

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES
Sciences de la Vie et de la Terre

MÉMOIRE

Présenté par

Anne-Laure Plisson

pour l'obtention du diplôme de l'École Pratique des Hautes Études

**ÉTUDE DE LA VULNERABILITE
DES TROUPEAUX OVINS A LA PREDATION DU LOUP
DANS LE PARC NATUREL REGIONAL DU QUEYRAS**

Soutenu le 7 décembre 2011 devant le jury suivant :

M. Bruno Delesalle	Président
M. Jacques Lasseur	Rapporteur
M. Laurent Charnay	Examineur
M. Michel Blanchet	Examineur
M. Olivier Gimenez	Examineur
M. Christophe Duchamp	Tuteur scientifique
Mme. Françoise Poitevin	Tuteur pédagogique

Mémoire préparé sous la direction de :

M. Christophe Duchamp

Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, Direction des Etudes et de la Recherche,
Centre National d'Etude et de Recherche Appliquée aux Prédateurs et Animaux
Déprédateurs
Directeur : M. Migot Pierre

et de

Mme. Françoise Poitevin

Laboratoire de Biogéographie et Ecologie des Vertébrés, EPHE Sciences de la Vie et de la
Terre
Directeur : M. Prodon Roger

Je souhaite remercier les personnes qui ont soutenu et participé à ce travail.

En premier lieu Christophe Duchamp, ingénieur d'étude à l'ONCFS DER CNERA PAD. Je souhaite lui exprimer toute ma reconnaissance pour son encadrement de qualité, autant au niveau scientifique qu'humain, qui m'a amené sur des chemins de connaissance au-delà de mes espérances. Avec un investissement remarquable, il a su potentialiser ma volonté de mieux comprendre les réalités quotidiennes de terrain.

Le PNRQ et particulièrement Michel Blanchet, Samuel Volet et Jacques Vallet pour m'avoir permis de réaliser cette étude dans de bonnes conditions et m'avoir accompagné. Merci à Fabrice Wursteisen et à Nils Paulet pour leur investissement technique, et aux élus pour leur soutien.

Le Laboratoire de Biogéographie et Ecologie des Vertébrés de l'EPHE et particulièrement Françoise Poitevin pour son encadrement bienveillant, Aurélien Besnard, Olivier Gimenez, Claude-Pierre Guillaume, Roger Prodon, Alban Guillaumet et Karine Jacquet pour l'accompagnement, notamment sur les outils statistiques.

Jacques Lasseur pour son rapport riche ; Laurent Charney, Olivier Gimenez et Michel Blanchet pour leur participation à la soutenance et Bruno Delesalle pour sa présidence de jury.

Les éleveurs et bergers du Queyras pour les échanges au quotidien et leur investissement dans cette problématique.

Un grand merci pour leur participation à : Damien Isnard, Philippe Lecomte, Anne Dumé, Jérôme Patrouiller, Séverine Testard, Cendrine Bornerand, Mathieu Barreteau, Yannick Joly, Christian Ernoult, Nathalie Espuno, Sophie Bobbé, Ariane Silhol, Benoît Lequette, Gérard Millicher, Isabelle Mauz, Jean Cogne, Jean-Louis Dénarié, Jean-Marc Landry, Jean-Pierre Serre, Laurent Garde, Michel Lambrech, Michèle Quiblier, Pierre-Eymard Biron, Yannick Léonard.

Alexandra Moret, chargée de mission « Prévention contre la prédation » à la DDT des Hautes-Alpes pour ses avis éclairés sur les chiens de protection.

Robert Corti de l'ONCFS et Nicolas Jean de la FDC des Hautes-Alpes pour la mise à disposition des données sur les Plans de Chasse communaux.

La DREAL et la Région PACA pour leur soutien financier.

Jean-Baptiste Portier, Denis Boucaud Maître, Christian Plisson pour les relectures et les bons conseils.

Thibault Saubusse et Arzehla Hémery pour le soutien méthodologique.

Mon compagnon Nicolas Bonato pour m'avoir soutenu avec une détermination à toute épreuve.

Coline, ma fille, et le nouveau petit pois pour d'autres leçons...

Table des matières

INTRODUCTION	9
CONTEXTE : LE LOUP ET LE PASTORALISME EN FRANCE	11
1) La situation du loup	11
2) Les dommages du loup sur les troupeaux domestiques.....	14
3) L'état des lieux des études et actions de soutien au pastoralisme en France.....	15
a) Des programmes d'accompagnement	15
b) Le Parc naturel régional du Queyras : un territoire pilote dans l'accompagnement du pastoralisme en présence de loups.....	17
c) Les différentes approches de la vulnérabilité déjà réalisées en France	22
4) Objectif et démarche de la présente étude	24
CHAPITRE 1. A LA RECHERCHE DES FACTEURS DE VULNERABILITE DES TROUPEAUX A LA PREDATION DU LOUP	25
Introduction : une approche exploratoire des opinions d'experts.....	25
1) Matériel et méthode	25
a) Un échantillon pluridisciplinaire.....	25
b) Des entretiens ouverts	26
c) Des analyses statistiques exploratoires.....	26
2) Résultats	27
a) Une problématique qui dépasse les disciplines	29
b) Une perception différente des facteurs de vulnérabilité : les « fatalistes » et les « déterministes ».....	30
c) Les zones géographiques peu déterminantes de la perception de la vulnérabilité	38
3) Discussion.....	39
Conclusion	40
CHAPITRE 2. ESSAI DE MODELISATION DU RISQUE DE PREDATION DU LOUP DANS LE PARC NATUREL REGIONAL DU QUEYRAS	41
Introduction : Une approche explicative pour l'estimation du risque	41
1) Matériel et méthode	42
a) La variable réponse : les attaques expertisées.....	42
b) Les variables explicatives.....	43
c) La modélisation du risque de prédation.....	47
2) Résultats	48
a) La prédation prenant en compte la taille des troupeaux	48
b) La typologie des troupeaux	51

c) Les loups dans le Parc naturel régional du Queyras	55
d) Un modèle de vulnérabilité des troupeaux à la prédation du loup.....	56
3) Discussion.....	63
Conclusion	65
 CHAPITRE 3. PREVENTION PERSONNALISEE DE LA VULNERABILITE DES	
TROUPEAUX DU PARC NATUREL REGIONAL DU QUEYRAS A LA PREDATION DU LOUP 66	
Introduction : Une approche descriptive hiérarchique pour l'aide à la décision.....	66
1) Matériel et méthodes : des arbres décisionnels	66
2) Résultats	67
a) Le profil « estive 1 ».....	67
b) Le profil « estive 2 ».....	69
c) Le profil « parcours ».....	71
3) Discussion.....	72
a) Les limites d'utilisation des arbres décisionnels.....	72
b) La définition de la qualité des chiens de protection.....	73
Conclusion	74
 DISCUSSION GENERALE	 75
1) Les évolutions d'orientations de gestion dans le Parc naturel régional du Queyras.....	75
2) Réduire la prédation à tout prix ?	77
3) Une gestion territoriale s'appuyant sur la proximité	78
 CONCLUSION – UNE GESTION AU PLUS PROCHE DES REALITES DE TERRAIN	 79
Une vision pluridisciplinaire de la problématique	79
Une meilleur compréhension du risque de prédation dans le Parc naturel régional du Queyras	79
L'élaboration d'une stratégie de gestion territoriale.....	80
 BIBLIOGRAPHIE.....	 82
 ANNEXES	 88
Les coefficients des modalités estimés par le meilleur modèle expliquant la prédation	88

Table des figures

Figure 1 : Répartition communale des loups en 2010 et progression démographique en nombre de zones de présence permanente (Source : Réseau Loup/Lynx, 2010)	13
Figure 2 : Evolution annuelle du nombre d'attaques et de victimes de loups en France expertisés « loup non écarté » ³ (Source : DREAL, 2011)	14
Figure 3 : Cadre d'étude du groupe de travail ONCFS / CERPAM / CEMAGREF / DDT sur la problématique de vulnérabilité des troupeaux domestiques à la prédation du loup. Source : Réseau Loup/Lynx.	16
Figure 4 : La situation et les grandes caractéristiques naturelles du PNRQ. Source : PNRQ.	18
Figure 5 : Localisation des quartiers d'UP utilisés en estive et en parcours et répartition mensuelle des effectifs d'ovins au sein du PNRQ.	20
Figure 6 : Le pourcentage d'experts de chaque domaine de compétence citant chaque thème de vulnérabilité	29
Figure 7 : Ordination des facteurs de vulnérabilité de niveau 3 en pourcentage d'experts les ayant cités.	30
Figure 8 : Dendrogramme des variables citées par les 41 experts interrogés sur les facteurs potentiels de vulnérabilité des unités pastorales à la prédation du loup.	33
Figure 9 : Représentation des facteurs de vulnérabilité proposés par les experts et de leurs modalités sur le premier plan factoriel de l'ACM.	34
Figure 10 : Représentation des spécialistes en fonction des facteurs de vulnérabilité qu'ils ont proposés sur le premier plan factoriel de l'ACM.	35
Figure 11 : Représentation de la position des spécialistes, regroupés par domaines de compétences, dans le premier plan factoriel de l'ACM étudiant la perception des différents experts de la vulnérabilité des troupeaux face à la prédation.	36
Figure 12 : Proximité entre experts, selon leurs points de vue sur la vulnérabilité des troupeaux ovins à la prédation du loup, représentée par un dendrogramme.	37
Figure 13 : Résultats des associations des experts selon leurs domaines géographiques de compétences représentés dans le premier plan factoriel de l'ACM.	38
Figure 14 : Représentation du modèle de risque de prédation	41
Figure 15 : Distribution du nombre de prédictions subies entre 2006 et 2008 par quartier d'UP.....	48
Figure 16 : Répartition spatiale des prédictions expertisées « loup non écarté » et de la disponibilité en brebis entre 2006 et 2008.....	49
Figure 17 : Représentation du nombre d'attaques en fonction de la taille des troupeaux en utilisant un modèle mixte, et résidus en médaillon.....	50
Figure 18 : Projection des quartiers d'UP regroupés par profils dans le premier plan factoriel de l'ACM	52
Figure 19 : Représentation des proximités entre caractéristiques des quartiers d'UP et de leurs profils dans le PNRQ grâce au dendrogramme issu de l'ACM.	53
Figure 20 : Répartition géographique des différents profils de troupeaux identifiés par l'ACM à partir des caractéristiques des quartiers d'UP.....	54
Figure 21 : Etablissement des limites de territoires des trois meutes fréquentant le PNRQ et glissement de leur emprise territoriale en 2007 établis par l'analyse des typages individuels de l'ADN des loups. Source : Réseau Loup/Lynx-ONCFS.....	55

Figure 22 : Répartition spatiale du risque de prédation selon le modèle.	60
Figure 23 : Pourcentage de prédatons expertisées « loup non écarté » en fonction de la formation de lots accidentels, des conditions météorologiques, et de la présence des bêtes en parc de protection nocturne dans le PNRQ en 2008 et 2009.....	62
Figure 24 : La situation géographique et l'arbre de décision du profil « estive 1 »	67
Figure 25 : La situation géographique et l'arbre de décision du profil « estive 2 »	69
Figure 26 : La situation géographique et l'arbre de décision du profil « parcours »	71

Liste des tableaux

Tableau I : Etat des lieux des études réalisées en France sur la vulnérabilité des troupeaux à la prédation du loup	23
Tableau II : Les domaines de compétence des experts consultés dans le cadre de l'analyse exploratoire	26
Tableau III : Les niveaux de précision des facteurs de vulnérabilité proposés par les experts nécessaires aux étapes de l'analyse exploratoire	28
Tableau IV : Les variables et modalités utilisées pour l'identification des perceptions de vulnérabilité	31
Tableau V : Les modalités des variables de biologie du loup	56
Tableau VI : Les variables et modalités utilisées pour expliquer la prédation dans le PNRQ	56
Tableau VII : Les modèles possibles pour expliquer la prédation	57

Glossaire

- ACM : Analyse des Correspondances Multiples
- ACP : Analyse en Composantes Principales
- AIC : Critère d'Akaïké
- APAM : Association pour la promotion du pastoralisme dans les Alpes Maritimes
- CEEP : Centre d'Etude des Ecosystèmes de Provence
- CEMAGREF : Centre d'Etude du Machinisme Agricole, du Génie Rural des Eaux et Forêts
- CERPAM : Centre d'Etudes et de Réalisations Pastorales Alpes Méditerranée
- CMR : Capture Marquage Recapture
- DER CNERA PAD : Direction des Etudes et de la Recherche Centre National d'Etude et de Recherche Appliquée aux Prédateurs et Animaux Déprédateurs
- DDT : Direction Départementale des Territoires
- DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
- FDC : Fédération Départementale des Chasseurs
- FNE : France Nature Environnement
- IC : Intervalle de confiance
- MAP : Ministère de l'Agriculture et de la Pêche
- MEEDDAT : Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire
- ONCFS : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage
- PACA : Provence-Alpes-Côte-d'Azur
- PGHM : Peloton de gendarmerie de haute montagne
- PNRQ : Parc naturel régional du Queyras
- SEA : Société d'Economie Alpestre
- UP : Unité pastorale
- ZPP : Zone de Présence Permanente
- ZPT : Zone de Présence Temporaire

INTRODUCTION

Le pastoralisme constitue une activité culturelle et économique ancestrale qui a toujours été confrontée à la difficulté de cohabiter avec de grands prédateurs - parmi lesquels le loup (*Canis lupus*) -, notamment à cause des dégâts occasionnés aux cheptels (Jethva et Jhala, 2003, Dickman, 2005, Bangs *et al.*, 2006). Le loup, historiquement présent dans l'ensemble de l'hémisphère nord, se trouve dans une phase de recolonisation de l'Europe de l'Ouest (Breitenmoser, 1998, Fabbri *et al.*, 2007, MEEDDAT-MAP, 2008).

Le tir léthal est légalement interdit pour des raisons de conservation dans de nombreuses régions du monde comme en Europe. Par ailleurs, les déplacements de loups ont montré des résultats mitigés pour faire baisser la prédation (Fritts *et al.*, 1992, Musiani *et al.*, 2005, Hawley *et al.*, 2009). Les programmes de prise en charge financière fréquemment employés pour dédommager des pertes sont nécessaires mais insatisfaisantes pour les éleveurs et la conservation des grands prédateurs (Skonhof, 2005, Vynne, 2008, Boitani *et al.*, 2010).

Le meilleur moyen de favoriser la cohabitation hommes – grands carnivores est la prévention grâce à la connaissance des déterminants de la vulnérabilité des troupeaux (Swarner, 2004), dans le cadre d'une recherche conjointe entre gestionnaires d'espaces naturels et pastoraux (Treves *et al.*, 2006).

Pour prévenir les attaques, des moyens de protection sont traditionnellement utilisés, notamment les chiens de protection (Ogada *et al.*, 2003, Gehring *et al.*, 2010). Même si leur efficacité est reconnue, particulièrement en association avec des parcs de protection nocturnes (Espuno *et al.*, 2004), le maintien d'un certain niveau de prédation et notamment de foyers d'attaques (Hemery, 2008) porte la réflexion pour clarifier les déterminants des attaques sur les troupeaux.

A l'échelle internationale, des analyses pour comprendre la vulnérabilité ont apporté des résultats. La taille des troupeaux semble déterminante dans un grand nombre de travaux (Mech *et al.*, 2000, Treves *et al.*, 2004, Breck et Meier, 2004, Espuno *et al.*, 2004, Musiani *et al.*, 2005, Joly, 2006, Hemery, 2008). Des variables spatiales sont importantes, comme la taille des étendues pâturées, de zones en eau ou de forêts de conifères pour Treves *et al.* (2004), ou la distance avec les sites de rendez-vous¹ pour Gula (2006). Les variations de besoins énergétiques des loups ont également un rôle pour Espuno *et al.* (2004) et Musiani *et al.* (2005). Selon Fritts *et al.* (1992) et Mech *et al.* (1998) les hivers rigoureux amènent une intensité accrue de prédation lors de l'été suivant.

Des experts, comme Ernoult *et al.* (2003) et Dimanche *et al.* (2006), se positionnent empiriquement en citant un grand nombre de facteurs comme déterminants. Les plus cités sont notamment : le relief, le boisement, les parcours et taille du troupeau, la durée de pâturage, l'allotement, le regroupement nocturne dans des parcs de protection ou des parcs de pâturage non électrifiés, les circonstances d'agnelage, la « spécialisation » des loups sur un troupeau, le nombre de loups, la densité et la diversité des proies sauvages, l'absence de moyens de communication.

Le Loup (*Canis lupus*) de la lignée génétique Italienne (Randi *et al.*, 2000) a fait son retour en France en 1992 dans le Mercantour depuis l'Italie (Houart et Lequette, 1993), après une disparition de 60 ans. Il s'est étendu géographiquement en 20 ans pour occuper une grande partie de l'Arc alpin français, ainsi qu'une partie des Pyrénées et du Cantal. La protection de cette espèce est maintenue dans le cadre de la Convention de Berne et de la Directive « habitat, faune, flore » (MEEDDAT-MAP, 2008).

¹ Les sites de rendez-vous sont des zones utilisées chaque été où les louveteaux passent la plupart de leur temps entre la sortie de la tanière et la mobilité qui leur permet de dormir de façon plus aléatoire dans leur territoire (DREAL, 2011).

En France 900 000 ovins résident à un moment ou un autre de l'année dans une zone de présence de loups (Tchakérian *et al.*, 2006). Depuis 1992, on constate globalement une augmentation du nombre de victimes et d'attaques avec en 2010 un peu moins de 1000 attaques pour environ 3300 victimes au niveau national, essentiellement des ovins (DREAL, 2011). Des moyens de protection sont devenus courants (chiens de protection, regroupement nocturne, filets de protection, aide-berger, effarouchements), notamment avec les programmes d'accompagnement nationaux (Duchamp *et al.*, 2004, MEEDDAT-MAP, 2008). Des initiatives locales ont également été développées.

Ainsi le PNRQ a une situation particulière dans le paysage des espaces naturels vu par le prisme de cette problématique. Territoire des Alpes internes et de transhumance ovine importante, avec 40 000 ovins présents chaque été, il a constaté le retour du loup en 1998. Dès lors le PNRQ a développé une politique de soutien du monde pastoral s'appuyant sur la proximité avec un réseau de bergers et d'éleveurs. Les outils mis en place sont notamment un réseau de radio communication, une rencontre annuelle autour des sujets de protection - et au-delà -, l'accompagnement technique dans la mise en place des moyens de protection et une aide technique et administrative dans les meilleurs délais suite à une prédation (Blanchet, 2004). En continuité de son investissement, le PNRQ a souhaité mettre en place la présente étude en s'entourant des compétences de l'ONCFS et de l'EPHE. Par là même, il contribue au groupe de travail national ONCFS/CERPAM/CEMAGREF/DDT travaillant spécifiquement sur la problématique de vulnérabilité des troupeaux au loup.

De précédents travaux ont été élaborés avec des méthodes complémentaires en France : expertises basées sur des avis, projections cartographiques et analyses. Ces dernières n'ont jamais pris en compte la problématique de façon pluridisciplinaire. Les résultats ont permis d'expliquer partiellement les situations. Ainsi le travail d'Espuno *et al.* (2004) explique que l'association des chiens et des filets de protection est efficace pour 80% des troupeaux.

Le présent travail prend le parti de débiter en amont des précédentes études, en évitant ainsi le choix des facteurs explicatifs par le chercheur, limité par son prisme de connaissance. C'est ainsi qu'ils ont été recherchés par une démarche exploratoire utilisant des opinions de spécialistes (Holthausen *et al.*, 1994, Didier *et al.*, 2004). Les avis sont analysés pour comprendre les situations de vulnérabilité différentes, les complémentarités d'avis et leurs déterminants.

Ce premier travail conduit dans un second temps à vérifier la pertinence des propositions sur le territoire du PNRQ. Des relevés sur le terrain sont utilisés dans une démarche de prédiction des situations « à risque », s'appuyant sur une connaissance fine des loups présents et des pratiques pastorales.

Enfin, dans une optique de cohabitation entre loup et pastoralisme avec une moindre vulnérabilité des troupeaux, des préconisations de gestion sont déterminées. Elles prennent en compte les contraintes et les choix des bergers et éleveurs.

La présente étude s'inscrit donc dans une démarche de gestion territoriale et conservatoire des patrimoines, prenant en considération le cadre légal protégeant la population européenne de loups (MEEDDAT-MAP, 2008). Elle prend le parti de rechercher des solutions à une problématique homme – nature au plus proche des réalités du terrain, tout en s'appuyant sur des outils scientifiques robustes.

CONTEXTE : LE LOUP ET LE PASTORALISME EN FRANCE

1) La situation du loup

Le Loup (*Canis lupus*) de la lignée génétique Italienne (Randi *et al.*, 2000) étend son aire de répartition depuis les années 70, à partir d'une population « refuge » de la chaîne des Apennins en Italie centrale (Landry, 2003, MEEDDAT-MAP, 2008, Marucco et McIntire, 2010). Il est actuellement présent en Europe de l'Ouest, entre l'Italie, la France et la Suisse (Breitenmoser, 1998, MEEDDAT-MAP, 2008). Un faible nombre d'individus est à l'origine de la colonisation française (Fabbri *et al.*, 2007). Trois facteurs expliquent cette expansion :

- Un statut réglementaire le protège strictement (Convention de Berne en 1979, Loi de protection de la nature en 1976, Directive Européenne Habitats en 1992).
- Le déclin de l'agriculture laisse de grands espaces non entretenus et favorise la progression de la forêt.
- Les densités de populations d'ongulés sont en augmentation, favorisées par ce couvert forestier et de nouvelles réglementations de chasse (Breitenmoser, 1998, MEEDDAT-MAP, 2008).

Les deux premières identifications confirmées de l'espèce en France, après une absence de 60 ans, datent de 1992 avec une observation visuelle par des agents du Parc national du Mercantour (Houart et Lequette, 1993, Poulle *et al.*, 2000) et un loup retrouvé mort la même année dans les Hautes-Alpes (MEEDDAT-MAP, 2008). Dès lors, son territoire s'est étendu progressivement dans les Alpes françaises et au-delà dans les Pyrénées Orientales, le Var et le Massif Central (figure 1). En 1998, les loups sont détectés dans le Queyras et le Vercors. Entre 1992 et 2010, le nombre de meutes installées ou Zones de Présence Permanente (ZPP)¹ a évolué de 1 à 27, montrant une progression (figure 1). L'aire de répartition détectée du loup progresse d'environ 29% par an en moyenne (Duchamp *et al.*, in press). Cette colonisation rapide et par bonds géographiques est conforme à ce qui est constaté à l'échelle internationale, notamment en Europe, pour cette espèce (Fuller *et al.*, 2003, Duchamp et Marboutin, 2006, MEEDDAT-MAP, 2008).

La mesure du statut de conservation de l'espèce est possible grâce à la combinaison de plusieurs indicateurs démographiques et géographiques qui apportent des informations complémentaires.

- La tendance d'évolution du nombre de communes fréquentées par des loups permet de connaître la dynamique géographique (figure 1).
- L'évolution du nombre de Zones de Présence Permanente (ZPP) montre le nombre de groupes de loups stabilisés dans un territoire pendant deux années minimum (figure 1).
- Sur chacune de ces ZPP, la lecture de séries de pistes suivies dans la neige, associées aux observations visuelles, permet d'identifier la taille de chaque groupe de loups sédentarisé. Cette taille s'appelle l'Effectif Minimum Retenu ou EMR. Il est utilisé comme indicateur de tendance de la population totale (Réseau Loup/lynx, 2003, Chapitre 2. 1. c. ii.).
- Grâce au suivi non invasif basé sur des typages individuels par l'ADN retrouvé dans les excréments, poils ou urines, la technique de « Capture Marquage Recapture » (CMR), adaptée pour le cas du loup, est utilisée pour estimer l'effectif total de la population française (Cubaynes *et al.*, 2010).

¹ Les zones de présence permanente sont des territoires utilisés par un ou des loups deux hivers consécutifs, donc où ils sont considérés comme installés.

Les résultats montrent que l'EMR est un bon indicateur de la tendance d'évolution de la population totale estimée par Capture – Marquage – Recapture (CMR) (Marboutin et Duchamp, 2005). Les estimations par CMR ne pouvant être mises à jour annuellement (à cause des contraintes logistiques et mathématiques, Duchamp, com. pers.), l'utilisation de l'EMR (annuellement mis à jour à la fin de chaque hiver) est alors un complément très utile dans un objectif de gestion. Les effectifs étaient estimés à 54 individus en 2000 (IC 95% = 33 à 116), 126 en 2003 (IC 95% = 85-280). Par projection de la relation entre EMR et CMR, l'ordre de grandeur est estimé à 150 en 2007 et 180 individus fin 2010 (MEEDDAT-MAP, 2008, Duchamp, com. pers.).

La population de loups en France est donc estimée de petite taille, installée et en progression (MEEDDAT-MAP, 2008).

Le loup est protégé au niveau international par la Convention de Berne et la Directive Européenne Habitat de 1992, ainsi qu'à l'échelle nationale par le code de l'environnement et l'arrêté ministériel du 23 avril 2007 (MEEDDAT-MAP, 2008).

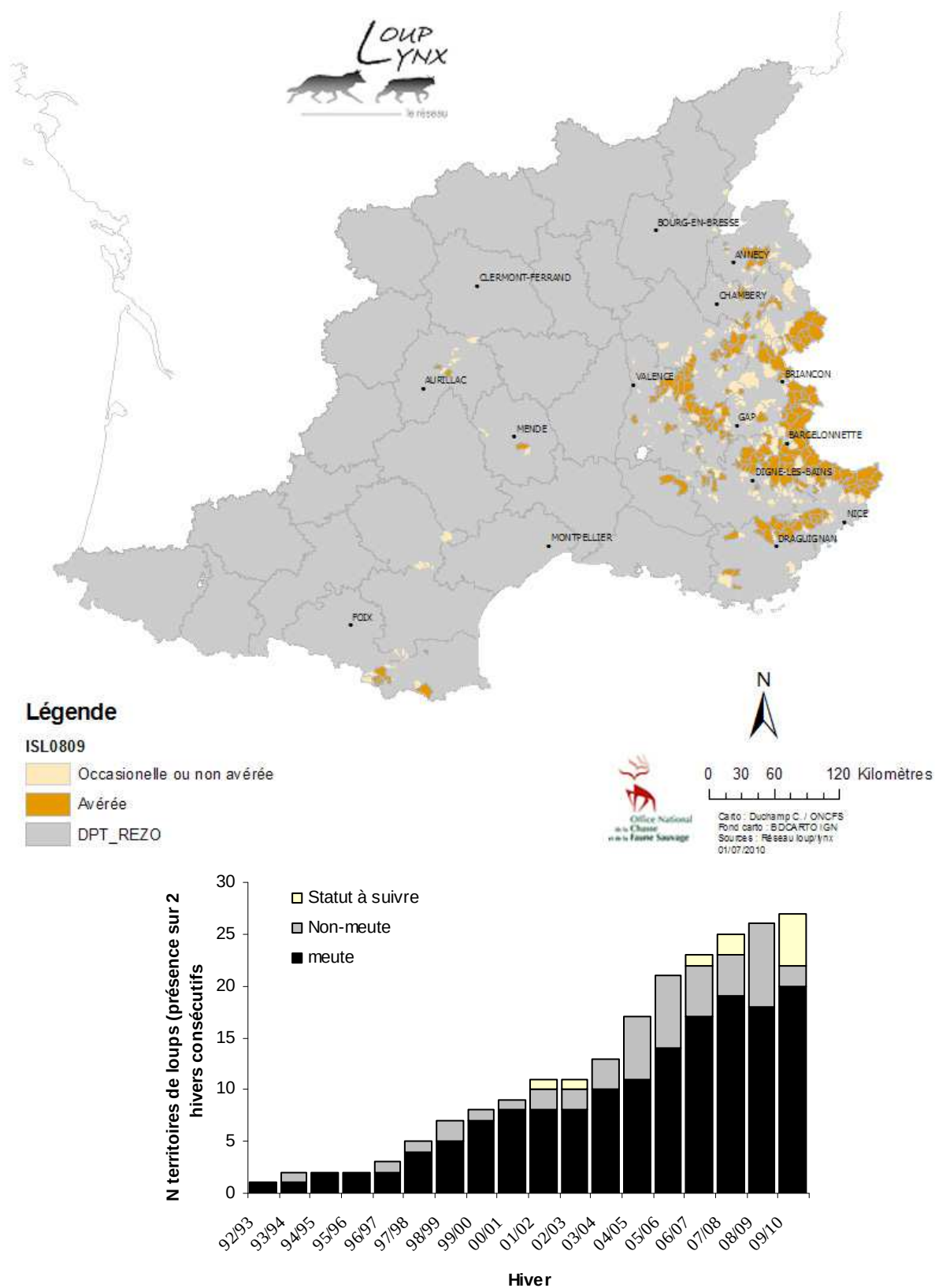


Figure 1 : Répartition communale des loups en 2010 et progression démographique en nombre de zones de présence permanente (Source : Réseau Loup/Lynx, 2010)

2) Les dommages du loup sur les troupeaux domestiques

Une enquête en 2000 relève que la France est le premier pays de production agricole de l'Union Européenne. 9,4 millions d'ovins sont recensés dont 5,2 millions de brebis viande dans 87 870 exploitations. Les Alpes du Sud, la Crau, le sud ouest du Massif central, l'Ouest et les Pyrénées occidentales concentrent les trois quarts du cheptel ovin national. Le nombre d'exploitations ovines a diminué de plus de 40 % entre 1988 et 2000, traduisant les difficultés de maintien de la filière, notamment en conséquences de l'organisation commune de marché. Seules les Alpes bénéficient d'un maintien de la filière ovine avec la baisse du nombre d'exploitations mais l'agrandissement de ces dernières (MEEDDAT-MAP, 2008). Dans les Alpes du Sud, l'élevage ovin constitue une activité économique adaptée à un milieu accidenté et sec. Il permet la transmission d'un savoir-faire traditionnel. De plus, il participe à l'entretien des milieux ouverts et des systèmes biologiques qui y sont liés (Ernault *et al.*, 2003, MEEDDAT-MAP, 2008). 680 000 ha d'alpages alpins accueillent chaque année environ 100 000 bovins et 800 000 ovins (MEEDDAT-MAP, 2008).

Le régime alimentaire des loups est majoritairement constitué d'ongulés sauvages (Francis, 2004, MEEDDAT-MAP, 2008). Ainsi, dans le Mercantour, différentes études ont montré que les ongulés représentent 75 à 98% de leur régime alimentaire annuel (Pouille *et al.*, 2000, Duchamp *et al.*, 2004, Espuno *et al.*, 2004). La présence de plus de 900 000 moutons en zones de présence de loups (Tchakérian *et al.*, 2007) est une composante de la disponibilité alimentaire du loup. Ainsi, la part des ongulés domestiques peut monter jusqu'à 40% de son régime alimentaire estival (MEEDDAT-MAP, 2008). Le volume des dommages a augmenté progressivement, conjointement à la progression des loups, pour se stabiliser à partir de 2004 autour de 800 attaques et 3000 victimes annuelles expertisées³ (figure 2). Les ovins représentent 95% de la faune domestique consommée par les loups (MEEDDAT-MAP, 2008).

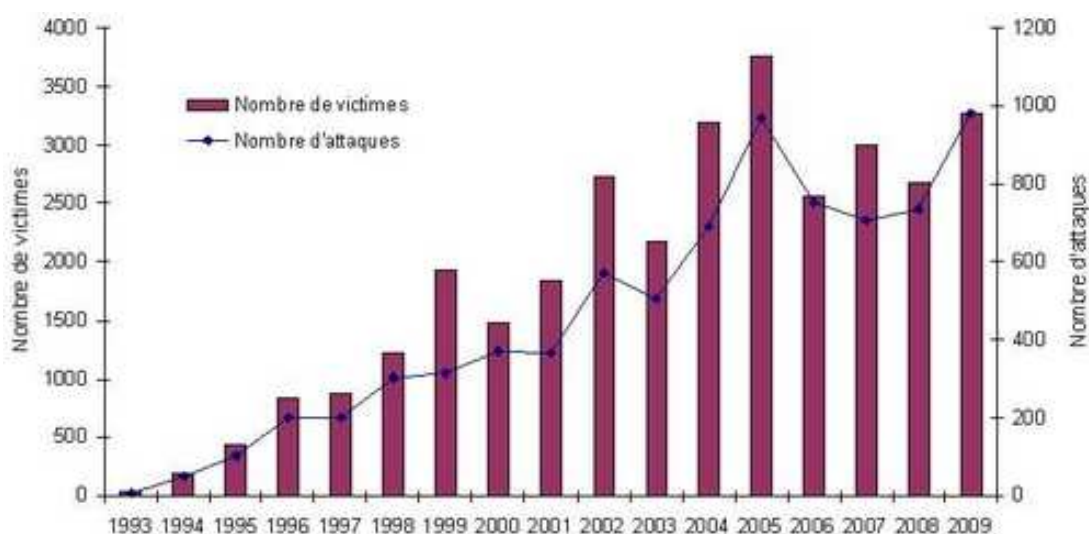


Figure 2 : Evolution annuelle du nombre d'attaques et de victimes de loups en France expertisées « loup non écarté »³ (Source : DREAL, 2011)

Le monde pastoral se trouve touché, autant au niveau logistique, économique, qu'affectif. Ainsi les évolutions de gestion pastorale liées à la présence du loup nécessitent un accroissement du temps de travail et une technicité spécifique, notamment l'usage des moyens de protection (MEEDDAT-MAP, 2008). Ces

³ Toutes les prédatons sont constatées par un agent habilité et expertisées par exclusion de responsabilité : dû à une prédation (oui/non/invérifiable) puis responsabilité du loup ou du lynx exclue (oui/non) (Duchamp *et al.*, 2004, Duchamp, 2005, Coisne, 2006)

changements peuvent être difficiles pour les éleveurs et bergers. Les prédatons sont, de plus, vécues comme un choc et amènent colère, souffrance et questionnements.

Au-delà, le sujet du loup cristallise des conflits plus larges qui opposent les éleveurs à d'autres groupes socioprofessionnels (Peutin, 2008).

3) L'état des lieux des études et actions de soutien au pastoralisme en France

a) Des programmes d'accompagnement

Pour accompagner la cohabitation entre loups et pastoralisme dans un cadre de conservation de l'espèce, l'Etat et l'Union Européenne se sont mobilisés au travers de programmes nationaux successifs. Ainsi deux programmes Life (1997-1999 et 2000-2004) ont permis de diagnostiquer un état des lieux et de tester différentes pistes de travail. Par la suite deux Plans d'action Nationaux (2004-2008 et 2008-2012) ont poursuivi les démarches engagées, grâce à une prise en charge par l'Etat (MEEDDAT-MAP, 2008).

Les principaux axes de ces plans d'actions portent sur :

- L'accompagnement logistique et financier du pastoralisme mis en difficulté par la présence du loup,
- La connaissance du statut de conservation de l'espèce *Canis lupus* par des mesures de croissances démographique et géographique à grande échelle,
- La mise en place d'une gestion adaptée de cette espèce,
- Le développement de la communication entre les différents acteurs de la problématique.

La population de loups occupant plusieurs pays ouest-européens, la dimension internationale de la problématique est prise en compte.

Dans ce cadre l'utilisation de techniques de prévention des attaques a été favorisée avec l'accompagnement dans l'installation de chiens de protection, d'aides-bergers, l'étude de l'efficacité et la mise en place de filets de regroupement nocturne et la réalisation de diagnostics de vulnérabilité. Les moyens mis en œuvre sont déclinés en un accompagnement technique et en une aide financière. Les chargés de mission «Prévention contre la prédation», accueillis dans les DDT, ont favorisé la mise en place de ces moyens.

Par ailleurs, un système de compensation financière des dommages a été instauré par l'Etat dès 1994. Une procédure technique d'observation d'éléments sur site puis d'expertise en découlant est mise en place pour chaque victime (Dahier et Lequette, 1997). S'appuyant sur cette expertise, l'indemnisation comprend aujourd'hui la valeur vénale des victimes ainsi que des compensations pour les dommages indirects tels que le stress du troupeau occasionnant une moindre consommation herbagère ou les bêtes disparues (Chapitre 2, 1, b).

Le suivi des loups présents en France a été structuré dans le cadre d'un « Réseau Grands Prédateurs », coordonné par l'ONCFS, qui rassemble près de 1400 correspondants en 2011, répartis dans les zones de présence de loups (Duchamp *et al.*, in press). Ce suivi, basé sur les indices de présence, établit des indicateurs de tendance calibrés, pour estimer les croissances démographique et géographique de l'espèce, ainsi que présenté précédemment (Contexte, 1.). Les études du régime alimentaire, ou encore du succès de reproduction complètent ces indicateurs (MEEDDAT-MAP, 2008).

Plutôt qu'un zonage, une démarche de gestion adaptative des loups sur l'ensemble du territoire national a été mise en place afin de répondre au mieux au double objectif de conservation de l'espèce, tel que requis dans les textes internationaux, et la nécessaire gestion des dommages. Elle s'applique notamment par la possibilité de prélever un nombre déterminé de loups annuellement, dans des circonstances cadrées (Chapron *et al.*, 2003, Marboutin et Duchamp, 2005).

Des volets de formation et de communication ont été élaborés en direction de différents publics (Michel, 2011).

En ce qui concerne la vulnérabilité des troupeaux à la prédation lupine, les programmes nationaux proposent aux éleveurs l'élaboration de diagnostics de vulnérabilité élaborés par des organismes pastoraux (CERPAM, SEA). Ils préconisent des évolutions de gestion de l'alpage prenant en compte le risque de prédation estimé à « dires d'experts » (Duchamp *et al.*, 2004, Dodier et Gouty, 2006). Depuis 2002, un groupe de travail regroupant l'ONCFS, le CERPAM, le CEMAGREF, et les DDT s'est constitué pour évaluer l'étendue de la problématique de vulnérabilité des troupeaux à la prédation du loup. La présente étude s'inscrit dans le cadre de ce groupe de travail, ainsi que l'illustre le diagramme d'organisation de ses axes de recherche présenté en figure 3.

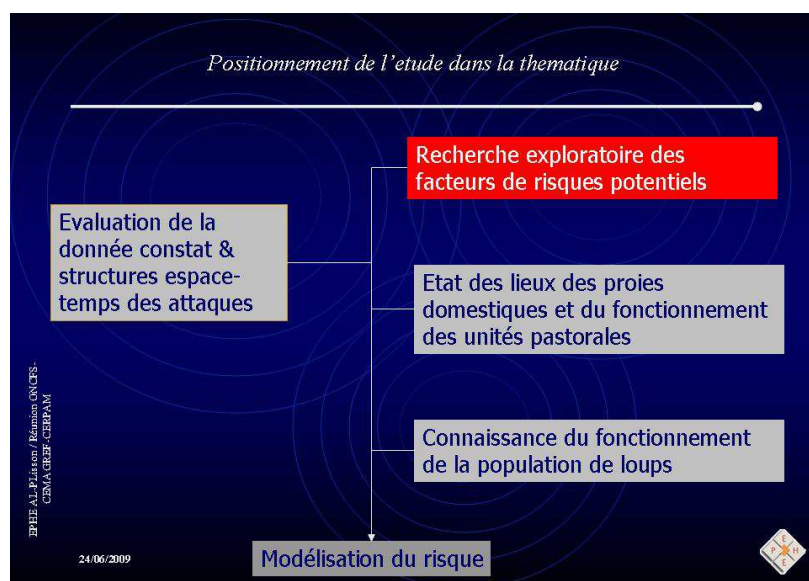


Figure 3 : Cadre d'étude du groupe de travail ONCFS / CERPAM / CEMAGREF / DDT sur la problématique de vulnérabilité des troupeaux domestiques à la prédation du loup. Source : Réseau Loup/Lynx.

La thématique de vulnérabilité apparaît comme un élément fort du « Plan d'action Loup » 2008-2012, notamment pour l'identification des facteurs de risque (MEEDDAT-MAP, 2008).

Au delà du cadre national défini dans le « Plan d'action Loup », des initiatives locales ont été mises en place.

Ainsi l'association pour la promotion du pastoralisme dans les Alpes Maritimes (APAM) et l'association des éleveurs savoyards promeuvent l'activité pastorale dans un contexte de présence du loup et participent à l'embauche d'aides aux bergers (Duchamp *et al.*, 2004).

D'autre part, les parcs naturels régionaux constituent des zones d'expérimentation sur les problématiques homme – nature (PNRF, 2008) et se sont particulièrement investis dans cette thématique. Le Parc naturel régional du Vercors a joué un rôle primordial en temps que médiateur et appui financier (Duchamp *et al.*, 2004).

La présente étude se concentrant sur le territoire du PNRQ, la situation particulière de ce massif ainsi que son expérience de la problématique sont développées dans la partie suivante.

b) *Le Parc naturel régional du Queyras : un territoire pilote dans l'accompagnement du pastoralisme en présence de loups*

Le PNRQ est un territoire des Alpes internes du Sud, mesurant environ 60 000 ha, situé au nord-est de la Région PACA, avec une grande partie de ses frontières commune avec l'Italie (figure 4). La population, peu dense, compte à peine 4 habitants au km², soit environ 2400 habitants. Il correspond, presque en totalité, au bassin versant du torrent du Guil qui constitue l'axe principal de la vallée, prenant sa source dans le cirque du Viso. Il est constitué à parts égales de forêts, zones agro-pastorales et milieux d'altitude à faible recouvrement végétal (figure 4). La géologie est marquée à l'Ouest par des affleurements de roches dures ; calcaires et quartzites sévèrement entaillées, fermant la vallée vers l'aval ; à l'Est par de vastes nappes de schistes très sensibles à l'érosion donnant un relief plus ouvert dominé par quelques pitons de basalte ou de gabbro (Blanchet, com. pers.).

Il s'agit d'une zone de montagne globalement élevée, qui s'étage entre 1100m et 3300m d'altitude. Elle est protégée des influences atlantiques humides par les reliefs situés à l'Ouest. Elle offre de vastes et nombreux alpages à ovins.

Etant donné sa situation à l'extrémité Ouest de l'arc alpin, avec des influences méridionales, elle a une identité particulière dans le paysage des espaces naturels. Ceci est particulièrement marqué dans la partie Est, appelée Haut-Guil, qui subit des précipitations plus marquées dues aux « retours d'est » venus d'Italie. Un cortège d'espèces rares illustre ces particularités : la Salamandre de Lanza (*Salamandra lanzai*), le papillon Isabelle de France (*Graellsia isabellae*), l'Oreillard des Alpes (*Plecotus macrobullaris*), la Primevère de Haller (*Primula halleri*), le Dracocéphale d'Autriche (*Dracocephalum austriacum*), etc.

Le PNRQ est reconnu pour la qualité et la diversité de ses habitats naturels. Entre autres spécificités, les espaces forestiers sont marqués par des cembraies mélézins de très forte naturalité. Les prairies de fauche naturelles qui y subsistent sont caractérisées par leur biodiversité exceptionnelle. L'importance du cortège de ses grands mammifères illustre la faible perturbation des milieux et la gestion des espèces gibier. Ainsi, on y trouve six ongulés sauvages : sanglier (*Sus scrofa*), chamois (*Rupicapra rupicapra*), cerf élaphe (*Cervus elaphus*), chevreuil (*Capreolus capreolus*), bouquetin des Alpes (*Capra ibex*), mais aussi le mouflon (*Ovis ammon*), introduit initialement dans les zones limitrophes au territoire. Les chevreuils et chamois sont prédominants.

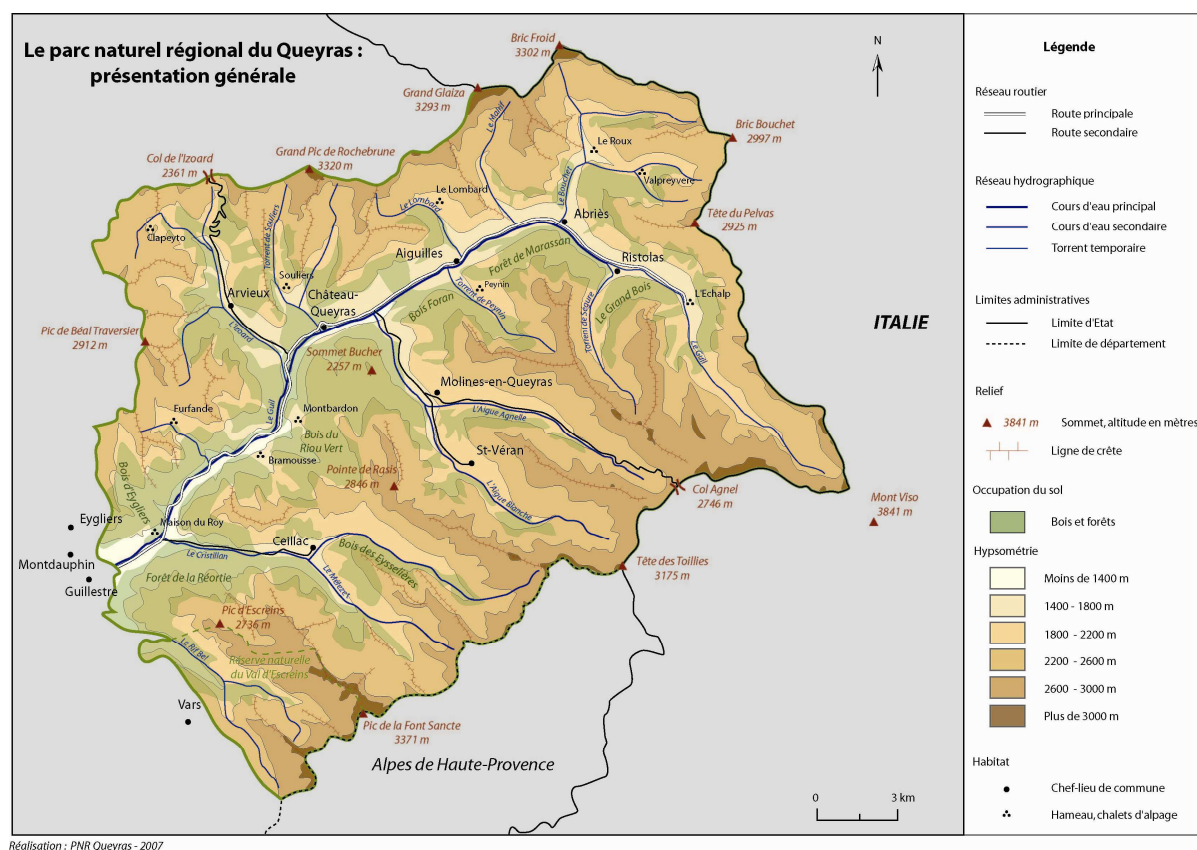
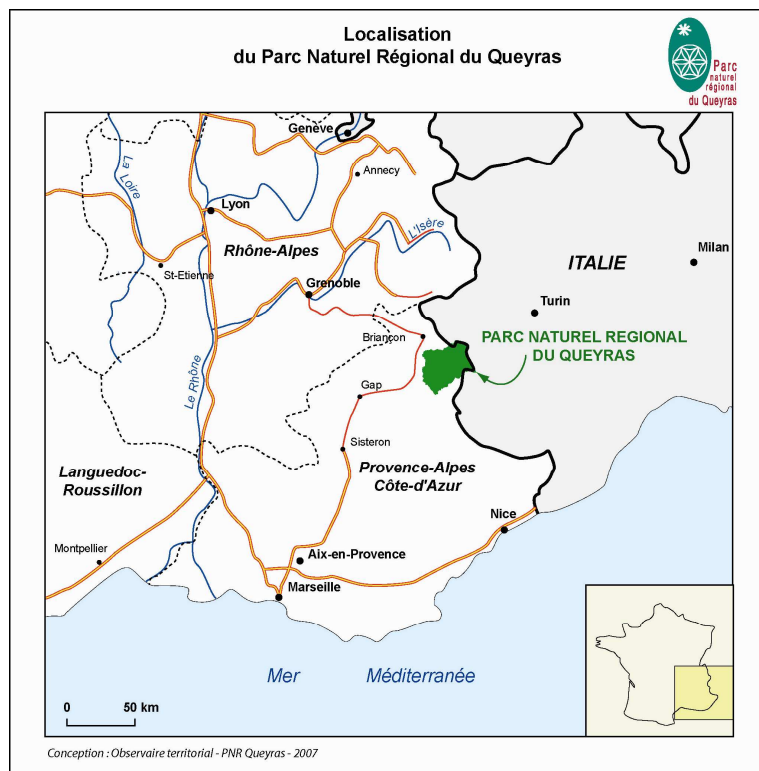


Figure 4 : La situation et les grandes caractéristiques naturelles du PNRQ. Source : PNRQ.

Au cœur d'un espace naturel au patrimoine culturel particulièrement riche, mais dans un contexte de déprise agricole forte, l'activité pastorale rencontre des difficultés structurelles. Elle est menée par des éleveurs locaux (20 éleveurs ovins en 2010) et des transhumants, majoritairement ovins. La figure 5 illustre l'importance spatiale et numérique de cette activité. Le système est dit montagnard méditerranéen (Garde, 1998, Ernoult *et al.*, 2003). Les troupeaux résidents, de quelques centaines de têtes, sont tenus en bergerie pendant l'hiver. L'agnelage a lieu en intérieur dans la plupart des cas. Les bêtes sont sorties dès que les conditions le permettent, souvent courant mai. Elles sont gardées ou parquées à proximité des villages en zone dite « d'intersaison ». La nuit elles peuvent être placées en filet ou rentrées en bergerie. De mi-juin à mi-octobre, les troupeaux locaux et les troupeaux transhumants de 1000 à 3000 têtes, souvent issus de regroupements d'éleveurs, venant majoritairement de Provence (AGRESTE, 2007), montent en estive, accompagnés d'un berger et souvent d'un aide-berger. Les unités pastorales (UP) représentent le territoire exploité par un troupeau. Les UP estivales sont de vastes pelouses d'altitude.

Une unité de gestion cohérente du troupeau repose sur le quartier d'UP, permettant au responsable d'alpage d'optimiser la gestion fourragère par une exploitation séquentielle au cours de l'estive. Il correspond à l'exploitation par le troupeau d'un vaste espace environnant la base logistique d'une cabane et de ses aménagements, pendant environ un mois. Le quartier d'UP représente une bonne cohérence en terme d'homogénéité de milieu, de conduite pastorale, d'aménagement, et de contraintes due au loup. Il a donc été choisi comme l'unité statistique utilisée dans cette étude.

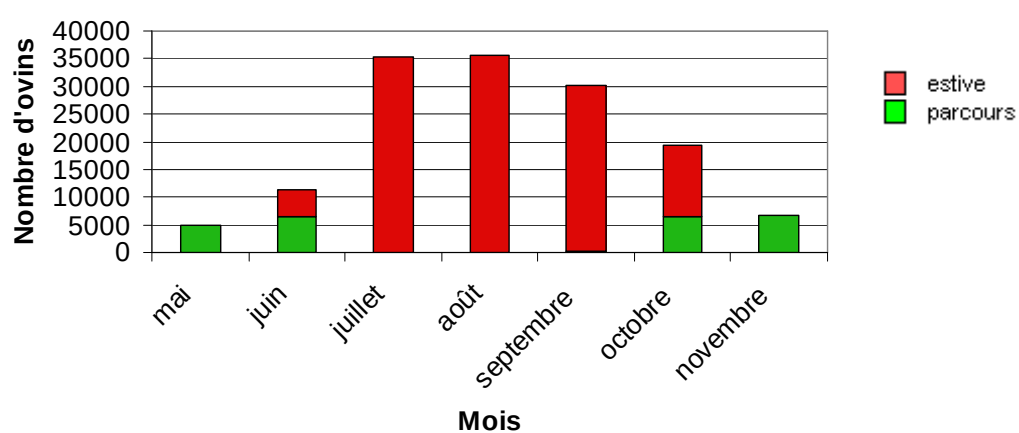
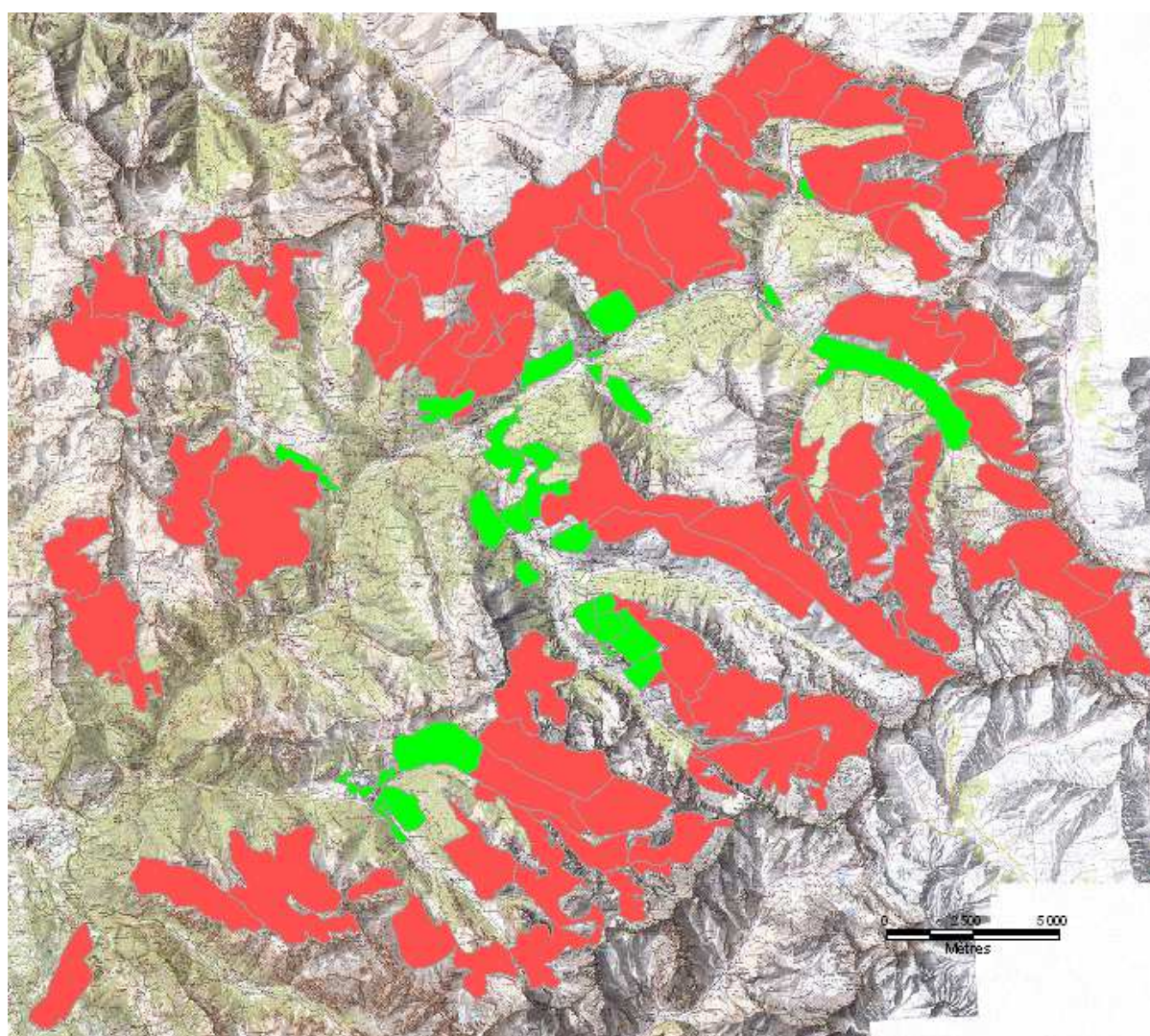


Figure 5 : Localisation des quartiers d'UP utilisés en estive et en parcours et répartition mensuelle des effectifs d'ovins au sein du PNRQ.

La présence du loup est confirmée depuis 1998 sur le territoire du PNRQ (Duchamp *et al.*, 2002). Présent en une seule meute jusqu'en 2000, deux groupes ont ensuite été identifiés. Entre autres indices de présence, les prédateurs sur les faunes sauvage et domestique ont été régulièrement repérés. Un descriptif précis des groupes de loups présents, de leur évolution et des prédateurs exercées sur les troupeaux ovins pendant la période d'étude est présenté dans le Chapitre 2.

Le PNRQ et l'association des Bergers et Vachers des Hautes-Alpes, aidés financièrement du CEEP puis de FNE, se sont mobilisés pour aider les éleveurs victimes d'attaques dès 1998. Les nombreux questionnements et le besoin de réactions efficaces ont amenés des échanges d'expériences nécessaires entre bergers, éleveurs, PNRQ et monde associatif. Les premières solutions proposées ont été :

- l'embauche d'aides bergers et leur formation,
- l'embauche d'un technicien expert en chiens de protection,
- l'installation d'un dispositif de radiocommunication,
- l'organisation des premières rencontres autour de la problématique de la prédation, appelés Ateliers techniques pastoraux.

L'accompagnement s'est perfectionné avec l'élaboration des programmes nationaux, présentés en introduction, 3., a.. Le PNRQ a recruté une équipe de trois personnes en 2000 pour travailler spécifiquement sur cette problématique. Ce personnel a permis de mettre en place une politique de soutien forte et pérenne, basée sur un réseau dynamique et expérimenté de bergers et d'éleveurs et intensifiant la mise en œuvre des dispositifs d'aide au pastoralisme mis à disposition par l'Etat et l'Union européenne (Duchamp *et al.*, 2004, MEEDDAT-MAP, 2008, Blanchet, com. pers.). La stratégie repose sur l'animation d'un réseau local. Il rassemble les bergers, les éleveurs, les acteurs du tourisme, les services de l'Etat, le PNRQ - équipe technique et élus - et les observateurs privilégiés de la problématique, et notamment des loups. Il permet la co-formation et l'échange d'expérience dans une ambiance de transparence et de proximité. Il participe à l'excellence du territoire et à la fidélisation des bergers sur les alpages grâce à une valorisation de leur rôle et des conditions de travail adaptées.

- L'axe central de cette stratégie est la mise à disposition et l'animation du réseau de radiocommunication qui permet le lien permanent entre bergers, éleveurs et équipe technique du PNRQ. Un contact rapide est établi en cas de besoin, notamment suite à une prédation sur le troupeau. Une liaison avec le PGHM permet une réactivité optimale en cas de problème de sécurité. Le réseau de radiocommunication est surtout devenu un outil pour rester en lien avec les autres utilisateurs. Les échanges portent autant sur une prédation constatée, le questionnement de maladie d'une brebis, qu'à la diffusion quotidienne de la météo et d'actualités ou encore le contact entre bergers et éleveurs pour un besoin de matériel. Il est devenu un outil indispensable pour un bon nombre d'utilisateurs.
- Dans ces conditions, l'aide technique suite à une prédation est facilitée, notamment l'établissement de bordereaux de constats de dommage, le soutien technique et psychologique et la recherche des victimes. Les bordereaux de constats de dommage sont ainsi remplis avec un maximum de détails permettant d'être au plus près des réalités biologiques. De plus, l'émotion suite au choc de la prédation doit être partagée. Les personnes ne doivent pas rester isolées dans la souffrance, l'incompréhension et la rancœur. L'investissement de l'équipe technique du PNRQ dans cette action est non négligeable en moyens humains. L'intervention transparente et familière des agents du PNRQ participe fortement à l'efficacité et l'acceptation de la stratégie. La cohérence et la compréhension partagée de la démarche d'accompagnement suite à une prédation est gage d'appropriation de la stratégie.
- Un document annuel, appelé « Bulletin du réseau bergers du Queyras et secours en montagne » présente l'ensemble du dispositif aux bergers, éleveurs, mairies et services de l'Etat. Il participe de la transparence, présentant la stratégie globale, tous les éléments pratiques nécessaires aux bergers (explication du fonctionnement du système de radiocommunication, carte des alpages, etc.), les actualités et notamment les résultats locaux du suivi des loups.
- L'information, notamment sur le rôle primordial des moyens de protection, s'est appuyée sur le travail d'un technicien expert en chiens de protection recruté par le PNRQ, les travaux menés par l'Etat (Wick, 2002) et les échanges entre membres du réseau d'acteurs.

- Le portage équin du matériel de protection a longtemps accompagné la mise en place des moyens de protection (filets, batteries, nourriture des chiens de protection) et facilite l'action.
- L'Atelier technique pastoral annuel, est une rencontre annuelle d'échange et de co-formation entre bergers, éleveurs, services de l'Etat et PNRQ. Il permet d'aborder une thématique centrale, de faire un point sur les actualités de l'année, et de partager un repas convivial. La onzième rencontre s'est tenue l'automne 2011. C'est un volet essentiel de la communication du PNRQ sur cette problématique. Il marque la fin de chaque estive et permet de renforcer l'ensemble de la démarche, d'acquérir et d'échanger du savoir faire, de renforcer les liens socioprofessionnels entre les éleveurs et les bergers, mais aussi avec l'administration symbolisée par le PNRQ et la DDT, et enfin avec d'autres acteurs du territoire, notamment ceux du secteur touristique. Elle permet d'avoir une dynamique locale collective.
- Le PNRQ œuvre également pour que le tourisme, activité économique dominante du massif, se développe en s'appuyant sur le pastoralisme. L'Atelier technique pastoral de 2008 portait spécifiquement sur les relations entre tourisme et pastoralisme. Il a permis d'identifier des besoins. Pour y répondre, une sensibilisation auprès du grand public est réalisée par le PNRQ dans le cadre du Plan Loup 2008-2012 depuis 2011. Elle se décline en sorties encadrées à la rencontre d'un berger, maraudage, conférence-causerie en soirée, mise à disposition de la communication du Plan Loup 2008-2012 aux points d'information du PNRQ et Offices de Tourisme, organisation du système de panneaux d'informations sur le terrain. De plus, le PNRQ anime chaque année une rencontre entre personnel des Offices de Tourisme et un berger. La DDT organise chaque année une formation des acteurs du tourisme sur la protection des troupeaux, à l'échelle départementale.

Cette politique a montré des résultats probants en terme de mise en œuvre de la protection, de développement de réseau social et d'apaisement général, ainsi que l'appuient les bilans de programmes nationaux (Duchamp *et al.*, 2004, MEEDDAT-MAP, 2008).

Fort de ses patrimoines naturels et culturels exceptionnels, le label de Parc naturel régional est adopté depuis 1977 pour ce territoire, et est renouvelé pour la période 2010-2022. Comme les autres territoires labellisés, les élus locaux et les habitants ont choisi d'adopter un projet de territoire prenant ses racines dans un patrimoine de qualité, reconnaissant les valeurs écologiques, sociales, économiques et culturelles du pastoralisme local. L'engagement se matérialise par la Charte (PNRQ, 2011).

c) *Les différentes approches de la vulnérabilité déjà réalisées en France*

La problématique de vulnérabilité des troupeaux due à la prédation du loup a déjà fait l'objet de plusieurs études en France, soit s'appuyant sur des avis de spécialistes, soit explicatives. Pour la plupart, elles s'appuient sur une vision mono disciplinaire, issue du domaine de compétence de l'expert (tableau I).

- Un travail conséquent de préconisations aux éleveurs a été réalisé par le CERPAM sous forme d'études de cas individuels, notamment des diagnostics de vulnérabilité. L'évaluation au cas par cas d'experts pastoraux a ici été privilégiée sur la base de ce qui était pressenti comme important pour prévenir le risque de prédation (Senn, 2002, Dodier *et al.*, 2006). Des projections cartographiques, utilisant essentiellement des superpositions de couches (habitat, densité de gibier et d'ovins, etc.) ont été réalisées à partir de facteurs jugés pertinents par des spécialistes. Différentes échelles ont été étudiées : nationale (Ernoul et *al.*, 2003), dans le Vercors (Mounet, 2002), ou dans le Languedoc-Roussillon (Dimanche *et al.*, 2006). Ces travaux n'analysent pas la pertinence des facteurs utilisés pour estimer le risque. Le résultat des projections cartographiques de Ernoul et *al.* (2003) a montré l'absence d'ajustement des facteurs prédictifs à la prédation effective (Wooding, 2004).
- Des études se sont inscrites dans une démarche analytique en étudiant des facteurs de risque sur des sites d'étude. Ainsi, Espuno *et al.* (2004) a mesuré les effets additifs des différents moyens de prévention sur le nombre et la gravité des attaques dans 34 unités pastorales d'altitude du Mercantour. Un effet « troupeau » reste non expliqué dans 20% des cas, attestant que d'autres facteurs peuvent être importants à prendre en considération. L'étude porte sur les unités pastorales d'altitude et ne permet pas d'envisager une généralisation à d'autres situations pastorales. Enfin,

plusieurs études se sont attachées à mettre en évidence la notion de foyer d'attaque ainsi que leur stabilité dans le temps et l'espace (Coisne, 2006, Hemery, 2008).

Une partie de la prédation reste non expliquée dans ces différents travaux. On peut donc en déduire que le risque de prédation est liée à des circonstances plus complexes que quelques facteurs qui semblent évidents dans chaque domaine disciplinaire.

Prenant en compte le prisme de connaissance du chercheur, la présente étude prend le parti de ne pas faire le choix des facteurs à étudier *a priori*. Elle se situe donc en amont des précédentes approches. La prise en compte des avis d'experts constitue une approche intéressante (Holthausen *et al.*, 1994, Didier *et al.*, 2004, Low Choy *et al.*, 2009) pour explorer les potentiels jeux de facteurs de vulnérabilité. La méthode choisie, novatrice pour cette problématique, permet de ne pas se couper de facteurs potentiels, dans l'optique d'une explication optimale du risque de prédation et de sa réduction.

Tableau I : Etat des lieux des études réalisées en France sur la vulnérabilité des troupeaux à la prédation du loup

Référence bibliographique	Domaine						Méthode
	Biologie du loup	Météo	Milieu	Éléments humains	Protection	Techniques pastorales	
Etudes empiriques							
Dodier et Gouty, 2006	■		■		■	■	Réalisation de diagnostics de vulnérabilité
Garde, 1998	■	■	■	■	■	■	Avis d'experts et bibliographie
Dimanche <i>et al.</i> , 2006					■	■	Cartographie de territoires d'attaques potentielles en Languedoc-Roussillon à partir de zones d'occupation potentielle par les loups et de variables de vulnérabilité
Ernoul <i>et al.</i> , 2003			■		■	■	Carte de vulnérabilité théorique des troupeaux ovins aux loups au niveau national
Mounet, 2002			■		■	■	Carte de vulnérabilité théorique des troupeaux ovins aux loups dans le Parc naturel régional du Vercors
Etudes analytiques							
Wooding, 2004			■		■	■	Confrontation entre carte théorique (Ernoul <i>et al.</i> , 2003) et prédatons réelles par analyse descriptive
Espuno <i>et al.</i> , 2004					■	■	Modèle linéaire généralisé
Joly , 2006	■		■		■	■	Analyse descriptive attaques et victimes ; modèle linéaire généralisé
Coisne, 2006	■						Analyse descriptive et inférentielle spatio-temporelle des foyers d'attaques
Hemery, 2008	■		■			■	

4) Objectif et démarche de la présente étude

La prédation restant une préoccupation forte pour les acteurs du territoire, le PNRQ a souhaité mieux connaître ses déterminants. Pour ceci, un de ses agents s'est particulièrement engagé dans la réalisation de la présente étude, en temps qu'étudiant en Diplôme EPHE, avec l'accompagnement scientifique de l'ONCFS DER CNERA PAD.

Prenant en compte la qualité de la connaissance développée sur le long terme des loups présents et du pastoralisme, ainsi que l'investissement reconnu dans la problématique de cohabitation loup-pastoralisme, le PNRQ constitue un territoire d'investigation et d'expérimentation adéquat (Blanchet, 2004). Etant donné qu'une part non négligeable de situations de vulnérabilité reste mystérieuse, une recherche d'explication du risque, ainsi que des préconisations de gestion adaptées sont nécessaires.

L'objectif global est de préconiser des évolutions de gestion qui puissent faire baisser la vulnérabilité des troupeaux sur le territoire expérimental. Pour ceci, l'analyse de la liaison entre prédation et variables de vulnérabilité, proposées par un collège d'experts, est utilisée.

La démarche s'articule en trois parties :

- Le Chapitre 1 cherche à comprendre les jeux de facteurs potentiellement liés à la présence de prédation du loup sur les troupeaux ovins perçus par des spécialistes de la problématique. Une analyse exploratoire d'opinions d'experts est alors utilisée pour mieux comprendre leurs points de vue, et ainsi révéler la diversité des situations vécues. Le choix d'une ouverture sur la pluridisciplinarité de la problématique a été privilégié, afin de se situer en amont du choix des facteurs à étudier. L'analyse s'appuie sur des entretiens ouverts et utilise différents outils statistiques, notamment les analyses de données multivariées. Etant donné que seule une partie des spécialistes sont en mesure d'exposer spécifiquement leur point de vue sur le territoire du PNRQ, cette partie a été ouverte à une échelle plus large.
- Le Chapitre 2 consiste en une recherche d'explication de la prédation constatée sur le territoire du PNRQ. Pour ceci, les éléments proposés par les experts dans le chapitre précédent ont fait l'objet de relevés sur le terrain. Les principaux outils utilisés sont des modèles linéaires généralisés à effets mixtes associés à des analyses multivariées. Pour ceci la prédation du loup sur le site expérimental est explorée. Une typologie des troupeaux, synthétisant une grande partie des facteurs proposés en Chapitre 1, est déterminée. Les réponses aux variables de biologie du loup sont établies. Un modèle permet alors de prévoir le risque de prédation.
- Le Chapitre 3 vise à apporter des propositions de gestion concrètes et hiérarchisées pour diminuer la vulnérabilité des troupeaux au travers d'arbres décisionnels. Il en résulte une stratégie territoriale, complétée par des préconisations personnalisées en fonction des pratiques pastorales.

Chapitre 1. A LA RECHERCHE DES FACTEURS DE VULNERABILITE DES TROUPEAUX A LA PREDATION DU LOUP

Introduction : une approche exploratoire des opinions d'experts

L'objectif de cette partie est d'établir un état des lieux des perceptions de facteurs de vulnérabilité potentiels. Pour ceci une étude des opinions d'experts est utilisée.

Ce type de démarche est de plus en plus fréquent en biologie de la conservation (Holthausen *et al.*, 1994, Didier *et al.*, 2004, Low Choy *et al.*, 2009), notamment lorsque les données utilisables en analyse sont rares (Martin *et al.*, 2005, Austin *et al.*, 2009, Murray *et al.*, 2009, Czembor *et al.*, 2011, Kuhnert, 2011). Cette méthode est parfois utilisée pour compléter des analyses inférentielles en cours de recherche (Martin *et al.*, 2005, Austin *et al.*, 2009, Murray *et al.*, 2009). Certaines études se basent même uniquement sur des avis d'experts pour saisir des réalités biologiques (Fuentes et Cinner, 2010). Leurs résultats peuvent être biaisés (Johnson *et al.*, 2004) ou apporter peu d'informations (Pearce *et al.*, 2001).

Les opinions d'experts apportent des informations essentielles dans une démarche exploratoire lorsqu'elles sont analysées par la suite à l'aide de données biologiques (Doswald *et al.*, 2007, Kuhnert, 2011). Le Chapitre 1 s'inscrit dans cette logique, constituant un préambule à l'explication du risque de prédation. Pour ceci, un panel de spécialistes, d'origines professionnelles différentes, décrivent chacun leur vision du système de prédation, selon leurs connaissances et leur domaine de compétence. Les questions à explorer sont :

- la dimension multifactorielle de la problématique est-elle nécessaire ?
- quels sont les facteurs de vulnérabilité les plus cités ?
- les perceptions de situations de vulnérabilité sont-elles complémentaires ?
- les spécialistes ont-ils une vision proche par domaine de compétences ?

1) Matériel et méthode

a) Un échantillon pluridisciplinaire

Afin de prendre en compte l'ensemble des dimensions de la problématique, les experts sollicités sont issus de domaines de compétences complémentaires (tableau II). Leurs avis portent sur des zones géographiques diverses, du Queyras à l'international.

Les 13 bergers ou éleveurs interrogés sont issues du Queyras et ont subi une prédation expertisée « loup non écarté » au minimum depuis 2006.

Parmi les pastoralistes, ont participé les 9 techniciens pastoraux départementaux et des salariés du CERPAM.

Les biologistes interrogés comprennent un animateur du Réseau Loup-Lynx de l'ONCFS, l'ingénieur des travaux de l'ONCFS en charge du dossier « loup » (tous deux membres de la DER CNERA PAD), une

chercheuse en biologie ayant travaillé sur cette problématique dans le Mercantour, ainsi qu'un spécialiste international des canidés.

Les sociologues sont composés d'une anthropologue et d'une sociologue travaillant sur la relation que l'homme entretient avec le loup.

Enfin, parmi les gestionnaires d'espaces naturels on trouve des personnels techniques chargés de l'établissement de constats de dommages sur troupeaux domestiques et de l'accompagnement des bergers et éleveurs, des attachés scientifiques de parcs nationaux, régionaux, réserves naturelles.

Tableau II : Les domaines de compétence des experts consultés dans le cadre de l'analyse exploratoire

<i>Domaines de compétence</i>	<i>Nombre d'experts</i>
Eleveurs - bergers	13
Pastoralistes	14
Biologistes	4
Sociologues	2
Gestionnaires d'espaces naturels	8
Total	41

b) Des entretiens ouverts

La technique de recueil des avis choisie est celle des entretiens ouverts. Cette méthode permet d'aller au-delà des facteurs le plus souvent abordés en favorisant l'expression dans un contexte cadré. Elle peut faire découvrir des aspects d'un phénomène auxquels l'intervieweur n'a pas pensé (Blanchet et Gotman, 2006).

Une grille d'entretien peu structurée est utilisée. Elle comprend la formulation d'une consigne, et d'axes thématiques qui seront abordés lors de l'entretien (Blanchet et Gotman, 2006). La consigne est d'exposer les facteurs pouvant expliquer des niveaux de prédation différents sur les troupeaux ovins. Les axes thématiques consistent en la proposition de domaines afin de permettre aux spécialistes de ne pas omettre une dimension dans leurs propositions, à savoir : la biologie du loup, les techniques pastorales et de protection, la configuration de la zone pâturée, les facteurs humains, les conditions météorologiques, d'autres facteurs.

Les entretiens ont été réalisés de *visu* ou par téléphone. Ils ont été enregistrés dans la mesure du possible et retranscrits aux fins d'analyses.

c) Des analyses statistiques exploratoires

Afin de répondre aux questions posées, différentes techniques ont été utilisées.

La liste des propositions de facteurs de vulnérabilité indispensable à la poursuite de la démarche (Chapitres 2 et 3) a été identifiée par leur citation dans un entretien au minimum.

Pour vérifier la transversalité de la problématique, la proportion d'experts de chaque domaine de compétence ayant cité les différents thèmes proposés a été recherchée. Dans ce but, les propositions de facteurs ont été regroupées par thèmes et ont été codées en présence – absence de citation de la thématique pour chaque expert sous la forme d'un tableau disjonctif. Un pourcentage d'experts de chaque domaine de

compétence a été associé à chaque thème. Les résultats obtenus ont été mis sous forme d'un tableau de contingence. Ces étapes ont été réalisées avec le logiciel Excel. Le package ade4 (Chessel et Dufour, 2011) du logiciel R a été utilisé pour la représentation graphique.

Pour connaître les facteurs faisant consensus, ils ont été conservés à une échelle assez détaillée. Un pourcentage d'experts ayant cité chaque facteur a été établi, classé, puis mis en forme à l'aide du logiciel Excel.

Les perceptions de la vulnérabilité ont été étudiées grâce à une analyse des correspondances multiples (ACM) (Escofier et Pagès, 1990, Saporta, 2006) complétée par des dendrogrammes de Ward (Chessel *et al.*, 2008) pour représenter les proximités entre modalités, à l'aide du package ade4 de R. Un niveau de précision intermédiaire entre les deux niveaux précédents a été choisi. Les modalités quantitatives des variables ont été transformées en modalités qualitatives.

2) Résultats

La déclinaison des résultats des entretiens en trois niveaux (tableau III) a été nécessaire afin de réaliser les analyses.

Le premier niveau représente les thèmes proposés dans le cadre des entretiens semi-directifs. Le troisième niveau correspond aux propositions émises par les experts. Enfin, le niveau 2, intermédiaire, permet de synthétiser des facteurs liés pour éviter d'alourdir les analyses en nombre de variables, sans apporter d'intérêt exploratoire. A titre d'exemple la taille et la dispersion du troupeau, la surface pâturée, le temps de pâturage au niveau 3 ont été synthétisés en « disponibilité en brebis » dans le niveau 2.

Pour chaque analyse est précisé le niveau utilisé.

Le niveau 3 sera utilisé dans les Chapitres 2 et 3.

Tableau III : Les niveaux de précision des facteurs de vulnérabilité proposés par les experts nécessaires aux étapes de l'analyse exploratoire

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Biologie du loup	Zonage de la meute ⁴	Zonage du territoire des loups
		Distance des sites de rendez-vous
	Exploitation du territoire	Parcours des loups ⁵
	Structure de la meute	Structure de la population de loups ⁶
Météo		Nombre de loups
	Conditions météorologiques	Météo
Milieu	Passages favorables aux loups	Passages favorisés ⁷
	Disponibilité en eau	Disponibilité en eau
	Topographie	Bois et/ou relief
	Gibier	Gibier
	Multiusage de l'alpage	Usages anthropiques ⁸
Humain	Gardiennage	Nombre de gardiens
		Expérience du berger
		Formation du berger
	Motivation	Motivation du berger
Protection	Isolement	Isolement ⁹
	Prévention vivante	Effectif et/ou qualité des chiens de protection
		Effarouchement
		Distance entre cabane et couchade
Pastoralisme	Prévention structurelle	Filets de protection
		Présence et qualité des cabanes
		Taille du troupeau
		Temps de pâturage
	Disponibilité en brebis	Surface pâturée
		Dispersion du troupeau
		Qualité sanitaire du troupeau
	Bêtes isolées	Lots ¹⁰
	Problème majeur	Problème majeur

⁴ Présence du troupeau dans une Zone de Présence Permanente (ZPP) ou Temporaire (ZPT), et au centre ou en périphérie de la meute. La périphérie de la meute est un espace tampon entre deux meutes moins fréquenté pour éviter les conflits avec les meutes voisines (Mech, 1994, Jedrzejewski *et al.*, 2001, MEEDAT - MAP, 2008).

⁵ La prédation est favorisée par les parcours utilisés par les loups, donc leur rencontre possible avec les troupeaux.

⁶ La reproduction ou son absence pour la meute.

⁷ La proximité des zones forestières et de col canalisant le potentiel passage des loups vers le troupeau.

⁸ Chasse, pêche, tourisme, foresterie, opérations de hurlements provoqués (voir Chapitre 2, 1, b, ii), proximité avec villages, soit toute fréquentation humaine susceptible de perturber la conduite du troupeau ou le comportement des loups.

⁹ Isolement social et/ou géographique du berger.

¹⁰ Détachement accidentel d'une partie du troupeau.

a) Une problématique qui dépasse les disciplines

La prise en compte de facteurs multiples est confirmée par la figure 6, réalisée à partir du niveau 1 du tableau III. De façon globale, en mettant de côté le groupe des éleveurs, tous les thèmes sont cités par plus de 80% des experts de chaque domaine de compétence. Les éleveurs et bergers reconnaissent particulièrement la protection du troupeau comme efficace (à plus de 90%), puis 60% à 80% pour l'ensemble des autres thèmes, outre les facteurs humains cités par moins de 50% des interviewés.

La problématique est donc envisagée comme multifactorielle par le collège de spécialistes. Chacun ne reste pas dans son domaine de compétence ou à l'inverse ne blâme pas les domaines qui leur sont distants.

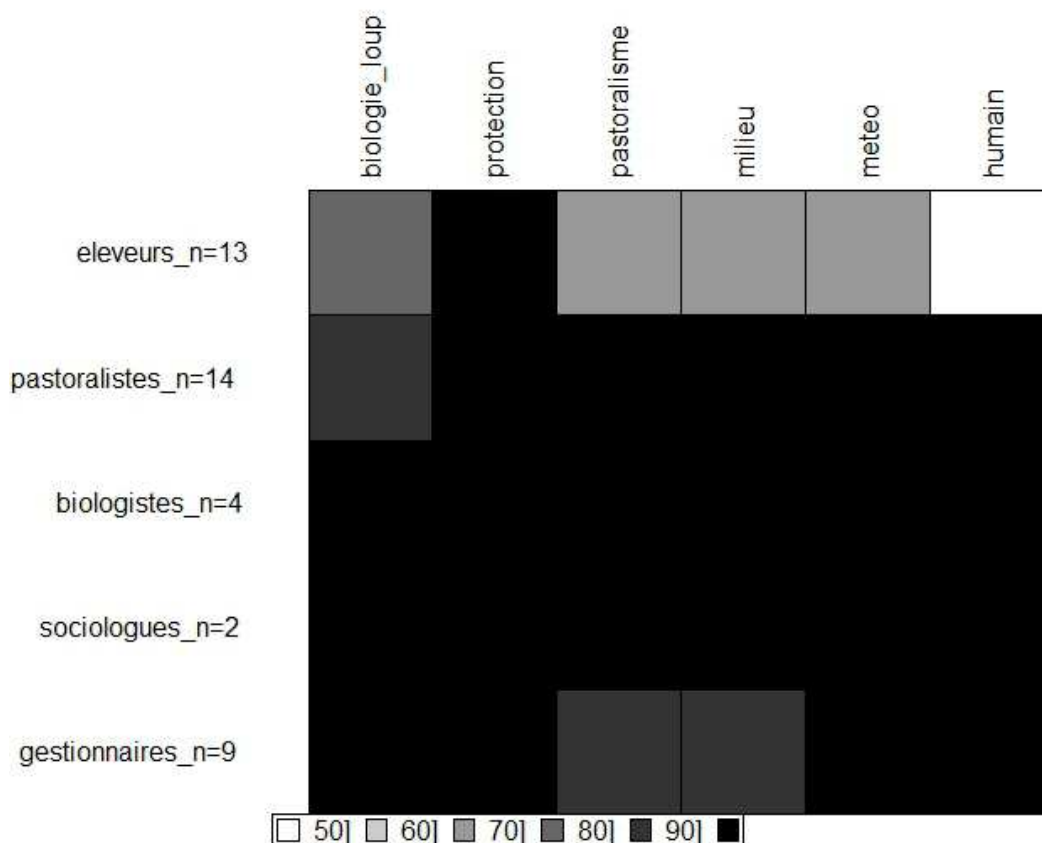


Figure 6 : Le pourcentage d'experts de chaque domaine de compétence citant chaque thème de vulnérabilité

Des paliers dans la fréquence des facteurs cités sont constatés (figure 7, réalisée à partir du niveau 3). Ainsi une chute importante permet de différencier un ensemble de facteurs cités à plus de 60% d'un autre où les facteurs sont cités par moins de 40% des spécialistes. Le premier groupe montre que les techniques de protection favorisées par les programmes Life et les Plans Nationaux sont fortement citées : filets de protection, chiens de protection, aide-berger et effarouchement. Les deux premiers sont les plus cités, à plus de 90%. Des facteurs de « milieu » font également partie de cet ensemble : boisement, topographie, météo, et dans une certaine mesure la formation de lots par séparation involontaire du troupeau, et les passages des loups. Un facteur humain est cité à plus de 60% : l'expérience du berger. L'échantillon utilisé, notamment l'importance des bergers et éleveurs, doit être pris en compte dans l'interprétation des résultats.

Donc les outils sur lesquels l'Etat, en temps que gestionnaire national de la problématique, s'est engagé sont corroborés, en ce qui concerne le trio de protection chiens - filets - aide berger. Les facteurs de milieu sont utilisés dans le cadre des diagnostics de vulnérabilité proposés dans les programmes nationaux successifs. L'expérience du berger est également reconnue (Dumé, 2006).

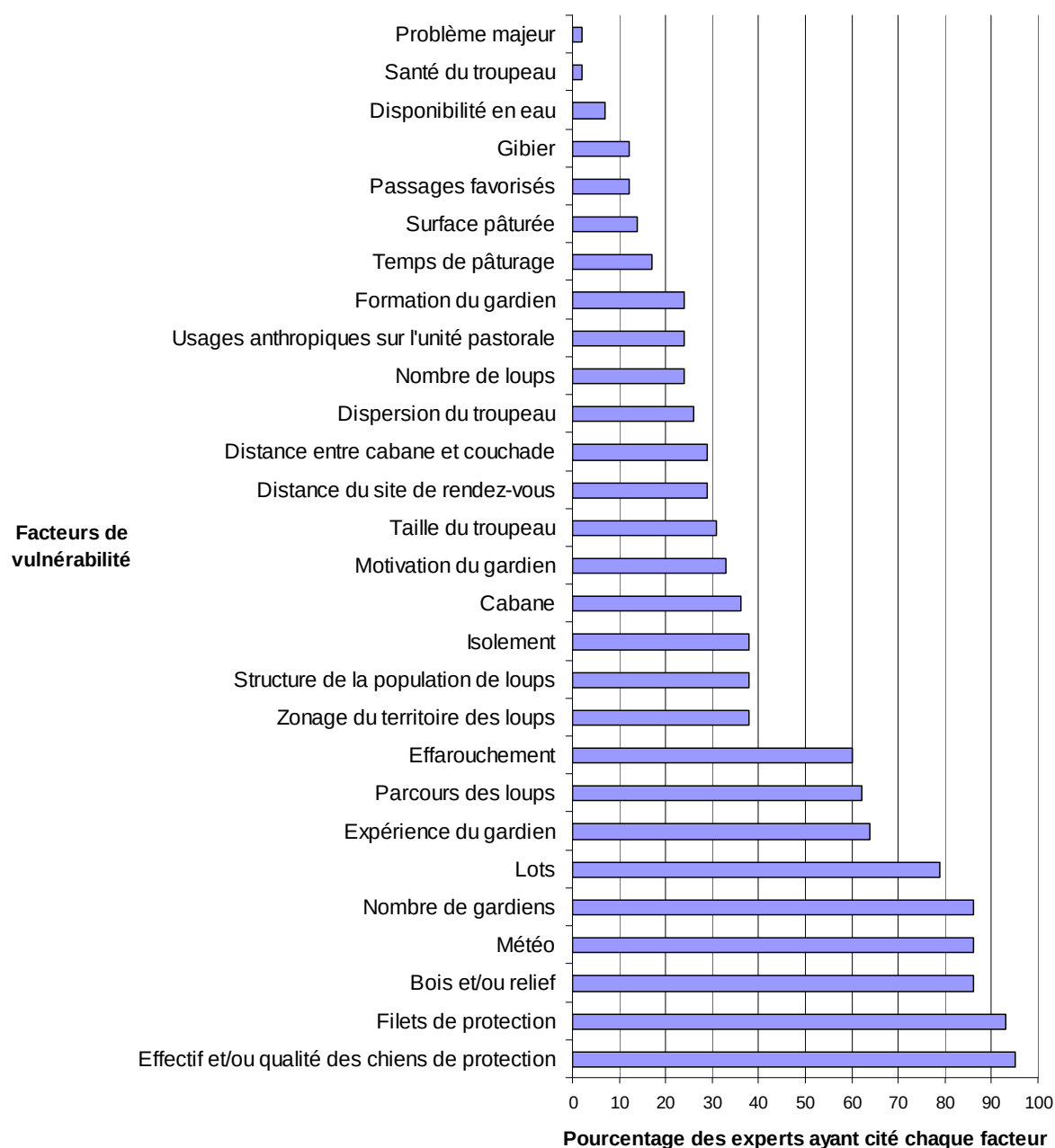


Figure 7 : Ordonnation des facteurs de vulnérabilité de niveau 3 en pourcentage d'experts les ayant cités.

b) Une perception différente des facteurs de vulnérabilité : les « fatalistes » et les « déterministes »

Afin de comprendre les déterminants des situations de vulnérabilité évoquées, les analyses multivariées ont nécessité l'utilisation du niveau 2 du tableau III. Les variables (n=16) et les modalités (n=41) sont présentées dans le tableau IV. L'unité statistique est ici l'expert (n=41).

Tableau IV : Les variables et modalités utilisées pour l'identification des perceptions de vulnérabilité

<i>Variables</i>	<i>Modalités</i>
Zonage de la meute	Hors ZPP et cœur de meute Cœur de meute Hors ZPP Non cité
Exploitation du territoire	Cité Non cité
Structure de la meute	Reproduction Nombre de loups et reproduction Nombre de loups Non cité
Conditions météorologiques	Précipitations Non cité
Exploitation du territoire par les loups	Cité Non cité
Disponibilité en eau	Cité Non cité
Topographie	Bois et relief Non cité
Gibier	Quantité Non cité
Multi usage alpage	Urbanisation Activités Non cité
Gardiennage	Quantité Qualité Quantité et qualité Non cité
Motivation	Cité Non cité
Isolement	Tissu social Non cité
Prévention vivante	Quantité Qualité Quantité et qualité
Prévention structurelle	Quantité Qualité Quantité et qualité
Disponibilité en brebis	Cité Non cité
Bêtes isolées	Cité Non cité

La majorité de la variabilité des avis se répartit sur les cinq premiers axes factoriels de l'ACM. Mais seul le premier explique une forte variabilité des avis (28%), se détachant de l'ensemble des autres (figure 8). Il s'explique par l'opposition entre des facteurs non cités et ces mêmes facteurs ayant des propositions

d'explication (figures 8 et 9). Un gradient sur le deuxième axe factoriel tend à opposer la prise en compte dominante soit des sciences naturelles ou des sciences humaines (figure 9).

Selon les résultats de l'ACM (figure 8, 9, 10 et 11), deux grands groupes se distinguent nettement :

- Un ensemble essentiellement composé des bergers, éleveurs, avec également deux agents de constats, un biologiste, un technicien pastoral et un responsable scientifique d'espace naturel. Ils traduisent une vision que l'on peut caractériser de « fataliste » c'est à dire qu'ils identifient peu de facteurs déterministes. A l'intérieur, deux sous-groupes se démarquent.
 - Le premier considère globalement une seule causalité à la vulnérabilité : le nombre de loups, l'intensité de protection ou de gardiennage. Il s'agit de la majorité des bergers et éleveurs auxquels s'ajoute un agent de constat de Savoie.
 - Le second groupe se caractérise par la prise en compte de la qualité des moyens de protection, des dérangements anthropiques et des loups en dispersion comme déterminants. Il s'agit de trois bergers ou éleveurs (Saint Véran, Château-Ville-Vieille et Ristolas) ainsi qu'un agent de constat des Hautes-Alpes, un biologiste des Alpes du Sud, un technicien pastoral des Alpes Maritimes ainsi qu'un responsable scientifique d'espace naturel des Hautes-Alpes.
- A l'opposé, l'ensemble des autres experts - soit les techniciens pastoraux, les pastoralistes, les spécialistes des sciences humaines, les biologistes et les gestionnaires d'espaces naturels - a une vision de type « déterministe » et multifactorielle. La problématique est appréhendée comme un système complexe et en interaction. Une tendance se démarque en sous groupes.
 - Un ensemble d'experts dense et diversifié, plutôt qualifié en pastoralisme, biologie et gestion territoriale, apporte une vision « fonctionnelle » ou liée au « vivant » (un sociologue, des agents de constats - Hautes-Alpes, Alpes-Maritimes -, des biologistes nationaux, des pastoralistes des Hautes-Alpes, des techniciens pastoraux - Isère, Alpes-Maritimes, Drôme, Savoie, Hautes-Alpes, Var -, des responsables scientifiques des Alpes du Sud et d'Isère et un berger d'Abriès). Elle se traduit notamment par l'identification de la qualité et de l'isolement du berger, de la reproduction et de la situation de la meute.
 - Le second sous groupe apporte une vision plus « structurelle » de la problématique (topographie, conditions météorologiques, prévention, nombre de brebis, bêtes isolées). Il est composé par les deux pastoralistes nationaux, des agents de constats - Hautes-Alpes, Isère, Savoie -, un technicien pastoral des Alpes de Haute Provence, un biologiste des Alpes du Sud, et un anthropologue.

A un niveau de détail plus fin, un ensemble d'experts (un biologiste des Alpes du Sud, un anthropologue et un agent de constat) se discrimine par sa prise en considération de la dimension quantitative.

Les variables humaines sont citées ensemble (qualité, isolement, gardiennage), notamment par un sociologue, les biologistes nationaux, des techniciens pastoraux - Drôme, Savoie, Hautes-Alpes -, trois pastoraux des Hautes-Alpes et des agents de constats des Hautes-Alpes et des Alpes-Maritimes.

Des situations de vulnérabilité différentes, comme par exemple la différence d'expérience entre des zones d'occupation récente ou ancienne, ou encore liées au milieu ou au type de pastoralisme ne sont pas identifiées par cette analyse.

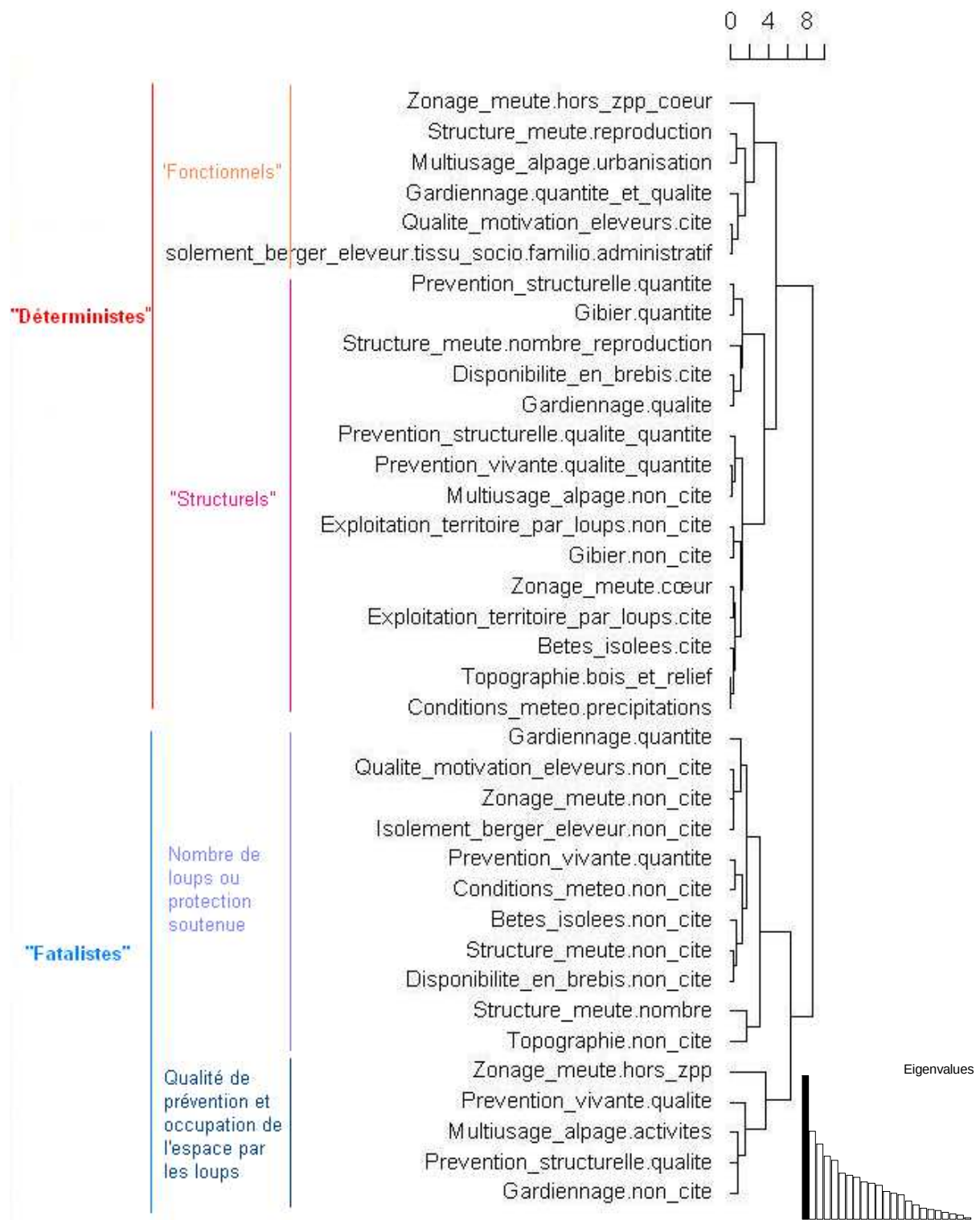


Figure 8 : Dendrogramme des variables citées par les 41 experts interrogés sur les facteurs potentiels de vulnérabilité des unités pastorales à la prédation du loup.

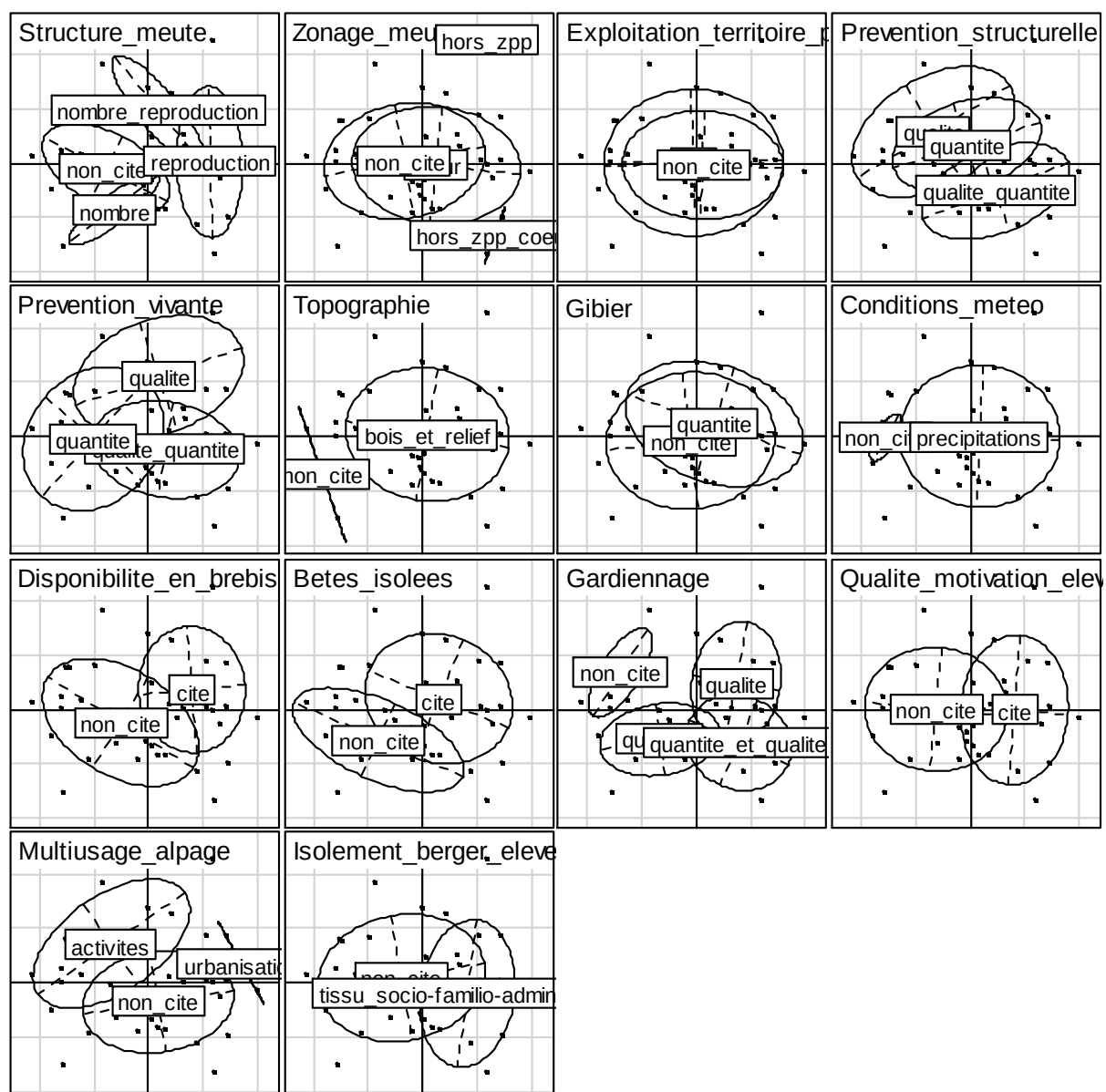


Figure 9 : Représentation des facteurs de vulnérabilité proposés par les experts et de leurs modalités sur le premier plan factoriel de l'ACP.



- Légende :

AC_Isère = agent de constat de l’Isère

B_SV = berger de Saint-Véran

EB_C = éleveur berger de Ceillac

EB_CVV = éleveur berger de Château-Ville-Vieille
- PF2 = pastoraliste national n°2

PH2 = pastoraliste des Hautes-Alpes n°2

RSENAS = responsable scientifique d’espace naturel des Alpes du Sud

TP_AHP = technicien pastoral des Alpes-de-Haute-Provence

TP_AM2 = technicien pastoral des Alpes-Maritimes n°2
- TP_D = technicien pastoral de la Drôme

TP_HS = technicien pastoral de Haute-Savoie

TP_S = technicien pastoral de Savoie

TPH = technicien pastorale des Hautes-Alpes

Figure 10 : Représentation des spécialistes en fonction des facteurs de vulnérabilité qu’ils ont proposés sur le premier plan factoriel de l’ACM.

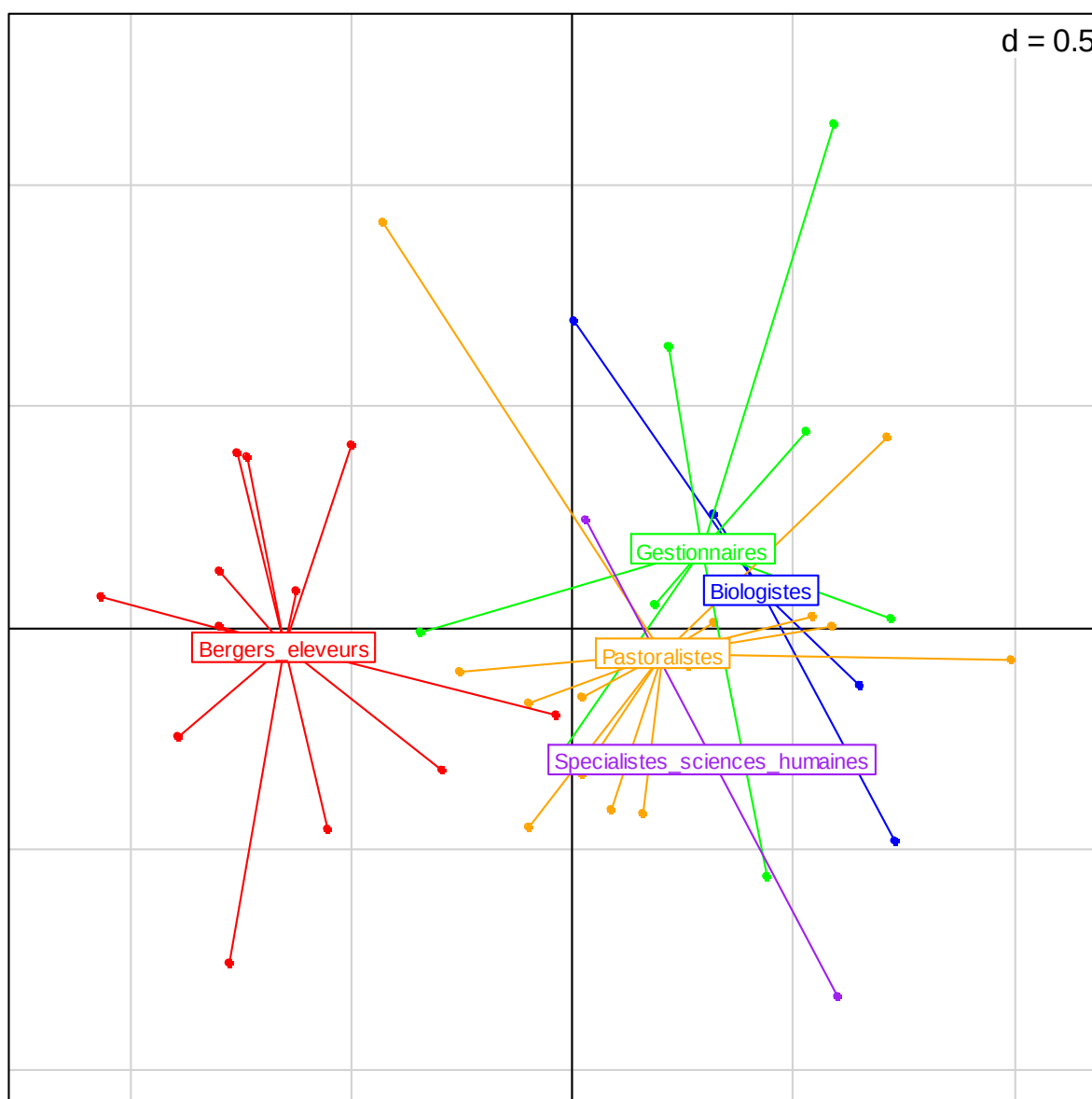


Figure 11 : Représentation de la position des spécialistes, regroupés par domaines de compétences, dans le premier plan factoriel de l'ACM étudiant la perception des différents experts de la vulnérabilité des troupeaux face à la prédation.

Les proximités entre experts permettent d'identifier deux groupes qui ont des visions complémentaires. Les bergers et éleveurs se discriminent fortement sur le premier axe factoriel (figures 11 et 12).

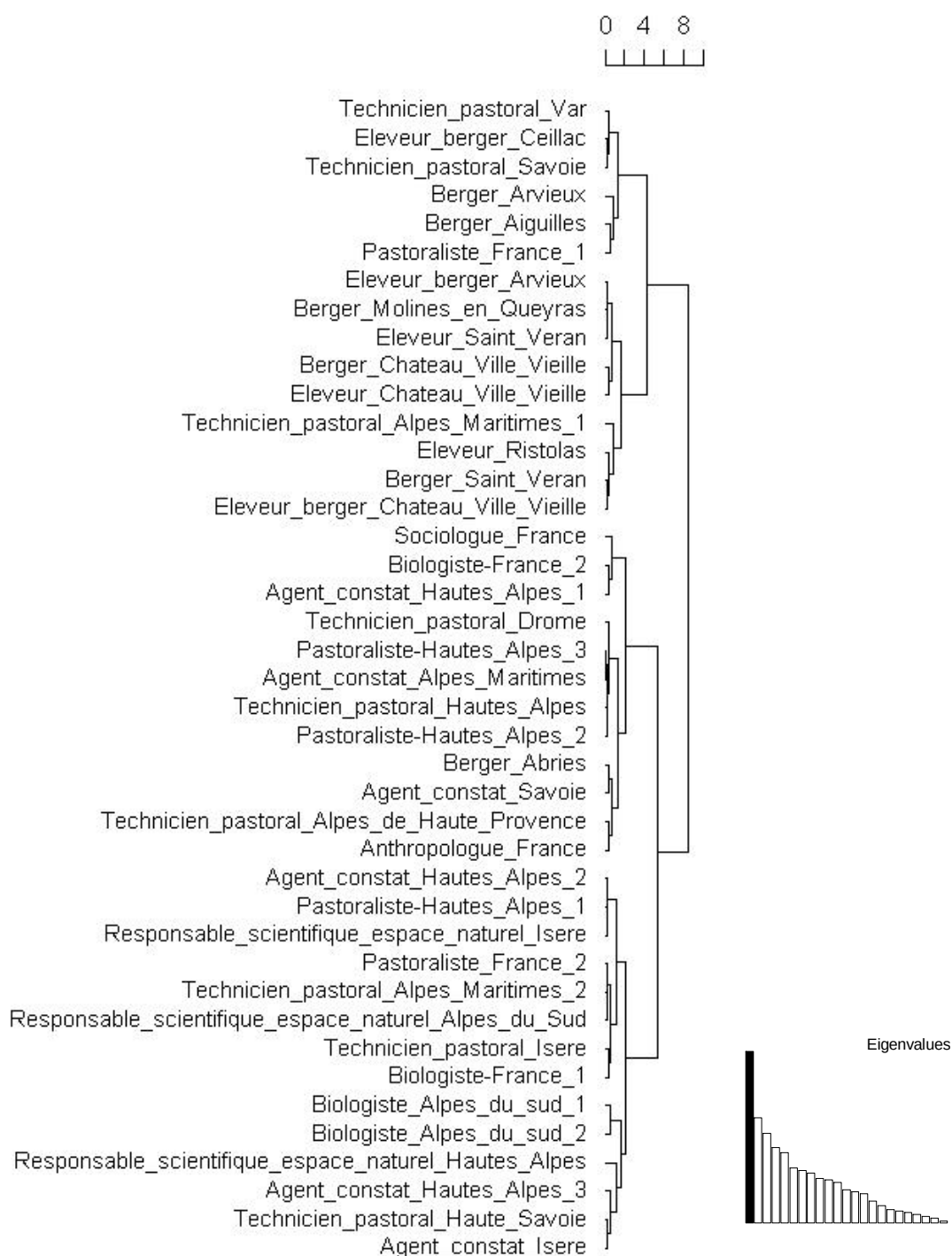


Figure 12 : Proximité entre experts, selon leurs points de vue sur la vulnérabilité des troupeaux ovins à la prédation du loup, représentée par un dendrogramme.

Ainsi la prise en compte multidimensionnelle des facteurs potentiels est de mise quel que soit les domaines de compétences des experts. L'interprétation de la démarcation des éleveurs de l'ensemble des autres experts traduit donc, non pas une identification de facteurs divergents, mais plutôt une vision « fataliste » basée sur l'expérience locale de prédation qu'ils ont vécu. Cette caractéristique les oppose aux autres experts ayant souvent un regard à une échelle plus large, leur permettant d'avoir une vision plus déterministe, prenant en compte de multiples situations observées *a posteriori*, mais non vécues. Cette analyse met donc en lumière, non pas des divergences de points de vues techniques, mais des différences d'échelles d'appréciation de « ceux qui vivent » et de « ceux qui étudient » la prédation. La prise en compte de l'avis local des éleveurs s'avère donc un atout très complémentaire aux points de vue des autres experts.

c) Les zones géographiques peu déterminantes de la perception de la vulnérabilité

La recherche de regroupements d'avis par zones géographiques de compétence a été recherchée postérieurement à la détermination du plan d'échantillonnage. La prise en compte de cette dimension a été analysée avec l'ACM précédemment utilisée. **Les premiers résultats obtenus ne permettent pas d'identifier un zonage** (figure 13). Etant donné le déséquilibre du nombre d'experts entre Nord et Sud, et surtout l'absence de bergers et d'éleveurs en dehors du Queyras, les résultats restent peu interprétables pour refléter des différences éventuelles de perception selon un gradient géographique reflétant les pratiques pastorales majoritaires selon les régions.

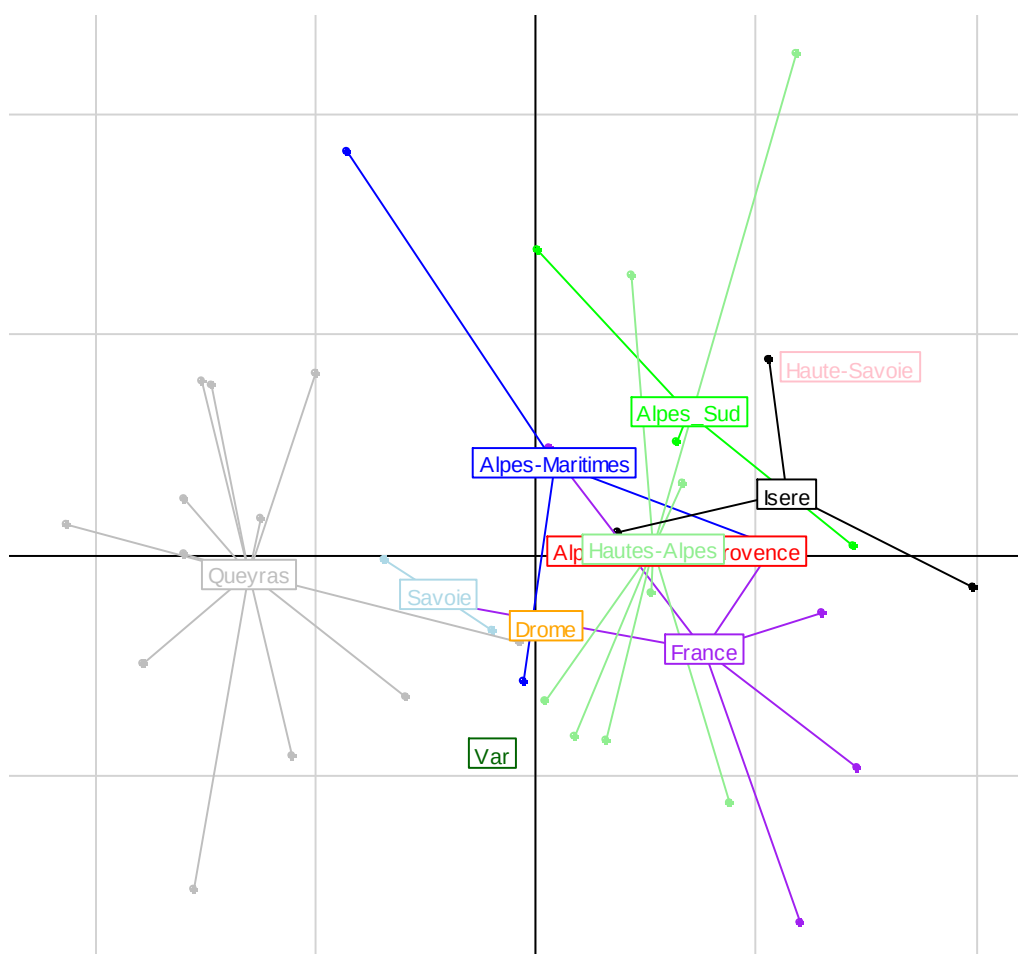


Figure 13 : Résultats des associations des experts selon leurs domaines géographiques de compétences représentés dans le premier plan factoriel de l'ACM.

3) Discussion

Etant donné les précédentes études réalisées sur cette problématique, ce chapitre constitue une étape essentielle à l'explication du risque de prédation et amène une plus value importante à une étude en sciences biologiques (Holthausen *et al.*, 1994, Didier *et al.*, 2004). Il permet de prendre en considération des visions complémentaires, dont certaines peuvent être considérées comme « marginales » par certains experts, mais qui apportent un fort intérêt à la présente étude. En revanche, ces informations ne constituent que l'expression d'avis. Leur pertinence reste à confirmer par une démarche expérimentale appuyée d'outils statistiques face au risque de prédation constaté sur le terrain (Johnson *et al.*, 2004, Kuhnert, 2011).

Les spécialistes ayant participé aux entretiens recouvrent l'ensemble des domaines de compétence nécessaires à une prise en compte globale de la problématique. En revanche, le nombre d'experts de chaque domaine n'est pas équilibré, ainsi que l'indique le tableau II. Les spécialistes en sciences humaines et en biologie sont ainsi sous représentés dans le plan d'échantillonnage. La faible existence de ces spécialistes explique cette situation.

La recherche de divergences d'opinions en fonction de la situation géographique, et donc de caractéristiques différentes de pastoralisme, donne des résultats critiquables. L'échantillonnage n'a pas été choisi dans cette optique, c'est pourquoi un déséquilibre en faveur des Alpes du Sud est constaté, notamment en ce qui concerne les bergers et éleveurs. L'historique de la problématique explique en partie cette situation. Afin d'approfondir la question de situations de vulnérabilité différentes en fonction du type de pastoralisme à une échelle nationale, il serait intéressant de compléter le plan d'échantillonnage avec une stratification adaptée.

Afin de connaître les correspondances entre experts et facteurs de vulnérabilité, une synthèse de variables et de modalités a été nécessaire. Le choix du niveau de précision de ce regroupement a paru le plus pertinent, donnant un maximum d'informations. Les analyses ont également été réalisées à des niveaux plus résumés et ont révélées des résultats similaires.

L'utilisation des analyses multivariées présente des problèmes de regroupement d'individus. Ainsi, un petit nombre d'individus proposant un ensemble de facteurs de vulnérabilité différents et un facteur cité uniquement par eux ont tendance à être associés, alors que leurs points de vue sont dans l'ensemble divergents.

Afin de comprendre de façon plus qualitative les facteurs de vulnérabilité, il serait intéressant de réaliser une analyse thématique des entretiens (Herandez et Grau, 2005). Cela permettrait de comprendre, selon les spécialistes, les relations causales conduisant à rendre les troupeaux vulnérables.

Conclusion

Le Chapitre 1 permet de s'appuyer sur un état des lieux des avis de spécialistes de la problématique, démarche reconnue comme pertinente dans la gestion territoriale et conservatoire (Treves *et al.*, 2006).

Prendre en compte la prédation comme dépendante d'un système multivarié apparaît une nécessité partagée.

Les spécialistes divergent de point de vue sur leur scepticisme à expliquer la prédation. Un ensemble, essentiellement composé des bergers, éleveurs, et de cinq autres personnes, traduit une vision que l'on peut caractériser de « fataliste », ne citant que quelques facteurs de vulnérabilité. A l'opposé, l'ensemble des autres experts - soit les techniciens pastoraux, les pastoralistes, les spécialistes des sciences humaines, les biologistes et les gestionnaires d'espaces naturels - ont une vision de type « déterministe ». Ils identifient des jeux de facteurs multifactoriels, avec des déterminants fonctionnels pour certains et structurels pour d'autres. Une complémentarité des visions entre ceux qui « vivent » la prédation et ceux qui « l'étudient » est ainsi identifiée. Elle permet une meilleure compréhension des perceptions de la vulnérabilité.

Le trio de protection – chiens de protection, filets de protection et aide berger –, des éléments de milieu et l'expérience du berger sont reconnus comme les plus cités par le collège d'experts.

Le Chapitre 1 détermine un ensemble de facteurs de vulnérabilité proposé par les spécialistes. Il permet dans la suite de la démarche d'expliquer la vulnérabilité et de préconiser des évolutions de gestion sur le territoire du PNRQ.

Chapitre 2. ESSAI DE MODELISATION DU RISQUE DE PREDATION DU LOUP DANS LE PARC NATUREL REGIONAL DU QUEYRAS

Introduction : Une approche explicative pour l'estimation du risque

Prenant en compte les circonstances pastorales et naturelles diversifiées en France, une étude des situations de vulnérabilité à une échelle nationale risque de donner des grandes tendances qui ne satisferaient personnes, car trop éloignée des réalités de terrain. Une échelle réduite à un massif peut ainsi donner des résultats plus pertinents en terme d'estimation du risque. Le PNRQ, en temps que territoire à vocation expérimentale de sauvegarde des patrimoines, bénéficie d'un suivi des loups et d'un accompagnement du pastoralisme suffisamment performant pour apporter des relevés de terrain de qualité (Blanchet, 2004). Il constitue donc un site expérimental particulièrement adapté.

Le Chapitre 2 adopte une approche prédictive afin d'évaluer les effets imbriqués des facteurs potentiels en regard de la prédation constatée, à savoir les constats d'attaques sur les troupeaux domestiques réalisés de façon exhaustive. L'ensemble des facteurs potentiels ont fait l'objet de relevés « sur le terrain » entre 2006 et 2008.

Les facteurs de vulnérabilité issus du Chapitre 1 sont très nombreux et souvent non indépendants. Une démarche de détermination de profils de troupeaux a été réalisée, synthétisant l'ensemble de ces facteurs potentiels définissant le système pastoral. Par ailleurs, trois autres variables descriptives de la composante « biologie du loup » sont également prises en compte dans la démarche de prédiction.

Le risque de prédation est donc mis en relation avec quatre variables explicatives (figure 14) : trois variables de biologie du loup - zonage de la meute (X3), structure de la meute (X4), nombre de loups (X2) - et une variable de typologie du troupeau (X1) regroupant l'ensemble des autres variables citées par les experts. Par souci de lisibilité de la démarche, la figure 14 accompagnera la démarche avec un grisé qui désignera la partie traitée.

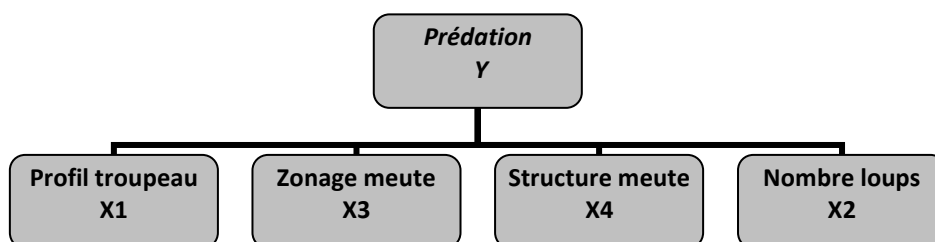
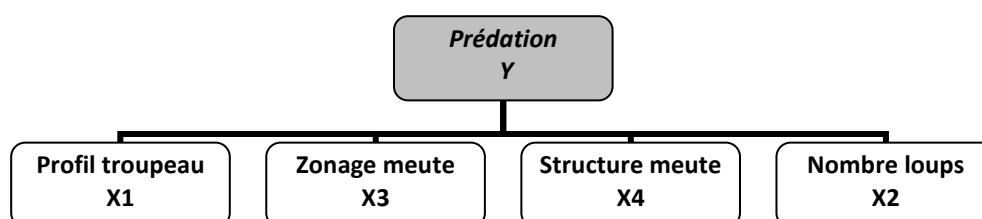


Figure 14 : Représentation du modèle de risque de prédation

1) Matériel et méthode

a) La variable réponse : les attaques expertisées



Toute hypothétique attaque de loups sur les troupeaux domestiques en France fait l'objet d'une expertise sur site.

A la découverte de potentielles victimes, le berger ou l'éleveur contacte les services de la DDT par téléphone, ou dans le PNRQ par le système de radiocommunication. Un agent habilité renseigne un dossier technique de constat de dommages valable sur l'ensemble du territoire national (Dahier et Lequette, 1997, Coisne, 2006, MEEDDAT-MAP, 2008) présentant tous les éléments techniques de morsures, consommations pour chaque victime et les conditions environnantes. Le constat est instruit soit par la DDT, soit par l'ONCFS, pour établir la conclusion technique de responsabilité du loup selon une procédure hiérarchique :

- identification d'un acte de prédation (oui/non), et si oui :
- identification de critères d'exclusion de responsabilité du loup.

Selon la conclusion, le dossier est ensuite instruit pour sa partie de compensation financière éventuelle.

Afin de prendre en compte la prédation la plus proche de la réalité biologique, la variable réponse utilise les attaques expertisées « loup non écarté » issues de la conclusion technique. Les attaques indemnisées présentent en effet des disparités selon les départements ou des décisions politiques (Duchamp, 2005, Coisne, 2006).

La prédation est reconnue comme corrélée à la disponibilité en proies (Mech *et al.*, 2000, Treves *et al.*, 2004, Breck et Meier, 2004, Espuno *et al.*, 2004, Joly, 2006, Hemery, 2008). Aussi pour étudier les effets déterministes des facteurs de vulnérabilité en dehors des tailles de troupeaux, le nombre d'attaques brut est corrigé. Cette nouvelle variable, nommée « prédation » dans la suite de cette étude, représente la situation d'être plus ou moins attaqué que ce qui est attendu compte tenu de la disponibilité en moutons. Pour ceci, un premier modèle expliquant la présence de prédation expertisée « loup non écarté » par la taille de troupeau et/ou le temps de pâturage, avec des modalités en classes, est recherché. La variable réponse est donc binomiale. Un même troupeau pouvant évoluer sur plusieurs quartiers d'UP au cours de la saison et d'une année sur l'autre, les données ne sont pas indépendantes. Un effet individuel du troupeau ne peut être ignoré. Dans ce contexte, un modèle linéaire généralisé mixte est utilisé (Lindstrom et Bates, 1990, Bolker *et al.*, 2008, Besnard, com. pers.) en déclarant une variable « troupeau » (n=42) comme composante aléatoire. L'analyse a été réalisée avec le package lme4 (Bates, 2005, Bates *et al.*, 2011) de R. Les résidus de ce modèle sont codés de façon binomiale : « 1 » lorsqu'ils sont positifs (plus d'attaques qu'attendu pour sa disponibilité en ovins) ou « 0 » lorsqu'ils sont négatifs (moins d'attaques que prévu pour sa disponibilité en ovins).

Le modèle linéaire, sous la théorie de l'analyse de variance en dispositif déséquilibré, prend la forme suivante :

Logit $Y = \alpha + \beta X_a + \chi X_b + \varepsilon + (1 | \text{Troupeau})$ avec

Y = Présence de prédation expertisée « loup non écarté »

X_a = taille du troupeau en classes

X_b = temps de pâturage en classes

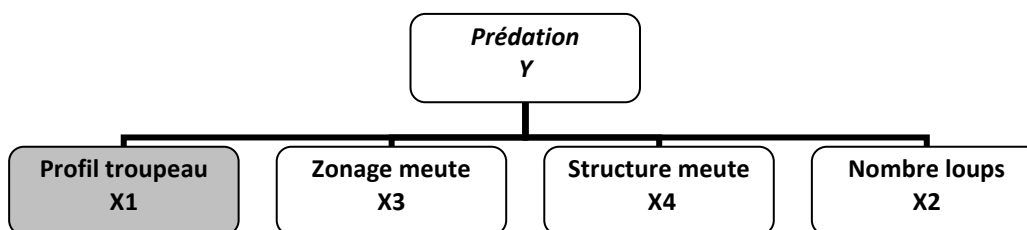
ε = résidus du modèle

L'unité statistique est le quartier d'UP soit 322 individus. Les relevés portent sur l'ensemble des troupeaux du PNRQ (à trois exceptions près¹¹) pendant la période 2006-2008.

b) Les variables explicatives

Afin d'expliquer la variable réponse, quatre variables explicatives sont disponibles : trois variables de biologie du loup (nombre de loups, zonage et structure de la meute) et une variable de profil du troupeau synthétisant toutes les caractéristiques composant le système du quartier d'UP.

i. La composante pastorale : construction d'une typologie des troupeaux



Un grand nombre de facteurs ont été proposés dans le Chapitre 1 (tableau III), pour partie corrélés les uns aux autres. De plus, un troupeau est un système cohérent avec des contraintes et des choix pastoraux. Par exemple, les troupeaux évoluant dans des milieux secs ont tendance à s'étendre ; ou les éleveurs rentrant les troupeaux chaque soir en bergerie n'auront pas de cabane et ne seront pas isolés. La définition d'une typologie de troupeaux permet une synthèse de l'ensemble des facteurs proposés. Les éléments de biologie du loup n'étant pas liés aux pratiques pastorales à l'échelle de cette étude, ceux-ci seront pris en compte à part.

Les quelques variables quantitatives ont été recodées en variables qualitatives et une ACM ainsi que des dendrogrammes ont été utilisés avec le package ade 4 de R. L'unité statistique choisie reste le quartier d'UP ($n = 322$). Les variables sont celles qui ont résulté de l'analyse des dires d'experts du Chapitre 1 (tableau III, niveau 3). Les variables de taille de troupeau, de surface pâturée, de dispersion et de temps de pâturage étant synthétisées dans la variable réponse, elles n'ont pas été reprises dans la définition des profils. Les variables ($n=19$), chacune avec leurs modalités et les méthodes de relevés, sont présentées dans le tableau V. Un grand nombre de relevés ont été réalisés par un entretien direct avec le berger présent pendant l'été 2008, par les connaissances de l'équipe technique du PNRQ, ou par l'exploitation de diagnostics pastoraux.

¹¹ L'alpage de Peynin (Aiguilles), de Valpréveyre (Abriés) pour les années 2006 et 2007, et un troupeau de Risoul pâturant quelques semaines par an aux Escoyères (Arvieux).

Le logiciel MapInfo a été utilisé pour le travail nécessitant une utilisation de la cartographie.

Certaines variables de l'ACM sont la synthèse de plusieurs variables relevées sur le terrain. Elles ont nécessité un traitement préalable par des analyses factorielles (ACM ou ACP selon les cas de variables qualitatives ou quantitatives). La variable synthétique est la projection des individus sur l'axe factoriel principal. Les résultats numériques de ces projections sont classifiés en modalités qualitatives.

A titre d'exemple, la variable d'isolement du berger est la synthèse des variables de :

- Distance d'habitations (calculée en temps de marche à dire d'experts de l'équipe technique du PNRQ),
- Présence d'un tissu social (défini par entretien ou à dire d'experts de l'équipe technique du PNRQ),
- Présence d'un moyen de communication portable ou radio (défini par entretien ou à dire d'experts de l'équipe technique du PNRQ).

L'ACM de ces facteurs a permis de projeter les individus (ou les quartiers d'UP) dans le premier plan factoriel et relever ainsi leurs coordonnées sur le premier axe factoriel. Celles-ci ont été classées en trois modalités : isolement fort / moyen / faible qui serviront de modalités pour la variable « isolement du berger ».

De même, la variable de qualité du système de chiens de protection est la synthèse de quatre variables choisies en accord avec la chargée de mission « Prévention contre la prédation » de la DDT des Hautes-Alpes (Moret, com. pers.) :

- La tolérance envers les hommes,
- L'absence d'agressivité envers le troupeau,
- La présence au troupeau,
- La réactivité à se placer correctement dans le troupeau lors de l'approche d'un intrus.

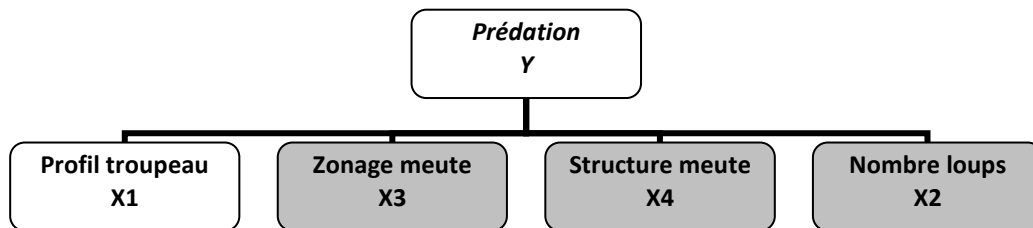
Pour chaque chien les bergers ont été questionnés sur ces différents critères. Les résultats ont pu être modulés en fonction des observations réalisées par l'équipe du PNRQ. Pour chaque chien ces quatre variables ont été relevées en temps que variable binomiale. Lorsque plusieurs chiens sont présents sur un même quartier d'UP, un pourcentage de chacune des quatre variables a été calculé pour le système de chiens. La variable qualité des chiens est une variable binomiale avec pour modalités : « bonne » lorsque l'ensemble des chiens totalise 100% de réussite sur tous les critères, et « mauvaise » à l'inverse.

La définition de la quantité de gibier a été possible grâce aux bilans de plans de chasse communaux des années étudiées (Corti, com. pers.). Chaque quartier d'UP a été affecté à la commune majoritaire dans sa surface.

Tableau V : Les variables, modalités et méthodologies employées pour la définition de la typologie des troupeaux

Domaine	Variables (reprise niveau 3)	Méthodologie	Modalités
Milieu	Passages favorables aux loups	Proximité avec zone forestière et canalisation des passages sur le troupeau - cols, vallon - ; estimation à dire d'expert du PNRQ à partir du scan 25	Absence / Présence
	Gibier	Plans de chasse communaux	Fort (>90 ongulés par an) / Faible
	Topographie dégagée	Estimation à dire d'expert du PNRQ à partir du scan 25	Dégagée / Difficile
	Multi usage	Présence de travaux forestiers, de dérangement touristique, d'opérations de hurlements provoqués ou de dérangement par les loisirs – dont la chasse – ; estimation par entretiens	Absence / Présence
	Eau	Estimation par entretiens	Suffisante / Insuffisante
Humain	Nombre de gardiens	Estimation par entretiens et à dire d'expert du PNRQ	0 / 1 / 2
	Isolement	Projection sur le premier axe factoriel d'une ACM ayant pour variables l'isolement géographique, la présence de tissu social, la présence d'une radio ou d'un téléphone portable ; estimation par entretiens et à dire d'expert du PNRQ	Faible / Moyen / Fort
	Ancienneté de protection	Estimation par entretiens	Aucune / Faible (<5ans) / Solide
	Ancienneté pastorale	Estimation par entretiens	Faible (<15 ans) / Solide
	Formation	Estimation par entretiens	Présence / Absence
Protection	Effarouchement	Estimation par entretiens	Absence / Présence
	Regroupement nocturne	Estimation par entretiens à dire d'expert du PNRQ	Intérieur / Parc / Extérieur
	Parcs de pâturage	Estimation par entretiens à dire d'expert du PNRQ	Absence / Présence
	Présence humaine nocturne	Estimation par entretiens à dire d'expert du PNRQ	Troupeau rentré / Proche (~<100 m) / Eloigné
	Système de chiens	Nombre de chiens de protection / taille du troupeau ; estimation par entretiens	Absence / Faible (2,5 chiens pour 1000 brebis) / Important
	Qualité de chiens	L'ensemble des chiens remplissant les critères : attachement au troupeau, tolérance à l'homme, respect du troupeau et réactivité dans la protection ; estimation par entretiens et à dire d'expert du PNRQ	Absence / Mauvaise / Bonne
	Cabanes	Estimation par entretiens et à dire d'expert du PNRQ	Mauvaise / Correcte / Absence
Pastoralisme	Provenance	Estimation par entretiens et à dire d'expert du PNRQ	Locale / Transhumance
	Agrégation	Projection sur le premier axe factoriel d'une ACM ayant pour variables la présence de jeunes, de chèvres, le nombre d'éleveurs, le nombre de race et la présence de races grégaires ; estimation par entretiens	Faible / Forte

ii. La composante « loup »



Le nombre de loups (X2) est estimé dans les ZPP par les relevés de tailles de groupes à partir de la lecture des empreintes dans la neige et les observations visuelles. Il est exprimé par l'indicateur Effectif Minimum Retenu (EMR) d'animaux pour chaque meute, tel que défini par le réseau Loup/lynx (Réseau Loup/lynx, 2003, voir Contexte, 1). L'EMR représente donc la taille de groupe maximale relevée entre novembre et mars, période de cohésion sociale des meutes (Duchamp *et al.*, 2004, MEEDDAT–MAP, 2008).

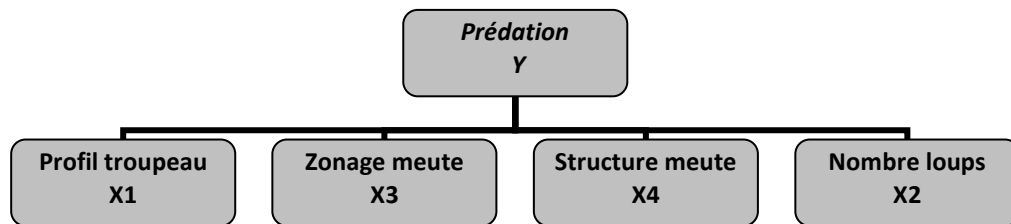
Le groupe de loups est une meute lorsqu'on identifie la présence d'au moins un mâle et une femelle sur deux hiver consécutifs déterminé par génétique non invasive (Taberlet *et al.*, 1999, Miquel *et al.*, 2006) ou l'identification d'un cas de reproduction (X4). La reproduction effective est recherchée dans chaque meute par la technique des hurlements provoqués. Elle permet d'identifier les louveteaux à la forme du signal sonore (Sebe *et al.*, 2006, Réseau Loup/lynx, 2006). A cela s'ajoutent des observations visuelles ou des écoutes de hurlements de jeunes en dehors de ces opérations orientées. L'estimation permet de connaître la reproduction, mais pas son absence. En effet, le calibrage des opérations a montré qu'en présence de loups, ils répondent à la stimulation dans environ 60% des situations (Duchamp, com. pers.).

Le zonage du territoire des loups (X3) correspond à la détermination d'un cœur et d'une périphérie pour chaque meute. L'aire périphérique se situe entre deux meutes et est peu utilisée par les loups (à l'exception du marquage territorial), pour éviter les affrontements entre familles différentes. Elle est souvent matérialisée par une vallée (Mech, 1994, Jedrzejewski *et al.*, 2001, MEEDDAT–MAP, 2008). Aucun animal n'étant marqué de collier émetteur sur le territoire du PNRQ, le traçage moléculaire des loups à partir d'indices trouvés sur le terrain (Duchamp et Quenette, 2005, Réseau Loup/Lynx, 2008) est utilisé pour connaître la composition des meutes et discerner les cœurs des périphéries de meutes. Pour déterminer le zonage, les typages individuels des loups affectés à chaque meute ont été projetés sur une carte afin de déterminer l'emprise minimum du territoire de chaque meute avec la méthode des polygones convexes à 100%. La forme du polygone étant dépendante de la stratégie non aléatoire de récolte des indices, un cercle de 200 km² correspondant à la taille moyenne des territoires de loups en Europe (Jedrzejewski *et al.*, 2001, Duchamp, com. pers.) a été établi autour du centroïde de chaque polygone préalablement défini. Les aires de périphérie choisies sont les surfaces hors des cercles et de superpositions entre deux disques. Les aires de cœur sont les disques non superposés. Le logiciel ArcGis 9.3 (Hillier, 2007) a été utilisé pour ce travail.

Deux variables de biologie du loup proposées par les spécialistes dans le Chapitre 1 ne peuvent être prises en compte dans le cadre de cette étude.

- Les sites de rendez-vous peuvent être multiples et éloignés au cours du même été (Packard, 2003, DREAL, 2011). Or l'ensemble de ces sites de rendez-vous et les tanières n'est pas connu. Il n'est donc pas possible de mesurer la distance entre les troupeaux et ces emplacements. Le zonage tel que préalablement défini répond en partie à la prise en compte de cette variable.
- Les parcours des loups ne sont pas non plus connus puisque aucun suivi télémétrique n'est disponible sur le site. En revanche une variable de proximité de zones sauvages et de relief qui canalise le passage éventuel des loups est prise en compte.

c) *La modélisation du risque de prédation*



L'objectif est donc de mesurer la probabilité d'être victime de prédation en fonction des facteurs profil troupeau (X1), nombre de loups (X2), zonage (X3) et structure des meutes (X4).

L'unité statistique est le quartier d'UP (n=322), tel que décrit dans le contexte.

La variable réponse étant binomiale, elle est linéarisée grâce à une transformation en lien logit ($\log p/1-p$). Le modèle se présentera donc sous la forme suivante :

$$\text{Logit } Y = \alpha + \beta X_1 + \chi X_2 + \delta X_3 + \phi X_4 + \varepsilon$$

Avec ε = résidus du modèle.

Ainsi que présenté précédemment, les données ne sont pas indépendantes. Un modèle linéaire généralisé mixte est donc utilisé (Lindstrom et Bates, 1990, Bolker *et al.*, 2009) en déclarant une variable « troupeau » (n=42) comme composante aléatoire. L'analyse a été réalisée avec le package lme4 de R (Bates, 2005, Bates *et al.*, 2011). Le modèle devient alors :

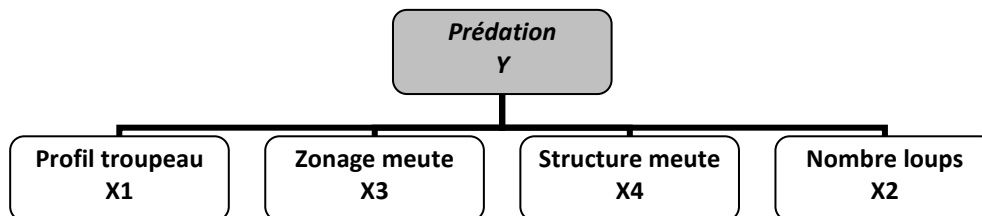
$$\text{Logit } Y = \alpha + \beta X_1 + \chi X_2 + \delta X_3 + \phi X_4 + \varepsilon + (1 | \text{Troupeau})$$

Les modèles sont ajustés grâce à l'approximation de Laplace (Bolker *et al.*, 2009).

Parmi les méthodes de sélection de modèles, le critère d'Akaike ou AIC est proposé pour expliquer la plus grande part de variabilité avec le minimum de paramètres (Lancelot et Lesnoff, 2005). Cependant, des critiques sont émises sur l'utilisation de l'AIC dans le cadre des modèles mixtes (Pan et Lin, 2005, Bolker, 2009, Besnard, com. pers.). Une démarche hypothético-déductive a donc été choisie pour sélectionner le meilleur modèle en partant d'un modèle constant auquel ont été ajoutées une à une les variables. La variable ajoutée est conservée dans le modèle si celle-ci apporte un changement de déviance significatif au regard du test du rapport de vraisemblance (Pan et Lin, 2005, Bates, 2005, Besnard, com. pers.).

2) Résultats

a) La prédation prenant en compte la taille des troupeaux



D'un point de vue quantitatif, pendant les 3 années de relevés ont été dénombrés 103 prédatons et 250 victimes expertisées « loup non écarté ».

En observant le phénomène avec l'unité statistique du quartier d'UP (n=322), 79% des quartiers n'ont pas subi de prédation, 14,5% des quartiers ont subi une attaque, 4% ont subi deux prédatons et 2,4 % des quartiers relèvent 3 à 5 attaques (figure 15).

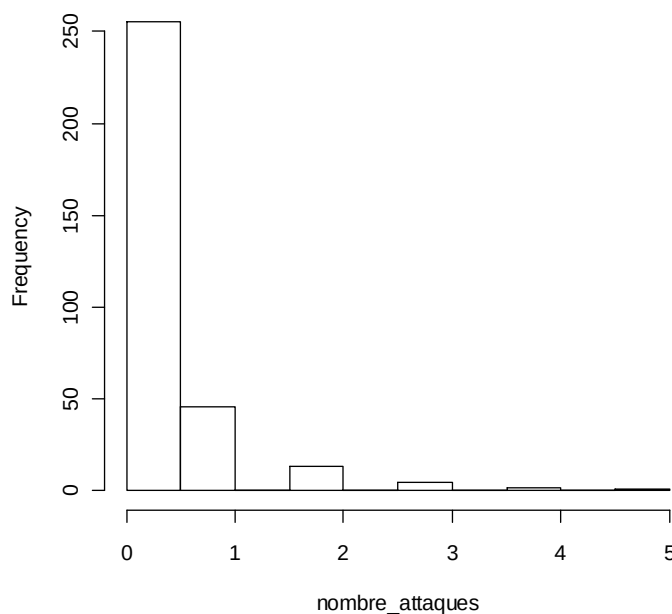


Figure 15 : Distribution du nombre de prédatons subies entre 2006 et 2008 par quartier d'UP

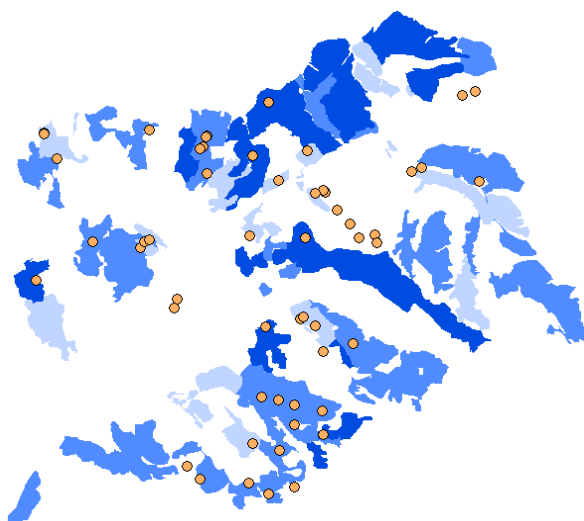
La figure 16 représente la répartition annuelle des prédatons pendant la période de la présente étude, associée à la disponibilité en proies - en nombre de brebis x nombre de jours - pour chaque quartier d'UP. La moitié Est du territoire présente une plus grande richesse en ovins que l'Ouest, particulièrement la zone appelée « grand adret », ainsi que la zone de Molines-Saint Véran.

Un changement de la répartition spatiale des actes de prédation est constaté entre 2006 et 2008. En effet, certaines zones ne sont plus touchées par la prédation selon la période (Ristolas, Abriès en 2007, Molines, Saint Véran en 2008).

2006

N prédatons = 50

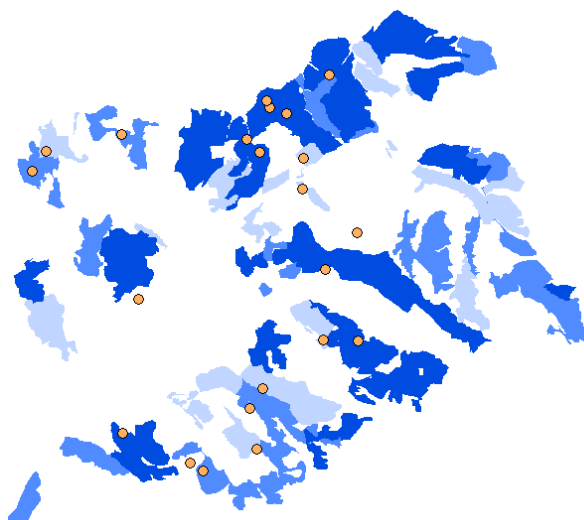
N victimes = 109



2007

N prédatons = 22

N victimes = 48



2008

N prédatons = 31

N victimes = 93

■ 60 000 - 130 000
■ 30 000 - 60 000
■ 0 - 30 000

nombre de brebis x nombre de jours
(inclus - exclus)

● Localisation d'une attaque
expertisée « loup non écarté »

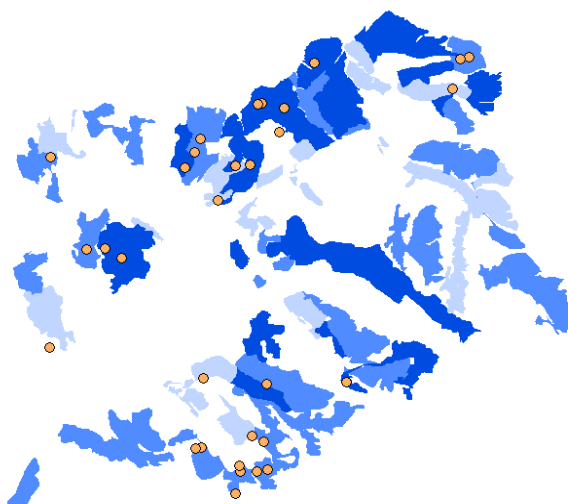


Figure 16 : Répartition spatiale des prédatons expertisées « loup non écarté » et de la disponibilité en brebis entre 2006 et 2008

Le modèle linéaire mixte montre une liaison entre la taille de troupeau et la présence de prédateurs. En revanche, le temps de pâturage n'explique pas les attaques. Le modèle est ajusté (figure 17) avec **une déviance expliquée de 3%**. Le test de rapport de vraisemblance indique une p value de 0,01, donc l'hypothèse que le nombre de prédateurs s'explique par la taille des troupeaux, prenant en compte la variable aléatoire « troupeau », ne peut être rejetée au risque 5%.

Le test de vraisemblance entre le modèle constant et le modèle expliqué par la seule variable temps de pâturage donne une p value de 0,8989. Donc au risque 5% cette variable est rejetée.

Donc il y a plus de prédation lorsque les troupeaux sont de grande taille, et plus particulièrement lorsqu'ils comportent 800 à 1400 brebis (figure 17).

La fonction expliquant la prédation par la taille des troupeaux s'écrit :

Logit Y = 0,0746 x troupeaux <800 + 0,2782 x troupeaux 800-1400 + 0,16599 x troupeaux >1400 + (1|Troupeau)

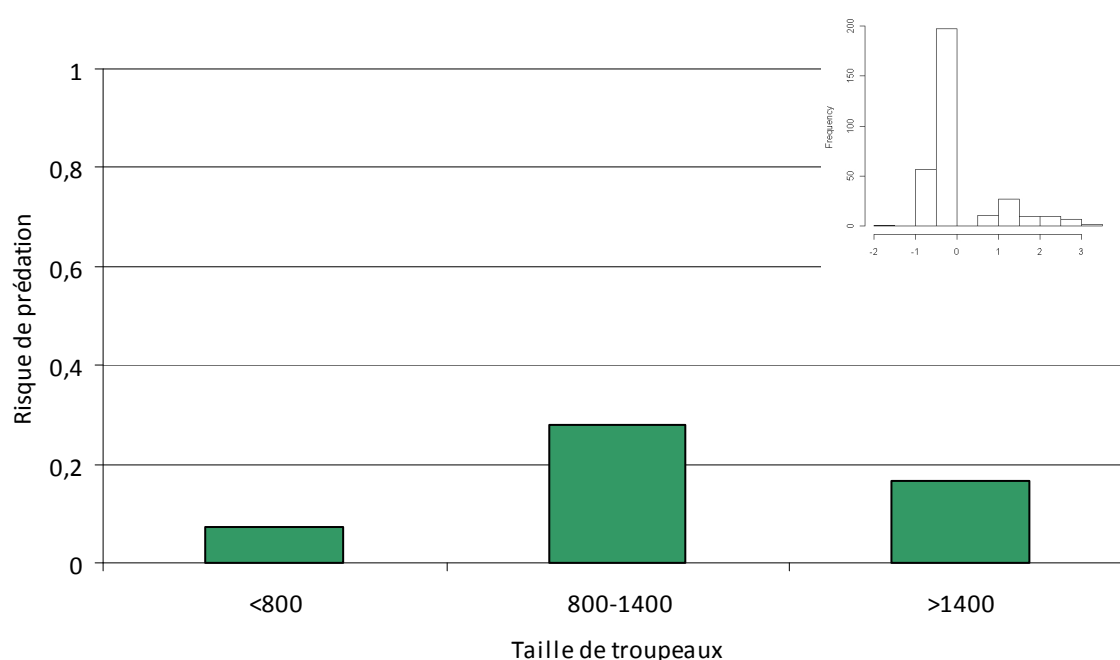
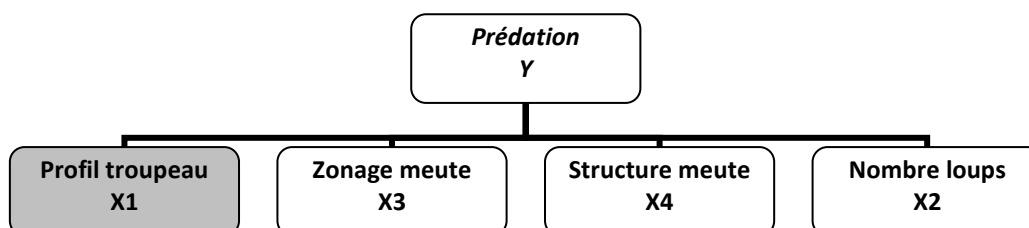


Figure 17 : Représentation du nombre d'attaques en fonction de la taille des troupeaux en utilisant un modèle mixte, et résidus en médaillon.

Cependant, bien que la relation soit significative, on observe la faible part de variance expliquée, indiquant ainsi un **faible rôle de la taille des troupeaux comme facteur expliquant la présence d'attaques**. La **recherche d'autres déterminants du risque est donc pertinente**. Pour prendre en compte la disponibilité en brebis dans la suite de l'étude, la variable réponse nommée « **prédation** » traduit le fait que chaque quartier d'UP subisse plus ou moins d'attaques que prévu en fonction de sa taille. Pour ceci, les résidus négatifs ont été codés en 0, les positifs en 1 (figure 17). Cette nouvelle variable est donc binomiale. Etant donné que le modèle initialement choisi représentait le nombre de prédateurs par la taille, les résidus utilisés par la suite correspondent à la variable « présence de prédation » sauf pour 4 quartiers d'UP.

b) La typologie des troupeaux



La caractérisation des pratiques pastorales montre une nette distinction entre les troupeaux en alpage et les troupeaux en parcours (figure 18 et 19). Elle s'exprime dans le premier axe factoriel de l'ACM, qui explique logiquement la plus grande part d'information (33,5% de variabilité). La gestion du troupeau et le milieu sont en effet très différents : les grands troupeaux en estive pâturent des zones d'altitude de juin à septembre. Ils sont gardés par un berger qui dort en montagne. En intersaison, il s'agit de petits troupeaux locaux gardés ou installés en parc à proximité directe du village et souvent rentrés chaque soir (Contexte). Les représentations cartographiques montrent les parcours comme de petites zones en fond de vallée et les estives comme de vastes étendues d'altitude (figure 20).

Un second niveau d'interprétation distingue deux groupes dans les estives. Ils sont dénommés « profils simplifiés » et permettent d'interpréter le second axe factoriel (qui explique 17% de variabilité) (figure 18 et 19).

- Le profil « estives 1 » est caractérisé par des zones sèches. Les bergers ont une solide expérience et une formation. Ils sont secondés par un aide berger. Le troupeau utilise des chiens de protection et parfois la couchade libre.
- Le second profil « estives 2 », est marqué par la présence d'un berger seul, souvent non formé et isolé qui garde des grands troupeaux transhumants et mise sur la protection par des parcs de protection nocturnes.

La projection des quartiers d'UP (figure 20) permet de visualiser dans l'espace les profils des troupeaux. Les « estives 1 » sont moins nombreuses que les « estives 2 ». La répartition dans l'espace semble aléatoire.

Enfin, La typologie la plus intéressante est la constitution de six profils. Ceux-ci étant issus des précédentes séparations, ils sont nommés explicitement. De chaque profil simplifié précédent sont déclinés deux profils (figure 18 et 19). La répartition géographique est représentée sur la figure 20. Leurs caractéristiques sont les suivantes :

- Les « parcours 1 » sont des troupeaux **sans chiens de protection**, rentrés en **bergerie** chaque soir. Le troupeau présente **peu d'agrégation**, étant donné l'hétérogénéité de sa composition. Il s'agit d'environ la moitié des parcours, à l'Ouest de Château-Ville-Vieille.
- Les « parcours 2 » sont des **petits troupeaux parqués** à proximité des villages, pendant des **périodes** longues. Il s'agit des parcours situés à l'Est de Château-Ville-Vieille.
- Les « estives 1a » pâturent sur des **zones sèches**, gardées par des **bergers formés** accompagnés d'**aides bergers**, et protégées par un **faible nombre de chiens de protection de bonne qualité**. Il s'agit d'un grand nombre de quartiers, surtout situés à l'Est (Aiguilles, Abriés, Ristolas).
- Les « estives 1b » privilégient une protection par un **grand nombre de chiens de protection, de qualité moindre**, associée à la **couchade libre**. Les bergers ont une **solide expérience de la protection**. Ce profil concerne peu de quartiers : le troupeau de Montagne Albert, le Malrif et un quartier de Valprévère à Abriés.

- Les « estives 2a » sont des **grands troupeaux transhumants** gardés par de **jeunes bergers seuls et isolés**, qui privilégient la protection par les **parcs de protection nocturne**. Ce profil concerne un grand nombre de quartiers disséminés dans l'ensemble du territoire.
- Les « estives 2b » sont des troupeaux avec des profils assez diversifiés ayant pour particularités que le **troupeau dort éloigné de la cabane**, sans avoir de problème d'abreuvement. Les troupeaux ont une bonne agrégation. Les bergers sont assez expérimentés au niveau pastoral. Il s'agit de quelques quartiers : Ségure, Bois Noir, Agnel, Cugulet.

Les profils « estives 1b » et « estives 2b » ne concernent que quelques quartiers d'UP chaque année. Les quelques changements de profils d'un quartier d'UP à l'autre pour le même troupeau s'expliquent par un changement dans les pratiques pastorales.

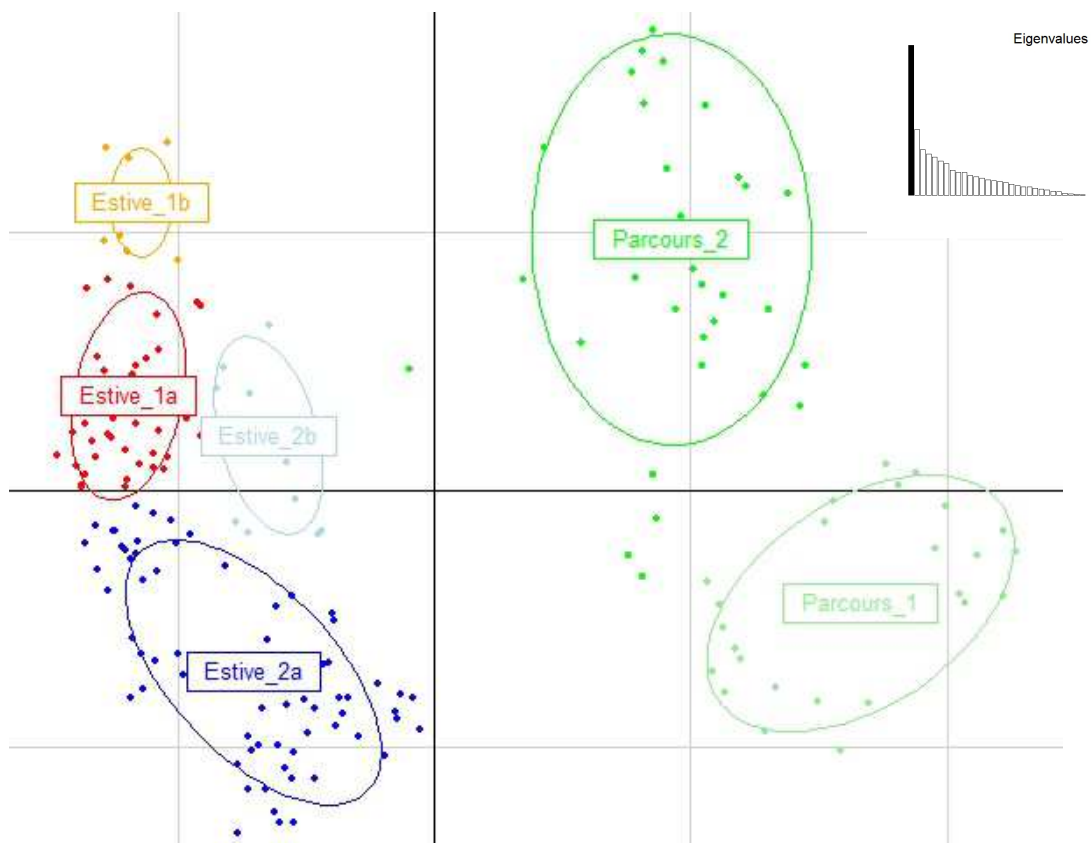


Figure 18 : Projection des quartiers d'UP regroupés par profils dans le premier plan factoriel de l'ACM

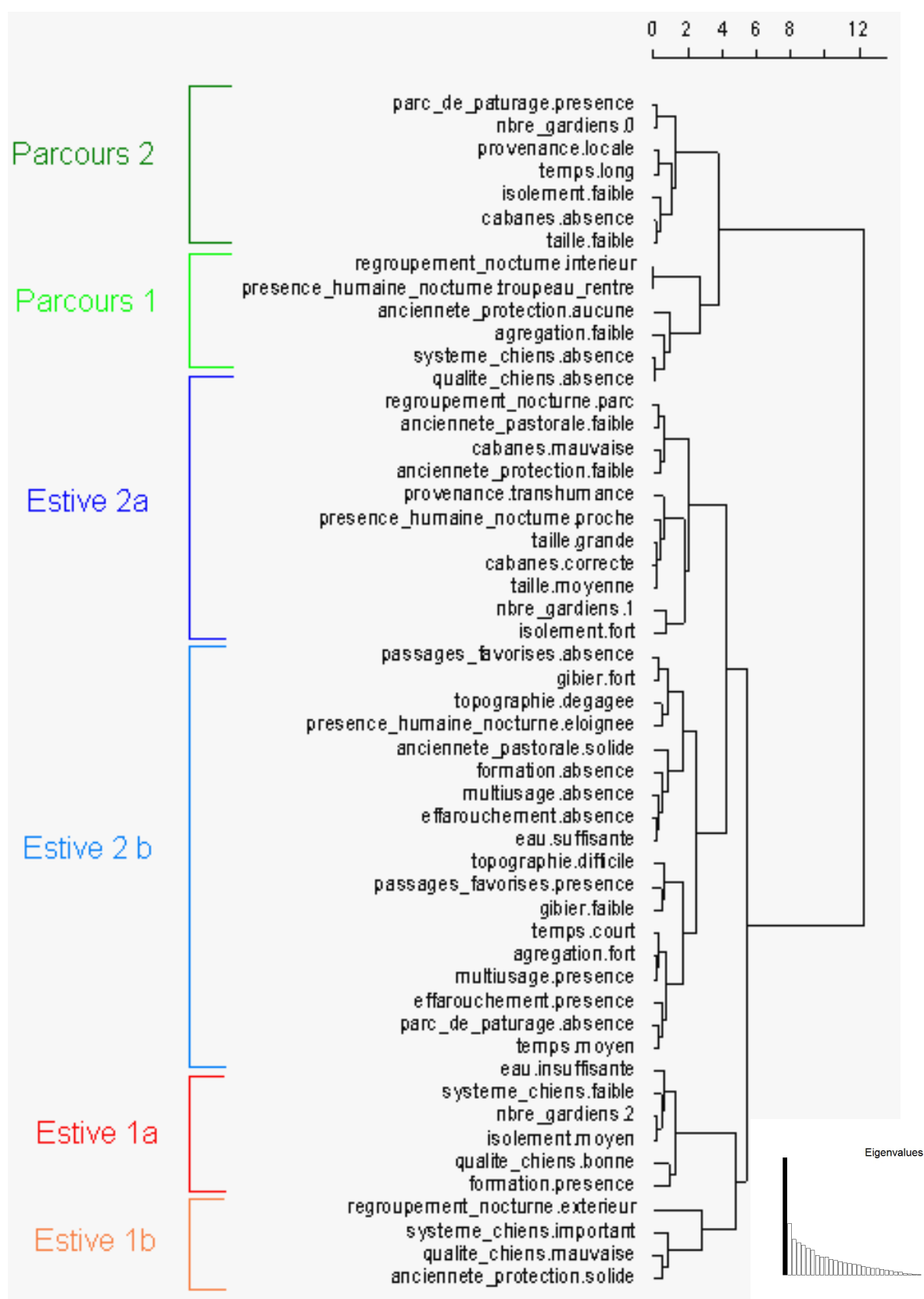


Figure 19 : Représentation des proximités entre caractéristiques des quartiers d'UP et de leurs profils dans le PNRQ grâce au dendrogramme issu de l'ACM.

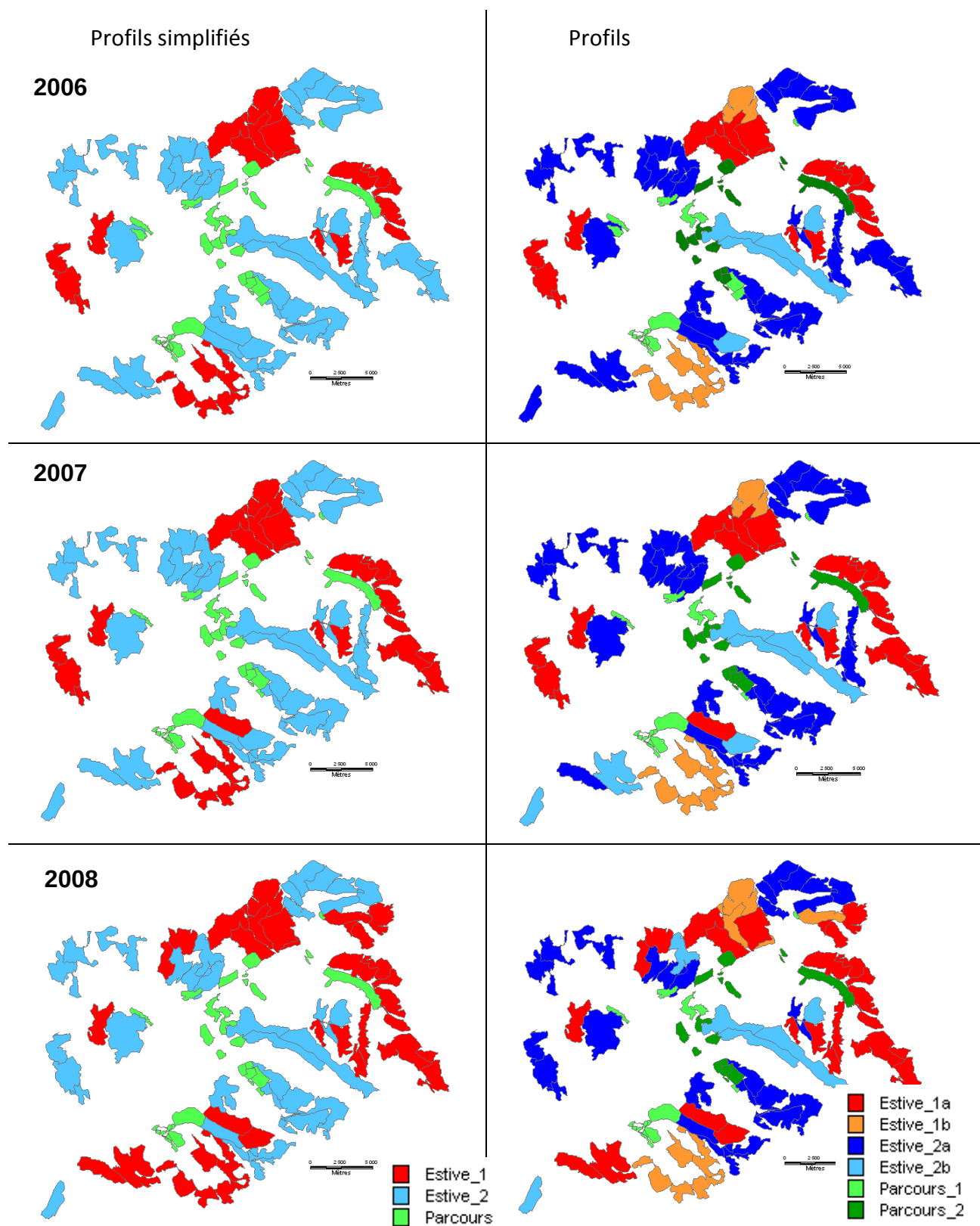
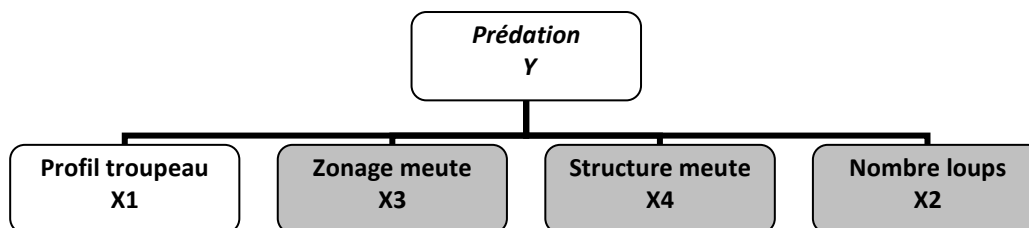


Figure 20 : Répartition géographique des différents profils de troupeaux identifiés par l'ACM à partir des caractéristiques des quartiers d'UP

c) *Les loups dans le Parc naturel régional du Queyras*



Grâce au suivi génétique non invasif tel que décrit précédemment, une évolution de la répartition géographique des meutes est détectée pendant la période d'étude. Ainsi, **jusqu'en début d'année 2007** sont présentes la **meute du Béal-Traversier à l'Ouest** et celle du **Queyras à l'Est**, qui se partagent le territoire du PNRQ. Puis en **2007 et 2008**, les individus du **Béal-Traversier** étendent leur présence à **l'Est**. Ils laissent la place à la **meute du Parpaillon-Ubaye au Sud** (présente une grande partie de l'année en Ubaye) qui glisse alors sur les communes de Ceillac et Guillestre. Les individus de la **meute du Queyras ne sont plus identifiés depuis début 2007** (figure 21).

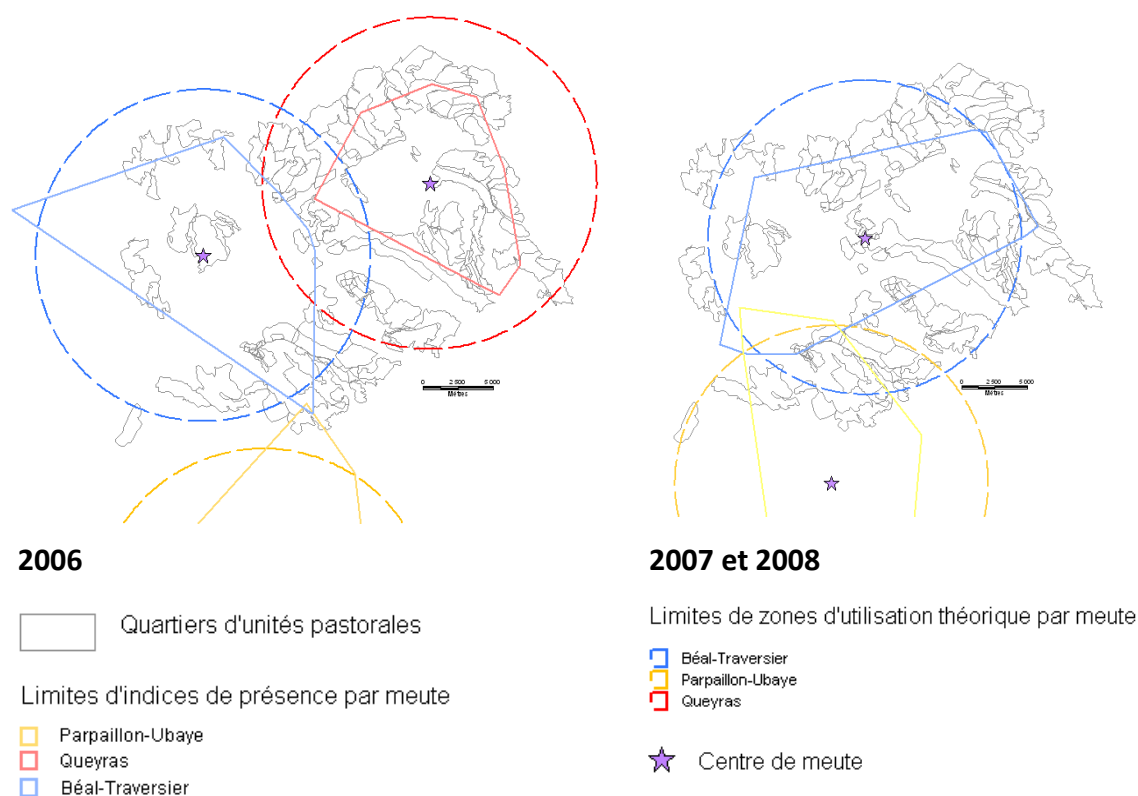


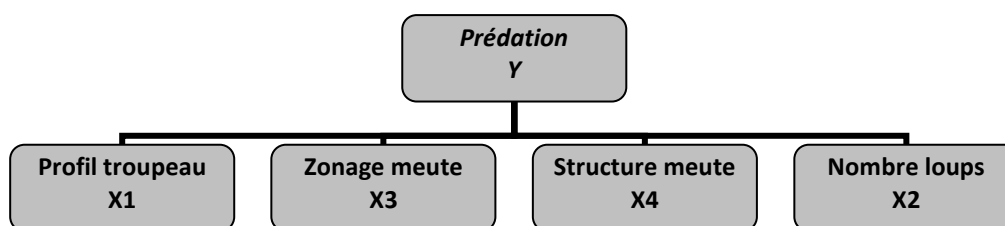
Figure 21 : Etablissement des limites de territoires des trois meutes fréquentant le PNRQ et glissement de leur emprise territoriale en 2007 établis par l'analyse des typages individuels de l'ADN des loups. Source : Réseau Loup/lynx-ONCFS.

Le territoire du PNRQ est concerné par deux meutes chaque année (tableau V). **L'indicateur de taille de groupe EMR varie entre 2 et 6 loups par meute selon les années. La reproduction a été identifiée dans 4 des 6 meutes-an.** Un des cas de non-reproduction est avéré puisque la femelle dominante a été constatée décédée quelques jours avant la mise bas. La seconde situation est l'absence de contact avec des jeunes, malgré une recherche, notamment par hurlements provoqués.

Tableau V : Les modalités des variables de biologie du loup

<i>Meute ou ZPP</i>	<i>Année</i>	<i>EMR</i>	<i>Structure de la meute</i>
Béal-Traversier	2006	4	Reproduction
	2007	6	Reproduction
	2008	4	Absence de constat de reproduction
Parpaillon-Ubaye	2007	2	Absence de constat de reproduction
	2008	4	Reproduction
Queyras	2006	4	Reproduction

d) *Un modèle de vulnérabilité des troupeaux à la prédation du loup*



La recherche d'un modèle de risque est maintenant possible, mettant en relation la probabilité d'être attaqué avec les quatre facteurs de risques potentiels.

Le nombre de données dans chaque modalité est hétérogène (tableau VI).

Tableau VI : Les variables et modalités utilisées pour expliquer la prédation dans le PNRQ

<i>Variables</i>	<i>Modalités</i>	<i>Nombre de données</i>
Profils troupeaux	Estive 1a	59
	Estive 1b	17
	Estive 2a	100
	Estive 2b	18
	Parcours 1	70
	Parcours 2	58
Nombre de loups	2	13
	4	217
	6	93
Zonage meute	Cœur	111
	Périphérie	211
Structure meute	Reproduction	111
	Absence de reproduction	211

Dans une démarche hypothético-déductive, l'ensemble des modèles possibles a été testé, du plus simple (modèle constant), au modèle complet (tableau VII).

Tableau VII : Les modèles possibles pour expliquer la prédation

<i>Les modèles successifs</i>	<i>Déviance</i>	<i>P Value</i>	<i>AIC</i>
Prédation ~ 1	305.7		309.72
Prédation ~ Profils	294.1	0.0400 *	308.08
Prédation ~ Profils + Nombre de loups+ Nombre de loups ²	287.4	0.0354 *	305.40
Prédation ~ Profils + Nombre de loups+ Nombre de loups ² + Structure meute	284.0	0.0666 .	304.04
Prédation ~ Profils + Nombre de loups+ Nombre de loups ² + Zonage meute	287.4	0.9185	307.39
Prédation ~ Profils + Nombre de loups+ Nombre de loups ² + Interaction (Profils x Zonage meute)	281.8	0.4721	311.82
Prédation ~ Profils + Nombre de loups+ Nombre de loups ² + Interaction (Profils x Structure meute)	278.5	0.1818	308.54
Prédation ~ Profils + Nombre de loups+ Nombre de loups ² + Interaction (Profils x Nombre de loups)	278.3	0.1044	306.28
Prédation ~ Profils + Nombre de loups+ Nombre de loups ² + Interaction (Structure meute x Zonage meute)	279.7	0.0533 .	303.73
Prédation ~ Profils + Nombre de loups + Nombre de loups ² + Structure meute + Zonage meute + Interaction (Structure meute x Zonage meute)	279.7	0.05335 .	303.7
Prédation ~ Profils + Nombre de loups+ Nombre de loups ² + Interaction (Nombre de loups x Zonage meute)	287.2	0.9092	309.21

Codes de significativité des modèles : de 0 à 0.001 : '***', de 0.001 à 0.01 : '**', de 0.01 à 0.05 : '*', de 0.05 à 0.1 : '.', de 0.1 à 1 : ''.

Le meilleur modèle, qui explique au plus juste les différences de probabilité de prédation, est le modèle additif grisé qui explique la prédation par les profils des troupeaux, le nombre loups et l'interaction entre la reproduction et le zonage des meutes. Il **explique 8,5% de déviance**. L'acceptation de ce modèle est questionnable au niveau statistique, puisque le test de maximum de vraisemblance indique que ce modèle est tout juste rejeté au risque 5%. En revanche, biologiquement il est cohérent.

La prédation dépend donc du profil du troupeau, du nombre de loups et de la situation du troupeau en fonction de la reproduction et du zonage de façon interactive. Les résidus indiquent une bonne représentation des données par le modèle (figure 22).

La fonction s'écrit :

Logit Y = -3,6625 + 1,33 x profil « estive 1b » - 0,4216 x profil « estive 2a » + 0,293 x profil « estive 2b » - 1,5662 x profil « parcours 1 » - 1,0473 x profil « parcours 2 » + 1,4962 x nombre de loups - 0,2072 x nombre de loups au carré + 0,225 x meute reproduite - 1,2075 x troupeau en périphérie de meute + 1,6342 x troupeau en périphérie de meute reproduite.

Les estimations des coefficients du modèle sont présentées dans l'annexe 1.

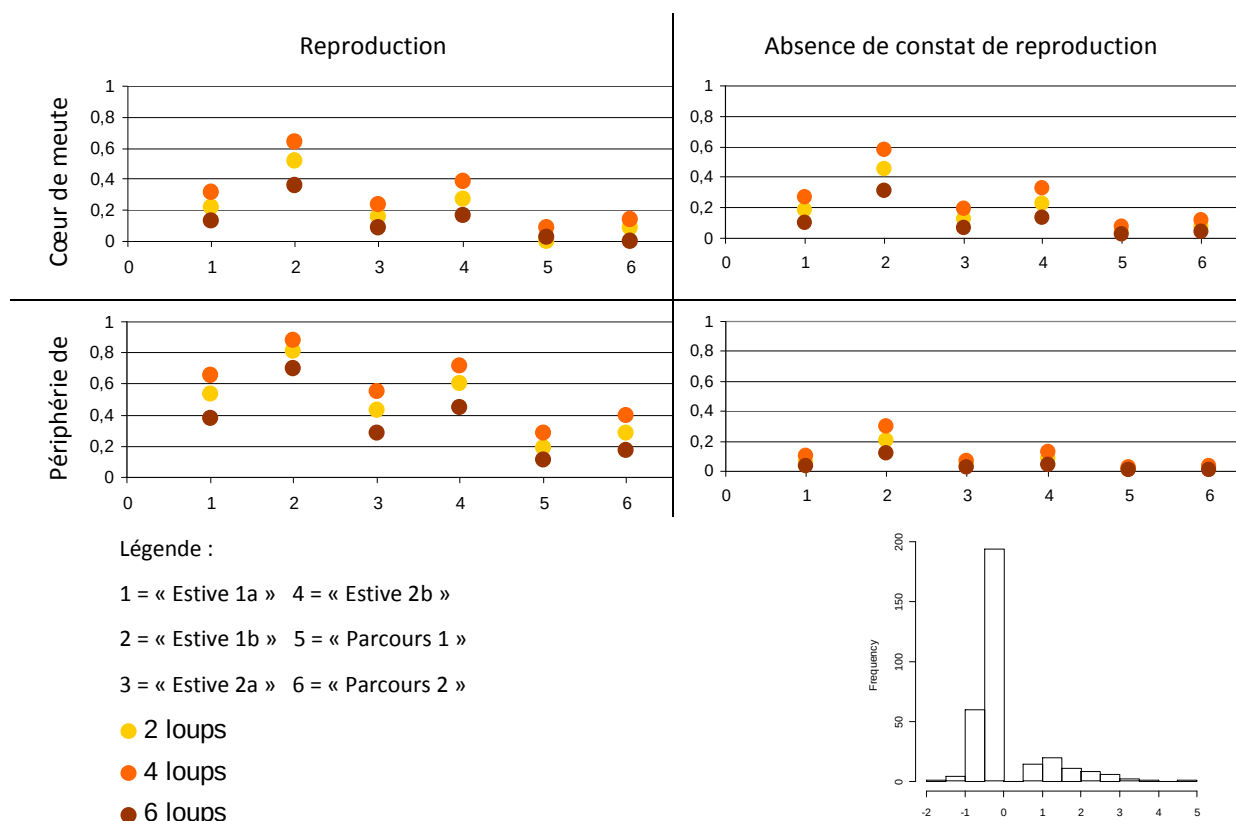


Figure 22 : Estimation du risque d'être attaqué selon le meilleur modèle, avec les résidus en médaillon.

Les estives sont globalement plus à risque que les parcours. Le profil le plus touché est le profil « estive 1b » et dans une moindre mesure le profil « estive 2b » (figure 22). Ces profils concernent peu de quartiers (5 à 7 troupeaux sur 42 – avec l'effet aléatoire « troupeaux »).

Le profil « estive 1b » a pour caractéristique de privilégier une protection par un grand nombre de chiens de protection de qualité moindre, associée à la couchade libre. Les bergers ont une solide expérience de la protection. Les troupeaux des « estives 2b » dorment éloignés de la cabane, et n'ont pas de problème d'abreuvement. Ils ont une bonne agrégation et sont gardés par un berger expérimenté au niveau pastoral.

Etant donné la différence d'organisation pastorale, **les deux groupes sont dans des situations de vulnérabilité pour des raisons différentes**. Le Chapitre 3 permettra d'affiner les éléments liés à la prédation dans chaque profil.

Les deux profils présentant le plus de risque de prédation sont également ceux pour lesquels les effectifs sont les plus bas (tableau VI). Une forme d'adaptation au risque peut expliquer que ces profils pastoraux sont peu utilisés.

Le risque est systématiquement plus important lorsque l'effectif de loups est moyen (ici avec un EMR de 4 individus). La probabilité d'attaque n'est pas proportionnelle au nombre de loups puisque la variable est prise en compte de façon quadratique (figure 22). Ainsi, lorsqu'il y a moins d'individus, la probabilité baisse de façon assez naturelle puisque la pression de prédation est limitée par le nombre de loups. En revanche, lorsque l'effectif est haut (ici avec un EMR de 6 individus), la probabilité de prédation redescend. Une hypothèse probable est que les meutes à plus fort effectif ont une prédation plus structurée qui leur permet une meilleure efficacité de chasse sur les ongulés sauvages. Cette hypothèse est appuyée par les analyses du régime alimentaire qui tendent à une proportion plus élevée d'ongulés domestiques lorsque la taille des meutes est faible (Delaigue, 2006, Duchamp, com. pers.).

En plus des rôles du nombre de loups et des profils de troupeaux, **les quartiers d'UP en périphérie du territoire d'une meute avec reproduction ont un risque supérieur de prédation, alors que les troupeaux également en périphérie mais une année où la reproduction n'est pas constatée, courent un risque moindre** (figure 22). Une hypothèse d'interprétation est que lorsque les louveteaux sont nés les membres de la meute ont tendance à chasser éloignés des tanières et sites de rendez-vous pour éviter d'attirer l'attention sur ces sites. A l'inverse, lorsqu'il n'y a pas de louveteaux, les loups utilisent préférentiellement le centre du territoire de la meute assez naturellement.

La répartition géographique des résultats du modèle (figure 23) permet d'identifier les quartiers d'UP selon leur niveau d'exposition au risque de prédation en fonction des années. **Trois zones ont ainsi été plus sensibles au risque de prédation pendant la période d'étude** : il s'agit des alpages de Ceillac - et particulièrement l'alpage de Montagne Albert -, des alpages d'Arvieux, de l'adret de Château-Ville-Vieille à Abriès - et particulièrement le Malrif, le Lombard et Chalvet - et de l'Est d'Abriès en 2008. Selon le nombre de loups présents le risque est modifié. Ainsi, l'année 2007 le risque était moindre avec la présence d'une meute de six et d'une meute de deux individus minimum. Ainsi que nous suggère la figure 22, une analyse spatio-temporelle du risque d'attaque pourrait permettre à l'avenir d'identifier des éventuels foyers d'attaques (Coisne, 2006, Hemery, 2008).

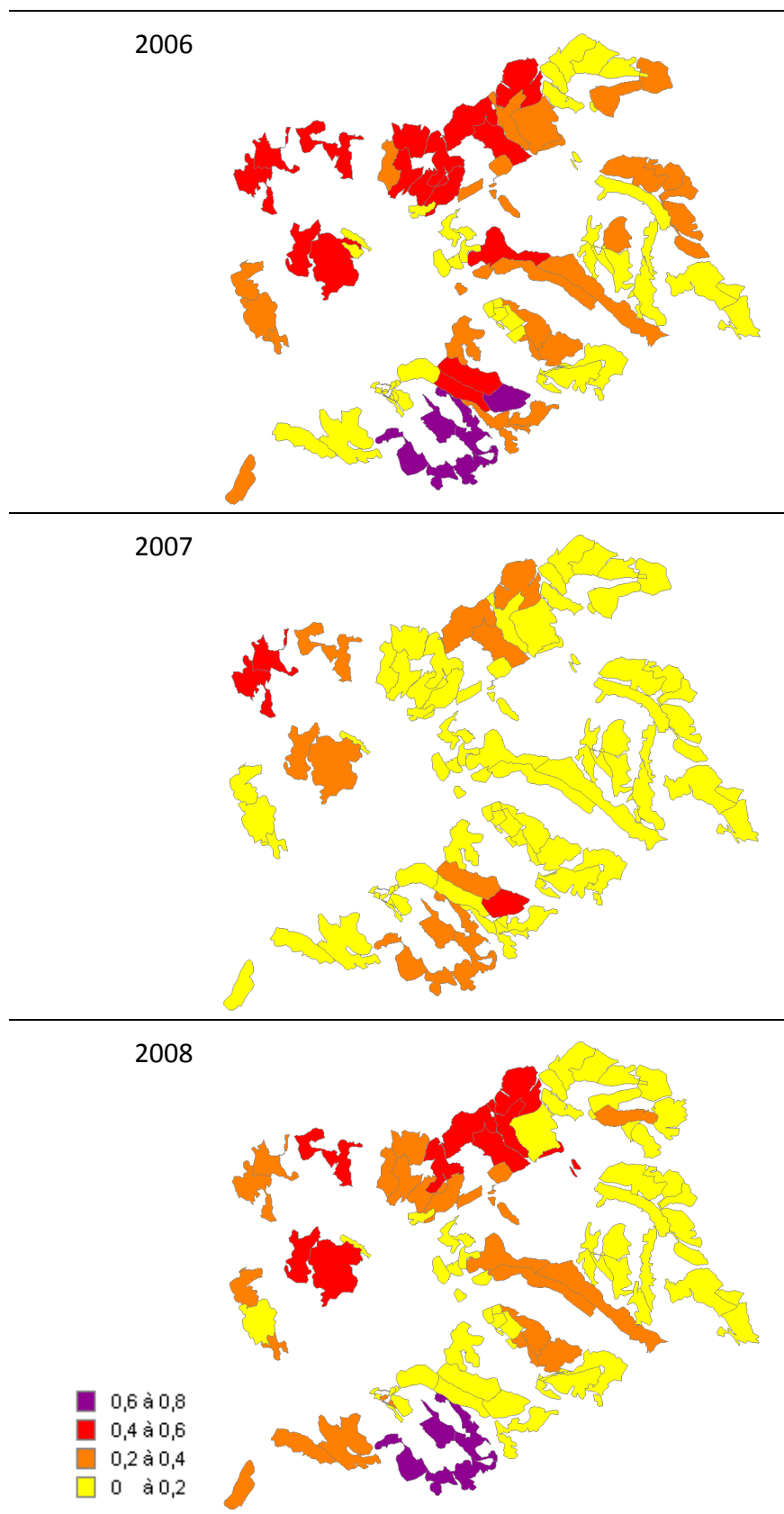


Figure 22 : Répartition spatiale du risque de prédation selon le modèle.

De façon complémentaire, **des facteurs de type évènementiel relatifs à chaque attaque peuvent être à l'origine de variations du risque**. Ainsi, la formation accidentelle de lots, les conditions météorologiques, l'absence momentanée d'un chien de protection (malade par exemple), ou du berger peuvent rentrer dans ce champ. Espuno *et al.* (2004) avait déjà mis en lumière l'importance de ces facteurs circonstanciels sur des UP d'altitude du Mercantour. Afin d'explorer ces « circonstances particulières », les éléments proposés par les spécialistes dans le Chapitre 1 ayant un intérêt à l'échelle événementielle ont été systématiquement renseignés dans le PNRQ en 2008 et 2009. Pour ceci, une fiche complémentaire a été jointe à chaque constat d'attaque établi. Les variables, leurs éventuelles sous variables, ainsi que les modalités sont représentées dans le tableau VIII. N'ont été conservées pour l'analyse que les fiches concernant les constats expertisés « loup non écarté » (n = 64).

Tableau VIII : Les variables utilisées pour l'analyse des circonstances particulières relevées de façon additionnelle à chaque constat d'attaque en 2008 et 2009

<i>Variables</i>	<i>Sous variables</i>	<i>Modalités</i>
Regroupement du troupeau		Oui / Non
Filets de protection ou parcs de pâturage	Bêtes en filets au moment de l'attaque (filets de protection ou parcs de pâturage)	Oui / Non
Qualité filets parcs	Double enceinte	Oui / Non
	Taille du parc	Nombre de filets / nombre de brebis
Nombre de chiens de protection		Chiffre
Effarouchements	Âne présent	Oui / Non
	Effarouchement visuel	Depuis une semaine : Oui / Non
	Effarouchement sonore	Depuis une semaine : Oui / Non
	Tirs d'effarouchement	Depuis une semaine : Oui / Non
Tirs de défense		Depuis une semaine : Oui / Non
Conditions météo		Pluie / brouillard / couvert / dégagé
Lots coupés accidentellement		Oui / Non
Distance entre attaque et présence humaine		En mètre
Topographie de la zone d'attaque	Boisement	Oui / Non
	Relief	Oui / Non

L'absence de données hors attaques ne permet pas une analyse précise de ces circonstances, mais des pistes de réflexion ultérieures sont identifiées. La figure 23 montre le pourcentage de situations de prédation pour trois exemples intéressants :

- Les prédateurs sont fréquents sur des lots coupés accidentellement du troupeau. La stratégie opportuniste du loup peut ici être mise en évidence.
- Les attaques ont quasiment systématiquement lieu hors filets. Lorsqu'il y a eu une attaque dans un parc de protection nocturne, les filets ont été ouverts, notamment à cause de l'affolement créé par le déclenchement d'une attaque dans un espace confiné.
- Les conditions météorologiques indiquent que la présence de précipitations ou de brouillard est une situation non majoritaire.

Des investigations complémentaires sur ces circonstances, notamment en prenant en compte les situations « hors prédation », pourraient permettre d'éclaircir leur rôle.

Or par essence il s'agit d'éléments accidentels, lié au vivant ou à la météo, qui sont pour la plupart amenés à se répéter. Donc des évolutions seront difficiles à mettre en place.

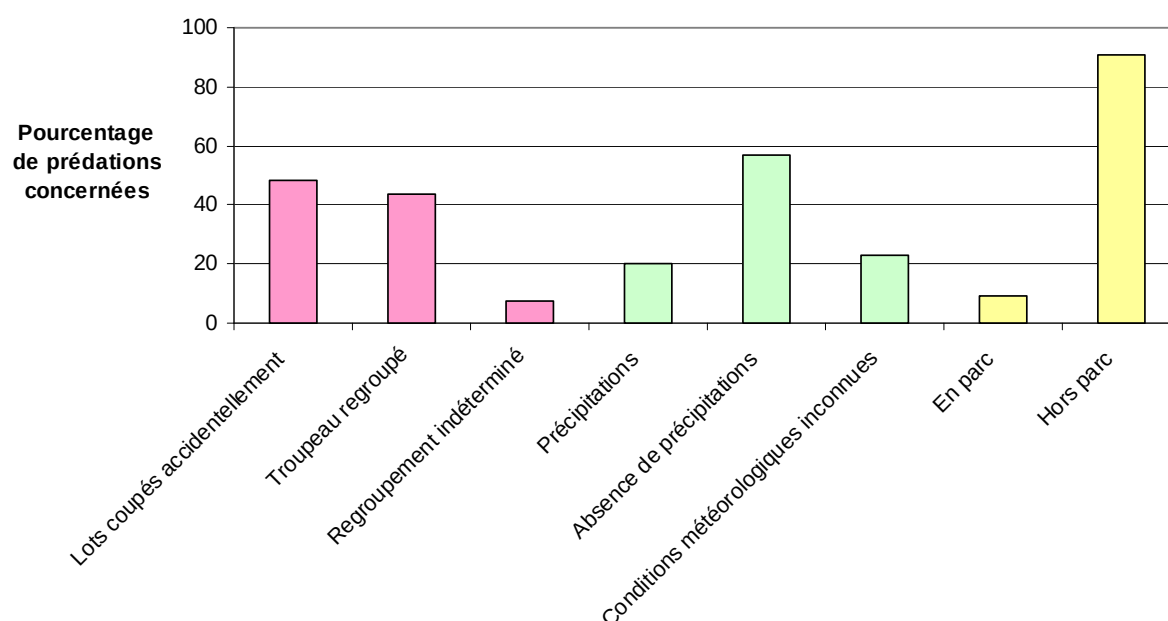


Figure 23 : Pourcentage de prédateurs expertisés « loup non écarté » en fonction de la formation de lots accidentels, des conditions météorologiques, et de la présence des bêtes en parc de protection nocturne dans le PNRQ en 2008 et 2009.

3) Discussion

Le rôle de la taille des troupeaux largement reconnue au niveau de la littérature internationale (Mech *et al.*, 2000, Treves *et al.*, 2004, Breck et Meier, 2004, Espuno *et al.*, 2004 ; Joly, 2006, Hemery, 2008) n'explique que 3 % du risque de prédation.

La quantité de proies sauvages n'a pas été identifiée comme déterminante, contrairement à d'autres sources (Sidorovich *et al.*, 2003, Breck et Meier, 2004, MEEDDAT-MAP, 2008). Etant donné l'homogénéité des situations cynégétiques à l'échelle du massif, une étude du rôle des proies sauvages est pertinente à plus large échelle. Le programme d'étude Prédateurs-Proies coordonné par l'ONCFS s'engage notamment dans ce travail (Réseau loup/lynx, 2005).

Le rôle de la topographie sur le risque de prédation a déjà été mis en avant dans d'autres études (Jedrzejewski *et al.*, 2004, Dodier et Gouty, 2006, MEEDDAT-MAP, 2008). Cependant, celui-ci n'a pas pu être vérifiée et nécessiterait sans doute de coupler cette analyse avec une composante spatiale de position des UP les unes par rapport aux autres.

Le recours aux tirs de défense et d'effarouchement a été inclus dans une variable plus large d'« effarouchement » qui n'a pas été identifiée comme corrélée au risque de prédation.

Une disparité en nombre de données disponibles est marquée entre certaines modalités utilisées dans le meilleur modèle. Ainsi, les modalités « EMR de 2 loups », et « profils estives 1b et 2b » sont sous représentées. Cette limitation de diversité de valeurs pour ces modalités entraîne donc des variances importantes autour des valeurs estimées, et amoindrit donc la qualité d'interprétation du modèle (tableau VI).

L'utilisation d'un modèle linéaire mixte est appropriée étant donné l'effet troupeau fréquentant plusieurs quartiers d'UP. Un inconvénient de cet outil est son utilisation courante récente, et particulièrement la difficulté d'obtenir les intervalles de confiance associés aux coefficients des modalités estimés, primordiaux pour évaluer la précision du modèle (Besnard, com. pers.). Les statistiques bayésiennes auraient permis d'obtenir ces résultats (Gimenez, com. pers.). Mais les choix statistiques faits, notamment dans le cadre de la formation EPHE, n'ont pas permis d'explorer ces outils.

La démarche a consisté à faire un premier modèle expliquant la présence d'attaques par la taille, puis l'utilisation des résidus pour un second modèle explicatif. La succession des étapes d'analyse de données a paru la plus adaptée dans un cadre pédagogique. En revanche, il aurait été plus efficace statistiquement de ne réaliser qu'un modèle explicatif de risque prenant en compte la contrainte des tailles de troupeaux. Pour ceci, cette variable peut être ajoutée en temps que variable dite « offset », en utilisant le package lme4 de R (Bates *et al.*, 2011).

Le premier modèle expliquant la présence de prédation par la taille de troupeau a été actualisé tardivement. Le modèle précédemment choisi représentait le nombre de prédation par la taille. Or la variable nombre d'attaques montre un très grand nombre de 0 et quelques données qui s'échelonnent entre 1 et 5. Etant donné sa répartition difficile à modéliser, il a donc paru plus intéressant de prendre en compte cette variable comme binomiale. Or la poursuite de l'étude prend en compte les résidus du précédent modèles, qui diffèrent de 4 quartiers d'UP sur un total de 322.

Le meilleur modèle explique 8,5% de déviance. Il convient donc de bien mesurer la valeur prédictive du modèle. Deux explications peuvent être avancées :

- Les variables identifiées ainsi que leur mesure sur le terrain peuvent ne pas être assez fines pour bien mesurer leur influence. Ainsi, plusieurs sources potentielles d'imprécision sont susceptibles de masquer certains effets. Tout d'abord l'utilisation de l'expertise « loup non écarté » a pour conséquence qu'un nombre indéterminé de prédateurs ne sont pas réellement causées par les loups. De plus, des difficultés ont été rencontrées pour la définition du zonage des meutes. L'utilisation des localisations des indices de présence génétiques peut être imprécise car ces relevés sont réalisés majoritairement en période hivernale, donc dans des espaces occupés par les loups plus en fond de vallée que ceux de

l'été. Les zones d'altitude sont donc peu prospectées. Le centroïde des meutes est peut être ainsi déplacé par rapport à la réalité biologique, ceci pouvant être amplifié par l'absence de prise en compte des résultats génétiques en Italie. Le choix de zonage en forme de disque d'environ 200 km² a semblé le plus pertinent. Il aurait également été possible de choisir de déterminer une zone tampon autour du polygone dessiné par les localisations d'indices de présence. Afin de connaître de façon plus exacte le zonage, seul l'étude des déplacements par télémétrie est adaptée. Le rôle du zonage et de la reproduction de la meute pour expliquer la prédation est confirmé par cette analyse, qui ne prend en compte que deux meutes pendant trois ans, avec les imprécisions expliquées précédemment. Une recherche d'explication de la vulnérabilité par ces variables à une échelle plus large permettrait de confirmer leur rôle déterminant. Gula (2006) a par ailleurs montré une corrélation entre distance avec les sites de rendez-vous et vulnérabilité. L'impact de la mort de la femelle dominante de la meute du Béal-Traversier en 2008 peut également être une source d'imprécisions dans l'estimation de l'utilisation des territoires par les loups. En effet la mort d'un membre du couple dominant est connu pour avoir un impact déstructurant de la cohésion sociale, donc des attaques (Brainerd, 2008, Réseau Loup-Lynx, 2010). Afin d'étudier l'impact de cet événement sur la vulnérabilité des troupeaux, un travail d'analyse de la situation de vulnérabilité les années suivantes serait nécessaire. Une autre approche a également été évaluée, consistant à rechercher les différences entre les quartiers d'UP attaqués de ceux non attaqués par une analyse discriminante. Pour ceci, deux analyses multivariées successives (ACM puis analyse discriminante de type ACP) sont nécessaires avec la méthode Disqual (Droesbeke *et al.*, 2005). Les changements successifs des données ont été estimés dommageables aux résultats. D'autres éléments que ceux pris en compte dans le Chapitre 2 sont donc susceptibles d'expliquer la prédation. Les facteurs de vulnérabilité qui n'ont pas pu être pris en compte constituent des pistes : l'exploitation du territoire par les loups, la distance avec les sites de rendez-vous et les tanières, les motivations pour la protection du berger et de l'éleveur, la qualité sanitaire du troupeau. Il pourrait être intéressant d'identifier des circonstances événementielles récurrentes et leur importance pour expliquer la prédation. En conséquence, les causalités de ces situations pourraient être étudiées pour mettre en place des mesures de gestion adéquates.

- Malgré la prise en compte novatrice de multiples variables qui couvrent un large ensemble de facteurs potentiels expliquant la vulnérabilité, la variance expliquée reste faible. Aussi, cette conclusion peut traduire que la recherche d'un modèle déterministe fort, identifiant les facteurs de la vulnérabilité de façon généralisée à l'échelle d'un massif comme le PNRO, est susceptible de rester une approche vaine. Aussi, l'identification des déterminants de risque tels que relevé dans le modèle présenté peut constituer une première base de leviers d'action possible pour faire diminuer la prédation. Cependant des approches personnalisées restent sans doute incontournables pour tenir compte de la diversité des situations, qu'un seul modèle pourra difficilement traiter, allant par exemple de l'événementiel d'un chien malade le jour de la prédation ou d'un lot de brebis ayant échappé au regroupement aux changements d'occupation territorial des loups d'une année sur l'autre.

Conclusion

S'appuyant sur les résultats obtenus dans le chapitre précédent, le Chapitre 2 permet d'expliquer le risque de prédation dans le PNRQ.

22 variables ont été relevées « sur le terrain » dans 322 quartiers d'unités pastorales, correspondant à l'exploitation d'un troupeau autour d'une cabane ou d'une intersaison, pendant 3 ans.

La prédation est connue pour être corrélée aux tailles de troupeaux. Un modèle linéaire mixte est créé, expliquant le nombre d'attaques par la disponibilité en brebis, à l'échelle du quartier d'UP, et prenant en considération la répétition des relevés sur des troupeaux dans des quartiers différents. Les résidus du modèle sont alors utilisés pour constituer la nouvelle variable réponse binomiale qui exprime la situation de chaque quartier d'UP subissant plus ou moins de prédation que ce qui est attendu étant donné la taille du troupeau. Or la prédation est faiblement expliquée par la disponibilité en brebis (3%). Il est donc intéressant de rechercher d'autres explications.

Pour ceci, la description des systèmes pastoraux du PNRQ de 2006 à 2008 a été réalisée, à partir des facteurs de vulnérabilité proposés en Chapitre 1. Six profils différents ont été déterminés.

En ce qui concerne le loup dans le PNRQ, trois meutes sont présentes de 2006 à 2008, avec un changement de meutes et de situation géographique en milieu d'étude. Les effectifs, la reproduction et les aires de répartition ont été déterminés. Le typage individuel génétique a été utilisé pour la distinction entre meutes et entre zones périphériques et cœurs.

Le risque d'avoir plus de prédation qu'attendu en fonction de la taille du troupeau dans le PNRQ s'explique d'abord par l'appartenance du troupeau à un profil, par le nombre de loups, avec un risque accru lorsque les effectifs sont moyens, puis la situation des troupeaux en périphérie de meute, lorsque celle-ci contient des louveteaux, les rend plus vulnérables. A l'inverse, cette situation une année sans louveteaux donne un risque plus faible.

Les estives sont plus à risque que les parcours. De plus, les profils « estive 1b » et « estive 2b » sont plus vulnérables que les autres. Le profil « estive 1b » est conduit par des bergers expérimentés en protection qui privilégient l'utilisation de chiens de moindre qualité, tout en utilisant la couchade libre. Le profil « estive 2b » est caractérisé par une distance entre troupeaux et cabanes et une bonne agrégation du troupeau. Les bergers sont expérimentés au niveau pastoral.

Pour obtenir ces résultats, un modèle linéaire généralisé mixte a été utilisé. Il permet de se situer dans la prédiction. Une actualisation annuelle des connaissances des loups du territoire permet ainsi de prévoir le risque encouru par chaque troupeau à chaque période. Le suivi local des loups est donc un outil pertinent pour anticiper la vulnérabilité des troupeaux. L'évolution des profils de troupeaux pourrait être réactualisée à moyen terme.

Cependant le modèle du Chapitre 2 n'a permis d'expliquer que 8,5% de prédation. D'autres éléments que ceux utilisés sont donc susceptibles de l'expliquer. Des imprécisions sont possibles dans les données utilisées, notamment pour l'identification des cœurs et périphéries de meutes. De plus, certaines variables (exploitation du territoire par les loups, distance avec les sites de rendez-vous et les tanières, santé du troupeau, motivation du berger et de l'éleveur) n'ont pas pu être prises en compte dans le présent travail. Les circonstances particulières lors d'attaques pourraient être approfondies pour compléter l'explication du risque. Enfin, un modèle déterministe s'avère difficile à établir dans cette problématique complexe et est susceptible également d'exprimer, de façon indéterminée, l'opportunisme du loup.

En conséquence, le chapitre suivant amène des réponses pratiques de gestion sur les améliorations à apporter à chaque profil, notamment les plus vulnérables, prenant en compte les contraintes et les choix des éleveurs et des bergers.

Chapitre 3. PREVENTION PERSONNALISEE DE LA VULNERABILITE DES TROUPEAUX DU PARC NATUREL REGIONAL DU QUEYRAS A LA PREDATION DU LOUP

Introduction : Une approche descriptive hiérarchique pour l'aide à la décision

Le Chapitre 3 vise à proposer des orientations de gestion appliquées pour diminuer le risque de prédation pour les troupeaux ovins du PNRQ.

Des éléments d'explication ont été apportés précédemment, notamment à partir de la caractérisation des systèmes pastoraux en présence. Prenant en considération que certaines contraintes sur un quartier d'UP ne peuvent être changées (situations différentes entre intersaisons et estives, contraintes de milieu, etc.), les préconisations sont établies par profils simplifiés (Chapitre 2, 2, b.).

Les facteurs de vulnérabilité proposés par les spécialistes dans le Chapitre 1 constituent un panel pertinent de possibilités d'explication (Chapitre 1, 2, a.). L'analyse s'appuiera donc sur ces propositions.

A l'intérieur de chaque profil simplifié, est recherchée la priorisation des mesures à mettre en place pour faire baisser la vulnérabilité. Pour ceci, des arbres de décision sont utilisés (Lewis, 2000).

Les modalités d'application des mesures à mettre en place sont proposées en prenant en compte les travaux déjà réalisés ou en cours.

1) Matériel et méthodes : des arbres décisionnels

Les arbres de décision sont des outils pour modéliser une discrimination hiérarchique. Ils permettent une visualisation intuitive de la démarche de classification (Lewis, 2000, Besse, 2005).

Les variables explicatives sont triées de façon hiérarchique en fonction de leur capacité à discriminer une variable réponse. Dans le Chapitre 3 il s'agit de la part de quartiers d'UP présentant un surplus d'attaque conditionnellement à leur taille de troupeau (Chapitre 2, 2, a). La variable la plus discriminante forme un premier « nœud » qui divise les données en deux sous-groupes. Chaque sous-groupe est à son tour divisé par la variable la plus discriminante. La démarche se poursuit jusqu'à ce qu'un seuil critique soit atteint (Besse, 2005, Rakotomalala, 2005).

L'outil CART a été choisi car il permet la construction d'arbres binaires, donc avec deux branches à chaque nœud. Ceci permet d'isoler la modalité la plus liée à la prédation. Il s'appuie sur l'indice de Gini, qui indique la fréquence de chaque modalité de la variable réponse pour chaque nœud, et isole celle qui est la plus discriminante (Lewis, 2000). La déclinaison de l'arbre est décidée pour que le taux d'erreur de classement mesuré sur un échantillon test soit le plus bas possible (Vesin, 2006, Saporta, 2006). La longueur des branches représente proportionnellement le pouvoir discriminant du nœud situé en amont. Pour réaliser ces arbres décisionnels, le package tree du logiciel R est utilisé (Ripley, 2012).

Il est envisageable qu'un troupeau évolue d'un profil à l'autre, mais plus difficilement d'un profil simplifié à l'autre, étant donné leurs contraintes. De plus les profils simplifiés sont composés d'un nombre suffisant de données pour permettre l'analyse. Les arbres décisionnels sont donc construits pour chaque profil simplifié : « estive 1 », « estive 2 » et « parcours ». L'unité statistique utilisée reste le quartier d'UP. Les variables utilisées sont identiques à celles utilisées pour l'identification des profils (tableau V).

Les résultats présentent pour chaque nœud le nombre de quartiers d'UP concernés ($n = 18$ par exemple), ainsi que la proportion de ces quartiers ayant subi une prédation (Chapitre 2, 2, a), représentée par la part rouge du camembert. Les données ont été récoltées sur les troupeaux du PNRQ de 2006 à 2008.

2) Résultats

a) Le profil « estive 1 »

Le profil « estive 1 » est caractérisé par des zones sèches où le berger rencontre des difficultés d'abreuvement de son troupeau. Les bergers possèdent plutôt une solide expérience et une formation. Ils sont souvent secondés par un aide berger. Le troupeau est protégé par des chiens de protection et il peut dormir en couchade libre. Les quartiers d'UP concernés sont localisés sur la figure 24.

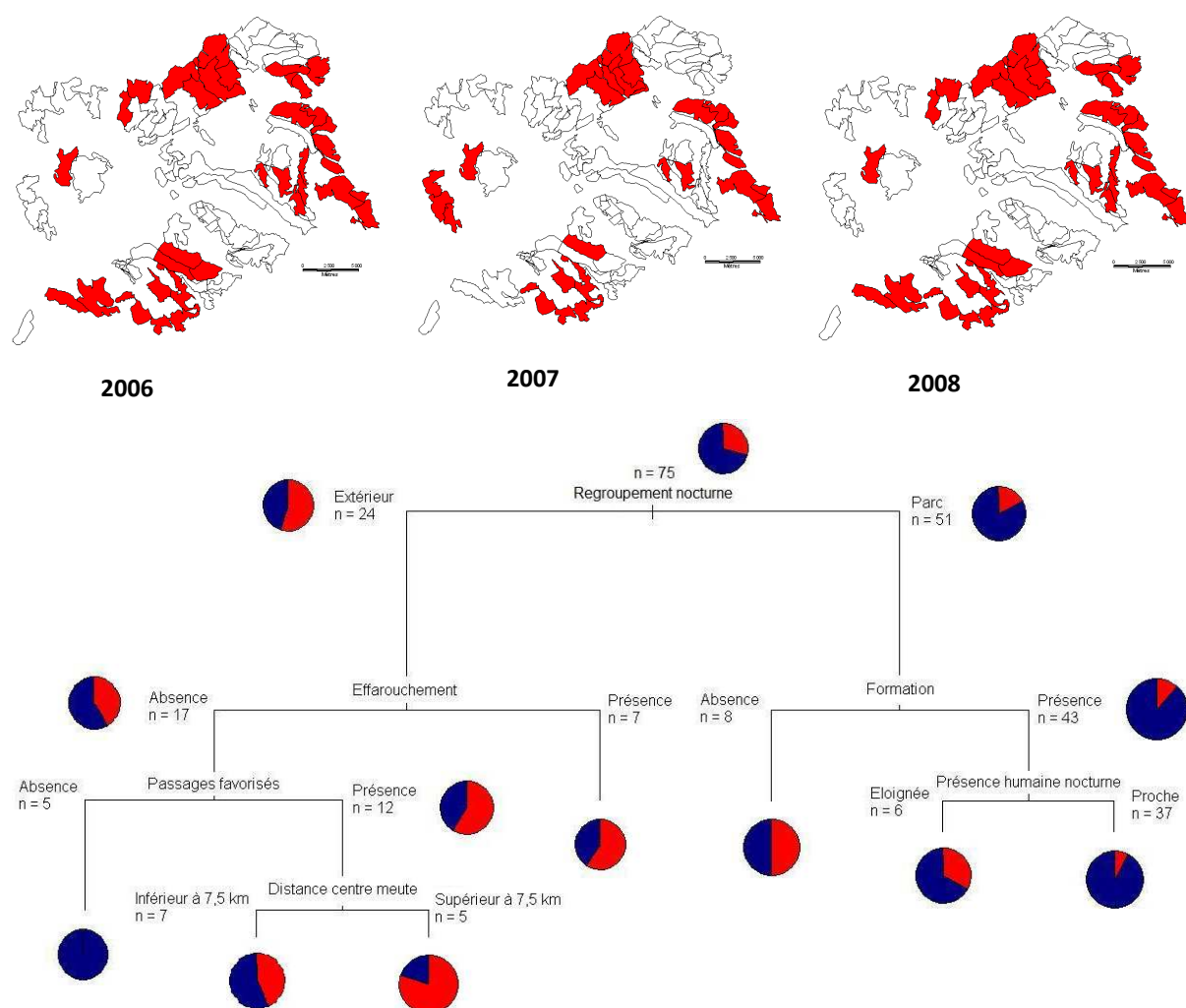


Figure 24 : La situation géographique et l'arbre de décision du profil « estive 1 »

22 des 75 quartiers d'UP du profil « estives 1 » ont subi de la prédation de 2006 à 2008.

- La couchade libre, utilisée par un tiers des quartiers d'UP de ce profil (n = 24), augmente fortement le risque de prédation. L'utilisation des **parcs de protection nocturne** est courante sur le site expérimental comme dans les zones à loups de France, ce qui montre son appropriation par les éleveurs et les bergers. Ils ont montré leur efficacité, notamment en association avec les chiens de protection, puisqu'ils facilitent leur travail en regroupant le troupeau (Espuno *et al.*, 2004). Cependant

leur usage amène certaines difficultés. En effet, la mise en place de ces parcs nécessite un temps de travail significatif (Garde *et al.*, 2007). C'est pourquoi le recours à l'emploi **d'un aide berger est nécessaire** (Silhol *et al.*, 2006). L'impact sur le sol des déjections et les passages répétés pour se rendre aux parcs de protection peuvent être dommageables à l'écosystème et nécessitent le déplacement fréquent des filets (Lapeyronie et Moret, 2006). De plus, il peut être difficile d'utiliser des parcs dans des zones forestières ou avec un relief fort (difficultés à mettre en place, perte de courant en raison du contact avec les arbres, difficultés à enfoncer et faire tenir les piquets, possibilité de sorties des brebis par dessous) (MEEDDAT-MAP, 2008). Certains bergers utilisent la couchade libre jugeant qu'il est préférable de laisser le troupeau profiter au maximum de l'herbe le soir, particulièrement en quartiers d'août où la ressource herbagère est faible et où de grandes étendues sont nécessaires pour assurer l'équilibre alimentaire du troupeau. **Ils privilégient la finalité d'avoir un troupeau qui a globalement mieux profité de l'herbe plutôt qu'un regroupement nocturne en parc, quitte à être plus vulnérable** (Lasseur *et al.*, 2006). Il s'agit souvent de bergers expérimentés. Une réflexion doit être menée pour mieux comprendre les enjeux de cette stratégie et étudier les solutions les plus adaptées. Une réponse assez personnalisée est nécessaire.

- Lorsque le troupeau est en couchade libre, l'effarouchement ne montre pas d'effet notable.
- A un niveau secondaire, le fait que le troupeau se situe dans une zone favorable aux passages de loups (n = 12) et en périphérie de meute (n = 5) augmente le risque de prédation. Cette liaison est à relativiser en raison de la discussion du Chapitre 2 et du faible nombre de quartiers concernés.
- Lorsque le troupeau est installé en parc de protection nocturne (n = 51), les attaques sont nettement moins fréquentes.
 - Pour les troupeaux utilisant les parcs de protection nocturne, la formation du berger et de l'éleveur apporte des résultats en termes de prédation. Les bergers non formés sont très minoritaires (8 quartiers d'UP sur 51). Un **plan de formation** doit pouvoir répondre aux besoins de compétence en protection, et aller au-delà. Il est notable que la **capitalisation des savoirs** est une condition nécessaire, notamment sur une partie des alpages qui voient l'arrivée de nouveaux bergers chaque année. La relation de cause à effet entre la formation et la prédation peut s'interpréter également dans le sens où les personnes sensibilisées par la formation peuvent éviter d'utiliser des quartiers d'unité pastorale reconnus comme « à risque ».
 - Enfin, en situation d'utilisation de parcs de protection nocturne par un berger ayant suivi une formation (n = 43), la proximité entre le berger et son troupeau la nuit semble intéressante (n = 37). Dormir en dehors de sa cabane près du troupeau dans des mauvaises conditions amène beaucoup de contraintes et favorise une accumulation de fatigue. Les grands déplacements quotidiens empêchent le troupeau de manger convenablement à des heures importantes. Il serait donc pertinent de favoriser la création de **cabanes adaptées** judicieusement placées et la rénovation des cabanes non adaptées. La mobilisation des mairies et des partenaires notamment financiers est une condition indispensable. Même si le Queyras bénéficie d'un système conséquent de cabanes pastorales, mis en place en grande partie avant l'arrivée du loup, certains quartiers ne sont pas encore équipés et d'autres ont des infrastructures inadéquates, par exemple avec des caravanes ou des cabanes en tôle. Les infrastructures d'accueil utilisées par les troupeaux transhumants ne bénéficient souvent pas du même investissement que les troupeaux locaux. La stratégie d'aménagement doit s'appuyer sur une étude des différentes dimensions de l'alpage, notamment sous les conseils du berger.

Donc à l'intérieur du profil « estive 1 », les troupeaux passant la nuit en couchade libre sont les plus vulnérables. Cet ensemble correspond au profil « estive 1b » subissant le plus de prédation dans le PNQR dans le modèle de risque élaboré dans le Chapitre 2.

b) Le profil « estive 2 »

Les « estives 2 » sont caractérisées par un gardiennage effectué par un berger seul, souvent peu formé et isolé, qui garde des grands troupeaux transhumants. La protection est basée sur l'utilisation de parcs de protection nocturnes. Leur situation géographique est donnée en figure 25.

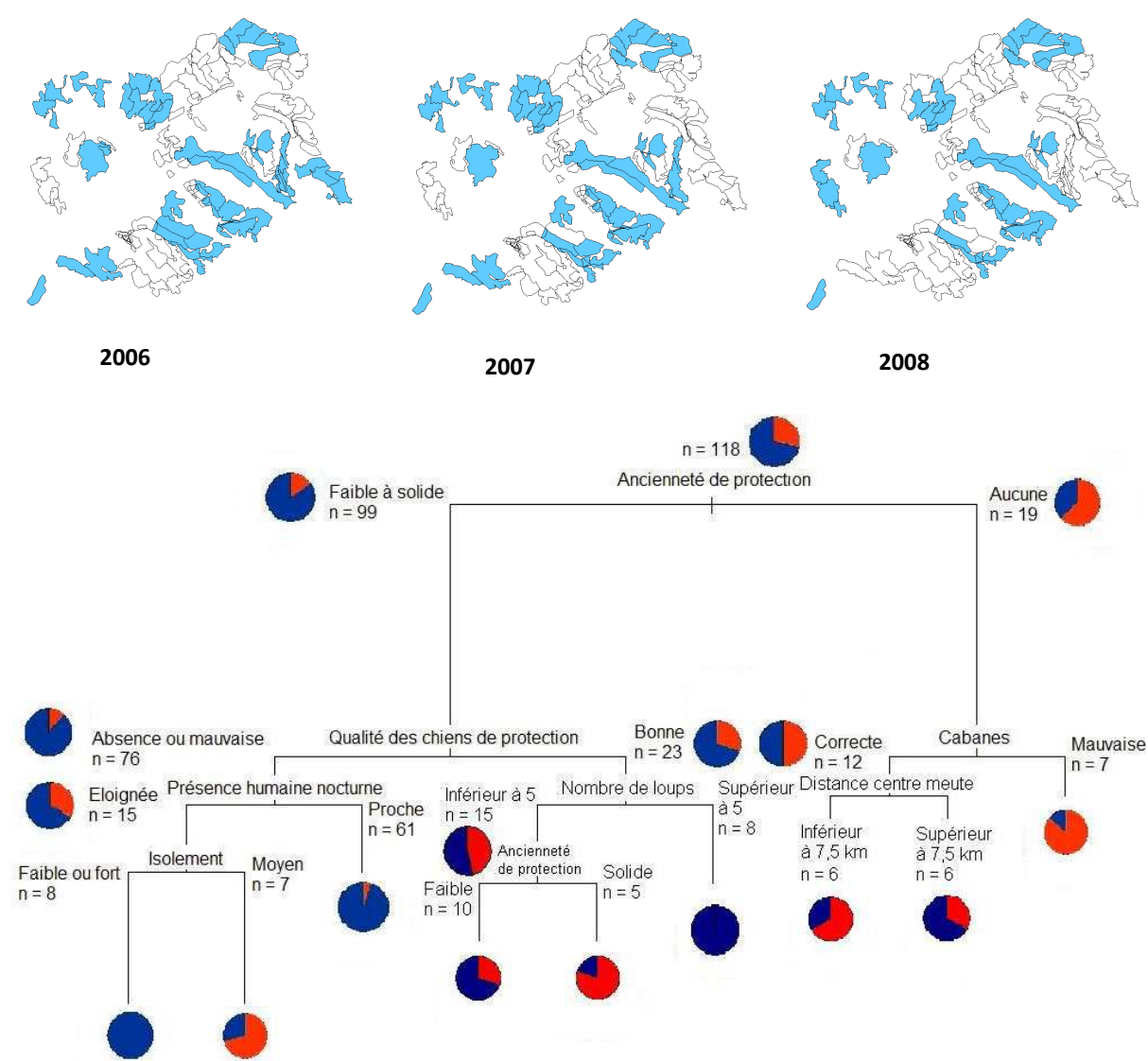


Figure 25 : La situation géographique et l'arbre de décision du profil « estive 2 »

27 des 118 quartiers d'UP de cet ensemble ont subi de la prédation (Chapitre 2, 2, a).

- Le facteur de loin le plus discriminant pour ce profil est **l'expérience dans l'utilisation des moyens de protection** (filets, chiens, aide bergers). Les quelques quartiers d'UP n'ayant aucune expérience de protection (n = 19) ont un risque accru de prédation. Ceci permet d'affiner les résultats obtenus dans le Chapitre 2. Le profil « estives 2b » est identifié comme particulièrement vulnérable alors que l'expérience pastorale est solide. Donc c'est un petit groupe de quartiers où les bergers sont expérimentés au niveau pastoral mais novices dans la protection qui risque plus d'attaques. La préconisation prioritaire de gestion pour ces quartiers est donc d'installer une expérience durable de la protection. Les services de l'Etat établissent les dossiers administratifs pour une prise en charge

financière des moyens de protection. Un accompagnement personnalisé par contact téléphonique et sur le terrain est également réalisé, mais les moyens mis à disposition ne permettent pas de répondre de façon adéquate aux importants besoins des éleveurs. L'équipe technique du PNRQ propose également un conseil sur les moyens de protection, mais qui est souvent réalisé suite à l'établissement d'un constat de dommages, donc dans une situation post-traumatique. Des rencontres annuelles et individuelles avec chaque éleveur et berger portant spécifiquement sur la prévention de la prédation doivent être mises en œuvre, renforcées par l'Atelier technique pastoral annuel qui permet un échange collectif. Cet accompagnement nécessite des moyens adéquats. Le réseau local doit étudier une stratégie d'accompagnement et de formation efficace. Un audit des besoins des bergers et des éleveurs pourrait permettre de répondre au mieux à leurs demandes.

- Enfin, une deuxième étape pour les bergers ayant une solide expérience de la protection est la recherche de **qualité des chiens de protection**. Ce groupe privilégie un faible nombre de chiens de protection. Les 23 quartiers d'UP qui utilisent des « bons » chiens de protection ont plus de prédation que les autres. Ceci révèle une difficulté à définir la qualité des chiens présents. Cette variable fait l'objet d'une partie de la discussion qui suit.
- Lorsque les bergers sont novices dans l'utilisation des moyens de protection (n = 19), l'arbre décisionnel préconise la démarche suivante :
 - Un **système de cabanes adéquat** (n = 12) permet de faire baisser la prédation. Ceci est appuyé par les résultats du Chapitre 2 qui montrent qu'à l'intérieur du profil « estive 2 », le profil « estives 2b » est très vulnérable et ceci notamment car il privilégie la protection en parc alors que le troupeau est éloigné de la cabane.
 - Lorsque le berger est expérimenté en protection et que les cabanes sont adaptées, la situation du troupeau en **périphérie d'une meute** a un rôle secondaire (n = 6). Or la position du quartier par rapport à ce zonage dépend de l'emprise territoriale des loups pouvant changer d'une année sur l'autre. C'est pourquoi la connaissance spatiale des loups en présence est importante. Même si le nombre de quartiers concernés est faible, les résultats du suivi des loups peuvent permettre aux bergers d'être prévenus et éventuellement particulièrement vigilants.

Il est à relever que pour ce profil, privilégiant les parcs de protection de nuit, les troupeaux sont souvent gardés par un berger seul. **L'emploi d'un aide berger** est indispensable pour faciliter l'utilisation des filets et éventuellement des chiens de protection dans de bonnes conditions.

L'expérience dans l'utilisation de moyens de protection de qualité doit ainsi être favorisée pour les bergers et éleveurs concernés.

c) Le profil « parcours »

Les parcours ont une identité particulière avec des petits troupeaux locaux gardés ou parqués à proximité des villages pendant de longues périodes au printemps et à l'automne. Ils sont fréquemment rentrés chaque soir en bergerie. Ils se situent dans l'espace du PNRQ sur la figure 26, en fond de vallée.

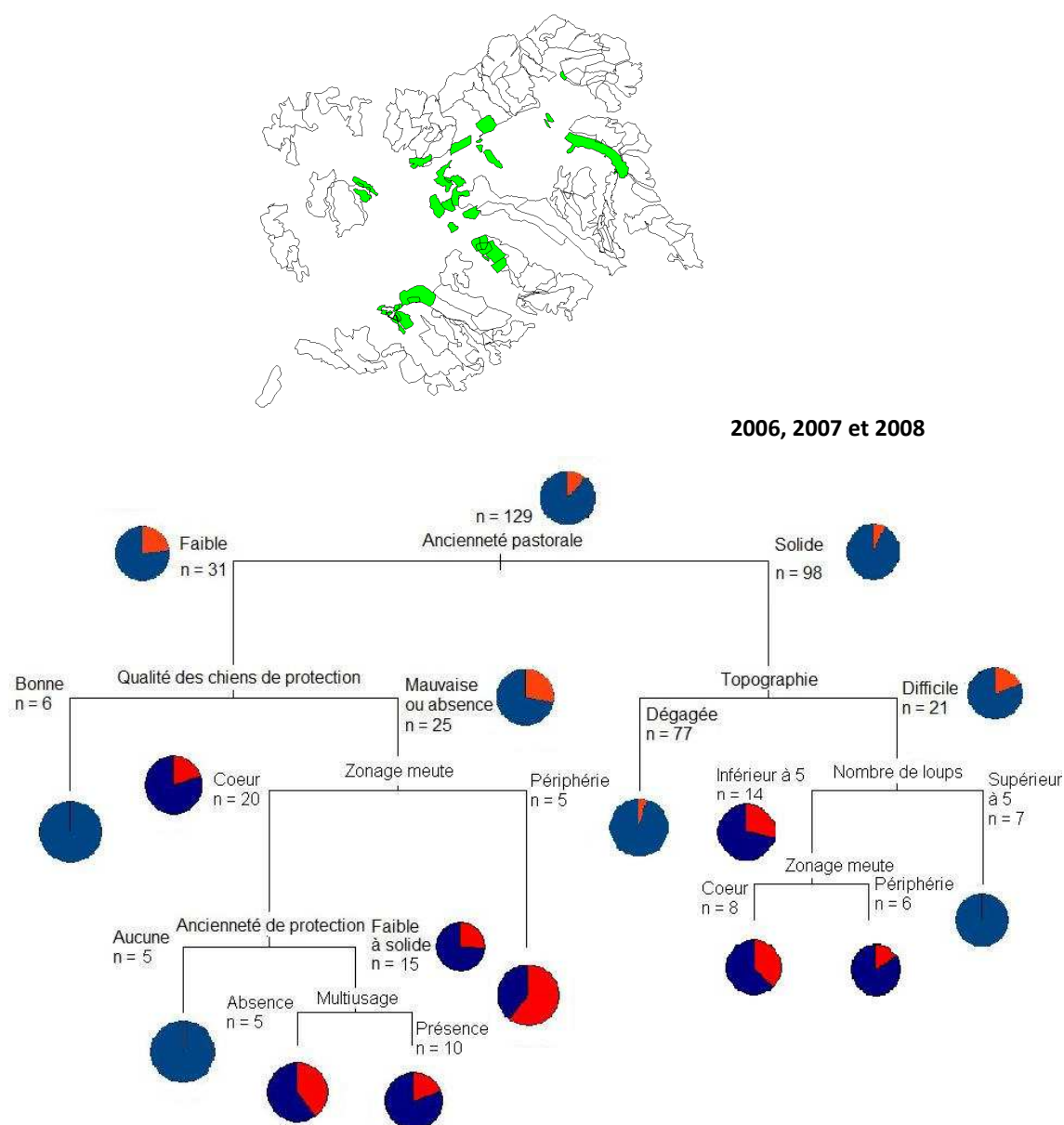


Figure 26 : La situation géographique et l'arbre de décision du profil « parcours »

A la racine de l'arbre, **les quartiers organisés en parcours sont peu touchés** par la prédation, comparativement avec les deux autres profils simplifiés (14 sur 129).

- Le facteur le plus discriminant est **l'expérience pastorale de l'éleveur**. En effet, la minorité de jeunes éleveurs (n = 31) est plus vulnérable. Il faut donc favoriser une installation pérenne des agriculteurs.

Pour cela des conditions de travail adaptées sont nécessaires, comme la mobilisation des politiques communales pour favoriser l'exercice de l'agriculture, notamment par rapport au tourisme, particulièrement gourmand en espaces. Au-delà, les problèmes structurels rencontrés, notamment avec l'organisation commune du marché et la concurrence difficile avec d'autres pays importateurs, constituent des freins à l'activité pastorale dans le contexte alpin. La causalité de la relation est à relativiser puisque les jeunes éleveurs sont amenés à subir plus de prédation également parce qu'ils exercent dans des zones que les plus anciens délaissent, éventuellement à cause de prédateurs (Lasseur, com. pers.).

- Lorsque l'éleveur a une bonne expérience ($n = 98$), il est déterminant d'éviter **les milieux fermés ou à fort relief**. Des modifications de milieux sont peu envisageables pour des raisons de conservation des écosystèmes et de coûts aux échelles qui concernent cette étude. Une conduite adaptée doit donc être envisagée et peut s'appuyer sur une étude des usages de l'alpage.
- Dans un troisième temps, lorsque l'éleveur est expérimenté et qu'il conduit son troupeau dans un milieu fermé ($n = 21$), un **effectif important de loups** (EMR de 6 loups) ($n = 7$) permet de ne plus avoir de prédation. Ce résultat appuie les résultats obtenus dans le Chapitre 2, montrant l'importance d'une estimation annuelle des effectifs dans l'optique de prévoir l'intensité de la prédation.
- Pour un jeune éleveur, la **qualité des chiens de protection** apparaît comme le premier axe structurant la prédation. Sur ce point des éléments ont déjà été avancés pour le profil « estive 2 ». Spécifiquement sur la problématique de la qualité des chiens de protection, un suivi et un accompagnement local sont indispensables. Le PNRQ peut se situer comme appui local au travail des services de l'Etat, avec un volet expérimental propre au statut de PNR (PNRF, 2008), dans le cadre du groupe de travail précédemment proposé. Le renforcement et la pérennisation de la qualité du réseau entre bergers et autres professionnels de la problématique des chiens de protection, ainsi que l'accompagnement personnalisé et la formation sont nécessaires. **L'évaluation de la qualité des chiens de protection** fait actuellement l'objet d'études par un groupe de travail (Leclerc, 2006, Duriez *et al.*, 2010). Une difficulté semble le partage des expériences et des moyens utilisés (Duriez *et al.*, 2010). Il est important de progresser vers une définition partagée de cette qualité pour une protection efficace et une adhésion du monde pastoral à cet outil.

Dans un objectif de réduction de la prédation, les éleveurs expérimentés doivent éviter la conduite dans **les zones à visibilité réduite**. La **qualité des chiens de protection** est à prioriser pour les plus jeunes.

3) Discussion

a) *Les limites d'utilisation des arbres décisionnels*

L'arbre de décision est un outil couramment employé en exploration de données pour sa facilité de construction et de lecture. Il n'a pas beaucoup de contraintes d'utilisation mis à part un nombre suffisant de données (Besse, 2005). Un défaut est un déséquilibre des plans avec des groupes qui se divisent en deux sous-groupes avec des effectifs très différents, qui peuvent favoriser le poids de certaines modalités. Les longueurs de branches reflétant le pouvoir discriminant des variables, ils doivent être pris en considération dans l'interprétation. Etant donné la forte part de variance non expliquée par le modèle élaboré précédemment (8,5%) et même si cet outil a une force de prédiction moins robuste, il permet néanmoins dans le cadre de cette étude de hiérarchiser pragmatiquement les facteurs de vulnérabilité à partir des données de terrain. Dans ce sens il répond à un besoin de gestion territoriale appliquée dans un contexte multifactoriel. Il serait intéressant à moyen terme de poursuivre les relevés de terrain pour réévaluer les arbres de décision. Dans l'optique de confirmer les facteurs prédominants, à l'intérieur de chaque profil simplifié, un travail de modélisation des facteurs qui sont identifiés par les arbres décisionnels peut être réalisé à moyen terme.

Les arbres décisionnels ont été réalisés pour chaque profil simplifié. Afin de hiérarchiser les mesures à mettre en place par niveau de vulnérabilité, il aurait été intéressant de les utiliser dans chaque niveau de risque identifié dans le modèle du Chapitre 2. En revanche, les résultats auraient pu être moins personnalisés par type de pratique pastorale.

Les troupeaux adaptent instinctivement leurs pratiques pour éviter la prédation, ainsi que le montrent systématiquement les faibles effectifs des situations « à risque ».

b) La définition de la qualité des chiens de protection

Suite aux propositions des spécialistes de prendre en compte la qualité des chiens de protection dans les facteurs déterminants la vulnérabilité, celle-ci a été recherchée dans les Chapitres 2 et 3. S'appuyant sur l'expérience de la DDT des Hautes-Alpes (Moret com. pers.), la qualité a été définie par la synthèse de quatre variables relevées sur le terrain :

- la présence du chien au troupeau,
- la capacité à s'interposer entre le troupeau et un intrus,
- l'absence d'agressivité envers les brebis,
- l'absence d'agressivité envers les hommes.

La variable de qualité du système de chiens a deux modalités :

- « bonne » si toutes ces variables sont déclarées comme étant conformes par l'éleveur ou le berger et validées par les techniciens du PNRO,
- « mauvaise » si une des quatre conditions n'est pas admise.

Lorsque plusieurs chiens sont présents dans un troupeau, si un seul des chiens n'admet pas les paramètres, l'ensemble est classé « mauvais ». Ce parti pris a certainement amené la variable de qualité des chiens à majorer la mauvaise qualité. C'est ainsi que dans l'arbre décisionnel du profil « estives 2 » la qualité des chiens apparaît comme proportionnelle à la prédation. Malgré un manque de recherche sur les indicateurs de leur qualité (Gehring *et al.*, 2010), des travaux d'éthologie sur les chiens de protection sont tout de même solides (Wick, 2002) et constituent des bases intéressantes pour les usagers. Une recherche plus approfondie de la définition d'indicateurs de la qualité des chiens a révélé plusieurs approches de la problématique qui présentent des méthodes différentes (Duriez *et al.*, 2010). Des éléments de compréhension sont essentiels pour que l'ensemble des acteurs s'appuie sur des critères reconnus dans une recherche de qualité des chiens et soient en mesure de reconnaître des « mauvais » chiens et les mettent à la touche.

Conclusion

Le Chapitre 3 permet d'identifier des priorités de gestion à mettre en place afin de rendre les troupeaux moins vulnérables. Etant donné la diversité des systèmes pastoraux dans le PNRQ, il est primordial de sortir de la solution unique pour prendre en considération les contraintes et les choix des bergers et éleveurs. Les arbres décisionnels apportent une hiérarchisation des facteurs de vulnérabilité.

Trois profils simplifiés, résultants du Chapitre 2, sont ainsi étudiés.

Le premier profil, « estives 1 », est caractérisé par des zones sèches avec des bergers expérimentés et secondés par un aide berger. La protection est axée sur les chiens et secondairement les parcs de protection. Afin de diminuer sensiblement le risque de prédation, la priorité est la mise en place de parcs de protection nocturne. Ceci confirme les résultats obtenus par Espuno *et al.*, (2004). Leur utilisation n'est pas pour autant sans poser de problèmes. Dans un deuxième temps, la formation puis la proximité nocturne du berger avec le troupeau accompagneront efficacement la protection. La capitalisation des savoirs est également nécessaire. Enfin, un système de cabanes adéquat est une condition essentielle à l'équilibre de l'ensemble des mesures.

Les « estives 2 » ont la particularité d'être gardées par un berger seul, souvent peu formé et isolé, qui garde des grands troupeaux transhumants. La protection est basée sur l'utilisation de parcs. Installer une expérience des moyens de protection est prioritaire pour ce profil. Ensuite, la prévention est conditionnée par un système de cabanes adéquat, puisque sur les quartiers les plus « à risque » les troupeaux sont éloignés des infrastructures d'accueil la nuit. Ce profil doit favoriser l'emploi d'un aide berger. Une sensibilisation à l'usage des chiens de protection serait complémentaire.

Les éleveurs expérimentés en intersaison doivent éviter la conduite dans les zones à visibilité réduite. La qualité des chiens est à prioriser pour les plus jeunes.

Etant donné la faible part d'explication du modèle de risque présenté dans le chapitre précédent, ces préconisations personnalisées constituent des outils de gestion appliquée intéressants dans le cadre d'un accompagnement individuel.

De façon complémentaire, la stratégie à développer dans le territoire du PNRQ est proposée en discussion générale.

DISCUSSION GENERALE

1) Les évolutions d'orientations de gestion dans le Parc naturel régional du Queyras

Le PNRQ bénéficie déjà et depuis de nombreuses années d'une stratégie d'accompagnement du pastoralisme reconnue, présentée dans le « Contexte ». Cette étude permet d'identifier des orientations de gestion potentiellement garantes de résultats sur la baisse de prédation. Au-delà des évolutions personnalisées présentées dans le Chapitre 3, notamment pour les profils de troupeaux les plus durement touchés par la prédation, une ligne de conduite à l'échelle du massif est nécessaire pour une excellence collective. Cinq grands axes de travail sont identifiés :

- **L'utilisation de moyens de protection de qualité** - chiens, aide berger, regroupement et parcs de protection nocturnes – constitue l'axe prioritaire. La complémentarité, la qualité et l'ajustement de ces outils sont essentiels (Espuno *et al.*, 2004). Les services de l'Etat accompagnent ces mesures, particulièrement au niveau administratif (Chapitre 3, 2, b). Le PNRQ se positionne comme relais local et territoire d'expérimentation de cette problématique. **La qualité des chiens constitue un enjeu fort**, identifié notamment pour les éleveurs locaux et par un grand nombre d'experts (Chapitre 1, 2, a ; Chapitre 3, 2, c). Pour ceci, différentes préconisations peuvent être suivies, notamment le choix de bonnes lignées, l'introduction et l'éducation adaptées. Wick (2002) détaille ces différents éléments. Il ne s'agit donc pas d'ajouter un chien à un troupeau pour qu'un résultat soit obtenu. La dimension qualitative des chiens et de leur prise en charge est une condition indispensable à l'efficacité de cette mesure. La définition d'indicateurs de la qualité des chiens de protection est donc un questionnement majeur (Chapitre 3, Discussion). Les **parcs de protection** doivent être utilisés dans la mesure du possible, en prenant en considération les problèmes que leur utilisation occasionne (Chapitre 3, 2, a). L'efficacité de la protection est facilitée avec l'emploi d'un **aide berger**. Le surplus de travail occasionné par les moyens de protection n'est pas tenable dans le long terme par un berger isolé dans le cadre des estives. Etant donné que la moitié des estives utilise ce soutien humain dans le Queyras (98 quartiers d'UP pour un total de 193 dans les estives), il est important de réaffirmer son rôle et d'être au plus près des bergers pour accompagner leur emploi. Cette mesure peut permettre en plus d'une utilisation adéquate des moyens de protection, de casser la solitude du berger en étant en couple, ou encore de faire découvrir la vie en alpage à des novices.
- **La formation et l'expérience des bergers et éleveurs**, dans l'ensemble des dimensions de leur métier (connaissance des pratiques pastorales en général, de l'alpage utilisé, des pratiques de protection, etc.) sont essentielles pour assurer une qualité du travail et donc des retombées en terme de vulnérabilité. L'expérience acquise peut être perdue à cause des **changements de bergers salariés** sur les alpages (MEEDDAT-MAP, 2008). Ainsi, la pérennisation des postes doit être favorisée. Dans une démarche d'explication du risque, la dimension humaine n'a jamais été étudiée et, de façon globale, elle est peu considérée (Blanchet, 2004, Dumé, 2006, MEEDDAT-MAP, 2008). Cette dimension de la problématique pourrait être étudiée, ainsi que proposé plus loin.
- Le **système de cabanes** doit répondre aux besoins d'exploitation des zones pâturées, ainsi que le met en avant par ailleurs le CERPAM (Dodier et Gouty, 2006) et l'Etat (MEEDDAT-MAP, 2008). Il structure le quotidien du berger, dont fait partie la protection. Pour la favoriser, les cabanes doivent être suffisamment nombreuses, de qualité et stratégiquement placées pour permettre de ramener chaque soir le troupeau à proximité. La cohabitation dans de bonnes conditions des bergers et aide bergers, qu'ils soient étrangers ou proches est indispensable. Dans le PNRQ, les cabanes étaient déjà bien présentes avant l'arrivée du loup. Un certain nombre de secteurs n'en sont pas encore suffisamment pourvus, mais c'est surtout l'aménagement de celles déjà en place qui constitue une priorité. Actuellement les évolutions de cabanes sont décidées par les communes en partenariat avec la DDT et le responsable d'alpage. Il est intéressant d'associer le berger, dans la mesure où sa présence est

pérenne. Le financement des cabanes, même partiel, reste une charge significative pour certaines communes.

- Des difficultés se développent entre le monde pastoral et le **tourisme**. Sur fond de méconnaissance, les touristes peuvent perturber la conduite du troupeau, et notamment les chiens de protection. Ces derniers, par leur comportement protecteur, sont d'ailleurs régulièrement pointés du doigt comme des freins au développement touristique par des randonneurs ou des professionnels du tourisme. Par conséquent, cette situation accentue le sentiment d'exclusion des bergers vis-à-vis des autres acteurs du territoire.
- Une connaissance juste de la situation géographique, numérique et de reproduction des **loups** annuelle est nécessaire à une prévention adaptée. Le PNRQ constituant un territoire pastoral confronté au loup à vocation expérimentale, sa position de territoire pilote dans la connaissance de cette espèce est un enjeu important. Dans un objectif de transparence avec les locaux et dans la mesure où beaucoup d'indices de présence sont signalés par eux, le partage des connaissances est essentiel pour une compréhension optimale de la dynamique de cette espèce.

Ces axes de travail identifiés se matérialisent par des outils appliqués. Dans un objectif de d'économie d'échelle, les moyens proposés permettent de répondre de façon transversale à ces axes. L'ensemble de la stratégie repose sur la pérennisation du **réseau local**. L'animation est principalement orientée vers le public pastoral. Il devrait donc s'ouvrir sur des partenaires moins fréquemment associés tels que les Offices de Tourisme, les Accompagnateurs en montagne, les Services de l'Etat (DDT, DREAL, ONCFS), les élus et les observateurs locaux. En tant que gestionnaire de la problématique de la vulnérabilité localement et territoire expérimental, le PNRQ est de fait animateur de ce réseau. Une stratégie partagée à moyen terme doit être définie. Des outils pertinents sont dès à présent identifiés, notamment par l'expérience locale :

- **Le réseau de radiocommunication** « Réseau des bergers du Queyras et Secours en montagne ». Sa qualité doit être pérennisée pour asseoir l'ensemble de la stratégie.
- **Le soutien suite à une prédation** de qualité et dans les meilleurs délais, grâce au système de radiocommunication.
- Le « **Bulletin du réseau bergers du Queyras et secours en montagne** ». D'autres outils de communication peuvent être développés selon la stratégie développée par le réseau local.
- La **formation** s'appuie sur l'Atelier technique pastoral annuel. En plus de thématiques variées, la vulnérabilité des troupeaux à la prédation du loup doit systématiquement faire l'objet d'échanges. Ces rencontres doivent perdurer, notamment grâce à la qualité des thèmes abordés, des échanges et des intervenants. Un plan de formation doit être élaboré en adéquation avec la disponibilité et les attentes des personnes cibles du réseau local. Les aides bergers, en tant qu'acteurs essentiels de la bonne mise en œuvre des moyens de protection, pourraient faire l'objet d'une formation spécifique en début d'été. De plus, les échanges quotidiens, notamment entre participants au réseau au travers du système de radiocommunication et par les rencontres véhiculent la co-formation.
- Afin de prendre en compte la vulnérabilité dans l'ensemble des dimensions de la zone pâturée, une **étude multi usages de l'unité pastorale** doit pouvoir synthétiser les contraintes et les choix des usagers pour façonner un schéma cohérent. Ce document prendrait en compte les aspects pastoraux (notamment un système de cabanes adéquat), environnementaux et les contraintes anthropiques externes, comme le tourisme. La vulnérabilité aux attaques de loups est une dimension à intégrer, en s'appuyant notamment sur les arbres décisionnels établis dans le Chapitre 3 et le modèle de risque du Chapitre 2. Deux outils déjà existant constituent des bases de travail pertinents : le « diagnostic pastoral » et le « diagnostic de prédation » (Dodier et Gouty, 2006). Le premier constitue une riche synthèse des enjeux pastoraux sur la zone. Le second est un outil intéressant pour l'identification du contexte de vulnérabilité des troupeaux. Il utilise une approche personnalisée du risque. Les facteurs proposés « à dire d'experts » ne sont pas vérifiés face au risque réel et ne prennent pas en compte certaines dimensions de la problématique comme les aspects humains. Une démarche d'évaluation des différents facteurs utilisés (boisement, moyens de protection, éloignement entre cabane et troupeau, gardiennage, etc.) à des échelles appropriées serait pertinente. La présente étude ne vérifie pas le rôle

de la topographie et du couvert forestier à l'échelle du massif. En revanche elle confirme l'importance de la présence des chiens de protection, des filets de protection nocturne et de l'éloignement nocturne avec la cabane pour certains profils pastoraux.

- La **campagne de formation à destination du public touristique** telle que déjà mise en place doit être actualisée. Elle est nécessaire au respect du travail du berger (Duriez *et al.*, 2010). La stratégie de communication du Plan Loup 2008-2012 apporte également des outils de communication performants (panneaux, brochures, DVD, site internet) (Michel, 2011) qui peuvent être utilisés tels quels ou déclinés localement, notamment par les acteurs du tourisme.
- L'engagement du PNRQ dans les protocoles de **suivi de la population de loups** est fort et doit s'inscrire dans le temps. Pour ceci le partenariat entre l'ONCFS et le PNRQ doit être matérialisé par une convention et être entretenu par des réunions d'échange annuelles. Le PNRQ peut se positionner comme animateur d'un réseau d'observateurs locaux (en tant que déclinaison du réseau local), en complément et en relais du travail d'animation du « Réseau loup/lynx » coordonné par l'ONCFS. Il est également envisageable d'étudier les foyers de prédation dans l'espace et dans le temps, comme cela a déjà été étudié à une échelle plus large (Coisne, 2006, Hemery, 2008). Enfin, une meilleure connaissance de l'utilisation de l'espace des loups serait intéressante.

L'ensemble de la stratégie et des retombées en terme de risque de prédation doit faire l'objet d'une **évaluation**. Un relevé des variables utilisées dans la présente étude est souhaitable pour actualiser le modèle de risque et les arbres de décision périodiquement. Afin d'asseoir les choix de gestion personnalisée, une analyse inférentielle, de type modèle mixte, sera établie dans chaque profil pastoral actualisé, ou dans chaque niveau de risque.

Ainsi, une **rencontre annuelle** avec chaque berger et éleveur est nécessaire pour connaître les évolutions de situation, notamment afin de renseigner une fiche descriptive annuelle, proche de celle utilisée pour la présente étude. Cette rencontre peut naturellement s'organiser à l'arrivée des bergers pour la remise du « Bulletin réseau bergers du Queyras et secours en montagne » et du matériel de radiocommunication. Un échange complémentaire en fin d'estive peut permettre de compléter les éléments, par exemple au retour du matériel. L'ensemble des éleveurs locaux peut être rencontré en dehors de la période d'estive.

Un audit de satisfaction de la stratégie et de ses outils par les partenaires, parmi lesquels les bergers et éleveurs, serait pertinent. L'actualisation des résultats du suivi local des loups a un rôle important dans la vulnérabilité des troupeaux à leurs attaques, notamment au vu des résultats du Chapitre 2. Dans une optique de gestion adaptative de la problématique (Marboutin et Duchamp, 2005), l'**évaluation** peut être annuelle et donner lieu à un réajustement de la stratégie en accord avec le réseau local.

Après avoir identifié la démarche stratégique à poursuivre pour chaque troupeau dans un objectif de réduction du risque, une meilleure compréhension de la causalité des situations de vulnérabilité permettra une évolution des situations de prédation. A titre d'exemple, de nombreux éleveurs ont exprimé qu'ils ne souhaitaient pas utiliser de chiens de protection par souci d'éviter les conflits avec les voisins en intersaison et les touristes en alpage. De plus, la variable de « motivation de l'éleveur et du berger » identifiée dans le Chapitre 1 n'a pu être étudiée dans la suite de cette étude. Une **analyse à orientation « sciences humaines »** peut donc permettre de mieux comprendre les déterminants des situations de vulnérabilité et constitue une poursuite pertinente du travail déjà réalisé sur le territoire.

2) Réduire la prédation à tout prix ?

La présente étude se positionne dans une recherche de réduction de la prédation. Or on constate qu'un **seuil d'acceptabilité** variable de la prédation existe puisque des bergers ou éleveurs considèrent qu'en présence de loups un certain nombre d'attaques font partie du contexte de l'alpage et que le « tout protection » peut être dommageable au troupeau, notamment par rapport à l'utilisation de parcs de protection nocturne. Or ce seuil d'acceptabilité est très variable d'un berger ou éleveur à l'autre. Certains préfèrent subir des prédictions avec en contrepartie moins de pénibilité de fonctionnement de l'alpage et un gain de production ovine jugé plus important ; d'autre étant affectés en l'absence de prédation ou avec un nombre

réduit attaques alors que l'investissement dans la protection est assez important. Il serait intéressant d'étudier cette variabilité et ses déterminants.

3) Une gestion territoriale s'appuyant sur la proximité

L'expérience du PNRQ montre un bénéfice de l'investissement d'une équipe locale et familière des bergers et éleveurs. La proximité au quotidien permet d'installer une confiance mutuelle essentielle dans une démarche de qualité. L'ensemble de la stratégie développée par le passé a montré des résultats reconnus. Ainsi, un sentiment d'appartenance fort à ce territoire est régulièrement exprimé par les bergers et éleveurs locaux. Cette démarche est un gage de réussite dans d'autres zones géographiques de cohabitation entre hommes et grands prédateurs.

CONCLUSION – UNE GESTION AU PLUS PROCHE DES REALITES DE TERRAIN

Une vision pluridisciplinaire de la problématique

En se positionnant en amont des précédents travaux réalisés et dans l'optique de ne mettre de côté aucun aspect de la problématique, une analyse exploratoire d'opinions d'experts a permis d'identifier un panel de facteurs de vulnérabilité potentiels. Deux ensembles de spécialistes divergent de points de vue :

- Un premier groupe, constitué en grande partie d'éleveurs et de bergers du Queyras, ainsi que de cinq autres spécialistes, adopte une vision assez « fataliste » de la vulnérabilité.
- Les autres experts – gestionnaires d'espaces naturels, biologistes, spécialistes des sciences humaines, pastoralistes – ont une perception plus « déterministe » en proposant des ensembles de facteurs de vulnérabilité plus fournis.

Tous se rejoignent sur la dimension multivariée de la prédation.

Les éléments le plus souvent proposés pour diminuer le risque confirment, entre autres, l'importance du trio de protection - filets, chiens et aide berger -, ainsi que les facteurs de milieu et l'expérience du berger ou de l'éleveur.

Cette approche constitue un préambule intéressant à l'explication du risque (Kuhnert, 2011). Elle permet de se détacher du domaine de compétence auquel appartient le chercheur et constitue un gage d'ouverture pluridisciplinaire essentiel à une meilleure compréhension des phénomènes biologiques.

Une meilleure compréhension du risque de prédation dans le Parc naturel régional du Queyras

La démarche d'explication du risque s'est inscrite à une échelle cohérente, le PNRQ. Il constitue un territoire de pastoralisme de type montagnard méditerranéen avec la présence de 40 000 ovins chaque été, en présence de loups depuis 1998. Les facteurs de vulnérabilité proposés par les spécialistes ont été relevés sur le terrain dans 322 quartiers d'UP pendant trois ans. Les résultats ont montré que les évolutions doivent être personnalisées et qu'un schéma unique ne convient à personne. Dans un premier temps, la taille des troupeaux est identifiée comme déterminante. Une typologie des systèmes pastoraux a été nécessaire. Ainsi, certains troupeaux, et même certains quartiers, sont plus vulnérables que d'autres.

C'est le cas des troupeaux d'estive privilégiant l'utilisation des chiens de protection en association avec la couchade libre, gardés par des bergers expérimentés, secondés par des aides bergers, dans des zones particulièrement sèches. Le facteur le plus déterminant est la couchade libre. Cette pratique constitue donc un enjeu prioritaire, même si son utilisation soulève de nombreuses questions qui pourront être étudiées par la suite. Cela conforte les résultats obtenus par Espuno *et al.* (2004) en présentant l'utilisation simultanée des moyens de protection comme efficaces.

Dans une situation différente, certains bergers d'estive privilégiant une prévention par les parcs de protection nocturnes doivent prioritairement se former à la pratique de la prévention. Dans un second temps, le système de cabane peut être amélioré. La présence d'un aide berger est également une condition indispensable. Compléter ce système par des chiens de protection de qualité serait intéressant.

Le nombre de loups a également un rôle, puisque le risque est supérieur lorsque les effectifs sont moyens, ici 4 loups en résultat d'EMR. La détermination de zones de cœur et de périphérie de meute peut également expliquer certaines situations de pression de prédation. La situation en périphérie de meute une année où des louveteaux sont présents, ou en cœur une année où la reproduction n'est pas constatée, favorisent la prédation.

Le modèle identifié explique moins de 10% de la vulnérabilité. L'utilisation du territoire par les loups, tel que proposé par les spécialistes et envisagé dans le Chapitre 2, pourrait utilement être prise en compte. Le zonage pourrait aussi être affiné. Une étude de l'utilisation de l'espace par télémétrie est alors souhaitable. Les aspects spatio-temporels des prédateurs sur le territoire permettraient de connaître de façon plus qualitative les attaques, ainsi que démontré par Musiani *et al.* (2005), ou Hemery (2008).

L'élaboration d'une stratégie de gestion territoriale

Dans un objectif de réduction du risque de prédation complémentaire, des arbres de décisions personnalisés, prenant en compte les contraintes et les choix des bergers et éleveurs, peuvent être utilisés notamment dans le cadre d'un accompagnement individuel.

A l'échelle du PNRQ une stratégie générale de soutien au pastoralisme est nécessaire (Garde, 1998, Dodier et Gouty, 2006). Elle se décline en cinq axes :

- l'utilisation de moyens de protection performants,
- la formation et l'expérience des bergers et éleveurs,
- des conditions d'exercice pastoral adéquates,
- une connaissance suffisante des loups présents,
- une conduite pastorale adaptée au risque.

Cette stratégie doit s'appuyer sur un réseau local composé par les bergers, les éleveurs, les acteurs du tourisme, les observateurs privilégiés de la problématique - et notamment des loups -, les services de l'Etat et le PNRQ - équipe technique et élus -, animé par l'équipe technique du PNRQ. Elle peut s'appuyer sur des outils partiellement existants : l'Atelier technique pastoral, le réseau de radiocommunication « Réseau des bergers du Queyras et du Secours en montagne », le soutien suite à une prédation, une campagne de sensibilisation des acteurs touristiques, un suivi local des loups, un plan de communication et un ensemble d'études multi usages des unités pastorales. Ces outils peuvent utiliser les arbres décisionnels et le modèle de risque développés en Chapitres 2 et 3, notamment pour prévenir et évaluer la situation de vulnérabilité. Dans le cadre d'une gestion adaptative de la problématique (Marboutin et Duchamp, 2005), le réseau local peut faire évoluer la stratégie en fonction de l'expérience acquise.

Suite à l'identification de facteurs de risque de prédation, et dans un objectif d'identifier des points de « blocage » dans une démarche de causalité, une étude à orientation « sciences humaines » peut apporter des éléments essentiels pour la réduction des attaques. Le seuil d'acceptabilité de la prédation questionne également quant aux objectifs de gestion à poursuivre.

Etant donné la diversité des situations biogéographiques et pastorales d'un massif à l'autre, les résultats obtenus dans cette étude ne sont pas généralisables à d'autres massifs, et encore moins à une échelle nationale. L'échantillon des spécialistes de l'analyse exploratoire est orienté vers le PNRQ, notamment pour les bergers et éleveurs. Par ailleurs, les propositions générales ont pour inconvénient de ne pas être adaptées à la diversité des réalités de terrain, et sont parfois impossibles à mettre en place. Un intérêt de cette étude est de montrer qu'il est primordial de proposer des solutions adaptées à chaque situation. De même, la qualité d'un réseau de proximité regroupant les gestionnaires de l'espace, les services de l'Etat, les éleveurs et bergers locaux et les autres usagers des zones pâturées est un gage de réussite essentiel qui est exportable à d'autres massifs.

La démarche présentée pourrait être utilisée dans d'autres zones géographiques, sur la même thématique ou sur d'autres sujets. Les parcs naturels régionaux ont un rôle d'expérimentation et de gestion territoriale des problématiques homme-nature. A ce titre, ils peuvent utilement se positionner comme territoires d'études appliquées.

La problématique de conciliation entre hommes et grands prédateurs constitue un enjeu fort de nos sociétés modernes en évolution. Elle est un indicateur intéressant de notre capacité à cohabiter avec une nature complexe. Un investissement de la société est nécessaire pour avancer vers une meilleure

compréhension de la prédation sur les troupeaux domestiques et une sauvegarde des patrimoines culturels et naturels.

BIBLIOGRAPHIE

- AGRESTE (2007) - *L'agriculture du massif alpin de 2000 à 2007 : Entre restructuration et déprise ?* Agreste Paca & Rhône-Alpes.
- Austin Z., Cinderby S., Smart J., Raffaelli D., White P. (2009) – Mapping wildlife : integrating stakeholder knowledge with modelling patterns of deer abundance by using participatory GIS. *Wildlife Research*. **36** (7) : 553 – 564.
- Bangs E., Jimenez M., Niemeyer C., Fontaine J. (2006) - *Non lethal and lethal tools to manage wolf-livestock conflict in the northwestern United States*. University of California. **Pp. 7 – 16**.
- Bates D. (2005) - *The Newsletter of the R Project*. **5** (1) : 1 – 72.
- Bates D., Maechler M., Bolker B. (2011) – *Package lme4*. 33p.
- Besse Ph. (2005) – *Data mining II Modélisation statistique et apprentissage*. Université Paul Sabatier Toulouse III. 103 p.
- Blanchet A., Gotman A. (2006) - *L'enquête et ses méthodes, l'entretien*. Armand Colin, Barcelone. 125p.
- Blanchet M. (2004) - Le cas du loup (*Canis lupus*) dans le Parc naturel régional du Queyras : un contrat social de conservation et de développement. *Game and Wildlife Science*. **21** (4) : 505 - 511.
- Boitani L., Ciucci P., Raganella-Pellicciono E. (2010) – Ex-post composition payments for wolf predation on livestock in Italy : a tool for conservation. *Wildlife Research*. **37** (8) : 722 – 730.
- Bolker B.-M., Brooks M.-E., Clark C.-J., Geange S.-W., Poulsen J.-R., Stevens M.-H. et White J.-S. (2008) - Generalized linear mixed models : a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution*. **24** (3) : 127 - 135.
- Bolker B.-M. (2009) – *GLMM on symbiont effects on coral predation*. 19p.
- Brainerd S., Andren H., Bangs E., Bradley E., Fontaine J., Hall W., Iliopoulos Y., Jimenez M., Jozwiak E., Liberg O., Mack C., Meier Th., Niemeyer C., Pedersen H., Sand H., Schultz R., Smith D., Wabakken P., Wydeven A. (2008) - The Effects of Breeder loss on Wolves. *The Journal of wildlife Management*. **72** (1) : 89 – 98.
- Breitenmoser U. (1998) - Large predators in the Alpes : the fall and rise of man's competitors. *Biological Conservation*. **83** (3) : 279 - 289.
- Breck S. et Meier T. (2004) – *Managing wolf depredation in the United States : past, present and future*. USDA National Wildlife research center. Staff publication. 7p.
- Chapron G., Legendre S., Ferrière R., Clobert J. et Haight R.-G. (2003) – Conservation and control strategies for the wolf (*Canis lupus*) in western Europe based on demographic models. *C. R. Biologies*. **326** : 575– 587.
- Chessel D., Dufour An.-B., Lobry J.-R. (2008) – *Dendrogrammes Fiche TD avec logiciel R : tdr 23*. 17p.
- Chessel D. et Dufour An.-B. (2011) – *Package « ade4 »*. 136p.
- Coisne N. (2006) – *Vulnérabilité des troupeaux domestiques à la prédation du loup : éléments préliminaires de la structure spatio-temporelle des attaques*. Rapport stage Master 2 Ecologie, Université de Toulouse 3, ONCFS, Gap. 39 p.
- Cubaynes S., Pradel R., Choquet R., Duchamp Ch., Gaillard J.-M., Lebreton J.-D., Marboutin Er., Miquel Ch., Reboulet A.-M., Poillot C., Taberlet P., Gimenez O. (2010) - Importance of accounting for detection heterogeneity when estimating abundance: the case of French wolves. *Conservation biology*. **24** (2) : 621 - 626.
- Czembor Ch., Morris W., Wintle B., Vesk P. (2011) – Quantifying variance components in ecological models based on expert opinion. *Journal of Applied Ecology*. **48** (3) : 736 – 745.

Dahier Th., Lequette B. (1997) - Le loup dans le massif du Mercantour : Gestion des dommages occasionnés aux ongulés domestiques. *Bulletin de la société neuchateloise des sciences naturelles*. **120** (3) : 19–26.

Delaigue O. (2006) - *Analyse du régime alimentaire du loup (Canis lupus) et de la sensibilité des résultats aux biais de détermination*. Rapport Master 2 Université Lyon I. ONCFS.

Dickman A. (2005) – *An assessment of pastoralist attitudes and wildlife conflict in the Rungwa – Ruaha region, Tanzania, with particular reference to large carnivores*. University of Oxford. 95 p.

Didier K., Gibson J., Wilkie D. (2004) – A simple, cost-effective method to involving stakeholders in spatial assessments of threats to biodiversity. *COEX : Sharing the Land with Wildlife, Inc.* **Pp1 – 26**.

Dimanche M., Brosse-Genevet E., Lambert B., Rougebief E. (2006) – Comment raisonner le risque d'arrivée du loup dans une nouvelle région : le Languedoc-Roussillon. *In Loup élevage, s'ouvrir à la complexité*. CERPAM, Manosque. 248 p. **Pp. 42 – 56**.

Dodier H., Gouty A.-L. (2006) – Le diagnostic pastoral « vulnérabilité loup » sur une unité pastorale : principes et méthodes. *In Loup élevage, s'ouvrir à la complexité*. CERPAM, Manosque. 248 p. **Pp. 82 – 93**.

Dodier H., Gouty A.-L., Lambert B. (2006) – Le diagnostic vulnérabilité : illustration de la méthode à partir de trois exemples. *In Loup élevage, s'ouvrir à la complexité*. CERPAM, Manosque. 248 p. **Pp. 94 - 107**.

Doswald N., Zimmermann Fr., Breitenmoser U. (2007) – Testing expert groups for a habitat suitability model for the lynx *Lynx lynx* in the Swiss Alps. *Wildlife Biology*. **13** : 430 – 446.

DREAL Rhône-Alpes (2011) – *Le loup en France dans le contexte français d'une activité importante et traditionnelle d'élevage*, [Internet]. (Consulté le : 20 mai 2011). <http://www.rdbmct-travaux.com/loup/index.php?lang=fr>

Droesbeke J.-J., Lejeune M., Saporta G. (2005) – *Modèles statistiques pour données qualitatives*. Editions Technip, Paris. 295p.

Duchamp Ch., Lequette B., Dahier Th., Espuno N. (2002) - Le loup dans l'arc alpin : dynamique de colonisation et état de conservation de l'espèce en 2002. *Faune sauvage*. **257** : 39 – 49.

Duchamp Ch., Genevey V., Favier F., Lacour N. (2004) - *Rapport final Life II Le retour du loup dans les Alpes françaises*. Direction de la nature et des paysages, Ministère de l'écologie et du développement durable. 93p.

Duchamp Ch. et Quenette P.-Y. (2005) – La génétique non-invasive au service de l'étude des espèces protégées : le cas du loup et de l'ours brun. *Faune Sauvage*. **265** : 47-54.

Duchamp Ch. (2005) – Mise en œuvre du réseau. Méthodes indiciaires, méthodes génétiques, résultats. *In Actes du séminaire de restitution du programme Life, Lyon les 9 et 10 décembre 2003*. DIREN Rhône-Alpes, Lyon. 205 p. **Pp. 25 - 28**.

Duchamp Ch et Marboutin E. (2006) – Dynamique de colonisation de loup *Canis lupus* en France. *In Loup élevage, s'ouvrir à la complexité*. CERPAM, Manosque. 248 p. **Pp. 22 - 28**.

Duchamp Ch., Boyer J., Briaudet J.-E., Léonard Y., Moris P., Bataille A., Dahier Th., Delacour G., Miquel Ch., Poillot C., Marboutin Er. (in press) – *Wolf monitoring in France : a dual frame process to survey time and space related changes in the population*. Workshop Wolves, people and territories. Turin 2010 may 24th – 26th. 27p.

Dumé A. (2006) – Pour une évolution des schémas de protection des troupeaux ovins face au risque de prédation par le loup dans les Alpes. *In Loup élevage, s'ouvrir à la complexité*. CERPAM, Manosque. 248 p. **Pp. 130 - 138**.

Duriez J.-L., Février J., Binet Er., Blaise L. (2010) – *Evaluation de la situation relative à l'utilisation des chiens de protection des troupeaux contre la prédation*. Rapport des Ministères de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche et de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer. 101 p.

Ernoul Ch., Perret E., Labonne S., Dobromez L., Veron F., Nouvel P., Valence C. (2003) - *Adaptation des systèmes d'exploitation à des enjeux environnementaux : les systèmes ovins utilisateurs d'espaces pastoraux dans le massif alpin*. CEMAGREF, Grenoble. 247 p.

Escofier B., Pagès J. (1990) - *Analyses factorielles, simples et multiples*. Deuxième édition, Bordas, Paris. 263 p.

Espuno N., Lequette B., Poulle M.-L., Migot P., Lebreton J.-D. (2004) - Heterogeneous response to preventive sheep husbandry during wolf recolonization of the French Alps. *Wildlife Society Bulletin*. **32** (4) : 1195-1208.

Fabbri E., Miquel Ch., Lucchini V., Santini A., Caniglia R., Duchamp Ch., Weber J.-M., Lequette B., Marucco Fr., Boitani L., Fumagalli L., Taberlet P., Randi E. (2007) – From the Apennins to the Alps; colonization genetics of the naturally expanding Italian wolf (*Canis lupus*) population. *Molecular Ecology*. **16** : 1661 – 1671.

Francis M. (2004) – *Livestock depredation by wolves*. University of Nebraska. 33 p.

Fritts S., William J., Mech L.-D., Scott D. (1992) – Trends and management of wolf-livestock conflicts in Minnesota. *U.S. Fish and Wildlife Service Resource Publication*. **181**. 27 p.

Fuentes M., Cinner J. (2010) – Using expert opinion to prioritize impacts of climate change on sea turtles nesting grounds. *Journal of environmental management*. **91**(12) : 2511 – 2518.

Fuller T., K., Mech L.-D., Cochrane J.-F. (2003) – Wolf population dynamics. In *Wolves – Behaviour, ecology and conservation*. **Pp. 161 - 191**.

Garde L. (1998) – *Loup et pastoralisme, la prédation et la protection des troupeaux dans le contexte de la présence du loup en Région Provence-Alpes-Côte-d'Azur*. CERPAM, Manosque. 39 p.

Garde L., Bataille J.-F., Dimanche M., Dumé A., Lapeyronnie P., Lasseur J., Silhol A. (2007) – Protection des troupeaux et gestion pastorale : un compromis souvent difficile pour les exploitations ovines allaitantes des montagnes méditerranéennes françaises. *Rec. Rech. Ruminants*. **14** : 169 – 172.

Gehring Th., VerCauteren K., Landry J.-M. (2010) – Livestock protection dogs in the 21st Century : Is an ancient tool relevant to modern conservation challenges? *BioSciences*. **60** (4) : 299 – 308.

Gula R. (2006) – Wolf depredation on domestic animals in the Polish Carpathian Mountains. *Journal of Wildlife management*. **72** (1) : 283 – 289.

Hawley J., Gehring T., Schultz R. (2009) – Assessment of shock collars as nonlethal management for wolves in Wisconsin. *Journal of wildlife management*. **73** (4) p 518 – 525.

Hemery A. (2008) – *Vulnérabilité des troupeaux domestiques à la prédation du loup dans les Alpes : analyse de la structure spatio-temporelle des attaques et liaison avec les caractéristiques des unités pastorales*. Rapport stage année interstitielle, Agrocampus Rennes, ONCFS, Gap. 44 p.

Hernandez N. et Grau B. (2005) - *Analyse thématique du discours : segmentation, structuration, description et représentation*. LIMSI/CNRS. Paris. 12p.

Hillier A. (2007) - *ArcGIS 9.3 manual*. 113 p

Holthausen R., Wisdom M., Pierce J., Edwards D., Rowland M. (1994) – *Using expert opinion to evaluate a habitat effectiveness model for elk in western Oregon and Washington*. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. Portland. 16p.

Houard Th. et Lequette Br. (1993) – Le retour du loup dans le Mercantour. *Riviera Scientifique*. **11** : 61-66.

Jedrzejewski W., Schmidt K., Theuerkauf J., Jedrzejewski B., Okarma H. (2001) - Daily movements and territory use by radio-collared wolves (*Canis lupus*) in Bialowieza Primeval Forest in Poland. *Can. J. Zool.*. **79** : 1993 - 2004.

Jedrzejewski W., Niedzialkowska M., Nowak S., Jedrzejewski B. (2004) – Habitat variables associated with wolf (*Canis lupus*) distribution and abundance in northern Poland. *Diversity and Distributions*. **10** : 225 – 233.

Jethva Bh., Jhala Y. (2003) – Foraging ecology, economics and conservation of Indian wolves in the Bhal region of Gujarat, Western India. *Biological Conservation*. **116** : 351 – 357.

Johnson Ch., Seip D., Boyce M. (2004) – A quantitative approach to conservation planning : using resource selection functions to map the distribution of mountain caribou at multiple spatial scales. *Journal of Applied Ecology*. **41** : 238 – 251.

Joly Cl. (2006) – *Prédation du loup sur les troupeaux ovins*. Rapport d'ingénierie, ENGREF. 15 p.

Kunhert P. (2011) – Four case studies in using expert opinion to inform priors. *Environmetrics*. **22** (5) : 662 – 674.

Lancelot R., Lesnoff M. (2005) - *Sélection de modèles avec l'AIC et critères d'information dérivés*. 7p.

Landry J.-M. (2003) - *Le loup*. Delachaux et Niestlé, Paris. 240 p.

Lapeyronie P. et Moret Al. (2006) – Protection des troupeaux et impacts environnementaux. In *Loup élevage, s'ouvrir à la complexité*. CERPAM, Manosque. **Pp. 202 - 212**.

Lasseur J., Garde L., Gouty A.-L. (2006) – La réorganisation des activités d'élevage en Vésubie-Roya. In *Loup élevage, s'ouvrir à la complexité*. CERPAM, Manosque. **Pp. 192 - 201**.

Leclerc M.-C. (2006) – Projet de programme d'action national sur les chiens de protection. In *Loup élevage, s'ouvrir à la complexité*. CERPAM, Manosque. **Pp. 212 – 218**.

Lewis R. (2000) - *An Introduction to Classification and Regression Tree (CART) Analysis*. Annual Meeting of the Society for Academic Emergency Medicine in San Francisco, California.

Lindstrom M. et Bates D. (1990) – Nonlinear mixed models for repeated measures data. *Biometrics*. **46** (3) : 673 – 687.

Low Choy S., O'Leary R., Mengersen K. (2009) - Elicitation by design in ecology : using expert opinion to inform priors for Bayesian statistical models. *Ecology*. **90** (1) : 265 – 277.

Marboutin Er. et Duchamp Ch. (2005) - Gestion adaptative de la population de loup en France : du monitoring à l'évaluation des possibilités de prélèvements. In *Rapport scientifique de l'ONCFS*. ONCFS, Paris. **Pp. 14-19**.

Martin T., Kuhnert P., Mengersen K., Possingham H. (2005) – The power of expert opinion in ecological models using bayesian methods : impact of grazing on birds. *Ecological Application*. **15** (1) : 266 - 280.

Marucco F., McIntire E. (2010) – Predicting spatio-temporal recolonization of large carnivore populations and livestock depredation risk : wolves in the italian Alps. *Journal of Applied Ecology*. **47** (4) : 789–798.

Mech L.-D. (1994) - Buffer zones of territories of gray wolves as regions of intraspecific strife. *Journal of Mammalogy*. **75** : 192 – 202.

Mech L.-D., Fritts S., Paul W. (1998) – Relation between winter severity and wolf depredations on domestic animals. *Wildlife Society Bulletin*. **16** (3) : 269 – 272.

Mech L.-D., Harper E., Meier Th., Paul W. (2000) - Assessing factors that may predispose Minnesota farms to wolf depredations on cattle. *Wildlife Society Bulletin*. **28** (3) : 623 - 629.

Michel V. (2011) – *Stratégie de communication et d'information, Plan d'action national sur le loup 2008-2012 dans le contexte français d'une activité importante et traditionnelle d'élevage*. Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement et Ministère de l'Agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire. 17 p.

MEEDDAT-MAP (2008) - *Plan d'action national sur le loup 2008-2012, dans le contexte français d'une activité importante et traditionnelle d'élevage*. Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire et Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Paris. 88 p.

Miquel C., Bellemain E., Poillot C., Bessiere J., Durand A., Taberlet P. (2006) - Quality indexes to assess the reliability of genotypes in studies using noninvasive sampling and multiple-tube approach. *Molecular Ecology Notes*. **6** : 985 – 988.

Mounet C. (2002) - Le loup et l'élevage ovin dans le Vercors : des facteurs de la prédation à la modélisation spatiale de la vulnérabilité des troupeaux. In *La Fayolle Revue d'information naturaliste et culturelle du Parc naturel régional du Vercors*. Parc naturel régional du Vercors. Pp. **24-31**.

Musiani M., Muhly T., Cormack Gates C., Callaghan C., Smith M., Tosoni E. (2005) - Seasonality and reoccurrence of depredation and wolf control in western North America. *Wildlife Society Bulletin*. **33** (3) : 876 - 887.

Murray J., Goldizen A., O'Leary R., McAlpine C., Possingham H., Low Chow S. (2009) - How useful is expert opinion for predicting the distribution of a species within and beyond the region of expertise? A case study using brush-tailed rock-wallabies *Petrogale penicillata*. *Journal of Applied Ecology*. **46** (4) : 842 - 851.

Ogada M., Woodroffe R., Oguge N., Franck L. (2003) - Limiting depredation by African carnivores : the role of livestock husbandry. *Conservation Biology*. **17** (6) : 1521 - 1530.

Packard J.-M. (2003) - Wolf behavior : reproductive, social, and intelligent. In *Wolves behavior, ecology, and conservation*. University of Chicago. Pp. **35 - 65**.

Pan Zh. et Lin D. (2005) - Goodness-of-Fit Methods for Generalized Linear Mixed Models. *Biometrics*. **61** : 1000 - 1009.

Parcs naturels régionaux de France (2008) - *Argumentaire 50 questions-réponses sur les Parcs naturels régionaux*. Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables. 64 p.

Parc naturel régional du Queyras (2011) - *Pour un nouveau Parc. Biosphère, écotourisme et agriculture durable : Queyras, haute montagne exemplaire. Charte 2010 - 2022*. 44p.

Peutin L. (2008) - *The wolf ate my sheep ! Assessing the social impacts of the return of the wolf on sheep*. University of Lund. 55 p.

Pierce J., Cherry K., Drielsma M., Ferrier S., Whish G. (2001) - Incorporating expert opinion and fine-scale vegetation mapping into statistical models of faunal distribution. *Journal of Applied Ecology*. **38** : 412 - 424.

Pouille M.-L., Dahier Th., De Beaufort R., Durand Ch. (2000) - *Le loup en France rapport final Life I*. Ministère de l'Amenagement du territoire et de l'Environnement. 80p.

Rakotomalala R. (2005) - *Arbres de décision*. Université Lyon II. 25p.

Randi E., Lucchini V., Christensen M.-F., Mucci N., Funk S.-M., Dolf G., Loeschcke V. (2000) - Mitochondrial DNA Variability in Italian and East European Wolves: Detecting the Consequences of Small Population Size and Hybridization. *Conservation Biology*. **14** (2) : 464 - 473.

Réseau Loup Lynx (2003) - *Quoi de neuf ? Bulletin d'information du réseau loup*. ONCFS. **10** : 1 - 34.

Réseau loup lynx (2005) : Programme d'étude « impact du loup sur les ongulés sauvages ». *Quoi de neuf ? Bulletin d'information du réseau loup*. ONCFS. p8.

Réseau Loup Lynx (2006) - Reproduction et hurlements provoqués : un comparatif international. *Quoi de neuf ? Bulletin d'information du réseau loup*. ONCFS. **15** : 7 - 11.

Réseau Loup Lynx (2008) - Spécial génétique. *Quoi de neuf ? Bulletin d'information du réseau loup*. ONCFS. **18** : 1 - 28.

Réseau loup lynx (2010) - *Quoi de neuf ? Bulletin d'information du réseau loup*. ONCFS. **23** : 1 - 48.

Ripley B.-D. (2012) - *Package 'tree'*. 19p.

Saporta G. (2006) - *Probabilités analyse des données et statistique*. Technip, Paris. 621 p.

Sebe Fr., Duchamp Ch., Heitz N., Latini R., Aubin Th. (2006) - *Howling playback as a tool for monitoring wolf packs : tests of signal propagation and acoustic frequency discrimination*. 11th International Behavioral Ecology Congress.

Senn O. (2002) - *Diagnostic pastoral prédation Alpage de Peynin Aiguilles*. CERPAM. 11p.

Seoane J., Bustamante J., Diaz-Delgado R. (2005) - Effect of expert opinion on the predictive ability of environmental models of bird distribution. *Conservation biology*. **19** (2) : 512 – 522.

Sidorovich V.-E., Tikhomirova L.-L., Jedrzejewska B. (2003) - Wolf *Canis lupus* numbers, diet and damage to livestock in relation to hunting and ungulate abundance in northeastern Belarus during 1990-2000. *Wildlife Biology*. **9** (2) : 103 – 111.

Silhol A., Bataille J.-F., Dureau R., Garde L., Niez Th. (2006) - Pour une évolution des schémas de protection des troupeaux ovins face au risque de prédation par le loup dans les Alpes. *In Loup élevage, s'ouvrir à la complexité*. CERPAM, Manosque. 248 p. **Pp. 166 - 178.**

Skonhof A. (2005) – The costs and benefits of animal predation : An analysis of Scandinavian wolf re-colonisation. *Ecological Economics*. **58** : 830 – 841.

Swarner M. (2004) – *Center of African studies human-carnivore conflict over livestock: the African wild dog in central Botswana*. University of California. 17p.

Taberlet P., Waits L.-P., Luikart G. (1999) - Noninvasive genetic sampling : look before you leap. *Trends in Ecology & Evolution*. **14** : 321 – 325.

Tchakérian E., Bataille J.-F., Dimanche M., Legeard J.-P. (2006) – Pastoralisme et élevage ovin en zones de prédation dans le sud-est de la France. *In Loup élevage, s'ouvrir à la complexité*. CERPAM, Manosque. 248 p. **Pp. 14 - 20.**

Treves A., Naughton-Treves L., Harper E., Mladenoff D., Rose R., Sickley Th., Wydeven A. (2004) - Predicting human-carnivores conflict : a spatial model derived from 25 years of data on wolf predation on livestock. *Conservation Biology*. **18** (1) : 114 – 125.

Treves A., Wallace R., Naughton-Treves L., Morales A. (2006) – Co-managing wildlife conflicts : a review. *Human Dimensions of Wildlife*. **11** (6) : 383 – 396.

Vesin Au. (2006) – *Arbres de décision, Algorithme CART*, [Internet]. (Consulté le : 20 mai 2011). <http://beta.kalidao.com/clientzone/lab03/equipe37/fichiers/Arbres%20de%20decision.pdf>

Vynne S.-J. (2008) – *An assessment of rancher perspectives on the livestock compensation program for the mexican gray wolf in the southwestern United States*. University of Oregon. 155p.

Wick P. (2002) – *Le chien de protection sur troupeau ovin, utilisation et méthode de mise en place*. Artus. 31 p.

Wooding A. (2004) – *Sensibilité face aux attaques de loups : confrontation entre un modèle de sensibilité théorique et sensibilité observée*. Rapport de stage de Master 1 Sciences du vivant, Université Joseph Fournier Grenoble, ONCFS, Gières. 15p.

Woodroffe R., Lindsey P., Romanach S., Stein A., Ranah S. (2004) – Livestock predation by endangered African wild dogs (*Lycaon pictus*) in northern Kenya. *Wildlife Conservation*. **124** : 225 – 234.

ANNEXES

Les coefficients des modalités estimés par le meilleur modèle expliquant la prédation

	<i>Estimation</i>	<i>Erreur standard</i>	<i>Z value</i>	<i>Pr(> z)</i>
Intercept	-5.7935	2.9175	-1.986	0.0471 *
Profil Estive 1b	1.5592	0.8271	1.885	0.0594 .
Profil Estive 2a	-0.1524	0.4895	-0.311	0.7556
Profil Estive 2b	0.6752	0.7717	0.875	0.3816
Profil Parcours 1	-1.2415	0.6643	-1.869	0.0616 .
Profil Parcours 2	-0.6666	0.6406	-1.041	0.2981
Nombre de loups	2.2048	1.2445	1.772	0.0764 .
Nombre de loups ²	-0.2615	0.1310	-1.997	0.0459 *

Codes de significativité des modalités : de 0 à 0.001 : '***', de 0.001 à 0.01 : '**', de 0.01 à 0.05 : '*', de 0.05 à 0.1 : '.', de 0.1 à 1 : ''.

ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES
SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

Etude de la vulnérabilité des troupeaux ovins
à la prédation du loup dans le Parc naturel régional du Queyras

Anne-Laure Plisson

La vulnérabilité des troupeaux domestiques à la prédation du Loup (*Canis lupus*) est une difficulté reconnue pour le monde du pastoralisme. La présente étude cherche à mieux comprendre ses déterminants dans un territoire expérimental : le Parc naturel régional du Queyras. Plusieurs études ont été précédemment menées sur ce sujet en France avec des approches descriptives cartographiques, d'expertises, ou analytiques. Les résultats obtenus ont permis d'expliquer partiellement le risque. Afin de se situer en amont des précédents travaux, les facteurs de vulnérabilité ne sont pas choisis en fonction du prisme de connaissance du chercheur. La démarche de la présente étude consiste donc dans un premier temps à mieux comprendre les points de vue des spécialistes sur cette problématique. Pour ceci, l'exploration d'avis d'experts de domaines de compétence complémentaires (pastoralisme, biologie, sciences humaines, gestion des espaces naturels) fait émerger la diversité des facteurs potentiels à considérer ainsi que la complémentarité des points de vue. Les bergers, éleveurs et quelques autres experts adoptent une vision plutôt « fataliste », tandis que les pastoralistes, les gestionnaires d'espaces naturels, les spécialistes des sciences humaines et les biologistes, identifient des jeux de facteurs dans une perception plus « déterministe ». La nécessité d'une prise en compte de la pluridisciplinarité de la problématique est reconnue par tous. Le Parc naturel régional du Queyras, territoire des Alpes internes du Sud ayant une activité pastorale importante, accueille des loups depuis 1998. Dès lors, une politique de soutien au pastoralisme en difficulté a été élaborée et a montré une efficacité reconnue. Dans ce contexte, l'expérimentation des facteurs proposés par les spécialistes est réalisée dans un deuxième temps, à partir de données de terrain récoltées sur 322 quartiers d'unités pastorales entre 2006 et 2008. Les constats de dommages sur troupeaux ovins expertisés « loup non écarté » sont inventoriés pour constituer la variable réponse. Afin d'expliquer la prédation - pondérée par la disponibilité en brebis -, une typologie des troupeaux est établie, ainsi que les aires d'emprise et la constitution des meutes de loups en présence. Grâce à l'utilisation de modèles linéaires généralisés mixtes, une prédiction du risque influencée par les différents systèmes pastoraux, le nombre de loups et l'interaction entre le zonage et la reproduction des meutes est élaborée. Elle permet d'expliquer moins de 10% des situations de prédation. En conséquence, une démarche d'aide à la décision personnalisée est préconisée dans un objectif appliqué de réduction des attaques, matérialisée par des arbres de décision. Le gestionnaire peut développer une stratégie globale de réduction de la vulnérabilité en quatre axes : l'utilisation de moyens de protection efficaces, la formation et l'expérience des bergers et éleveurs, les conditions de travail adéquates, la connaissance des loups présents. Elle se matérialise par la qualité d'un réseau local des acteurs de la problématique et les outils qui l'alimentent. La méthodologie novatrice employée peut être utilisée dans d'autres contextes d'étude de cohabitation avec des grands prédateurs et au-delà.

MOTS-CLÉS : loup, pastoralisme, vulnérabilité, prédation, typologie troupeaux, gestion territoriale, opinion d'experts, modèle linéaire généralisé mixte, arbres de décision.