs au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique*……**122**

Tableau 56. Comparaison des différentes variables sur les sites de repos des chevreuils et des cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 1). Les colonnes "sélection locale" indiquent si une variable est recherchée (+) ou évitée (-).Les résultats significatifs au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique*…….. **125**

Tableau 57. Comparaison des différentes variables sur les sites de repos des chevreuils et des cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 2). Les colonnes "sélection locale" indiquent si une variable est recherchée (+) ou évitée (-).Les résultats significatifs au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique*…….. **126**

Index des figures

Figure 1. Transects, routes ouvertes et routes fermées à la circulation sur la Forêt Domaniale du Bougès…… **20**

Figure 2. Positionnement des reposées et points appariés sur une portion du transect IN pendant l'hiver 1…….. **23**

Figure 3. Evolution de la taille de 15 reposées de Chevreuil sur le domaine des Barres (Loiret) en hiver en fonction du temps (T_0+1s = 1 semaine après la détection de la Reposée, T_0+2s = 2 semaines ...)…… **39**

Figure 4. Effectif des reposées de Cerf (en gris) et de Chevreuil (en noir) sur la Forêt Domaniale du Bougès en fonction d'un indice de taille, décliné par classes de 10 cm……..**40**

Figure 5. Types de peuplements traversés par les transects sur la Forêt Domaniale du Bougès…….. **43**

Figure 6. Indice de préférence de Jacobs pour l'utilisation comme sites de repos des différents types de peuplement par les cervidés (Cerf et Chevreuil regroupés) de la Forêt Domaniale du Bougès, en fonction de la saison…… **47**

Figure 7. Indice de préférence de Jacobs pour l'utilisation des différents types de peuplement par le Cerf et le Chevreuil sur la Forêt Domaniale du Bougès pour se reposer, en fonction de la saison (hivers 1 et 2, étés 1 et 2)…….. **49**

Figure 8. Visibilité moyenne (en m) dans les 4 directions cardinales autour de la reposée et du point apparié pour les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2, $n_R > n_A$)…… **57**

Figure 9. Graphique diagnostic du modèle #4 retenu dans la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver2, $n_R > n_A$) : ΔX^2 en fonction de π, la taille des points est proportionnelle à Δβ……**59**

Figure 10. Corrélation entre la différence de visibilité moyenne (Vm) et la différence de recouvrement semi-ligneux à moins de 50 cm du sol (CHsl0.5) observées entre reposées et points appariés pour les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2, $n_R > n_{A)}$. En pointillé, les limites de l'intervalle de confiance à 95%……..**60**

Figure 11. Visibilité moyenne (en m) dans les 4 directions cardinales autour de la reposée et du point apparié pour les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été1). * indique une différence significative entre reposée et point apparié au seuil de 5%…….…. **64**

Figure 12. Boîte à moustache des recouvrements semi-ligneux (CHsl0.5) et d'herbacées (CHh0.5) à moins de 50 cm du sol sur la reposée (Rep.) et le point apparié (App.) concernant l'été les données Cerf l'été 1. ** indique une différence significative au seuil de 1%. La boîte bleue contient 50% des données (entre le 1er et le 3ème quartile), avec la médiane matérialisée en rouge et l'intervalle de confiance à 95% qui correspond à la zone rétrécie. Les bornes inférieure et supérieure correspondent à 1.5 fois l'interquartile, les points extrêmes sont identifiés en dehors de ces bornes……**65**

Figure 13. Graphique diagnostic du modèle #1 dans la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 1 : ΔX^2 en fonction de π, la taille des points est proportionnelle à Δβ…… **68**

Figure 14. Graphique diagnostic du modèle #2 retenu dans la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 1) : ΔX^2 en fonction π, la taille des points est proportionnelle à Δβ……..**70**

Figure 15. Boîte à moustache du couvert latéral résineux à moins de 50 cm du sol (CLr0.5) et entre 0.5 et 2 m de hauteur (CLr2) sur la reposée (Rep.) et le point apparié (App.), concernant les données Cerf l'été 2……**71**

Figure 16. Visibilité moyenne (en m) dans les 4 directions cardinales autour de la reposée et du point apparié pour les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 2, $n_R>n_A$). * indique une différence significative entre reposée et point apparié au seuil de 5%……..**72**

Figure 17. Graphiques diagnostic des 3 modèles retenus dans la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 2 : ΔX^2 en fonction de π, la taille des points est proportionnelle à Δβ. Pour les modèles #1 et #2, l'axe des ordonnées est coupé pour faire place à un point isolé, et pour caler les 3 figures sur la même échelle…… **77**

Figure 18. Boîte à moustache du couvert ligneux du sous-étage (CHl4), du recouvrement herbacé (CHh0.5) et du recouvrement semi-ligneux (CHsl0.5) sur la reposée (Rep.) et le point apparié (App.), concernant les données Cerf l'été 1. ** indique une différence significative au seuil de 1%…… **80**

Figure 19. Indice de préférence de Jacobs pour l'utilisation des différents types de peuplement comme sites de repos par le Cerf sur la Forêt Domaniale du Bougès : comparaison hiver 2 / été 2…… **82**

Figure 20. Visibilité moyenne (en m) dans les 4 directions cardinales autour de la Reposée et du point Apparié pour les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 1, $n_R>n_A$). * indique une différence significative entre Reposée et Apparié au seuil de 5%…… **85**

Figure 21. Graphique diagnostic du modèle # 1 retenu dans la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 1, $n_R>n_A$) : ΔX^2 en fonction de π, la taille des points est proportionnelle à Δβ……..**88**

Figure 22. Graphique diagnostic du modèle # 2 retenu dans la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 1, $n_R>n_A$) : ΔX^2 en fonction de π avec la taille des points proportionnelle à Δβ……**90**

Figure 23. Visibilité moyenne (en m) dans les 4 directions cardinales autour de la reposée et du point apparié pour les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2, $n_R>n_A$)…… **92**

Figure 24. Graphique diagnostic du modèle #1 (- CHh0.5 + CLl2 + Grg) retenu dans la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2, $n_R>n_A$) : ΔX^2 en fonction de π avec la taille des points est proportionnelle à Δβ..… **96**

Figure 25. Graphique diagnostic du modèle #2 retenu dans la sélection des sites de repos pour les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2) : ΔX^2 en fonction de π, la taille des points est proportionnelle à Δβ……**97**

Figure 26. Boîte à moustache des Visibilités amont (Vam) et moyenne (Vm) autour des reposées et des points appariés pour les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 1. ** indique une différence au seuil de 1%, *** au seuil de 1‰…… **102**

Figure 27. Visibilité moyenne (en m) dans les 4 directions cardinales autour de la reposée et du point apparié pour les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 1). * indique une différence significative au seuil de 5%…….. **102**

Figure 28. Boîte à moustache du couvert latéral ligneux entre 0.5 et 2 m (CLl2) et du pourcentage de surface terrière en petits bois (%pb) entre reposée et point apparié pour les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 1. * indique une différence au seuil de 5%…… **103**

Figure 29. Graphiques diagnostic des 3 modèles retenus (#1, #2 et #3) dans la sélection des reposées par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 1 : ΔX^2 en fonction π, la taille des points est proportionnelle à Δβ. Les flèches indiquent les points avec la valeur de Δβ maximum pour chaque modèle. La taille des points est à la même échelle entre les 3 modèles…….. **107**

Figure 30. Boîte à moustache du couvert de la canopée (Ct, Cr et Cf) au dessus de la reposée (Rep.) et du point apparié (App.). * indique une différence au seuil de 5%……**109**

Figure 31. Graphiques diagnostic des 3 modèles retenus dans la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 2 : ΔX^2 en fonction de π, la taille des points est proportionnelle à Δβ. Les 3 figures sont mis à la même échelle……**114**

Figure 32. Indice de préférence de Jacobs pour l'utilisation des différents types de peuplement comme sites de repos par le Chevreuil sur la Forêt Domaniale du Bougès : comparaison hiver/été, année 1 et 2……..**118**

Figure 33. Indicateurs des populations Cerf et Chevreuil (réalisations plan Chevreuil, réalisations plan Cerf, IPF (Indice de Pression sur la Flore), et IK (Indice Kilométrique) Chevreuil de 1995 à 2001 sur a) le Bougès Nord et b) le Bougès Sud……**149**

Introduction

Le Cerf (*Cervus elaphus*) et le Chevreuil (*Capreolus capreolus*) sont deux espèces de cervidés qui abondent en Europe. Ils connaissent depuis quelques décennies une forte expansion démographique et géographique (Gill, 1990; Kuiters, Mohren *et al.*, 1997) qui les conduit de plus en plus souvent à utiliser le même habitat.

Le Cerf et le Chevreuil sont par ailleurs deux grands herbivores qui évoluent en milieu forestier. Naiman, (1988) souligne qu'ils sont […] *bien plus que des composants passifs des systèmes écologiques* […], ils jouent un rôle majeur dans la composition et la structuration des écosystèmes forestiers. L'augmentation de leurs populations fait que leur présence en milieu forestier devient problématique. En effet, le seul fait de s'alimenter, qui paraît naturel d'un point de vue écologique, l'est beaucoup moins d'un point de vue économique puisque cela engendre des dégâts qui contrarient les objectifs de gestion forestière (Reimoser et Gossow, 1996).

En France, particulièrement, les prédateurs naturels du Cerf et du Chevreuil ne jouent plus leur rôle de régulation des populations, et c'est l'Homme, qui par la chasse peut moduler les effectifs de Cerf et de Chevreuil.

Le question de la gestion des populations de Cerf et de Chevreuil en forêt, ne se pose plus simplement en terme de régulation d'effectifs, mais aussi en terme de gestion forestière, c'est-à-dire que l'on a tendance à rechercher un mode de gestion qui réalise un compromis entre les objectifs économiques des forestiers et la présence des cervidés.

Le comportement alimentaire (Hofmann, 1989) et le régime alimentaire du Cerf et du Chevreuil (Tixier et Duncan, 1996; Cornelis, Casaer *et al.*, 1999; Gebert et Verheyden-Tixier, 2001) font partie des connaissances acquises. De même, la valeur alimentaire et la distribution des ressources alimentaires en fonction de la structure et de la composition des peuplements forestiers sont bien connues (Denis, 1988; Ballon, Guibert *et al.*, 1991; Lakière, Normant *et al.*, 2001).

Pourtant le milieu forestier, vu par un cervidé, ne se résume pas à sa seule valeur alimentaire : il se décline en termes de valeur alimentaire et de valeur refuge. Or, si l'on sait prédire la valeur alimentaire, la valeur refuge des peuplements forestiers est moins connue.

On entend par valeur refuge, la capacité d'un milieu à protéger ou à fournir un abri. Pour le Cerf ou le Chevreuil, la valeur refuge du milieu forestier se définit comme la capacité du milieu d'une part à le protéger contre le dérangement et la prédation et d'autre part, à tempérer les conditions climatiques défavorables. Physiquement, la valeur refuge correspond aux différentes sources de couvert du milieu : végétation et topographie.

L'utilisation de l'habitat forestier par les cervidés n'est pas une problématique récente. En effet, de nombreux travaux ont été menés aussi bien sur le Chevreuil (Bideau, Vincent *et al.*, 1983; Vincent, Bideau *et al.*, 1986; Cibien et Sempéré, 1989; Aulak et Babinska-Werka, 1990 ; Guillet, Bergström *et al.*, 1995; Maillard, Morellet *et al.*, 1999) que sur le Cerf (Schaal, 1982; Hamann, Klein *et al.*, 1991; Morellet, Guibert *et al.*, 1996; Hamann, Klein *et al.*, 1997; Klein et Hamann, 1999). Mysterud et Østbye, (1995) note cependant que ces travaux omettent généralement de considérer que les cervidés ont typiquement un rythme d'activité qui alterne des phases d'alimentation et des phases de repos. Ces phases de repos occupent pour le Chevreuil (Cederlund, 1981; Jeppesen, 1989) et pour le Cerf (Fichant, 1976) cité par Bonnet et Klein, (1991), environ 50% de leur temps.

Par ailleurs, un habitat peut être favorable pour s'alimenter et défavorable pour se reposer. Il est donc nécessaire de bien distinguer les observations en fonction de l'activité des individus quand on traite de la sélection de l'habitat (Zollner, Smith *et al.*, 2000).

Quelques travaux traitent de l'utilisation de l'habitat par le Cerf et le Chevreuil en sympatrie (Batcheler, 1960; Staines et Welch, 1984 ; Latham, Staines *et al.*, 1997 ; San José, Braza *et al.*, 1997 ; Smit, 2002). Cependant, de nombreux auteurs, dont Duncan, Tixier *et al.*, (1998) ; Latham, (1999) ; Bartos, Vankova *et al.*, (2002) soulignent l'état fragmentaire des connaissances dans ce domaine et en particulier pour ce qui concerne les relations interspécifiques entre les cervidés en milieu forestier, et en particulier des modalités de la sympatrie.

Une des approches de la valeur refuge pour les cervidés en milieu forestier consiste à étudier l'utilisation de l'habitat des animaux en réaction à une source de dérangement (Jeppesen, 1982, 1987a, b; Ingold, Tissier *et al.*, 1998).

Cependant et au vu des travaux existants et des besoins exprimés pour traiter de l'utilisation du milieu forestier par les cervidés, nous proposons d'aborder la valeur refuge du milieu forestier d'une autre manière en nous intéressant plus particulièrement à la sélection des sites de repos (reposées) par le Cerf et le Chevreuil évoluant en sympatrie.

Etudier la valeur refuge du milieu forestier nécessite de prendre en compte à la fois *i)* la structure et la composition des peuplements forestiers, caractéristiques qui déterminent les ressources en couvert du milieu et *ii)* les variations de ces ressources liées à la saisonnalité de la végétation.

Notre démarche a consisté en trois principales étapes :

i) un travail préliminaire a cherché à identifier les sites de repos de Cerf et de Chevreuil à partir d'indices de présence récoltés sur les sites de repos ;

ii) nous avons ensuite étudié les patrons de sélection des sites de repos du Cerf, puis du Chevreuil. Nous avons abordé la sélection des sites de repos à plusieurs échelles spatiales (peuplement forestier et microhabitat) et temporelle (saison).

iii) Nous avons finalement comparé les patrons de sélection exprimés par le Cerf et le Chevreuil aux différentes échelles indiquées.

Cette étude s'est déroulée au sein du Parc National des Cévennes, dans la Forêt Domaniale du Bougès. Elle s'intègre d'une part aux travaux menés par l'équipe *Habicer* au *Cemagref* à Nogent-sur-Vernisson, sur l'écologie des cervidés et les interactions "populations - habitat". D'autre part, elle fait également partie d'un programme de recherche plus spécifique mené par l'Institut de Recherche sur les Grands Mammifères, INRA de Toulouse, sur les déterminants de l'occupation de l'espace et de la sélection de l'habitat par le Cerf au moyen du GPS (Adrados, 2002).

Chapitre I . Présentation du système étudié

I1. Les espèces étudiées : le Cerf et le Chevreuil

I1.1 Systématique

Le Cerf élaphe (Cerf dans la suite du document) et le Chevreuil sont 2 grands mammifères herbivores qui appartiennent à la famille des cervidés (**tableau 1**). Ils sont largement répandus en France.

Tableau 1. Systématique comparée des 2 Ongulés étudiés : le Cerf élaphe (*Cervus elaphus hippelaphus*) et le Chevreuil (*Capreolus capreolus*).

Classe :	Mammifères	
Super Ordre :	Ongulés	
Ordre :	Artiodactyles	
Sous-ordre :	Ruminants	
Famille :	Cervidés	
Sous-famille :	Cervinés	Odocoileinés
Genre :	Cervus	Capreolus
Espèce :	*elaphus*	*capreolus*
Sous-espèce étudiée :	*hippelaphus*	-
Nom vernaculaire :	**Cerf élaphe**	**Chevreuil**

I1.2 Morphologie comparée

Quelques critères morphologiques sont consignés dans le **tableau 2**.

Le Cerf élaphe est le plus grand Cervidé d'Europe. Le Cerf présente un fort dimorphisme sexuel de taille. Clutton-Brock, Guinness *et al.*, (1982) en viennent même à séparer l'écologie et le comportement du mâle et de la femelle.

Le Chevreuil est un petit Cervidé forestier**.** Il existe un léger dimorphisme de taille, les mâles sont un peu plus lourds que les femelles (Loison, Gaillard *et al.*, 1999). Comme chez le Cerf, seul le mâle porte généralement des bois.

Dans la suite du document, nous traitons du Chevreuil chinois (*Capreolus pygargus bedfordi*). Le Chevreuil européen est plus petit que le Chevreuil sibérien (*Capreolus pygargus*), la masse corporelle de ce dernier varie entre 32 et 49 kg, et entre 32 et 40 kg pour ce qui concerne la sous-espèce chinoise (Danilkin et Hewison, 1996).

Tableau 2. Eléments de comparaison morphologique entre Cerf élaphe et Chevreuil.

mesures morphométriques	Cerf élaphe (*Cervus e. h.*)	Chevreuil (*Capreolus c.*)	références
masse corporelle	♂ : 170 à 220 kg ♀ : 90 à 130 kg	♂ : 23.7 à 32.0 kg ♀ : 18.0 à 30.0 kg	(Bonnet et Klein, 1991 ; Danilkin et Hewison, 1996)
hauteur au garrot	♂ : 120 cm ♀ : 114 cm	♂ : 66.0 à 80.7 cm ♀ : 66.0 à 83.3 cm	(Corbet et Southern, 1977 ; Danilkin et Hewison, 1996)
longueur du corps : nez-postérieur	♂ : 201 cm ♀ : 180 cm	♂ et ♀ : 106 à 112 cm	(Corbet et Southern, 1977)
dimorphisme de taille (masse ♂/♀)	1.49	1.04	(Loison, Gaillard *et al.*, 1999)

I1.3 Cycles biologiques

Pour le Cerf, le rut a lieu de septembre à octobre, le mâle se nourrit peu et peut perdre jusqu'à 20% de son poids. La gestation chez la femelle dure 8 mois environ et la mise bas a lieu de mai à juin. Les besoins énergétiques sont les plus forts pendant la lactation.

Pour le Chevreuil, le rut a lieu de mi-juillet à mi-août, le mâle est territorial durant toute la période de reproduction (d'avril-mai à juin-juillet). La gestation chez la femelle dure 10 mois (avec une diapause embryonnaire d'août à fin décembre) et la mise bas a lieu en mai.

Chez les 2 espèces, les jeunes sont précoces et passent rapidement la plupart du temps éloignés de leur mère, cachés : ce sont des espèces de type "*hider*" (Lent, 1974).

I1.4 Stratégie alimentaire

Hofmann, (1989) classe le Chevreuil comme "*concentrate selector*", c'est-à-dire qu'il se nourrit de petites quantités d'aliments riches tels que les fruits, graines, dicotylédones, feuilles d'arbres et arbustes et le Cerf comme un "*intermediate feeder*", c'est-à-dire que son régime alimentaire se compose d'un mélange d'aliments fibreux et non concentrés, comme les graminées et d'aliments dits concentrés (feuillus, conifères, dicotylédones). L' "*intermediate feeder*" est censé varier son régime alimentaire au cours des saisons en fonction de la disponibilité des divers aliments.

Gebert et Verheyden-Tixier, (2001) dans leur revue du régime alimentaire du Cerf en Europe, se basant sur l'analyse de contenus stomacaux, montrent cependant que le Cerf en Europe se nourrit essentiellement d'aliments concentrés (feuilles, dicotylédones, fruits et graines) et les graminées ne composent qu'un tiers de leur diète.

A ce titre, Cerf et Chevreuil sont potentiellement en compétition alimentaire en hiver pour les semi-ligneux à feuilles persistantes, les graines et les fruits.

I1.5 Rythme d'activité

Les Ruminants (dont les cervidés) ont un rythme d'activité du type alimentation/repos/ alimentation.

Pendant l'hiver, le Chevreuil passe 55 à 60% de son temps pour les phases de repos/rumination réparties en à peu près en 8 séquences, alors qu'il y consacre 45-50% de son temps en été réparties sur une douzaine de séquences (Cederlund, 1981, 1989; Jeppesen, 1989).

Fichant, (1976) cité dans Bonnet et Klein, (1991) étudie une harde de Cerf élaphe et montre que les animaux passent annuellement 46 % du temps couchés. Selon Craighead, Craighead *et al.*, (1973), le Wapiti (*Cervus elaphus nelsoni*) passe 56% de son temps couché en hiver réparti sur environ 4 séquences (2 de jour, 2 de nuit), il n'y consacre que 41% de son temps en été sur un nombre de séquences plus variables : de 3 à 9. Georgii, (1980) montre que le rythme d'activité du Cerf élaphe varie en fonction de la structure de l'habitat. L'alternance des phases de repos et d'activité est plus régulière dans les milieux qui procurent couvert et alimentation entremêlés.

Le Cerf et le Chevreuil passent environ la moitié de leur temps couchés, lors de phases repos/rumination.

I2. Le site d'étude : la Forêt Domaniale du Bougès, Parc National des Cévennes

I2.1 Localisation

Le massif du Bougès se trouve dans le département de la Lozère, il fait partie des Cévennes, au sud-est du Massif Central, dans la zone périphérique du Parc National des Cévennes (PNC dans la suite du document).

La Forêt Domaniale du Bougès (FDB dans la suite du document) fait partie du massif du Bougès, elle couvre 3200 ha. Ce massif est orienté Est-Ouest, et est limité par la vallée du Tarn au Nord et par la vallée de la Mimente au Sud. La FDB se situe entre 3°44' et 3°50' de longitude Est et 44°16' et 44°22' de latitude Nord.

I2.2 Topographie

La FDB occupe les 2 versants de la montagne du Bougès entre 790 et 1398 m d'altitude (sommet des 3 fayards). Une crête orientée Est-Ouest sépare les versants Nord et Sud.

Le versant Nord présente des pentes moyennes (de 10 à 50%), le versant Sud est plus escarpé avec des pentes fortes (souvent supérieur à 50%), et une influence méditerranéenne en bas de versant. 2917 ha appartiennent au secteur atlantique (périmètre du Tarn) et 283 ha au secteur méditerranéen (périmètre de la Cèze).

I2.3 Climat

Les stations climatiques de référence sont celles de Pont de Montvert (875 m) et de St Maurice de Ventalon (990m). Le climat est de type montagnard et est caractérisé par des hivers froids et des étés relativement chauds : la température minimale moyenne journalière

en hiver est comprise entre - 4°C et -2°C en Janvier et la température maximale moyenne journalière en été est comprise entre +15 et +26°C en Juillet.

Les vents dominants sont le vent du Nord-Ouest, qui amène le froid en hiver et le *midi*, vent du Sud-Est qui amène les précipitations. Les précipitations moyennes annuelles sont de 2000 mm. Les gelées sont fréquentes de novembre à avril, on compte en moyenne 30 jours de neige. La saison de végétation couvre 180 jours de mai à octobre.

I2.4 Groupements végétaux et essences dominantes

Versant Nord (secteur atlantique), la forêt s'étage du montagnard inférieur au montagnard supérieur. Les séries passent de la chênaie-hêtraie à la hêtraie-sapinière puis à la hêtraie-pure. Versant Sud (secteur méditerranéen), la forêt est située dans les étages submontagnard, série du hêtre et du chêne rouvre et montagnard série du hêtre et du sapin.

La FDB présente peu de milieux ouverts, mais plutôt des milieux semi-ouverts qui correspondent aux jeunes plantations d'essences résineuses. Les milieux ouverts correspondent plutôt aux ouvertures créées par les différentes pistes.

Les essences forestières dominantes sont le Hêtre (*Fagus sylvatica*), le Chêne (*Quercus petraea*) et le Bouleau (*Betula verrucosa*) pour les feuillus, le Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*), le Sapin (*Abies alba*) et l'Epicéa (*Picea abies*) pour les résineux.

I2.5 Activités humaines et interactions avec la faune

I2.5.1 Le tourisme au cours des saisons

La FDB est située à proximité de Pont de Montvert, centre important de villégiature estivale en Hautes Cévennes. Le massif est particulièrement fréquenté en été par les randonneurs pédestres, équestres et les VTT. En automne, les peuplements sont activement parcourus par des cueilleurs de champignons : c'est la période de plus fort dérangement pour la faune. En cas d'enneigement, le ski de fond est également pratiqué en hiver (ONF, 1991).

I2.5.2 La chasse et l'évolution des populations de Cerf et de Chevreuil

La chasse s'exerce dans le cadre de la réglementation particulière du PNC. La FDB est divisée entre une zone ouverte à la chasse (1457 ha) et une zone interdite à la chasse (1743 ha) (**figure 1**). Cerf, Chevreuil et Sanglier sont chassés.

Le Cerf et le Chevreuil sont soumis à des plans de chasse, le Cerf depuis 1981, le Chevreuil depuis 1985. Les populations de Cerf et de Chevreuil ont depuis nettement augmenté. Les prélèvements globaux de chasse sur le PNC pour le Cerf et pour le Chevreuil ont été multipliés par 7 à 8 en 10 ans. Le taux de prélèvement, nombre d'animaux tués pour 100 ha boisés, est passé entre 1989 et 1999 :

- de 0.24 à 1.64 pour le Chevreuil et,
- de 0.06 à 0.51 pour le Cerf.

L'évolution a été identique sur les secteurs de notre étude : Bougès Nord et Sud. Actuellement les réalisations des plans de chasse pour le Cerf augmentent encore, alors qu'elles se stabilisent pour le Chevreuil.

Chapitre II. Matériel et méthodes

II1. Méthode d'échantillonnage

Nous avons étudié la sélection de l'habitat à 2 échelles spatiales : *i)* à l'échelle du peuplement forestier en comparant la proportion de reposées observées par espèce (Cerf/Chevreuil) relativement à la disponibilité de chaque type de peuplement (**cf. § IV.**) et *ii)* localement (échelle du microhabitat) en comparant les caractéristiques des reposées à celles de sites sans reposée (**cf. § V.**)

Nous avons choisi d'échantillonner le milieu forestier de la FDB à partir de transects pour optimiser la surface prospectée. Ces transects sont répartis sur l'ensemble de la FDB (**figure 1**) et traversent tous les types de peuplement. Nous n'avons pas réalisé de stratification préalable sur les types de peuplements forestiers pour déterminer le tracé des transects.

Le long des transects, chaque reposée, indifféremment de Cerf ou de Chevreuil, a fait l'objet de mesures de l'habitat. Ces mesures se rapportent aux deux échelles précédemment citées : *i)* les variables de couvert qui sont associées à l'échelle du microhabitat et *ii)* les variables de surface terrière plus typiquement forestières qui se rapportent à l'échelle du peuplement forestier.

Chaque fois qu'une reposée était décrite, un point choisi aléatoirement dans un rayon maximum de 50 m était également aussitôt décrit en vue d'établir des comparaisons à une échelle locale.

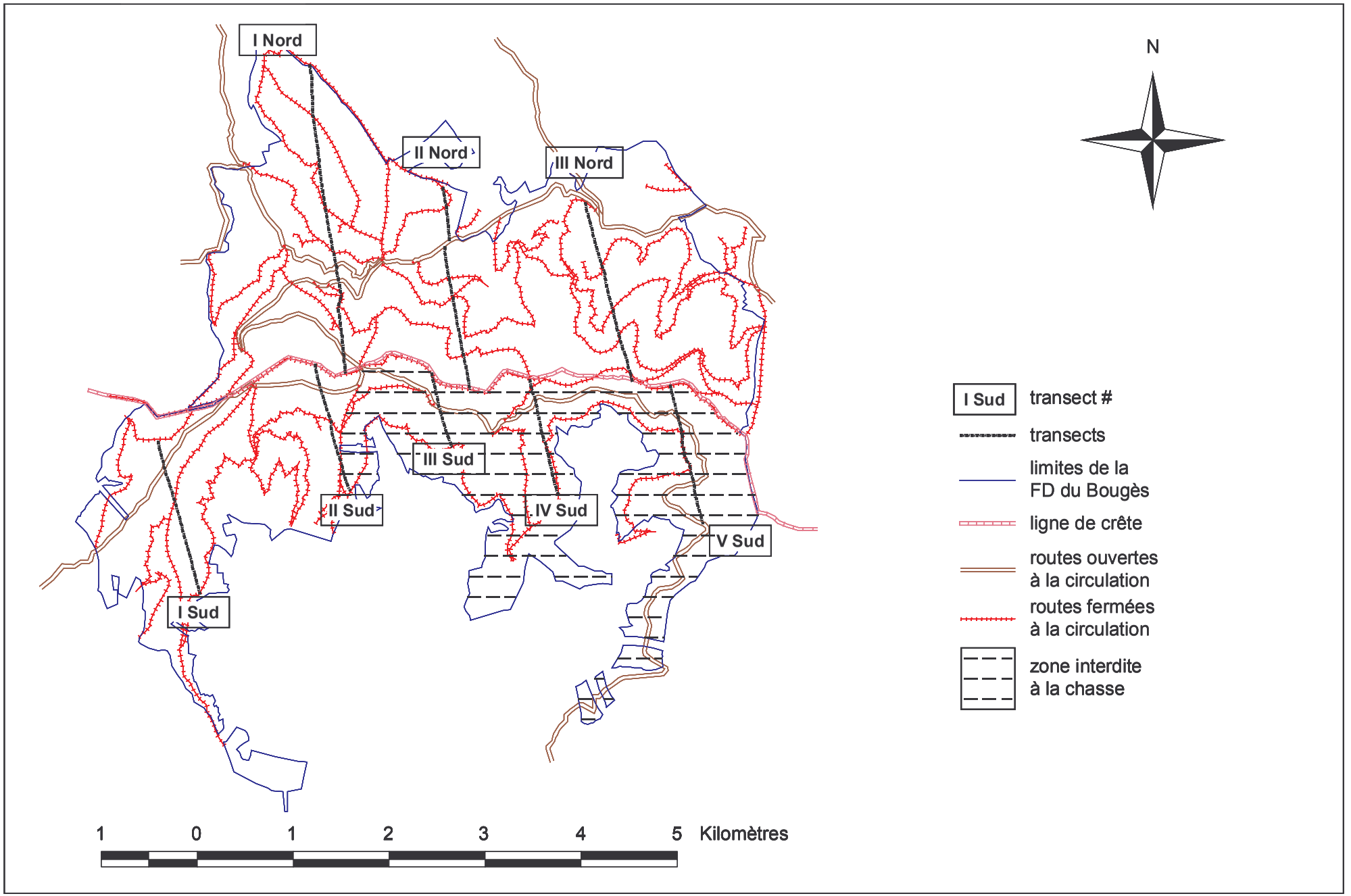
II1.1 Transect : description, localisation

Huit transects, orientés Nord-Sud, ont été installés de manière à couvrir la globalité de la FDB sur les versants Nord et Sud (**figure 1**). Le cheminement a été marqué de signes bleus sur les arbres et arbustes rencontrés pour qu'il reste visible sur la durée de l'étude.

Tableau 3a. Caractéristiques des transects installés et parcourus sur la Forêt Domaniale du Bougès : dénomination, longueur (en km) et campagne d'échantillonnage.

transects	parcelles traversées	longueur	hiver 1	été 1	hiver 2	été 2
I Nord	139, 137, 136, 134, 131, 132, 140, 149, 141a, 141b, 144, 142	3.34	**X**		**X**	**X**
II Nord	123, 121, 119, 118, 114, 110, 109	2.25		**X**	**X**	**X**
III Nord	8a, 8b, 7, 12b, 11, 19, 24, 23	1.95		**X**	**X**	**X**
I Sud	79, 78, 85, 93a, 97, 99	1.76		**X**		**X**
II Sud	73, 72, 74, 82, 80, 67	1.46	**X**		**X**	**X**
III Sud	58, 57, 62	0.87		**X**	**X**	**X**
IV Sud	31, 30, 37, 40, 46, 48	1.29	**X**		**X**	
V Sud	28, 27, 33, 39, 41, 43	1.33			**X**	

Figure 1. Transects, routes ouvertes et routes fermées à la circulation sur la Forêt Domaniale du Bougès.



Les 8 transects n'ont pas tous été parcourus à chaque campagne de terrain pour une question de temps et de calage par rapport à la saison. Nous avons échantillonné le maximum de transects sur une durée maximale d'un mois (**tableau 3a.**).

La longueur totale des transects et la distance par peuplement forestier traversé, ont été calculées sur SIG à partir de points repérés par GPS à chaque changement de parcelle (peuplement forestier). Les transects versant Nord couvrent au total 7.54 km et 6.71 km versant Sud, soit un total de 14.25 km.

Nous avons réalisé 4 campagnes de terrain. Elles se sont déroulées en hiver et en été de l'année 1999 et de l'année 2000, les années sont notées respectivement année 1 et année 2 dans la suite du document. Nous distinguons donc les 4 campagnes comme suit : hiver 1, été 1, hiver 2 et été 2.

L'échantillonnage s'est étalé en hiver du 29 mars au 16 avril et en été du 17 juin au 15 juillet 1999, puis en hiver du 7 au 28 mars et en été du 14 juin au 29 juin 2000.

Les conditions météorologiques de 1999 et 2000 sont consignées pour chaque campagne de terrain dans le **tableau 3b** (Martin et Didon-Lescot, 2000, 2001). Les 2 vents dominants au cours de l'année sont les vent du Nord-Ouest et du Sud-Est qui ont soufflé respectivement 62% et 27% du temps en 1999, 68% et 29% du temps en 2000.

Les campagnes hivernales (hiver 1 et hiver 2) se situent en fin d'hiver avant le débourrement de la végétation. Les conditions sont globalement similaires, les jours de pluie sont 2 fois plus nombreux en hiver 1 qu'en hiver 2, mais la quantité totale de précipitations est similaire.

Les campagnes estivales (été1 et été 2) se situent en début d'été. La seule différence notable entre été 1 et été 2 est liée au régime des précipitations, qui sont trois fois plus abondantes l'été 2.

Tableau 3b. Conditions météorologiques pendant les 4 campagnes de terrain.

année	1999		2000	
campagne	Hiver 1	Eté 1	Hiver 2	Eté 2
mois	Avril	Juin/Juillet	Mars	Juin
Précipitations en mm	85 (-118)*	35 (-47)*	74 (-12)*	107 (+7)*
Température moyenne	[3.3 ; 4.3°C]	+15.9°C	+3.3°C	+13.2°C
Température minimale	-6.3°C	+2.4°C	-5.6°C	+4.4°C
Température maximale	+16.5°C	+25.0°C	+16.2°C	+22.1°C
Nb de jours de vent du N-O	18	24/17	23	24
Nb de jours de vent du S-E	8	5/10	6	5
Nb de jours de pluie	14 (+2)*	8(-2)*/5(-1)*	7 (-3)*	8 (+2)*
Nb de jours de neige	6	-	4	-

* indique entre parenthèses la différence à la moyenne calculée sur la période 1983-1998 pour 1999 et 1983-1999 pour 2000. / indique les 2 valeurs quand la campagne de terrain chevauche 2 mois.

II1.2 Procédure d'échantillonnage

L'étude est exploratoire, et dans cette optique, nous avons répété l'échantillonnage sur 2 années successives (année 1 et année 2).

Nous avons basé notre échantillonnage sur les 2 saisons : hiver et été, qui sont *i)* les plus contrastées climatiquement et *ii)* qui présentent une large étendue des conditions de végétation.

Nous avons échantillonné en cheminant sur la ligne de transect. Chaque reposée visible et repérée depuis la ligne de cheminement du transect a été soumise à un premier examen.

Cet examen consiste à regarder si l'on trouve des poils de cervidés (Cerf ou Chevreuil) sur la reposée.

La présence de poils permet *i)* de dater la reposée (**cf. § III.**) et *ii)* d'identifier l'espèce (Cerf ou Chevreuil) ***a posteriori*** par analyse microscopique et/ou génétique des poils recueillis sur la reposée. Un maximum de 10 poils sont prélevés sur chaque reposée et sont conservés dans des tubes stériles.

En absence de poils, on abandonne cette reposée et on continue le transect.

II1.3 Localisation des reposées

Chaque reposée est localisée par rapport à la ligne de cheminement du transect *i)* en mesurant la distance la plus courte (distance perpendiculaire) séparant la reposée du transect (méthodologie du *line-transect*), *ii)* en notant le côté (droite ou gauche) de détection et *iii)* par GPS (Global Positioning System).

Une fois la reposée détectée, toutes les **variables d'habitat** (**cf. § II2.**) sont estimées/mesurées *i)* du centre de la reposée et *ii)* juste après sur un point apparié à cette reposée (appelé par la suite **Apparié**), situé à une distance comprise entre 30 et 50 m dans une direction tirée de façon aléatoire (Mysterud et Østbye, 1995). **Reposée** et **Apparié** forment un couple de données. Le point apparié permet une comparaison locale des variables d'habitat (**figure 2**).

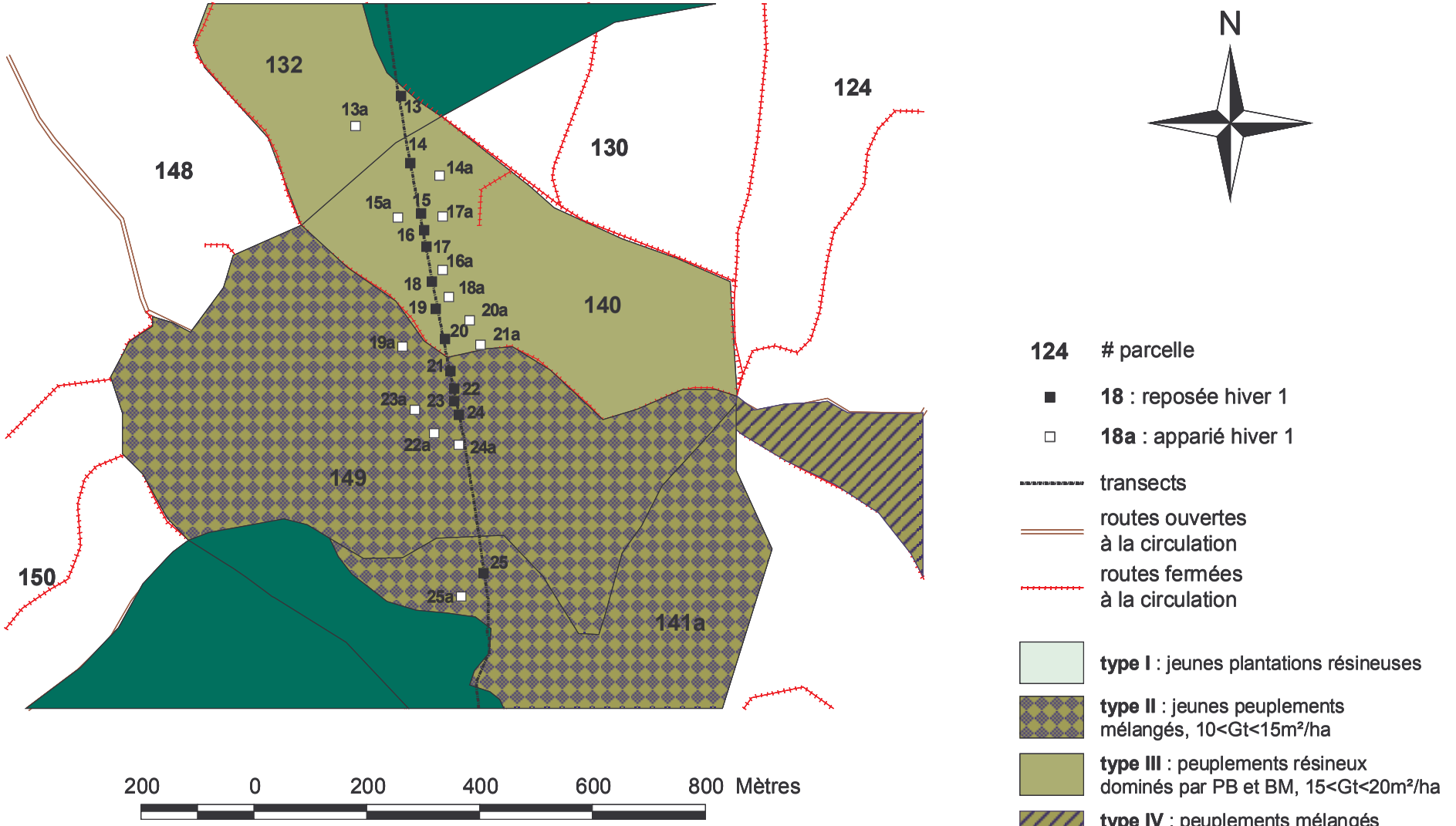
Une fois ces mesures réalisées, on reprend le transect à partir de la dernière reposée décrite jusqu'à la découverte de la prochaine reposée.

(1) Quand la reposée suivante se situe à moins de 20 m de la précédente, on note seulement le côté et la distance par rapport au transect, ses dimensions (longueur et largeur) et on récolte les poils présents. Nous avons choisi la distance de 20 m pour que les mesures de couvert entre 2 reposées successives ne se chevauchent pas.

(2) Quand elle se trouve à plus de 20 m de la dernière reposée décrite, on recommence le protocole de mesures décrit pour le nouveau couple (Reposée, Apparié).

Ce protocole est répété jusqu'à la fin de chaque transect. La campagne d'échantillonnage est volontairement limitée à une durée d'un mois maximum *i)* pour ne pas que les conditions climatiques et la végétation ne changent trop et *ii)* pour cerner l'ancienneté des reposées (**cf. § III, figure 3**).

Figure 2. Positionnement des reposées et points appariés sur une portion du transect IN pendant l'hiver 1.



De ce protocole découlent 2 jeux de données pour chacune des 4 campagnes de mesure : *i)* l'ensemble des couples (Reposée, Apparié) décrits du point de vue de la végétation et *ii)* l'ensemble des reposées détectées (décrites et non décrites) à partir du transect, caractérisées par leurs dimensions et la distance au transect.

Ce dernier jeu de données doit permettre d'estimer des densités de reposée (méthode du *line-transect*) par espèce (Cerf/Chevreuil), par type de peuplement et par saison.

II2. Mesures de l'habitat

Les différentes variables d'habitat sont regroupées dans le **tableau 6a**, avec les abréviations correspondantes utilisées par la suite dans le reste du document.

II2.1 Variables de végétation

Les variables de végétation sont séparées dans cette étude en 2 grands types *i)* les mesures de couvert autour de la reposée et *ii)* les variables de description du peuplement forestier.

II2.1.1 Différents types de couvert

Nous avons distingué couvert horizontal, couvert latéral et visibilité (Mysterud et Østbye, 1999).

a) Définition

Le recouvrement (= couvert horizontal ou CH, sigle utilisé dans la suite du document) d'un compartiment de la végétation (semi-ligneux versus ligneux, feuillu versus résineux) équivaut, pour une strate de hauteur donnée et sur une surface fixée, au pourcentage de surface couvert par la projection verticale de ce compartiment de végétation.

Le couvert vertical (= couvert latéral ou CL, sigle utilisé dans la suite du document) d'un compartiment de végétation correspond, pour une strate de hauteur et dans un cercle de rayon fixés, au pourcentage de la surface couvert par la projection à la verticale sur le contour du cylindre (hauteur * rayon du cercle) de ce compartiment de végétation.

CH et **CL** sont estimés pour les différents compartiments de la végétation, dans différentes strates de hauteur. Le rayon de projection est fonction de la strate de hauteur et du type de couvert considérés, et sera précisé par la suite.

CH et **CL** sont estimés au moyen de six intervalles de pourcentage de couvert (**tableau 4**). Par la suite, pour l'analyse des données, comme chaque intervalle n'a pas la même amplitude, nous avons remplacé l'intervalle par sa valeur médiane associée et nous avons considéré le couvert comme une variable continue.

Tableau 4. Descriptif des différentes classes d'estimation du couvert horizontal et latéral relevées sur le terrain.

classe	1	2	3	4	5	6
intervalle couvert	0%	0-5%	5-25%	25-50%	50-75%	75-100%
médiane de la classe de couvert	0%	2.5%	15%	37.5%	62.5%	87.5%

Les paragraphes suivants, b) et c), présentent la signification biologique présumée des différentes strates de hauteurs. On utilise les abréviations h pour hauteur et R pour rayon.

b) Mesure de couvert horizontal

- Sur quel substrat l'animal se couche-t-il ? (h=sol, R=3.57 m, la surface est de 40 m²)

Nous avons estimé le recouvrement au sol des feuilles mortes (Fsol) et des aiguilles (Asol).

- Dans quel type de strate se situe l'animal couché ? (h<0.5 m, R=3.57 m, la surface est de 40 m²)

Nous avons estimé le recouvrement ligneux qui comprend feuillu et résineux (CHl0.5), le recouvrement feuillu (CHf0.5), le recouvrement résineux (CHr0.5), le recouvrement des semi-ligneux (CHsl0.5), et le recouvrement herbacé (CHh0.5).

- Quel type de couvert utilise l'animal au dessus de sa reposée ? (0.5<h<2 m, R=3.57 m, la surface est de 40 m²)

Nous avons estimé les mêmes couverts qu'entre 0 et 0.5 m, excepté les recouvrements herbacé et semi-ligneux (CHl2, CHf2, CHr2).

- Sous quel type de sous-étage l'animal se repose-t-il ? (2<h<4 m, R=10 m, la surface est de 314 m²)

Cette strate correspond au sous-étage du peuplement forestier, on a estimé les mêmes recouvrements que pour la strate précédente (CHl4, CHf4 et CHr4)

- Sous quel type de canopée l'animal se repose-t-il ? (h = étage dominant)

Nous avons estimé le couvert total (Ct, feuillu+résineux), le couvert feuillu (Cf) et le couvert résineux (Cr)

Le premier hiver, nous avons estimé le couvert dans l'étage dominant grâce à une méthode dérivée de celle utilisée par l'Inventaire Forestier National avec 25 points de sondage espacés de 5 m les uns des autres. Chaque point de sondage correspond à 4% de

couvert : si en levant la tête au niveau de points de sondage, on rencontre un élément de couvert, on ajoute 4% au total. Cette méthode s'est avérée très fastidieuse.

Pour les 3 dernières campagnes d'échantillonnage, nous avons donc estimé le couvert en classes de 10%. L'estimation est nettement plus rapide qu'avec la méthode précédente.

c) Mesure de couvert latéral et de visibilité

Le couvert latéral est mesuré dans 2 strates de hauteur : (1) à moins de 50 cm du sol et (2) entre 50 cm et 2 m de hauteur, dans un rayon de 10 m.

- L'animal est-il bien protégé au sol (visuellement ou climatiquement) ? ($h<0.5$ m)

Nous avons estimé le couvert latéral ligneux (CLl0.5) qui comprend feuillu et résineux, le couvert latéral feuillu (CLf0.5), le couvert latéral résineux (CLr0.5) et le couvert latéral semi-ligneux (CLsl0.5).

- L'animal va-t-il se reposer au milieu d'un couvert où il est déjà bien protégé quand il est debout ? ($0.5<h<2$ m)

Nous avons estimé les mêmes couverts qu'entre 0 et 0.5 m de hauteur, excepté le couvert latéral semi-ligneux (CLl2, CLf2 et CLr2)

La visibilité (V, sigle utilisé dans la suite du document) est la distance minimale (mesurée en m) pour cacher de la vue d'un homme debout, un cadre rectangulaire de 30 x 40 cm, placé perpendiculairement au sol au centre de la reposée et censé représenter un animal au repos. Ces dimensions sont utilisées par Mysterud et Østbye, (1995); Mysterud, (1996) pour le Chevreuil, ces auteurs indiquent que les dimensions ne sont pas très importantes. Cette visibilité correspond à la *sighting distance* utilisée dans d'autres études.

Plus la distance de visibilité est faible, plus l'animal est bien caché (c'est-à-dire difficile à repérer). Nous avons mesuré la visibilité dans les 4 directions cardinales (V_N, V_E, V_S et V_O). Nous avons ensuite calculé une visibilité moyenne (Vm) qui correspond à la moyenne des 4 visibilités cardinales.

Comme les transects sont orientés Nord-Sud, nous avons pu déduire une visibilité amont (Vam) grâce à la mesure d'exposition. En terrain pentu, un animal peut avoir tendance à se cacher plutôt en amont, avec la vue libre en aval, lui permettant de voir un potentiel dérangeur, et de se dérober (se déplacer) plus rapidement que le dérangeur qui grimpe. La topographie comme la végétation peuvent influencer la visibilité.

II2.1.2 Composition et structure du peuplement forestier

Si la description du couvert tient une large place dans le protocole de mesures, des observations plus traditionnelles relatives à la composition et à la structure des peuplements forestiers traversés ont été réalisées. Ce type de mesures est communément pratiqué par les forestiers de terrain dans les taches courantes relatives à la gestion forestière. Ainsi, si l'interprétation biologique de ces variables est moins aisée que celle des variables de couvert, il était nécessaire de collecter ce type d'informations qui constituent un langage commun entre tous les forestiers. Il est clair que les informations fournies par ces mesures sont moins précises que celles fournies par l'estimation de couvert, en contrepartie elles sont très rapides à réaliser, ce qui explique qu'elles sont très pratiques à utiliser par le forestier.

Nous avons effectué un tour relascopique au niveau de chaque point d'échantillonnage (reposée comme apparié). Nous avons utilisé un relascope de Bitterlich qui permet une mesure de surface terrière (G, sigle utilisé dans la suite du document) avec correction pour la pente.

Nous avons décliné la surface terrière en composition et en structure. Nous avons noté la composition par regroupement d'essences (feuillu et résineux) et par essence ; et la structure par catégories de classes de diamètre (Petits bois **pb**, Bois moyens **bm**, Gros bois **gb** et Très gros bois **tgb**).

Les variables qui en découlent, sont la surface terrière totale (Gt), la surface terrière résineuse (Gr) et feuillue (Gf) pour chaque catégorie (Gfp, Gfb, Gfg, Grp, Grb, Grg), le % de petits bois (%pb), le % de bois moyens (%bm), et le % de résineux (%gr).

Tableau 5. Définition des catégories utilisées : Petits Bois, Bois Moyens, Gros Bois et Très Gros Bois, en fonction du diamètre à 1.30m ($Ø_{1.30m}$) pour les feuillus et pour les résineux.

Classes	Feuillu	Résineux
Petits bois	**Classe 20-25** 17,5 <$Ø_{1.30m}$<27,5 cm	**Classe 20-25** 17,5 <$Ø_{1.30m}$<27,5 cm
Bois moyens	**Classe 30-45** 27,5 <$Ø_{1.30m}$<47,5 cm	**Classe 30-40** 27,5 <$Ø_{1.30m}$<42,5 cm
Gros bois	**Classe 50 et +** $Ø_{1.30m}$≥47,5 cm	**Classe 45-65** 47,5 <$Ø_{1.30m}$≤67,5 cm
Très gros bois	-	**Classe 70 et +** $Ø_{1.30m}$>67,5 cm

Les limites des classes de diamètre présentées ci-dessus dans le **tableau 5**. sont les normes utilisées par les gestionnaires forestiers. Notons qu'à partir des catégories Bois moyens, il y a un décalage entre feuillus et résineux.

Dans les peuplements de taillis (essentiellement composé de Hêtre), nous avons noté le nombre de cépées dans un rayon de 20 m, le nombre moyen de tiges par cépées et le diamètre moyen des brins (Normant, communication personnelle) et pour les peuplements au stade gaulis et perchis, nous avons dénombré le nombre de tiges dans un rayon de 20 m.

Les essences présentes sont, pour les résineux : l'Epicéa (*Picea abies*), le Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*), le Sapin (*Abies alba*), le Mélèze (*Larix decidua*) et le Pin noir (*Pinus nigra*).

Et pour les feuillus, on trouve : le Hêtre (*Fagus sylvatica*), le Chêne rouvre (*Quercus petraea*), le Bouleau (*Betula verrucosa*), l'Alisier blanc (*Sorbus aria*) et le Sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*)

II2.2 Topographie et dérangement

II2.2.1 Topographie

Afin de caractériser la situation topographique des reposées, nous avons noté :

- l'exposition, estimée en 4 classes (Nord, Sud, Est et Ouest) et le versant (Nord ou Sud),
- la pente, estimée en 4 classes (nulle, faible, moyenne, forte),

- la position verticale sur le versant selon les modalités suivantes : plateau, haut de versant, mi-versant, bas de versant,
- la position horizontale sur le versant selon les 3 modalités suivantes : profil saillant, rentrant ou rectiligne.

II2.2.2 Dérangement et distance à différents tracés linéaires

La FDB est divisée en parcelles forestières, limitées par des layons forestiers, des routes ouvertes à la circulation ou bien des routes fermées à la circulation.

Au moyen de la technologie du GPS (*Global Positioning System*), système de localisation par satellite, nous avons repéré chacune des reposées mesurées. Le matériel utilisé a été prêté par l'ENGREF de Nancy, il s'agit de boîtiers *Geoexplorer.* Comme préconisé par Piedallu et Gégout, (1999), nous avons pris une centaine de positions par reposées quand les conditions satellitaires étaient optimales.

Les positions sont ensuite moyennées. Nous avons corrigé chaque localisation en post-traitement (mode différentiel) à partir des localisations enregistrées en continu sur la base fixe de l'INRA de Toulouse. Nous avons utilisé le logiciel Pathfinder pour ces différents traitements.

En découle une localisation précise de chacune des reposées, les coordonnées sont converties dans le système de projection Lambert II étendu. Nous avons calculé les coordonnées de chaque point apparié à partir des coordonnées GPS de la reposée correspondante et des coordonnées polaires (distance, direction) liant chaque point apparié à sa reposée.

Le Parc National des Cévennes (service cartographie) a mis à notre disposition le fonds de carte IGN au 1:25000ème (raster) qui couvre la FDB.

Ainsi, nous avons intégré chaque reposée et chaque point apparié dans un projet de SIG (Système d'Information Géographique) avec le fonds de carte IGN et différents attributs de la FDB qui ont été digitalisés (limites de parcelle, routes fermées à la circulation, routes ouvertes à la circulation, zone interdite à la chasse, zone ouverte à la chasse). Le logiciel de SIG utilisé est Arcview avec l'interface utilisateur Data expert.

Ce logiciel nous a permis ensuite de réaliser des analyses spatiales en recoupant 2 thèmes : par exemple, en croisant le thème "limites de parcelle" et le thème "coordonnées des reposées", le logiciel renvoie un fichier contenant pour chaque reposée, la distance minimale (au mètre près) la séparant de la limite de parcelle la plus proche. Nous avons utilisé cette méthode pour chacun des croisements recherchés. En découle un fichier de données qui comprend pour chaque reposée et pour chaque point apparié :

- la distance aux routes ouvertes (dist-ro),
- la distance aux pistes fermées à la circulation (dist-rf),
- et la distance aux lisières (dist-lis).

La variable dist-lis, exprime à la fois, la distance minimale à un changement de peuplement et la distance minimale à un tracé linéaire utilisable par des randonneurs pédestres.

II2.3 Description de la reposée et autres indices de présence

- Nous avons mesuré chaque reposée pour essayer de mettre en relation la taille de la reposée et l'auteur (Cerf ou Chevreuil) de la reposée **(cf. § III3.)**. La longueur (L) correspond

à la plus grande dimension de la reposée et la largeur (l) = plus grande dimension perpendiculaire à la longueur.

- Nous avons noté si la reposée était ou n'était pas grattée.
- Nous avons noté le nombre total de reposées présentes dans un rayon de 10 m autour de la reposée (n_R) et du point apparié (n_A)
- Au maximum 10 poils ont été prélevés sur chaque reposée pour identification spécifique *a posteriori* par analyse microscopique et/ou génétique.
- Nous avons noté la présence de fèces (fumées pour le Cerf, moquettes pour le Chevreuil) et leur ancienneté (récentes ou anciennes), dans un rayon de 5 m autour de la reposée.
- Nous avons noté la présence d'empreintes de patte sur la reposée et identifié l'espèce correspondante quand c'était possible. Cette variable a 4 modalités (absente, Chevreuil, Cerf, indéterminée)
- Nous avons noté la présence de frottis, la présence d'écorçage et leur ancienneté dans un rayon de 10 m autour de la reposée.
- Nous avons mesuré la distance (en mètres) à la coulée la plus proche (Dist-c).
- Nous avons mesuré (en mètres) la distance, inférieure à 5 m, et la hauteur des branches basses les plus proches (Dist-bb et H-bb) ; on mesure aussi la distance (en mètres) et la nature de l'élément vertical le plus proche (Dist-év).

Tableau 6a. Définition et abréviations des principales variables et termes utilisés.

Abréviation	Définition	Unité
Visibilité		
Vm	Visibilité moyenne	m
Vam	Visibilité Amont	m
V_N,V_E, V_S et V_O	Visibilité Nord, Est, Sud et Ouest	m
Couvert Latéral (CL)		
CLl0.5	Couvert Latéral ligneux <0.5 m	%
CLf0.5	Couvert Latéral feuillu <0.5 m	%
CLr0.5	Couvert Latéral résineux <0.5 m	%
CLsl0.5	Couvert Latéral semi-ligneux <0.5 m	%
CLl2	0.5 m < Couvert Latéral ligneux < 2 m	%
CLf2	0.5 m < Couvert Latéral feuillu < 2 m	%
CLr2	0.5 m < Couvert Latéral résineux < 2 m	%
Distance à une source de dérangement		
Dist-rf	distance à la route fermée la plus proche	m
Dist-ro	distance à la route ouverte la plus proche	m
Dist-lis	distance à la lisière la plus proche	m
Couvert Horizontal (CH) = recouvrement		
Fsol	Recouvrement de feuilles mortes au sol	%
Asol	Recouvrement d'aiguilles au sol	%
CHl0.5	Recouvrement ligneux <0.5 m	%
CHf0.5	Recouvrement feuillu <0.5 m	%
CHr0.5	Recouvrement résineux <0.5 m	%
CHsl0.5	Recouvrement semi-ligneux <0.5 m	%
CHh0.5	Recouvrement d'herbacées <0.5 m	%
CHl2	0.5 m < Recouvrement ligneux < 2 m	%
CHf2	0.5 m < Recouvrement feuillu < 2 m	%
CHr2	0.5 m < Recouvrement résineux < 2 m	%

Tableau 6a (suite). Définition et abréviations des principaux variables et termes utilisés.

Couvert Horizontal (CH) = recouvrement		
CHl4	2 m < Recouvrement ligneux < 4 m	%
CHf4	2 m < Recouvrement feuillu < 4 m	%
CHr4	2 m < Recouvrement résineux < 4 m	%
Ct	Couvert global canopée (étage dominant)	%
Cf	Couvert feuillu canopée (étage dominant)	%
Cr	Couvert résineux canopée (étage dominant)	%
Peuplement forestier = structure et composition		
Gt	Surface terrière (G) totale	m²/ha
Gf	Surface terrière feuillue	m²/ha
Gr	Surface terrière résineuse	m²/ha
Gfp	Surface terrière feuillue en petit bois	m²/ha
Gfb	Surface terrière feuillue en bois moyen	m²/ha
Gfg	Surface terrière feuillue en gros bois	m²/ha
Grp	Surface terrière résineuse en petit bois	m²/ha
Grb	Surface terrière résineuse en bois moyen	m²/ha
Grg	Surface terrière résineuse en gros bois	m²/ha
%pb(r)	% surface terrière en petits bois (résineux)	%
%bm	% surface terrière en bois moyens	%
%gr	% surface terrière résineuse	%
Couvert de proximité		
Dist-év	Distance à l'élément vertical le plus proche	m
Dist-bb	Distance aux branches basses les plus proches	m
Haut-bb	Hauteur des branches basses les plus proches	m
Autres termes utilisés		
FDB	Forêt Domaniale du Bougès	
PNC	Parc National des Cévennes	
Rep.	Reposée	
App.	Point Apparié	
Rep.- App.	Différence Reposée - point Apparié	
n_R	Nombre de reposées autour de la Reposée	
n_A	Nombre de reposées autour du point Apparié	

II3. Méthodes d'analyse des données

Nous avons réalisé l'analyse des données avec le logiciel S-Plus 6.

Dans le chapitre IV, nous testons la sélection de l'habitat à l'échelle du type de peuplement forestier. Nous utilisons un test du χ^2 pour comparer les effectifs observés de reposée de Cerf, de Chevreuil (ou de cervidés) par type de peuplement aux effectifs attendus sous l'hypothèse d'équiprobabilité de se reposer quelque soit le type de peuplement.

Dans le chapitre V, nous testons la sélection de l'habitat à l'échelle du microhabitat à partir des couples reposée-point apparié. Pour chaque campagne de données et pour chaque espèce, nous procédons d'abord par une analyse variable par variable, puis par une approche multivariée en utilisant la méthode de régression logistique par paire.

Dans le Chapitre VI, nous testons les différences entre reposées de Cerf et reposées de Chevreuil pour les différentes variables d'habitat. Nous utilisons un test-T bilatéral non apparié (modifié par Welch pour l'inégalité des variances) pour comparer les valeurs moyennes de chaque variable d'habitat sur les reposées de Chevreuil et sur les reposées de Cerf par campagne de données.

II3.1. Effort d'échantillonnage

Le **tableau 6b** récapitule la totalité des reposées observées le long des transects durant les 4 campagnes de terrain. Ces effectifs sont repris dans le chapitre IV, **tableau 12a** et le chapitre V, **tableau 32**.

Nous distinguons 2 grands types de reposées dans le **tableau 6b** : les reposées décrites et les reposées non décrites.

Les reposées décrites correspondent aux reposées associées aux points appariés sur lesquelles nous avons mesuré les différentes variables de végétation. Nous avons identifié ces reposées décrites comme étant de Cerf (a) et de Chevreuil (b).

Les reposées non décrites sont celles que nous avons échantillonnées le long du transect, mais qui se trouvaient à moins de 20 m de la dernière reposée décrite (**cf. §II1.3.**). Nous avons juste mesuré la distance perpendiculaire au transect, pris les dimensions (longueur, largeur), et prélevé des poils sur ces reposées non décrites.

Faute de temps, les reposées non décrites n'ont pas été identifiées comme étant de Cerf ou de Chevreuil (**cf. § III et IV**).

Tableau 6b. Récapitulatif de l'effort d'échantillonnage par campagne d'échantillonnage en distinguant les reposées décrites par espèce d'une part et les reposées non décrites d'autre part.

Saison	(a) reposées de Cerf	(b) reposées de Chevreuil	(1) = (a) + (b) effectif des reposées décrites	(2) effectif des reposées non décrites	(1)+(2) **effectif total**
Hiver 1	20	52	72	90	**162**
Eté 1	40	39	79	90	**169**
Hiver 2	56	68	124	75	**209**
Eté 2	60	90	150	284	**434**
Total	**176**	**249**	**425**	**539**	**964**

L'effort d'échantillonnage des reposées décrites a été conditionné par plusieurs facteurs, le facteur le plus déterminant fut le temps passé à mesurer les différentes variables de végétation sur la reposée décrite et sur son point apparié. L'année 1, le temps passé sur chaque couple de points était de 1h30 (45 minutes pour la reposée et 45 minutes pour le point apparié). L'année 2, j'ai simplifié le protocole et la récolte des données et je me suis fait aider par un stagiaire en été, ce qui a permis d'augmenter le nombre de reposées échantillonnées.

II3.2. Structure des données appariées

Nous développons maintenant, les méthodes d'analyse liées à la sélection des reposées à l'échelle du microhabitat.

Les données échantillonnées sont structurées en n couples comprenant chacun une reposée et son point apparié. Cette structure constitue un appariement simple de type 1-1. Cette structure est utilisée pour comparer localement, pour une variable donnée, des sites choisis (reposée) à des sites tirés au hasard dans le milieu environnant (point apparié).

Les mesures des différentes variables sont faites d'abord sur la reposée et directement ensuite sur le point apparié, ce qui assure une homogénéité des conditions de mesure (végétation, période de la journée, climat) au sein de chaque couple.

Sur nos différentes campagnes (excepté l'été 2), nous avons comptabilisé exactement le nombre de reposées présentes autour de la reposée décrite (n_R) et autour du point apparié associé (n_A) dans un rayon de 10 m. Nous avons alors distingué 3 situations. Le cas le plus fréquent $n_R>n_A$: le nombre de reposées est supérieur autour de la reposée décrite ; $n_R=n_A$: le nombre de reposées est identique autour de la reposée décrite (incluse) et sur le point apparié et $n_R<n_A$: le nombre de reposées est supérieur autour du point apparié.

L'hypothèse de travail est qu'une reposée est sélectionnée par les cervidés par rapport à son point apparié si $n_R>n_A$. Les analyses de données sont menées sur le jeu de données restreint où $n_R>n_A$, puis généralisé à l'ensemble des données.

II3.2.1 Approche univariée

Dans un premier temps, l'analyse des données consiste en des comparaisons, variable par variable, tenant compte de l'appariement créé entre reposée et point apparié.

Nous avons utilisé le test-T (bilatéral) de Student pour échantillons appariés : la comparaison des moyennes de 2 échantillons appariés est basée sur l'analyse des différences (d_i) observées au niveau de chaque paire ($_i$) d'éléments ($_R$ = reposée, $_A$ = apparié), $d_i=x_{iR}-x_{iA,}$ ce qui revient à comparer, sur l'ensemble des couples échantillonnés, la moyenne des différences d_i à 0.

L'hypothèse nulle pour une variable donnée s'écrit : la moyenne des différences (reposée - point apparié) est égale à 0.

Le respect des conditions de normalité est d'autant moins exigé que l'effectif n est élevé. En outre, pour les petits échantillons, le test-T s'avère très robuste (Scherrer, 1984). Si les conditions s'éloignent trop de la normalité, nous utilisons un test non paramétrique.

Pour chaque jeu de données (espèce : Cerf ou Chevreuil x différentes campagnes d'échantillonnage : hiver 1, hiver 2, été 1 et été 2), on a calculé la valeur limite au-delà de laquelle, il est recommandé d'utiliser un test non paramétrique à la place du test-T apparié de Student. Ce seuil est basé sur le rapport entre l'effectif (n) et le coefficient d'asymétrie, *skewness* ($\alpha_3 d$) : si $n < 25 \times \alpha_3 d^2$; Scherrer, (1984) conseille d'utiliser un test non paramétrique (ici, test des signes de Wilcoxon).

Dans les différents tableaux présentant ces résultats, le coefficient d'asymétrie est noté pour chaque variable ; une * indique l'utilisation du test des signes de Wilcoxon.

Sur la base de ces tests, nous avons mis en évidence dans les tableaux récapitulatifs les variables significatives en **gras**, au seuil de 5% ($p<0.05$) et en ***gras italique***, au seuil de

10% (0.05<p<0.10). Sur les figures et graphiques : * indique un test significatif au seuil de 5%, ** au seuil de 1%, *** au seuil de 1‰.

II3.2.2 Approche multivariée : régression logistique par paire

Ensuite, nous avons utilisé le modèle linéaire généralisé, et en particulier la méthode de régression logistique par paires (Hosmer et Lemeshow, 1989; Compton, Rhymer *et al.*, 2002). Dans le cadre du modèle linéaire généralisé, la variable dépendante à modéliser est une variable qualitative. Dans le cas de la régression logistique, la variable dépendante est dichotomique (0/1) et les variables explicatives peuvent être à la fois continues et/ou qualitatives. Nous modélisons la fréquence d'un événement.

a) Principe de la méthode

La méthode de la régression logistique par paires est équivalente à un test-T pour échantillons appariés (Hosmer et Lemeshow, 1989). Elle a l'avantage supplémentaire de pouvoir sélectionner un groupe de variables complémentaires, pour l'analyse des critères de sélection des sites de repos à l'échelle du microhabitat, ce qui correspond à une approche multivariée.

Cette méthode est appropriée pour des échantillonnages où chaque observation (reposée) est associée à un point tiré au hasard (point apparié). Et elle est mieux adaptée à ce type de données qu'une régression logistique standard (Breslow et Day, 1980; Hosmer et Lemeshow, 1989). L'effectif n correspond aux n couples (reposée - point apparié) échantillonnés.

Les valeurs de chaque variable explicative sur le point apparié sont soustraites aux valeurs sur la reposée. Le vecteur de la $k^{ième}$ variable explicative (x^*_k) correspond donc au vecteur des différences des valeurs entre Reposée (x^R_k) et point Apparié (x^A_k), soit :

$$\mathbf{x^*_k = x^R_k - x^A_k}$$

La variable à expliquer (y_k) devient un vecteur uniforme composé de 1 : reposée (1) - point apparié (0) , soit 1 - 0 = 1, $\mathbf{y_k=1}$. Et on ôte le terme constant du modèle (Hosmer et Lemeshow, 1989).

Une fois cette mise en forme réalisée, on applique les méthodes standard de régression logistique pour faire correspondre un vecteur réponse (y_k) de 1 (reposée - point apparié) à une matrice de variables prédictives (x^*_k, c'est-à-dire les différences reposée - point apparié).

Comme les variables explicatives sont des différences entre observations (reposées) et points appariés, le modèle est interprété plus en terme de différences dans l'habitat qu'en terme de valeurs absolues de l'habitat.

Pour une variable donnée, un coefficient positif (+) exprime une sélection pour les fortes valeurs de cette variable sur la reposée par rapport au point apparié, un coefficient négatif (-) exprime une sélection pour les valeurs faibles de cette variable. Par exemple, le coefficient sera positif pour le couvert dans la canopée si le Cerf se repose là où le couvert est le plus fort localement.

Dans le chapitre V, pour les modèles de régression logistique par paire, nous présentons un tableau récapitulatif pour chaque modèle retenu : s'y trouvent les différentes variables du modèle ; et pour chaque variable, le coefficient du modèle, l'erreur standard

associée, la valeur du test (coefficient/erreur standard), le rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et les limites de l'intervalle de confiance à 95% associé.

Ce rapport de cote exprime la chance d'observer un évènement (reposée de Cerf par exemple) pour un changement de n-unités de la variable considérée.

b) Sélection du modèle

Aucune présélection n'est réalisée sur la base des tests univariés. Les variables sont sélectionnées pour être incluses dans le modèle les unes après les autres, c'est une sélection pas à pas en testant chacune des variables mesurées.

Dans notre démarche de sélection du meilleur modèle, nous partons du modèle nul auquel est associée la déviance nulle.

Au premier pas, nous testons l'apport de chacune des variables testées, par le changement de déviance provoqué. On choisit de garder le modèle le plus explicatif, celui qui met en jeu la variable pour laquelle le changement de déviance est le plus important.

L'écart de déviance suit une loi du χ^2 avec le nombre de degrés de liberté correspondant à la différence des degrés de liberté résiduels des 2 modèles. Le seuil pour la probabilité est fixé à $p<0.10$.

Au pas suivant on teste cette première variable avec chacune des p-1 autres variables, et on conserve celle qui est significative et entraîne la plus grande variation de déviance. On continue ainsi jusqu'à ce que plus aucune variable n'entraîne de changement significatif de déviance. Ensuite les résidus sont examinés pour vérifier la linéarité du logit et ajustés si nécessaire (Hosmer et Lemeshow, 1989).

Les différents modèles sont comparés avec le critère d'Akaike adapté aux petits échantillons, AIC_c . L'utilisation de l' AIC_c est préconisée quand le rapport de l'effectif (n) sur le nombre de variables du modèle est inférieur à 40 (Burnham et Anderson, 2001). Tous les modèles dont l'AIC_c est inférieur au plus faible AIC_c+ 2 sont considérés équivalents et donc retenus (Hosmer et Lemeshow, 1989; Burnham et Anderson, 2001).

c) Qualité et diagnostic du modèle

Le graphique diagnostic présenté pour les différents modèles est présenté dans ce travail par le $\mathbf{\Delta X^2}$ (changement du χ^2 de Pearson induite par la délétion d'un couple de points) en fonction de l'estimation de la valeur ajustée par le modèle $\boldsymbol{\pi}$ d'un couple de points. La taille des couples de points (couples : reposée - point apparié) est représentée proportionnellement à $\boldsymbol{\Delta\beta}$. $\boldsymbol{\Delta\beta}$ est fonction de l'effet levier et des résidus de Pearson (Hosmer et Lemeshow, 1989).

Plus la valeur de $\boldsymbol{\Delta\beta}$ est forte, plus la taille du couple de points sur le graphique est importante. Une forte valeur de $\boldsymbol{\Delta\beta}$ s'explique soit par le fait qu'un couple de points est peu expliqué (forte valeur de $\mathbf{\Delta X^2}$), soit parce qu'il a un fort effet levier. Un couple de points à fort effet levier (>0.5) influe sur l'estimation des coefficients du modèle retenu.

Chapitre III. Reposées de Cerf, reposées de Chevreuil : critères d'identification

III1. Au travers des indices de présence et des caractéristiques de la reposée

III1.1 Les reposées

On parle aussi de remise, couchette ou couche. C'est une zone circulaire aplatie avec une dépression centrale, d'autant plus marquée que l'animal est lourd. Ces zones sont utilisées lors d'épisodes de repos/rumination. On peut trouver des groupes de reposées. Il peut s'agir soit d'un groupe de cerfs ou de chevreuils (plus rare) qui se reposent ensemble, soit d'un chevreuil qui patrouille son territoire et qui revient régulièrement se reposer sur la même zone.

Mysterud et Østbye, (1995) observent en Norvège que la moitié des reposées de Chevreuil découvertes en hiver sont grattées. Ce comportement n'est pas expliqué, il apparaît tout au long de l'année, hiver comme été (Mysterud, 1996). Chen, Li *et al.*, (1999) observent que les Chevreuils chinois (*Capreolus capreolus bedfordi*) grattent à chaque fois leurs reposées, alors que les Cerfs chinois (*Cervus elaphus xanthopygus*) ne les grattent jamais. Dans ce cas, le fait de gratter sa reposée permet d'identifier sur le terrain les reposées de ces 2 espèces en Chine.

Merrill, (1991) observe que des wapitis (*Cervus elaphus nelsoni*) dans des milieux ouverts grattent le sol avant de se coucher en été pour profiter de la fraîcheur du sol et dissiper la chaleur au travers du sol (thermorégulation), et qu'ils ont tendance à changer assez régulièrement de reposées.

Comme Cerf et Chevreuil ont des statures très différentes, on s'attend à ce que cette différence de stature se répercute sur la taille de leurs reposées. La taille est estimée en notant la plus grande dimension (notée longueur) et sa plus grande perpendiculaire (notée largeur). Ces mesures sont d'autant plus précises que la reposée est récente et que cette reposée a été grattée.

Chen, Li *et al.*, (1999) ont mesuré et montré qu'entre le Cerf chinois et le Chevreuil chinois en hiver la largeur et la longueur de leurs reposées respectives sont significativement différentes. Ceci est vérifié pour les reposées de jour comme pour les reposées de nuit. Ces différences significatives de taille n'excluent pas pour autant des chevauchements de taille entre les 2 espèces. Le Chevreuil chinois est plus grand que le Chevreuil européen et le Cerf chinois est un peu plus grand que le Cerf français (Danilkin et Hewison, 1996). Ces données permettent d'envisager une plus forte différence de taille de reposées entre cerfs et chevreuils français et en particulier de la FDB.

La taille de la reposée pourrait donc servir pour identifier l'auteur spécifique de la reposée sur le terrain.

III1.2 Les grattis

Associé à un frottis sur de jeunes brins, on retrouve parfois une zone grattée assez allongée, l'ensemble est appelé un **régalis**. Ces zones de grattis sont en général très allongées avec des traînées associées à chacune des pattes du Chevreuil qui lui donnent une forme caractéristique. Ces régalis sont des marquages du territoire du mâle qui frotte sur

les brins et au sol ses glandes. Le grattis est un comportement qui n'est pas très commun chez les cervidés, essentiellement étudié et mis en évidence chez le Chevreuil (Johansson, Liberg *et al.*, 1995).

Certains grattis en été chez le Chevreuil sont d'ordre alimentaire, de forme allongée, ils comportent une cavité sphérique à une extrémité. On les trouve souvent sous des peuplements de pins. Cette cavité correspond à un champignon (*Rhizopogon sp*.) dont le carpophore est hypogé (Baltzinger, observation personnelle).

III1.3 Les fèces

On parle de fumées dans le cas du Cerf et de moquettes dans le cas du Chevreuil.

Les fèces des 2 espèces présentent des différences morphologiques : de forme et de taille. On peut aussi différencier les sexes (cerf et biche) chez le Cerf. Par contre avec des faons de Cerf de l'année et des chevreuils, on peut avoir un chevauchement des tailles des fèces. La qualité de l'identification dépend de la fraîcheur des indices. La saison et le régime alimentaire peuvent modifier la morphologie et la tenue des fèces.

Pendant l'Ungulate Research Group, à Ford Castle en 2000, un test a été proposé aux participants pour distinguer des fèces de Cerf, Chevreuil et Daim. Sur un total de 100 échantillons, le meilleur candidat a obtenu 84 bonnes identifications.

Les fèces, quand elles sont fraîches et lisibles, peuvent donc servir d'indicateur spécifique. Jackson, (1974) observe que des daims défèquent au moment de se relever de leur zone de remise.

III1.4 Les empreintes de patte

Sur des reposées récentes, on peut trouver une empreinte de patte et une du coude de l'animal quand il s'est relevé. Cet indice quand il est lisible est un bon indice de détermination de l'espèce (Bang et Dahlström, 1991).

Une telle empreinte n'est finalement pas très fréquente au niveau des reposées étudiées. Dans le **tableau 7**, nous récapitulons le nombre de reposées qui présentent une empreinte (de Cerf, de Chevreuil ou Indéterminée) par rapport à l'effectif total des reposées mesurées.

Tableau 7. Récapitulatif des présences d'empreintes (Cerf, Chevreuil et Indéterminé) en fonction des 4 campagnes de terrain effectuées sur la Forêt Domaniale du Bougès, et pourcentage d'identification : (Cerf + Chevreuil) / effectif.

campagne	effectif total des reposées	Cerf	Chevreuil	Indéterminé	% identification
hiver 1	72	0	1	7	**1%**
été 1	79	2	5	20	**9%**
hiver 2	124	3	12	25	**12%**
été 2	150	9	13	6	**15%**

Les résultats présentés dans le **tableau 7** donnent un maximum de 22 (9 cerfs et 13 chevreuils) reposées identifiées par la présence d'une trace de patte l'été 2, soit 15% d'identification.

III1.5 Les frottis, les écorçages et les coulées

Le frottis est un dégât occasionné par le frottement des bois de cervidés sur des brins d'arbres ou des troncs au moment de la période du rut mais le frottis peut être réalisé au cours de la période de "refait" des bois.

L'écorçage est un dégât comportemental et/ou alimentaire causé par le Cerf, qui arrache des lambeaux d'écorce aux arbres et les consomment.

Les coulées sont rarement spécifiques, en général ces chemins tracés sont utilisés par l'ensemble des ongulés présents (Chevreuil, Cerf et Sanglier).

III1.6 Les poils

Le Cerf et le Chevreuil ont 2 phases de mue dans l'année, une au printemps et une à l'automne, périodes pendant lesquelles on peut trouver d'importantes touffes de poils au sol, contre les arbres ou bien arrachées par les clôtures. D'autre part, on retrouve des poils sur les reposées : ces poils se détachent quand l'animal s'épouille ou par simple contact, frottement au sol.

III1.6.1 Examen à l'œil nu

Les poils de cervidés ont une morphologie très particulière (poils ondulés) qui les différencie facilement des autres ongulés sauvages présents sur la FDB (ici, le Sanglier).

Certains très grands poils de garde (poils de jarre), présents dans l'encolure du Cerf sont facilement identifiables : il s'agit d'un très bon critère d'identification du Cerf.

Dans la grande majorité des cas, la distinction entre Cerf et Chevreuil ne peut pourtant pas se faire à l'œil nu.

Les poils que l'animal perd sur sa reposée lorsqu'il s'épouille ou seulement au simple contact du sol, peuvent provenir de différentes parties du corps (patte, ventre, cou, dos, miroir). Les poils de cervidés, entre autres espèces, présentent une très forte variabilité morphologique en fonction de leur position corporelle.

La distinction à l'œil nu entre poils de Cerf et de Chevreuil est rarement possible.

III1.6.2 Analyse microscopique

Les critères mis en évidence pour identifier des poils de cervidés en taxonomie (Faliu, Lignereux *et al.*, 1979; Keller, 1981, 1991; Teerink, 1991) l'ont été à partir de poils de garde (poils de jarre) du dos d'animaux naturalisés, et souvent sur peu d'individus (4 à 5). Les poils perdus par les cervidés au moment de se reposer ne sont pas forcément des poils du dos. Les critères sont basés sur la structure cuticulaire et la structure médullaire.

Ciucci, Boitani *et al.*, (1996) arrivent à 99% de reconnaissance sur des poils de différents cervidés. Ils utilisent ce taux de réussite élevé pour décrire le régime alimentaire du loup à partir de l'identification des poils présents dans des crottes.

L'idée de départ était de distinguer les poils récoltés sur le terrain à partir des critères décrits dans la littérature. Nous avons d'abord échantillonné les poils de cinq parties du corps de 5 chevreuils mâles et de 5 femelles, de 5 cerfs mâles et de 5 biches tués à la chasse ou retrouvés accidentés. J'ai étudié les critères décrits dans la littérature sur des échantillons témoins. Puis j'ai réalisé des tests à l'aveugle à partir des mêmes critères sur des échantillons de poils récoltés sur différentes parties corporelles (patte, ventre, cou, dos, miroir) de Cerf et de Chevreuil. Ces tests ont pris beaucoup de temps (entre 3 et 4 mois de la première année) et m'ont donné moins de 50% de réussite, c'est-à-dire un plus faible taux de réussite que si j'identifiais au hasard mes échantillons.

Meyer, Seger *et al.*, (1997); Meyer, Pohlmeyer *et al.*, (2001) ont mis en évidence une différenciation des poils de cervidés. Ils ne pensent pas que cette méthode soit efficace à 100% pour une détermination massive d'individus (Meyer, communication personnelle). Cette technique nécessite des mesures très fines et l'utilisation de microscopes électroniques à balayage pour des mesures de précision.

L'analyse par microscopie traditionnelle des poils est gourmande en temps, d'autant plus si le nombre d'échantillons à déterminer est important. Elle est peu fiable pour distinguer des espèces proches comme le Cerf et le Chevreuil.

En conclusion, cette méthode n'est pas efficace, et nous la déconseillons.

III1.6.3 Analyse génétique

Des marqueurs génétiques ont été développés sur des espèces de cervidés à partir d'indices de terrain (crottes, carcasses) pour identifier les mâles des femelles (Takahashi, Masuda *et al.*, 1998; Huber, Bruns *et al.*, 2002; Valière, communication personnelle).

Les techniques de biologie moléculaire pour identifier une espèce (Taberlet, Gielly *et al.*, 1996), le sexe d'un individu (Taberlet, Mattock *et al.*, 1993), ou bien un individu dans une population (Taberlet et Luikart, 1999), à partir de faibles quantités d'ADN extraites d'indices de présence laissés sur le terrain, sont de plus en plus utilisées.

J.-F. Cosson et M. Galan du Centre de Biologie et Gestion des Populations de l'INRA à Montferrier-sur-Lez et moi-même avons mis au point un test permettant de différencier le Cerf du Chevreuil à partir d'ADN extrait de poils (**cf. § III2.**).

III2. A partir d'ADN extrait de poils prélevés sur les reposées (annexe I)

Ce paragraphe résume le test mis au point pour différencier Cerf et Chevreuil à partir d'ADN extrait des poils récoltés sur les reposées de cervidés.

L'objectif du test décrit ici est de pouvoir différencier l'origine de poils de Cerf (*Cervus elaphus*) ou de Chevreuil (*Capreolus capreolus*) en utilisant de très faibles quantités d'ADN, présent dans un à dix bulbes de poils, soit quelques dizaines de cellules (10 à 100 pg d'ADN), pour des échantillons relativement anciens n'ayant pas subi de mode de conservation optimal. Ce test est basé sur la variabilité de la région de contrôle de l'ADN mitochondrial, également appelée D-loop (Douzery et Randi, 1997). Chez les cervidés, cette région comporte des zones relativement bien conservées entre espèces et d'autres dont la séquence comporte des mutations, délétions ou insertions. Nous nous sommes servis d'une zone dont la taille est différente entre Cerf (*Cervus elaphus*) et Chevreuil (*Capreolus capreolus*) mais encadrée par des séquences conservées entre ces deux espèces afin de définir des amorces de PCR communes. La différence de taille des fragments amplifiés (Cerf : 265 paire de bases et Chevreuil : 277 paires de base, soit 12 paires de base) est mise en évidence par une électrophorèse en gel d'acrylamide.

III3. La taille des reposées est-elle un bon indicateur pour différencier Cerf et Chevreuil ?

III3.1 Evolution de la taille des reposées au cours du temps

A l'occasion de petites battues en hiver nous avons dérangé des chevreuils au repos pour étudier des reposées récentes.

Nous avons regardé (1) si toutes ses reposées comportaient des poils, (2) nous avons noté si ces reposées étaient grattées, (3) nous avons mesuré longueur et largeur, (4) nous avons suivi la persistance des poils au cours du temps et (5) l'évolution de la taille [(longueur+largeur)/2] de la reposée dans le temps.

Les résultats obtenus sont (1) que 100% des reposées comportaient des poils, (2) que 100% des reposées étaient grattées, (3) que les poils ont disparu au plus tôt au bout de 2 semaines et (4) 13 reposées sur 15 n'étaient plus identifiables au bout de 5 semaines (**figure 3**). Le point (4) est aussi observé par (Gonzalez, 1984).

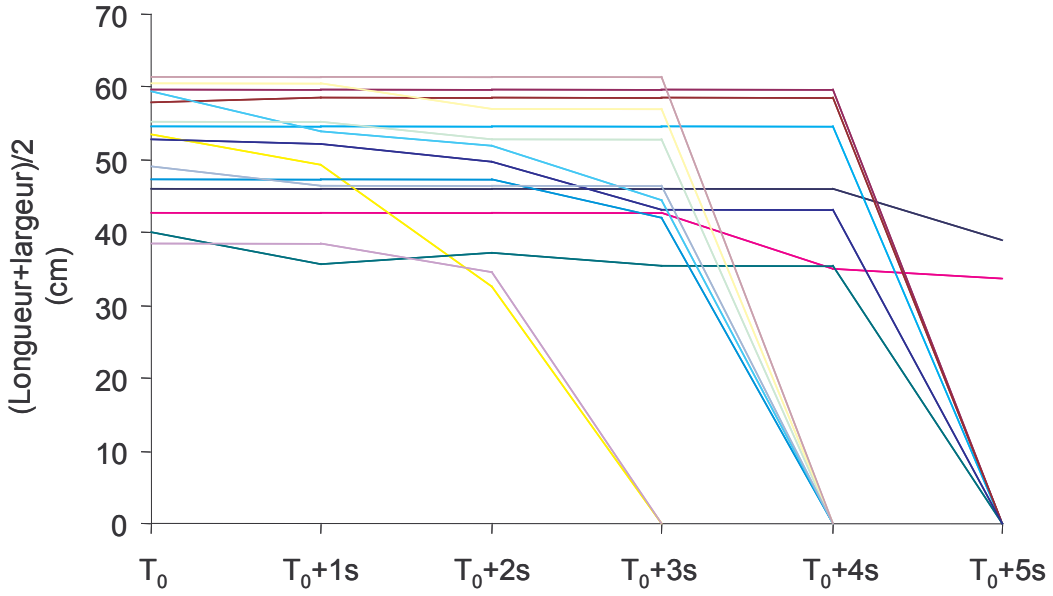


Figure 3. Evolution de la taille de 15 reposées de Chevreuil sur le domaine des Barres (Loiret) en hiver en fonction du temps (T_0+1s = 1 semaine après la détection de la Reposée, T_0+2s = 2 semaines ...).

III.3.2 Taille des reposées de Cerf et de Chevreuil

L'hypothèse, basée sur la différence de taille entre les 2 cervidés, est la suivante :

les reposées de Cerf sont plus grandes que les reposées de Chevreuil.

On compare ici les dimensions de reposées mesurées (longueur, largeur) sur le terrain, puis identifiées par analyse génétique (**cf. § III2**) sur les poils prélevés au niveau de ces mêmes reposées. L'échantillon identifié est de 73 reposées de Cerf et 73 reposées de Chevreuil. Les résultats sont consignés dans le **tableau 8**.

Tableau 8. Dimensions (Longueur, L et largeur, l) des reposées de Cerf et de Chevreuil de la Forêt Domaniale du Bougès identifiées par analyse génétique (n=73 pour le Cerf, n=73 pour le Chevreuil).

Dimensions	Cerf	Chevreuil
Longueur (L) ± 1 erreur standard	76,2 ± 1,8 cm	64,0 ± 1,8 cm
Largeur (l) ± 1 erreur standard	59,9 ± 1,7 cm	49,7 ± 1,7 cm
Dimensions (L ; l) de la plus grande reposée (cm)	(110 ; 80)	(103 ; 83)
Dimensions (L ; l) de la plus petite reposée (cm)	(41 ; 37)	(40 ; 39)

Comme dans l'étude de Chen, Li *et al.*, (1999) sur le Cerf et le Chevreuil chinois, les longueurs des reposées de Cerf élaphe sont significativement supérieures aux longueurs des reposées de Chevreuil européen (test T, t=4.723, $p<10^{-5}$), ceci est valable aussi pour les largeurs (test T, t=4.170, $p=10^{-4}$) (**tableau 8**). Si nous effectuons ce test sur la moyenne de la longueur et de la largeur des reposées (**indice de taille**), les reposées de Cerf sont toujours plus grandes que les reposées de Chevreuil (test T, t = 4.667, $p<10^{-5}$).

Le chevauchement des tailles est cependant important : on trouve des petites reposées de Cerf et de grandes reposées de Chevreuil (**tableau 8** et **figure 4**).

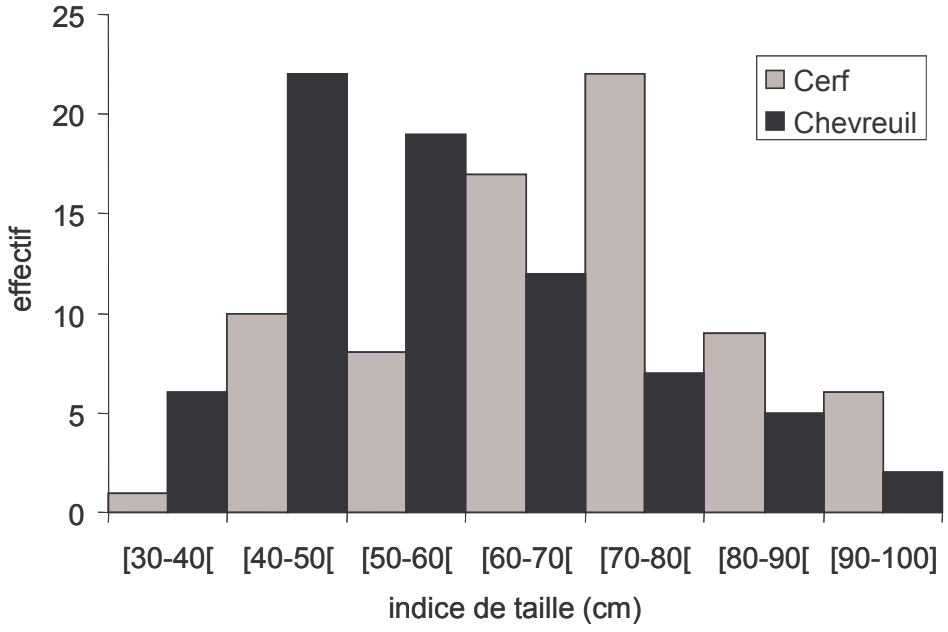


Figure 4. Effectif des reposées de Cerf (en gris) et de Chevreuil (en noir) sur la Forêt Domaniale du Bougès en fonction d'un indice de taille, décliné par classes de 10 cm.

Sur la **figure 4**, l'effectif des reposées de cerfs et de chevreuils est décliné selon l'indice de taille, (L+l)/2, par classe de 10 cm. On repère les 2 pics correspondant aux valeurs moyennes des reposées de cerf et de chevreuil, mais le degré de chevauchement des 2 distributions est important.

Pour expliquer une partie de ce phénomène, on peut avancer l'hypothèse que la présence de juvéniles chez le Cerf engendre des reposées de petite dimension. Pourtant, si l'on sépare les reposées d'hiver des reposées d'été (= période de mise bas et donc de faons de cerfs), les résultats obtenus pour l'hiver ne sont pas meilleurs que pour l'été, le chevauchement de taille reste important.

En conclusion, l'indice de taille n'est donc pas un bon indicateur pour distinguer reposées de Cerf et reposées de Chevreuil.

On peut avancer quelques éléments possibles d'explication, éléments qui ne sont pas du tout exclusifs :

(1) la présence de faons de Cerf en été,

(2) le fort dimorphisme sexuel chez le Cerf,

(3) des cerfs peuvent se reposer sur d'anciennes reposées de Chevreuil et puis au moment de prélever des poils, on prélève des poils de Chevreuil par hasard,

(4) 2 chevreuils peuvent se coucher à proximité l'un de l'autre, et les dimensions mesurées correspondent en fait à 2 reposées,

(5) la taille de reposées non grattées (plutôt des cerfs) évolue plus rapidement que si ces reposées étaient grattées.

L'outil génétique (test Cerf/Chevreuil, **annexe I**) devient ici indispensable en cas de doute.

Chapitre IV. Utilisation de l'habitat forestier par les cervidés

IV1. Transects et types de peuplements forestiers rencontrés

Nous avons ainsi décrit les parcelles (peuplements) traversés à partir des 425 points de sondage réalisés au niveau de chaque reposée mesurée. Au total, nous avons traversé 50 parcelles, soit une moyenne de 8.5 points de sondage par parcelle, l'intensité de sondage varie de 1 point au minimum à 30 points au maximum.

A l'échelle du massif du Bougès, la FDB présente très peu de milieux ouverts et des peuplements avec une grande diversité dans la composition : beaucoup d'essences résineuses (**cf. § I2.**) et peu d'essences feuillues.

La majorité des peuplements forestiers sur la FDB sont homogènes à l'échelle d'une parcelle que leur structure soit régulière ou bien irrégulière. On ne s'attend donc pas à déceler de fortes différences pour les variables de composition et de structure du peuplement forestier à l'échelle locale abordée avec les couples reposée, point apparié (microhabitat, niveau 4 selon Johnson, (1980)).

En effet, le protocole utilisé pour mettre en évidence les critères de sélection des sites de repos à une échelle locale, n'est pas adapté à l'échelle du peuplement forestier. Reposée et point apparié sont éloignés de 30 à 50 m et appartiennent quasiment à chaque fois au même peuplement.

D'une année à l'autre, la structure et la composition d'un peuplement ne varient pas significativement et on a de plus peu de chances de déceler ces modifications par une mesure de surface terrière par tour relascopique.

Nous avons ainsi pu distinguer 5 grands types de peuplements en se basant sur les caractéristiques suivantes :

- la mesure de surface terrière totale (G)
- la composition avec le pourcentage de surface terrière feuillue
- et la structure en Petits bois, Bois moyens et Gros bois (**cf. § II2., tableau 5** pour les définitions).

Nous nous sommes basés sur des critères couramment utilisés en gestion forestière, et donc facilement interprétables et utilisables par les forestiers.

Les informations ont été recoupées avec les données de l'aménagement forestier de la FDB (ONF, 1991) pour validation, en particulier pour les parcelles comportant peu de points d'échantillonnage.

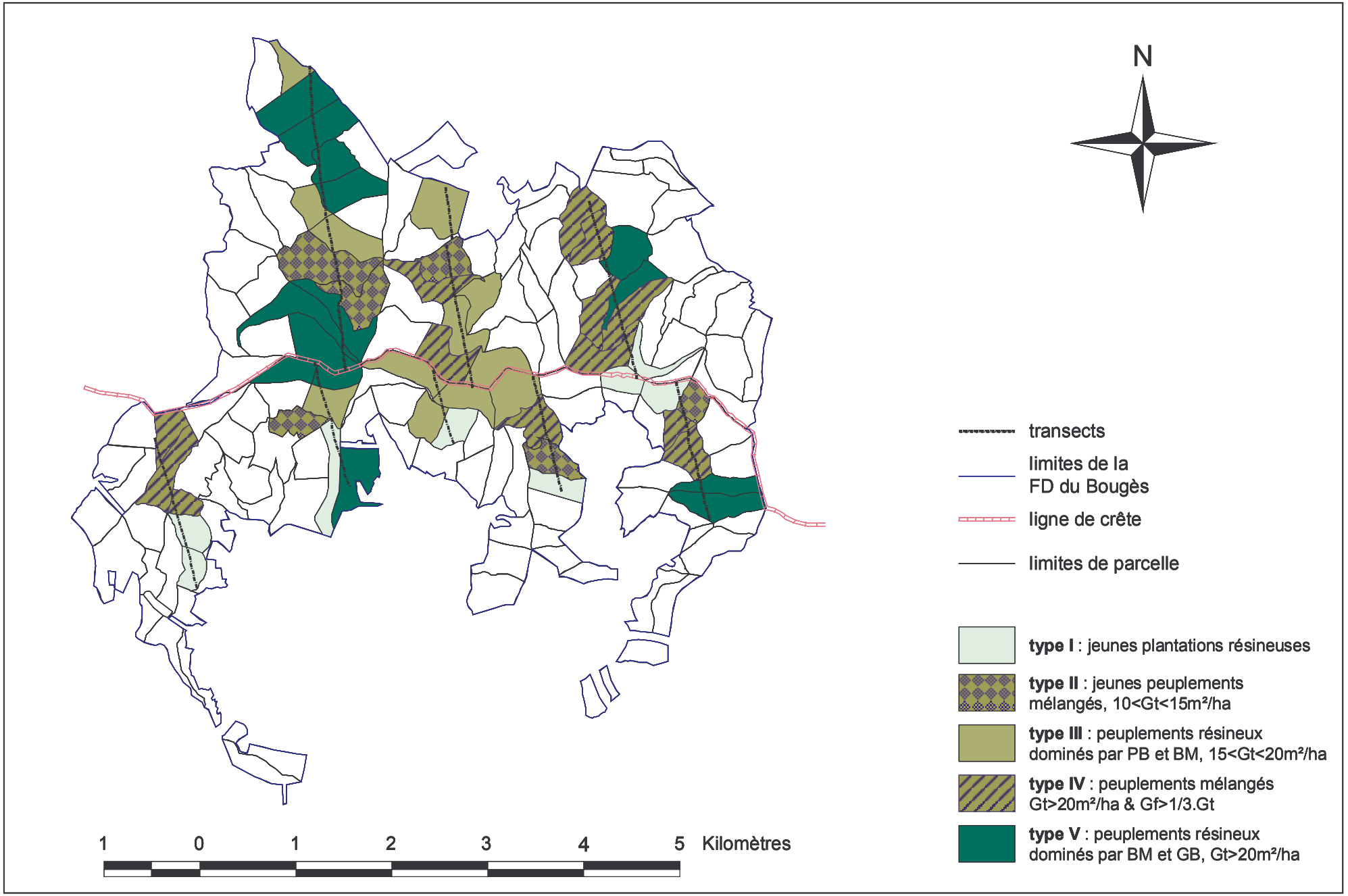
Les 5 grands types identifiés sont décrits ci-après (**figure 5**) :

- le type I comprend les jeunes plantations résineuses (Pin sylvestre, Pin noir, Sapin) dont le diamètre moyen des arbres est compris entre 10 et 20 cm, caractérisant des milieux semi-ouverts (plantations à large espacement ou ayant subi un dépressage).

- le type II comprend les jeunes peuplements mélangés (feuillu, résineux), dominé par les Petits bois, avec une surface terrière comprise entre 10 et 15 m²/ha (par exemple : taillis feuillu (Hêtre) avec Pin sylvestre en mélange).

- le type III comprend les peuplements résineux dominés par les Petits bois et les Bois moyens (absence de Gros bois), la surface terrière est comprise entre 15 et 20 m²/ha.

Figure 5. Types de peuplements traversés par les transects sur la Forêt Domaniale du Bougès



- le type IV comprend les peuplements mélangés adultes dont la surface terrière est supérieure à 20 m²/ha, avec plus d'un tiers de la surface terrière totale composée de feuillus.

- le type V comprend les peuplements résineux adultes dominés par les Bois moyens et/ou les Gros bois, la surface terrière est supérieure à 20 m²/ha (peuplements de Pin sylvestre de la Cham du Pont, peuplements à gros bois de Sapin, plantations à gros bois de Mélèze par exemple).

Les peuplements de type IV et V offrent un fort couvert dans la canopée. La tendance de la gestion forestière mise en oeuvre est à irrégulariser la structure des peuplements. On trouve des brins de Hêtre en sous-étage dans certains peuplements du type V. Les peuplements de type I identifient les milieux les plus ouverts (semi-ouverts). Les peuplements de types II et III sont intermédiaires en ce qui concerne le couvert dans l'étage dominant. Les peuplements de type I sont quasiment tous situés versant Sud (**figure 5**).

La distance parcourue par type de peuplement est indiquée dans le **tableau 9**.

Tableau 9. Effort d'échantillonnage des différents types de peuplement au travers de la distance parcourue par la totalité des transects.

Types de peuplement	Distance parcourue (km)	Parcelles traversées
Type I	2.33	23, 29, 28, 46, 62, 80, 97, 99
Type II	1.46	27, 40, 82, 121, 141a, 149
Type III	3.32	31, 57, 58, 74, 109, 114, 118, 123, 132, 139, 140
Type IV	3.81	78, 8b, 12b, 85, 37, 24, 33, 93a, 110, 19, 39, 119
Type V	3.33	7, 134, 136, 137, 43, 131, 11, 41, 67, 141b, 144, 73, 72, 142

IV2. Sélection des sites de repos à l'échelle du peuplement forestier

Nous étudions les préférences/évitements des différents types de peuplements forestiers comme sites de repos en hiver et en été.

IV2.1 Démarche

Cette approche prend en compte la totalité des reposées détectées sur le terrain (protocole assimilé au *line-transect*). Les effectifs sont consignés dans le **tableau 12a**. Les reposées non décrites à l'échelle du microhabitat, c'est-à-dire celles qui se situaient dans un rayon de 20 m d'une reposée déjà décrite, n'ont pour la plupart pas été identifiées (Cerf ou Chevreuil). L'indice de taille (**cf. § III3.**) devait répondre à cette question dans un premier temps. De plus, nous n'avons pas pu mener les analyses génétiques sur ce jeu de données.

La démarche consiste à estimer la surface prospectée par type de peuplement et par campagne de terrain. Pour ce faire, il nous fallait déterminer, pour chaque type de peuplement et pour chaque campagne, la distance de chaque côté du transect (demi-largeur) au delà de laquelle les chances de repérer une reposée sont très faibles.

Nous avons choisi de ne conserver que 95% des données (*i.e.* distances perpendiculaires des reposées au transect) pour chaque campagne et chaque type de

peuplement. Ceci élimine les valeurs aberrantes qui entraîneraient une surestimation de la surface prospectée.

Nous avons ainsi estimer la demi-largeur prospectée de chaque côté du transect, puis la surface prospectée, c'est-à-dire la surface comportant les 95% des reposées les plus proches du transect. Cette surface prospectée est calculée par saison et par type de peuplement.

La bande de visibilité (demie-largeur) varie en fonction des types de peuplements et des saisons. La visibilité est globalement plus forte en hiver (**tableau 10**).

Tableau 10. Demie-largeur (en mètres) du transect prospectée par type de peuplement et par saison, estimée à partir de 95% des données.

Demie distance prospectée	Type I	Type II	Type III	Type IV	Type V
en hiver	5.2	4.5	4.4	5.3	7.0
en été	4.0	4.5	4.0	4.5	6.0

Nous avons ainsi pu estimer pour chaque campagne la proportion de surface prospectée par type de peuplement par rapport à la surface totale prospectée : cette proportion définit pour chaque type de peuplement sa disponibilité dans le milieu échantillonné (**tableau 11a**).

Tableau 11a. Surface (en hectares) parcourue et disponibilité entre parenthèses par type de peuplement et par campagne d'échantillonnage.

campagne	surface parcourue en hectares (disponibilité)					surface totale
	type I	**type II**	**type III**	**type IV**	**type V**	
hiver 1	0.67 (9.5%)	0.81 (11.5%)	1.07 (15.2%)	0.52 (7.5%)	3.96 (56.3%)	7.04
hiver 2	1.45 (10.8%)	1.31 (9.7%)	2.92 (21.6%)	3.16 (23.4%)	4.67 (34.5%)	13.51
été 1	1.17 (20.0%)	0.33 (5.6%)	1.68 (28.5%)	2.34 (39.7%)	0.37 (6.2%)	5.88
été 2	1.33 (13.7%)	0.80 (8.2%)	2.47 (25.4%)	1.63 (16.7%)	3.51 (36.0%)	9.74

Pour chaque campagne, l'effectif total des reposées comprend les reposées décrites pour estimer la sélection à l'échelle du microhabitat et les reposées non décrites (*i.e.* présentes dans un rayon de 20 m autour d'une reposée décrite).

Dans un premier temps, nous n'avons pas différencié Cerf et Chevreuil car la majorité des reposées non décrites n'ont pas été identifiées, faute de temps.

Pour tester une éventuelle sélection à l'échelle du peuplement forestier, nous avons testé l'hypothèse nulle suivante : **les cervidés utilisent les différents peuplements forestiers pour se reposer proportionnellement à leur disponibilité**.

Nous avons ainsi comparé pour chaque type de peuplement, le nombre de reposées de cervidés détectées au nombre attendu de reposées sous l'hypothèse d'équiprobabilité de

se reposer dans chaque type de peuplement échantillonné. Le nombre attendu de reposées sous l'hypothèse d'équiprobabilité est directement proportionnel à la surface échantillonnée.

Nous avons testé cette hypothèse par un test du χ^2 et nous avons ensuite calculé l'indice de préférence de Jacobs pour chaque type de peuplement. L'indice de Jacobs nous indique en fonction de la disponibilité des peuplements, ceux qui sont évités, préférés ou utilisés indifféremment (Jacobs, 1974).

$$\text{Indice de Jacobs} = \frac{(obs - att)}{(obs + att - 2 \times obs \times att)}$$

Les valeurs attendues (att) correspondent à la proportion attendue de reposées par type de peuplement en l'absence de sélection d'un type de peuplement particulier. Les valeurs attendues correspondent à la disponibilité de chaque type de peuplement (**tableau 11a**).

Les valeurs observées (obs) correspondent à la proportion de reposées détectées pour un type de peuplement donné par rapport au total des reposées détectées, tout type de peuplement confondu.

L'indice de Jacobs varie entre -1 (type de peuplement évité) et +1 (type de peuplement utilisé en préférence).

IV2.2 Sélection à l'échelle du peuplement forestier par les cervidés

Les proportions des reposées de cervidés par type de peuplement sont consignées dans le **tableau 11b**.

Tableau 11b. Proportions des reposées de cervidés détectées par type de peuplement par rapport au total des reposées détectées (valeurs observées) par campagne de terrain.

campagne	**type I**	**type II**	**type III**	**type IV**	**type V**
hiver 1	22,8%	21,0%	21,6%	9,9%	24,7%
hiver 2	25,4%	6,2%	29,2%	27,8%	11,5%
été 1	45,0%	3,6%	29,0%	22,5%	0,0%
été 2	32,9%	5,1%	25,6%	15,9%	20,5%

Quand on considère dans un premier temps les reposées de cervidés groupées (Cerf et Chevreuil), le test du χ^2 est très significatif, pour chaque campagne d'échantillonnage. (hiver 1, χ^2_4 =20.45, $p<10^{-5}$; hiver 2, χ^2_4 =41.20, $p<10^{-5}$; été 1, χ^2_4= 33.62, $p<10^{-5}$; été 2, χ^2_4=56.38, $p<10^{-5}$). On rejette l'hypothèse nulle d'équiprobabilité de trouver une reposée quelque soit le type de peuplement considéré.

La représentation graphique (**figure 6**) de l'indice de préférence de Jacobs permet de visualiser les peuplements recherchés et les peuplements évités.

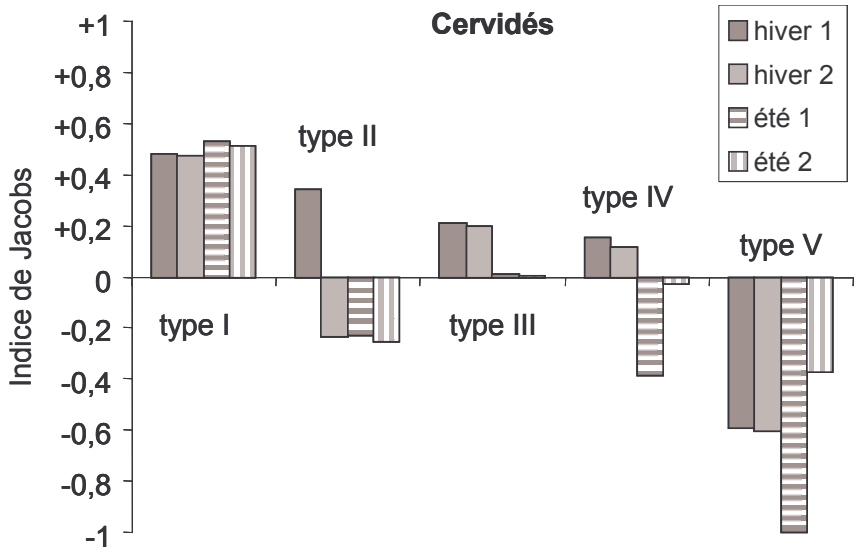


Figure 6. Indice de préférence de Jacobs pour l'utilisation comme sites de repos des différents types de peuplement par les cervidés (Cerf et Chevreuil regroupés) de la Forêt Domaniale du Bougès, en fonction de la saison.

En hiver comme en été, la forte tendance qui se dégage est que les cervidés utilisent préférentiellement les peuplements de type I et évitent les peuplements de type V. Ici s'opposent les jeunes peuplements résineux et les peuplements résineux adultes.

En hiver, les cervidés montrent une préférence peu marquée pour les peuplements de type IV, et juste un peu plus marquée pour les peuplements de type III. Pour les jeunes peuplements mélangés (type II), le patron de sélection est différent d'une année sur l'autre, avec une préférence pendant l'hiver 1 pour ces peuplements.

En été, les peuplements de type II sont évités, les peuplements de type III sont utilisés en proportion de leur disponibilité. Les peuplements de type IV sont fortement évités l'été 1 comme les peuplements de type V. L'été 2, les peuplements de type IV sont utilisés indifféremment.

La typologie utilisée est relativement simple, elle semble cependant assez pertinente pour mettre en évidence les peuplements préférés et évités par les cervidés, en particulier, les types de peuplement I et V.

IV2.3 Sélection à l'échelle du peuplement forestier par le Cerf et le Chevreuil

Comme nous n'avons pas eu accès à la totalité des identifications pour les reposées non décrites (à l'échelle du microhabitat), nous avons mené ici l'analyse en utilisant le sous-échantillon des reposées décrites (**Cf. § V1.**).

Ceci nous amène à poser le postulat de travail suivant : la proportion observée des reposées décrites de Cerf ou de Chevreuil par type de peuplement est identique à celle du jeu total de données (reposées décrites et non décrites) pour chaque campagne d'échantillonnage. Les reposées décrites représentent au minimum 34,6% (n=150) pour l'été 2 et au maximum 59,3% (n=124) pour l'hiver 2 du jeu total de reposées (décrites et non décrites), **tableau 12a**.

Tableau 12a. Effectif et pourcentage des reposées décrites par rapport au total des reposées repérées (décrites et non décrites) le long des transects par campagne d'échantillonnage.

saison	effectif des reposées décrites	effectif total des reposées repérées	effectif "décrites" / effectif total (%)
hiver 1	72	162	**44,4%**
hiver 2	124	209	**59,3%**
été 1	79	169	**46,7%**
été 2	150	434	**34,6%**

Nous avons mené ensuite la même démarche que précédemment (**cf. § IV2.2.**). Nous avons testé l'hypothèse suivante (hypothèse nulle) : **les cerfs (respectivement les chevreuils) utilisent les différents peuplements forestiers pour se reposer proportionnellement à leur disponibilité**.

Nous avons réalisé un test du χ^2 et puis présenté sous forme graphique l'indice de Jacobs pour chaque type de peuplement, en fonction des campagnes d'échantillonnage (**figure 7**).

Les proportions des reposées décrites de Cerf et de Chevreuil par type de peuplement sont consignées respectivement dans les **tableaux 12b et 12c**.

Tableau 12b. Proportions des reposées de Cerf décrites par type de peuplement par rapport au total des reposées décrites (valeurs observées) par campagne de terrain.

campagne	**type I**	**type II**	**type III**	**type IV**	**type V**
hiver 2	30,4%	7,1%	42,9%	10,7%	8,9%
été 1	55,0%	0,0%	25,0%	20,0%	0,0%
été 2	28,8%	5,1%	30,5%	10,2%	25,4%

Les effectifs sont trop faibles pour le Cerf pendant l'hiver 1 et ne permettent pas d'aller plus loin dans l'analyse de l'utilisation de l'habitat forestier.

Tableau 12c. Proportions des reposées de Chevreuil décrites par type de peuplement par rapport au total des reposées décrites (valeurs observées) par campagne de terrain.

campagne	**type I**	**type II**	**type III**	**type IV**	**type V**
hiver 1	19,6%	16,1%	26,8%	8,9%	28,6%
hiver 2	13,2%	7,4%	26,5%	36,8%	16,2%
été 1	15,4%	7,7%	46,2%	28,2%	2,6%
été 2	18,7%	11,0%	27,5%	19,8%	23,1%

Les résultats obtenus sont les suivants :

i) l'hypothèse nulle est rejetée pour le Cerf en hiver (hiver 2, χ^2_4=20.45, p=0.004) et en été, uniquement l'été 1 (été 1, χ^2_4 =13.94, p=0.0075 ; été 2, χ^2_4=5.90, p=0.21)

ii) l'hypothèse nulle est rejetée pour le Chevreuil en hiver, uniquement l'hiver 1 (hiver 1, χ^2_4 =9.36, p=0.053 mais hiver 2, χ^2_4=7.28, p=0.12). En été, l'hypothèse nulle est acceptée : l'été 1, χ^2_4=3.33, p=0.50 et l'été 2, χ^2_4=3.94, p=0.41.

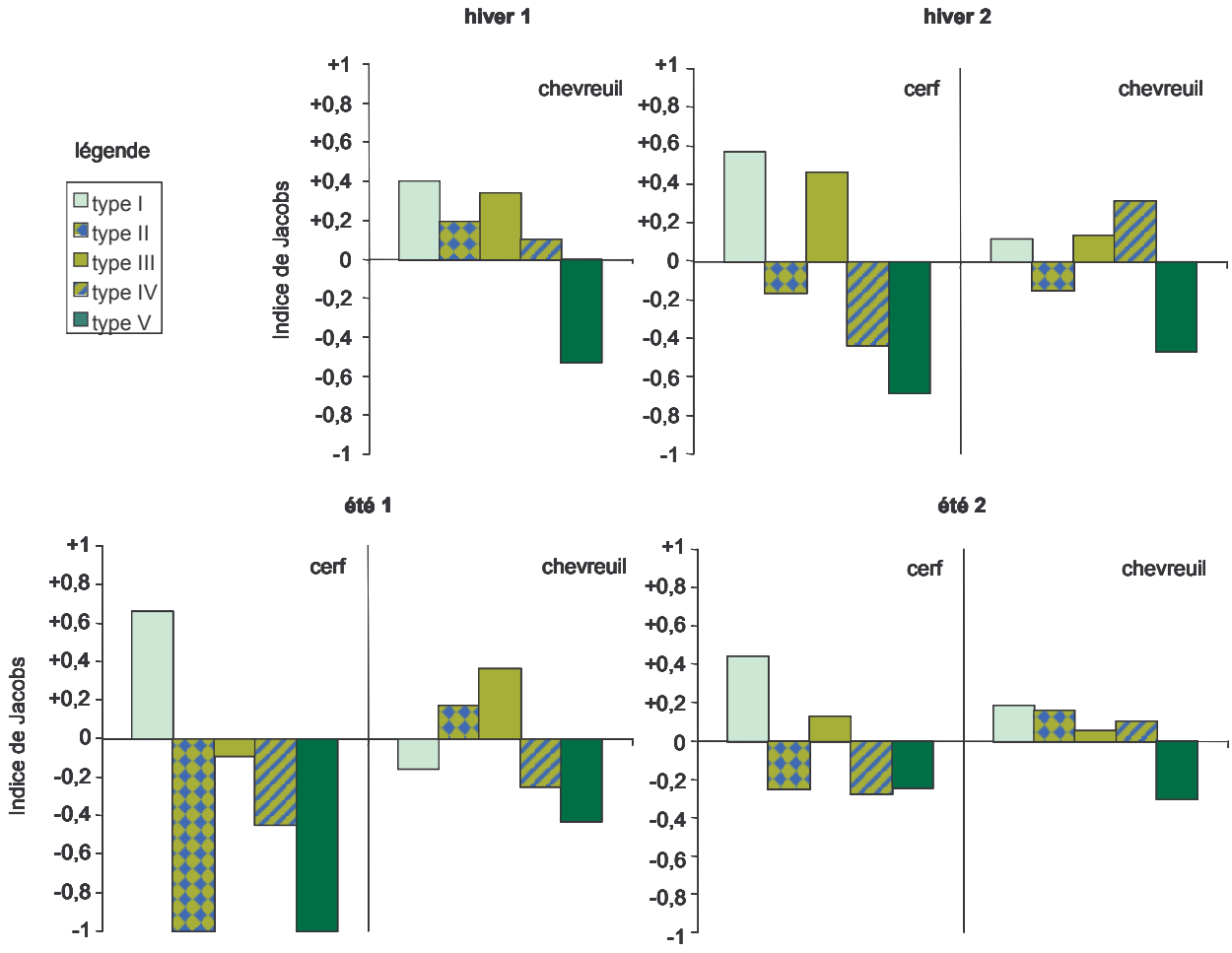


Figure 7. Indice de préférence de Jacobs pour l'utilisation des différents types de peuplement par le Cerf et le Chevreuil sur la Forêt Domaniale du Bougès pour se reposer, en fonction de la saison (hivers 1 et 2, étés 1 et 2).

Au vu de la **figure 7**, et du test réalisé, nous formulons les conclusions suivantes :

Le Cerf, en hiver (hiver 2), utilise préférentiellement les peuplements résineux de type I et III, c'est-à-dire les jeunes plantations et peuplements au stade Petits bois.

En été, l'été 1, le Cerf sélectionne les peuplements de type I et évite surtout les types de peuplement II, IV et V.

L'été 2, ce patron de sélection se répète. La tendance à éviter les peuplements de type II, IV et V est toutefois moins marquée. Les peuplements de type III sont utilisés indifféremment.

Le Chevreuil, en hiver, manifeste des préférences (hiver 1 comme hiver 2) mais peu en été.

L'hiver 1, le Chevreuil utilise préférentiellement les jeunes peuplements de types I, II et III, et évite les peuplements de type V, il utilise indifféremment le type IV.

L'hiver 2, le Chevreuil utilise préférentiellement le type IV et évite le type V.

En été (été 1 comme été 2), le Chevreuil ne manifeste pas de comportement sélectif marqué.

On observe cependant l'été 1 une tendance à préférer les peuplements de type III et à éviter les peuplements de type V. L'été 2, le Chevreuil utilise le milieu indifféremment.

Pendant l'hiver 2, **le Cerf** évite les peuplements de type IV alors que **le Chevreuil** a tendance à les préférer.

CONCLUSION sur la sélection des sites de repos à l'échelle du peuplement forestier par les cerfs et les chevreuils de la FDB

(1) Les cervidés de la FDB, pris ensemble, préfèrent les jeunes plantations résineuses et évitent les peuplements résineux adultes.

(2) Le Cerf, en hiver, se repose préférentiellement dans des jeunes peuplements résineux.

En été, il est encore plus sélectif en se reposant préférentiellement dans les jeunes plantations résineuses. Il évite systématiquement les peuplements avec des feuillus.

(3) Le Chevreuil ne sélectionne des peuplements forestiers spécifiques pour se reposer que pendant l'hiver. Il évite en particulier les peuplements résineux dominés par les Gros bois et utilise préférentiellement les jeunes peuplements résineux, et les peuplements mélangés de type IV (avec plus d'1/3 de feuillus). Le Chevreuil est moins sélectif que le Cerf pendant l'hiver.

En été, le Chevreuil a juste tendance à éviter les peuplements résineux dominés par les Gros bois.

Chapitre V. Sélection des sites de repos par le Cerf et le Chevreuil à l'échelle du microhabitat

V1. Généralités sur les données

V1.1 Effort total d'échantillonnage

L'effort total d'échantillonnage est conditionné par les deux principaux facteurs suivants: (i) le calage de la campagne de terrain dans le temps (échelle de temps saisonnière : hiver/été) pour assurer l'homogénéité des conditions climatiques et des conditions de végétation et (ii) le temps passé sur chaque couple (reposée/point apparié) pour récolter toute l'information. Le **tableau 13** résume pour chaque saison et par espèce le nombre total de couples (reposée, point apparié) échantillonnés. Au total 425 couples (reposée, point apparié) ont été décrit au cours des 4 campagnes d'échantillonnage.

Tableau 13. Effort d'échantillonnage et effectif total des couples (reposée, point apparié) de Cerf et de Chevreuil par campagne de terrain.

Année	Saison	Cerf	Chevreuil	**Total**
Année 1	Hiver 1	20	52	**72**
	Eté 1	40	39	**79**
Année 2	Hiver 2	56	68	**124**
	Eté 2	60	90	**150**
Total		**176**	**249**	**425**

La différence d'effectif entre l'année 1 et l'année 2 est due : (i) à une simplification de la prise de certaines données relevées et (ii) à l'aide d'un stagiaire technicien l'été 2. L'objectif poursuivi était d'obtenir un effectif suffisant pour l'analyse des données (plus particulièrement pour le Cerf en hiver).

Excepté pendant l'été 1, le nombre de reposées détectées est plus important pour le Chevreuil. Cette tendance est la plus marquée l'hiver 1. Cette différence d'effectif (**tableau 13**) entre Cerf et Chevreuil est le simple fruit du hasard car la détermination de l'espèce est souvent faite *a posteriori.* Quand on augmente l'effort d'échantillonnage, par exemple si l'on compare hiver 1 et hiver 2, on augmente naturellement l'effectif de reposées de Cerf.

Le déséquilibre d'effectif entre Chevreuil et Cerf observé pendant l'hiver 1 peut s'expliquer par le fait que les Cerfs se regroupent dans des zones spécifiques pendant l'hiver et que ces zones ont été probablement peu traversées par les transects parcourus l'hiver 1.

V1.2 Structure des mesures de couvert en hiver

D'une manière générale, pour les variables de couvert latéral et de recouvrement (couvert horizontal) et quelle que soit la strate de hauteur considérée, le couvert ligneux est fortement corrélé au couvert résineux en hiver : le coefficient de corrélation, r, est compris entre +0.80 et +0.88 (hiver 2, **tableau 14**). Les différences de couvert ligneux (feuillu et résineux) s'expliquent essentiellement par les différences observées pour le couvert résineux, le couvert feuillu reste à la fois peu développé et peu variable en hiver. Cette relation est validée hiver 1 comme hiver 2. L'hiver 1, les coefficients de corrélation varient entre +0.77 et +0.85.

Le **tableau 14** résume les coefficients de corrélation entre ligneux et résineux, pour une strate de hauteur donnée et pour l'ensemble des données, pendant l'hiver 1 et l'hiver 2.

Tableau 14. Coefficient de corrélation entre les différents couvert ligneux et résineux, dans les strates comprises entre 0 et 4 m de hauteur sur la totalité des données (Cerf et Chevreuil) pendant l'hiver 1 (n=72) et l'hiver 2 (n=124). Les valeurs des variables utilisées sont les différences entre reposée et point apparié.

hiver 1	CHr0.5	CHr2	CHr4	CLr0.5	CLr2
CHl0.5	**0.85**				
CHl2		**0.83**			
CHl4			**0.83**		
CLl0.5				**0.77**	
CLl2					**0.81**

hiver 2	CHr0.5	CHr2	CHr4	CLr0.5	CLr2
CHl0.5	**0.85**				
CHl2		**0.88**			
CHl4			**0.86**		
CLl0.5				**0.80**	
CLl2					**0.84**

V2. Sélection des sites de repos par le Cerf

V2.1 Sélection des sites de repos par le Cerf en hiver

V.2.1.1 Effectif total des reposées de Cerf en hiver

L'effectif des reposées de Cerf en hiver (1 et 2) en fonction des relations entre n_R et n_A sont indiqués dans le **tableau 15**. Le nombre de couples avec $n_R<n_A$ représente 10,7% des couples échantillonnés l'hiver 2.

Tableau 15. Effectif total par campagne hivernale des reposées de Cerf recensées le long des transects sur la Forêt Domaniale du Bougès, en fonction du nombre total de reposées présentes 10 m autour de la reposée mesurée (n_R) et du point apparié (n_A).

relations entre n_R et n_A	Hiver 1	Hiver 2
$n_R > n_A$	13	46
$n_R = n_A$	2	4
$n_R < n_A$	5	6
Cerf (total)	20	56

L'insuffisance des données récoltées pendant l'hiver 1 (**tableau 15**) ne permettant pas d'avoir un échantillonnage correct pour ce type d'analyse, nous traitons dans un premier temps uniquement les données récoltées l'hiver 2.

V2.1.2 Sélection des sites de repos par le Cerf pendant l'hiver 2

Sur 56 couples (reposée, apparié), 46 correspondent au dispositif initial, c'est-à-dire que le nombre de reposées autour de la reposée mesurée est supérieur au nombre de reposées présentes autour du point apparié ($n_R>n_A$) (**tableau 15**). Nous concentrons l'analyse sur ce sous-jeu de données pour mettre en évidence les variables impliquées dans la sélection des reposées par les cerfs de la FDB pendant l'hiver 2.

a) Mise en évidence des principales variables impliquées dans la sélection des reposées de cerfs en hiver (hiver 2) : analyse univariée

Les résultats sont consignés dans le **tableau 16**. Dans ce tableau récapitulatif sont présentés, pour chaque variable, la probabilité associée au test-T apparié de Student ou au test des signes de Wilcoxon (*), la différence moyenne rep.-app. (reposée - point apparié), les moyennes sur la reposée et sur le point apparié, l'unité de la variable, les limites inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance à 95% de la différence (rep.-app.) et le coefficient d'asymétrie.

- Variables significatives au seuil de 1% (p<0.01)

Le couvert latéral ligneux (et résineux) à moins de 50 cm du sol (CLl0.5 et CLr0.5) est localement plus développé autour des reposées, de 8% en moyenne. Le coefficient de corrélation entre CLl0.5 et CLr0.5 vaut +0.81

Le recouvrement d'aiguilles au sol (Asol) est nettement supérieur sur les sites de repos (en moyenne de +15%) et égale en moyenne 55%. Le recouvrement de feuilles au sol (Fsol) est plus faible sur les reposées (de -12.7% en moyenne) et vaut un peu plus de 20%. Asol et Fsol réagissent de façon opposée, comme on pouvait s'y attendre. Globalement la somme des recouvrements Fsol + Asol est constante.

- Variables significatives au seuil de 5% (0.01<p<0.05)

Les recouvrements résineux de 0 à 4 m de hauteur (resp. CHr0.5, CHr2 et CHr4) sont localement plus développés autour de la reposée qu'autour du point apparié.

- Variables significatives au seuil de 10% (0.05<p<0.10)

Le couvert latéral feuillu entre 0.5 et 2 m (CLf2) a tendance à être moins développé autour de la reposée contrairement au couvert résineux (CLr2) qui démontre la tendance opposée.

Les cerfs de la FDB ont aussi tendance à se reposer vers le centre des parcelles, en moyenne une 20^{aine} de mètres plus loin que les points appariés tirés au hasard, à distance des lisières (Dist-lis).

Aucune variable de structure du peuplement forestier n'est significative (**Cf. § IV**). A ce stade, on note que les cerfs basent essentiellement la sélection de leurs reposées sur le compartiment résineux de la végétation, c'est-à-dire la végétation qui offre potentiellement le plus de couvert et la plus grande variabilité de couvert à cette époque de l'année.

Conclusion intermédiaire : les cerfs de la FDB se reposent préférentiellement là où le sous-étage résineux (compris entre 0 et 4 m de hauteur) est localement le plus développé.

Tableau 16. Récapitulatif de l'ensemble des variables testées pour la sélection des reposées par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès (hiver 2, $n_R > n_A$). Le test-T apparié de Student est utilisé sauf *, qui signifie l'utilisation d'un test des signes de Wilcoxon. Les variables significatives au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique*.

variable	unité	p associée au test	moyenne rep.-app.	moyenne reposée	moyenne apparié	lim. inf. IC95%	lim. sup. IC95%	coefficient d'asymétrie
Vm	m	0,177	-0,7	8,7	9,4	-1,8	0,3	0,69
Vam	m	0,175	-1,7	8,5	10,2	-4,1	0,8	1,04
CLl0.5	**%**	**0,004**	**8,0**	**30,8**	**22,8**	2,6	13,4	**0,10**
CLf0.5	%	0,780	-0,5	9,0	9,5	-4,0	3,0	-0,76
CLr0.5	**%**	**0,002**	**8,4**	**25,3**	**17,0**	3,2	13,6	**0,88**
CLsl0.5	%	0,971	-0,2	21,7	21,4	-9,3	8,9	0,79
CLl2	%	0,272	3,8	35,8	32,1	-3,04	10,54	0,58
CLf2	***%***	***0,083***	***-2,3***	***7,5***	***9,8***	***-4,99***	***0,32***	***-1,31***
CLr2	***%***	***0,054***	***6,5***	***31,0***	***24,5***	***-0,10***	***13,20***	***0,73***
Dist-rf	m	0,766	1,2	98,0	96,8	-6,69	9,03	0,11
Dist-ro	m	0,926	0,4	305,7	305,3	-8,38	9,20	-0,08
Dist-lis	***m***	***0,055***	***20,7***	***95,4***	***74,8***	***-0,43***	***41,73***	***-0,08***
Fsol	**%**	**0,003**	**-12,7**	**21,6**	**34,3**	-20,9	-4,6	**-0,23**
Asol	**%**	**0,003**	**15,0**	**55,1**	**40,1**	5,6	24,5	**0,35**
CHl0.5	%	0,287	3,2	23,3	20,1	-2,7	9,0	-0,40
CHf0.5	%	0,239	-2,3	6,1	8,4	-6,1	1,6	0,85
CHr0.5	**%**	**0,025**	**5,4**	**18,5**	**13,1**	0,7	10,1	**0,26**
CHsl0.5	%	0,446	-3,2	19,2	22,3	-11,4	5,1	-0,55
CHh0.5	%	0,158	-5,4	9,7	15,1	-12,9	2,2	-1,10
CHl2	%	0,118	4,7	26,4	21,7	-1,2	10,6	0,46
CHf2	%	0,338	-1,3	5,4	6,7	-4,0	1,4	-0,21
CHr2	**%**	**0,047**	**5,8**	**22,8**	**17,0**	0,1	11,6	**0,62**
CHl4	%	0,226	4,0	34,0	30,0	-2,6	10,6	0,16
CHf4	%	0,130	-2,7	7,2	9,8	-6,1	0,8	-0,15
CHr4	**%**	**0,035**	**6,6**	**29,1**	**22,6**	0,5	12,7	**0,21**
Ct	%	0,523	2,3	60,2	57,9	-4,9	9,4	-0,25
Cf	%	0,321	-2,4	17,6	20,0	-7,2	2,4	0,17
Cr	%	0,157	4,9	45,4	40,5	-1,9	11,7	0,27
Gt	m²/ha	0,894	-0,14	15,1	15,2	-2,3	2,0	0,14
Gf	m²/ha	0,865	0,11	3,9	3,8	-1,2	1,4	0,18
Gr	m²/ha	0,821	-0,25	11,2	11,4	-2,5	2,0	0,36
Gfp	m²/ha	0,635	0,14	1,8	1,6	-0,5	0,7	-1,11
Gfb	m²/ha	0,578	-0,25	1,5	1,7	-1,1	0,6	-0,12
Gfg	m²/ha	0,162	0,20	0,7	0,5	-0,1	0,5	1,13
Grp	m²/ha	0,948	0,05	5,1	5,1	-1,6	1,7	0,81
Grb	m²/ha	0,968	-0,03	4,9	5,0	-1,7	1,6	-0,34
Grg*	***m²/ha***	***0,062***	***-0,36***	***0,9***	***1,3***	***-***	***-***	***-1,76***
%pb	%	0,956	0,3	49,5	49,2	-10,3	10,9	0,08
%bm	%	0,945	0,3	39,0	38,7	-8,9	9,5	0,48
%gr	%	0,464	-3,4	75,5	79,0	-12,5	5,8	-0,09

b) Complémentarité des variables impliquées dans la sélection des reposées par les cerfs de la FDB en hiver (hiver 2) : approche multivariée par la méthode de régression logistique par paire

La phase de sélection des variables aboutit à 5 modèles équivalents du point de vue de l'AICc (**tableau 17**). Chacun des 5 modèles retenus comprend 3 variables. Le couvert latéral ligneux à moins de 50 cm du sol (CLl0.5) est commun à tous les modèles. Viennent ensuite se greffer le recouvrement soit de feuilles mortes (Fsol) soit d'aiguilles au sol (Asol), puis la visibilité moyenne (Vm), la visibilité amont (Vam) ou bien la distance à la lisière la plus proche (Dist-lis).

CLl0.5 est préféré au couvert résineux (CLr0.5), car *i)* il apporte la même information et *ii)* la distribution de CLr0.5 est plus asymétrique, (**tableau 16**, ceci est dû a un couple de points).

Tableau 17. Description des modèles obtenus pour la sélection des reposées par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2, $n_R > n_A$) : AICc, déviance expliquée (%) et signe des variables retenues.

modèle #	signes des variables pour les modèles retenus	AICc	déviance expliquée (%)
1	+ CLl0.5 - Fsol - Vm	51.64	18.71 (29.34%)
2	- Fsol + CLl0.5 - Vam	51.12	19.22 (30.14%)
3	- Fsol + CLl0.5 + Dist-lis	50.46	19.89 (31.19%)
4	+ Asol + CLl0.5 - Vm	52.56	17.78 (27.88%)
5	+ Asol + Dist-lis + CLl0.5	51.93	18.42 (28.89%)

La déviance résiduelle du modèle nul (« déviance nulle ») vaut 63.77, pour 46 degrés de liberté. Les modèles retenus contiennent 3 variables, le nombre résiduel de degrés de liberté vaut 43 (46-3).

Le pouvoir explicatif de ces modèles est moyen, ils expliquent entre 27% et 31% de la déviance.

Dans le **tableau 17**, le signe présent devant chaque variable (+ ou -) indique si cette variable prend des valeurs plus fortes sur la reposée que sur le point apparié (+) ou bien plus faibles (-). Par exemple, dans le cas de CLl0.5 , le cerfs en hiver recherchent des sites de repos avec le couvert localement le plus fort (**tableaux 16** et **17**).

La préférence donnée à un modèle plutôt qu'à un autre parmi les 5 retenus est liée à la qualité d'explication des variables (c'est-à-dire à la présence de points influents et/ou points peu expliqués). Le modèle le plus stable à ce titre (**figure 9**) est le #4, qui prend en compte dans l'ordre : le recouvrement d'aiguilles au sol (+ Asol), le couvert latéral ligneux à moins de 50 cm du sol (+ CLl0.5), et la visibilité moyenne (- Vm).

La visibilité moyenne n'est pas significativement différente entre reposée et point apparié au seuil de 5% (test T apparié, t=-1.3718, p=0.177, **tableau 16**), mais entre tout de même dans le modèle #4. Si l'on regarde comment se décline la visibilité en fonction des directions cardinales (**figure 8**), on peut noter que c'est plutôt à l'Est et au Sud que les cerfs sont le mieux camouflés. Ce résultat n'est guère interprétable.

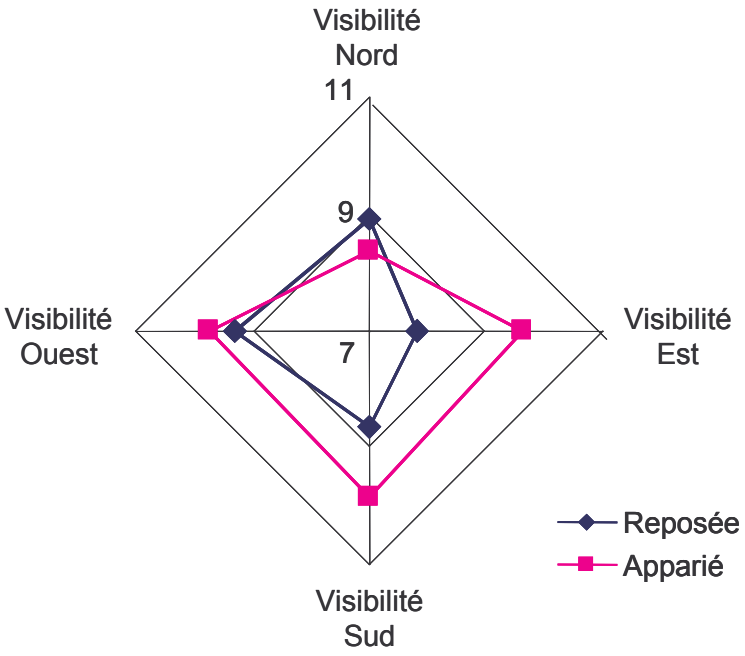


Figure 8. Visibilité moyenne (en m) dans les 4 directions cardinales autour de la reposée et du point apparié pour les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2, $n_R > n_A$).

La somme des recouvrements de feuilles mortes (Fsol) et d'aiguilles au sol (Asol) est globalement homogène dans les milieux fréquentés par les cerfs sur la FDB (test-T apparié bilatéral, t=0.4606, p=0.65). Ainsi la différence de recouvrement en aiguilles au sol entre reposée et point apparié correspond généralement bien à la différence de recouvrement de feuilles mortes au sol observé. Feuilles mortes et aiguilles couvrent en moyenne 75% du sol l'hiver 2. En fait, la présence concurrente de feuilles ou d'aiguilles au sol est liée de façon évidente à la part des feuillus ou des résineux dans la végétation.

- ***modèle #4*** *: recouvrement d'aiguilles au sol, couvert latéral résineux et visibilité moyenne (+Asol +CLI0.5 -Vm).*

Dans le **tableau 18**, les coefficients du modèle #4 indiquent que les cerfs choisissent leurs reposées dans des peuplements où le couvert est dominé par les résineux. Le coefficient de corrélation entre le recouvrement d'aiguilles au sol et le couvert résineux dans l'étage dominant vaut +0.73.

Tableau 18. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #4 (+Asol +CLl0.5 -Vm) pour la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès l'hiver 2 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour l'ajout de n-unité à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé.

variables	coefficient	erreur standard	valeur T associée	rapport de cote	intervalle de confiance 95%
Recouvrement en aiguilles au sol (Asol)	+2.86	1.30	+2.20	**1.33** (+10%)	[1.03; 1.72]
Couvert latéral ligneux <0.5 m (CLl0.5)	+5.14	2.41	+2.14	**0.77** (-5%)	[0.61; 0.98]
Visibilité moyenne (Vm)	-0.19	0.10	-1.87	**0.83** (+1 m)	[0.68; 1.01]

Les cerfs recherchent aussi un fort couvert latéral ligneux (résineux) à moins de 50 cm du sol, à l'intérieur duquel ils sont bien protégés. La visibilité moyenne (Vm) entre dans le modèle une fois le couvert latéral et le recouvrement d'aiguilles au sol pris en compte.

L'interprétation des rapports de cote (**tableau 18**) indique pour les cerfs de la FDB en hiver :

(1) que si l'on augmente localement de 10% le recouvrement d'aiguilles au sol, on augmente d'1/3 les chances qu'un cerf se repose à cet endroit en hiver,

(2) qu'une baisse locale de 5% du couvert latéral ligneux (<0.5 m) diminue de 23% les chances de trouver un cerf au repos à cette place, et que

(3) si la distance à laquelle un cerf au repos est repérable augmente d'1 m, les chances de le trouver couché à cet endroit en hiver baissent d'environ 17%.

- Diagnostic et qualité du modèle retenu (modèle #4) : (+Asol +CLl0.5 -Vm)

La **figure 9** présente un diagnostic global du modèle (**Cf II3.3**). **ΔX^2** représente le changement du χ^2 de Pearson par la délétion d'un couple de points donné. **$\Delta\beta$** est fonction des résidus de Pearson et de l'effet levier d'un point donné. Et **π** correspond à la valeur d'un couple ajusté par le modèle.

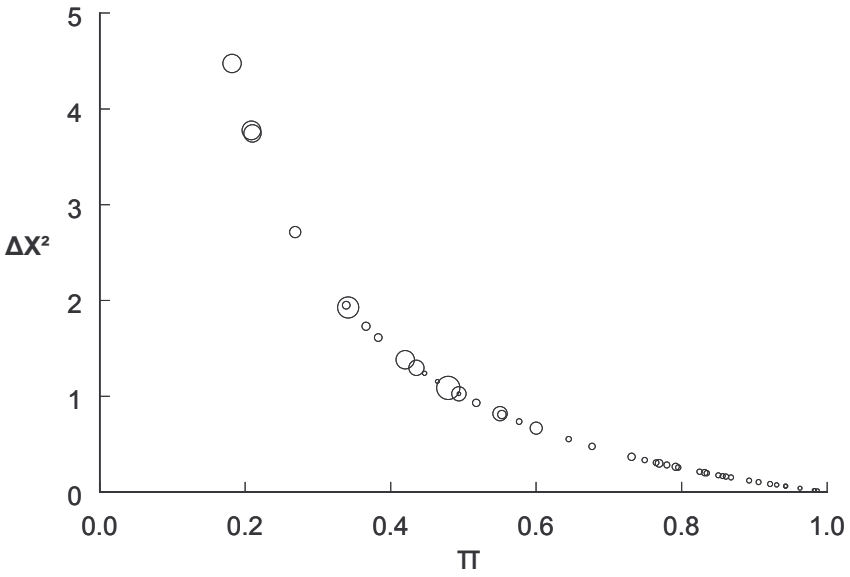


Figure 9. Graphique diagnostic du modèle #4 retenu dans la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2, $n_R > n_A$) : ΔX^2 en fonction de π, la taille des points est proportionnelle à Δβ.

Ce modèle est le plus stable, car il ne comprend pas de points très influents (ici, Δβ <0.5). Tous les points sont en partie repris par le modèle (**π**>0.2), à ce titre ce modèle prend le mieux en compte la réalité des données. Les autres modèles comportent au moins 1 à 2 points avec π<0.2 et/ou Δβ >0.7. Les valeurs de Δβ sont ici les plus faibles des 5 modèles retenus sur le critère d'AICc.

- Approche globale des critères de sélection

Dans un 2ème temps, on peut regarder les plus fortes corrélations entre les variables du modèle et l'ensemble des variables testées. En particulier, le coefficient de corrélation le plus fort concernant Asol vaut +0.46 avec Cr, couvert résineux dans l'étage dominant.

Pour la visibilité moyenne, le coefficient de corrélation le plus fort concerne le recouvrement en semi-ligneux à moins de 50 cm du sol, il vaut r=-0.55 (**figure 10**). Même si on a montré que la variable CHsl0.5 n'est pas significative au seuil de 5% (test-T bilatéral, p=0.45, **tableau 16**), la corrélation négative avec la visibilité moyenne suggère que les variations de recouvrement semi-ligneux à moins de 50 cm du sol influent sur la distance à laquelle on peut repérer un cerf au repos.

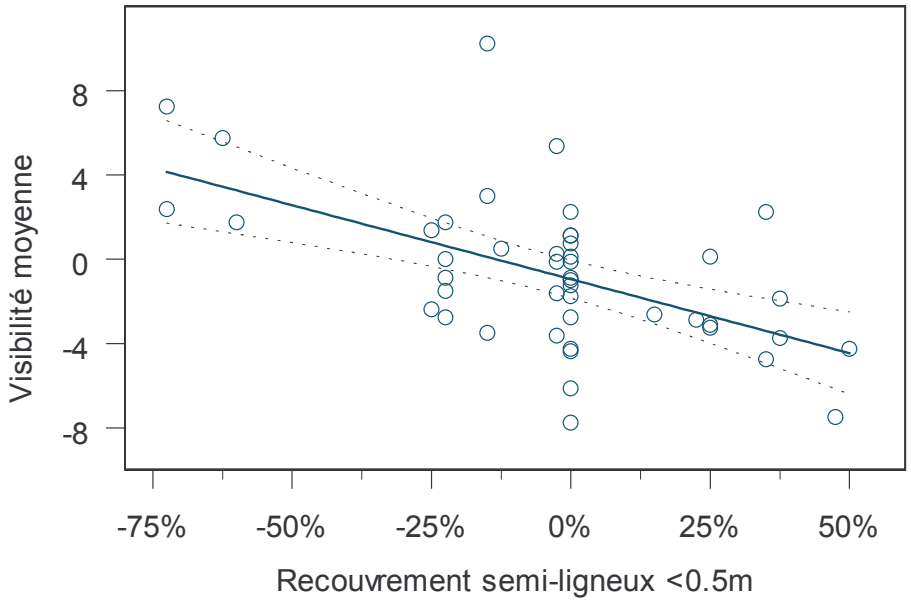


Figure 10. Corrélation entre la différence de visibilité moyenne (Vm) et la différence de recouvrement semi-ligneux à moins de 50 cm du sol (CHsl0.5) observées entre reposées et points appariés pour les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2, $n_R>n_A$). En pointillé, les limites de l'intervalle de confiance à 95%.

c) Elargissement des résultats à l'ensemble des données cerf de l'hiver 2, à savoir aux différents cas de figure (n_R, n_A)

Dans le cas c) (**tableau 19**), qui comporte des cas où la sélection est inversée ($n_R<n_A$), c'est-à-dire que le point apparié comporte plus de reposées dans un rayon de 10 m que la reposée mesurée (Cf II3.1), nous avons inversé reposée et point apparié pour respecter le patron de sélection.

Tableau 19. Synthèse des modèles retenus pour la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2) en fonction des différents cas de figure entre n_R et n_A (descriptif, effectif, déviance du modèle nul et déviance expliquée (%)).

cas de figures	effectif	modèles retenus	déviance nulle	déviance expliquée (%)
a) $n_R>n_A$	**46**	modèle #4 : + Asol + CLl0.5 - Vm	63.77	**17.78** **(27.88%)**
b) $n_R>n_A$ + $n_R=n_A$	**50** (46+4)	+ CLl0.5 + Asol - Vm	69.31	18.95 (27.32%)
c) $n_R>n_A$ + $n_R<n_A$	**51** (46+5)	+ Asol + Dist-lis - Vm	70.70	16.27 (23.01%)
d) $n_R>n_A$ + $n_R=n_A$ + $n_R<n_A$	**55** (46+4+5)	- Vm + CLl0.5 + Asol	76.25	14.18 (18.60%)

Dans les cas de figure b), c) et d), Asol et Vm sont toujours retenus, c'est juste l'ordre de ces variables dans le modèle final qui est modifié.

CLl0.5 (bien que significatif au seuil de 5%) n'est plus retenu dans le cas de figure c) au profit de Dist-lis. Ce modèle (+ Asol + Dist-lis - Vm), cas c), comme dans le modèle #3 cas a) (**tableau 17**), présente les mêmes points non expliqués. Il s'agit de couples de points où la reposée est plus proche d'une lisière que son point apparié.

Dans le cas initial a) ($n_R>n_A$), le modèle #3 : - Fsol + CLl0.5 + Dist-lis explique 31.19% de la déviance totale contre 27.88% pour le modèle #4 (+Asol +CLl0.5 -Vm), modèle qui reprend le moins de déviance des 5 modèles retenus (**tableau 17**).

Dans les autres cas présentés (b, c et d), le pourcentage de déviance expliquée est toujours inférieur aux 27.88% expliqués par le modèle #4, cas a). On confirme bien ici que tenir compte uniquement des « bons couples » ($n_R>n_A$) est le plus performant pour expliquer la sélection des reposées.

V2.1.3 Sélection des sites de repos par le Cerf pendant l'hiver 1

L'effectif est faible (n=20) et si l'on considère uniquement les couples où $n_R>n_A$, l'effectif passe à n=13. Ces quelques données peuvent simplement indiquer des tendances pour faire la correspondance avec le jeu de données de l'hiver 2 déjà présenté.

Le **tableau 20** présente les tendances des variables pour l'hiver 1 : sont représentées les variables significatives au seuil de 5% et les variables retenues dans les modèles obtenus l'hiver 2.

Tableau 20. Récapitulatif des variables significatives l'hiver 1 et des variables retenues dans les modèles l'hiver 2, pour la sélection des reposées de cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 1, $n_R>n_A$). Le test-T de Student est utilisé sauf * qui signifie l'utilisation d'un test des signes de Wilcoxon. Les variables significatives au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique.*

variable	unité	p associée au test	moyenne rep.-app.	moyenne reposée	moyenne apparié	lim. inf. IC95%	lim. sup. IC95%	coefficient d'asymétrie
Vm	m	0,519	-0,9	11,2	12,0	-3,6	1,9	0,08
CLl0.5*	%	0,193	7,4	26,4	19,0	-	-	1,36
CLr0.5*	***%***	***0,077***	***9,0***	***19,0***	***10,0***	***-***	***-***	***1,88***
Dist-lis	**m**	**0,045**	**-53,1**	**87,7**	**140,8**	**-104,7**	**-1,4**	**-0,09**
Fsol*	%	0,751	0,2	35,6	35,4	-	-	1,00
Asol	%	0,776	-2,9	34,8	37,7	-24,5	18,7	-0,10
CHsl0.5	**%**	**0,023**	**22,7**	**36,5**	**13,9**	**3,8**	**41,6**	**0,67**
CHl2	**%**	**0,020**	**10,2**	**27,3**	**17,1**	**1,9**	**18,5**	**0,26**
CHr2	**%**	**0,038**	**9,0**	**19,8**	**10,8**	**0,6**	**17,5**	**0,41**

a) variables impliquées dans la sélection des reposées en hiver (hiver 1, n=13)

Pour la distance à la lisière la plus proche (Dist-lis) : les cerfs ont tendance à se rapprocher des lisières, le patron est opposé à celui observé l'hiver 2. Mais certains cerfs l'hiver 2 exprimaient aussi cette tendance à se rapprocher des lisières.

Le recouvrement semi-ligneux à moins de 50 cm du sol (CHsl0.5) est nettement plus important autour des reposées (d'en moyenne 20%), alors que l'hiver 2, cette variable n'est pas du tout significative.

Le recouvrement ligneux (résineux) entre 0.5 et 2 m : CHl2 (CHr2), est supérieur sur la reposée, cette tendance est confirmée l'hiver 2.

b) tendance des variables incluses dans le modèle #4 (**tableau 17**) retenu pour le Cerf (hiver 2, $n_R > n_A$)

Ces observations sont juste indicatives, étant donné le faible effectif considéré.

Le couvert latéral ligneux (résineux) à moins de 50 cm du sol (CLl0.5), n'est pas significativement supérieur autour de la reposée, mais la tendance et l'amplitude sont identiques à celles observées l'hiver 2.

Pour la visibilité moyenne (Vm), le constat est le même : la tendance et l'amplitude sont identiques à celles observées l'hiver 2.

Par contre pour les recouvrements en aiguilles et en feuilles mortes au sol (Asol et Fsol), aucune tendance n'est mise en évidence. Reposées et points appariés sont en moyenne identiques. Le recouvrement en aiguilles au sol est moins abondant l'hiver 1 que l'hiver 2.

La corrélation négative observée entre Visibilité moyenne (Vm) et recouvrement semi-ligneux (CHsl0.5) l'hiver 2 (**figure 10**) est confirmée pour l'hiver 1, la relation semble même plus forte (r=-0.70).

V2.1.4 Synthèse sur la sélection des sites de repos par le Cerf en hiver

(1) Les cerfs de la FDB ont tendance à se cacher lorsqu'ils sont au repos, d'une part en s'éloignant des lisières, et d'autre part en utilisant le recouvrement semi-ligneux comme protection (tendance confirmée pour les 2 hivers).

(2) Les cerfs recherchent localement le sous-étage résineux le plus développé, ce que l'on retrouve à travers les différents recouvrements résineux entre 0 et 4 m de hauteur. Cette tendance est confirmée par le recouvrement d'aiguilles au sol : Asol, variable synthétique du sous-étage résineux. En complément, le sol localement recouvert de feuilles mortes est évité et Fsol est le plus fortement corrélé avec le recouvrement feuillu entre 2 et 4 m de hauteur.

(3) Les cerfs expriment localement une sélection spécifique pour un fort couvert latéral à moins de 50 cm du sol, là où l'animal est couché. Cette observation pourrait s'expliquer par la recherche d'une protection thermique contre le vent et/ou la pluie orientée par le vent.

V2.2 Sélection des sites de repos par le Cerf en été

V2.2.1 Effectif total des reposées de Cerf en été

L'effectif est équilibré entre les 2 campagnes estivales et suffisant pour mener une analyse globale des critères de sélection des reposées (**tableau 21**). Durant l'été 1, le nombre exact de reposées autour de chaque point de mesure (reposée : n_R et apparié : n_A) n'est pas connu.

Tableau 21. Effectif total par campagne estivale des reposées de Cerf recensées le long des transects sur la Forêt Domaniale du Bougès en fonction du nombre total de reposées présentes 10 m autour de la reposée mesurée (n_R) et du point apparié (n_A).

relations n_R, n_A	Eté 1	Eté 2
$n_R > n_A$	40	49
$n_R = n_A$	-	8
$n_R < n_A$	-	3
Cerf (total)	40	60

V2.2.2 Sélection des reposées par le Cerf pendant l'été 1

L'analyse est menée sur la totalité des reposées détectées (n=40).

a) mise en évidence des principales variables impliquées dans la sélection des reposées de Cerf en été (été 1) : analyse univariée (**tableau 22**)

- Une seule variable est significative au seuil de 1% (p<0.01) : CHsl0.5

Les cerfs évitent les semi-ligneux (CHsl0.5) autour des sites où ils se reposent. Le recouvrement semi-ligneux est significativement moins développé d'environ 12% à proximité des reposées de cerf. En moyenne les semi-ligneux sont 2 fois moins abondants autour de la reposée (13.3% contre 25.5%) (**figure 12**).

- Les variables significatives au seuil de 5% (0.01<p<0.05)

De même le couvert latéral ligneux à moins de 50 cm du sol (CLl0.5) est plus développé dans un rayon de 10 m autour de la reposée choisie.

Le couvert latéral ligneux (CLl2), respectivement le couvert latéral résineux (CLr2) entre 0.5 et 2 m de hauteur sont supérieurs autour de la reposée de plus de 11% en moyenne, respectivement 7.2%. Ces 2 variables sont fortement corrélées : r(CLl2,CLr2) vaut +0.74.

Le recouvrement ligneux entre 0.5 et 2 m (CHl2), entre 2 et 4 m (CHl4, feuillu également : CHf4) est supérieur au dessus de la reposée.

Le recouvrement en aiguilles au sol (Asol) est nettement supérieur autour des reposées d'environ +13% en moyenne.

La visibilité moyenne (Vm) : les cerfs sont moins repérables quand ils sont au repos. Si l'on regarde les visibilités par direction cardinale (**figure 11**), à l'Est et au Nord, la différence est significative au seuil de 5%, au Sud, au seuil de 10% seulement. Par contre à l'Ouest, la visibilité n'est pas différente entre reposée et point apparié.

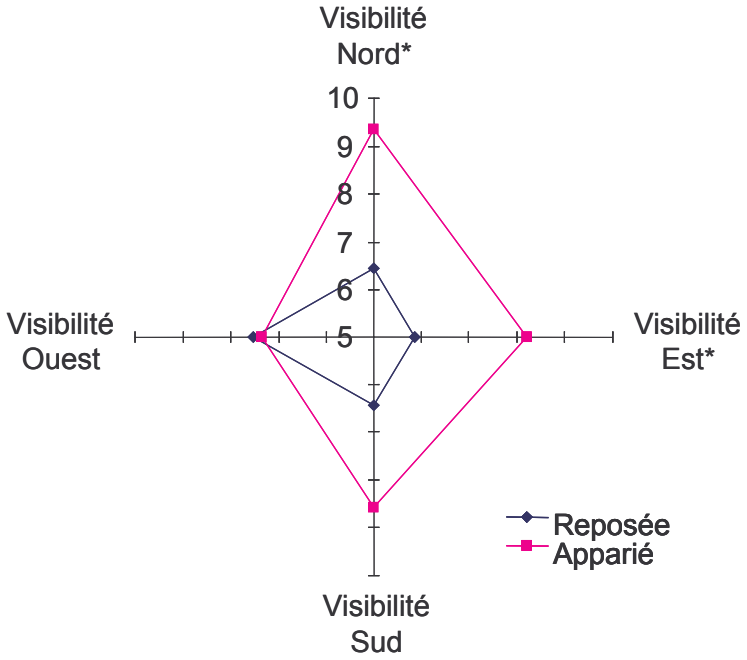


Figure 11. Visibilité moyenne (en m) dans les 4 directions cardinales autour de la reposée et du point apparié pour les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été1). * indique une différence significative entre reposée et point apparié au seuil de 5%.

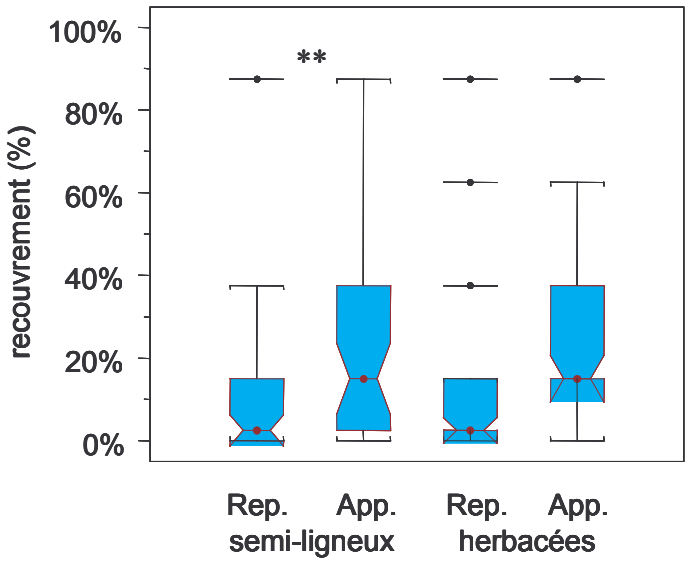


Figure 12. Boîte à moustache des recouvrements semi-ligneux (CHsl0.5) et d'herbacées (CHh0.5) à moins de 50 cm du sol sur la reposée (Rep.) et le point apparié (App.), concernant les données Cerf l'été 1. ** indique une différence significative au seuil de 1%. La boîte bleue contient 50% des données (entre le 1er et le 3ème quartile), avec la médiane matérialisée en rouge et l'intervalle de confiance à 95% qui correspond à la zone rétrécie. Les bornes inférieure et supérieure correspondent à 1.5 fois l'interquartile, les points extrêmes sont identifiés en dehors de ces bornes.

NB : dans la suite du document, les caractéristiques des boîtes à moustache sont identiques à celles de la figure 12 et ne sont pas répétées.

Sur la **figure 12**, nous avons représenté le couvert semi-ligneux et le couvert herbacé, ces 2 couverts donnent une image de la distribution de la ressource alimentaire. Même si ce n'est significatif qu'au seuil de 10%, on peut aussi noter que les cerfs ont tendance à éviter localement les zones où le couvert herbacé (CHh0.5) est le plus fort.

Tableau 22. Récapitulatif de l'ensemble des variables testées pour la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 1). Le test-T de Student est utilisé sauf * qui signifie l'utilisation d'un test des signes de Wilcoxon. Les variables significatives au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique.*

variable	unité	p associée au test	moyenne rep.-app.	moyenne reposée	moyenne apparié	lim.inf. IC95%	lim.sup. IC95%	coefficient d'asymétrie
VM	**m**	**0,024**	**-1,8**	**6,6**	**8,4**	**-3,4**	**-0,2**	**-0,05**
Vam	m	0,470	-0,8	6,9	7,7	-3,0	1,4	-0,17
CLl0.5	**%**	**0,046**	**6,3**	**35,2**	**28,9**	**0,1**	**12,4**	**0,48**
CLf0.5	%	0,238	2,6	12,5	9,9	**-1,8**	**7,1**	0,98
CLr0.5	***%***	***0,070***	***4,9***	***28,9***	***24,0***	***-0,4***	***10,3***	***0,34***
CLsl0.5	%	0,671	-1,6	21,1	22,7	**-9,3**	**6,1**	-1,14
CLl2	**%**	**0,011**	**11,1**	**36,4**	**25,4**	**2,7**	**19,5**	**-0,25**
CLf2	%	0,191	4,3	11,2	6,9	**-2,3**	**10,9**	-0,2
CLr2	**%**	**0,025**	**7,2**	**27,5**	**20,3**	**0,9**	**13,4**	**0,85**
Dist_rf	m	0,320	6,3	111,3	105,0	-6,3	18,8	-0,24
Dist_ro	***m***	***0,090***	***-11,0***	***305,6***	***316,6***	***-24,0***	***1,8***	***0,35***
Dist_lis	m	1,000	0,0	78,8	78,8	-20,3	20,3	-0,91
Fsol*	%	0,293	3,8	28,7	24,9	-	-	**1,76**
Asol	**%**	**0,011**	**13,0**	**42,4**	**29,4**	**3,2**	**22,8**	**0,67**
CHl0.5	%	0,112	3,4	18,8	15,4	**-0,8**	**7,6**	-0,24
CHf0.5	%	0,423	1,2	7,9	6,8	**-1,8**	**4,2**	0,11
CHr0.5	***%***	***0,085***	***3,2***	***14,3***	***11,1***	***-0,5***	***6,8***	***0,29***
CHsl0.5	**%**	**0,006**	**12,2**	**13,3**	**25,5**	**-20,8**	**-3,7**	**-1,16**
CHh0.5	***%***	***0,069***	***-10,4***	***16,3***	***26,7***	***-21,6***	***0,9***	***0,11***
CHl2	**%**	**0,040**	**5,8**	**24,5**	**18,8**	**0,3**	**11,2**	**-0,71**
CHf2	%	0,111	3,4	10,1	6,6	**-0,8**	**7,7**	-0,43
CHr2	%	0,229	2,6	15,9	13,3	**-1,7**	**7,0**	0,47
CHl4	**%**	**0,015**	**7,4**	**24,9**	**17,5**	**1,5**	**13,2**	**0,21**
CHf4	**%**	**0,026**	**5,9**	**16,7**	**10,8**	**0,8**	**11,1**	**0,57**
CHr4	%	0,137	2,9	10,4	7,5	**-1,0**	**6,9**	1,41
Ct	%	0,119	7,8	51,6	43,8	-2,1	17,7	0,4
Gt	***m²/ha***	***0,085***	***1,9***	***10,2***	***8,3***	***-0,3***	***4,1***	***0,68***
Gf	m²/ha	0,896	0,1	3,3	3,2	-1,4	1,6	-0,85
Gr	***m²/ha***	***0,086***	***1,8***	***6,9***	***5,1***	***-0,3***	***3,8***	***0,83***
Gfp	m²/ha	0,701	0,2	2,0	1,8	-0,8	1,2	-0,66
Gfb	m²/ha	0,425	-0,2	1,1	1,4	-0,8	0,4	-2
Gfg*	m²/ha	0,965	0,2	0,3	0,1	-	-	**4,56**
Grp	m²/ha	0,295	0,4	2,1	1,7	-0,4	1,2	1,27
Grb*	m²/ha	0,228	1,2	3,8	2,7	-	-	**1,39**
Grg	m²/ha	0,449	0,3	0,6	0,4	-0,5	1,0	-2
%pb	%	0,328	-6,5	38,2	44,7	-19,6	6,7	-0,34
%bm	%	0,229	6,8	35,7	28,9	-4,4	18,0	0,68
%gr	%	0,688	2,8	47,7	44,9	-11,3	16,9	0,27

b) Complémentarité des variables impliquées dans la sélection des reposées par les cerfs de la FDB en été (été 1) : approche multivariée par la méthode de régression logistique par paire

La déviance résiduelle du modèle nul vaut 55.45 pour 40 degrés de liberté. Le processus de sélection de variables aboutit à 5 modèles considérés équivalents du point de vue de l'AICc. Ces modèles comprennent tous 3 variables, et ont, en particulier, le recouvrement semi-ligneux à moins de 50 cm du sol (CHsl0.5) en commun (**tableau 23**).

Tableau 23. Description des modèles obtenus pour la sélection des reposées par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 1) : AICc, déviance expliquée (%) et signe des variables retenues.

modèle #	signe des variables pour les modèles retenus	AICc	déviance expliquée (%)
1	- Vm - CHsl0.5 + CHf4	38.08	24.03 (43.34%)
2	+ CLr2 - CHsl0.5 + CHf4	37.68	24.44 (44.08%)
3	- Vm - CHsl0.5 + Asol	38.01	24.11 (43.48%)
4	+ CLr2 - CHsl0.5 + CHh0.5	36.77	25.34 (45.70%)
5	- Vm - CHsl0.5 + Gr	37.88	24.23 (43.70%)

La visibilité moyenne (Vm), le recouvrement feuillu entre 2 et 4 m (CHf4), le couvert latéral résineux entre 0.5 et 2 m de hauteur (CLr2), la surface terrière en résineux (Gr) et le recouvrement d'aiguilles au sol (Asol) représentent les autres variables incluses dans les différents modèles retenus. Parmi ces 5 modèles, les 2 premiers sont les plus stables.

- ***Modèle #1*** *: visibilité moyenne, recouvrement semi-ligneux (<0.5 m) et couvert feuillu dans le sous-étage, entre 2 et 4 m de hauteur (- Vm - CHsl0.5 + CHf4).*

Tableau 24. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #1 pour la sélection des reposées par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 1 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé.

variables	coefficient	erreur standard	valeur T associée	rapport de cote	Intervalle de confiance 95%
Visibilité moyenne (Vm)	- 0.35	0.14	-2.56	**0.70** (+1 m)	[0.54:0.92]
recouvrement semi-ligneux <0.5 m (CHsl0.5)	- 7.31	3.00	-2.44	**0.69** (+5%)	[0.52;0.93]
recouvrement feuillu entre 2 et 4 m (CHf4)	+ 6.08	3.23	+1.88	**0.74** (-5%)	[0.54;1.01]

Les cerfs recherchent des sites de repos là où ils sont les plus camouflés localement. Ils évitent le recouvrement semi-ligneux le plus abondant localement à moins de 50 cm du sol et se mettent à couvert de feuillus.

L'interprétation du rapport de cote pour chaque variable retenue (**tableau 24**) montre que :

(1) la visibilité moyenne (Vm) est la variable la plus significative : la visibilité moyenne d'un cerf au repos est de 6.6 m, soit environ 2 m de moins qu'alentour. Si cette distance de visibilité augmente localement d'1 m, les chances de trouver un cerf au repos à cet endroit baissent de 30%.

(2) En moyenne, le couvert semi-ligneux représente 13% du couvert à moins de 50 cm du sol, soit 2 fois moins que ce qui est disponible alentour (**tableau 22**). Si on augmente localement de 5% le recouvrement en semi-ligneux, on diminue de 31% les chances qu'un cerf choisisse cet endroit pour se reposer.

(3) Le couvert feuillu dans le sous-étage (CHf4) représente en moyenne 2/3 du couvert ligneux disponible, soit environ 25%. Localement les cerfs se reposent là où le couvert feuillu entre 2 et 4 m est le plus fort, de plus de 6% en moyenne. Si l'on baisse localement ce couvert de 5% alors on baisse d'environ d'1/4 les chances qu'un cerf se repose à cet endroit en été.

*- **Diagnostic** et qualité du modèle # 1 : (- Vm - CHsl0.5 + Chf4)*

Un seul couple est vraiment isolé : il n'est pas du tout repris par le modèle. La valeur des variables pour ce point sont : Vm=+9.00, CHsl0.5=CHf4=0%. C'est-à-dire que ce cerf s'est reposé dans un endroit où il est très visible. Le couvert semi-ligneux autour de la reposée comme du point apparié vaut 0%, et le couvert feuillu 2.5%, couvert identique aussi sur le point apparié.
Il semble, que pour ce point d'autres critères soient rentrés en jeu pour expliquer qu'un cerf se soit reposé à cet endroit, il s'agit peut être d'une reposée de nuit en milieu ouvert.

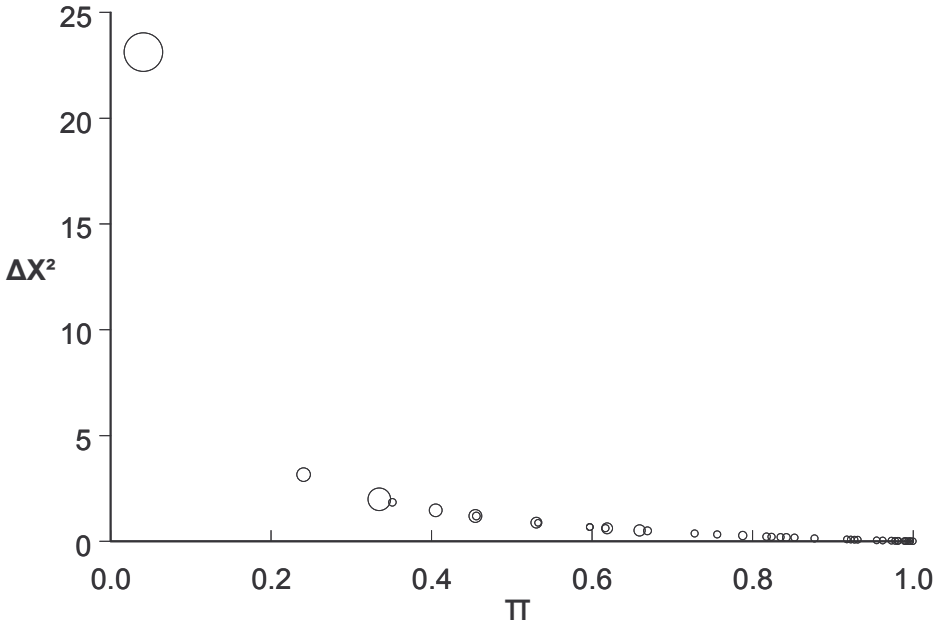


Figure 13. Graphique diagnostic du modèle #1 dans la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 1 : ΔX^2 en fonction de π, la taille des points est proportionnelle à Δβ.

Un autre point (**figure 13**, 2ème cercle le plus large, π=0.34) est influent, bien que repris par Vm dans le modèle (Vm=-9.25). En effet, la visibilité autour de la reposée est très faible, elle égale 1.5 m. Les 2 autres variables pour ce point ont un patron opposé à celui du modèle. La visibilité très faible sur cette reposée pourrait à elle seule facilement expliquer qu'un Cerf se repose à cet endroit. Il pourrait s'agir d'un animal dominé qui est mis à l'écart et se cache.

*- **Modèle #2** : couvert latéral résineux entre 0.5 et 2 m de hauteur, recouvrement semi-ligneux à moins de 50 cm du sol et couvert feuillu dans le sous-étage, entre 2 et 4 m de hauteur (+ CLr2 - CHsl0.5 + CHf4)*

Tableau 25. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #2 (+CLr2 -CHsl0.5 + Chf4) pour la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 1 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé.

Variables	Coefficient	Erreur standard	valeur T associée	rapport de cote	Intervalle de confiance 95%
Couvert latéral résineux de 0.5 à 2 m (CLr2)	+ 8.89	3.67	+ 2.42	**0.64** (-5%)	[0.45;0.92]
Recouvrement semi-ligneux <0.5 m (CHsl0.5)	- 5.87	2.57	- 2.29	**0.75** (+5%)	[0.58;0.96]
Recouvrement feuillu entre 2 et 4 m (CHf4)	+ 7.58	3.82	+ 1.98	**0.68** (-5%)	[0.47;1.00]

Ici, le couvert latéral résineux entre 0.5 et 2 m de hauteur prend la place de la visibilité moyenne. Les 2 autres variables sont conservées. Les coefficients pour les 2 variables communes CHsl0.5 et Chf4 varient quand CLr2 remplace Vm. CHf4 qui était à la limite de la signification dans le modèle #1 est significatif dans le modèle #2.

L'été 1, les cerfs au repos recherchent localement un bon couvert latéral entre 0.5 et 2 m (en moyenne 27.5%), soit 7.2% de plus qu'alentour. L'interprétation du **tableau 25** montre que :

(1) le fait de baisser le couvert latéral résineux (CLr2) localement de 5% diminue d'environ 1/3 les chances qu'un cerf se repose à cet endroit.

(2) si le pourcentage de semi-ligneux augmente localement de 5%, ce site devient moins favorable au repos des cerfs, les chances d'y trouver un cerf au repos baissent de 25%.

(3) et si le couvert feuillu dans le sous-étage baisse de 5%, les chances de trouver un cerf au repos à cet endroit baisse aussi d'environ 1 chance sur 3.

Dans l'interprétation des rapports de cote, ce qui est important à observer si l'on compare les 2 modèles présentés (**tableaux 24** et **25**), c'est que l'ordre de grandeur est conservé pour une même variation de la variable considérée.

- Diagnostic et qualité du modèle #2 : (+CLr2 -CHsl0.5 +CHf4)

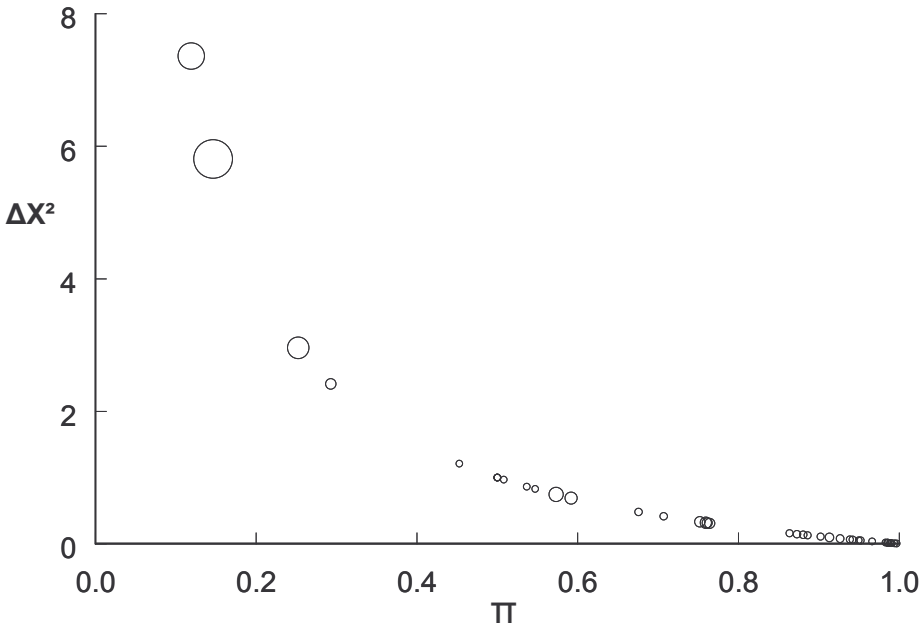


Figure 14. Graphique diagnostic du modèle #2 retenu dans la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 1) : ΔX^2 en fonction π, la taille des points est proportionnelle à Δβ.

En comparaison avec le modèle #1, 2 points sont peu expliqués (π<0.2), par contre ΔX^2 est bien plus faible que pour le point isolé du modèle #1. Le point le plus influent (cercle le plus large, **figure 14**) a le profil suivant (CLr2 =+23%, CHsl0.5=+35% et CHf4=-23%). Une variable sur 3, CLr2, a un profil qui correspond bien au modèle. Le fait d'être bien protégé latéralement est peut être suffisant à la prise de décision du cerf pour se reposer à cet endroit.

CONCLUSION sur la sélection des sites de repos par les cerfs de la FDB en été (été 1)

Le recouvrement semi-ligneux à moins de 50 cm du sol (CHsl0.5) est la variable la plus significative pour la sélection des sites de repos du cerf lors du 1er été. Les cerfs choisissent des zones où le recouvrement en semi-ligneux est localement le plus faible. Cette tendance est aussi observée pour le recouvrement herbacé à moins de 50 cm du sol (CHh0.5), et ceci même si le test T apparié n'est pas significatif.

Ces 2 éléments, semi-ligneux et herbacées, sont importants car ils définissent localement les disponibilités alimentaires.

(1) Les cerfs de la FDB, l'été 1, évitent localement les zones où les couverts semi-ligneux et herbacé sont les plus forts ;

(2) les cerfs se camouflent au repos en s'entourant d'un bon couvert latéral résineux entre 0 et 2 m, localement le plus élevé (idée confortée par la mesure de visibilité) ;

(3) les cerfs recherchent aussi un bon couvert (feuillu) dans le sous-étage (entre 2 et 4 m de hauteur) au dessus de leur site de repos.

V2.2.3 Sélection des sites de repos par le Cerf pendant l'été 2

L'effectif total est de 60 couples (reposée, point apparié) pour les cerfs l'été 2, mais seulement 49 couples vérifient la relation $n_R > n_A$ (**tableau 21**). Dans un premier temps, l'analyse est menée sur ce sous-jeu de données puis est élargie à l'ensemble des cas de figure.

a) mise en évidence des principales variables impliquées dans la sélection des reposées de cerfs de la FDB en été (été 2) : analyse univariée (**tableau 26**)

- Les variables significatives au seuil de 5% (**tableau 26**)

Le couvert latéral ligneux (et plus précisément résineux) à moins de 50 cm du sol (CLl0.5 et CLr0.5) est localement plus abondant dans un rayon de 10 m autour de la reposée, en moyenne de plus de 11% (test T apparié, $p=3.10^{-3}$).

Le couvert latéral résineux (et aussi ligneux au global) entre 0.5 et 2 m de hauteur (CLr2 et CLl2) est aussi plus abondant d'environ 10% en moyenne dans un rayon de 10 m autour de la Reposée. Le couvert latéral ligneux dans cette strate atteint en moyenne 46.6% autour de la reposée.

Le coefficient de corrélation entre CLr2 et CLr0.5, comme entre CLl2 et CLl0.5 vaut environ +0.80. Et les valeurs moyennes sur la reposée et le point apparié sont très proches (**tableau 26**). Entre 0 et 2 m de hauteur le site choisi pour se reposer est entouré dans un rayon de 10 m d'un couvert latéral homogène et caractérise ainsi des milieux où la vision est assez limitée.

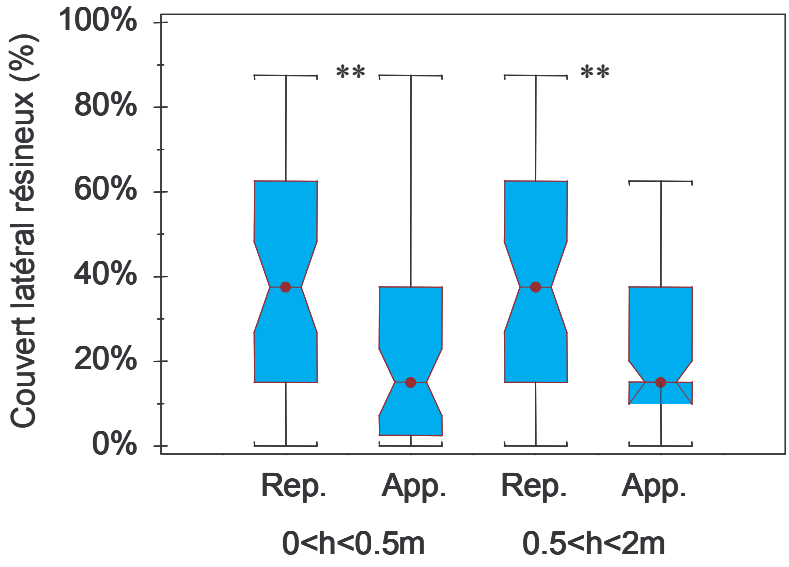


Figure 15. Boîte à moustache des couverts latéraux résineux à moins de 50 cm du sol (CLr0.5) et entre 0.5 et 2 m de hauteur (CLr2) sur la reposée (Rep.) et le point apparié (App.), concernant les données Cerf l'été 2.

On note bien sur la **figure 15** à la fois la sélection forte sur cette variable de couvert latéral ainsi que la similarité des données dans les 2 strates de hauteur (de 0 à 0.5 m et de 0.5 à 2 m).

La visibilité moyenne (Vm) est significativement plus faible au niveau de la reposée d'1.6 m en moyenne. Les cerfs sont plus difficilement détectables quand ils sont sur leur reposée. La différence de visibilité moyenne est due surtout aux visibilités Nord, Est et Sud, par contre à l'Ouest la visibilité est identique entre reposée et point apparié. La représentation sur la **figure 16** facilite la visualisation d'un tampon de végétation entre l'enveloppe bleue (reposée, le cerf) et l'enveloppe rose (point apparié) qui protège visuellement les cerfs au repos.

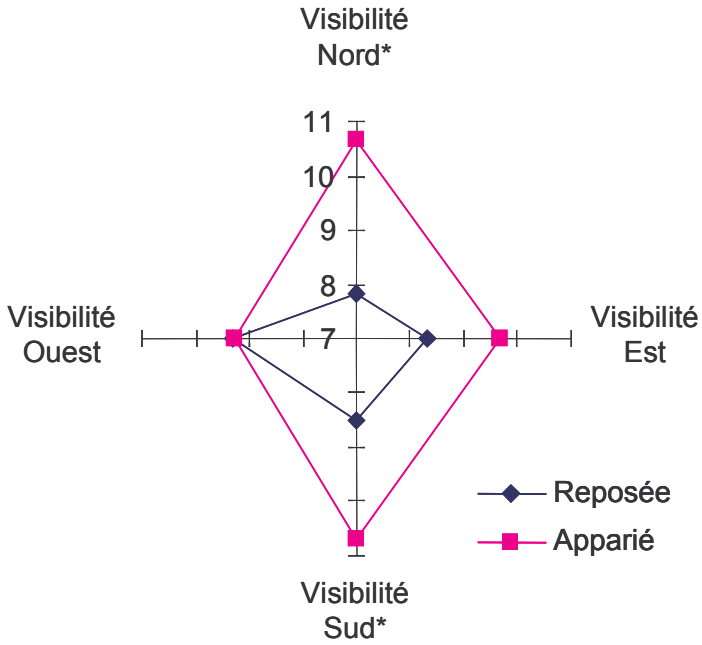


Figure 16. Visibilité moyenne (en m) dans les 4 directions cardinales autour de la reposée et du point apparié pour les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 2, $n_R > n_A$). * indique une différence significative entre reposée et point apparié au seuil de 5%.

Les recouvrements, ligneux et résineux, suivent la même tendance, dans les 3 strates de hauteur : de 0 à 0.5 m (CHl0.5,CHr0.5),) 0.5 à 2 m (CHl2, CHr2) et 2 à 4 m (Chl4, Chr4).

Seul le recouvrement ligneux entre 2 et 4 m n'est pas significativement plus fort (test T apparié, p=0.084) sur la reposée, mais la tendance est identique.

Tous ces recouvrements sont plus développés localement au dessus des reposées de cerf l'été 2. La différence la plus marquée est observée pour le recouvrement ligneux entre 0.5 et 2 m (CHl2). Le recouvrement moyen est de 28.1% au dessus de la reposée soit 17% de plus que ce que l'on trouve localement (test T, $p=10^{-4}$, **tableau 26**).

Cette différence de couvert est la plus importante que l'on ait observé sur les différents jeux de données traités en été comme en hiver.

Tableau 26. Récapitulatif de l'ensemble des variables testées pour la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 2, $n_R > n_A$). Le test-T de Student est utilisé sauf * qui signifie l'utilisation d'un test des signes de Wilcoxon. Les variables significatives au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique.*

variable	unité	p associée au test	moyenne rep.-app.	moyenne reposée	moyenne apparié	lim. inf. IC95%	lim. sup. IC95%	coefficient d'asymétrie
Vm	**m**	**0,006**	**-1,6**	**8,5**	**10,1**	**-2,7**	**-0,5**	**-1,12**
Vam	m	0,970	0,0	8,7	8,8	-2,2	2,2	0,14
CLl0.5	**%**	**0,003**	**11,4**	**47,7**	**36,3**	**4,1**	**18,6**	**0,22**
CLf0.5	%	0,713	-1,0	13,8	14,9	-6,6	4,5	0,19
CLr0.5	**%**	**0,0003**	**13,3**	**37,8**	**24,5**	**6,4**	**20,2**	**-0,01**
CLsl0.5*	%	0,341	1,9	9,2	7,3	-	-	3,41
CLl2	**%**	**0,004**	**10,9**	**46,6**	**35,7**	**3,6**	**18,1**	**0,27**
CLf2	%	0,686	1,1	13,5	12,4	-4,2	6,4	-0,19
CLr2	**%**	**0,014**	**9,1**	**34,7**	**25,8**	**1,9**	**16,3**	**0,44**
Dist_rf	m	0,919	0,4	105,3	105,0	-6,5	7,2	0,19
Dist_ro	m	0,761	1,2	321,0	319,8	-6,6	9,0	1,32
Dist_lis	m	0,669	-4,3	84,3	88,6	-24,3	15,7	-0,09
Fsol	%	0,630	-2,4	23,2	25,6	-12,3	7,5	0,37
Asol	***%***	***0,092***	***8,2***	***49,8***	***41,6***	***-1,4***	***17,7***	***-0,07***
CHl0.5	**%**	**0,000**	**11,0**	**19,7**	**8,7**	**5,2**	**16,9**	**1,04**
CHf0.5*	%	0,609	0,8	6,3	5,5	-	-	1,51
CHr0.5*	**%**	**0,002**	**8,5**	**13,4**	**4,9**	**-**	**-**	**1,78**
CHsl0.5	%	0,331	-3,2	13,3	16,5	-9,6	3,3	-0,28
CHh0.5	**%**	**0,014**	**-9,2**	**9,2**	**18,4**	**-16,5**	**-1,9**	**-1,31**
CHl2	**%**	**0,0001**	**17,2**	**28,1**	**11,0**	**9,4**	**25,1**	**0,22**
CHf2	%	0,178	3,2	8,9	5,5	-1,5	8,0	0,13
CHr2	**%**	**0,0002**	**14,0**	**20,9**	**7,2**	**7,1**	**21,0**	**1,25**
CHl4	***%***	***0,084***	***6,3***	***31,7***	***25,8***	***-0,9***	***13,4***	***-0,26***
CHf4	%	0,545	-1,9	10,8	12,7	-8,1	4,3	-0,38
CHr4	**%**	**0,011**	**8,6**	**24,4**	**16,1**	**2,1**	**15,1**	**0,26**
Ct	***%***	***0,051***	***7,6***	***61,8***	***54,3***	***0,0***	***15,1***	***0,58***
Cf	%	0,897	0,6	17,6	16,9	-8,9	10,1	0,46
Cr	%	0,111	8,4	43,7	37,4	-2,0	18,7	0,39
Gt	m²/ha	0,165	-1,4	12,8	14,2	-3,4	0,6	-0,11
Gf	m²/ha	0,239	-0,7	1,9	2,6	-2,0	0,5	0,15
Gr	m²/ha	0,620	-0,6	10,9	11,5	-2,8	1,7	-0,42
Gfp	m²/ha	0,244	-0,6	1,2	1,7	-1,6	0,4	-0,70
Gfb	m²/ha	0,479	-0,2	0,7	0,9	-0,8	0,4	-0,47
Gfg*	m²/ha	0,371	0,1	0,1	0,0	-	-	5,08
Grp	m²/ha	0,703	-0,3	5,1	5,4	-1,9	1,3	-0,30
Grb	m²/ha	0,489	0,4	4,4	4,0	-0,8	1,6	-1,04
Grg*	m²/ha	0,174	-1,0	1,1	2,1	-	-	-2,97
%pb	%	0,837	-1,3	52,6	54,3	-14,2	11,6	0,03
%bm	%	0,412	3,8	35,9	31,9	-5,4	12,9	-0,38
%gr	%	0,199	7,6	81,3	72,1	-4,2	19,5	0,20

- Les autres variables significatives au seuil de 5% (**tableau 26**)

Le recouvrement herbacé (CHh0.5) est 2 fois plus faible autour des reposées de Cerf qu'alentour, soit environ 9% contre 18% dans le milieu environnant.

Le couvert total dans la canopée (Ct) est plus fort au dessus des reposées qu'au dessus des points appariés, ce résultat est presque significatif au seuil de 5% (test T apparié, p=0.051).

Ces 2 dernières variables sont négativement corrélées, r(CHh0.5, Ct) = -0.55. Ce coefficient de corrélation est le plus fort observé entre le couvert herbacé et chacune des autres variables mesurées. Les variations de couvert total dans la canopée expliquent le mieux et la plus grande part des variations de couvert herbacé. C'est un résultat trivial : quand le couvert augmente, la lumière au sol diminue et limite la végétation herbacée.

b) Complémentarité des variables impliquées dans la sélection des reposées par les cerfs de la FDB en été (été 2) : approche multivariée par la méthode de régression logistique par paires.

L'analyse est présentée dans un premier temps sur l'effectif restreint (c'est-à-dire pour les couples vérifiant $n_R>n_A$, soit un effectif de 49 couples reposée-point apparié), puis les résultats sont élargis à l'ensemble des données dans le **tableau 31**.

Les modèles retenus pour les données Cerf, l'été 2 sont présentés dans le **tableau 27**. Les trois modèles retenus comprennent 3 variables. Deux variables : CHl2 (recouvrement ligneux entre 0.5 et 2 m) et Ct (couvert total dans la canopée) sont communes aux 3 modèles. La 3ème variable est CLr0.5 (couvert latéral résineux à moins de 50 cm du sol) pour le modèle #1, CHr4, le recouvrement résineux dans le sous-étage (entre 2 et 4 m) pour le modèle #2, et Vm, la visibilité moyenne pour le modèle #3. La déviance résiduelle du modèle nul vaut 67.93 pour 49 degrés de liberté dont 3 sont exploités par les modèles retenus.

Tableau 27. Description des modèles obtenus pour la sélection des reposées par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 2) : AICc, déviance expliquée (%) et signe des variables retenues.

modèle #	signes des variables pour les modèles retenus	AICc	déviance expliquée (%)
1	+ CHl2 + CLr0.5 + Ct	48.86	25.61 (37.70%)
2	+ CHl2 + CHr4 + Ct	49.55	24.91 (36.67%)
3	+ CHl2 + Ct - Vm	49.65	24.81 (36.50%)

Les modèles retenus expliquent plus de 2/3 de la variabilité des données.

*- **Modèle # 1** : Recouvrement ligneux entre 0.5 et 2 m, couvert latéral résineux à moins de 50 cm du sol et couvert total dans la canopée (+ CHl2 + CLr5 + Ct)*

Tableau 28. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #1 pour la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 2 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé.

Variables	Coefficient	Erreur standard	Valeur T associée	Rapport de cote	Intervalle de confiance à 95%
Recouvrement ligneux de 0.5 à 2 m (CHl2)	+ 5.047	2.022	+ 2.50	1.66 (+10%)	[1.11; 2.46]
Couvert latéral résineux <0.5 m (CLr0.5)	+ 3.562	1.911	+ 1.86	1.19 (+5%)	[0.99 ;1.44]
Couvert total canopée (Ct)	+ 3.683	2.148	+ 1.71	0.83 (-5%)	[0.67; 1.03]

Les cerfs de la FDB l'été 2 choisissent des sites de repos là où (1) le recouvrement ligneux entre 0.5 et 2 m est le plus développé, (2) le couvert latéral résineux à moins de 50 cm du sol et dans un rayon de 10 m, autour de la reposée est localement le plus abondant et (3) le couvert dans l'étage dominant est aussi le plus fort.

Quand on s'intéresse aux rapports de cote (**tableau 28**), on note que :

(1) CHl2 est la variable la plus significative : et si on augmente localement de 10% le recouvrement ligneux dans la strate où l'animal se déplace (ou bien sous laquelle il se repose), on augmente de 66% les chances qu'un cerf se repose à cet endroit l'été 2.

(2) Pour le couvert latéral résineux à moins de 50 cm du sol (CLr0.5), qui cache l'animal dans un rayon de 10 m, le fait d'augmenter de 5% ce couvert localement augmente de 20% les chances d'y trouver un cerf au repos l'été 2.

(3) Et en complément, le cerf se repose sous fort couvert dans l'étage dominant, si localement l'été 2 le couvert est plus faible de 5%, alors les chances qu'un cerf s'y repose diminuent de 17%.

*- **Modèle # 2** : recouvrement ligneux entre 0.5 et 2 m, couvert total dans la canopée et recouvrement résineux entre 2 et 4 m de hauteur (+ CHl2 + Ct + CHr4)*

Tableau 29. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #2 pour la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 2 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé.

Variables	Coefficient	Erreur standard	Valeur T associée	Rapport de cote	Intervalle de confiance à 95%
Recouvrement ligneux de 0.5 à 2 m (CHl2)	+ 5.944	1.991	+ 2.99	1.81 (+10%)	[1.23; 2.68]
Couvert total canopée (Ct)	+ 3.705	2.114	+ 1.75	0.83 (-5%)	[0.68; 1.02]
Recouvrement (CHr4) résineux de 2 à 4 m	+ 3.608	2.109	+ 1.71	1.20 (+5%)	[0.97; 1.47]

Ici, c'est CHr4, qui entre dans le modèle (**tableau 29**), avec une tendance pour les cerfs de la FDB l'été 2 à se reposer là où le recouvrement résineux dans le sous-étage (entre 2 et 4 m) est localement le plus fort. Le coefficient pour le couvert total ne change pas, par contre CHl2 et CHr4 ne sont pas totalement indépendants.

La présence localement d'un surplus de 5% de couvert résineux dans le sous-étage augmente d'environ 20% les chances qu'un cerf s'y repose.

*- **Modèle #3** : recouvrement ligneux entre 0.5 et 2 m, couvert total dans la canopée et visibilité moyenne (+CHl2 +Ct -Vm).*

Tableau 30. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #3 pour la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 2 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé.

Variables	Coefficient	Erreur standard	Valeur T associée	Rapport de cote	Intervalle de confiance à 95%
Recouvrement ligneux de 0.5 à 2 m (CHl2)	+ 4.717	2.023	+ 2.33	**1.60** (+10%)	[1.08; 2.38]
Couvert total canopée (Ct)	+ 5.567	2.500	+ 2.23	**0.76** (-5%)	[0.59; 0.97]
Visibilité moyenne (Vm)	- 0.232	0.143	- 1.63	**0.79** (+1 m)	[0.60; 1.05]

Dans le modèle #3, ce qui change c'est la présence de la visibilité moyenne (Vm), elle ressort comme une variable importante de la sélection des sites de repos (l'analyse univariée montrait une forte sélection : test T apparié, p=0.006, **tableau 26**).

Augmenter localement la visibilité d'1 m diminue les chances d'environ 20% qu'un cerf choisisse cet endroit pour s'y reposer en été (**tableau 30**).

- Diagnostic, qualité et comparaison des 3 modèles retenus

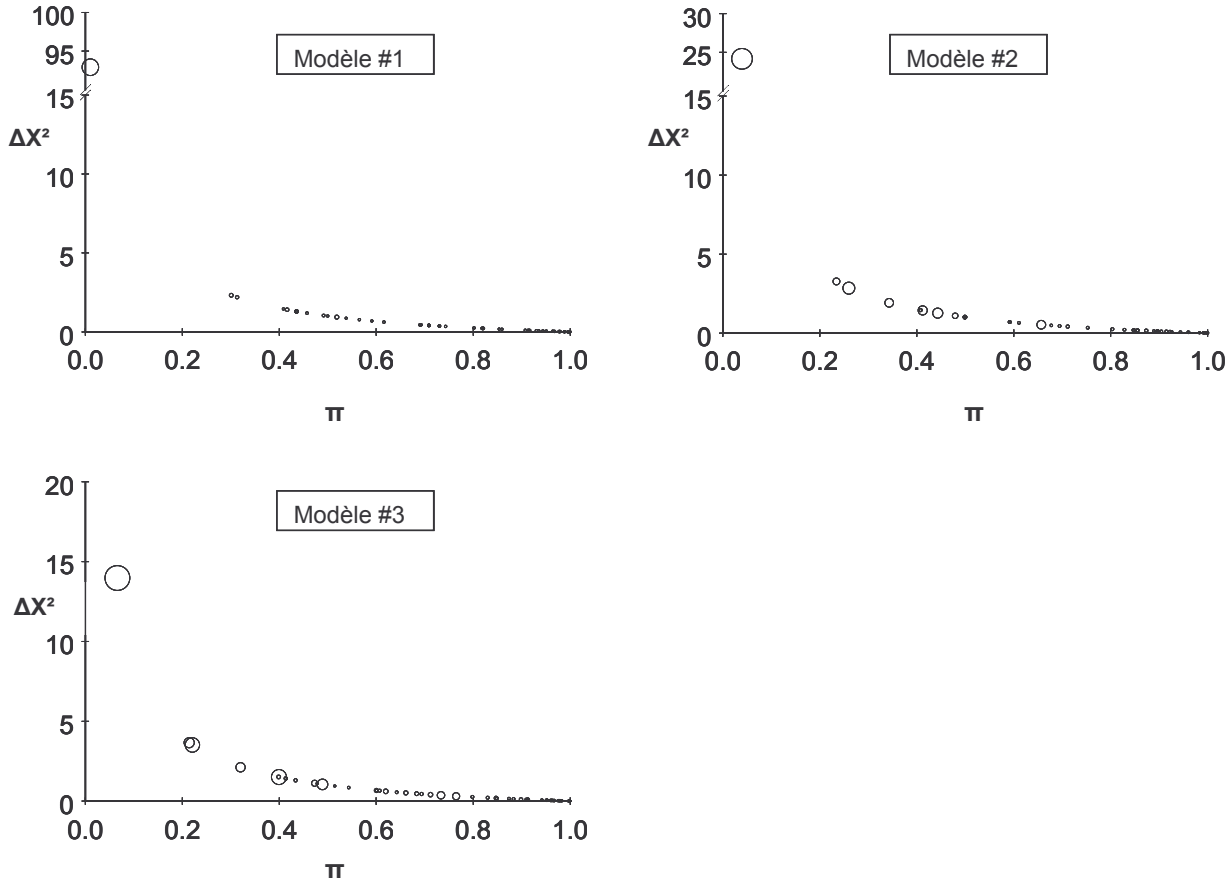


Figure 17. Graphiques diagnostic des 3 modèles retenus dans la sélection des reposées par les cerfs de la FDB l'été 2 : ΔX^2 en fonction π, la taille des points est proportionnelle à Δβ. Pour les modèles #1 et #2, l'axe des ordonnées est coupé pour faire place à un point isolé, et pour caler les 3 figures sur la même échelle.

La **figure 17** montre que les 3 modèles expliquent bien l'ensemble des données sauf un point (π <0.2). Par exemple pour le modèle #1, le point isolé a pour valeur de variables : Ct=-10%, CHl2=-47.5% et CLr0.5=-50%. Ce patron est complètement opposé à celui retenu par le modèle et explique l'isolement de ce point. Il s'agit à chaque fois du même point, et c'est dû au fait que la patron pour CHl2 qui est la variable la plus significative, est opposé à ce que les modèles proposent.

En dehors de ce point, la taille des points sur les 3 figures ci-dessus (**figure 17**) montrent que c'est dans le modèle #1: +CHl2 +CLr0.5 +Ct , qu'on trouve le moins de points à la fois influents et bien repris par le modèle.

Le Cerf isolé, s'est reposé sur un site comportant localement peu de végétation à moins de 2 m de hauteur, dans une zone où le couvert est un peu plus ouvert qu'alentour, ces critères définissent peut être plus un site de repos nocturne.

c) Elargissement des résultats à l'ensemble des données Cerf de l'été 2, c'est-à-dire aux différentes relations entre n_R et n_A.

Tableau 31. Synthèse des modèles retenus pour la sélection des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 2) en fonction des différents cas de figure entre n_R et n_A (descriptif, effectif, déviance du modèle nul et déviance expliquée (%)).

cas de figures	effectif	modèles retenus	déviance nulle	déviance expliquée (%)
a) $n_R>n_A$	**49**	modèle #1 : + CHl2 + CLr0.5 + Ct	67.93	**25.61** **(37.70%)**
b) $n_R>n_A$ + $n_R=n_A$	**57** (49+8)	+ CHl2 + CLr0.5 + Ct	79.02	28.45 (36.00%)
c) $n_R>n_A$ + $n_R<n_A$	**52** (49+3)	+ CHl2 + Ct + CLr0.5	72.09	23.50 (32.60%)
d) $n_R>n_A$ + $n_R=n_A$ + $n_R<n_A$	**60** (49+8+3)	+ CHl2 + CLr0.5 + Ct	83.18	26.64 (32.03%)

Le modèle #1 est conforté quand on généralise l'analyse à l'ensemble du jeu de données (cas b, c et d). Ce qui change, c'est d'une part le pourcentage de la déviance expliquée et d'autre part l'ordre des variables retenues basé sur leur niveau de significativité dans le modèle.

En rajoutant des points (cas b, c et d, **tableau 31**) où il n'y a *a priori* pas de sélection de la reposée par rapport au point apparié, on s'attend à obtenir un modèle moins explicatif, c'est ce que l'on observe au travers des % de déviance expliquée (**tableau 31**). Dans le cas c), comme on inverse reposée et apparié pour les 3 couples ajoutés au jeu de données de base, cas a), on pourrait imaginer que le modèle soit aussi bon que dans le cas a), ce n'est pourtant pas ce que l'on observe. On voit ici qu'au global on explique au minimum un 1/3 de la variabilité avec seulement 3 variables.

Cette approche à plusieurs variables permet de cerner la « niche » de repos des cerfs de la FDB pendant l'été.

CONCLUSION sur la sélection des sites de repos par les cerfs de la FDB en été (été 2)

(1) Les cerfs recherchent en premier lieu un couvert au dessus de l'endroit où ils se reposent. Ce couvert ligneux, est essentiellement composé de résineux, la portion feuillue est moins développée et n'influence pas la sélection du site par les cerfs.

(2) Les cerfs cherchent à se camoufler, ils sélectionnent les sites de repos où le couvert latéral résineux entre 0 et 2 m de hauteur est le plus important. La forte sélection sur la visibilité moyenne conforte cette idée.

(3) A une échelle un peu plus large, les cerfs sélectionnent les endroits où le couvert total dans la canopée est le plus élevé ; en général le couvert feuillu est peu variable, et la sélection s'opère encore sur les résineux. En sélectionnant ce fort couvert total, , les cerfs se reposent moins fréquemment là où le couvert herbacé au sol est élevé.

V2.2.4 Synthèse sur la sélection des sites de repos par le Cerf en été

Cette synthèse est menée à partir des résultats obtenus dans les **tableaux 22** et **26**.

La comparaison est menée sur l'effectif (n_R, n_A) pour l'été 2 (n_{e2}=49) et l'effectif total pour l'été 1 (n_{e1}=40). Quels critères sont communs d'une année sur l'autre ? et lesquels ont changé ?

L'intérêt d'une telle démarche est aussi de relativiser l'importance des différents critères de sélection. En effet, on peut très bien ne pas mettre en évidence de sélection sur une variable particulière, soit *i)* parce qu'elle se répartit de façon homogène sur le milieu ou soit *ii)* parce que l'animal réagit simplement à une valeur seuil de cette variable.

Il faut rappeler ici qu'en été 2, 2 transects supplémentaires (transects **I Nord** et **II Sud**) ont été parcourus, en plus de ceux qui avaient déjà été parcourus l'été 1 (**cf. § II., tableau 3**).

Les 2 campagnes de données montrent de très fortes similitudes, et ceci même si les modèles sélectionnés dans l'approche multivariée ne sont pas identiques. Souvent, la variable la plus significative de l'approche univariée ressort dans tous les modèles.

a) Visibilité et protection latérale

Le patron de visibilité est identique entre été 1 et été 2 : (1) la différence de visibilité moyenne pour l'été 1 et l'été 2 a la même amplitude : -1.8 m l'été 1 et -1.6 m l'été 2 ; et (2) quand on regarde les visibilités dans les 4 directions cardinales (**figures 11** et **16**) : la similitude est frappante : la seule direction pour laquelle les cerfs ne sont pas mieux cachés qu'alentour est à l'Ouest.

On peut se demander si ce résultat n'est pas à mettre en lien avec la direction des vents dominants qui peuvent véhiculer des odeurs et porter des messages sur l'environnement d'un Cerf quand il est inactif. Les vents dominants sur le massif du Bougès, sont le vent du Nord-Ouest et le vent du Sud-Et (**cf. § I2.3.**).

Le vent de Nord-Ouest est le plus fréquent, il souffle environ les 2/3 du temps sur la totalité de l'année, et a soufflé 24 jours sur 30 en juin 1999 et 2000. Etant donné le patron spécifique observé l'été 1 et l'été 2, il semble bien que le Cerf en été compte sur le vent de Nord-Ouest comme source d'information sur son environnement quand il choisit ses sites de repos.

Les mesures de couvert latéral entre 0 et 2 m de hauteur l'été 2 sont plus fortes que l'été 1, mais d'une année sur l'autre la sélection va bien dans le sens d'un couvert latéral ligneux (résineux) plus fort autour de la reposée.

b) Les disponibilités en semi-ligneux (CHsl0.5) et en herbacées (CHh0.5)

L'été 1, les cerfs ont évité localement les sites où les semi-ligneux étaient les plus abondants, la valeur de recouvrement est de l'ordre de 25.5% contre 13.3% sur la Reposée.

L'été 2, on ne met pas en évidence d'évitement, par contre le recouvrement sur la reposée est identique à celui observé l'été 1 (13.3%), un peu moins que ce qui est localement disponible (16.5% sur le point apparié).

Si l'on regarde le recouvrement herbacé, les cerfs évitent les zones localement les plus enherbées, en moyenne les sites de repos comportent environ 10% d'herbacées en moins.

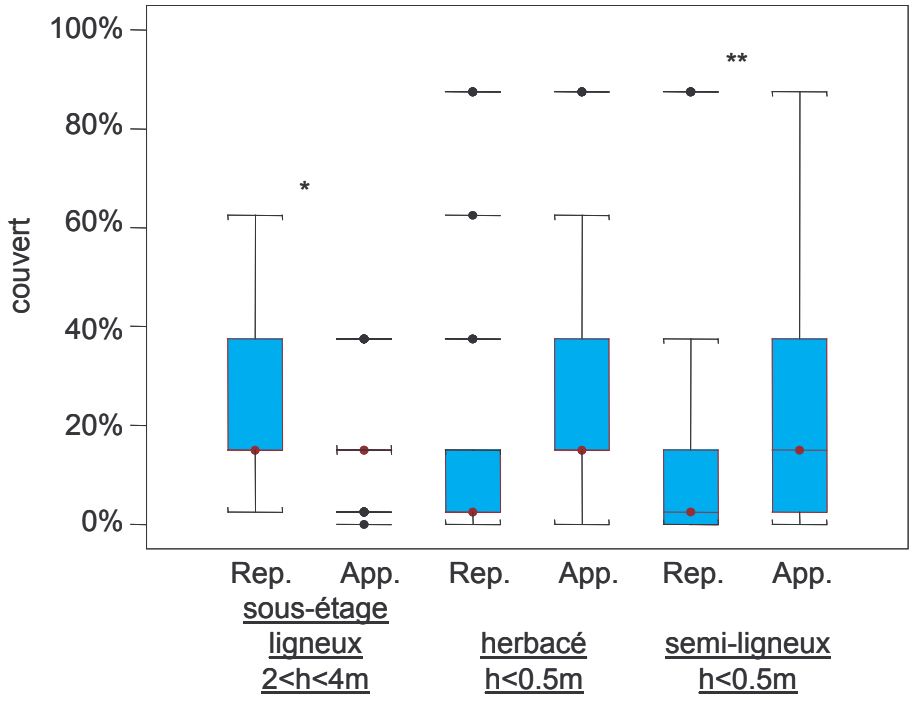


Figure 18. Boîte à moustache du couvert ligneux du sous-étage (CHl4), du recouvrement herbacé (CHh0.5) et du recouvrement semi-ligneux (CHsl0.5) sur la reposée (Rep.) et le point apparié (App.), concernant les données Cerf l'été 1. ** indique une différence significative au seuil de 1%.

c) Couvert dans les différentes strates de hauteur

Au sol : les aiguilles sont plus abondantes que les feuilles mortes, la différence de recouvrement d'aiguilles entre reposées et points appariés est de +13% l'été 1, et +8.2% l'été 2.

A moins de 50 cm du sol : les cerfs sélectionnent les sites bénéficiant du recouvrement ligneux (résineux) le plus élevé pour se reposer. Les valeurs de recouvrement observées sur les reposées sont équivalentes pour les étés 1 et 2 (environ 19% ligneux dont 14% résineux).

Entre 0.5 et 2 m de hauteur : le recouvrement ligneux est supérieur sur la reposée, ceci se manifeste plus particulièrement l'été 2, +17.2% contre +5.8% l'été 1. Ce couvert est en grande partie composé de résineux, même si la variable CHr2 n'est pas significative l'été 1.

Dans le sous-étage (de 2 à 4 m de hauteur) : la tendance est à la recherche d'un couvert ligneux plus fort dans le sous-étage (ce n'est pas significatif l'été 2 , par contre la valeur de couvert sur la reposée est plus forte l'été 2 que l'été 1).

Dans la canopée : les cerfs recherchent aussi le couvert global le plus fort localement, en moyenne de 8%, été 1 comme été 2.

CONCLUSION globale sur la sélection des sites de repos par les cerfs en été

(1) les cerfs ne recherchent pas particulièrement les zones les plus riches en nourriture, à savoir en herbacées et en semi-ligneux.

(2) les cerfs manifestent le besoin de se dissimuler (protection visuelle),

(3) ils recherchent une source de couvert au dessus de leur reposée,

(4) les cerfs sont particulièrement sensibles à la portion résineuse de la végétation, dans les strates basses.

Les points (1) et (3) suggèrent une séparation physique entre les sites d'alimentation et les sites de repos et une situation de compromis pour les cerfs entre les zones à couvert avec peu de nourriture et des zones plus ouvertes et plus riches en ressources alimentaires (figure 18).

V2.3 Sélection des sites de repos par le Cerf : évolutions saisonnières

V2.3.1 A l'échelle du peuplement forestier (cf. § IV)

En hiver (hiver 2), les cerfs de la FDB sélectionnent les jeunes peuplements résineux : leur préférence va aux jeunes plantations résineuses et aux peuplements un peu plus âgés dominés par les Petits bois.

Ces jeunes plantations sont de plus quasiment toutes situées versant Sud, et exposées Sud-Est, Sud-Ouest : ce qui pourrait naturellement favoriser le bilan thermique des cerfs au repos.

En été (été 1 particulièrement) : les cerfs de la FDB sont un peu plus sélectifs car seules les jeunes plantations sont préférées, les peuplements dominés par les petits bois sont utilisés proportionnellement à leur disponibilité, les peuplements mélangés et peuplements adultes sont évités. L'été 2, les résultats montrent les mêmes tendances mais moins nettement.

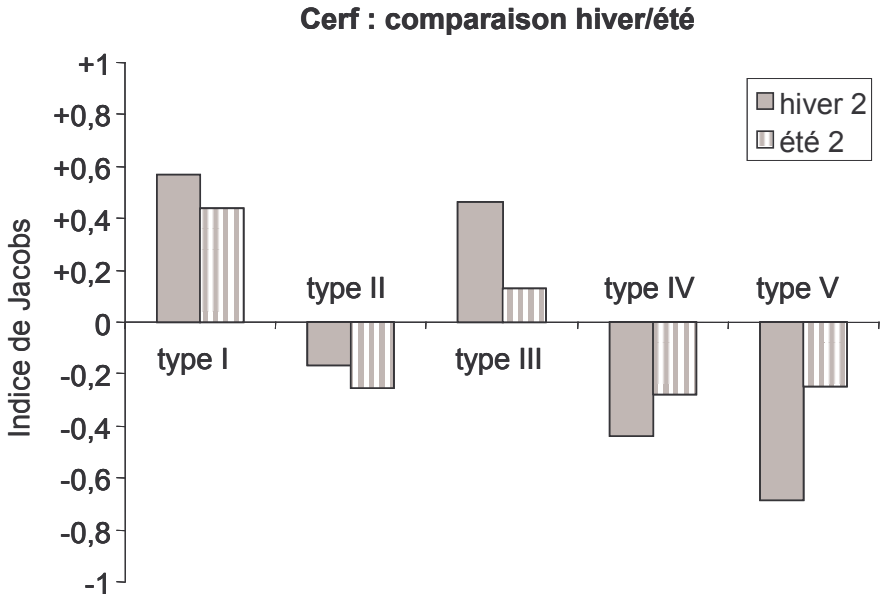


Figure 19. Indice de préférence de Jacobs pour l'utilisation des différents types de peuplement comme sites de repos par le Cerf sur la FDB : comparaison hiver 2/été 2.

Le Cerf manifeste une grande constance entre hiver et été (année 2) dans la sélection des sites de repos à l'échelle du peuplement forestier. Les tendances sont nettement plus marquées en hiver (**figure 19**).

En hiver comme en été, les peuplements de type I sont préférés, les peuplements de type IV et V sont évités et les peuplements de type II sont utilisés indifféremment. L'utilisation du type III semble plus soumis aux variations saisonnières.

V2.3.2 A l'échelle du microhabitat

En hiver : globalement les critères qui ressortent à cette échelle sont bien dépendants du type de peuplement forestier sélectionné : les cerfs recherchent le sous-étage résineux le plus développé, aussi bien au niveau du couvert latéral (particulièrement à moins de 50 cm du sol) qu'au niveau du couvert horizontal. Ils se cachent en s'éloignant des lisières (regroupement vers le milieu des parcelles) et en utilisant les semi-ligneux présents comme protection visuelle.

Les modèles sélectionnés en hiver mettent en avant la recherche des résineux (Asol), d'un bon couvert latéral et d'une bonne protection visuelle. On peut noter le couvert semi-ligneux relativement abondant, supérieur à 20%, à cette saison.

En été : les cerfs évitent les zones les plus riches en nourriture (herbacées et semi-ligneux) pour plus de couvert résineux. Les cerfs sont un peu mieux cachés en été qu'en hiver. Les modèles sélectionnés en été soulignent la recherche d'une bonne protection visuelle (Vm), d'un couvert dans le sous-étage ou l'étage dominant et un bon couvert latéral. Le couvert semi-ligneux est plus faible.

Cas des herbacées et des semi-ligneux : en hiver comme en été, les Cerfs évitent localement les zones avec le plus fort couvert herbacé.

Alors qu'en hiver le recouvrement semi-ligneux est abondant, de l'ordre de 20% sur les reposées, les cerfs, en été, évitent localement les semi-ligneux (été 1) ou bien choisissent des sites de repos dans des peuplements avec peu de semi-ligneux (été 2). Les Cerfs, en hiver, semblent utiliser les semi-ligneux pour se camoufler (**figure 10**). L'évolution vers moins de semi-ligneux peut s'expliquer par le volume de végétation (feuillue) plus important en été, végétation qui peut jouer le même rôle protecteur que les semi-ligneux en hiver.

En été, les cerfs de la FDB ne recherchent pas plus de couvert au dessus de leur reposée qu'en hiver, entre 0.5 et 4 m de hauteur (sous-étage), comme dans l'étage dominant.

Au bilan et mise à part la plus faible abondance des semi-ligneux en été, on ne note pas de grandes variations dans les habitats de repos choisis par les cerfs au cours des saisons. Les cerfs de la FDB montrent une préférence pour les jeunes peuplements résineux en hiver comme en été.

V3. Sélection des sites de repos par le Chevreuil

V3.1. Sélection des sites de repos par le Chevreuil en hiver

V3.1.1 Effectif total des reposées de Chevreuil en hiver

Les effectifs totaux de reposées de Chevreuil sont à peu près équivalents entre hiver 1 et 2, l'analyse est menée sur chaque jeu de données (1) séparément, puis (2) on réalise une comparaison des résultats obtenus. Contrairement aux reposées de Cerf dont les effectifs varient entre les deux campagnes hivernales, on remarque une certaine constance dans l'effectif des reposées de Chevreuil (**tableau 32**).

Tableau 32. Effectif total par campagne hivernale des reposées de Chevreuil recensées le long des transects sur la Forêt Domaniale du Bougès, en fonction du nombre total de reposées présentes 10 m autour de la reposée mesurée (n_R) et du point apparié (n_A).

relations entre n_R et n_A	**hiver 1**	**hiver 2**
$n_R > n_A$	41	58
$n_R = n_A$	4	7
$n_R < n_A$	7	3
total Chevreuil	52	68
total Cerf et Chevreuil	72	124

V3.1.2 Sélection des sites de repos par le Chevreuil pendant l'hiver 1

On analyse les données relatives au cas de figure $n_R > n_A$, n=41, et puis on généralise aux autres cas présentés (**tableau 37**).

a) Mise en évidence des principales variables impliquées dans la sélection des reposées de chevreuils en hiver (hiver 1) : analyse univariée

Le récapitulatif des résultats suivants se trouve dans le **tableau 33**.

- Variables significatives au seuil de 1% (p<0.01)

Le couvert latéral des semi-ligneux à moins de 50 cm du sol (CLsl0.5) est significativement plus élevé autour des reposées.

Le couvert latéral et le recouvrement ligneux entre 0.5 et 2 m de hauteur (respectivement CLl2 et CHl2) sont tous deux plus élevés autour des sites de repos (d'environ 9 à 10% en moyenne). Ces 2 variables sont très similaires : du même ordre de grandeur sur la reposée (environ 37%) et le point apparié (environ 28%). Pourtant le coefficient de corrélation entre ces 2 variables (r=+0.40) est plus faible qu'attendu.

La distance à la route fermée la plus proche (Dist-rf) : les chevreuils ont tendance à se reposer à proximité de milieux ouverts non dérangés. On retrouve ici l'attrait des lisières pour les chevreuils (la variable distance à la lisière la plus proche est significative au seuil de 10%), et plus particulièrement des lisières censées être dérangées.

La surface terrière en gros bois feuillus (Gfg) est plus faible là où le Chevreuil se repose. Et ceci même si la présence de gros bois feuillu semble anecdotique (entre 0.2 et 0.5 m²/ha en moyenne).

- Variables significatives au seuil de 5% (0.01<p<0.05)

Pour la visibilité moyenne (Vm) : les chevreuils au repos sont bien cachés (de plus d'un mètre par rapport au milieu environnant non sélectionné). Les visibilités Sud et Est (**figure 20**) influencent le plus la visibilité moyenne. Ces visibilités « cardinales » sont difficiles à interpréter du fait de la topographie (versants Nord et Sud). On note bien sur la **figure 20** que la visibilité au niveau de la Reposée est inférieure à la visibilité autour du point Apparié. La visibilité en amont est plus variable que la visibilité moyenne mais souligne la même tendance du chevreuil à se dissimuler.

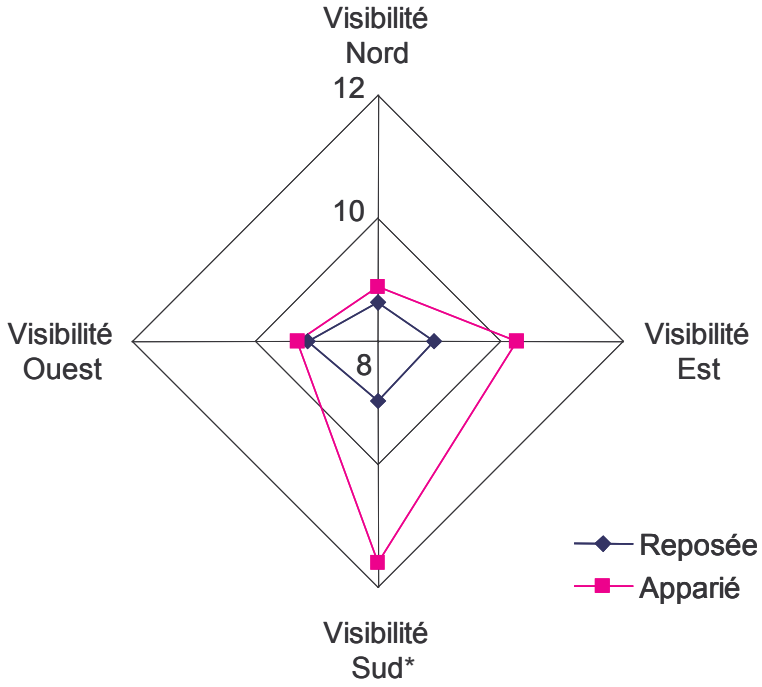


Figure 20. Visibilité moyenne (en m) dans les 4 directions cardinales autour de la Reposée et du point Apparié pour les chevreuils de la FDB en hiver (hiver 1, $n_R > n_A$). * indique une différence significative entre Reposée et Apparié au seuil de 5%.

Le couvert latéral ligneux à moins de 50 cm du sol et le couvert latéral feuillu entre 0.5 et 2 m (respectivement CLl0.5 et CLf2) sont plus élevés autour des reposées.

En ce qui concerne la structure forestière, les chevreuils choisissent des sites de repos dans des peuplements où le rapport des petits bois (%pb) et en particulier des petits bois résineux (%pbr) sur la surface terrière totale est supérieur d'environ 9% au milieu environnant. En moyenne, les petits bois représentent 50% de la surface terrière autour des sites de repos contre 40% dans les peuplements environnants.

Tableau 33. Récapitulatif de l'ensemble des variables testées pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 1, $n_R > n_A$). Le test-T de Student est utilisé sauf * qui signifie l'utilisation d'un test des signes de Wilcoxon. Les variables significatives au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique*.

variable	unité	p associée au test	moyenne rep.-app.	moyenne reposée	moyenne apparié	lim. inf. IC95%	lim. sup. IC95%	coefficient d'asymétrie
Vm	**m**	**0,030**	**-1,1**	**8,9**	**10,0**	**-2,1**	**-0,1**	**-0,16**
Vam	m	0,133	-1,4	8,3	9,6	-3,2	0,4	-0,37
CLl0.5	**%**	**0,035**	**7,0**	**42,0**	**35,0**	**0,5**	**13,4**	**-0,07**
CLf0.5	%	0,110	**3,1**	19,5	16,3	-7,3	7,0	0,18
CLr0.5	%	0,202	**4,9**	30,3	25,4	-2,8	12,6	1,11
CLsl0.5*	**%**	**0,0005**	**10,1**	**20,4**	**10,3**	**-**	**-**	**2,30**
CLl2	**%**	**0,003**	**9,8**	**37,6**	**27,7**	**3,6**	**16,0**	**0,74**
CLf2	**%**	**0,042**	**4,7**	**18,4**	**13,7**	**0,2**	**9,2**	**-0,42**
CLr2*	***%***	***0,066***	***7,7***	***28,7***	***21,0***	***-***	***-***	***1,32***
Dist-rf	**m**	**0,007**	**-18,9**	**70,1**	**89,0**	**-32,2**	**-5,5**	**-0,34**
Dist-ro	m	0,551	5,0	434,5	429,4	-11,9	22,0	-0,26
Dist-lis*	***m***	***0,083***	***-23,7***	***63,4***	***87,1***	***-***	***-***	***-1,30***
Fsol	%	0,325	-5,3	43,1	48,4	-16,1	5,4	-0,37
Asol	%	0,067	9,1	51,2	42,1	-0,7	18,9	0,27
CHl0.5	%	0,189	4,1	30,6	26,5	-1,2	6,1	0,97
CHf0.5	%	0,186	2,4	15,6	13,1	-1,2	6,1	0,44
CHr0.5*	%	0,888	1,3	22,0	20,6	-	-	1,73
CHsl0.5	***%***	***0,078***	***7,0***	***20,1***	***13,1***	***-0,8***	***14,8***	***0,71***
CHh0.5	%	0,116	-6,3	8,5	14,9	-14,3	1,6	-0,12
CHl2	**%**	**0,006**	**8,6**	**36,3**	**27,7**	**2,6**	**14,6**	**0,42**
CHf2	%	0,127	3,6	17,9	14,3	-1,1	8,3	0,65
CHr2	%	0,153	5,4	26,6	21,2	-2,1	12,9	0,87
CHl4	***%***	***0,071***	***5,7***	***33,4***	***27,7***	***-0,5***	***11,8***	***0,43***
CHf4	***%***	***0,090***	***3,8***	***17,3***	***13,4***	***-0,6***	***8,3***	***0,46***
CHr4*	%	0,940	2,1	24,6	22,5	-	-	1,35
Ct*	%	0,174	-1,5	75,1	76,6	-	-	1,87
Cf	%	0,581	-2,1	31,1	33,3	-10,0	5,7	-0,70
Cr	%	0,696	-1,6	44,0	45,6	-9,6	6,5	0,39
Gt	m²/ha	0,747	-0,5	17,2	17,6	-3,3	2,4	-0,44
Gf	m²/ha	0,699	-0,5	5,5	6,0	-2,9	2,0	0,22
Gr	m²/ha	0,984	0,0	11,6	11,6	-2,5	2,5	-0,33
Gfp	m²/ha	0,904	-0,1	3,1	3,2	-1,9	1,7	0,75
Gfb	m²/ha	0,812	-0,2	2,1	2,3	-1,7	1,4	1,16
Gfg*	**m²/ha**	**0,009**	**-0,2**	**0,2**	**0,5**	**-**	**-**	**-2,47**
Grp	***m²/ha***	***0,072***	***1,4***	***5,4***	***3,9***	***-0,1***	***3,0***	***0,35***
Grb	m²/ha	0,604	-0,4	4,7	5,1	-2,0	1,2	0,20
Grg	m²/ha	0,113	-1,1	1,6	2,6	-2,4	0,3	-1,06
%pb	**%**	**0,038**	**9,0**	**48,6**	**39,6**	**0,5**	**17,5**	**0,06**
%bm	%	0,132	-5,6	36,6	42,3	-13,0	1,8	0,46
%gr	%	0,661	2,1	67,5	65,4	-7,5	11,8	-0,37
%pbr	**%**	**0,034**	**8,7**	**32,7**	**24,0**	**0,7**	**16,7**	**0,24**

- Variables significatives au seuil de 10% (0.05<p<0.10)

La surface terrière en petits bois résineux (Grp) est plus élevée autour des reposées.

Le recouvrement d'aiguilles au sol (Asol) (peuplement plutôt résineux, r(Asol, Cr)=+0.58), le recouvrement de semi-ligneux à moins de 50 cm du sol (CHsl0.5), les recouvrements ligneux et feuillu entre 2 et 4 m (respectivement CHl4 et CHf4) et le couvert latéral résineux entre 0.5 et 2 m (CLr2) ont tendance à être plus élevés autour de la reposée.

Les chevreuils ont tendance à se reposer à proximité des lisières (Dist-lis).

b) Complémentarité des variables impliquées dans la sélection des reposées par les chevreuils de la FDB en hiver (hiver 1) : approche multivariée

Dans les modèles sélectionnés suivants, l'ensemble des variables a été testé à chaque étape et ce indépendamment du résultat du test univarié (**tableau 33**).

Les 2 modèles retenus comportent 3 variables. La distance aux routes fermées (Dist-rf) et le couvert latéral ligneux entre 0.5 à 2 m (CLl2) sont communs aux 2 modèles. Ensuite, les 2 variables complémentaires sont le recouvrement de semi-ligneux à moins de 50 cm du sol (CHsl0.5) dans le modèle #1, et le pourcentage de petits bois résineux (%pbr) dans le peuplement. La variable %pbr est préférée à %pb car l'information apportée est plus précise.

Tableau 34. Description des modèles obtenus pour la sélection des reposées par les chevreuils de la FDB en hiver (hiver 1, $n_R>n_A$) : AICc, déviance expliquée (%) et signe des variables retenues.

Modèle #	signe des variables pour les modèles retenus	AICc	déviance expliquée (%)
1	+ CLl2 - Dist-rf + CHsl0.5	39.69	23.80 (41.87%)
2	+ CLl2 - Dist-rf + %pbr	41.12	22.37 (39.34%)

La déviance résiduelle du modèle nul vaut 56.84, pour 41 degrés de liberté. Les modèles retenus comprennent 3 variables, le nombre de degrés de liberté résiduels vaut 38 (41-3=38). Les signes présents devant chacune des variables correspondent bien au sens de sélection décrits dans les tests univariés (**tableau 34**). Le modèle #1 explique un peu plus de déviance que le modèle #2, et du point de vue de l'AICc, les 2 modèles sont équivalents.

***- Modèle #1** : couvert latéral ligneux entre 0.5 et 2 m de hauteur, distance aux routes fermées, et le recouvrement semi-ligneux à moins de 50 cm du sol (+CLl2 -Dist-rf +CHsl0.5)*

Les résultats consignés dans le **tableau 35** nous montrent que le Chevreuil est attiré par des lisières non dérangées (-Dist-rf), comportant un fort couvert latéral ligneux (essentiellement résineux) entre 0.5 et 2 m de hauteur et un recouvrement semi-ligneux relativement abondant par rapport à ce qui est disponible localement.

Tableau 35. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #1 (+CLI2 -Dist-rf + CHsl0.5) pour les chevreuils de la FDB en hiver (hiver 1, $n_R>n_A$) : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé.

Variables	Coefficient	erreur standard	valeur T associée	rapport de cote	Intervalle de confiance 95%
Couvert latéral ligneux de 0.5 à 2 m (CLI2)	+7.120	2.580	+2.76	**1.43** (+5%)	[1.11; 1.84]
Distance aux routes fermées (Dist-rf)	-0.030	0.012	-2.49	**0.74** (+10 m)	[0.59; 0.94]
Recouvrement semi-ligneux <0.5 m (CHsl0.5)	+4.458	2.081	+2.14	**1.25** (+5%)	[1.02 ;1.53]

L'interprétation des rapports de cote (**tableau 35**) indique pour les chevreuils de la FDB l'hiver 1 :

(1) que le fait d'augmenter localement le couvert latéral ligneux entre 0.5 et 2 m (CLI2) de +5% augmente de 43% les chances qu'un chevreuil établisse sa reposée à cet endroit,

(2) que le fait de s'éloigner des lisières peu dérangées de 10 m diminue de 26% les chances de trouver une reposée de chevreuil en hiver, et

(3) qu'une hausse locale de 5% des ressources semi-ligneuses augmente d'environ 25% la probabilité de trouver une reposée à cet endroit.

- Diagnostic et qualité du modèle #1 : + CLI2 - Dist-rf + CHsl0.5

La **figure 21** présente un diagnostic global du modèle : ΔX^2 en fonction de π (valeur ajustée par le modèle) avec la taille du point proportionnelle à $\Delta\beta$.

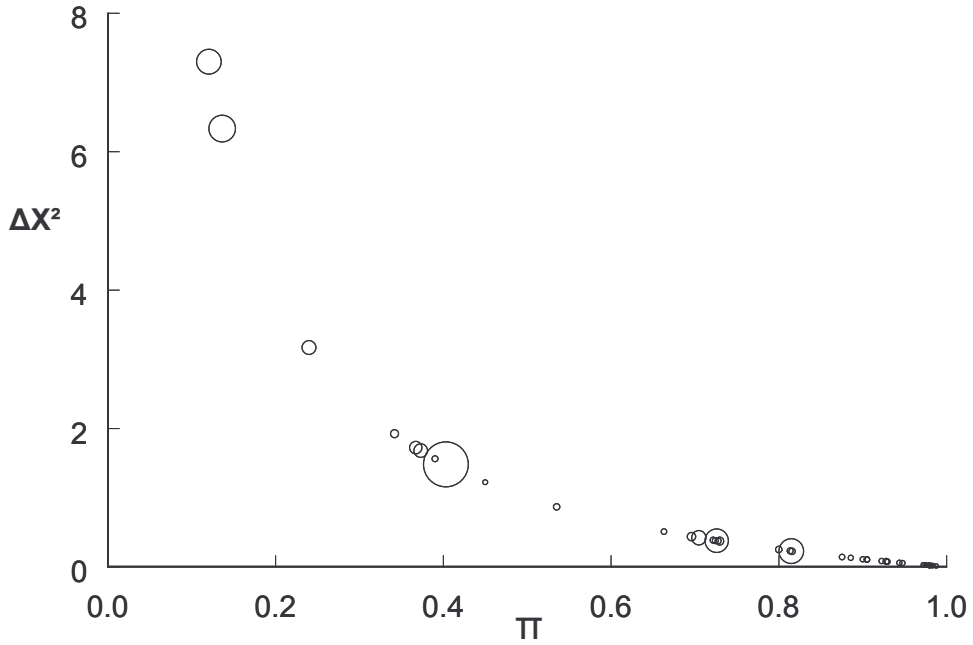


Figure 21. Graphique diagnostic du modèle #1 retenu dans la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 1, $n_R>n_A$) : ΔX^2 en fonction de π, la taille des points est proportionnelle à $\Delta\beta$.

On observe sur la **figure 21** les couples extrêmes, c'est-à-dire peu expliqués et/ou influents. 2 points sont peu expliqués ($\pi<0.2$) et moyennement influents. Le point le plus influent ($\Delta\beta$ maximum = cercle le plus large) avec $\pi = 0.4$ présente la plus grande différence pour la variable Dist-rf [à savoir, -93m] alors que pour les 2 autres variables, ce point a un patron opposé à celui supporté par le modèle. Un des points bien expliqués ($\pi>0.8$) et influent, montre aussi ce type de relation avec une forte différence pour la variable CLI2 [à savoir, +72.5%].

Nous pouvons juste constater ces différences de comportement pour ces couples particuliers, aucun critère ne nous incite pourtant à les exclure du jeu de données.

***- Modèle #2** : couvert latéral ligneux de 0.5 à 2 m de hauteur, distance aux routes fermées, et le pourcentage en surface terrière des petits bois résineux (+CLI2 -Dist-rf +%pbr)*

Tableau 36. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #2 (+CLI2 -Dist-rf +%pbr) pour les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 1, $n_R>n_A$) : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé.

Variables	Coefficient	Erreur standard	Valeur T associée	rapport de cote	Intervalle de confiance 95%
Couvert latéral ligneux de 0.5 à 2 m (CLI2)	+7.207	2.925	+2.46	**1.43** (+5%)	[1.08; 1.91]
Distance aux routes fermées (Dist-rf)	-0.030	0.012	-2.44	**0.74** (+10 m)	[0.59; 0.94]
% petits bois résineux (%pbr)	4.321	2.321	+1.86	**0.81** (-5%)	[0.64 ;1.01]

La comparaison des modèles # 1 et # 2 permet d'observer la stabilité des coefficients (**tableaux 35** et **36**) pour les variables CLI2 et Dist-rf (environ 1% de variation). L'interprétation du modèle #2 est identique à celle du modèle #1 pour les 2 variables communes.

En complément, si localement le pourcentage de petits bois résineux (%pbr) diminue de 5%, les chances de trouver une reposée de chevreuil en hiver à cet endroit baissent de 20%.

- Diagnostic et qualité du modèle retenu #2 : + CLI2 - Dist-rf + %pbr

En comparaison au modèle précédent (modèle #1, **figure 21**), un seul point est peu expliqué ($\pi<0.2$). Les **figures 21** et **22** sont représentées sur la même échelle de $\Delta\beta$ pour bien mettre en évidence qu'on ne trouve pas non plus de points aussi influents que dans le modèle #1. On ne trouve pas non plus de points à la fois bien expliqués et très influents. En conclusion, le modèle #2 semble plus stable et plus fidèle à l'ensemble des données.

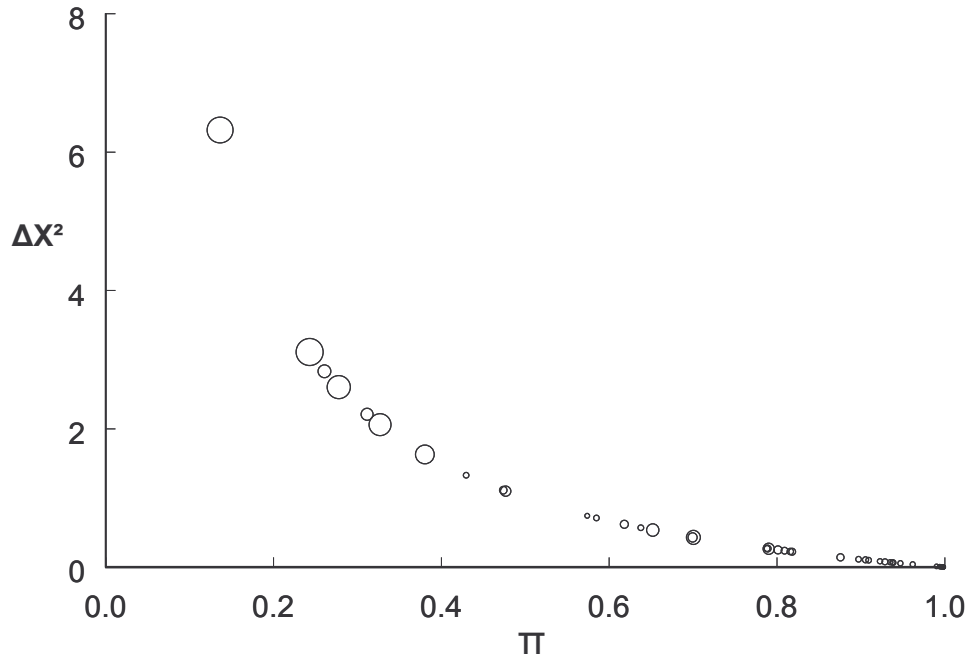


Figure 22. Graphique diagnostic du modèle #2 retenu dans la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 1, $n_R>n_A$) : ΔX^2 en fonction de π avec la taille des points proportionnelle à Δβ.

- Approche globale des critères de sélection

La variable présentant la plus forte corrélation avec CLl2 , après CLr2 est CLl0.5, r vaut +0.64. Le Chevreuil s'entoure d'une bonne protection latérale quand il décide de se reposer, il est visuellement protégé quand il est debout (entre 0.5 et 2 m de hauteur) et quand il est couché (à moins de 50 cm du sol).

c) Généralisation à l'ensemble des cas de figure (n_R, n_A) pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la FDB en hiver (hiver 1)

On reprend la même démarche en rajoutant successivement au jeu de données, *i)* les couples où $n_R=n_A$, *ii)* puis les couples où $n_R<n_A$ (en inversant reposée et apparié), *iii)* puis les 2. Les résultats synthétiques sont consignés dans le **tableau 37.**

On remarque que les variables retenues sont les mêmes que celles du modèle #1, soit CLl2, Dist-rf. et CHsl0.5 (**tableau 34**). Le pourcentage en surface terrière de petits bois (%pb) ou petits bois résineux (%pbr) n'est plus retenu dans les autres cas de figures (b, c et d).

Tableau 37. Synthèse des modèles retenus pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2) en fonction des différents cas de figure entre n_R et n_A (descriptif, effectif, déviance du modèle nul et déviance expliquée (%)).

cas de figures	effectif	modèles retenus	déviance nulle	déviance expliquée (%)
a) $n_R>n_A$	**41**	Modèle #1 : + CLI2 - Dist-rf + CHsl0.5	56.84	23.80 (41.87%)
b) $n_R>n_A$ + $n_R=n_A$	**45** (41+4)	+ CLI2 - Dist-rf + CHsl0.5	62.38	27.38 (43.89%)
c) $n_R>n_A$ + $n_R<n_A$	**48** (41+7)	+ CLI2 - Dist-rf + CHsl0.5	66.54	21.75 (32.69%)
d) $n_R>n_A$ + $n_R=n_A$ + $n_R<n_A$	**52** (41+4+7)	+ CLI2 + CHsl0.5 - Dist-rf	72.09	24.95 (34.61%)

Dans le **tableau 37**, on note que la part de déviance expliquée est un peu plus forte dans le cas de figure b) (43.89%) que dans le cas de figure a). La part de déviance expliquée par 3 variables d'habitat dépasse 40%. De ce point de vue, les modèles pour cette campagne et pour le Chevreuil sont les plus explicatifs de notre étude.

CONCLUSION sur la sélection des sites de repos par les chevreuils de la FDB l'hiver 1

(1) Les chevreuils choisissent leurs sites de repos à proximité des lisières non dérangées (routes fermées). Ces routes, même accessibles aux randonneurs, sont sans doute peu usitées en hiver sur la FDB.

(2) Les chevreuils sont bien protégés latéralement, en particulier entre 0.5 et 2 m de hauteur, ils se basent à la fois sur la végétation résineuse et sur la végétation feuillue. Le couvert est également bien développé à moins de 50 cm du sol, dans la strate où ils se couchent. D'autre part, les chevreuils choisissent leurs reposées là où ils sont bien dissimulés.

(3) Les chevreuils recherchent aussi un couvert au dessus de leur reposée, à savoir le couvert horizontal ligneux entre 0.5 et 2 m.

(4) Même si les ressources semi-ligneuses ne sont pas très développées (de l'ordre de 20% de recouvrement à côté des reposées), les chevreuils choisissent leurs sites de repos là où le recouvrement est en moyenne supérieur de +7% (tableau 33) au milieu environnant, ce qui pourrait s'expliquer ici comme une sélection conjointe pour des sites de repos à proximité des sites d'alimentation.

En rapport à sa petite taille, on peut s'attendre à ce que le Chevreuil tente de diminuer ses dépenses énergétiques *i)* par une protection thermique *ii)* par la proximité au site d'alimentation et *iii)* par le choix de sites de repos bien camouflés et peu dérangés.

V3.1.3 Sélection des sites de repos par le Chevreuil pendant l'hiver 2

a) Mise en évidence des principales variables impliquées dans la sélection des reposées de chevreuils en hiver (hiver 2) : analyse univariée

Les résultats des tests univariés sont consignés dans le **tableau 38.**

- Variables significatives au seuil de 1% (p<0.01)

Les herbacées à moins de 50 cm du sol (CHh0.5) couvrent en moyenne 7% autour de la reposée, soit en moyenne 15% de moins que le milieu environnant.

Dans la strate de hauteur 0.5 à 2 m, le Chevreuil choisit des sites de repos où le couvert ligneux et résineux (horizontal comme latéral) est plus développé d'environ 7% en moyenne.

Les chevreuils se mettent à couvert dans des peuplements avec en moyenne 75% de couvert (dans l'étage dominant) dont 50% de couvert résineux. Le couvert au dessus des reposées est localement plus élevé de 12% en moyenne que dans le milieu environnant. Le couvert total et le couvert résineux sont bien corrélés : r(Ct, Cr)=+0.62.

- Variables significatives au seuil de 5% (0.01<p<0.05)

La visibilité moyenne (Vm) d'un chevreuil sur sa reposée est plus faible qu'alentour (de +1.4 m en moyenne). Quelle que soit la direction considérée la valeur de visibilité est en moyenne inférieure au niveau de la reposée (**figure 23**).

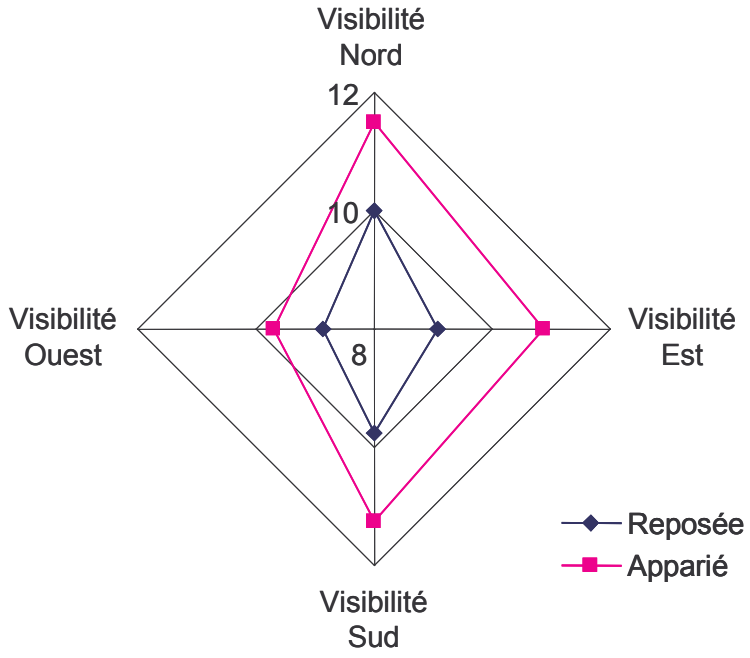


Figure 23. Visibilité moyenne (en m) dans les 4 directions cardinales autour de la reposée et du point apparié pour les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2, $n_R > n_A$).

La visibilité en fonction des 4 directions cardinales n'est pas significativement plus faible (au seuil de 5%) sur la reposée que sur le point apparié,. Cependant le Chevreuil a tendance à être moins visible quand il est sur sa reposée dans les 4 directions. Ceci explique que la visibilité moyenne (Vm) soit significative.

Tableau 38. Récapitulatif de l'ensemble des variables testées pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2, $n_R > n_A$). Le test-T de Student est utilisé sauf * qui signifie l'utilisation d'un test des signes de Wilcoxon. Les variables significatives au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en en *gras italique.*

variable	unité	p associée au test	moyenne rep.-app.	moyenne reposée	moyenne apparié	lim. inf. IC95%	lim. sup. IC95%	coefficient d'asymétrie
Vm	**m**	**0,030**	**-1,4**	**9,4**	**10,8**	**-2,6**	**-0,1**	**-1,28**
Vam	m	0,565	0,6	10,7	10,1	-1,5	2,7	0,62
CLl0.5	%	0,138	4,1	29,5	25,4	-1,3	9,4	0,60
CLf0.5	%	0,519	-1,3	13,2	14,4	-5,1	2,6	1,09
CLr0.5	***%***	***0,070***	***4,0***	***17,8***	***13,9***	***-0,3***	***8,3***	***0,83***
CLsl0.5	%	0,242	-3,0	6,9	9,9	-8,1	2,1	0,77
CLl2	**%**	**0,002**	**7,3**	**27,7**	**20,4**	**2,9**	**11,8**	**0,45**
CLf2	%	0,472	1,1	12,1	11,0	-2,0	4,2	0,73
CLr2	**%**	**0,004**	**5,7**	**17,4**	**11,7**	**2,0**	**9,4**	**1,22**
Dist-rf	m	0,687	1,4	79,1	77,7	-5,5	8,3	0,20
Dist-ro	m	0,199	5,0	460,5	455,4	-2,7	12,8	-0,16
Dist-lis	m	0,229	6,4	57,2	50,9	-4,1	16,9	0,31
Fsol	%	0,149	7,5	51,3	43,7	-2,8	17,9	0,25
Asol	%	0,188	5,6	37,4	31,8	-2,8	13,9	0,43
CHl0.5*	%	0,369	3,8	18,4	14,6	-	-	1,70
CHf0.5	%	0,323	-1,3	6,7	7,9	-3,8	1,3	0,20
CHr0.5*	%	0,194	4,7	12,1	7,4	-	-	1,57
CHsl0.5	%	0,273	-3,8	9,6	13,4	-10,7	3,1	0,20
CHh0.5	**%**	**0,0002**	**-14,2**	**7,3**	**21,5**	**-21,4**	**-7,0**	**-0,60**
CHl2	**%**	**0,005**	**6,5**	**18,1**	**11,6**	**2,0**	**10,9**	**0,62**
CHf2	%	0,783	0,3	7,0	6,7	-2,1	2,8	0,61
CHr2	**%**	**0,008**	**5,7**	**11,8**	**6,1**	**1,6**	**9,8**	**1,24**
CHl4	***%***	***0,089***	***4,8***	***23,7***	***18,9***	***-0,7***	***10,3***	***0,26***
CHf4	%	0,316	1,4	12,2	10,9	-1,4	4,1	-0,55
CHr4	%	0,226	2,9	12,4	9,5	1,9	7,7	1,04
Ct	**%**	**0,004**	**12,3**	**76,0**	**63,7**	**4,1**	**20,6**	**0,37**
Cf	%	0,472	-2,4	27,8	30,3	-9,1	4,3	-0,40
Cr	**%**	**0,001**	**13,7**	**50,0**	**36,3**	**5,9**	**21,5**	**0,63**
Gt	m²/ha	0,190	1,8	24,0	22,2	-0,9	4,5	1,30
Gf	m²/ha	0,555	-0,6	8,0	8,6	-2,6	1,4	-0,23
Gr	***m²/ha***	***0,084***	***2,4***	***16,0***	***13,6***	***-0,3***	***5,1***	***0,47***
Gfp	m²/ha	0,905	0,1	3,3	3,2	-1,1	1,2	0,20
Gfb	m²/ha	0,482	-0,3	3,7	4,1	-1,3	0,6	-0,15
Gfg	m²/ha	0,157	-0,3	1,0	1,3	-0,7	0,1	0,18
Grp	m²/ha	0,332	0,6	4,2	3,6	-0,6	1,7	0,71
Grb	m²/ha	0,480	0,6	8,4	7,8	-1,1	2,2	0,30
Grg	**m²/ha**	**0,024**	**1,2**	**3,1**	**1,9**	**0,2**	**2,3**	**0,53**
%pb	%	0,320	3,7	36,1	32,4	-3,7	11,1	0,90
%bm	%	0,170	-3,9	48,8	52,7	-9,6	1,7	-0,10
%gr	%	0,147	6,2	68,1	61,9	-3,4	12,5	0,22

On retrouve les reposées de Chevreuil dans des peuplements où la surface terrière en gros bois résineux (Grg) est supérieure d'en moyenne 1.2 m²/ha. Grg est le plus fortement corrélé avec la surface terrière résineuse (Gr). Le coefficient de corrélation entre Gr et Grg vaut +0.60.

- Variables significatives au seuil de 10% (0.05<p<0.10)

Le couvert latéral résineux à moins de 0.5 m du sol (CLr0.5), le recouvrement ligneux entre 2 et 4 m de hauteur (CHl4 = sous-étage ligneux), et la surface terrière résineuse (Gr) ont tendance à être plus élevés localement sur la reposée que sur le point apparié.

b) Complémentarité des variables impliquées dans la sélection des reposées par les chevreuils de la FDB en hiver (hiver 2) : approche multivariée

L'analyse est d'abord menée et détaillée dans le cas de figure le plus instructif ($n_R>n_A$), puis elle est élargie à l'ensemble des cas de figure (**tableau 42**).

Les 2 modèles retenus comportent 3 variables dont 2 sont communes (**tableau 39**), comme pour l'hiver 1. Le Chevreuil choisit des sites de repos *i)* avec peu d'herbacées au sol (CHh0.5) et *ii)* entourés d'un fort couvert latéral ligneux entre 0.5 et 2 m dans un rayon de 10 m (CLl2).

Les 2 variables supplémentaires sont le couvert résineux dans l'étage dominant (Cr), et la surface terrière en gros bois résineux (Grg).

La déviance résiduelle du modèle nul vaut 80.41, pour 58 degrés de liberté. Les 2 modèles retenus exploitent 3 degrés de liberté.

Tableau 39. Description des modèles obtenus pour la sélection des reposées par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2) : AICc, déviance expliquée (%) et signe des variables retenues.

modèle #	signe des variables pour les modèles retenus	AICc	déviance expliquée (%)
1	- CHh0.5 + CLl2 + Grg	55.16	31.69 (39.41%)
2	- CHh0.5 + CLl2 + Cr	55.25	31.60 (39.30%)

Les 2 modèles reprennent environ 40% de la variabilité totale des données avec seulement 3 variables.

*- **Modèle #1** : recouvrement herbacé, couvert latéral ligneux entre 0.5 et 2 m de hauteur, surface terrière en gros bois résineux (-CHh0.5 +CLl2 +Grg)*

Tableau 40. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #1 (-CHh0.5 +CLl2 + Grg) pour les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2) : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé.

variables	coefficient	erreur standard	valeur T associée	rapport de cote	intervalle de confiance 95%
Recouvrement herbacé <0.5 m (CHh0.5)	-6,20	2,20	-2,82	**0,54** (+10%)	[0,35; 0,83]
Couvert latéral ligneux de 0.5 à 2 m (CLl2)	+5,75	2,37	+2,43	**0,75** (-5%)	[0,59; 0,95]
Surface terrière en gros bois résineux (Grg)	+0,21	0,09	+2,26	**1,23** (+1 m²/ha)	[1,03 ;1,48]

Les chevreuils évitent les sites où les herbacées sont les plus abondantes localement. Le recouvrement herbacé est négativement corrélé avec la présence de feuillus dans le peuplement (Cf, Gf et Gfp). Le coefficient de corrélation en particulier vaut r=-0.57 avec la surface terrière en petits bois feuillus (Gfp).

Les chevreuils recherchent un fort couvert latéral ligneux (essentiellement résineux, r(CLl2, CLr2)=+0.76) entre 0.5 et 2 m de hauteur, dans des peuplements où la surface terrière en gros bois résineux est en moyenne et localement la plus forte.

La sélection conjointe de ces 3 variables mesurées donne une image un peu plus globale et précise le microhabitat favorable au repos du Chevreuil en hiver.

L'interprétation des rapports de cote (**tableau 40**) indique pour les chevreuils que :

(1) le recouvrement herbacé (CHh0.5) est la variable la plus significative : si on l'augmente de 10%, on diminue environ de moitié les chances de trouver une reposée.

(2) en ce qui concerne le couvert latéral ligneux (résineux) entre 0.5 et 2 m (CLl2), une diminution de 5% entraîne une baisse de 25% des chances qu'un site soit choisi par le chevreuil comme reposée.

(3) Et si on augmente localement d'1 m²/ha la part des gros bois résineux, on augmente d'environ 25% les chances qu'un chevreuil choisisse cet endroit pour se reposer.

La différence en gros bois résineux n'est pas très élevée, mais elle est bien corrélée avec Gr (r=+0.60), un peu moins avec Cr (r=+0.43). A travers Grg, il semble que ce soient bien les peuplements à fort couvert résineux qui soient recherchés par les chevreuils.

- Diagnostic et qualité du modèle #1: -CHh0.5 +CLl2 +Grg

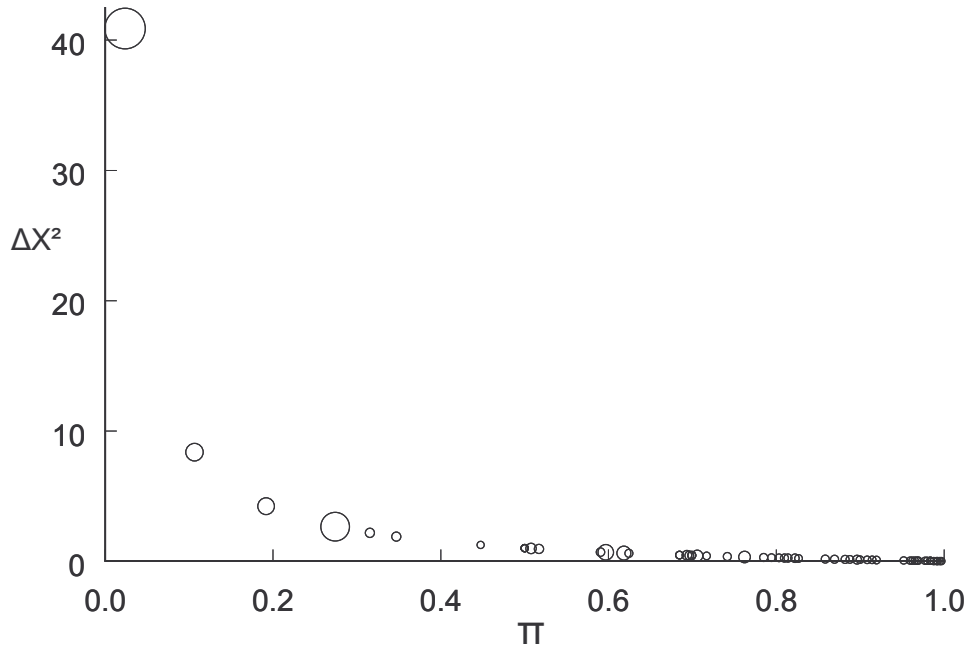


Figure 24. Graphique diagnostic du modèle #1 (-CHh0.5 +CLl2 +Grg) retenu dans la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2, $n_R>n_A$) : ΔX^2 en fonction de π avec la taille des points est proportionnelle à Δβ.

Trois couples sont peu repris par le modèle, en particulier le couple avec $\Delta X^2>40$ (**figure 24**) n'est pas du tout expliqué par le modèle. Les valeurs de ce couple pour les 3 variables du modèle sont CLl2=0%, CHh0.5=+60% et Grg=0. Sinon, il n'y a pas de points à la fois très influents et bien expliqués par le modèle #1.

*- **Modèle #2** : recouvrement herbacé, couvert latéral ligneux de 0.5 à 2 m de hauteur, couvert résineux dans l'étage dominant (-CHh0.5 +CLl2 +Cr)*

Tableau 41. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #2 (- CHh0.5 + CLl2 + Cr) pour les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2) : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé.

Variables	coefficient	erreur standard	valeur T associée	rapport de cote	intervalle de confiance 95%
Recouvrement herbacé <0.5 m (CHh0.5)	-4.69	1.86	-2.53	**0.63** (+10%)	[0.43; 0.90]
Couvert latéral ligneux de 0.5 à 2 m (CLl2)	+5.48	2.26	+2.42	**0.76** (-5%)	[0.61; 0.95]
Couvert résineux dans l'étage dominant (Cr)	+3.60	1.66	+2.17	**1.20** (+5%)	[1.02 ;1.41]

Les modèles #1 et #2 sont équivalents du point de vue de l'AICc. Dans le modèle #2, le couvert résineux dans l'étage dominant (Cr) remplace la surface terrière en gros bois résineux (Grg).

Le couvert résineux de l'étage dominant est le plus fortement corrélé avec la surface terrière résineuse (r(Cr,Gr)=+0.76), de la même manière que Grg est le plus fortement corrélé avec la surface terrière résineuse (r(Grg, Gr)=+0.60).

Le coefficient de CLI2 ne varie pas entre les 2 modèles, alors que le coefficient de CHh0.5 varie en fonction de la 3ème variable du modèle. L'évitement des zones enherbées est influencée par la sélection pour plus *i)* de couvert résineux (Cr) ou *ii)* de gros bois résineux (Grg, modèle #1).

L'interprétation du rapport de cote pour le couvert résineux de la canopée (Cr) indique que si l'on augmente le couvert résineux de 5% localement, on améliore de 20% les chances de trouver un Chevreuil au repos à cet endroit.

- Diagnostic et qualité du modèle #2: -CHh0.5 +CLI2 +Cr

Le graphique diagnostic du modèle #2 (**figure 25**) est presque identique à celui du modèle #1 : on retrouve le même couple peu expliqué. Les valeurs des 3 variables du modèle pour ce couple sont CLI2=0%, CHh0.5=+60%, Cr=-20%, ce patron définit plus naturellement un site plus ouvert avec plus de nourriture.

Comme précédemment, aucune raison ne nous pousse à exclure ce couple du jeu de données.

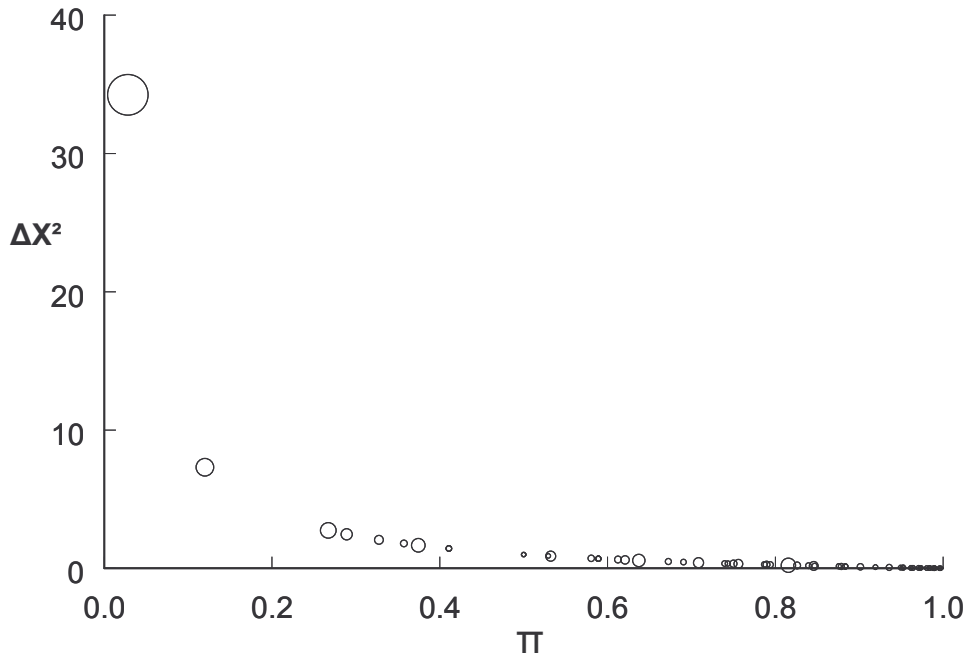


Figure 25. Graphique diagnostic du modèle #2 retenu dans la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2) : ΔX^2 en fonction de π, la taille des points est proportionnelle à Δβ.

c) Généralisation à l'ensemble des cas de figure (n_R, n_A) pour la sélection des reposées par les chevreuils de la FDB en hiver (hiver 2)

Pour aller plus avant dans l'analyse de la sélection des sites de repos par les chevreuils en hiver, on considère les résultats obtenus pour les différents cas de figure (n_R, n_A). Le **tableau 42** décrit les différents cas de figure (a, b, c et d) considérés, le modèle retenu pour chaque cas, l'effectif et la part de déviance expliquée.

Les signes devant chaque variable correspondent au signe des coefficients pour le modèle retenu. Le modèle sélectionné reste le même, quelque soit le cas de figure considéré (**tableau 42**) et les variables conservent leur ordre de signification. Le couvert résineux dans l'étage dominant (Cr, modèle #2) n'est plus directement repris dans les cas b, c et d. La part de déviance expliquée est la plus forte quand on ne considère que les couples où $n_R > n_A$ (voir les modèles #1 et #2 présentés plus haut, cas de figure a).

Tableau 42. Synthèse des modèles retenus pour la sélection des reposées par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2) en fonction des différents cas de figure entre n_R et n_A (descriptif, effectif et déviance expliquée (%)).

cas de figure	effectif	modèles retenus	déviance nulle	Déviance expliquée (%)
a) $n_R > n_A$	**58**	Modèle #1 : - CHh0.5 + CLl2 + Grg	80.41	31.69 (39.41%)
b) $n_R > n_A$ + $n_R = n_A$	**65** (58+7)	- CHh0.5 + CLl2 + Grg	90.11	26.96 (29.92%)
c) $n_R > n_A$ + $n_R < n_A$	**62** (58+4)	- CHh0.5 + CLl2 + Grg	85.95	30.93 (35.99%)
d) $n_R > n_A$ + $n_R = n_A$ + $n_R < n_A$	**69** (58+7+4)	- CHh0.5 + CLl2 + Grg	95.65	26.68 (27.94%)

Le même modèle est retenu et donc le même couple peu expliqué persiste (**tableau 42**). Il est fortement probable que pour ce couple une autre variable au moins explique le choix du site de repos. De plus, dans les 2 modèles retenus (**tableau 39**), le modèle #2 avec Cr comme 3ème variable semble plus pertinent d'un point de vue biologique.

CONCLUSION sur la sélection des sites de repos par les chevreuils de la FDB l'hiver 2

(1) Les chevreuils recherchent les zones les moins enherbées. On constate, en fait, que le recouvrement herbacé est négativement corrélé (r=-0.57) avec la surface terrière en petits bois feuillus. Ainsi, lorsque la surface terrière en petits bois feuillus augmente, le recouvrement herbacé diminue. Ceci nous amène à penser que le Chevreuil recherche des sites où les petits bois feuillus sont localement plus abondants, ce qui se traduit par un faible recouvrement herbacé.

(2) Les chevreuils sélectionnent le couvert latéral ligneux (résineux) entre 0.5 et 2 m de hauteur le plus fort localement : ce couvert offre une protection latérale (contre le mauvais temps et la vue d'un tiers) dans la strate où les chevreuils se déplacent.

(3) Et puis à travers le couvert résineux (Cr) et la présence de gros bois résineux (Grg), tous deux bien corrélés avec la surface terrière résineuse (Gr) : les chevreuils de la FD du Bougès recherchent un bon couvert résineux dans l'étage dominant (renforcé par la présence de gros bois).

(4) Les points (1) et (3) soulignent le fait que le chevreuil est attaché à la structure et la composition du peuplement forestier : les chevreuils se concentrent dans des peuplements mélangés comportant des petits bois feuillus et un couvert élevé dans l'étage dominant (75%) avec une majorité de résineux (50%).

V3.1.4 Synthèse sur la sélection des sites de repos par le Chevreuil en hiver

Ces conclusions font référence aux **tableaux 33 et 38**.

a) Visibilité et protection latérale

Les chevreuils sont bien dissimulés globalement et recherchent le couvert latéral résineux le plus fort (hiver 1 comme hiver 2). Le couvert latéral feuillu est plus fort l'hiver 1.

b) Disponibilités en semi-ligneux (CHsl0.5) et en herbacées (CHh0.5)

Les chevreuils évitent localement les zones avec le couvert herbacé le plus fort. Le couvert semi-ligneux est deux fois plus faible l'hiver 2 que l'hiver 1.

c) Couvert dans les différentes strates de hauteur

Au sol : le recouvrement des feuilles mortes dépasse 43%, cependant aucune tendance ne se dessine, le recouvrement d'aiguilles a tendance à être plus fort autour des reposées.

A moins de 50 cm du sol : localement les chevreuils ne sélectionnent pas leurs sites de repos en fonction du couvert dans cette strate de hauteur.

Au dessus de 50 cm du sol : les chevreuils recherchent le couvert ligneux le plus fort. Les mesures de couvert sont plus élevées l'hiver 1 que l'hiver 2 (jusqu'à 2 fois plus entre 0.5 et 2 m de hauteur).

Dans la canopée : les chevreuils se reposent sous 75% de couvert (avec environ 1/3 feuillu et 2/3 résineux), cette tendance est confirmée d'une année sur l'autre. Il s'agit des valeurs de couvert les plus fortes.

d) Distance à la lisière

L'hiver 1, le Chevreuil cherche à se reposer à proximité des lisières, à 63.4 m en moyenne. L'hiver 2, on ne met pas en évidence de sélection pour se rapprocher des lisières, la distance à la lisière est identique entre reposée et apparié l'hiver 2 et vaut 57.2 m. Le Chevreuil est bien attiré par les lisières et installe ses sites de repos à une distance moyenne de 60 m hiver 1 comme hiver 2.

e) Composition et structure forestière locale

L'hiver 1, le Chevreuil recherche des sites de repos où le % de petits bois (résineux) est localement plus fort de 9%, la surface terrière en Petits bois résineux est localement plus élevé de 1.4 m²/ha (soit environ 7 Petits bois de 25 cm de diamètre par hectare). L'hiver 2, la surface terrière totale résineuse et en Gros bois résineux est plus forte autour de la reposée.

CONCLUSION globale sur la sélection des sites de repos par les chevreuils de la FDB en hiver

(1) Les chevreuils recherchent localement le couvert latéral ligneux le plus développé, plus particulièrement entre 0.5 et 2 m de hauteur. Ils sont visuellement bien cachés, mais aucune direction de visibilité n'est privilégiée.

(2) Ils recherchent les sites où le couvert au dessus de la reposée est le plus fort (de 0.5 m de hauteur jusqu'à l'étage dominant).

(3) En particulier, ils recherchent le couvert le plus fort dans l'étage dominant, et plus spécialement les peuplements mélangés à gros bois résineux et petits bois feuillus. Localement, les sites de repos sont situés là où le couvert herbacé est le plus faible.

(4) Les chevreuils recherchent la proximité des lisières, ils installent leur reposée à une distance moyenne de 60 m des lisières.

(5) Les chevreuils sélectionnent chaque hiver leurs sites de repos sur la composition et la structure du peuplement, mais ce patron varie d'une année sur l'autre, avec une sélection pour les gros bois résineux l'hiver 2.

V3.2. Sélection des sites de repos par le Chevreuil en été

V3.2.1 Effectif total des reposées de Chevreuil en été

L'été 2, l'effectif est plus abondant que pendant l'été 1, en adéquation avec la différence d'effectif total observée entre ces 2 campagnes.

Tableau 43. Effectif total par campagne estivale des reposées de Chevreuil recensées et décrites le long des transects sur la FDB, en fonction du nombre total de reposées présentes 10 m autour de la reposée mesurée (n_R) et du point apparié (n_A).

relations n_R, n_A	été 1	été 2
$n_R > n_A$	39	71
$n_R = n_A$	-	14
$n_R < n_A$	-	5
total Chevreuil	39	90
total Cerf et Chevreuil	79	150

Pendant l'été 1 (**tableau 43**), la collecte des données ne nous a pas permis de différencier les 3 cas de figure liant n_R et n_A.

V3.2.2 Sélection des sites de repos par le Chevreuil pendant l'été 1

a) mise en évidence des principales variables impliquées dans la sélection des reposées de chevreuils en été (été 1) : analyse univariée (**tableau 44**)

- Variables significatives au seuil de 1% (p<0.01)

Les visibilités moyenne (Vm) et amont (Vam) sont significativement plus faibles autour des reposées de Chevreuil de respectivement 1.6 m et 4.1 m (**figure 26**).

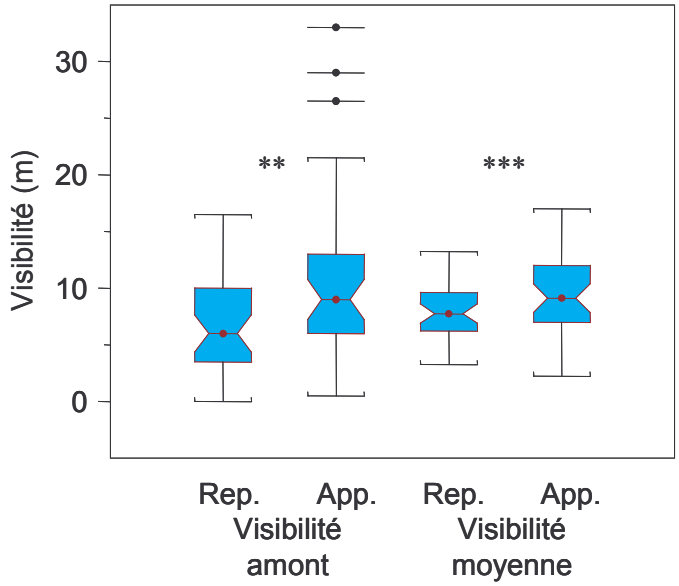


Figure 26. Boîte à moustache des Visibilités amont (Vam) et moyenne (Vm) autour des reposées et des points appariés pour les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 1. ** indique une différence au seuil de 1%, *** au seuil de 1‰.

La tendance à une visibilité plus faible autour de la reposée est généralisée aux 4 directions cardinales, la différence est significative seulement au Nord et à l'Ouest (**figure 27**).

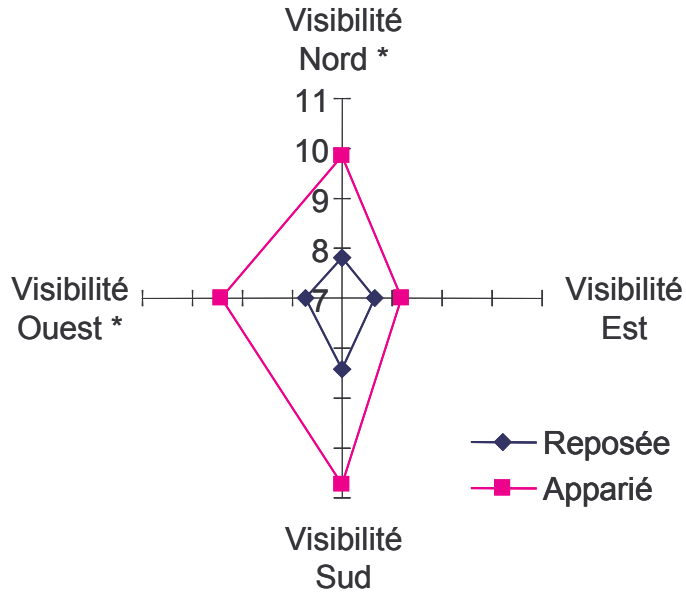


Figure 27. Visibilité moyenne (en m) dans les 4 directions cardinales autour de la reposée et du point apparié pour les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 1). * indique une différence significative au seuil de 5%.

- Variables significatives au seuil de 5% (0.01<p<0.05)

Le couvert latéral ligneux et le couvert latéral feuillu entre 0.5 et 2 m (CLl2 et CLf2), sont significativement plus élevés autour de la reposée de plus de 8% en moyenne (**figure 28**).

Les chevreuils se reposent dans des peuplements où localement le % de surface terrière en petits bois (%pb) est le plus fort (**figure 28**).

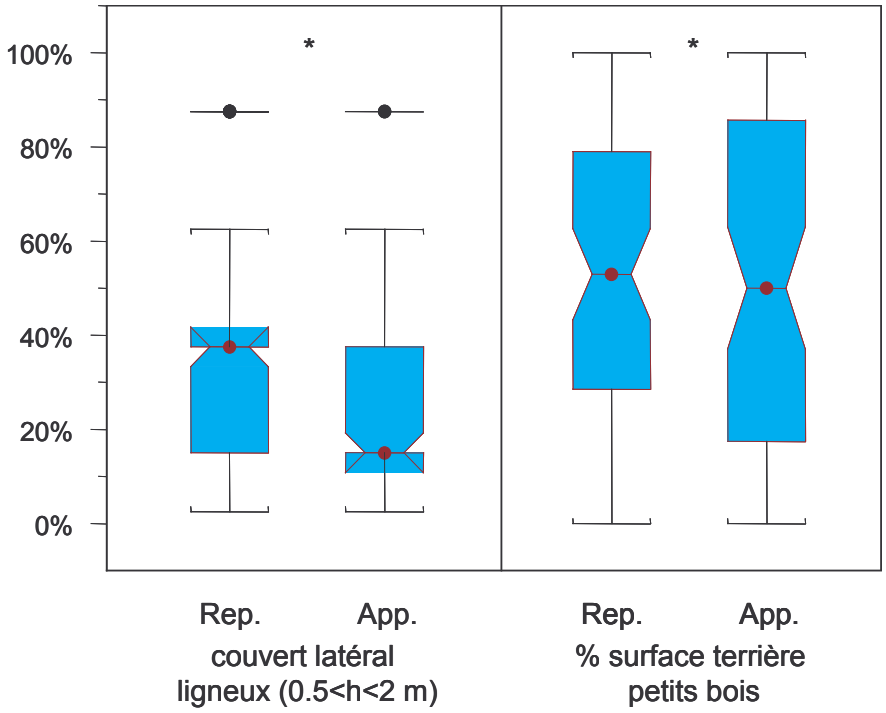


Figure 28. Boîte à moustache du couvert latéral ligneux entre 0.5 et 2 m (CLl2) et du pourcentage de surface terrière en petits bois (%pb) entre reposée et point apparié pour les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 1. * indique une différence au seuil de 5%

Le recouvrement en aiguilles (Asol) est plus élevé sur la reposée qu'alentour, de même pour le couvert latéral feuillu (CLf0.5) à moins de 50 cm du sol.

b) Complémentarité des variables impliquées dans la sélection des reposées par les chevreuils de la FDB en été (été 1) : approche multivariée par la méthode de régression logistique par paire.

La déviance résiduelle du modèle nul vaut 54.07 pour 39 degrés de liberté. Le processus pas à pas de sélection des variables engendre 3 modèles équivalents du point de vue de l'AICc (**tableau 45**). Les 2 variables : Vam (Visibilité amont) et Dist-lis (distance à la lisière la plus proche) sont communes aux 3 modèles. La variable Dist-lis n'était pas significative au seuil de 5% dans les analyses univariées (**tableau 44**).

Les 3 modèles diffèrent donc dans leur composition par la 3ème variable retenue, à savoir Asol pour le modèle #1, CHh0.5 pour le modèle #2 et CLl2 pour le modèle #3.

Tableau 44. Récapitulatif de l'ensemble des variables testées pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 1). Le test-T de Student est utilisé sauf * qui signifie l'utilisation d'un test des signes de Wilcoxon. Les variables significatives au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique*.

variable	unité	p associée au test	moyenne rep.-app.	moyenne reposée	moyenne apparié	lim.inf.IC95%	lim.sup. IC95%	coefficient d'asymétrie
Vm	**m**	**0,006**	**-1,6**	**7,9**	**9,5**	**-2,8**	**-0,5**	**0,29**
Vam	**m**	**0,001**	**-4,1**	**6,5**	**10,6**	**-6,5**	**-1,8**	**-1,06**
CLl0.5	%	0,694	1,5	31,3	29,8	-6,1	9,0	0,27
CLf0.5	***%***	***0,052***	***6,0***	***18,2***	***12,2***	***0,0***	***12,0***	***0,42***
CLr0.5	%	0,195	-4,3	16,9	21,2	-10,9	2,3	-0,94
CLsl0.5	%	0,980	0,0	6,5	6,5	-5,6	5,7	-0,67
CLl2	**%**	**0,022**	**10,1**	**38,7**	**28,6**	**1,5**	**18,6**	0,11
CLf2	**%**	**0,036**	**8,0**	**25,1**	**17,2**	**0,5**	**15,4**	0,60
CLr2	%	0,760	1,2	18,7	17,4	-6,7	9,1	-0,04
Dist_rf	m	0,468	-3,4	96,1	99,6	-12,9	6,1	0,53
Dist_ro	***m***	***0,085***	***10,9***	***338,7***	***327,8***	***-1,6***	***23,5***	***-0,20***
Dist_lis	m	0,384	-7,2	71,8	79,0	-23,7	9,3	-0,65
Fsol	%	0,370	4,4	45,2	40,8	-5,4	14,1	0,95
Asol	***%***	***0,097***	***9,4***	***32,3***	***23,0***	***-1,8***	***20,5***	***0,00***
CHl0.5*	%	0,187	4,0	16,2	12,1	-	-	1,43
CHf0.5*	%	0,740	1,1	7,7	6,6	-	-	1,52
CHr0.5*	%	0,126	3,2	10,1	6,9	-	-	2,15
CHsl0.5	%	0,457	-3,7	15,0	18,7	-13,7	6,3	-0,54
CHh0.5*	%	0,283	-10,4	7,6	18,1	-	-	-1,44
CHl2	%	0,164	5,5	23,3	17,9	-2,3	13,2	0,51
CHf2	%	0,374	2,8	14,4	11,7	-3,4	9,0	0,78
CHr2	%	0,301	3,1	11,3	8,2	-2,9	9,0	1,17
CHl4	%	0,284	4,6	28,2	23,6	-4,0	13,2	0,77
CHf4	%	0,580	2,6	20,8	18,1	-6,8	12,0	0,77
CHr4	%	0,650	1,0	9,6	8,5	-3,5	5,6	0,26
Ct	%	0,199	6,1	73,1	67,0	-3,3	15,5	0,90
Gt	m²/ha	0,866	-0,2	14,1	14,4	-3,1	2,7	0,50
Gf	m²/ha	0,797	-0,3	4,1	4,3	-2,4	1,8	-0,33
Gr	m²/ha	0,987	0,0	10,1	10,0	-3,2	3,3	0,51
Gfp	m²/ha	0,927	-0,1	2,5	2,5	-1,2	1,1	-0,59
Gfb	m²/ha	0,791	-0,2	1,6	1,7	-1,4	1,1	-0,92
Gfg*	m²/ha	0,564	-0,1	0,1	0,1	-	-	-3,22
Grp	m²/ha	0,130	1,0	3,9	2,9	-0,3	2,3	-0,12
Grb	m²/ha	0,370	-1,1	5,3	6,9	-3,4	1,3	0,39
Grg*	m²/ha	0,662	0,1	0,8	0,8	-	-	1,48
%pb	***%***	***0,015***	***12,9***	***50,3***	***37,3***	***2,6***	***23,2***	***0,64***
%bm	%	0,586	-2,3	12,1	14,4	-10,7	6,2	-0,94
%gr	%	0,785	-1,75	65,9	67,7	-14,7	11,2	0,44

Dans le **tableau 45**, sont décrits les 3 modèles retenus pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la FDB pendant l'été 1.

Tableau 45. Description des modèles obtenus pour la sélection des reposées par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 1) : AICc, déviance expliquée (%) et signe des variables retenues.

modèle #	signes des variables pour les modèles retenus	AICc	déviance expliquée (%)
1	- Vam - Dist-lis + Asol	40.96	19.79 (36.60%)
2	- Vam - Dist-lis - CHh0.5	41.14	19.62 (36.29%)
3	- Vam - Dist-lis + CLl2	41.45	19.31 (35.71%)

- ***Modèle # 1*** *: Visibilité amont, distance à la lisière la plus proche et recouvrement d'aiguilles au sol (- Vam - Dist_lis. + Asol)*

Tableau 46. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #1 pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 1 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé.

variables	coefficient	erreur standard	valeur T associée	rapport de cote	Intervalle de confiance à 95%
Visibilité amont (Vam)	- 0.314	0.117	- 2.67	**0.73** (+1 m)	[0.58;0.92]
Distance à la lisière la plus proche (Dist-lis)	- 0.017	0.009	- 1.91	**0.84** (+10 m)	[0.71:1.00]
Recouvrement d'aiguilles au sol (Asol)	+ 2.510	1.385	+ 1.81	**0.88** (-5%)	[0.77;1.01]

Les chevreuils se reposent dans des sites où ils sont bien cachés, particulièrement en amont, plutôt à proximité des lisières et là où le sol est localement le plus recouvert d'aiguilles (**tableau 46**).

(1) La visibilité amont est la variable la plus significative, elle vaut 6.5 m en moyenne, si l'on augmente d'1 m la visibilité autour du site de repos, on diminue de 27% les chances qu'un chevreuil se couche à cet endroit.

(2) En moyenne, un site de repos de chevreuil est plus proche d'une lisière d'un peu moins de 10 m qu'un point pris au hasard. Si cette distance à la lisière augmente de 10 m, on diminue d'environ 15% les chances qu'un chevreuil se repose à cet endroit en été.

(3) De même pour le recouvrement en aiguilles au sol, si l'on diminue localement l'abondance d'aiguilles au sol de 5% alors les chances de trouver un chevreuil au repos en été à cet endroit baissent de 12%.

*- **Modèle #2** : Visibilité amont, distance à la lisière la plus proche et recouvrement herbacé (-Vam -Dist_lis. -CHh0.5)*

Tableau 47. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #2 pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 1 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé.

variables	coefficient	erreur standard	valeur T associée	rapport de cote	intervalle de confiance à 95%
Visibilité amont (Vam)	-0.253	0.099	-2.56	**0.78** (+1 m)	[0.64 ;0.94]
Distance à la lisière la plus proche (Dist-lis)	-0.018	0.010	-1.89	**0.84** (+10 m)	[0.69 ;1.02]
Recouvrement herbacé <0.5 m (CHh0.5)	-3.577	2.165	-1.65	**0.70** (+10%)	[0.46 ;1.07]

Dans le modèle #2, le recouvrement herbacé prend la place de la 3ème variable, une augmentation locale du recouvrement herbacé amoindrit les chances de trouver un chevreuil au repos à cet endroit en été (**tableau 47**).

*- **Modèle #3** : Visibilité amont, distance à la lisière la plus proche et couvert latéral ligneux entre 0.5 et 2 m (-Vam -Dist-lis. +CLI2)*

Tableau 48. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #3 pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 1 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé.

variables	coefficient	erreur standard	valeur T associée	rapport de cote	intervalle de confiance à 95%
Visibilité amont (Vam)	-0.282	0.106	-2.65	0.75 (+1 m)	[0.61 ;0.93]
Distance à la lisière la plus proche (Dist-lis)	-0.017	0.009	-1.92	0.84 (+10 m)	[0.71 ;1.01]
Couvert latéral ligneux de 0.5 à 2 m (CLI2)	+3.556	2.103	+1.69	0.84 (-5%)	[0.68 ;1.03]

Le coefficient de Dist-lis, la distance à la lisière la plus proche, ne varie pas. Par contre le fait de remplacer Asol par CLI2 modifie un peu le coefficient de Vam (**tableau 48**).

Baisser localement de 5%, le couvert latéral ligneux entre 0.5 et 2 m de hauteur (CLI2), diminue de 16% les chances de trouver un chevreuil au repos à cet endroit l'été 1.

- Diagnostic, qualité et comparaison des 3 modèles retenus

Les 3 graphiques suivants ont été mis à la même échelle pour permettre la comparaison.

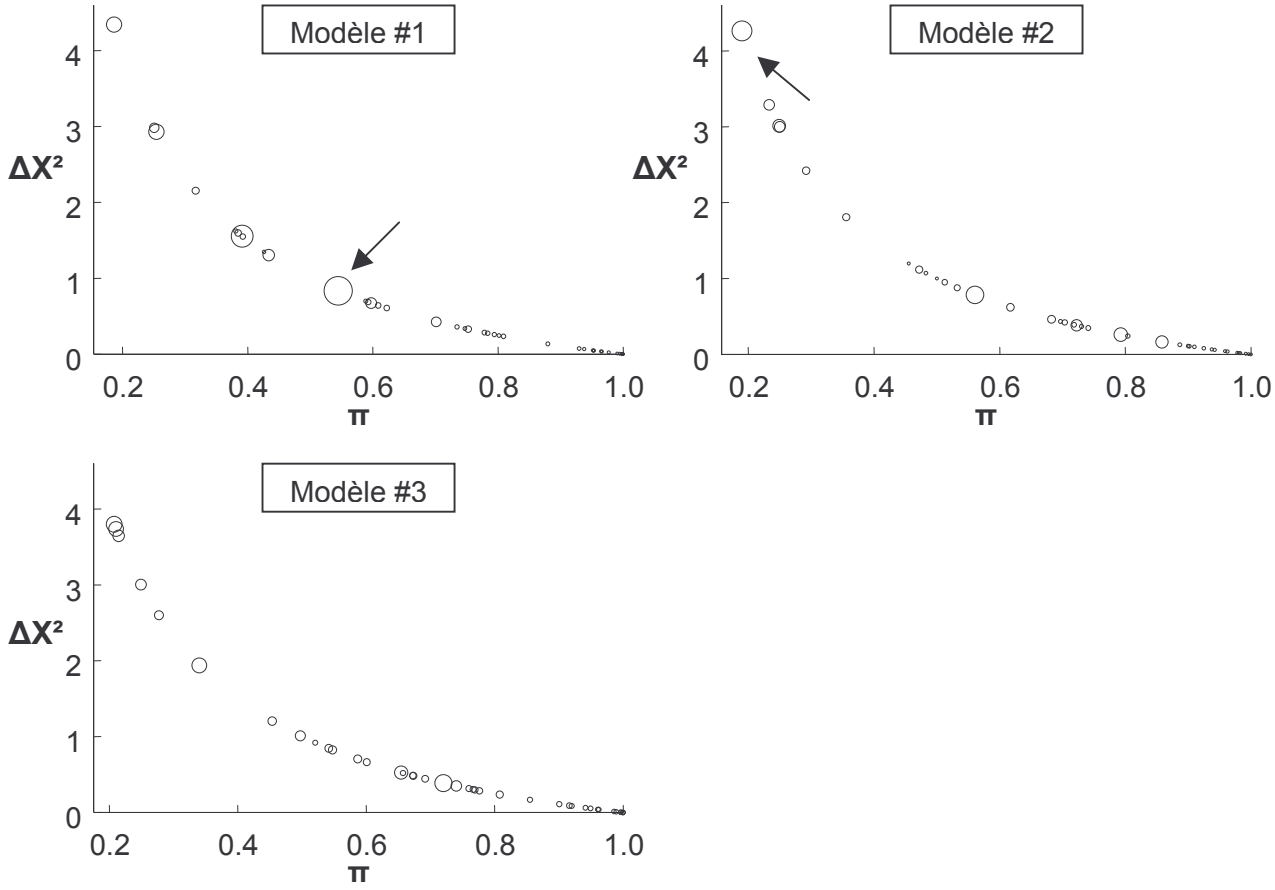


Figure 29. Graphiques diagnostic des 3 modèles retenus (#1, #2 et #3) dans la sélection des reposées par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 1 : ΔX^2 en fonction π, la taille des points est proportionnelle à Δβ. Les flèches indiquent les points avec la valeur de Δβ maximum pour chaque modèle. La taille des points est à la même échelle entre les 3 modèles.

Les 3 modèles sont à peu près équivalents. Tous les points sont bien repris ($\pi < 0.2$) par les modèles. La seule différence à noter concerne les points influents : le modèle #3 ne comporte pas de points très influents (flèches sur la **figure 29**) et serait de ce point de vue, le modèle le plus approprié aux données.

CONCLUSION sur la sélection des sites de repos par les chevreuils de la FDB l'été 1

(1) Les feuillus offrent aux chevreuils une bonne protection latérale dans le milieu où ils se déplacent (entre 0 et 2 m de hauteur) et où ils se couchent.

(2) Les chevreuils sont globalement bien dissimulés quand ils sont au repos. Il semble qu'ils portent une attention particulière à être bien cachés en amont de leur reposée.

(3) Les chevreuils ont tendance à ne pas trop s'éloigner des lisières pour se reposer. Ces lisières définissent sur la FDB les milieux ouverts et les zones riches en nourriture l'été.

(4) Cependant ils évitent localement les zones les plus riches en herbacées et recherchent plutôt des zones couvertes d'aiguilles au sol.

V3.2.3 Sélection des sites de repos par le Chevreuil pendant l'été 2

Finalement le nombre de couples (Chevreuil, été 2 : reposée, point apparié) pour lesquels le nombre de reposées est supérieur autour du point apparié ($n_R<n_A$) n'est pas très important, de l'ordre de 5% (5/190=5.55%, **cf. tableau 43**).

Le nombre de couples où le nombre de reposées est identique sur reposée et point apparié ($n_R=n_A$) est plus élevé et de l'ordre de 15%.

a) mise en évidence des principales variables impliquées dans la sélection des reposées de chevreuil en été (été2) : analyse univariée

Les résultats synthétiques sont consignés dans le **tableau 49**.

- Variables significatives au seuil de 1% (p<0.01)

Le recouvrement de feuilles au sol (Fsol) est localement significativement plus fort qu'alentour, en moyenne 13% de couvert en plus au niveau de la reposée.

La surface terrière en petits bois feuillus (Gfp) est supérieure d'1.1 m²/ha en moyenne dans le peuplement qui entoure la reposée de chevreuil.

- Variables significatives au seuil de 5% (0.01<p<0.05)

Les chevreuils se reposent où le couvert dans l'étage dominant (Ct) et plus particulièrement le couvert feuillu dans l'étage dominant (Cf) est le plus développé localement. En moyenne le couvert est supérieur de 9 à 10% au dessus des reposées. La différence de couvert total dans l'étage dominant s'explique essentiellement par la différence de couvert feuillu de l'étage dominant, comme nous le montre la **figure 30**.

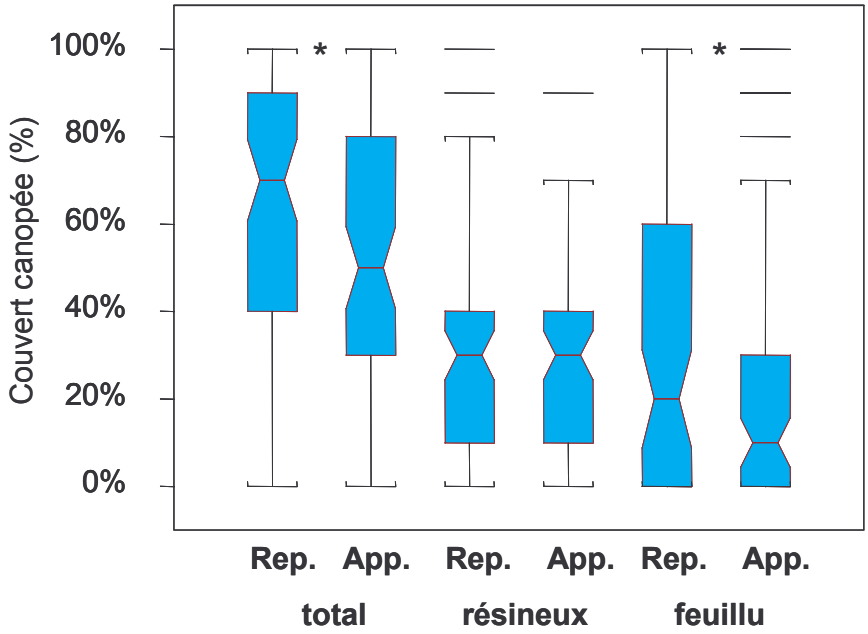


Figure 30. Boîte à moustache du couvert de la canopée (Ct, Cr et Cf) au dessus de la reposée (Rep.) et du point apparié (App.). * indique une différence au seuil de 5%.

Les ligneux entre 0.5 et 2 m (CHl2) couvrent 16.2% en moyenne au niveau des reposées, soit environ 5% de plus qu'alentour.

On retrouve le même patron pour les ligneux entre 2 et 4 m (CHl4) qui couvrent 25% en moyenne au dessus des reposées, sur un rayon de 10 m, soit environ 6% de plus qu'alentour.

Le couvert latéral ligneux (surtout feuillu) entre 0 et 2 m de hauteur (CLl0.5, CLf0.5, CLl2, CLf2) est plus développé dans un rayon de 10 m autour d'un Chevreuil au repos l'été 2. Le couvert ligneux à moins de 50 cm du sol représente environ 40% du couvert autour de la reposée, soit environ 7% de plus de ce qui est disponible localement.

Tableau 49. Récapitulatif de l'ensemble des variables testées pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 2, $n_R > n_A$). Le test-T de Student est utilisé sauf * qui signifie l'utilisation d'un test des signes de Wilcoxon. Les variables significatives au seuil de 5% sont en gras (en *gras italique*, 0.05 <p< 0.10).

variable	unité	p associée au test	moyenne rep.-app.	moyenne reposée	moyenne apparié	lim. inf. IC95%	lim. sup. IC95%	coefficient d'asymétrie
Vm	m	0,234	-0,8	10,2	11,0	-2,1	0,5	0,03
Vam	m	0,219	-1,5	9,3	10,8	-3,9	0,9	-0,65
CLl0.5	**%**	**0,033**	**6,5**	**39,6**	**33,0**	**0,5**	**12,4**	**-0,25**
CLf0.5	**%**	**0,047**	**4,3**	**16,3**	**11,6**	**0,1**	**8,6**	**-0,53**
CLr0.5	%	0,603	1,6	26,3	24,9	-4,5	7,6	0,19
CLsl0.5	%	0,370	-2,1	6,9	9,0	-7,2	2,7	-0,88
CLl2	**%**	**0,046**	**5,9**	**35,2**	**29,3**	**0,1**	**11,7**	**0,04**
CLf2	**%**	**0,013**	**5,3**	**16,1**	**10,8**	**1,2**	**9,4**	**-0,43**
CLr2	%	0,934	0,2	21,3	21,1	-4,9	5,3	-0,20
Dist-rf	m	0,287	3,5	94,5	91,1	-3,0	9,9	-0,39
Dist-ro	m	0,857	0,6	368,8	368,2	-6,2	7,5	0,03
Dist-lis	m	0,883	-1,4	83,7	85,1	-20,3	17,5	0,09
Fsol	**%**	**0,005**	**13,3**	**37,8**	**24,4**	**4,2**	**22,5**	**0,13**
Asol	%	0,900	0,5	36,1	35,6	-7,3	8,3	-0,74
CHl0.5	%	0,176	2,9	12,5	9,6	-1,3	7,0	0,35
CHf0.5	%	0,321	1,2	6,1	4,9	-1,2	3,6	0,61
CHr0.5	%	0,203	2,0	8,0	6,0	-1,1	5,0	1,54
CHsl0.5	%	0,769	-1,2	18,6	19,9	-9,6	7,1	-0,07
CHh0.5	**%**	**0,029**	**-8,3**	**10,8**	**19,1**	**-15,8**	**-0,9**	**-0,60**
CHl2	**%**	**0,036**	**5,4**	**16,2**	**10,9**	**0,4**	**10,3**	**0,22**
CHf2	***%***	***0,068***	***3,5***	***9,0***	***5,5***	***-0,3***	***7,2***	***-0,16***
CHr2	%	0,306	1,8	9,0	7,2	-1,7	5,4	0,93
CHl4	**%**	**0,042**	**5,8**	**25,0**	**19,5**	**2,1**	**11,4**	**-0,13**
CHf4	***%***	***0,056***	***5,0***	***15,6***	***10,7***	***-0,1***	***10,2***	***-0,04***
CHr4	%	0,843	2,8	11,3	11,3	-2,5	3,1	0,61
Ct	**%**	**0,012**	**9,7**	**61,3**	**51,6**	**2,2**	**17,2**	**0,60**
Cf	**%**	**0,033**	**8,7**	**32,0**	**23,2**	**0,7**	**16,7**	**0,31**
Cr	%	0,479	2,1	29,3	28,5	-3,8	8,0	0,76
Gt	m²/ha	0,435	-0,8	13,7	14,5	-2,8	1,2	-0,60
Gf	m²/ha	0,164	0,9	4,0	3,1	-0,4	2,1	-0,77
Gr	m²/ha	0,082	-1,7	9,8	11,4	-3,6	0,2	-0,90
Gfp	**m²/ha**	**0,007**	**1,1**	**2,8**	**1,7**	**0,3**	**1,9**	**0,44**
Gfb*	m²/ha	0,985	-0,3	0,9	1,2	-	-	-2,08
Gfg*	***m²/ha***	***0,061***	***0,1***	***0,2***	***0,2***	***-***	***-***	***-3,55***
Grp*	m²/ha	0,521	-0,5	4,2	4,7	-	-	2,21
Grb	m²/ha	0,290	-0,5	3,9	4,5	-1,6	0,5	0,06
Grg	m²/ha	0,263	-0,7	1,6	2,2	-1,8	0,5	-0,77
%pb	%	0,481	3,4	53,4	51,5	-6,2	13,1	-0,35
%bm	%	0,626	-1,9	34,3	35,6	-9,8	6,0	0,63
%gr	***%***	***0,068***	***-5,6***	***68,5***	***72,7***	***-11,5***	***0,4***	***-0,34***

b) Complémentarité des variables impliquées dans la sélection des reposées par les chevreuils de la FDB en été (été 2) : approche multivariée par la méthode de régression logistique par paire.

Dans un premier temps, nous nous focalisons sur le jeu de données où $n_R > n_A$, l'effectif est de 71 couples (reposée, point apparié), la déviance résiduelle du modèle nul vaut 98.43 pour 71 degrés de liberté.

La sélection pas à pas des différentes variables aboutit à 3 modèles équivalents du point de vue du critère d'Akaike adapté aux petits échantillons (AICc). Ces modèles comprennent chacun 3 variables.

Le recouvrement ligneux entre 0.5 et 2 m de hauteur (CHl2) est commun aux 3 modèles. Trois autres variables intègrent les modèles : *i)* le recouvrement de feuilles mortes au sol (Fsol) est retenu dans les modèles #1 et #2, *ii)* le couvert total dans l'étage dominant (Ct) est retenu dans les modèles #2 et #3 et *iii)* la surface terrière en petits bois feuillus (Gfp) est la variable commune aux modèles #1 et #3.

Toutes ces variables sont significatives au moins au seuil de 5% dans l'approche univariée (**tableau 49**).

Les modèles retenus sont consignés dans le **tableau 50**. Toutes les variables retenues sont sélectionnées pour des valeurs plus fortes au-dessus ou autour des reposées en comparaison avec ce qui est disponible localement. Le pourcentage de la déviance expliquée n'est pas très élevé (inférieur à 20%), ceci nous indique qu'il n'y a *a priori* pas de patron de sélection dominant, mais plutôt que les chevreuils doivent adopter plusieurs stratégies pour choisir leur site de repos en été (été 2).

Tableau 50. Description des modèles obtenus pour la sélection des reposées par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 2) : AICc, déviance expliquée (%) et signe des variables retenues.

modèle #	signes des variables pour les modèles retenus	AICc	déviance expliquée (%)
1	+ CHl2 + Gfp + Fsol	87.34	17.45 (17.73%)
2	+ Fsol + CHl2 + Ct	88.64	16.14 (16.40%)
3	+ Ct + CHl2 + Gfp	87.45	17.34 (17.62%)

*- **Modèle #1** : recouvrement ligneux entre 0.5 et 2 m de hauteur, surface terrière en petits bois feuillus, et recouvrement de feuilles mortes au sol (+CHl2 +Gfp +Fsol)*

Tableau 51. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #1 pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 2 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé.

variables	coefficient	erreur standard	valeur T associée	rapport de cote	intervalle de confiance à 95%
Recouvrement ligneux de 0.5 à 2 m (CHl2)	+ 3.080	1.373	+ 2.24	**1.17** (+5%)	[1.02;1.33]
Surface terrière en petits bois feuillus (Gfp)	+ 0.186	0.093	+ 2.00	**1.20** (+1 m²/ha)	[1.00;1.45]
Recouvrement de feuilles mortes au sol (Fsol)	+ 1.478	0.770	+ 1.92	**0.86** (-10%)	[0.74;1.00]

Les chevreuils se reposent dans des sites où localement, le recouvrement ligneux entre 0.5 et 2 m est le plus fort (en moyenne 5.4% de plus), la surface terrière en petits bois feuillus est la plus élevée (supérieure d'1 m²/ha) localement et le sol est recouvert de feuilles mortes (13% en moyenne de plus qu'alentour), **tableau 51**.

(1) Le recouvrement ligneux entre 0.5 et 2 m est la variable la plus significative dans le modèle : si localement on augmente ce couvert de +5%, on augmente d'environ 17% les chances qu'un chevreuil se repose à cet endroit en été.

(2) La présence de petits bois feuillus dans le peuplement forestier favorise la présence des chevreuils pour les phases de repos en été, et si on augmente localement d'1 m²/ha la surface terrière en petits bois feuillus on augmente de 20% les chances qu'un chevreuil s'installe à cet endroit pour se reposer. Augmenter la surface terrière d'1 m²/ha correspond à rajouter 5 arbres de 25 cm de diamètre par hectare.

(3) De même pour le recouvrement en feuilles mortes au sol : si on diminue localement l'abondance au sol de feuilles mortes de 10% alors les chances de trouver un chevreuil au repos en été à cet endroit baissent de 14%. Le recouvrement de feuilles au sol est le plus fortement corrélé avec le couvert feuillu dans la canopée (Cf) : r(Fsol, Cf)=+0.53.

*- **Modèle #2** : recouvrement ligneux entre 0.5 et 2 m de hauteur, recouvrement de feuilles mortes au sol et couvert total de la canopée (+CHl2 +Fsol +Ct)*

Tableau 52. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #2 pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 2 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé.

variables	coefficient	erreur standard	valeur T associée	rapport de cote	intervalle de confiance à 95%
Recouvrement ligneux de 0.5 à 2 m (CHl2)	+ 3.128	1.417	+ 2.21	**1.17** (+5%)	[1.02;1.34]
Recouvrement de feuilles mortes au sol (Fsol)	+ 1.426	0.776	+ 1.84	**0.87** (-10%)	[0.74;1.01]
Couvert total de l'étage dominant (Ct)	+ 1.781	1.055	+ 1.69	**1.19** (+10%)	[0.97;1.47]

Les coefficients pour CHl2 et Fsol ne varient pas en comparaison au modèle #1 quand Ct remplace Gfp. Localement donc le chevreuil recherche les sites où le couvert total dans l'étage dominant est le plus fort (**tableau 52**).

Quand on augmente localement le couvert total de la canopée de 10%, on augmente la probabilité qu'un chevreuil se repose à cet endroit en été d'environ 20%.

*- **Modèle #3** : recouvrement ligneux entre 0.5 et 2 m de hauteur, surface terrière en petits bois feuillus et couvert total de la canopée (+Chl2 +Gfp +Ct)*

Tableau 53. Caractéristiques des variables retenues dans le modèle #3 pour la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 2 : coefficient, erreur standard, valeur du test associé, rapport de cote pour un ajout de n-unités à la variable et limites de l'intervalle de confiance à 95% associé.

variables	coefficient	erreur standard	valeur T associée	rapport de cote	Intervalle de confiance à 95%
Recouvrement ligneux de 0.5 à 2 m (CHl2)	+ 3.340	1.409	+ 2.37	**1.18** (+5%)	[1.03;1.36]
Surface terrière en petits bois feuillus (Gfp)	+ 0.192	0.094	+ 2.04	**1.21** (+1 m²/ha)	[1.01;1.46]
Couvert total de l'étage dominant (Ct)	+ 1.858	1.004	+ 1.85	**1.20** (+10%)	[0.99;1.47]

Quel que soit le modèle considéré les coefficients sont globalement constants et les 3 modèles apportent la même information (**tableaux 51**, **52** et **53**).

- Diagnostic et qualité des 3 modèles retenus dans la sélection des sites de repos par les chevreuils en été (été2) : comparaison

D'un point de vue assez général, les 3 graphiques sont très similaires (**figure 31**). On trouve dans le modèle #2 le point le moins bien expliqué. Cependant, 2 points sont peu expliqués (π <0.2) dans le modèle #2 contre 3 pour les modèles #1 et #3.

De plus le modèle #2 comporte très peu de points à la fois influents et bien repris par le modèle, relativement aux 2 autres. De ce point de vue, le modèle #2 semble de meilleure qualité pour l'estimation des coefficients des variables. Nous observons par ailleurs que les coefficients pour chaque variable entre 2 modèles où elles sont présentes ne varient pas.

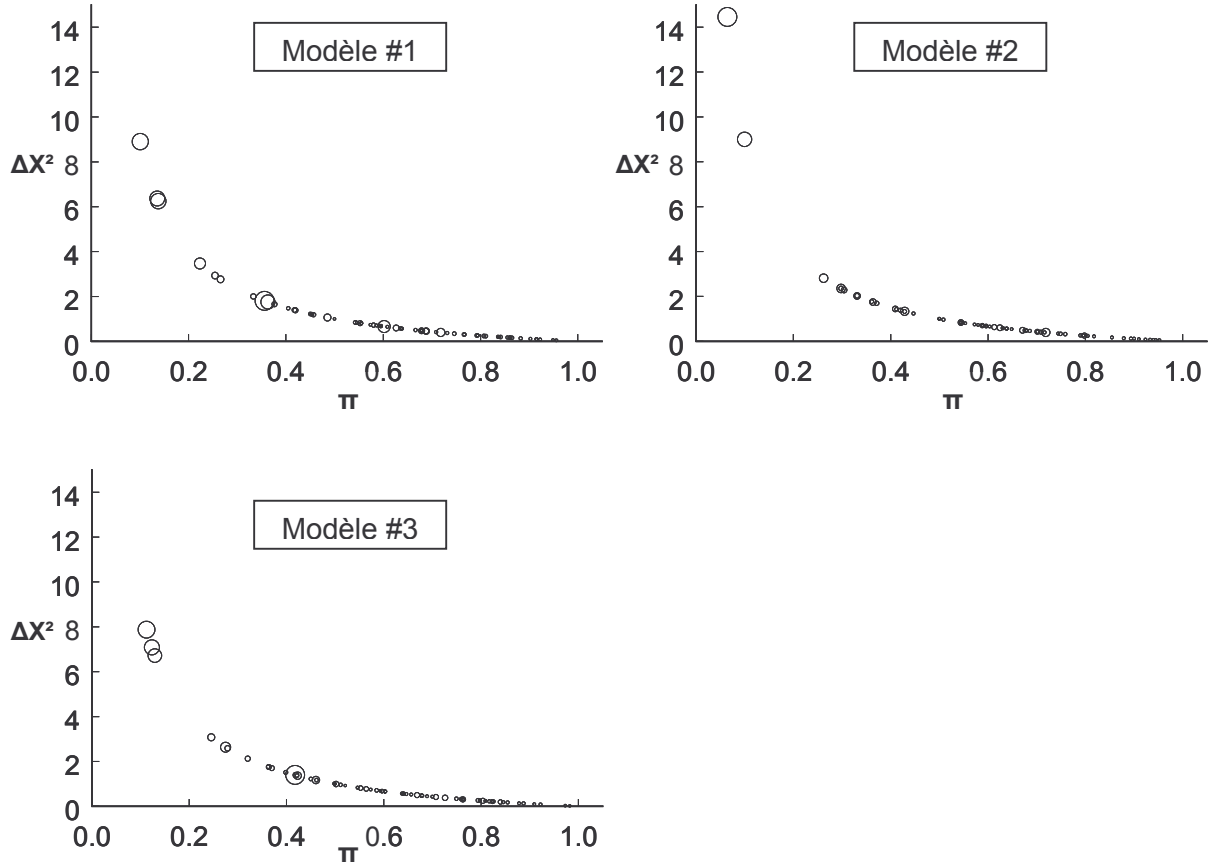


Figure 31. Graphiques diagnostic des 3 modèles retenus dans la sélection des sites de repos par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès l'été 2 : ΔX^2 en fonction de π, la taille des points est proportionnelle à Δβ. Les 3 figures sont mis à la même échelle.

c) Généralisation des résultats à l'ensemble des données chevreuils de l'été 2, c'est-à-dire aux différentes relations entre n_R et n_A.

Dans le **tableau 54**, pour le cas a), nous présentons le modèle #1 dans un but de comparaison, puisque c'est le seul des 3 modèles (**tableau 50**) à être retenu quand nous élargissons le jeu de données aux 3 autres cas de figure b), c) et d).

On note que le pouvoir explicatif des modèles retenus et ce, quelque soit le jeu de données considéré, ne dépasse jamais 18%, ce qui est très faible. Le cas b) explique moins de 10% de la variabilité observée.

Tableau 54. Synthèse des modèles retenus pour la sélection des reposées par les chevreuils de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 2) en fonction des différents cas de figure entre n_R et n_A (descriptif, effectif et déviance expliquée (%).

cas de figures	effectif	modèles retenus	déviance nulle	déviance expliquée (%)
a) $n_R>n_A$	**71**	modèle #1 : + Fsol + CHl2 + Gfp	**98.43**	**17.45 (17.73%)**
b) $n_R>n_A$ + $n_R=n_A$	**85** (71+14)	+ Fsol + CHl2	117.84	11.66 (9.89%)
c) $n_R>n_A$ + $n_R<n_A$	**76** (71+5)	+ Fsol + CHl2 + Gfp	105.36	18.34 (17.42%)
d) $n_R>n_A$ + $n_R=n_A$ + $n_R<n_A$	**90** (71+14+5)	+ Fsol + CHl2	124.77	12.78 (10.25%)

On obtient la même conclusion que pour les autres campagnes, à savoir qu'élargir l'effectif aux données où on n'a *a priori* pas de sélection diminue la qualité du modèle en termes de pouvoir explicatif (**tableau 54**). Cette observation est d'autant plus marquée que le pouvoir explicatif du meilleur modèle est déjà faible.

Le cas c) où on rajoute 5 couples, pour lesquels **$n_R<n_A$**, est équivalent au cas de figure a) en termes de déviance expliquée. On pouvait s'attendre à un tel résultat dans la mesure où, pour ces 5 couples, nous avons inversé Reposée et point Apparié.

CONCLUSION sur la sélection des sites de repos par les chevreuils de la FDB l'été 2.

(1) Les chevreuils sont sensibles à la présence de végétation feuillue en été, car ils utilisent sa variabilité pour choisir leurs sites de repos. Le recouvrement de feuilles mortes au sol synthétise d'une certaine manière la végétation feuillue dans les différentes strates étudiées, cette observation est aussi confirmée par la corrélation entre Cf et Fsol.

(2) Les chevreuils recherchent aussi un bon recouvrement ligneux (et feuillu) entre 0.5 et 2 m de hauteur, et entre 2 et 4 m de hauteur.

(3) La variable visibilité ici ne ressort pas, mais le couvert latéral de 0 à 2 m dans un rayon de 10 m autour des reposées est bien développé. La visibilité mesure une forme de camouflage mais du point de vue d'un homme regardant vers la reposée (cf. § II2.), alors que les couverts latéraux sont mesurés du centre de la reposée et reflèteraient plus une décision de l'animal de se dissimuler.

V3.2.4 Synthèse sur la sélection des sites de repos par le Chevreuil en été

Ces conclusions font référence aux **tableaux 44** et **49**.

La comparaison est menée sur l'effectif (n_R>n_A) pour l'été 2, soit n_{e2}=71, et sur l'effectif total pour l'été 1, soit n_{e1}=39 (**tableau 43**).

Les remarques effectuées pour la comparaison de ces 2 campagnes estivales pour le Cerf (**cf. § V2.2.4.**) sont également valables pour le Chevreuil.

a) Visibilité et protection latérale

L'été 1, les chevreuils sont bien cachés globalement et en particulier en amont, alors que ce n'est pa vérifié l'été 2.

Le couvert latéral feuillu entre 0 et 2 m est plus développé autour des reposées, ceci est confirmé d'une année sur l'autre. Bien que le couvert latéral feuillu entre 0.5 et 2 m de hauteur soit plus abondant l'été 1 que l'été 2, les chevreuils maintiennent leur sélection pour les couverts les plus forts. Ceci tendrait à montrer que c'est un élément important des critères de sélection des sites de repos.

b) Les disponibilités en semi-ligneux (CHsl0.5) et en herbacées (CHh0.5)

Les chevreuils évitent les zones les plus enherbées : les valeurs de recouvrement sont concordantes d'une année sur l'autre. Le Chevreuil ne sélectionne pas ses sites de repos en fonction de la présence des semi-ligneux.

c) Couvert dans les différentes strates de hauteur

Au sol : le recouvrement d'aiguilles sur la reposée est similaire d'une année sur l'autre, le recouvrement de feuilles mortes est plus abondant l'été 1 que l'été 2. Les chevreuils recherchent les plus forts recouvrements de feuilles au sol.

A moins de 50 cm du sol : les recouvrements ne sont pas très forts et les chevreuils, ne manifestent aucune sélection, l'été 1 comme l'été 2.

Au dessus de 50 cm du sol : l'été 2, les chevreuils recherchent les couverts ligneux (et surtout feuillus) les plus forts, entre 0.5 et 2 m, 2 et 4 m et dans l'étage dominant. L'été 1, le couvert horizontal au dessus des reposées, dans ces 3 strates, est plus abondant que l'été 2, la tendance est à rechercher le couvert le plus fort au dessus des reposées, mais ce n'est pas significatif. Il se pourrait donc qu'au dessus d'une valeur seuil, l'animal ne soit plus sensible à ce type de couvert.

d) La distance à la lisière la plus proche est de 71.8 m l'été 1 et 78.2 m l'été 2. Elle entre dans les modèles de sélection des sites de repos seulement l'été 1.

e) Composition et structure forestière locale

L'été 1, le Chevreuil recherche en moyenne des sites avec 50% de petits bois (surtout résineux) et l'été 2, il recherche le plus de petits bois feuillus localement.

CONCLUSION globale sur la sélection des sites de repos par les chevreuils en été

(1) Les chevreuils recherchent un bon couvert latéral ligneux (et en particulier feuillu) à moins de 2 m du sol.

(2) Ils recherchent les sites où le couvert est localement le plus fort au dessus de la reposée et évitent les zones les plus enherbées

(3) Les chevreuils sont particulièrement sensibles aux feuillus et recherchent leur présence autour des sites de repos même si globalement les résineux sont plus abondants.

(4) Les critères locaux de structure forestière varient d'une année sur l'autre, le Chevreuil recherche plutôt plus de petits bois là où il se repose.

(5) Le Chevreuil a tendance à se rapprocher des lisières, ce résultat n'est vérifié que l'été 1.

V3.3 Sélection des sites de repos par le Chevreuil : évolutions saisonnières

V3.3.1 A l'échelle du peuplement forestier

En hiver : on met en évidence une sélection des sites de repos à l'échelle du type de peuplement forestier l'hiver 1, mais pas l'hiver 2 (**cf. § IV2.3.**). Les chevreuils de la FDB évitent les peuplements adultes résineux et sélectionnent les jeunes peuplements résineux (plantations et Petits bois). Les peuplements mélangés (types II et IV) sont utilisés indifféremment.

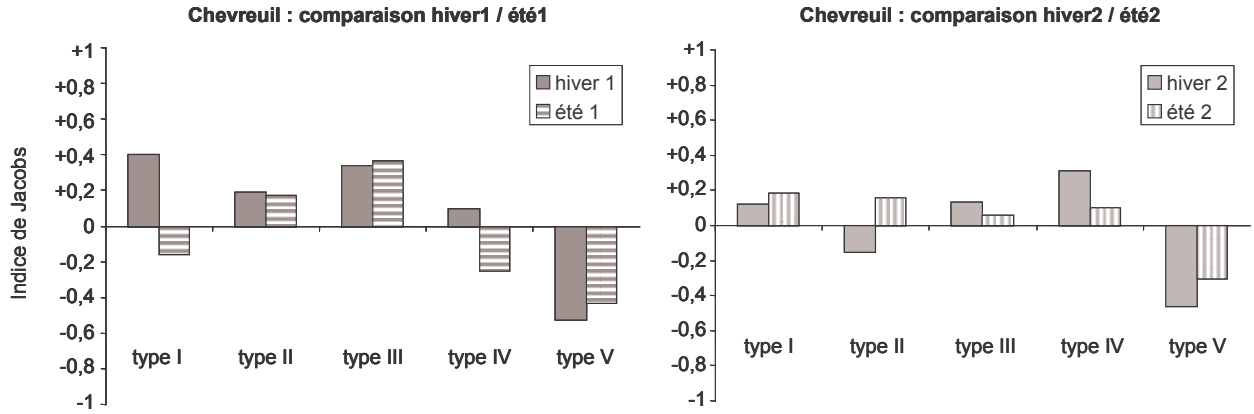


Figure 32. Indice de préférence de Jacobs pour l'utilisation des différents types de peuplement comme sites de repos par le Chevreuil sur la Forêt Domaniale du Bougès : comparaison hiver/été, année 1 et 2.

En été : on ne met pas en évidence de sélection à l'échelle du peuplement, les chevreuils utilisent les peuplements forestiers selon leur disponibilité. On peut noter cependant la tendance à éviter les peuplements adultes résineux comme en hiver (**figure 32**).

L'été 1 comme l'hiver 1, les chevreuils utilisent les peuplements de type II et III et évitent les peuplements de type V. Par contre, les jeunes plantations résineuses (type I) sont préférées l'hiver 1 et utilisées indifféremment l'été 1, et les peuplements de type IV sont utilisés indifféremment l'hiver 1 et évités l'été 1.

V3.3.2 A l'échelle du microhabitat

L'évolution de la végétation entre hiver et été est marquée par le développement de la végétation feuillue. Une partie des choix du chevreuil en été se basent sur les feuillus à mesure qu'ils deviennent disponibles dans le milieu.

La visibilité autour des reposées est moins variable en hiver qu'en été, par contre le patron de sélection est plus régulier en hiver. En été, les chevreuils sont très bien camouflés l'été 1, mais ce résultat n'est pas confirmé l'été 2.

En hiver comme en été, les chevreuils recherchent un bon couvert latéral à moins de 2 m de hauteur. Ce couvert est essentiellement résineux en hiver, alors qu'en été, et même si le couvert résineux est aussi abondant (voir plus abondant, l'été 2) que le couvert feuillu, les chevreuils recherchent localement le couvert feuillu le plus fort.

Les valeurs de couvert horizontal entre 0 et 4 m de hauteur au dessus des reposées sont similaires en hiver et en été. Les chevreuils recherchent localement le couvert le plus fort entre 0.5 et 4 m de hauteur.

Les chevreuils se reposent sous le couvert total de l'étage dominant le plus élevé. Quand ce couvert est localement variable les chevreuils optimisent le couvert total grâce aux résineux en hiver (hiver 2) et grâce aux feuillus en été (été 2). Ce fort couvert dans l'étage dominant au dessus des sites de repos explique en partie que ces sites de repos en été comme en hiver présentent le couvert herbacé localement le plus faible.

En été et en hiver, les semi-ligneux sont relativement abondants et couvrent en moyenne 18 à 20% autour des reposées, excepté pendant l'hiver 2.

CONCLUSION sur les évolutions saisonnières de la sélection de l'habitat par le Chevreuil

En hiver, période thermiquement la plus difficile, les chevreuils sélectionnent des types de peuplement spécifiques, alors qu'en été ils ne sont pas sélectifs à l'échelle du peuplement forestier.

En été, il semble que les chevreuils sélectionnent leur site de repos essentiellement à une échelle locale.

A l'échelle du microhabitat, ils utilisent les compartiments de végétation en fonction de leur disponibilité dans le milieu : les résineux en hiver, puis résineux et feuillus en été.

Chapitre VI. Comparaison interspécifique entre Cerf et Chevreuil : ségrégation ou cohabitation ?

Nous comparons la sélection des sites de repos par le Cerf et le Chevreuil en hiver et en été : à l'échelle du peuplement forestier, et puis localement, à l'échelle du microhabitat. Nous faisons référence ici aux résultats présentés dans les **chapitres IV et V**.

Nous avons également calculé l'indice de chevauchement de Pianka entre Cerf et Chevreuil pour l'utilisation des différents types de peuplements comme sites de repos. L'indice O_{jk}, définit le chevauchement d'habitat entre 2 espèces *j* et *k* selon la formule de chevauchement de niche de Pianka (Pianka, 1973) :

$$O_{jk} = \frac{\sum_i U_{ij} . U_{ik}}{\sqrt{\sum_i U^2_{ij} . \sum_i U^2_{ik}}}$$

avec U_{ij}, le pourcentage du nombre de reposées de l'espèce *j* dans le type de peuplement *i*.

Dans les **tableaux 55**, **56** et **57** récapitulatifs sont consignés pour chaque variable, la probabilité p associée au test T de comparaison des moyennes, la moyenne sur les reposées de Chevreuil, la moyenne sur les reposées de Cerf, le sens de la sélection localement (+ si recherché, - si évité) pour chaque espèce et les limites de l'intervalle de confiance à 95% associé au test.

VI1. En hiver

En hiver, nous avons mené la comparaison des patrons de sélection des sites de repos par le Cerf et le Chevreuil pendant l'hiver 2.

VI1.1 A l'échelle du peuplement forestier

Dans le **chapitre IV**, nous avons mis en évidence une sélection à l'échelle du peuplement forestier par le Cerf (hiver 2) et le Chevreuil en hiver. Pour le Chevreuil, le patron de sélection est significatif pendant l'hiver 1 et presque significatif au seuil de 10% pendant l'hiver 2. Les préférences pour des peuplements forestiers spécifiques sont plus marquées pour le Cerf que pour le Chevreuil.

L'indice de chevauchement des niches de Pianka entre Cerf et Chevreuil est fort pendant l'hiver 2 et vaut 0.77. Ce résultat indique un fort chevauchement à l'échelle du peuplement forestier pour la sélection des sites de repos entre les 2 espèces.

Cerf et Chevreuil évitent les peuplements adultes résineux (type V) et utilisent indifféremment les jeunes peuplements mélangés (type II).

Le Cerf utilise préférentiellement les jeunes peuplements résineux (types I et III), et évite les peuplements adultes avec au moins 1/3 de feuillus en mélange (type IV). Alors que le Chevreuil porte sa préférence sur ces peuplements adultes mélangés (type IV) et utilise indifféremment les jeunes peuplements résineux de types I et III (**cf. § IV., figure 7**).

Le type de peuplement qui sépare le plus Cerf et Chevreuil en hiver correspond aux peuplements (de type IV) adultes composés de plus d'1/3 de feuillus en mélange, et dont la surface terrière dépasse 20 m²/ha.

VI1.2. A l'échelle du microhabitat

Les résultats de la comparaison des caractéristiques des reposées de Cerf et de Chevreuil l'hiver 2 sont consignés dans le **tableau 55**.

Le Chevreuil se repose sous un couvert total (et feuillu) dans la canopée nettement plus élevé que le Cerf. Le couvert total et le couvert feuillu au dessus des reposées de Chevreuil valent respectivement 76% et 27.8%. Localement, le Chevreuil recherche aussi le couvert résineux le plus fort dans la canopée.

Les variables de structure et de composition du peuplement moyen choisi par le Chevreuil sont très différentes de celles du Cerf (**tableau 55**). En particulier, la surface terrière totale (Gt) du peuplement moyen choisi par le Chevreuil est de 24 m²/ha contre 15 m²/ha pour le Cerf. Le peuplement choisi par le Cerf comporte 50.6 % de Petits bois contre 36.1% pour le Chevreuil.

Les recouvrements résineux entre 0 et 4 m de hauteur sont plus élevés sur les sites de repos de Cerf. Cerf et Chevreuil recherchent localement le couvert résineux le plus fort entre 0.5 et 2 m de hauteur. Le Cerf recherche localement le recouvrement d'aiguilles au sol le plus fort, les aiguilles recouvrent 55.1% du sol de ses sites de repos, contre 37.4% pour le Chevreuil. Les feuilles mortes recouvrent 51.3% du sol des sites de repos de Chevreuil contre 21.6% pour le Cerf, qui les évite localement.

Le couvert latéral ligneux à moins de 50 cm du sol est identique autour des reposées de Cerf et de Chevreuil, et vaut environ 30% : Cerf et Chevreuil recherchent localement le couvert latéral résineux le plus fort. En outre, le couvert latéral semi-ligneux à moins de 50 cm du sol est nettement plus élevé autour des reposées de Cerf (21.7% contre 6.9% pour le Chevreuil). Entre 0.5 et 2 m de hauteur, le couvert latéral ligneux est plus fort autour des reposées de Cerf : ce patron est le résultat d'un couvert latéral résineux plus fort et d'un couvert feuillu plus faible autour des reposées de Cerf que de celles de Chevreuil.

Le Chevreuil se repose à proximité des lisières, en moyenne à 60 m (hiver 1 comme hiver 2) alors que le Cerf s'en éloigne et installe ses reposées en moyenne à 95 m des lisières.

Tableau 55. Comparaison des différentes variables sur les sites de repos des chevreuils et des cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en hiver (hiver 2). Les colonnes "sélection locale" indiquent si une variable est recherchée (+) ou évitée (-) à l'échelle du microhabitat. Les résultats significatifs au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique.*

variable	unité	p associée au test	sélection locale par le Chevreuil	moyenne Chevreuil	moyenne Cerf	sélection locale par le Cerf	lim.inf. IC95%	lim.sup. IC95%
CLl0.5	%	0,728		29,5	30,8	**+**	-8,9	6,2
CLf0.5	%	0,133		13,2	9,0		-1,3	9,5
CLr0.5	%	***0,067***	+	***17,8***	***25,3***	**+**	-15,5	0,5
CLsl0.5	%	**0,002**		**6,9**	**21,7**		-24,1	-5,5
CLl2	%	**0,048**	**+**	**27,7**	**35,8**		-16,1	-0,1
CLf2	%	**0,027**		**12,1**	**7,5**	-	0,5	8,6
CLr2	%	**0,003**	**+**	**17,4**	**31,0**	+	-22,6	-4,6
Fsol	%	**0,000**		**51,3**	**21,6**	**-**	18,5	40,9
Asol	%	**0,002**		**37,4**	**55,1**	**+**	-28,9	-6,6
CHl0.5	%	0,149		18,4	23,3		-11,5	1,8
CHf0.5	%	0,787		6,7	6,1		-3,4	4,5
CHr0.5	%	***0,059***		***12,1***	***18,5***	**+**	-13,1	0,3
CHsl0.5	%	**0,035**		**9,6**	**19,2**		-18,6	-0,7
CHh0.5	%	0,461	**-**	**7,3**	**9,7**		-8,8	4,0
CHl2	%	**0,014**	**+**	**18,1**	**26,4**		-14,9	-1,7
CHf2	%	0,297		7,0	5,4		-1,4	4,6
CHr2	%	**0,004**	**+**	**11,8**	**22,8**	**+**	-18,5	-3,6
CHl4	%	**0,010**	+	**23,7**	**34,0**		-18,0	-2,6
CHf4	%	**0,014**		**12,2**	**7,2**		1,0	9,1
CHr4	%	**0,000**		**12,4**	**29,1**	**+**	-25,2	-8,2
Ct	%	**0,000**	**+**	**76,0**	**60,2**		7,2	24,5
Cf	%	**0,029**		**27,8**	**17,6**		1,1	19,4
Cr	%	0,370	**+**	50,0	45,4		-5,5	14,6
Gt	m²/ha	**0,000**		**24,0**	**15,1**		5,2	12,6
Gf	m²/ha	**0,004**		**8,0**	**3,9**		1,4	6,8
Gr	m²/ha	**0,008**	+	**16,0**	**11,2**		1,3	8,3
Gfp	m²/ha	**0,017**		**3,3**	**1,8**		0,3	2,8
Gfb	m²/ha	**0,002**		**3,7**	**1,5**		0,8	3,7
Gfg	m²/ha	0,415		**1,0**	**0,7**		-0,5	1,2
Grp	m²/ha	0,309		**4,2**	**5,1**		-2,8	0,9
Grb	m²/ha	**0,001**		**8,4**	**4,9**		1,4	5,5
Grg	m²/ha	**0,003**	**+**	**3,1**	**0,9**	+	0,8	3,6
% pb	%	**0,007**		**36,1**	**50,6**		-0,25	-0,04
Dist-lis	m	**0,0002**		**57,2**	**95,4**	+	-57,4	-19,0

VI1.3 Synthèse sur la comparaison des patrons de sélection entre Cerf et Chevreuil en hiver

Le Cerf et le Chevreuil présentent un fort chevauchement en hiver dans l'utilisation des peuplements forestiers pour se reposer.

Le Cerf manifeste des choix très marqués à l'échelle du peuplement forestier, il sélectionne les peuplements résineux jeunes : jeunes plantations et peuplements dominés par Petits bois et Bois moyens, et évite les peuplements adultes résineux.

Le Cerf se repose sur des sites où le sous-étage résineux et le couvert latéral semi-ligneux est plus développé que pour le Chevreuil. Il semble que c'est déjà à l'échelle du peuplement forestier que le Cerf rencontre ces caractéristiques. Le Cerf exerce encore localement une forte sélection pour les couverts résineux les plus forts quelque soit la strate de hauteur considérée.

Le Chevreuil utilise préférentiellement les peuplements mélangés adultes à forte surface terrière (type IV), peuplements qui sont évités par le Cerf.

Comme le Cerf, le Chevreuil recherche localement le couvert latéral résineux le plus fort entre 0 et 2 m de hauteur et le couvert ligneux entre 0.5 et 4 m de hauteur le plus développé, ce choix se fait localement.

Une des principales caractéristiques des sites de repos de Chevreuil en hiver est le fort couvert dans la canopée (76% dont 50% de couvert résineux). Le recouvrement de feuilles mortes au sol, qui résume la portion feuillue de la végétation, représente en moyenne 50% sur les sites de repos de Chevreuil en hiver.

Le Cerf installe ses reposées préférentiellement à distance des lisières, environ 35 m plus loin en moyenne que **le Chevreuil** : ceci suggère une séparation spatiale des reposées des 2 espèces vis-à-vis des lisières en hiver.

Pendant l'hiver 2, Cerf et Chevreuil installent préférentiellement leur sites de repos dans des peuplements différents. Le Cerf évite en particulier les peuplements adultes mélangés (type IV) alors que le Chevreuil les recherche. Le Cerf installe également ses reposées plus loin des lisières que le Chevreuil.

Chez le Cerf, une part importante de la sélection des sites de repos semble déjà se faire à l'échelle du peuplement forestier.

Le Chevreuil recherche un bon couvert thermique dans la canopée (en comparaison au Cerf), ce qui du fait de la différence de taille entre les deux espèces, pourrait s'interpréter comme une réponse aux rigueurs du climat en hiver .

En dépit des préférences exprimées à l'échelle du peuplement forestier par le Cerf et le Chevreuil, les 2 espèces présentent un fort chevauchement d'utilisation à cette échelle.

VI2. En été

Le Chevreuil n'est pas sélectif à l'échelle du peuplement forestier pour les 2 étés. Alors que le Cerf manifeste une forte sélection l'été 1 confirmée par les tendances observées lors de l'été 2.

L'indice de chevauchement des niches de Pianka entre Cerf et Chevreuil est fort également en été, et vaut 0.71 pendant l'été 1 et 0.95 pendant l'été 2. Ceci indique un fort chevauchement à l'échelle du peuplement forestier (particulièrement l'été 2) pour la sélection des sites de repos par le Cerf et le Chevreuil. La valeur de l'indice plus faible l'été 1 que l'été 2 s'explique par l'absence de reposées de Cerf dans les types de peuplements III et V.

VI2.1 Pendant l'été 1

VI2.1.1 A l'échelle du peuplement forestier

A l'échelle du peuplement, le Cerf utilise préférentiellement et exclusivement les plantations résineuses (type I), il utilise les peuplements résineux dominés par Petits bois et Bois moyens (type III) en fonction de leur disponibilité, les autres peuplements sont évités (**Cf. § IV., figure 7, été 1**).

Comme le Cerf, le Chevreuil a tendance à éviter les peuplements adultes résineux. Le Chevreuil a juste tendance à utiliser préférentiellement les peuplements résineux dominés par Petits bois et Bois moyens (type III).

VI2.1.2 A l'échelle du microhabitat

Les résultats de la comparaison des caractéristiques des reposées de Cerf et de Chevreuil l'été 1 sont consignés dans le **tableau 56**.

Le couvert total dans la canopée est nettement supérieur (>20%) au dessus des reposées de Chevreuil que des reposées de Cerf (Ct, t=3.08, p=0.003). La surface terrière totale, la surface terrière résineuse et la surface terrière en petits bois résineux sont plus élevées dans le peuplement moyen choisi par le Chevreuil. En contrepartie, le recouvrement herbacé est plus faible sur les reposées de Chevreuil que sur les reposées de Cerf.

Cerf et Chevreuil recherchent localement le recouvrement d'aiguilles au sol le plus abondant, ce recouvrement est identique sur les reposées des 2 espèces. Par contre, le recouvrement de feuilles mortes est supérieur autour des sites de repos de Chevreuil.

Les couverts feuillus et résineux ente 0 et 4 m de hauteur sont identiques sur les reposées de Cerf et de Chevreuil. Seul le Cerf recherche localement le couvert le plus fort entre 0.5 et 4 m, au dessus de sa reposée.

Le couvert latéral ligneux entre 0 et 2 m de hauteur est identique autour des sites de repos de Cerf et de Chevreuil. Cerf et Chevreuil recherchent localement à optimiser ce couvert, au travers des résineux pour le Cerf, au travers des feuillus pour le Chevreuil. En outre, le couvert latéral semi-ligneux à moins de 50 cm du sol est nettement plus élevé autour des reposées de Cerf (21% contre 6% pour le Chevreuil).

Cerf et Chevreuil sont globalement bien cachés sur leur reposée. Seul le Chevreuil est particulièrement bien caché en amont de sa reposée.

Tableau 56. Comparaison des différentes variables sur les sites de repos des chevreuils et des cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 1). Les colonnes "sélection locale" indiquent si une variable est recherchée (+) ou évitée (-). Les résultats significatifs au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique*.

variable	unité	p associée au test	Sélection locale par le Chevreuil	moyenne Chevreuil	moyenne Cerf	Sélection locale par le Cerf	lim.inf. IC95%	lim.sup. IC95%
CLl0.5	%	0,493		31,3	35,2	**+**	-15,2	12,2
CLf0.5	%	0,162	+	18,2	12,5		-2,3	13,8
CLr0.5	**%**	**0,026**		**16,9**	**28,9**	+	**-22,7**	**-1,5**
CLsl0.5	**%**	**0,013**		**6,5**	**21,1**		**-25,8**	**-3,2**
CLl2	%	0,659	**+**	38,7	36,4	**+**	-7,7	12,2
CLf2	**%**	**0,002**	**+**	**25,1**	11,2		**5,7**	**23,4**
CLr2	%	0,107		18,7	**27,5**	**+**	-19,6	2,0
Fsol	**%**	**0,022**		**45,2**	**28,7**		**2,5**	**30,5**
Asol	%	0,147	+	32,3	42,4	**+**	-23,9	3,6
CHl0.5	%	0,488		16,2	18,8		-10,3	4,9
CHf0.5	%	0,917		7,7	7,9		-4,9	4,4
CHr0.5	%	0,246		10,1	14,3	+	-11,3	2,9
CHsl0.5	%	0,755		15,0	13,3	**-**	-9,0	12,4
CHh0.5	**%**	**0,041**		**7,6**	**16,3**	-	**-17,0**	**-0,4**
CHl2	%	0,778		23,3	24,5	**+**	-9,4	7,1
CHf2	%	0,190		14,4	10,1		-2,2	10,9
CHr2	%	0,238		11,3	15,9		-12,3	3,1
CHl4	%	0,406		28,2	24,9	**+**	-4,6	11,3
CHf4	%	0,359		20,8	16,7	**+**	-4,7	12,9
CHr4	%	0,764		9,6	10,4		-6,8	5,0
Ct	**%**	**0,003**		**73,1**	**51,6**		**7,6**	**35,4**
Gt	***m²/ha***	***0,053***		***14,1***	***10,2***	+	***-0,1***	***7,9***
Gf	m²/ha	0,534		4,1	3,3		**-1,6**	**3,0**
Gr	***m²/ha***	***0,076***		***10,1***	***6,9***	+	***-0,3***	***6,7***
Gfp	m²/ha	0,439		2,5	2,0		-0,8	1,8
Gfb	m²/ha	0,423		1,6	1,1		***-0,6***	***1,5***
Gfg	m²/ha	0,289		0,1	0,3		-0,6	0,2
Grp	**m²/ha**	**0,016**		**3,9**	**2,1**		**0,4**	**3,3**
Grb	m²/ha	0,191		5,3	3,8		-0,8	3,7
Grg	m²/ha	0,794		0,8	0,6		-1,1	0,9
Dist-lis	m	0,505		71,8	78,8		-27,6	13,7

VI2.2 Pendant l'été 2

VI2.2.1 A l'échelle du peuplement forestier

Le Cerf exprime pendant l'été 2 le même patron de sélection des sites de repos à l'échelle du peuplement forestier que pendant l'été 1, mais ce patron est moins prononcé (**cf. § IV**, **figure 7, été 1 et été 2**).

Le Chevreuil en été ne manifeste pas de préférence à l'échelle du peuplement forestier et ce patron est flagrant pendant l'été 2 (**cf. § IV**, **figure 7, été 2**). Le Chevreuil a tendance à éviter les peuplements adultes résineux (type V) en été comme en hiver.

Tableau 57. Comparaison des différentes variables sur les sites de repos des chevreuils et des cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès en été (été 2). Les colonnes "sélection locale" indiquent si une variable est recherchée (+) ou évitée (-). Les résultats significatifs au seuil de 5% sont en gras et au seuil de 10% en *gras italique*.

variable	unité	p associée au test	sélection locale par le Chevreuil	moyenne Chevreuil	moyenne Cerf	sélection locale par le Cerf	lim. inf. IC95%	lim. sup. IC95%
CLl0.5	**%**	**0,033**	**+**	**39,6**	**47,7**	**+**	**-15,1**	**-0,6**
CLf0.5	%	0,205	**+**	16,3	13,8		-1,9	8,9
CLr0.5	**%**	**0,006**		**26,3**	**37,8**	**+**	**-20,5**	**-3,6**
CLsl0.5	%	0,304		6,9	9,2		-11,2	3,5
CLl2	**%**	**0,001**	**+**	**35,2**	**46,6**	**+**	**-19,5**	**-5,5**
CLf2	%	0,186	+	16,1	13,5		-1,8	8,9
CLr2	**%**	**0,001**		**21,3**	**34,7**	**+**	**-24,1**	**-7,1**
Fsol	**%**	**0,002**	**+**	**37,8**	**23,2**		**5,8**	**26,0**
Asol	**%**	**0,041**		**36,1**	**49,8**	+	**-22,4**	**-0,5**
CHl0.5	**%**	**0,030**		**12,5**	**19,7**	**+**	**-13,8**	**-0,7**
CHf0.5	%	0,867		6,1	6,3		-2,6	3,1
CHr0.5	**%**	**0,046**		**8,0**	**13,4**	**+**	**7,8**	**14,0**
CHsl0.5	%	0,182		18,6	13,3		-2,7	14,1
CHh0.5	%	0,320	-	10,8	9,2	**-**	-3,4	10,4
CHl2	**%**	**0,001**	**+**	**16,2**	**28,1**	**+**	**-18,0**	**-4,6**
CHf2	%	0,733	+	9,0	8,9		-3,4	4,8
CHr2	**%**	**0,001**		**9,0**	**20,9**	**+**	**-18,1**	**-4,8**
CHl4	***%***	***0,057***	**+**	***25,0***	***31,7***	**+**	***-12,7***	***0,2***
CHf4	%	0,155	+	15,6	10,8		-1,5	9,1
CHr4	**%**	**0,000**		**11,3**	**24,4**	**+**	**-17,2**	**-5,1**
Ct	%	0,976	**+**	61,3	61,8	+	-9,1	9,4
Cf	**%**	**0,003**	**+**	**32,0**	**17,6**		**4,8**	**23,4**
Cr	**%**	**0,003**		**29,3**	**43,7**		**-22,6**	**-4,8**
Gt	m²/ha	0,597		13,7	12,8		-1,9	3,3
Gf	**m²/ha**	**0,009**		**4,0**	**1,9**		**0,5**	**3,1**
Gr	m²/ha	0,388	+	9,8	10,9		-3,6	1,4
Gfp	**m²/ha**	**0,021**	**+**	**2,8**	**1,2**		**2,5**	**1,4**
Gfb	m²/ha	0,172		0,9	0,7		-0,2	0,9
Gfg	**m²/ha**	**0,030**	+	**0,2**	**0,1**		**0,0**	**0,5**
Grp	m²/ha	0,371		4,2	5,1		-2,5	0,9
Grb	m²/ha	0,616		3,9	4,4		-1,9	1,1
Grg	m²/ha	0,562		1,6	1,1		-0,6	1,1
Dist-lis	m	0,952		83,7	84,3		-19,8	21,1

VI2.1.1 A l'échelle du microhabitat

Les résultats de la comparaison des caractéristiques des reposées de Cerf et de Chevreuil l'été 2 sont consignés dans le **tableau 57**.

Le couvert total dans la canopée est identique au dessus des reposées de Cerf et de Chevreuil, les 2 animaux recherchent localement le couvert le plus fort. La composition du couvert diffère avec plus de feuillus pour le Chevreuil et plus de résineux pour le Cerf. La surface terrière feuillue (en Petits bois et en Gros bois) est plus forte dans le peuplement moyen choisi par le Chevreuil (Gf : t=2.66, p=0.009)

Les recouvrements en résineux (et en ligneux) entre 0 et 4 m de hauteur sont plus forts sur les sites de repos de Cerf. Ceci est vrai aussi pour le recouvrement d'aiguilles au sol, alors que le recouvrement en feuilles mortes est plus abondant sur les sites de repos de Chevreuil.

Le couvert latéral ligneux entre 0 et 2 m de hauteur est plus abondant autour des sites de repos de Cerf, et les valeurs pendant l'été 2 pour le Cerf sont plus fortes que celles mesurées l'été 1. Pour le Chevreuil, les valeurs sont globalement identiques d'une année sur l'autre. Les 2 espèces recherchent localement le couvert latéral le plus fort : cela se traduit par une optimisation du couvert résineux pour le Cerf, et du couvert feuillu pour le Chevreuil.

Généralement, le Chevreuil recherche le couvert le plus fort localement en se basant sur la composante feuillue de la végétation, contrairement au Cerf, qui comme en hiver, se concentre sur les résineux.

VI2.3 Synthèse sur la comparaison des patrons de sélection entre Cerf et Chevreuil en été

Cerf et Chevreuil présentent également un fort chevauchement dans l'utilisation des peuplements forestiers en été. Chacun a installé au moins une reposée dans chaque type de peuplement.

Le Chevreuil n'est pas sélectif à l'échelle du peuplement forestier, il utilise tous les types de peuplement, alors que **le Cerf** manifeste de fortes exigences dans la sélection des sites de repos à l'échelle du peuplement forestier, il montre une nette préférence pour les jeunes peuplements résineux (type I).

Les jeunes peuplements résineux sélectionnés par le Cerf à l'échelle du peuplement forestier lui procurent localement un bon couvert résineux dans le sous-étage, dans toutes les strates inférieures à 4 m de hauteur. Localement le Cerf recherche le couvert latéral résineux le plus fort entre 0 et 2 m de hauteur.

Le Chevreuil, quant à lui, recherche localement le plus fort couvert dans l'étage dominant. Localement, il recherche surtout le présence de feuillus *i)* dans le sous-étage pour une bonne protection visuelle (couvert latéral) et *ii)* dans l'étage dominant.

En été, Chevreuil et Cerf installent leurs reposées à même distance des lisières.

Le patron de visibilité autour des reposées de Cerf est très spécifique, il se répète d'une année sur l'autre, alors qu'il est moins prévisible pour le Chevreuil.

Comme en hiver, le Cerf utilise préférentiellement la végétation résineuse pour satisfaire à ses critères de choix. Le Chevreuil utilise toute la végétation disponible à cette saison, et plus particulièrement il recherche à optimiser les différents couverts feuillus.

En été, le Cerf sélectionne ses sites de repos dans un premier temps à l'échelle du peuplement forestier puis dans un second temps localement, alors que le Chevreuil semble ne sélectionner ses sites de repos que localement, à l'échelle du microhabitat.

La différence d'échelle de perception du milieu par ces 2 cervidés et la différence d'utilisation de la végétation feuillue mettent en évidence des exigences écologiques différentes entre le Cerf et le Chevreuil pour leurs phases de repos.

Chapitre VII. Discussion

Nous aborderons successivement les cinq points suivants : *i)* les aspects méthodologiques liés aux études de sélection de l'habitat, *ii)* la sélection de l'habitat : différence entre préférence et besoin vital, *iii)* la sélection des sites de repos à l'échelle du peuplement forestier, *iv)* la sélection des sites de repos à l'échelle du microhabitat et *v)* les ongulés sympatriques et les relations interspécifiques.

VII1. Sélection de l'habitat : aspects méthodologiques

VII1.1 Cadre général

Les méthodes mises en oeuvre pour étudier la sélection de l'habitat sont nombreuses. Chacune de ces méthodes est en fait adaptée spécifiquement à une question précise : à quelle échelle spatiale se place t-on ? à quelle échelle temporelle ? et quel est le niveau d'investigation (individu/population) ?

La sélection de l'habitat est reconnue comme un processus hiérarchique de choix successifs faits à différentes échelles spatiales (Johnson, 1980). L'interprétation des résultats est directement liée à l'échelle considérée et nécessite de bien définir les échelles.

Mysterud et Østbye, (1999) définissent la différence entre phases actives et phases inactives, entre jour et nuit et à une échelle plus large entre hiver et été comme les échelles temporelles les plus importantes à considérer.

On peut distinguer deux catégories de méthodes d'études de sélection de l'habitat, celles qui utilisent des observations indirectes, et celles qui se basent sur des observations directes.

VII1.1.1 Observations indirectes

Elles se basent sur les indices de présences observés sur le terrain : empreintes, fèces, abroutissements, reposées, ...

Les méthodes basées sur des observations indirectes sont généralement utilisées pour évaluer l'utilisation du milieu et les préférences de l'espèce étudiée, à l'échelle de la population. En effet, il n'est pas aisé de distinguer les indices d'un individu de ceux d'un autre individu au sein de la même population. Pourtant avec l'avènement de la biologie moléculaire, il est envisageable de réaliser des suivis individuels à partir d'ADN extrait de fèces ou de poils sur les reposées par exemple (voir les études réalisées sur la recolonisation du Loup en France, sur la population d'Ours des Pyrénées ou bien sur la population de Cerf de Chambord). Cependant dans ce cas, la différentiation entre individus intervient très en aval, et doit probablement poser des problèmes d'échantillonnage si l'on souhaite réaliser une telle étude avec suivi individuel.

Les indices les plus fréquemment utilisés sont les abroutissements (Morellet et Guibert, 1999) et les fèces (Aulak et Babinska-Werka, 1990 ; Morellet, Guibert *et al.*, 1996). On distingue deux types d'indices de présence, les fèces et empreintes indiquent uniquement que l'animal s'est trouvé en un lieu donné, sans préciser s'il n'a fait qu'y passer, s'il y est resté et dans ce cas, ce qu'il faisait à cet endroit. Un grand nombre d'études réalisées à partir de fèces fournissent cependant des renseignements indispensables, relatifs à l'utilisation globale de l'habitat.

Au contraire, certains indices nous renseignent sur l'activité de l'animal quand il se trouvait à cet endroit. C'est le cas des abroutissements, indiquant que l'animal a prélevé de la nourriture, et des reposées, indiquant que l'animal s'est reposé.

Les indices de ce type dits activité-dépendants ont deux autres intérêts : d'une part ils sont fréquents et d'autre part faciles à repérer sur le terrain (Zollner, Smith *et al.*, 2000).

Les études à partir de fèces donnent simplement une idée relative de l'utilisation globale de l'habitat. Les cervidés ont tendance à plus déféquer quand ils sont actifs, en mangeant ou en se déplaçant ; Jackson, (1974) indique que les daims défèquent en se levant de leur site de repos.

L'utilisation des empreintes en général se limite à des études en hiver où la neige est prévisible et persistante (Chen, Li *et al.*, 1999; D'Eon, 2001; Patthey, 2003) : ce n'est pas le cas sur le massif du Bougès. Weckerly et Ricca, (2000) couplent l'étude des fèces et des empreintes en dehors de la période hivernale et de la présence de neige, sur des sites où le substrat marque facilement. San José, Braza *et al*., (1997) relèvent tous les indices potentiels comme une présence de l'espèce sur un réseau de placettes.

VII1.1.2 Observations directes

Nous pouvons distinguer les méthodes avec contact visuel et par télémétrie. Les méthodes par contact visuel direct avec l'animal se font par exemple à partir de battues menées sur des parcelles forestières (**cf. § III.**), avec des jumelles dans des milieux ouverts de plaine (Stüwe et Hendrichs, 1984; Schmidt, 1993; Apollonio, Focardi *et al.*, 1998; Colman, Pedersen *et al.*, 2001; Bartos, Vankova *et al.*, 2002) ou sur des prairies d'altitude (Schmidt, 1993).

Les méthodes par télémétrie radio ont été utilisées par de nombreux auteurs dont Sempéré, (1979); Gonzalez, (1984); Guillet, Bergström *et al.*, (1995) sur le Chevreuil et Hamann, Klein *et al.*, (1991); Klein et Hamann, (1999) sur le Cerf et par satellite sur le Cerf (Adrados, 1998; Adrados, Janeau *et al.*, 1999; Adrados, 2002).

Les méthodes de suivi à distance par radio ou bien satellite nécessitent généralement un effort financier et humain conséquent (pour le piégeage et le suivi des animaux). Ces méthodes permettent toutes de différencier les phases d'activité des phases de repos (voir Adrados, Verheyden-Tixier *et al.*, (2003) sur le Cerf). En particulier, la méthode GPS une fois l'animal équipé permet de récupérer un grand nombre de localisations précises, de jour comme de nuit et sans main d'œuvre, ce qui n'est généralement pas le cas de la télémétrie radio (sauf exception du système de télémétrie automatisé, ATS), pour laquelle la précision de localisation est de l'ordre de 100 m. Pour le GPS toutefois, la technicité du matériel nécessite des calages préliminaires à l'étude des phénomènes purement biologiques (Adrados, 2002).

Mysterud, (1996) couple observations directes et indirectes : il localise à faible distance les chevreuils par télémétrie radio et se rapproche de l'emplacement du chevreuil avant sa fuite pour découvrir une reposée encore chaude.

VII1.2. Quelles méthodes pour des espèces sympatriques ?

VII1.2.1 Comment distinguer Cerf et Chevreuil ?

L'utilisation d'indices de présence nécessite de pouvoir différencier les 2 espèces étudiées sur la base de critères morphologiques ou autres. **Les fèces** sont l'indice le plus couramment utilisé pour mettre en évidence des différences relatives d'utilisation de l'habitat,

elles ont été utilisées pour le Cerf et le Chamois (Homolka et Matous, 1999), le Cerf et le Chevreuil (Staines et Welch, 1984; Welch, Staines *et al.*, 1990; Latham, Staines *et al.*, 1996, 1997; San José, Braza *et al.*, 1997); le Cerf, le Chevreuil et le Daim (Batcheler, 1960); l'Orignal et le Cerf de Virginie (Kearney et Gilbert, 1976); le Bison, le Wapiti, le Cerf de Virginie et l'Orignal (Cairns et Telfer, 1980); le Cerf et le Daim (Braza et Alvarez, 1987).

La morphologie des abroutissements ne permet pas de différencier Cerf et Chevreuil sur le terrain (Morellet et Guibert, 1999). Cependant, une possibilité pour différencier le Cerf et le Chevreuil, pourrait être la hauteur d'abroutissement. Renaud, Verheyden-Tixier *et al.*, (2003) pour le Cerf élaphe et Duncan, Tixier *et al.*, (1998) pour le Chevreuil, montrent que ces deux cervidés abroutissent à une hauteur préférentielle (entre 85 et 115 cm pour le Cerf et 75 cm pour le Chevreuil) qui correspond à leur hauteur d'épaule respective. En particulier Renaud, Verheyden-Tixier *et al.*, (2003) suggèrent même que des variations intraspécifiques de hauteur d'alimentation sont possibles. On pourrait imaginer de ne considérer les abroutissements qu'aux 2 hauteurs. Une phase de validation est alors nécessaire où il faudrait coupler cette approche au relevé d'autres indices comme les fèces.

Pour les sites de repos, l'identification n'est pas non plus aisée, en particulier quand les reposées ne sont pas toutes fraîches et il est souvent nécessaire de faire converger plusieurs indices, plusieurs approches pour aboutir à un diagnostic fiable (**cf. cette étude, § III.**). L'étude de Chen, Li *et al.*, (1999) sur le Cerf et le Chevreuil chinois est basée sur la capacité acquise au cours du temps des personnels de terrain à identifier facilement l'espèce. La présence de poils ou de fèces sur la reposée sont des sources potentielles d'ADN, utilisables en biologie moléculaire pour identifier sûrement l'espèce (**cf. Annexe I**) et le sexe (Takahashi, Masuda *et al.*, 1998; Huber, Bruns *et al.*, 2002). La biologie moléculaire permet de valider les approches de terrain.

VII1.2.1 Comment étudier les interactions ?

L'observation directe sur des milieux ouverts et les méthodes de suivis automatisés des protagonistes donnent accès à la dimension temporelle et donc aux potentielles interactions entre espèces sympatriques. Johnson, Kern *et al.*, (2000) utilisent un système automatisé de télémétrie (ATS) pour étudier simultanément la sélection de l'habitat par le Cerf mulet et le Wapiti. L'utilisation de GPS sur le Cerf et le Chevreuil en simultané est aussi possible, les colliers GPS sont maintenant adaptés à la faible corpulence du Chevreuil. Le contact visuel peut se faire à partir de miradors et/ou avec des jumelles (Mackie, 1970; Fritz, De Garine-Wichatitsky *et al.*, 1996; Mattiello, Pozzi *et al.*, 1996; Bartos *et al.*, 2002; Lingle, 2002) sur des landes, plaines ou dans des prairies au milieu de couvert forestier.

Dans le cas d'indices de présence nous ne pouvons pas interpréter la localisation spatiale des indices des 2 espèces, car il nous manque la dimension temporelle. Etudier l'influence mutuelle des protagonistes en milieu fermé est toutefois possible.

Si l'on travaille sur des indices de présence, de préférence activité-dépendants, une approche indirecte de type expérimental peut consister en l'étude *i)* de la sélection de l'habitat pour chaque espèce vivant en sympatrie (**cette étude**), et puis *ii)* de la sélection de l'habitat pour chaque espèce en allopatrie. La démarche consiste ensuite à comparer les patrons de sélection d'une espèce en présence et en absence de l'autre espèce. Si la sélection d'une espèce change en présence de l'autre, c'est le signe d'une interaction entre ces 2 espèces. Une telle approche nécessite de contrôler plusieurs paramètres dont la composition de l'habitat, la saison, ...

Cette approche est une des perspectives potentielles de notre étude sur les relations entre Cerf et Chevreuil.

Récemment, Smit, (2002) profite de l'ouverture d'une ancienne clôture entre 2 zones d'un parc pour mettre en contact une population isolée de Chevreuil avec une population de Cerf et de Sanglier. Sa démarche consiste à comparer les performances de la population de Chevreuil isolée, avant l'ouverture de la clôture, aux performances une fois le contact établi avec la population de Cerf. Ce type d'étude permet d'avancer sur la compréhension des mécanismes qui déterminent les relations entre Cerf et Chevreuil en sympatrie.

VII1.3 Réflexions sur notre étude

VII1.3.1 Démarche

Le premier intérêt d'échantillonner à partir de transect est de pouvoir repérer facilement des reposées en optimisant la surface prospectée, cette méthode s'est révélée efficace sur notre site d'étude. Les reposées comme indices d'utilisation de l'habitat forestier ont rarement été utilisées, Morellet, (1995) considère que les reposées de Cerf sont en général peu représentées et ne sont donc pas adaptées à ce type d'études. Dans ce cas précis, c'est probablement la méthode d'échantillonnage, systématique par placettes circulaires, qui ne convenait pas à ce genre d'indices de présence.

Le second intérêt, est de relever les distances des reposées au transect selon la méthodologie du *line-transect* pour estimer des densités de reposées. En pondérant par le nombre moyen de phases de repos effectuées par jour, on pourrait estimer la densité de la population. Nous n'avons pas abordé ce point, mais c'est une perspective de travail futur.

VII1.3.2 Patrons de sélection

Finalement, et en dépit d'un effectif total conséquent des reposées décrites et échantillonnées, les effectifs par campagne de terrain et par espèce restent relativement faibles (voire insuffisant pour le Cerf pendant l'hiver 1). Ceci est lié d'une part aux contraintes de temps passé sur le terrain (au maximum un mois), pour limiter les variations de climat (en particulier éviter les chutes imprévisibles de neige).

D'autre part, une étude exploratoire nécessite un recueil important de données. Nous avons modifié progressivement la prise de certains paramètres tels que le couvert dans la canopée pour gagner du temps. Et à l'avenir on pourra limiter le nombre de variables récoltées pour en contrepartie augmenter l'échantillonnage. Il était délicat cependant de préférer une variable plutôt q'une autre du fait de la présence de 2 espèces de taille et de comportement différent, comme on l'a montré.

Nous avons différencié les 2 espèces Cerf et Chevreuil, mais notre travail se situant à l'échelle de la population, nous n'avons pas d'information sur le sexe, l'âge et la reconnaissance individuelle de nos observations. En effet, on a pu très bien échantillonné plusieurs fois le même individu au cours d'une campagne de terrain sans pouvoir le remarquer. Etant donné le comportement d'occupation spatiale des deux espèces, on a *a priori* plus de chance d'échantillonner les reposées d'un même Chevreuil que d'un même Cerf.

C'est dire que les patrons de sélection que l'on met en évidence sont très généraux. En particulier pour le Chevreuil en été, à l'échelle du microhabitat, nous expliquons 35% de la variabilité des données l'été 1 et presque deux fois moins l'été 2. L'été 2, nous avons réalisé les observations à 2, ceci a aussi pu entraîner un flou supplémentaire. En fait, nous mettons en évidence les patrons de sélection qui prennent en compte la base commune du comportement des individus pour se reposer. Ceci n'empêche pas pour autant qu'à chaque modèle sélectionné, une ou deux observations restent isolées.

Ces observations peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs. En particulier, nous n'avons pas pu distinguer les reposées de jour et les reposées de nuit. Or Chen, Li *et al.*, (1999), ont montré que les caractéristiques (le couvert dans la canopée par exemple) des reposées de Chevreuil sont différentes le jour et la nuit. Parmi les explications également possibles, on peut envisager : le comportement aberrant d'un animal essoufflé, après avoir été dérangé, le comportement d'un cerf dominé et mis à l'écart ou le comportement d'un individu malade ou blessé …

Par ailleurs et je reviendrai dessus plus loin dans le § VII4., une des variables retenues par le modèle final peut présenter une valeur extrême sur une observation (une visibilité très faible par exemple) qui, à elle seule, peut expliquer qu'un individu se soit reposé à cet endroit.

Pour conclure sur ce paragraphe, nous avons mis en évidence des patrons de sélection qui ne sont valables qu'à l'échelle de la population, la méthode d'analyse a toutefois permis de relever des observations isolées qui nous informent sur la variabilité comportementale à l'échelle de l'individu.

VII2. Sélection de l'habitat : différence entre préférence et besoin vital

Les études relatives à la sélection de l'habitat ne permettent pas ou rarement de distinguer les notions de préférence (*preference*) et de besoin vital (*requirement*). Il est possible que l'animal recherche un confort particulier en privilégiant certaines caractéristiques du milieu, sans que cette dernière ne soit réellement indispensable à sa survie. Un besoin vital se définit comme une ressource qui si elle fait défaut peut hypothéquer la survie de l'animal et le maintien de la population.

VII2.1 Mise en évidence d'un besoin vital

Il est rare qu'une étude de sélection de l'habitat puisse mettre en évidence le lien entre la survie ou la condition d'un animal et une caractéristique particulière du milieu. Ce type d'étude nécessite un suivi fréquent des individus et se déroule généralement en conditions contrôlées pour faire varier une seule caractéristique du milieu. Cook, Irwin *et al.*, (1998) ont testé l'influence de différentes valeurs de couvert forestier sur la condition (masse corporelle) du Wapiti (*Cervus elaphus nelsoni*) et montré en particulier en hiver, que la condition du Wapiti était meilleure en milieu ouvert, ce qu'ils expliquent par l'effet bénéfique des radiations solaires.

Chez les faons d'ongulés, le choix des sites de repos peut avoir une grande influence sur la survie et donc plus globalement sur la dynamique des populations. C'est pourquoi cet aspect a été initialement étudié chez les faons. En effet, la plupart des faons d'ongulés restent inactifs, jusqu'à 90% du temps dans leurs premières semaines de vie. Ils sont incapables de fuir lorsqu'ils sont découverts par un prédateur. Chez les ongulés, la relation entre mère et jeune est de type *hider* dans la dichotomie instaurée par Lent, (1974), c'est-à-dire que les faons se cachent et se reposent à distance de la mère. Les contacts entre la mère et le jeune ont lieu pendant les phases d'allaitement. La survie des faons dépend de leur capacité à s'entourer d'un climat favorable et à se cacher des prédateurs.

Dans le cas du Chevreuil, Epsmark, (1969); Linnell, Wahlström *et al.*, (1998) montrent en particulier que les faons passent environ 80% de leur temps inactifs, sur leurs sites de repos. Boutin, Gaillard *et al.*, (1991) montrent que les faons sont aussi très mobiles dans leur premier mois de naissance. Ils parcourent en moyenne 150 m par jour, et changent de site de repos chaque jour. Les études menées par le C.N.E.R.A. Cervidés-Sanglier, (1987);

Gaillard et Delorme, (1989) montrent que le choix des sites de repos par les faons ne se fait pas au hasard et qu'en particulier la perturbation de la végétation au sol par les sangliers est défavorable à l'installation de sites de repos. Le fait que les domaines vitaux de faons d'une année chevauchent ceux de l'année précédente suggère encore des critères spécifiques de sélection de l'habitat (Van Laere, Boutin *et al.*, 1996). Linnell, Aanes *et al.*, (1995); Linnell, Nijhuis *et al.*, (1999) montrent que les faons de Chevreuil en Norvège, dans des milieux pourvus en prédateurs naturels, utilisent tous les types de milieux disponibles (forêts, champs, tourbières) même s'ils préfèrent les forêts. Localement, les sites de repos présentent un fort couvert au sol et dissimulent effectivement le faon au repos. Le fait d'utiliser plusieurs types d'habitat est aussi interprété comme une stratégie antiprédateur puisqu'elle diminuerait les chances d'être découvert par un prédateur qui doit prospecter plusieurs types de milieu, plutôt qu'un type spécifique au repos des faons. Les faons ne sont visuellement détectables qu'à proximité du site de repos où ils sont bien cachés par le couvert latéral fourni par les herbacées, graminées et semi-ligneux.

Dans le cas du Cerf, la phase *hider* dure une semaine (Hodgetts, Waas *et al.*, 2002). Ces auteurs, en conditions expérimentales, montrent que le Cerf recherche à se reposer à couvert. Clutton-Brock et Guiness, (1975) observent que les jeunes cerfs choisissent des sites de repos bien cachés dans au moins une direction, mais qui leur permettent aussi d'observer une direction spécifique.

D'autres études ont été menées sur la sélection des sites de repos chez les faons d'ongulés en Amérique du Nord : sur l'Antilocapre, *Antilocapra americana* (Autenrieth et Fichter, 1975; Barrett, 1981, 1984; Alldredge, Deblinger *et al.*, 1991; Canon et Bryant, 1997); le Cerf mulet, *Odocoileus hemionus* (Riley et Dood, 1984; Gerlach et Vaughan, 1991; Tull, Krausman *et al.*, 2001); le Cerf à queue noire, *Odocoileus hemionus columbianus* (Bowyer, Kie *et al.*, 1998) et le Cerf de Virginie, *Odocoileus virginianus* (Huegel, Dahlgren *et al.*, 1986; Uresk, Benzon *et al.*, 1999). Elles concluent généralement toutes à une sélection pour des sites de repos visuellement bien cachés, par la topographie et/ou la végétation, et parfois sous couvert de la canopée. Cette sélection s'expliquerait par une stratégie antiprédateur et de conservation d'énergie.

Bowyer, Kie *et al.*, (1998) montrent pourtant que chez le Cerf à queue noire, considéré *hider*, le faon est trouvé à proximité de la mère, et les critères de sélection de l'habitat ne mettent pas en évidence de stratégie antiprédateur, mais plutôt une sélection en rapport aux besoins alimentaires de la femelle lactante. Le faon est naturellement protégé à proximité de la mère. Une fois la phase juvénile passée, les jeunes sont associés à leur mère.

Pour les faons de cervidés, la sélection de sites de repos bien camouflés pendant la phase *hider* est un besoin vital, la survie des individus et le maintien de la population en dépendent.

VII2.2 Préférence

La plupart des études de sélection de l'habitat détectent des préférences. Dans notre étude, on montre que le Cerf sélectionne les jeunes peuplements résineux et recherche localement le couvert le plus fort dans la canopée en été. Il s'agit de toute évidence d'une préférence et non d'un besoin vital.

En effet, le Cerf survit dans des habitats ouverts (Clutton-Brock, Guinness *et al.*, 1982; Merrill, 1991), et des populations importantes de Cerf habitent également des massifs à dominante feuillue (pour exemple, la Forêt Domaniale de Compiègne dans l'Oise), même si le climat n'est pas identique. Ces observations montrent que les patrons de sélection décrits pour le Cerf dépendent des caractéristiques du massif étudié.

Certaines ressources de l'habitat préférées dans certains milieux peuvent aussi ne pas être mises en évidence dans des milieux globalement favorables où elles sont distribuées de façon homogène (Peek , Scott *et al.*, 1982; Aberg, Jansson *et al.*, 2000) ou bien si l'échelle d'étude de cette ressource n'est pas adaptée à sa distribution. Dans notre étude par exemple, on note que le couvert dans la canopée au dessus des reposées de Chevreuil vaut 75%, ce couvert est identique l'hiver 1 et l'hiver 2. L'hiver 1, la valeur de couvert est identique entre reposée et apparié et on ne met pas en évidence de sélection alors que l'hiver 2, la valeur de couvert est nettement supérieure sur la reposée que sur l'apparié et on met donc en évidence une sélection pour un fort couvert. Ce résultat montre par ailleurs l'intérêt de répéter les études sur plusieurs années.

VII3. Sélection des sites de repos à l'échelle du peuplement forestier

VII3.1. Typologie des peuplements forestiers

Les forestiers décrivent traditionnellement un peuplement par sa composition en essence, sa structure et sa densité. Dans le cadre de notre étude, ces paramètres nous intéressent puisqu'ils définissent le degré d'ouverture du peuplement et les possibilités de développement des strates arbustives et/ou herbacées.

Ainsi, ces paramètres déterminent, et c'est là notre intérêt, la disponibilité en sites d'alimentation et sites de repos (site de protection thermique et/ou visuelle). Un autre intérêt de ces paramètres est qu'ils constituent un langage commun avec les forestiers, qui facilite le dialogue avec les gestionnaires, confrontés quotidiennement à la gestion des forêts et aux problèmes engendrés par la présence des cervidés.

La classification (typologie simplifiée) des peuplements que nous avons établie est issue du document d'aménagement de la FDB, et basée à la fois sur la composition en essence et la structure des peuplements forestiers.

Couramment les études de sélection de l'habitat définissent partiellement les peuplements forestiers par l'essence dominante, sans préciser ni l'âge, ni la densité, ni le taux de mélange et les autres essences intervenant dans le mélange. On ne sait pas alors si l'on parle de peuplements très fermés avec des Gros bois (**cf. § IV., type V**) ou des peuplements semi-ouverts au stade gaulis (**cf. § IV., type I**). Il apparaît donc indispensable de préciser la structure en plus de la composition.

Latham, (2000) montre que le stade *thicket* (peuplement âgé entre 15 et 28 ans) des plantations commerciales d'Epicéa de Sitka présente une grande variabilité de degrés d'ouverture allant de peuplements complètement fermés dépourvus de strates semi-ligneuse et herbacée à des peuplements plus ouverts avec plus de végétation au sol. Il montre qu'au dessus de 30% d'ouverture, l'utilisation par les deux cervidés augmente sensiblement.

En fait, les travaux étudient plus souvent le distinguo entre habitat en milieu fermé et habitat en milieu ouvert sans aller plus loin dans ce qui est nommé "milieu fermé".

Les résultats obtenus dans notre étude mettent en évidence la sensibilité du Cerf, comme du Chevreuil l'hiver, à la structure du peuplement, au sein d'une dénomination globale de "milieu fermé". En effet, nous traitons de l'utilisation différentielle des grands types de peuplements représentés sur la FDB. Nous n'avons échantillonné aucun milieu ouvert (pâture à mouton, landes à Genêt, ...) qui sont surtout distribués en périphérie de la FDB.

Les seuls milieux ouverts que nous ayons parcourus sont les différentes pistes (routes, layons, coupe-feux, ...) et quelques petites ouvertures créées dans les peuplements autour de la ligne de crête pour améliorer l'habitat du grand Tétras (*Tetrao urogallus*).

Adrados, (2002) étudie la sélection de l'habitat par les cerfs sur le massif du Bougès, (le massif du Bougès englobe la FDB). Les cerfs sont suivis par GPS. Au cours de l'année

les habitats à conifères (Pin, Sapin et Epicéa) et à Genêt à balais sont préférés au détriment des milieux ouverts (prairie, pelouse et friche). Les habitats à conifères (Pin, Sapin et Epicéa) et à Hêtre paraissent plus utilisés de jour que de nuit de septembre à avril (ce qui englobe notre période hivernale).

Ces résultats sont en accord avec notre étude, même si à ce pas de temps, l'auteur ne distingue pas l'activité des animaux. La distinction que nous apportons ici est que les cerfs , pour leurs sites de repos, utilisent préférentiellement les plantations et jeunes peuplements résineux en hiver et seulement les plantations résineuses en été ; dans le même temps ils évitent les peuplements résineux adultes dominés par les Gros bois.

VII3.2. Se reposer ou bien manger ?

Dans les travaux étudiant la sélection de l'habitat forestier par le Cerf et/ou le Chevreuil, il est important de dissocier les observations en fonction du type d'activité des animaux. En effet, un même peuplement peut être favorable pour s'alimenter et défavorable pour se reposer. De nuit, les milieux ouverts sont typiquement des sites d'alimentation du Cerf en été (Adrados, 2002) comme le sont les lisières pour le Chevreuil au printemps (Sempéré, 1979). Au contraire, les milieux sous couvert sont favorables au repos, les cervidés sont en particulier connus pour se reposer préférentiellement sous couvert de résineux en hiver (Lang et Gates, 1985; Mysterud et Østbye, 1995). Henry, (1981); Stüwe et Hendrichs, (1984); Mysterud et Ims, (1998) ont montré en effet que la répartition du Chevreuil dépend de ses deux paramètres que sont le couvert et la nourriture.

Suite à une synthèse sur des études de sélection et d'utilisation de l'habitat par le Wapiti (*Cervus elaphus ssp.*) en Amérique du Nord, Hall et Thomas, (1979) décrivent la composition optimale de l'habitat pour le maintien des populations du Wapiti. Les sites d'alimentation (milieux ouverts) doivent couvrir 60% contre 40% pour les sites à couvert (thermique et de camouflage) sur l'aire occupée par les wapitis. Cette composition de l'habitat, en dépit des différences entre le Wapiti et le Cerf mulet (*Odocoileus hemionus*), est aussi considérée favorable pour le maintien du Cerf mulet. Ces auteurs considèrent les peuplements au stade gaulis résineux (dont l'âge oscille entre 10 et 20 ans) comme un habitat avec un bon couvert pour se camoufler, et les peuplements plus âgés (entre 40 et 50 ans) comme un habitat à bon couvert thermique. Le critère important dans la gestion forestière et dans la gestion du couvert est de maintenir à l'échelle d'un massif une mosaïque de sites d'alimentation, de sites de confort thermique et de sites de camouflage dans les proportions décrites.

Pourtant, la plupart des études relatives à la sélection de l'habitat à l'échelle du peuplement forestier considèrent la fréquentation des différents peuplements forestiers sans différencier le type d'activité. Par exemple, l'observation des densités relatives de fèces par types de peuplements en fonction de leur disponibilité renseigne sur la fréquentation générale des différents types de peuplement par la population du cervidé en question. De même, la comparaison des densités de localisation obtenues par télémétrie en fonction de la disponibilité des différents types de peuplement renseigne sur la fréquentation générale des différents types de peuplement par un individu. Dans les deux cas de figure, on suppose qu'il n'y a pas de sélection activité spécifique à l'échelle du peuplement.

Morellet, (1995) montre cependant qu'en hiver l'abondance des fumées de Cerf est liée à la masse abroutie et au recouvrement de certaines espèces ligneuses. En fait, la plupart des études d'utilisation de l'habitat à partir d'indices de présence (abroutissements, fèces) se concentrent plutôt sur la valeur alimentaire des types de peuplements forestiers.

VII3.3. Cerf et Chevreuil : question d'échelle

Nous avons montré que le Cerf et le Chevreuil étaient sensibles à la structure et à la composition du peuplement. Le Cerf apparaît cependant nettement plus sélectif au type de peuplement que le Chevreuil, en hiver comme en été. Quelle que soit la saison, les deux espèces évitent les peuplements adultes résineux.

Le Cerf, en hiver, utilise préférentiellement les plantations et jeunes peuplements résineux et évite les peuplements adultes mélangés (type IV) et résineux (type V) dominés par les Gros bois.

En été, son patron de sélection est encore plus ciblé puisque le Cerf ne manifeste de préférence que pour les jeunes plantations résineuses.

Le Chevreuil n'est sélectif à l'échelle du peuplement qu'en hiver. Il évite les peuplements résineux adultes, et utilise de préférence les jeunes peuplements résineux et mélangés (types I, II, III) l'hiver 1 et les peuplements mélangés adultes l'hiver 2.

Cette différence d'échelle de sélection entre Cerf et Chevreuil pourrait s'expliquer par le fait que le Cerf occupe un domaine vital étendu, de 800 à 1000 ha pour les biches et supérieur à 1800 ha pour les cerfs du Bougès (Adrados, 2002). Un tel domaine vital englobe obligatoirement plusieurs parcelles forestières et donc différents types de peuplement. Et on imagine que la sélection va d'abord se faire à l'échelle du peuplement forestier et seulement après à une échelle locale.

Le Chevreuil quant à lui, occupe d'avril à juillet, un domaine vital plus petit, de l'ordre de quelques dizaines d'hectares (Sempéré, 1979; Janeau, Quéré *et al.*, 1981; Cibien et Sempéré, 1989; Jeppesen, 1989). Le domaine vital du Chevreuil n'englobe donc qu'un ou deux peuplements forestiers. On imagine surtout pour le Chevreuil une sélection à une échelle locale et plus fine pour trouver les ressources nécessaires à ses phases de repos.

La différence observée entre le patron de sélection en hiver et l'absence de patron en été, pourrait être que pendant les phases non territoriales du Chevreuil (en hiver, ici), l'espèce est moins contrainte spatialement qu'en période de territorialité.

Il semble que Cerf et Chevreuil manifeste une sélection des sites de repos à des échelles différentes : le Cerf choisit d'abord à l'échelle du peuplement, puis localement et le Chevreuil fait ses choix plus directement à une échelle locale.

Une étude menée par Irwin et Peek (1983) sur la sélection de l'habitat par le Wapiti (*Cervus elaphus ssp.*) en rapport à la succession forestière donne des résultats très intéressants pour notre travail. En suivant des wapitis par télémétrie radio, ils ont distingué 304 localisations de wapitis au repos, ils montrent qu'en été les wapitis font des choix à l'échelle de la succession forestière : ils préfèrent les peuplements résineux au stade perchis avec environ 50 à 75% de couvert, à une distance minimale de 400 m des routes ouvertes à la circulation. En hiver, ils ne mettent pas en évidence de sélection particulière d'habitat pour se reposer.

Cette étude valide nos résultats sur la FDB en été. Nous trouvons effectivement que les cerfs installent préférentiellement leur site de repos dans les jeunes plantations résineuses semi-ouvertes avec en moyenne 50% de couvert l'été 1 et 60% (dont 44% de couvert résineux) l'été 2, à environ 300 m de distance des routes ouvertes à la circulation. Sur notre site d'étude, la distance moyenne des sites de repos de Cerf aux routes ouvertes à la circulation est similaire en été et en hiver, ce qui est probablement lié au fait que les cerfs utilisent globalement les mêmes peuplements. Le dérangement en été est plus important

qu'en hiver, mais en tout état de cause plus faible qu'en automne au moment de la cueillette des champignons.

En hiver, l'utilisation de l'habitat par le Cerf et le Chevreuil dans les plantations commerciales d'Epicéa de Sitka en Ecosse a été largement étudiée (Staines et Welch, 1984; Welch *et al.*, 1990; Latham *et al.*, 1996, 1997; Latham, 1999; Latham, Staines *et al.*, 1999; Latham, 2000). Ces auteurs montrent que le Chevreuil et surtout le Cerf préfèrent les jeunes peuplements ouverts parmi les peuplements résineux disponibles et évitent les peuplements adultes à couvert fermé. Les très jeunes stades décrits pour les rotations d'Epicéa de Sitka en Ecosse (Latham *et al.*, 1996) n'ont pas d'équivalent sur la FDB, par contre les peuplements définis comme *prethicket* et *open thicket* correspondent à notre type I (plantations résineuses semi-ouvertes), avec des degrés d'ouverture assez élevés, dus soit à des plantations réalisées à faible densité soit à un dépressage. Les peuplements au stade *prethicket*, *open thicket* fournissent à la fois refuge et nourriture. Le Cerf et le Chevreuil évitent le stade *pole* des peuplements d'Epicéa de Sitka, ce stade possède un couvert fermé, et plus fermé que notre type III. Cet évitement pourrait s'expliquer par le fait que les densités relatives de fèces utilisées dans ces études permettent de différencier les peuplements plutôt sur leur valeur alimentaire que sur leur valeur refuge. Les peuplements fermés résineux présentent généralement peu de disponibilités alimentaires pour les cervidés.

Le Cerf montre bien une préférence pour les stades jeunes des rotations résineuses, avec une canopée qui n'est pas encore fermée. Quand ces peuplements se ferment, le Cerf les évite au moins d'un point de vue alimentaire.

Le patron observé ici est spécifique à des massifs essentiellement résineux.

Reimoser, (1994) en Autriche trouve que pour les chevreuils, les peuplements avec un couvert fermé sont aussi peu utilisés que les peuplements sans couvert.

Les travaux qui analysent les choix des types de peuplements forestiers par le Chevreuil donnent des résultats contradictoires. Aulak et Babinska-Werka, (1990) montrent que les densités de fèces sont plus fortes dans les peuplements mélangés âgés et suggère que le Chevreuil serait plutôt inféodé à ces peuplements âgés alors que Batcheler, (1960) définit le Chevreuil comme une espèce de début de succession forestière. Gill, Johnson *et al.*, (1996) montrent également que la fermeture totale du milieu entraîne le déclin des ressources alimentaires puis de la population de Chevreuil. Notre étude montre par ailleurs que le Chevreuil, mis à part éviter les peuplements adultes résineux, est assez ubiquiste au regard des types de peuplement disponibles.

Le **Chevreuil** semble plus sensible à l'interface entre les peuplements forestiers qu'aux peuplements forestiers en eux-mêmes. On a tendance à le classifier comme une espèce de lisière (Reimoser, 1994). Cet auteur suggère en particulier que les zones de lisière procure des clés de lecture du paysage forestier au Chevreuil. Il observe un maximum de reposées entre 30 et 50 m des lisières, distance qui permettrait au Chevreuil de rester en contact visuel avec la lisière tout en restant bien caché. Nous observons cette tendance à se rapprocher des lisières calmes, peu dérangées, seulement en hiver, la distance moyenne mesurée est de 60 m. Le fait de se reposer à proximité des lisières semble motivé par la proximité des sites d'alimentation. En hiver, Gonzalez, (1984) observe que le Chevreuil installe préférentiellement ses sites de repos à distance des chemins, cependant quelques sites de repos se trouvaient également à proximité des chemins dans des ronciers, la ronce est la principale ressource alimentaire en hiver. De même, et au printemps, Sempéré, (1979) a montré que le Chevreuil se repose de nuit à proximité des lisières qui deviennent progressivement attractives d'un point de vue alimentaire. Stüwe et Hendrichs, (1984); Mysterud et Østbye, (1995) distinguent des reposées en milieu ouvert, à proximité des sites d'alimentation (champs agricoles) et concluent qu'au delà d'une certaine distance, 400 m

pour Stüwe et Hendrichs, (1984), entre couvert forestier et site d'alimentation, le Chevreuil préfère se reposer à découvert plutôt que de se dépenser pour revenir sous couvert, ils suggèrent une situation de compromis entre des milieux ouverts riches en aliments et des milieux fermés pauvres en aliments mais plus sécurisants.

Le Chevreuil est moins sensible aux différents types de peuplement forestier que le Cerf. Il semble plutôt rechercher les zones d'interface entre différents types de peuplements forestiers, zones qui concentrent les ressources dont dépend le Chevreuil pour se nourrir et se reposer.

VII4. Sélection des sites de repos à l'échelle du microhabitat

Dans notre étude, nous montrons qu'à l'échelle du microhabitat, la sélection des sites de repos se fait essentiellement en fonction des caractéristiques locales du couvert. Généralement, les études qui traitent de l'utilisation du couvert comme élément de sélection de l'habitat à une échelle locale attribuent deux principales fonctions au couvert, qui ne sont pas indépendantes du point de vue des dépenses énergétiques :

i) le camouflage : le couvert (*hiding, escape* ou *secutity cover*) permet à l'animal de se cacher et de limiter les effets de la prédation et du dérangement (Peek, Scott *et al.*, 1982)

ii) le confort thermique : le couvert (*thermal cover*) tempère les conditions climatiques défavorables

Mysterud et Østbye, (1999) conseillent de distinguer le couvert au dessus de l'animal (*canopy cover*) et le couvert latéral (*ground cover*) pour les mesures de terrain, afin d'utiliser un langage commun dans les études qui traitent de l'utilisation du couvert.

VII4.1 Stratégie antidérangement, antiprédation

La sélection des sites de repos peut être considérée comme une stratégie antiprédation : si elle diminue les chances de se faire découvrir par un prédateur quand l'animal est couché, si elle augmente les chances de découvrir un prédateur qui s'approche, si elle augmente les chances de s'enfuir, une fois découvert.

Dans des milieux exempts de prédateurs naturels du Cerf et du Chevreuil, l'Homme joue le rôle du prédateur, en prélevant des animaux à la chasse, et de dérangeur, lors d'activités de plein air. Cette pression exercée par l'homme assure le maintien de comportements antiprédateurs. Black, Scherzinger *et al.*, (1976) évoquent un besoin psychologique de couvert pour le Cerf mulet (*the psychological need for cover*), même en l'absence de prédateurs.

Dans notre étude, nous montrons que deux critères de choix sont utilisés par le Cerf et le Chevreuil pour sélectionner leurs sites de repos dans une optique antidérangement : la visibilité et le couvert. Ces deux critères ne sont pas indépendants, en effet, le couvert influence fortement la visibilité, par contre l'intérêt du couvert n'est pas seulement de procurer une bonne protection visuelle ; il peut fournir également un confort thermique non négligeable.

VII4.1.1. La visibilité

On sait que les animaux, et les cervidés en particulier, s'informent sur leur environnement par la vue, mais aussi par l'ouïe et l'odorat. Ces deux dernières variables sont cependant très difficiles à étudier dans des études *in natura*, et c'est pourquoi notre étude s'est focalisée plutôt sur la protection visuelle des animaux au repos.

Dans le cas du **Chevreuil**, Hoffmeister, (1979), cité par Reimoser, (1994) étudie les réactions des individus en rapport à différents stimuli, et montre que le Chevreuil panique plus en réaction à un stimulus visuel, qu'en réaction à un stimulus olfactif ou bien auditif. On peut penser qu'en raison de leur odorat développé, les chevreuils sont capables de détecter la présence de prédateurs à une grande distance à la ronde, alors que la vue ne leur permet de détecter ces mêmes prédateurs que lorsqu'ils sont déjà très rapprochés, ce qui laisse moins de temps pour s'enfuir. Ces résultats nous laissent cependant penser que le couvert visuel revêt une grande importance pour le Chevreuil. Cibien et Sempéré, (1989) ; Sempéré, (1989) confirment que le Chevreuil est sensible à la visibilité du milieu.

Dans cette étude, nous montrons que le Chevreuil, pendant l'été 1, sélectionne ses reposées avec une distance de visibilité plus faible en amont. Smith, Oveson *et al.*, (1986), pour le Cerf mulet notent également une bonne protection visuelle en amont du site de repos. Ils interprètent cela comme une stratégie pour se protéger visuellement d'un prédateur du côté que l'animal ne peut pas surveiller (*the blind side of deer*). Sur la FDB, le terrain est pentu. On peut imaginer que l'animal, bien camouflé en amont, peut se concentrer sur l'aval de sa reposée, où il est plus facile de surveiller et de détecter un potentiel prédateur. Il est également plus facile, lorsqu'un prédateur approche en venant de l'aval, de fuir rapidement, alors que le prédateur doit remonter la pente.

Mysterud et Østbye, (1995) en hiver, montrent que la visibilité est plus élevée dans la direction d'où provient le Chevreuil. Ils interprètent ce résultat comme un moyen de repérer un prédateur qui pisterait le Chevreuil à partir de ses traces laissées dans la neige. Nous montrons sur les 2 hivers que le Chevreuil recherche localement des sites de repos où la visibilité moyenne est significativement plus faible qu'alentour.

Le Cerf est lui aussi sensible à la visibilité autour de ses sites de repos ; il exprime en outre un patron de visibilité très spécifique autour de ses reposées, patron qui se répète d'une année sur l'autre, en été. Il est en effet protégé dans trois des quatre directions cardinales : le Nord, l'Est et le Sud. On voit ici que l'animal manifeste très clairement le besoin de se dissimuler visuellement, en cherchant refuge dans un abri de végétation. Pourtant, c'est le fait que la direction Ouest soit significativement moins bien protégée qui attire le plus notre attention. Il se trouve que, sur la FDB, les vents dominants soufflent du Nord-Ouest vers le Sud-Est, les deux tiers du temps, et sont donc très prévisibles. Ces vents sont particulièrement fréquents au mois de juin où ils soufflent 24 jours sur 30 (**cf. § II.)**. Il est probable que le Cerf utilise ce vent comme vecteur de bruit et d'odeur, et donc son ouïe et son odorat pour détecter un éventuel prédateur qui viendrait de l'Ouest. Ce prédateur, par ailleurs, aurait d'autant moins de chance de repérer le Cerf à l'odeur qu'il a le vent dans le dos.

On peut également noter qu'une observation est moyennement expliquée (π=0.34) pour le Cerf, été 1, dans le modèle #1 (**cf. figure 13, § V.**). Pour cette observation la visibilité est très faible sur la reposée, alors que les valeurs des 2 autres variables sont opposées au patron de sélection du modèle, ceci suggère que la seule visibilité a pu motiver le choix de ce Cerf pour se reposer.

En hiver, la visibilité autour des sites de repos du Cerf n'est pas significativement différente qu'alentour, cependant la visibilité est sélectionnée dans le modèle retenu.

Le patron de camouflage observé semble répondre à des choix délibérés de la part du Cerf. Ainsi, on peut dire que l'animal effectue une sélection hiérarchique de ses sites de repos : dans un premier temps, il choisit un type de peuplement forestier spécifique et favorable au repos, dans un second temps, il recherche, au sein de ce type de peuplement particulier, des caractéristiques locales bien précises, en particulier en matière de visibilité.

Müller, (1973) pour le Chevreuil, et Morellet, (1995) pour le Cerf, indiquent que les cervidés se positionnent sur des sites topographiques stratégiques (cassure de relief, haut de vallon) d'où ils peuvent observer facilement les alentours et se rendre rapidement invisibles, en se déplaçant d'un seul pas, à couvert. Huot, (1974), Larue, Bélanger *et al.*, (1994) pour le Cerf de Virginie, et Mysterud et Østbye, (1995) pour le Chevreuil, montrent qu'en hiver, les animaux se reposent préférentiellement sur des petites élévations topographiques, desquelles ils peuvent descendre rapidement pour se rendre invisibles.

Ces dernières références soulignent deux faits importants : d'une part, la recherche d'un patron de visibilité optimum ne se fait pas dans la seule optique de se camoufler, mais aussi dans le but de surveiller l'approche d'éventuels prédateurs. Ce résultat corrobore ce que nous avons dit précédemment, en particulier sur le patron de sélection des sites de repos du Cerf, qui favorise la détection des éventuels prédateurs dans la direction Ouest, la plus facile à surveiller (visuellement, olfactivement...). D'autre part, ces auteurs mettent en évidence une sensibilité des cervidés à certains profils topographiques. Dans notre étude, nous avons relevé, sur chaque reposée mesurée, la position topographique, mais cet aspect n'apparait pas significatif pour expliquer le choix des sites de repos par le Cerf et le Chevreuil.

En conclusion, notre étude montre que le Cerf comme le Chevreuil sélectionnent localement leurs sites de repos selon des critères de visibilité précis. Il apparaît clairement que les deux espèces recherchent localement des sites bien camouflés visuellement ; selon les saisons, chacune des deux espèces expriment des patrons de visibilité bien particuliers.

VII4.1.2 Le couvert

a) Le couvert latéral

Comme on l'a vu, la visibilité est fortement liée au couvert, en particulier le couvert latéral. Dans notre étude, le Cerf et le Chevreuil recherchent systématiquement le couvert latéral le plus fort dans la strate où ils se couchent (à moins de 50 cm du sol), ce qui est à mettre en relation avec le fait que les deux espèces recherchent pour se reposer des sites où la visibilité est faible. En hiver, le couvert latéral à moins de 50 cm du sol est probablement efficace également pour protéger les animaux des intempéries, et en particulier, pour limiter la vitesse et l'effet refroidissant du vent. Ces deux interprétations (camouflage, thermique) ne sont sûrement pas exclusives ; il est probable que dans certains cas, le couvert latéral soit recherché par les animaux à la fois dans un but de camouflage mais aussi dans le but de se protéger du froid.

Les deux cervidés sélectionnent également des sites où le couvert latéral dans la strate où ils se déplacent (entre 0.5 et 2 m de hauteur) est le plus important. On peut interpréter ce patron de deux façons : il peut s'agir en premier lieu d'un écran de protection visuelle, protégeant les animaux au moment où ils choisissent leur site de repos. En second lieu, le couvert latéral dans la strate comprise entre 0.5 et 2 m peut servir d'écran, au cas où l'animal serait détecté, couché : sa fuite serait alors facilitée, à couvert de la végétation. Ce couvert lui permettrait ainsi de se rendre rapidement invisible. Irwin et Peek (1983) supportent la deuxième solution pour le Wapiti en été. Jeppesen, (1982, 1987a, b) montre également que des cerfs et des chevreuils dérangés lors de courses d'orientation ou de battues, s'installent dans des zones à fort couvert latéral le temps que le calme revienne. Une observation personnelle d'un chevreuil qui broutait au milieu d'un champ séparé en deux par une haie accrédite cette idée. Ce chevreuil, après m'avoir visuellement repéré, s'est enfui sur une courte distance, pour simplement traverser la haie large de 2 mètres, et s'est arrêté de l'autre côté, à couvert de la végétation en continuant à m'observer.

b) Recouvrement et couvert horizontal

Notre étude montre que Cerf et Chevreuil sont également sensibles au couvert horizontal. La relation entre couvert horizontal et visibilité est moins nette ; c'est-à-dire qu'il est plus difficile de savoir, dans le cas du couvert horizontal, si les animaux le recherchent dans un but de camouflage ou dans un but de protection thermique.

Nous observons que le Chevreuil, en hiver, sélectionne ses sites de repos sous un fort couvert dans la canopée (75%). Mysterud et Østbye, (1995) suggèrent que le couvert de la canopée filtre la lumière et diminue les contrastes en sous-bois. Ce faisant, il diminue la capacité de chacun à distinguer des différences de couleur et de forme. Ainsi, la recherche d'un couvert important dans la canopée peut également s'interpréter comme une recherche de camouflage. Gonzalez, (1984) montre que le Chevreuil a tendance à se reposer localement sur un tapis de feuilles mortes, où il est moins visible du fait de sa couleur mimétique. Nous confirmons cette observation avec pour les 4 campagnes de terrain, un recouvrement de feuilles mortes au sol compris entre 37.8% et 51.3%. Il se peut qu'en hiver la présence de feuillus dans la canopée au dessus des sites de repos de Chevreuil, alors qu'ils procurent un couvert moins efficace que les résineux d'un point de vue thermique, soit en fait un choix pour plus de feuilles au sol.

Pour les mesures de visibilité, le cadre en bois utilisé était teinté, de couleur marron clair pour imiter celle du Chevreuil. Pour une étude préliminaire, je mesurais la visibilité dans des milieux à forte végétation au sol et dans d'autres milieux (un taillis de Châtaignier) sans végétation au sol avec un simple tapis de feuilles mortes. J'observais effectivement qu'à partir d'une certaine distance, j'avais du mal à repérer le cadre dans ce dernier type de milieu alors qu'aucune végétation n'obstruait mon champ de vision. Ce phénomène doit être d'autant plus vrai que l'objet est petit, en particulier, on peut supposer que cette stratégie ne fonctionnerait pas pour le Cerf.

On voit donc ici que le Cerf et le Chevreuil recherchent une protection visuelle à travers la sélection de sites de repos présentant un couvert latéral important. Le Chevreuil semble aussi utiliser son mimétisme comme moyen de camouflage en se reposant sur un tapis de feuilles mortes dans des milieux avec un couvert élevé dans la canopée qui de surcroît limite les contrastes en sous-bois.

VII4.2. Recherche de confort thermique

Notre étude a montré l'influence des caractéristiques locales du couvert sur le choix des sites de repos chez le Cerf comme chez le Chevreuil. Nous avons vu que cette préférence pour les couverts importants s'expliquaient par la recherche de sites de repos bien protégés visuellement. Cependant, nos résultats nous permettent-ils d'invoquer également une sélection dans un but de confort thermique ?

La différence de rapport volume/surface corporelle entre les deux homéothermes que sont le Cerf et le Chevreuil laisse penser que les coûts de thermorégulation seront plus élevés pour le Chevreuil face au froid hivernal (Chen, Li *et al.*, 1999) et pour le Cerf face aux chaleurs estivales. Ainsi, si le couvert joue effectivement un rôle de confort thermique, on s'attend à ce que Cerf et Chevreuil sélectionnent des niveaux de couverts différents, en hiver comme en été.

VII4.2.1 En hiver

En hiver, notre étude montre que le Cerf et le Chevreuil recherchent, un couvert latéral localement plus fort autour de leurs reposées. En effet, dans les modèles sélectionnés, le couvert latéral apparaît toujours ; il s'agit soit du couvert à moins de 50 cm du sol, soit du couvert entre 0.5 et 2 m. Dans les deux cas, ce couvert est essentiellement composé de résineux. Les peuplements résineux sont reconnus efficaces pour limiter la vitesse et la pénétration du vent. Ainsi, le couvert latéral pourrait effectivement servir d'enveloppe thermique en limitant l'effet refroidissant (*chilling effect*) du vent.

Sur la FDB, **le Cerf** recherche localement, en hiver, le sous-étage résineux le plus développé ; ce sous-étage lui procure à la fois un couvert latéral et un couvert horizontal à proximité de son site de repos. Le couvert moyen dans l'étage dominant est de l'ordre de 60% au dessus des sites de repos, avec 45% de résineux. Ces caractéristiques identifient assez fidèlement les types de peuplements préférés (type I et III) parmi les peuplements disponibles. Le type I, en particulier, constitué de jeunes plantations résineuses à faibles densités est composé de jeunes individus en croissance libre ; si on considère l'architecture typique du sapin, c'est au sol que le couvert latéral est le plus développé. Ainsi, le bas des arbres permet au Cerf, à la fois de se protéger du vent, mais aussi de se camoufler. Les Cerfs étaient souvent couchés sous les branches de ces arbres (Dist-bb, t= -2.20, p=0.032), et peu éloignés du tronc.

Huot, (1974); Lang et Gates, (1985) pour le Cerf de Virginie, Mysterud et Østbye, (1995) pour le Chevreuil, observent qu'en hiver, les deux espèces ont tendance à se rapprocher d'un arbre résineux. Souvent, la proximité d'un élément vertical est couplée avec un couvert immédiat au dessus de la reposée. Moen, (1976) suggère que le Cerf de Virginie profite d'une ambiance thermique favorable à proximité des arbres résineux, ambiance thermique qui serait liée à l'hétérogénéité du milieux à proximité de l'arbre (Lang et Gates, 1985).

Grace et Easterbee, (1979) indiquent que les Cerfs d'Europe utilisent de préférence certains abris qui peuvent diminuer jusqu'à 50% la vitesse du vent, et Staines, (1976), qu'ils se postent à flanc de versant sous le vent. Beall, (1974) a montré qu'en hiver l'effet conjoint du vent, de la température et des radiations thermiques déterminent à eux seuls l'utilisation de l'habitat par le Wapiti. De la même manière, Ozoga et Gysel, (1972) ont montré pour le Cerf de Virginie que les températures minimales ou l'indice de fraîcheur de l'air (*air chill index*) déclenchaient la recherche d'abri thermique en hiver.

Le vent est reconnu comme un élément crucial dans la sélection de l'habitat par ces différents auteurs, cependant étudier l'influence du vent sur les animaux forestiers n'est pas une chose aisée. La recherche d'un couvert résineux, aussi bien latéral qu'horizontal, par le Cerf en hiver suggère une protection thermique, cependant en l'absence d'autres informations, on ne peut pas conclure. Par ailleurs les conditions climatiques du massif du Bougès en hiver sont nettement moins sévères qu'en Amérique du Nord ou dans le Nord de l'Europe.

Jones, (1997) ; Patthey, (2003) et Chen, Li *et al.*, (1999) montrent respectivement que le Wapiti, le Cerf d'Europe et le Cerf chinois en hiver sélectionnent leurs sites de repos diurnes soit en milieu ouvert, soit dans des zones en altitude latéralement bien ensoleillées le matin.

On voit ici que la relation entre couvert et confort thermique, chez le Cerf et le Wapiti en hiver, ne se résume pas au rôle de protection du couvert contre le vent. On peut supposer que lors d'épisodes venteux, le Cerf a tendance à rechercher à travers le couvert, une protection contre le vent, alors que par temps calme et ensoleillé, et dans des zones de quiétude, il recherche plutôt des sites de repos en milieu ouvert.

Le Chevreuil, en hiver, recherche un fort couvert dans la canopée, environ 75% de couvert dont 50% de résineux ; ce couvert est plus fort que pour le Cerf. Mysterud et Østbye, (1995) ont montré que le Chevreuil recherche un couvert dans la canopée d'autant plus élevé qu'il séjourne longtemps au repos.

Le couvert dans l'étage dominant limite à la fois la couverture de neige au sol, et l'amplitude de température, par rapport à des milieux ouverts. Sur le Bougès, la neige atteint rarement des épaisseurs susceptibles de gêner les déplacements du Chevreuil, encore moins ceux du Cerf. Le Chevreuil, plus petit, donc plus sensible à son environnement thermique, a effectivement tendance à rechercher pour se reposer des sites avec un couvert dans la canopée plus important que le Cerf.

Ainsi, en hiver, dans le cadre de notre étude, la recherche d'un confort thermique par le Cerf et le Chevreuil au travers du couvert latéral résineux n'est pas à exclure mais n'est pas non plus démontrée. Par contre, il semble plus probable que le Chevreuil recherche une protection thermique sous couvert de la canopée, contrairement au Cerf.

Le couvert vertical fonctionne essentiellement comme protection contre le vent alors que le couvert horizontal limite à la fois la couverture de neige au sol et les écarts de température. Par ailleurs, il semble que les animaux ont plus tendance à rechercher une protection contre le froid (vent, neige, faibles températures, ...) qu'à s'exposer au soleil pour se réchauffer.

VII4.2.2. En été

Notre étude montre que le Cerf ne recherche pas spécifiquement un fort couvert dans la canopée en été ; au contraire, il recherche à l'échelle du peuplement, les types de peuplements (type I) qui offrent le moins de couvert. Au cours du premier été, le Chevreuil sélectionne un couvert dans la canopée au dessus de ses reposées supérieur de 20% au couvert observé au dessus des reposées de Cerf. Le deuxième été, il n'y a pas de différence entre Cerf et Chevreuil. Il semble donc que les conditions thermiques estivales ne soient pas très contraignantes, même pour le Cerf.

Cook, Irwin *et al.*, (1998) a étudié l'effet de différents couverts sur la condition du Wapiti en hiver et en été. Il conclue que les forts couverts n'ont aucun effet bénéfique sur la condition du Wapiti, quelle que soit la saison. Demarchi et Bunnel, (1993) indiquent le pourcentage de couvert à 10 mètres de hauteur, nécessaire sous différentes températures ambiantes, pour qu'un Wapiti reste en dessous de sa température critique supérieure. Jusqu'à 25°C, le couvert doit être compris entre 26 et 35% ; à 30°C, le couvert doit être compris entre 36 et 45%. On constate que les valeurs de couvert requises sont inférieures à celles utilisées par le Cerf sur la FDB (>45%). En définitive, on peut penser que le couvert dans la canopée, dans la FDB, est toujours suffisant pour permettre au Cerf de réguler sa température interne ; le couvert ne représente donc pas un facteur limitant pour le Cerf, en été comme en hiver.

De plus, on sait que le Cerf et le Wapiti survivent et maintiennent de fortes populations dans des milieux ouverts (Clutton-Brock *et al.*, 1982; Merrill, 1991; Strohmeyer, Peek *et al.*, 1999). Merrill, (1991) a montré en particulier que le Wapiti supporte de fortes chaleurs estivales de jour en changeant régulièrement de sites de repos sur des substrats humides pour dissiper la chaleur (*thermal substrate strategy* par opposition à la *thermal cover strategy*, Mysterud, (1996) pour le Chevreuil) et qu'ils s'activent de nuit quand la température est plus clémente.

Cependant, dans les modèles de sélections retenus au cours de notre étude, nous mettons en avant le rôle du couvert dans le sous-étage, entre 2 et 4 mètres de hauteur ; en été, le Cerf recherche pour se reposer un couvert dans le sous-étage, ce qui suggère que les Cerfs préfèrent tout de même se reposer sous une source de couvert. Millspaugh, Raedeke

et al., (1998) ont montré que le Wapiti recherche localement un bon couvert thermique en été au dessus de son site de repos (54% de couvert) et qu'il se repose préférentiellement au frais versant Nord. Ainsi, et même si le couvert n'est pas indispensable à la survie et au bien-être thermique du Cerf, il est tout de même préféré, et utilisé lorsqu'il est disponible (**cf. § VII2.**)

Nous montrons que les cerfs de la FDB se reposent en été préférentiellement dans des jeunes plantations résineuses, qui sont essentiellement exposées versant Sud, ce résultat coïncide avec les observations d'Adrados, (2002). Ainsi, dans le cas de notre étude, le Cerf ne sélectionne pas ses sites de repos en fonction de l'exposition Nord, l'exposition n'entre pas en ligne de compte dans son éventuelle stratégie de confort thermique.

En été et en conclusion, rien ne porte à penser que le Cerf et le Chevreuil sélectionnent leurs sites de repos respectifs pour un confort thermique. Le Cerf n'a pas tendance à rechercher de fortes valeurs de couvert dans la canopée au dessus de ses sites de repos, ni à favoriser les expositions Nord, pourtant plus fraîches. Cela nous amène à penser que soit la stratégie du Cerf en ce qui concerne le confort thermique ne tient compte ni du couvert, ni de l'exposition, soit que le Cerf ne souffre pas de la chaleur sur la FDB. *A fortiori*, le Chevreuil ne semble pas non plus rechercher un confort thermique en été.

VII5. Les ongulés sympatriques et les relations interspécifiques

A ce jour, il existe peu de travaux, en France, qui étudient simultanément les comportements de cervidés sympatriques, particulièrement en milieu fermé forestier.

VII5.1 Influence de la prédation

Sur le massif du Bougès, comme en Ecosse (Latham *et al.*, 1996), le milieu est exempt de grands prédateurs. A ce titre, les travaux de Jedrzejewski, Jedrzejewska *et al.*, (1992); Okarma, Jedrzejewski *et al.*, (1997); Jedrzejewski, Jedrzejewska *et al.*, (2000) sur la prédation des populations de Cerf et de Chevreuil dans la forêt de Bialowieza en Pologne constituent un exemple intéressant. En effet, deux grands prédateurs, le Loup (*Canis lupus*) et le Lynx (*Lynx lynx*), sont présents sur cette forêt, et manifestent des préférences particulières pour certains types de proies. Ainsi, le Lynx a tendance à prélever plus de chevreuils et de faons de cerfs, alors que le Loup prélève essentiellement des cerfs sans préférence de taille (faons et adultes). Cette prédation sélective module les effectifs respectifs des populations des deux cervidés.

Lingle, (2002) montre que la prédation par le Coyote induit une séparation spatiale de ses deux proies que sont le Cerf mulet et le Cerf de Virginie par une prédation sélective en fonction de l'habitat. Le Cerf de Virginie arrive à repousser le Coyote en terrain plat, et le Cerf mulet évite la prédation en se postant en haut des pentes.

Dans de milieux sans prédateurs naturels, en France, comme dans le massif du Bougès, on pourrait imaginer la chasse comme le moyen de maintenir des populations sympatriques de Cerf et de Chevreuil par des prélèvements sélectifs.

VII5.2 Modalités de la coexistence

Lorsque plusieurs espèces vivent en sympatrie, la question se pose de savoir comment interagissent les espèces dans l'utilisation des ressources, et si évoluer en sympatrie modifie leur comportement. Il faut donc dans un premier temps *i)* mettre en évidence les différences de comportement entre les espèces évoluant en sympatrie, puis *ii)* rechercher si le comportement d'une au moins des espèces est modifié par le fait de vivre en sympatrie ; et le cas échéant, il faut alors rechercher si une espèce est limitée dans ses choix ou bien exclue compétitivement.

VII5.2.1 Evitement réciproque ou choix différents ?

a) A l'échelle du peuplement forestier

Dans les travaux étudiant les termes de la coexistence entre deux espèces, de forts degrés de chevauchement sont mis en évidence et interprétés comme le signe d'une compétition entre espèce, ce n'est le cas pourtant que si la ressource est limitante.

Dans notre étude, nous montrons que si Cerf et Chevreuil utilisent généralement tous les types de peuplements, ils manifestent chacun des préférences pour des types de peuplements distincts en hiver. Ainsi, le Cerf utilise préférentiellement les jeunes peuplements résineux, alors que le Chevreuil recherche plutôt des peuplements mélangés adultes. De plus, les préférences locales (microhabitat) du Cerf et du Chevreuil, au sein de ces peuplements sont différentes : le Chevreuil se repose préférentiellement à proximité des lisières alors que le Cerf, au contraire, s'en éloigne. Globalement, il semble donc que les préférences de chacune des deux espèces aboutissent à une séparation spatiale de leurs sites de repos respectifs. Pourtant, si l'on s'en tient à l'indice de chevauchement au niveau des différents types de peuplements, on constate qu'il est très fort.

Batcheler, (1960) qui étudie l'utilisation des différents stades de croissance des peuplements, suggère que Chevreuil, Cerf, et Daim sont des espèces qui se succèdent dans le temps, c'est-à-dire que ces trois espèces utilisent des stades différents de développement des forêts. Le Chevreuil utilise les peuplements de début de succession (jeunes peuplements), puis, lorsque ces peuplements deviennent matures, ils sont utilisés par le Cerf, puis par le Daim en fin de rotation. Au delà de cette succession dans le temps des espèces, l'auteur met en évidence une séparation spatiale entre le Cerf et le Chevreuil en fonction de l'altitude qui est peut être un facteur confondant. San José, Braza *et al.*, (1997) en Espagne, ont montré également une séparation spatiale du Cerf qui évolue à une altitude constante au cours de l'année, alors que le Chevreuil évolue à différentes altitudes, recoupant celle du Cerf pendant la période de mise-bas.

Au contraire, Latham *et al.*, (1996), dans les plantations d'Epicéas de Sitka en Ecosse, ont montré que le Cerf et le Chevreuil utilisent globalement les mêmes stades (âgés de 9 à 30 ans) de développement des plantations, avec des niveaux de préférence différents. Le Cerf sélectionne également des zones non-boisées (milieux ouverts) et Cerf et Chevreuil évitent les peuplements les plus fermés. Dans ce cas présent, l'indice de chevauchement des deux espèces est aussi important.

b) A l'échelle du microhabitat

Chen, Li *et al.*, (1999) ont montré qu'en hiver le Chevreuil Chinois (*Capreolus pygargus bedfordi*) choisit des sites de repos de nuit avec plus de couvert résineux dans la canopée que le Cerf chinois (*Cervus elaphus xanthopygus*). Ils ont mis en évidence une séparation spatiale des sites de repos de ces 2 espèces et interprété ce résultat comme une conséquence de la plus petite taille du Chevreuil, plus sensible aux faibles températures

hivernales. De jour, les reposées de Cerf chinois présentent un plus fort couvert latéral que celles de Chevreuil chinois.

Notre étude confirme que le Chevreuil recherche un couvert dans la canopée plus fort que le Cerf en hiver. Nous n'avons pas distingué les reposées de jour et de nuit, ce qui peut rendre malaisée la confrontation de nos résultats avec ceux de Chen, Li *et al.*, (1999). Cet état de fait est dommageable puisque c'est la seule étude qui traite des sites de repos pour deux espèces sympatriques.

En été, nous montrons en particulier que le Chevreuil recherche localement un couvert feuillu abondant, contrairement au Cerf.

En conclusion à cette partie, il apparaît dans notre étude qu'il existe une séparation spatiale des deux espèces pour la sélection des sites de repos, et ce même si l'indice de chevauchement est important. Cette séparation se manifeste au niveau du choix des types de peuplement, mais aussi à l'intérieur des différents types de peuplement, en fonction des distances aux lisières en hiver, et des caractéristiques locales de la végétation en été (couvert feuillu et visibilité).

A ce stade, nous ne pouvons pas affirmer que le comportement du Cerf n'est pas modifié par la présence du Chevreuil ou inversement. Il est possible que cette séparation spatiale des sites de repos traduise un phénomène d'évitement d'une des deux espèces par rapport à l'autre. Cependant, la préférence du Chevreuil pour installer ses sites de repos à proximité des lisières est reconnue (Reimoser, 1994). Ceci nous laisse supposer qu'au moins sur ce point, les préférences du Chevreuil ne sont pas modifiées en présence du Cerf. En tout état de cause, il est souhaitable, en complément à notre travail, de disposer de résultats concernant la sélection des sites de repos de chaque espèce prise séparément et dans des conditions similaires, afin de confronter les résultats obtenus à ceux de notre étude.

VII5.2.2 Compétition interspécifique ?

a) Modification du comportement, compétition

Bartos, Vankova *et al.*, (2002) ont montré que sur des prairies entourées de forêts, utilisées à la fois par le Cerf élaphe, le Cerf de Virginie, le Daim et le Chevreuil ; le Cerf passe plus de temps à s'alimenter sur des prairies où des daims et/ou des cerfs de Virginie sont déjà présents que sur des prairies où des conspécifiques sont déjà présents. Le Chevreuil, lui, passe le même temps à brouter en présence ou en absence d'autres cervidés. Dans ce cas précis, on peut donc penser que le comportement du Chevreuil n'est pas modifié par les autres espèces présentes. Pour le Cerf, et même si les auteurs ne retiennent pas cette hypothèse, on peut penser que le Cerf marque plus de sa présence ses protagonistes hétérospécifiques avec qui il pourrait être en compétition, au contraire de ses protagonistes conspécifiques.

Les travaux les plus complets sur les relations interspécifiques entre Cerf et Chevreuil vivant en sympatrie sont celles menées au Royaume Uni, et en particulier, par Latham, Staines *et al.*, (1996, 1997, 1999) en Ecosse. Ces auteurs ont mis en évidence une corrélation négative entre les densités de Cerf et de Chevreuil sur une vingtaine de forêts, ils ont ensuite montré que les variations de densité du Cerf sont un bon prédicteur des variations de densité du Chevreuil, mais que le contraire n'est pas vrai.

Un patron similaire est observé par Johnson, Kern *et al.*, (2000) pour le Wapiti et le Cerf mulet, à partir de localisations télémétriques. Ces auteurs ont montré que la présence du Cerf mulet dépend de la présence du Wapiti, alors qu'à l'inverse, la présence du Wapiti

est indépendante de celle du Cerf mulet. Ces patrons sont interprétés comme une compétition asymétrique du grand cervidé sur le plus petit.

Duncan, Tixier *et al.*, (1998) dans une rapide revue sur la compétition interspécifique entre le Chevreuil et d'autres espèces de cervidés, en particulier avec le Cerf, remarque que le Chevreuil, supporte mal et souffre de la compétition interspécifique avec des cervidés plus grands que lui. Cette compétition est généralement interprétée comme étant d'ordre alimentaire ; elle se traduit dans les faits par une baisse sensible de la densité de la population de Chevreuil. Petrak, (1993); Latham, Staines *et al.*, (1999) ont montré que le chevauchement de niche alimentaire entre le Cerf et le Chevreuil augmente en hiver, quand l'amplitude de la niche alimentaire diminue. La consommation d'herbacées en été par le Cerf pourrait en limiter la disponibilité en hiver pour le Chevreuil, en particulier lorsque les densités de Cerfs sont élevées.

Le Cerf a un régime alimentaire plus plastique que le Chevreuil et peut manger quasiment la totalité des aliments préférés par le Chevreuil, alors que le Chevreuil ne peut exploiter qu'une partie des aliments préférés par le Cerf. Gebert et Verheyden-Tixier, (2001), dans leur revue du régime alimentaire du Cerf en Europe, suggèrent également que le Cerf et le Chevreuil sont potentiellement en compétition alimentaire en hiver.

b) Comment suivre l'évolution des relations entre des populations sympatriques de Cerf et Chevreuil ?

Afin de quantifier le préjudice subi par une espèce lorsqu'elle est contrainte compétitivement par une autre espèce, plusieurs méthodes ont été utilisées.

Dans une première approche, on peut effectuer un suivi des populations pour les deux espèces vivant en sympatrie, et comparer l'évolution d'indicateurs des effectifs respectifs des 2 espèces. Dans un second temps, on peut étudier des paramètres de condition des animaux, comme par exemple la masse corporelle des chevrillards, qui est considérée comme un bioindicateur fiable des relations entre les populations de Chevreuil et leur environnement (Groupe Chevreuil, 1996) ou bien l'indice de fécondité. De la même manière, on pourrait étudier la masse corporelle moyenne des faons de Cerf. Ces paramètres renseignent sur la condition des animaux.

Le suivi des populations de Cerf et de Chevreuil sur le Parc National des Cévennes est mené en commun par le *Cemagref* et le Parc National des Cévennes (Kermabon, Ballon et Larchevêque, en préparation). Ce suivi fournit des informations intéressantes sur le massif du Bougès, qui englobe la Forêt Domaniale du Bougès. L'analyse des tableaux de chasse sur le massif du Bougès permet de mettre en évidence que les réalisations du plan de chasse Chevreuil commencent à baisser après une croissance ininterrompue depuis l'instauration du plan de chasse, alors que les réalisations Cerf continuent à augmenter (**cf. § I.**). L'indice kilométrique d'abondance Chevreuil (Groupe Chevreuil, 1991) confirme la tendance esquissée par la courbe des réalisations du Chevreuil, sur le Massif du Bougès, Bougès Nord et Bougès Sud. L'indice de pression sur la flore (IPF) exprime la pression exercée par les cervidés sur la flore (Guibert, 1997). On constate que l'IPF demeure stable ; ceci doit s'expliquer par l'augmentation de la population de Cerfs, dont les réalisations du plan de chasse continuent d'augmenter (**figure 33**).

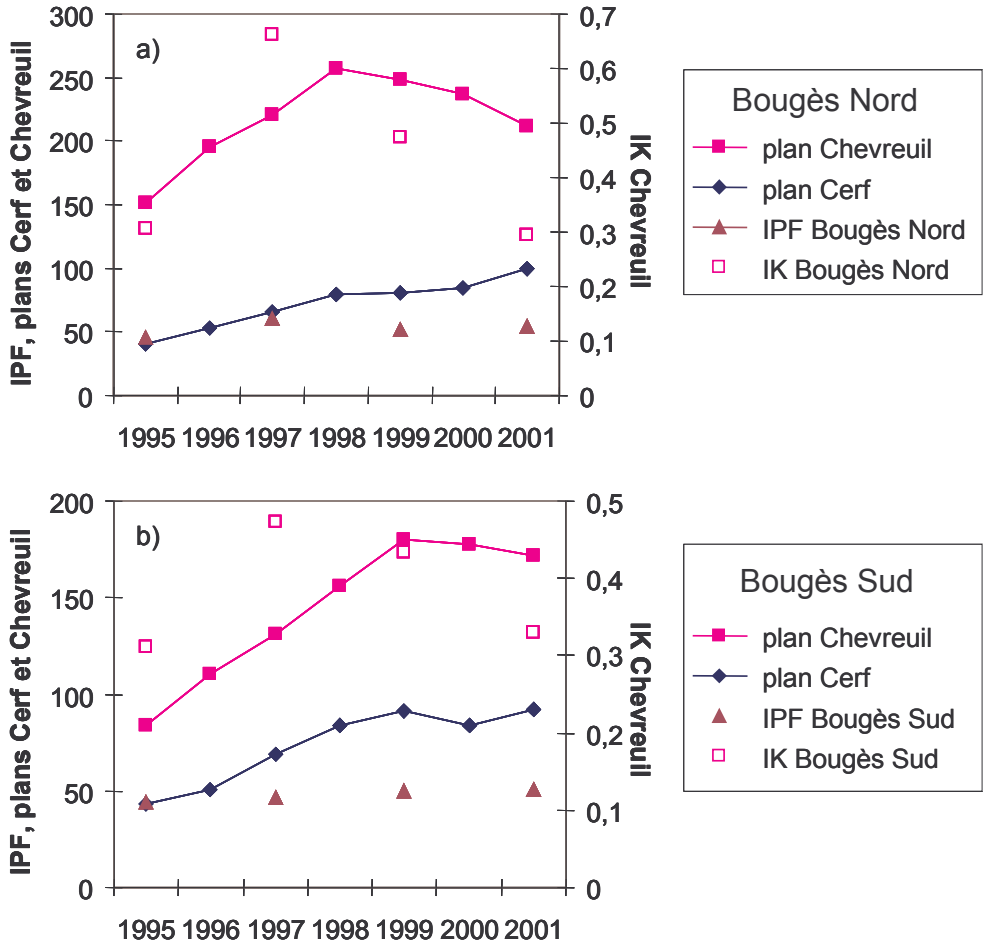


Figure 33. Indicateurs des populations Cerf et Chevreuil (réalisations plan Chevreuil, réalisations plan Cerf, IPF (Indice de Pression sur la Flore), et IK (Indice Kilométrique) Chevreuil de 1995 à 2001 sur a) le Bougès Nord et b) le Bougès Sud.

Sans pouvoir conclure, ces données pourraient indiquer que le Chevreuil soufre de la coexistence avec le Cerf, comme semblent le montrer les tendances d'évolution des effectifs des populations pour les deux espèces.

Smit, (2002) a étudié les performances du Cerf (masse moyenne des faons) et du Chevreuil (nombre de faons par femelle) lorsque les deux espèces sont brusquement mises en contact suite à l'ouverture d'une clôture. Il met en évidence une baisse de la performance du Chevreuil à partir de la mise en contact, en comparaison à la situation avant l'ouverture, et une augmentation progressive de la performance du Cerf après l'ouverture de la clôture.

Des résultats connexes à l'Observatoire national des dégâts de cervidés, mené conjointement par le *Cemagref* et l'ONCFS, nous donnent une information supplémentaire sur les relations entre populations de Cerf et de Chevreuil. Ballon et Hamard, (2003) ont montré que, sur le département des Vosges, le taux global (de Cerf et de Chevreuil) des dégâts a tendance à être supérieur à la moyenne dans les unités où la masse corporelle moyenne des chevrillards (tués l'année précédant les relevés de dégâts) est inférieure à la moyenne.

Le suivi de bioindicateurs tels que la masse corporelle des faons de Cerf d'une part, et de Chevreuil d'autre part, dans des cas où ces deux espèces évoluent en sympatrie, pourrait

apporter des renseignements intéressants sur la coexistence des deux espèces et sur les mécanismes sous-jacents.

En conclusion à ce paragraphe, dans de nombreuses situations, des indices suggèrent une concurrence entre le Cerf et le Chevreuil lorsque ces deux espèces coexistent ; cette concurrence serait en défaveur du Chevreuil. Dans la plupart des cas cependant, cette concurrence s'exprime essentiellement en termes alimentaires, c'est-à-dire que le facteur limitant est la quantité d'aliments disponibles.

En ce qui concerne la valeur refuge du milieu, le Cerf et le Chevreuil manifestent des choix différents, dont on ne peut affirmer s'ils sont dus à de la compétition interspécifique ou à des exigences écologiques différentes.

Références bibliographiques

Aberg, J., Jansson, G., Swenson, J.E., et Mikunsinski, G. (2000) Difficulties in detecting habitat selection by animals in generally suitable areas. Wildlife Biology, 6, 89-99.

Adrados, C. (1998). Utilisation de l'espace et de l'habitat chez deux Cerfs (*Cervus elaphus*) suivis par GPS différentiel dans le Parc National des Cévennes. UFR François Rabelais, Tours.

Adrados, C. (2002) Occupation de l'espace et utilisation de l'habitat par le Cerf (Cervus elaphus L.) en forêt tempérée de moyenne montagne. Approche au moyen du GPS. Ph.D., Université Paul Sabatier, Toulouse.

Adrados, C., Janeau, G., Joachim, J., et Pépin, D. (1999) Preliminary results on spatio-temporal behaviour in red deer (Cervus elaphus) obtained with differential GPS. In "Herbivore feeding strategies, population processes and impact on biodiversity" (eds P. Duncan et T. Micol), pp. 15-21, Centre d'études biologiques de Chizé.

Adrados, C., Verheyden-Tixier, H., Cargnelutti, B., Pépin, D., et Janeau, G. (2003) GPS approach of fine-scale site use by wild Red deer for active and inactive behaviour. Wildlife Society Bulletin, 31, 544-552.

Alldredge, A.W., Deblinger, R.D., et Peterson, J. (1991) Birth and fawn bed site selection by pronghorns in a sagebrush-steppe community. Journal of Wildlife Management, 55, 222-227.

Apollonio, M., Focardi, S., Toso, S., et Nacci, L. (1998) Habitat selection and group formation pattern of fallow deer *Dama dama* in a submediterranean environment. Ecography, 21, 225-234.

Aulak, W. et Babinska-Werka, J. (1990) Preference of different habitats and age classes of forest by roe deer. Acta Theriologica, 35, 289-298.

Autenrieth, R.E. et Fichter, E. (1975) On the behaviour and socialization of pronghorn fawns. Wildlife Monographs, 42, 38-46.

Ballon, P., Guibert, B., et Maizeret, C. (1991) Influence de la sylviculture du pin maritime sur les populations de chevreuils du massif des Landes de Gascogne. In XXth IUGB Congress, pp. 40-49, Gödöllö, Hungary.

Ballon, P. et Hamard, J.-P. (2003). Observatoire national des dégâts de cervidés et du plan de Chasse: résultats pour le département des Vosges. *Cemagref*.

Bang, P. et Dahlström, P. (1991) Guide des traces d'animaux, Neuchâtel.

Barrett, M.W. (1981) Environmental characteristics and functional significance of pronghorn fawn bedding sites in Alberta. Journal of Wildlife Management, 45, 120-131.

Barrett, M.W. (1984) Movements, habitat use, and predation on pronghorn fawns in Alberta. Journal of Wildlife Management, 48, 542-550.

Batcheler, C.L. (1960) A study of the relations between roe, red and fallow deer, with special reference to Drummond Hill Forest, Scotland. Journal of Animal Ecology, 29, 375-384.

Beall, R.C. (1974) Winter habitat selection and use by a western Montana elk herd. Ph.D. Dissertation, University of Montana, Missoula.

Black, H., Scherzinger, R., et Thomas, J.W. (1976) Relationships of Rocky Mountain elk and Rocky Mountain mule deer habitat to timber management in the Blue Mountains of Oregon and Washington. In Elk-Logging-Roads Symposium (ed S.R. Hieb), pp. 11-31, Moscow, Idaho.

Bonnet, G. et Klein, F. (1991) Le Cerf, Paris, France.

Boutin, J.M., Gaillard, J.M., Delorme, D., Van Laere, G., Doitran, B.B., et Bodard, S. (1991) Home ranges and movements of Roe Deer fawns (Capreolus capreolus). In Ongulés/Ungulates 91 (eds F. Spitz, G. Janeau, G. Gonzalez et S. Aulagnier), pp. 277-278. S.F.E.P.M. - I.R.G.M., Toulouse.

Bowyer, R.T., Kie, J.G., et Van Ballenberghe, V. (1998) Habitat selection by neonatal black-tailed deer: climate, forage, or risk of predation ? Journal of Mammalogy, 79, 415-425.

Braza, F. et Alvarez, F. (1987) Habitat use by red deer and fallow deer in Donana National Park. Miscel.lania Zoologica, 11, 363-367.

Breslow, N.E. et Day, N.E. (1980) Statistical methods in cancer research. Volume 1 - The analysis of case-control studies, Lyon, France.

Burnham, K.P. et Anderson, D.R. (2001) Kullback-Leibler information as a basis for strong inference in ecological studies. Wildlife Research, 28, 111-119.

C.N.E.R.A. Cervidés-Sanglier (1987) Biologie du faon de chevreuil dès la naissance. Bulletin Mensuel de l'O.N.C., 114, 29-30.

Cairns, A.L. et Telfer, E.S. (1980) Habitat use by 4 sympatric ungulates in boreal mixedwood forest. Journal of Wildlife Management, 44, 849-857.

Canon, S.K. et Bryant, F.C. (1997) Bed-site characteristics of pronghorn fawns. Journal of Wildlife Management, 61, 1134-1141.

Cederlund, G. (1981) Daily and seasonal activity pattern of roe deer in a boreal habitat. Swedish Wildlife Research, 11, 315-353.

Cederlund, G.N. (1989) Activity patterns in moose and roe deer in a north boreal forest. Holartic Ecology, 12, 39-45.

Chen, H., Li, F., Luo, L., Wang, H., Ma, J., et Li, F. (1999) Winter bed-site selection by red deer *Cervus elaphus xanthopygus* and roe deer *Capreolus capreolus bedfordi* in forests of northeastern China. Acta Theriologica, 44, 195-206.

Cibien, C. et Sempéré, A. (1989) Food Availability as a Factor in Habitat Use by Roe Deer. Acta Theriologica, 34, 111-123.

Ciucci, P., Boitani, L., Pelliccioni, E.R., Rocco, M., et Guy, I. (1996) A comparison of scat-analysis to assess diet of the wolf *Canis lupus*. Wildlife Biology, 2, 37-48.

Clutton-Brock, T.H. et Guiness, F.E. (1975) Behaviour of red deer (Cervus elaphus L.) at calving time. Behaviour, 55, 287-299.

Clutton-Brock, T.H., Guinness, F.E., et Albon, S.D. (1982) Red Deer. Behavior and Ecology of Two Sexes University of Chicago Press, Chicago.

Colman, J.E., Pedersen, C., Hjermann, D.O., Holand, O., Moe, S.R., et Reimers, E. (2001) Twenty-four-hour feeding and lying patterns of wild reindeer *Rangifer tarandus tarandus* in summer. Canadian Journal of Zoology, 79, 2168-2175.

Compton, B.W., Rhymer, J.M., et McCollough, M. (2002) Habitat selection by wood turtles (*Clemmys insculpta*) : an application of paired logistic regression. Ecology, 83, 833-843.

Cook, J.G., Irwin, L.L., Bryant, L.D., Riggs, R.A., et Thomas, J.W. (1998) Relations of forest cover and condition of elk : a test of the thermal cover hypothesis in summer and winter. Wildlife Monographs, 141, 1-61.

Corbet, G.B. et Southern, H.N. (1977) The Handbook of British Mammals.

Craighead, J.J., Craighead, F.C.J., Ruff, R.L., et O'Gara, B.W. (1973) Home Ranges and Activity Patterns of Nonmigratory Elk of the Madison Drainage Herd as Determined by Biotelemetry. Wildlife Monographs, 33, 1-50.

Danilkin, A. et Hewison, A.J.M. (1996) Behavioural ecology of Siberian and European roe deer Chapman & Hall.

Demarchi, M.W. et Bunnel, F.L. (1993) Estimating forest canopy effects on summer thermal cover for Cervidae (deer family). Canadian Journal of Forest Research, 23, 2419-2426.

Denis, M. (1988). Alimentation hivernale du Chevreuil (Capreolus capreolus). Potentialités alimentaires des peuplements forestiers. *Cemagref*.

D'Eon, R.G. (2001) Using snow-track surveys to determine deer winter distribution and habitat. Wildlife Society Bulletin, 29, 879-887.

Douzery, E., et Randi, E. 1997. The mitochondrial control region of Cervidae: evolutionary patterns and phylogenetic content. Mol Biol Evol, 14, 1154-1166.

Duncan, P., Tixier, H., Hofmann, R.R., et Lechner-Doll, M. (1998). Feeding strategies and the physiology of digestion in roe deer. In The European Roe Deer : The Biology of Success (eds R. Andersen, P. Duncan et J.D.C. Linnell), pp. 91-116. Scandinavian University Press, Oslo.

Epsmark, Y. (1969) Mother-young relations and development behaviour in roe deer. Viltrevy, 6.

Faliu, L., Lignereux, Y., Barrat, J., Rech, J., et Sautet, J.Y. (1979) Etude en microscopie optique des poils (Pili) de la faune pyrénéenne sauvage en vue de leur détermination. Zbl. Vet. C. Anat. Histol. Embryol., 8, 307-317.

Fichant, R. (1976) L'organisation sociale des hardes de biche. Chasse Nature, 8, 25-32.

Fritz, H., De Garine-Wichatitsky, M., et Letessier, G. (1996) Habitat use by sympatric wild and domestic herbivores in an African savanna woodland: the influence of cattle spatial behaviour. Journal of Applied Ecology, 33, 589-598.

Gaillard, J.M. et Delorme, D. (1989) Sélection des sites de repos par les jeunes chevreuils (*Capreolus capreolus*). Acta Oecologica/ Oecologia Generalis, 10, 411-418.

Gebert, C. et Verheyden-Tixier, H. (2001) Variations of diet composition of Red Deer (*Cervus elaphus* L.) in Europe. Mammal Review, 31, 189-201.

Georgii, B. (1980) Type d'activité du Cerf (*Cervus elaphus L.*) en fonction de la structure du biotope. Ciconia, 4, 35-41.

Gerlach, T.P. et Vaughan, M.R. (1991) Mule deer fawn bed site selection on the Pinon Canyon Maneuver Site, Colorado. The Southwestern Naturalist, 36, 255-258.

Gill, R.M.A., Johnson, A.L., Francis, A., Hiscocks, K., et Peace, A.J. (1996) Changes in roe deer (*Capreolus capreolus* L.) population density in response to forest habitat succession. Forest Ecology and Management, 88, 31-41.

Gonzalez, R. (1984) Utilisation de l'habitat par le chevreuil: approche de la valeur refuge en milieu forestier par l'analyse des zones de gîte. D.A.A., option zootechnie, Jouy-en-Josas.

Grace, J. et Easterbee, N. (1979) The natural shelter for red deer (Cervus elaphus) in a Scottish glen. Journal of Applied Ecology, 16, 37-48.

Groupe Chevreuil (1991) Méthodes de suivi des populations de chevreuils en forêt de plaine : exemple de l'Indice Kilométrique (I.K.). Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse, 157, fiche n°70.

Groupe Chevreuil (1996) Un indicateur biologique fiable : la masse corporelle des jeunes chevreuils. Supplément au Bulletin Mensuel de l'Office national de la chasse, 209.

Guibert, B. (1997) Une nouvelle approche des populations de chevreuils en forêt : l'"Indice de pression sur la flore". ONF-Bulletin Technique, 32, 5-13.

Guibert, B., Maizeret, C., Ballon, P., et Montes, E. (1993) Potentialités alimentaires des landes de Gascogne pour le chevreuil. Rôle de la gestion sylvicole. Gibier Faune Sauvage, 10, 21-38.

Guillet, C., Bergström, R., Cederlund, G., Bergström, J., et Ballon, P. (1995) Comparaison of telemetry and pellet-group counts for determining habitat selectivity by roe deer (Capreolus capreolus) in winter. Gibier Faune Sauvage, 12, 253-269.

Hall, F.C. et Thomas, J.W. (1979). Silvicultural Options. In Wildlife Habitats in Managed Forests the Blue Mountains of Oregon and Washington (eds J.L. Parker, R.A. Mowrey, G.M. Hansen et B.J. Bell), Vol. 553, pp. 128-147. Wildlife Management Institute Washington, D.C. & U.S. Department of Interior Bureau of Land Management, Portland.

Hamann, J.L., Klein, F., et Magar, A. (1991) Une année de suivi par télémétrie du cerf d'Europe (Cervus elaphus) dans les Vosges du Nord. Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse, 160, 15-22.

Henry, B.A.M. (1981) Distribution patterns of Roe deer (*Capreolus capreolus*) related to the availability of food and cover. J. Zool., Lond., 194, 271-275.

Hodgetts, B.V., Waas, J.R., et Matthews, L.R. (2002) Use of different artificial shelter types by farmed red deer (Cervus elaphus) calves. Applied Animal Behaviour Science, 79, 43-52.

Hoffmeister, H. (1979) Untersuchungen über die Reaktion von Reh- und Damwild auf verschiedene Umwelteinflüsse unter Einsatz der telemetrischen Erfassung von Herzfrequenz und EKG. Veterinary Dissertation, Hannover University.

Hofmann, R.R. (1989) Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants : a comprative view of their digestive system. Oecologia, 78, 443-457.

Homolka, M. et Matous, J. (1999) Density and distribution of red deer and chamois in subalpine meadow habitats in the Jeseniky Mountains (Czech Republic). Folia Zoologica, 48, 1-10.

Hosmer, D.W.J. et Lemeshow, S. (1989) Applied Logistic Regression, New York.

Huber, S., Bruns, U., et Arnold, W. (2002) Sex determination of red deer using polymerase chain reaction of DNA from feces. Wildlife Society Bulletin, 30, 208-212.

Huegel, C.N., Dahlgren, R.B., et Gladfelter, H.L. (1986) Bedsite selection by white-tailed deer fawns in Iowa. Journal of Wildlife Management, 50, 474-480.

Huot, J. (1974) Winter Habitat of White-tailed Deer at Thirty-one Mile Lake, Quebec. Canadian Field-Naturalist, 88, 293-301.

Irwin, L.L. et Peek , J.M. (1983) Elk habitat use relative to forest succession in Idaho. Journal of Wildlife Management, 47, 664-672.

Jackson, J.E. (1974) The feeding ecology of the Fallow deer (Dama dama L.) in the New Forest. Ph.D., Southampton.

Jacobs, J. (1974) Quantitative Measurement of Food Selection. Oecologia, 14, 413-417.

Janeau, G., Quéré, J.P., Spitz, F., et Vincent, J.P. (1981) Etude par radio-tracking des variations saisonnières de l'étendue du domaine vital de cinq chevreuils (Capreolus capreolus). Biology of Behaviour, 6.

Jedrzejewski, W., Jedrzejewska, B., Okarma, H., et Ruprecht, A.L. (1992) Wolf predation and snow cover as mortality factors in the ungulate community of the Bialowieza National Park, Poland. Oecologia, 90, 27-36.

Jedrzejewski, W., Jedrzejewska, B., Okarma, H., Schmidt, K., Zub, K., et Musiani, M. (2000) Prey selection and predation by wolves in Bialowieza Primeval Forest, Poland. Journal of Mammalogy, 81, 197-212.

Jeppesen, J.L. (1982) Human disturbance of roe deer and red deer : preliminary results. In Multiple-use of forestry in the Scandinavian countries, pp. 113-118, Rovaniemi and Saariselkä, Finland.

Jeppesen, J.L. (1987a) The Disturbing Effects of Orienteering and Hunting on Roe Deer (*Capreolus capreolus*). Danish Review of Game Biology, 13, 1-24.

Jeppesen, J.L. (1987b) Impact of Human Disturbance on Home Range, Movements and Activity of Red Deer (*Cervus elaphus*) in a Danish Environment. Danish Review of Game Biology, 13, 1-38.

Jeppesen, J.-L. (1989) Activity Patterns of Free-Ranging Roe Deer (*Capreolus capreolus*) at KalØ. Danish Review of Game Biology, 13, 1-32.

Johansson, A., Liberg, O., et Wahlström, L.K. (1995) Temporal and physical characteristics of scraping and rubbing in roe deer (Capreolus capreolus). Journal of Mammalogy, 76, 123-129.

Johnson, B.K., Kern, J.W., Wisdom, M.J., Findholt, S.L., et Kie, J.G. (2000) Resource selection and spatial separation of mule deer and elk during spring. Journal of Wildlife Management, 64, 685-697.

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

Jones, P.F. (1997) Winter Habitat Selection by Elk (Cervus elaphus) in the Lower Foothills of West-Central Alberta. Masters of Science, Alberta, Edmonton.

Kearney, S.R. et Gilbert, F.F. (1976) Habitat use by white-tailed deer and moose on sympatric range. Journal of Wildlife Management, 40, 645-657.

Keller, A. (1981) Détermination des mammifères de la Suisse par leur pelage: V. Carnivora, VI. Artiodactyla. Revue Suisse de Zoologie, 88, 803-820.

Keller, A. (1991). Utilisation taxonomique des poils des mammifères par l'aspect morphologique de leur structure fine. Museum d'Histoire Naturelle, Genève.

Klein, F. et Hamann, J.L. (1999) Domaines vitaux diurnes et déplacements de cerfs mâles (*Cervus elaphus*) sur le secteur de la Petite Pierre. Gibier Faune Sauvage, 16, 251-271.

Lakière, V., Normant, P., et Ballon, P. (2001) Disponibilités alimentaires pour le Chevreuil (*Capreolus capreolus*) dans deux sapinières régulière et jardinée du second plateau du Jura. Revue Forestière Française, 5, 511-526.

Lang, B.K. et Gates, J.E. (1985) Selection of Sites for Winter Night Beds by White-tailed Deer in a Hemlock-Northern Hardwood Forest. The American Midland Naturalist, 113, 245-254.

Larue, P., Bélanger, L., et Huot, J. (1994) La fréquentation des peuplements riverains par le cerf de Virginie en hiver: sélection de site ou pure coïncidence? Ecoscience, 1, 223-230.

Latham, J. (1999) Interspecific interactions of ungulates in European forests: an overview. Forest Ecology and Management, 120, 13-21.

Latham, J. (2000) Use of thicket stages of Scottish conifer plantations by red and roe deer in relation to openness. Forestry, 73, 403-406.

Latham, J., Staines, B.W., et Gorman, M.L. (1996) The relative densities of red (Cervus elaphus) and roe (Capreolus capreolus) deer and their relationship in Scottish plantation forests. Journal of Zoology, 240, 285-299.

Latham, J., Staines, B.W., et Gorman, M.L. (1997) Correlations of red (*Cervus elaphus*) and roe (*Capreolus capreolus*) deer densities in Scottish forests with environmental variables. Journal of Zoology, 242, 681-704.

Latham, J., Staines, B.W., et Gorman, M.L. (1999) Comparative feeding ecology of red (*Cervus elaphus*) and roe deer (*Capreolus capreolus*) in Scottish plantation forests. Journal of Zoology, 247, 409-418.

Lent, P.C. (1974). Mother-infant relationships in ungulates. In The behaviour of ungulates and its relation to management (eds V. Geist et F. Walther), Vol. 24, pp. 14-55. I.U.C.N. Publ. New Series.

Lingle, S. (2002) Coyote predation and habitat segregation by white-tailed deer and mule deer. Ecology, 83, 2037-2048.

Linnell, J.D.C., Aanes, R., et Andersen, R. (1995) Who killed Bambi? The role of predation in the neonatal mortality of temperate ungulates. Wildlife Biology, 1, 209-223.

Linnell, J.D.C., Nijhuis, P., Teurlings, I., et Andersen, R. (1999) Selection of bed-sites by roe deer Capreolus capreolus fawns in a boreal forest landscape. Wildlife Biology, 5, 225-231.

Linnell, J.D.C., Wahlström, L.K., et Gaillard, J.M. (1998). From birth to independence : birth, growth, neonatal mortality, hiding behaviour and dispersal. In The European Roe Deer : The Biology of Success (eds R. Andersen, P. Duncan et J.D.C. Linnell). Scandinavian University Press, Oslo.

Loison, A., Gaillard, J.M., Pélabon, C., et Yoccoz, N.G. (1999) What factors shape sexual size dimorphism in ungulates ? Evolutionary Ecology Research, 1, 611-633.

Mackie, R.J. (1970) Range ecology and relations of mule deer, elk, and cattle in the Missouri River breaks, Montana.

Martin, C. et Didon-Lescot, J.-F. (2000). Annuaire 1999 : présentation des mesures hydrologiques et climatologiques du Bassin Versant de Recherche et Expérimental du Mont Lozère. CNRS, Nice.

Martin, C. et Didon-Lescot, J.-F. (2001). Annuaire 2000 : présentation des mesures hydrologiques et climatologiques du Bassin Versant de Recherche et Expérimental du Mont Lozère. CNRS, Nice.

Mattiello, S., Bergami, G., Redaelli, W., Verga, M., et Crimella, M.C. (1996) Ecology and behaviour of red deer (Cervus elaphus) in an alpine valley. In 1st International Symposium on Physiologie and Ethology of Wild and Zoo Animals (ed G.F. 1997), Vol. Proceedings. Suppl. II., pp. 129-133, Berlin, Germany.

Merrill, E.H. (1991) Thermal constraints on use of cover types and activity time of elk. Applied Animal Behaviour Science, 29, 251-267.

Meyer, W., Pohlmeyer, K., Schnapper, A., et Hülmann, G. (2001) Subgroup differentiation in the Cervidae by hair cuticle analysis. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 47, 253-258.

Meyer, W., Seger, H., Hülmann, G., et Neurand, K. (1997) A computer-assisted method for the determination of hair cuticula patterns in mammals. Berl. Münch. Tierärztl. Wschr., 110, 81-85.

Millspaugh, J.J., Raedeke, K.J., Brundige, G.C., et Willmott, C.C. (1998) Summer Bed Sites of Elk (*Cervus elaphus*) in the Black Hills, South Dakota: Considerations for Thermal Cover Management. The American Midland Naturalist, 139, 133-140.

Moen, A.N. (1976) Energy conservation by white-tailed deer in the winter. Ecology, 57, 192-198.

Morellet, N. (1995). L'utilisation des peuplements forestiers par le cerf (massif d'Is-sur-Tille). Université Claude Bernard, Lyon 1

Morellet, N. et Guibert, B. (1999) Spatial heterogeneity of winter forest resources used by deer. Forest Ecology and Management, 123, 11-20.

Morellet, N., Guibert, B., Klein, F., et Demolis, C. (1996) Utilisation de l'habitat forestier par le cerf (Cervus elaphus) dans le massif d'Is-sur-Tille (Côte-d'Or). Gibier Faune Sauvage, 13, 1477-1493.

Müller, K. (1973) Ökologische Untersuchungen der Liegezonen beim Reh (*Capreolus capreolus*). Revue Suisse de Zoologie, 80, 667-670.

Mysterud, A. (1996) Bed-site selection by adult roe deer *Capreolus capreolus* in southern Norway during summer. Wildlife Biology, 2, 101-106.

Mysterud, A. et Ims, R.A. (1998) Functional responses in habitat use: availability influences relative use in trade-off situations. Ecology.

Mysterud, A. et Østbye, E. (1995) Bed-site selection by European roe deer (*Capreolus capreolus*) in southern Norway during winter. Canadian Journal of Zoology, 73, 924-932.

Mysterud, A. et Østbye, E. (1999) Cover as a habitat element for temperate ungulates: effects on habitat selection and demography. Wildlife Society Bulletin, 27, 385-394.

Okarma, H., Jedrzejewski, W., Schmidt, K., Kowalczyk, R., et Jedrzejewska, B. (1997) Predation of Eurasian lynx on roe deer and red deer in Bialowieza Primeval Forest, Poland. Acta Theriologica, 42, 203-224.

ONF (1991). Révision d'Aménagement de la Forêt Domaniale du Bougès 1992-2011. ONF, Direction Régionale Languedoc-Roussillon, Service Départemental de la Lozère, Division de Florac-Cévennes, Florac.

Ozoga, J.L. et Gysel, L.W. (1972) Response of white-tailed deer to winter weather. Journal of Wildlife Management, 36, 892-896.

Patthey, P. (2003) Habitat and corridor selection of an expanding red deer (Cervus elaphus) population, Ph. D., Lausanne.

Peek , J.M., Scott, M.D., Nelson, L.J., Pierce, D.J., et Irwin, L.L. (1982) Role of Cover in Habitat Management for Big Game in Northwestern United States. In 47th North American Wildlife and Natural Resources Conference, pp. 363-373. Wildlife Management Institute.

Petrak, M. (1993) Nischenbreite und Nischenüberlappung bei der Nahrungswahl von Rothirsch (*Cervus elaphus* Linné 1758) und Reh (*Capreolus capreolus* Linné 1758) in der Nordwesteifel. Zeitschrift für Jagdwissenschaft, 39, 161-170.

Pianka, E.R. (1973) The structure of lizard communities. Annual Review of Ecology and Systematics, 4.

Piedallu, C. et Gégout, J.C. (1999). Notice sommaire d'utilisation du GPS "Géoexplorer". ENGREF, Nancy.

Reimoser, F. (1994) The Effect of Stand Edges within a Forest on the Distribution of Roe Deer, and its Relation to Browsing Damage. In 2nd European Roe Deer Meeting (ed U. Wotschikowsky), Vol. 1, pp. 107-122. Wildbiologische Gesellschaft München e.V., Brixen, South Tirol/Italy.

Renaud, P.-C., Verheyden-Tixier, H., et Dumont, B. (2003) Damage to saplings by red deer (*Cervus elaphus*) : effect of foliage height and structure. Forest Ecology and Management, 181, 31-37.

Riley, S.J. et Dood, A.R. (1984) Summer movements, home range, habitat use and behaviour of mule deer fawns. Journal of Wildlife Management, 48, 1302-1310.

San José, C., Braza, F., Aragon, S., et Delibes, J.R. (1997) Habitat use by roe and red deer in Southern Spain. Miscel.lania Zoologica, 20, 27-38.

Schmidt, K. (1993) Winter ecology of nonmigratory Alpine red deer. Oecologia, 226-233.

Sempéré, A.J. (1979) Utilisation et évolution du domaine vital chez le chevreuil mâle européen déterminées par radiotracking. Biology of Behaviour, 75-87.

Scherrer, B. (1984) Biostatistique, Chicoutimi, Québec, Canada.

Smit, R. (2002) The secret life of woody species. A study on woody species establishment, interactions with herbivores and vegetation succession. PhD, Wageningen, Wageningen.

Smith, H.D., Oveson, M.C., et Pritchett, C.L. (1986) Characteristics of mule deer beds. Great Basin Naturalist, 46, 542-546.

Staines, B.W. (1976) The use of natural shelter by Red deer (*Cervus elaphus*) in relation to weather in North-East Scotland. Journal of Zoology, 1-8.

Staines, B.W. et Welch, D. (1984) Habitat selection and impact of red (Cervus elaphus L.) and roe (Capreolus capreolus L.) deer in a Sitka spruce plantation. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, 82B, 303-319.

Strohmeyer, D.C., Peek, J.M., et Bowlin, T.R. (1999) Wapiti bed sites in Idaho sagebrush steppe. Wildlife Society Bulletin, 27, 547-551.

Stüwe, M. et Hendrichs, H. (1984) Organization of roe deer (*Capreolus capreolus*) in an open field habitat. Zeitschrift für Saügetierkunde, 49, 359-367.

Taberlet, P., Gielly, L., et Bouvet, J. (1996). Analyse génétique (ADN) d'échantillons de loups provenant du Valais (Suisse). CNRS-UJF: UMR 5553, Université Joseph Fourier, Grenoble.

Taberlet, P. et Luikart, G. (1999) Non-invasive genetic sampling and individual identification. Biological Journal of the Linnean Society, 68, 41-55.

Taberlet, P., Mattock, H., Dubois-Paganon, C., et Bouvet, J. (1993) Sexing free-ranging brown bears *Ursus arctos* using hairs found in the field. Molecular Ecology, 2, 399-403.

Takahashi, M., Masuda, R., Uno, H., Yokoyama, M., Suzuki, M., Yoshida, M.C., et Ohtaishi, N. (1998) Sexing of Carcass Remains of the Sika Deer (*Cervus nippon*) Using PCR Amplification of the *Sry* Gene. J. Vet. Med. Sci., 60, 713-716.

Teerink, B.J. (1991) Hair of West-European mammals: atlas and identification Press syndicate of the University of Cambridge.

Tull, J.C., Krausman, P.R., et Steidl, R.J. (2001) Bed-site selection by desert mule deer in Southern Arizona. Southwestern Naturalist, 46, 354-357.

Uresk, D.W., Benzon, T.A., Severson, K.E., et Benkobi, L. (1999) Characteristics of White-tailed deer fawn beds, Black Hills, South Dakota. Great Basin Naturalist, 59, 348-354.

Van Laere, G., Boutin, J.M., et Gaillard, J.M. (1996) Utilisation de l'espace par le faon de chevreuil, *Capreolus capreolus* L. (Artiodactyla, Cervidae), durant ses premiers mois de vie. Mammalia, 60, 15-26.

Weckerly, F.W. et Ricca, M.A. (2000) Using presence of sign to measure habitats used by Roosevelt elk. Wildlife Society Bulletin, 28, 146-153.

Welch, D., Staines, B.W., Catt, D.C., et Scott, D. (1990) Habitat usage by red (*Cervus elaphus*) and roe (*Capreolus capreolus*) deer in a Scottish Sitka spruce plantation. Journal of Zoology, 221, 453-476.

Zollner, P.A., Smith, W.P., et Brennan, L.A. (2000) Microhabitat characteristics of sites used by swamp rabbits. Wildlife Society Bulletin, 28, 1003-1011.

Résumé

Le Cerf (*Cervus elaphus*) et le Chevreuil (*Capreolus capreolus*) sont 2 cervidés qui abondent en Europe, ils partagent souvent le même habitat. Les cervidés passent en moyenne 50% de leur temps au repos, cependant les critères de sélection des sites de repos ont été peu étudiés.

L'objectif de notre travail est double : *i)* décrire les patrons de sélection des sites de repos, pour chaque espèce et à différentes échelles spatiales et temporelle, et *ii)* comparer les patrons de sélection des deux espèces.

L'étude a été menée au sein du Parc National des Cévennes, dans la Forêt Domaniale du Bougès. L'échantillonnage par transects a permis de décrire les caractéristiques de 425 reposées, au cours de 2 hivers et de 2 étés. La méthode PCR appliquée à l'ADN de poils prélevés sur les reposées s'est révélée pertinente pour distinguer Cerf et Chevreuil.

A l'échelle du peuplement forestier, nous montrons un fort chevauchement entre Cerf et Chevreuil dans l'utilisation, pour se reposer, des différents types de peuplement. Les 2 cervidés ont tendance à éviter les peuplements résineux adultes été comme hiver. Le Chevreuil est moins sélectif à cette échelle, et utilise indifféremment les peuplements forestiers en été. Le Cerf a par contre un comportement très sélectif et manifeste une préférence marquée pour les jeunes peuplements résineux.

A l'échelle du microhabitat, le Cerf et le Chevreuil recherchent toujours une bonne protection visuelle, à travers un couvert latéral important. Ce couvert est essentiellement composé de résineux pour le Cerf, alors que le Chevreuil utilise aussi les feuillus quand ils sont disponibles en été.

En hiver, le Chevreuil se couche sous un fort couvert dans la canopée, ce couvert est plus élevé que pour le Cerf. Il se repose à proximité des lisières contrairement au Cerf qui s’en éloigne.

Nous discutons ces différences de patron de sélection entre le Cerf, qui occupe un domaine vital étendu, et le Chevreuil, territorial, qui vit sur un domaine beaucoup plus restreint.

Mots-clés : *Cervus elaphus*, Cerf élaphe, *Capreolus capreolus*, Chevreuil, ongulés, sympatrie, sélection de l'habitat, échelle spatiale, microhabitat, peuplement forestier, transect, indices de présence, sites de repos, poils, Parc National des Cévennes, Forêt Domaniale du Bougès, France.

Summary

Red Deer (*Cervus elaphus*) and Roe Deer (*Capreolus capreolus*) are two abundant cervids in Europe, and they often share the same habitat. Cervids rest for about half of the time. However their bedsite selection criteria have rarely been studied.

Our goal is double : *i)* to describe bedsite selection patterns for each species at different temporospatial scales and *ii)* to compare those selection patterns between species.

The study took place in the *Forêt Domaniale du Bougès*, *Parc National des Cévennes*, France. Transect sampling helped us describe the characteristics of 425 bedsites, within 2 winter and 2 summer periods. PCR methodology applied to hair DNA collected on the bedsites proved to be efficient to distinguish between Red and Roe Deer.

At the forest stand scale, Red and Roe Deer widely overlap in their use of different stands types as bedding sites. Both cervids tend to avoid adult coniferous stands in winter and summer. Roe Deer is less selective than Red Deer at this scale and uses forest stands relative to their availability. Red Deer is highly selective and shows a marked preference for young coniferous stands.

At the microhabitat scale, Red and Roe Deer always search for good visual protection, through a well developed lateral cover. That cover is predominantly composed by conifers for the Red Deer, whereas the Roe Deer also uses deciduous cover when it is available during summer.

In winter, Roe Deer beds under a large canopy cover, this cover is larger than for Red Deer. It chooses bedsites near edges whereas Red Deer rests far away from them.

We discuss those differences in the selection patterns between the Red Deer, that occupies a wide home range, and the territorial Roe Deer, that lives on a more restricted range.

Key-words : *Cervus elaphus*, Red Deer, *Capreolus capreolus*, Roe Deer, ungulates, sympatry, habitat selection, spatial scale, microhabitat, forest stand, transect, presence indices, bedsites, hairs, Parc National des Cévennes, Forêt Domaniale du Bougès, France.

Liste des travaux réalisés au cours de la thèse

Baltzinger C. 1999. Déterminisme saisonnier des critères de sélection des reposées en moyenne montagne par deux cervidés sympatriques, le Cerf et le Chevreuil : approche méthodologique. Groupe Cerf, Theix, France.

Baltzinger C. 2000. Winter bedsite selection by two sympatric ungulates, Red (Cervus elaphus) and Roe (Capreolus capreolus) Deer, in the *Parc National des Cévennes* (France). Ungulate Research Group, Ford Castle, Northumberland, UK.

Martin J.-L. et **Baltzinger C**. 2002. Interaction among deer browsing, hunting, and tree regeneration. Canadian Journal of Forest Research 32: 1254-1264.

Baltzinger C., Denis M., De Kermabon J., et Pépin D. 2002. Red and Roe Deer in the Cohabitation Age : How Do They Choose a Bed Site ? 5th International Deer Biology Congress, Québec, Canada.

Baltzinger C., Denis M., De Kermabon J., et Pépin D. 2003. Sélection hivernale des sites de repos par les cerfs de la Forêt Domaniale du Bougès. Groupe Cerf, Chambord, France.

Annexe I

Deer species identification using DNA extracted from hair samples and the polymerase chain reaction (PCR) method.

Galan M., **Baltzinger C.**, Hewison A.J. M. et Cosson J.-F.

A soumettre dans Wildlife Society Bulletin.

Annexe II

Interaction among deer browsing, hunting, and tree regeneration.

Martin J.-L. & **Baltzinger C.**

Canadian Journal of Forest Research (2002) 32: 1254-1264.

Résumé - Le Cerf (*Cervus elaphus*) et le Chevreuil (*Capreolus capreolus*) sont 2 cervidés qui abondent en Europe, ils partagent souvent le même habitat. Les cervidés passent en moyenne 50% de leur temps au repos, cependant les critères de sélection des sites de repos ont été peu étudiés. L'objectif de notre travail est double : *i)* décrire les patrons de sélection des sites de repos, pour chaque espèce et à différentes échelles spatiales et temporelle, et *ii)* comparer les patrons de sélection des deux espèces. L'étude a été menée au sein du Parc National des Cévennes, dans la Forêt Domaniale du Bougès. L'échantillonnage par transects a permis de décrire les caractéristiques de 425 reposées, au cours de 2 hivers et de 2 étés. La méthode PCR appliquée à l'ADN de poils prélevés sur les reposées s'est révélée pertinente pour distinguer Cerf et Chevreuil. A l'échelle du peuplement forestier, nous montrons un fort chevauchement entre Cerf et Chevreuil dans l'utilisation, pour se reposer, des différents types de peuplement. Les 2 cervidés ont tendance à éviter les peuplements résineux adultes été comme hiver. Le Chevreuil est moins sélectif à cette échelle, et utilise indifféremment les peuplements forestiers en été. Le Cerf a par contre un comportement très sélectif et manifeste une préférence marquée pour les jeunes peuplements résineux. A l'échelle du microhabitat, le Cerf et le Chevreuil recherchent toujours une bonne protection visuelle, à travers un couvert latéral important. Ce couvert est essentiellement composé de résineux pour le Cerf, alors que le Chevreuil utilise aussi les feuillus quand ils sont disponibles en été. En hiver, le Chevreuil se couche sous un fort couvert dans la canopée, ce couvert est plus élevé que pour le Cerf. Il se repose à proximité des lisières contrairement au Cerf qui s'en éloigne. Nous discutons ces différences de patron de sélection entre le Cerf, qui occupe un domaine vital étendu, et le Chevreuil, territorial, qui vit sur un domaine beaucoup plus restreint.

Mots-clés : *Cervus elaphus*, Cerf élaphe, *Capreolus capreolus*, Chevreuil, ongulés, sympatrie, sélection de l'habitat, échelle spatiale, microhabitat, peuplement forestier, transect, indices de présence, sites de repos, poils, Parc National des Cévennes, Forêt Domaniale du Bougès, France.

Summary - Red Deer (*Cervus elaphus*) and Roe Deer (*Capreolus capreolus*) are two abundant cervids in Europe, and they often share the same habitat. Cervids rest for about half of the time. However their bedsite selection criteria have rarely been studied. Our goal is double : *i)* to describe bedsite selection patterns for each species at different temporospatial scales and *ii)* to compare those selection patterns between species. The study took place in the *Forêt Domaniale du Bougès*, *Parc National des Cévennes*, France. Transect sampling helped us describe the characteristics of 425 bedsites, within 2 winter and 2 summer periods. PCR methodology applied to hair DNA collected on the bedsites proved to be efficient to distinguish between Red and Roe Deer. At the forest stand scale, Red and Roe Deer widely overlap in their use of different stands types as bedding sites. Both cervids tend to avoid adult coniferous stands in winter and summer. Roe Deer is less selective than Red Deer at this scale and uses forest stands relative to their availability. Red Deer is highly selective and shows a marked preference for young coniferous stands. At the microhabitat scale, Red and Roe Deer always search for good visual protection, through a well developed lateral cover. That cover is predominantly composed by conifers for the Red Deer, whereas the Roe Deer also uses deciduous cover when it is available during summer. In winter, Roe Deer beds under a large canopy cover, this cover is larger than for Red Deer. It chooses bedsites near edges whereas Red Deer rests far away from them. We discuss those differences in the selection patterns between the Red Deer, that occupies a wide home range, and the territorial Roe Deer, that lives on a more restricted range.

Key-words : *Cervus elaphus*, Red Deer, *Capreolus capreolus*, Roe Deer, ungulates, sympatry, habitat selection, spatial scale, microhabitat, forest stand, transect, presence indices, bedsites, hairs, Parc National des Cévennes, Forêt Domaniale du Bougès, France.