



Une estimation de la qualité des habitats pour l'ours brun dans les Pyrénées – Intérêts pour la gestion

JODIE MARTIN^{1,2},
FREDERIC DECALUWE²,
PIERRE-YVES QUENETTE²

¹ Centre for African Ecology,
School of Animal, Plant and
Environmental Sciences,
University of the Witwatersrand –
Wits 2050, Afrique du Sud.

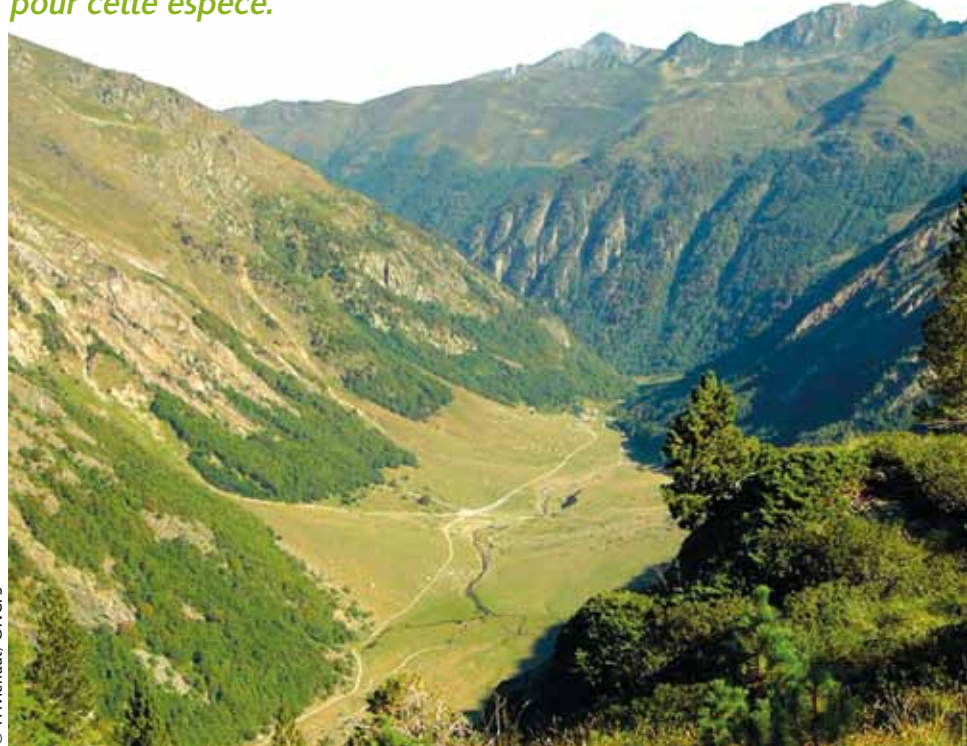
² ONCFS, CNERA Prédateurs-Animaux
déprédateurs, équipe Ours –
Villeneuve-de-Rivière.

L'ours brun dans les Pyrénées : un statut précaire

La population d'ours brun dans les Pyrénées est considérée comme l'une des plus menacées d'Europe. Après avoir frôlé l'extinction avec une population constituée de seulement cinq à six individus, celle-ci a augmenté suite à un programme de renforcement conduit en 1996-1997 et 2006 qui a donné lieu à la réintroduction de six femelles et deux mâles. Cependant, le statut de cette population reste très précaire, avec seulement vingt-deux individus détectés en 2011, répartis en un noyau central et un noyau occidental. Ces deux noyaux sont isolés de tout échange d'individus, celui localisé dans l'ouest des Pyrénées ne comprenant que deux individus mâles.

La gestion et la conservation de cette population reposent sur des aspects à la fois économiques, sociaux et écologiques. En particulier, la détermination de la qualité des habitats disponibles pour cette population constitue un outil important, d'autant plus dans un contexte où l'activité humaine continue de se développer, parfois au détriment des habitats naturels (exemple : destruction ou fragmentation des habitats due à l'anthropisation des milieux). Il est donc crucial de pouvoir déterminer de manière précise quels sont les habitats importants à préserver (les habitats favorables à l'espèce et les corridors potentiels connectant les deux noyaux).

L'identification des habitats favorables pour les petites populations d'espèces en danger est cruciale, afin de permettre de préserver les habitats clés. Cependant, il est souvent difficile d'obtenir des données spatiales d'un nombre suffisant d'individus pour y parvenir. C'est le cas avec la population d'ours brun dans les Pyrénées, qui compte seulement une vingtaine d'individus vivant en deux groupes isolés l'un de l'autre. Une approche basée sur des données issues d'une population géographiquement proche et sur le couplage de deux échelles spatiales a néanmoins permis d'obtenir une cartographie affinée de la qualité de l'habitat pyrénéen pour cette espèce.



© P. Menaut/ONCFS

D'un point de vue strictement écologique, la chaîne des Pyrénées pourrait accueillir un effectif d'ours largement supérieur à ce qu'il est actuellement.

Cartographie de la qualité des habitats : comment procéder ?

La détermination de la qualité des habitats et leur cartographie reposent généralement sur des données de géolocalisation des individus de la population en question (exemples : crottes, observations visuelles, poils, coordonnées GPS, etc) et l'estimation

de la disponibilité des différents types d'habitats. Cependant, pour les petites populations d'espèces élusives comme l'ours brun dans les Pyrénées, les données de localisation spatiale peuvent être limitées et les résultats biaisés du fait de caractéristiques comportementales d'un faible nombre d'individus, ce qui affecte alors leur pertinence biologique.

Afin de palier ce problème, l'étude a été basée sur deux échelles spatiales différentes et complémentaires (une échelle large de valeur générale et une échelle fine spécifique des Pyrénées), et en utilisant des données issues d'une autre population d'ours brun d'Europe de l'ouest : la population des Monts Cantabriques (Espagne). Cette population se compose d'environ 180 à 200 individus et évolue dans un milieu proche de celui des Pyrénées.

À large échelle, une approche basée sur le lien entre paramètres démographiques (survie et reproduction) et habitat a été utilisée, afin de cartographier la qualité de l'habitat (**encadré 1**). Ainsi, deux modèles de présence/absence ont été développés dans les Monts Cantabriques, avec les données de présence recueillies dans la zone de distribution des ours. Le premier modèle a été établi en utilisant des variables anthropiques (modèle de survie). Le second en utilisant des variables naturelles (modèle de reproduction). Le couplage de ces modèles a permis de définir quatre catégories de qualité d'habitat décroissante : de type source, refuge, puits attractif et puits (**encadré 1**). Les zones d'étude dans les Monts Cantabriques et dans les Pyrénées ont été divisées en pixels de résolution 5 x 5 km, et des variables environnementales communes aux deux aires d'étude ont été utilisées (**tableau 1**).

À une échelle locale, un modèle de niche écologique a été développé avec les données de présence des ours dans les Pyrénées, récoltées annuellement dans le cadre du réseau Ours brun (Decaluwe *et al.*, 2011). Ce modèle a été établi grâce aux distances de Mahalanobis (Calenge *et al.*, 2008), qui permet de calculer des distances écologiques entre l'optimum de la niche écologique de la population et la composition des habitats disponibles pour cette population. Plus la distance est faible, plus l'habitat est proche de l'optimum. Pour ce modèle, l'aire d'étude dans les Pyrénées a été divisée en pixels de 200 x 200 mètres, et des

Encadré 1

En bref, description de l'approche développée par Naves *et al.* (2003) reliant qualité de l'habitat et démographie

L'approche développée par Naves *et al.* (2003) sur la population d'ours des Monts Cantabriques repose sur le couplage de deux modèles indépendants, basés sur deux paramètres démographiques clefs de la population : la survie et la reproduction. Les hypothèses sous-jacentes à ce modèle relient les variables anthropiques à la survie des ours, et les variables naturelles (exemple : ressources alimentaires) à la reproduction. Dans le modèle « anthropique », la présence/absence des ours est mise en relation avec les variables anthropiques ; dans le modèle « naturel », la présence/absence des ours est mise en relation avec les variables naturelles (**tableau**). Les deux modèles sont ensuite couplés afin d'obtenir une classification des habitats, selon leur influence potentielle sur la survie et la reproduction. La classification des habitats est présentée dans le **tableau** ci-dessous. Notons que dans notre approche, aucune donnée démographique n'est utilisée, étant donné le faible nombre d'individus et de données. Seules les présences/absences sont utilisées, c'est pourquoi les différentes catégories sont notées « type » (exemple : type source), pour éviter toute confusion (cf. Martin *et al.*, 2012).

Croissance de la population	Catégorie d'habitat	Survie	Reproduction
Nulle ou positive	Type source	+	+
	Type refuge	+	-
Négative	Type puits attractif	-	+
	Type puits	-	-

variables environnementales plus fines ont été utilisées (**tableau 2**).

Enfin, le couplage des deux échelles spatiales a permis une identification plus fine de la qualité de l'habitat (**encadré 2**).

Une bonne adaptation du modèle Cantabriques aux Pyrénées

Les patrons de sélection de l'habitat à large échelle sont similaires entre les deux populations d'ours. En effet, la validation du modèle développé dans les Monts Cantabriques par les données Pyrénéennes est effective. Il a ainsi été possible de cartographier la qualité des habitats dans les

Pyrénées, en utilisant les prédictions du modèle développé dans les Monts Cantabriques (**figure 1**). Comme attendu, les ours préfèrent les zones forestières produisant des fruits secs, une surface forestière importante (en moyenne 50 % de forêt sur 1 225 km²) et un terrain plutôt escarpé. Ils évitent les zones ayant une forte densité humaine (< 1,5 habitant/km²) et routière (> 10 km/km²). La présence de l'ours est également négativement corrélée aux zones agricoles (notons que celles-ci ne sont pas corrélées avec la densité humaine) qui se trouvent à faible altitude, en fond de vallée et en terrain relativement plat, que l'ours peut percevoir comme des zones à risques.

Tableau 1 Description des variables environnementales retenues pour les modèles à large échelle (modèle naturel et modèle anthropique).

La résolution des pixels est de 5 x 5 km. Les gammes de valeurs pour chaque variable sont présentées pour les deux populations.

Variable	Type	Description	Monts Cantabriques	Pyrénées
Escarpement	Naturelle	Moyenne + déviation standard de la pente (en degrés)	1,25 – 48,6	2,7 – 42,8
Couvert arbustif	Naturelle	% de couvert arbustif	0 – 0,9	0 – 0,57
Zones ouvertes	Naturelle	% de zones ouvertes naturelles	0 – 0,78	0 – 0,81
Forêts de fruits secs	Naturelle	% de forêts de feuillus et mixtes	0 – 0,98	0 – 0,97
Connectivité forestière	Naturelle	% de forêt dans les 15 km autour du pixel focal	0,08 – 0,61	0,17 – 0,76
Diffusion de la population humaine	Anthropique	Densité d'habitants dans les 5 km autour du pixel focal	2,1 – 631	1,4 – 389
Zones agricoles	Anthropique	% de zones agricoles	0 – 1	0 – 0,93
Routes	Anthropique	Longueur de routes (km)	0 – 27,7	0 – 20,1

Des habitats de bonne qualité dans les Pyrénées...

Les deux noyaux d'habitats de type source correspondent très bien à la présence de l'ours : environ 70 % des indices de présence sont localisés dans cette catégorie d'habitat et 90 % des indices de présence de femelles suitées. Le modèle révèle également la présence de bons habitats inoccupés en périphérie des deux noyaux. Cependant, ces zones sont connectées par des habitats type refuge pouvant être perçus négativement par les femelles, en raison de leur faible niveau de ressources alimentaires (habitats pauvres pour la reproduction). La probabilité pour que les femelles colonisent ces types d'habitats et interconnectent ainsi les deux noyaux reste faible. Néanmoins, une petite section d'habitats de type puits attractif connecte les noyaux sources par le nord et pourrait constituer un corridor permettant des échanges d'individus. Il s'agit donc ici d'une zone cruciale à gérer, afin de permettre l'échange de femelles entre le noyau central et le noyau ouest.

Comment gérer les différents types d'habitat ?

Les habitats type puits attractifs

Alors que la gestion des habitats type source peut être relativement simple, il en va autrement pour les habitats types puits attractif et refuge. En particulier, deux stratégies peuvent être adoptées concernant les puits attractifs : réduire les sources de perturbation/mortalité dans ces zones, ou bien les rendre moins attractives pour les ours. Le choix de l'une ou l'autre stratégie repose sur plusieurs facteurs, et tout d'abord des facteurs biologiques : dans les puits attractifs situés dans des zones stratégiques (en bordure d'habitats sources ou dans les zones connectant des patches d'habitats sources),



L'étude de la qualité de l'habitat passe par la géolocalisation des individus, sur la base de leurs indices de présence (ci-dessus un piège à poils).

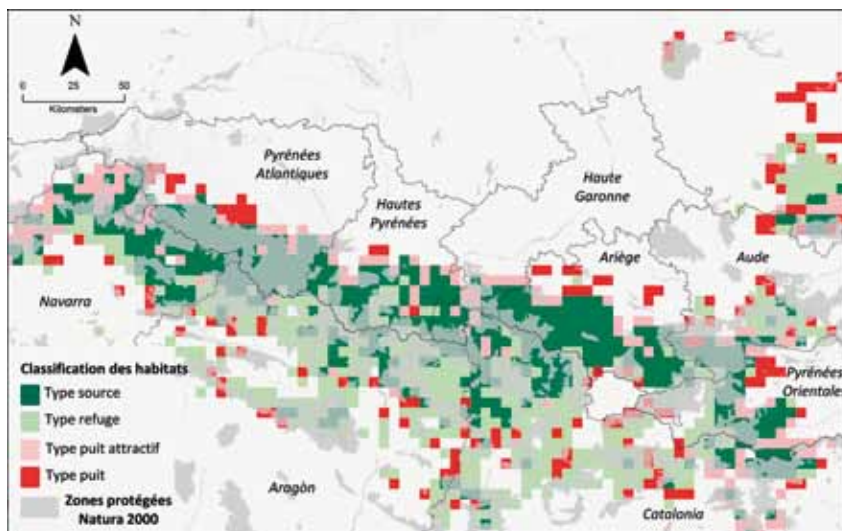
Tableau 2 Description des variables environnementales utilisées pour le modèle de niche écologique à l'échelle locale.

La résolution des pixels est de 200 x 200 mètres. Les distances sont exprimées en mètres.

Variables	Description
Pente	En degrés
Distance aux zones urbaines	Inclus les villes et structures anthropiques
Distance aux zones agricoles	Terres arables, champs permanents, pâturages
Distance aux routes	Routes publiques avec fort trafic
Distance aux forêts de feuillus	Principalement hêtres et châtaigniers européens, bouleaux
Distance aux forêts de conifères	Principalement sapins
Distance aux forêts mixtes	Forêts mixtes de feuillus et conifères
Distance aux zones arbustives	Végétation basse au couvert fermé, dominé par buissons, arbustes et plantes herbacées
Distance aux forêts régénérantes	Forêts régénérantes après dégradation ou colonisation
Distance aux lacs	Distance aux lacs
Distance aux zones ouvertes naturelles	Prairies naturelles

Figure 1 Cartographie de la qualité des habitats prédite par le modèle à large échelle basé sur les données des Monts Cantabriques.

Les zones grisées correspondent à la délimitation des zones protégées du réseau Natura 2000.



il s'agirait de réduire les causes de nuisance pour l'ours. Mais il faut tenir compte aussi des facteurs techniques/économiques : dans certaines zones, il peut s'avérer difficile voire impossible de réduire les risques pour l'ours. Ces zones pourraient donc être rendues moins attractives (par exemple en ne favorisant pas les espèces végétales fortement consommées par l'ours, en ne prenant pas en compte les préconisations concernant la répartition spatio-temporelle des chantiers forestiers pour réduire le dérangement, en installant des barrières électriques près des sources de nourriture potentielles comme les ruchers ou les plantations d'arbres fruitiers). Enfin, ce type de stratégie repose en grande partie sur les politiques en matière d'aménagement du territoire (développement du tourisme, exploitation forestière, économie pastorale, gestion de la chasse...).

Les habitats type refuges

En ce qui concerne les habitats type refuges situés dans des zones critiques, leur gestion reposerait essentiellement sur une augmentation des ressources alimentaires pour l'ours (par exemple en renforçant la connectivité forestière produisant des fruits secs, en limitant la compétition alimentaire avec les grands ongulés par l'augmentation des prélèvements cynégétiques). Cependant, les habitats de ce type sont plutôt situés en altitude, où les conditions écologiques ne sont pas favorables à la croissance des arbres. Les actions de gestion pour ces habitats devraient donc se localiser à proximité des habitats sources, et uniquement pour les refuges situés à plus faible altitude.

Les habitats type source

Étant donné la très faible densité de population (0,28 individu/100 km² dans les habitats type source), la première stratégie à adopter pourrait consister à se concentrer uniquement sur les habitats type source actuellement occupés par l'ours ou en bordure de distribution, afin de concentrer la population dans ces zones. Dans ce cas, les mesures de gestion viseraient à la fois à accroître de façon significative les ressources alimentaires et à améliorer les zones de quiétude pour l'ours.

Un modèle local de niche écologique pour affiner le choix de gestion

Le modèle de niche écologique à l'échelle locale a montré une bonne adéquation avec le modèle à large échelle : les bons habitats prédits par le premier sont en effet généralement localisés dans les habitats de type source prédits par le second (figure 2a). La niche écologique de l'ours dans les Pyrénées se caractérise ainsi par une proximité de zones forestières qui produisent des fruits secs et, paradoxalement, des distances moyennement élevées aux zones urbaines. Ces distances s'expliquent cependant par le fait que ces forêts de feuillus se trouvent en général à proximité des infrastructures humaines (en faible altitude). Les ours ont donc un compromis à faire entre nourriture et sécurité.

Les prédictions par le modèle local ont ainsi complété celles du modèle à large échelle, permettant une hiérarchisation qualitative dans les différentes catégories d'habitats (encadré 2). Par exemple, les puits attractifs ont pu être classés en trois groupes : les bons, moyens et moins bons puits attractifs, selon leur qualité prédite par le modèle local. La même procédure a été utilisée pour les habitats type source et type refuge (figure 2b). Cette hiérarchisation constitue un outil de gestion permettant d'affiner et de cibler les choix de gestion. Les puits attractifs et refuges bien classés par le modèle local représentent ainsi des zones plus

Figure 2a Couplage des modèles à large échelle et à l'échelle locale. Superposition des prédictions du modèle local catégorisé en trois classes de qualité d'habitats selon les valeurs de distances de Mahalanobis sur la cartographie des bons habitats (type source) prédits par le modèle à large échelle.

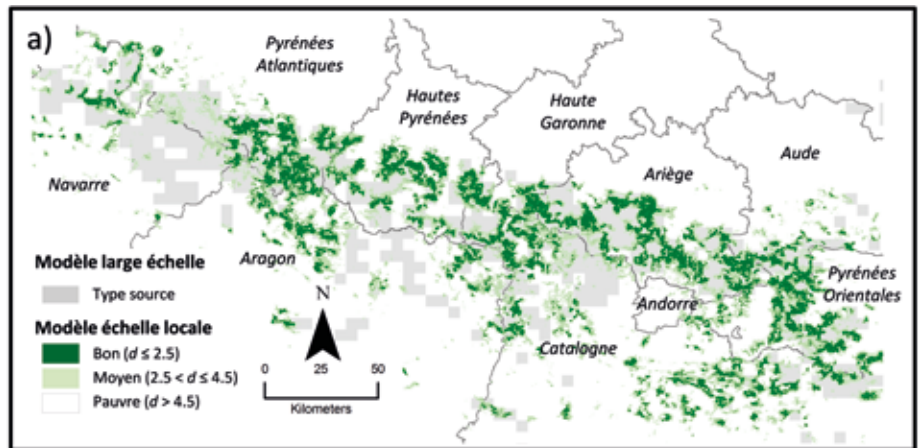
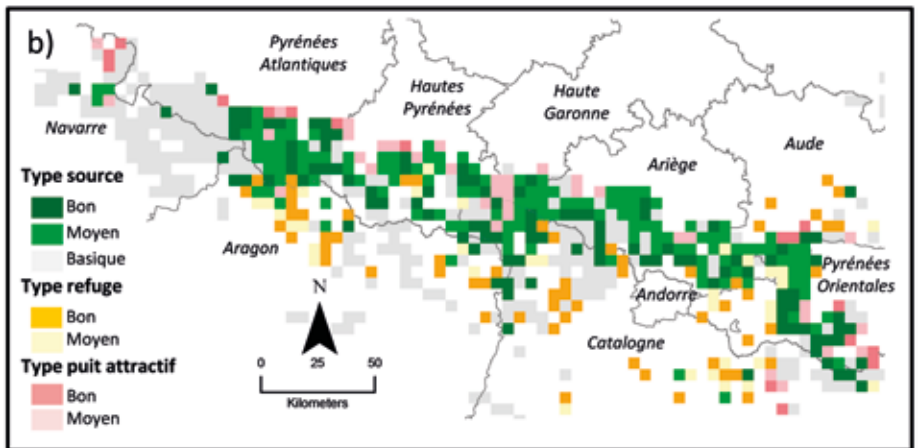


Figure 2b Hiérarchisation des habitats par le modèle local dans les trois catégories d'habitats du modèle à large échelle. Les pixels classés « bon » ont une valeur de $D < 5,7$ et une valeur de $D_v < 0,5$. Les pixels classés « moyen » ont une valeur de $D < 5,7$. Les autres pixels ne sont pas représentés sur cette carte.



facilement/économiquement gérables que les autres, car plus similaires à des habitats sources.

Implications pour la conservation de la population d'ours

Quelle taille pourrait-elle atteindre ?

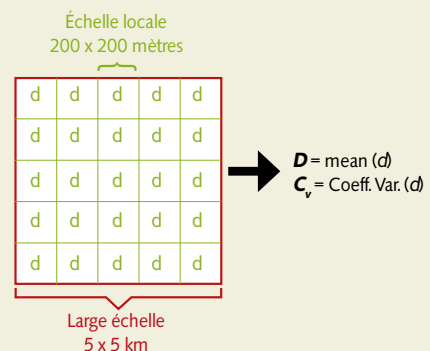
Il faut noter que de grandes zones constituées d'habitats sources restent inoccupées et que les Pyrénées pourraient donc

accueillir un plus grand nombre d'individus qu'actuellement. Bien que 79 % des habitats type source soient occupés (contre 86 % dans les Monts Cantabriques), la densité de population y est faible : 0,28 individu/100 km² pour 2,1 dans les Monts Cantabriques. En se basant sur la densité de la population cantabrique (stabilisée), on peut estimer que les Pyrénées ont la capacité d'accueillir environ cent dix individus d'après la quantité d'habitats de type source disponibles. La population atteindrait alors un statut de conservation plus favorable.

Encadré 2

Couplage du modèle à large échelle et du modèle local et hiérarchisation des habitats

Pour chaque pixel du modèle à large échelle (résolution de 5 x 5 km), la moyenne (notée D) et le coefficient de variation (noté C_v) des distances de Mahalanobis du modèle local (notées d dans le schéma) ont été calculés. Pour chaque pixel de chaque catégorie d'habitat (type source, puits attractifs et refuge), les valeurs de D et C_v permettent de hiérarchiser la qualité de chaque pixel. Les meilleurs pixels, par catégorie, sont ceux pour lesquels $D < 5,7$ (médiane des valeurs de D pour la catégorie source) et $C_v < 0,5$. Les pixels moyens ont une valeur de $D < 5,7$. Enfin, les moins bons pixels correspondent à toutes les autres combinaisons de valeurs possibles.



Où relâcher de nouveaux individus potentiels ?

Dans le cas d'un éventuel renforcement de la population d'ours dans les Pyrénées, la décision d'introduire des individus repose sur des aspects politiques, sociaux et biologiques. Pour ce dernier aspect, cette cartographie des habitats est un outil d'aide pour le choix des sites de lâcher, car elle permet d'identifier les zones biologiquement stratégiques. Idéalement, les nouveaux individus devraient être introduits dans des habitats type source, au sein ou en périphérie de la distribution actuelle des noyaux de population, afin d'augmenter les probabilités de rencontre (et donc de reproduction) entre les individus – notamment avec les mâles du noyau ouest. La répartition actuelle de la population et les analyses récentes de viabilité (Chapron *et al.*, 2009 ; Quenette *et al.*, 2010) devraient également être prises en compte. Ainsi, l'ajout de femelles par exemple dans la partie occidentale du noyau central pourrait favoriser la colonisation naturelle du noyau ouest par celles-ci.

Quelle stratégie de gestion adopter ?

La principale cause de déclin de l'ours brun dans les Pyrénées a été la persécution par l'homme. Aujourd'hui, les paramètres démographiques de la population dans le noyau central sont similaires à ceux des autres populations du sud de l'Europe. Toutefois, la perte récente de trois adultes femelles (2004-2007) a ralenti le taux de reproduction, ce qui explique en partie le lent rétablissement de la population (Chapron *et al.*, 2009). Le modèle de qualité de l'habitat présenté ici permet de cibler les habitats cruciaux, en se basant sur les paramètres démographiques sensibles. Pour réduire le taux de mortalité, les stratégies de gestion doivent s'orienter vers une réduction de l'impact de l'anthropisation, une meilleure campagne de sensibilisation et d'information auprès des utilisateurs du milieu (chasseurs, randonneurs) et la régulation des accès dans les habitats de types puits attractif stratégique. Si le faible taux de reproduction est le principal obstacle au rétablissement de la population, les actions de gestion

Photographie d'un subadulte du noyau central se grattant sur un piège à poils constitué de fils de fer installés sur un tronc badigeonné d'un attractant pour l'ours.



Individu pris au piège photo automatique en 2012, dans l'Ariège (non identifié, né après 2006).

doivent s'orienter vers une augmentation de la connectivité des forêts produisant des ressources alimentaires pour l'ours (élargissement de ces zones forestières, création de corridors forestiers...), et l'amélioration de la disponibilité alimentaire tout au long de l'année.

La gestion des habitats : une approche pluridisciplinaire

Il est clair que la gestion des habitats de l'ours ne repose pas uniquement sur des critères biologiques. Les préconisations en termes de gestion devraient être couplées à une analyse économique, afin d'évaluer les coûts et les bénéfices des mesures proposées et de statuer sur leur faisabilité. Il est également important de s'assurer de leur cohérence avec les politiques nationales et locales en matière de gestion de la faune, d'aménagement du territoire et de développement économique (pastoralisme ovin, exploitation forestière, activités de loisir...). Les mesures de gestion proposées pour cette espèce doivent aussi être compatibles avec le maintien d'autres espèces emblématiques des Pyrénées.

Remerciements

Nous tenons à remercier sincèrement l'ensemble des membres du réseau Ours brun et tous les techniciens andorrans et espagnols (provinces de Catalogne, Aragon et Navarre), sans qui le suivi de cette population d'ours transfrontalière ne serait pas faisable.

Nous remercions J. Naves pour les données de suivi de la population d'ours dans les Monts Cantabriques. E. Revilla, D. Allainé et J.E. Swenson ont également contribué au développement de cet outil. ■

Bibliographie

- Calenge, C., Darmon, G., Basille, M., Loison, A. & Jullien, J.-M. 2008. The factorial decomposition of the Mahalanobis distances in habitat selection studies. *Ecology* 89: 555-566.
- Chapron, G., Wielgus, R.B., Quenette, P.-Y. & Camarra, J.-J. 2009. Diagnosing mechanisms of decline and planning for recovery of an endangered brown bear (*Ursus arctos*) population. *PLoS ONE* 4: e7568.
- Decaluwe, F., Camarra, J.-J., Sentilles, J. & Quenette, P.-Y. 2011. Le statut de la population d'ours brun dans les Pyrénées : bilan 2010 et actualités 2011. *Faune sauvage* 290 : 32-33.
- Laurens, D. & Ribière, G. 2008. Ours des Pyrénées : territoires de présence et gestion des populations. Rapport Inspection générale de l'environnement. 89 p.
- Martin, J., Revilla, E., Quenette, P.-Y., Naves, J., Allainé, D. & Swenson, J.E. 2012. Brown bear habitat suitability in the Pyrenees: transferability across sites and linking scales to make the most of scarce data. *Journal of Applied Ecology* 49: 621-631.
- Naves, J., Wiegand, T., Revilla, E. & Delibes, M. 2003. Endangered species constrained by natural and human factors: the case of brown bears in northern Spain. *Conservation Biology* 17: 1276-1289.
- Quenette, P.-Y., Chapron, G. & Gimenez, O. 2010. Paramètres démographiques et viabilité de la population d'ours brun des Pyrénées. ONCFS, doc. interne. 3 p.