

## Evaluation de l'état de conservation des milieux agropastoraux sur le site Natura 2000 des Monts Dore



Mémoire de dominante d'approfondissement Gestion des Milieux Naturels

Page de couverture : Prairie de fauche du plateau du Guéry. Mathilde Vicente  
*Toutes les photographies et illustrations du rapport sont de l'auteur, sauf mention contraire.*

---

AgroParisTech  
Centre de Nancy

Conservatoire Botanique  
National du Massif Central

Parc Naturel Régional  
des volcans d'Auvergne

## **Evaluation de l'état de conservation des milieux agro- pastoraux sur le site Natura 2000 des Monts Dore**

Encadrement du stage : Luc Belenguier chargé de mission au Syndicat mixte du  
Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne

Mémoire de fin d'études de la dominante d'approfondissement  
**Gestion des Milieux Naturels**

## FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN TRAVAIL D'ÉLÈVES

AgroParisTech	TRAVAUX D'ÉLÈVES
TITRE : Evaluation de l'état de conservation des milieux agro-pastoraux sur le site Natura 2000 des Monts Dore	Mots clés : habitat agropastoral, Natura 2000, évaluation, état de conservation, nardaies, prairies de fauche
AUTEUR(S) : Mathilde Vicente	Promotion : 23
Caractéristiques : 1. Volume ; 76. Pages ; 19. Figures ; 7. Annexes ; 5. Cartes ; bibliographie	

### CADRE DU TRAVAIL

ORGANISME PILOTE OU CONTRACTANT : Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne

Nom du responsable : Luc Belenguier

Fonction : Chargé de missions Natura 2000

Nom du correspondant AgroParisTech : Jean-Claude Gégout

Spécialité

Stage 2A

Autre

Stage fin d'études

Date de remise : 7/10/2016

### SUITE À DONNER (réservé au Service des Etudes)

Consultable et diffusable

Confidentiel de façon permanente

Confidentiel jusqu'au ...../...../..... , puis diffusable



## Résumé :

Mots clés : habitat agropastoral, Natura 2000, évaluation, état de conservation, nardaies, prairie de fauche

L'évaluation de l'état de conservation est un concept récent, énoncé par la directive européenne « Habitat, Faune, Flore » en 1992. Sur les sites Natura 2000 animés par le Parc des Volcans, cet état de conservation était jusqu'à présent renseigné à dire d'expert lors de la réalisation des cartographies d'habitats naturels. La présente étude, commanditée par le Parc des volcans d'Auvergne, cible deux habitats agropastoraux : prairie de fauche et nardaie montagnarde sur le site Natura 2000 des Monts Dore. Elle vise à :

-disposer de méthodes d'évaluation de l'état de conservation simples, objectivant le dire d'expert et adaptées au territoire et à ces habitats.

- Pour les nardaies montagnardes, aucune méthodologie satisfaisante n'existant, une grille d'analyse adaptée à la zone d'étude a été créée. Elle est basée sur l'analyse statistique de relevés phytosociologiques existants, en utilisant les logiciels R et Juice. Elle permet de proposer une clé de détermination simple (un arbre de décision), traduisant le niveau trophique de la nardaie, basée sur des relevés de végétation. Afin de compléter l'évaluation, un indicateur de fermeture du milieu est également proposé et utilisé. Les deux critères importants dans l'état de conservation des nardaies (niveau trophique et degré de fermeture) sont ainsi renseignés.
- Pour les prairies de fauche, la méthode proposée par le Muséum national d'Histoire Naturelle, spécifique à cet habitat, est utilisée. Sur la base des résultats obtenus, une méthode simplifiée est également proposée sur le modèle de ce qui a été réalisé pour les nardaies.

-les appliquer et discuter des résultats obtenus.

---

## *Remerciements*

Je voudrais tout d'abord remercier toutes les personnes qui m'ont accompagné, aidé, conseillé, permis d'avancer dans mon travail durant ces 6 mois de stage.

Tout d'abord, je tiens à remercier Aimie Bley rencontrée en stage botanique en 2015, de m'avoir donné le contact de Luc Belenguier.

A Luc Belenguier qui a su être disponible, motivant et de très bons conseils pour l'aboutissement de mon mémoire.

A Romain Pradinas qui a été essentiel et moteur dans la création de la méthodologie mise en place. Je te remercie pour être venu de maintes fois bénévolement après ton terrain pour m'aider avec le logiciel Juice.

Merci également de m'avoir amené herborisé dans le Mézenc avec toi.

A Anne Villemey, pour son aide qui a été si précieuse dans mes problèmes de script et d'interprétation des arbres de décision.

A Eric Vallé, qui a été essentiel pour ma révision et dans mon apprentissage de la flore des nardaies et des prairies de fauche d'Auvergne. Je te remercie pour m'avoir aidé et confirmé mes doutes d'identification de certaines espèces.

A Olivier Roquetanière, qui a toujours été disponible pour m'aider dans mes problèmes de cartographie.

A Andréa Cassagne et Sylvain Blanchon, qui m'ont permis d'assister au concours des prairies fleuries.

A Morgane Walters, avec qui j'ai assisté à des réunions avec des agriculteurs lors de la campagne des MAEC.

A Maria Diaz De Quijano, Thomas Pellerin, Maxime Sacré, Mathieu Vernier, stagiaires avec qui j'ai partagé de bons moments de collocation.

A Laurine, avec qui j'ai pu courir le soir dans les puys après le travail.

A Julien Marchal, qui m'a aidé dans l'automatisation de mes données et soutenu durant ces 6 mois.

A mes parents qui m'ont donné le goût de la nature et de la randonnée.

A mes grand-mères qui ont su me transmettre la passion de la botanique.

## Sommaire

Introduction.....	5
I.1 Contexte et objectifs de l'étude.....	6
I.2 Le Parc : animateur Natura 2000 et des Mesures Agro-environnementales et Climatiques.....	7
I.3 Notion d'habitat et habitats agropastoraux.....	8
I.4 Présentation du site Natura 2000 des Monts Dore et des enjeux.....	9
I.5 Présentation des habitats ciblés par l'évaluation et pratiques rencontres.....	11
5.1   Pelouses acidiclinales montagnardes du Massif central.....	11
5.2   Prairies fauchées montagnardes et subalpines du Massif central .....	12
I.6 Définition de l'état de conservation.....	12
I.7 Etat de l'art des méthodes d'évaluation de l'état de conservation.....	13
II. Objectifs de l'étude.....	15
III. Matériel et méthodes.....	17
III.1 Organisation de l'étude.....	17
III.2 Nardaies montagnardes.....	17
2.1   Matériel à disposition.....	17
2.2   Méthode des arbres.....	18
2.2.1   Présentation générale.....	16
2.2.2   Différentes étapes de construction de la méthode des arbres.....	18
3.3   Méthode du CBNMC.....	23
3.3.1   Présentation générale.....	23
3.3.2   Echelle d'évaluation.....	26
3.3.3   Etablissement d'une note.....	26
III.3 Prairies de Fauche.....	27
3.1   Matériel à disposition.....	27
3.2   Présentation générale de la méthodologie du MNHN.....	25
3.3   Echelle d'évaluation.....	29
3.4   Etablissement d'une note.....	29
3.5   Association des prairies de fauche à la typologie AOP du Massif Central.....	29
III.4 Synthèse du travail réalisé dans la présente étude.....	30
III.5 Analyse des résultats.....	30
IV. Résultats.....	31
IV.1 Nardaies.....	31
1.1   Production de la méthode des arbres.....	31
1.1.1   Construction des arbres.....	31
1.1.2   Choix de l'arbre.....	35
IV.2 Application de la méthode des arbres.....	37
2.1   Etat de conservation des nardaies.....	37
IV.3 Evaluation de la fermeture des milieux.....	39
IV.4 Prairie de fauche.....	41
4.1   Etat de conservation évalué.....	41
4.2   Analyse de l'influence des différents paramètres sur l'état de conservation des prairies de fauche.....	44
4.3   Croisement de l'état de conservation avec l'altitude et des données agricoles.....	44
4.4   Evaluation de l'état de conservation et typologie AOP du Massif central.....	46
4.5   Analyse de l'évolution de la composition floristique et de la richesse spécifique entre 2007 et 2016.....	49
4.6   Proposition d'une méthode d'évaluation de l'état de conservation des prairies de fauche.....	50
V. Discussion.....	51
V.1   Notion d'état de conservation.....	51
V.2   Etat de conservation des nardaies montagnardes.....	52
2.1   Etat de conservation des nardaies selon le degré de fermeture du milieu.....	52
2.2   Etat de conservation des nardaies selon le niveau trophique.....	53
V.3   Etat de conservation des prairies de fauche.....	55
3.1   Un état préoccupant des prairies de fauche selon la méthode du MNHN.....	55
3.2   Limites de la méthode du MNHN.....	57
3.3   Lien avec la typologie AOP.....	57
3.4   Méthode des arbres pour les prairies de fauche.....	58

Conclusion.....	58
Bibliographie.....	58

Liste des Figures :

Figure 1 : Démarche de la méthode générale pour évaluer l'état de conservation d'un habitat.....	14
Figure 2 : Diagramme des objectifs.....	16
Figure 3 : Schéma représentant les étapes de l'étude.....	17
Figure 4 : Schéma des méthodologies employés pour chaque habitat dans l'étude.....	30
Figure 5 : Représentation graphique de la DCA effectuée sur les différents clusters en projetant comme variables supplémentaires l'indice de nutriment d'Ellenberg, l'Indice spécifique de valeur fourragère, les traits de vie des espèces .....	31
Figure 6 : Schéma des différents arbres réalisés.....	33
Figure 7 : Répartition de l'état de conservation des nardaies lié au niveau trophique (arbre 4) du site Natura 2000 des Monts Dore, exprimé en % de surface.....	37
Figure 8 : Pourcentage de relevés par polygones selon le recouvrement en Ericacées sur la surface totale de nardaie.....	39
Figure 9 : Boxplot représentant la dispersion des notes obtenues pour les prairies de fauche avec la méthode du MNHN.....	41
Figure 10 : Disposition des notes sur l'échelle de l'état de conservation pour la méthode du MNHN.....	41
Figure 11 : Etat de conservation des prairies de fauche exprimé en pourcentage de surface en ha.....	41
Figure 12 : Représentation de l'analyse mixte de Hill et Smith de l'état de conservation.....	44
Figure 13 : Boxplot de l'état de conservation des prairies de fauche en fonction de leurs altitudes.....	45
Figure 14 : Boxplot de l'état de conservation des prairies de fauche en fonction de l'indice spécifique de valeur fourragère (IS).....	42
Figure 15 : Représentation des surfaces en ha des types AOP du Massif central sur les prairies de fauche.....	46
Figure 16 : Etat de conservation des différents types AOP du Massif Central.....	46
Figure 17 : Etat de conservation des différents indicateurs de la méthode du MNHN selon les types AOP des prairies de fauche.....	47
Figure 18 : Représentation de l'évolution des types AOP identifiés selon un gradient de fertilité .....	48
Figure 19 : Représentation graphique de la DCA effectué sur les différents clusters obtenus avec la méthode du MNHN en projetant comme variables supplémentaires l'indice de nutriment d'Ellenberg, l'altitude, IS Indice spécifique des valeurs fourragères.....	50
Figure 20 : Arbre de décision obtenu avec les notes de la méthode du MNHN pour les prairies de fauche.....	51

Liste des Tableaux :

Tableau 1 : Données à disposition pour chaque habitat.....	15
Tableau 2 : Noms et abréviations utilisés des différents traits de vie.....	18
Tableau 3 : Exemple de la quantification des écarts de note entre les deux méthodes .....	23
Tableau 4 : Grille d'évaluation des nardaies montagnardes par la méthode du CBNMC (Lemoine 2015).....	24
Tableau 5: Coefficients d'abondance-dominance de Braun Blanquet utilisées dans les relevés phytosociologiques.....	26
Tableau 6 : Grille d'évaluation des prairies de fauche de la méthode du MNHN : indicateurs, notes, interprétations (Maciejewski et al. 2015).....	28
Tableau 7 : Equivalence de la note de la méthode du MNHN avec l'état de conservation.....	29
Tableau 8 : Espèces caractéristiques pour chaque groupe établi par la DCA.....	32
Tableau 9 : Nombre de relevés selon les groupes définis par la méthode de TWINSpan modifié pour chaque type d'habitat.....	32
Tableau 10 : Comparaison du pourcentage d'écart entre de la note des critères liés au niveau trophique de la méthode du CBNMC avec chaque arbre de décision.....	36
Tableau 11 : Etude des valeurs absolues des écarts entre la note de la méthode du CBNMC et la méthode des arbres de décision.....	36
Tableau 12 : Nom des types de prairies de fauche identifiés à partir de la typologie AOP Massif central.....	46
Tableau 13 : Richesse spécifique selon le type AOP des prairies de fauche.....	48
Tableau 14 : Comparaison de relevés phytosociologiques et de la richesse spécifique entre 2007 et 2016.....	49
Tableau 15 : Espèces caractéristiques pour chaque groupe établi par la DCA.....	50
Tableau 16 : Clé de détermination issue de l'arbre de décision créée à partir de la note de l'état de conservation des prairies de fauche de la méthode du MNHN.....	51

Table des cartes :

Carte 1 : Carte des 5 régions naturelles du PNR des volcans d’Auvergne.....	6
Carte 2 : Localisation du site Natura 2000 des Monts Dore.....	9
Carte 3 : Etat de conservation des nardaies sur le site Natura 2000 des Monts Dore selon le niveau trophique...38	
Carte 4 : Fermeture des nardaies sur le site Natura 2000 des Monts Dore selon le degré de fermeture.....	40
Carte 5 : Etat de conservation des prairies de fauche sur le site Natura 2000 des Monts Dore.....	43
Carte 6 : Eléments potentiels influençant le niveau trophique de l’habitat.....	54

Liste des sigles et des abréviations :

AFC : Analyse Factorielle des Correspondances  
AFD : Analyse Factorielle Discriminante  
CBNMC : Conservatoire d’Habitats naturels du Massif Central  
CRAEC : Commission Régionale Agri-Environnementale et Climatique  
DCA : Analyse des Correspondances Détendancée  
DHFF : Directive Habitat Faune Flore  
DOCOB : Document d’objectifs  
EC : Etat de conservation  
MAEC : Mesure agro-environnementale et climatique  
MAEt : Mesure agro-environnementale territorialisée  
MNHN : Muséum Nationale d’Histoire Naturelle  
PAC : Politique Agricole Commune  
PAEC : Projet Agro-Environnemental Climatique  
PNRVA : Parc Naturel Régional des Volcans d’Auvergne  
SMPNRVA : Syndicat Mixte du Parc Régional des Volcans d’Auvergne

## INTRODUCTION

Le Massif central, « plus grande prairie d'Europe » (**Rieutort 2006**), est un territoire agricole tourné vers l'élevage qui a modelé les paysages. Il se caractérise par des milieux agropastoraux, représentant l'ensemble des végétations herbacées ou frutescentes des pelouses, de prés, de prairies, de garrigues et de landes (**Maciejewski et al. 2015**). Leur équilibre est intimement lié aux activités pastorales et humaines (**Bensetiti et al. 2005**). Les habitats agro-pastoraux couvrent près d'un quart de la surface du PNRVA (Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne) et constituent donc un enjeu fort d'un point de vue naturel, économique et social. Certains de ces habitats agropastoraux sont ciblés par le réseau Natura 2000 en étant inscrits à l'annexe I de la Directive Habitats-Faune-Flore. Le réseau Natura 2000 a pour objectif le maintien ou la restauration dans un état de conservation favorable des espèces et des habitats naturels listés dans les annexes de la Directive Habitats-Faune-Flore.

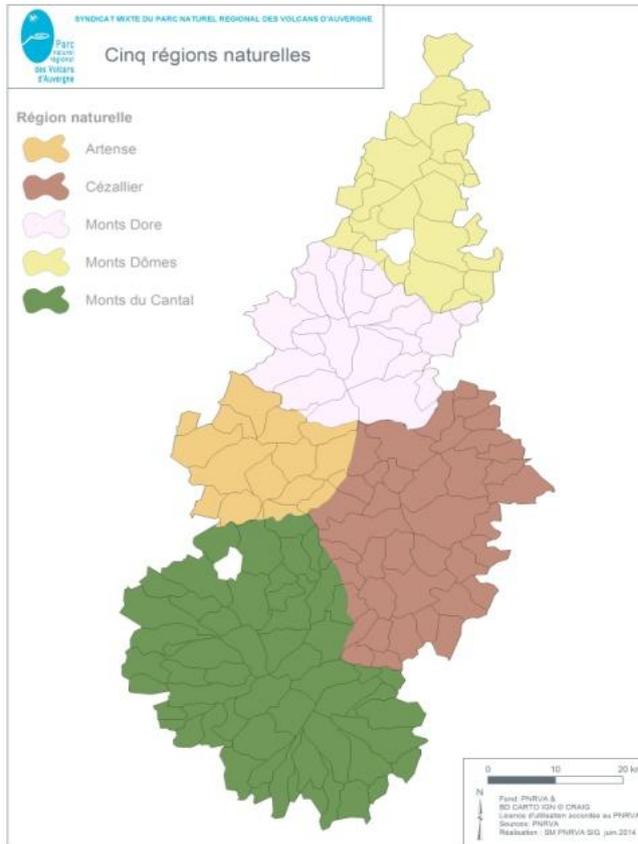
Le SMPNRVA (Syndicat Mixte du Parc Régional des Volcans d'Auvergne) est structure porteuse et animatrice de huit sites Natura 2000. Dans le but de satisfaire à l'article 17 de la DHFF, visant à évaluer l'état de conservation des habitats d'intérêts communautaires à l'échelle des sites, différentes méthodologies ont été créées (**Carnino 2009, Viry 2013, Maciejewski et al. 2015,...**). Sur les sites Natura 2000 du Parc des Volcans, l'état de conservation des habitats était jusqu'à présent renseigné à dire d'expert lors de la réalisation de la cartographie des habitats naturels.

La présente étude consiste à évaluer l'état de conservation de deux habitats d'intérêt communautaire sur le site Natura 2000 des Monts Dore : prairies de fauche (code habitat = 6520-1) et nardaies montagnardes (code habitat = 6230-4). Pour les prairies de fauche, la méthode proposée par le Muséum National d'Histoire Naturelle (**Maciejewski et al. 2015**), est utilisée. A partir des résultats obtenus et de l'analyse des relevés phytosociologiques effectués durant l'étude, une grille simplifiée (un arbre de décision) est proposée. Pour les nardaies, aucune méthodologie satisfaisante n'étant disponible, une méthode, adaptée au territoire, a été proposée et appliquée. Sa création fait l'objet d'un développement important dans le rapport. Elle a été produite à partir d'une analyse statistique de relevés phytosociologiques existants. La grille d'évaluation produite (un arbre de décision), traduisant le niveau trophique de la nardaie, est renseignée par des relevés de végétation (environ 300 relevés phytosociologiques ont été réalisés au cours de l'étude). Un indicateur de fermeture du milieu est également proposé et utilisé. Les deux critères importants dans l'état de conservation des nardaies (niveau trophique et degré de fermeture) sont ainsi renseignés.

Tout d'abord, le contexte et les objectifs de l'étude seront présentés en définissant précisément les termes du sujet. Puis les méthodologies employées pour mener à bien la collecte des données seront expliquées. Les résultats seront suivis d'une discussion où les limites et les perspectives seront développées.

# I. Contexte de l'étude

## I.1 | Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne



Carte 1 : 5 régions naturelles du PNR des volcans d'Auvergne

Les habitants conscients de la richesse et la fragilité de leur environnement avec l'accord du conseil régional d'Auvergne, ont créé en 1977 le Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne (PNRVA 2016). Il est le plus grand parc naturel régional métropolitain avec une superficie de 388 957 ha.

Le périmètre du parc comprend 150 communes (environ 90 000 habitants) sur le département du Cantal (15) et du Puy de Dôme (63). Ce territoire avec une géologie particulière est composé de 5 régions naturelles: les Monts Dômes, les Monts Dore, le Cézallier et les Monts du Cantal qui sont des massifs volcaniques et le plateau granitique de l'Artense.

Le Parc des Volcans est géré par le Syndicat mixte Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne (SMPNRVA) comportant un bureau de 9 membres et un comité de 42 membres (représentant les adhérents à la Charte).

Le SMPNRVA a pour rôle:

- la coordination, le rassemblement et l'animation du projet de territoire du PNRVA (la Charte)
- l'aide aux collectivités signataires pour mettre en œuvre la charte
- l'animation, la stimulation des habitants, des associations, des professionnels dans cette même dynamique

La Charte (**PNRVA 2016**) actuelle couvre la période 2013-2025. Ses orientations se déclinent en trois thématiques : « Agir local », « Penser global », « Vivre ensemble, ici ».

## I.2 | Le Parc : animateur Natura 2000 et des Mesures Agro-Environnementales et Climatiques

La Directive « Oiseaux » (79/409/CEE) et la Directive « Habitats-Faune-Flore » (92/43/CEE) sont toutes les deux à l'origine du réseau Natura 2000. Ce réseau européen a pour vocation la préservation des habitats, des espèces rares, endémiques et menacées. Plus globalement, c'est un outil d'accompagnement à la mise en œuvre d'une gestion pérenne des territoires qui intègre les dimensions écologique, socio-économique et culturelle dans une optique de développement durable. Une de ses missions est le maintien dans un bon état de conservation les différents types d'habitats et espèces.

D'après l'article 6 de la DHFF, évaluer l'état de conservation des habitats et des espèces à intérêt communautaire et prioritaire au sein des sites désignés Natura 2000 est une obligation européenne. En France, cet article a été transposé dans la loi dans l'article R. 414-11 et l'article R. 414-18 du code de l'environnement. De plus, l'article 17 de la DHFF déclare que l'évaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces au niveau biogéographique doit faire l'objet d'un rapport à la Commission européenne tous les 6 ans.

Le PNRVA accueille 30 sites Natura 2000 soit 15,9% de son territoire dont 8 pour lesquels il assure le portage et l'animation. Pour chaque site Natura 2000, un DOCOB (document d'objectifs) est rédigé et recense les espèces et habitats remarquables au niveau européen ainsi que les usages locaux. Les objectifs et les mesures à prendre en compte pour préserver, voire restaurer les espèces et les habitats répertoriés sur le site, tout en accompagnant les activités présentes, sont présentées dans ce même document.

Le PNRVA est également opérateur agri-environnemental sur les sites Natura 2000 qu'il anime pour la mise en place des MAEC (Mesures Agro-environnementales et Climatiques) en accompagnant les agriculteurs. Ce sont un outil de la PAC (Politique Agricole Commune) qui soutient le maintien et le développement de pratiques agricoles favorables à l'environnement (**Genot et al. 2012, MAAF 2016**). C'est un dispositif contractuel et volontaire d'une durée de cinq ans entre une exploitation agricole et l'Etat, permettant la mise en place de cahiers des charges particuliers en termes de pratiques agricoles, en contrepartie desquelles les agriculteurs reçoivent une aide financière.

Ainsi, des Projets Agro-Environnementaux et Climatiques (PAEC) sont rédigés par le PNRVA et soumis aux décideurs / financeurs rassemblés au sein de la Commission Régionale Agri-Environnementale et Climatique (CRAEC). Les PAEC présentent les enjeux identifiés et les MAEC proposées pour atteindre les objectifs de préservation des habitats et espèces. Sur les sites Natura 2000, de 2007-2013 des agriculteurs ont déjà pu bénéficier de MAEC (Mesures agroenvironnementales territorialisées), anciennes MAEC. La mise en œuvre de ces MAEC nécessite une bonne connaissance des habitats et espèces présents sur les parcelles agricoles concernées et de bien cerner les éléments de gestion à maintenir ou adapter. Sur le site des Monts Dore, la période de contractualisation des MAEC a été validée pour 2016/2017.

C'est dans ce cadre que le PNRVA, depuis quelques années, s'intéresse à la notion d'état de conservation des milieux agropastoraux. En 2014, l'état de conservation de deux sites Natura 2000 dans le Cantal a été évalué avec la méthode du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) (**Bley et al. 2015**). En 2015, deux autres études similaires ont été réalisées : une sur les nardaies montagnardes dans la Réserve Naturelle Nationale de Chastreix-Sancy (**Charreix 2015**) et sur les sites Natura 2000 de la Chaîne des Puys et du Cézallier (**Lemoine 2015**). L'objectif pour le PNRVA est de disposer de méthodes simples, objectivant le dire d'expert, permettant de disposer d'éléments de connaissance et de décision pour orienter les opérations de gestion sur les habitats naturels ciblés par Natura 2000. De plus, il convient de travailler à ce que cet outil d'évaluation d'état de conservation puisse être utilisé comme un support de discussion avec les acteurs locaux (agriculteurs...).

### I.3 | Notion d'habitat et habitats agropastoraux

Selon l'article 1 de DHFF, les **habitats naturels** sont « des zones terrestres ou aquatiques se distinguant par leurs caractéristiques géographiques, abiotiques et biotiques, qu'elles soient entièrement naturelles ou semi-naturelles » (**CE, 1992**).

Les habitats agropastoraux sont « l'ensemble des végétations herbacées ou frutescentes de pelouses, de près, de prairies, de garrigues et de landes qui occupent des surfaces considérables en France et sont à la base de l'essentiel des paysages ruraux » (**Maciejewski et al. 2012**).

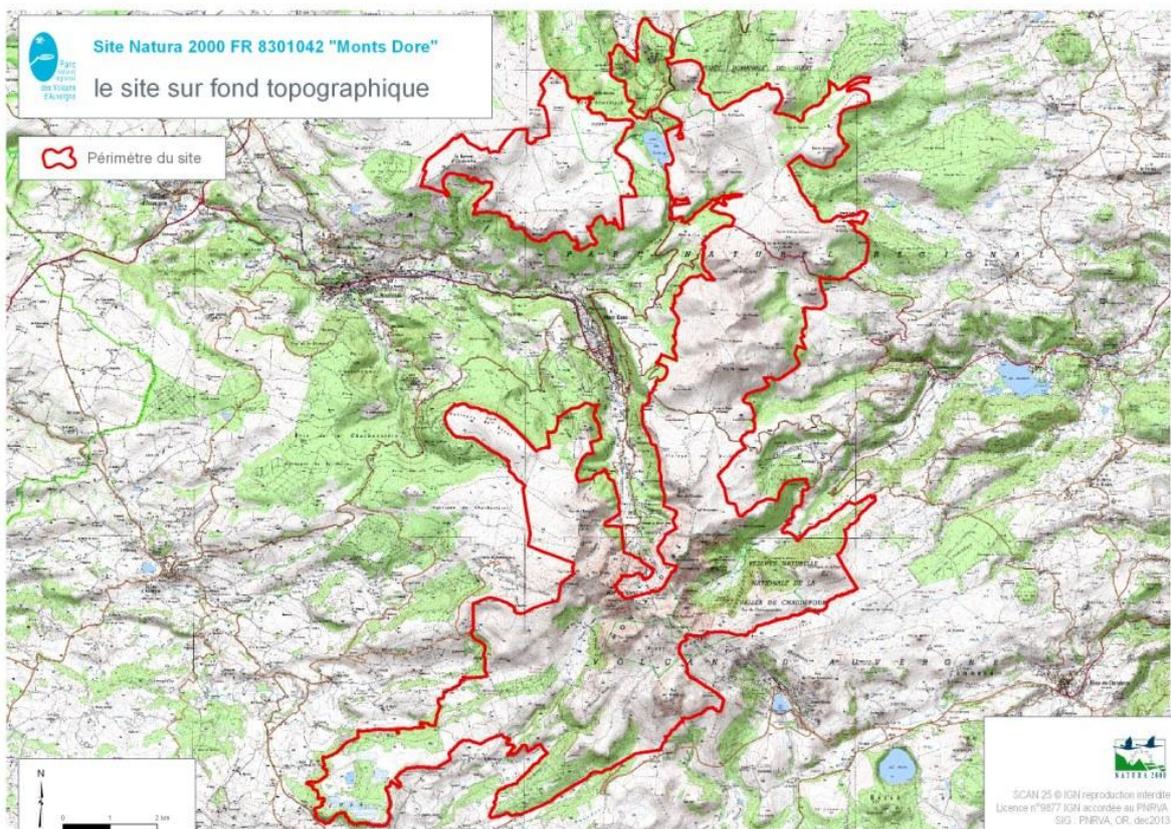
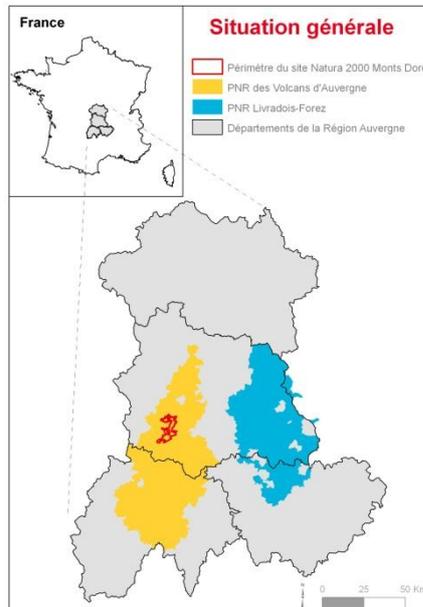
Aujourd'hui, les habitats agro-pastoraux d'intérêt communautaire, ou prioritaire, sont le résultat de siècles de pratiques agricoles. Les agriculteurs ont déboisé les espaces forestiers ce qui a permis d'ouvrir les milieux et de façonner différents types d'habitats. Cependant si les pratiques de gestion changent la dynamique de végétation va être modifiée pouvant entraîner une perte de la qualité écologique de l'habitat d'« origine » (**Bensettiti et al. 2005**).

Les habitats agropastoraux sont le reflet d'une multitude de facteurs : environnementaux, contexte historique et activités pastorales (**Maciejewski et al. 2015, Balent et al. 1993**). Différentes pratiques agricoles, dans un contexte historique différent vont pouvoir aboutir à un même état de conservation d'où la difficulté de faire des préconisations de gestion (**Maciejewski et al. 2015**). Tous les choix de gestion des pâturages (type et nombre d'animaux, durée, période...), et des pratiques de fauche (période de fauche, type de fertilisant,...) vont influencer directement la dynamique de végétation des habitats (**Marion 2010**).

Par exemple, la réduction voire l'absence de gestion agricole va amener le milieu à se fermer et à se reboiser dans le temps. Inversement, l'intensification des pratiques avec l'apport d'engrais va appauvrir la diversité du cortège végétal.

## I.4 | Présentation du site Natura 2000 des Monts Dore et des enjeux

Le site Natura 2000 des Monts Dore (FR8301042) couvre une superficie de 7122 ha, et comprend deux réserves naturelles (Chastreix-Sancy et Chaudefour) (**Belenguier et al. 2013**). Son altitude s'échelonne entre 1050 m et 1800 m.



Carte 2 : Localisation du site Natura 2000 des Monts Dore

Les Monts Dore constituent un stratovolcan avec comme point culminant le Puy du Sancy (1886m) (**Audubert et al. 2013**). Ils résultent de la superposition de 4 édifices complexes partiellement détruits ou, fortement érodés : les volcans du Mont Dore (-3 à 2,5 Ma), Aiguillier (-2,2 à -1,8 Ma), Sancy (-1,2 à 0,22 Ma) et Massif adventif (-0,40 à 0,25) Le socle est composé de roches cristallines essentiellement dominé par le granite (**Glangeaud 1904**). Des gneiss et des micaschistes peuvent également être rencontrés bien que moins présents sur les Monts Dore. La composition chimique de la roche influence la distribution de la végétation (**Egal & Nehlig 2010**).

Ce massif bénéficie d'un climat à influences océaniques avec de fortes pluies et fortes amplitudes thermiques. Il y a d'une part sur le versant ouest un « effet altitude » avec un soulèvement des masses atmosphériques venant du sud-ouest qui vont se refroidir et finir par se condenser pour donner des précipitations. Les précipitations annuelles dans les Monts Dore (sous l'influence océanique) sont comprises entre 1600 et 2000 mm (**Météo France 2016**). D'autre part sur le versant est, l'« effet de foehn » est présent avec une redescende de la masse d'air atmosphérique qui va se réchauffer, ce qui a va avoir pour conséquences l'arrêt des précipitations et des versants plus secs.

Concernant l'enneigement dans le massif du Mont Dore, il varie d'une année à l'autre mais reste permanent environ 5 mois au dessus de 1500 m d'altitude.

4/5 des surfaces d'habitats d'intérêt communautaire du site correspondent à des habitats agropastoraux (dont 90 % sont d'intérêt communautaire ou prioritaire) (**Belenguier et al. 2013**). Les surfaces restantes comprennent 10 % de milieux humides et 5 % de milieux forestiers.

De nombreuses espèces patrimoniales sont présentes (Cuivre de la bistorte, Damier de la Succise, Hypne brillante, Buxbaumie verte,...). Dans le DOCOB, l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire est mentionné à partir de la cartographie CHANES 2006 (renseigné à dire d'expert) et permet d'avoir un aperçu global des habitats à fort enjeux.

Les enjeux principaux mentionnés par le DOCOB sont:

- mobilisation et information des acteurs locaux pour la mise en œuvre du DOCOB.
- maintien du pastoralisme extensif et promotion d'une gestion des pelouses et landes d'altitude conciliant activité économique et diversité écologique
- conciliation de la fréquentation touristique du site, des activités de pleine nature et des aménagements avec la fragilité des sols volcaniques et les habitats et espèces patrimoniaux
- gestion adaptée des milieux forestiers et gestion sylvicole intégrant la biodiversité, la protection des sols et la qualité des paysages
- préservation de la qualité de l'eau et préservation des zones humides et de leur fonctionnalité

La présente étude répond à la fiche action E1 du DOCOB « Définir l'état de conservation des habitats agro-pastoraux ».

## I.5 | Présentation des habitats ciblés par l'évaluation et pratiques rencontrées

Deux habitats ont été ciblés pour évaluer leur état de conservation : les prairies de fauche et les nardaies. Les prairies de fauche sont ciblées car elles présentent des enjeux agricoles importants pour le territoire. Elles sont soumises à des actions de gestion fortes : fertilisation, fauche, chaulage, pâturage... Leur gestion est par ailleurs en lien avec leur état de conservation mais aussi d'autres enjeux présents sur le site (qualité de l'eau...). Par la concertation avec les agriculteurs, des actions facilement identifiables sont possibles pour tenter de faire évoluer certaines pratiques dans le but de tendre vers un état de conservation favorable.

Les nardaies couvrent près d'un tiers de la surface du site Natura 2000 et sont donc un des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire prépondérants. Elles sont au cœur du fonctionnement local des estives et constituent donc également un objet de dialogue important avec les agriculteurs.

Les autres habitats agro-pastoraux du site sont constitués essentiellement de landes. Ces derniers n'ont pas été retenus car ils impliquent la notion de mosaïque, pour laquelle l'approche de l'état de conservation est moins évidente à appréhender. Un travail spécifique pourrait d'ailleurs être engagé sur ces habitats dans un avenir plus ou moins proche sur le Parc.

### I.5.1 | Pelouses acidiclinales montagnardes du Massif central

Ce sont des pelouses mésophiles, oligotrophes que l'on dénomme plus couramment «Nardaie » (code habitat : 6230-4). Elle représente 2001,6 ha soit 28% de la surface du site Natura 2000 (**Belenguier et al. 2013**) et se retrouvent essentiellement dans les zones d'estives. C'est un habitat d'intérêt prioritaire, doté d'une richesse floristique exceptionnelle mais qui s'avère être très sensible à l'eutrophisation (**INPN 2016**).

Cet habitat est très sensible aux pratiques agricoles appliquées. Dans les zones où la pression de pâturage est faible, il y a une évolution de l'habitat vers une lande. Une forte augmentation du pâturage ou de la fertilisation va engendrer l'évolution de l'habitat vers une prairie eutrophe. De plus, le nard raide, une des espèces dominantes de ce type d'habitat, est faiblement consommé par les ruminants excepté les équins. Ainsi, la gestion pastorale de ce type d'habitat est assez délicate car si le pâturage est intensif il va y avoir une surconsommation des autres espèces présentes.

Sur le site Natura 2000 des Monts Dore, chaque année des troupeaux de génisses, vaches allaitantes, ou laitières, de brebis et quelques chevaux transhument vers ces habitats. Le pâturage se déroule de mai à octobre. Traditionnellement les estives n'étaient pas fertilisées mais aujourd'hui certaines le sont. Dans les secteurs où la lande est fortement présente, les agriculteurs pratiquent parfois le gyrobroyage dans l'objectif de récupérer une strate herbacée.

Pour les nardaies, il y a deux menaces principales quant à l'état de conservation :

- fermeture de l'habitat en cas d'abandon ou de pression de pâturage faible
- évolution trophique vers des pelouses ou prairies plus eutrophes

### I.5.2 | Prairies fauchées montagnardes et subalpines du Massif central

Les prairies fauchées montagnardes et subalpines du Massif central (code habitat: 6520-1) représentent 31,18 ha sur le site soit 0,45% de sa surface (**Belenguier et al. 2013**).

La principale menace pour cet habitat est la fertilisation excessive. Dans le cas de fertilisation intensive, l'habitat va évoluer vers une prairie de fauche montagnarde eutrophe (*Heracleo lecoquij-Arrhenatheretum elatioris* Code UE 6510). La fauche tardive est recommandée et permet le maintien optimal de la diversité floristique. En cas de pâturage de regain et de déprimage intensifs, l'habitat va dévier vers des prairies à *Alchemilla xanthocholra* et *Cynosurus cristatus* avec une faible valeur patrimoniale (Code Corine 38.1).

Au sein du site Natura 2000 des Monts Dore, des parcelles sont réservées exclusivement à la fauche pour la production de fourrage. La plupart du temps les parcelles sont fertilisées (lisier, fumier, et/ou engrais chimique). D'une année sur l'autre, il est possible que des parcelles habituellement fauchées soient pâturées. Certaines prairies de fauche sont déprimées c'est-à-dire qu'elles sont pâturées précocement et superficiellement par le bétail. L'objectif de cette pratique est d'améliorer la qualité du fourrage car la tige repousse moins haute mais plus dense et est plus appétante pour le bétail.

En fin de saison, certains agriculteurs font pâturer le regain.

Depuis 2007, un changement dans le cahier des charges relatif aux AOP pour la fabrication du Saint Nectaire (le site étant dans cette zone AOP notamment) souligne que les vaches laitières doivent être nourries exclusivement d'herbe provenant de l'aire géographique (**Breton et al. 2015**). Cet élément de cahier des charges pourrait se traduire par des évolutions de pratiques (remontées des prairies de fauche en altitude par exemple) et potentiellement donc modifier les habitats ou leur état.

### I.6 | Définition de l'état de conservation

D'après l'article 2 de la DHFF, l'état de conservation d'un habitat est « l'effet de l'ensemble des influences agissant sur un habitat naturel ainsi que sur les espèces typiques qu'il abrite, 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 sur le territoire visé ».

« Un état de conservation d'un habitat naturel est considéré comme favorable lorsque :

- son aire de répartition naturelle ainsi que les superficies qu'il couvre au sein de cette aire sont stables ou en extension.

- la structure et les fonctions spécifiques nécessaires à son maintien à long terme existent et sont susceptibles de perdurer dans un avenir prévisible et l'état de conservation des espèces qui lui sont typiques est favorable. » (**article 1 de la DHFF**)

Cette définition est établie à l'échelle biogéographique et non à l'échelle d'un site. Chaque état membre de l'Union européenne, a le choix de mettre en place différentes méthodologies pour répondre aux obligations de la DHFF. En ce qui concerne la France, le MNHN a développé des méthodologies à l'échelle du site et ciblées sur certains habitats qui visent à être : faciles à mettre en œuvre, pragmatiques, reproductibles et accessibles à tous les opérateurs (**Maciejewski et al. 2015**).

## **I.7 | Etat de l'art des méthodes d'évaluation de l'état de conservation**

Depuis une décennie, un nombre croissant de nouvelles méthodologies pour évaluer l'état de conservation ont été créées avec pour objectifs d'être :

- moins subjectives
- accessibles à un plus grand nombre d'acteurs (pas forcément spécialiste de la flore)
- reproductibles

En **Annexe 1**, est présenté un tableau comparatif des méthodologies avec les différents types de critères et les paramètres retenus pour établir l'état de conservation.

Toutes ces méthodologies sont construites sur la même logique, à savoir basée sur une grille divisée en différents indicateurs (**Figure 1**). Chaque indicateur comporte des valeurs seuils à partir desquelles l'état de conservation change. Ainsi, une note est établie et qualifie l'habitat soit en état de conservation favorable (A), soit en état de conservation altéré (B), soit en état de conservation dégradé (C). Une des composantes obligatoirement inventoriée est la végétation qui va refléter le fonctionnement et les conditions de l'habitat (**Bensettiti 2005**).

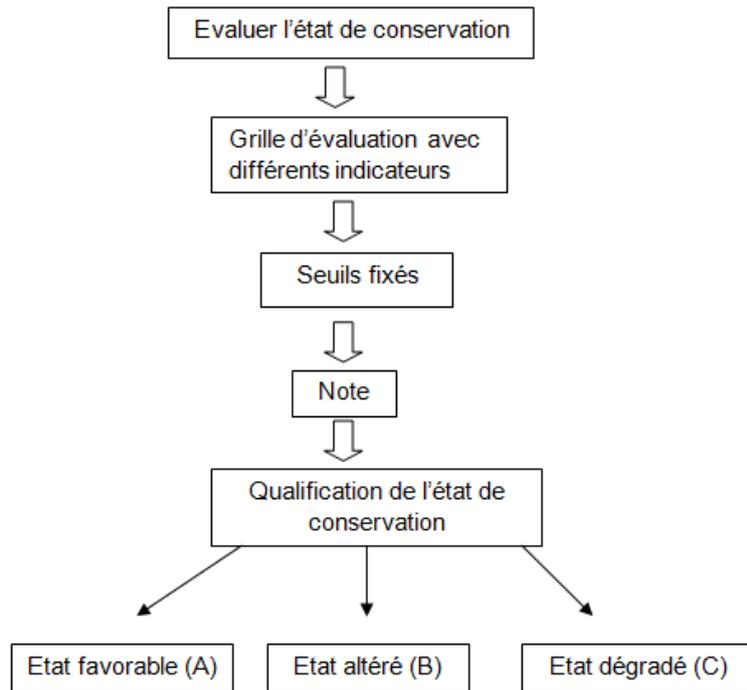


Figure 1 : Démarche de la méthode générale pour évaluer l'état de conservation d'un habitat

La plupart des méthodes existantes ne sont pas adaptées aux habitats ciblés dans la présente étude pour diverses raisons (ciblant des habitats différents, étant adaptée à un contexte local différent,...). Sur les habitats concernés ici, il est possible de retenir l'analyse des méthodes existantes suivantes:

- Prairies de fauche :

- le muséum MNHN a développé une grille d'évaluation standardisée pour les prairies de fauche. C'est une méthode nationale qui est donc applicable au site mais pas spécifique au territoire local. Les retours d'expérience récents sur le Parc des Volcans (**Lemoine 2015**) permettent d'adapter et de ne prendre en considération que certains critères jugés pertinents pour le site.
- le Conservatoire Botanique National du Massif Central (CBNMC) a créé (non publiée) une méthode dans le cadre du programme « Maintien de la biodiversité des territoires ruraux du Massif Central à travers la préservation de la qualité et de la fonctionnalité des milieux ouverts herbacés agropastoraux ». Cependant, le cortège floristique répertorié dans la grille d'évaluation ne correspond pas à la flore présente sur le site d'étude. Cette méthodologie s'est avérée être adaptée pour les prairies de fauche de plus basse altitude que celle du site étudié (Romain Pradinas, com.pers).

- Nardaies montagnardes : pour cet habitat, le MNHN n'a pas produit de méthode d'évaluation de l'état de conservation. La seule méthodologie disponible ayant déjà été utilisée sur le territoire du Parc est celle que le CBNMC a développée à dire d'expert pour

le Massif Central (non publiée, nous la nommerons dans la suite du rapport « méthode CBNMC »). Elle a été élaborée dans le cadre du programme « Maintien de la biodiversité des territoires ruraux du Massif Central à travers la préservation de la qualité et de la fonctionnalité des milieux ouverts herbacés agropastoraux » pour diagnostiquer, localiser, et évaluer les états de conservation des milieux herbacés agropastoraux. Cette méthode du CBNMC a été utilisée par Charreix (2015) après adaptation, à dire d'expert, de la grille d'évaluation de l'état de conservation pour être applicable à la Réserve Naturelle Nationale de Chastreix Sancy (comprise dans le site Natura 2000 des Monts Dore). Pour autant, les seuils n'ayant pas été définis par des méthodes d'analyse robustes et basés seulement sur des relevés réalisés sur le territoire de la Réserve, cette méthodologie n'a pas été retenue telle quelle pour la présente étude après discussion avec le CBNMC. Toutefois, cette méthode reste la seule existante, et sera donc utilisée dans un objectif de comparaison avec la nouvelle méthodologie proposée et testée dans ce travail.

## II. Objectifs de l'étude

L'état de conservation des habitats naturels sur les sites Natura 2000 animés par le Parc des Volcans était jusqu'à présent renseigné à dire d'expert, sans méthode établie et sans critère objectif clairement présenté, lors de la réalisation des Cartographies d'HAbitats Naturels et des Espèces (CHANES, **Nicolas et al.** 2007). Pour répondre aux exigences de l'article 6 de la DHFF et disposer d'éléments de discussion relatifs à la gestion mise en œuvre (actions Natura 2000 et MAEC), un diagnostic de l'état de conservation des milieux agropastoraux sur le site Natura 2000 est nécessaire. Ce dernier doit être basé sur une méthode simple, adaptée au site d'étude et objectivant le dire d'expert.

L'objectif de l'étude consiste à évaluer l'état de conservation de deux habitats d'intérêt communautaire sur le site Natura 2000 des Monts Dore : prairies de fauche (6520-1) et nardaies montagnardes (6230-4).

Pour aboutir à l'évaluation de l'état de conservation, le travail vise à :

- pour les prairies de fauche : utiliser la méthode existante proposée par le MNHN. Sur la base des résultats et l'analyse des relevés phytosociologiques complémentaires réalisés, une grille d'évaluation de l'état de conservation simplifiée est proposée.
- pour les nardaies : proposer une méthode adaptée au territoire et basée sur des seuils définis statistiquement à partir de relevés phytosociologiques existants. Les résultats de la méthode sont comparés à celle du CBNMC. Des relevés phytosociologiques sont réalisés pour chaque polygone de nardaie.

Les résultats obtenus sont ensuite analysés au regard des pratiques agricoles (lorsque c'est possible) et des outils de description des prairies existants (type AOP pour les prairies de fauche).

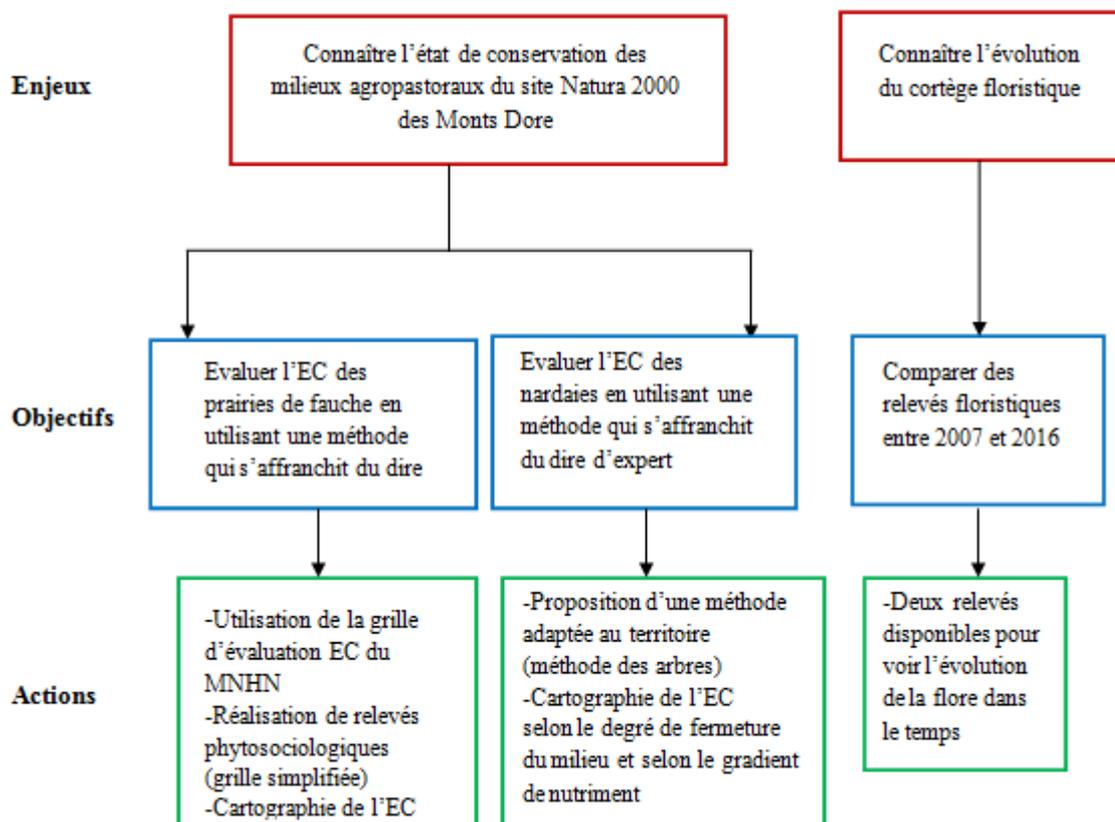


Figure 2 : Diagramme des objectifs

## III. Matériel et méthodes

### III.1 Organisation de l'étude

La réalisation de l'étude s'est organisée en plusieurs étapes :

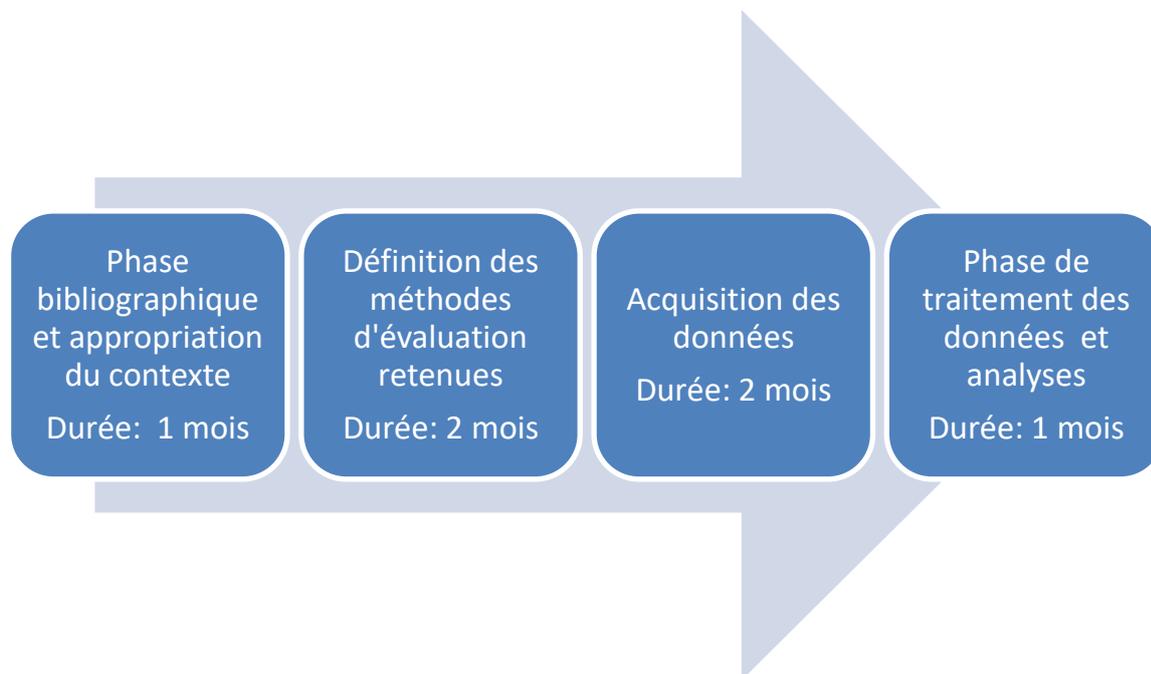


Figure 3 : Schéma représentant les étapes de l'étude

### III.2 Nardaies montagnardes

L'objectif est de disposer d'indicateurs permettant d'évaluer les deux critères importants dans l'état de conservation des nardaies : le degré trophique et le degré de fermeture.

Ses objectifs sont d'être adaptés au territoire et de fixer des seuils entre les différents états de conservation de manière statistique.

#### III.2.1| Matériel à disposition

Pour le travail d'évaluation de l'état de conservation des nardaies, le matériel disponible est le suivant :

- cartographie CHANES (2007) du site Natura 2000 des Monts Dore permettant de localiser les polygones de nardaies montagnardes (objet de l'évaluation). De plus, pour chaque polygone d'habitat, l'état de conservation à dire d'expert est mentionné.

- 141 relevés phytosociologiques réalisés par le CBNMC les années précédentes sur le site Natura 2000 des Monts Dore. Ce sont ces relevés phytosociologiques qui vont constituer le jeu de données pour pouvoir élaborer la méthodologie des arbres.
- Pour traiter ces 141 relevés phytosociologiques, les logiciels JUICE et R sont utilisés. Les indices d'Ellenberg, l'indice spécifique de valeur fourragère (IS) (**Delpech 1960**) sont calculés pour chaque relevé phytosociologique du CBNMC. Les valeurs d'IS pour chaque espèce utilisées sont présentées dans le tableau en **Annexe 2**. Les traits de vie des espèces sont également utilisés pour décrire par exemple la stratégie de reproduction des plantes. Ils ont été fournis par la base de données du CBNMC. Les traits de vie sont présentés dans le **Tableau 2**.

Nom de traits de vie		Abréviation	Nom de traits de vie		Abréviation
<b>Chaméphytes</b>	Frutescents	Cfru	<b>Hémicryptophytes</b>	ruboïdes	hrub
	suffrutescents	Csuf		bisannuels	hbis
	en coussinets	Ccou	<b>Géophytes</b>	à bulbe	gbul
<b>Hémicryptophytes</b>	Erigé	Heri		à tubercule	gtub
	Stolonifères	Hsto		à rhizome	grhi
	Cespiteux	Hces	<b>Thérophytes</b>	vernaux	tver
	Rosettes	Hros		estivaux	test

Tableau 2: Noms et abréviations utilisés des différents traits de vie

- En complément des relevés phytosociologiques du CBNMC, des relevés phytosociologiques ont été réalisés dans les polygones évalués. Cela représente environ 300 relevés réalisés lors de la présente étude.

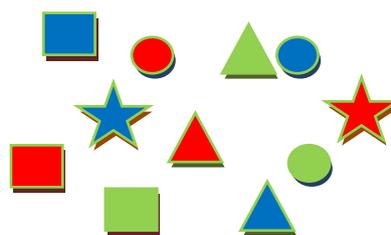
### III.2.2| Méthode des arbres

#### 2.2.1| Présentation générale

La nouvelle méthodologie créée dans le cadre de cette étude est nommée par la suite du rapport « méthode des arbres ». Elle est adaptée au territoire et permet de déterminer des seuils statistiques à partir desquels il y a un changement d'état de conservation de l'habitat. Elle est produite à partir des 149 relevés phytosociologiques de prairies existants sur le site d'étude.

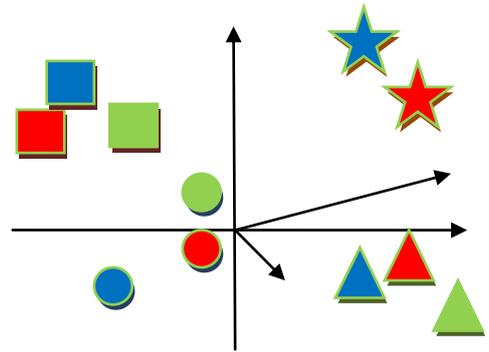
#### 2.2.2| Différentes étapes de construction de la méthode des arbres

L'objectif des 4 premières étapes est de séparer les différents relevés phytosociologiques en différents groupes et de les associer à un état de conservation. La démarche mise en place est présentée étape par étape avec des illustrations. Chaque forme représente un relevé phytosociologique.



## Etape 1 : Phase exploratoire des données

Pour s'imprégner du jeu de données, des analyses multivariées telles que DCA, AFC sont effectuées sur les relevés en projetant en variable supplémentaire les Indices d'Ellenberg. Les indices d'Ellenberg (**Ellenberg 1974**) (lumière, humidité, température, richesse en substances nutritives...) sont utilisés interpréter la position des relevés.



## Etape 2 : Ordination et clustering des données

Différentes méthodes de clustering sont testées telles que la CAH avec la distance de Ward, Twinspan, Twinspan modifié. Une Analyse Factorielle Discriminante (AFD) a permis de valider le résultat de cette classification et de choisir la méthode de clustering utilisée par la suite. La méthode de Twinspan modifié (Two-way indicator species analysis, **Hill 1979**) a assigné correctement 89,9% de relevés à leur groupe. C'est donc cette méthode de clustering qui est retenue.

L'analyse de Twinspan est une méthode se basant sur des AFC. Elle distingue des groupes de relevés phytosociologiques semblables sur le plan du cortège floristique. Il est important de préciser que l'abondance des espèces est également prise en considération. Une série d'AFC est lancée sur les relevés et à l'issue de chaque AFC deux groupes sont définis selon leurs espèces indicatrices (**Bouzállé 2014**).

Cette méthode décrite précédemment, a évolué et est devenu « Modified Twinspan » (**Roleček et al. 2009**). Cette nouvelle variante utilisée, respecte la structure des données écologiques, c'est-à-dire que le nombre de cluster n'est pas contraint comme précédemment dans le TWINSpan classique (**Roleček et al. 2009**). Avant la première division, il y a une analyse de l'hétérogénéité des clusters. Seulement le cluster avec la plus importante hétérogénéité est divisé (**Bouzállé 2014**). Le nombre de séparations fixé, est basé sur la mesure de l'hétérogénéité des clusters avec l'inertie totale (même paramètre que celui utilisé dans une AFC).

Cependant malgré le tri statistique de la méthode de clustering, une vérification et un tri manuel sont effectués pour affiner la sélection des relevés et ne retenir que des relevés correspondant à des nardaias montagnardes.

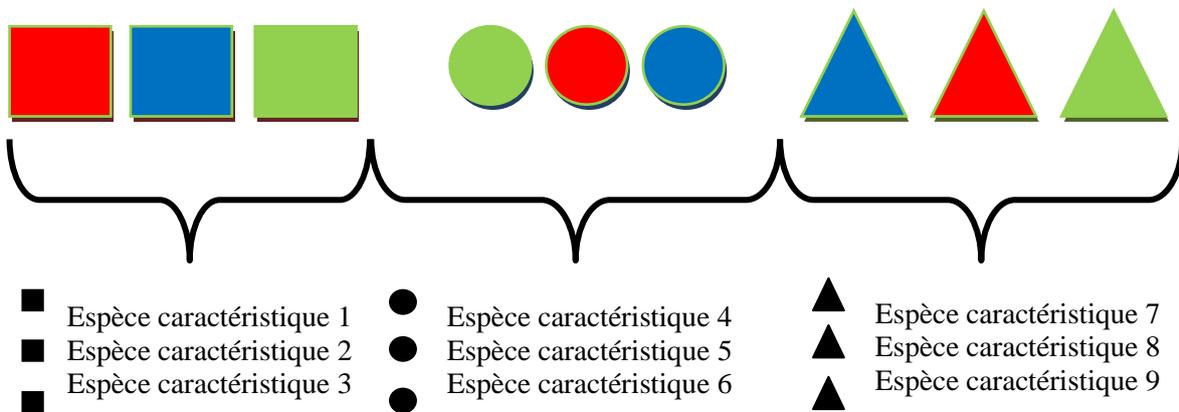
Deux groupes ont été écartés de l'analyse car l'un contenait des espèces d'habitats humides et un autre seulement 13 relevés qui concernaient des prairies de fauche.



**Etape 3 : Identification des espèces diagnostiques pour chaque cluster**

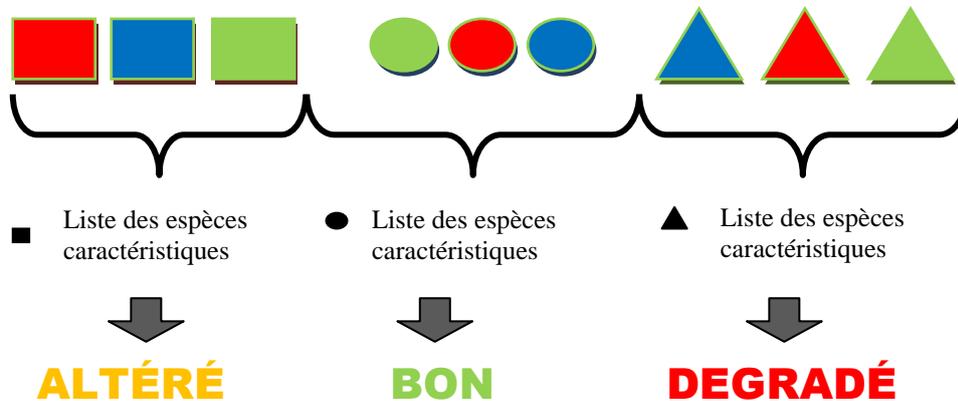
Pour chaque cluster, le coefficient phi de fidélité est calculé pour chaque espèce (**Chytry et al. 2002**). La fidélité est définie comme une mesure de la concentration d'une espèce dans une unité de végétation (**Bouzellé 2014**), elle est comprise entre -1 et 1. Si la valeur est de 1, l'espèce est présente dans tous les relevés de l'unité et absente dans les autres relevés. Par contre, si la valeur est proche de -1, l'espèce est absente dans tous les relevés de l'unité et présente dans les autres relevés. Donc plus le coefficient est proche de 1 plus l'espèce est fidèle et elle est qualifiée d'espèce diagnostique de l'unité de végétation. Le coefficient est multiplié par 100 pour faciliter la lisibilité. Seulement les espèces avec un coefficient phi de fidélité supérieur à 30 avec une p value inférieure à 0,01 d'après le Test de Fisher sont retenues.

Pour chaque cluster, une liste d'espèces caractéristique est obtenue.



#### Étape 4 : Association des clusters à un état de conservation

L'association de chaque cluster à une note d'état de conservation est basée principalement sur les résultats de la DCA mais aussi sur la littérature (**cahier d'habitat, Billy 2000**), sur les espèces diagnostiques et l'avis d'un expert botanique (Romain Pradinas).



Après avoir associé à chaque groupe de relevé phytosociologique un état de conservation, le second objectif est de déterminer de manière statistique des seuils à partir desquels l'état de conservation change (Étape 5).

#### Étape 5: Détermination des seuils

Pour définir les seuils à partir desquels il y a un changement d'état de conservation de l'habitat, un outil statistique est utilisé : **l'arbre de décision**.

Cet outil permet de représenter graphiquement les décisions possibles avec des seuils sous forme d'un arbre. Pour cela, le **package rpart** sous le logiciel R de statistique est utilisé. Chaque décision est localisée aux extrémités des branches, ce sont les feuilles. Selon la décision prise, il faut alors se référer à la feuille suivante et ainsi de suite. Pour valider l'arbre de décision, une validation croisée est employée : c'est une technique de ré-échantillonnage qui subdivise aléatoirement les données en k blocs. Le script réitère le processus en faisant tourner des sous-échantillons, puis il finit par évaluer le taux d'erreurs de ces prédictions sur les blocs. Le taux d'erreurs obtenu est la moyenne des taux d'erreurs. Plusieurs arbres sont construits et testés. Il s'agit donc de produire une clé de détermination simple permettant d'obtenir l'état de conservation d'un relevé avec le plus de fiabilité possible.

En créant ces arbres de décision de hypothèses ont été testés :

- les traits de vie des espèces pouvaient discriminer facilement une prairie en bon état de conservation d'une prairie en état de conservation altéré.
- le nombre d'espèces ou la présence/ absence des espèces caractéristiques à chaque état de conservation permet de discriminer les prairies selon leur état de conservation.

Pour cela, 6 arbres de décision ont été proposés et sont testés en se basant sur les relevés phytosociologiques existants présentés sous 6 formes différentes :

- 2 arbres de décision sont basés sur les relevés comprenant toutes les espèces et leurs coefficients d'abondance
- 2 autres arbres de décision sont basés sur les relevés transformés en présence/ absence
- 2 autres arbres de décision sont basés sur le nombre d'espèces caractéristiques de chaque état de conservation

### **Etape 6 : Réalisation d'une grille d'évaluation**

A partir de chaque arbre de décision, une grille d'évaluation est construite sous la forme d'une clé de détermination afin d'affecter une note d'état de conservation (**Annexe 6**).

### **Etape 7 : Choix de l'arbre retenu**

L'objectif de cette étape est de ne retenir qu'un seul arbre pour évaluer l'état de conservation des nardaies.

Pour choisir lequel des six arbres proposés est retenu, une comparaison entre la note d'évaluation d'état de conservation établie (bon, dégradé ou altéré) pour chaque arbre et l'avis d'un expert (méthode du CBNMC) est effectuée dans le but de vérifier la cohérence de la méthode des arbres. Cela permet d'objectiver le dire d'expert en pouvant expliciter la note d'état de conservation sur des critères plus objectifs. De plus, l'état de conservation reste une notion floue. Il reste donc nécessaire de se baser sur du dire d'expert qui reste la référence en l'absence claire de relevés phytosociologiques de référence pour les différents habitats.

Il faut garder en mémoire que la méthode du CBNMC prend en compte différents critères (surpâturages, fermeture du milieu,...). Or la méthode des arbres, elle traduit plutôt, un gradient trophique de l'habitat (résultats de la DCA, Figure 5).

Ainsi, la note obtenue par la méthode des arbres est comparée avec les critères de niveau trophique mis en avant par la méthode du CBNMC :

- **Critère 1:** Niveau de présence des espèces eutrophiles
- **Critère 5:** Part des espèces stolonifères
- **Critère 13:** Niveau de présence des espèces eutrophiles
- **Critère 14:** Niveau de présence des espèces mésoeutrophiles
- **Combinaison de plusieurs critères 1, 5, 13 et 14**

Le critère 5 est retenu car il est lié à l'eutrophisation et au pâturage qui vont favoriser les espèces stolonifères (**Romain Pradinas com.pers.**).

Une quantification de la différence d'écart des notes entre les deux méthodes est réalisée et analysée (**Tableau 3**).

Méthode du CBNMC	Méthode des arbres	Ecart
A	A	0
A	B	+ 1
C	A	- 2

**Tableau 3 : Exemple de la quantification des écarts de note entre les deux méthodes**

Si l'écart est de 0 cela signifie que les deux méthodes donnent la même note d'état de conservation (**Tableau 3**). Si l'écart est de 1 cela signifie qu'il y a un écart d'une note.

Si l'écart est de 2 cela signifie qu'il y a un écart de deux notes.

Si le signe est positif, la méthode des arbres donne une note d'état de conservation meilleure que celle du CBNMC. Par contre, si le signe de l'écart est négatif, la méthode des arbres dégrade l'état de conservation par rapport à celle du CBNMC.

Aussi, les écarts des valeurs absolues entre les notes des deux méthodes sont quantifiés dans le but de juger de la dispersion des notes avec la somme des écarts et la moyenne des écarts.

L'arbre qui se rapprochera le plus de l'avis d'un expert sera retenu pour évaluer l'état de conservation du site Natura 2000 des Monts Dore.

### III. 3.3| Méthode du CBNMC

La méthode du CBNMC est utilisée en complément pour qualifier la fermeture du milieu qui n'est pas pris en compte dans la méthode des arbres (comme expliqué ci-dessus).

#### 3.3.1| Présentation générale

La méthode du CBNMC est composée d'indicateurs simples pour mettre en relief des processus comme par exemple le surpâturage, le sous pâturage, l'enrichissement du milieu (**Tableau 4**).

Lors de l'application de cette méthode sur la Réserve Naturelle Nationale de Chastreix-Sancy (RNNCS) (**Charreix 2015**), les listes d'espèces ont été adaptées et définies par Romain Pradinas (chargé de mission au CBNMC) en se basant sur une cinquantaine de relevés phytosociologiques réalisés dans la Réserve. Après ce retour d'expérience, des critères jugés peu pertinents ont été supprimés de la grille initiale (couleurs présentes, recouvrement des geraniaceae, d'espèces eutrophiles des zones surpâturées et les indicateurs de sur-semis).

Tableau 4 : Grille d'évaluation des nardaies montagnardes par la méthode du CBNMC (Lemoine 2015)

		Espèces			A	B	C	Significations	
Indicateurs architecturaux et structurels	<b>NIVEAU TROPHIQUE : Niveau de présence des espèces eutrophiles :</b>	<i>Anthriscus sylvestris</i> <i>Arctium</i> sp. <i>Capsella bursa-pastoris</i> <i>Carduus nutans</i> <i>Chaerophyllum aureum</i> <i>Chenopodium bonus-henricus</i> <i>Cirsium arvense</i> <i>Cirsium eriophorum</i> <i>Cirsium vulgare</i>	<i>Cruciata laevipes</i> <i>Galeopsis tetrahit</i> <i>Geranium dissectum</i> <i>Heracleum sphondylium</i> <i>Lamium hybridum</i> <i>Lamium purpureum</i> <i>Plantago major</i> <i>Poa annua</i> <i>Polygonum aviculare</i>	<i>Rumex crispus</i> <i>Rumex obtusifolius</i> <i>Sonchus asper</i> <i>Sonchus oleraceus</i> <i>Stellaria media</i> <i>Taraxacum hamatum</i> <i>Urtica dioica</i>	< 5%	5 -10%	> 10%	<p>Témoin d'un enrichissement du milieu, soit par pression pastorale trop forte, soit par un excès de fertilisation.</p> <p>Si la note obtenue est C cela traduit une perturbation liée à la structure de la communauté avec la présence d'espèce de grande taille pouvant entrainer la fermeture du milieu</p>	
	<b>BALANCES ARCHITECTURALES</b>	<b>PART DES ESPECES CESPITEUSES</b>	<i>Anthoxanthum odoratum</i> <i>Carex pilulifera</i> <i>Cynosurus cristatus</i> <i>Dactylis glomerata</i> <i>Danthonia decumbens</i>	<i>Deschampsia flexuosa</i> <i>Festuca nigrescens</i> et/ ou <i>Festuca</i> sect. <i>Ovina</i> <i>Holcus lanatus</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Luzula campestris</i>	<i>Nardus stricta</i> <i>Phleum pratense</i> <i>Poa trivialis</i> <i>Trisetum flavescens</i>	20-60%	60-80%	< 20% ou > 80%	<p>Si les espèces cespiteuses sont trop prépondérantes, il y a moins de niches pour les espèces annuelles et bisannuelles. Par conséquent, une diminution de la diversité spécifique et fonctionnelle est observable et peut être liée à une forte pression du pâturage.</p>
		<b>PART DES ESPECES ERIGÉES : Espèces qui recouvrent le tapis herbacé pelousaire; généralement &gt; 25cm</b>	<i>Alchemilla coriacea</i> <i>Campanula scheuchzeri</i> subsp. <i>lanceolata</i> <i>Crepis conyzifolia</i> <i>Crepis mollis</i> <i>Dianthus seguieri</i> subsp. <i>Pseudocollinus</i>	<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam. <i>Lotus corniculatus</i> <i>Potentilla aurea</i> <i>Potentilla erecta</i> <i>Prunella vulgaris</i>	<i>Ranunculus acris</i> <i>Silene vulgaris</i> <i>Stachys officinalis</i> <i>Trifolium pratense</i>	2,5-20%	> 20%	< 2,5%	<p>Si la note obtenue est C (c'est-à-dire traduisant un EC dégradé) alors, une diminution de la diversité spécifique est constatée. Il y a une perturbation structurelle de la communauté.</p>
		<b>PART DES ESPECES ROSETTEES</b>	<i>Gentiana lutea</i> <i>Hieracium pilosella</i> <i>Hypochaeris radicata</i> <i>Knautia arvernensis</i>	<i>Leontodon hispidus</i> <i>Meum athamanticum</i> <i>Plantago lanceolata</i> <i>Rumex acetosa</i>	<i>Scorzoneroïdes pyrenaica</i> <i>Taraxacum hamatum</i>	5-20%	< 5%	> 20%	<p>Si la note obtenue est C (c'est-à-dire traduisant un EC dégradé), il y a soit un chargement trop élevée ou soit le passage d'engins agricoles. Ces pressions vont favoriser les espèces en rosette.</p>
		<b>PART DES ESPECES STOLONIFERES</b>	<i>Achillea millefolium</i> <i>Agrostis capillaris</i> <i>Briza media</i> <i>Cerastium fontanum</i> subsp. <i>Vulgare</i> <i>Galium pumilum</i>	<i>Galium saxatile</i> <i>Galium verum</i> <i>Holcus mollis</i> <i>Jasione laevis</i> <i>Poa chaixii</i>	<i>Stellaria graminea</i> <i>Trifolium repens</i> <i>Veronica chamaedrys</i> <i>Veronica officinalis</i> <i>Veronica serpyllifolia</i>	< 25%	25-60%	> 60%	<p>Si les espèces stolonifères sont trop prépondérantes, il y a moins de niches pour les espèces annuelles et bisannuelles. Par conséquent, une diminution de la diversité spécifique et fonctionnelle est observable.</p>
		<b>PART DES ESPECES FRUTESCENTES / SUFFRUTESCENTES</b>	<i>Genista pilosa</i>	<i>Genista tinctoria</i>	<i>Vaccinium myrtillus</i>	< 25%	15-30%	>30%	<p>Si les espèces frutescentes ont un fort recouvrement, il y a un déséquilibre dans le cortège floristique. Cela peut être causé par la mise en place</p>

			Genista sagittalis	Thymus pulegioides					de mauvaise pratique pastorale. Si le pâturage n'est pas assez important, la nardaie pourrait évoluer vers une lande.	
Indicateurs texturaux	<b>INDICATEUR DE FERMETURE DU MILIEU</b> Glissement vers une pelouse ourliée ou une lande	Recouvrement de <i>Rubus</i>	Rubus sp.			< 5%	5-15%	> 15%	Note dégradée: dynamique de fermeture ou réouverture récente	
		Recouvrement de <i>Fougère</i>	Pteridium aquilinum			< 5%	5-15%	> 15%	Note dégradée: dynamique de fermeture	
		Pourcentage de recouvrement d' <i>Ericaceae</i>	Calluna vulgaris	Vaccinium myrtillus	Vaccinium uliginosum	< 15%	15-30%	>30%	Note dégradée: Pression pastorale trop faible voire inexistante. Evolution vers une lande.	
		Présence d'espèces d'ourlet	Brachypodium rupestre Holcus mollis	Poa chaixii		< 5%	5-15%	> 15%	Note dégradée: Fermeture du milieu. Absence de pression pastorale et pratique de fauche irrégulière	
		<b>Recouvrement d'espèces arbustives :</b>	Crataegus monogyna Cytisus oromediterraneus Rivas Mart. & al.	Cytisus scoparius Prunus spinosa		2%	3-10%	>10%	Note dégradée: Fermeture du milieu.	
	<b>INDICATEUR DE FERTILISATION</b> Glissement vers une formation prairiale (pâturée ou fauchée)	<b>Niveau de présence des espèces eutrophiles :</b>	Cruciata laevipes Dactylis glomerata Poa trivialis	Stellaria media Taraxacum hamatum			< 5%	5 -15%	> 15%	Note dégradée: Perte du caractère oligotrophe du milieu
		<b>Niveau de présence des espèces mésoeutrophiles :</b>	Cerastium fontanum subsp. vulgare Cirsium palustre Crepis mollis Cynosurus cristatus	Poa pratensis Prunella vulgaris Holcus lanatus Lolium perenne	Ranunculus acris Trifolium pratense Trifolium repens Vicia sepium	< 10%	10-30%	> 30%		
	<b>INDICATEUR DE RUDERALISATION</b>	<b>Recouvrement d'espèces appartenant à ce cortège :</b>	Chenopodium album Chenopodium bonus-henricus Cirsium arvense	Cirsium eriophorum Dipsacus fullonum Galeopsis tetrahit	Sisymbrium officinale Urtica dioica	égal à 0%	0 -5%	> 5%	Perte de plantes d'intérêt, remplacées par des espèces eutrophiles.	
	<b>INDICATEUR DE SUR-PATURAGE</b>		Matricaria discoidea Polygonum aviculare	Portulaca oleracea Sisymbrium officinale		< 1 ind.	1 ind.	> 1 ind.	Note dégradée: forte pression pastorale, qui engendre une déstructuration structurale de l'habitat lié à un piétinement et une eutrophisation importantes.	

### 3.3.2| Echelle d'évaluation

L'évaluation est réalisée sur une unité homogène de végétation (structure, composition) de l'habitat : le polygone d'habitat. Les polygones d'habitat sont préalablement retenus à partir de la cartographie CHANES.

Au sein de chaque polygone, une surface de 25m<sup>2</sup> est utilisée pour réaliser un relevé phytosociologique (en estimant le recouvrement des espèces avec les coefficients d'abondance-dominance de Braun Blanquet (**Tableau 5**)). Le postulat est posé que l'ensemble du polygone est homogène, l'état de conservation obtenu pour la sous-unité de 25m<sup>2</sup> peut être étendu à l'ensemble du polygone d'habitat.

Coefficient d'abondance-dominance de Braun Blanquet	% de recouvrement	% moyen de recouvrement
+	1 %	1
1	Inférieur à 5 %	3
2	Entre 5 et 25 %	15
3	Entre 25 et 50 %	37
4	Entre 50 et 75 %	62
5	Supérieur à 75 %	87

**Tableau 5 : Coefficients d'abondance-dominance de Braun Blanquet utilisées dans les relevés phytosociologiques**

Chaque polygone d'habitat est parcouru. Dès qu'un changement du cortège floristique est perceptible alors le polygone est divisé.

Les nardaies des deux réserves du site Natura 2000 n'ont pas été inventoriées.

### 3.3.3| Etablissement d'une note

Pour chaque critère de la grille d'évaluation, des seuils sont établis pour savoir à partir de quels pourcentages ou à partir de combien d'individus, il y a un changement de l'état de conservation de l'habitat. En 2015, l'étude (**Charreix 2015**) réalisée sur l'état de conservation des nardaies sur la RNNCS, a utilisé la méthode du CBNMC. Pendant ce projet, les seuils ont été adaptés avec l'avis d'un expert. Comme la RNNCS fait partie du périmètre Natura 2000 des Monts Dore, les seuils ont été conservés pour cette étude.

Selon le recouvrement des espèces considérées pour chaque indicateur, une note est attribuée: A= état favorable, B= état altéré, C= état dégradé. La note finale correspond à la plus mauvaise note obtenue de la grille.

## III.3 Prairies de Fauche

### III.3.1| Matériel à disposition

Pour le travail d'évaluation de l'état de conservation des prairies de fauche, le matériel disponible est le suivant :

- cartographie CHANES (2007) du site Natura 2000 des Monts Dore permettant de localiser les polygones de prairies de fauche (objet de l'évaluation). De plus, pour chaque polygone d'habitat, l'état de conservation à dire d'expert est mentionné.
- 2 relevés phytosociologiques réalisés lors de la cartographie CHANES sur deux prairies de fauche qui permettront de comparer la composition actuelle de la prairie avec celle de 2007.
- Des données agricoles pour chaque prairie de fauche. Les données dont nous souhaitons disposer pour l'étude des prairies de fauche devaient nous indiquer : date de fauche, enrichissement de la prairie avec des semis, déprimage, pâturage du regain, chargement annuel. Malheureusement, l'ensemble de ces informations n'est pas disponible de manière homogène et ne peut donc être traité. Seule la donnée de type de fertilisant utilisé a pu être utilisée.
- En compléments des relevés phytosociologiques existants, des relevés phytosociologiques ont été réalisés dans les polygones évalués. Cela représente environ 36 relevés réalisés lors de la présente étude.
- Typologie AOP des prairies. Cet outil est utilisé pour tester la compatibilité du type AOP et de l'état de conservation. L'objectif étant, en cas de concordance, de pouvoir utiliser également le type AOP comme outil de sensibilisation auprès des agriculteurs.

### III.3.2| Présentation générale de la méthodologie du MNHN :

La méthodologie du MNHN (Maciejewski *et al.* 2015) proposée pour les prairies de fauche est basée, sur une grille d'évaluation avec différentes catégories de paramètres : « **Evolution de la surface couverte au sein du site** », « **Composition, structure et fonctions** », « **Altérations** ».

Chaque paramètre est décliné en plusieurs critères eux-mêmes associés à un ou plusieurs indicateurs (**Tableau 6**). La grille d'évaluation utilisée est illustrée sur le **Tableau 6** et les listes d'espèces et des atteintes pour les prairies de fauche sont présentes en **Annexe 3**.

Le paramètre de la grille d'évaluation concernant la composition faunistique (lépidoptères diurnes et coprophages) est écarté pour des raisons de temps et de retours d'expériences peu concluants (**Bley 2015, Lemoine 2015**).

Tableau 6 : Grille d'évaluation des prairies de fauche de la méthode du MNHN : indicateurs, notes, interprétations (Maciejewski et al. 2015).

PARAMÈTRE	CRITÈRE	INDICATEUR		MODALITÉ	NOTE	Information(s) mise(s) en évidence	
		Options	Description des indicateurs				
Composition, structure, fonctions	Couverture du sol	Recouvrement de ligneux (en %)		< 10 %	0	Dynamique de l'habitat : Risque de réduction de surface, fragmentation, et réduction du réservoir de graines	
				> 10 %	-10		
	Composition spécifique	Composition floristique	A	Présence d'espèces eutrophiles	0-20% d'espèces de la liste	0	Trajectoire dynamique concernant le niveau trophique
					20-40% d'espèces de la liste	-20	
					+ de 40% d'espèces de la liste	-40	
			B	Liste d'espèces floristiques (nationale 2011) "prairies fleuries"	0-3 plantes observées en moy.	-40	
					3-8 plantes observées en moy.	-30	
					8-13 plantes observées en moy.	-10	
					+ de 13 plantes observées en moy.	0	
			C	Liste des espèces indicatrices d'un bon état de conservation	0-2 plantes	-40	Stabilité des conditions de maintien de l'habitat, équilibre avec les pratiques
					3-5 plantes	-30	
					6-8 plantes	-10	
					plus de 8 plantes	0	
			Présence d'espèces indicatrices du régime de fauche		0-20% d'espèces de la liste	-20	
					20-40% d'espèces de la liste	-10	
					+ de 40% d'espèces de la liste	0	
Recouvrement des espèces allochtones envahissantes (recouvrement dans la strate herbacée)		Absence totale	0	Fonctionnement général, pérennité			
		Présence, et recouvrement < 30 %	-5				
		Présence, et recouvrement > 30 %	-20				
Altérations	Atteintes au niveau du polygone	Atteintes et leur recouvrement (voir liste fournies et notes associées)		$\sum$ des points des atteintes relevées = 1	-5	Reliquat des perturbations non prises en compte de manière indirecte par les autres indicateurs	
				$\sum$ des points des atteintes relevées = 2	-10		
				$\sum$ des points des atteintes relevées = 3	-15		

### III.3.3| Echelle d'évaluation

L'échelle d'évaluation est la même que pour la méthode du CBNMC c'est-à-dire le polygone d'habitat de prairie de fauche. Chaque polygone, délimité au préalable, est parcouru pour vérifier l'homogénéité de l'habitat. Si le couvert végétal n'est pas homogène alors il est redélimité sur le terrain et recartographié par la suite.

### III.3.4| Etablissement d'une note

La valeur de chaque indicateur est comparée aux valeurs de seuils définies. Les valeurs obtenues pour chaque paramètre vont permettre d'établir une note finale ramenée sur 100. Pour chaque relevé, la note avec l'état de conservation qualifié d'optimal est de 100 et devient dégressive selon les valeurs obtenues pour les différents paramètres. Dans le **Tableau 7**, est représentée la correspondance de la note du MNHN avec l'état de conservation.

Note de la méthode du MNHN	0-49	50-69	70-100
Etat de conservation	<b>Etat dégradée</b> <b>C</b>	<b>Etat altéré</b> <b>B</b>	<b>Etat favorable A</b>

**Tableau 7 : Equivalence de la note de la méthode du MNHN avec l'état de conservation**

### III.3.5| Association des prairies de fauche à la typologie AOP du Massif Central

La typologie AOP du Massif central est un outil réalisé dans le cadre du programme Casdar Prairies AOP « Mieux connaître, utiliser et valoriser les prairies du Massif central dans le cadre des productions fromagères d'AOP » (**Carrère et al. 2012**). Il permet d'évaluer les valeurs environnementales et agricoles, les services rendus et les évolutions possibles de dynamique de végétation des prairies. Une clé de détermination simplifiée basée sur l'altitude, les conditions hydriques, le type de sol, le mode d'exploitation permet de définir le type AOP de la prairie.

Aujourd'hui cette typologie est largement utilisée par les acteurs du territoire, c'est pour cela qu'il a été jugé nécessaire d'associer chaque prairie de fauche à la typologie AOP.

Selon les types identifiés, une analyse générale et par critère des notes d'état de conservation sera réalisée afin de vérifier la concordance de l'outil typologie AOP et état de conservation. Dans le tableau, est présentée la correspondance entre la note pour chaque modalité et l'état de conservation (**Annexe 4**).

### III.4 Synthèse du travail réalisé dans la présente étude

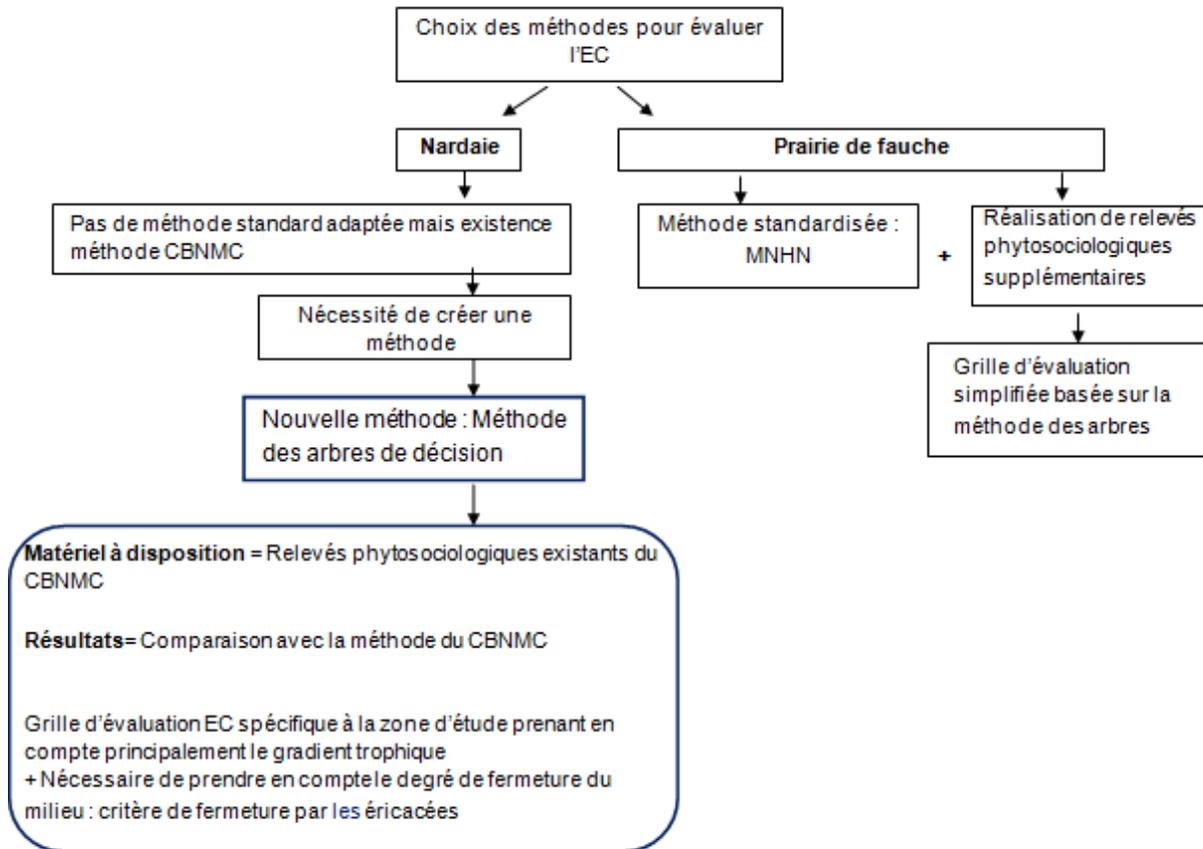


Figure 4: Schéma des méthodologies employées pour chaque habitat ciblé dans l'étude

### III.5 Analyse des résultats

Les notes obtenues pour chaque polygone d'habitat, sont intégrées au logiciel de cartographie (QGIS). Les polygones sont parfois redélimités et découpés s'il a été jugé que l'état de conservation était différent au sein d'un même polygone. Des cartes présentant l'état de conservation des habitats sont réalisées.

#### ▪ Nardaie

Pour chaque arbre de décision, une note est établie.

Pour valider la note obtenue pour chaque arbre, une comparaison des notes obtenues avec les différents arbres et la méthode du CBNMC est réalisée. Une cartographie de l'état de conservation basée sur le niveau trophique (méthodes des arbres) est réalisée. Puis un critère de fermeture du milieu est proposé pour compléter le niveau trophique.

### ▪ Prairie de fauche

Un croisement de l'état de conservation avec le type de fertilisant et l'altitude est réalisé à partir d'informations récoltées. A l'aide de la typologie AOP du Massif central, chaque prairie de fauche a été associée en un type. Le lien entre le type AOP et l'état de conservation/ la richesse spécifique sont analysés.

Puis avec le même principe méthodologique que pour les nardaies, un arbre de décision est effectué sur les nouveaux relevés phytosociologiques avec la note obtenue par la méthode du MNHN.

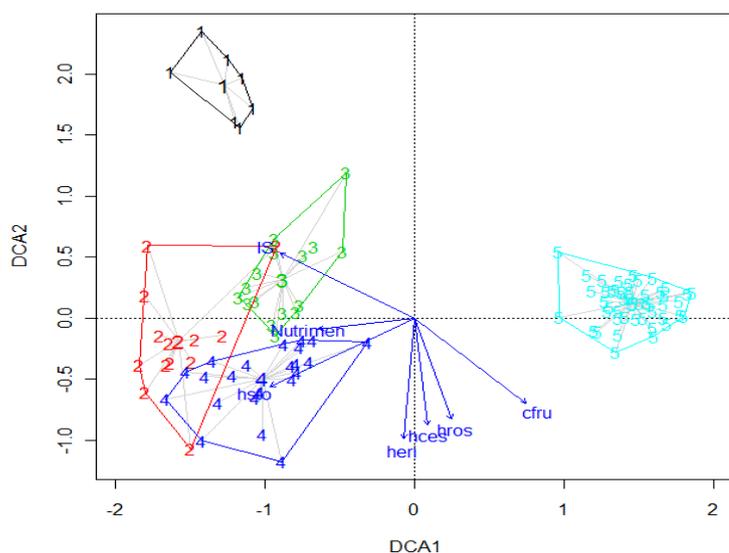
## IV. Résultats

### IV.1 Nardaies

La première étape a consisté à produire une méthode permettant d'évaluer l'état de conservation des nardaies. 23 jours de terrain ont ensuite été nécessaires pour évaluer l'état de conservation d'environ 1500 ha de nardaies montagnardes (soit 274 polygones). 274 relevés phytosociologiques ont été réalisés pour évaluer l'état de conservation des différents polygones de nardaies. Cependant 27,4 ha n'ont pas pu être inventoriés par manque de temps. 67,46 ha (soit 21 polygones) qui étaient attribués à des nardaies montagnardes d'après la cartographie CHANES (2007) ne le sont plus aujourd'hui.

#### IV.1.1| Production de la méthode des arbres

##### 1.1.1| Construction des arbres



Dans cette partie, sont présentés les résultats des différentes étapes, qui vont aboutir à la construction des différents arbres de décision pour évaluer l'état de conservation.

Une DCA est réalisée sur les relevés phytosociologiques existants (Figure 5) au nombre de 119. Le groupe 5 s'oppose clairement aux autres groupes (Figure 5). Un gradient de nutriment est visible sur l'axe 1 et oppose le groupe 5 aux autres groupes. En revanche, l'indice spécifique fourragère n'est

défini clairement sur aucun des deux axes Les traits de vie (her, hces, hros) sont définis sur l'axe 2 et les autres traits de vie n'expliquent aucun des deux axes.

Figure 5 : Représentation graphique de la DCA effectuée sur les différents clusters en projetant comme variables supplémentaires l'indice de nutriment d'Ellenberg, Indice spécifique de valeur fourragère, les traits de vie des espèces (her hémicryptophyte érigée, hros hémicryptophyte en rosette, cfriu chaméphyte frutescente, hces hémicryptophyte ces piteuse)

Pour les 5 groupes mis en évidence par la DCA, les listes des espèces caractéristiques sont représentées dans le **Tableau 8**.

Groupe	Espèces caractéristiques
1	<i>Plantago major</i> , <i>Poa supina</i> , <i>Blitum bonus-henricus</i>
2	<i>Bromus hordeaceus</i> , <i>Tragopogon pratensis</i> , <i>Galeopsis tetrahit</i> , <i>Veronica arvensis</i> , <i>Poa trivialis</i> , <i>Taraxacum officinalis</i> , <i>Polygonum bistorta</i> , <i>Rumex acetosa</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Trisetum flavescens</i> , <i>Ranunculus acris</i> , <i>Plantago major</i>
3	<i>Veronica officinalis</i> , <i>Poa pratensis</i> , <i>Stellaria graminea</i> , <i>Trifolium repens</i>
4	<i>Danthonia decumbens</i> , <i>Galium pumilum</i> , <i>Thymus pulegioides</i> , <i>Leontodon hispidus</i> , <i>Hypochaeris radicata</i> , <i>Campanula scheuchzeri</i> , <i>Briza media</i> , <i>Festuca nigrescens</i> , <i>Deschampsia flexuosa</i> , <i>Leucanthemum vulgare</i> , <i>Betonica officinalis</i> , <i>Genista sagittalis</i> , <i>Pilosella officinarum</i> , <i>Galium verum</i> , <i>Plantago lanceolata</i> , <i>Luzula campestris</i> , <i>Centaurea jacea</i> , <i>Dianthus seguieri</i> , <i>Trifolium pratense</i>
5	<i>Veronica officinalis</i> , <i>Genista pilosa</i> , <i>Scorzoneroides pyrenaica</i> , <i>Betonica officinalis</i> , <i>Trifolium pratense var villosum</i> , <i>Deschampsia flexuosa</i> , <i>Gentiana lutea</i> , <i>Luzula multiflora</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Trifolium alpinum</i> , <i>Agrostis rupestris</i> , <i>Helictochlora versicolor</i>

**Tableau 8 : Espèces caractéristiques pour chaque groupe établi par la DCA**

Pour les 5 groupes de nardaies identifiés sur la DCA (Figure 5), une liste des espèces caractéristiques est définie pour chacun d'entre eux. En se basant sur la littérature (**cahier d'habitat, Billy 2000**), sur les espèces diagnostiques et l'avis d'un expert botanique (**Romain Pradinas**), chaque groupe est associé à un état de conservation (A pour état de conservation favorable, B état de conservation altéré, C état de conservation dégradé) (**Tableau 9**).

Habitat	EC	Nombre de groupes	Nombre de relevés
Nardaies	C	2 (G1 et G2)	23
	B	2(G3 et G4)	48
	A	1(G5)	48

**Tableau 9 : Nombre de relevés selon les groupes définis par la méthode de TWINSpan modifié pour chaque type d'habitat.**

A partir des notes d'état de conservation attribuées à chaque groupe (**Tableau 9**), différents arbres de décision sont créés. La DCA ayant mis en évidence que les groupes sont définis selon un gradient trophique et selon les traits de vie des espèces : deux grands types d'arbre de décision sont créés : un sur les traits de vie des espèces et un sur les coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet (**Figure 6**).

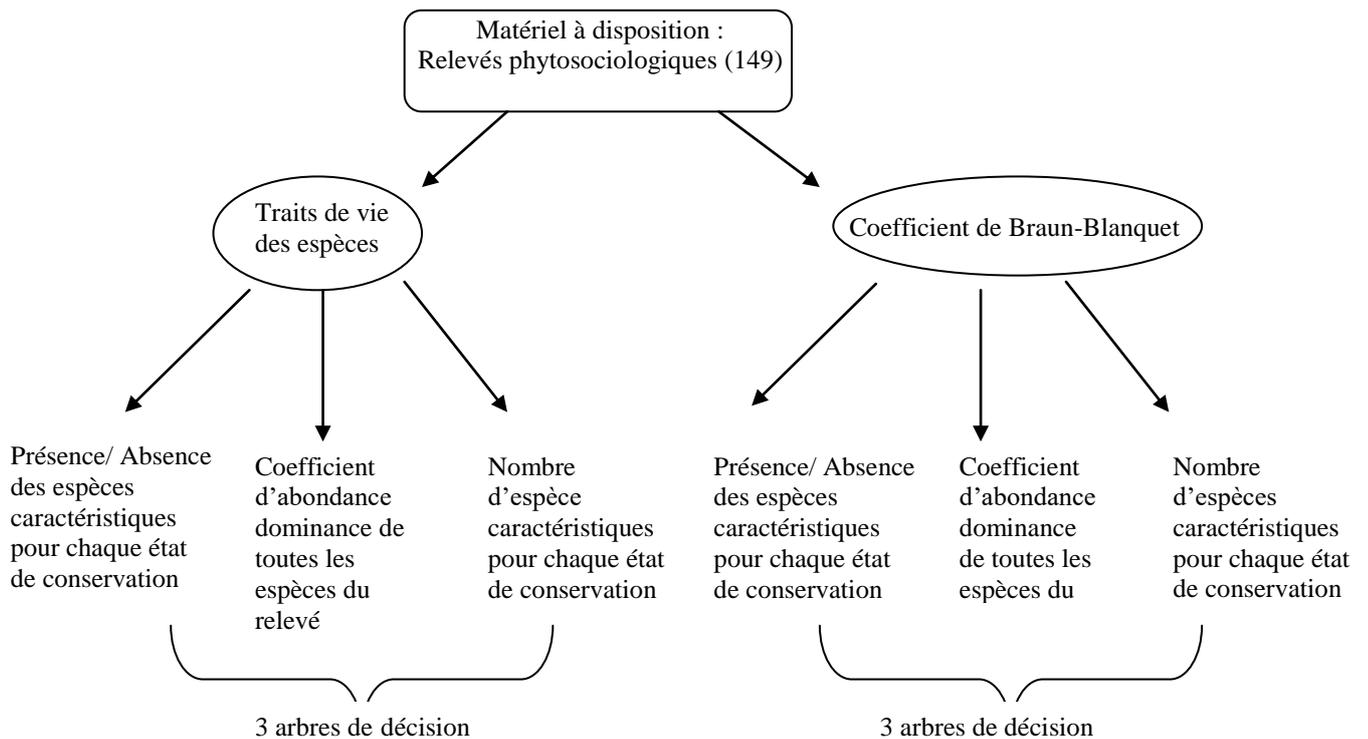


Figure 6 : Schéma des différents arbres réalisés

3 types d'arbres sont testés : un sur la présence/ absence des espèces diagnostiques, un sur les coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet, et un dernier sur le nombre d'espèces diagnostiques (Figure 6, Tableau 9). Pour chaque arbre, un pourcentage d'erreur est estimé pour savoir combien il y a de chance de classer un relevé phytosociologique dans un état de conservation non approprié.

Les arbres de décisions sont illustrés dans l'Annexe 5.

#### Exemple de lecture de l'arbre de décision 4

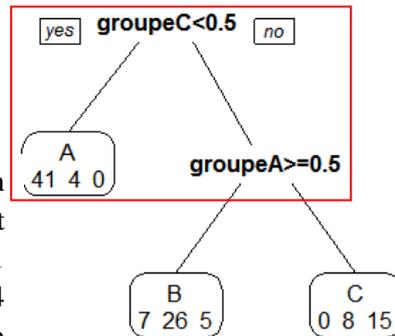
L'arbre 4 est réalisé sur la présence/absence de la liste des espèces diagnostiques associée à chaque état de conservation sur l'ensemble des relevés phytosociologiques des nardaies. L'arbre se lit de haut en bas et s'organise comme une clé de décision. Il permet de savoir à quel état de conservation appartient le relevé que l'on souhaite analyser en répondant successivement à différentes questions pour aboutir à l'état de conservation.

**Question 1 :** Ai-je un recouvrement d'espèces caractéristiques de l'état de conservation dégradé (C) supérieur à 0,5 ?

OUI



Alors le relevé est dans un bon état de conservation (A). Cet arbre permet de bien classer 41 relevés de relevés A, mais 4 relevés du groupe B (état de conservation altéré) y sont attribués et 0 du groupe C. Il y a donc une erreur d'attribution du relevé au groupe d'EC de 4/41 soit 8,8%.



NON



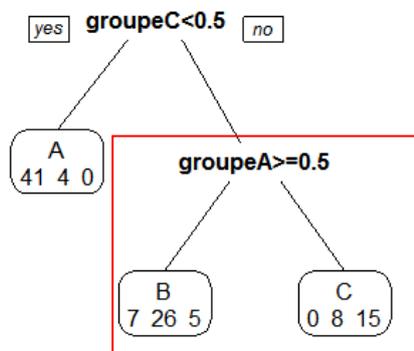
Voir Question 2

**Question 2 :** Ai-je un recouvrement d'espèces caractéristiques de bon état de conservation dégradé (A) supérieur à 0,5 ?

OUI



Alors le relevé est dans un état de conservation altéré (B). Cet arbre permet de bien classer 26 relevés de relevés B, mais 7 relevés du groupe A (bon état de conservation) y sont attribués et 5 du groupe C. Il y a donc une erreur d'attribution du relevé au mauvais groupe d'EC de 31,5%.



NON



Alors le relevé est dans un état de conservation dégradé (C). Cet arbre permet de bien classer 15 relevés de relevés C, mais 8 relevés du groupe B (état de conservation altéré) y sont attribués et 0 du groupe A. Il y a donc une erreur d'attribution du relevé au mauvais groupe d'EC de 34,7%.

A partir des arbres de décision obtenus, une grille d'évaluation de l'état de conservation pour chaque arbre est conçue.

Les arbres créés mettent en avant que le niveau trophique de l'habitat et pas d'autres paramètres comme le sur-piétinement, la fermeture du milieu...

### 1.1.2| Choix de l'arbre

6 arbres de décision ont été produits. Afin de savoir lequel est le plus cohérent avec l'avis d'expert (Méthode du CBNMC), une comparaison des écarts entre les notes obtenues par chaque arbre avec les critères de la méthode du CBNMC liés au niveau trophique est réalisée (**Tableau 10**). Pour cela, pour chaque relevé réalisé, une note d'état de conservation est attribuée par la méthode des arbres (avec les 6 arbres différents) et avec la grille du CBNMC.

De manière générale, le pourcentage d'écart de notes est plus élevé lorsque les écarts sont négatifs ce qui indique que la méthode des arbres de décisions est plus souvent stricte et attribue plus facilement des notes d'état de conservation moins bonnes que celle du CBNMC. L'arbre 4 est celui qui a la plus grande proportion de notes cohérentes avec l'avis d'expert (correspondant à un écart nul) pour chaque critère testé de la grille du CBNMC (**Tableau 10**).

Le **Tableau 11** présente les valeurs absolues des écarts entre la note du CBNMC et celles des arbres de décision. Il est intéressant de regarder la somme des écarts pour se rendre compte de la dispersion des notes. Les écarts type de l'arbre 4 ont les valeurs les plus basses, ce qui signifie que les notes obtenues avec cet arbre sont les plus proches de celle du CBNMC (**Tableau 11**). La moyenne des écarts de notes entre les deux méthodes est la plus faible pour l'arbre 4. En revanche, tous les autres arbres ont des notes très dispersées s'écartant de la méthode du CBNMC. L'arbre 4 semble donc être celui qui affecte des notes assez proches de celui d'une méthode basée sur l'avis d'un expert (méthode du CBNMC).

Pour évaluer l'état de conservation des nardaies du site Natura 2000 des Monts Dore, ce sont donc les notes d'état de conservation de l'arbre 4 qui sont retenues.

Critère CBNMC	Niveau de présence d'espèces eutrophiles (critère 1)					Part des espèces stolonifères (critère 5)					Niveau de présence d'espèces eutrophiles (critère 13)					Niveau de présence d'espèces mésoeutrophiles (critère 14)					Combinaison des 4 critères 1, 5, 13, 14				
	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0	1	2
Ecart entre méthodes																									
Arbre 1	2.9	36.2	60.8	0	0	2.6	27.5	62.1	6.3	1.3	2.6	36.2	59.8	1	0.3	1.3	30.9	58.8	6.6	2.3	1	25.2	61.7	9.3	2.6
Arbre 2	2.6	81.4	15.9	0	0	2.3	69.1	23.9	3.99	0.6	2.3	80.4	16.6	0.6	0	1	74.0	17.2	5.9	1.6	0.6	67.1	22.5	7.9	1.6
Arbre 3	38.2	38.5	23.2	0	0	26.2	44.8	28.2	0.66	0	37.5	37.8	24.2	0.3	0	27.9	41.5	28.2	2.3	0	22.2	43.1	32.2	2.3	0
Arbre 4	1.3	28.2	70.4	0	0	1	19.6	71.1	7.64	0.6	1	27.2	71.1	0.6	0	0.6	17.2	75	6.3	0.6	0.6	12.9	74	11.6	0.6
Arbre 5	29.2	23.9	46.8	0	0	20.6	27.5	47.1	4.65	0	28.5	23.5	47.1	0.6	0	22.5	21.9	51.1	3.9	0.3	17.2	25.9	49.5	6.9	0.3
Arbre 6	22.9	21.5	55.4	0	0	19.9	19.2	52.1	7.31	1.3	22.5	21.5	54.4	1	0.3	18.2	20.6	53.4	5.6	1.9	16.2	19.6	52.1	9.6	2.3

Tableau 1 : Comparaison du pourcentage d'écart entre de la note des critères liés au niveau trophique de la méthode du CBNMC avec chaque arbre de décision

Critère de la grille du CBNMC	N°critère CBNMC		Arbre 1	Arbre 2	Arbre 3	Arbre 4	Arbre 5	Arbre 6
Espèces mésoeutrophiles	14	∑ des écarts	135	257	300	79	216	201
		Moyenne	0.45	0.85	1.00	0.26	0.72	0.67
Espèces eutrophiles	13	∑ des écarts	130.00	258.00	341.00	90.00	245.00	206.00
		Moyenne	0.43	0.86	1.13	0.30	0.81	0.68
Part des espèces stolonifères	5	∑ des écarts	126.00	238.00	295.00	92.00	221.00	208.00
		Moyenne	0.42	0.79	0.98	0.31	0.73	0.69
Combinaison de 3 facteurs	1,5,13,14	∑ des écarts	126.00	240.00	271.00	82.00	205.00	200.00
		Moyenne	0.42	0.80	0.90	0.27	0.68	0.66
Niveau d'espèces eutrophiles	1	∑ des écarts	127.00	261.00	346.00	93.00	248.00	203.00
		Moyenne	0.42	0.87	1.15	0.31	0.82	0.67

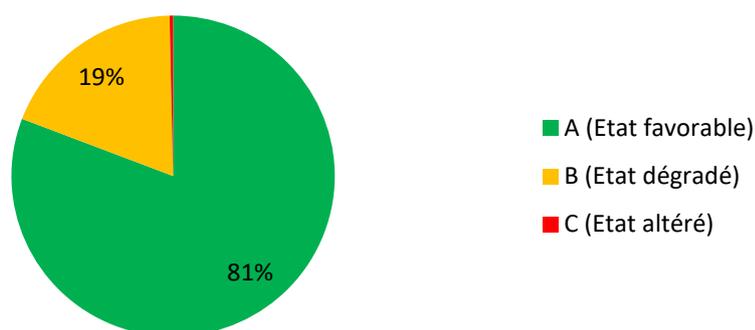
Tableau 2 : Etude des valeurs absolues des écarts entre la note de la méthode du CBNMC et la méthode des arbres de décision.

## IV.2| Application de la méthode des arbres

### IV.2.1| Etat de conservation des nardaies

L'état de conservation évalué avec l'arbre 4 est bon pour 81 % des nardaies soit 1106,9 ha. Il est qualifié d'altéré pour 19 % soit 258,2 ha et de dégradé pour seulement 0,32 % ce qui représente 4,7 ha (Figure 7).

**Etat de conservation des nardaies selon le niveau trophique ( exprimé en % de surface)**

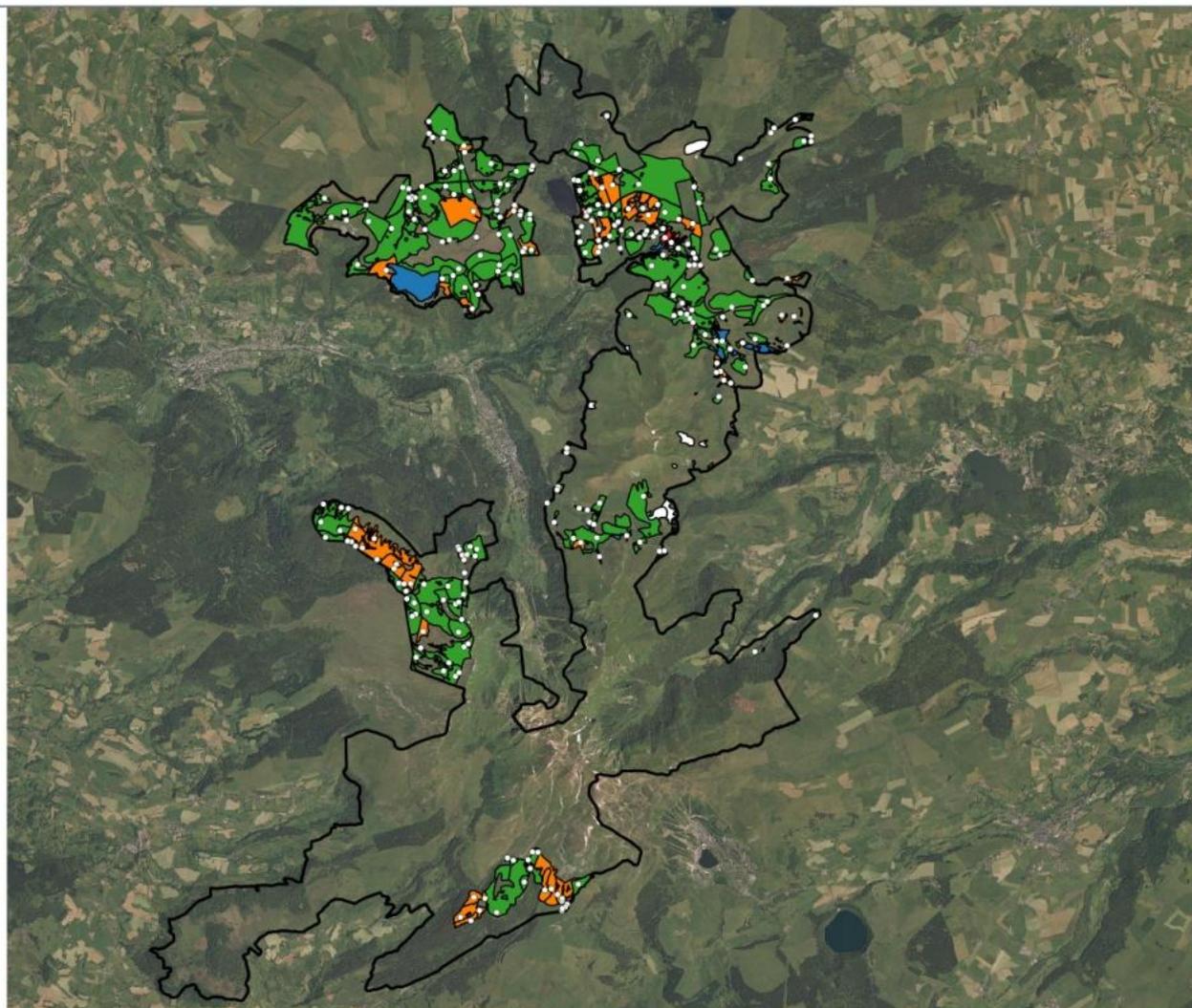


**Figure 7 : Répartition de l'état de conservation des nardaies lié au niveau trophique (arbre 4) du site Natura 2000 des Monts Dore, exprimé en % de surface**

La **Carte 3** permet de localiser l'état de conservation des nardaies.



# Etat de conservation des nardaies sur le site Natura 2000 des Monts Dore



- Périmètre du site Natura 2000
- Relevés phytosociologiques
- Etat de conservation des nardaies**
- A
- B
- C
- non prospecté
- Landes



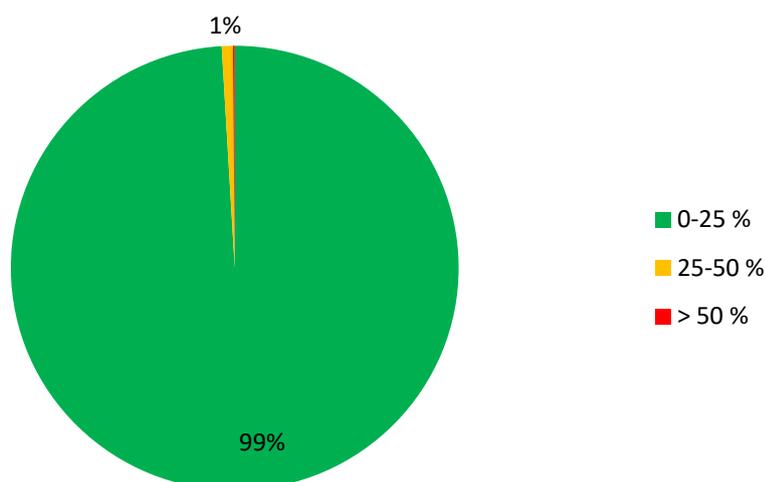
Source : SMPNRVA VICENTE 2016  
Fond : Orho SINTEGRA 2013 CRAIG  
Réalisation : VICENTE ROQUETANIERE SMPNRVA  
Edition : septembre 2016

### IV.3| Evaluation de la fermeture des milieux

La **Figure 8** et la **Carte 2** présente l'état de conservation des nardaies selon le critère de fermeture du milieu. 3 classes de niveau de fermeture du milieu sont définies :

- 0-25 % de recouvrement d'Ericacées = état de conservation bon
- 25-50% de recouvrement d'Ericacées = état de conservation altéré
- 50-100% de recouvrement d'Ericacées = état de conservation dégradé

Appliqués à l'ensemble des relevés phytosociologiques réalisés durant l'étude sur les nardaies, il ressort que 1357 ha de nardaies sont considérés en bon état de conservation pour le critère de fermeture du milieu avec un recouvrement d'Ericacée inférieur à 25 % de recouvrement (**Figure 8**). Seulement 10,9 ha ont un recouvrement compris entre 25 et 50 %. 1,8 ha de nardaies ont un pourcentage supérieur à 50 % d'espèces d'Ericacées.



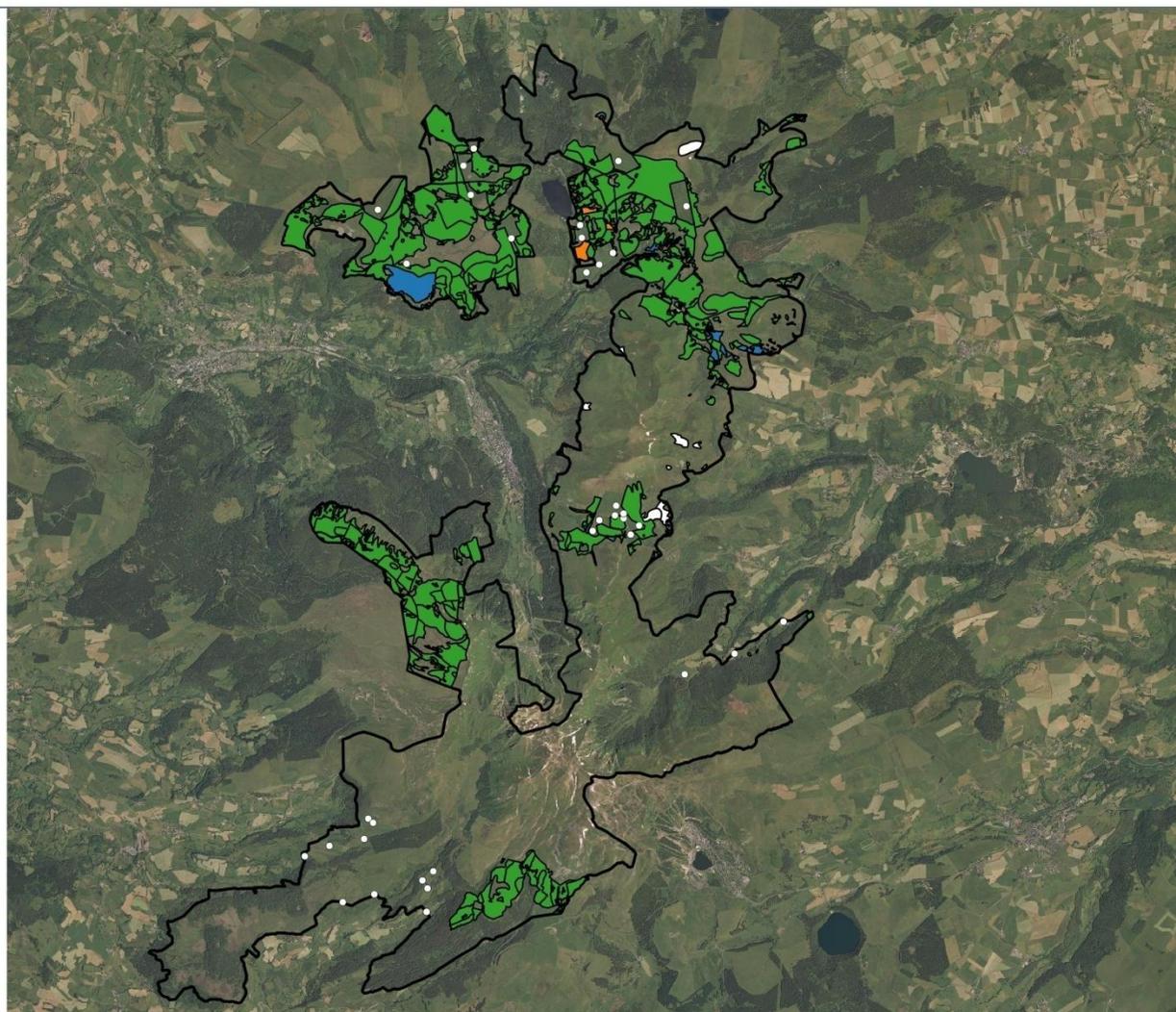
**Figure 8 : Pourcentage de relevés par polygone selon le recouvrement en Ericacée sur la surface totale de nardaie**

La **Carte 4** présente l'état de conservation selon l'indicateur de fermeture du milieu proposé

Carte 4 : Fermeture des nardaies sur le site Natura 2000 des Monts Dore selon le degré de fermeture



## Fermeture des nardaies sur le site Natura 2000 des Monts Dore



- Périmètre du site Natura 2000
- Relevés phytosociologiques
- % de recouvrement d'Ericacées**
- 0- 25 %
- 25- 50 %
- 50- 100 %
- Landes
- Non prospecté



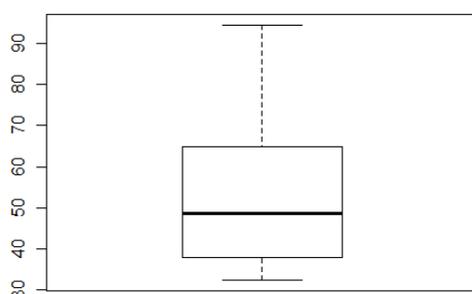
Source : SMPNRVA VICENTE 2016  
Fond : Orho SINTEGRA 2013 CRAIG  
Réalisation : VICENTE ROQUETANIERE SMPNRVA  
Edition : septembre 2016

## IV.4 Prairie de fauche

Cinq jours de terrain, fin juin, ont été nécessaires pour évaluer l'état de conservation de 189 ha (31 polygones) de prairies de fauche avec la méthode du MNHN. 36 relevés phytosociologiques ont été réalisés.

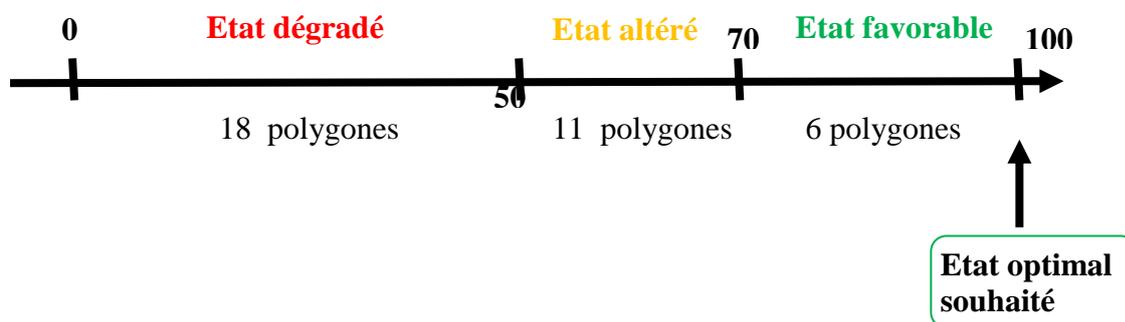
### IV.4.1| Etat de conservation évalué

Le boxplot (**Figure 9**) présente l'étendue des notes de l'état de conservation (compris de 32,42 à 94,5) des prairies de fauche.

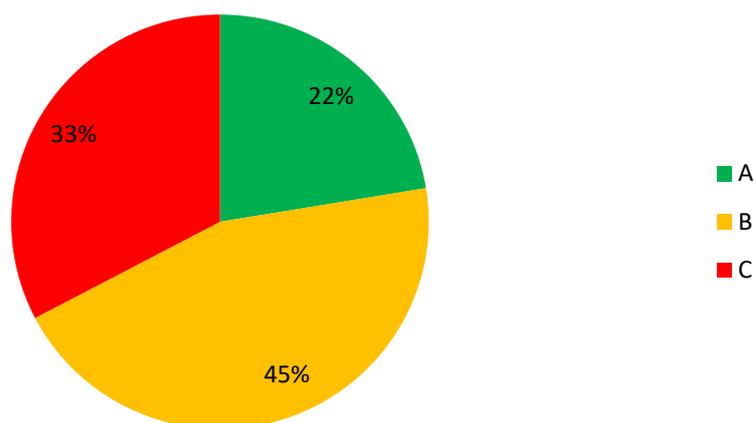


Note finale des prairies de fauche

**Figure 9 : Boxplot représentant la dispersion des notes obtenues pour les prairies de fauche avec la méthode du MNHN**



**Figure 10 : Disposition des notes sur l'échelle de l'état de conservation pour la méthode du MNHN**



**Figure 11 : État de conservation des prairies de fauche exprimé en pourcentage de surface en ha**

Sur le site Natura 2000, l'état de conservation est considéré comme bon pour 22 % des relevés effectués en prairies de fauche, ce qui représente 42,28 ha. 45% des prairies de fauche sont en état altéré, soit 88,76 ha et 33 % en état dégradé, soit 88,76 ha (**Figure 11**). Sur l'échelle (**Figure 10**), le nombre de polygones associé à chaque état de conservation est noté.

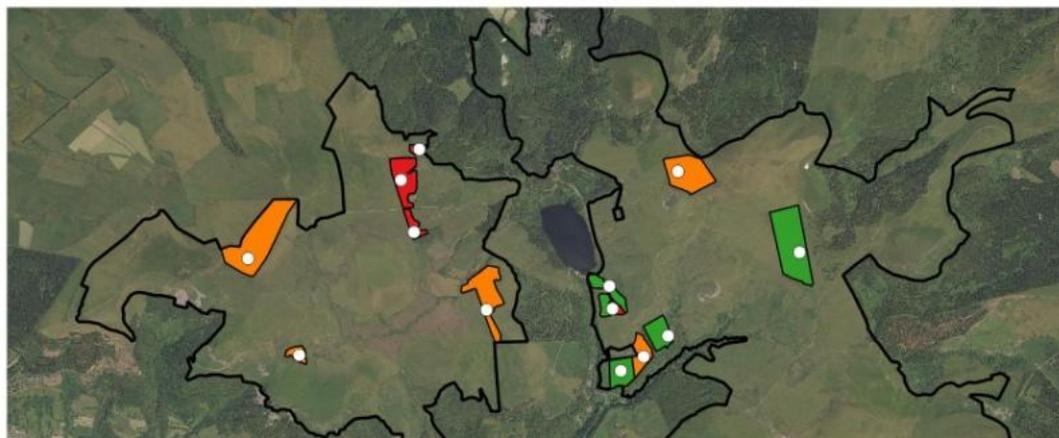
La **Carte 5** localise l'état de conservation des prairies de fauche du site Natura 2000 par secteur.



## Prairie de fauche sur le site Natura 2000 des Monts Dore

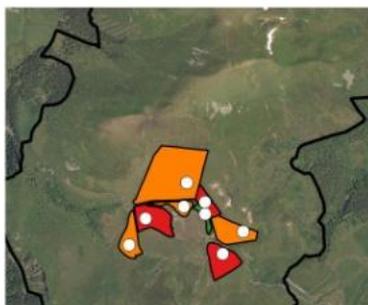


### Secteur du Lac de Guéry

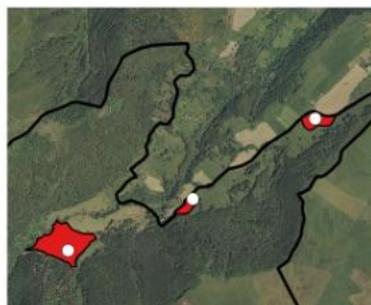


- Relevé phytosociologique
- Périmètre du site Natura 2000
- Etat de conservation des prairies de fauche
- A
- B
- C

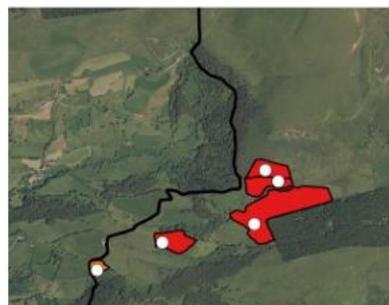
### Croix Saint Robert



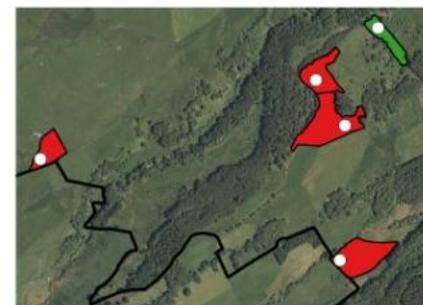
### Chaufour



### Montagne du Mont



### La Morangie



#### IV.4.2| Analyse de l'influence des différents paramètres sur l'état de conservation des prairies de fauche

Une analyse mixte de Hill et Smith est appliquée sur les données (Type de fertilisant, indice d'ellenberg, altitude, état de conservation) car elles sont à la fois quantitatives et qualitatives.

L'indice de nutriments d'Ellenberg est défini sur le second axe (**Figure 12**). Les prairies en bon état de conservation (Note\_A) se séparent distinctement des prairies en état dégradé (Note\_C). En revanche, les prairies altérées (Note\_B) semblent mal définies. Les prairies de fauche avec un état de conservation altéré (Note\_C) sont liées avec une fertilisation au lisier et à la chaux (Type\_LC), au lisier et engrais chimiques (Type\_LE).

Les prairies en bon état de conservation sont liées à une absence de fertilisation (Type\_A). L'indice spécifique de valeur fourragère est mal représenté sur la **Figure 12**.

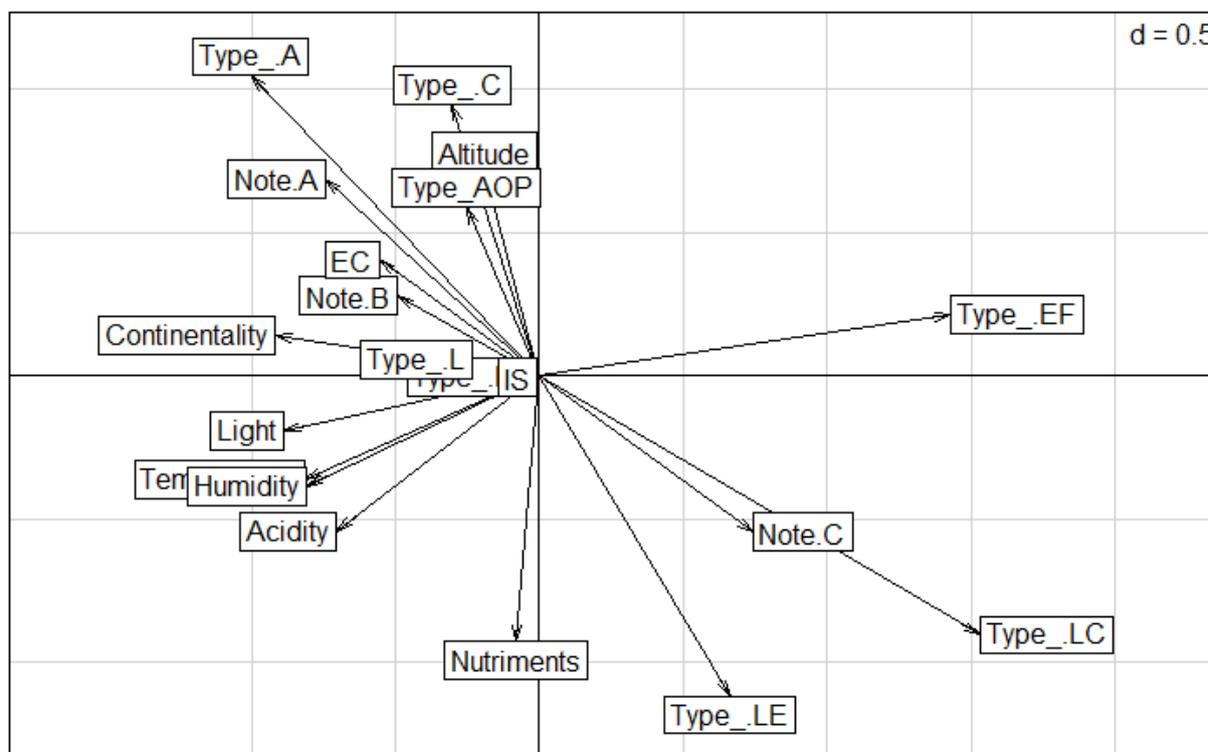


Figure 12 : Représentation de l'analyse mixte de Hill et Smith de l'état de conservation (Note\_A : état favorable, Note\_B : état altéré, Note\_C : état dégradé), du type de fertilisant (Type\_EF: Engrais chimique et fumier, Type\_LC : Lisier et engrais chimique, Type\_LE : Lisier et engrais chimique, Type\_L : Lisier, Type\_C : Engrais chimique, Type A : aucun engrais), des indices d'Ellenberg (Light, Nutriments, Acidity, Temperature, Continentality), de l'altitude.

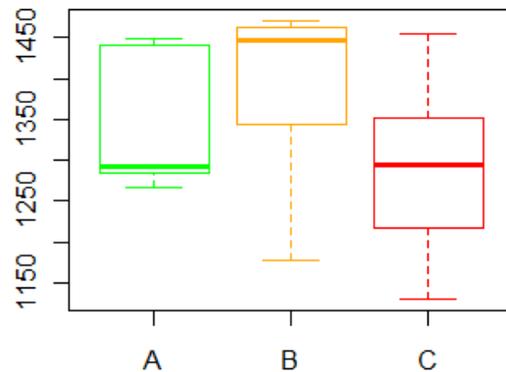
#### 4.3| Croisement de l'état de conservation avec l'altitude et des données agricoles

- **Altitude**

Pour croiser l'état de conservation avec des données agricoles et d'altitude, seulement 36 relevés phytosociologiques sont à disposition. Le jeu de données n'étant pas conséquent, la normalité des

données a été tout de même été testée avec le test de Shapiro. Elles ne suivent pas une loi normale. Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis est donc utilisé pour comparer les moyennes.

Le boxplot de la **Figure 13**, représente l'état de conservation des prairies de fauche en fonction de leurs altitudes. La p-value obtenue par le test de Kruskal Wallis est de 0,02. Elle est inférieure au seuil de 5 %, ce qui signifie qu'il y a une différence significative de l'état de conservation selon l'altitude de la prairie de fauche.



**Figure 13 : Boxplot de l'état de conservation des prairies de fauche en fonction de leurs altitudes**

▪ **Type de fertilisation :**

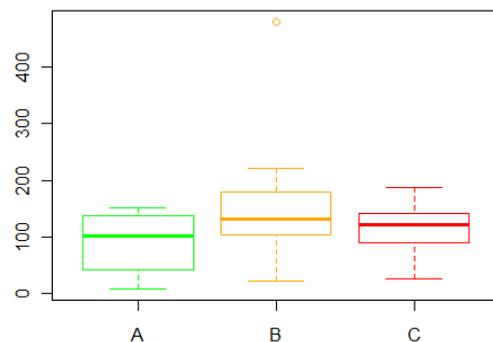
Comme les variables sont qualitatives (type de fertilisant et état de conservation), un test du chi deux est effectué. La pvalue obtenue est de 0,027 (inférieure à 5%). Il y a donc une différence significative entre les effectifs observés et les effectifs théoriques ce qui signifie que l'état de conservation est lié au type de fertilisant utilisé sur la prairie de fauche.

Pearson's Chi-squared test

```
data: table_chisq
x-squared = 20.1549, df = 10, p-value = 0.02782
```

▪ **Indice spécifique de valeur fourragère**

Le boxplot de la **Figure 14**, représente l'état de conservation des prairies de fauche en fonction de l'indice spécifique de valeur fourragère (IS). La p-value obtenue par le test de Kruskal Wallis est de 0,33. Elle est nettement supérieure au seuil de 5 %, ce qui signifie qu'il n'y a pas de différence significative de l'état de conservation selon l'IS de la prairie de fauche.



**Figure 14: Boxplot de l'état de conservation des prairies de fauche en fonction de l'indice spécifique de valeur fourragère (IS)**

kruskal-wallis rank sum test

```
data: Tab$IS by Tab$Note
kruskal-wallis chi-squared = 2.2075, df = 2, p-value = 0.3316
```

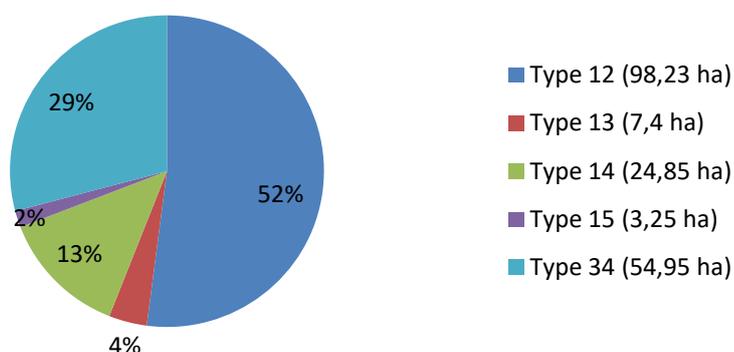
#### IV.4.4| Evaluation de l'état de conservation et typologie AOP du Massif central

Les prairies de fauche du site ont pu être associées à 5 types de prairies de la typologie des prairies AOP du Massif central (**Tableau 12**).

Type AOP Massif Central	Nom du type
Type 12	Prairie de fauche de montagne sur sol sain et moyennement fertile à Knautie d'Auvergne et Trisète jaune
Type 13	Prairie de fauche de montagne sur sol sain à frais et fertile à Ombellifères
Type 14	Prairie de fauche de montagne sur sol sain à frais et très fertile à Rumex, Brome mou et Fléole des prés
Type 15	Prairie de fauche de montagne sur sol frais et moyennement fertile à Sanguisorbe officinale
Type 34	Prairie de fauche de montagne sur sol frais et peu fertile à Violette jaune et Fenouil des Alpes

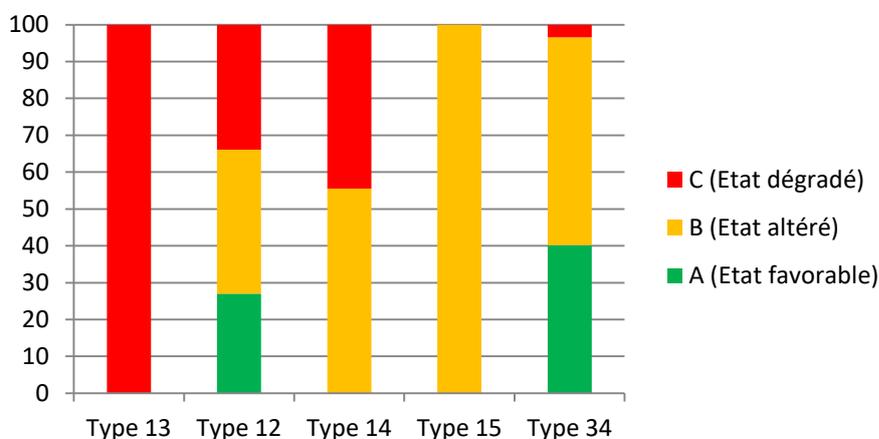
**Tableau 1 : Nom des types de prairies de fauche identifiés à partir de la typologie AOP Massif central**

Globalement, les prairies de fauche sont le plus représentées par le type 12 (**Figure 15**).



**Figure 15 : Représentation des surfaces en ha des types AOP du Massif central sur les prairies de fauche**

Si l'on associe le type AOP et l'état de conservation évalué par la méthode du MNHN il apparaît que les prairies de fauche les plus dégradées sont de type 13 (**Figure 16**).



**Figure 16 : Etat de conservation des différents types AOP du Massif Central (exprimé en % de surface)**

L'analyse est également réalisée en comparant le résultat des indicateurs de la grille du MNHN avec le type AOP.



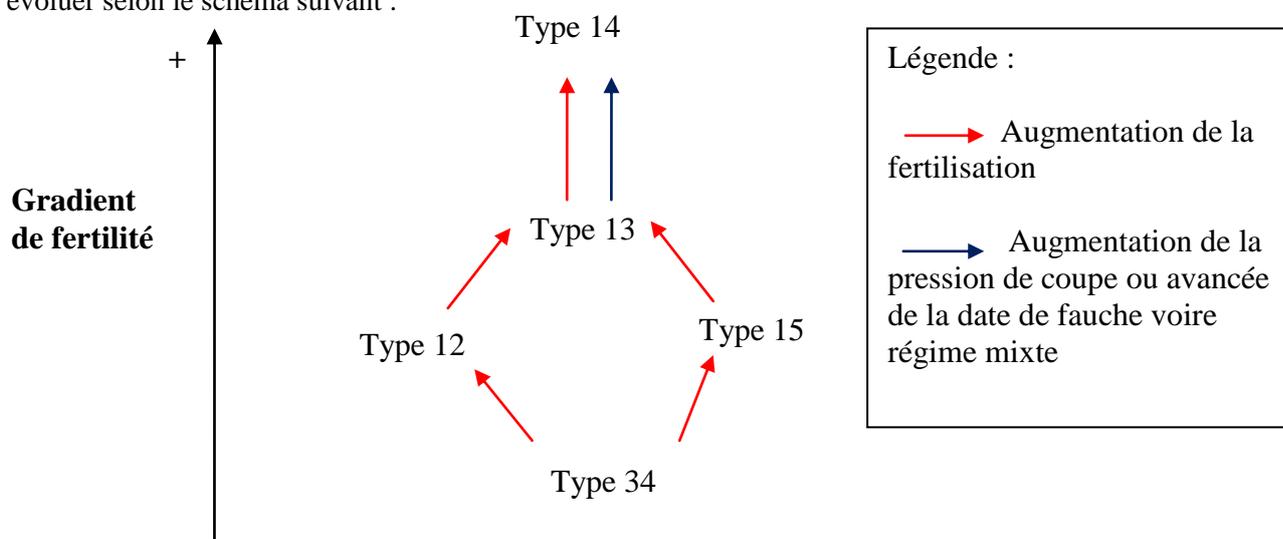
Figure 17 : Etat de conservation des différents indicateurs de la méthode du MNHN selon les types AOP des prairies de fauche

Le type 13 est altéré à cause d'un fort pourcentage d'espèces eutrophiles. En revanche, les types 14, 15 et 34 comportent quasiment pas d'espèces eutrophiles (**Figure 17**).

Pour l'indicateur des prairies fleuries, tous les types de prairies ont un cortège floristique altéré voire même dégradé. Seulement pour les types 12 et 34 est retrouvée une faible proportion d'espèces indicatrices d'un bon état de conservation. Globalement, quel que soit le type AOP de prairie le cortège floristique est largement dégradé.

Pour tous les types de prairies, il y a en général moins de 20% d'espèces indicatrices du régime de fauche et pas d'atteintes particulières.

D'après la typologie multifonctionnelle AOP des prairies, les différents types retrouvés peuvent évoluer selon le schéma suivant :



**Figure 18 : Représentation de l'évolution des types AOP identifiés selon un gradient de fertilité (Carrère et al. 2012)**

La richesse spécifique a été calculée pour chaque type AOP à partir des relevés phytosociologiques réalisés durant l'étude. Il est important de noter que la moyenne est réalisée sur un faible échantillon. Les résultats du **Tableau 13** montrent seulement des tendances de la richesse spécifique selon le gradient de nutriment. Plus la fertilité de la prairie est importante, moins la richesse spécifique est importante.

Type AOP	Moyenne de la richesse spécifique
14	15
13	16,8
12	18.3
15	18
34	16.2

**Tableau 2 : Richesse spécifique selon le type AOP des prairies de fauche**

#### IV.4.5| Analyse de l'évolution de la composition floristique et de la richesse spécifique entre 2007 et 2016

Afin de mettre en avant l'évolution du cortège floristique entre 2007 et 2016 sur deux prairies de fauche, les relevés 2007 et 2016 sont comparés.

La richesse spécifique pour les deux prairies a diminué en 9 ans (**Tableau 14**). L'état de conservation en 2007 était qualifié de bon alors qu'en 2016, l'état est altéré pour la prairie 11 et dégradé pour la prairie 29 (d'après la note obtenue à partir de la méthode du MNHN).

En 2007, les deux relevés comportaient un cortège qui s'apparente au type AOP 34 avec notamment *Meum athamanticum*, *Viola lutea* (**Tableau 14**). En 2016, ce cortège a quasiment disparu. Un changement majeur dans la composition des graminées est constaté et la présence des dicotylédones a fortement diminuée.

Dans le relevé 11, il y a aujourd'hui la présence de *Dactylis glomerata*, *Poa trivialis*, *Trisetum flavescens*. De plus, une augmentation du recouvrement du *Polygonum bistorta*, *Ranunculus acris* est notable.

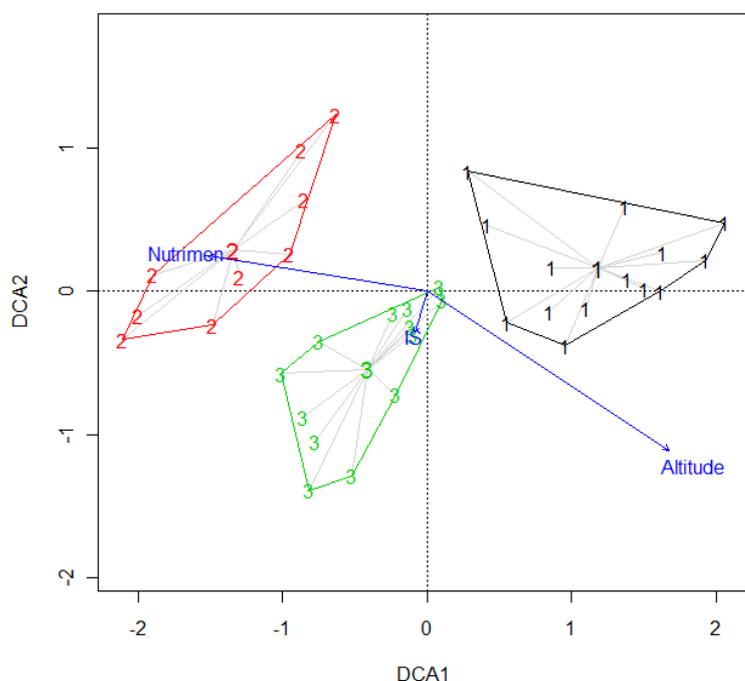
Nom	11 (2007)	11 (2016)	29 (2007)	29 (2016)
Achillea millefolium	0	0	+	0
Agrostis capillaris	+	0	+	0
Anthoxanthum odoratum	2	0	+	3
Bromus hordeaceus	0	0	+	0
Cerastium fontanum	1	0	+	0
Dactylis glomerata	0	1	+	+
Festuca gp rubra	4	1	1	1
Hypericum perforatum	0	0	+	0
Leontodon pyrenaicus	1	0	1	0
Luzula multiflora	1	0	0	0
Meum athamanticum	2	1	2	1
Narcissus poeticus	+	0	0	0
Nardus stricta	1	0	0	0
Poa chaixii	2	3	1	2
Poa pratensis	0	0	1	0
Poa trivialis	0	2	2	+
Polygonum bistorta	3	4	3	3
Potentilla erecta	+	0	0	0
Ranunculus aconitifolius	0	0	+	0
Ranunculus acris	0	+	1	3
Rhinanthus minor	2	0	+	2
Rumex acetosa	+	3	1	+
Saxifraga granulata	0	0	+	1
Serratula tinctoria	+	0	0	0
Taraxacum sp.	0	0	+	+
Trifolium pratense	2	0	3	2
Trifolium repens	0	1	0	0
Trisetum flavescens	0	1	+	0
Veronica arvensis	0	+	0	+
Veronica chamaedrys	0	0	+	+
Viola lutea	+	0	1	+
Richesse spécifique	17	11	24	16
Etat conservation MNHN	1(bon)	B (altéré)	1(bon)	C (dégradé)

**Tableau 3 : Comparaison de relevés phytosociologiques et de la richesse spécifique entre 2007 et 2016**

Dans le relevé 29, la graminée dominante est *Anthoxanthum odoratum*. Il est important tout de même de préciser que les relevés sont réalisés dans la même prairie de fauche mais à des endroits différents. Des variations locales de la flore peuvent être présentes. Ces comparaisons montrent seulement des grandes tendances.

#### IV. 2.5|Proposition d'une méthode d'évaluation de l'état de conservation des prairies de fauche

Sur l'ensemble des relevés phytosociologiques (soit 39) réalisés en prairies de fauche lors de l'étude, une DCA est faite (**Figure 19**). En variables supplémentaires sont projetées les indices d'Ellenberg, l'altitude, et le type de fertilisant. Un gradient de nutriment semble se dessiner sur l'axe 1. L'altitude quant à elle n'explique pas un axe particulier.



Trois groupes de relevés distincts sont mis en évidence.

Une AFD a permis de valider les résultats de cette classification et 81 % des résultats sont assignés au bon groupe.

L'axe 1 est expliqué par la variable nutriment d'Ellenberg. Un gradient trophique se dessine et sépare distinctement le groupe 1 des deux autres groupes.

**Figure 19 :** Représentation graphique de la DCA effectuée sur les différents clusters obtenus avec la méthode du MNHN en projetant comme variables supplémentaires l'indice de nutriment d'Ellenberg, l'altitude, IS Indice spécifique des valeurs fourragères

Pour chaque groupe de relevés défini précédemment, il y a identification des espèces diagnostiques selon l'indice de fidélité (**Tableau 15**).

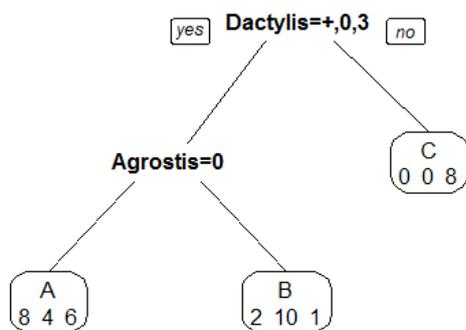
Groupe	Espèces caractéristiques
1	<i>Deschampsia flexuosa</i> , <i>Galium saxatile</i> , <i>Luzula campestris</i> , <i>Narcissus pseudonarcissus</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Potentilla erecta</i>
2	<i>Silene vulgaris</i> , <i>Plantago lanceolata</i> , <i>Ranunculus acris</i>
3	<i>Rumex acetosa</i> , <i>Taraxacum officinalis</i>

**Tableau 4 :** Espèces caractéristiques pour chaque groupe établi par la DCA

Chaque groupe est ensuite associé à un état de conservation (**Tableau 15**). Le groupe 1 correspond aux prairies de fauche qualifiées en bon état de conservation. Les groupes 2 et 3 représentent des relevés de prairies de fauche fertilisés (Romain Pradinas, com.pers).

Pour construire les arbres de décisions comme présenté dans le matériel et méthodes pour les nardaies, il faut associer à chaque relevé phytosociologiques une note d'état de conservation. Seule la note obtenue par la méthode du MNHN est disponible.

D'après l'arbre crée (**Figure 20**), il faut noter l'abondance avec les coefficients de Braun-Blanquet



dans un quadrat de 25 m<sup>2</sup> des espèces suivantes : *Bromus hordeaceus*, d'*Agrostis capillaris*. A partir des coefficients d'abondance obtenus, il est alors possible de déterminer l'état de conservation de la prairie de fauche. Pour cet arbre de décision, il y a 2,23 % de chance de mal classer un relevé phytosociologique.

**Figure 20 : Arbre de décision obtenu avec les notes de la méthode du MNHN pour les prairies de fauche**

La grille d'évaluation proposée pour les prairies de fauche du site Natura 2000 des Monts Dore est donc la suivante :

Nom arbre	n°	Liste des espèces	Clé de détermination pour l'EC		
			A	B	C
Arbre méthode du MNHN	0	< 2,5% de recouvrement de <i>Bromus hordeaceus</i>	Oui (1)	Oui(1)	Non
	1	< 2,5% de recouvrement d' <i>Agrostis capillaris</i>	Oui	Non	

**Tableau 5 : Clé de détermination issue de l'arbre de décision crée à partir de la note de l'état de conservation des prairies de fauche de la méthode du MNHN.**

## V. Discussion

La phase de discussion s'organise en plusieurs étapes. Tout d'abord, la discussion s'orientera autour des résultats obtenus pour l'état de conservation des nardaies, incluant les aspects de discussion d'ordre technique, les liens à la gestion agricole et les limites de méthode. Puis, les prairies de fauche seront discutées. La méthode proposée de production d'arbres de décision simples permettant d'évaluer l'état de conservation sera également abordée.

### V.1 Notion d'état de conservation

L'état de conservation est un concept récent et complexe. Jusqu'à présent, il était renseigné à dire d'expert. Pour satisfaire aux exigences des directives européennes, un approfondissement de ce concept a été mené et a abouti à des méthodologies standardisées comme outil de diagnostic.

Cependant, ces méthodologies standardisées tentent d'intégrer différents facteurs mais restent parfois pas bien adaptées au contexte local comme c'est le cas pour les prairies de fauche.

## V.2 Etat de conservation des nardaies montagnardes

Deux paramètres complémentaires ont été utilisés pour évaluer l'état de conservation des nardaies : le degré de fermeture du milieu et le niveau trophique (méthode des arbres).

### V.2.1| Etat de conservation des nardaies selon le degré de fermeture du milieu

Selon le critère de fermeture des milieux, quasiment la totalité des polygones (1357 ha) de nardaies sont considérés en bon état de conservation (recouvrement en éricacée (*Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium uliginosum* inférieur à 25%). La gestion agropastorale semble donc contenir le développement des landes.

Très peu de surface de nardaies ont un pourcentage d'éricacées supérieur à 25 % ou à 50 %. Elles sont situées dans des zones avec une importante pente ou des zones non pâturées (secteur du Lac du Guéry). Les secteurs de pente importante sont moins accessibles aux troupeaux mais aussi en tracteurs pour des opérations mécaniques de maintien de l'ouverture. D'après la cartographie CHANES, le site Natura 2000 comprend 1726 ha de landes d'habitat d'intérêt communautaire (4030.13, 4030.14, 5120.1, 5230.1). Elles ne semblent donc pas être un habitat minoritaire par rapport au 1357 ha de nardaies. Toutefois, il aurait été peut-être judicieux de réduire les classes de pourcentage d'éricacées : (avec une classe de 0-15% pour un état de conservation favorable, une classe de 15-30% pour un état de conservation altéré et >30% pour un état de conservation dégradé) dans le but de décrire plus précisément le degré de fermeture du milieu. La répartition des landes sur le site semblent se concentrer aux altitudes plus élevées, notamment sur les crêtes. Il aurait été intéressant de regarder la proportion de landes entre l'étage montagnard inventorié et l'étage subalpin non prospecté. Un déséquilibre entre la proportion d'habitat de nardaies et de landes d'intérêt communautaire semblerait être notable à l'étage montagnard (au bénéfice des nardaies).

Très peu de surface d'habitat de transition (nardaie en cours de landification, donc ayant un pourcentage de recouvrement en éricacées d'au moins 25 %) ont été inventoriées à l'étage montagnard. Sur la base de ce constat, une des préconisations sur le site Natura 2000 des Monts Dore serait d'éviter le broyage excessif des landes et d'exercer des pressions de pâturage moins élevées sur certaines nardaies afin de laisser la progression des espèces de landes.

Cela pose clairement la question également de la gestion pastorale pratiquée. Globalement, les nardaies ouvertes (peu de recouvrement d'éricacées) sont plus valorisées par les exploitants agricoles

qui considèrent les arbustes comme peu intéressants pour l'alimentation du bétail. S'opère alors une différenciation assez nette entre les surfaces de nardaies ouvertes et les secteurs de landes. La gestion de la lande est souvent réalisée par des opérations mécaniques de gyrobroyage. Pour autant, une gestion par le troupeau serait également envisageable par la mise en place de sous parc, une conduite (lorsque, berger il y a sur les troupeaux ovins) plus contrainte dans ces secteurs...

Enfin, c'est une question plus générale qui se pose au gestionnaire ici. Les deux habitats : nardaies et landes, sont (généralement) d'intérêt communautaire. Ce sont des habitats qui peuvent se succéder en fonction, notamment de la gestion pratiquée. Quel équilibre prôner à l'échelle du site alors ? Comment disposer d'arguments pour discuter avec des agriculteurs sur le fait de ne pas privilégier le broyage de landes ou une baisse du chargement sur les nardaies ?

Sur l'aspect d'évaluation d'état de conservation, la question est également essentielle à l'échelle d'un site. Si une évaluation d'un habitat peut être proposée (comme dans la présente étude) comment intégrer les autres habitats et une vision à l'échelle du site ? En effet, une nardaie en cours de landification peut être considérée en mauvais état de conservation, mais cela constitue une potentielle lande en bon état de conservation. Il faudrait, dans la mesure du possible, intégrer la dynamique des autres habitats afin de voir si l'état de conservation est favorable ou non pour les différents milieux en dynamique.

## **V.2.2| Etat de conservation des nardaies selon le niveau trophique**

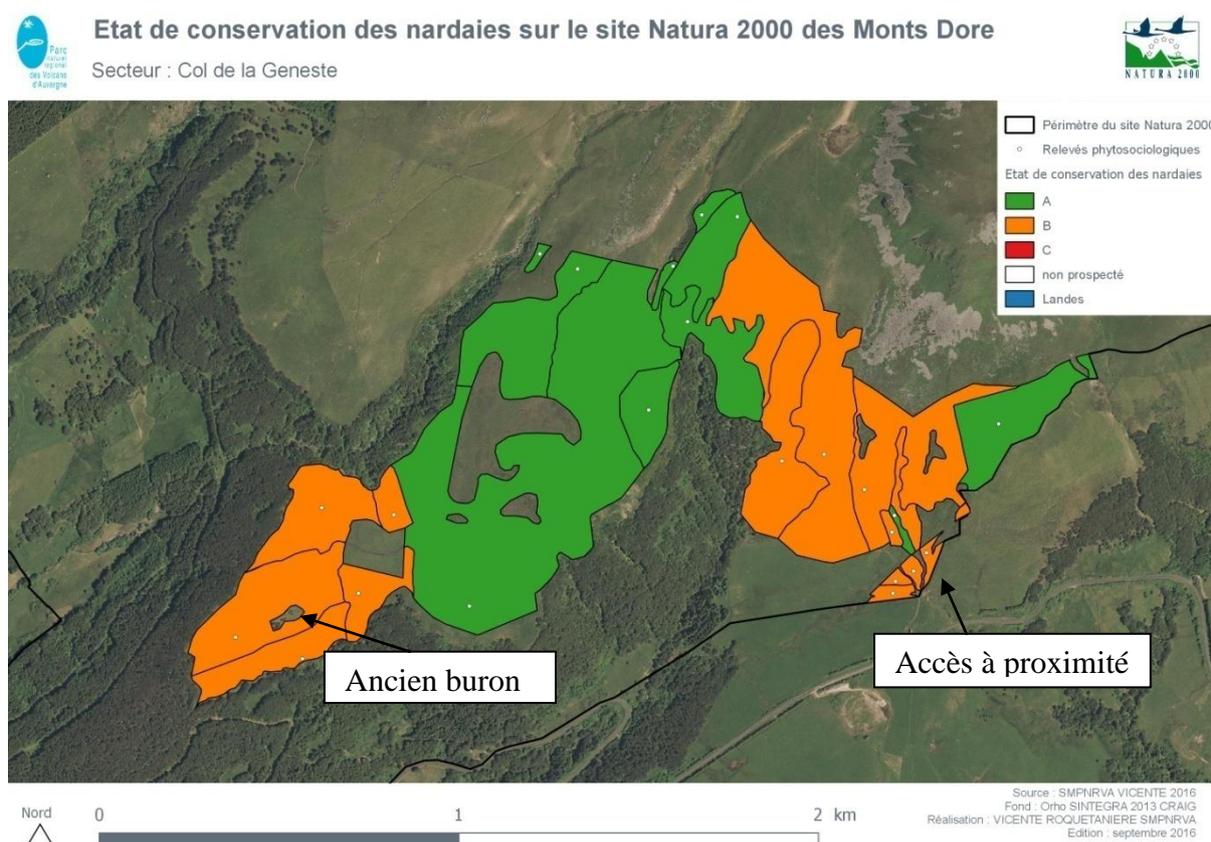
La méthode produite, basée sur des relevés phytosociologiques locaux, apporte une robustesse plus grande grâce à l'utilisation d'outil statistique notamment. Les arbres de décision produits constituent un outil simple d'évaluation. Ils pourront être utilisés dans le cadre d'avis ponctuel, de suivi de l'état d'une estive ou plus globalement de l'état des nardaies à l'échelle du site. Il serait également envisageable de sensibiliser les exploitants et les acteurs agricoles aux espèces indicatrices.

Le choix de l'arbre 4 s'est appuyé sur une comparaison avec la méthode à dire d'expert du CBNMC (c'est l'arbre donnant les notes finales les plus proches de la note du CBNMC qui a finalement été retenu). Ce choix a été fait pour deux raisons principalement : la volonté de mettre en cohérence les différents outils existants sans proposer à chaque nouvelle étude une méthodologie complètement déconnectée de l'existant (un besoin de cohérence est nécessaire) et le fait qu'il semble raisonnable de continuer à intégrer le dire d'expert dans les éléments d'évaluation d'état de conservation, car cette notion peut rester subjective. Un des intérêts de la méthode est aussi d'objectiver ce dire d'expert (ici, il est clairement mis en évidence que c'est le gradient trophique qui est le facteur qui explique principalement la séparation en différents groupes pour l'expert). Pour l'arbre 4, il se trouve par ailleurs, que c'est celui qui donne le pourcentage de risque d'attribuer un relevé à un mauvais groupe d'état de conservation le plus faible.

D'après la méthode des arbres, la plupart des nardaies (81 %) est considérée en bon état de conservation. Ce résultat confirme l'état de conservation mentionné dans le DOCOB (**Belenguier et al. 2013**). Cependant, 19 % des nardaies sont considérées en état altéré.

Il convient de noter que le niveau trophique de la nardaie, et donc son état de conservation, peut-être dû à divers éléments d'explication. Sur le secteur du col de la Geneste par exemple les zones altérées se localisent à proximité d'un accès et sont donc le lieu de passage des animaux (**Carte 6**). Autour des burons, des reposoirs, des pierres à sel ou des points d'eau, le niveau trophique de l'habitat est augmenté par enrichissement en matière organique des animaux. Ces zones avec un état de conservation altéré peuvent également correspondre à des zones d'estive fertilisées.

Autant d'éléments qu'il faudrait considérer pour disposer d'une analyse précise. L'objectif de l'étude est tout de même atteint puisque les tendances se dessinent clairement à l'échelle du site.



**Carte 6 : Eléments potentiels influençant le niveau trophique de l'habitat**

Les arbres de décisions sont basés sur des relevés phytosociologiques du CBNMC et sur l'analyse de clustering. Il est important de préciser qu'une des limites majeures est que la séparation des groupes est effectuée principalement sur des aspects trophiques. Ainsi, d'autres éléments, comme

la fermeture du milieu par exemple, ne sont pas intégrés ici (d'où la nécessité de compléter l'information avec le critère 10 du CBNMC). Cette notion pourrait être intégrée lors de l'indication à dire d'expert de la note d'état de conservation (le caractère de fermeture du milieu de l'espèce serait plus « dévalorisée » que l'aspect eutrophe ou oligotrophe de l'espèce). Se poserait alors la question de disposer d'une méthode unique faisant la combinaison des deux. La fermeture et la richesse trophique de la nardaie apparaissant comme les deux facteurs importants à intégrer.

Dans la plupart des cas, les nardaies avec un pourcentage important d'espèces de lande (avec *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium uliginosum*, *Calluna vulgaris*, *Cytisus oromediterraneus*, *Juniperus communis*) ont un cortège floristique caractéristique de nardaies en bon état de conservation. C'est pour cela, que pour de nombreux polygones la note obtenue indique que l'habitat est en bon état de conservation alors qu'il s'oriente vers une lande.

Des arbres de décisions ont été testés sur les traits de vie des espèces selon leur état de conservation. En réalisant la DCA, les traits de vie des espèces semblaient participer à la répartition des groupes selon l'axe 2. Ils ont donc été testés pour évaluer le lien avec la note d'état de conservation attribuée.

Or, les arbres 1, 2 et 3 en lien avec les traits de vie des espèces, attribuent des notes très différentes de la méthode du CBNMC. En effet, quand on regarde en détail le pourcentage d'espèces stolonifères en fonction de l'état de conservation, il y a pas de différence significative entre les relevés classés en bon état de conservation et ceux en état dégradés (**Annexe 7**).

Les traits de vie des espèces ne sont pas discriminants pour évaluer l'état de conservation des nardaies dans le cadre de la méthode proposée.

La liste d'espèce des relevés phytosociologiques du CBNMC diffère légèrement de la liste des relevés inventoriés lors de la présente étude (certaines espèces signalées dans les relevés du CBNMC n'ont par exemple pas été contactées en 2016). Un biais observateur (compétence, évolution des stades de floraison, saisonnalité) entre les relevés de 2016 et les relevés du CBNMC est possible.

Les relevés phytosociologiques réalisés en 2016 (au nombre d'environ 300) pourraient être injectés dans la base de données et analysés selon la même logique. Cela permettrait de produire de nouveaux arbres, plus solides car basés sur un nombre de relevés plus grand. Cela permettrait également de confirmer les différents éléments d'explication (niveau trophique...) mis en avant dans la présente étude.

## V. 3 Etat de conservation des prairies de fauche

### V.3.1| Un état préoccupant des prairies de fauche selon la méthode du MNHN

Selon la méthode du MNHN, la majorité des prairies de fauche du site Natura 2000 des Monts Dore sont en mauvais état de conservation (**Carte 5**). Ce résultat obtenu est cohérent avec l'état de conservation que le DOCOB a mentionné (**Belenguier et al. 2013**). Sur la **Carte 5**, les prairies en bon état de conservation semblent se localiser aux altitudes élevées. De plus, le boxplot (**Figure 13**) confirme qu'il y a une différence significative entre l'altitude et l'état de conservation des prairies de fauche.

Les prairies les plus éloignées de l'exploitation et celles avec un accès difficile sont normalement les plus extensives (moins de fertilisation), et par extension, en meilleur état de conservation.

Par exemple pour les prairies de fauche des deux réserves naturelles du site avec un accès facile et plutôt en basse altitude (proximité à l'exploitation), la totalité de leurs prairies de fauche sont en état de conservation dégradé (**Carte 5**).

Le type de fertilisation semble également être important. S'il convient tout de suite de mettre en avant les limites des données agricoles recueillies. Il serait bien plus intéressant de pouvoir disposer d'un jeu de données plus conséquents en termes de facteurs (unité d'azote de fertilisation par exemple, chargement lors du pâturage de regain...), et homogène entre prairies et exploitations. C'est malheureusement assez difficile.

De manière générale, les prairies de fauche ont un cortège floristique dégradé. L'utilisation de lisier semble être un facteur de dégradation de l'état de conservation (**Lemoine 2015**).

Par le passé, les agriculteurs utilisaient le fumier comme moyen de fertilisation des prairies. Mais depuis l'intensification des pratiques agricoles, l'accroissement des troupeaux, de nouveaux systèmes d'élevage se sont développés avec du lisier (**Hacala et al. 1999**). Le lisier est devenu l'un des fertilisants largement utilisé pour des raisons économiques (coût de la paille) et pour des raisons de facilitation d'épandage.

Cependant, l'azote du lisier se libère plus rapidement et est facilement mobilisable par la végétation notamment par les espèces nitrophiles. Alors que l'azote du fumier a une diffusion plus lente dans le temps et est bénéfique pour la flore. La flore est largement impactée par ce type de fertilisation car les espèces nitrophiles prennent le dessus les autres espèces.

Son utilisation est perceptible sur la végétation et semble perdurer dans le temps après son épandage (Eric Vallé, com.pers.). Une analyse plus robuste nécessiterait un plus grand nombre de données et de disposer d'éléments de pratiques agricoles plus précis.

Concernant, l'indice spécifique des valeurs fourragères (IS) de la prairie de fauche, les résultats montrent que l'état de conservation n'est pas lié à la valeur fourragère. Autrement dit, l'agriculteur peut avoir une bonne valeur fourragère que sa prairie soit en bon ou mauvais état de conservation. Quel que soit l'état de conservation de la prairie de fauche, la valeur fourragère n'est pas

significativement différente (**Figure 14**). C'est une observation particulièrement intéressante car l'enjeu sur les prairies de fauche est bien de trouver un bon équilibre entre production de fourrage et qualité écologique. Ce constat ne reste toutefois qu'une piste à creuser. Le nombre de données assez restreint est notamment une limite importante.

La fertilisation est un des facteurs impactant le plus le cortège floristique de la prairie. Le lisier a un impact direct sur la végétation. Dans la mesure du possible, si l'exploitation produit à la fois du lisier et du fumier, il faudrait favoriser l'épandage de ce dernier. Dans le cas où les exploitations ne produisent que du lisier, trouver une solution est plus problématique. Il convient également d'intégrer à la discussion d'autres éléments, auxquels les agriculteurs peuvent être sensibles pour les engager vers des prairies plus diversifiées (lien avec les produits, santé animale, souplesse d'exploitation...).

### 3.2| Limites de la méthode du MNHN

La note attribuée par la méthode du MNHN, peut parfois classer les prairies de fauche en état de conservation altéré alors que cela ne semble pas être le cas à dire d'expert.

Pour tous les types AOP identifiés, dans chaque relevé un très faible nombre d'espèce du régime de fauche sont présentes. Les différentes listes d'espèces semblent mal adaptées au site car même pour les prairies en bon état de conservation le cortège floristique n'est pas adapté.

Il faut bien noter que la méthode du MNHN d'évaluation des prairies de fauche est applicable au niveau national, nous rencontrons donc ces limites d'utilisation liées à notre site. Elle ne prend pas en compte l'hétérogénéité de la flore du site Natura 2000.

### 3.3| Lien avec la typologie AOP

D'après la typologie AOP du Massif central, les types les plus dégradés sont retrouvés à l'extrémité du gradient de fertilité. L'état de conservation obtenu par la méthode du MNHN correspond assez bien aux critères des différents types d'AOP. Tout de même, il est assez préoccupant que les types 12, 15 et 34 avec une richesse spécifique élevée soient largement dégradés. L'une des possibilités est que la liste d'espèces proposée par le MNHN ne soit pas adaptée au site.

Les prairies de type AOP 13 se situent quasiment en bout de gradient et sont toutes qualifiées en état de conservation altéré. Elles ont un cortège floristique qui comprend un fort pourcentage de recouvrement d'espèces eutrophiles ne laissant pas la place aux autres espèces pour se développer. Un appauvrissement de la diversité spécifique est notable.

D'après le schéma de l'évolution des types AOP (**Figure 18**), les prairies classifiées en type AOP 34 avec un apport de fertilisant vont évoluer vers le type 12 voire ensuite vers le type 13 et 14. Si cette pratique de fertilisation est maintenue sur le long terme, toutes les prairies du site seront classées en type 14.

Etant donné la cohérence entre la méthode d'évaluation d'état de conservation et la typologie AOP du Massif central, cette dernière pourrait servir de clé d'entrée plus facilement utilisable par les agriculteurs pour évaluer l'état de conservation de leurs prairies. Elle apporte par ailleurs des éléments complémentaires très intéressants en termes de pratiques agricoles, entrée essentielle pour la discussion avec les exploitants agricoles.

### 3. 4| Méthode des arbres pour les prairies de fauche

3 groupes de prairies de fauche sont séparés par la méthode de Twinspan modified. Sur la DCA (**Figure 19**), un gradient trophique se dessine en projetant l'indice de nutriment d'Ellenberg en direction des groupes 2 et 3.

Le groupe 1 se sépare bien distinctement des deux autres du point de vue du cortège floristique. Il regroupe des relevés phytosociologiques considérés comme en bon état de conservation (**Figure 19**).

La composition floristique des relevés phytosociologiques du groupe 1 comprend des espèces caractéristiques (Tableau 18) sont *Nardus stricta*, *Potentilla erecta*, *Deschampsia flexuosa*, *Galium saxatile*, *Luzula campestris*, *Narcissus pseudonarcissus*. Ce cortège s'apparente au type 34 de la typologie AOP du Massif central. Il est caractéristique de prairies de fauche de montagne sur sol sain à frais et peu fertile.

Concernant les groupes 2 et 3, la méthode du MNHN les classe en état de conservation altéré ou même dégradé. Leur diversité spécifique est assez faible et comprend une forte proportion d'espèces nitrophiles (*Rumex acetosa*, *Taraxacum officinalis*,...). D'autres facteurs (type de sol, ...) non testés auraient pu être pertinents pour séparer les prairies de fauche en différents groupes.

Cependant, seulement 80 % des relevés phytosociologiques sont correctement assignés. Cela peut s'expliquer par le fait que la taille de l'échantillon n'est pas assez conséquente.

A l'aide des relevés de terrain, une clé de détermination basée sur la note de l'état de conservation de la méthode du MNHN a pu être créée et est applicable au site Natura 2000. D'après l'avis d'un expert (Romain Pradinas com. pers.), l'arbre paraît pertinent notamment car *Bromus hordeaceus* est une espèce caractéristique des prairies dégradées. Pour améliorer cette méthodologie, il aurait été nécessaire de disposer d'un jeu de données plus conséquent. Cependant sur le site Natura 2000 des Monts Dore, toutes les prairies de fauche ont été inventoriées. Etendre légèrement le périmètre de l'étude aurait pu être judicieux. L'arbre a également l'avantage d'être simple et de pouvoir servir de base de discussion claire avec un agriculteur.

## Conclusion

L'état de conservation d'un habitat est une notion récente et complexe. Sa définition reste peu évidente à aborder et il apparaît que l'état de conservation doit constituer un outil de diagnostic qui puisse aboutir à des discussions sur les modes de gestion agricoles et pastorales. La composition floristique d'une prairie dépend d'une multitude de paramètres (topographie, type de sol, gestion agricole, facteurs abiotiques...). Aujourd'hui, un panel de méthodologie existe pour évaluer l'état de conservation des habitats. Les méthodes nationales comme celle du MNHN pour les milieux agro-pastoraux, présentent l'avantage de proposer un cadre commun à l'échelle française mais ne prennent pas en compte les variations locales. Des compromis doivent être trouvés entre le temps disponible, la précision des connaissances des milieux...

Dans cette étude, plusieurs méthodes sont utilisées. Notamment, une méthodologie est créée et adaptée spécifiquement au contexte local du site Natura 2000. La démarche mise en place est applicable à d'autres types d'habitats dans le but d'évaluer l'état de conservation.

L'étude a permis d'avoir un état des lieux de l'état de conservation des nardaies et des prairies de fauche. Les nardaies sont globalement en bon état de conservation. Toutefois l'état de conservation des prairies de fauche est dégradé. Ces résultats constituent une base précieuse pour orienter les discussions sur la gestion des prairies avec les exploitants agricoles et cerner les enjeux pesant sur les milieux agro-pastoraux du site Natura 2000.

De plus, la typologie AOP a permis de comprendre l'évolution des prairies de fauche. Pour améliorer ces méthodologies d'évaluation de l'état de conservation, il serait intéressant d'intégrer les dynamiques de végétation pour avoir une vision non plus à l'échelle du polygone mais à l'échelle du site Natura 2000.

Pour valoriser cette étude, une présentation des résultats aux agriculteurs est souhaitable.

## Bibliographie

- AUDUBERT F., DUBOIS F., FROMONT J-L., MAHERAULT R. 2013. La Commission de volcanisme dans les monts Dore, Saga Information, n° 329,12 pp.
- BALENT G., DURU M., MAGDA D. 1993. Pratiques de gestion et dynamique de la végétation des prairies permanentes. Une méthode pour le diagnostic agro-écologique, une application écologique, une application aux prairies de l'Aubrac et de la vallée de l'Aveyron. Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement, 27, 283-302 pp.
- BELENGUIER L., BIRARD C., 2013. Document d'Objectifs du site Natura 2000 Monts Dore « FR 8301042 ». Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne/ Direction régionale de l'environnement Auvergne, 70 pp + annexes.
- BENSETTITI F., BOULLET V., CHAUAUDRET-LABORIE C., DENIAUD J. 2005. « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 4-Habitats agropastoraux. MATE/MAP/MNHN. La Documentation française, Paris, 2 volumes : 445 pp.
- BENSETTITI F., PUISSAUVE R., LEPAREUR F., TOUROULT J., MACIEJEWSKI L., 2012. Evaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire – Guide méthodologique – DHFF article 17, 2007-2012. Version 1 – Février 2012. Rapport SPN 2012-27, Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 76 pp + annexes.
- BILLY F., 2000. Prairies et pâturages en Basse Auvergne. Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest. Numéro spécial 20, 149-154 pp.
- BINNERT C., 2012. Stratégie d'évaluation et de suivi de l'état de conservation des zones tourbeuses d'altitude. Cas de la RNN de Nohèdes. Mémoire de fin d'études, AgroParisTech, 112 pp.
- BLEY A., 2015. Evaluation de l'état de conservation des prairies de fauche et prairies humides oligotrophes. Rapport d'étude, Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne, 33 pp.
- BOUZILLE J-B., 2014. Connaissance de la biodiversité végétale: Démarches et outils technologiques 1-104 pp.
- BRETON T., BUSSEREAU D., DE VILLEPIN D., 2015. Décret du 30 mars 2007, relatif à l'appellation d'origine contrôlée « Saint Nectaire ». Version consolidée du 26 août 2015. 13 pp.
- CAHIERS D'HABITATS NATURA 2000. TOME4 (volume 1), Habitats agropastoraux : Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire.

CARNINO N., 2009. Etat de conservation des habitats forestiers d'intérêt communautaire à l'échelle du site: Méthode d'évaluation et Guide d'application. Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 113 pp.

CARRERE P., SEYTRE L., PIQUET M., LANDRIEAUX J., RIVIERE J., CHABALIER C., ORTH D., 2012. Une typologie multifonctionnelle des prairies des systèmes laitiers AOP du Massif central combinant des approches agronomiques et écologiques. Fourrages, 209, 9-21 pp.

CEN L-R 2011. Suivi-évaluation de l'état de conservation des habitats IC contractualisés sur les sites Natura 2000 en Lozère. Phase II : Application de la méthode. CEN L-R 2011. 152pp.

CHARREIX Christelle 2015. Evaluation de l'état de conservation des nardaies montagnardes de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy. Rapport de stage Master 2 Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie. 65 pp

CHYTRY M., TICHY L., HOLT J., BOTTA-DUKAT Z., 2002. Determination of diagnostic species with staistical fidelity measures. J Veg Sci, 13, 79-90 pp.

DELPECH R., 1960. Critères de jugement de la valeur agronomique des prairies. Fourrages, 4, 83-98 pp.

EGAL E., NEHLIG P., 2010. Géobiodiversité: l'influence de la géologie sur la biodiversité, Géosciences, Thèse, 11 pp.

ELLENBERG H., 1974. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Verlag.

GENOT E., FILLOL N., 2012. Guide élaboré par le ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt/ Délégation à l'information et à la communication. Diaporama, 31 pp.

GLANGEAUD P., 1904. Esquisse géologique du massif du Mont-Dore et de la chaîne des puys, Clermont Ferrand, Louis Bellet imprimeur-librairie, 5 pp.

HACALA S., DOLLE J-B ., LE GALL A., VALLET A., 1999. Lisier ou fumier : quelle chaîne choisir de l'étable au champ, Article journée du 26 Octobre 1999, 15 pp.

HILL M.O., 1979. Twinspan. A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes, Ecology and Systematics, Cornell University, Ithaca, NY, US.

KLESCZEWSKI M. 2007. Elaboration de critères d'évaluation de l'état de conservation des habitats naturels du parc national des Cévennes. CEN L-R et CDSL. 63pp.

KLESCZEWSKI M., PONCET R., 2012. Les prairies de fauche de l'Aubrac lozérien (France, Massif central) : variabilité des cortèges et indicateurs d'état de conservation- Actes des secondes rencontres végétales du Massif Central- Limoges, 77-85 pp.

LEMOINE S., 2015. Evaluation de l'état de conservation des habitats agropastoraux de deux sites Natura 2000 sur le territoire du Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne : Chaîne des Puys et Cézallier. Mémoire de fin d'études Master EBEN, 179 pp.

MACIEJEWSKI L., 2012. État de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Rapport d'étude. Version 1-Février 2012. Rapport SPN 2012-21, Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 119 pp.

MACIEJEWSKI L., SEYTRE L., VANES J., DUPONT P. 2015. État de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Guide d'application. Version 3. Avril 2015. Rapport SPN 2015 - 43, Service du patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. 194 pp.

MARION B., 2010. Impact du pâturage sur la structure de la végétation : Interactions biotiques, traits et conséquences fonctionnelles. Thèse, Université de Rennes 1, « el-0056651 »

MICHALET R., PHILIPPE T., 1993. Les groupements à hautes herbes de l'étage subalpin des Monts Dore (Massif Central Français). Colloques phytosociologiques XXII: Syntaxonomie typologique des habitats, 398-413 pp.

NICOLAS S., RIGAUX P., 2007. Cartographie des habitats naturels et des espèces dans les sites Natura 2000 : FR8301042 « Monts Dore » dans le cadre du programme CHANES. Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne, 56 pp.

POIREL A., 2013. Elaboration d'une méthode d'évaluation de l'état de conservation et caractérisation phytosociologique de pelouses calcicoles : Cas de la Réserve Naturelle Nationale de la vallée de l'Eyne. Mémoire de fin d'études, AgroParisTech, 90 pp.

POPY S., 2009. Définition des enjeux relatifs à la biodiversité en Languedoc-Rousillon. Rapport, 21 pp.

RIEUTORT L., 2006. Massif central, hautes terres d'initiatives, CERAMAC, Hors série ISSN 1242-7780, Presses Univ Blaise Pascal, Chap3, 27 pp.

ROLECEK J., TICHY L., ZELENY D., CHYTRY M., 2009. Modified TWINSpan classification in which the hierarchy respects cluster heterogeneity, Journal of Vegetation Science, 20, 596-602 pp.

SCHMIDTLEIN S., TICHY L., FEILHAUER H., FAUDE U., 2010. A brute-force approach to vegetation classification, Journal of Vegetation Science, 21, 1162-1171 pp.

THEBAUD G., ROUX C., BERNARD C-E., DELCOIGNE A., 2014. Guide d'identification des végétations du nord du Massif central : Associations végétales et habitats naturels 274 pp.

VIRY D., 2013. Etat de conservation des habitats humides et aquatiques d'intérêt communautaire. Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000. Guide d'application. Version 1. Service du patrimoine naturel, MNHN, Paris, 33 pp.

### Sites consultés :

Site du **Ministère de l'agriculture et de l'agroalimentaire et de la forêt**: MAEC -Consulté le 24/03/16 <http://agriculture.gouv.fr/maec-les-nouvelles-mesures-agro-environnementales-et-climatiques-de-la-pac-2015>

Site de **Météo France** consulté le 29/03/16 <http://www.meteo-mc.fr/climat-Puy-de-Dome.html>

Site du **PNRVA**, <http://www.parcdesvolcans.fr/Une-charte>, consulté le 29/03/16

Site du **CEN Auvergne** <http://www.cen-auvergne.fr/-geologie-.html>, consulté le 29/03/16

Site de **l'INPN** <https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/habitat/6230-4> ou [6410-11](https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/habitat/6410-11) ou [6520-1](https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/habitat/6520-1), consulté le 07/04/16

### Logiciels :

QGIS Development Team, 2016, v 2.8.8 Wien

R Studio

Juice

### Liste des contacts :

Nom	Rôle	Structure	Adresse	Téléphone	Mail
Eric VALLE	Conservateur	Réserve de Chaudefour	Réserve naturelle nationale de la Vallée de Chaudefour 63790 Chambon-sur-Lac	04 73 88 68 80	contact@reservechaudefour.fr
Romain PRADINAS	Chargée d'étude flore	CBNMC	Le Bourg, 43230 Chavaniac- Lafayette	04 71 77 55 65	romain.pradinas@cbnmc.fr
Anne VILLEMÉY	Chargée d'étude (forêt ancienne)	CBNMC	Le Bourg, 43230 Chavaniac- Lafayette	04 71 77 55 65	anne.villemey@cbnmc.fr
Olivier ROQUETANIERE	SIGiste	PNRVA	Château de Montlosier, 63970 Aydat	04 73 65 64 26	oroquetanier@parcdesvolcans.fr
Camille THOMAS	Garde chargée d'étude	Réserve de Chastreix- Sancy	Le Bourg, 63680 Chastreix	04 73 21 59 43	cthomas@reservechastreix- sancy.fr

### Table des annexes :

Annexe 1 : Etat de l'art des méthodologies évaluant l'état de conservation de différents types d'habitat.....	65
Annexe 2 : Coefficient IS utilisé pour chaque espèce.....	69
Annexe 3 : Listes des atteintes et des espèces indicatrices des prairies de fauche de la méthode du MNHN.....	70
Annexe 4 : Correspondances utilisées de la note du MNHN pour chaque indicateur de la grille d'évaluation en état de conservation.....	73
Annexe 5 : Différents arbres de décision .....	73
Annexe 6 : Grille d'évaluation basée sur les arbres de décision pour l'évaluation de l'état de conservation des nardaies.....	76
Annexe 7 : Boxplot représentant le pourcentage des espèces hémicryptophytes stolonifères en fonction de leur état de conservation et résultats statistiques du test de Kruskal Wallis et du test de rang de Wilcoxon.....	78

Annexe 1 : Etat de l'art des méthodologies évaluant l'état de conservation de différents types d'habitat

Référence	Maciejewski et al. 2015		Poirel 2013		
Localisation	France		RN de la Vallée de l'Eyne		
Habitats	UE 6210 Pelouses sèches semi-naturelles et faciès d'embuissonnement sur calcaires ( <i>Festuco-Brometalia</i> )		UE 6210-6 Mésobromion pyrénéo catalan		
	UE 6410 Prairies à <i>Molinia</i> sur sols calcaires, tourbeux ou argilo-limoneux				
	UE 6430 – Mégaphorbiaies hydrophiles d'ourlets planitiaires et des étages		UE 6230-15 Tapis prairiaux mésophiles (nardais)		
	UE 6510 Pelouses maigres de fauche de basse altitude				
	UE 6520 Prairies de fauche de montagne				
Echantillonnage	5X5m (ou transect)		5X5m		
Objectifs	Evaluer l'état de conservation d'habitats agropastoraux de manière simple		Evaluer l'EC des habitats agropastoraux dans la vallée de l'Eyne		
Indicateurs	Surface couverte	Surface de l'habitat		Surface	Spectre des types biologiques de Raunkiaer, espèces d'ourlet, caractéristiques abiotiques ou traits stationnels, évaluation de la variation de la surface estimée dans le polygone
		Connectivité			
	Composition, structure et fonctionnement	Couverture du sol		Composition	Espèces: caractéristiques du régime pastoral,allochtones, Rhopalocères
		Composition spécifique	Composition floristique		
			Composition faunistique (Lépidoptères diurnes)		
	Altérations	Atteintes au niveau du polygone		Fonctionnement	Liste des espèces eutrophiles,recouvrement par la litière, activités des coprophages
Atteintes "diffuses" au niveau du site		Structure	Recouvrement en sol nu, espèces: peu sensibles dont la dominance est signe de perturbation, de landes, de ligneux pré-forestiers		
Note finale EC	Note dégressive sur 100		Moyennes des notes /indicateur (Binnert 2012)		
Avantages	Pas de relevés de phytosociologie, mais sur présence/absence		non (Synthèse bibliographique pour mise en place méthode d'évaluation des prairies calcicoles)		
Limites	Pas pour tous les habitats		Méthode applicable spécifiquement 6310-6		

Référence	CEN-LR (2011)		Bensettiti F. et al (2012)	Kleszczewski M. et al (2012)	
Localisation	Lozère		France	Aubrac lozérien	
Habitats	3130_annuelles et vivaces, 3140, 3170_annuelles et vivaces, 4030,4060, 5110, 5120,5130, 5210, 6110, 6210, 6220-6, 6230, 6410, 6420,6520, 7110, 7120, 7140,7150, 7220, 7230, 8230, 9260		Habitats de la DHFF	6520- Prairies de fauche montagnardes	
Echantillonnage	Par polygones d'habitat		Transect /points de contact	Quadrat 2.5X2.5 km2	
Objectifs	Guide méthodologique pour évaluer et suivre l'EC des habitats d'intérêt communautaire aux échelles de l'habitat et de l'unité de gestion		Guide méthodologique pour l'évaluation de l'EC de l'espèce ou de l'habitat	Evaluer l'état écologique d'une prairie	
Indicateurs	Structure	% de recouvrement de jeunes arbres, d'arbustes, de ligneux, de litière, de sol, Superficie du grpmnt de ligneux bas impactée	Aire de répartition naturelle	Structure	Recouvrement de substrat, de litière, de jeunes arbres et buissons, d'arbustes et d'arbustes, nombre de strates
			Surface recouverte / l'habitat dans son aire de répartition		
	Cortège (adapatation pour chaq. habitat au niv. Régional)	% de recouvrement des espèces allochtones, rudérales (nitrophiles), "typicité" du cortège végétale avec espèces "indicatrices positives (niv. trophique bas) et négatives "(glissement de cortège)	Structure et fonctions (avec espèces typiques)	Composition	Recouvrement d'espèces rudérales, allochtones, d'ombellifères vivaces eutrophiles, de Pissenlits
Dégradations	Superficie touchée / des dégradations: physiques, pollutions, drains, traces de véhicules	Perspectives futures au regard de l'aire de répartition, la surface couverte,...	Dégradations	Physiques, dépôts divers, plantations, retournement.	
Note finale EC	Méthodes communautaires (note final= celle indicateur le moins bien noté)		Principe de "précaution"	Méthodes communautaires	

<b>Référence</b>	<b>Carnino 2009</b>	<b>Méthode UNIVEGE (Herbiers Universitaires de Clermont-Ferrand)</b>	<b>Maciejewski 2016</b>			
<b>Localisation</b>	France	Chaîne des puys	France			
<b>Habitats</b>	Habitats forestiers	6210-9, 4030-13, 4030-17, 4030-14, 6430-2, 6510-3, 5130	Habitats forestiers d'intérêt communautaire			
<b>Echantillonnage</b>	Placette circulaire de 1250m2	Points "placette"	Placette de 1250 m2			
<b>Objectifs</b>	Guide d'application de la méthode d'évaluation des habitats forestiers	Conservation des habitats agropastoraux sur la Chaîne des Puys	Evaluer l'état de conservation des habitats forestiers de manière simple au niveau national			
<b>Indicateurs</b>	Structure et fonctionnalité de l'habitat (placette)	Proportion d'essences non typiques de l'habitat	Indice de fertilisation/ eutrophisation	Surface couverte	Surface de l'habitat	
		Proportion de la flore typique de l'habitat présente			Morcellement/fragmentation	
		Quantité de Très Gros Bois (TGB)		Indice de piétinement	Composition, Structure, Fonction	Intégrité de la composition
		Surface en jeune peuplement(JP)				Cycle sylvigénétique
		Problème de régénération				Cycle de la matière
		Quantité d'arbres morts sur pied et au sol				
	Atteintes lourdes (placette)	Recouvrement espèces exotiques	Indice d'abandon			
		Dégâts au sol				
		Perturbation hydrologique				
		Autres atteintes: problèmes sanitaires, ravageurs, remblaiement				
	Atteintes diffuses (site)	Impact des grands ongulés sur la végétation	Indice d'érosion	Altérations	Atteintes au niveau de l'unité	
		Impact de la surfréquentation humaine sur l'habitat			Atteintes diffuses au niveau du site	
Impact des incendies						
<b>Note finale EC</b>	Note comprise entre 0 et 100 sur une échelle	Diagramme radar avec les 4 indicateurs	Note dégressive sur 100			

Référence	Kluszczewski M. (2007)		Binnert 2012		
Localisation	Parc National des Cévennes		RNN de Nohède		
Habitats	7220, 3240, 3250, 3260, 3270, 3280, 3290, 3140, 3150, 6430, 3110, 3130, 3170, 7230, 6310, 7110, 7150, 7140, 6110, 6220, 6230, 6130, 6210, 6510, 6520, 6310, 4030, 4030, 5130		Zones humides		
Echantillonnage	Non mentionné		Transect		
Objectifs	Elaboration de critères d'évaluation de l'EC des habitats naturels du PNC		Suivi de l'EC des zones tourbeuses d'altitude		
Indicateurs	Intégralité des structures typiques de l'habitat	Recouvrement d"herbacées en touffes hautes, sol nu, espèces ligneuses hautes, ligneux bas	Structure	Fermeture du milieu	Recouvrement par ligneux bas, ligneux moyens et hauts
				Destruction du milieu	% d'habitat destructuré, % de sol nu
				Morcellement ou isolement	Linéaire de pistes ou sentes qui traservent la zone
	Intégralité du cortège floristique typique	Graminées et cypéracées, plantes à fleurs, ligneux bas	Composition	Eutrophisation du milieu	Déjections, algues vertes, valences écologiques de Julve
				Modification des cond. hydrologiques	Valences écologiques de Julve
	Perturbations	Eutrophisation,retournement, sur-semis, broyage, mise en culture, plantation de ligneux, fréquentation d'engins motorisés, surpiétinement, utilisation de produits phytosanitaires, dégâts de sangliers	Processus	Assèchement	Signes d'assèchement sur la zone
Note finale EC			Moyenne des valeurs des indicateurs		
Remarques			Calibration de la méthode pour les ZH de cette réserve		

Annexe 2 : Coefficient IS utilisé pour chaque espèce

Espèce	IS	Espèce	IS
Achillea millefolium L.	2	<b>Molinia caerulea (L.) Moench</b>	1
Agrostis capillaris L.	3	<b>Nardus stricta L.</b>	0
Agrostis rupestris All.	1	<b>Patzkea paniculata (L.)</b>	2
Anthoxanthum odoratum L.	1	<b>Pedicularis foliosa L.</b>	0
Arnica montana L.	0	<b>Pedicularis sylvatica L.</b>	0
Avenella flexuosa (L.) Drejer	1	<b>Phleum pratense L.</b>	5
Avenula pubescens (Huds.) Dumort.	3	<b>Phyteuma hemisphaericum L.</b>	0
Blitum bonus-henricus (L.) C.A.Mey.	0	<b>Phyteuma spicatum L.</b>	0
Briza media L.	1	<b>Plantago alpina L.</b>	1
Campanula glomerata L.	0	<b>Plantago lanceolata L.</b>	2
Campanula scheuchzeri	0	<b>Poa annua L.</b>	2
Carex caryophyllea Latourr.	1	<b>Poa chaixii Vill.</b>	2
Carex leporina L.	1	<b>Poa pratensis L.</b>	4
Carex nigra (L.) Reichard	1	<b>Poa supina Schrad.</b>	2
Carex pilulifera L.	1	<b>Poa trivialis L.</b>	4
Carex umbrosa Host	1	<b>Polygala serpyllifolia</b>	0
Carex vaginata Tausch	1	<b>Polygala vulgaris L.</b>	0
Carum carvi L.	2	<b>Polygonum aviculare L.</b>	0
Cerastium alpinum L.	0	<b>Potentilla aurea L.</b>	0
Cerastium fontanum	0	<b>Ranunculus bulbosus L.</b>	0
Dactylis glomerata L.	5	<b>Rumex acetosa L.</b>	0
Danthonia decumbens (L.) DC.	1	<b>Rumex acetosella L.</b>	0
Deschampsia cespitosa (L.) P.Beauv.	2	<b>Rumex alpinus L.</b>	0
Festuca pratensis Huds.	5	<b>Scorzoneroides autumnalis</b>	1
Festuca rubra L.	2	<b>Soldanella alpina L.</b>	0
Geum montanum L.	0	<b>Taraxacum sect. Taraxacum</b>	2
Juncus squarrosus L.	0	<b>Tragopogon pratensis L.</b>	1
Juncus tenuis Willd.	0	<b>Trifolium alpinum L.</b>	3
Lathyrus linifolius (Reichard) Bässler var. montan	3	<b>Trifolium pratense L.</b>	4
Lathyrus pratensis L.	3	<b>Trifolium repens L.</b>	4
Leontodon hispidus L.	1	<b>Trisetum flavescens (L.) P.Beauv.</b>	3
Lotus corniculatus L.	3	<b>Trollius europaeus L.</b>	0
Luzula campestris (L.) DC.	0	<b>Vaccinium myrtillus L.</b>	0
Luzula desvauxii Kunth	0	<b>Vaccinium uliginosum L.</b>	0
Luzula multiflora (Ehrh.) Lej.	0	<b>Veronica arvensis L.</b>	0
Luzula spicata	0	<b>Veronica chamaedrys L.</b>	0
Luzula sudetica (Willd.) Schult.	0	<b>Veronica officinalis L.</b>	0

Meum athamanticum Jacq.	1	Veronica serpyllifolia L.	0
-------------------------	---	---------------------------	---

Annexe 3 : Listes des atteintes et des espèces indicatrices des prairies de fauche de la méthode du MNHN

▪ **Espèces du régime de fauche**

Nom valide TAXREF (liste avril 2015)
<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P.Beauv. ex J.Presl & C.Presl, 1819
<i>Crepis biennis</i> L., 1753
<i>Galium mollugo</i> L., 1753
<i>Heracleum sphondylium</i> L., 1753
<i>Knautia arvernensis</i> (Briq.) Szabo
<i>Lathyrus pratensis</i> L., 1753
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke, 1869
<i>Tragopogon pratensis</i> L., 1753
<i>Trisetum flavescens</i> (L.) P.Beauv., 1812
<i>Vicia cracca</i> L., 1753
<i>Vicia sepium</i> L., 1753

▪ **Espèces eutrophiles**

Nom valide TAXREF
<i>Rumex obtusifolius</i> L.
<i>Chenopodium bonus-henricus</i> L.
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill. Subsp. Media
<i>Urtica dioica</i> L.
<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.
<i>Silene dioica</i> (L.) Clairv.
<i>Heracleum sphondylium</i> L., 1753
<i>Rumex crispus</i> L.
<i>Lolium perenne</i> L.
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop
<i>Poa trivialis</i> L.
<i>Phleum pratense</i> L.
<i>Bromus hordaceus</i> (L.) Hoffm.
<i>Chaerophyllum aureum</i> L.
<i>Taraxacum</i> F.H. Wiggers
<i>Elytrifia repens</i> (L.) Desv. ex Nevski

▪ **Espèces des prairies fleuries**

Espèces des prairies fleuries (2011)
<i>Achillea</i> sp.

<i>Anthyllis vulneraria</i>
<i>Arnica montana</i>
<i>Astragalus sp. /Hippocrepis sp./ Coronilla sp.</i>
<i>Campanula sp.</i>
<i>Centaurea sp. /Serratula sp.</i>
<i>Blackstonia sp. Centaurium sp.</i>
<i>Meum sp.</i>
<i>Galium verum</i>
<i>Genista tinctoria/Genista sagittalis/ Cytisus decumbens</i>
<i>Geranium sylvaticum ou Geranium phaeum</i>
<i>Lathyrus sp./Vicia sp./Medicago sp.</i>
<i>Leucanthenum vulgare</i>
<i>Helianthenum sp./ Fumana sp.</i>
<i>Knautia sp./ Scabiosa sp./ Succisa sp.</i>
<i>Limonium sp.</i>
<i>Linum sp.</i>
<i>Leontodon sp./ Hieracium sp./ Crepis sp.</i>
<i>Lotus sp.</i>
<i>Narcissus sp.</i>
<i>Orchidées/ Dianthus sp.</i>
<i>Rumex acetosa L. / Rumex acetosella</i>
<i>Sanguisorba sp./Sanguisorba minor/ Sanguisorba officinalis</i>
<i>Polygala sp.</i>
<i>Caltha palustris</i>
<i>Phyteuma sp.</i>
<i>Polygonum bistorta</i>
<i>Rhinanthus sp.</i>
<i>Onobrychis sp.</i>
<i>Tragopogon sp./ Scorzonera sp.</i>
<i>Salvia sp.</i>
<i>Saxifraga granulata</i>
<i>Silene sp.</i>
<i>Thymus sp./ Satujera sp./ Lavandula sp.</i>
<i>Trifolium sp.</i>

▪ **Espèces indicatrices d'un bon état de conservation**

Nom valide TAXREF
<i>Avenula pubescens</i>
<i>Briza media</i>

<i>Campanula lanceolata</i>
<i>Centaurea jacea</i> subsp. <i>Jacea</i>
<i>Crepis mollis</i>
<i>Crocus vernus albiflorus</i>
<i>Galium pumilum</i>
<i>Galium verum</i>
<i>Lathyrus linifolius</i> subsp. <i>Montanus</i>
<i>Lotus corniculatus</i>
<i>Luzula campestris</i>
<i>Meum athamanticum</i>
<i>Narcissus poeticus</i>
<i>Noccaea brachypetala</i>
<i>Noccaea caerulescens</i>
<i>Phyteuma spicatum</i>
<i>Poa chaixii</i>
<i>Rhinanthus minor</i>
<i>Saxifraga granulata</i>
<i>Stachys officinalis</i>
<i>Trollius europaeus</i>
<i>Viola lutea</i>

▪ **Liste des atteintes**

Atteintes au niveau de l'unité	Points
Rat taupier 0-10% de la surface	1
Rat taupier >10% de la surface	2
Litière >10% de la surface	2
Tassement dû à des engins 0-5% de la surface	1
Tassement dû à des engins > 5% de la surface	2
Autres atteintes ponctuelles (place du fumier,...)	1

Indicateur du MNHN	Modalité	Note	EC
Espèces eutrophiles	0-20 % d'espèces de la liste	0	A
	20-40 % d'espèces de la liste	-20	B
	plus 40 % d'espèces de la liste	-40	C

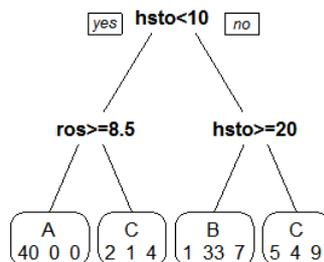
Prairie fleurie	0-3 plantes	-40	C
	3-8 plantes	-30	C
	8-13 plantes	-10	B
	plus de 13 plantes	0	A
Espèces indicatrices d'un bon EC	0-2 plantes	-40	C
	3-5 plantes	-30	C
	6-8 plantes	-10	B
	plus de 8 plantes	0	A
Atteintes	$\Sigma$ des points des atteintes = 1	-5	A
	$\Sigma$ des points des atteintes = 2	-10	B
	$\Sigma$ des points des atteintes = 3	-15	C

Annexe 4 : Correspondances utilisées de la note du MNHN pour chaque indicateur de la grille d'évaluation en état de conservation.

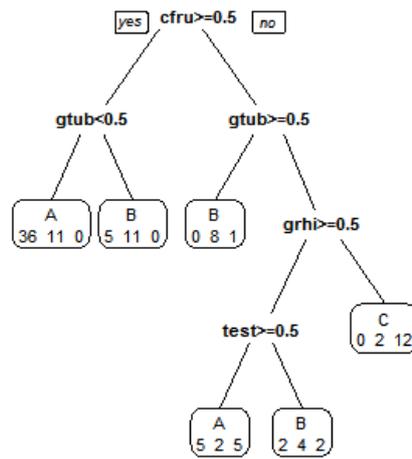
#### Annexe 5 : Différents arbres de décision

**Arbre de décision 1 :** Nombre d'espèce présente par type de traits de vie dans la liste des espèces diagnostiq

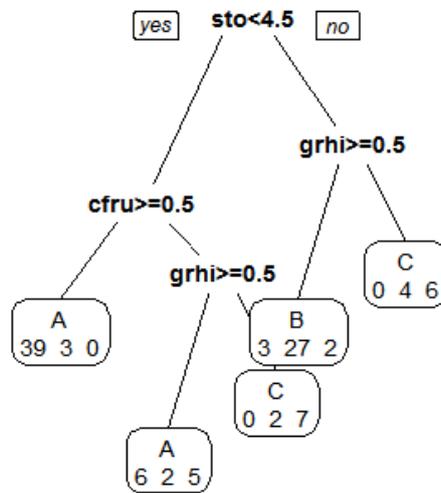
ues appartenant à chaque état de conservation (% d'erreur de 6,15 de classer un relevé phytosociologique dans un état de conservation erroné)



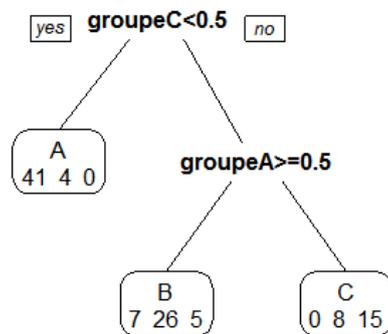
**Arbre de décision 2 :** Présence/absence des espèces diagnostiques par traits de vie (% d'erreur de 6,56 de classer un relevé phytosociologique dans un état de conservation erroné)



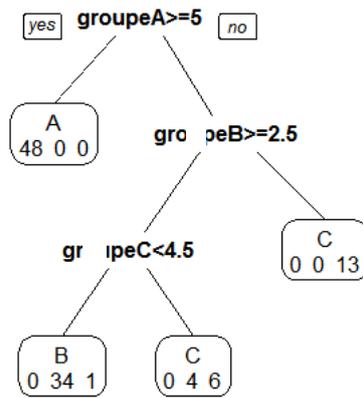
**Arbre de décision 3 :** Coefficient d'abondance dominance des espèces par traits de vie (% d'erreur de 6,06 de classer un relevé phytosociologique dans un état de conservation erroné)



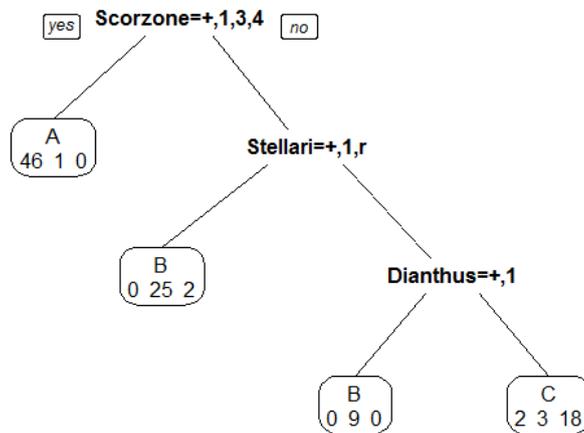
**Arbre de décision 4 :** Présence/absence des espèces caractéristiques selon leur état de conservation (% d'erreur de 5,18 de classer un relevé phytosociologique dans un état de conservation erroné)



**Arbre de décision 5 :** Nombre d'espèce présente selon la liste des espèces diagnostiques appartenant à chaque état de conservation (% d'erreur de 5,96 de classer un relevé phytosociologique dans un état de conservation erroné)



**Arbre de décision 6 :** Coefficient d'abondance des espèces selon leur état de conservation (% d'erreur de 5,42 de classer un relevé phytosociologique dans un état de conservation erroné)

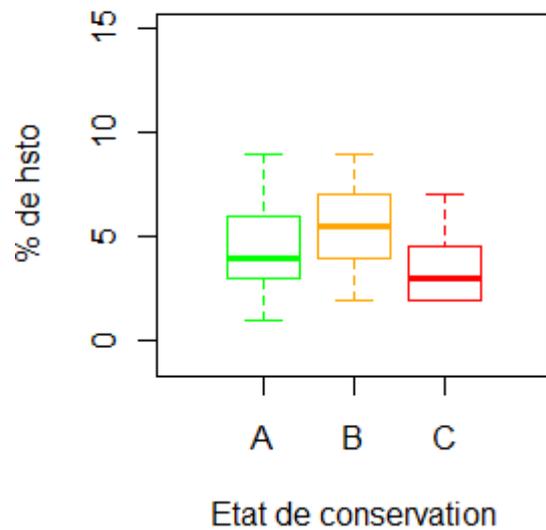


Annexe 6 : Grille d'évaluation basée sur les arbres de décision pour l'évaluation de l'état de conservation des nardaies

Indicateurs	n°	Listes d'espèces	Critères	Clé de détermination pour l'EC		
Indicateur architecturaux	0	Galium saxatile, Jasione laevis, Poa chaixii, Trifolium repens, Cerastium fontanum, Galium verum, Stellaria graminea, Achillea millefolium, Agrostis capillaris, Veronica chamaedrys, Briza media, Veronica officinalis, Galium pumilum, Poa supina, Pilosella lactucella, Ranunculus repens, Polygala serpyllifolia, Veronica serpyllifolia, Carex nigra, Cerastium alpinum, Holcus mollis, Gnaphalium norvegicum, Stellaria alsine	Nbre d'espèces stolonifères <4	oui (1)	non (2)	
				<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
	1	Calluna vulgaris, Vaccinium myrtillus, Vaccinium uliginosum, Genista pilosa, Genista sagittalis, Genista tinctoria	Nbre d'espèces frutescentes ≥0,5	oui	non (1.1)	non (1.1)
	1.1	Trifolium alpinum, Carex caryophylla, Anemone nemorosa, Viola lutea, Poa pratensis, Festuca rubra, Urtica dioica, Pteridium aquilinum, Carex vaginata, Festuca trichophylla, Festuca rubra, Festuca heteromalla	Nbre d'espèces à rhizome ≥0,5	oui		non
	2	Trifolium alpinum, Carex caryophylla, Anemone nemorosa, Viola lutea, Poa pratensis, Festuca rubra, Urtica dioica, Pteridium aquilinum, Carex vaginata, Festuca trichophylla, Festuca rubra, Festuca heteromalla	Nbre d'espèces à rhizome ≥0,5		oui	non
Indicateur architecturaux	0	Calluna vulgaris, Vaccinium myrtillus, Vaccinium uliginosum, Genista pilosa, Genista sagittalis, Genista tinctoria	Présence d'au moins d'une sp frutescente	oui(1)	non(2)	
				<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
	1	Ranunculus tuberosus, Anacamptis pyramidalis, Dactylorhiza maculata, Bistorta vivipara, Platanthera chlorantha	Présence d'au moins une sp à tubercule	oui	non	
	2		Présence d'au moins une sp à tubercule		oui	non (2.1)
	2.1	Trifolium alpinum, Carex caryophylla, Anemone nemorosa, Viola lutea, Poa pratensis, Festuca rubra, Urtica dioica, Pteridium aquilinum, Carex vaginata, Festuca trichophylla, Festuca rubra, Festuca heteromalla	Présence d'au moins une sp à rhizome	oui (2.2)	oui (2.2)	non
	2.2	Euphrasia minima, Veronica arvensis, Galeopsis tetrahit, Polygonum aviculare, Rhinanthus minor, Sagina procumbens, Euphorbia stricta, Euphrasia stricta, Stellaria media, Poa annua, Gentianella campestris, Euphrasia officinalis	Présence d'au moins une thérophyte estivale	oui	non	
			<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	
Indicateur du niveau trophique	0	Blitum bonus-henricus, Poa supina, Plantago major, Trifolium pratense, Ranunculus acris, Cerastium fontanum, Trisetum flavescens, Dactylis glomerata, Rumex acetosa, Persicaria bistorta, Taraxacum sect. Taraxacum, Poa trivialis, Veronica arvensis, Tragopogon pratensis, Bromus hordeaceus	Présence d'au moins une espèce diagnostique du groupe C <0,5	oui	non(1)	non(1)

	1	Succisa pratensis, Jasione laevis, Carex caryophyllea, Patzkea paniculata, Campanula scheuchzeri, Carex pilulifera, Galium saxatile, Helictochloa versicolor, Agrostis rupestris, Gentiana pneumonanthe, Lathyrus linifolius, Phyteuma hemisphaericum, Anemone scherfelii, Euphrasia minima, Arnica montana, Potentilla erecta, Trifolium alpinum, Vaccinium myrtillus, Calluna vulgaris, Luzula multiflora, Gentiana lutea, Avenella flexuosa, Scorzoneroïdes pyrenaica.	Présence d'au moins une espèce diagnostique du groupe A $\geq 0,5$		oui	non
				<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Indicateur du niveau trophique	0	Succisa pratensis, Jasione laevis, Carex caryophyllea, Patzkea paniculata, Campanula scheuchzeri, Carex pilulifera, Galium saxatile, Helictochloa versicolor, Agrostis rupestris, Gentiana pneumonanthe, Lathyrus linifolius, Phyteuma hemisphaericum, Anemone scherfelii, Euphrasia minima, Arnica montana, Potentilla erecta, Trifolium alpinum, Vaccinium myrtillus, Calluna vulgaris, Luzula multiflora, Gentiana lutea, Avenella flexuosa, Scorzoneroïdes pyrenaica.	Nbre d'espèces diagnostiques du groupe A $\geq 5$	oui	non(1)	non(1)
	1	Veronica officinalis, Poa pratensis, Stellaria graminea, Trifolium pratense, Potentilla erecta, Dianthus seguieri, Centaurea jacea, Luzula campestris, Plantago lanceolata, Galium verum, Pilosella officinarum, Stellaria graminea, Genista sagittalis, Achillea millefolium, Betonica officinalis, Festuca nigrescens, Briza media, Campanula scheuchzeri, Hypochaeris radicata, Leontodon hispidus, Thymus pulegioides, Galium pumilum, Danthonia decumbens, Lotus corniculatus, Genista tinctoria	Nbre d'espèces diagnostiques du groupe B $\geq 2$		non(2)	oui
	2	Blitum bonus-henricus, Poa supina, Plantago major, Trifolium pratense, Ranunculus acris, Cerastium fontanum, Trisetum flavescens, Dactylis glomerata, Rumex acetosa, Persicaria bistorta, Taraxacum sect. Taraxacum, Poa trivialis, Veronica arvensis, Tragopogon pratensis, Bromus hordeaceus	Nbre d'espèces diagnostiques du groupe C $< 4$		oui	non
Indicateur du niveau trophique				<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
	0	$\geq 1\%$ de recouvrement de Scorzoneroïdes pyrenaica		oui	non(1)	non(1)
	1	$\geq 0,5\%$ de recouvrement de Stellaria graminea			oui	non (1.1)
	1.1	$\geq 1\%$ de recouvrement de Dianthus seguieri			oui	non
Indicateur du niveau trophique	0	Galium saxatile, Jasione laevis, Poa chaixii, Trifolium repens, Cerastium fontanum, Galium verum, Stellaria graminea, Achillea millefolium, Agrostis capillaris, Veronica chamaedrys, Briza media, Veronica officinalis, Galium pumilum, Poa supina, Pilosella lactucella, Ranunculus repens, Polygala serpyllifolia, Veronica serpyllifolia, Carex nigra, Cerastium alpinum, Holcus mollis, Gnaphalium norvegicum, Stellaria alsine	% de recouvrement des espèces stolonnifères $< 10$	oui(1)	non(2)	
				<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
	1	Arnica montana, Gentiana lutea, Hypochaeris maculata, Hypochaeris radicata, Juncus squarrosus, Knautia arvernensis, Knautia basaltica, Leontodon hispidus, Meum athamanticum, Phyteuma hemisphaericum, Pilosella officinarum, Plantago alpina, Plantago lanceolata, Plantago major, Pseudorchis albida, Rumex acetosa, Rumex acetosella, Rumex obtusifolius, Scorzoneroïdes autumnalis, Scorzoneroïdes pyrenaica, Soldanella alpina, Taraxacum sect., Viola hirta, Viola palustris	% de recouvrement des espèces en rosette $\geq 8$	oui	non	
	2		% de recouvrement des espèces en rosette $\geq 20$		oui	non

Annexe 7 : Boxplot représentant le pourcentage des espèces hémicryptophytes stolonifères en fonction de leur état de conservation et résultats statistiques du test de Kruskal Wallis et du test de rang de Wilcoxon.



```
> kruskal.test(tab1$pourc~tab1$groupe)
kruskal-wallis rank sum test
data: tab1$pourc by tab1$groupe
Kruskal-wallis chi-squared = 16.9306, df = 2, p-value = 0.0002106

> pairwise.wilcox.test(tab1$pourc,tab1$groupe)
Pairwise comparisons using wilcoxon rank sum test
data: tab1$pourc and tab1$groupe
  A      B
B 0.00898 -
C 0.09689 0.00025
P value adjustment method: holm
Message d'avis :
```

Annexe 8 : Extrait des 300 relevés phytosociologiques de nardaies

Releve number	20981	20982	20983	20984	20985	20986	20987	20988	17311
<i>Achillea millefolium</i>		1+	+		+				
<i>Agrostis capillaris</i>	+		2+						+
<i>Alchemilla vulgaris</i>	+								
<i>Anemone nemorosa</i>			+				+	+	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i>			+	+				+	
<i>Arnica montana</i>							+		+
<i>Betonica officinalis</i>						+			+
<i>Briza media</i>		+							
<i>Calluna vulgaris</i>							+	2	2
<i>Carex ovalis</i>	2								
<i>Carex pilulifera</i>								+	+
<i>Cirsium palustre</i>	2								
<i>Cytisus oromediterraneus</i>						2	2		
<i>Conopodium majus</i>	+	+	+			+			
<i>Deschampsia cespitosa</i>	+				+				
<i>Deschampsia flexuosa</i>		2	+		2	2		2	
<i>Dianthus seguieri</i>			+						
<i>Dianthus sylvaticus</i>				+					
<i>Euphorbia hyberna</i>						2+			
<i>Festuca nigrescens</i>		+			+				
<i>Festuca rubra</i>	2	2	2	2	2		+		2
<i>Galium saxatile</i>	+	1+	+	+		2		+	+
<i>Galium verum</i>			+			+	+		
<i>Genista pilosa</i>								+	+
<i>Genista sagittalis</i>						+			
<i>Genista tinctoria</i>		+			+				
<i>Gentiana lutea</i>		+	+	2		2	2	2	2
<i>Hypericum maculatum</i>							+		
<i>Jasione laevis</i>	+								
<i>Juncus effusus</i>		2							
<i>Scorzoneroides pyrenaica</i>		1		+		+	+	+	+
<i>Lotus corniculatus</i>	+		+				+		
<i>Luzula sylvatica</i> subsp sieberi									
<i>Luzula campestris</i>		+			+	+		+	
<i>Luzula multiflora</i>			+	+					+
<i>Meum athamanticum</i>	+	+	+	+		+		2+	+
<i>Myosotis scorpioides</i>	+								
<i>Narcissus pseudonarcissus</i>					+				
<i>Nardus stricta</i>	2	2	2+		2	2	2	2	2
<i>Pilosella officinarum</i>		+	+	+		+			

Plantago alpina							+		
Platanthera bifolia									+
Poa chaixii	+	+		2+		2+			
Poa supina			+						
Poa trivialis	+								
Polygala serpyllifolia		+		+					
Polygala vulgaris							+		+
Polygonum bistorta		2		+	+			+	
Potentilla erecta	+		1+	+		+	+	+	+
Ranunculus acris	+	+		+		+			
Rumex acetosella	+	+	+		+				
Scorzoneroides pyrenaica				+		+	+	+	+
Serratula tinctoria		+					+	+	+
Solidago virgaurea								+	+
Stellaria graminea		+		+		+			
Stellaria media	+		+	+	+		+		+
Stellaria alsine									
Thymus pulegioides		+				+		2+	+
Trifolium alpinum							+		
Trifolium repens				+					
Trifolium pratense	+		+			+		2	
Vaccinium myrtillus								+	+
Vaccinium uliginosum	+								
Veronica chamaedrys			+		+		+		
Veronica officinalis		+		+		+	+		+
Veronica serpyllifolia									
Viola lutea		+	+	+		+			+