

Méthode d'évaluation de l'état de conservation des  
pelouses pyrénéennes siliceuses à *Festuca eskia* (Code UE : 6140)  
d'intérêt communautaire dans les sites Natura 2000  
- Rapport de stage de Master 1 -



Robin Prunier

Dates du stage : 18 mars au 5 août 2013

Lieux d'encadrement :

Muséum National d'Histoire Naturelle - Service du Patrimoine Naturel  
36 rue Geoffroy St Hilaire – CP 41  
75 231 PARIS CEDEX 05

Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles - Institut de Botanique  
163 rue Auguste Broussonnet  
34090 Montpellier

Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées  
Vallon de Salut - BP 70315  
65203 Bagnères de Bigorre Cedex

Directeur de stage : Farid Bensettiti



## Résumé

Les pelouses pyrénéennes siliceuses à *Festuca eskia* (Code UE : 6140) constituent un habitat agropastoral d'intérêt communautaire. Traditionnellement, ces pâturages sont fréquentés par les troupeaux en transhumance. Le XX<sup>ème</sup> siècle a été marqué par une réduction des activités pastorales sur toute la chaîne des Pyrénées. A l'étage subalpin, la dynamique des pelouses fermées à *F. eskia* paraît particulièrement importante au contact des landes à Rhododendron (Code UE : 4060) et des pelouses sèches à Nard (Code UE : 6230). La phase initiale d'élaboration d'une méthode d'évaluation de l'état de conservation de cet habitat se base sur des recherches bibliographiques afin de proposer une liste d'indicateurs potentiels. La structure et le fonctionnement de l'habitat sont pris en compte à travers les critères de couverture du sol, de composition floristique et d'activité de la faune. Les altérations de l'habitat concernent de petits mouvements de terrain. Le plan d'échantillonnage est élaboré dans l'objectif de prendre en compte la variabilité de l'habitat. Les protocoles mis en place pour récolter les données initiales présentent trois niveaux d'observation : la placette, le transect et la surface de l'habitat. Les informations récoltées sont complémentaires et permettront de valider et de calibrer les indicateurs. Certains indicateurs sont relevés indépendamment suivant deux protocoles, cela permet de comparer les données récoltées sur la placette à celles issues du transect « points-contacts ».

Mots-clés : Pelouses à *Festuca eskia* - État de conservation - Indicateurs - Directive habitats - Pyrénées

## Abstract

The siliceous Pyrenean *Festuca eskia* grasslands (EU Code : 6140) constitute an agropastoral habitat of Community interest. Traditionally, these pastures are exploited by herds in transhumance. The 20<sup>th</sup> centuries showed a significant decrease of pastoral activities throughout the mountain range of Pyrenees. In the subalpine, the closed *F. eskia* grasslands dynamic seems especially important in contact with heathlands of Rhododendron (EU Code : 4060) and with dry grasslands of Nard (EU Code : 6230). The initial step of implementation of an evaluation method of conservation state of this habitat is based on bibliographic searches in order to propose a list of potential indicators. The structure and the functioning of habitat are regarded by the criteria of ground cover, of floristic composition and of fauna activity. The habitat alterations concern little landslides. The sampling plan is developed with the aim to consider the habitat variability. The protocols implemented to collect the initial data address three observation levels : plot, transect and habitat area. The collected informations are complementary and allow to verify the validity of indicators. Some indicators are independently noted following two protocols, it allows to compare the data collected on the plot to data from « points-contacts » transect.

Key-words : *Festuca eskia* grasslands - Conservation state - Indicators - Habitats Directive - Pyrenees

## **REMERCIEMENTS**

Je remercie Mme Lise Maciejewski et M. Farid Bensettiti (SPN - MNHN) pour leur proposition de stage et leur encadrement.

Je souhaite remercier M. James Molina, directeur de l'antenne Languedoc-Roussillon du Conservatoire botanique national Méditerranéen de Porquerolles, pour avoir mis un bureau à ma disposition.

Je remercie M. Piotr Daszkiewicz (SPN - MNHN) pour son aide dans mes recherches bibliographiques.

Je tiens à remercier M. Pierre Jay-Robert (CEFE - CNRS) pour avoir transmis ses connaissances au sujet des communautés de coléoptères coprophages des Pyrénées, notamment lors d'un entretien.

Je remercie M. Pascal Dupont (SPN - MNHN) d'avoir apporté son expertise sur les communautés de lépidoptères et leurs valeurs indicatrices.

Je remercie M. C.G. Bueno Gonzales (Pyrenean Institute of Ecology, Spanish National Research Council) pour avoir répondu à mes questions concernant les protocoles de mesure de l'intensité des perturbations du sanglier.

Je remercie Mme Catherine Brau-Nogué (CBN PMP) pour son implication au plan d'échantillonnage, pour m'avoir accompagné sur le terrain et formé sur la flore de cet habitat.

Je remercie M. Olivier Argagnon et M. Frédéric Andrieu (CBN Med) pour avoir encadré les prospections de terrain dans les Pyrénées-orientales.

Je souhaite remercier M. Guilhem De Barros (CBN Med) pour avoir réalisé l'analyse des données cartographiques.

# SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
1.Contexte et objectifs .....	1
2.Objectifs et missions du stage.....	2
3.Réglementation et concepts théoriques .....	2
MATERIEL ET METHODES.....	5
1.Présentation de la zone d'étude .....	5
2.Recherches bibliographiques .....	6
3.Plan d'échantillonnage .....	6
4.Méthode du relevé phytosociologique .....	8
5.Identification de l'habitat .....	9
RESULTATS.....	9
1.Définition écologique et syntaxonomique de l'habitat .....	9
2.Dynamique de l'habitat .....	10
3.Proposition d'indicateurs potentiels .....	12
4.Méthodes élaborées pour la récolte des données .....	15
DISCUSSION.....	17
1.Écologie et dynamique de l'habitat .....	17
2.Proposition d'indicateurs potentiels .....	18
3.Méthode élaborée pour la récolte des données .....	18
4.Perspectives de travail .....	19
CONCLUSION.....	20
BIBLIOGRAPHIE.....	21

# INTRODUCTION

## 1. Contexte et objectifs

Le Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie a chargé le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) de mettre en place des méthodes standardisées au niveau du territoire français, afin de pouvoir évaluer l'état de conservation de tous les habitats d'intérêt communautaire à l'échelle du site Natura 2000. L'objectif est de faciliter le travail des opérateurs en proposant un outil d'aide à la gestion capable de fournir un constat ponctuel sur l'état de conservation d'un habitat. Les travaux du MNHN sur l'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire ont débuté en 2008 en abordant les habitats forestiers (Carnino, 2009). Le travail réalisé sur les habitats agropastoraux a porté sur les méthodes d'évaluation adaptées aux prairies de fauche et aux pelouses calcicoles (Maciejewski, 2012 et 2013). L'élaboration d'une méthode d'évaluation s'établit en quatre étapes successives. Tout d'abord les recherches bibliographiques rassemblent essentiellement les connaissances relatives à l'habitat, aux écosystèmes et aux aspects de conservation. Cela permet de sélectionner un ensemble de critères et d'indicateurs potentiels de son état de conservation. L'objectif principal de ce stage est de réaliser cette première phase de travail sur les pelouses pyrénéennes à *Festuca eskia*. Une seconde étape concerne les prospections de terrain et s'organise en deux temps. La sélection préalable des sites permet de structurer l'échantillonnage. La réalisation des relevés de terrain permet de récolter les données initiales en appliquant les différents protocoles mis au point. L'avis d'expert sur l'état de conservation de chaque station échantillonnée constitue la référence théorique utilisée pour le traitement des données. La troisième étape aborde les analyses statistiques permettant de tester la validité et la sensibilité des indicateurs, de calibrer les valeurs seuils du bon état de conservation pour chaque indicateur, ainsi que d'ajuster les notes attribuées pour l'évaluation globale. Enfin cette étape est répétée en se basant sur les nouvelles données disponibles et le retour d'expérience des opérateurs.

Ce rapport de stage porte sur la phase initiale de l'élaboration de la méthode d'évaluation de l'état de conservation des pelouses pyrénéennes siliceuses à *F. eskia* (Code UE : 6140), réalisée entre le 18 mars et le 5 août 2013.

Dans la continuité de ce travail, un second stage de six mois est prévu dans le cadre du Master 2 en 2014. Les Conservatoires botanique nationaux (CBN Pyrénées et de Midi-Pyrénées, CBN méditerranéen de Porquerolles) assurent également un appui technique dans un partenariat avec le Muséum.

Tableau 1 : Budget prévisionnel du stage de première année de master (2013)

Nature des dépenses		Total
Gratification de stage	436.05 euros /mois (durée de 4,5 mois)	1962
Déplacements sur Paris	Train et hébergement	350
Déplacements dans les Pyrénées (Juin et Juillet)	Remboursement kilométrique avec véhicule personnel 0,35 euros/Km (environ 2000 Km)	700
Hébergement dans les Pyrénées	Plafond de 60 euros la nuit, prévoir 30 euros (20 nuits)	600
Frais alimentaire	Plafond de 15,25 euros par repas, prévoir 6 euros (40 repas)	240
Total :		3852

Au sein du Service du Patrimoine Naturel (SPN) du MNHN, une équipe de quatre scientifiques travaille dans le domaine de l'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire. Leurs missions abordent le rapportage au niveau européen ainsi que l'élaboration de méthodes d'évaluation à l'échelle du site. Les dépenses engagées pour la réalisation de ce stage (Tableau 1) sont prises en charge par le MNHN, et s'intègrent dans le budget du SPN. Les sources de financement du pôle « Conservation » sont issues de la subvention du Ministère et des conventions passées avec des partenaires publics ou privés.

## 2. Objectifs et missions du stage

Les principaux résultats attendus à l'issue du stage concernent la réalisation d'une synthèse sur la dynamique des pelouses pyrénéennes siliceuses à *F. eskia*, ainsi que la proposition d'une liste d'indicateurs potentiels pour évaluer l'état de conservation de cet habitat. De plus l'élaboration des protocoles de terrain est une mission importante permettant de récolter les données initiales. La planification de l'échantillonnage sur deux saisons de terrain s'effectue en partenariat avec les CBN. Enfin la campagne de terrain 2013 doit fournir un premier jeu de données.

Les méthodes d'évaluation mises au point par le MNHN identifient de nombreux indicateurs regroupés en différents critères et classés selon trois paramètres : les évolutions de surface de l'habitat au sein du site, la structure et les fonctionnements de l'habitat, les altérations qu'il subit (Maciejewski *et al.*, 2013). Les indicateurs proposés peuvent être de nature variée et aborder différents points tels que les caractéristiques des communautés végétales ou animales, les paramètres physico-chimiques du sol, ou encore les marques d'altération.

## 3. Réglementation et concepts théoriques

### 3.1. Cadre réglementaire

La Directive « Habitats Faune Flore » (DHFF) constitue le cadre réglementaire pour la conservation des habitats naturels, de la faune et de la flore dans l'Union européenne (UE). La DHFF définit la conservation comme l'ensemble des moyens à mettre en œuvre pour maintenir ou rétablir les habitats et les espèces dans un état de conservation favorable (Conseil des communautés européennes, 1992).

L'article 11 de la DHFF stipule que les états membres doivent assurer la surveillance de l'état de conservation des habitats naturels et des espèces d'intérêt communautaire. Un rapportage sur l'état de conservation des habitats et des espèces doit être effectué tous les 6 ans, par domaines biogéographiques à l'échelle nationale (article 17).

Le but premier de DHFF est de créer un « réseau écologique européen cohérent » à travers la désignation et la gestion des sites Natura 2000. La Directive souligne cet objectif mais n'aborde pas explicitement les mesures de mise en place d'un réseau écologique au sens spatial et fonctionnel, de manière à connecter des territoires ou des sites (Biondi *et al.*, 2012). Le réseau européen des sites Natura 2000 couvre actuellement 12,5 % du territoire français métropolitain. Pour chaque site Natura 2000, le document d'objectifs est élaboré grâce à la participation de différentes parties prenantes au comité de pilotage. Ce travail de concertation permet de définir les objectifs de conservation et de prévoir les modalités de gestion. Le Code de l'environnement demande à ce que le document d'objectifs présente les procédures de suivi des mesures appliquées, les méthodes de surveillance des habitats et des espèces, ainsi que l'évaluation de leur état de conservation (Article R414-11). La mission confiée au MNHN vise à répondre à cette exigence réglementaire. Le projet de stage s'inscrit dans cet objectif.

### 3.2. Phytosociologie et typologie des habitats

La phytosociologie est une science qui étudie les groupements végétaux, décrit et interprète les assemblages d'espèces de la flore vasculaire. La phytosociologie de l'école Zurich-Montpelliéraine (Braun-Blanquet, 1932) procure les fondements théoriques utilisés pour décrire les communautés végétales. La recherche de discontinuité floristique entre plusieurs groupes de relevés permet de définir les différentes associations par une combinaison d'espèces caractéristiques constituant le groupement théorique idéal (Guinochet, 1973). Les espèces admises comme caractéristiques ne sont pas obligatoirement présentes dans tous les relevés dont l'ensemble représente l'association. L'association végétale est étroitement dépendante des conditions du milieu (paramètres biotiques et abiotiques) et participe à l'identification des différents types d'habitat naturels.

Plusieurs ouvrages parus successivement constituent des référentiels typologiques des habitats au niveau national et européen. La typologie « Corine Biotopes » se base sur la classification phytosociologique, mais aborde aussi des milieux non décrits par l'étude des communautés végétales tels que les grottes, glaciers, vasières et bancs de sable sans végétation. Dans cette typologie, les milieux artificiels sont moins bien décrits que les milieux naturels rares en déclin (Rameau *et al.*, 1997). Le Centre thématique européen pour la conservation de la nature (ETC-bd) a fait paraître le nouveau référentiel : la classification des habitats EUNIS (ETC-bd, 2008). Une démarche d'amélioration a permis de combler les lacunes et de corriger les incohérences, dans le but d'harmoniser la description et la collecte des données dans l'UE (Louvel *et al.*, 2013).



Le Manuel d'interprétation EUR 28 définit les habitats d'intérêt communautaire au niveau générique (European Commission, 2013). En complément, certains pays comme la France ont mis au point des « Cahiers d'habitats » intégrant les connaissances nationales. Ces ouvrages définissent les habitats génériques et élémentaires dans le but de faciliter leur interprétation et de préconiser des modes de gestion adaptés (Bensettiti *et al.* (coord.), 2005). En France, ces documents définissent la notion d'habitat comme un ensemble non dissociable constitué d'un compartiment stationnel (conditions climatiques, matériaux du sol et ses propriétés physico-chimiques) et d'une communauté d'organismes vivants (Bensettiti *et al.* (coord.), 2005). Les « Cahiers d'habitats » abordent uniquement les habitats d'intérêt communautaire. Il s'agit des habitats en danger de disparition dans leur aire de répartition naturelle, ou présentant une aire de répartition restreinte, ou constituant des éléments remarquables propres à un domaine biogéographique (Conseil des Communautés Européennes, 1992).

### 3.3. Concept d'état de conservation

Il est important de distinguer la notion de menace de celle d'état de conservation. Des publications récentes proposent plusieurs méthodes pour évaluer le degré de menace des écosystèmes correspondant à un risque d'extinction (Nicholson *et al.*, 2009 ; Keith *et al.*, 2013). Différemment, la notion d'état de conservation porte sur l'intégrité de l'ensemble des propriétés de l'objet d'étude.

La directive définit l'état de conservation comme « l'effet de l'ensemble des influences agissant sur un habitat naturel [...] qui peuvent affecter à long terme sa répartition naturelle, sa structure et ses fonctions ainsi que la survie à long terme de ses espèces typiques [...] » (Conseil des communautés européennes, 1992). Par ailleurs, un état de conservation favorable correspond à « une situation où un type d'habitat [...] prospère, où les perspectives futures quant à la vitalité [...] des structures [...] sont favorables et où les éléments écologiques intrinsèques [...] des conditions géo-climatiques [...] sont propices » (Bensettiti *et al.*, 2012). Le concept d'état de conservation favorable correspond à un habitat non menacé, pourtant l'absence de menace ne signifie pas que l'état de conservation soit favorable (Bensettiti *et al.*, 2012).

L'évaluation de l'état de conservation à l'échelle locale est un sujet récent dans la littérature scientifique. L'harmonisation des indicateurs et des méthodes utilisées en Europe se révèle nécessaire pour développer une surveillance efficace des habitats (Cantarello et Newton, 2008). Néanmoins, les méthodes doivent pouvoir évoluer pour intégrer les particularités régionales ou locales.

Ainsi la démarche d'évaluation des habitats à l'échelle du site Natura 2000 doit répondre à deux exigences. La standardisation des méthodes doit générer des résultats comparables. Une certaine souplesse doit permettre l'ajout de nouveaux d'indicateurs dans les sites présentant des caractères singuliers.

#### 3.4. Méthodes d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire au niveau du site Natura 2000

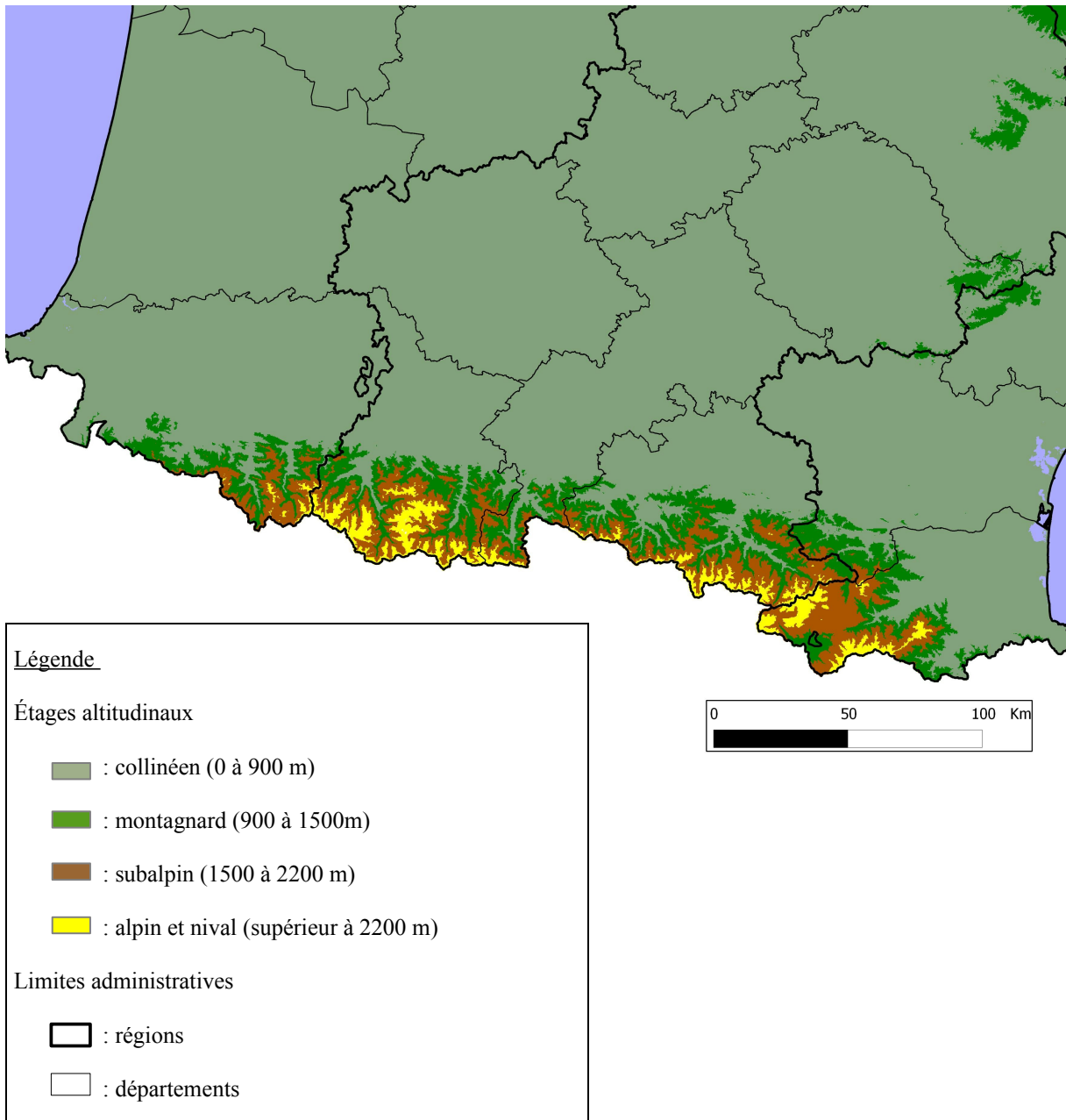
En France, différentes méthodes ont déjà été mises en œuvre pour évaluer les habitats au niveau du site. Le Conservatoire des Espaces Naturels du Languedoc-Roussillon (CEN L-R) a élaboré une méthode d'évaluation de l'état de conservation adaptée aux habitats d'intérêt communautaire du Parc national des Cévennes. Cette méthode aborde trois critères d'évaluation : « intégralité des structures typiques », « intégralité du cortège floristique » et « perturbations ». Cette approche est déclinée pour les différents types d'habitats patrimoniaux du PNC, son application est rapide et accessible à tout opérateur sachant identifier la flore (CEN L-R, 2007). Cette méthode est critiquable au sujet de la faible considération des fonctionnements écologiques, de la prédominance des indicateurs floristiques, du biais d'observation lié à l'estimation visuelle des recouvrements. De plus le seuil de bon état de conservation est fixé de manière arbitraire pour chaque indicateur, l'état de référence répond ici à une appréciation subjective.

Dans la continuité de ce travail, un guide méthodologique a été conçu pour fournir des outils d'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire contractualisés dans les sites Natura 2000 de Lozère (CEN L-R, 2011).

Le « Catalogue régional des mesures de gestion [...] » présente une fiche habitat sur les pelouses fermées pyrénéennes à *F. eskia* (Biotope et CEN L-R, 2009). Ce document propose les mêmes critères d'évaluation pour les pelouses pyrénéennes que ceux employés pour les habitats lozériens. L'évaluation se base sur l'estimation du recouvrement de la litière, des ligneux, des espèces rudérales ou exotiques, et des surfaces dégradées. Cette méthode est également concernée par les critiques précédentes.

En outre les travaux sur les habitats forestiers procurent la première formalisation d'une démarche objective visant à définir l'état de référence lors de l'attribution d'une valeur seuil à chaque indicateur (Carnino, 2009).

Figure 1 : Carte du relief et des limites administratives des Pyrénées françaises



Source des données :

Modèle numérique de terrain « BD ALTI® 250 m France+Corse », conçu par l'IGN et disponible à l'adresse suivante : <http://professionnels.ign.fr/bdalti#tab-3>

Traitement : logiciel Quantum GIS

## **MATERIEL ET METHODES**

### 1. Présentation de la zone d'étude

La chaîne de montagnes des Pyrénées s'étend sur trois régions françaises et six départements. Les étages subalpins et alpins sont répartis dans chaque département (figure 1). La région d'Aquitaine présente le climat le plus océanique (Pyrénées-Atlantiques). La région Midi-Pyrénées concentre la majeure partie du territoire de montagne (Hautes-Pyrénées, Haute-Garonne, Ariège). Le Languedoc-Roussillon est marqué par les influences du climat méditerranéen (Aude, Pyrénées-Orientales). A partir des moyennes de pluviométrie et de température enregistrées entre 1971 et 2000, les travaux de Joly *et al.* (2010) ont permis d'obtenir une image précise des principaux types de climats français. L'annexe 1 présente l'extrait de cette image ciblé sur la chaîne des Pyrénées.

### 2. Recherches bibliographiques

Ce travail permet de rassembler les connaissances relatives aux processus écologiques en marche dans les pelouses fermées à *F. eskia*. L'implication des différents partenaires donne accès à un grand nombre de documents (MNHN, CBN Med, CBN PMP). L'Université de Montpellier II est abonnée à de nombreuses revues scientifiques procurant une littérature récente aux étudiants. Cet état de l'art aborde différentes disciplines scientifiques, principalement l'écologie des communautés et l'écologie des écosystèmes, mais aussi l'agronomie et la géomorphologie. Les travaux de phytosociologie procurent une description précise de la flore et des paramètres abiotiques majeurs de l'habitat. De nombreuses études abordent l'influence des pratiques pastorales sur la végétation de l'étage subalpin. L'aspect évolutif des communautés est considéré en rassemblant les connaissances sur les processus dynamiques liant les pelouses fermées à *F. eskia* à d'autres types d'habitat.

### 3. Plan d'échantillonnage

#### 3.1. Variabilité stationnelle de l'habitat

L'échantillonnage doit parcourir les différentes stations dans lesquelles l'habitat est présent en considérant les variations de topographiques et les influences climatiques. Les observations ne se limitent pas aux situations typiques ou à l'optimum écologique de l'habitat.

Le plan d'échantillonnage répond à différentes contraintes. Pour considérer l'ensemble des nuances climatiques de l'habitat, les prospections doivent s'étaler sur tout le massif, des Pyrénées-Atlantiques jusqu'aux Pyrénées-Orientales.

De plus l'accessibilité des sites et le nombre de polygones présents à l'intérieur d'un site sont des aspects importants pour optimiser le temps consacré à la récolte de données (2 semaines en 2013, 4 semaines en 2014).

Il est nécessaire de rassembler toutes les informations disponibles sur les zones de pelouses fermées à Gispert. Les données provenant du réseau de sites Natura 2000 sont nombreuses et fournissent des localisations très précises des polygones d'habitat. La cartographie des habitats est disponible pour chaque site Natura 2000 doté d'un document d'objectifs validé par la DREAL. Les données disponibles sont des polygones cartographiés qui représentent une entité homogène ou un mélange entre plusieurs habitats (mosaïque).

Les connaissances des partenaires permettent de compléter les données cartographiques recueillies. Certains sites hors du réseau Natura 2000 peuvent être sélectionnés s'ils présentent des conditions stationnelles ou climatiques particulières.

L'extraction à partir des bases de données des CBN permet de compiler l'ensemble des polygones cartographiés dans le réseau des sites Natura 2000, représentant des pelouses fermées à Gispert (homogènes ou en mosaïque). Cette étape est réalisée grâce au travail des géomaticiens, effectuant aussi les analyses spatiales. La localisation de chaque polygone cartographié est croisée aux informations d'altitude et de pente obtenues à partir d'un modèle numérique de terrain. Les données issues de ce traitement me permettent de regrouper les polygones selon différentes classes d'altitude et de pente. La sélection préalable des polygones et des sites à prospecter permet de considérer la variabilité stationnelle de l'habitat.

### 3.2. Représentativité des différents états de conservation

L'échantillonnage est affiné tout au long des prospections de terrain de manière à représenter les différents états de conservation. Cette démarche vise à équilibrer le nombre d'unités d'échantillonnages réalisées pour chaque classe d'état de conservation (dégradé, faiblement altéré ou favorable). Pour chaque station l'avis d'expert sur l'état de conservation est relevé de manière concomitante à la récolte des données. A partir des polygones sélectionnés, le choix des stations échantillonnées permet d'orienter la suite des prospections de terrain. L'étape précédente a permis de sélectionner un grand nombre de polygones (environ 100). Pour chaque classe d'état de conservation, 20 stations doivent être échantillonnées (10 au minimum), soit un total de 60 stations permettant de réaliser les premières analyses statistiques (30 au minimum).

### 3.3. Proposition d'indicateurs potentiels de l'état de conservation

La création d'indicateurs visant à évaluer l'état de conservation d'un habitat répond à plusieurs exigences. L'objectif final est de mettre au point des indicateurs justifiés sur le plan scientifique, pertinents vis-à-vis du contexte local, acceptables en terme de coût et facilement applicables par les opérateurs de site Natura 2000. Lors de l'élaboration de la méthode d'évaluation, les protocoles de terrain mis en œuvre doivent permettre de récolter toutes les informations nécessaires pour mettre au point les indicateurs. A l'issue des prospections de terrain (2014), les analyses statistiques permettront de valider et de calibrer les indicateurs. Les indicateurs peu significatifs ou redondants ne seront pas conservés. Au final, les protocoles de terrain proposés aux opérateurs pourront être simplifiés.

Le travail réalisé durant ce stage vise à établir une liste d'indicateurs potentiels et à élaborer les protocoles de récolte des données. Les données relatives à chaque indicateur peuvent être qualitatives ou quantitatives. La proposition d'un indicateur potentiel émet l'hypothèse d'une corrélation entre les données de terrain et l'état de conservation de l'habitat à dire d'expert. Ce travail se base sur des références bibliographiques portant sur différents domaines de recherche. L'objectif est de considérer les fonctionnements écologiques majeurs des pelouses acidiphiles subalpines et alpines, ainsi que de prendre en compte d'éventuels processus d'altération. Certains indicateurs sont directement abordés dans la littérature. D'autres indicateurs peuvent être proposés en se basant les méthodes utilisées pour évaluer les habitats agropastoraux. De plus, les discussions entretenues avec des scientifiques spécialistes participent à la sélection de certains indicateurs.

### 4. Méthode du relevé phytosociologique

L'aire minimale correspond à la surface pour laquelle l'inventaire des espèces est considéré comme exhaustif pour le relevé floristique effectué. A partir de plusieurs relevés réalisés sur une même station, l'aire minimale peut être obtenue grâce à une représentation graphique de la richesse spécifique en fonction de la surface cumulée (Bouzillé, 2007). Pour simplifier cette approche, il est possible d'utiliser une approximation de l'aire minimale. En effet de nombreux botanistes utilisent une surface de référence adaptée au type de végétation observée. Pour les végétations à grande herbacées des pelouses acidiphiles montagnardes, subalpines et alpines (classe *Caricetea curvulae*), il est conseillé de réaliser un relevé phytosociologique sur une surface de 25 m<sup>2</sup> (Argagnon, comm. pers.).

Tableau 2 : Listes des espèces participant à l'identification des pelouses pyrénéennes siliceuses à *Festuca eskia* (Code UE : 6140)

<u>Nom valide</u>	<u>Synonymes</u>	<u>Sources</u>
<i>Ajuga reptans</i>		Cahiers
<i>Androsace carnea</i>		Cahiers
<i>Campanula scheuchzeri</i> subsp. <i>lanceolata</i>	<i>Campanula lanceolata</i> <i>Campanula recta</i>	Cahiers
<i>Conopodium majus</i>	<i>Conopodium denudatum</i>	Cahiers
<i>Festuca eskia</i>		Cahiers
<i>Geum montanum</i>		Cahiers
<i>Meum athamanticum</i>		Cahiers
<i>Plantago alpina</i>		Cahiers
<i>Ranunculus pyrenaicus</i>		Cahiers + Manuel
<i>Trifolium alpinum</i>		Cahiers + Manuel
<i>Arnica montana</i>		Cahiers + Manuel
<i>Campanula barbata</i>		Manuel
<i>Carex sempervirens</i>		Cahiers
<i>Epikeros pyrenaicus</i>	<i>Selinum pyrenaicum</i>	Manuel
<i>Gentiana punctata</i>		Manuel
<i>Hieracium lactusella</i>		Cahiers
<i>Jasione laevis</i>	<i>Jasione perennis</i> subsp. <i>pygmaea</i>	Cahiers
<i>Lotus alpinus</i>		Cahiers
<i>Luzula nutans</i>	<i>Luzula pediformis</i>	Cahiers
<i>Pedicularis pyrenaica</i>		Cahiers
<i>Phleum alpinum</i>		Cahiers
<i>Phyteuma betonicifolium</i>		Manuel
<i>Pseudorchis albida</i> subsp. <i>albida</i>	<i>Leucorchis albida</i>	Manuel
<i>Scorzoneroides pyrenaica</i>	<i>Leontodon pyrenaica</i>	Cahiers
<i>Soldanella alpina</i>		Cahiers

Légende :

« Manuel » désigne le Manuel d'interprétation des habitats (European Commission 2013)

« Cahiers » désigne les Cahiers d'habitats (Bensettiti *et al.* (coord.), 2005).

Source Web pour connaître le nom valide des espèces :

[http://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_nom/recherche](http://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/recherche)

L'échantillonnage débute par la reconnaissance de l'unité homogène (globalement uniforme) afin de réaliser le relevé phytosociologique sur une placette de 5 mètres de côté. Une fois que toutes les espèces sont inventoriées, un coefficient d'abondance-dominance est attribué à chacune. L'indice d'abondance-dominance de Braun-Blanquet est semi-quantitatif, obtenu grâce à l'estimation visuelle. L'échelle la plus largement utilisée présente 6 classes, il est conseillé de s'aider d'un support schématique pour estimer le recouvrement de chaque espèce (Annexe 2). Le relevé phytosociologique constitue une étape indispensable à l'identification des habitats.

## 5. Identification de l'habitat

La première étape de la récolte des données consiste à reconnaître une unité homogène représentant une surface d'habitat. Le relevé phytosociologique est réalisé au niveau de la placette et les paramètres stationnels sont notés. Les informations recueillies permettront a posteriori de confirmer ou de réfuter l'identification de l'habitat. Ces données sont confrontées à la définition de l'habitat générique du Manuel d'interprétation EUR 28 (European Commission, 2013) ainsi qu'à la description de l'unique habitat élémentaire décliné dans les Cahiers d'habitats (Bensettiti *et al.* (coord.), 2005). En premier lieu, les caractères diagnostiques stationnels sont utiles à l'identification de l'habitat. Les pelouses fermées à Gispét sont présentes sur des pentes exposées au nord ou à l'ouest, mais aussi sur les bas de versant de forme concave où la neige s'accumule. L'essai de clé typologique des habitats réalisé par Corriol (2008) propose une répartition altitudinale qui s'étend entre 1950 et 2650 m. De plus l'habitat se caractérise par sa physionomie, le recouvrement de la végétation est élevé et forme une pelouse dense à aspect homogène. Le Gispét est l'espèce la plus abondante. La communauté végétale est largement dominée par les espèces du *Nardion* (espèces en gras dans le tableau 2). Le tableau 2 rassemble les espèces indicatrices contribuant à l'identification de l'habitat.

# RESULTATS

## 1. Définition écologique et syntaxonomique de l'habitat

Parmi les pelouses pyrénéennes acidiphiles à Gispét, il existe deux types d'habitats distincts situés sur des stations différentes : les pelouses ouvertes des milieux instables (rhexistasie) et les pelouses fermées des formations stables (biostasie). Les pelouses ouvertes présentent des formations en gradins dans les versants exposés au sud soumis aux phénomènes périglaciaires (Baudière *et al.*, 1973).



Ce travail porte sur les pelouses fermées à *F. eskia* qui constituent un habitat d'intérêt communautaire endémique des Pyrénées et de la cordillère Cantabrique (Marinas *et al.*, 2009). Ces pelouses présentent un recouvrement supérieur à 70 %, se développant sur des milieux où l'humectation du sol reste élevée tout au long de l'année (Nègre et Serve, 1979). Tout au long de la chaîne des Pyrénées, cet habitat est présent dans des stations où l'enneigement dure longtemps sur des replats, des concavités ou des versants exposés au nord (Nègre, 1974). La durée de l'enneigement et la persistance du manteau neigeux lors de l'intersaison joue un rôle isolant face aux écarts thermiques. Cette formation se développe sous des températures froides en absence de gel répétitif du sol (Corriol, 2008).

Les pelouses fermées à *F. eskia* sont classées dans le *Nardion strictae*. Cette alliance rassemble les pelouses fermées à Nard (*Nardus stricta*), retrouvées de l'étage montagnard jusqu'à l'alpin. Les nardaies humides présentent une humectation du sol permanente ou persistante sur une longue période, grâce à la proximité de la nappe ou aux écoulements liés à la fonte des neiges (Corriol, 2008). Les nardaies sèches sont les plus répandues, en particulier sur les zones à forte activité pastorale telles que les pacages d'estives. Les pelouses fermées à *F. eskia* sont constituées d'une unique association *Ranunculo-Festucetum eskiae nivalis* décrite par Nègre en 1969 et 1974, présentant une grande variabilité.

## 2. Dynamique de l'habitat

Les séries de végétation de la chaîne des Pyrénées ont été étudiées par Gruber (1980) ainsi que par Dupias (1985). Les pelouses fermées à Gispet sont réparties principalement dans deux séries de végétation distinctes. Dans la partie supérieure de l'étage subalpin, les pelouses à *F. eskia* s'intègrent dans la série du Pin à crochet (Gruber, 1992). Le stade arbustif de cette série de végétation est constitué de landes à Rhododendron (alliance *Rhododendro-Vaccinion*).

A l'étage alpin, les pelouses fermées à Gispet sont présentes dans la série acidiphile des pelouses à *Carex curvula*. Le stade arbustif de cette série de végétation concerne les « landes alpigènes à *Empetrum* et *Vaccinium* » (Code Corine : 31.44, EUNIS F2.24) qui occupent des stations assez ventées où le recouvrement neigeux est faible (Louvel *et al.*, 2013). Les aspects dynamiques connus de ces landes ne sont pas liés aux pelouses fermées à *F. eskia*.

A l'étage subalpin, certaines transformations dynamiques concernent directement les pelouses pyrénéennes siliceuses à Gispet (Code UE : 6140). Dans la frange inférieure de cet habitat, un déficit de l'enneigement engendre une plus faible humidité du sol au printemps ce qui est favorable à la mise en place des landes à Rhododendron (Bensettiti *et al.* (coord), 2005).

L'extension des landes à Rhododendron sur les pelouses fermées à Gispet ou à Nard a été étudiée sur un site localisé dans le Parc national des Pyrénées. La vitesse de colonisation du Rhododendron est apparue assez lente et variable selon des paramètres locaux. La fermeture du milieu transformant une pelouse en une formation arbustive dense peut s'étaler sur une période de 120 à 320 ans (Pasche *et al.*, 2004). De plus, à l'étage subalpin le pâturage du bétail est susceptible de participer à la conversion d'une pelouse en lande. En effet un pâturage intense crée des microsites favorables à l'installation du Rhododendron, compensant largement les effets négatifs sur la survie des plantules. La densité de la graminée dominante (Gispet ou Nard) limite la colonisation du Rhododendron, sensible à la compétition herbacée pour l'établissement de nouvelles plantules. Dans cette étude, la réduction du pâturage depuis 40 ans ne semble pas avoir favorisé l'extension de la lande (Pasche *et al.*, 2004).

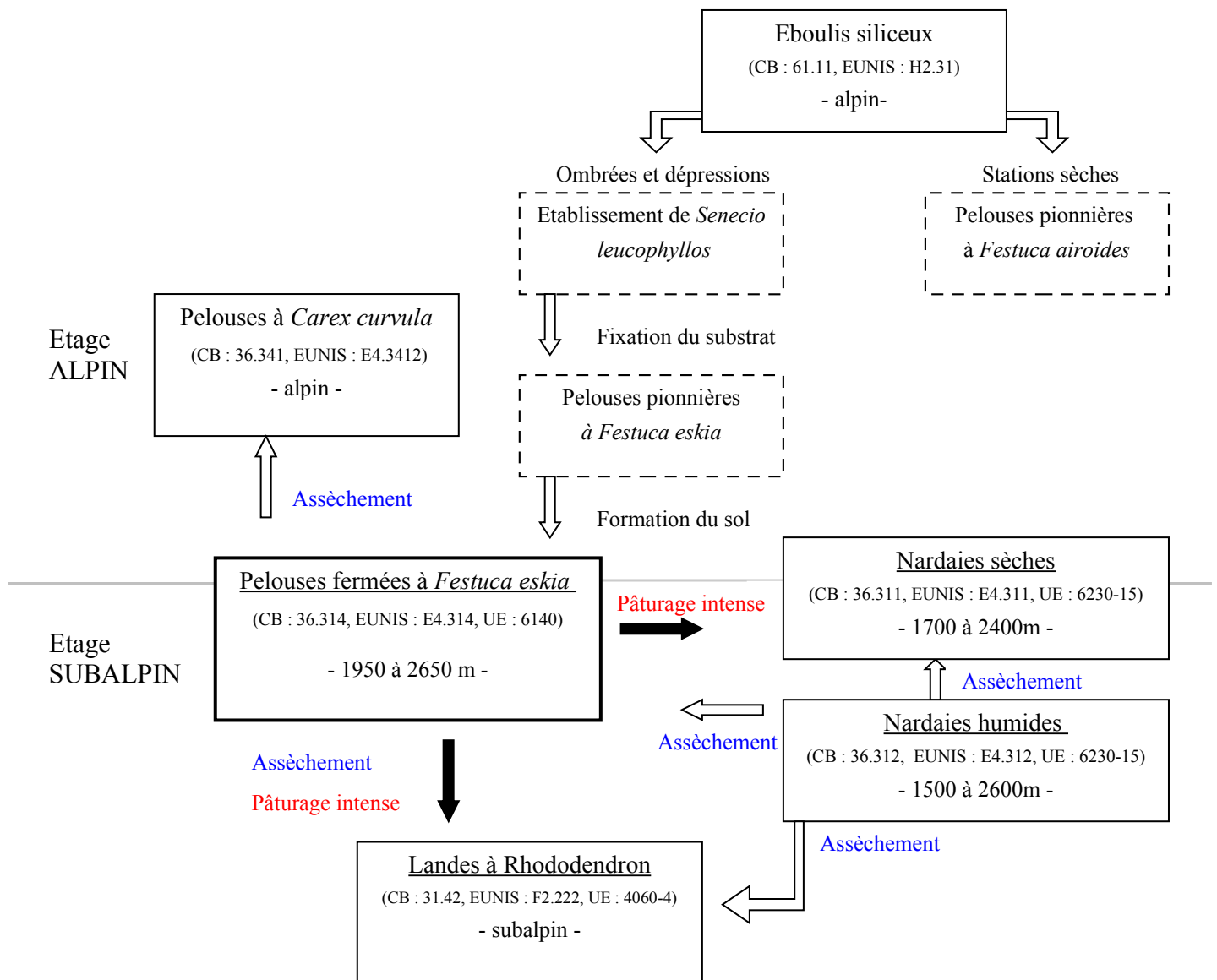
Les pelouses acidiphiles à Nard des Pyrénées (Code UE : 6230) sont susceptibles de présenter des dynamiques liées aux pelouses à Gispet. En effet les nardaies de versant sont sensibles aux diminutions de l'humidité du sol, un fort assèchement du milieu favorise la substitution par les pelouses denses à Gispet (Bensettiti *et al.*(coord), 2005).

Par ailleurs, l'établissement du Nard dans les pelouses fermées à *F. eskia* est souvent lié au surpâturage ou directement à des caractères écologiques tels qu'un sol plus compact (Nègre 1974). Dans les Pyrénées-Orientales, la présence du Nard marque une nette tendance au remplacement de la pelouse fermée à Gispet par la nardaie sèche (Nègre, 1974).

D'autres substitutions concernent uniquement l'étage alpin. Dans la répartition supérieure de l'habitat de pelouse fermée à *F. eskia*, il est possible d'observer un remplacement par des pelouses sèches de l'étage alpin, suite à une réduction de l'humidité printanière du sol (Bensettiti *et al.* (coord), 2005). Ces groupements correspondent aux « pelouses alpines acidiphiles » (Code Corine : 63.34, EUNIS E4.34) généralement fermées à *Carex curvula* (Louvel *et al.*, 2013).

La consolidation des éboulis peut permettre l'établissement de pelouses acidiphiles à *F. airoides* ou à *F. eskia* (Dupias, 1985). Les pelouses pyrénéennes à *F. airoides* occupent des stations assez sèches tandis que les pelouses à Gispet se retrouvent dans les ombrées et les dépressions. Dans les Pyrénées-Orientales, la colonisation des éboulis siliceux par *F. eskia* passe en général par l'étape intermédiaire de l'établissement de *Senecio leucophyllos*. Cette phase stabilise les éboulis et apporte la matière organique nécessaire à l'installation du stade pionnier de pelouse à Gispet (Baudière et Serve, 1971).

Figure 2 : Schéma dynamique des groupements végétaux en contact avec les pelouses pyrénéennes siliceuses à *Festuca eskia* ( Code UE : 6140)



Légende

➡ : Substitutions d'importance majeure pour la conservation des pelouses fermées à Gispét

⇨ : Substitutions d'importance mineure pour la conservation des pelouses fermées à Gispét, ou processus moins bien connues dans la littérature

□ : Habitat générique abordé dans la typologie Corine Biotope (Rameau *et al.* 1997) et définit par la classification EUNIS (Louvel *et al.*, 2013)

□ (pointillés) : Formations de transition constituant les étapes de la succession primaire sur éboulis siliceux

Nom : Habitats d'intérêts communautaires (Bensettiti *et al.* (coord.), 2005)

Les connaissances actuelles permettent de proposer un schéma synthétique sur les processus dynamiques reliant différentes communautés végétales. La figure 2 présente les substitutions potentielles et leur principal facteur explicatif. Pour chaque transformation, un avis est émis sur leur importance envers la conservation des pelouses fermées à Gispét.

### 3. Proposition d'indicateurs potentiels

Les Cahiers d'habitats présentent les caractères diagnostiques utiles à identifier l'habitat et proposent l'état de conservation à privilégier : « pelouse fermée dense à fort recouvrement » (Bensettiti *et al.* (coord.), 2005).

#### 3.1. Indicateurs de couverture du sol

La densité du couvert végétal est certainement un indicateur primordial pour évaluer l'état de conservation des pelouses fermées à Gispét. Un couvert végétal dense protège le sol contre l'érosion. Par ailleurs l'accumulation de matière morte dans les pelouses subalpines à grande herbacées peut contribuer à l'érosion hydrique. En effet la formation d'une litière dense herbacée « en toit de chaume » peut augmenter la surface de ruissellement (Merz *et al.* 2009). De plus une charge pastorale trop faible favorise l'accumulation de la matière morte ce qui est susceptible de modifier la composition et la structure de la végétation (Marinas *et al.*, 2009).

Le recouvrement des ligneux est un indicateur important pour évaluer l'état de conservation des habitats agropastoraux (Maciejewski, 2013). Cet aspect peut être lié à la dynamique de la végétation (Marinas *et al.*, 2009). Pour adapter cet indicateur à l'évaluation des pelouses fermées à *F. eskia*, le recouvrement de différents groupes d'espèces est considéré : les bas arbustes (Callune, Myrtille, Airelle...), les hauts arbustes (Rhododendron, Genévrier, Genêt...) et les arbres (Pin à crochet...).

Les pelouses fermées à Gispét peuvent être altérées par un phénomène particulier d'érosion hydrique, formant des petits glissements de terrain sur les versants à pente modérée (inférieure à 30°) et à sol profond. Cette altération indique un manque de cohésion du sol sous l'action d'une charge en eau importante (García-Ruiz *et al.*, 2010).

#### 3.2. Indicateurs de structure et de composition de la végétation

La distribution des espèces liées à l'habitat est variable tout au long de la chaîne des Pyrénées (Nègre, 1974). L'absence de certaines espèces caractéristiques de l'habitat ne signifie pas que l'état de conservation soit dégradé. Le sol des pelouses à Gispét présente une faible teneur en nutriment. Certains mécanismes sont susceptibles d'augmenter localement le niveau trophique de l'habitat.

Tableau 3 : Sélection préalable d'espèces indicatrices d'un niveau trophique moyen

Nom valide	Synonymes	Coefficient N teneur en nutriments (Landolt <i>et al.</i> , 2010)	Coefficient N teneur en nutriments (Ellenberg et Leuschner, 2010)
<b><i>Ajuga reptans</i></b>		3	6
<i>Anemone narcissiflora</i>		3	4
<b><i>Campanula scheuchzeri</i> <i>subsp. lanceolata</i></b>	<i>Campanula lanceolata</i> ; <i>Campanula recta</i>	3	-
<i>Carduus carlinifolius</i>		3	-
<i>Erythronium dens-canis</i>		3	-
<b><i>Lotus alpinus</i></b>		3	-
<b><i>Phleum alpinum</i></b>		-	7
<i>Primula elatior</i>		3	7
<i>Ranunculus thora</i>		3	-
<i>Rumex arifolius</i>		-	6
<b><i>Soldanella alpina</i></b>		3	-
<i>Trollius europaeus</i>		3	5

Légende

Les espèces en gras sont « indicatrices » du type d'habitat (Bensettiti *et al.* (coord.), 2005)

Source Web pour connaître le nom valide des espèces :

[http://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_nom/recherche](http://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/recherche)

La fréquentation du bétail a tendance à fertiliser le sol, notamment sur les zones de repos où les animaux stationnent longtemps. Le piétinement et l'apport d'excréments favorise l'introduction d'espèces nitrophiles (Marinas *et al.*, 2009). Dans cet habitat, une teneur moyenne en nutriment correspond probablement à un mauvais état de conservation. Une meilleure fertilité du sol est susceptible de faciliter l'introduction de nouvelles espèces compétitrices. Cette hypothèse concerne les zones où le pâturage est intense ainsi que les stations où la topographie favorise la formation d'un sol fertile, sur les replats en bas de versant ou encore à l'aval de petits glissements de terrain (García-Ruiz *et al.*, 2010).

L'indicateur proposé porte sur l'abondance des espèces liées à une teneur du sol en nutriments moyenne à forte. Les espèces indicatrices d'une certaine fertilité sont sélectionnées en se basant sur les ouvrages de référence dans le domaine de la bio-indication (Ellenberg et Leuschner 2010 ; Landolt *et al.*, 2010). Ces documents complémentaires abordent la flore des Alpes. Pour les espèces endémiques des Pyrénées il sera possible d'utiliser l'avis d'expert afin de leur attribuer un coefficient (Corriol, comm. pers). Parmi les espèces inventoriées par Nègre (1969 et 1974) sur les pelouses fermées à Gispert, le tableau 3 présente celles qui sont liées à des conditions mésotrophes, à partir du référentiel de Landolt (coefficient N supérieur ou égal à 3) et du référentiel d'Ellenberg et Leuschner (coefficient N supérieur ou égal à 4).

Les pelouses à Gispert présentent une valeur pastorale modérée, bien que ces pâtures d'estives possèdent de réelles qualités nutritionnelles (Claustres, 1966). Durant le XX<sup>e</sup> siècle, une tendance à la déprise pastorale s'est observée sur toute la chaîne des Pyrénées (Tosca, 1975 ; Chocarro, 1990 ; Galop et Jalut, 1994). Les pâtures de haute altitude sont abandonnées en priorité car leur accès est plus difficile. Ainsi la pression pastorale exercée sur les pelouses à Gispert diminue avec l'altitude (Marinas *et al.*, 2009).

Les études menées dans les Alpes sur les pâtures abandonnées présentent une modification de la structure de la végétation à travers l'expansion des graminoides au dépend des autres espèces (Rudmann-Maurer *et al.*, 2008). En outre, un suivi de la végétation des pelouses fermées à Gispert a été réalisé durant 5 ans dans les Pyrénées centrales espagnoles (Parc national d'Aigüestortes) par l'équipe de Mme Rosario Fanlo (Université de Lérida). Cette étude n'a pour l'instant pas été publiée, mais les principaux résultats ont été présentés à l'occasion du 10<sup>e</sup> colloque de botanique pyrénéo-cantabrique.

De manière concomitante à la réduction de la pression pastorale, cette étude montre une augmentation du couvert végétal, du recouvrement des herbacées non graminoides et non légumineuses, de la richesse spécifique ainsi que de l'indice de biodiversité de Shannon (Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 2013).

Certaines espèces sont présentées dans la littérature comme indicatrices du fonctionnement de l'habitat. Ainsi l'abondance des espèces suivantes marque une situation de surpâturage (Nègre, 1974) : *Nardus stricta*, *Viola cornuta*, *Campanula rotundifolia* et *Veronica officinalis*. La présence d'autres espèces indiquent un bon fonctionnement hydrique du sol. Une forte abondance de *Meum athamanticum* prouve que le sol est stable, bien drainé et présente une grande capacité de rétention (Nègre, 1974). La présence de *Ranunculus pyrenaicus* et de *Epipactis pyrenaicus* (l'Angélique des Pyrénées) indique une longue période d'anaérobiose (Tosca et Labroue, 1979).

### 3.3. Indicateurs d'activité de la faune

Trois espèces de campagnol peuvent être présentes dans des pelouses denses à *F. eskia*. Ces rongeurs creusent des galeries souterraines et évacuent périodiquement des matériaux de sol à la surface. Les activités d'excavation ont une influence bénéfique sur les paramètres physico-chimiques du sol, le réseau de galeries souterraines améliore l'aération du sol et l'infiltration de l'eau (Canals et Sebastia, 2004). Les monticules de matériaux excavés forment à court terme des petites lacunes dans le couvert végétal, rapidement colonisées par la végétation. L'action des campagnols ne présente pas d'effet direct sur la composition floristique mais améliore l'équitabilité dans la communauté. Ainsi, l'activité du campagnol favorise la coexistence des différentes espèces végétales (Gomez-Garcia *et al.*, 1995).

Le sanglier peut être considéré comme un élément important dans la dynamique et la conservation des pelouses alpines et subalpines (Bueno *et al.*, 2009 ; Bueno *et al.*, 2011-a et -b). Les retournements de sol peuvent affecter la structure du sol, le couvert de la végétation et les dynamiques de succession. L'activité des sangliers se concentre sur les pelouses denses car ces formations à sol profond procurent une grande quantité d'aliments. Les pelouses denses à *F. eskia* sont susceptibles d'être lourdement affectées par les perturbations du sanglier (Bueno *et al.*, 2009). Pour cet auteur, seul les retournements profonds étendus sur de grandes surfaces génèrent un impact négatif sur le fonctionnement de l'habitat, en modifiant les propriétés du sol (Bueno, comm. pers). Les perturbations de petite ampleur ne constituent pas une altération de l'habitat.

#### 4. Méthodes élaborées pour la récolte des données

##### 4.1. Protocoles de terrain

L'unité d'échantillonnage aborde différents types de relevés à trois niveaux d'observation : sur la placette, le long du transect et sur la surface d'habitat.

###### 4.1.1. *Placette*

La placette correspond à un quadrat de 5 m de côté. Le positionnement de la placette vise à représenter l'unité homogène de végétation. Les paramètres stationnels majeurs sont relevés (localisation, altitude, pente, exposition, morphologie). La station est brièvement décrite sur des aspects relatifs au pâturage et aux pratiques de gestion. Les grands types de groupements végétaux au contact de la pelouse à Gispet sont remarqués (autres pelouses, landes, forêts ou affleurements rocheux). Ensuite le relevé phytosociologique est réalisé sur la surface de la placette (25 m<sup>2</sup>). Si de nouvelles espèces sont rencontrées à l'extérieur de la placette, leur présence est notée et aucun coefficient d'abondance-dominance ne leur est attribué.

Les recouvrements des groupes de végétaux herbacés ou ligneux sont estimés visuellement à partir d'un référentiel (annexe 3) au niveau de la placette. De la même manière les proportions de sol nu, de litière dense et de couvert végétal vivace sont évaluées.

Enfin la présence de monticules d'excavation révélant l'activité des campagnols est notée.

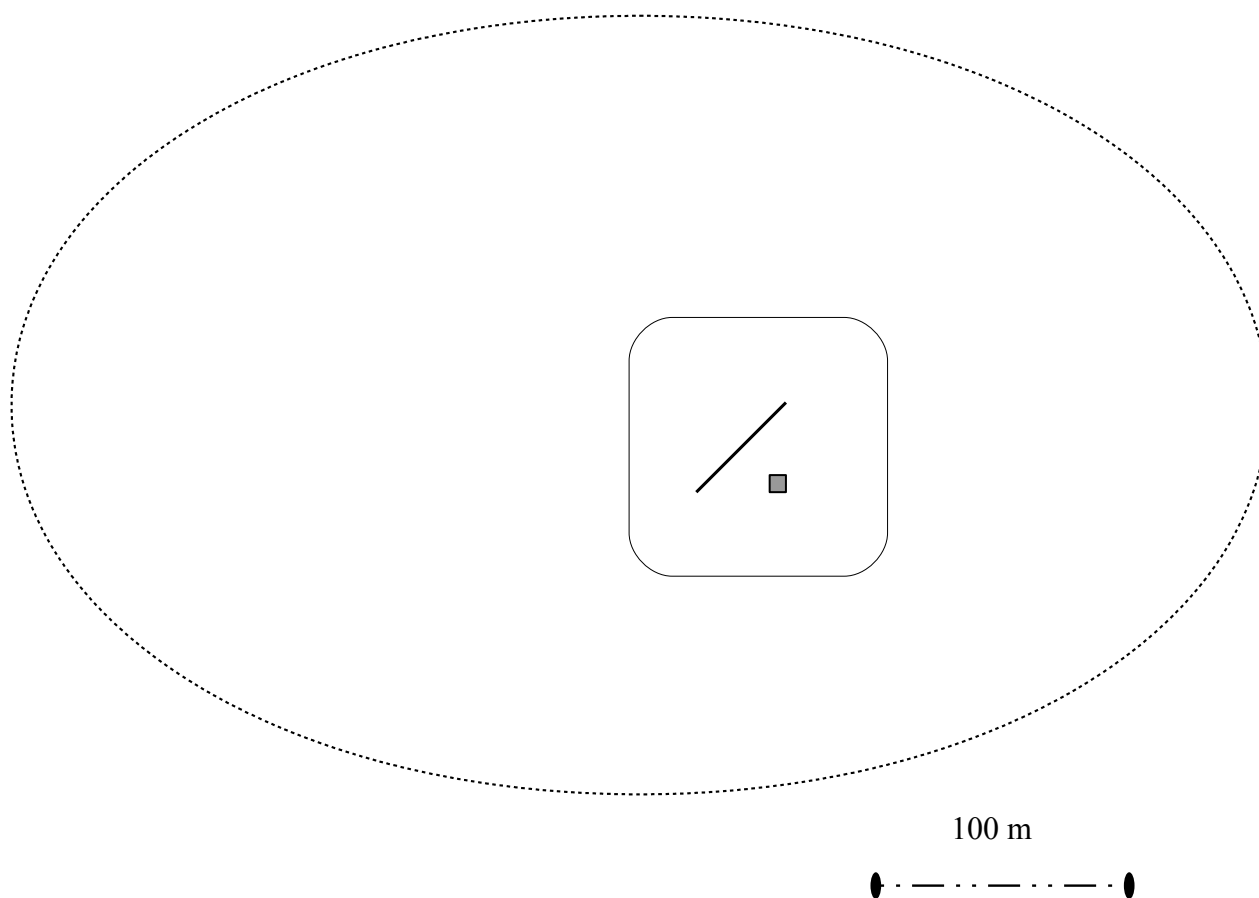
###### 4.1.2. *Transect points-contacts*

Ce protocole permet de mesurer la fréquence des espèces, caractérisant la structure de la végétation (Fiers *et al.*, 2004). Cette démarche systématique limite le biais observateur (Hill *et al.* 2005 ; Quéré, 2005). La méthode du transect points-contacts élaborée par Daget et Poissonet est déclinée dans différents guides pratiques (Poissonet *et al.*, 1973, Fiers *et al.*, 2004, Quéré, 2005). Les données de présence des espèces sur un grand nombre de points-contacts permettent de calculer la fréquence de chacune. Une information sur la « place » occupée par une espèce ou un groupe d'espèce dans la communauté peut être obtenu par le calcul de la contribution (fréquence / somme des fréquences x 100) (Quéré, 2005). La contribution d'une espèce constitue un indice proportionnel à sa biomasse (Poissonet *et al.*, 1973). De plus le calcul de la contribution spécifique procure une estimation du recouvrement relatif dans le groupement végétal étudié (Brau-Nogué, 1996).





Le positionnement du transect permet de prendre en compte la distribution des espèces au niveau microstationnel. Le transect mis place sur les pelouses à Gispet mesure 50 m de long et présente 50 points-contacts disposés à 1 m d'intervalle.



Figure 3 : Schéma d'échantillonnage



Légende

-  : Polygone d'habitats fournit par la cartographie du site Natura 2000
-  : Surface d'habitat échantillonnée (aire inférieure ou égale à 1 ha)
-  : Placette (quadrat de 25 m<sup>2</sup>)
-  : Transect points-contacts (50 m de long, 50 points-contacts)

Le protocole employé correspond à celui élaboré par Daget et Poissonet, une aiguille (tige métallique) est plantée dans le sol afin d'inventorier toutes les espèces qui l'interceptent. L'application de ce protocole sur le terrain a permis de vérifier que seules les espèces très peu abondantes peuvent être négligées. De plus, l'observation de la couverture du sol est plus aisée au niveau d'un point précis. Ce protocole est apparu adapté à la végétation particulière enchevêtrée des pelouses à Gispet. La récolte des données s'accompagne du relevé de la présence de toute nouvelle espèce proche du transect.

#### 4.1.3. *Surface d'habitat*

La surface d'habitat correspond à l'ensemble d'une unité homogène. Certains indicateurs nécessitent une observation étendue sur la station. Chaque station prise en compte doit présenter une surface d'habitat continue et de taille suffisante pour positionner le transect (longueur minimale de 50 m). Certains polygones d'habitat cartographiés couvrent une grande superficie. Dans ce cas l'échantillonnage se concentre sur une surface d'habitat maximale de 1 ha afin de limiter le temps de prospection (figure 3).

Les données récoltées à l'échelle de la surface d'habitat concernent les retournements de sol causés par les sangliers et les petits glissements de terrain. De plus, l'avis d'expert sur l'état de conservation de l'habitat est récolté au niveau de la surface d'habitat.

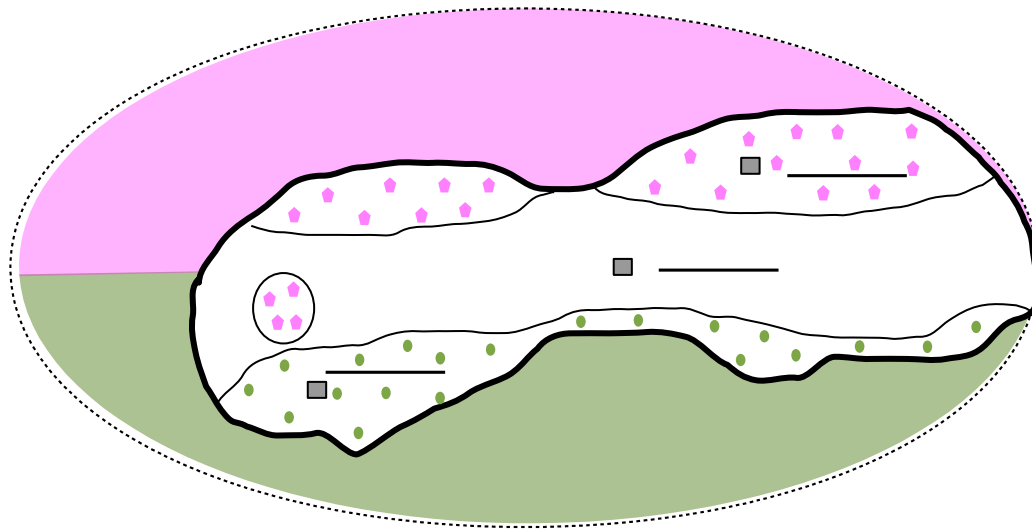
#### 4.2. Positionnement de l'unité d'échantillonnage

L'unité d'échantillonnage porte sur une unité homogène d'habitat. Les situations de mosaïque d'habitats présentent une végétation très hétérogène. Pour élaborer la méthode d'évaluation de l'état de conservation de l'habitat, les situations fréquentes de mosaïque entre différents habitats doivent être pris en considération (Brau-Nogué, comm. pers.).

Il apparaît nécessaire de définir dans quelles limites une surface d'habitat peut être considérée. Sur le terrain une estimation préalable permet de prendre en compte les unités homogènes dont le recouvrement Gispet est supérieur à 50 % et celui de l'ensemble des ligneux est inférieur à 50 %. Ces conditions sont vérifiées grâce au relevé des recouvrements réalisé au niveau de la placette. Plusieurs unités d'échantillonnage peuvent être positionnées sur une même station si différentes unités homogènes sont clairement distinctes.

La figure 4 schématise l'échantillonnage dans une situation de mosaïque entre la pelouse à Gispet, la lande à Rhododendron ou la forêt de Pin à crochets.

Figure 4 : Schéma d'échantillonnage dans les situations en mosaïque d'habitats



100 m

Légende :



: Polygone en mosaïque d'habitats fourni par la cartographie du site N2000



: Lande à Rhododendron

(recouvrement ligneux > 50 % **ou** recouvrement Gispet < 50 %)



: Forêt de Pin à crochet

(recouvrement ligneux > 50 % **ou** recouvrement Gispet < 50 %)



: Station échantillonnée constituée de 3 unités homogènes



: Pelouse dense à Gispet



: Pelouse dense à Gispet parsemée de Rhododendron

(recouvrement Gispet > 50 % **et** recouvrement ligneux < 50 %)



: Pelouse dense à Gispet parsemée de Pin à crochet

(recouvrement Gispet > 50 % **et** recouvrement ligneux < 50 %)



: Placette (quadrat de 25 m<sup>2</sup>)



: Transect points-contacts (50 m de long, 50 points-contacts)



### 4.3. Sélection partielle des polygones à prospecter

La compilation des polygones cartographiés des sites Natura 2000 est actuellement incomplète. Les données disponibles sont réparties dans 19 sites, mais n'abordent pas l'intégralité des polygones cartographiés à l'intérieur de ces sites. La figure 5 montre que 8 sites ne présentent aucunes données, notamment en Aquitaine, parmi les 27 sites Natura 2000 possédant des pelouses fermées à Gispet. Les paramètres de pente et d'altitude moyenne sur chaque polygone d'habitat disponible ont permis de sélectionner 3 sites à prospecter pour la première campagne de terrain (2013). La recherche des polygones de basse altitude (moins de 2000m) et présentant une faible pente (inférieure à 10 °) a permis de sélectionner le site « Ossoue, Aspé, Cestrède » (FR7300926) dans les Hautes-Pyrénées. La requête sur les polygones de basse altitude à forte pente (supérieur à 35 °) mène à sélectionner deux sites d'Ariège : « Vallée de l'Isard... » (FR7300821) et « Vallée du Riberot et massif du Mont Valier » (FR7300822). De plus, un autre site a été sélectionné pour sa localisation orientale sous influence du climat méditerranéen : « Massif du Canigou » (FR9101475).

## **DISCUSSION**

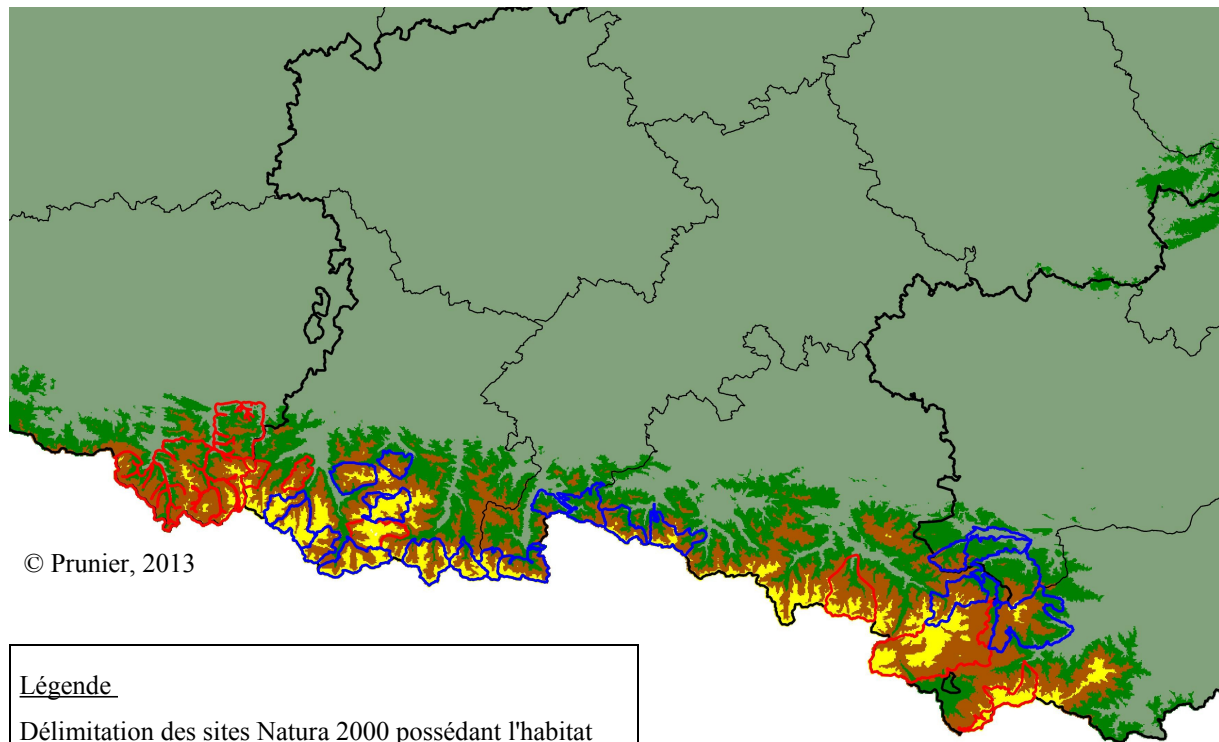
### 1. Écologie et dynamique de l'habitat

Les méthodes d'évaluation de l'état de conservation élaborées par le MNHN concernent uniquement les habitats d'intérêt communautaire. Ainsi le travail réalisé ne porte pas sur les pelouses ouvertes en gradins, bien que cet habitat soit également endémique du massif des Pyrénées et de la cordillère Cantabrique.

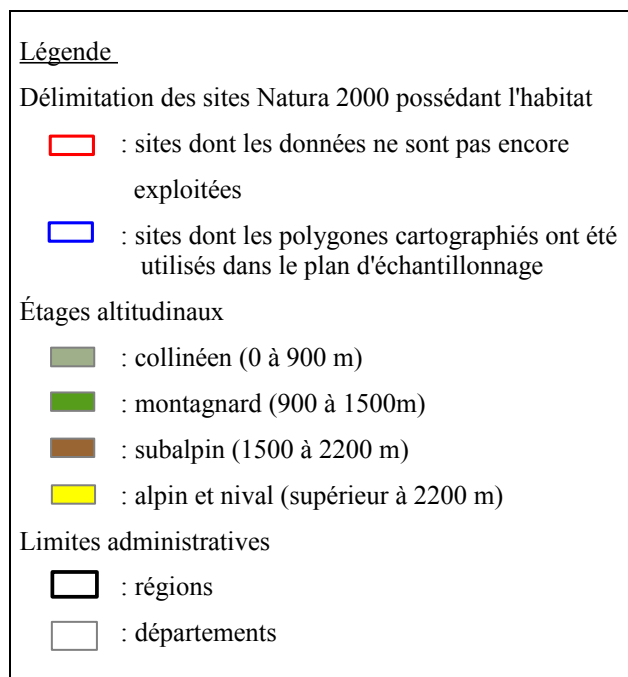
L'habitat des pelouses fermées à *Festuca eskia* se caractérise par différents contextes stationnels. Pourtant certaines pelouses à Gispet présentent de petites marches arquées et gardent un couvert végétal assez dense. Des auteurs ont émis l'hypothèse que ces situations de transition correspondent à un stade évolutif vers la formation en gradins (Baudière *et al.*, 1973 ; Nègre, 1974). Aucune étude ne semble avoir abordé directement cette question.

Les recherches réalisées sur la dynamique de l'habitat ont permis de mettre en évidence deux types de substitutions majeures, portant principalement à l'étage subalpin. Ces processus dynamiques relient trois habitats agropastoraux d'intérêt communautaire. Un remplacement d'une pelouse fermée à Gispet par une nardaie sèche semble être un scénario probable dans un contexte où ces deux communautés se côtoient et sont fortement pâturées. La littérature ne présente pas d'étude de suivi de cette dynamique.

Figure 5 : Répartition des sites Natura 2000 français possédant des pelouses pyrénéennes siliceuses à *Festuca eskia* (Code UE : 6140)



© Prunier, 2013



Sources des données utilisées :

Modèle numérique de terrain « BD ALTI® 250 m France+Corse », conçu par l'IGN et disponible à l'adresse suivante : <http://professionnels.ign.fr/bdalti#tab-3>.

Base de données du CBN PMP et du CBN Med relatives au réseau de sites Natura 2000, extractions réalisées par les géomaticiens afin d'obtenir les polygones présentant l'habitat.

Traitement : logiciel Quantum GIS

La transformation de l'habitat vers une lande à Rhododendron semble être une problématique importante. La dynamique des populations de Rhododendron est lente, l'étude réalisée dans les Pyrénées portent sur un intervalle de temps de 40 ans (Pasche *et al.*, 2004).

Les prospections de terrain dans les Pyrénées-Orientales ont permis d'observer des situations de contact entre les pelouses fermées à Gispert et les forêts de Pin à crochet. Les recherches bibliographiques n'ont pas porté sur la dynamique de ces forêts, mais plutôt sur le stade arbustif de la série de végétation.

Les situations de mosaïques d'habitats ne traduisent pas toujours une dynamique de la végétation. Par exemple la présence d'arbustes bas dans une pelouse à Gispert peut dépendre de variations microstationnelles des propriétés édaphiques. Certaines mosaïques d'habitats peuvent former des groupements hétérogènes stables dans temps. Ainsi il est parfois difficile pour les experts d'émettre un avis sur l'état de conservation de l'habitat lorsque la tendance dynamique n'est pas clairement perceptible (mosaïque stable ou substitution en marche).

## 2. Proposition d'indicateurs potentiels

Le tableau 4 propose la synthèse des indicateurs potentiels et du type d'informations qu'ils apportent. La compilation des connaissances disponibles permet d'aborder le fonctionnement écologique de l'habitat. La littérature espagnole souligne l'importance des activités de la faune sauvage (sangliers et campagnols) et leurs effets sur les propriétés du sol et de la végétation. Une riche bibliographie aborde l'impact de la déprise pastorale sur les pelouses d'altitude, mais peu d'études concernent directement les pelouses fermées à Gispert.

Par ailleurs, les indications apportées par certaines espèces vis-à-vis du fonctionnement de l'habitat sont issues de l'expérience de phytosociologues chevronnés. Ainsi la prise en compte des espèces indicatrices du surpâturage ou du bon fonctionnement hydrique peut être critiquée pour son manque d'objectivité.

## 3. Méthode élaborée pour la récolte des données

Le positionnement de l'unité d'échantillonnage dépend de la surface d'habitat considérée. La phase de reconnaissance de l'unité homogène à échantillonner peut faire appel à une certaine subjectivité de l'opérateur, sous influence de son expérience personnelle et du savoir collectif (Ewald et Jörg, 2003). Pour autant, la formation typique des pelouses fermées à Gispert se délimitent facilement sur le terrain par un groupement uniforme de couleur particulière. La délimitation de l'unité homogène peut être plus difficile dans les situations de mosaïque d'habitats et dans les sites où la microtopographie est marquée.

Tableau 4 : Synthèse des indicateurs potentiels de l'état de conservation des pelouses pyrénéennes siliceuses à *Festuca eskia* (Code UE : 6140)

Paramètres	Critères	Indicateurs	Information(s) mise(s) en évidence
<b>Surface couverte</b>	Évolution de la surface de l'habitat	Cartographie diachronique Avis d'expert basé sur la carte existante	Dynamique de l'habitat sur l'ensemble du site
	Morcellement et fragmentation	Cartographie diachronique	Connectivité des milieux
<b>Structure et Fonctionnement</b>	Couverture du sol	Surface de sol nu	Exploitation du milieu par la faune
		Recouvrement de la végétation vivace	Protection du sol contre l'érosion
		Recouvrement de la litière dense (matière morte herbacées)	- Pression pastorale - Intensité du ruissellement
		Recouvrements des groupes fonctionnels : A) Graminoïdes B) Herbacées non graminoides et non légumineuses	- Pression pastorale - Introduction d'espèces caractéristiques d'autres associations
		Recouvrements des ligneux : A) Bas arbustes B) Hauts arbustes C) Arbres	- Hypothèse sur la dynamique de la végétation - Situation de transition entre deux groupements.
	Composition floristique	Richesse spécifique	- Pression pastorale - Introduction d'espèces caractéristiques d'autres associations
		Indice de Diversité de Shannon	Pression pastorale
		Présence et abondance des espèces indicatrices : A) De la fertilité du sol (conditions mésotrophes) B) Du surpâturage C) D'une forte capacité de rétention en eau du sol et de la longue période d'anaérobiose	A) Niveau trophique B) Pression pastorale C) Fonctionnement Hydrique
	Activités de la Faune	Retournements de sol par les sangliers	Exploitation du milieu par la faune
		Activité d'excavation des campagnols	- Exploitation du milieu par la faune - Bonne aération du sol - Forte capacité d'infiltration
<b>Altérations</b>	Mouvements de terrain	Petits glissements	Sol instable enclin à de nouveaux glissements



La récolte initiale de données n'aborde pas le paramètre « surface couverte » car cela nécessite une connaissance fine de l'ensemble du site Natura 2000. Ce paramètre sera proposé aux opérateurs dans la méthode d'évaluation de l'état de conservation de l'habitat.

Les critères portant sur l'évolution des surfaces et la fragmentation de l'habitat proposent de cartographier l'habitat sur le site en suivant une méthode identique à deux dates différentes, séparées d'un intervalle de 12 ans. Ce travail permet de calculer un indice de morcellement et de conclure sur l'évolution de la fragmentation et de la surface d'habitat. Pour autant la cartographie des habitats de haute montagne se confronte aux difficultés liées à la taille des sites (de l'ordre de 100 km<sup>2</sup>), à l'ampleur de la topographie et aux espaces inaccessibles.

Les protocoles mis au point pour récolter les données concernent uniquement les paramètres « structure et fonctionnement » et « altérations ». Le tableau 5 présente le(s) protocole(s) utilisé(s) pour chaque indicateur. Les informations relatives au critère de couverture du sol sont relevées de deux manières différentes, tout comme l'indicateur de richesse spécifique. La qualité des informations recueillies le long du transect et sur la placette pourra être comparée.

Les méthodes par points-contacts sont efficaces, rapides à appliquer et fournissent des mesures quantitatives dont la précision peut être évaluée (Hill *et al.*, 2005). Dans le cadre de l'élaboration de la méthode d'évaluation de l'état de conservation des pelouses à Gispert, les données de fréquence et de contribution seront considérées comme des indices qualitatifs. Les guides pratiques de suivi scientifique conseillent de réaliser 100 points-contacts le long du transect (Fiers et coll., 2004, Quéré, 2005). Dans l'élaboration de la méthode d'évaluation, une observation de 50 points-contacts semble être un bon compromis entre la qualité de l'information récoltée et le temps consacré aux prospections. Les travaux réalisés sur les alpages montrent qu'une mesure de fréquence sur 50 points permet d'évaluer les potentialités pastorales des pâtures d'altitude (Jouglet et Jacquier, 1976 ; in Brau-Nogué, 1996). L'application du transect points-contacts nécessite d'importantes compétences en botanique, l'opérateur doit être capable d'identifier les espèces en se basant sur des caractères végétatifs (Quéré, 2005).

Les premières prospections de terrain ont révélé certaines difficultés dans l'application des protocoles. L'estimation des recouvrements au niveau de la placette (couverture du sol et groupes végétaux) peut varier selon l'angle de vu de l'observateur, notamment sur les stations à forte pente. De plus la distinction entre le recouvrement de la litière et la surface de sol nu se révèle souvent délicate.

Tableau 5: Protocole(s) utilisé(s) pour chaque indicateur potentiel de l'état de conservation des pelouses pyrénéennes siliceuses à *Festuca eskia* (Code UE : 6140)

Paramètres	Critères	Indicateurs	Protocole(s)
<b>Surface couverte</b>	Évolution de la surface de l'habitat	Cartographie diachronique Avis d'expert basé sur la carte existante	Aucun
	Morcellement et fragmentation	Cartographie diachronique	Aucun
<b>Structure et Fonctionnement</b>	Couverture du sol	Surface de sol nu	Placette et transect
		Recouvrement de la végétation vivace	
		Recouvrement de la litière dense (matière morte herbacées)	
		Recouvrements des groupes fonctionnels : A) Graminoïdes B) Herbacées non graminoïdes et non légumineuses	
		Recouvrements des ligneux : A) Bas arbustes B) Hauts arbustes C) Arbres	
	Composition floristique	Richesse spécifique	Transect
		Indice de Diversité de Shannon	
		Présence et abondance des espèces indicatrices : A) De la fertilité du sol (conditions mésotrophes) B) Du surpâturage C) D'une forte capacité de rétention en eau du sol et de la longue période d'anaérobiose	
	Activités de la Faune	Retournements de sol par les sangliers	Surface d'habitat
		Activité d'excavation des campagnols	Placette
<b>Altérations</b>	Mouvements de terrain	Petits glissements	Surface d'habitat

#### 4. Perspectives de travail

Le stage de master 2 permettra de compléter le travail réalisé, notamment à travers la seconde campagne de terrain et l'analyse de l'ensemble des données. Les protocoles pourront être améliorés afin de faciliter leur application. Le plan d'échantillonnage doit être complété à partir de l'ensemble des données cartographiques issues du réseau Natura 2000. La démarche suivie est identique à celle présentée et doit prendre en compte les prospections réalisées en 2013. Ce stage participera à la sélection de placettes permanentes dans le cadre du projet mené par le CBN Pyrénées et de Midi-Pyrénées sur le suivi de la dynamique de cet habitat.

Les travaux récents de suivis scientifiques sont réalisés sur des pelouses fermées à Gispét soumises à différentes charges pastorales. Ces études doivent permettre d'enrichir les connaissances sur la dynamique de la végétation au sein d'un habitat stable. En effet une étude a été réalisée dans les Pyrénées centrales espagnoles (Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées 2013). De plus, un suivi scientifique est en cours dans Parc national des Pyrénées (Brau-Nogué, comm. pers.). Bien que ces travaux ne soient pour l'instant pas publiés, il serait intéressant de rentrer en contact avec leurs promoteurs.

## **CONCLUSION**

Les relations dynamiques qui lient les pelouses fermées à Gispét à d'autres communautés végétales concernent surtout l'étage subalpin. Les substitutions vers une nardaie sèche ou une lande à Rhododendron semblent être des processus importants pour la conservation de l'habitat.

Les indicateurs potentiels de l'état de conservation des pelouses fermées à Gispét sont regroupés en différents critères portant sur la couverture du sol, la composition floristique, les activités de la faune ainsi que les mouvements de terrain. L'abondance des espèces liées à une certaine fertilité du sol peut fournir une indication sur le niveau trophique de la station.

Les protocoles mis en place pour la récolte des données abordent trois niveaux d'observation : sur la placette, le long d'un transect et sur la surface d'habitat. Les données obtenues à partir des différents protocoles sont complémentaires. De plus certains indicateurs sont relevés de manière indépendante suivant deux protocoles, cela permet de comparer les données récoltées sur la placette à celles issues du transect.

Le plan d'échantillonnage doit être complété à partir des nouvelles données cartographiques disponibles et en considérant les prospections réalisées en 2013.

## BIBLIOGRAPHIE

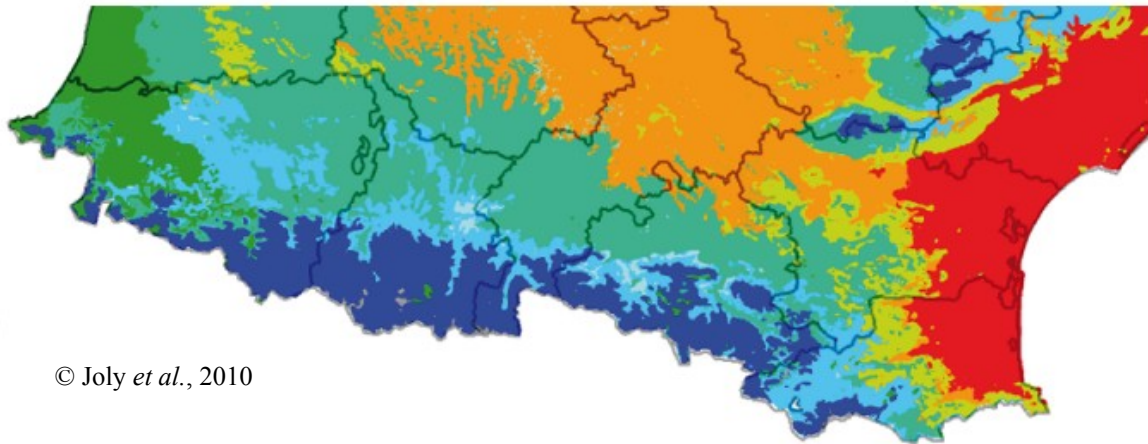
- BAUDIERE A. et SERVE L., 1971. « Organisation morphologique et rôle des végétaux dans la dynamique des formations superficielles en milieu supraforestier ». *Bulletin de la société botanique de France* 118 : 77-94.
- BAUDIERE A., GESLOT A., CHIGLIONE C. et NEGRE R., 1973. « La pelouse à *Festuca eskia* en Pyrénées centrales et orientales : Esquisse taxinomique et écologique ». *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae* 19: 23-35.
- BENSETTITI F., BOULLET V., CHAUAUDRET-LABORIE C. et DENIAUD J. (coord.), 2005. « Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 4 - Habitats agropastoraux ». MEDD / MAAPAR / MNHN, volumes 1 et 2 : 445 et 487 p.
- BENSETTITI F., PUISSAUVÉ R., LEPAREUR F., TOUROULT J. et MACIEJEWSKI L., 2012. « Évaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire – Guide méthodologique – DHFF article 17 – 2007 - 2012 ». Service du Patrimoine Naturel, Muséum National d'Histoire Naturelle, 57 p.
- BIONDI E., CASAVECCHI S., PEASARESI S. et ZIVKOVIC L., 2012. « Natura 2000 and the Pan-European Ecological Network : a new methodology for data integration ». *Biodivers Conserv* 21 : 1741-1754.
- BIOTOPE et CEN L-R, 2009. « Catalogue régional des mesures de gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Type milieux agro-pastoraux ». DIREN L-R, 49-52.
- BOUZILLE J.-B., 2007. « Gestion des habitats naturels et biodiversité - Concepts, méthodes et démarches ». Université de Rennes, 316 p.
- BRAUN-BLANQUET J., 1932. « Plant sociology - The study of plant communities ». *Mac Graw-Hill Book Company*, 368 p.
- BRAU-NOGUE C., 1996. « Dynamique des pelouses d'alpages laitiers des Alpes du Nord externes ». Thèse de l'Université Scientifique et Médicale Joseph Fourier, 51-53.
- BUENO C.G., ALADOS C.L., GOMEZ-GARCIA D., BARRIO I.C. et GARCIA-GONZALES R., 2009. « Understanding the main factors in the extent and distribution of wild boar rooting on alpine grasslands ». *Journal of Zoology* 279 : 195–202.
- BUENO C.G., BARRIO I.C., GARCIA-GONZALES R., ALADOS C.L. et GOMEZ-GARCIA D., 2011-a. « Assessment of wild boar rooting on ecological and pastoral values of alpine Pyrenean grasslands ». *Pirineos* 166 : 51-67.
- BUENO C.G., REINE R., ALADOS C.L. et GOMEZ-GARCIA D., 2011-b. « Effects of large wild boar disturbances on alpine soil seed banks ». *Basic and Applied Ecology* 12 : 125-133.
- CANALS R.M. et SEBASTIÁ M.T., 2004. « Papel de la perturbaciones de pequenos mamiferos en pastos de montana ». *Pastos* 34 : 47-60.
- CANTARELLO E. et NEWTON A. C., 2008. « Identifying cost-effective indicators to assess the conservation status of forested habitats in Natura 2000 sites ». *Forest Ecology and Management* 256 : 815-826.

- CARNINO N., 2009. « État de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle du site - Guide d'application de la méthode d'évaluation des habitats forestiers ». Muséum National d'Histoire Naturelle / Office national des forêts, 23 p.
- CEN L-R, 2007. « Élaboration de critères d'évaluation de l'état de conservation des habitats naturels du Parc National des Cévennes ». Parc National des Cévennes, 55 p.
- CEN L-R, 2011. « Évaluation de l'état de conservation des habitats naturels d'intérêt communautaire contractualisés en Lozère (échelles de l'habitat et de l'unité de gestion) – Guide méthodologique à l'usage des opérateurs ». Parc National des Cévennes, Ministère de l'écologie de l'énergie du développement durable et de la mer, 15 p.
- CHOCARRO C., FANLO R., FILLAT F. et MARIN P., 1990. « Historical Evolution of Natural Resource use in the Central Pyrenees of Spain ». *Mountain Research and Development* 10 : 257-265.
- CLAUSTRES C., 1966. « Les pâturages à *Festuca eskia* dans les Pyrénées ariégoises. Ecologie. Composition floristique. Intérêt économique ». *Pirineos* 79/80 : 159-170.
- Conseil des communautés européennes, 1992. « Directive 92/43/CEE du Conseil – du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages ». Journal officiel de l'Union européenne L 206 du 22.7.1992, 14 p.
- Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 2013. « Session 5, Flore & Végétation, changements globaux, pressions, usages : analyses, suivi, conservation, restauration ». 10<sup>e</sup> colloque de botanique pyrénéo-cantabrique : 45-70.
- CORRIOL G., 2008. « Essai de clé typologique des groupements végétaux de Midi-Pyrénées et des Pyrénées françaises. I. Introduction et pelouses acidophiles (*Nardetea* et *Caricetea curvulae*) ». *Le Monde des Plantes* 495 : 3-13.
- DUPIAS G., 1985. « Végétation des Pyrénées – Notice détaillée de la partie pyrénéenne des feuilles - 69 Bayonne - 70 Tarbes - 71 Toulouse - 72 Carcassonne - 76 Luz - 77 Foix - 78 Perpignan ». CNRS, 196 p.
- ELLENBERG H. et LEUSCHNER C., 2010. « Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen ». 6<sup>ème</sup> édition, version courte explications et tableaux, 110 p. Disponible sur : <http://www.utb-shop.de/vegetation-mittleuropas-mit-den-alpen.html>
- European Commission, 2013 . « Interpretation Manual of the European Union Habitats - EUR 28 ». Directorate-General Environment, 146 p.
- European Topic Centre on Biological Diversity, 2008. « European Nature Information System (EUNIS) Database. Habitat types and Habitat classifications ». ETC/BD-EEA, Paris.
- EWALD et JORG, 2003. « Forum - A critique for phytosociology ». *Journal of Vegetation Science* 14 : 291-296.
- FIERS V. et collaborateurs, 2004. « Guide Pratique - Principales méthodes d'inventaire et de suivi de la biodiversité ». Réserves Naturelles de France, 251 p.
- GALOP D. et JALUT G., 1994. « Differential human impact and vegetation history in two adjacent Pyrenean valleys in the Ariège basin, southern France, from 3000 B.P. to the present ». *Vegetation History and Archaeobotany* 3 : 225-244.

- GARCIA-RUIZ J.M., BEGUERIA S., ALATORRE L.C. et PUIGDEFABREGAS J., 2010. « Land cover changes and shallow landsliding in the flysch sector of the Spanish Pyrenees ». *Geomorphology* 124 : 250-259.
- GOMEZ-GARCIA D., BORGHI C.E. et GIANNONI S.M., 1995. « Vegetation differences caused by Pine Vole mound building in subalpine plant communities in the Spanish Pyrenees ». *Vegetatio* 117 : 61-67.
- GRUBER M., 1980. « Étages et séries de végétation de la chaîne pyrénéenne ». *Ecologia Mediterranea* 5 : 147-174.
- GRUBER M., 1992. « Schéma des séries dynamiques de végétation des Hautes-Pyrénées (Pyrénées centrales françaises) ». *Botanica Complutensis* 17 : 7-22.
- GUINOCHET M., 1973. « Phytosociologie ». Université Paris Sud, CNRS, 177 p.
- HILL D., FASHAM M., TUCKER G., SHEWRY M. et SHAW P., 2005. « Handbook of biodiversity methods – Survey, evaluation, monitoring ». Cambridge University, 518 p.
- JOLY D., BROSSARD T., CARDOT H., CAVAILHES J., HILAL M. et WAVRESKY P., 2010. « Les types de climats en France, une construction spatiale ». *Cybergeo : European Journal of Geography*. Disponible sur : <http://cybergeo.revues.org/23155>
- KEITH D.A., RODRIGUEZ P.J., RODRIGUEZ-CLARK K.M., NICHOLSON E., AAPALA K., ALONSO A., ASMUSSEN M., BACHMAN S., BASSET A., BARROW E., BENSON J.S., BISHOP M.J., BONIFACIO R. *et al.*, 2013. « Scientific foundations for an IUCN Red List of ecosystems ». *Plos One* 8 : 1-25.
- LANDOLT E., BAUMLER B., ERHARDT A., HEGG O., KLOTZLI F., LAMMLER W., NOBIS M., RUDMANN-MAURER K., SCHEINGRUBER F., THEURILLAT J.-P., URMI E., VUST M. et WOHLGEMUTH, 2010. « *Flora indicativa* – Ecological indicator values and biological attributes of the flora of Switzerland and the Alps ». Éditions des Conservatoire et Jardin Botaniques de la ville de Genève, 376 p.
- LOUVEL J., GAUDILLAT V. et PONCET L., 2013. « EUNIS, European Nature Information System, Système d'information européen sur la nature. Classification des habitats. Traduction française. Habitats terrestres et d'eau douce ». MNHN-DIREV-SPN, MEDDE, 289 p.
- MACIEJEWSKI L., 2012. « Etat de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire - Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000 – Rapport d'étude version 1 ». Service du Patrimoine Naturel, Muséum National d'Histoire Naturelle, 64 p.
- MACIEJEWSKI L., SEYTRE L., VAN ES J., DUPONT P. et BEN-MIMOUN K., 2013. « État de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Guide d'application. Version 2 ». Service du patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, 179 p.
- MARINAS A., GOMEZ D. et GARCIA-GONZALES R., 2009. « 6140. Pastos pirenaicos y cantábricos de *Festuca eskia*. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España ». Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 84 p.

- MERZ A., ALEWELL C., HILTBURUNNER E. et BANNINGE D., 2009. «Plant-compositional effects on surface runoff and sediment yield in subalpine grassland ». *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172 : 777–788.
- NEGRE R., 1969. « La végétation du bassin de l'One (Pyrénées-Centrales). Deuxième note : les pelouses ». *Portugaliae Acta Biologies* 10 : 1-137 ;
- NEGRE R., 1974. « Nouvelle contribution à l'étude des gispetières pyrénéennes ». *Boletim Da Sociedade Broteriana* 48 : 209-251.
- NEGRE R. et SEVRE L., 1979. « Prospection dans les groupements à *Festuca eskia* en Pyrénées orientales ». *Documents phytosociologiques* 4 : 731-756.
- NICHOLSON E., KEITH D.A. et WILCOVE D.S., 2009. « Assessing the threat status of ecological communities ». *Conservation Biology* 23 : 259-274.
- PASCHE F., ARMAND M., GOUAUX P., LAMAZE T. et PORNON A., 2004. « Are Meadows With High Ecological and Patrimonial Value Endangered by Heathland Invasion in the French Central Pyrenees ? ». *Biological Conservation* 118: 101-108.
- POISSONET P.S., POISSONET J.A., GODRON M.P et LONG G.A., 1973. « A comparison of sampling methods in dense herbaceous pasture ». *Journal of Range Management* 26 : 65-67.
- QUERE E., 2005. « Guide méthodologique pour la mise en place de suivis de la végétation dans les sites Natura 2000 ». Conservatoire Botanique National de Brest, 95p.
- RAMEAU J.C., BISSARDON M. et GUIBAL L., 1997. « Corine biotopes – Version original – Types d'habitats français ». ENGREF / MNHN, 164 p.
- RUDMANN-MAURER K., WEYAND A., FISCHER M. et STOCKLIN J., 2008. « The role of landuse and natural determinants for grassland vegetation composition in the Swiss Alps ». *Basic and Applied Ecology* 9 : 494-503.
- TOSCA C., 1975. « Les pelouses subalpines des Pyrénées centrales. Leur valeur pastorale ». *Fourrages* 61 : 45-74.
- TOSCA C. et LABROUE, 1979. « Diversité spécifique et évolution des groupements végétaux supra-forestiers des Pyrénées centrales ». *Vegetatio* 39 : 161-170.

Annexe 1 : « Typologie climatique du territoire français en 8 classes », zoom sur la chaîne des Pyrénées



© Joly *et al.*, 2010



Type 1 : les climats de montagne

Type 2 : le climat semi-continental et le climat des marges montagnardes

Type 3 : Le climat océanique dégradé des plaines du Centre et du Nord

Type 4 : Le climat océanique altéré

Type 5 : Le climat océanique franc

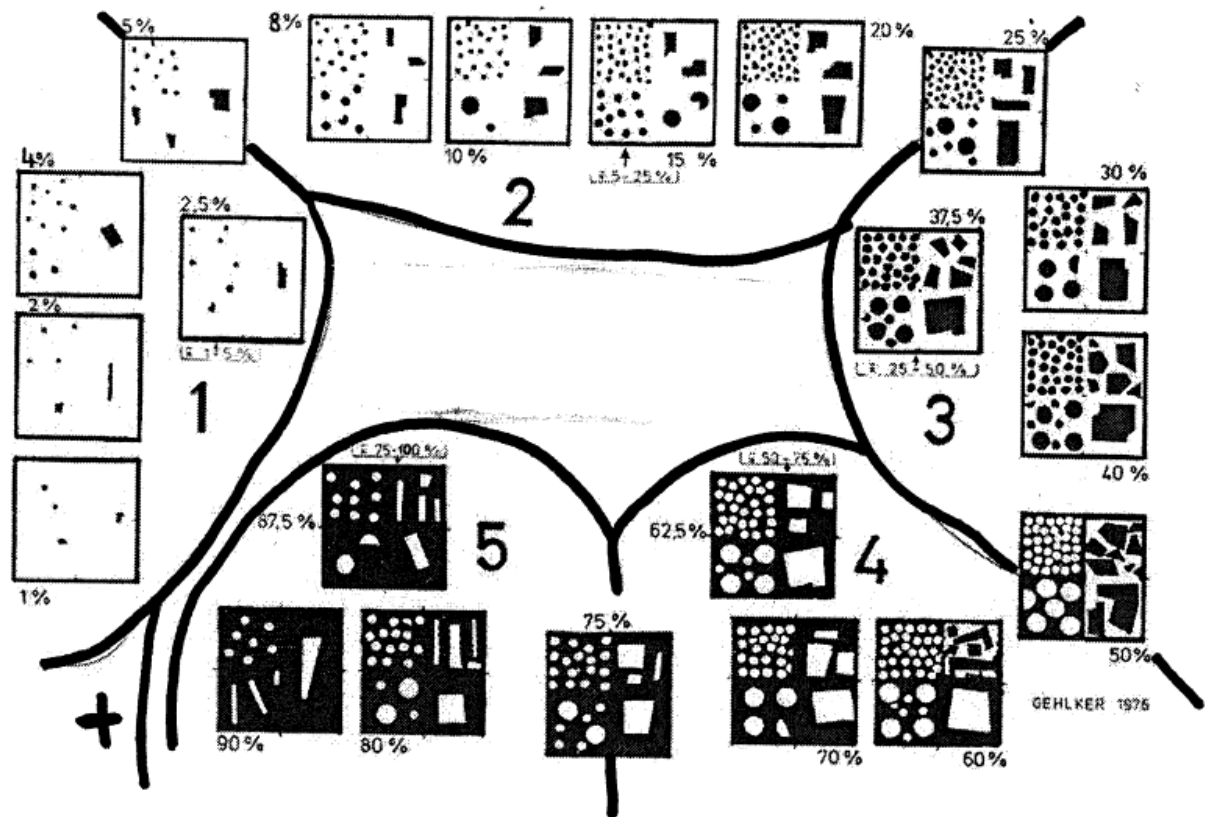
Type 6 : Le climat méditerranéen altéré

Type 7 : Le climat du Bassin du Sud-Ouest

Type 8 : Le climat méditerranéen franc



Annexe 2 : Schéma d'aide de terrain pour attribuer les coefficients d'abondance-dominance à chaque espèce lors du relevé phytosociologique.



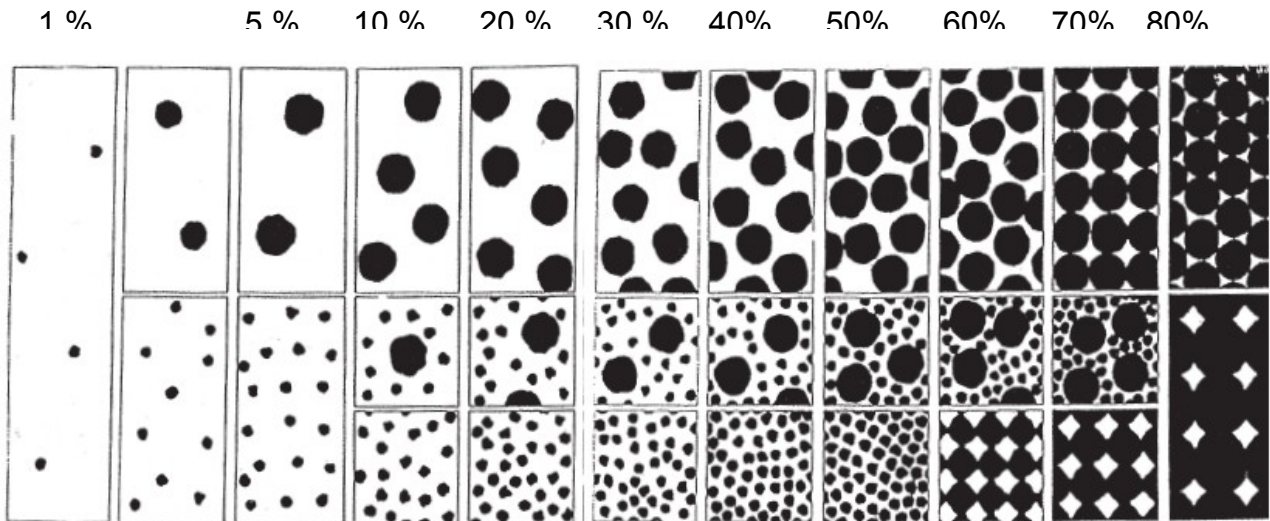
Légende :

Pourcentage de recouvrement et correspondance avec les coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet :

- + : Espèce très peu abondante et très faiblement recouvrante
- 1 : Espèce peu abondante dont le recouvrement est inférieur à 5 %
- 2 : Espèce abondante et recouvrement compris entre 5 et 25 %
- 3 : Recouvrement compris entre 25 et 50 %
- 4 : Recouvrement compris entre 50 et 75 %
- 5 : Recouvrement supérieur à 75 %

Auteur : Olivier Argagnon, comm. pers. (CBN Med)

Annexe 3 : Schéma d'aide de terrain pour estimer le recouvrement des groupes fonctionnels de végétaux, de sol nu ou des marques des surfaces dégradées



Source :

« Pourcentage de recouvrement d'après PRODON » (Fiers et coll. 2004)