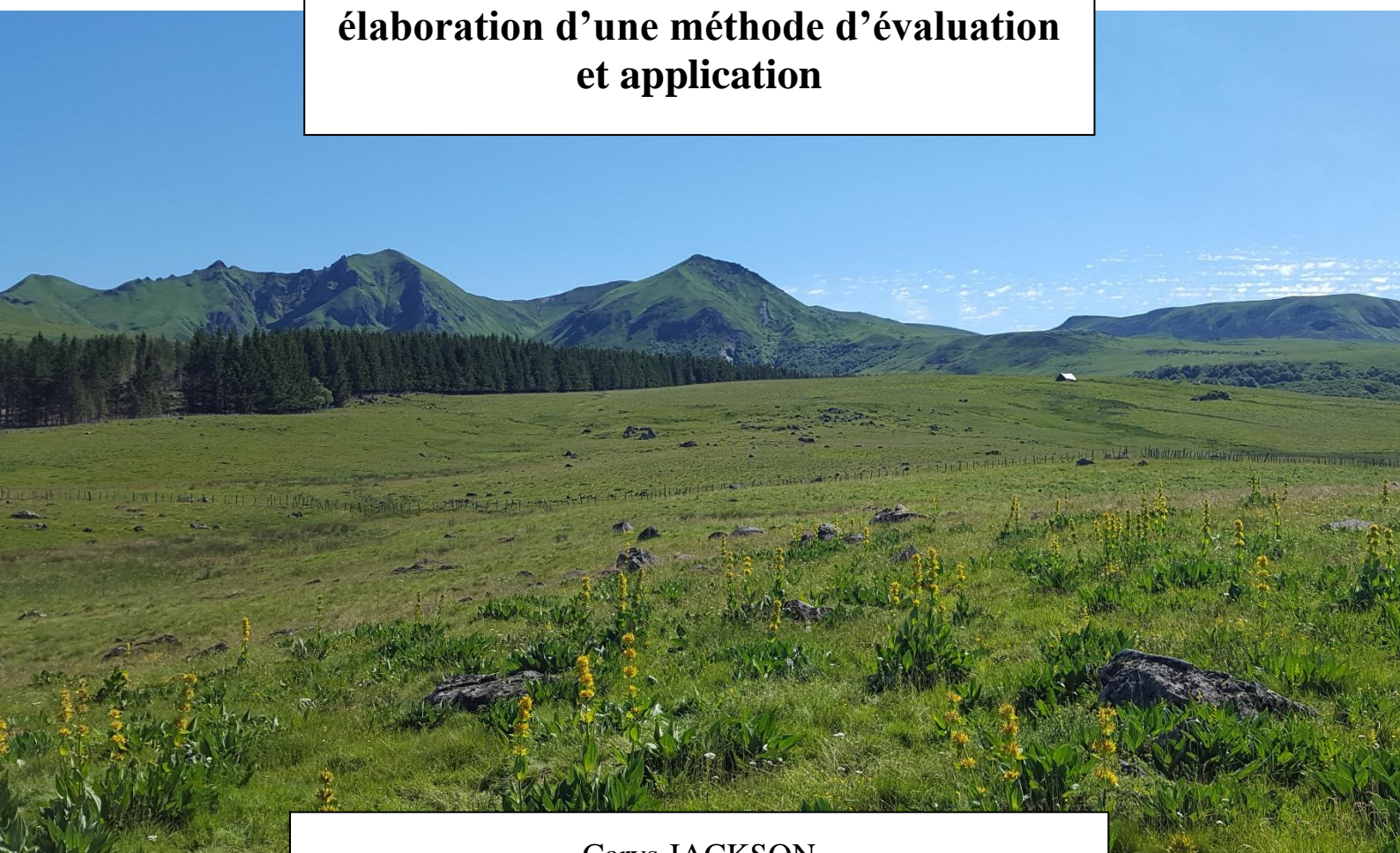


VetAgro Sup

Mémoire de fin d'études d'ingénieur

**L'état de conservation des pelouses
montagnardes de la réserve naturelle
nationale de Chastreix-Sancy :
élaboration d'une méthode d'évaluation
et application**



Carys JACKSON

Option Ingénierie du Développement Territorial

2014 - 2017



Réserve Naturelle Nationale
CHASTREIX SANCY



VetAgro Sup

VetAgro Sup

Mémoire de fin d'études d'ingénieur

**L'état de conservation des pelouses
montagnardes de la réserve naturelle
nationale de Chastreix-Sancy :
élaboration d'une méthode d'évaluation
et application**

Carys JACKSON

Option Ingénierie du Développement Territorial

2014 – 2017

Maître de stage : Thierry LEROY

Tuteur pédagogique : Adrien PINOT



Réserve Naturelle Nationale
CHASTREIX SANCY



VetAgro Sup

Page de couverture : Pelouses montagnardes de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy.
Carys JACKSON.

Toutes les photographies et illustrations du rapport sont de l'auteur, sauf mention contraire.

L'étudiant conserve la qualité d'auteur ou d'inventeur au regard des dispositions du code de la propriété intellectuelle pour le contenu de son mémoire et assume l'intégralité de sa responsabilité civile, administrative et/ou pénale en cas de plagiat ou de toute autre faute administratives, civile ou pénale. Il ne saurait, en cas, seul ou avec des tiers, appeler en garantie VetAgro Sup.

[Résumé]

La conservation des milieux agropastoraux est étroitement liée aux pratiques agricoles. Avec l'intensification de ces dernières, la conservation des milieux agropastoraux devient un enjeu croissant dans le Massif central. En accord avec cet enjeu et l'objectif de protection des milieux naturels des réserves naturelles de France, la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy souhaite évaluer l'impact des pratiques agricoles sur les milieux agropastoraux qu'elle abrite. Ceci implique une évaluation de l'état de conservation de ses pelouses montagnardes.

Tout d'abord, une méthode d'évaluation de l'état de conservation des pelouses montagnardes est élaborée. Celle-ci repose sur leur principal indicateur de dégradation : le niveau trophique. La note finale est attribuée en fonction du nombre d'espèces présentes parmi les listes d'espèces indicatrices de chacun des trois états de conservation : A (bon), B (altéré), C (dégradé). Cette méthode est ensuite appliquée sur la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy. A l'échelle de la TRAME agropastorale du Massif central, la majorité des pelouses est en bon état de conservation. Néanmoins, pour répondre aux exigences d'une réserve naturelle de France, la notation employée est plus stricte. De manière générale, les parcelles d'altitude sont principalement en bon état de conservation, alors que les parcelles de proximité sont altérées ou dégradées. Une présentation des résultats de cette étude aux agriculteurs est prévue, de même qu'un suivi sur le long terme de l'état de conservation.

Mots-clés : état de conservation, pelouses montagnardes, espèces indicatrices

[Abstract]

Conservation of agro-pastoral environments is closely linked to agricultural practices. With their intensification, the conservation of agro-pastoral habitats is a growing issue in the Massif central. In accordance with one of the main goals of French Nature Reserves (protecting natural environments), the Chastreix-Sancy National Nature Reserve wishes to evaluate the impact of agricultural practices on its agro-pastoral environments. This involves an assessment of the conservation status of its montane grasslands.

First, a method for assessing the conservation status of montane grasslands is developed. It is based on the main indicator of their damage: the trophic level. The final score is assigned based on the number of diagnostic species present for each of the three conservation statuses: A (good), B (modified), C (damaged). This method is then applied to the Chastreix-Sancy National Nature Reserve. On the scale of the agro-pastoral "TRAME" of the Massif central, most of the grasslands are in a good state of conservation. Nevertheless, to meet the requirements of a French Nature Reserve, the rating used is stricter. In general, the plots at higher altitude are in a good state of conservation, whilst plots nearer the farm houses are modified or damaged. A presentation of the results of this study to the farmers is planned, as well as a long-term follow-up of the conservation status.

Key words: conservation status, montane grasslands, diagnostic species

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier toute l'équipe de la réserve pour l'ambiance très conviviale dont j'ai pu profiter durant ces six mois.

A Thierry Leroy, pour son accompagnement, sa disponibilité et sa confiance durant ce stage.

A Camille Thomas, pour m'avoir permis de réaliser ce stage et m'avoir aidée dans les débuts.

A Clémentine Ageron, pour m'avoir accompagnée à maintes reprises sur le terrain pour identifier des Astéracées et fuir les vaches.

A Cindy Merlot et Guillaume Trapenat, pour votre bonne humeur constante et vos moments de folie.

De plus, je souhaite remercier toutes les personnes qui m'ont accompagnée, conseillée et aidée durant mon stage.

A Pierre-Marie Le Hénaff, qui a été essentiel pour le bon déroulement de ce stage, pour les journées consacrées à ma formation en botanique et au choix des méthodes statistiques.

A Eric Vallé, pour avoir partagé avec moi ses connaissances dans la flore des pelouses de la réserve et m'avoir réellement donné goût à la botanique.

A Adrien Pinot et Magali Mattei, pour leurs conseils dans le démarrage du stage.

A Mathilde Vicente, pour le temps consacré à me réexpliquer la démarche et à retrouver les données dont j'avais besoin.

A Andréa Cassagnes et Elodie Martinet, pour leurs conseils sur les pratiques agricoles.

A Jean-Marcel Morel et Véronique Genevois, pour m'avoir consacré une matinée pour l'analyse du compartiment acidiphile et pour le prêt de matériel.

A Magali Thierry, pour les conseils et les discussions sur les traitements statistiques.

A Jules Dutron, pour toute l'aide dans le traitement de mes données et l'élaboration de ce rapport, ainsi que pour m'avoir soutenue tout au long du stage.

A Constance Albert, Cody Bezard et François Brunetti, pour tous les moments passés en votre compagnie durant ces six mois.

Enfin, à mes parents, qui m'ont toujours soutenue dans mes projets.

Liste des sigles

CBNMC : Conservatoire Botanique National du Massif Central

CEE : Communauté Economique Européenne

CEN : Conservatoire d'Espaces Naturels

CEN L-R : Conservatoire d'Espaces Naturels Languedoc-Roussillon

CHANES : Cartographie des Habitats Naturels et des Espèces en Auvergne

CORINE : Coordination et Recherche de l'Information en Environnement

DHFF : Directive Habitat Faune-Flore

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

EC : Etat de conservation

EUNIS : Système d'Information Européen sur la Nature

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et Agriculture

MAEC : Mesures Agroenvironnementales et Climatiques

MNHN : Museum National d'Histoire Naturelle

ONF : Office National des Forêts

PNRVA : Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

RNF : Réserves Naturelles de France

RNNCS : Réserve Naturelle Nationale de Chastreix-Sancy

SMPNRVA : Syndicat Mixte du Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne

TWINSpan : Two-way Indicator Species Analysis

UE : Union Européenne

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

Unesco : Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture

WWF : Fonds Mondial pour la Nature

ZNIEFF : Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique

Introduction	1
1. L'état de conservation des milieux herbacés : définitions et état des lieux sur la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy	2
1.1. L'état de conservation des milieux herbacés : définitions et intérêts	2
1.1.1. Emergence de la notion d'état de conservation	2
1.1.2. Les grandes approches de l'état de conservation.....	3
1.1.2.1. L'approche « Natura 2000 ».....	3
1.1.2.2. Les méthodes « Natura 2000 », une référence pour de nombreux acteurs.....	3
1.1.2.3. L'approche « fonctionnelle »	4
1.1.2.4. Les approches de la conservation au sens strict	4
1.1.3. L'adaptation du concept d'état de conservation au contexte des réserves naturelles de France	5
1.1.4. L'état de conservation des milieux herbacés agropastoraux : un outil pour les diagnostics éco-pastoraux.....	5
1.1.4.1. Des états de conservation intimement liés aux pratiques agricoles.....	5
1.1.4.2. Des choix d'échelle d'étude et de limites structurales permettant un échange avec les agriculteurs.....	6
1.1.4.3. Des connaissances à compléter avec celles des acteurs du monde agricole	7
1.2. L'évaluation de l'état de conservation dans la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy	7
1.2.1. Présentation de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy.....	7
1.2.1.1. Création et localisation	7
1.2.1.2. Les principaux enjeux : plan de gestion 2014 - 2018.....	8
1.2.2. Le bon état de conservation des milieux ouverts montagnards : un objectif à long terme prioritaire	9
1.2.3. Les milieux agropastoraux herbacés de la réserve naturelle de Chastreix-Sancy	10
1.2.3.1. Bref état des lieux des pratiques agricoles	10
1.2.3.2. Les pelouses montagnardes	10
1.2.4. Historique de l'évaluation de l'état de conservation dans le massif du Sancy	11
1.2.4.1. Le test d'une première méthode en 2015	11
1.2.4.2. Une méthode à l'échelle du site Natura 2000 en 2016.....	11
1.3. Les objectifs de cette étude	12
2. Matériel et méthodes	13
2.1. Réflexions sur les méthodes précédentes	13
2.1.1. Des théories difficiles à appliquer au vu de la complexité du monde vivant	13
2.1.1.1. L'approche fonctionnelle et son manque de flexibilité.....	13
2.1.1.2. La fermeture du milieu, un phénomène complexe	14
2.1.2. Etude de la méthode mise en place en 2016	15
2.1.2.1. Quelques questionnements sur les listes d'espèces indicatrices	15
2.1.2.2. Test de la méthode.....	15
2.1.2.3. Vérification des scripts statistiques	16
2.2. Construction du jeu de données et méthode d'échantillonnage	17
2.2.1. Le jeu de données initial : des relevés complets issus d'études précédentes.....	17
2.2.2. Tri des relevés complets en fonction du compartiment écologique étudié.....	18
2.2.2.1. Distinction entre les pelouses de l'étage montagnard et subalpin.....	18
2.2.2.2. Deuxième restriction du compartiment écologique.....	18
2.2.2.3. Réflexion sur une restriction plus élevée	19

2.2.3. Conversion en relevés partiels et ajout de relevés effectués durant cette étude	20
2.2.3.1. Les espèces prises en compte dans les relevés partiels	20
2.2.3.2. L'ajout de nouvelles données	20
2.3. Elaboration d'une méthode simple d'évaluation de l'état de conservation	21
2.3.1. L'attribution de notes de références à chaque état de conservation	21
2.3.1.1. Les systèmes de notation envisagés	21
2.3.1.2. Classification et notation des relevés	21
2.3.2. Etablissement de listes d'espèces indicatrices	22
2.3.2.1. Des listes d'espèces indicatrices d'un état de conservation	22
2.3.3. Choix du critère le plus pertinent et détermination de seuils.....	22
2.4. Cartographie de l'état de conservation des pelouses montagnardes sur la RNNCS.....	23
2.4.1. Une méthode d'échantillonnage par polygones d'état de conservation	23
2.4.2. Les informations récoltées sur le terrain.....	24
2.4.2.1. Le relevé phytosociologique partiel de 97 espèces	24
2.4.2.2. Des informations à l'échelle du polygone pour mettre en place un suivi de la fermeture du milieu.....	24
2.4.2.3. Des éléments d'interprétation de l'état de conservation	24
3. Résultats	25
3.1. La méthode élaborée pour évaluer l'état de conservation selon le niveau trophique	25
3.1.1. Identification de trois états de conservation	25
3.1.2. Deux critères retenus pour évaluer l'état de conservation	26
3.1.3. Le choix de l'arbre le plus simple.....	27
3.2. L'état de conservation des pelouses montagnardes de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy	28
3.2.1. L'état de conservation selon le niveau trophique des pelouses	28
3.2.2. Les zones impliquées dans des dynamiques de fermeture du milieu	29
4. Discussion	29
4.1. De potentielles pertes de précision dans la démarche suivie	30
4.1.1. La prise en compte du compartiment écologique acidiphile	30
4.1.2. La pertinence de l'utilisation de relevés phytosociologiques partiels	30
4.1.3. Des imprécisions de la cartographie dues à l'échelle d'étude	32
4.2. La cohérence des résultats obtenus	32
4.2.1. La pertinence de la méthode élaborée : comparaison avec la méthode 2016	32
4.2.1.1. Des listes d'espèces indicatrices plus cohérentes.....	32
4.2.1.2. Des résultats plus adaptés au contexte de la RNNCS	32
4.2.2. Une majorité de relevés en état de conservation altéré peu représentative des surfaces	33
4.2.3. La correspondance entre le niveau trophique évalué et les pratiques agricoles	34
4.2.4. L'inscription des pelouses montagnardes de la RNNCS dans la TRAME agropastorale du Massif central	35
4.3. Perspectives et amélioration de la méthode	36
4.3.1. La prise en compte d'indicateurs supplémentaires	36
4.3.1.1. La fermeture du milieu	36
4.3.1.2. D'autres indicateurs de l'état de conservation	37
4.3.2. Un premier échange avec les agriculteurs : une approche par la concertation	37
4.3.3. La mise en place d'un suivi sur le long terme de l'état de conservation	38
Conclusion	39
Bibliographie.....	40
Liste des annexes	43
Annexes.....	44

Table des figures

FIGURE 1 : CARTE DE LA LOCALISATION DE LA RNN DE CHASTREIX-SANCY (LEROY ET AL., 2015)	8
FIGURE 2 : CARTE DE ZONAGE D'INVENTAIRE ET DE PROTECTION SUPERPOSEES A LA RNN CHASTREIX-SANCY (LEROY ET AL., 2015)	8
FIGURE 3 : ARBRE DE DECISION CHOISIT DANS LA METHODE 2016 (VICENTE, 2016)	12
FIGURE 4 : SCHEMA DE LA DYNAMIQUE DES VEGETATIONS CALCICOLES D'EUROPE OCCIDENTALE (MAUBERT ET AL., 1995 MODIFIED IN PIQUERAY ET MAHY, 2010)	14
FIGURE 5 : MATRICE DE COMPARAISON DES NOTES PREDITES PAR LA METHODE 2016 AUX NOTES ATTRIBUEES PAR LE DIRE D'EXPERT (REFERENCE)	16
FIGURE 6 : DIAGRAMME EN BOITES DU NOMBRE D'ESPECES HYGROPHILES EN FONCTION DES DIFFERENTS GROUPES ISSUS DU TWINSpan MODIFIE	19
FIGURE 7 : DIAGRAMME EN BOITES DU RECOUVREMENT DES ESPECES HYGROPHILES EN FONCTION DES DIFFERENTS GROUPES ISSUS DU TWINSpan MODIFIE	19
FIGURE 8 : DIAGRAMME EN BOITES DU NOMBRE D'ESPECES ACIDIPHILES EN FONCTION DES DIFFERENTS GROUPES ISSUS DU TWINSpan MODIFIE	19
FIGURE 9 : DIAGRAMME EN BOITES DU RECOUVREMENT DES ESPECES ACIDIPHILES EN FONCTION DES DIFFERENTS GROUPES ISSUS DU TWINSpan MODIFIE	19
FIGURE 10 : SCHEMA DES SYSTEMES DE NOTATION ENVISAGES DANS CETTE ETUDE (CBNMC, 2016)	21
FIGURE 11 : HISTOGRAMME DE LA TAILLE DES DIFFERENTS GROUPES ISSUS DU TWINSpan MODIFIE	25
FIGURE 12 : DENDROGRAMME DE LA CLASSIFICATION TWINSpan MODIFIE	25
FIGURE 13 : ARBRE DE DECISION DU RECOUVREMENT D'ESPECES DES LISTES INDICATRICES D'ETAT DE CONSERVATION (ARBRE 1)	27
FIGURE 14 : ARBRE DE DECISION DU NOMBRE D'ESPECES DES LISTES INDICATRICES D'ETAT DE CONSERVATION (ARBRE 2)	27
FIGURE 15 : CARTE DE L'ETAT DE CONSERVATION EVALUE EN DIFFERENTS POINT DE LA RESERVE NATURELLE NATIONALE DE CHASTREIX-SANCY ET DIAGRAMME DU POURCENTAGE DE POLYGONES DANS CHAQUE EC SELON LE NIVEAU TROPHIQUE (NOTATION A-B-C)	28
FIGURE 16 : CARTE DE L'IDENTIFICATION DE ZONES IMPLIQUES DANS DES DYNAMIQUES DE FERMETURE DU MILIEU SUR LA RESERVE NATURELLE NATIONALE DE CHASTREIX-SANCY	29
FIGURE 17 : HISTOGRAMME DE LA TAILLE DES DIFFERENTS GROUPES ISSUS DU TWINSpan MODIFIE SUR LES RELEVES COMPLETS	30
FIGURE 18 : DENDROGRAMME DE LA CLASSIFICATION TWINSpan MODIFIEE SUR LES RELEVES COMPLETS	30
FIGURE 19 : CARTE DE L'ETAT DE CONSERVATION EN DIFFERENTS POINTS DE LA RESERVE NATURELLE NATIONALE DE CHASTREIX-SANCY SELON LA METHODE 2016	33
FIGURE 20 : CARTE DU CHEPTEL ET DE LA LOCALISATION DES PARCELLES PATUREES (DEVROYE P. ET LEROY T., 2010)	34
FIGURE 21 : CARTE DE LA FERTILISATION DES PARCELLES AGRICOLES (DEVROYE P. ET LEROY T., 2010)	35

Table des tableaux

TABLEAU 1 : PREMIERS OBJECTIFS DU PLAN DE GESTION 2014-2018 DE LA RESERVE NATURELLE NATIONALE DE CHASTREIX-SANCY	9
TABLEAU 2 : COMPARAISON DES NOTES OBTENUES AVEC LA METHODE 2016 AVEC LA METHODE 2015 ET A DIRE D'EXPERT	16
TABLEAU 3 : COEFFICIENTS D'ABONDANCE-DOMINANCE DE BRAUN-BLANQUET UTILISES DANS LES RELEVES PHYTOSOCIOLOGIQUES	17
TABLEAU 4 : ATTRIBUTION D'UNE NOTE D'ETAT DE CONSERVATION BASEE SUR LA CLASSIFICATION DE TWINSpan MODIFIE ET LISTES D'ESPECES INDICATRICES DE CHAQUE ETAT DE CONSERVATION	26
TABLEAU 5 : AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES DEUX ARBRES CONSTRUITS	27
TABLEAU 6 : COMPARAISON DES DIFFERENTS INDICATEURS DE CHAQUE GROUPEMENT ISSU DE LA CLASSIFICATION DES RELEVES COMPLETS	31
TABLEAU 7 : LISTE DES ATTEINTES AU NIVEAU DU POLYGONE POUR LES PELOUSES SELON LA METHODE DU MNHN (MACIEJEWSKI, 2012)	37

Introduction

Les milieux agropastoraux ont été façonnés depuis des siècles par une alliance de pressions naturelles et anthropiques qui contribuent à maintenir les milieux ouverts. En France, la majorité de ces milieux sont aujourd'hui des espaces pastoraux secondaires, issus de pratiques agricoles et modulés par leurs fluctuations et leurs évolutions (BENSETTITI et al., 2005). Bien que l'intensification des pratiques agricoles soit une réelle menace pour la biodiversité (HOLE et al., 2004), celles-ci sont aussi indispensables au maintien des milieux ouverts (MACDONALD et al., 2000).

Dans le Massif central, les milieux agropastoraux représentent plus de 40 % de la surface totale et présentent pour la plupart des associations végétales originales et typiques de ce massif. On compte dans ses pelouses plus de 335 plantes menacées et plus de 54 autres dans les prairies (CBNMC, 2016). L'enjeu de conservation de ces milieux est donc considérable, tant d'un point de vue environnemental que social et économique. Le Syndicat mixte du parc naturel régional des volcans d'Auvergne (SMPNRVA) retranscrit cet objectif sur son territoire et donc sur les réserves naturelles nationales dont il est gestionnaire ou co-gestionnaire. Les réserves naturelles de France (RNF) ont pour but de protéger les milieux naturels ainsi que la faune, la flore et le patrimoine géologique, gérer des sites et sensibiliser le public suivant une réglementation adaptée au contexte local (Commission scientifique et groupe forêts de RNF, 2013).

En accord avec ces objectifs et le contexte du Massif central, la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy (RNNCS) souhaite évaluer l'impact des pratiques agricoles sur les milieux agropastoraux qu'elle abrite. Cette étude nécessite tout d'abord d'évaluer leur état de conservation. Ce dernier est un outil largement employé pour suivre l'évolution de l'état des milieux ouverts et échanger avec les agriculteurs dans le cadre de diagnostics éco-pastoraux (CBNMC, 2016 ; CEN L.-R., 2015). Dans un premier temps, l'évaluation de l'état de conservation se porte sur les milieux où les pratiques agricoles sont les plus intensives : ceux de l'étage montagnard (prairies de fauche et pelouses montagnardes). Grâce à des études précédentes, l'état de conservation des prairies de fauche est déjà bien connu. Deux méthodes d'évaluation de l'état de conservation des pelouses montagnardes ont aussi été testées dans le contexte local.

Cette étude consiste donc à choisir la méthode la mieux adaptée et évaluer de l'état de conservation des pelouses montagnardes. Du fait du large emploi de la notion d'état de conservation, celle-ci doit être étudiée afin de retenir l'approche la plus cohérente avec le contexte de la réserve naturelle. Les objectifs de son évaluation vont ainsi pouvoir être définis. Aucune méthode existante ne semblant répondre à ces objectifs, une nouvelle méthode est élaborée. Grâce à des relevés phytosociologiques, cette méthode est ensuite appliquée sur la RNNCS.

Tout d'abord, les différents termes du sujet, le contexte et les objectifs précis de l'étude seront explicités. Ensuite, la démarche suivie pour élaborer la méthode d'évaluation et l'appliquer sur la réserve naturelle sera décrite. Les résultats seront suivis d'une discussion où les limites de la méthode et de son application seront développées, ainsi que les perspectives.

1. L'état de conservation des milieux herbacés : définitions et état des lieux sur la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy

Cette partie présente les éléments de contexte nécessaires à la compréhension de l'étude et à la définition de ses objectifs. Dans un premier temps, un état des lieux de la notion d'état de conservation va être réalisé. Puis, dans un second temps le contrôle de son évaluation sur la RNNCS sera présenté.

1.1. L'état de conservation des milieux herbacés : définitions et intérêts

1.1.1. Emergence de la notion d'état de conservation

Le concept de conservation est apparu dans un contexte de fragmentation croissante des milieux naturels dans les pays industrialisés vers la fin du XIX^{ème} siècle (CBNMC, non publié). De nombreux travaux sont alors lancés, dans un objectif de suivi et de protection des espèces. C'est la naissance des sciences de la conservation (MATHEVET, 2010). Les aires protégées se multiplient et s'agrandissent. La multiplication des approches pluridisciplinaires et l'intégration des notions dynamiques font évoluer le concept de conservation vers le maintien du fonctionnement des écosystèmes, et de façon plus large vers la connaissance et la préservation de leurs potentialités de valorisation dans le futur (BARBAULT et al., 2005 in AUBERTIN, 2005). Dans les années 1980, la « *World conservation strategy: Living resources conservation for sustainable development* » (Stratégie mondiale de la conservation : la conservation des ressources vivantes au service du développement durable) lancée par l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) met en avant le concept de protection du fonctionnement des écosystèmes (UICN, 1980). Les réflexions prennent alors une nouvelle tournure, plus complexe et globale, ne prenant plus en compte chaque espèce ou milieu individuellement, mais des espaces diversifiés, tant au niveau de leur faune et leur flore mais aussi de leur fonctionnalité. Ainsi, les travaux de conservation ne se concentrent plus uniquement sur la protection pure et simple d'espèces rares ou de milieux en disparition, mais s'inscrivent dans une réelle logique de développement durable en visant à maintenir l'autorégulation des écosystèmes. Le domaine d'étude ne se restreint plus à la biologie, mais prend davantage en compte les sciences sociales et économiques. On parle de « *travail interdisciplinaire avec les SHS* [sciences humaines et sociales] » (MATHEVET, 2010).

Pour suivre cette évolution du concept de conservation, les réflexions sur l'évaluation biologique permettant de choisir les milieux à protéger et prioriser les objectifs de gestion de ces milieux ne portent plus sur les aires géographiques mais sur les écosystèmes (BLANDIN et LAMOTTE, 1988 in CBNMC, non publié). Etant donné que l'évaluation d'un écosystème repose sur une compréhension fine d'éléments tant écologiques que socio-économiques, liés à la fois à l'état présent et aux perspectives futures, les débats conceptuels et méthodologiques se multiplient. De nombreux critères sont proposés pour permettre cette évaluation. Jusque dans les années 1980, ces critères sont souvent fondés sur des jugements de valeur subjectifs. Depuis, une multitude de méthodes liées à une volonté d'objectivation ont vu le jour, avec l'utilisation d'indicateurs et de bioindicateurs. Ces indicateurs ont pour vocation d'évaluer l'état actuel de l'environnement et de suivre son évolution au cours du temps. Ils peuvent aussi être utilisés pour déterminer la cause d'un problème environnemental (DALE et BEYELER, 2001).

Bien que ces méthodes visent toutes à évaluer ce qu'on appelle aujourd'hui l'état de conservation, le concept n'apparaît explicitement dans la littérature qu'en 1992, lorsqu'il est défini au niveau européen par la directive « Habitats-Faune-Flore » (Directive 92/43/CEE, Conseil des communautés européennes, 21 mai 1992).

1.1.2. Les grandes approches de l'état de conservation

En effet, suivant l'angle d'étude, l'état de conservation d'un habitat ou d'un groupement pourra varier du tout au tout, si l'on s'intéresse à ses composantes faunistiques, floristiques ou fonctionnelles. Qu'est-ce qu'un habitat en bon état de conservation pour un hydrogéologue ? L'évaluation de l'état de conservation va donc être entièrement tributaire des objectifs que l'on se fixe.

1.1.2.1. L'approche « Natura 2000 »

L'état de conservation d'un habitat naturel est défini pour la première fois dans l'article 1 de la directive « Habitats-Faune-Flore » (DHFF) comme « *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 [...]* » (Directive 92/43/CEE, 1992). Cette définition est utilisée dans les réflexions à l'échelle nationale. En effet, dans le cadre du réseau Natura 2000, chaque état membre doit fournir un rapport périodique à la Commission européenne sur l'état de conservation de ses habitats d'intérêt communautaire et son évolution à l'échelle nationale et par région biogéographique. Ainsi, l'article 17 de la DHFF, transposée en droit français dans l'article R.414-11 du code de l'Environnement, impose l'évaluation des habitats naturels dans chacun des sites du réseau Natura 2000 tous les six ans.

Au sens de l'article 1 de la DHFF, un état de conservation est jugé favorable lorsque : «

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

Ainsi, cet état de conservation traduit l'aire de répartition, la surface couverte, les structures et le fonctionnement de l'habitat, ainsi que ses perspectives futures (MACIEJEWSKI et al., 2015).

1.1.2.2. Les méthodes « Natura 2000 », une référence pour de nombreux acteurs

Afin d'aider les différents acteurs concernés par la DHFF, le ministère français en charge de l'écologie a demandé au muséum national d'histoire naturelle (MNHN) de mettre en place des méthodes d'évaluation de l'état de conservation à l'échelle d'un site Natura 2000. Cette échelle est la plus pertinente pour mettre en place des mesures de gestion (CANTARELLO et NEWTON, 2008). Ainsi, des rapports et des guides méthodologiques ont été publiés afin d'aider les gestionnaires sur plusieurs habitats : forestiers (CARNINO, 2009), humides et aquatiques (CHARLES et al., 2015), littoraux (LEPAREUR et al., 2013), marins (LEPAREUR, 2011) et agropastoraux (MACIEJEWSKI et al., 2015). Ces méthodes reposent davantage sur l'état des composants de l'habitat naturel, de leurs interactions entre eux et avec l'environnement (MACIEJEWSKI et al., 2015) et prennent en compte un état de référence jugé optimal. Elles ont été de nombreuses fois adaptées à différents contextes et territoires et sont donc à l'origine d'une multitude de méthodes d'évaluation de l'état de conservation des habitats.

Dans toutes ces méthodes, l'état de référence optimal souhaité correspond à l'objectif à atteindre et à maintenir pour tous types d'habitats à long terme. Il peut être défini à partir d'un état non perturbé par les activités humaines ou, pour les habitats secondaires, à partir du meilleur état existant ou atteignable sur un site où l'homme est considéré à part entière dans l'écosystème (MACIEJEWSKI et al., 2015). Cet état optimal souhaité étant un objectif à long terme, différents seuils inférieurs à cet état sur un gradient d'état de conservation sont définis. Ainsi, l'état favorable choisi est en réalité le seuil minimal à atteindre pour que l'état de conservation soit jugé favorable à court terme (CARNINO, 2009). Dans le cas des habitats agropastoraux, influencés par l'activité humaine depuis

des décennies, l'état optimal souhaité et l'état favorable choisi résultent d'un équilibre entre principes écologiques et exigences socio-économiques compatibles avec une préservation de la nature dans les limites de l'habitat défini (CARNINO et TOUROULT, 2010). Ils sont donc dépendant du contexte socio-économique et idéologique. Les stades de transition vers un autre habitat, qu'ils soient liés à des pratiques anthropiques ou à une dynamique naturelle, sont jugés en état de conservation moins favorable (MACIEJEWSKI et al., 2015).

1.1.2.3. L'approche « fonctionnelle »

Une autre approche de l'état de conservation est liée à la fonctionnalité des écosystèmes. Cette dernière peut être définie de manière générale comme l'aptitude des écosystèmes à réaliser leurs fonctions et processus fonctionnels (BOSIRE et al., 2008). Cela implique d'assurer la productivité de l'écosystème, de maintenir les cycles biologiques des espèces, les relations intra- et interspécifiques, les relations abiotiques, ainsi que les liens entre les écosystèmes. La fonctionnalité d'un écosystème est évidemment liée à sa capacité à résister aux changements de l'environnement. Les recherches en écologie fonctionnelle ont permis de distinguer des « groupes fonctionnels » d'espèces végétales, basés sur leurs traits de vie (mode de reproduction, hauteur, longévité des feuilles, etc.) et permettant de prédire leur vulnérabilité aux changements de l'environnement (CHEVASSUS-AU-LOUIS, 2006). Ainsi, un habitat dans un écosystème fonctionnel est un habitat où tous ces « groupes fonctionnels » sont présents et donc où toutes les stratégies des espèces végétales peuvent s'exprimer. Selon une approche purement fonctionnelle, un état de conservation favorable serait donc un état permettant l'expression de toutes ces stratégies.

Les méthodes d'évaluation de l'état de conservation selon cette approche consistent à définir des tranches de pourcentage de recouvrement optimal pour chaque groupe fonctionnel pouvant être trouvé dans l'habitat observé. Les listes d'espèces de ces groupes doivent évidemment être adaptées au territoire étudié.

1.1.2.4. Les approches de la conservation au sens strict

Dans la majorité des travaux réalisés dans l'objectif d'évaluer l'état de milieux naturels, on peut trouver une hypothèse implicite : les systèmes les plus diversifiés sont les plus stables (BARNAUD 1991 *in* CBNMC, non publié). Ainsi, de nombreuses méthodes s'appuient sur la richesse spécifique pour attribuer une note. Plus cette richesse est grande, plus l'état du milieu est bon. Des variantes reposent sur l'utilisation d'un critère de rareté ou de typicité des espèces. Ainsi, on pourrait considérer qu'un bon état de conservation correspond à une richesse en espèces rares ou en espèces patrimoniales. Dans le cas des habitats secondaires, les espèces les plus sensibles, c'est-à-dire celles qui disparaîtront en premières avec une dégradation (enrichissement du sol ou sur-pâturage par exemple), sont les espèces oligotrophiles. Il serait donc envisageable de considérer un milieu riche en espèces oligotrophiles comme un milieu bien préservé de ces dégradations, et donc en bon état de conservation.

De bons exemples de l'adoption de cette approche de l'état de conservation sont les mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC 2014-2020). L'indicateur de résultats pour les prairies permanentes à flore diversifiée est basé sur la diversité en espèces végétales. Un milieu est ainsi considéré en bon état si au minimum quatre plantes indicatrices se trouvent dans chaque tiers de parcelle. Ces mesures reposent donc sur le principe que le maintien des milieux en bon état est corrélé avec une forte diversité floristique.

La multitude d'approches différentes de l'état de conservation est due à la complexité de la notion et à la prise en compte de facteurs à la fois écologiques et socio-économiques. Ainsi, sa définition et la méthode d'évaluation doivent être choisies et adaptées aux besoins de chaque étude, aux pressions actuelles et antérieures subies par le milieu, ainsi qu'aux services écosystémiques rendus par l'habitat.

1.1.3. L'adaptation du concept d'état de conservation au contexte des réserves naturelles de France

Dans son Plan Stratégique 2011-2015, Réserves Naturelles de France (RNF) a souhaité faire de l'évaluation de l'état de conservation un axe stratégique majeur. Lors de la commission scientifique de RNF à Mutterscholtz en décembre 2011, l'organisme a reconnu le besoin d'adapter et de compléter la première approche, Natura 2000, de l'état de conservation des habitats au contexte des réserves naturelles de France (Commission scientifique et groupe forêts de RNF, 2013). En effet, plusieurs différences entre les deux contextes empêchent une reprise directe des définitions et méthodes issues de la DHFF et des études menées sur les sites Natura 2000 :

- Les habitats ciblés par la DHFF (habitats d'intérêt communautaire) ne sont pas identiques aux habitats à forte valeur patrimoniale protégés par les réserves naturelles ;
- La prise en compte des enjeux socio-économiques n'est pas la même dans les deux types de documents de planification ;
- La dynamique et la fonctionnalité d'ensemble ne sont pas suffisamment représentées dans l'approche Natura 2000 pour répondre aux enjeux des réserves naturelles.

Ainsi, dans le cadre des réserves naturelles de France, il est essentiel de réaliser l'évaluation à la fois à l'échelle de l'entité dans laquelle s'insère la réserve et à celle de la surface de chaque habitat dans la réserve. Les états de références sont définis sur la base d'un diagnostic et d'une bibliographie solide dans les objectifs à long terme formulés dans le plan de gestion. L'état de naturalité potentielle, c'est-à-dire l'état qui se développerait si l'action de l'Homme cessait et que les conditions abiotiques restaient identiques, est à privilégier (Commission scientifique et groupe forêts de RNF, 2013). Dans le cas des habitats secondaires, l'état attendu doit être explicitement formulé dans les objectifs. De même pour les stades de transition, la nécessité de prendre en compte la dynamique et la fonctionnalité d'ensemble impose une réflexion à l'échelle de la série de végétation et en lien avec les objectifs du plan de gestion et non un simple déclassement de l'état de conservation de l'habitat. Ainsi, la définition du bon état de conservation est laissée au libre choix du gestionnaire et se doit d'être adaptée au contexte de chaque réserve.

1.1.4. L'état de conservation des milieux herbacés agropastoraux : un outil pour les diagnostics éco-pastoraux

1.1.4.1. Des états de conservation intimement liés aux pratiques agricoles

Les milieux herbacés agropastoraux ont été façonnés depuis des siècles par une alliance de pressions naturelles et anthropiques. En France, la majorité de ces milieux sont des espaces pastoraux secondaires, issus de pratiques agricoles et modulés par leurs fluctuations (BENSETTITI et al., 2005). Leur composition végétale peut disparaître suite à un abandon pastoral ou une mise en culture, ce qui la rend particulièrement instable. Le phénomène d'abandon des pratiques agricoles a été renforcé depuis les années 1960 dans les milieux montagnards par le contexte socio-économique, couplé à la faible accessibilité de ces milieux (MACDONALD et al., 2000 ; CEN ISERE, 2012). Ce phénomène a pour conséquence majeure la fermeture du milieu issue de la diminution de la pression de pâturage. Celle-ci s'accompagne de la disparition des espèces floristiques et faunistiques à valeur patrimoniale, typiques des milieux agropastoraux (BENSETTITI et al., 2005 ; BOHNER et al., 2012). Cependant, une augmentation de la pression de pâturage ou une fauche fréquente auront des conséquences similaires sur la richesse spécifique du milieu. En effet, les espèces sensibles au piétinement ou à faible capacité de régénération vont disparaître, laissant place à un tapis plus homogène d'espèces résistantes à la défoliation (CARRERE et al., 2002).

En parallèle, dans les prairies plus accessibles, les pratiques agricoles s'intensifient. L'utilisation croissante d'engrais minéraux issus de la pétrochimie favorise le développement d'espèces

« communes et banales », eutrophiles, au détriment de la flore indigène peu adaptée à l'enrichissement du sol (espèces oligo- et mésotrophiles) et donc moins compétitive (CARRERE et al., 2002). On parle alors de convergence trophique. Ainsi, la fertilisation intensive, mais aussi les restitutions organiques excessives diminuent la richesse spécifique des milieux agro-pastoraux (PIQUERAY et MAHY, 2010 ; HUMBERT et al., 2016) et tendent à homogénéiser la flore qui les compose. Lorsque la végétation eutrophile devient dominante sur un territoire, il peut être difficile de distinguer les compartiments écologiques initiaux. Il est aussi important de noter que l'utilisation intensive d'engrais minéraux à long terme aura des conséquences irréversibles sur l'habitat. En effet, elle opérera des changements profonds du sol qui empêcheront un retour vers une prairie ou pelouse à flore diversifiée (CBNMC, 2016). Un phénomène similaire peut être observé avec les pratiques de chaulage, qui vont favoriser les espèces à plus large amplitude au détriment des acidiphiles (MONTARD, 1976).

Dans le cadre des habitats herbacés agropastoraux, en évaluant la composition végétale d'un milieu, notamment à travers la présence d'espèces oligo- et mésotrophiles et d'espèces sensibles au piétinement, on évalue donc implicitement l'impact qu'ont eu les pratiques agricoles exercées sur le milieu.

1.1.4.2. Des choix d'échelle d'étude et de limites structurales permettant un échange avec les agriculteurs

Afin de dégager les dégradations dues aux pratiques agricoles, il est indispensable de choisir une échelle et des limites structurales permettant une distinction entre fait écologique (humidité, acidité du substrat, etc.) et fait anthropique (impacts des pratiques agricoles vus dans la partie 1.2.1.1.). En effet, si le milieu naturel choisi est trop hétérogène en termes de compartiments écologiques, des changements de composition floristique interprétés comme une dégradation du milieu pourraient être dus à un changement tout à fait naturel de compartiment écologique. Par exemple, la présence d'espèces eutrophiles pourrait être due à une humidité naturelle et non à des dégradations d'origine anthropique. La dégradation de la note d'état de conservation ne serait donc pas justifiée. Il faut donc avoir conscience qu'au sein d'un système écologique, plusieurs compartiments écologiques existent, mais aussi que le système ne constitue pas la somme des compartiments (CBNMC, 2016). Ainsi, plus le système écologique sera large, plus il faudra distinguer de compartiments écologiques. Le choix de l'échelle et du degré d'homogénéité du compartiment écologique est donc complexe et difficile à effectuer, néanmoins il s'agit d'une étape cruciale puisqu'elle déterminera la précision du lien entre une dégradation de la note d'état de conservation et des dégradations dues aux pratiques agricoles. De manière générale, l'étude peut s'effectuer à l'échelle du terroir, du complexe d'association, de la parcelle agricole, de l'association végétale ou encore du syntaxon élémentaire (au sens de la phytosociologie sigmatiste), ou en combinant certains de ces critères.

Ensuite, afin de pouvoir lier pratiques agricoles et état de conservation, il est conseillé de caler les limites structurales de l'étude sur celles de zones relativement homogènes en termes de gestion agricole. On parle d'unités de gestion (CEN L-R, 2015 ; CBNMC, 2016), sur lesquelles les pratiques exercent la même pression. Il s'agit de l'échelle permettant le plus d'échanges avec les agriculteurs puisqu'il s'agit de leur échelle de travail et donc d'influence sur l'état de conservation de l'habitat. Sur le terrain, ces unités de gestion pourront être délimitées par une clôture, une barrière de végétation ou simplement un changement de composition végétale qui atteste d'un zonage engendré par le pâturage préférentiel par exemple (CEN L-R, 2015). Cette échelle pourrait ainsi servir d'outil pour discuter avec les agriculteurs de la mise en place d'un pâturage tournant.

1.1.4.3. Des connaissances à compléter avec celles des acteurs du monde agricole

Un intérêt majeur de l'évaluation de l'état de conservation des milieux agropastoraux est de connaître les zones les plus sensibles aux pratiques agricoles et de pouvoir adapter ces pratiques pour maintenir un bon état de conservation. Cet objectif ne peut évidemment pas être réalisé sans la coopération des agriculteurs, mais leurs connaissances sont aussi indispensables pour mieux comprendre les liens entre l'état de conservation observé et leurs pratiques agricoles. Dans son guide technique « TRAME », le conservatoire botanique national du Massif central met en avant l'importance du partage de la vision du milieu entre agriculteurs et gestionnaires de sites naturels pour aller plus loin dans l'analyse éco-pastorale de l'habitat (CBNMC, 2016). En effet, les exploitants agricoles ont une connaissance pratique approfondie et irremplaçable des milieux qu'ils exploitent. Cette connaissance peut nettement enrichir les débats sur les pratiques à mettre en place. Ainsi, une bonne gestion éco-pastorale d'un milieu repose non seulement sur une appréciation objective de son état de conservation, mais aussi sur une compréhension des besoins des exploitations agricoles et de leur fonctionnement et des échanges réguliers entre agriculteurs, techniciens et gestionnaires d'espaces naturels.

De nombreux outils voient le jour pour aider ces acteurs à réaliser les évaluations, comprendre les résultats et trouver des solutions qui permettront *in fine* de répondre aux besoins économiques des agriculteurs et aux exigences du marché alimentaire sans pour autant dégrader les milieux. Ces outils peuvent être regroupés sous le nom de diagnostics éco-pastoraux (CEN L-R, 2015 ; AGREIL et al., 2011). Un exemple d'un tel diagnostic est la démarche de maintien des milieux ouverts élaborée dans le cadre du programme Mil'Ouv en 2015. Le guide de cette démarche préconise dans un premier temps de réaliser une étape de compréhension globale de l'exploitation agricole, par des échanges avec l'agriculteur sur ses objectifs et ses contraintes. Ce n'est qu'après cette communication que la deuxième étape d'évaluation du milieu peut débuter. Celle-ci prend aussi en compte l'intérêt pastoral du milieu et nécessite des visites de la parcelle diagnostiquée avec l'agriculteur, ainsi que des échanges sur les observations faites (CEN L-R, 2015).

L'état de conservation est donc une notion récente et complexe. Trois grandes approches peuvent être distinguées et engendrent une multitude de méthodes différentes pour son évaluation. Dans le cas des milieux herbacés montagnards, il s'agit d'un outil essentiel pour effectuer un diagnostic éco-pastoral. L'étude du contexte de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy va permettre de mieux définir l'approche adaptée à cette étude et donc la méthode à utiliser.

1.2. L'évaluation de l'état de conservation dans la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy

1.2.1. Présentation de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy

1.2.1.1. Création et localisation

La réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy (RNNCS) a été créée le 13 juillet 2007 par le décret ministériel n°2007-1091 après une trentaine d'années de réflexion, de concertation et de procédure. Située dans le sud du massif volcanique des monts Dore, la réserve naturelle est entièrement comprise dans le territoire du parc naturel régional des volcans d'Auvergne (figure 1), parc régional le plus vaste de France. La RNNCS est localisée sur cinq communes du Puy-de-Dôme : Besse-et-Saint-Anastaise, Chambon-sur-Lac, Chastreix, Le Mont-Dore et Picherande. Elle comprend 87 milieux naturels différents de l'étage montagnard et subalpin, déployés entre 1100 et 1885 m d'altitude. Son point culminant est le Puy de Sancy, plus haut sommet du Massif central. Elle bénéficie d'un climat froid et humide, avec des températures annuelles comprises entre 6 et 8 °C, entre 1800 et 2100 mm de précipitations par an et des vents fréquents, notamment ceux du sud-ouest.

domaine socioculturel et pédagogique. Cinq enjeux thématiques majeurs de conservation ont été identifiés : «

- les crêtes (étage subalpin) : patrimoine naturel et paysages ;
- les tourbières et les milieux humides : biodiversité et fonctionnalité ;
- les cours d'eau : qualité et fonctionnalité ;
- les prairies et les landes de l'étage montagnard : qualité écologique et paysagère ;
- les forêts : biodiversité et naturalité. » (LEROY et al., 2015)

Sur le plan des connaissances, la RNNCS étant encore assez jeune, des lacunes se font ressentir dans le plan de gestion actuel (son premier). Un sixième enjeu majeur pour la réserve est donc l'amélioration de ses connaissances. Enfin, les derniers enjeux concernent l'intégration de la réserve dans le territoire et la sensibilisation du public, ainsi que la favorisation du développement durable et local. A partir de ces enjeux majeurs, six objectifs à long terme ont été définis et figurent dans le plan de gestion de la RNNCS (LEROY et al., 2015).

1.2.2. Le bon état de conservation des milieux ouverts montagnards : un objectif à long terme prioritaire

Maintenir et améliorer localement le bon état de conservation des différents milieux est un objectif primordial pour la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy. La priorité est donnée à l'étage subalpin, puisqu'il accueille la majorité des valeurs patrimoniales de la réserve naturelle et subit les plus fortes pressions anthropiques. A cause des pressions liées aux pratiques agricoles, les milieux ouverts de l'étage montagnard nécessitent aussi un suivi prioritaire. Ces milieux ont donc été associés à ceux de l'étage subalpin dans le premier objectif à long terme de la RNNCS (tableau 1). La gestion de l'état de conservation des tourbières, des milieux humides et des cours d'eau fait l'objet du deuxième objectif prioritaire.

Tableau 1: Premiers objectifs du plan de gestion 2014-2018 de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy (extrait de LEROY et al., 2015)

Enjeux	Objectifs à long terme (OLT)	Objectifs du plan (OP)
Les crêtes (étage subalpin) : patrimoine naturel et paysages Les prairies et landes montagnardes : qualité écologique et paysagère	OLT 1 : maintenir, et améliorer localement, le bon état de conservation des milieux naturels de l'étage subalpin (crêtes) et des milieux ouverts de l'étage montagnard	OP 1 : organiser et maîtriser la fréquentation touristique et les activités sportives autorisées
		OP 2 : mieux connaître les effets des pratiques agricoles pour proposer des conduites favorables à la biodiversité
		OP 3 : évaluer l'état du patrimoine naturel des étages subalpin et montagnard
Les tourbières, les milieux humides et les cours d'eau : biodiversité, fonctionnalité et qualité des eaux	OLT 2 : maintenir, et améliorer localement, le bon état de conservation des tourbières, des milieux humides et des cours d'eau	OP 4 : évaluer l'état du patrimoine naturel des milieux humides et des cours d'eau
		OP 5 : réduire les impacts négatifs de certaines pratiques (pâturage, passage à gué...)

Ces deux objectifs à long terme sont déclinés en plusieurs objectifs du plan, dont le résultat concret devrait être visible à moyen terme. Dans un premier temps, une connaissance de l'état du patrimoine naturel de ces principaux habitats (OP 3 et 4) est nécessaire et passe par l'évaluation objective de leur état de conservation. De plus, une meilleure connaissance des impacts des pressions anthropiques permettra au gestionnaire de les maîtriser. C'est surtout le cas pour les effets des pratiques agricoles sur les milieux ouverts (OP 2), puisque les enjeux de la fréquentation touristique sont mieux connus. Ainsi, dans un premier, les études sur l'état de conservation vont se focaliser sur les milieux les plus impactés par les pratiques agricoles afin de répondre aux OP 2 et 3.

1.2.3. Les milieux agropastoraux herbacés de la réserve naturelle de Chastreix-Sancy

1.2.3.1. Bref état des lieux des pratiques agricoles

L'activité agricole, présente sur 78 % de la superficie de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy, soit près de 1 490 ha, est l'activité dominante pratiquée dans la réserve (LEROY et al., 2015). On distingue deux grands types de milieux agricoles, différenciés selon leur niveau altitudinal : les prairies d'altitude ou « estives » et les prairies de proximité. Bien que l'étage subalpin ne comporte que des estives, l'étage montagnard est occupé par les deux types de prairies.

Les estives sont uniquement sujettes à un pâturage extensif, principalement bovin allaitant mais aussi ovin sur les zones de crêtes, conformément à l'article 6 du décret de création de la réserve. Sur des altitudes inférieures, les prairies de proximité combinent pâturage, fauche et fertilisation. Les pratiques de fauche ne concernent qu'un peu plus de 6 % des prairies de proximité. Les autres prairies de proximité (appelées pelouses montagnardes au sens botanique) sont toutes pâturées par des troupeaux de vaches, principalement laitières. Près de la moitié sont fertilisées, que ce soit par du fumier, du lisier ou encore des engrais minéraux (azote (N) – potassium (P) – sodium (K)) (DEVROYE et LEROY, 2010). La fertilisation est parfois accompagnée de pratiques de chaulage.

1.2.3.2. Les pelouses montagnardes

Les pelouses de l'étage montagnard de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy sont des pelouses vivaces sèches. Elles représentent entre 17 et 25 % de la surface de la réserve et se situent entre 800 et 1500 m d'altitude (LEROY et al., 2015). Typiques de l'étage montagnard des monts Dore, ces pelouses ont une place essentielle dans la trame agropastorale du Massif central. Aux plus hautes altitudes, elles hébergent une flore et une faune rares à l'échelle du Massif.

Mésophiles oligotrophes, ces pelouses se développent sur des sols secs à frais, pauvres en éléments nutritifs et humifères. Leur végétation est basse, dense et dominée par des plantes graminoides, maintenue par un pâturage extensif sans lequel elles évolueraient vers des landes montagnardes. Cet habitat est aussi particulièrement sensible à l'eutrophisation et sa dépendance aux pratiques agricoles extensives explique le besoin d'ajustement des pratiques des agriculteurs pour maintenir et améliorer localement son bon état de conservation.

La connaissance de la localisation de ces pelouses repose aujourd'hui sur la cartographie CHANES, élaborée à partir de relevés phytosociologiques effectués en 2006 (PNRVA, 2007), ainsi que sur des relevés effectués en 2015 par Romain PRADINAS pour le catalogue des végétations de la RNNCS (PRADINAS, 2017). La cartographie CHANES regroupe toutes ces pelouses sous la dénomination « *nardaies montagnardes* », alors que dans le catalogue des végétations cinq groupements élémentaires sont distingués. La localisation des *nardaies montagnardes* (CHANES) ainsi que celle des relevés des cinq groupements de pelouses montagnardes (PRADINAS, 2017) se trouvent sur la carte en annexe 1 et 1bis. Trois de ces groupements sont équivalents aux « pelouses acidiclives montagnardes du Massif central » des cahiers d'habitats (code UE : 6230-4*, code CORINE : 35.1, code EUNIS : E1.712). Cet habitat a une forte valeur patrimoniale d'après la DHFF. Il s'agit des groupements suivants :

- la **pelouse montagnarde à Œillet des bois et Gaillet des rochers**, avec une variante à Renoncule acre et Dactyle aggloméré et une variante à Trèfle rampant et Trèfle des prés ;
- la **pelouse montagnarde à Œillet des bois et Fétuque noirâtre** ;
- la **pelouse montagnarde et subalpine à Laîche à pilules et Nard raide**.

Les **pelouses montagnardes et subalpines à Œillet des forêts et Liondent des Pyrénées** (PRADINAS, 2017) se trouvent à de plus hautes altitudes et ne sont pas prises en compte dans les cahiers d'habitats, mais elles appartiennent aux gazons à Nard raide (35.11) de CORINE Biotopes. Enfin, les **prairies montagnardes à Fétuque noirâtre et Crételle à crêtes** se développent sur les

sols plus frais et fertilisés et sont réparties de façon éclatée au sein des pelouses plus oligotrophiles. Leur cortège floristique constitué de quelques espèces pelousaires oligotrophiles est à l'origine de leur présence dans la liste des pelouses montagnardes de la RNNCS.

1.2.4. Historique de l'évaluation de l'état de conservation dans le massif du Sancy

Actuellement, sur la RNNCS, l'évaluation de l'état de conservation des pelouses montagnardes repose principalement sur les dires d'experts du personnel, mais pour répondre à l'objectif du plan 3 des études sont menées afin d'élaborer des méthodes de suivi de l'état de conservation.

1.2.4.1. Le test d'une première méthode en 2015

En 2015, une première étude a été mise en place sur la RNNCS afin de choisir, adapter et tester une méthode d'évaluation de l'état de conservation des pelouses montagnardes. Cette étude s'est concentrée sur 121 ha au centre de la réserve, vers le secteur Bladanet, zone la plus concernée par la fertilisation.

La démarche suivie était basée sur une méthode développée par le conservatoire botanique national du Massif central (CBNMC) dans le cadre de « l'observatoire de l'état de conservation des milieux herbacés en lien avec les pratiques agricoles », mais non publiée (CHARREIX, 2015). Elle repose sur une grille d'évaluation regroupant des listes d'espèces propres à différents indicateurs. Les indicateurs pris en compte sont le niveau trophique, la fermeture du milieu, la rudéralisation le surpâturage, les couleurs florales, ainsi que les balances architecturales (annexe 2). Ce dernier indicateur repose sur l'approche fonctionnelle de l'état de conservation, puisque ses critères sont les parts des différents traits de vie des espèces. De plus, l'indicateur « couleurs florales » repose sur l'approche de la conservation au sens strict puisqu'il témoigne de la richesse spécifique du milieu. Ainsi, selon le recouvrement des espèces des différentes listes, une note est attribuée à chaque critère. La notation finale de l'état de conservation correspond dans cette méthode à la note du critère le plus dégradé. Ainsi, cette grille a été adaptée au contexte de la RNNCS grâce à des relevés phytosociologiques effectués au sein de celle-ci. La grille modifiée se trouve aussi en annexe 3. L'échantillonnage a été effectué sur des quadrats de 16 m² et par maille de points séparés par 50 ou 100 m selon le temps disponible.

Un indicateur « espèces de Rhopalocères » a aussi été relevé selon la méthode du MNHN. Néanmoins, cette étude était peu concluante, non seulement car toutes les parcelles n'ont pas été étudiées, mais aussi par manque d'adaptation locale des listes d'espèces.

Cette étude a permis de faire ressortir que dans le secteur Bladanet, la majorité des pelouses sèches sont en état de conservation altéré (45 % des points) ou dégradé (34 % des points). De plus, une analyse des résultats en lien avec les données de fertilisation a permis de confirmer son impact négatif sur l'état de conservation du milieu et des préconisations de gestion destinées aux agriculteurs ont pu être élaborées sur les onze parcelles étudiées (CHARREIX, 2015). Enfin, la méthode a été modifiée à la fin de l'étude car certains indicateurs ne jouaient finalement pas de rôle dans la note finale et ont été supprimés. Les indicateurs et critères retenus sont présentés dans la colonne « Méthode 2015 (modifiée) » de l'annexe 2. Pour une question de simplicité, dans la suite du rapport cette méthode sera appelée « méthode 2015 ».

1.2.4.2. Une méthode à l'échelle du site Natura 2000 en 2016

En complémentarité de l'étude menée sur la RNNCS, un stage a été lancé sur le site Natura 2000 des monts Dore (hors réserves naturelles) pour évaluer l'état de conservation des milieux ouverts. Pour les pelouses montagnardes, la méthode utilisée en 2015 était jugée trop liée aux dires d'experts. Une nouvelle méthode a donc été mise en place.

Des listes d'espèces indicatrices d'état de conservation (annexe 4) ont été élaborées grâce à une classification par la méthode TWINSpan modifiée de 119 relevés phytosociologiques, et l'attribution à chaque cluster d'une note d'état de conservation. Les différents groupes sont principalement différenciés par leur niveau trophique et les traits de vie des espèces présentes (indicateurs architecturaux).

Par la suite, la méthode des arbres de décision a été utilisée pour déterminer les critères et les seuils les plus pertinents pour atteindre la note d'état de conservation attribuée par la classification. Ainsi, six arbres différents ont été construits, basés sur :

- le nombre d'espèces présentes de chaque trait de vie (stolonifère, frutescente, rhizome, etc.) ;
- la présence d'au moins une espèce de chaque trait de vie ;
- le pourcentage de recouvrement des espèces de chaque trait de vie ;
- la présence d'au moins une espèce parmi chaque liste d'espèces indicatrices ;
- le nombre d'espèces présentes de chaque liste d'espèces indicatrices ;
- le pourcentage de recouvrement des espèces.

L'arbre retenu était celui donnant le plus de résultats similaires à ceux qui auraient été obtenus par la méthode de 2015 en appliquant uniquement les critères de niveau trophique, ainsi que celui présentant le plus faible pourcentage d'erreur par rapport à la note attribuée lors de la classification. Il s'agissait de l'arbre basé sur la présence d'au moins une espèce parmi chaque liste d'espèces indicatrices (figure 3), qui présentait un taux d'erreur de 5,18 %. D'après cette étude, la majorité des nardaias du site Natura 2000 (81 % de la surface totale) est classée en bon état de conservation pour l'indicateur de niveau trophique. Seul 0,32 % de la surface est qualifiée de dégradée.

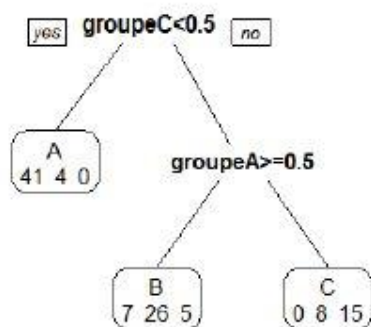


Figure 3: Arbre de décision choisit dans la méthode 2016 (VICENTE, 2016)

La fermeture du milieu est quant à elle évaluée grâce au critère de recouvrement d'Ericacées utilisé dans la méthode de 2015 (annexe 3). Les seuils sont maintenus identiques mais ne sont pas jugés pertinents d'après les résultats obtenus. Ainsi, deux notes sont attribuées dans cette étude : une note de niveau trophique et une note de fermeture du milieu.

L'échantillonnage est cette fois réalisé par polygones d'habitat identifiés dans la cartographie CHANES. Chaque polygone est parcouru et dès qu'un changement du cortège floristique est perceptible, le polygone est divisé. Les relevés phytosociologiques sont effectués par sous-unités de 25 m² (VICENTE, 2016). Dans la suite de ce rapport, cette méthode sera appelée « méthode 2016 ».

1.3. Les objectifs de cette étude

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'état de conservation de l'ensemble des pelouses montagnardes de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy. Pour ce faire, il est tout d'abord nécessaire de **définir le bon état de conservation** que l'on souhaite maintenir sur la réserve. Ceci permettra d'inscrire clairement sa définition dans les objectifs du prochain plan de gestion, en accord avec le Plan Stratégique de RNF (Commission scientifique et groupe forêts de RNF, 2013). De plus,

cette définition de la pelouse en bon état de conservation servira de référence pour permettre un suivi dans le temps.

Suite à une réflexion au regard des méthodes déjà testées localement et des informations récoltées dans la bibliographie, il faut **choisir quelle méthode employer** pour l'évaluation. Cette méthode doit être simple et **rapide** à appliquer en vue de la grande surface à couvrir. Ses résultats doivent impérativement être **accessibles à tous**, si ce n'est toute la démarche, pour deux raisons majeures. Les gestionnaires de la réserve devront pouvoir la reproduire dans le futur, or il est impossible d'être certain de qui assurera ce suivi et de quelles compétences il aura. De plus, il serait intéressant de présenter cette méthode aux agriculteurs. Cela leur permettra de comprendre la démarche employée par la RNNCS et éventuellement, pour ceux qui le souhaitent, de suivre eux-mêmes l'état de conservation de leurs parcelles. Un troisième prérequis est son **objectivité**. Les biais liés à l'observateur sont à limiter au maximum afin de pouvoir comparer les résultats obtenus sur différentes années. La méthode se doit aussi d'être **robuste** et **adaptée** au contexte de la RNNCS.

Le troisième objectif est bien sûr **l'application de la méthode** sur l'ensemble des pelouses montagnardes de la réserve, ainsi que la **cartographie** des résultats.

Enfin, les résultats de cette étude pourront être utilisés pour **animer des entretiens avec les agriculteurs** afin de discuter de leurs pratiques agricoles et de l'influence de celles-ci sur l'état des pelouses. Ceci permettra de faire des recommandations de gestion afin d'atteindre un équilibre entre exigences agricoles et principes écologiques permettant une atteinte et une préservation d'un bon état de conservation sur l'ensemble des pelouses montagnardes de la réserve.

2. Matériel et méthodes

Deux étapes majeures se distinguent dans cette étude : le choix de la méthode et son application sur la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy.

2.1. Réflexions sur les méthodes précédentes

Afin de déterminer quelle méthode déjà élaborée dans le contexte de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy est la plus adaptée aux objectifs de l'étude, une réflexion sur les théories qu'elles appliquent va être menée. La méthode 2016 retenue sera ensuite testée sur le terrain.

2.1.1. Des théories difficiles à appliquer au vu de la complexité du monde vivant

2.1.1.1. L'approche fonctionnelle et son manque de flexibilité

Comme vu dans la partie précédente, la méthode 2015 repose principalement sur l'approche fonctionnelle de l'état de conservation. Cette méthode avait initialement été créée par le CBNMC, qui ne l'a finalement pas publiée. En effet, la théorie selon laquelle un habitat en bon état permet à toutes les stratégies végétales de s'exprimer est mal adaptée à la complexité des milieux agropastoraux. Elle nécessite la définition d'un spectre biologique, c'est-à-dire une estimation du recouvrement idéal de chaque groupe d'espèces de traits de vie différents. Or, non seulement chaque compartiment écologique n'a pas le même spectre biologique, mais celui-ci est aussi très rarement atteint à cause de phénomènes comme le refus au pâturage. Ces phénomènes peuvent nettement influencer le spectre biologique du milieu, et donc dégrader sa note d'état de conservation selon la méthode 2015. Il s'agit donc d'une méthode de « *scientifique de bureau* » (P.-M. LE HENAFF, communication personnelle, 4 août 2017), trop stricte pour répondre à la complexité des phénomènes écologiques et agricoles auxquels les pelouses montagnardes sont sujettes.

D'autre part, il faut rappeler que l'un des objectifs de cette étude est de disposer d'une méthode simple, rapide et accessible à tous, ce qui n'est pas tout à fait le cas de la méthode 2015. Plus de deux mois de terrain ont été nécessaires à l'évaluation de 121 ha.

2.1.1.2. La fermeture du milieu, un phénomène complexe

La fermeture du milieu est un phénomène qui touche aujourd'hui de nombreux milieux agropastoraux. Sur la RNNCS, une étude de l'histoire des paysages végétaux a montré qu'entre 1962 et 2013, les milieux fermés ont vu leur surface augmenter de plus de 67 %, soit 3,55 ha par an en moyenne (MATHONNAT, 2017). La fermeture d'une pelouse peut être considérée comme une dégradation, puisque l'habitat change en raison d'une variation des pressions anthropiques. Ainsi, dans les méthodes 2015 et 2016, le recouvrement d'espèces caractéristiques d'une fermeture est utilisé comme indicateur d'état de conservation. Malheureusement, la détection d'une dynamique de fermeture de milieu est un phénomène très complexe.

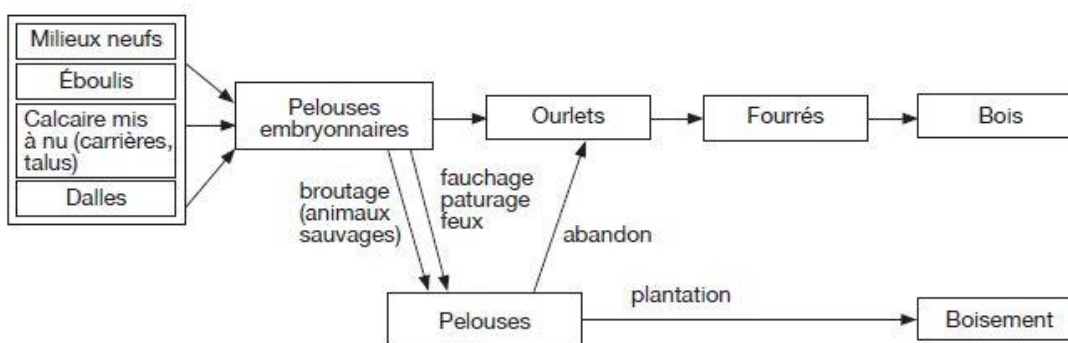


Figure 4: Schéma de la dynamique des végétations calcicoles d'Europe occidentale (MAUBERT et al., 1995 modified in PIQUERAY et MAHY, 2010)

Pendant de nombreuses années les études de la fermeture du milieu reposaient sur des modèles théoriques linéaires de successions végétales. Ces modèles prédisent les systèmes paysagers intermédiaires par lesquels vont passer un milieu en cours de fermeture : pelouses, landes, landes arbustives, fourrés, forêts... (figure 4) Dans sa thèse, Marion LEFEUVRE a démontré que, dans le cas des milieux secondaires, ces modèles se complexifient. Des successions secondaires apparaissent, dues à un arrêt des activités, au défrichement, etc. Leur « degré de complexité est beaucoup plus élevé que pour les successions primaires » (LEFEUVRE, 2013). En effet, la diversité des pratiques agricoles et de leurs historiques engendrent des conséquences très variables sur la vitesse et la trajectoire des successions végétales. La répétition de cycles d'emprise/déprise entraînés par des techniques d'ouverture du milieu variés (girobroyage, coupes de bois, pâturage plus intensif, etc.) empêche l'expression d'une succession végétale linéaire et la rend plus « chaotique ». La notion de « mosaïque paysagère » s'avère alors plus adaptée (LEFEUVRE, 2013). Cette mosaïque étant très fine, il paraît difficile de la représenter cartographiquement.

De ce fait, un indicateur de fermeture du milieu reposant uniquement sur la présence ou le recouvrement d'espèces de landes ou d'ourlets semble très peu adapté pour représenter la réelle dynamique du milieu. Pierre-Marie LE HENAFF, chargé de missions au CBNMC, a proposé un exemple simple pour illustrer ce propos : « un milieu en cours de fermeture il y a 20 ans mais où un pâturage a repris pourra toujours retenir quelques espèces arbustives alors que la végétation herbacée démontre un très bon état de conservation et que le milieu n'est plus en cours de fermeture » (P.-M. LE HENAFF, communication personnelle, 22 juin 2017). Il n'apparaît donc pas pertinent d'essayer d'évaluer la fermeture du milieu à un instant t, mais plutôt de proposer un indicateur de dynamique, qui ne pourra être interprété qu'après plusieurs années de suivi.

2.1.2. Etude de la méthode mise en place en 2016

La méthode 2016 s'appuie sur des traitements statistiques de relevés phytosociologiques, ce qui semble prédire une approche plus robuste de l'état de conservation. Quelques tests permettront de vérifier cette hypothèse.

2.1.2.1. Quelques questionnements sur les listes d'espèces indicatrices

Lors de deux réunions portant sur cette étude, Eric VALLE, conservateur de la réserve naturelle nationale de la Vallée de Chaudesfour, et Pierre-Marie LE HENAFF ont souligné de potentielles incohérences dans la méthode 2016. En effet, la liste d'espèces indicatrices d'un bon état de conservation contient quelques espèces se trouvant principalement à l'étage subalpin sur la RNNCS, comme *Patzkea paniculata* (L.) G. H. Loos ou encore *Euphrasia minima* Jacq. (P.-M. LE HENAFF, communication personnelle, 22 juin 2017). Leur présence dans une liste d'espèces indicatrices de pelouses montagnardes en bon état de conservation pose la question suivante : est-ce que les relevés phytosociologiques initiaux utilisés pour mettre en place la méthode étaient bien tous des relevés de l'étage montagnard ?

Un deuxième doute portait sur l'absence de certaines espèces pourtant très fréquentes dans les pelouses fortement fertilisées ou piétinées, comme *Poa annua* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Med., *Rumex alpinus* L., *Urtica dioica* L., *Matricaria discoidea* DC. (P.-M. LE HENAFF et E. VALLE, communication personnelle, 31 mai et 22 juin 2017). D'autre part, l'absence de *Nardus stricta* L. dans la méthode pouvait aussi poser question, puisqu'il s'agit d'une espèce dont le recouvrement important est souvent lié à un pâturage trop intensif (BENSETTITI et al., 2005).

Enfin, l'arbre retenu permet de déterminer l'état de conservation en s'intéressant uniquement à la présence des espèces et non à leur recouvrement. Prenons l'exemple d'une pelouse où le pâturage a été tel que presque toutes les espèces appétentes ont disparu. Une telle pelouse a subi des dégradations d'origine anthropique. Pourtant, elle pourrait présenter quelques pieds restants d'espèces appartenant à la liste d'espèces indicatrices d'un bon état de conservation, mais être recouverte à plus de 80 % par *Nardus stricta* L. Ne présentant pas d'espèces indicatrices d'un état dégradé, cette pelouse sera classée en bon état de conservation selon l'arbre de décision de la méthode 2016. Il paraissait donc nécessaire de vérifier la validité scientifique de cette dernière.

2.1.2.2. Test de la méthode

La première étape de validation de la méthode 2016 consiste en son application sur la RNNCS et une comparaison de ses résultats à la méthode 2015. Dans un premier temps, l'arbre de décision a été appliqué sur huit points étudiés en 2015 et les résultats ont pu être comparés à ceux obtenus par la méthode 2015. Sur ces huit relevés, seuls deux ont obtenu une note identique. Ces résultats semblent confirmer les doutes sur la validité de la méthode. Néanmoins, le nombre réduit de points testés est insuffisant pour conclure de manière significative.

Un deuxième test a donc été mis en place. Celui-ci repose sur 38 relevés phytosociologiques effectués par Romain PRADINAS et utilisés par Christelle CHARREIX pour la mise en place et le test de la méthode 2015. L'arbre de décision a été appliqué sur ces 38 relevés, permettant ainsi d'attribuer des notes d'état de conservation selon la méthode 2016. Ces notes ont ensuite été comparées à la fois aux résultats obtenus par la méthode 2015, mais aussi aux notes attribuées à dire d'expert par Romain PRADINAS selon le classement des relevés en groupements élémentaires. Les résultats de ce test sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Comparaison des notes obtenues avec la méthode 2016 à celles obtenues avec la méthode 2015 et à dire d'expert

Pourcentages de notes (%)	Notes identiques	Ecart d'une note		Ecart de deux notes	
		D*	S*	D*	S*
En comparaison avec :					
- la méthode 2015	45 %	16 %	34 %	0 %	5 %
- le dire d'expert	47 %	50 %	0 %	3 %	0 %
Moyenne sur les deux comparaisons	46 %	33 %	17 %	1,5 %	2,5 %

* D : Déclassement (note méthode 2016 < note de comparaison)

* S : Surclassement (note méthode 2016 > note de comparaison)

Tout d'abord, il est intéressant de noter que la méthode 2015 attribue beaucoup de notes plus faibles que le dire d'expert. Ceci vient confirmer les critiques faites sur l'approche fonctionnelle utilisée en 2015. De plus, moins de la moitié des résultats obtenus par la méthode 2016 sont identiques à ceux obtenus par la méthode 2015 et à dire d'expert. L'arbre de décision semble surclasser les relevés par rapport à la méthode 2015, ce qui pourrait s'expliquer par l'absence de prise en compte des critères de balances architecturales dans la méthode 2016. La note ne sera pas dégradée par le faible recouvrement d'espèces présentant un trait de vie en particulier. Ceci semble confirmer le manque de flexibilité de l'approche fonctionnelle. Néanmoins, la différence avec les résultats obtenus à dire d'expert est aussi très élevée. 53 % des notes sont plus faibles avec la méthode 2016. En effet, sur les 38 relevés pris en compte, seuls cinq sont considérés en bon état de conservation, alors qu'à dire d'expert 23 relevés le sont. La méthode 2016 semblerait donc faire un compromis entre une méthode trop stricte et le dire d'expert basé sur une classification des relevés similaires. La classification aurait peut-être tendance à négliger la présence de quelques espèces de milieux dégradés, regroupant les relevés sur la base de la présence d'autres espèces, alors que dans la méthode 2016, la présence d'une seule espèce de milieux dégradés suffit à déclasser la note d'état de conservation.

2.1.2.3. Vérification des scripts statistiques

Suite aux constatations faites lors du test de la méthode, il a paru nécessaire de reprendre la démarche de mise en place de la méthode 2016 afin de détecter l'origine des différences de résultats. L'étude du script statistique a malheureusement révélé une erreur dans le calcul du taux d'erreur de l'arbre de décision. En effet, une fois l'arbre créé, celui-ci est appliqué à certains relevés de la base de données. Une matrice est alors générée, de la forme suivante (figure 5) :

(Note prédite par l'arbre de décision)

		A	B	C
(Note de référence)	A	aa*	ab*	ac*
	B	ba*	bb*	bc*
	C	ca*	cb*	cc*

* : Les entrées de cette matrice correspondent aux nombres de relevés dont la note de référence est la *première note* (a, b ou c) et auxquels l'arbre de décision attribue la *deuxième note* (a, b ou c).

Exemple : *ab* correspond au nombre de relevés notés A selon le dire d'expert utilisé comme référence, mais notés B selon l'arbre de décision.

Figure 5 : Matrice de comparaison des notes prédites par la méthode 2016 aux notes attribuées par le dire d'expert (référence)

Dans ce type de matrice, le nombre de relevés correctement classés correspond à la somme des entrées surlignées en bleu. Le nombre total de relevés est la somme de toutes les entrées (n). Ainsi, le taux d'erreur de l'arbre de décision se calcule de la manière suivante :

$$\text{Taux d'erreur} = 1 - \frac{aa + bb + cc}{n} = \frac{n - (aa + bb + cc)}{n}$$

Pourtant, dans le script utilisé en 2016, le taux d'erreur de l'arbre de décision est calculé de la manière suivante :

$$\text{Taux d'erreur} = n - \left(aa + \frac{bb}{n} \right)$$

Ce calcul n'est pas équivalent à celui d'un taux d'erreur. Ainsi, alors que l'arbre de décision choisi devait présenter 5,18 % de chances de mal noter un relevé (VICENTE, 2016), il en présentait en réalité 24 %. Les cinq autres arbres de décision testés en 2016 ont aussi révélé des taux d'erreur supérieurs à ceux inscrits dans le rapport de 2016 et supérieurs à celui de l'arbre retenu. Au vu de ces pourcentages d'erreur importants et de l'homogénéité des résultats obtenus sur le site Natura 2000, il semble assez impertinent d'appliquer directement des arbres de décision élaborés dans le cadre de la méthode 2016.

La démarche suivie en 2016 va donc être reprise, en s'intéressant uniquement aux indicateurs de niveau trophique, afin de voir si elle peut être améliorée. Une nouvelle méthode va donc être élaborée.

2.2. Construction du jeu de données et méthode d'échantillonnage

Pour élaborer une méthode robuste d'évaluation de l'état de conservation, une nouvelle base de données, plus grande que celle utilisée en 2016, est construite. Celle-ci va regrouper à la fois des relevés réalisés par la CBNMC, ceux effectués par M. VICENTE en 2016 et de nouveaux relevés réalisés sur la RNNCS dans le cadre de cette étude.

2.2.1. Le jeu de données initial : des relevés complets issus d'études précédentes

Initialement, la base de données utilisée durant cette étude est issue du système d'information flore et végétation CHLORIS (CBNMC, 2017) et du réseau du PNRVA. Elle regroupe au total 470 relevés phytosociologiques de pelouses à la fois montagnardes et subalpines. 174 relevés ont été effectués par des botanistes au cours des 50 dernières années dans le massif du Sancy. Les 296 relevés restants ont été réalisés par M. VICENTE sur le site Natura 2000 des monts Dore en 2016.

Le recouvrement des différentes espèces y est noté en coefficient d'abondance-dominance de Braun-Blanquet, converti dans cette étude en pourcentage moyen de recouvrement (tableau 3).

Tableau 3 : Coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet utilisés dans les relevés phytosociologiques

Coefficient d'abondance-dominance de Braun Blanquet	Pourcentage de recouvrement	Pourcentage moyen de recouvrement
r	Très faible (< 3 pieds)	0,5 %
+	1 %	1 %
1	1 à 5 %	3 %
2	5 à 25 %	13 %
3	25 à 50 %	38 %
4	50 à 75 %	63 %
5	75 à 100 %	88 %

Pour chaque relevé, le pourcentage moyen de recouvrement est ramené sur une base 100. En effet, les coefficients étant convertis en pourcentage moyen, il y a un écart entre les recouvrements réels observés sur le terrain et le pourcentage moyen obtenu à partir des coefficients. En cumulant ces recouvrements moyens, le pourcentage total de recouvrement des espèces peut ainsi dépasser 100 %. Afin de corriger ce problème et de pouvoir comparer les relevés entre eux, il est donc nécessaire de ramener les recouvrements moyens sur une base 100 par rapport au recouvrement total des espèces sur chaque relevé. Pour ce faire, une simple règle de trois est appliquée.

Les relevés phytosociologiques provenant de différents auteurs utilisant différentes nomenclatures, un premier travail de fusion des espèces identiques est réalisé. Les taxons indéterminés sont aussi supprimés (*Alchemilla* sp., *Carex* sp., *Centaurea* sp., *Festuca* sp., *Hieracium* sp., *Leontodon* sp. et *Poa* sp.), sauf pour certains taxons abondants mais difficiles à identifier sur le terrain qui sont regroupés (*Taraxacum* gr., *Leucanthemum* gr.). Les Bryophytes sont aussi regroupées sous la nomenclature *Bryophyta*.

2.2.2. Tri des relevés complets en fonction du compartiment écologique étudié

2.2.2.1. Distinction entre les pelouses de l'étage montagnard et subalpin

Un premier tri est effectué parmi les relevés complets afin d'isoler ceux correspondant à l'étage montagnard. Comme la géolocalisation des relevés n'était pas disponible, ce tri est réalisé par rapport à la présence/absence d'espèces typiques du milieu subalpin. La liste de ces espèces est issue du tableau synoptique des pelouses vivaces sèches de la RNNCS (annexe 5), présent dans le catalogue des végétations (PRADINAS, 2017). Une classification hiérarchique par la méthode « *Two-way Indicator Species Analysis* » (TWINSPAN) modifiée (ROLECEK et al., 2009) est effectuée sur le logiciel JUICE version 7.0 (TICHY, 2002). Cette classification conserve la logique divisive (descendante) de la classification TWINSPAN développée par M. O. HILL dans les années 70, mais augmente sa flexibilité et la pertinence de la hiérarchie de la classification. Alors que la méthode TWINSPAN classique sépare toujours chaque cluster créé lors de la division précédente, la méthode modifiée ne divise que celui ayant la plus grande hétérogénéité (ROLECEK et al., 2009). La classification descendante apparaît plus performante dans les premières étapes de division d'une base de données qu'une classification ascendante (LAMBERT et al., 1973 ; GAUCH et WHITTAKER, 1981 in ROLECEK et al., 2009), c'est pourquoi cette méthode est privilégiée pour distinguer quelques groupes basés sur un grand nombre de relevés. De plus, l'hétérogénéité des clusters est ici basée sur leur inertie totale. Cette classification fait ressortir plusieurs clusters sur-représentant les espèces subalpines. Tous les relevés appartenant à ces ensembles sont considérés comme des relevés de l'étage subalpin. Néanmoins, au sein des clusters « montagnards », certains relevés demeurent riches en espèces subalpines. Tous ceux présentant plus de deux espèces subalpines sont alors classés dans les relevés de l'étage subalpin. 124 relevés de l'étage subalpin sont ainsi retirés de la base de données, qui ne comporte plus que 345 relevés.

2.2.2.2. Deuxième restriction du compartiment écologique

Lorsqu'une étude porte sur une série de végétation, trois grands types de compartiments écologiques sont classiquement retenus (CBNMC, 2016) :

- le compartiment mésophile, qui se développe dans des conditions édaphiques dites moyennes ;
- le compartiment humide, présent sur des substrats humides et à végétation mésohygro- à hygrophile ;
- le compartiment sec, lié aux sols squelettiques et aux affleurements de la roche mère.

Comme conseillé dans le guide technique de la méthode TRAME (CBNMC, 2016) et dans un souci de simplification de la méthode par la restriction des compartiments écologiques pris en compte, un postulat est émis : pour les unités de gestion où le compartiment mésophile est majoritaire, l'état de conservation des petites zones ponctuelles de compartiment humide et sec est positivement corrélé à l'état de conservation du compartiment mésophile. Ainsi, la méthode d'évaluation de l'état de conservation pourra se baser uniquement sur le compartiment écologique mésophile.

Un deuxième tri des relevés est donc effectué afin d'isoler ce compartiment. Une classification descendante est appliquée sur le nouveau jeu de données « relevés complets M ». Celle-ci sépare les relevés en dix clusters. L'un d'entre eux contient uniquement deux relevés présentant des espèces arbustives. Il ne s'agit pas de relevés strictement pelousaires. Ils sont donc supprimés de la base de données. Le nombre d'espèces et le recouvrement total d'espèces hygrophiles sont ensuite calculés

pour chacun des neuf autres clusters issus du TWINSpan modifié. Un groupe de relevés semble correspondre à un milieu légèrement plus humide que les autres (figures 6 et 7). Les relevés qu'il contient ont été analysés et montrent en effet la présence de plusieurs espèces typiques de milieux humides comme *Juncus effusus* L., *Sanguisorba officinalis* L. et *Trichophorum cespitosum* (L.) Hartm. Ces relevés ont donc aussi été supprimés du jeu de données.

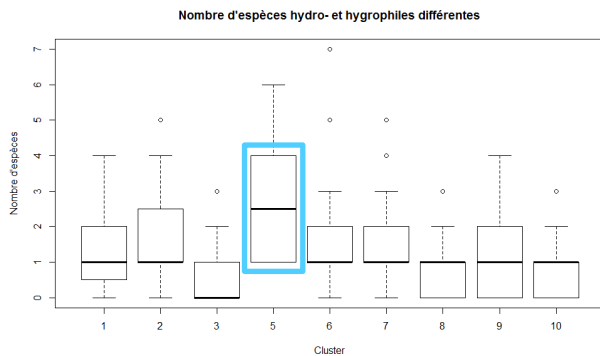


Figure 6 : Diagramme en boîtes du nombre d'espèces hygrophiles en fonction des différents groupes issus du TWINSpan modifié

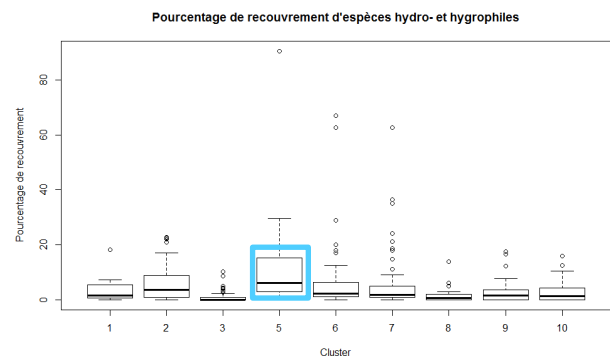


Figure 7 : Diagramme en boîtes du recouvrement des espèces hygrophiles en fonction des différents groupes issus du TWINSpan modifié

2.2.2.3. Réflexion sur une restriction plus élevée

Certaines parcelles de part et d'autre de la Montagne du Mont semblent montrer une variabilité du cortège floristique qui ne semble ni engendrée par une humidité du milieu, ni entraînée par un changement de pratiques agricoles. Ainsi, de petites zones peu diversifiées ont pu être observées au sein de zones plus grandes, beaucoup plus diversifiées. Elles se caractérisent par une pauvreté, voire une absence, à la fois d'espèces neutroclines comme *Viola lutea* Huds., *Jasione laevis* Lam. et *Genista sagittalis* L., et d'espèces eutrophiles caractéristiques d'une dégradation due aux pratiques agricoles. Ces zones se distinguent visuellement par leur extrême richesse en *Nardus stricta* L., espèce acidiphile. Une acidité plus élevée du sol liée à des dépôts morainiques pourrait expliquer leur faible diversité floristique, ainsi que leur richesse en *Nardus stricta* L. De plus, elles ont été observées sur de petites buttes, ce qui est en accord avec cette hypothèse.

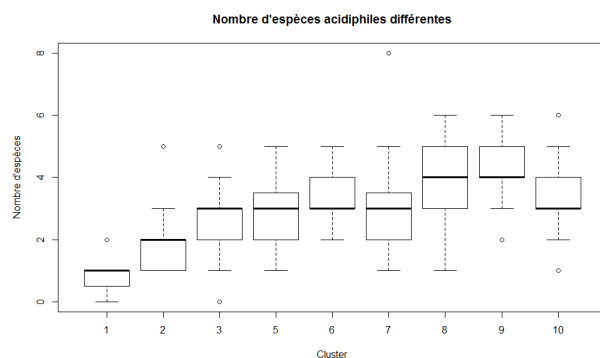


Figure 8 : Diagramme en boîtes du nombre d'espèces acidiphiles en fonction des différents groupes issus du TWINSpan modifié

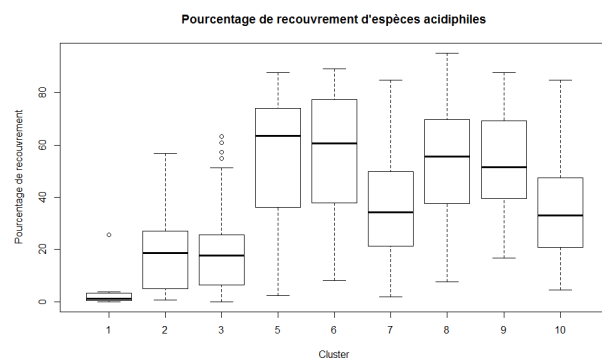


Figure 9 : Diagramme en boîtes du recouvrement des espèces acidiphiles en fonction des différents groupes issus du TWINSpan modifié

Une restriction plus élevée du compartiment écologique pourrait donc être réalisée en excluant ces milieux acidiphiles de l'étude. Le nombre d'espèces acidiphiles, ainsi que leur recouvrement a donc été étudié au sein des différents clusters issus du TWINSpan modifié (figures 8 et 9). Les résultats ne montrent pas de différence significative entre les groupes. Le choix a donc été fait de ne pas restreindre davantage le compartiment étudié. D'autre part, les caractéristiques pédo-géologiques d'une de ces zones ont été comparées par V. GENEVOIS et J.-M. MOREL à celles de deux pelouses

présentant une plus grande diversité en espèces neutroclines. Cette comparaison n'a pas révélé de différence significative entre les sols des deux compartiments.

Après avoir été adapté au compartiment écologique souhaité, le jeu de relevés complets comporte 327 relevés phytosociologiques de pelouses sèches montagnardes localisés à différents endroits dans le massif du Sancy.

2.2.3. Conversion en relevés partiels et ajout de relevés effectués durant cette étude

Une grande partie des relevés de la base de données ont été réalisés par M. VICENTE en dehors de la RNNCS. Bien que la végétation des pelouses soit similaire dans tout le massif du Sancy, il semble pertinent d'intégrer des relevés supplémentaires de la RNNCS pour une étude portant spécifiquement sur ce territoire. Par manque de connaissances en botanique et de temps, le choix est fait de réaliser des relevés phytosociologiques portant uniquement sur les espèces majoritaires présentes dans les pelouses montagnardes étudiées. Dans la suite du rapport, ils seront appelés relevés partiels. Dans un premier temps, il est nécessaire d'identifier ces espèces et de convertir les relevés déjà présents dans la base de données en relevés partiels. Puis, les nouveaux relevés pourront être ajoutés dans le jeu de données.

2.2.3.1. Les espèces prises en compte dans les relevés partiels

La liste d'espèces à prendre en compte est choisie en fonction d'une base de 106 relevés phytosociologiques utilisée dans l'élaboration de la méthode 2016 et récupérée assez tôt au cours de cette étude. Ces relevés ont été effectués par R. PRADINAS sur tout le site Natura 2000 des monts Dore, bien que majoritairement sur la RNNCS (Mathilde VICENTE, communication personnelle, 29 juin 2017). Un tri est effectué pour distinguer les relevés de pelouses de l'étage montagnard, au nombre de 50. Les espèces retenues pour les relevés partiels sont celles qui apparaissent dans au moins cinq relevés parmi les 50 (présence > 10 %). Les espèces présentes dans les listes indicatrices de la méthode 2016 sont aussi retenues. De plus, sur les conseils de P.-M. LE HENAFF et E. VALLE, quelques espèces supplémentaires sont ajoutées, notamment des espèces de milieux dégradés comme *Poa annua* L., *Rumex alpinus* L. et *Trifolium repens* L. dont l'absence dans les listes indicatrices de la méthode 2016 posait question (partie 2.1.2.1.).

Au total, 97 espèces sont retenues. La liste complète se trouve dans le bordereau de terrain en annexe 6. Les espèces absentes de cette liste sont alors supprimées des relevés du jeu de données.

2.2.3.2. L'ajout de nouvelles données

Comme dit précédemment, de nouveaux relevés partiels sont effectués sur la RNNCS. Ceux-ci devront servir à la fois pour compléter la base de données utilisée pour élaborer une nouvelle méthode d'évaluation, mais aussi pour faire la cartographie de l'état de conservation des pelouses sur la RNNCS. Ainsi, les lieux précis d'échantillonnage doivent permettre de réaliser cette cartographie. La méthode employée est explicitée dans la partie « 2.4. Cartographie de l'état de conservation dans la RNNCS ». Les relevés étant tous effectués dans le compartiment écologique étudié, il est inutile de les retrier comme il a été fait pour les relevés précédents. 149 relevés partiels peuvent ainsi être directement ajoutés au jeu de données. Ceci permet d'accorder un poids plus important aux pelouses situées dans la réserve naturelle.

Au final, le jeu de données regroupe 476 relevés de 97 espèces. Celui-ci va maintenant être utilisé pour élaborer une méthode simple mais robuste d'évaluation de l'état de conservation.

2.3. Elaboration d'une méthode simple d'évaluation de l'état de conservation

Afin de mettre en place cette méthode, il est nécessaire de choisir un système de notation et d'attribuer une note à chaque relevé de la base de données. Cette note servira de référence dans la mise en place de la méthode d'évaluation de l'état de conservation, basée sur les principaux critères qui le déterminent.

2.3.1. L'attribution de notes de références à chaque état de conservation

2.3.1.1. Les systèmes de notation envisagés

Le premier système de notation possible distingue trois états de conservation différents : favorable (A), altéré (B) et dégradé (C). Cette notation est utilisée dans les méthodes Natura 2000 mises en place par le MNHN et a été reprise par de nombreux acteurs. Il s'agit aujourd'hui du système de notation le plus courant.

Dans sa TRAME agropastorale, le CBNMC a proposé un autre système propre aux milieux herbacés en différenciant six états de conservation différents. Sur la RNNCS, seuls quatre de ces états pourraient être représentés. Les « communautés basales » (CB) sont un milieu très dégradé avec un cortège floristique très appauvri. Les milieux en « convergence trophique » (CT) regroupent les « prairies à fort niveau de fertilisation mais pour lesquels le gradient d'utilisation reste modéré ». Ils correspondent à un état de conservation moyen. Deux états sont différenciés au sein des milieux en bon état de conservation : l'« équilibre agroécologique » (AE), qui prévaut dans les listes MAE « prairies fleuries » avec une progression des espèces à large amplitude aux dépens des espèces oligotrophes, et l'« optimum écologique » correspondant aux pelouses maigres, à forte proportion d'espèces oligotrophes (CBNMC, 2016). La figure suivante (figure 10) résume les deux systèmes de notation envisagés dans cette étude, ainsi que leurs correspondances.

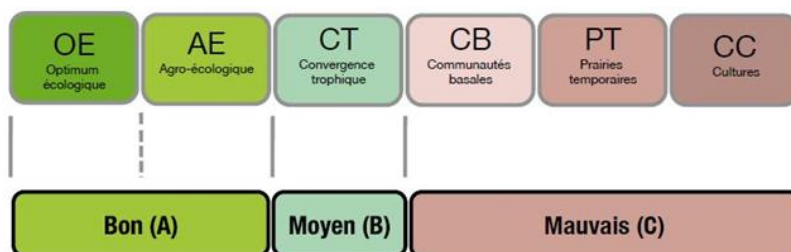


Figure 10 : Schéma des systèmes de notation envisagés dans cette étude (CBNMC, 2016)

2.3.1.2. Classification et notation des relevés

La première étape pour attribuer une note de référence aux relevés est une classification de ceux-ci en groupements (syntaxons) élémentaires. Celle-ci est réalisée par la méthode TWINSpan modifiée (expliquée dans la partie « 2.2.2.1. Distinction entre les pelouses de l'étage montagnard et subalpin »), avec une mesure de l'homogénéité des clusters en termes d'inertie totale. Le nombre de groupements présentant la perte d'inertie la plus forte est retenu. Cette classification permet de distinguer les groupes de relevés les plus proches en termes de cortège floristique.

Dans le cas des pelouses montagnardes de la RNNCS, le choix du bon état de conservation doit reposer sur leur forte diversité floristique et la conservation des espèces oligotrophes. Neuf indicateurs liés à la diversité spécifique et au niveau trophique sont testés afin d'étudier leur importance dans la classification des relevés. Ces indicateurs sont :

- le nombre d'espèces différentes ;
- le nombre d'espèces oligotrophes différentes ;
- le nombre d'espèces eutrophes différentes ;

- la proportion d'espèces oligotrophiles (soit le ratio $\frac{\text{Nombre d'espèces oligotrophiles}}{\text{Nombre total d'espèces différentes}}$);
- la proportion d'espèces eutrophiles ;
- le pourcentage de recouvrement des espèces oligotrophiles ;
- le pourcentage de recouvrement des espèces eutrophiles ;
- le ratio $\frac{\text{Nombre d'espèces oligotrophiles différentes} + 1}{\text{Nombre d'espèces eutrophiles différentes} + 1}$;
- le ratio $\frac{\text{Pourcentage de recouvrement des espèces oligotrophiles} + 1}{\text{Pourcentage de recouvrement des espèces eutrophiles} + 1}$.

Dans le calcul des ratios, on ajoute la quantité 1 au dénominateur et au numérateur afin de pouvoir les calculer dans les cas où il n'y a pas d'espèces eutrophiles. Pour chaque groupement, les indicateurs sont analysés à l'aide de diagrammes en boîte. Ceci permet de regrouper les clusters issus de la classification si besoin et d'attribuer une note aux différentes classes de relevés obtenues en fonctions de leur diversité spécifique et de leur niveau trophique.

2.3.2. Etablissement de listes d'espèces indicatrices

La construction d'une méthode simple d'évaluation de l'état de conservation comporte deux prérequis : s'appuyer sur un nombre restreint d'espèces facilement identifiables et nécessiter le moins d'étapes possible. L'utilisation de listes courtes d'espèces indicatrices permettra de répondre au premier objectif.

2.3.2.1. Des listes d'espèces indicatrices d'un état de conservation

Une espèce est indicatrice d'un état de conservation si sa fréquence d'occurrence est significativement plus élevée dans cet état de conservation que dans tous les autres. Leur identification est permise par le calcul de deux valeurs pour chaque espèce : le coefficient de fidélité et la significativité de sa surreprésentation dans l'état de conservation ciblé. Dans cette étude, le coefficient de fidélité appliqué à des groupes de taille homogénéisée (TICHY et CHYTRY, 2006) est utilisé. Celui-ci permet de calculer la fidélité des différentes espèces dans des groupes de taille très variable. Il correspond en sortes au coefficient de fidélité si le nombre de relevés dans chaque état de conservation était identique. Pour faciliter la lisibilité des résultats, ce coefficient est multiplié par 10. Il doit alors être supérieur à 2,2 pour que l'espèce soit indicatrice. En complément, afin d'exclure les espèces à fidélité non-significative, le test exact de Fisher est appliqué, utilisant cette fois la taille réelle des groupements. Pour que l'espèce soit indicatrice, la p-value obtenue par ce test doit être inférieure à 0,001. Une liste d'espèces indicatrices est ainsi mise en place pour chaque note d'état de conservation.

A ce stade, il paraît important de vérifier que les espèces indicatrices sont toutes facilement identifiables. Dans le cas contraire, les espèces pouvant être confondues doivent être fusionnées dans les relevés. Par exemple, les différentes espèces de fétuques peuvent être regroupées sous la dénomination *Festuca* sp.

2.3.3. Choix du critère le plus pertinent et détermination de seuils

A partir des listes d'espèces indicatrices, un critère permettant de différencier l'état de conservation est recherché. Celui-ci doit être discriminant, fiable et facile à mettre en œuvre. Plusieurs critères sont testés individuellement :

- le nombre d'espèces de chaque liste ;
- le recouvrement des espèces de chaque liste ;
- le ratio $\frac{\text{Nombre d'espèces indicatrices d'un bon état} + 1}{\text{Nombre d'espèces indicatrices d'un mauvais état} + 1}$.

Le critère « nombre d'espèces » est aussi testé simultanément avec le ratio. Le pourcentage de recouvrement des différentes espèces ayant été converti à partir des coefficients de Braun-Blanquet,

il est inexact. Il est donc jugé préférable de ne pas utiliser le ratio basé sur celui-ci, puisque le taux d'erreur de la méthode ne sera pas réel.

Dans un second temps, en supplément de ces listes d'espèces indicatrices d'état de conservation, des listes d'espèces sont aussi établies à partir de leur tolérance à la fertilisation et au piétinement. Ces listes sont mises en place grâce aux commentaires de P.-M. LE HENAFF et E. VALLE sur les 97 espèces retenues dans le bordereau de terrain utilisé pour effectuer les relevés (annexe 6). Plusieurs groupes d'espèces sont définis (annexe 7) :

- les espèces strictement pelousaires, qui ne tolèrent aucune fertilisation (P) ;
- toutes les espèces oligotrophiles, espèces P comprises (O) ;
- les espèces à large amplitude, plus tolérantes à la fertilisation (LA) ;
- les espèces caractéristiques de milieux fortement impactés par les pratiques agricoles, eutrophiles et méso-eutrophiles (E).

Pour ces listes d'espèces, les espèces indicatrices d'un bon état sont les espèces P et O, alors que les espèces E sont indicatrices d'un mauvais état. La classification des relevés reflétant le niveau trophique du milieu (d'après les résultats dans la partie 3.1. et VICENTE, 2016), ces listes pourraient aussi s'avérer pertinentes pour distinguer les différents états de conservation. Les différents critères testés sur les listes d'espèces indicatrices de l'état de conservation sont aussi testés à partir de ces listes. Les ratios utilisés sont ceux du nombre d'espèces oligotrophiles sur les espèces à large amplitude.

La méthode des arbres de décision¹ est employée afin de déterminer les seuils de ces différents critères permettant de distinguer les états de conservation. L'arbre retenu doit présenter un taux d'erreur relativement faible, ainsi qu'un nombre réduit d'étapes. Les arbres de décision décrivent comment répartir des individus en groupes les plus similaires possibles à un objectif fixé, en fonction de seuils de différentes variables (ROSSI, 2014) Dans ce cas, elles déterminent rapidement les seuils du ou des critère(s) étudié(s) qui permettent de regrouper au mieux les relevés dans les groupes d'état de conservation de référence. La complexité des arbres construits est toujours, sauf mention contraire, celle qui minimise l'erreur estimée. L'arbre retenu doit présenter un taux d'erreur relativement faible ainsi qu'un nombre réduit d'étapes.

Ces différentes étapes vont permettre d'élaborer une méthode d'évaluation de l'état de conservation adaptée au contexte et aux besoins de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy. Grâce à cette méthode, la cartographie de l'état de conservation des pelouses montagnardes de la RNNCS peut être réalisée.

2.4. Cartographie de l'état de conservation des pelouses montagnardes sur la RNNCS

Afin de réaliser une cartographie de l'état de conservation des pelouses montagnardes, une méthode d'échantillonnage par polygones d'état de conservation est préférée, comme dans la méthode 2016 (VICENTE, 2016). Pour chaque polygone, diverses informations sont relevées en plus des coefficients Braun Blanquet de 97 espèces. Au total, 22 jours étalés sur la période de floraison maximale ont été nécessaires pour effectuer ces relevés.

2.4.1. Une méthode d'échantillonnage par polygones d'état de conservation

La méthode d'échantillonnage est similaire à celle employée en 2016. Les polygones d'habitat sont identifiés grâce à la cartographie CHANES (annexe 1 et 1bis). Un premier relevé d'informations est effectué dans chaque polygone, puis celui-ci est parcouru. Dès qu'un changement significatif du cortège floristique est perceptible, le polygone est divisé et un nouveau relevé est effectué. Certains compartiments humides de grande surface non référencés sur la cartographique CHANES sont exclus

¹ Fonction « rpart » de la librairie « rpart » du logiciel R, version R-3.4.1. (64 bits)

des polygones. Les contours de ces derniers sont dessinés à la main sur des photographies aériennes des différentes parcelles (ORTHO Sintegra CRAIG 2013), puis leur cartographie est effectuée sur le logiciel QGIS, version 2.8.6.

Les polygones étudiés sur le terrain ne prennent pas en compte le compartiment sec et le compartiment humide. Ce dernier est détecté par la présence d'espèces comme *Carex panicea* L., *Pedicularis panicea* L., *Epikeros pyrenaicus* (L.) Raf., *Viola palustris* L., *Juncus squarrosus* L. et *Cirsium palustre* (L.) Scop. Pour le compartiment sec, un piquet est enfoncé dans le sol sur chaque lieu de relevé afin de détecter la présence d'affleurements rocheux à moins de 10 cm. Dans la cartographie des différents polygones d'état de conservation, ces deux compartiments sont assimilés aux compartiments mésophiles majoritaires voisins (postulat de la partie 2.2.2.2.).

Une attention particulière est portée à la frontière entre pelouses et landes (annexe 1 et 1bis). En effet, les limites entre landes et pelouses montagnardes sont souvent marquées par une mosaïque de ces deux milieux et non une séparation linéaire. La frontière est tracée dès que les espèces arbustives des landes montagnardes commencent à recouvrir plus de 50 % de la surface d'un quadrat de 12 m².

2.4.2. Les informations récoltées sur le terrain

2.4.2.1. Le relevé phytosociologique partiel de 97 espèces

Tout d'abord, afin de pouvoir appliquer la méthode d'évaluation élaborée, des relevés phytosociologiques partiels sont réalisés sur les 97 espèces définies précédemment. L'aire minimale d'une pelouse est de 10 m² (CBNMC, 2016), mais des quadrats de 12 m² sont plus faciles à délimiter sur le terrain (3x4 m) et sont donc utilisés pour effectuer ces relevés. Ceux-ci sont toujours localisés sur des zones homogènes de végétation, en évitant les rochers et les aménagements. Pour chaque relevé, les coordonnées géographiques (longitude et latitude) du quadrat sont notées, ainsi que l'altitude, la pente et l'exposition (annexe 6). De plus, l'intensité du pâturage et la date sont inscrites car elles influent sur la fiabilité du relevé.

2.4.2.2. Des informations à l'échelle du polygone pour mettre en place un suivi de la fermeture du milieu

Afin de mettre en place un suivi de la fermeture du milieu, le pourcentage de recouvrement au sein de chaque polygone d'état de conservation de différentes espèces impliquées dans les dynamiques de fermeture est noté. Ce pourcentage est noté pour l'ensemble des espèces, puis il est décomposé en pourcentage individuel pour chaque espèce. Cette liste d'espèces regroupe celles utilisées dans le critère « pourcentage de recouvrement d'*Ericaceae* » évalué dans les méthodes 2015 et 2016. *Cytisus oromediterraneus* Rivas Mart. & al. et *Genista pilosa* L. sont ajoutés parce qu'ils sont aussi fréquents dans les landes de la RNNCS (T. LEROY, communication personnelle, 17 mai 2017).

D'autre part, la présence de trois espèces d'ourlets est notée pour chaque polygone : *Poa chaixii* Vill., *Holcus mollis* L. et *Brachypodium rupestre* (Host) Roem. & Schult (CHARREIX, 2015). Ce travail permettra dans un premier temps d'identifier les polygones où un suivi de la dynamique de fermeture du milieu sera nécessaire. Les recouvrements notés pourront servir d'éléments de comparaison afin d'observer leur évolution dans le temps.

2.4.2.3. Des éléments d'interprétation de l'état de conservation

Cinq critères descriptifs des polygones (pourcentage de sol nu, de roche, de taupinières, d'excréments et de sol décapé par piétinement) sont notés, ainsi que tout élément qui pourrait aider à interpréter la note d'état de conservation obtenue (lieu de stagnation du troupeau, présence de blocs

de sels ou d'un nourrisseur, etc.). Un état de conservation est aussi estimé, subjectivement, à vue d'œil. Celui-ci pourrait servir à évaluer la cohérence de la méthode élaborée avec le ressenti de terrain.

Pour chaque polygone, ces différentes informations sont remplies dans un bordereau de terrain présent en annexe 6.

L'évaluation de l'état de conservation des pelouses montagnardes de la RNNCS nécessite donc dans un premier temps d'élaborer une nouvelle méthode simple d'évaluation. Celle-ci est ensuite appliquée sur la réserve naturelle afin de cartographier l'état de conservation en question.

3. Résultats

Les résultats de cette étude sont de deux ordres. Dans un premier temps, la méthode élaborée pour évaluer l'état de conservation est présentée. Ensuite, les résultats de son application sur la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy sont exposés.

3.1. La méthode élaborée pour évaluer l'état de conservation selon le niveau trophique

3.1.1. Identification de trois états de conservation

Par la méthode TWINSpan modifiée, une classification en neuf groupements est favorisée, car elle présente la perte d'inertie la plus forte. Il est important de noter que la taille des clusters n'est pas homogène. Les observations faites sur les groupements comprenant peu de relevés sont moins fiables. C'est notamment le cas pour le groupement 1 qui n'est basé que sur huit relevés (figure 11).

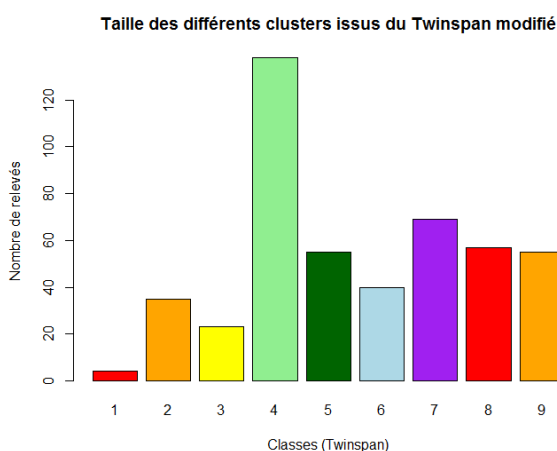


Figure 11 : Histogramme de la taille des différents groupes issus du TWINSpan modifié

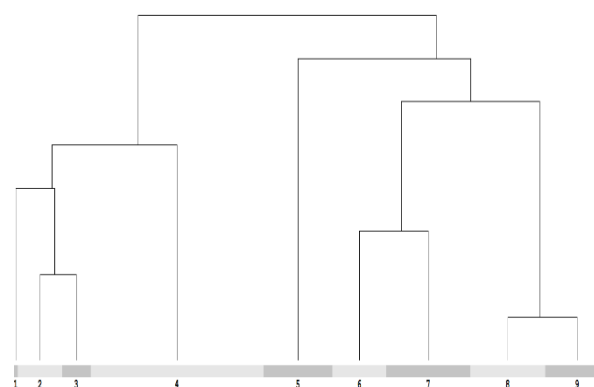


Figure 12 : Dendrogramme de la classification TWINSpan modifié

La notation souhaitée doit comporter au maximum quatre notes différentes pour ne pas compliquer l'analyse des résultats. Il va donc être nécessaire de regrouper des clusters sous une même note. Pour un regroupement en quatre groupes, le dendrogramme de la classification suggère un regroupement 1-2-3-4, 6-7 et 8-9 des relevés (figure 12). Une analyse des espèces présentes dans les différents groupements va permettre de vérifier cette hypothèse et d'attribuer une note d'état de conservation de référence aux relevés de chaque groupement.

Pour chaque cluster, les différents indicateurs de niveau trophique sont analysés à l'aide de diagrammes en boîte (annexe 8). Deux paires de groupements (2-3 et 5-6-7-8-9) présentent des résultats similaires et ont donc été regroupés dans l'analyse. L'essentiel des résultats est présenté dans le tableau 4. La notation basée sur la définition TRAME de quatre états de conservation (OE, AE, CT et CB) n'attribue la note CB à aucun relevé effectué dans le cadre de cette étude sur la RNNCS. Cette notation n'est donc pas retenue car elle n'est pas adaptée à une étude portant uniquement sur les pelouses montagnardes de la réserve naturelle. Un système de notation à trois notes (A, B et C) est donc retenu.

Tableau 4 : Attribution d'une note d'état de conservation basée sur la classification de TWINSPAN modifié et listes d'espèces indicatrices de chaque état de conservation

Numéro du groupement	1	2 et 3	4	5, 6, 7, 8 et 9
Diversité spécifique				
- Globale	Très faible	Moyenne	Très élevée (variable)	Moyenne à faible
- Oligotrophile	Nulle	Très faible	Elevée	Moyenne à élevée
- Eutrophile	Très élevée	Elevée	Moyenne	Faible
Dominance d'espèces oligotrophiles sur les espèces eutrophiles	Très faible	Très faible	Faible	Elevée
Notation 1 (TRAME)	CB	CT	AE	OE
Notation 2	C		B	A
Liste d'espèces indicatrices	<i>Serratula tinctoria</i> <i>Luzula multiflora</i> <i>Carex pilulifera</i> <i>Scorzoneroides pyrenaica</i> <i>Galium saxatile</i> <i>Potentilla erecta</i> <i>Deschampsia flexuosa</i>		<i>Stellaria graminea</i> <i>Galium verum</i> <i>Centaurea jacea</i> <i>Holcus lanatus</i> <i>Leucanthemum gr.</i> <i>Lotus corniculatus</i> <i>Pilosella officinarum</i> <i>Betonica officinalis</i> <i>Ranunculus serpens</i> <i>Anthoxanthum odoratum</i> <i>Thymus pulegioides</i> <i>Genista sagittalis</i> <i>Briza media</i> <i>Genista tinctoria</i>	<i>Taraxacum gr.</i> <i>Phleum pratense</i> <i>Veronica chamaedrys</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Cynosorus cristatus</i> <i>Scorzoneroides autumnalis</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Plantago major</i> <i>Dactylis glomerata</i> <i>Trisetum flavescens</i> <i>Blitum bonus-henricus</i> <i>Poa annua</i> <i>Poa trivialis</i> <i>Rumex alpinus</i> <i>Hypochaeris radicata</i> <i>Poa supina</i>
	<i>Ranunculus acris</i> , <i>Achillea millefolium</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Plantago lanceolata</i> , <i>Rumex acetosa</i> , <i>Cerastium fontanum</i> , <i>Trifolium pratense</i>			

Pour chaque groupe d'état de conservation, les listes d'espèces indicatrices sont aussi présentées dans le tableau 4. Une quatrième liste regroupe des espèces significativement plus présentes à la fois dans les pelouses dégradées (C) et dans les pelouses altérées (B). Les coefficients de fidélité de ces espèces sont présentés en annexe 9.

3.1.2. Deux critères retenus pour évaluer l'état de conservation

Les cinq arbres de décision obtenus, ainsi que leur taux d'erreur, sont présentés en annexe 10. Les deux arbres au plus faible taux d'erreur sont celui du critère « recouvrement d'espèces indicatrices de chaque état de conservation » (arbre 1, figure 13), ainsi que celui du critère « nombre d'espèces indicatrices de chaque état de conservation » avec les nombres et le ratio (arbre 2, figure 14).

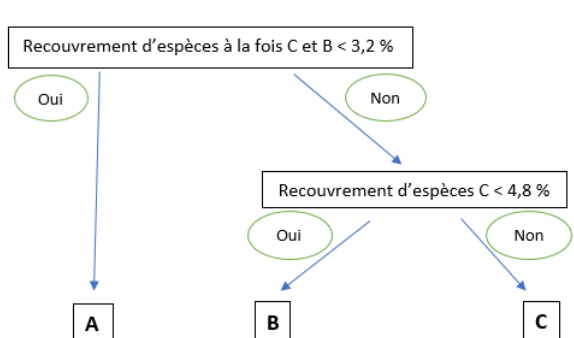


Figure 13 : Arbre de décision du recouvrement d'espèces des listes indicatrices d'état de conservation (arbre 1)

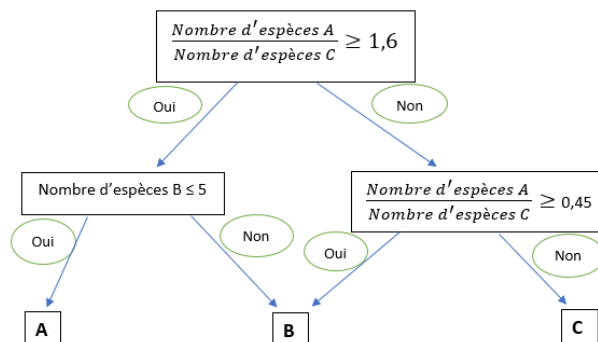


Figure 14 : Arbre de décision du nombre d'espèces des listes indicatrices d'état de conservation (arbre 2)

3.1.3. Le choix de l'arbre le plus simple

Les deux arbres produits présentent chacun des avantages et inconvénients différents. Tout d'abord, l'arbre 1 présente un avantage majeur : il est simple à comprendre. En clair, si le recouvrement des espèces des groupes B et C est faible, la pelouse est en bon état de conservation. Sinon, elle est soit dégradée ou altérée. Le recouvrement des espèces du groupe C permet alors de distinguer ces deux états de conservation. De plus, l'arbre ne fait intervenir qu'un nombre restreint d'espèces (23 au total), ce qui assure sa reproductibilité. Néanmoins, cette simplicité peut être à l'origine de certaines erreurs. En effet, le bon état de conservation étant défini uniquement sur l'absence d'espèces indicatrices des milieux moins bons, il semblerait pertinent de vérifier que les espèces caractéristiques d'un bon état de conservation sont tout de même présentes. Trois relevés de pelouses dégradées se voient d'ailleurs attribuer la note A. Une vérification aurait peut-être permis d'éviter cette erreur. Enfin, les seuils de recouvrement détectés sont très faibles et manquent donc cruellement de fiabilité. Ils reposent sur la différence entre les coefficients de Braun-Blanquet 1 et +. Ceux-ci correspondent respectivement à des recouvrements moyens de 1 et 3 %. Sur le terrain, il est très difficile de distinguer ces pourcentages et le coefficient retenu dépend beaucoup de l'observateur. Une erreur due à la mesure du recouvrement doit donc être admise.

Bien qu'il comprenne trois seuils, le deuxième arbre ne comporte en réalité que deux étapes. Les notes B et C sont attribuées en fonction du ratio des nombres d'espèces. Si ce ratio est supérieur à 1,6, le nombre d'espèces indicatrices de milieux altérés est utilisé. Cette deuxième étape permet de vérifier que les relevés sont bien en bon état. Si ce n'est pas le cas, la note B est attribuée. De plus, le comptage du nombre d'espèces présentes est plus rapide que l'estimation de leurs recouvrements. Néanmoins, du temps devra être consacré au calcul du ratio. La note ne pourra donc pas être directement estimée sur le terrain sans ce calcul. De plus, la seule utilisation du nombre d'espèces présentes peut engendrer une mauvaise lecture des pelouses, notamment dans le cas des pelouses où le Nard raide est surabondant. Les avantages et inconvénients de chacun de ces deux arbres sont résumés dans le tableau suivant (tableau 5).

Tableau 5 : Avantages et inconvénients des deux arbres construits

	Arbre 1 : recouvrement des espèces	Arbre 2 : nombre d'espèces et ratio
Avantages	- Simplicité (deux étapes) - Reproductibilité (23 espèces)	- Simplicité (deux étapes) - Fiabilité de la mesure
Inconvénients	- Manque de fiabilité de la mesure - Absence d'une étape de vérification	- Complexité de l'utilisation d'un ratio - Absence du critère de « dominance »

Comme le montrent les encadrés, les deux arbres semblent complémentaires sur certains points. Des combinaisons de ces deux arbres ont donc été testées, mais leurs taux d'erreur se sont avérés plus

élevés. L'arbre 2 est finalement retenu à cause du manque de fiabilité de la mesure utilisée dans l'arbre 1.

La méthode d'évaluation de l'état de conservation retenue s'appuie donc sur trois listes d'espèces indicatrices : celles de l'état A, B et C. Le nombre d'espèces présent dans chaque liste doit être compté et le ratio des espèces A sur les espèces C peut ainsi être calculé. En fonction des seuils définis dans l'arbre retenu (figure 13), la note d'état de conservation est attribuée. Celle-ci repose uniquement sur le niveau trophique du milieu et ne prend pas en compte des indicateurs de fermeture du milieu ou de rudéralisation par exemple. Elle peut maintenant être appliquée aux relevés effectués dans la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy.

3.2. L'état de conservation des pelouses montagnardes de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy

Dans cette partie, les résultats de l'application de la méthode mise en place précédemment sur la RNNCS sont présentés.

3.2.1. L'état de conservation selon le niveau trophique des pelouses

L'application de la méthode élaborée précédemment sur les pelouses montagnardes de la réserve a permis de distinguer trois états de conservation différents pour les pelouses montagnardes de la RNNCS. La méthode d'échantillonnage par polygones d'état de conservation a révélé la présence de 149 polygones différents. 25,5 % des polygones (soient 38 polygones) sont en bon état de conservation, 43,3 % (soient 72 polygones) en état altéré par un début de convergence trophique et 26,2 % (soient 39 polygones) sont dégradés (figure 15). La carte en figure 15 permet de localiser les relevés effectués dans chacun de ces polygones. La cartographie de leurs contours est en cours.

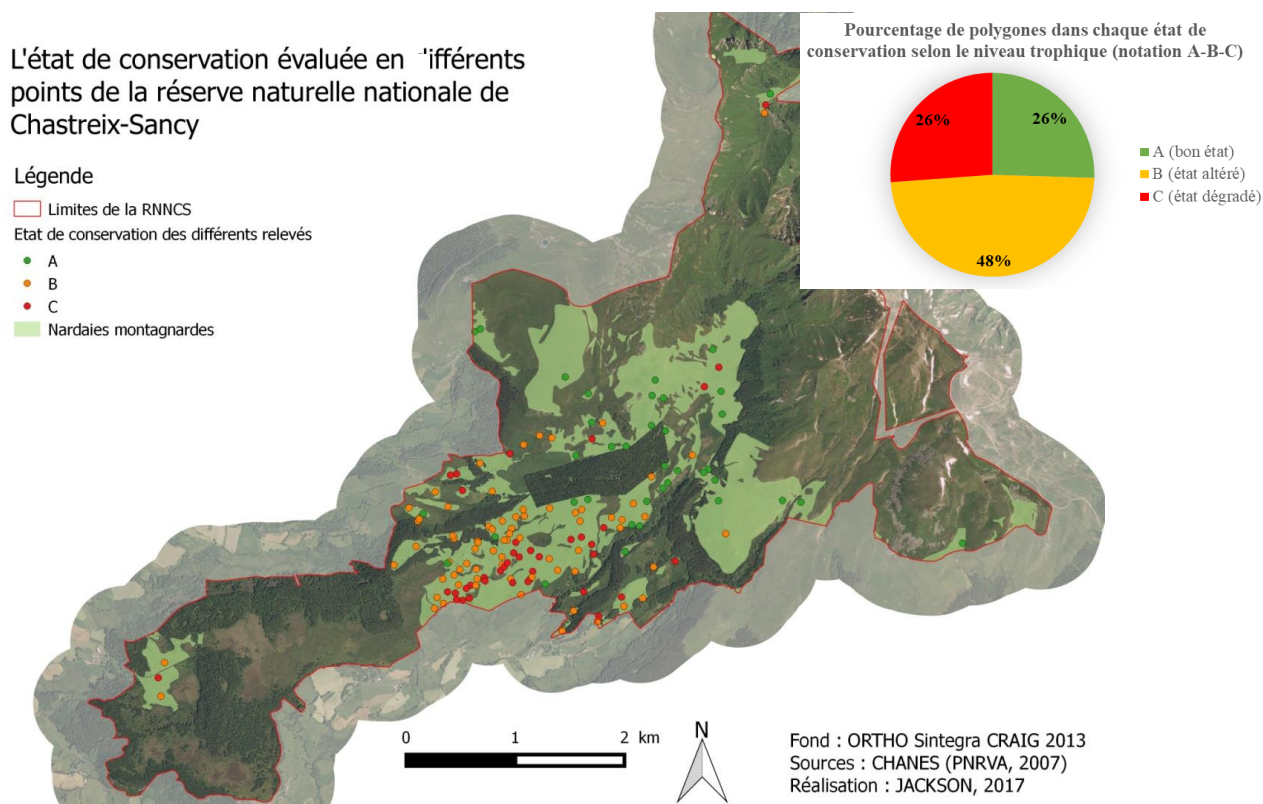






Figure 15 : Carte de l'état de conservation évalué en différents point de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy et diagramme du pourcentage de polygones dans chaque état de conservation selon le niveau trophique (notation A-B-C)

3.2.2. Les zones impliquées dans des dynamiques de fermeture du milieu

Afin de mettre en place dans les prochaines années un suivi de la fermeture des pelouses montagnardes, le pourcentage de recouvrement des espèces impliquées dans ces dynamiques est noté pour chaque polygone. Ces espèces apparaissent dans 31 polygones sur la RNNCS. La carte suivante (figure 16) montre la localisation des points d'où ces polygones ont pu être observés. Plusieurs zones particulièrement sensibles (pourcentage de recouvrement > 10 %) ont ainsi pu être identifiées. Il s'agit des zones où un suivi sera nécessaire afin de déterminer si le milieu est réellement en cours de fermeture.

Identification de zones impliquées dans des dynamiques de fermeture du milieu sur la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy

Légende

-  Limites de la RNNCS
-  Zones impliquées dans une dynamique de fermeture de milieu
-  Nardaies montagnardes
-  Zones à recouvrement > 10 %

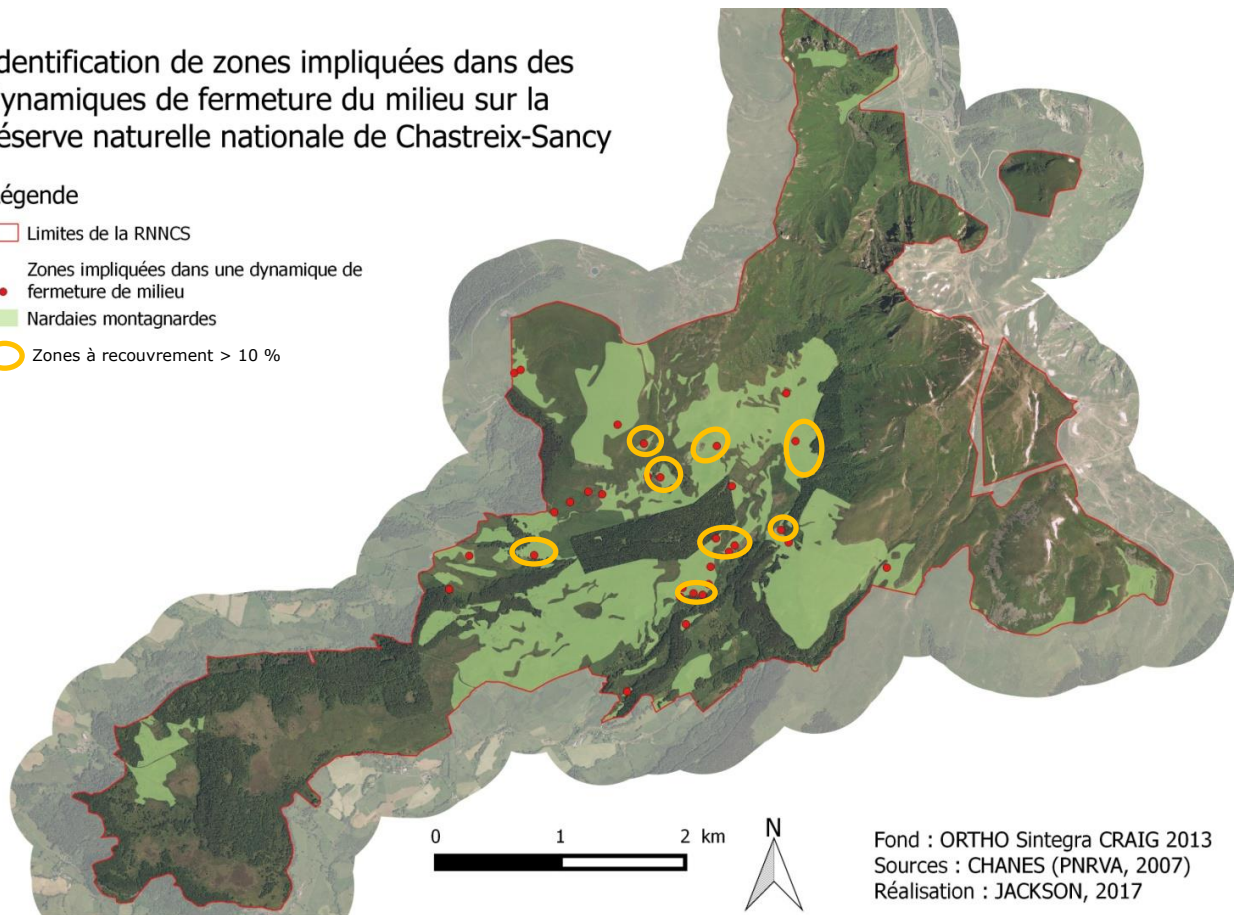


Figure 16 : Carte de l'identification de zones impliquées dans des dynamiques de fermeture du milieu sur la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy

Ainsi, cette étude a permis de mettre en place une méthode d'évaluation de l'état de conservation basée sur des critères de niveau trophique et de l'appliquer sur la RNNCS. Afin de compléter cette étude, l'identification de huit zones principales impliquées dans des dynamiques de fermeture du milieu va permettre aux gestionnaires de mettre en place un suivi de cette dégradation.

4. Discussion

La discussion est axée en trois parties. Dans un premier temps, un retour sur la démarche suivie va être effectué afin d'identifier les limites de cette étude. Puis, la cohérence des résultats obtenus, à la fois dans l'élaboration de la méthode et dans son application sur la RNNCS, sera étudiée. Enfin, plusieurs perspectives seront exposées.

4.1. De potentielles pertes de précision dans la démarche suivie

4.1.1. La prise en compte du compartiment écologique acidiphile

Sur la RNNCS, cinq associations végétales différentes ont été identifiées parmi les pelouses montagnardes dans le catalogue des végétations (PRADINAS, 2017 ; voir partie « 1.2.3.2. Les pelouses montagnardes »). Ces associations se distinguent par des cortèges floristiques différents. Dans l'élaboration de la méthode d'évaluation de l'état de conservation, ces différentes associations se sont vues attribuer une note d'état de conservation de référence lors de la classification TWINSpan modifiée. Cette note est cohérente avec la description des associations végétales et de leurs liens avec les pratiques agricoles pour toutes les associations à l'exception des pelouses acidiphiles (pelouses à Œillet des bois et Fétuque noirâtre). Celles-ci se sont retrouvées éparpillées parmi les autres associations. L'étude pédo-géologique n'a pas non plus permis de distinguer ces pelouses sur les propriétés de leurs sols. Ainsi, la distinction de cette association n'a pas été prise en compte dans cette étude. D'après la méthode élaborée, sa pauvreté en espèces oligotrophiles neutroclines pourrait donc être interprétée comme une dégradation du milieu par les pratiques agricoles. La prise en compte du compartiment acidiphile diminuerait donc la robustesse du lien entre l'état de conservation évalué et le niveau trophique.

L'étude pédo-géologique n'ayant été réalisée que sur trois sites, ses résultats ne sont pas significatifs. Une étude plus large serait nécessaire pour confirmer les résultats obtenus et éliminer l'hypothèse précédente.

4.1.2. La pertinence de l'utilisation de relevés phytosociologiques partiels

Afin d'élaborer une méthode d'évaluation de l'état de conservation, des relevés phytosociologiques basés uniquement sur 97 espèces définies par leur forte occurrence dans les pelouses montagnardes de la RNNCS et par leur lien avec des dégradations du milieu, ont été utilisés. Ce choix a été fait en fonction du temps et des compétences en botanique disponibles. Néanmoins, il a pu entraîner une perte de précision dans l'attribution d'une note de référence aux relevés. La comparaison des résultats obtenus sur les relevés partiels avec ceux obtenus sur les relevés complets permet de vérifier cette hypothèse.

La démarche d'attribution d'une note de référence est appliquée sur la base de données initiale de 327 relevés phytosociologiques complets issus d'études précédentes. La classification TWINSpan modifiée de ces relevés distingue sept groupements élémentaires (figures 17 et 18).

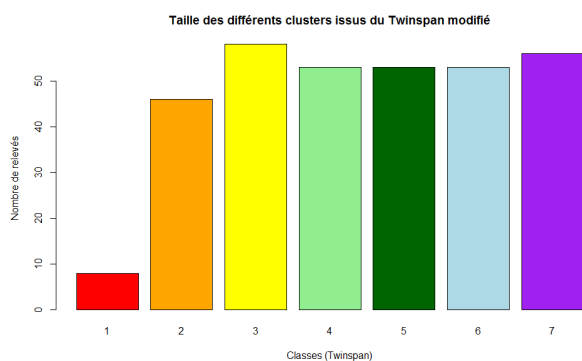


Figure 17 : Histogramme de la taille des différents groupes issus du TWINSpan modifié sur les relevés complets

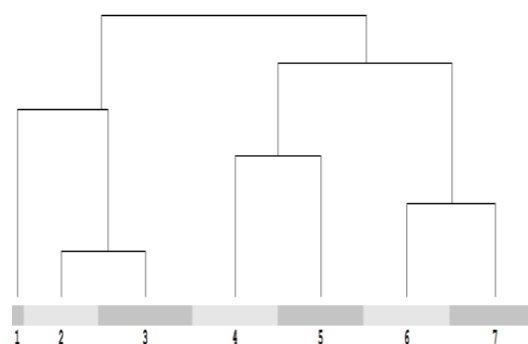


Figure 18 : Dendrogramme de la classification TWINSpan modifiée sur les relevés complets

Pour chaque groupement, les indicateurs sont analysés à l'aide de diagrammes en boîte (annexe 11). Deux paires de groupements (3-6 et 5-7) présentent des résultats très similaires et sont donc regroupés dans l'analyse. L'essentiel des résultats est présenté dans le tableau suivant (tableau 6). Deux systèmes de notation sont de nouveau appliqués.

Tableau 6 : Comparaison des différents indicateurs de chaque groupement issu de la classification des relevés complets

Numéro du groupement	1	2	3 et 6	4	5 et 7
Diversité spécifique					
- Globale	Faible	Elevée	Très élevée pour le 3, moyenne pour le 6	Faible	Assez élevée
- Oligotrophile	Faible	Moyenne	Elevée (très élevée pour le 3)	Elevée	Elevée
- Eutrophile	Très élevée	Elevée	Moyenne	Très faible	Faible
Dominance d'espèces oligotrophiles sur les espèces eutrophiles	Très faible	Faible	Moyenne	Très élevée	Elevée
Notation 1 (TRAME)	CB	CT	AE	OE	OE
Notation 2	C		B	A (OE)	A (AE)

Avec le système de notation choisi (A-B-C), 42 % des relevés se voient attribuer une note différente selon le nombre d'espèces pris en compte dans la classification (97 ou 200). Dans un premier temps, il est important de souligner qu'aucun changement extrême de la note n'a lieu (passage C vers A ou de A vers C). De plus, cette différence pourrait être due simplement à l'utilisation de 149 relevés phytosociologiques supplémentaires dans la classification des relevés sur la base de 97 espèces. Dans ce cas, les notes de référence attribuées par cette classification pourraient être jugées plus représentatives de la réalité, puisqu'elles se basent sur un plus grand échantillon de données.

De plus, on remarque que lorsque la classification est effectuée à partir des 200 espèces présentes dans les relevés, deux groupements en bon état de conservation peuvent être distingués. Le groupement 4 se démarque surtout par la dominance des espèces oligotrophiles sur les espèces eutrophiles. Cette classification permettrait d'appliquer un système de notation à quatre notes définies de la manière suivante :

- EC C : très dégradé à dégradé par une fertilisation forte, quelques espèces oligotrophiles peuvent encore persister grâce à une utilisation modérée mais leur diversité demeure faible ;
- EC B : en cours d'altération par un début de convergence trophique qui fait apparaître des espèces eutrophiles tout en permettant encore une grande diversité d'espèces oligotrophiles ;
- EC A (EA) : absence d'espèces eutrophiles et forte diversité due à la persistance d'espèces oligotrophiles et à la progression d'espèces de large amplitude ;
- EC A (OE) : absence d'espèces eutrophiles et large dominance des espèces oligotrophiles (recouvrement très élevé).

La définition des états de conservation A (OE) et A (AE) ne correspond pas à celle de la méthode TRAME mais semblerait plus adaptée à une étude portant uniquement sur les pelouses. Néanmoins, dans la classification à partir de moins d'espèces, cette différence entre groupement OE et AE ne ressort pas clairement car les groupements en bon état de conservation ne se différencient pas de la même manière selon les indicateurs étudiés (annexe 8).

Ainsi, l'utilisation d'un nombre restreint d'espèces pour définir la note de référence présente une perte de précision, avec un taux d'erreur de 42 % lors du passage sur le jeu de relevés partiels. Néanmoins, elle permet d'obtenir des résultats plus robustes, grâce à l'utilisation d'un échantillon supplémentaire de données spécifiques à la RNNCS. Malheureusement, elle ne permet pas de distinguer clairement deux états de conservation différents au sein du bon état, ce qui aurait été possible en travaillant sur des relevés phytosociologiques complets.

4.1.3. Des imprécisions de la cartographie dues à l'échelle d'étude

La cartographie par polygones d'état de conservation sur la RNNCS permet aux gestionnaires d'identifier rapidement les milieux les plus impactés par les pratiques agricoles. Tout d'abord, la délimitation de ces polygones est réalisée à partir de la détection visuelle d'un changement de compartiment écologique. Ceci peut donc entraîner une homogénéisation des résultats si des changements n'ont pas été détectés ou ont été jugés trop faibles pour représenter un changement d'état de conservation. De plus, certaines zones de composition végétale différente ont été jugés trop petites pour être sujettes à un relevé, comme les chemins, les abords des burons et des abreuvoirs ou certains points affectés par des dégradations très ponctuelles. La majorité de ces zones de dégradation ponctuelles pourront être cartographiées par une ligne ou un point. Néanmoins, elles ne sont pas prises en compte dans l'évaluation surfacique de l'état de conservation. De même, les changements de composition végétale entraînés par la présence de tras (structures enterrées alignées typiques du Sancy et du Cézallier) n'ont pas été retenus. Ces différents éléments sont tous considérés inévitables dans les pelouses montagnardes de la RNNCS.

Ainsi, la méthode de cartographie utilisée fait preuve d'une certaine homogénéisation de l'état de conservation due à deux postulats :

- les compartiments humides et secs sont dans le même état de conservation que le compartiment mésophile majoritaire, à pratiques agricoles égales ;
- les dégradations ponctuelles de type chemins et abreuvoirs, ainsi que les changements d'état de conservation liés à la présence de burons et de tras sont négligeables dans les pelouses montagnardes de la RNNCS.

Ainsi, la démarche suivie pour mettre en place une méthode d'évaluation de l'état de conservation et l'appliquer sur la RNNCS présente plusieurs limites, notamment dues à la méthode d'échantillonnage et au choix de travailler uniquement sur 97 espèces. La cohérence des résultats obtenus va donc être vérifiée.

4.2. La cohérence des résultats obtenus

4.2.1. La pertinence de la méthode élaborée : comparaison avec la méthode 2016

La méthode d'évaluation de l'état de conservation élaborée dans cette étude présente un taux d'erreur de 16,2 % par rapport aux notes de référence. Ce taux est relativement élevé et le gain de précision par rapport à la méthode 2016 (8 % d'erreur en moins) n'est finalement pas grand. Malgré cela, plusieurs points montrent que la méthode élaborée dans cette étude est mieux adaptée au contexte de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy.

4.2.1.1. Des listes d'espèces indicatrices plus cohérentes

Les nouvelles listes d'espèces indicatrices de chaque état de conservation (élaborées dans cette étude) semblent regrouper davantage d'espèces présentes dans les pelouses montagnardes de la RNNCS. En effet, grâce aux tris effectués sur la base de données pour isoler le compartiment mésophile de l'étage montagnard, aucun état de conservation ne sur-représente les espèces de l'étage subalpin ou des espèces strictement de milieux humides. De plus, suivant cette méthode, des espèces supplémentaires de milieux dégradés apparaissent dans la liste d'espèces indicatrices C. Il s'agit pour la majeure partie d'espèces dont l'ajout avait été conseillé par E. VALLE et P.-M. LE HENAFF.

4.2.1.2. Des résultats plus adaptés au contexte de la RNNCS

Les résultats obtenus par la méthode élaborée lors de cette étude ont été comparés à ceux qui auraient été trouvés si la méthode 2016 avait été appliquée. 42 % des relevés effectués au cours de cette étude obtiennent des notes différentes selon la méthode employée.

Les résultats obtenus par la méthode 2016 sont représentés sur la carte suivante (figure 19). Aucune pelouse de la RNNCS n'est alors considérée en état de conservation dégradé (C). Cette méthode n'est donc pas assez stricte pour répondre aux objectifs de la réserve naturelle. Sa notation semble plutôt respecter les équivalences définies dans le guide TRAME (figure 10). Pourtant, seulement 15 % des relevés sont estimés en bon état de conservation, contre 26 % avec la nouvelle méthode. Le seuil de différenciation entre le bon état de conservation et l'état altéré est trop rarement atteint sur la RNNCS. Ceci entraîne une homogénéisation des résultats avec une dominance de l'état de conservation dit altéré.

L'état de conservation en différents points de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy selon la méthode 2016

Légende

- Limites de la RNNCS
- Etat de conservation des différents relevés
 - A
 - B
- Nardaies montagnardes

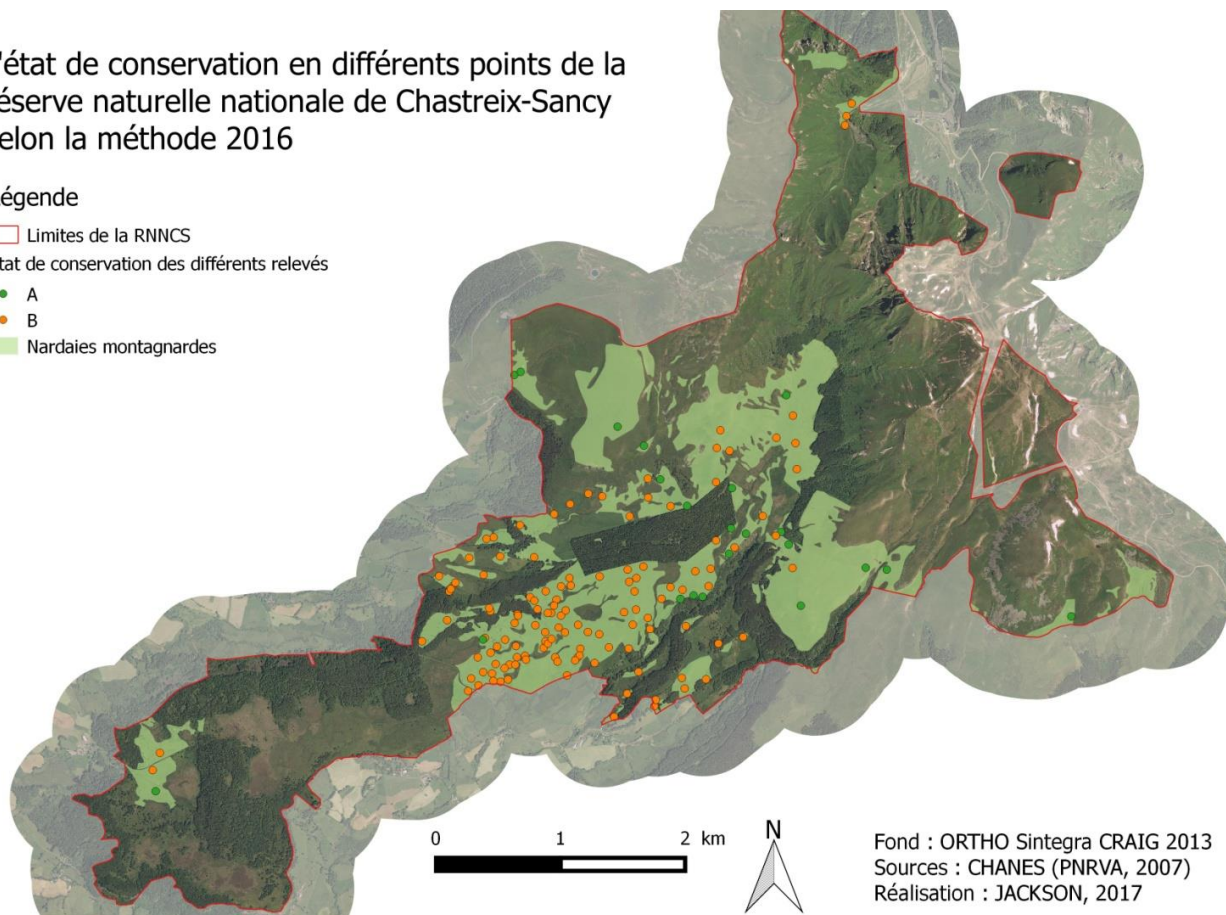


Figure 19 : Carte de l'état de conservation en différents points de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy selon la méthode 2016

Ainsi, malgré l'obtention d'un taux d'erreur similaire lors de la mise en place de l'arbre de décision, la méthode élaborée dans cette étude attribue des notes plus cohérentes avec les besoins de la RNNCS. Ceci est dû au choix du système de notation et à l'attribution des notes de référence effectués à partir d'indicateurs précis du niveau trophique et d'un plus grand nombre de relevés propres à la RNNCS.

4.2.2. Une majorité de relevés en état de conservation altéré peu représentative des surfaces

Maintenant que la méthode a été comparée avec l'ancienne et qu'elle s'est révélée plus pertinente, l'analyse des résultats obtenus lors de son application sur la RNNCS va permettre de confirmer ou non la cohérence des résultats. Ces résultats montrent une forte dominance des relevés en état de conservation altéré. Néanmoins il est important de noter qu'il existe une corrélation négative entre la proximité des relevés et la taille des polygones. Ainsi le nombre de relevé n'est pas représentatif de la surface des polygones. De nombreux relevés en bon état de conservation sont très espacés des relevés alentours, notamment vers le mont Redon, le fond de la Fontaine Salée et la

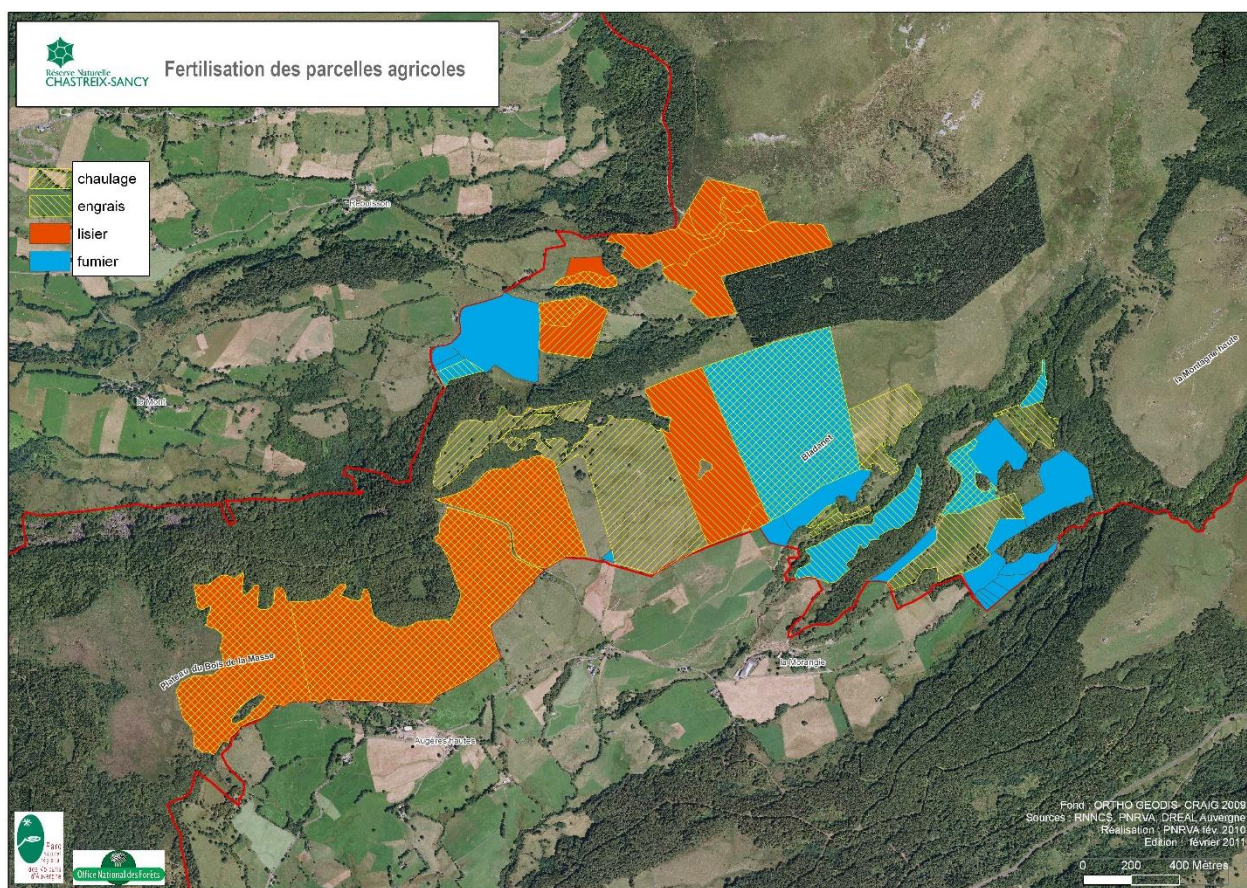


Figure 21 : Carte de la fertilisation des parcelles agricoles (DEVROYE P. et LEROY T., 2010)

Les notes d'état de conservation sont cohérentes suivant deux axes :

- elles permettent de distinguer trois états de conservation présents sur la réserve naturelle en proportions acceptables ;
- elles semblent bien corrélées aux pratiques agricoles.

Néanmoins, sur plusieurs aspects les notes attribuées ne répondent pas aux définitions de la TRAME agropastorale du Massif central. L'inscription possible de ces pelouses dans la TRAME va donc être étudiée.

4.2.4. L'inscription des pelouses montagnardes de la RNNCS dans la TRAME agropastorale du Massif central

Dans un premier temps, il est important de rappeler que le système de notation A-B-C a été choisi sur la RNNCS car celui-ci permettait de mieux distinguer des polygones en mauvais état par rapport au niveau trophique moyen des pelouses de la réserve. Selon la notation adoptée dans la méthode TRAME pour les milieux herbacés, aucune pelouse de la RNNCS n'est actuellement au stade de la communauté basale. Si on souhaitait appliquer cette notation sur la réserve, on pourrait considérer que les états dits dégradés sont en réalité en convergence trophique, alors que les pelouses altérées correspondent tout simplement à un équilibre agroécologique. Une échelle d'analyse plus fine aurait peut-être permis de distinguer des « communautés basales » au sein des pelouses. En effet, les chemins et bordures de burons n'ont pas été cartographiés dans cette étude et n'ont pas fait l'objet d'un relevé spécifique. Il est donc possible que ces très petites zones soient des communautés basales. Néanmoins, ce constat permet de dire qu'à l'échelle de la TRAME herbacée du Massif central, la majorité des pelouses de la RNNCS sont en bon état de conservation.

Cependant la notation TRAME, avec une note d'équilibre agroécologique semble plus parlante pour les agriculteurs. Il est donc envisageable de renommer les états de conservation A, B et C respectivement en OE, AE et CT.

Les résultats obtenus par la nouvelle méthode sont plus adaptés au contexte de la RNNCS que ceux issus de la méthode 2016. En effet, ils permettent de distinguer trois états de conservation présents sur la réserve naturelle, selon des listes d'espèces cohérentes. De plus ces états semblent bien corrélés aux pratiques agricoles et peuvent être transposés dans la notation TRAME si besoin. La méthode élaborée permet donc une évaluation pertinente de l'état de conservation des pelouses montagnardes de la RNNCS. Afin de permettre une valorisation de cette étude, les perspectives et les pistes d'amélioration de cette nouvelle méthode vont maintenant être mises en évidence.

4.3. Perspectives et amélioration de la méthode

Les perspectives se divisent en trois parties. Des réflexions sur des indicateurs supplémentaires pour évaluer l'état de conservation seront menées. Puis, des conseils seront émis pour valoriser les résultats de ce travail auprès des agriculteurs et pour permettre la pérennisation du projet de suivi de l'état de conservation des pelouses montagnardes.

4.3.1. La prise en compte d'indicateurs supplémentaires

La méthode élaborée précédemment reflète uniquement le niveau trophique des pelouses de la RNNCS. La notion d'état de conservation repose néanmoins sur d'autres facteurs, comme la fermeture du milieu ou des dégradations ponctuelles. Il serait donc pertinent, sur le long terme, d'intégrer de nouveaux indicateurs dans la méthode.

4.3.1.1. La fermeture du milieu

Comme dit précédemment, le pourcentage d'espèces intervenant dans les dynamiques de fermeture du milieu est noté pour chaque polygone. Afin d'évaluer ces dynamiques, ce pourcentage devra être noté régulièrement sur les sites identifiés. Une analyse rapide de son évolution permettra de distinguer les pelouses réellement en cours de fermeture (augmentation significative du pourcentage), des pelouses où ces espèces sont le résultat d'une ancienne diminution des pratiques agricoles (changements non significatifs ou diminution).

Malheureusement, les biais dans cette méthode simple sont relativement importants. En effet, la cartographie des polygones d'habitat étant effectuée à main levée, la progression des limites entre pelouses et landes pourrait être due à l'imprécision du tracé durant les premières années de suivi. Ce n'est que sur le long terme que les résultats pourront être jugés significatifs. De plus, le pourcentage de recouvrement est évalué à vue d'œil. La valeur d'un tel recouvrement est très variable en fonction de l'observateur. Lors de la phase de terrain de cette étude, plusieurs relevés ont été effectués en compagnie d'autres personnes. Plusieurs fois, des désaccords sur le coefficient de Braun Blanquet d'une espèce ont été émis. Ces désaccords reposaient majoritairement sur le choix des coefficients +, 1 et 2, plus proches en termes de pourcentage de recouvrement que les autres coefficients. Ainsi, les faibles différences à la fois dans les pourcentages de recouvrement et les limites entre pelouses et milieux fermés ne pourront être interprétés. D'après le ressenti de la phase de terrain, un changement de recouvrement ne devrait être considéré comme significatif qu'à partir de 25 %. Ce seuil reposant sur un avis subjectif, il pourrait bien évidemment faire l'objet d'une étude à part entière.

Une étude plus précise de la fermeture du milieu peut être envisagée. Deux méthodes sont possibles : un suivi photographique ou des relevés réguliers fixes. Bien que plus chronophages, ces deux techniques permettraient de limiter les biais mentionnés précédemment.

4.3.1.2. D'autres indicateurs de l'état de conservation

D'autres indicateurs d'état de conservation de pelouses montagnardes pourraient être utilisés. Dans la méthode 2015 un indicateur faunistique basé sur la présence d'espèces de Rhopalocères a été testé. En effet, la richesse faunistique d'un milieu est impactée par l'abandon ou l'intensification des pratiques agricoles, notamment à travers la disparition des espèces à fleurs (KAMPMANN et al., 2008 ; SCHOHIER et al., 2012). Néanmoins les résultats n'ont pas été concluants. Les listes d'espèces utilisées ne semblaient pas adaptées au milieu étudié (CHARREIX, 2015). L'identification ou la mise à jour de cette liste pour répondre aux objectifs de l'étude permettrait de pouvoir intégrer cet indicateur dans le suivi de l'état de conservation. Il compléterait l'approche précédente par une prise en compte plus large de l'écosystème.

D'autres indicateurs utilisés dans la méthode du MNHN portant sur l'évaluation de l'état de conservation des pelouses calcicoles pourraient être repris (MACIEJEWSKI, 2012). Ainsi la présence de dégradations ponctuelles pourrait être prise en compte. Selon la méthode du MNHN les dégradations sont comptabilisées sous forme d'un système de points. Le tableau récapitulatif de ces dégradations pour les pelouses est présenté ci-dessous et pourrait être directement appliqué sur la RNNCS (tableau 7).

Tableau 7 : Liste des atteintes au niveau du polygone pour les pelouses selon la méthode du MNHN (MACIEJEWSKI, 2012)

Atteintes au niveau du polygone (PELOUSE)	Points
rat taupier 0-10 % (ou nombre de trous) de la surface	1
rat taupier > 10 % (ou nombre de trous) de la surface	2
sol non végétalisé dont les causes ne sont pas édaphiques	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 à fumier, dépôts d'ordures...)	1

Si ces indicateurs sont intégrés dans la méthode d'évaluation de l'état de conservation des pelouses montagnardes de la RNNCS, une nouvelle étude devra être réalisée afin de définir des seuils de déclassement des pelouses. D'autre part, le pourcentage de recouvrement des taupinières ainsi que du sol nu ont été notés dans le bordereau pour chaque polygone étudié cette année. Ces résultats pourraient donc servir de base pour délimiter des seuils.

4.3.2. Un premier échange avec les agriculteurs : une approche par la concertation

A la suite du stage réalisé en 2015, un courrier a été envoyé à chaque agriculteur. Celui-ci résumait les résultats obtenus sur leur(s) parcelle(s) et faisait part de recommandation de gestion afin de maintenir ou améliorer l'état de conservation des pelouses de leur(s) parcelle(s). Cette année il serait préférable de favoriser un échange avec les agriculteurs. Ceci permettrait de bien expliquer à la fois les objectifs de l'évaluation et ceux du maintien et/ou de l'amélioration de l'état de conservation. De plus, les recommandations de gestion pourront alors être mises en place en concertation avec les agriculteurs. Ces derniers peuvent apporter une connaissance plus approfondie de leur(s) parcelle(s) pour confirmer les observations faites par les gestionnaires. Un réel échange sur les recommandations de gestion permettrait de trouver un compromis entre les besoins des agriculteurs et les objectifs des gestionnaires. Les MAEC pourraient être utilisées pour augmenter les avantages procurés par une bonne gestion de l'état de conservation à moyen terme auprès des agriculteurs et des gestionnaires.

4.3.3. La mise en place d'un suivi sur le long terme de l'état de conservation

Sur le long terme, un suivi de l'état de conservation pourra être mis en place. Dans un premier temps, un choix de fréquence d'évaluation doit être fait. Un pas de temps de 5 ans semble approprié. En effet, les phénomènes de changement du cortège floristique étant généralement lents, un suivi plus fréquent ne serait pas rentable. Il demanderait trop de temps et d'argent pour des résultats avec des différences non significatives. De plus, le pas de temps de 5 ans correspond à la fois à la durée d'un plan de gestion d'une réserve naturelle de France et à la durée des contractualisations MAEC. Tous les 5 ans, l'état de conservation évalué permettra donc de mesurer les impacts des gestions agricoles mises en place lors des entretiens avec les agriculteurs et dans le cadre des MAEC.

Une nouvelle cartographie des polygones d'état de conservation permettra de suivre de potentiels pertes surfaciques du milieu. Cette évolution pourrait être considéré comme un indicateur global de l'état de conservation des pelouses montagnardes de la RNNCS, ou comme un indicateur spécifique à chaque polygone comme dans méthode du MNHN (MACIEJEWSKI,2012).

La méthode d'évaluation élaborée est plus adaptée aux pelouses montagnardes de la RNNCS et aux besoins de celle-ci en termes de différenciation d'états de conservation. Les résultats obtenus doivent être nuancés par le choix d'un système de notation strict et par l'imprécision de la méthode de délimitation des polygones d'état de conservation. Les perspectives de cette étude peuvent être regroupés en deux catégories :

- l'intégration dans la méthode d'indicateurs supplémentaires et le suivi sur le long terme ;
- des échanges avec les agriculteurs intéressés sur l'état de conservation de leur(s) parcelle(s).

Conclusion

L'état de conservation des habitats est aujourd'hui une notion très complexe. Sa définition doit être adaptée au contexte de son évaluation et aux objectifs fixés par les gestionnaires d'espaces naturels. Ceci explique les nombreuses approches de cette notion qui ont été abordées au cours des trois dernières décennies, ainsi que la multitude de méthodes mises en place pour son évaluation. Les indicateurs de l'état de conservation d'un habitat sont très variables, allant des types de sols aux traits de vie des espèces végétales, en passant parfois par des indicateurs faunistiques.

L'évaluation d'un concept aussi vaste nécessite donc des choix pour trouver un compromis entre le temps disponible et la précision souhaitée des résultats. Dans le contexte de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy, les principales dégradations des pelouses montagnardes sont liées aux pratiques agricoles et notamment à la fertilisation. L'évaluation de l'état de conservation doit donc refléter les impacts de ces pratiques, c'est pourquoi le choix est fait de s'intéresser en priorité à un indicateur de niveau trophique. Une nouvelle méthode est ainsi créée, inspirée par une méthodologie précédemment employée sur le site Natura 2000 des monts Dore.

L'application de cette méthode sur la réserve naturelle a permis de tirer de premières conclusions sur l'état de conservation de ses pelouses montagnardes. Selon la notation de la TRAME agropastorale du Massif central, la majorité de celles-ci est en bon état de conservation. Néanmoins, les exigences d'une réserve naturelle nationale sont plus importantes. Une notation plus stricte est donc appliquée, faisant ressortir plusieurs pelouses en état dégradé dans les secteurs où la fertilisation est la plus importante. De manière générale, les parcelles d'altitude sont principalement en bon état de conservation par rapport à la moyenne sur la RNNCS, alors que les parcelles de proximité sont altérées ou dégradées.

Une présentation des résultats aux agriculteurs est prévue. Une concertation avec ces derniers sur le lien avec leurs pratiques permettra de mieux cerner les changements possibles pour répondre à l'objectif du plan de gestion : maintenir, et améliorer localement, l'état de conservation des milieux naturels de l'étage montagnard.

Bibliographie

AGREIL C., BARTHEL S., BARRET J., DANNEELS P., GREFF N., GUERIN G., GUIGNIER C., MAILLAND-ROSSET S., MAGDA D., MEIGNEN R., MESTELAN P., DE SAINTE MARIE C. 2011. - La gestion pastorale des milieux naturels : mise en œuvre des MAE-t et gestion adaptative avec la démarche PATUR'AJUSTE. *Fourrages* 208 : 293-303.

AUBERTIN C. 2005. – Review : Biodiversité et changements globaux. Enjeux de société et défis pour la recherche by Robert Barbault; Bernard Chevassus-au-Louis; Anne Teyssèdre. *Revue Tiers Monde* 46(181) : 229-231.

BENSETTITI F., BOULLET V., CHAVALDRET-LABORIE C., DENIAUD J. 2005. - « Cahiers d'habitats » *Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 4 (vol.1) – Habitats agropastoraux.* MEDD/MAAPAR/MNHN. La Documentation française, Paris, 445p.

BOHNER A., STARLINGER F., KOUTECKY P. 2012. - Vegetation changes in an abandoned montane grassland, compared to changes in a habitat with low-intensity sheep grazing – a case study in Styria, Austria. *eco.mont* 4(2) : 5-12.

BOSIRE J.O., DAHDOUH-GUEBAS F., WALTON M., CRONA B.I., LEWIS III R.R., FIELD C., KAIRO J.G., KOEDAM N. 2008. - Functionality of restored mangroves: A review. *Aquatic Botany* 89(1) : 251-259.

CANTARELLO E., NEWTON A.C., 2008. - Identifying cost-effective indicators to assess the conservation status of forested habitats in Natura 2000 sites. *Forest Ecology and Management* 256(4) : 815-826.

CARNINO N. 2009. - *État de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle du site - Guide d'application de la méthode d'évaluation des habitats forestiers.* MNHN/ONF. 23 p.

CARNINO, N., TOUROULT, J. 2010. – Evaluation de l'état de conservation des habitats forestiers à l'échelle d'un site Natura 2000 : du concept vers un outil pour le gestionnaire. *Revue Forestière Française* 62(2) : 127-140.

CARRERE P., DUMONT B., CORDONNIER S., ORTH D., TEYSSONNEYRE F. & PETIT M. 2002. - L'exploitation des prairies de montagne peut-elle concilier biodiversité et production fourragère ? *Actes du colloque Moyenne montagne en devenir : développement agricole et agroalimentaire - Lempdes, 14-15 novembre 2002*, 41-46.

CHARLES M., VIRY D. 2015 - *État de conservation des mares temporaires méditerranéennes (UE 3170*), habitat d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Rapport d'étude. Version 1.* Rapport SPN 2015-56. Service du patrimoine naturel MNHN/ONEMA. Paris, 64p.

CHARREIX C. 2015. - *Evaluation de l'état de conservation des nardaias montagnardes de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy.* Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne. 35p.

CHEVASSUS-AU-LOUIS B. 2006. - Biodiversité, un nouveau regard sur la diversité du vivant - Chapitre 3. *Les défis de l'agriculture mondiale au XXIe siècle - Leçons inaugurales du groupe ESA* : 98-130.

Commission scientifique et groupe forêts de réserves naturelles de France (RNF). 2013. - *Evaluation de l'état de conservation des habitats : habitats forestiers et éco-complexes alluviaux.* Cahiers de RNF. 68p.

Conservatoire botanique national du Massif central (CBNMC). Non publié. – *Sans titre.* Observatoire de l'état de conservation des milieux herbacés du Massif central en lien avec les pratiques agricoles : rapport d'étude. 121p.

Conservatoire botanique national du Massif central (CBNMC). 2016. - *TRame agropastorale – une Approche Multiscale de l'appréciation des Etats de conservation des végétations agropastorales*. 44p. ISBN : 979-10-96518-01-2.

Conservatoire d'espaces naturels Isère (CEN Isère). 2012. - *Premières rencontres pour la conservation des pelouses et coteaux secs de Rhône-Alpes*. Montalieu-Vercieu, 68p. ISBN : 978-2-9529432-5-2.

Conservatoire d'espaces naturels Languedoc-Roussillon (CEN L-R). 2015. - *Guide de la méthode Mil'Ouv*. Institut de l'élevage. 70p.

DALE V., BEYELER S. 2001. – Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological indicators* 1 : 3-10.

DEVROYE P., LEROY T. 2010. - *Premier état des lieux des pratiques agricoles dans la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy*. Rapport d'étude. PNRVA/ONF/DREAL Auvergne. Chastreix, 47p.

HOLE D.G., PERKINS A.J., WILSON J.D., ALEXANDER I.H., GRICE P.V., EVANS A.D. 2004. - Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122 : 113–130.

HUMBERT J.-Y., DWYER J. M., ANDREY A., ARLETTAZ R. 2016. - Impacts of nitrogen addition on plant biodiversity in mountain grasslands depend on dose, application duration and climate: a systematic review. *Global Change Biology* 22 : 110-120.

KAMPMANN D., HERZOG F., JEANNERET P., KONOLD W., PETER M., WALTER T., WILDI O., LUSCHER A. 2008. - Mountain grassland biodiversity: Impact of site conditions versus management type. *Journal for Nature Conservation* 16(1) : 12-25.

LEFEUVRE M. 2013. – *Dynamiques végétales contemporaines dans les estives de la Chaîne des Puys : pour une approche intégrée*. Géographie, Université Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II. 285p.

LEPAREUR F. 2011. - *État de conservation des habitats marin à l'échelle d'un site Natura 2000. Guide méthodologique, Version 1*. Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle. Paris, 55 p.

LEPAREUR F, BERTRAND S., PAPUGA G., RICHEUX M. 2013. - *État de conservation de l'habitat 1150 « Lagunes côtières » : Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000 - Guide d'application Version 1*. Service du patrimoine naturel, MNHN. Paris, 107 p.

LEROY T., DEVROYE P., SANDRON L., CLARY K., THOMAS C., ESCALLE M., ROQUETANIERE O. 2015. - *Réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy : plan de gestion 2014 – 2018 (tome 1 et 2 + annexes)*. PNRVA/ONF/DREAL Auvergne. 158 p.

MACDONALD D., CRABTREE J.R., WIESINGER G., DAX T., STAMOU N., FLEURY P., GUTIERREZ LAZPITA J., GIBON A. 2000. - Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: Environmental consequences and policy response. *Journal of Environmental Management* 59 : 47-69.

MACIEJEWSKI L. 2012. – *Etat de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Rapport d'étude, version 1*. Rapport SPN 2012-21, Service du patrimoine naturel, Muséum National d'Histoire Naturelle. Paris, 119p.

MACIEJEWSKI L., SEYTRE L., VAN ES J., DUPONT P. 2015. - *Etat de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire : méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000. Guide d'application, version 3*. Rapport SPN 2015-43, Service du patrimoine naturel, Muséum National d'Histoire Naturelle. Paris, 194p.

MATHEVET R. 2010. – Peut-on faire de la biologie de la conservation sans les sciences de l'homme et de la société ? Etat des lieux. *Natures Sciences Sociétés* 18(4) : 441-445.

MATHONNAT A. 2017. – *Retracer l'histoire des paysages végétaux et de l'occupation des sols dans la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy*. Géoenvironnement, Université Clermont-Auvergne, département de géographie, Géolab/RNNCS. 57p.

MONTARD F.-X. 1976. - *Évolution botanique, amélioration de la productivité et mobilisation d'éléments nutritifs d'une lande à Calluna vulgaris du massif du Forez sous l'effet de la fauche, de la pâture et de la fertilisation*. FAO, groupe d'étude des herbages de montagne. 9 p.

Parc naturel régional des volcans d'Auvergne (PNRVA). 2007. - *Cartographie des habitats naturels et des espèces (C.H.A.N.E.S.) site Natura 2000 FR8301042*. Rapport d'étude, 35 p.

PETETIN A. 2001. - *Projet de Réserve Naturelle du Sancy : cartographie des formations végétales (synthèse bibliographique)*. Rapport d'étude. CBNMC/PNRVA/DREAL Auvergne. Chavaniac-Lafayette, 20p.

PIQUERAY J., MAHY G. 2010. - Revue bibliographique sur la restauration des pelouses calcicoles en Europe : contraintes rencontrées et solutions proposées. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 14(3) : 471-484.

PRADINAS R. 2017. – *Catalogue des végétations de la Réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy*. CBNMC/DREAL Auvergne. 88p.

R Core Team. 2017. - *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL: <http://www.R-project.org>.

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.

ROSSI F. 2014. – *Initiation à rpart*. En ligne <http://apiacoa.org/blog/2014/02/initiation-a-rpart.fr.html>, consulté le 20 juin 2017.

SCOHIER A., FARRUGGIA A., LANORE L., DUMONT B. 2012. - *Un pâturage tournant alternatif conciliant performances animales et préservation des insectes prairiaux*. Rencontres autour des recherches sur les ruminants : 9-12.

TICHY L., CHYTRY M. 2006. – Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size. *Journal of Vegetation Science* 17 : 809-818.

TICHY L. 2002. – JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science* 13 : 451-453.

Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources (UICN). 1980. – *Stratégie mondiale de la conservation : la conservation des ressources vivantes au service du développement durable*. FAO/PNUE/Unesco/WWF. 57p.

VICENTE M. 2016. - *Evaluation de l'état de conservation des milieux agropastoraux sur le site Natura 2000 des Monts Dore*. Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne. 55p.

Liste des annexes

Annexe 1 : Carte des polygones d'habitats ciblés pour l'évaluation de l'état de conservation des pelouses montagnardes de la RNNCS

Annexe 1bis : Suite de la légende

Annexe 2 : Tableau récapitulatif des différents critères pris en compte

Annexe 3 : Grille d'évaluation de l'état de conservation utilisée dans la méthode 2015 (CHARREIX, 2015)

Annexe 4 : Tableau des listes d'espèces indicatrices d'état de conservation (VICENTE, 2016)

Annexe 5 : Tableau synoptique des pelouses vivaces sèches de la RNNCS (PRADINAS, 2017)

Annexe 6 : Bordereau d'évaluation de l'état de conservation des pelouses montagnardes de la RNNCS

Annexe 7 : Liste d'espèces indicatrices de différents niveaux trophiques

Annexe 8 : Diagrammes en boîtes des différents indicateurs en fonction des groupements de relevés partiels issus du TWINSPAN modifié

Annexe 9 : Tableau des espèces indicatrices de chaque état de conservation








Annexe 10 : Les différents arbres de décision créés avec leur taux d'erreur

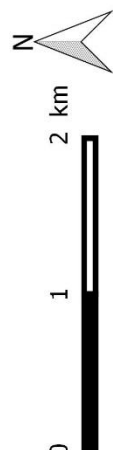
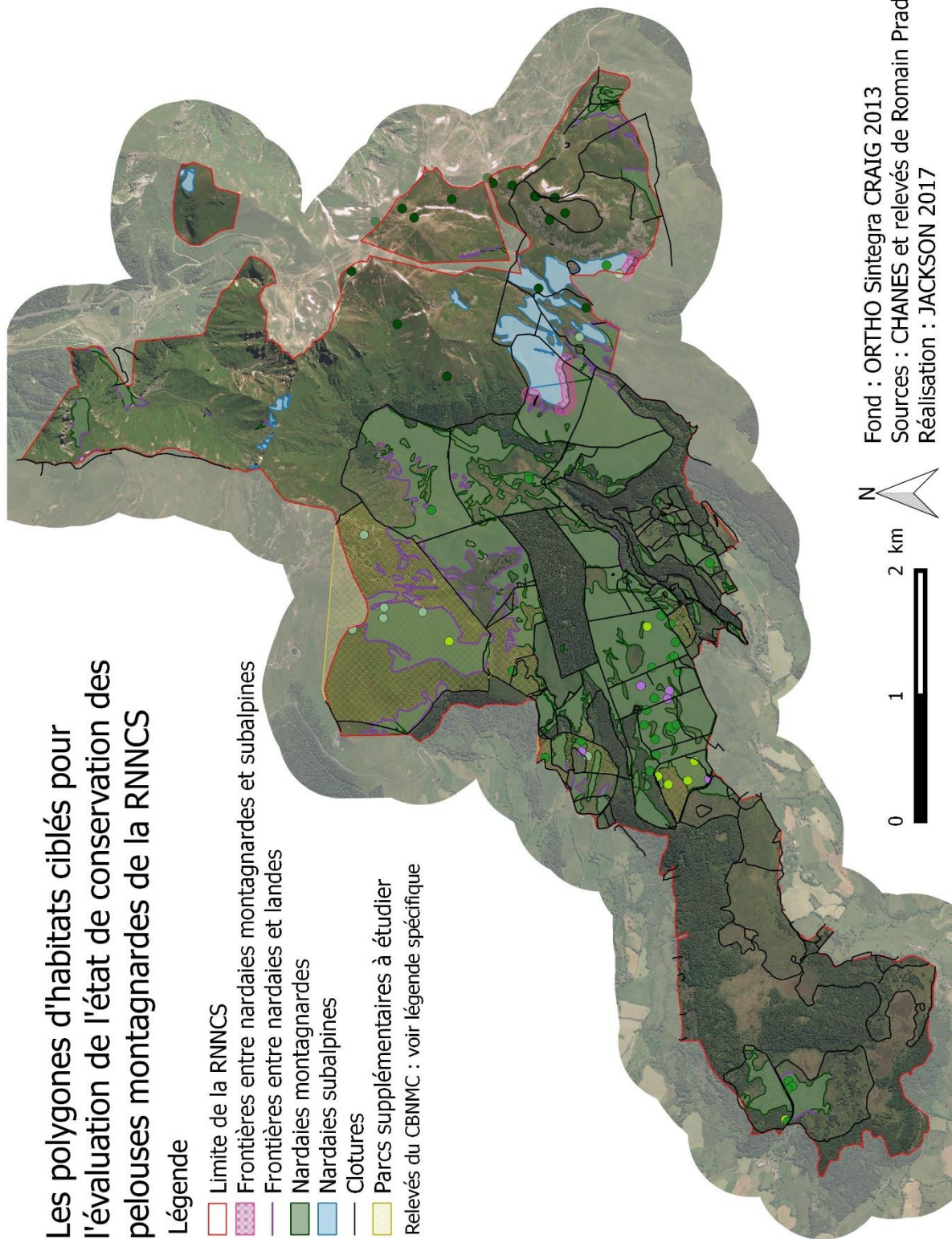
Annexe 11 : Diagrammes en boîtes des différents indicateurs en fonction des groupements de relevés complets issus du TWINSPAN modifié

Annexe 1 : Carte des polygones d'habitats ciblés pour l'évaluation de l'état de conservation des pelouses montagnardes de la RNNCS

Les polygones d'habitats ciblés pour l'évaluation de l'état de conservation des pelouses montagnardes de la RNNCS

Légende

-  Limite de la RNNCS
-  Frontières entre nardaies montagnardes et subalpines
-  Frontières entre nardaies et landes
-  Nardaies montagnardes
-  Nardaies subalpines
-  Clotures
-  Parcs supplémentaires à étudier
-  Relevés du CBNMC : voir légende spécifique



Fond : ORTHO Sintegra CRAIG 2013
 Sources : CHANES et relevés de Romain Pradinas
 Réalisation : JACKSON 2017

Annexe 1bis : Suite de la légende

Légende



Limite de la RNNCS



Clotures (THOMAS, 2016)

Relevés phytosociologiques de pelouses montagnardes (PRADINAS)

- Carici piluliferae-Nardetum strictae Michalet & Philippe ex Th?baud Cam. Roux Bernard & Delcoigne 2014
- Carici piluliferae-Nardetum strictae Michalet & Philippe ex Th?baud Cam. Roux Bernard & Delcoigne 2014 euphrasietosum minimae subass. prov.
- Diantho sylvatici-Galietum saxatilis ass. prov.
- Diantho sylvatici-Galietum saxatilis ass. prov. var. à Ranunculus acris
- Diantho sylvatici-Galietum saxatilis ass. prov. var. à Trifolium repens
- Diantho sylvatici-Leontodontetum helveticum (la Chapelle 1964) Billy ex Th?baud Cam. Roux Bernard & Delcoigne 2014
- Festuco commutatae-Cynosuretum cristati T?xen in B?ker 1942
- Groupement à Dianthus seguieri subsp. pseudocollinus et Festuca nigrescens



Frontières entre les nardaies montagnardes et du subalpin (50m)



Frontières entre pelouses montagnardes et landes



Polygones d'habitats envisagés pour les nardaies montagnardes, association Diantho sylvatici-Leontodontetum (CHANES, 2006)



Polygones d'habitats envisagés pour les nardaies du subalpin inférieur sur pente douce, association Carici pilulifera-Nardetum strictae (CHANES, 2006)



Parcs contenant au moins un relevé de pelouses montagnarde (PRADINAS) hors nardaies (CHANES)

Annexe 2 : Tableau récapitulatif des différents critères pris en compte

Référence	Méthode 2015		Méthode 2015 (modifiée)		Méthode 2016
	RNN Chastreix-Sancy	UE 6230-4 Pelouses acidilines montagnardes	RNN Chastreix-Sancy	UE 6230-4 Pelouses acidilines montagnardes	Site Natura 2000 des monts Dore
Habitats	UE 6230-4 Pelouses acidilines montagnardes		UE 6230-4 Pelouses acidilines montagnardes		UE 6230-4 Pelouses acidilines montagnardes
Objectifs	Evaluer l'état de conservation des pelouses montagnardes		Evaluer l'état de conservation des pelouses montagnardes		Elaboration d'une méthode simple et évaluation de l'EC
Echantillonnage	4x4m		4x4m		5x5m
Indicateurs	Architecture et structure	Niveau trophique	Pourcentage de sol nu		Niveau trophique
		Balances architecturales	Architecture et structure	Balances architecturales	
	Couleurs florales	Nombre de couleurs	Fermeture du milieu		Présence d'espèces d'ourlet
		Recouvrement de <i>Rubus</i> sp., de <i>Pteridium aquilinum</i> , d'Ericaceae, d'espèces arbustives et présence d'espèces d'ourlet	Fermeture du milieu		
	Fertilisation	Niveau de présence des espèces eutrophiles et mésoeutrophiles	Texture		Niveau de présence des espèces eutrophiles et mésoeutrophiles
		Recouvrement d'espèces appartenant à une liste pré-définie	Texture		
	Rudéralisation	Recouvrement des Géraniaceae, espèces eutrophiles des zones sur-pâturées et des sols tassés (après modif : cortège)	Rudéralisation		Recouvrement d'espèces appartenant à une liste pré-définie
		Sur-semis	Rudéralisation		
	Celle du critère le plus dégradé		Celle du critère le plus dégradé		Celle du critère le plus dégradé
	Note finale	Représentation par maille de points imprécise et critères nombreux		Représentation par maille de points imprécise et critères nombreux	

Annexe 4 : Tableau des listes d'espèces indicatrices d'état de conservation (VICENTE, 2016)

Liste d'espèces indicatrices du groupe C	Liste d'espèces indicatrices du groupe B	Liste d'espèces indicatrices du groupe A
<p><i>Blitum bonus-henricus</i> <i>Poa supina</i> <i>Plantago major</i> <i>Trifolium pratense</i> <i>Ranunculus acris</i> <i>Cerastium fontanum</i> <i>Trisetum flavescens</i> <i>Dactylis glomerata</i> <i>Rumex acetosa</i> <i>Persicaria bistorta</i> <i>Taraxacum sect. Taraxacum</i> <i>Poa trivialis</i> <i>Veronica arvensis</i> <i>Tragopogon pratensis</i> <i>Bromus hordeaceus</i></p>	<p><i>Veronica officinalis</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Stellaria graminea</i> <i>Trifolium pratense</i> <i>Potentilla erecta</i> <i>Dianthus seguieri,</i> <i>Centaurea jacea</i> <i>Luzula campestris</i> <i>Plantago lanceolata</i> <i>Galium verum</i> <i>Pilosella officinarum</i> <i>Stellaria graminea,</i> <i>Genista sagittalis</i> <i>Achillea millefolium</i> <i>Betonica officinalis</i> <i>Festuca nigrescens</i> <i>Briza media</i> <i>Campanula scheuchzeri</i> <i>Hypochaeris radicata</i> <i>Leontodon hispidus</i> <i>Thymus pulegioides</i> <i>Galium pumilum</i> <i>Danthonia decumbens</i> <i>Lotus corniculatus</i> <i>Genista tinctoria</i></p>	<p><i>Succisa pratensis</i> <i>Jasione laevis</i> <i>Carex caryophylla</i> <i>Patzkea paniculata</i> <i>Campanula scheuchzeri</i> <i>Carex pilulifera</i> <i>Galium saxatile</i> <i>Helictochloa versicolor</i> <i>Agrostis rupestris</i> <i>Gentiana pneumonanthe</i> <i>Lathyrus linifolius</i> <i>Phyteuma hemisphaericum</i> <i>Anemone scherfelii</i> <i>Euphrasia minima</i> <i>Arnica montana</i> <i>Potentilla erecta</i> <i>Trifolium alpinum,</i> <i>Vaccinium myrtillus</i> <i>Calluna vulgaris</i> <i>Luzula multiflora</i> <i>Gentiana lutea</i> <i>Avenella flexuosa</i> <i>Scorzoneroides pyrenaica</i></p>

Annexe 5 : Tableau synoptique des pelouses vivaces sèches de la RNNCS (PRADINAS, 2017)

Pelouses vivaces sèches

Numéro de groupement	1	2	3	4a	4b	5	6	7a	7b	7c	8
Altitude moyenne des relevés	1700	1765	1718	1830	1694	1504	1249	1247	1230	1314	1236
Altitude maximum relevée	1740	1840	1830	1840	1800	1800	1470	1480	1265	1580	1267
Altitude minimum relevée	1680	1630	1650	1820	1750	1205	1130	1145	1180	1230	1210
Nombre de relevés	2	4	11	2	16	8	7	13	10	6	5
Nombre moyen d'espèces par relevés	16	6,75	11,27	16,5	21,66	23,38	15,86	26,62	24,8	21,5	30,4
Espèces pelousaires subalpines											
<i>Carex nigra</i> (L.) Reichard	2										
<i>Narcissus pseudonarcissus</i> L.	1										
<i>Juncus tenuis</i> Willd.	1										
<i>Sesamoides pygmaea</i> (Scheele) Kuntze		4	II								
<i>Agrostis rupestris</i> All.		4	V								
<i>Mutellina adonidifolia</i> (J.Gay) Gutermann			IV		I						
<i>Plantago alpina</i> L.	2		V	1	I						
<i>Luzula desvauxii</i> Kunth	1		IV	1	II	I					
Espèces pelousaires subalpines											
<i>Trifolium alpinum</i> L.	2		V	2	IV						
<i>Gnaphalium supinum</i> L.	1	2	III	1	III	I		I			
<i>Veratrum album</i> L.	1	3	III	1	III	I					
<i>Euphrasia minima</i> Jacq. ex DC.	1	2	IV	2	II						
<i>Huperzia selago</i> (L.) Bernh. ex Schrank & Mart.		2	I	1	III	III					
<i>Phyteuma hemisphaericum</i> L.	1	2	IV	2	III	III		II	I	I	I
<i>Anemone echerfelii</i> Ulep.				2	IV	III		I	I		
Espèces pelousaires de l'étage montagnard supérieur											
<i>Scorzoneroides pyrenaica</i> (Gouan) Holub	2		IV	2	V	V					
<i>Epikeros pyrenaicus</i> (L.) Raf.	1	3	III	1	IV	IV	III	II	II		
<i>Gentiana lutea</i> L.		2	II	1	V	V					
<i>Arnica montana</i> L.	1				IV	IV		I	I		
<i>Luzula spicata</i> (L.) DC.	1				II	II					
<i>Leucanthemum delarbei</i> Timb.-Lagr. ex Lamotte					II	II					
Espèces pelousaires acidiphiles											
<i>Avenella flexuosa</i> (L.) Drejer		3	IV	2	IV	V	IV				
<i>Festuca nigrescens</i> Lam.						V	V	IV	III	II	
Espèces pelousaires acidiphiles à neutroclines											
<i>Carex caryophyllaea</i> Latour.					IV	IV		V	II	IV	
<i>Genista sagittalis</i> L.					I			V	III	II	
<i>Jasione laevis</i> Lam.					III	II		IV	II	III	III
<i>Stellaria graminea</i> L.							I	IV	IV	IV	IV
<i>Betonica officinalis</i> L.					II	IV		IV	II	III	III
<i>Viola lutea</i> Huds.					IV		II	V	III	IV	III
<i>Pilosella officinarum</i> F.W.Schultz & Sch.Bip.							I	IV	IV	I	II
<i>Galium verum</i> L.						I	I	IV	III	I	V
<i>Achillea millefolium</i> L.						I	III	IV	II	IV	V
<i>Thymus pulegioides</i> L.					I	I		IV	I		I
Espèces différentielles mésotrophiles											
<i>Trifolium repens</i> L.					I	I	II	III	V	III	IV
<i>Ranunculus tuberosus</i> Lapeyr.							I	II	III	IV	II
<i>Trifolium pratense</i> L.							II	I	IV	IV	V
<i>Ranunculus acris</i> L.								III	II	IV	IV
<i>Poa pratensis</i> L.								I	I	II	IV
<i>Rumex acetosa</i> L.								I		I	V
<i>Trisetum flavescens</i> (L.) P.Beauv.						I		II	I		IV
<i>Campanula scheuchzeri</i> Vill. subsp. <i>lanceolata</i> (Lapeyr.) J.M.Tison						I		II	II		IV
<i>Cynosurus cristatus</i> L.							I	I	I	III	IV
<i>Veronica chamaedrys</i> L.									I	II	IV
<i>Centaurea nigra</i> L.					I			IV	III	IV	IV
Compagnes											
<i>Nardus stricta</i> L.	2		I	2	V	V	V	V	V	V	V
<i>Galium saxatile</i> L.	2		I	1	IV	V	IV	IV	II	II	II
<i>Meum athamanticum</i> Jacq.	1	2	I		IV	V	V	V	IV	IV	III
<i>Holcus lanatus</i> L.	1		II	2	III	III	III	III	III	III	III
<i>Agrostis capillaris</i> L.	1		I		III	IV	V	V	V	V	V
<i>Luzula campestris</i> (L.) DC.					I	I	III	III	V	II	II
<i>Serratula tinctoria</i> L.		2			I	III	II	II		I	
<i>Carex pilulifera</i> L.					I	V	III	III	III	I	I
<i>Dianthus seguieri</i> Vill. subsp. <i>pseudocolinus</i> (P.Fourn.) Jauzein	1				I	V	V	V	IV	III	III
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Rausch.	1				II	V	V	V	II	IV	I
<i>Bistorta officinalis</i> Delarbre						IV	III	III	III	III	II
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.					IV	IV	I		IV	IV	IV
<i>Helictochloa versicolor</i> (Vill.) Romero Zarco			I		III	II		II	II	I	I
<i>Gentiana pneumonanthe</i> L.	1		I		III	III	III	III	I	II	I
<i>Danthonia decumbens</i> (L.) DC.					III	III		III	II	III	
<i>Plantago lanceolata</i> L.					I		I	III	III	IV	IV
<i>Briza media</i> L.								III	II	III	III
<i>Lotus corniculatus</i> L.								I	III	IV	III
<i>Genista tinctoria</i> L.					I	I	I	II	III	II	III
<i>Cerastium fontanum</i> Baumg. subsp. <i>vulgare</i> (Hartm.) Greuter & Burdet								II	III	III	III
<i>Festuca rubra</i> L. subsp. <i>rubra</i>								III	I	I	III
<i>Phleum pratense</i> L.								II	I	I	II
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.								I	I	I	II
<i>Leontodon hispidus</i> L.							I		I	I	III
<i>Dactylis glomerata</i> L.									II	I	III
<i>Poa trivialis</i> L.									I	I	II
<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.				I		I	II				
<i>Hypericum maculatum</i> Crantz					I			I	I	II	I
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke				1	I	II		III	I		
<i>Veronica officinalis</i> L.						I	II	III	I		
<i>Serratula tinctoria</i> L.		2				I	III	II	II	I	
<i>Luzula multiflora</i> (Ehrh.) Lej.	2			2	IV	V					
<i>Poa chaixii</i> Vill.					I						
<i>Festuca heteromalla</i> Pourr.					I						
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.					I						
<i>Euphorbia hyberna</i> L.					I						
<i>Thesium alpinum</i> L.					I						
Diverses	3	6	17	9	29	12	30	16	11	17	

- 1 *Plantagini alpinae-Nardetum strictae* Luquet 1926
- 2 *Jasione crispae-Agrostietum rupestris* Michalet & Philippe ex Thébaud, Cam. Roux, Bernard & Delcoigne 2014
- 3 *Plantagini alpinae-Agrostietum rupestris* Michalet & Philippe ex Thébaud, Cam. Roux, Bernard & Delcoigne 2014
- 4a *Carici piluliferae-Nardetum strictae* Michalet & Philippe ex Thébaud, Cam. Roux, Bernard & Delcoigne 2014 *euphrasietosum minima* subsp. prov.
- 4b *Carici piluliferae-Nardetum strictae* Michalet & Philippe ex Thébaud, Cam. Roux, Bernard & Delcoigne 2014
- 5 *Diantho sylvatici-Leontodontetum helveticum* (la Chapelle 1964) Billy ex Thébaud, Cam. Roux, Bernard & Delcoigne 2014
- 6 Groupement à *Dianthus seguieri* subsp. *pseudocolinus* et *Festuca nigrescens*
- 7a *Diantho sylvatici-Galietum saxatilis* ass. prov.
- 7b *Diantho sylvatici-Galietum saxatilis* ass. prov. var. à *Trifolium repens*
- 7c *Diantho sylvatici-Galietum saxatilis* ass. prov. var. à *Ranunculus acris*
- 8 *Festuco commutatae-Cynosuretum cristati* Tüxen in Bükér 1942

Annexe 6 : Bordereau d'évaluation de l'état de conservation des pelouses montagnardes de la RNNCS

Bordereau d'évaluation de l'état de conservation des pelouses montagnardes de la RNNCS

Adresse : Le Bourg - 63 680 CHASTREIX
E-mail : contact@reservechastreix-sancy.fr
Tél. 04 73 21 41 74

Reserve Naturelle Nationale
CHASTREIX SANCY

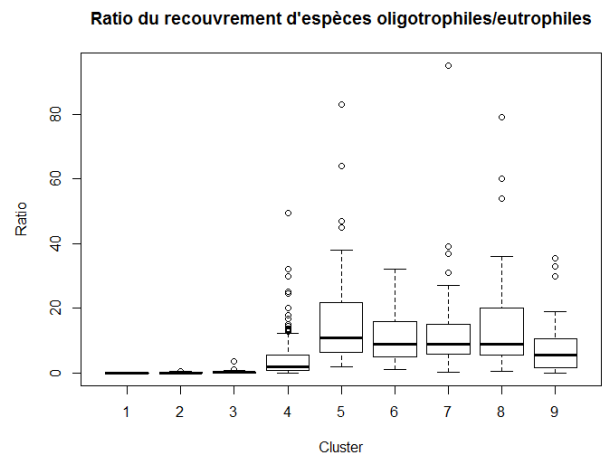
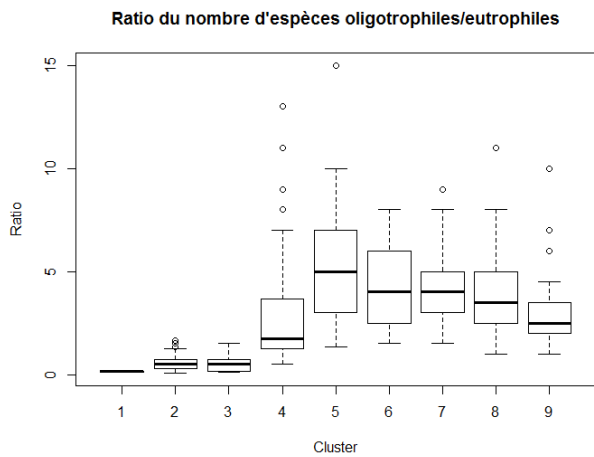
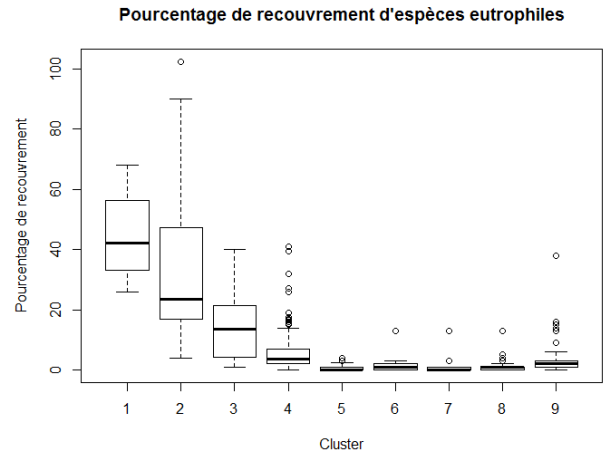
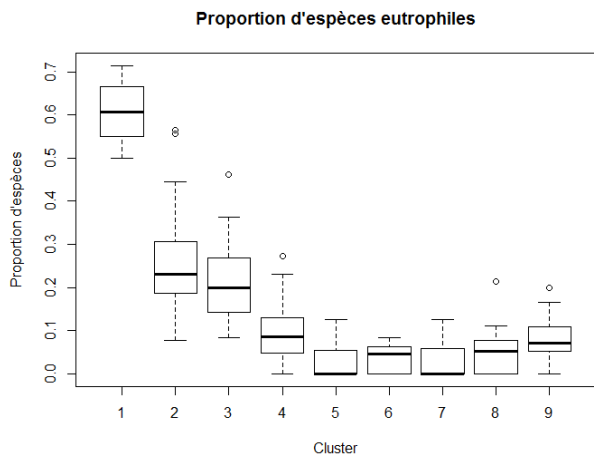
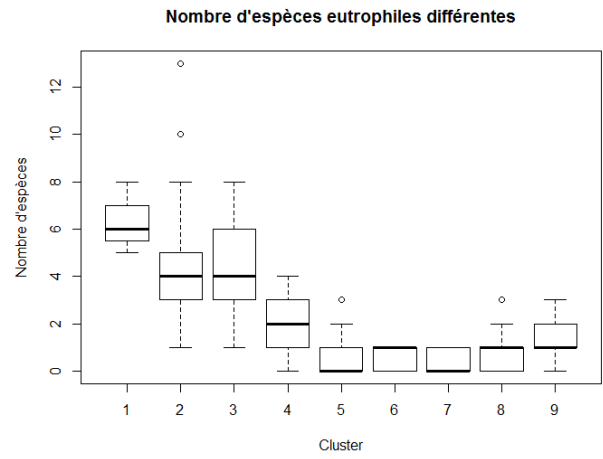
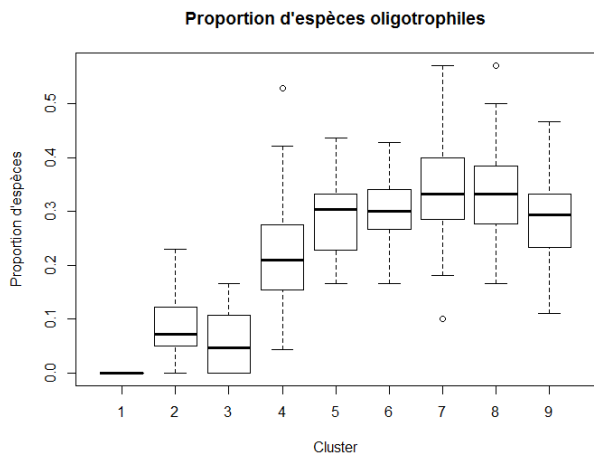
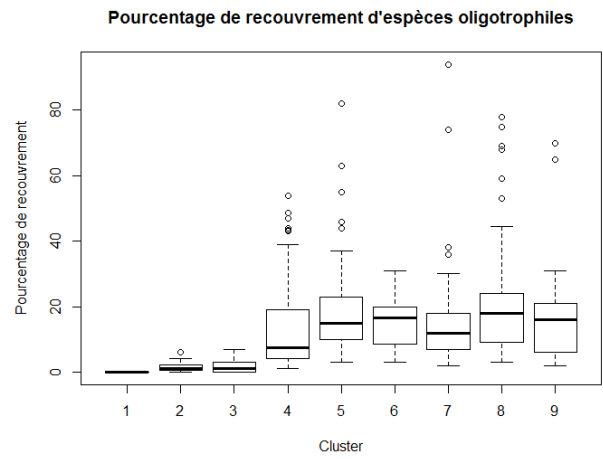
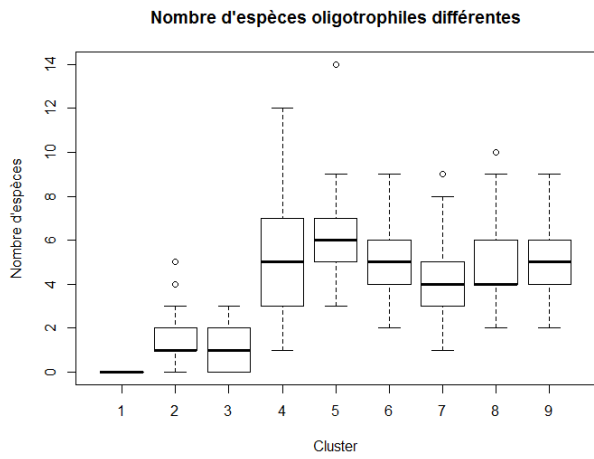
Identification du relevé		Localisation		Habitat		Aspect	
Date :	Latitude Y :	Longitude X :	Descriptif :	Sol nu (%) :	Roche (%) :	Sol Taupinières (%) :	Bousses (%) :
Observateur :	Précision (m) :	Altitude (m) :	EC à dire d'expert :	Intensité de pâturage :			
Code relevé :	Pente (°) :	Exposition (N-E-S-O) :		Profondeur du sol > 10 cm			
				Remarques :			

Etat de conservation de la pelouse			
Statut	Code	Spécies	Méthode Natura 2000
Supplémentaires	X	Chenopodium bonus-henricus L.	Méthode Natura 2000
	P	Rumex acetosa L.	
	PN	Persicaria bistorta (L.) Samp.	
	AcP	Plantago major L.	
		Taraxacum sect. Taraxacum	
		Ranunculus acris L.	
		Veronica arvensis L.	
		Dactylis glomerata L.	
		Poa trivialis L.	
		Poa supina Schrad.	
B	O	Bromus hordeaceus L.	Méthode Natura 2000
	X	Tragopogon pratensis L.	
		Trifolium pratense L.	
		Cerastium fontanum Baumg.	
		Trisetum flavescens (L.) P. B.	
		Urtica dioica L.	
		Phleum pratense L.	
		Lolium perenne L.	
		Matricaria discoidea DC.	
		Veronica verna L.	
Supplémentaires		Cirsium arvense (L.) Scop.	Méthode Natura 2000
		Leonotodon autumnalis L.	
		Poa annua L.	
		Capsella bursa-pastoris (L.) Med.	
		Rumex alpinus L. Rumex alpestris Jacq.	
		Trifolium repens L.	
		Nardus stricta L.	
		Viola lutea Lam.	
		Epikeros pyrenaicus (L.) Raf.	
		Ranunculus tuberosus La Peyr.	
Supplémentaires		Veronica chamaedrys L.	Méthode Natura 2000
		Leucanthemum vulgare Lam.	
		Polvgala vulgaris L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	Méthode Natura 2000
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
		Meum athamanticum Jacq.	
		Cirsium palustre (L.) Scop.	
		Serratula tinctoria L.	
		Anemone nemorosa L.	
		Phyteuma orbiculare L. (B; LA)	
		Holcus lanatus L.	
		Holcus mollis L.	
Supplémentaires</			

Annexe 7 : Liste d'espèces indicatrices de différents niveaux trophiques

Pelousaires strictes (P)	Oligotrophiles (O)	Eutrophiles (C)	Large Amplitude (LA)
<i>Arnica montana</i>	<i>Arnica montana</i>	<i>Blitum bonus-henricus</i>	<i>Agrostis capillaris</i>
<i>Carex caryophylla</i>	<i>Briza media</i>	<i>Bromus hordeaceus</i>	<i>Anemone nemorosa</i>
<i>Cerastium arvense</i>	<i>Carex caryophylla</i>	<i>Cirsium arvense</i>	<i>Anthoxanthum odoratum</i>
<i>Danthonia decumbens</i>	<i>Cerastium arvense</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Cerastium fontanum</i>
<i>Deschampsia flexuosa</i>	<i>Danthonia decumbens</i>	<i>Lolium perenne</i>	<i>Holcus lanatus</i>
<i>Galium pumilum</i>	<i>Deschampsia flexuosa</i>	<i>Persicaria bistorta</i>	<i>Holcus mollis</i>
<i>Galium saxatile</i>	<i>Dianthus seguieri</i>	<i>Phleum pratense</i>	<i>Hypochaeris radicata</i>
<i>Jasione laevis</i>	<i>Galium pumilum</i>	<i>Plantago major</i>	<i>Leucanthemum gr</i>
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	<i>Galium saxatile</i>	<i>Poa annua</i>	<i>Lotus corniculatus</i>
<i>Polygala serpyllifolia</i>	<i>Genista sagittalis</i>	<i>Poa supina</i>	<i>Poa pratensis</i>
<i>Potentilla aurea</i>	<i>Jasione laevis</i>	<i>Poa trivialis</i>	<i>Ranunculus serpens</i>
<i>Potentilla erecta</i>	<i>Leontodon hispidus</i>	<i>Ranunculus acris</i>	<i>Rhinanthus minor</i>
<i>Scorzoneroides pyrenaica</i>	<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	<i>Rumex alpinus</i>	<i>Rumex acetosa</i>
<i>Thesium alpinum</i>	<i>Polygala serpyllifolia</i>	<i>Scorzoneroides autumnalis</i>	<i>Stellaria graminea</i>
<i>Trifolium alpinum</i>	<i>Potentilla aurea</i>	<i>Taraxacum gr</i>	<i>Trifolium pratense</i>
	<i>Potentilla erecta</i>	<i>Trifolium repens</i>	<i>Trisetum flavescens</i>
	<i>Scorzoneroides pyrenaica</i>	<i>Urtica dioica</i>	<i>Vicia cracca</i>
	<i>Thesium alpinum</i>	<i>Veronica arvensis</i>	
	<i>Thymus pulegioides</i>		
	<i>Trifolium alpinum</i>		

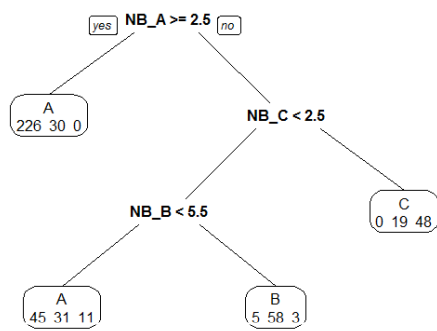
Annexe 8 : Diagrammes en boîtes des différents indicateurs en fonction des groupements de relevés partiels issus du TWINSPLAN modifié



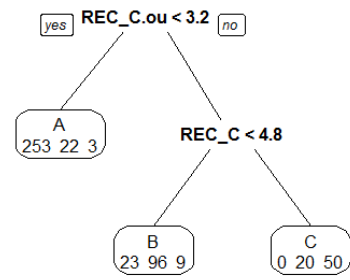
Annexe 9 : Tableau des espèces indicatrices de chaque état de conservation

	C	B	A
Taraxacum gr	8.18 ***	-1.5 **	-3.22 ***
Phleum pratense	4.51 ***	-0.11	-2.19 ***
Veronica chamaedrys	4.22 ***	2.09 ***	-3.46 ***
Poa pratensis	3.84 ***	2.03 ***	-3.21 ***
Cynosorus cristatus	3.79 ***	1.67 **	-2.92 ***
Scorzoneroïdes autumnalis	3.58 ***	0.06	-1.87 ***
Lolium perenne	3.1 ***	-0.64	-1.3 ***
Plantago major	3.1 ***	-0.64	-1.3 ***
Dactylis glomerata	2.82 ***	1.19 *	-2.12 ***
Trisetum flavescens	2.75 ***	1.23 *	-2.1 ***
Blitum bonus-henricus	2.69 ***	-0.49	-1.16 ***
Poa annua	2.59 ***	-0.76	-1 **
Poa trivialis	2.43 ***	-1.18 *	-0.46
Rumex alpinus	2.36 ***	-0.7	-0.91 *
Hypochaeris radicata	2.33 ***	1.65 ***	-2.19 ***
Poa supina	2.22 ***	-0.76	-0.75
Ranunculus acris	5.38 ***	3.49 ***	-5.16 ***
Achillea millefolium	2.6 ***	2.47 ***	-3.17 ***
Trifolium repens	5.02 ***	5.24 ***	-6.59 ***
Plantago lanceolata	2.54 ***	4.48 ***	-4.48 ***
Rumex acetosa	2.46 ***	2.53 ***	-2.98 ***
Cerastium fontanum	3.76 ***	3.8 ***	-4.52 ***
Trifolium pratense	2.23 ***	4.57 ***	-4.61 ***
Stellaria graminea	1.87 **	2.61 ***	-2.91 ***
Galium verum	1.86 **	4.6 ***	-4.54 ***
Centaurea jacea	1.85 **	3.92 ***	-3.88 ***
Holcus lanatus	0.95	2.53 ***	-2.15 ***
Leucanthemum gr	0.95	2.47 ***	-2.19 ***
Lotus corniculatus	0.89	3.39 ***	-3.05 ***
Pilosella officinarum	-0.9	4.54 ***	-3.2 ***
Betonica officinalis	-0.93	2.33 ***	-1.41 ***
Ranunculus serpens	-1.01	3.91 ***	-2.51 ***
Anthoxanthum odoratum	-1.17	2.85 ***	-1.71 ***
Thymus pulegioides	-1.41 *	2.78 ***	-1.58 ***
Genista sagittalis	-2.29 ***	3.84 ***	-2.08 ***
Briza media	-2.41 ***	3.01 ***	-1.39 ***
Genista tinctoria	-2.42 ***	2.35 ***	-0.83 *
Serratula tinctoria	-1.88 **	-2.33 ***	3.44 ***
Luzula multiflora	-2.2 ***	-2.53 ***	3.78 ***
Carex pilulifera	-2.45 ***	-1.18 *	2.34 ***
Scorzoneroïdes pyrenaica	-4.07 ***	-2.88 ***	4.59 ***
Galium saxatile	-4.09 ***	-2.52 ***	4.26 ***
Potentilla erecta	-4.92 ***	-0.33	2.89 ***
Deschampsia flexuosa	-5.74 ***	-2.09 ***	4.6 ***

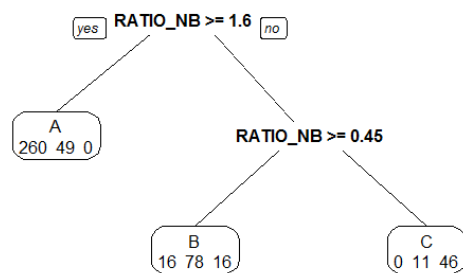
Annexe 10 : Les différents arbres de décision créés avec leur taux d'erreur



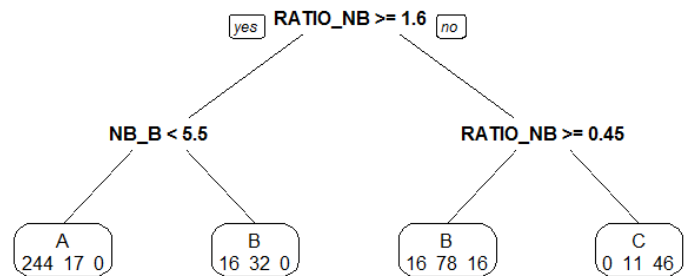
Nombre d'espèces indicatrices de l'EC
Taux d'erreur : 20,6%



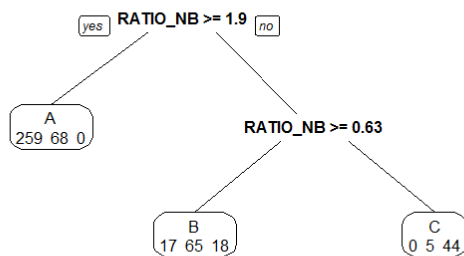
Recouvrement d'espèces indicatrice de l'EC
Taux d'erreur : 16,4%



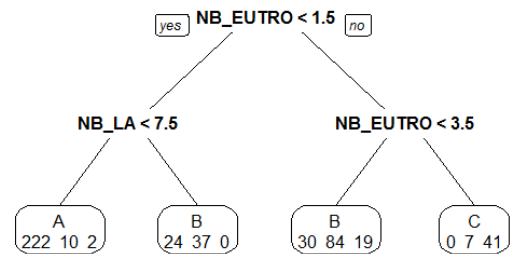
Ratio du nombre d'espèces indicatrices de l'EC (A/C)
Taux d'erreur : 19,6%



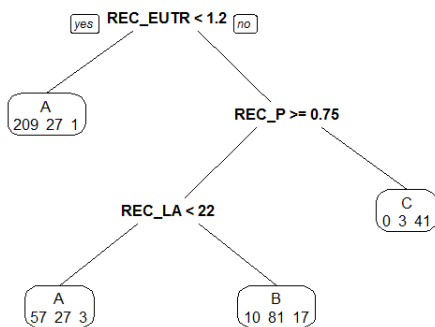
Nombre et Ratio du nombre d'espèces indicatrices de l'EC
Taux d'erreur : 16,2%



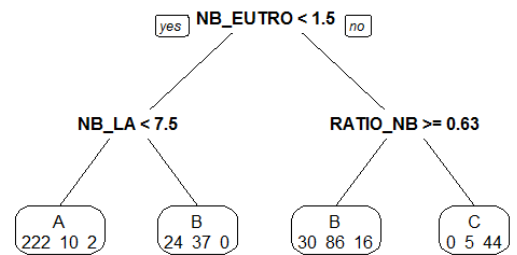
Ratio du nombre d'espèces indicatrices du niveau trophique
Taux d'erreur : 23,2%



Nombre d'espèces indicatrices du niveau trophique
Taux d'erreur : 19,4%

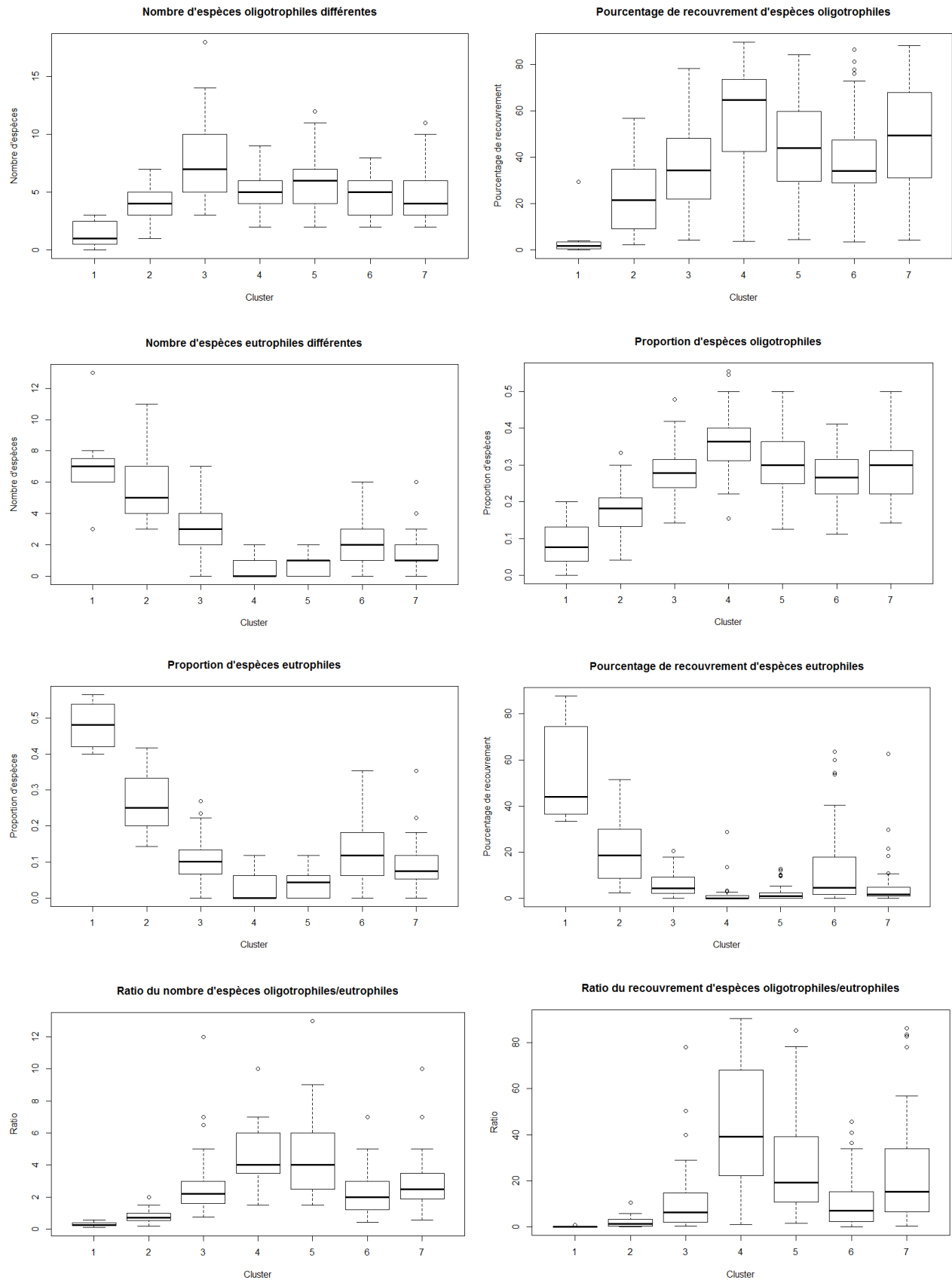


Recouvrement des espèces indicatrices du niveau trophique
Taux d'erreur : 18,5%



Ratio du nombre d'espèces indicatrices du niveau trophique
Taux d'erreur : 18,5%

Annexe 11 : Diagrammes en boîtes des différents indicateurs en fonction des groupements de relevés complets issus du TWINSpan modifié





JACKSON, Carys. *L'évaluation de l'état de conservation des pelouses montagnardes de la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy : élaboration d'une méthode d'évaluation et application*. Mémoire de fin d'études, VetAgro Sup campus agronomique de Lempdes, 2017. 39p.

STRUCTURE D'ACCUEIL ET INSTITUTIONS ASSOCIEES :

- ◆ Parc naturel régional des volcans d'Auvergne (PNRVA)
- ◆ Réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy (RNNCS)

ENCADRANTS :

- ◆ Maître de stage : LEROY, Thierry (RNNCS)
- ◆ Tuteur pédagogique : PINOT, Adrien

OPTION : Ingénierie du Développement Territorial

RESUMÉ

La conservation des milieux agropastoraux est étroitement liée aux pratiques agricoles. Avec l'intensification de ces dernières, la conservation des milieux agropastoraux devient un enjeu croissant dans le Massif central. En accord avec cet enjeu et l'objectif de protection des milieux naturels des réserves naturelles de France, la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy souhaite évaluer l'impact des pratiques agricoles sur les milieux agropastoraux qu'elle abrite. Ceci implique une évaluation de l'état de conservation de ses pelouses montagnardes.

Tout d'abord, une méthode d'évaluation de l'état de conservation des pelouses montagnardes est élaborée. Celle-ci repose sur leur principal indicateur de dégradation : le niveau trophique. La note finale est attribuée en fonction du nombre d'espèces présentes parmi les listes d'espèces indicatrices de chacun des trois états de conservation : A (bon), B (altéré), C (dégradé). Cette méthode est ensuite appliquée sur la réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy. A l'échelle de la TRAME agropastorale du Massif central, la majorité des pelouses est en bon état de conservation. Néanmoins, pour répondre aux exigences d'une réserve naturelle de France, la notation employée est plus stricte. De manière générale, les parcelles d'altitude sont principalement en bon état de conservation, alors que les parcelles de proximité sont altérées ou dégradées. Une présentation des résultats de cette étude aux agriculteurs est prévue, de même qu'un suivi sur le long terme de l'état de conservation.

Mots-clés : état de conservation, pelouses montagnardes, espèces indicatrices