

De la Limagne à la chaîne des Puys. Approche analytique intégrative pour l'étude des végétations actuelles et potentielles en moyenne montagne tempérée

Camille Roux

▶ **To cite this version:**

Camille Roux. De la Limagne à la chaîne des Puys. Approche analytique intégrative pour l'étude des végétations actuelles et potentielles en moyenne montagne tempérée. Ecologie, Environnement. Université Clermont Auvergne [2017-2020], 2017. Français. NNT : 2017CLFAC017 . tel-02151595

HAL Id: tel-02151595
https://theses.hal.science/tel-02151595

Submitted on 9 Jun 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ CLERMONT AUVERGNE

D. U. N° 2813

ECOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA VIE, SANTÉ, AGRONOMIE, ENVIRONNEMENT

N° d'ordre 717

Thèse

Présentée à l'Université CLERMONT AUVERGNE
pour l'obtention du grade de

DOCTEUR D'UNIVERSITE

Spécialité : Ecologie

Soutenue le 8 juin 2017

Camille ROUX

De la Limagne à la chaîne des Puys – Approche analytique intégrative pour l'étude des végétations actuelles et potentielles en moyenne montagne tempérée

---

Président/rapporteur :	Pr. Frédéric BIORET, Université de Bretagne Occidentale
Rapporteur :	PhD Jorge CAPELO GONCALVES, INIAV, Oeiras, Portugal
Examinateurs :	Dr. Anne BONIS, ECOBIO, Université Rennes 1
	Pr. Jan Bernard Bouzillé, Université Rennes 1
	Pr. Patricia DREVET, PIAF Université Clermont Auvergne
	Dr. Pauline DELBOSC
	Dr. Arnault LALANNE, invité, Ministère de la Transition écologique et Solidaire
Directeur de thèse :	PhD Gilles Thébaud, UNIVEGE Université Clermont Auvergne

PIAF, UMR A 547 / UNIVEGE-Herbiers universitaires

UNIVERSITÉ CLERMONT AUVERGNE

D. U. N° 2813

ECOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA VIE, SANTÉ, AGRONOMIE, ENVIRONNEMENT

N° d'ordre 717

Thèse

Présentée à l'Université CLERMONT AUVERGNE
pour l'obtention du grade de

DOCTEUR D'UNIVERSITE

Spécialité : Ecologie

Soutenue le 8 juin 2017

Camille ROUX

De la Limagne à la chaîne des Puys – Approche analytique intégrative pour l'étude des végétations actuelles et potentielles en moyenne montagne tempérée

---

Président/rapporteur :	Pr. Frédéric BIORET, Université de Bretagne Occidentale
Rapporteur :	PhD Jorge CAPELO GONCALVES, INIAV, Oeiras, Portugal
Examinateurs :	Dr. Anne BONIS, ECOBIO, Université Rennes 1
	Pr. Jan Bernard Bouzillé, Université Rennes 1
	Pr. Patricia DREVET, PIAF Université Clermont Auvergne
	Dr. Pauline DELBOSC
	Dr. Arnault LALANNE, invité, Ministère de la Transition écologique et Solidaire
Directeur de thèse :	PhD Gilles Thébaud, UNIVEGE Université Clermont Auvergne

PIAF, UMR A 547 / UNIVEGE-Herbiers universitaires

Titre : De la Limagne à la chaîne des Puys – Approche analytique intégrative pour l'étude des végétations actuelles et potentielles en moyenne montagne tempérée

Résumé : Cette recherche, qui s'inscrit dans le cadre du programme de cartographie des habitats naturels et semi naturels (CarHAB) piloté par le Ministère en charge de l'Écologie vise à proposer une typologie et une méthodologie de cartographie dynamique et paysagère en moyenne montagne.
La région clermontoise, depuis la Limagne jusqu'à la chaîne des Puys, a été retenue comme secteur d'étude car il s'agit d'une région montagneuse, particulièrement diversifiée tant au niveau des facteurs abiotiques que biotiques, ces conditions entraînant une grande variété d'habitats. Six grand types de systèmes, représentant une surface de 51 544 ha, ont été étudiés : vallée alluviale, plaine sédimentaire de la Limagne, coteaux xérothermiques, plateau et gorges sur substrat cristallin et zones montagnardes de la chaîne des monts Dôme.
Afin de faciliter l'approche paysagère, un référentiel phytosociologique analytique intégrant 5614 relevés, ainsi qu'un catalogue descriptif des associations végétales présentes sur le territoire, ont été mis en place. Ces outils diagnostiques ont permis de déterminer 173 associations ou groupements végétaux dans notre secteur d'étude.
Le corpus principal de ce travail consiste en l'élaboration d'un modèle prédictif spatio-temporel des végétations actuelle et potentielle en utilisant l'approche dynamico-caténale. Cette méthode, dont les définitions, concepts et adaptations à la zone d'étude sont explicités et discutés, a l'avantage de représenter trois niveaux d'organisation de la végétation, communauté végétale (association végétale, habitat), dynamique (série) et paysage (géosérie) et d'intégrer les variables écologiques qui les régissent au sein de patrons spatiaux (tessella, caténa).
À l'issue de cette analyse, 81 unités typologiques ont été caractérisées : 60 séries de végétations (23 séries, 5 sous-séries, 5 curtasséries 23 permaséries et 4 théroséries) et 21 géoséries de végétations (14 géoséries, 3 géocurtaséries et 4 géopermaséries). Chacune d'entre elles fait l'objet d'une description complète, avec diagrammes d'affinités dynamique, extension géographique, état de conservation, degré d'anthropisation/naturalité...
Ces recherches débouchent aussi sur plusieurs résultats d'ordre méthodologique. Un module spécifique de la base de données VegFrance a été mis en place, en utilisant le logiciel Turboveg, afin de stocker, dans un but d'analyse, les 184 relevés paysagers réalisés (synrelevés et géosynrelevés). Un modèle prédictif de l'impact du changement climatique sur les séries de végétation, selon les objectifs de la cop 21, a été esquissé. Les valeurs bio-indicatrices d'Ellenberg ont été utilisées ici en intégrant plusieurs niveaux d'échelles : plante, association végétale et série de végétation. Ces valeurs, analysées statistiquement, ont permis de caractériser la variabilité écologique inter- ou intra-sériale et plus globalement d'effectuer une évaluation du degré de naturalité/anthropisation pour chaque série. Enfin un mode opératoire est proposé pour de telles études cartographiques dans des régions similaires selon les objectifs de CarHAB.
Trois cartes de végétations ont été réalisées à l'issue de ce travail : une première représente les séries résultant de l'analyse des végétations actuelles, une deuxième les géoséries de la zone d'étude. La troisième est une carte des séries de végétations potentielles dites "hypothétiques" résultant du changement climatique global.

Mots-clés : dynamico-caténale, séries et géoséries, phytosociologie, région clermontoise

Title: From the Limagne to the « chaîne des Puys » - Analytical and integrative approach for the study of current and potential vegetation in temperate middle mountain

This research project is part of the program CarHAB designed for the mapping of natural and semi-natural habitats and funded by the French Ministry of Environment. It aims at proposing 1) landscape vegetation typology and 2) a methodology to map vegetation of French low mountain range at the landscape scale, taking into account the vegetation dynamic.
The study area is the Clermont-Ferrand region, in Auvergne, from the Limagne plains to the "chaîne des Puys" (Massif central, France) which is a mountainous region. It is particularly varied regarding both abiotic and biotic drivers of plant types and thereafter includes a large variety of habitats. Six main types of ecosystems were studied, over a 51 544 ha large area : an alluvial valley, a sedimentary plain, xerothermic hills, plateau and fault on crystalline rocks and mountains of the monts Dômes.
The first step of this landscape approach had consisted to propose an analytical phytosociological referential, based on 5614 relevés from bibliography and ours. A descriptive catalog of the plant associations occuring over the studied area was provided. Based on those diagnostic tools, 173 associations or plant assemblages was identified in the study area.
The main body of this work consists of the elaboration of a spatiotemporal predictive model of the current and potential vegetation, using the dynamico-catenal approach.
The benefit of this approach, defined and discussed in this work, is that it represents three levels of organization of the vegetation, i.e. plant communities (plant association, habitat), their dynamics (serie) and their spatial organization in the landscape (geoserie). It permits to take into account the ecological variables driving vegetation patterns (tessella, catena).
Following this "dynamico-catenal" analysis, 81 typological units have been found and characterized: 60 series of vegetation (23 séries, 5 sous-séries, 5 curtaséries 23 permaséries and 4 théroséries) and 21 geoseries of vegetation (14 géoséries, 3 géocurtaséries and 4 géopermaséries). Each of them is fully described in this work, in particular regarding their dynamic affinity diagrams, geographical extension, conservation state, degree of anthropisation or naturality...
This work achieved several methodological issues: 1) A specific module of the VegFrance data base was established, using the Turboveg software, to store relevés at the landscape scale realized (synrelevés, géosynrelevés). 2) A predictive model of the impact of the climate change on the vegetation series was sketched, according to the objectives of the COP 21 scheme. 3) The bio-indicator values of Ellenberg were used here at several levels: taxa, plant communities and vegetation series. These data were analyzed statistically and their variability within and between vegetation series was assessed as cues for ecological variability and more generally for the naturality/anthropization of each serie.
Finally a modus operandi is proposed for analyzing and mapping vegetation in similar regions, according to the objectives of the CarHAB framework.
Three maps of vegetation were realized: one represents the series resulting from the analysis of the current vegetation, the second represents the geoserie of the area study. The third is a map of the series of potential vegetation which may be expected under the hypothesis of a global climate change.

Key-Words: dynamico-catenal, series and geoseries, phytosociology, Clermont-Ferrand area

Remerciements

J'exprime mes sincères remerciements à toutes les personnes qui m’ont aidé pendant l’élaboration de ma thèse et notamment mon directeur Gilles Thébaud, pour son soutien, sa grande disponibilité et ses précieux conseils durant la rédaction de ma thèse.

Je remercie également le Ministère de l’Écologie, du Développement Durable et de l’Énergie pour sa participation financière.

Je remercie chaleureusement l’ensemble des membres du jury qui ont accepté de juger ce travail ainsi que les membres du groupe de travail CarHAB.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à mes parents et à tous mes proches et amis, qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de la réalisation de ce mémoire.

.

« Nous le savons: la terre n'appartient pas à l'homme, c'est l'homme qui appartient à la terre. Nous le savons : toutes choses sont liées. Tout ce qui arrive à la terre arrive aux fils de la terre. L'homme n'a pas tissé la toile de la vie, il n'est qu'un fil de tissu. Tout ce qu'il fait à la toile, il le fait à lui-même. »

Chef indien au gouverneur de Pennsylvanie en 1796
Pieds nus sur la terre sacrée, McLuhan 2011

Sommaire

INTRODUCTION **1**

PARTIE I-PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE **4**

CHAPITRE 1- LES FACTEURS ABIOTIQUES 5
1.1 Géologie, relief et hydrographie *5*
1.1.1 Histoire géologique régionale 5
1.1.2 Caractères géologiques actuels 7
1.1.3 Relief 9
1.1.4 Hydrographie 10
1.2 Pédologie *11*
1.2.1 Les sols du plateau cristallin et du rebord occidental 11
1.2.2 Les sols du bassin sédimentaire de la Limagne 12
1.2.3 Les sols de la chaîne des Puys et des plateaux basaltiques 13
1.3 Climat *15*
1.3.1 Précipitations 16
1.3.2 Températures 17
1.3.3 Vent 18
1.3.4 Évolution climatique récente 18
CHAPITRE 2- ÉVOLUTION ANCIENNE ET RÉCENTE DES PAYSAGES 21
2.1 Histoire de l'occupation du sol *21*
2.1.1 Limagne et coteaux 21
2.1.2 Chaîne des Puys et plateau cristallin 22
2.2 Évolution de la végétation *23*
CHAPITRE 3- SYNTHÈSE BIOGÉOGRAPHIQUE 25

PARTIE II-MISE EN PLACE D'UN RÉFÉRENTIEL PHYTOSOCIOLOGIQUE ANALYTIQUE POUR LA ZONE D'ÉTUDE **28**

CHAPITRE 1- TRAVAUX PHYTOSOCIOLOGIQUES OU PHYTODYNAMIQUES ANTÉRIEURS 28
1.1 Travaux phytosociologiques *28*
1.2 Travaux sur la dynamique de la végétation *30*
CHAPITRE 2- MATÉRIEL ET MÉTHODES 31
2.1 Cadre, objectifs et limites de l'étude phytosociologique développée ici *31*
2.1.1 Cadre méthodologique général 31
2.1.2 Nomenclature et synsystème 31
2.1.3 Limites et objectifs de l'étude 31
2.2 Collecte et saisie des données *32*
2.2.1 Collecte des relevés issus des données bibliographiques 32
2.2.2 Réalisation des relevés de terrain 32
2.2.3 Saisie dans la base de données, géolocalisation 33
2.3 Processus d'analyses des données *34*
2.3.1 Analyses de classification pour la caractérisation des syntaxons et l'identification des relevés anonymes 34
2.3.2 Tableaux différentiels diagonalisés 35
2.3.3 Analyses d'ordination pour la mise en correspondance des syntaxons et des variables écologiques 35
2.3.4 Sélection des espèces diagnostiques, dominantes, constantes 35
2.4 Vers un référentiel phytosociologique global pour la zone d'étude *35*
2.4.1 Établissement d'un catalogue des associations végétales du territoire d'étude 36
2.4.2 Référentiel analytique 36
CHAPITRE 3- RÉSULTATS PHYTOSOCIOLOGIQUES 37
3.1 Caractérisation des communautés présentes *37*
3.1.1 Formations forestières 37
3.1.1.1 Végétations forestières de la chaîne des Puys, du plateau cristallin et des gorges 38
3.1.1.2 Végétations forestières des gorges, des coteaux et de la plaine de la Limagne et de la plaine alluviale 46
3.1.1.3 Diagramme écologique de dispersion des communautés végétales forestières de la région clermontoise 52
3.1.2 Formations arbustives 53
3.1.3 Landes et formations herbacées 59
3.1.3.1 Landes et pelouses oligotrophiles 61
3.1.3.2 Végétations mésotrophiles à méso-eutrophiles 69
3.1.4 Formations pionnières xérophiles 76
3.1.5 Autres communautés 81

3.2. Nouveautés et changements syntaxonomiques *84*
3.3 Importance et distribution des principales communautés phanérophytiques pionnières et postpionnières identifiées dans la zone d'étude *87*
CHAPITRE 4- CONCLUSIONS 89
4.1 Variables écologiques discriminantes pour la végétation de la zone d'étude *89*
4.2 Conclusions d'ordre phytosociologique et syntaxonomique *92*
4.3 Impacts anthropiques et difficultés d'analyse de la végétation *93*
4.4 Le référentiel phytosociologique analytique : un outil diagnostic élaboré au cours de l'étude dynamico-caténale *94*

PARTIE III-ÉLABORATION D'UN MODÈLE PRÉDICTIF SPATIOTEMPOREL DE LA VÉGÉTATION : OUTILS ET MÉTHODOLOGIE 95

CHAPITRE 1- CADRE MÉTHODOLOGIQUE GÉNÉRAL : L'APPROCHE DYNAMICO-CATÉNALE 95
1.1 Végétations potentielles et symphytosociologie *96*
1.1.1 Potentialité de la végétation 96
1.1.2 Définition de la symphytosociologie 96
1.1.3 Cadre spatial 97
1.1.4 Unité élémentaire de la symphytosociologie : la série de végétation 97
1.1.4.1 Les différentes catégories de séries 98
1.1.4.2 Les différents types de séries 99
1.2 Géosymphytosociologie ou phytosociologie caténale *100*
1.2.1 Définition 100
1.2.2 Cadre spatial 100
1.2.3 Unité élémentaire de la géosymphytosociologie : la géosérie de végétation 100
CHAPITRE 2- RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE D'ORIGINE ANTHROPIQUE ET APPROCHE SÉRIALE 102
2.1 Caractères des changements climatiques globaux *102*
2.2 Impacts globaux sur la végétation en Europe tempérée et boréale *103*
2.3 Impacts sur les migrations altitudinales d'essences présentes en moyenne montagne tempérée *104*
2.4 Nécessité d'une approche plus complexe à l'échelle locale *105*
2.5 Perturbations, résilience de la végétation et approche sériale *106*
2.6 Variations à l'échelle de la communauté *107*
2.7 Conclusions, critères et modèle sérial retenus pour la zone d'étude *108*
CHAPITRE 3-MATÉRIEL ET MÉTHODES 110
3.1 Phytosociologie dynamico-caténale *110*
3.1.1 Cadre et objectifs de l'étude symphytosociologique développée ici 110
3.1.1.1 Nomenclature et synsystème 110
3.1.1.2 Limites et objectifs de l'étude 110
3.2 Collecte et saisie des données *111*
3.2.1 Plan d'échantillonnage 111
3.2.2 Réalisation des synrelevés sur le terrain 112
3.2.3 Caractérisation des géoséries 113
3.2.4 Saisie dans la base de données : la base « Paysage » de VegFrance 113
3.3 Analyse des données *123*
3.3.1 Analyses de classification et production d'un tableau différentiel diagonalisé 123
3.3.2 Analyses d'ordinations 123
3.3.3 Calcul des indices d'Ellenberg des synrelevés et diagnostic écologique tessellaire 124
3.4 Individualisation et caractérisation des séries et géoséries de végétation *126*
3.4.1 Diagrammes d'affinités dynamiques 126
3.4.2 Profil Socio-Ecologique Topostationnel (PSET) 127
3.4.3 Histogramme de répartion des indices d'Ellenberg 128
3.5 Cartographie *128*
3.5.1 Structuration du Système d'Information Géographique (SIG) 129
3.5.2 Sémiologie graphique 130
3.5.3 Données contenues dans le SIG 131

PARTIE IV- RÉSULTATS : CARACTÉRISATION DES SÉRIES ET GÉOSÉRIES DE LA ZONE D'ÉTUDE 136

CHAPITRE 1- RÉSULTATS GÉNÉRAUX ISSUS DE L'ANALYSE COMPARATIVE DES SYNRELEVÉS 136
1.1. Classification des synrelevés issue de l'analyse MTC et tableau symphytosociologique différentiel global *136*
1.2 Différenciations tessellaires et gradients écologiques résultants des analyses des correspondances, CCA et DCA *141*

1.3 Discussion : niveau de pertinence des analyses statistiques testées pour la caractérisation sériale et la discrimination écologique des tessellas *144*
CHAPITRE 2- PRÉSENTATION ET DESCRIPTION DES SÉRIES 149
2.1 Séries de végétation du sommet du puy de Dôme (90 ha) *151*
2.1.1 Curtasérie climatophile du manteau à sorbiers et saules variante d'ubac 152
2.1.2 Curtasérie climatophile du manteau à sorbiers et saules variante d'adret 154
2.1.3 Permasérie climatophile de la vacciniaie à Airelle des marais et Myrtille 156
2.1.4 Permasérie climatophile de la calamagrostidaie à Berce commune 157
2.1.5 Permasérie édaphoxérophile de la vacciniaie à Alchémille des rochers et Airelle des marais 158
2.1.6 Permasérie climatophile de la calamagrostidaie à grande Luzule 159
2.1.7 Permasérie édaphoxérophile à Gaillet des rochers, Myrtille, Séneçon à feuilles d'adonis et Cotoneaster 160
2.2 Séries de végétation de la chaîne des Puys (9301 ha) *162*
2.2.1 Série climatophile de la hêtraie à grande Luzule 163
2.2.2 Sous-série climatophile à Œillet de Montpellier, Brachypode penné et Myrtille de la série de la hêtraie à grande Luzule 166
2.2.3 Série édaphoxérophile à Pin sylvestre, Germandrée scorodoine et Myrtille 170
2.2.4 Série climatophile de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande 173
2.2.5 Série climatophile de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Scille lis-jacinthe 176
2.2.6 Série climatophile de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier 179
2.2.7 Sous-série climatophile à Oeillet de Montpellier et Brachypode penné de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier 183
2.2.8 Sous-série édaphoxérophile à Fléole de Boehmer, Fétuque de Léman et Campanule agglomérée de la série à Hêtre, Euphorbe d'Irlande et Noisetier 187
2.2.9 Série édaphoxérophile de la pinède à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier 190
2.2.10 Permasérie édaphoxérophile à Biscutelle de Lamotte et Galéopsis des champs 194
2.3 Séries de végétation du plateau (9109 ha) *197*
2.3.1 Série climatophile de la hêtraie à Sceau de Salomon multiflore et Alisier 198
2.3.2 Sous-série climatophile à Fétuque rouge et Genêt à tiges ailées de la série à Hêtre, Sceau-de-Salomon multiflore et Alisier 201
2.3.3 Série édaphohygrophile de l'aulnaie à Cirse potager 204
2.3.4 Curtasérie édaphohygrophile à saules à cinq étamines et roux 207
2.3.5 Permasérie édaphohygrophile à Gaillet des marais et Laiche à ampoules 210
2.3.6 Permasérie édaphoxérophile à Capillaire fragile et Polypode commun 210
2.3.7 Permasérie édaphoxérophile à Orpin des rochers et Piloselle 211
2.3.8 Permasérie hydrophile à Persicaire amphibie 211
2.4 Séries de végétation du rebord occidental de la Limagne (2278 ha) *214*
2.4.1 Série climatophile de la chênaie sessiliflore et pubescente à Épervière de Savoie 215
2.4.2 Série édaphoxérophile de la chênaie sessiliflore à Épervière de Savoie 219
2.4.3 Curtasérie édaphoxérophile à Genévrier commun et Amélanchier 223
2.4.4 Sous-série édaphoxérophile à Callune et Genêt poilu de la série à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier 226
2.4.5 Série climatophile de la hêtraie à Sceau-de-Salomon multiflore 228
2.4.6 Série topoaérohygrophile de la frênaie à Polystic à aiguillons 233
2.4.7 Série climatophile de la frênaie à Pulmonaire affine 236
2.4.8 Série édaphohygrophile de l'aulnaie à Balsamine des bois 238
2.4.9 Permasérie édaphoxérophile à Doradille du Nord et Asplénium noir 241
2.4.10 Permasérie édaphoxérophile à Capillaire fragile et Polypode commun 241
2.4.11 Permasérie édaphoxérophile à Orpin des rochers et Piloselle 241
2.4.12 Permasérie édaphoxérophile à Alysson à calices persistants et Orpin blanc 241
2.5 Séries de végétation des coteaux de Limagne (11718.5 ha) *243*
2.5.1 Série climatophile de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre 244
2.5.2 Série climatophile de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre et Garance voyageuse 248
2.5.3 Série climatophile de la chênaie sessiliflore et Céphalanthère de Damas 254
2.5.4 Curtasérie édaphohygrophile à saules roux et cendrés 257
2.5.5 Série climatophile de la chênaie pédonculée à Lis martagon et Géranium noueux 260
2.5.6 Série topoaérohygrophile de l'érablaie à Érable sycomore et Scolopendre 261
2.5.7 Permasérie édaphoxérophile à Alysson à calices persistants et Orpin blanc 261
2.5.7 Permasérie édaphoxérophile à Scille d'automne et Orpin blanc 262
2.5.8 Permasérie édaphohygrophile à Glycérie flottante 262
2.5.9 Permasérie édaphoxérophile à Capillaire fragile et Polypode commun 263
2.5.10 Permasérie édaphoxérophile à Orpin des rochers et Piloselle 263
2.6 Séries de végétation de la plaine de la Limagne (17900 ha) *265*
2.6.1 Permasérie édaphohygrophile à Scirpe maritime 270
2.7 Séries de végétation de la vallée alluviale de l'Allier (951 ha) *272*
2.7.1 Série édaphohygrophile de la frênaie à Géranium brun 273
2.7.2 Série édaphohygrophile de la frênaie à Houblon 276
2.7.3 Série édaphohygrophile de la saulaie blanche 280

2.7.4 Thérosérie édaphohygrophile à Souchet jaunâtre ... 283
2.7.5 Thérosérie édaphohygrophile à Renouée poivre d'eau et bident tripartite ... 283
2.8 Séries de végétation des eaux douces continentales ... 284
2.8.1 Permasérie hydrophile lotique à Callitriche à crochets et Myriophylle à fleurs alternes ... 285
2.8.2 Permasérie hydrophile lotique à Callitriche à crochets et Renoncule en pinceau ... 285
2.8.3 Permasérie hydrophile lotique à Potamot perfoliées et Renoncule flottante ... 286
2.8.4 Permasérie hydrophile lentique à Potamot nain et Zannichellie des marais ... 286
2.8.5 Permasérie hydrophile lentique à Chara vulgaire ... 287
2.8.6 Permasérie hydrophile lentique à Cératophylle immergé ... 287
2.8.7 Permasérie hydrophile lentique à Élodée du Canada ... 288
2.8.8 Thérosérie hydrophile flottante lentique à petite Lentille d'eau ... 288
2.8.9 Thérosérie hydrophile flottante lentique à Lentille d'eau bossue ... 289
CHAPITRE 3 RÉSULTATS GÉOSYMPHYTOSOCIOLOGIQUE ... 290
3.1 Description des géoséries ... 290
3.1.1 Géoséries de la chaîne des Puys ... 290
3.1.2 Géoséries du plateau cristallin ... 293
3.1.3 Géoséries du rebord occidental de la Limagne ... 296
3.1.4 Géoséries des coteaux de Limagne ... 298
3.1.5 Géoséries de la plaine de la Limagne ... 300
3.1.6 Géoséries de la vallée alluviale de l'Allier ... 300
3.2. Naturalité/anthropisation et état de conservation à l'échelle du paysage ... 302
3.2.1 Critères d'évaluation ... 302
3.2.2 Évaluation du degré de naturalité/anthropisation et de l'état de conservation des géoséries de la zone d'étude ... 303

PARTIE V- CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES ... 308

1 RÉSULTATS GÉNÉRAUX ... 308
1.1 Résultats sériaux et géosériaux ... 308
1.1.1 Séries et géoséries identifiées à partir de la végétation actuelle ... 308
1.1.2 Séries hypothétiques résultant du changement climatique global ... 309
1.2 Résultats phytogéographiques ... 309
1.3 Résultats pour la gestion écologique et l'aménagement du territoire ... 310
2 RÉSULTATS MÉTHODOLOGIQUES : INTÉRÊTS ET LIMITES DE LA MÉTHODE DYNAMICO-CATÉNALE DÉVELOPPÉE ICI ... 310
2.1 Résultats méthodologiques ... 310
2.2 Limites liées au traitement cartographique ... 311
2.3 Le problème de l'affectation d'une association végétale à une permasérie : communauté permanente ou dynamique progressive ? ... 312
2.4 L'association végétale comme unité de base d'un modèle d'analyse du paysage est-elle pertinente ?. 313
2.5 Les différents niveaux d'emboîtement de la méthode dynamico-caténale : l'assurance d'un modèle prédictif robuste. ... 314
3 PROPOSITIONS MÉTHODOLOGIQUES ET MODE OPÉRATOIRE POUR L'ÉTUDE CARTOGRAPHIQUE DES SÉRIES ET GÉOSÉRIES EN MOYENNE MONTAGNE ... 314
4 PERSPECTIVES ... 318
4.1 Perspectives d'extension géographique de l'étude ... 318
4.2 Perspectives de développement méthodologique : groupes d'espèces caractéristiques ; intégration d'un système expert ... 319

BIBLIOGRAPHIE ... 320

ANNEXES ... 335

ANNEXE 1 LOCALISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE ... 336

ANNEXE 2 EXEMPLE DE TABLEAU RÉFÉRENTIEL ANALYTIQUE POUR LES LANDES ET PELOUSES OLIGOTROPHILES ... 338

ANNEXE 3 SYNSYSTÈME DU SECTEUR D'ÉTUDE ... 341

ANNEXE 4 TABLEAUX, LISTES D'ESPÈCES ET DE RELEVÉS ... 356

ANNEXE 5 LOCALISATION DES RELEVÉS PHYTOSOCIOLOGIQUES ... 387

ANNEXE 6 RELEVÉS TYPES DES FOURRÉS DE F. BILLY POUR VALIDATION "HOC LOCO" 389

ANNEXE 7 CARNET DE TERRAIN ... 391

ANNEXE 8 LOCALISATION DES PROFILS SOCIO-ÉCOLOGIQUES TOPOSTATIONNELS (PSET)-

EXPRESSION DES VARIABLES ÉCOLOGIQUES DISCRIMINANTES ET DE LA DIVERSITÉ DE LA VÉGÉTATION 393

ANNEXE 9 TABLEAU RÉCAPITULATIF DES SÉRIES 402

ANNEXE 10 TABLEAU SYMPHYTOSOCIOLOGIQUE 406

ANNEXE 11 CARTOGRAPHIE DES SÉRIES RÉSULTANT DE L'ANALYSE DES VÉGÉTATIONS ACTUELLES 408

ANNEXE 12 CARTOGRAPHIE DES SÉRIES HYPOTHÉTIQUES RÉSULTANT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE GLOBAL 411

ANNEXE 13 CARTE GÉOSYMPHYTOSOCIOLOGIQUE 414

Introduction

Nous vivons actuellement une crise environnementale sans précédent, se traduisant par une érosion accélérée de la biodiversité, diminution, voire extinction de très nombreuses espèces animales et végétales, sur laquelle la communauté scientifique nous alerte, évoquant même la sixième grande extinction de masse (Billé *et al*. 2014).

Cette perte de biodiversité est due à la fragmentation ou à la destruction des habitats naturels, engendrée par une urbanisation croissante, une artificialisation des milieux, une surexploitation des ressources, par l'introduction d'espèces invasives, les changements climatiques, les changements des pratiques agricoles traditionnelles (drainage des zones humides, mise en place de cultures intensives monospécifiques...), la destruction des forêts et la désertification.

Afin d'arrêter ou de limiter ce processus d'érosion de la biodiversité, de nombreux acteurs se sont mobilisés pour mettre en place des outils et des procédures adaptés à sa préservation. À l'échelle internationale cela s'est traduit en 1979 par le sommet sur la "convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe", communément appelé convention de Berne, visant la coopération des états signataires afin d'assurer la conservation de la flore et de la faune sauvage ainsi que de leurs habitats naturels.

En 1992, le sommet de la Terre de Rio de Janeiro, a permis une prise de conscience à l'échelle mondiale des problèmes environnementaux et a abouti à une convention sur la diversité biologique, qui intègre l'importance des réseaux écologiques dans la protection de la biodiversité. L'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) propose un inventaire de l'état de conservation des espèces : la Liste rouge mondiale des espèces menacées.

En Europe cette dynamique internationale a débouché sur un plan d'action pour la protection de la diversité biologique et paysagère, avec la mise en place de la directive habitat. Celle-ci a pour but de promouvoir la protection et la gestion des espaces naturels à valeur patrimoniale par l'intermédiaire du réseau Natura 2000, de la classification des habitats (CORINE Biotopes, EUNIS), de la liste rouge des habitats menacés (Janssen *et al.* 2016).

La communauté scientifique met également en place des outils de connaissances des habitats basés sur des synthèses nationales ou internationales de la végétation comme par exemple : SynBioSys Europe (système d'information pour l'évaluation et la gestion de la biodiversité [Schaminée & Hennekens 2005]) ; le système d'information de la végétation Ibérique et Macaronésienne (SIVIM) ; la cartographie des végétations potentielles du Portugal (Capelo *et al*. 2007) ; le G.I.V.D (Global Index of Vegetation-Plot Databases, Dengler *et al.* 2011) ; la typologie phytosociologique de la végétation européenne (Rodwell *et al.* 2002 ; Mucina *et al.* 2016) ; la végétation de la République tchèque éditée de 2007 à 2013, sous la direction de M. Chytrý ; le prodrome des végétations de France 2 (PVF2) décliné jusqu'au niveau des associations végétales, sous l'égide de la Société Française de Phytosociologie (SFP)...

En France, de nombreux programmes ou procédures concernant la préservation de la biodiversité, des habitats et des espaces naturels sont portés par différents acteurs : réserves naturelles nationales ; parcs nationaux ; réserves naturelles régionales (conseils régionaux) ;

Espaces Naturels Sensibles (départements) ; acquisition foncière et gestion conservatoire (conservatoires d'espaces naturels, parcs naturels régionaux...) ; conservation des espèces (conservatoires botaniques nationaux ...) ; associations naturalistes...

Le ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer [MEEM] par l'intermédiaire du Service du Patrimoine Naturel (SPN) du Muséum d'Histoire Naturelle (MNHM), a mis en place l'Inventaire National du Patrimoine Naturel qui vise plusieurs objectifs : assurer le développement d'une banque nationale de référence sur la biodiversité française et diffuser les données de programmes nationaux de différents types : référentiel taxonomique (TAXREF) ; référentiel habitats (HABREF) ; NATURA 2000 ; ZNIEFF ; listes rouges ; plans nationaux d'actions ; inventaires nationaux ; état de conservation...Le tout devant être intégré au sein d'un système d'information sur la nature et les paysages (SINP) : dispositif partenarial, collaboratif, entre le MEEM et les acteurs de la biodiversité et du paysage)....

Dans le cadre de la Stratégie nationale pour la biodiversité (SNB) 2011-2020, le MEEM a initié un programme sur la cartographie des habitats naturels et semi naturels (CarHAB), en partenariat avec : la fédération des conservatoires botaniques nationaux (FCBN), l'Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN), l'Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture (IRSTEA), le MNHN, la SFP, l'Université de Bretagne occidentale (UBO, laboratoire de géoarchitecture), l'Université Clermont Auvergne (UCA, UNIVEGE) et l'Université Jean Monnet de Saint-Étienne (laboratoire ISTHME). Il consiste à cartographier, au 1/25 000, les végétations actuelles sur l'ensemble du territoire métropolitain à l'horizon 2025.

Ce programme comprend, entre autre, un volet « phytosociologie dynamique et paysagère » ou dite encore « dynamico-caténale » qui consiste en la mise en place d'une typologie et d'une cartographie des séries et géoséries des végétations naturelles et semi-naturelles de France. Un groupe de travail national a été créé afin de mieux définir la méthodologie (Chalumeau & Bioret 2013) et d'assurer la coordination des partenaires. Dans ce but, plusieurs études ont été conduites afin de tester la méthode dans différentes zones biogéographiques : les côtes Manche-Atlantique françaises (Demartini 2016), la Corse (Delbosc 2015), les forêts de plaine du Massif armoricain (Chalumeau *et al.* 2014), la limite septentrionale de la végétation méditerranéenne (Choisnet *et al.* 2014) et la moyenne montagne tempérée traitée dans ce travail.

Le but de cette thèse est de mettre en place une méthodologie symphytosociologique propre à la moyenne montagne tempérée, pour laquelle aucun travail de recherche équivalent n'avait été effectué jusqu'ici en France.

Nous avons ainsi choisi la région clermontoise comme secteur d'étude. En effet, il s'agit d'une région montagneuse, particulièrement diversifiée (altitude, climat, géologie...) et où les conditions sont optimales pour l'expression de la végétation (température, pluviométrie...); tout ceci entraîne une grande diversité de communautés végétales et d'écosystèmes. En outre la zone d'étude comprend une grande agglomération et des secteurs ruraux ; on a donc aussi une diversité des pratiques et des atteintes à prendre en compte en fonction de ce gradient marqué de naturalité/anthropisation. Ce système complexe représente ainsi un cas d'école, sujet et territoire d'étude particulièrement riches en problématiques paysagères représentatives de la moyenne montagne. Aussi devant la complexité de ce système nous nous sommes rapidement orientée vers la mise en place d'une méthodologie

adaptée, intégrant des outils d'analyses des données les plus rigoureux possibles, et qui soit reproductible sur des secteurs comparables.

La première partie de ce manuscrit vise à mieux connaitre les facteurs abiotiques et biotiques du territoire d'étude dans une optique de découpage biogéographique du territoire, comprenant aussi l'évolution ancienne et récente des paysages sous l'action anthropique.

La deuxième partie présente les résultats phytosociologiques sous l'angle de la construction méthodologique d'un référentiel analytique facilitant l'approche dynamico-caténale.

La troisième partie consiste en une discussion et une présentation des choix méthodologiques arrêtés pour l'étude des végétations potentielles par l'approche dynamico-caténale. Elle intègre la problématique de l'impact du réchauffement climatique d'origine anthropique sur ces futures végétations. Elle propose une base de données spécifique pour le paysage. Elle précise, les techniques d'analyses et de cartographies utilisées.

La quatrième partie présente les résultats sous forme d'une description complète et d'une typologie des séries et géoséries, appliquées à leur expression cartographique.

La cinquième partie concerne la discussion de ces résultats et les conclusions générales, en particulier en terme de propositions méthodologiques pour l'application à d'autres territoires semblables.

Partie I-Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude correspond à la région située autour de Clermont-Ferrand. Elle se situe en Europe occidentale tempérée (figure 1), plus particulièrement dans la partie nord du Massif central dans le département du Puy-de-Dôme (figure 2). Elle est localisée à 45°7' de latitude Nord et 3°08' de longitude Est, dans la région floristique eurosibérienne à l'intérieur de laquelle elle est partagée entre le domaine atlantique (ouest de la chaîne des Puys) et le domaine subatlantique (ou médio-européen) (Ozenda 1985).

Sa superficie totale est de 51 545 ha. Elle est limitée à l'est par le val d'Allier et à l'ouest par la chaîne des Puys. Elle englobe une partie de la plaine de la Limagne, des coteaux de Limagne, la faille occidentale, le plateau cristallin. Sa limite nord correspond au col de la Nugère et aux communes de Châteaugay et des Martres-d'Artière dans la plaine à l'est. Au sud elle se prolonge jusqu'au col de la Ventouse, au lac de La Cassière et atteint la commune des Martres-de-Veyre en bordure d'Allier (annexe 1). Elle est centrée autour du territoire de « Clermont Auvergne Métropole » et regroupe environ 300 000 habitants.

Le gradient altitudinal varie d'environ 300 m au niveau de l'Allier jusqu'à 1465 m au sommet du puy de Dôme.

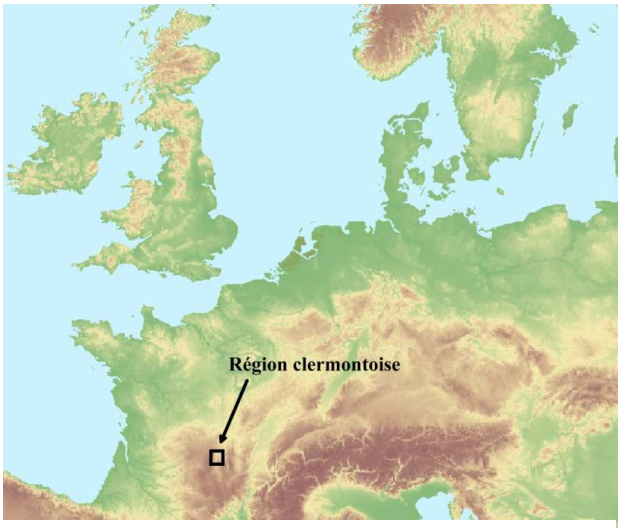


Figure 1: localisation de la région clermontoise en Europe de l'ouest.

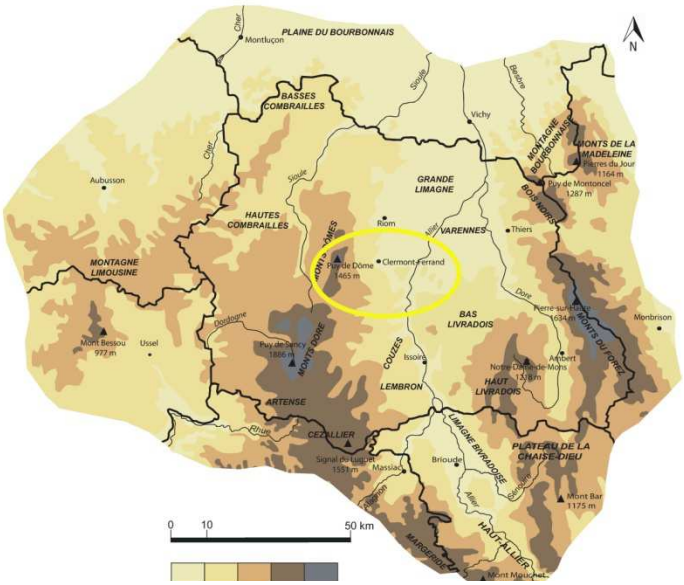


Figure 2: zone d'étude (délimitation jaune) dans le département du Puy-de-Dôme (délimitation noire).

Chapitre 1- Les facteurs abiotiques

1.1 Géologie, relief et hydrographie

1.1.1 Histoire géologique régionale

La zone d'étude est composée de trois catégories de formations géologiques (Peterlongo *in* Puytorac *et al.* 1997) : un socle ancien, des roches sédimentaires et des volcans du tertiaire et du quaternaire (figure 3).

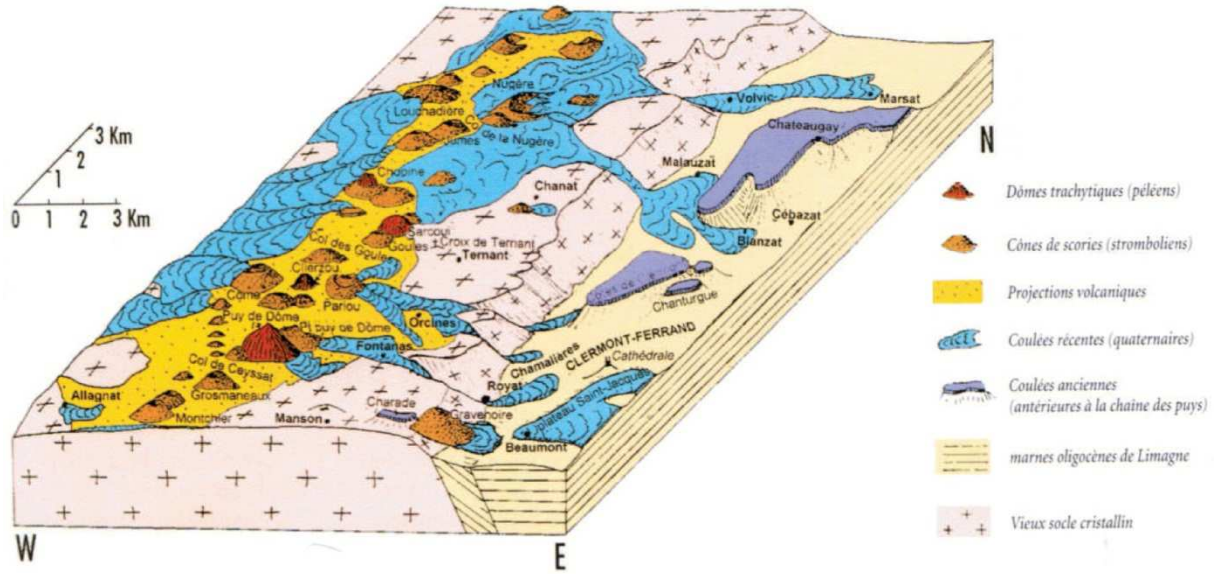


Figure 3 : schéma des relations entre socle hercynien, sédiments tertiaires et volcans (Peterlongo *in* Puytorac *et al.* 1997)

Deux évènements orogéniques majeurs ont conduit à ces formations. Tout d'abord au Paléozoïque la formation de la chaîne hercynienne suivie de son érosion complète, qui permet l'apparition des roches métamorphiques et granitiques. Puis, au Cénozoïque, la subduction alpine qui entraine la subsidence du bassin de la Limagne remplie de sédiments oligocènes et les différentes manifestations du volcanisme (Boivin *et al.* 2014).

Ces évènements, étalés depuis le Cambrien sur 540 millions d'années, ont permis de créer un paysage géologiquement très contrasté et diversifié (figures 3, 4 et 5).

Le système le plus ancien est celui du plateau cristallin (figure 3) formé il y a environ 300 millions d'années suite à l'orogénèse hercynienne ; son érosion à la fin du Paléozoïque (250 Ma) lui donne alors l'apparence d'une vaste pénéplaine.

Vers 37 Ma un rift continental se crée suivant un double système de failles nord/sud, la faille occidentale (région clermontoise) et la faille orientale (région thiernoise). Entre les deux le fossé de la Limagne constitue un graben qui, durant tout l'Oligocène, se comble de sédiments. En bordure du fossé se déposent les matériaux les plus grossiers (sables et arkoses) tandis qu'à son centre ils sont plus fins (marnes). On assiste également à une sédimentation calcaire dans les environnements lacustres. Le horst cristallin du plateau des Dômes (1000 m) s'élève aujourd'hui à plusieurs centaines de mètres de la plaine de la Limage (350 m) ; le

paysage est constitué d'un escarpement Nord-Sud avec une pente d'environ 30° (Boivin *et al.* 2009 et 2014).

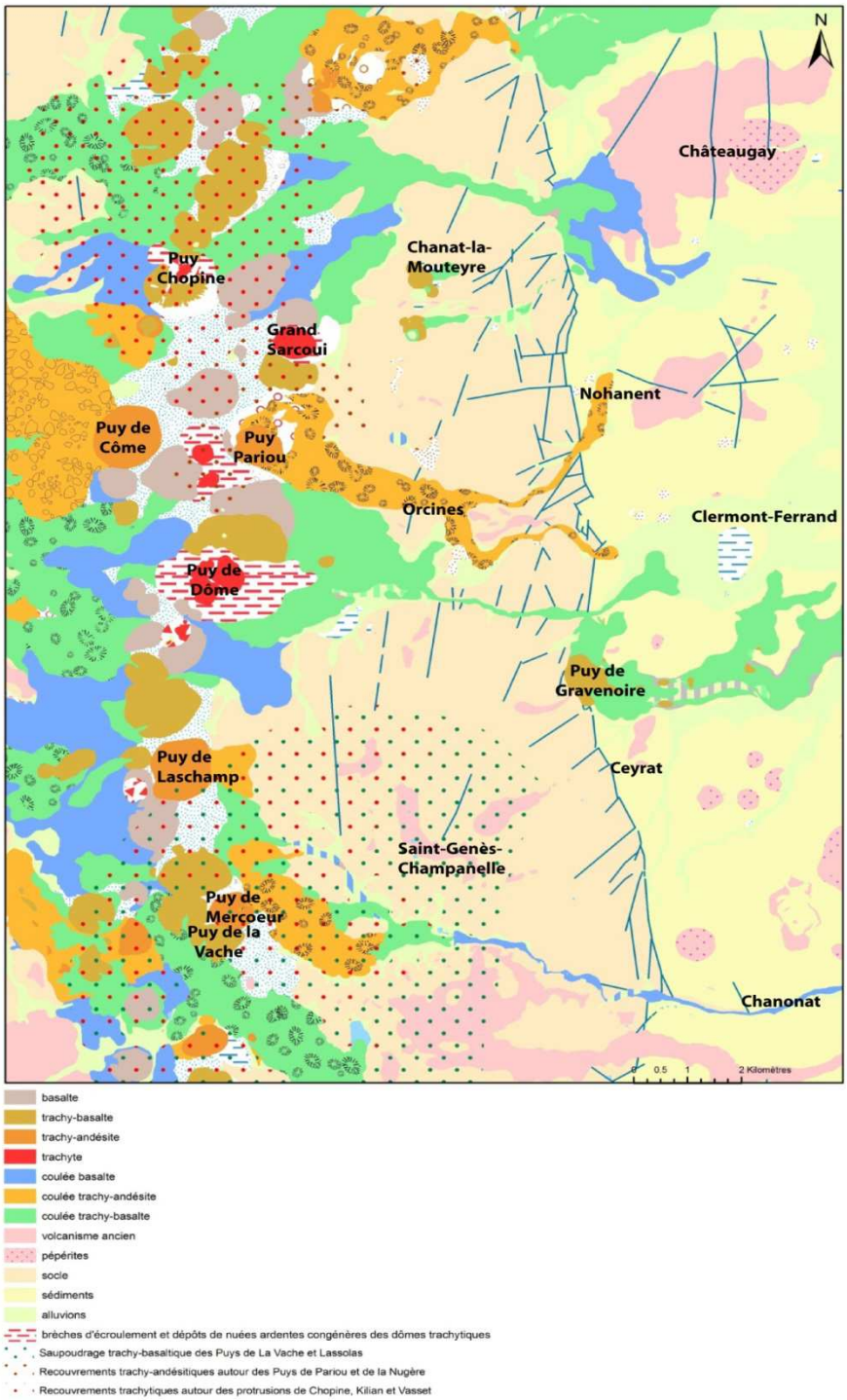


Figure 4 : carte géologique d'une partie de la zone d'étude (Boivin *et al.*2009)

L'activité volcanique débute entre 25 et 12 Ma dans la zone d'étude. C'est un volcanisme très explosif qui, lorsqu'il rencontre de l'eau superficielle, se manifeste par de nombreuses cheminées de pépérites (puys de Crouël, Bane et Anzelle). Sinon il donne de grands épanchements basaltiques qui atteignent la plaine de la Limagne. Leur plus forte résistance à l'érosion par rapport aux sédiments environnants a provoqué la mise en relief

(érosion différentielle) de plateaux qui dominent la plaine (plateaux de Gergovie et de Châteaugay, les Côtes de Clermont).

Au Pliocène, entre 3 et 4 Ma, de grandes coulées sont émises en direction de la Limagne, les basaltes gagnent la faille de la Limagne (Berzet, Charade…).

Au Quaternaire apparaît la chaîne des Puys. Les volcans situés sur le horst cristallin forment un alignement Nord-Sud d'une trentaine de kilomètres de long sur 3 ou 4 kilomètres de largeur. Il est parallèle à la faille majeure qui limite le horst et la Limagne. Deux types de volcans sont présents dans la chaîne des Puys : des cônes, issus à 80% du volcanisme strombolien, et des cumulodômes. Ils ont émis tous les deux un saupoudrage de cendres, de lapillis et de blocs. Les retombées des cônes sont composées en majorité par des lapillis (scories), tandis que les cumulodômes projettent surtout de la cendre (nuée ardente). Ces volcans sont aujourd'hui plus hauts de 100 à 200 m (300 m pour le puy de Dôme) que le plateau cristallin et leur pente varie de 20 à 30°.

Selon la viscosité de la lave on détermine deux types d'éruption : effusive (magma fluide) et explosive (magma visqueux). La viscosité de la lave dépend de sa teneur en silice, plus elle est importante plus la lave est visqueuse. Dans la chaîne des Puys on peut classer le magma en deux catégories selon sa teneur en silice. Le magma basique (basalte, leucobasalte et trachybasalte) correspond à un liquide silicaté pauvre en silice (43 à 55%) peu visqueux. Le magma acide (trachyandésite et trachyte) dont la teneur en silice est supérieur à 60%, est plus riche en gaz et plus visqueux (Boivin *et al.* 2009 ; Coquillard *et al.* 1989).

1.1.2 Caractères géologiques actuels

La chaîne des Puys, ou monts Dômes, est le massif volcanique situé le plus au nord dans le Massif central. Elle est constituée de 80 volcans récents alignés du nord au sud parallèlement à la faille occidentale de la Limagne. On distingue plusieurs types d'appareils volcaniques (Boivin *et al.* 2009).

Le premier type, le plus abondant, est constitué par des « cônes », résultant d'une activité strombolienne, édifiés par l'accumulation de lapillis ou scories retombées autour lors de l'éruption (Pariou, Côme, Lassolas etc…). Ces cônes présentent souvent des cratères, qui peuvent être égueulés ou emboîtés les uns dans les autres. Ils ont émis des laves basaltiques ou trachybasaltiques qui se sont épanchées sur une grande distance.

Le deuxième type est représenté par des « Dômes », plus précisément cumulodômes (puy de Dôme, Cliersou, grand Sarcoui…) ou protrusions (Chopine, Vasset, Kilian…). Les premiers sont des puys à sommet plat. Les protrusions peuvent être moins apparentes dans le paysage ; il peut s'agir de simples extrusions de laves parvenues à la surface du sol. Les deux résultent d'éruptions sous forme de laves visqueuses, restées autour du point éruptif, trachytes et trachyandésites. Une des caractéristiques de ce deuxième type de volcanisme est qu'il a été le siège d'explosions violentes ayant projeté très loin différents types de matériaux, cendres et lapillis trachytiques que l'on retrouve aujourd'hui dans les zones alentours, parfois sur de grandes distances et qui recouvrent d'une chimie plus acide les versants des cônes stromboliens. Le secteur trachytique est situé principalement dans la zone centrale, autour du puy de Dôme et au nord dans la zone du Grand Sarcoui et puy Chopine. Les secteurs basaltiques ou trachy-basaltiques sont bien représentés dans le reste de la chaîne : en particulier au sud du puy de Laschamps, au nord du Sarcoui et à l'est du puy de Dôme. Ces différences de nature chimique seront lourdes de conséquence pour la végétation.

Un troisième type est représenté par les « maars », cratères d'explosion dits « phréatomagmatitiques » résultant de la rencontre d'une eau superficielle avec le magma montant. Ces volcans sont souvent aujourd'hui le réceptacle de zones humides, marais ou lacs (narse d'Espinasse, d'Ampoix, Pavin, gour de Tazenat…). Ce type est assez rare dans la zone d'étude (marais de Fontfreyde ?).

Le plateau et la zone de la faille occidentale, trouée de gorges, sont constitués de plusieurs types de roches cristallines. On distingue principalement (Jeanbrun *et al*. 1973a et b) des anatexites grenues à biotite et cordiérite (secteur nord entre Chanat et Orcines), des granites riches en biotite, porphyroïdes ou non (secteur entre Orcines et Saint-Genès-Champanelle…), et des diorites quartziques (secteur de Manson, de Varenne…) ; les deux derniers avec des teneurs en $SiO2 < 64\%$, qui en font des roches faiblement acides. Toutefois il existe des secteurs où l'on trouve des granites saccharoides, (Peyronnet 1964) ou des granites aplitiques à deux micas, sous forme de filons, plus riches en silice (puys de Berzet et de Manson, Charade…). La plupart de ces formations sont fortement altérées et se désagrègent sous forme d'arènes, parfois sur une grande hauteur, donnant ainsi naissance à des sols profonds. Elles sont composées de matériaux de textures essentiellement sableuses, pauvres en fraction argileuse (Dejou 1986).

La présence de coulées récentes, issues de la chaîne, appelées « Cheires » (Pariou, Mercœur, Lassolas…), entraîne un relief tourmenté ou alternent roches brutes en saillie, avec blocs décamétriques et creux ou parties plus évoluées, recouvertes partiellement de cendres, scories. Elles peuvent être aussi de nature chimique différente. Ces secteurs au microrelief très hétérogène, vont constituer des mosaïques écologiques. On note quelques rares « trous à glace » (La Cassière…), résultant peut-être de phénomènes de compression/décompression adiabatique au sein des champs de blocs.

Des épanchements ou coulées volcaniques anciennes (puy de Berzet, Le Vigeral…), présentes sur le plateau cristallin, ne semblent pas former des secteurs écologiquement très différenciés par rapport aux zones alentours si ce n'est qu'elles peuvent donner naissance à des sols andiques aux propriétés différentes de ceux sur granite.

Dans la zone des coteaux, l'opposition est contrastée sur le plan de la nature chimique du substrat, entre les secteurs volcaniques silicicoles, surtout basaltiques et les roches sédimentaires carbonatées ou calciques des versants et de la plaine. Au sein de ces dernières, on distingue les roches riches en argiles, marnes ou marno-calcaires et les roches plus dures calcaires (rares) ou pépérites. Les premiers types de substrats, plus riches en argiles, vont entraîner une forte rétention d'eau contrairement aux seconds, plus perméables. Au sein des roches volcaniques, le puy de Grave Noire représente un volcanisme récent situé à basse altitude et isolé de la chaîne des Puys. Ce secteur original se traduit principalement par des recouvrements scoriacés abondants.

Enfin les secteurs alluvionnaires se développent le long de l'Allier, constitués principalement de sables et galets, roches particulièrement filtrantes. La plaine alluviale est étendue et très peu pentue, le cours de la rivière est sinueux et se situe au sein d'une vaste zone inondable. Ses berges et ses îles sont limitées par d'anciens méandres qui redeviennent fonctionnels à chaque crue (Bornand *et al.* 1966). La zone d'étude est exempte de terrasses alluviales anciennes.

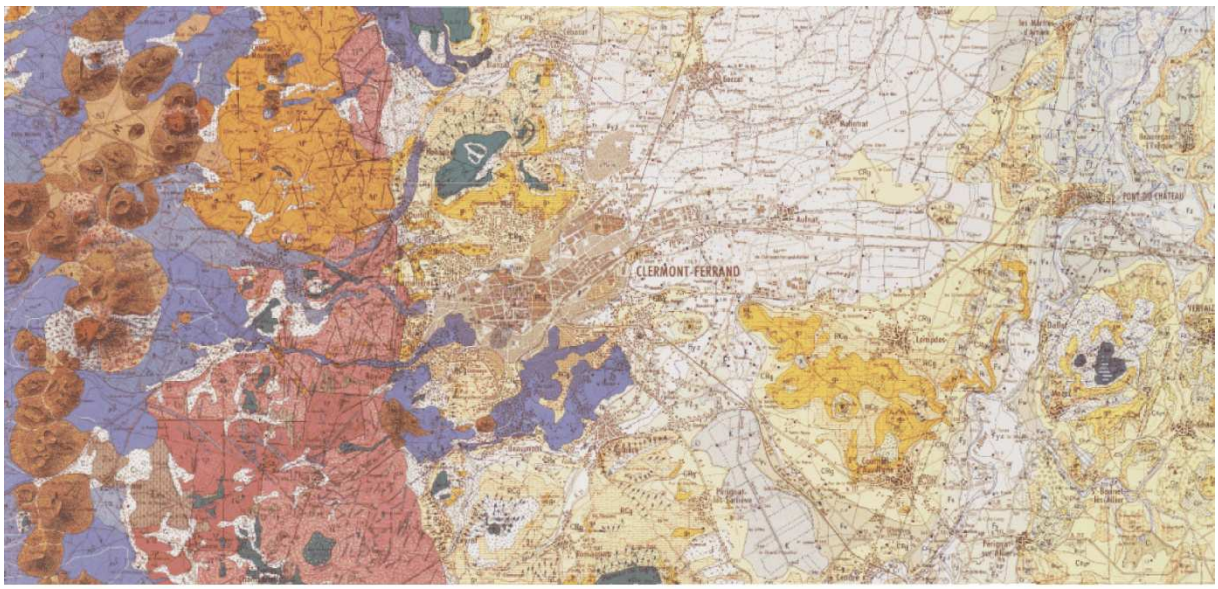


Figure 5 : carte géologique du BRGM au 1/50000 de la zone d'étude (Jeambrun *et al.*1973a et b)

1.1.3 Relief (figure 6)

La zone étudiée présente un relief particulièrement contrasté. Entre la rivière Allier, à l'est (à 300 m), et le sommet du puy de Dôme (à 1465 m, à l'ouest), on observe un dénivelé de plus de 1100 m. Plusieurs types majeurs de reliefs s'individualisent.

D'ouest en est, on distingue la chaîne volcanique des Puys (ou chaîne des Dômes), dont la plupart des sommets culmine à environ 1200 m (les plus hauts du nord au sud, puy Chopine, Grand Sarcoui, Pariou, Côme, Laschamps, Mercœur, Lassolas) soit environ 200 à 250 m plus haut que le plateau cristallin. Celui-ci, ancien horst surélevé par rapport à la plaine, se situe entre 800 et 1000 m (du nord au sud, Côte Verse, puy de Manson…). À proximité de la faille de la Limagne, il domine la plaine d'environ 350 m, constituant un promontoire vigoureux. Il est entrecoupé de coulées volcaniques récentes, ou « cheires », au nord (coulée du Pariou) et au sud (coulée de Mercœur) qui ont créé par zones un microrelief tourmenté ou des champs de blocs, traditionnellement peu exploités par l'homme. Ces coulées ont dévalé dans le fond des gorges cristallines où elles constituent des secteurs volcaniques, affleurant souvent sous forme de falaises frontales.

Dans la zone de Limagne, le volcanisme ancien a créé des buttes, necks ou dykes (Crouel, Montaudoux, Montrognon…) et l'érosion différentielle a entraîné la surélévation de coteaux (du nord au sud plateau de Châteaugay, côtes de Clermont, puys d'Anzelle et de Bane, Gergovie, montagne de la Serre, …) dont les sommets sont constitués de roches volcaniques et les versants de roches sédimentaires marneuses. Ces coteaux, parfois accusés, dominent la plaine environnante de près de 200 m. La plaine sédimentaire au relief assez uniforme, abrite cependant des secteurs de bas-fonds et cuvettes plus humides. (Marmilhat, dépression de Pérignat-lès-Sarlième)

À l'est de la zone d'étude, la rivière Allier a creusé son lit dans les sédiments marno-calcaires de la Limagne, développant, à environ 350 m d'altitude, une zone inondable parfois large de plusieurs kilomètres. Elle est bordée de quelques terrasses d'alluvions anciennes (Beauregard-l'Evêque), en dehors de notre zone d'étude.

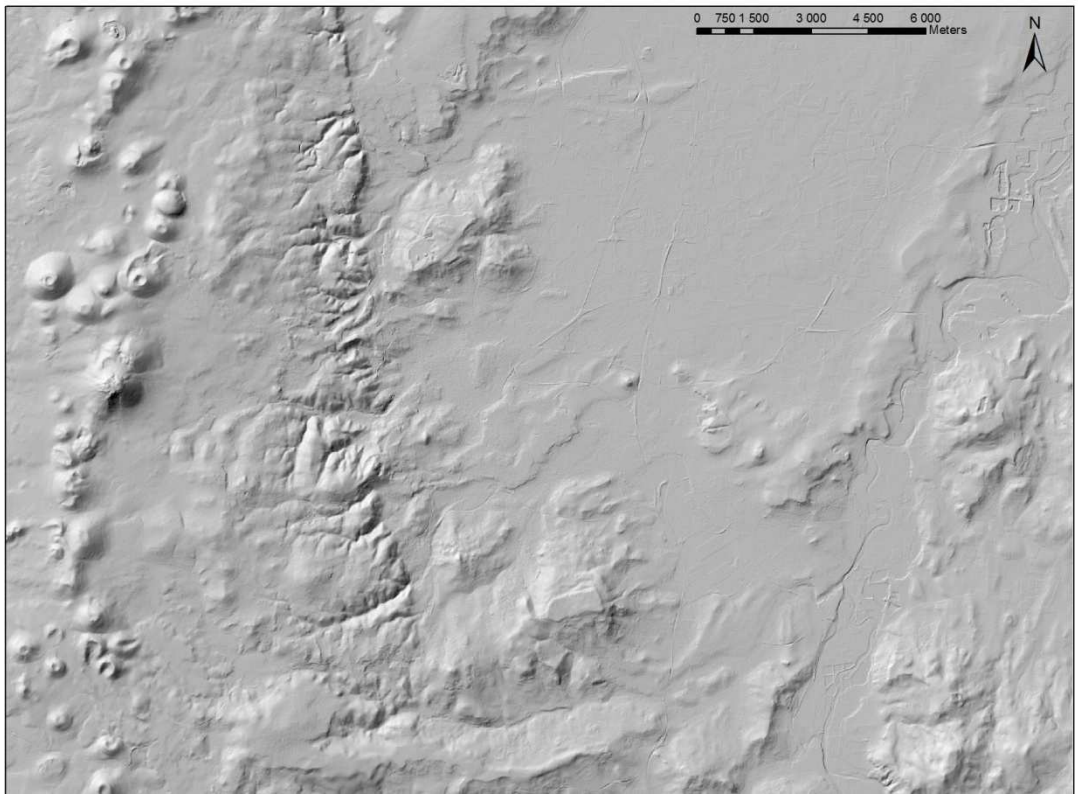


Figure 6 : carte du relief de la zone d'étude obtenue à partir du modèle numérique de terrain

1.1.4 Hydrographie (figure 7)

L'Allier constitue la rivière principale de la zone d'étude, drainant à l'est un certain nombre de cours d'eau affluents descendant du plateau, après avoir creusé au niveau de la faille de Limagne des gorges prononcées (du nord au sud, Bédat, Tiretaine, Artière, Auzon…). Ces ruisseaux, très souvent drainés rectifiés ou même entièrement « busés » à l'approche de la région clermontoise, ont un caractère très artificialisé dans la partie aval de leur cours où ils ne sont le plus souvent aujourd'hui représentés que par de profonds fossés.

La zone d'étude, qui se cantonne à l'est de la ligne de crête de la chaîne des Puys, se situe entièrement dans le bassin versant de l'Allier.

Dans la partie volcanique de l'ouest, en raison de la couverture continue de lapillis, particulièrement filtrante, aucun cours d'eau, aucune source ne se différencie, faisant de la chaîne des Puys, un véritable « désert », parmi les massifs montagneux les plus secs du Massif central sur le plan édaphique. D'importants aquifères cependant subsistent en profondeur, entraînant la résurgence de sources importantes en pourtour de la nappe de lapillis, qui se traduit dans la toponymie des lieux-dits (Volvic, Fontaine du Berger, Fontanas, Fontfreyde…).

Les marais, autrefois abondants en Limagne, ont à peu près tous été drainés. Quelques zones humides limitées se développent sur certains plateaux basaltiques imperméables (côtes de Clermont) ou au niveau de la naissance des ruisseaux sur le plateau cristallin (zone de Beaune-le-Chaud, Chatrat…). Le site de Fontfreyde, est le seul marais important encore en état.

Mise à part la rivière Allier, la région d'étude est donc particulièrement pauvre sur le plan des milieux aquatiques, avec une absence d'eau superficielle dans la chaîne des Puys à l'ouest et une éviction par l'agriculture et l'urbanisme à l'est.

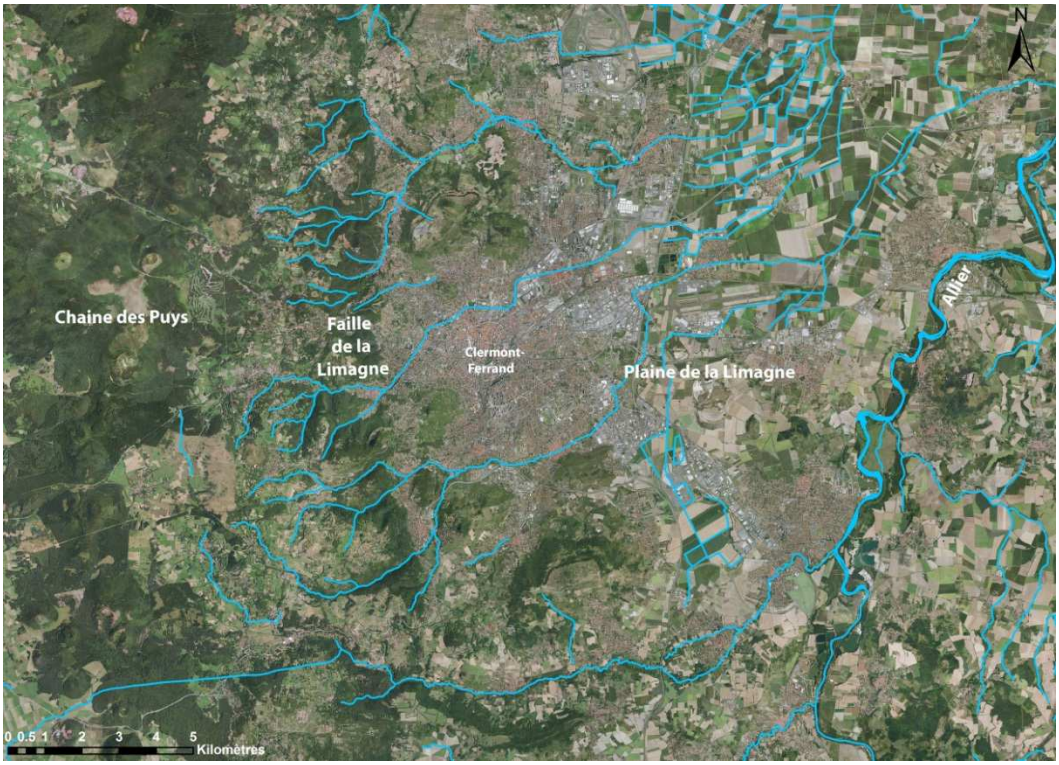


Figure 7 : carte du réseau hydrographique

1.2 Pédologie

La grande diversité des formations géologiques sur l'ensemble de la zone d'étude et les conditions climatiques variées, entraînent une grande variété pédologique. « Peu de régions de France peuvent s'enorgueillir de posséder une gamme de sols aussi variés que celle située autour de Clermont-Ferrand, et cela dans un espace aussi restreint. Presque toutes les grandes classes de sol de la zone tempérée humide sont représentées ici » (Dejou 1986).

Les types de sols vont être présentés ici suivant les 3 zones géologiques principales de la région clermontoise : le plateau cristallin avec le rebord occidental, le bassin sédimentaire de la Limagne et la chaîne des Puys.

1.2.1 Les sols du plateau cristallin et du rebord occidental

La phase d'arénisation est suivie de la pédogénèse avec le développement de deux types de sols en fonction de la profondeur : le lithosol qui est un sol peu évolué, il s'agit d'un stade initial sur roche dure, dont l'évolution vers un sol brun est empêchée par les phénomènes d'érosion (Duchaufour 1991) ou le sol brun acide (alocrisol) plus évolué. Ces sols de type siliceux ont un très faible taux de saturation en base, sont acides et ont une capacité de rétention de l'eau médiocre du fait de la faible représentation de la fraction fine. Ils sont bien structurés, correctement pourvus en matière organique. Les réserves en eau sont

liées à la profondeur du sol ; la production fourragère constitue leur vocation naturelle. (Dejou 1986 ; Dejou & Loiseau 1984).

1.2.2 Les sols du bassin sédimentaire de la Limagne (Dejou 1986 ; Bornand et al. 1966)

La Limagne présente deux types de paysages caractéristiques (Gachon 1963). Une zone qui correspond aux sédiments détritiques et aux nappes alluviales (sables, argiles et arkoses). Elle comprend presque toute la moitié est de la plaine, de part et d'autre de l'Allier. Au centre se situe la plaine marneuse où sont localisés les « marais ». L'altitude est comprise entre 300 et 350 m.

Trois types de sols sont présents : les sols bruns calcaires vers la bordure ouest de la Limagne, au centre les « Terres noires » et en bordure d'Allier et de ses affluents des sols alluviaux.

Les sols bruns calcaires sont sur le plan physicochimique proches des sols des terres noires. Ce sont des sols bien structurés, exempts d'hydromorphie, leur réserve en eau dépend de la profondeur du sol et leur taux en matière organique est assez élevé.

Les « Terres noires » sont des sols isohumiques riches en argile, bien pourvus en matière organique et avec une bonne minéralisation de l'azote. Leur perméabilité est excellente, avec un bon ressuyage des terres et une bonne résistance à la sécheresse (Dejou 1986). Ces terres sont d'ailleurs utilisées pour la culture intensive (maïs, blé, betterave…).

Certaines zones de la Limagne ont des sols hydromorphes en situation de marais. Mais suite à des travaux de drainage elles sont maintenant, pour la plus grande partie, asséchées. Deux types de sols isohumiques hydromorphes étaient présents : en majorité dans des marais à engorgement temporaire et une minorité de marais permanents situés dans des dépressions.

Le long du lit mineur de l'Allier se trouvent des sols bruts d'apport. Ils sont composés de sables, de galets et de limons disposés en bancs de manière discontinue. Leur perpétuel remaniement par les crues exclut toute évolution pédogénétique et limite la végétation.

En pourtour d'Allier et de ses affluents, de part et d'autre du lit mineur, se trouvent des alluvions récentes grossières. Sur ces zones alluviales, fréquemment remaniées par les crues, se développent des sols peu évolués. Ils sont formés de limons, sables fins et grossiers reposant sur un cailloutis alluvial non altéré, constitué par des éléments de granites et de basaltes. Ces sols ont une texture grossière ; les horizons ont une faible cohésion et sont très secs en été, leur pH est acide en surface (pH = 6).

Dans le lit majeur, où l'évolution pédogénétique est plus avancée, on trouve des sols bruns alluviaux ; ces sols, de types sablo-limoneux, sont sensibles à la sécheresse. Ils sont correctement pourvus en matière organique, le pH est légèrement basique, et ont un bon niveau de phosphore. Ces secteurs sont surtout occupés par des cultures mais aussi par des prairies temporaires et sont irrégulièrement soumis à des crues.

Les sols bruns modaux sont observés sur les basses terrasses d'alluvions anciennes de l'Allier (entre 8 et 15 m au-dessus du cours d'eau). Ils sont constitués de galets, de sables et de limons. Ces sols sont généralement filtrants, le pH est acide, les teneurs en acide

phosphorique, en azote, en potassium et magnésium sont élevées. C'est une zone de grande culture.

Restent les sols alluviaux des pourtours des ruisseaux qui traversent la Limagne d'ouest en est. La nature des alluvions est d'une façon générale argilo-calcaire, avec un sous-sol souvent sableux (sols alluviaux calcaires hydromorphes). La charge en calcaire, la texture et l'intensité de l'hydromorphie varient aussi bien le long d'un même cours d'eau que d'un ruisseau à l'autre.

1.2.3 Les sols de la chaîne des Puys et des plateaux basaltiques (figure 8)

Les sols que l'on trouve sur les plateaux basaltiques des coteaux de Limagne, sont des sols bruns basaltiques. Ils sont généralement peu profonds, irrégulièrement caillouteux, alternant avec des secteurs où la roche affleure (lithosols). L'eau a tendance à s'accumuler dans des micros dépressions et son évacuation très lente donne à certains sols une tendance hydromorphe. Ce sont des sols argileux légèrement acides, bien pourvus en bases et riches en acide phosphorique. Anciennement cultivés, ces secteurs sont maintenant le plus souvent abandonnés, laissés en prairies, pâturages à moutons ou friches (Bornand *et al.* 1966).

L'andosolisation est le processus pédologique le plus répandu de la chaîne des Puys car il est lié aux substrats volcaniques et au climat montagnard et humide. L'altération des verres volcaniques contenus dans la roche forment des complexes silico-alumineux (allophanes) qui vont déterminer le fonctionnement hydrique et chimique des andosols. Les sols de la chaîne des Puys sont des intergrades entres les andosols vrais, les sols bruns et les podzols du fait de la grande variabilité climatique, topographique et géologique. On trouvera dans cette zone des sols bruns andiques, des rankers andopodzoliques et des sols andiques podzolisés. (Prévosto 1999).

Plus la roche est altérée plus l'andosolisation est caractéristique. Elle est maximale sur les matériaux meubles (projections volcaniques basiques) et sur les scories très divisées ; on y trouvera les andosols les plus typiques (peu différenciés). Sur roche dure, moins altérée on obtient un sol plus différencié et plus pauvre en matière organique (Duchaufour 1977, Prévosto 1999).

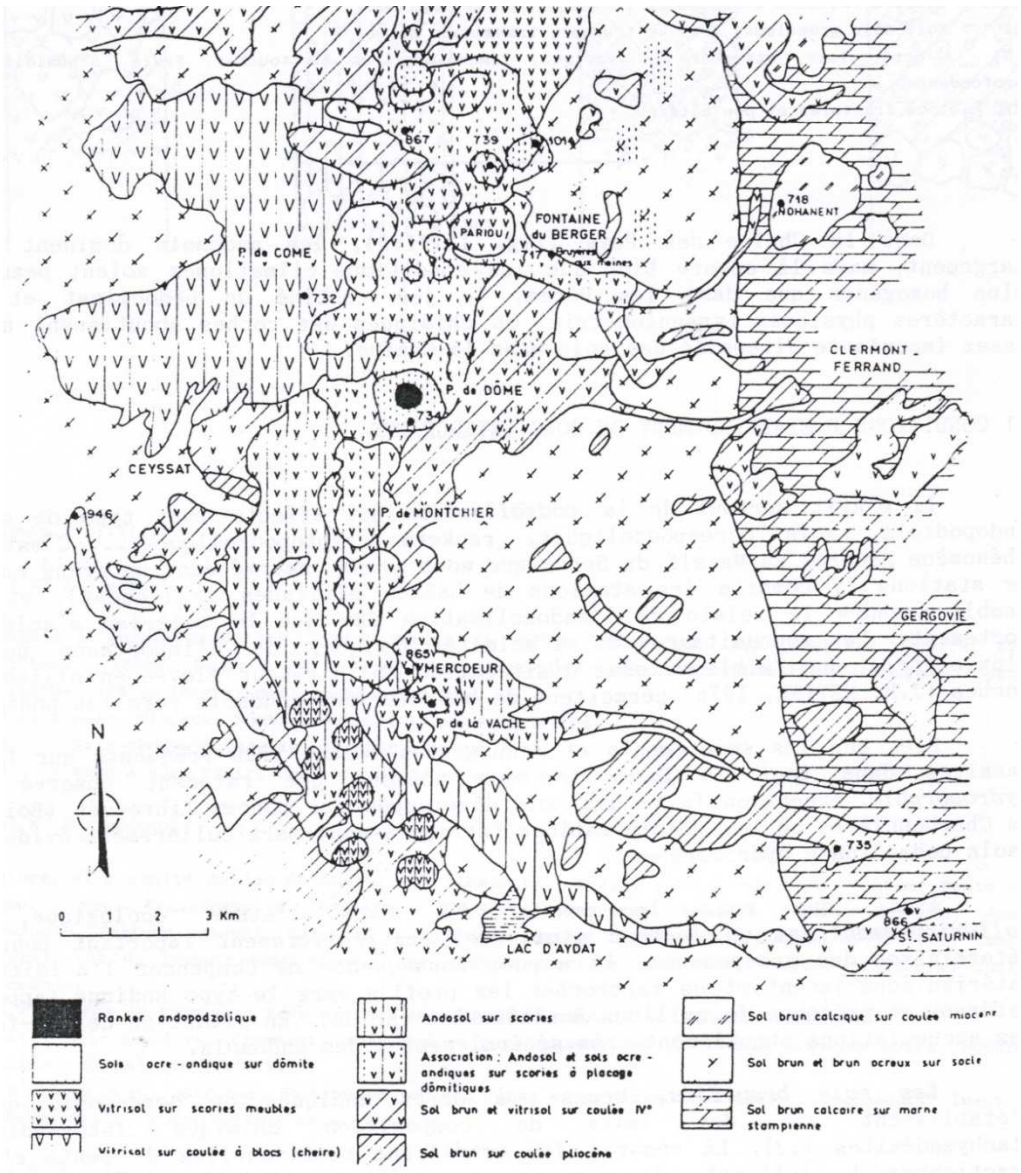


Figure 8 : carte pédologique de la chaîne des Puys (Hétier 1973, intégral)

L'altitude joue également un rôle important dans la pédogénèse : au-dessus de 1000 m nous avons les andosols vrais, entre 1000 m et 800 m les sols andiques et en dessous de 800 m les sols bruns andiques et les sols bruns sur basalte (Dejou, 1986).

Les variations microclimatiques, comme les oppositions de versants, suffisent à provoquer des différences assez nettes du degré d'andosolisation des sols d'un même cône. Il existe également des variantes dues à la jeunesse et à l'état de division des scories (Hétier 1973). Sur les versants nord, ouest et la zone centrale de la chaîne des Puys, se développe l'andosol vrai, tandis que sur les versants sud et est des puys et sur le plateau, plus secs et plus chauds, on trouve des sols bruns andiques. Quant aux puys les plus récents, encore recouvert de scories meubles (La Vache, Lassolas…), les sols sont de types vitrisols, donc peu évolués (figure 9).

Les sols andiques ou bruns andiques ont une bonne minéralisation, la matière organique et la capacité d'échange est moins élevée que pour les andosols, par contre le pH augmente sensiblement, avec un pH inférieur à 6 pour les sols andiques et supérieur à 6 pour

les sols bruns. La classe des andosols comprend des sols qui possèdent une bonne profondeur, une bonne structure, une richesse en matière organique, qui sont exempt d'hydromorphie et en altitude ils reçoivent une pluviométrie abondante (supérieur à 1000 mm). D'un point de vue chimique le taux des éléments majeurs et les oligo-éléments ne sont pas toujours satisfaisants (Dejou 1986).

La combinaison de l'altitude et de l'acidité de la roche peut permettre le processus de podzolisation (peu présent dans la chaîne des Puys hormis sur le puy de Dôme). Ce processus est caractérisé par la migration, du haut vers le bas, de cations ou éléments fins (Al++, Fe++ …). Les trachytes massives ont une grande richesse en silice, elles se décomposent en matériaux sableux, filtrants et secs, sur lesquels se développent des sols podzolisés ; à plus basse altitude ils sont remplacés par des sols ocres andiques (pH < 5). Lorsque l'on a un saupoudrage trachytique (granulométrie fine), l'altération rapide de la roche libère suffisamment d'allophanes pour que se forme un sol intergrade de type andopodzolique (Coquillard *et al.* 1989).

Sur la partie sommitale du puy de Dôme, le type de sol est un ranker andopodzolique. C'est un sol très riche en matière organique, peu évolué, formé d'un humus peu transformé, siège d'une podzolisation affirmée, qui se développe sur roche dure acide. Il est occupé par la pelouse ou la lande alpine, dans les secteurs où la violence du vent empêche l'installation de la forêt (Duchaufour 1991).

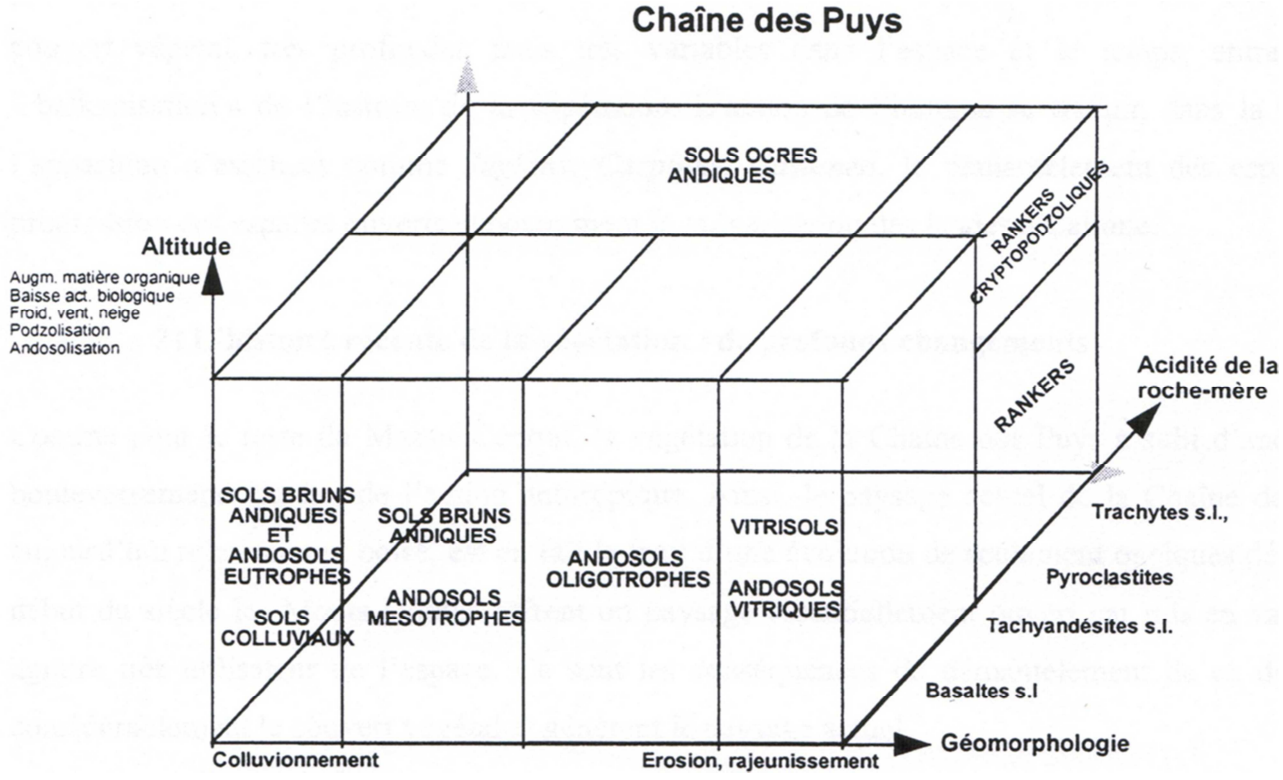


Figure 9 : principaux types de sols rencontrés en fonction de l'altitude, de la roche mère et de la géomorphologie (Curt 1995 d'après Coquillard 1993)

1.3 Climat

D'un point de vue climatique la zone d'étude est à la charnière des influences atlantiques et continentales, mais cette variabilité est essentiellement due à son relief contrasté (Jolibert 2014). La chaîne des Puys jouant le rôle de première barrière par rapport aux

dépressions atlantiques, le secteur d'étude présente un climat contrasté lié à un effet de foehn (Estienne 1956).

Les monts Dômes constituent une zone de transition entre un régime atlantique sur les crêtes (Orcines, la fontaine du Berger, puy de Dôme) et à l'ouest (Gelles), et un régime de type semicontinental d'abri à l'est (Saint-Genès-Champanelle, Aulnat), comme le montre l'indice de continentalité et d'océanité d'Amann (1929) calculé à partir de l'hygrothermie (tableau 1) ; le climat océanique tempéré ayant un indice supérieur à 50.

Tableau 1: Indice de continentalité et d'océanité d'Amann: I = (P*T)/(tc-tf). P: précipitations en cm, T: température annuelle moyenne, tc: température moyenne du mois le plus chaud, tf: température moyenne du mois le plus froid.

Localités	Indice d'Amann
Aulnat	40.45
Saint-Genès-Champanelle	44.79
Orcines	58.58
puy de Dôme	61.93
Gelles	67.14

Océanité ↓

1.3.1 Précipitations

Le relief joue un rôle prépondérant vis-à-vis des précipitations. La chaîne des Puys et la faille de la Limagne étant situées sur un axe nord-sud alors que, sous nos latitudes, la circulation générale de l'atmosphère se fait d'ouest en est.

L'effet de foehn entraîne un gradient ombrique Ouest-Est déjà marqué sur le plateau puisque l'on constate des précipitations moyennes annuelles nettement plus importantes à Gelles (1048 mm, 785 m) qu'à Saint-Genès-Champanelle (796 mm, 893 m), cette dernière station pourtant située plus haut en altitude (tableau 2). On peut estimer cette différence à environ 300 mm par an, à altitude égale, ce qui est loin d'être négligeable.

Cet effet de foehn est maximal dans la plaine de la Limagne. Aulnat (578.9 mm, 331 m) se caractérise par une pluviométrie nettement inférieure (tableau 2). Ceci implique pour la Limagne un régime de précipitations avec une sécheresse hivernale et des pluies estivales abondantes sous formes d'orages, donc irrégulières. La saison humide coïncide avec la saison chaude (figure 10) (Gachon 1963) ; le régime climatique est de type semicontinental.

Sur la chaîne des Puys le régime de type océanique entraîne une répartition saisonnière assez régulière sur l'année (Jolibert 2014). Les puys ont un climat montagnard très humide en toute saison, la végétation ne subissant un déficit hydrique qu'à la période estivale sur une période variant de 1 à 3 mois, suivant les versants, centré sur le mois de juillet (Prévosto 1999). Le puy de Dôme et ses alentours constituent un pôle de pluviométrie accentué en raison de son altitude (1465 m) et représente la seule zone « subalpine » de la chaîne.

Tableau 2: Données thermiques et pluviométriques (période 1981-2010; données météo France)

1981-2010	Aulnat	Saint-Genès-Champanelle	Orcines	puy de Dôme (1994-2010)	Gelles
Altitude (m)	331	893	971	1415	785
T° mois le plus chaud (°C)	20.3	16.6	15.7	13.6	17.3
T° mois le plus froid (°C)	3.7	1.8	1.2	-0.9	1.9
Amplitude thermique (°C)	16.6	14.8	14.5	14.5	15.4
T° moy (°C)	11.64	8.7	7.95	5.9	9.1
Moy T° max (°C)	16.8	13.1	12.3	8.9	14
Moy T° min (°C)	6.6	4.3	3.6	2.8	4.3
Amplitude thermique (°C)	10.2	8.8	8.7	6.1	9.7
Σ Précipitations (mm)	578.9	796.1	1068.5	1650	1048.1

Les données climatiques sur la chaîne des Puys sont trop rares pour avoir une vision plus précise du climat. C'est pourquoi Coquillard *et al.* (1989) ont effectué une zonation sur la base des groupements végétaux, du substrat et du pédoclimat. Ils découpent la chaîne des Puys en trois zones climatiques : une zone sud, chaude, à l'abri des dépressions du sud-ouest par l'effet de foehn dû au massif des monts Dore ; une zone centrale, froide et humide, d'altitude plus élevée, où le puy de Dôme joue le rôle de pôle de condensation ; une zone nord, « exempte de particularismes » représente la situation climatique moyenne de la chaîne.

Les données sur les précipitations neigeuses et l'épaisseur du manteau nival sont fragmentées ou absentes. Il neige environ 20 jours par an mais la couverture neigeuse ne dépasse pas deux semaines, sauf au sommet du puy de Dôme (Prévosto 1999).

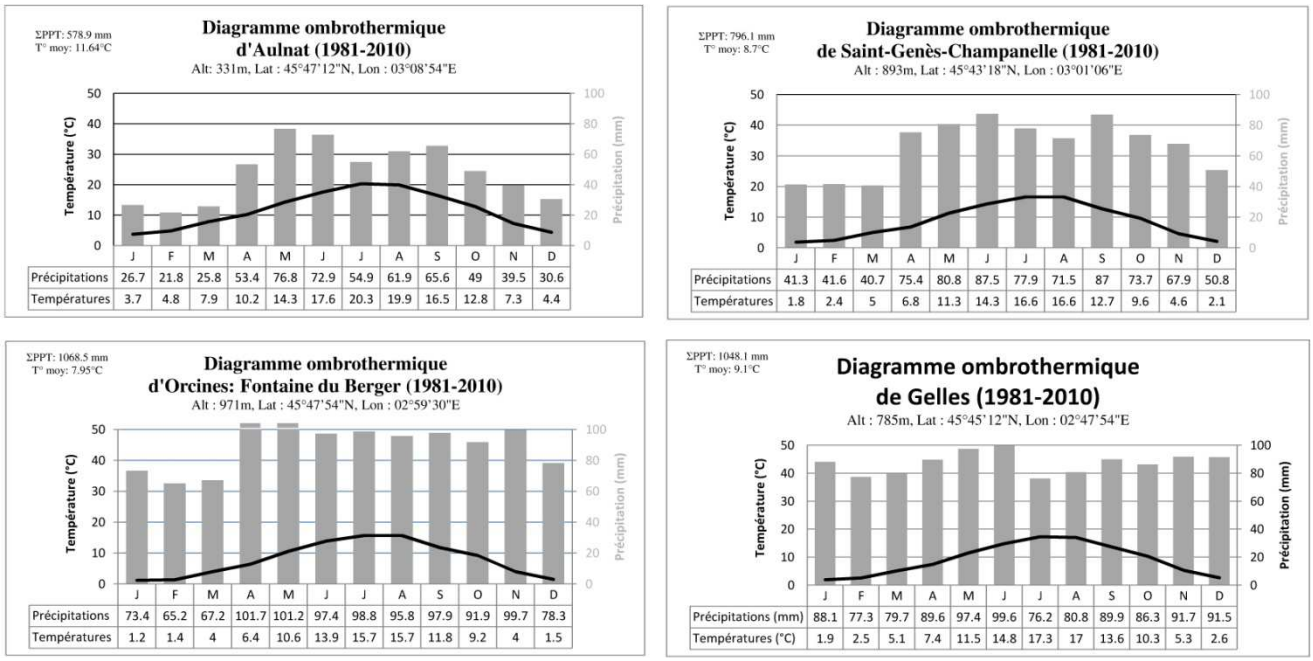


Figure 10 : diagrammes ombrothermiques des différentes stations météorologiques de la zone d'étude (période 1981-2010) réalisés dans le cadre de ce travail à partir des données communiquées par Météo France.

1.3.2 Températures

Le relief est aussi à l'origine de contrastes thermiques importants.

La température moyenne annuelle en Limagne se situe aux alentours de 12 °C (tableau 2). L'influence semi-continentale, entraîne une forte amplitude de température au cours de l'année (hivers froids, étés chauds).

Sur le secteur de la chaîne des Puys, où les différences sont directement liées à l'altitude, la température moyenne annuelle varie de 8 à 9 °C entre 800 m et 1000 m d'altitude. Elle est aux alentours de 6 °C au sommet du puy de Dôme à 1415 m d'altitude (tableau 2). En atmosphère dite « standard », la décroissance de température avec l'altitude est voisine de 0,6 °C par 100 mètres (Jolibert 2014).

1.3.3 Vent

Là aussi le secteur d'étude est divisé en deux. Dans la plaine de la Limagne les vents sont axés nord-sud ; sur les secteurs de la chaîne des Puys et du plateau, les vents dominants sont en général des vents ouest à sud-ouest avec des vents de nord-est aussi présents (figure 11) (Jolibert 2014). La vitesse moyenne annuelle du vent se situe entre 7 et 11 km/h dans la plaine, entre 14 et 18 km/h à 1000 m et 30 km/h sur les hauts sommets. Les vents sont fréquents dans la chaîne des Puys ; la force et la fréquence augmentent avec l'altitude et peuvent constituer un facteur limitant pour la végétation sur les sommets et les crêtes (Prévosto 1999).

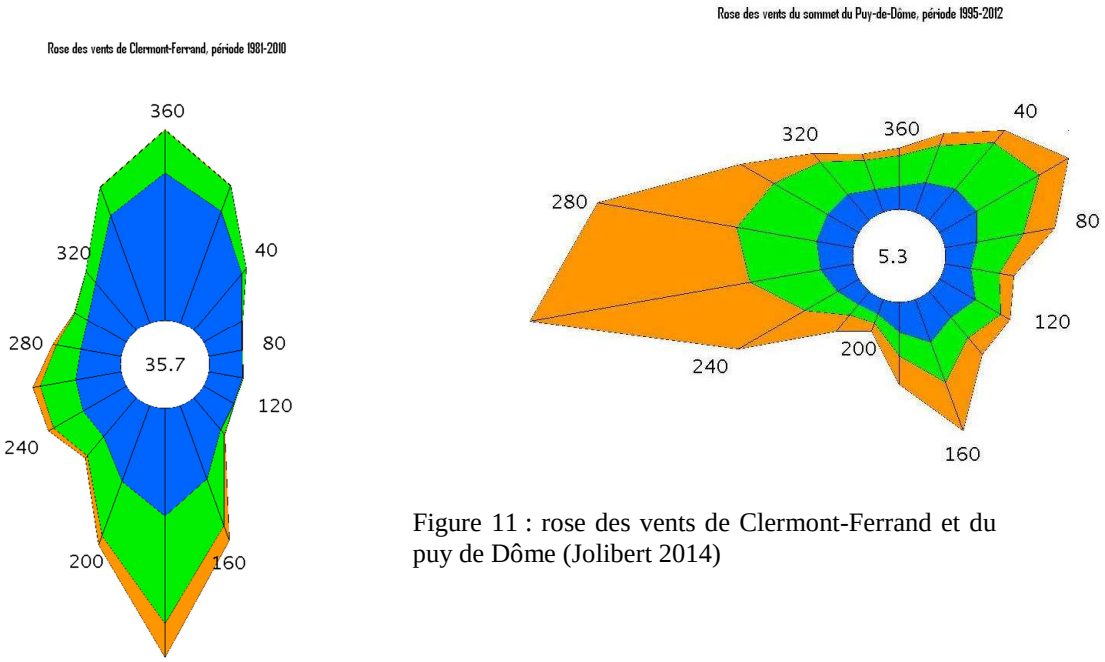
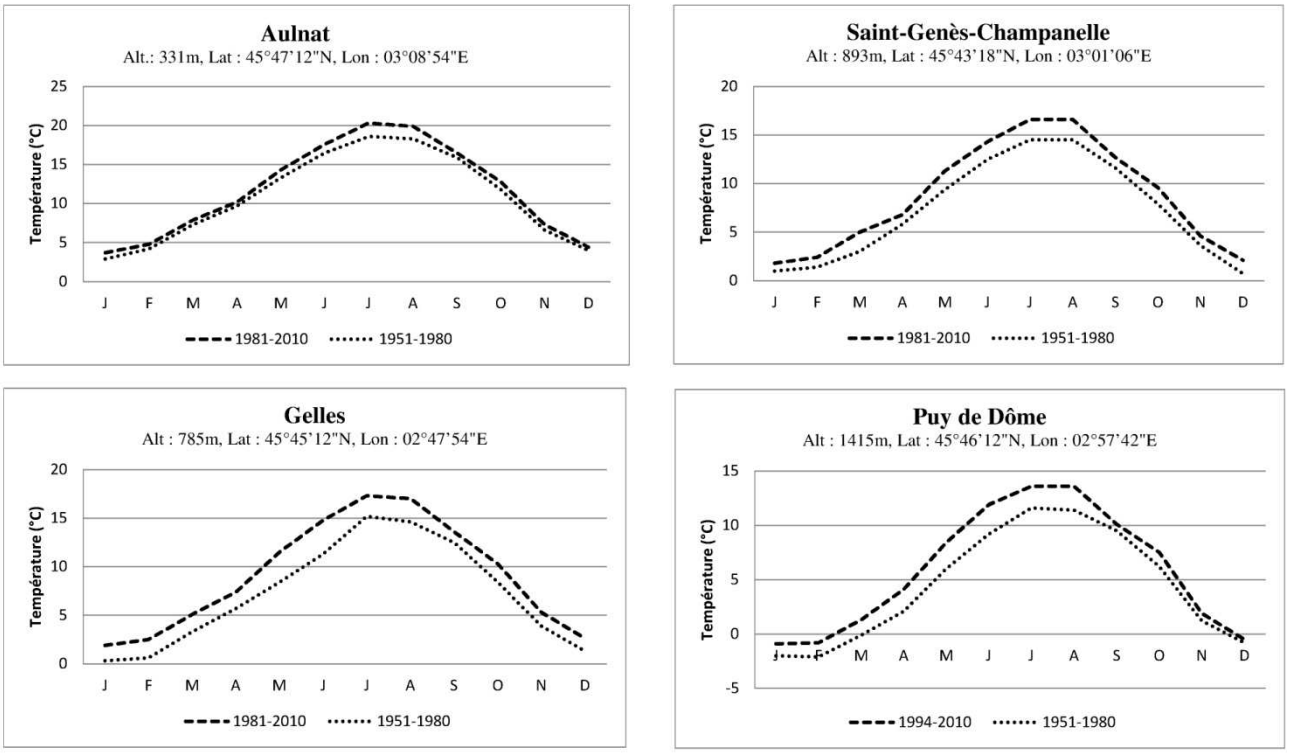


Figure 11 : rose des vents de Clermont-Ferrand et du puy de Dôme (Jolibert 2014)

1.3.4 Évolution climatique récente

La comparaison des moyennes des températures sur les périodes 1951-1980 et 1981-2010 permet d'observer les changements climatiques sur les 60 dernières années (figure 12 et tableau 3). Le réchauffement climatique de la zone est net avec en moyenne annuelle une augmentation de 0.84 °C pour la station d'Aulnat, dans la plaine de la Limagne, de 1.5 °C pour les stations de Saint-Genès-Champanelle et Gelles et de 1.7 °C de différence pour la station du sommet du puy de Dôme. Cette augmentation est donc plus marquée pour les stations d'altitude. De même la figure 12 montre que l'augmentation des températures est plus importante sur les mois de mai à août pour les stations d'altitude, en particulier Gelles et le puy de Dôme. La différence des températures pour cette période est d'ailleurs nettement supérieure à la moyenne des différences annuelles. Pour Aulnat la différence entre les deux périodes est de (+1.35 °C), de (+1.98 °C) pour Saint-Genès-Champanelle, de (+2.33 °C) pour Gelles et de (+2.78 °C) pour le puy de Dôme. On note également une différence entre l'hiver (avec le début du printemps) et l'automne pour la station du puy de Dôme, et en moindre importance pour celle de Gelles, où l'écart des températures des deux périodes est plus important pour la saison hivernale (puy de Dôme : janvier, février, mars et avril : 1.45 °C ; septembre, octobre, novembre et décembre : 0.73 °C).

Par contre, comme le montre le tableau 3 il est intéressant de noter que l'on n'observe pas de différence significative concernant les précipitations annuelles pour les stations étudiées. Les moyennes de précipitations annuelles ont peu varié.



	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Aulnat	0.8	0.6	0.6	0.5	1	1.1	1.7	1.6	0.6	1	0.7	0.4
Saint-Genès-Champanell	0.8	1	2	1	1.9	1.8	2.1	2.1	1.1	1.7	1	1.4
puy de Dôme	1.1	1.3	1.4	2	2.4	2.7	2	2.2	0.6	1.3	0.7	0.3
Gelles	1.6	1.9	1.8	1.7	3.1	3.5	2.1	2.4	1.1	1.9	1.4	1.3

Figure 12 : courbes de températures moyennes des différentes stations météorologiques de la zone d'étude pour les périodes 1981-2010 et 1951-1980 avec le tableau récapitulatif des différences de température entre les deux courbes calculées par mois ; diagrammes réalisés dans le cadre de ce travail à partir des données communiquées par Météo France

Tableau 3: Données thermiques et pluviométriques pour les périodes 1981-2010 et 1951-1980

	Aulnat		Saint-Genès-Champanelle		puy de Dôme		Gelles	
Période	1951-1980	1981-2010	1951-1980	1981-2010	1951-1980	1994-2010	1951-1980	1981-2010
Altitude (m)	331		893		1415		785	
T° moy (°C)	10.8	11.64	7.2	8.7	4.4	5.9	7.4	9.1
Moy T° max (°C)	15.9	16.8	11.9	13.1	6.9 (1973-1980)	8.9	12.5	14
Moy T° min (°C)	5.7	6.6	2.5	4.3	1.7 (1973-1980)	2.8	2.2	4.3
Amplitude thermique(°C)	10.2	10.2	9.4	8.8	5.2 (1973-1980)	6.1	14	9.7
Σ Précipitations (mm)	592	578.9	792	796.1	1628	1650	1045	1048.1

Serre (2015) a étudié les changements climatiques intervenus dans la massif des monts Dore depuis le milieu du XXème siècle. Ces données nous intéressent car il s'agit de la montagne la plus proche de la chaîne des Puys. D'autre part la collecte des données a été faite à partir de stations d'altitudes comparables à celle-ci, les parties subalpines des monts Dore au-dessus de 1500 m n'ayant pas de stations météo.

Il constate une hausse générale des températures de 0,91° entre les périodes 1951-1981 et 1981-2010. Cette hausse est plus sensible pendant la période de végétation, en été (+ 1,4°) et au printemps (+1,1°) .Sur cette même période le nombre moyen de jours de gel diminue (124 contre 113) ; les gels tardifs en mai et juin, particulièrement limitants pour la végétation, deviennent moins fréquents.

Concernant les précipitations l'auteur note une légère hausse (2,6 %) ainsi qu'une hausse de l'intensité des précipitations de 8% à l'échelle annuelle. Cette dernière se manifeste surtout sous forme d'orages en été provoquant des crues torrentielles. Les niveaux d'enneigements, durée et épaisseur, ont diminué entre 1960-1984 et 1985-2010, correspondant à 80 j. de neige au sol contre 67 (soit une diminution de 16%). Ce déficit touche surtout l'intersaison et épargne le cœur de l'hiver. Ces données corroborent les observations faites au niveau du Massif central (Serre, 2010).

Chapitre 2- Évolution ancienne et récente des paysages

2.1 Histoire de l'occupation du sol

2.1.1 Limagne et coteaux

Au Néolithique les populations agropastorales chasséennes occupent les replats des versants, les piémonts ainsi que les sommets de plateaux. La plaine est occupée par des marais, c'est le lieu de la chasse, la pêche et la cueillette, tandis que les terrains agricoles sont situés sur les buttes et les pentes bordant les bassins palustres.

Durant la période qui va du Néolithique ancien au Bronze final on assiste à une succession de cycles d'expansion et de déprise agricole. Au début de l'Age de Fer la pression anthropique s'accentue, mais s'est au second Age du Fer (environ 2500 BP) que la pression sur le territoire est la plus importante. L'habitat progresse et se situe dans tous les secteurs de la Limagne. Le paysage est dominé par les cultures et les prairies, conséquences de la mise en place d'un réseau de drainage et d'un abaissement de la nappe lié à un surcreusement naturel des émissaires (Raynal 1984, Daugas & Raynal 1989) ce qui a permis de transformer les marais en terrains agricoles.

La densification de l'habitat entraîne une augmentation des défrichements et les terres cultivées se développent aux dépens des prairies. Ces transformations du milieu favorisent l'érosion et l'augmentation du ruissellement des versants jusqu'aux cours d'eau, entraînant des inondations en plaine et la permanence des marais jusqu'au XXème siècle.

Cette évolution démographique se poursuit à l'époque romaine où le paysage est alors composé de cultures et de pâturages, comme à l'heure actuelle (Trément *et al.* 2006, Ballut C. 2002).

À la fin du XIXème siècle et au début du XXème siècle, la Limagne est une région de cultures intensives (betterave à sucre, pomme de terre, blé...), tandis que les coteaux servent de terrains pour la vigne et les vergers. En 1945, les vignobles auvergnats régressent, conséquence de la crise du Phylloxéra. Ceci est aussi en partie dû à la difficulté de travailler les terrains pentus, et également à cause des éboulements fréquents consécutifs aux glissements des terrains marneux qui détruisent les murettes de soutènement. Ces secteurs sont donc progressivement abandonnés.

La population s'accroit constamment jusqu'en 1850, les habitats ruraux sont concentrés (peu de fermes isolées), mais le surpeuplement et la variété des cultures entraînent un important morcellement des parcelles.

À cette époque la plaine de la Limagne subit encore régulièrement des inondations malgré les travaux de drainages effectués en 1918 (Roche & Archer 1945). Il faudra attendre 1968 et le Plan Limagne, pour que les marais soient définitivement asséchés par une opération de drainage de grande envergure (Ballut 2002).

À l'heure actuelle, la plaine de la Limagne est utilisée pour la culture intensive (maïs, blé, tournesol, betterave à sucre, tabac), l'élevage bovin a pratiquement disparu. Les coteaux sont, dans la grande majorité, abandonnés et en friche ; seule l’activité viticole, qui occupe encore des surfaces limitées connaît un certain essor depuis une vingtaine d’années (Corent, Châteaugay...).

2.1.2 Chaîne des Puys et plateau cristallin

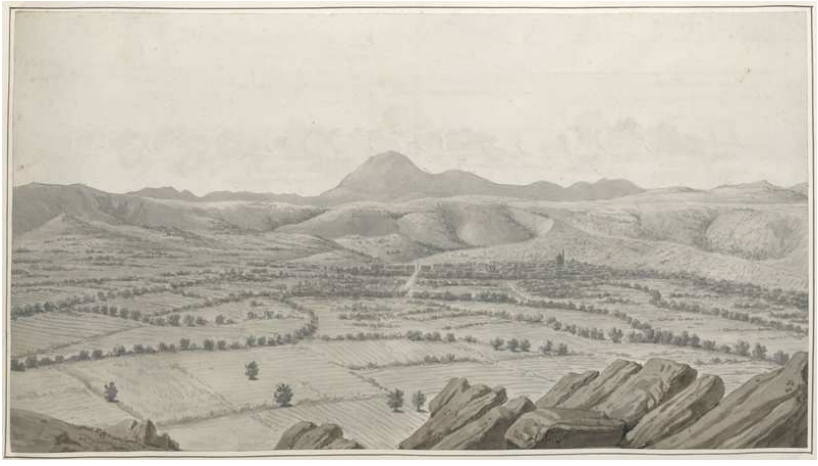
L'utilisation des biotopes montagnards par les populations préhistoriques a été largement conditionnée par le paléoclimat. Mais l'impact du volcanisme sur les mésoclimats et les comportements humains ont également joué un rôle important dans ce secteur. Plusieurs périodes d'intenses activités volcaniques ont créé, à terme, des zones d'accueil pour la faune et la flore favorisant en conséquence l'implantation humaine : lacs de cratères, abris sous coulées, sols fertiles. Les phénomènes éruptifs ont entraîné une modification radicale du paysage du plateau. La chaîne des Puys connait entre 9000 et 7500BP une dernière et intense période éruptive (Boivin *et al.* 2009). Les appareils domotiques s'installent dans le paysage (puy de Dôme, puy Chopine...) et les nuées ardentes qu'ils dégagent ensevelissent de vastes territoires sur des épaisseurs parfois considérables de dépôts. Les projections fines recouvrent également la zone et modifient le couvert végétal ainsi que l'équilibre géochimique des sols. Les coulées boueuses qu'ils génèrent, ainsi que les coulées de lave provenant des édifices stromboliens (puy de Pariou, la Vache...) qui empruntent les vallées, perturbent l'hydrographie et entraînent la formation de lacs de barrage (Aydat, La Cassière...). Le paysage est alors minéral et donc déserté temporairement par la faune. (Raynal & Daugas 1984 ; Daugas & Raynal 1991 ; Raynal *et al.* 1998).

Dès l'Atlantique la colonisation agropastorale s'accélère avec l'exploitation de nouvelles unités paysagères sur sols fertiles L'utilisation des territoires d'altitudes ne s'accroît qu'à partir du Néolithique final (4500 BP), période où la hêtraie-sapinière remplace la chênaie mixte et où les phénomènes éruptifs favorisent les pâturages par rapport à la forêt détruite par le volcanisme. Des sites néolithiques ont été découverts sur le sommet du Pariou et sur les flancs des puys de Mercœur et de Laschamps. Cette occupation des territoires d'altitudes se développe au Subboréal (4100-2700 BP). Les populations adoptent alors une stratégie combinée d'occupation permanente des prairies et d'aménagement de l'espace en moyenne montagne, afin d'exploiter des secteurs diversifiés : territoires agricoles, pâturages et zones minières. Au début du Subatlantique (2700 BP), suite à une pluviométrie excessive, les installations du Bronze final situées en Limagne sont détruites par les eaux. Les populations se replient alors sur les hauteurs. Cette délocalisation des habitats entraîne une augmentation des activités pastorales avec pour conséquence la déforestation du plateau afin d'obtenir de nouvelles terres arables. (Raynal & Daugas 1984 ; Daugas & Raynal 1989).

Cette déforestation n’est pas totale : au début du XIXème siècle, en plein essor démographique, si la majorité des Puys et des plateaux sont certes dénudés, les cheires comme celle de Côme, les pentes des gorges (Royat…) sont boisées ; un maillage de haies occupe la plaine et le plateau cristallin (Delécluze, dessins 1 à 3).

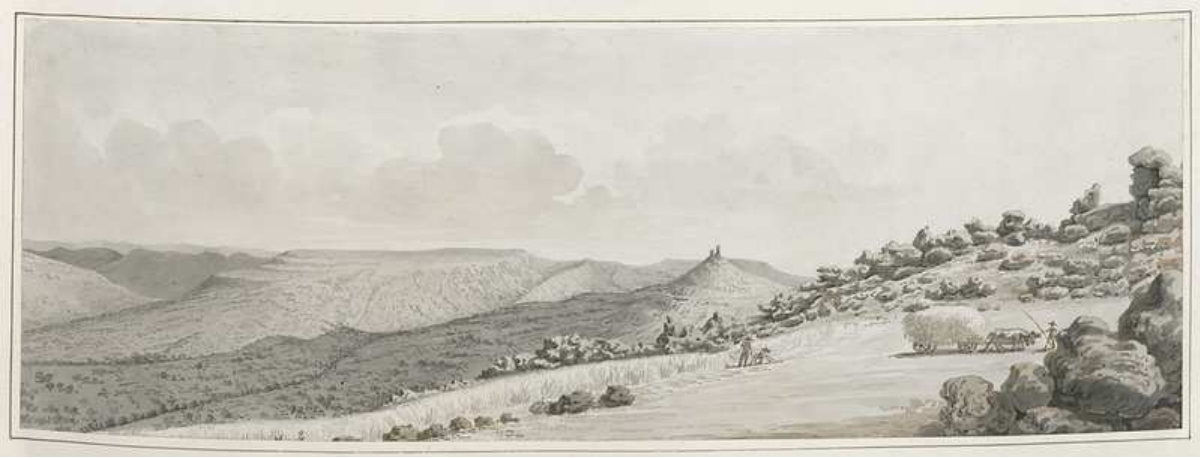


Dessin 1 : gorges de Royat boisées, Delécluze 1821.



Dessin 2 : plaine de la Limagne cultivée avec un maillage de haies, Delécluze 1821.

Au milieu du XXème siècle, l'élevage et la culture s'équilibrent, le plateau est occupé par des prairies et pâturages, avec une proportion variable de terres de labour utilisées pour produire des légumes, des céréales et de la litière pour le bétail. L'élevage bovin tient une large place, les troupeaux de moutons sont peu nombreux et se situent sur les Puys, grâce à la pratique généralisée du gardiennage en commun sur des vastes communaux. La plupart des puys sont seulement pâturés car le fauchage doit être effectué à la main en raison de la pente et de la présence de cailloux dans les parcelles. Les cheires sont seulement utilisées par les troupeaux ovins ou pour le bois du fait de leur micro relief très hétérogène. La culture résineuse occupe déjà une place importante dans le paysage (Roche & Archer 1945).



Dessin 3 : prairie de fauche sur le plateau, Delécluze 1821

Actuellement, le plateau est toujours occupé par les prairies et les pâtures, les cultures y sont rares. Quelques puys sont encore utilisés pour le pâturage ovin (Traversin, Gouttes, Vichâtel…), sous l'action combinée des acteurs agricoles et du Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne, mais la majorité des puys sont boisés, soit par la reconquête naturelle de la forêt, soit par les plantations de conifères.

2.2 Évolution de la végétation

Dans le Massif central le Pin était présent, en compagnie du Bouleau et du Genévrier, sous forme de boisements clairs ou de steppes, aux périodes froides ayant suivi la dernière glaciation würmienne, notamment au Préboréal au début de l'Holocène (Juvigné *et al.* 1988 ; Cubizolle 2009), période située environ entre 10000 et 9000 BP. Ensuite, au boréal, entre 9000 et 7400 BP, selon Juvigné *et al.* (1988) on assiste à une brusque extension du Noisetier et à son apogée ; puis à la période atlantique le réchauffement climatique se poursuit et on assiste à la décroissance du Noisetier, à la progression du Chêne, de l'Orme, à l'apparition du Tilleul, jusqu'au refroidissement caractérisant la période subboréale, intervenue il y a environ 5000 ans ; dès cette période on assiste à l'extension généralisée de *Fagus* et d'*Abies*. Les essences pionnières, Pin sylvestre et Bouleau ont considérablement chuté aux périodes boréales et atlantiques pour laisser place aux essences de la chênaie mixte ; ces dernières, pendant le Subboréal, régressent ou descendent en altitude au profit du Hêtre ou du Sapin. Partout, les profils traduisent l'absence de l'Épicéa après les dernières glaciations dans le Massif central et son introduction récente par l'homme au cours du XIXème siècle, ainsi que la reprise récente du Pin consécutive à l'ouverture des paysages par l'homme.

Des analyses polliniques réalisées plus près de la zone d'étude dans les tourbières du sud de la chaîne des Puy, lac d'Aydat (Lavrieux *et al.* 2013, Miras *et al*. 2013), narse d'Espinasse (Miras *et al.* 2013), narse d'Ampoix (Beaulieu & Goeury 1987; Juvigné *et al.* 1988) montrent quelques différences par rapport au schéma général : le Pin était encore présent et abondant dans la région jusqu'à la fin de la période atlantique il y a 5500 ans, après laquelle il régresse parallèlement à l'avènement du Hêtre. De même les analyses polliniques de la narse d'Ampoix montrent que le Noisetier reste encore en grande abondance jusqu'au Subboréal. Ces deux essences pionnières, sont donc encore bien présentes après l'épanchement de coulées volcaniques de ce secteur, comme celle de la Vache et Lassolas, intervenue il y a environ 8000 ans. (Boivin *et al.* 2009). Sous forme de successions primaires, peu perturbées alors par les actions anthropiques, elles ont pu coloniser ces « cheires », champs de blocs chaotiques où elles sont toujours aujourd'hui très bien représentées. Au Subboréal le Hêtre qui devient prédominant ne laisse que peu de place au Sapin dont les pourcentages de pollens restent faibles dans les tourbières locales.

Aux périodes anthropiques, néolithique et période romaine, les défrichements s'accentuent comme nous l'avons vu au paragraphe précédent ; les paysages végétaux s'ouvrent, se peuplent. La végétation d'aujourd'hui résulte de ces lents processus.

Chapitre 3- Synthèse biogéographique

Les facteurs biotiques et abiotiques, ainsi que les caractères généraux de la végétation actuelle, déclinés dans les chapitres précédents, nous conduisent à individualiser six grands types d'entités ou systèmes biogéographiques dans la zone d'étude. Elles sont plus ou moins représentatives de systèmes paysagers existant dans d'autres régions de moyenne montagne.

Ces entités intègrent les critères suivants :

- Végétation : grands types physionomiques de végétations et leur dynamique tirés de la carte de végétation du CNRS (Dupias 1971) et d'une cartographie sommaire des habitats de type « Corine biotope » (Thébaud *et al.* 2011) ;
- Caractères géologiques : relief, géomorphologie, type de roche ;
- Caractères mésoclimatiques ;
- Utilisation du sol : en particulier pratiques agro-sylvo-pastorales.

Ces six grands systèmes, s'échelonnent d'ouest en est en bandes longitudinales à peu près parallèles à la faille occidentale (figure 13) ; leurs caractères sont brièvement récapitulés ci-dessous.

Système biogéographique de la chaîne des Puys (A). Il est constituée de forêts de hêtres, plantations résineuses, landes et pelouses pastorales ; il correspond à des roches volcaniques récentes et comprend les puys ainsi que le plateau environnant au-dessus de 900 m, sous climat d'influence océanique ; il est le siège d'utilisations sylvopastorales avec un habitat permanent réduit (absence de réseau hydrographique de surface).

Système biogéographique du plateau cristallin (B). Il est occupé par une végétation principalement asylvatique et prairial, au caractère plus ou moins bocager, sur substrat principalement cristallin entre 700 et 900 m ; toutefois il est lui-aussi parcouru transversalement pas des formations volcaniques : cheires récentes et coulées anciennes dues au volcanisme tertiaire. Il se situe en climat d'abri ; il se caractérise par une utilisation en prairies de fauche ou pâturages, plus rarement cultures ; il est le siège de nombreux villages.

Système biogéographique du rebord occidental (ou faille occidentale, C). Ce secteur est principalement forestier, dominé par les chênes ou frênes. Le réseau hydrographique a creusé des gorges accusées au sein d'un substrat principalement granitique au fond desquelles on trouve quelques coulées volcaniques récentes. Ce système oscille entre 500 et 700 m d'altitude. Il bénéficie d'un climat d'abri affirmé. Les fortes pentes et sols maigres ont limité les utilisations agricoles ainsi que l'urbanisme.

Système biogéographique des coteaux de Limagne (D). Ce secteur est occupé par une végétation thermophile en reconquête arbustive et arborescente et quelques rares bois de chênes pubescents. Sa géologie se différencie entre plateaux sommitaux correspondant à des coulées basaltiques anciennes et affleurements marneux ou marnocalcaires sur les versants en contrebas. Le tout est compris entre 400 m et 800 m d'altitude. Le climat d'abri y est particulièrement accusé ; les versants souffrent d'un abandon des pratiques depuis le milieu du XXème siècle alors que les plateaux peuvent être cultivés ou pâturés. Contrairement aux autres le système des coteaux de Limagne est structuré sous formes d'îlots dispersés.

Système biogéographique de la plaine de la Limagne (E). Il s'agit d'un paysage entièrement artificialisé soumis à l'agriculture intensive principalement céréalière. Il correspond à un substrat essentiellement marnocalcaire avec peu de reliefs, entre 300 et 400 m

et un réseau hydrographique presque entièrement recalibré. Le climat est de type semicontinental d'abri. L'utilisation agricole et l'urbanisme prédominent.

Système biogéographique de la vallée alluviale de l'Allier (F). Elle constitue une frange verte forestière au sein de la plaine céréalière, dominée par les peupliers, saules et autres feuillus. Il s'agit d'une plaine inondable très évasée, située entre 330 m d'altitude au sud et 300 m au nord, recouverte d'alluvions récentes, entourée d'alluvions plus anciennes. Elle se situe dans le contexte du climat semicontinental d'abri de la Limagne. De régime irrégulier et sujette à un puissant méandrage l'Allier a toutefois subit de profondes modifications dans la zone d'étude, cultures, enrochements, captages.

Ces 6 grands systèmes biogéographiques serviront de trame pour la présentation de nos travaux phytosociologiques et symphytosociologiques.

Figure 13 : carte des entités ou systèmes biogéographiques

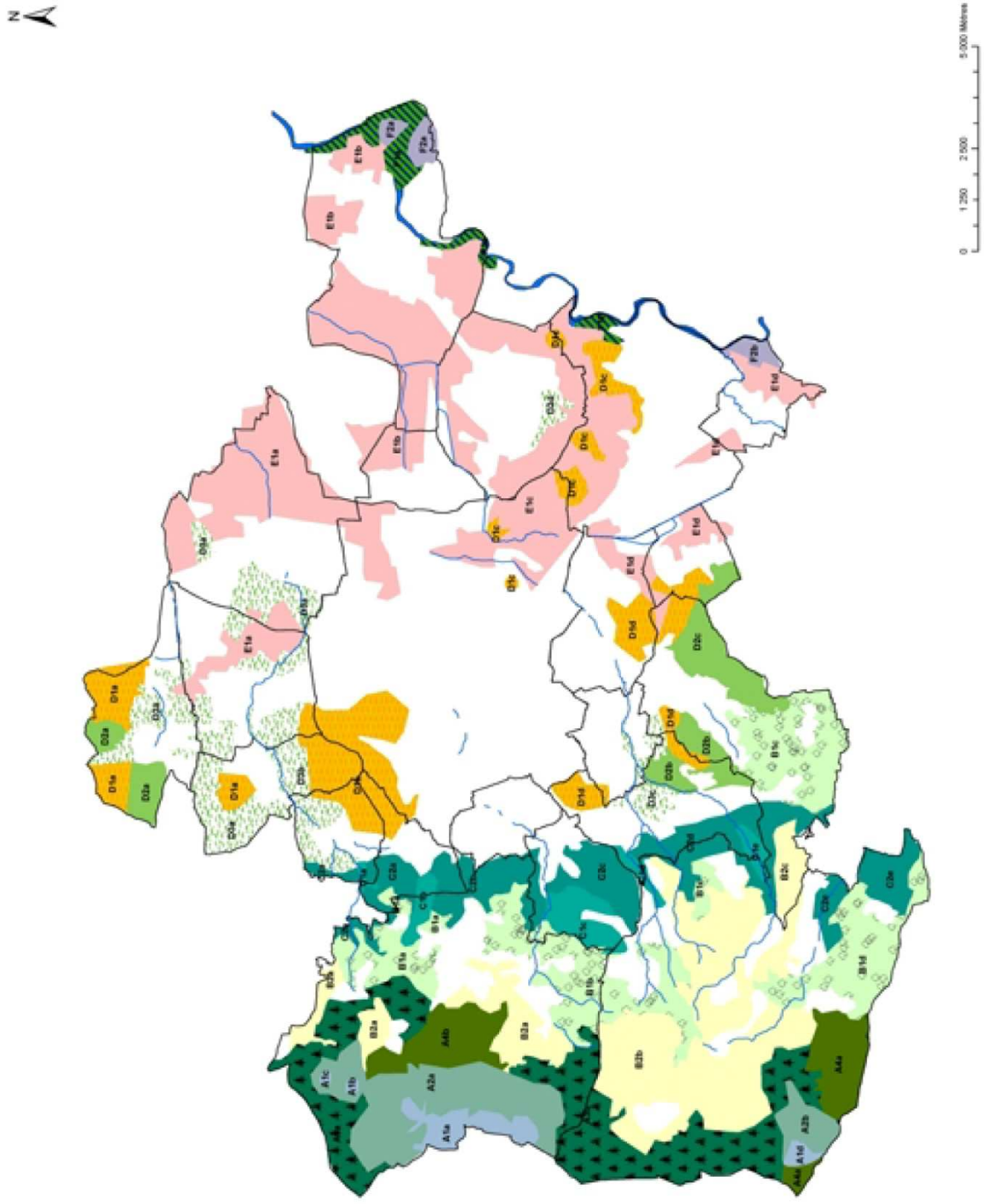


Figure 13 : carte des entités ou systèmes biogéographiques (Thébaud *et al*. 2011).

Partie II-Mise en place d'un référentiel phytosociologique analytique pour la zone d'étude

Dans cette deuxième partie après avoir récapitulé les travaux antérieurs issus de la bibliographie, nous développerons la méthodologie phytosociologique utilisée, orientée vers la mise en place d'un référentiel syntaxonomique analytique, servant d'outil pour l'approche dynamique et paysagère de la végétation. Toutes les communautés végétales présentes seront analysées et décrites, par grands types structuraux, forêts, fourrés, landes et pelouses oligotrophiles, communautés méso-eutrophiles à eutrophiles, pelouses pionnières. Sur la base de ces résultats phytosociologiques on conclura en termes de variables écologiques discriminantes, d'étagement de la végétation dans la zone d'étude, de syntaxons nouveaux et originaux et d'étapes ligneuses dynamiques.

Chapitre 1- Travaux phytosociologiques ou phytodynamiques antérieurs

1.1 Travaux phytosociologiques

La région clermontoise bénéficie de nombreux travaux phytosociologiques ou phyto-écologiques anciens et récents.

Luquet (1937) étudie la zone des vallées de l'Allier et de ses affluents, et plus particulièrement les coteaux xérothermiques. Il décrit notamment une nouvelle association de pelouse xérophile subméditerranéenne sur les coteaux de Limagne (Crouel, Gergovie, Mur), l'association à *Koeleria vallesiana* et *Helianthemum apenninum.*

Lemée & Carbiener (1956) étudient la végétation et les sols de la chaîne des Puys.

Ils caractérisent plusieurs associations : une association nouvelle de pelouse montagnarde (*Brachypodieto pinnati-Dianthetum monspessulani* Lemée & Carbiener 1956) et une autre de pelouse plus alticole, l'association à *Calamagrostis arundinacea* Luquet 1926. Ils décrivent également pour ce secteur trois landes : le *Calluneto vulgaris-Genistetum pilosae* Tüxen 1937, avec deux sous-associations : *nardetosum, vaccinietosum* Lemée & Carbiener 1956 et le *Vaccinieto-Gentianatetum lutae* Br.-Bl. 1939 *;* ainsi qu'une hêtraie qu'ils rapportent au *Fageto-Scilletum lilio-hyacinthii* (Luquet 1926) Cusset1964.

Ils mettent en évidence une répartition des groupements végétaux en fonction de la pente et surtout de l'altitude et de l'exposition. Le caractère subalpin du sommet du puy de Dôme est souligné, à partir de 1250 m, altitude particulièrement basse pour la limite inférieure du subalpin, comme le rapportent ces auteurs ; ils attribuent ce phénomène au caractère isolé de ce massif.

Lemée, à la même époque, réalise la carte de la végétation Clermont-Ferrand Sud-Ouest qui est éditée en 1959. Les végétations précédentes y sont cartographiées au 1/20000 sur la partie de la chaîne des Puys correspondant au puy des Goules, au nord jusqu'au puy Pelat au sud. De nouvelles associations sont mentionnées, sans tableaux de relevés, en particulier, une pelouse xérique silicicole sur granite et basalte, le *Festuco-Phleetum phleoidis* Lemée 1959.

Dejou et Loiseau (1984), étudient les sols et la végétation du plateau granitique. Ils mettent en évidence une correspondance étroite entre les sols présents et la végétation

herbacée, ainsi que l'intérêt des peuplements végétaux présents sur le secteur. Ils décrivent plusieurs associations inédites (deux associations de pelouses pionnières : *Filagini minimae-Airetum praecocis* Wattez *et al.* 1977 *veronicetosum dillenii* Dejou & Loiseau 1984 et *moenchietosum erectae* Dejou & Loiseau 1984, ainsi qu'une association de pelouse : le *Pulsatilla rubrae-Dactylorhizetum sambucinae* Dejou & Loiseau 1984).

Plus récemment Michalet *et al*. (1989) reprennent l'étude phytosociologique des « landes et herbages » de la chaîne des Puys, puy de Dôme exclu. Ces mêmes auteurs (Coquillard *et al*. 1989), parallèlement, s'intéressent à l'écologie de ces groupements, en rapport avec le pastoralisme.

Parmi les associations de pelouses ils retiennent le *Diantho monspessulani-Brachypodietum pinnati* Lemée & Carbiener *ex* Michalet *et al*. 1989 et définissent une association plus thermophile, surtout présente dans le sud de la chaîne, que Lemée & Carbiener n'avaient pas étudié, le *Ranunculo bulbosi-Brachypodietum pinnati*. Parmi les associations de lande, deux associations sont créées, une communauté nettement montagnarde, le *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli* Michalet *et al.* 1989 et une autre association submontagnarde plus thermophile, le *Festuco filiformis-Callunetum vulgaris* Michalet *et al.* 1989. Ils donnent la correspondance de ces associations avec celles décrites par Lemée & Carbiener. Ils analysent les données phytosociologiques sur le plan écologique et sous l'action du pastoralisme. Coquillard *et al*. (1989) découpent la chaîne des Puys en trois zones climatiques, les facteurs essentiels qu'ils retiennent pour cette subdivision sont le climat, la géologie et le pédoclimat.

En 1991, Coquillard *et al.*, s'intéressent aux formations végétales sur sol dénudés des versants sud des volcans, ils déterminent deux communautés de végétations pionnières, une association endémique sur éboulis de pouzzolanes, le *Biscutello lamottei-Galeopsietum segeti* Coquillard *et al.* 1989, et le groupement à *Rumex acetosella* et *Scleranthus*, sur pouzzolanes érodées par les troupeaux ou les touristes.

Coquillard (1993) étudie dans sa thèse une zone géographique plus grande incluant les monts Dore et la chaîne des Puys. Il traite des habitats forestiers, préforestiers, les fourrés et les landes hautes. Parmi ces dernières il décrit un *Veronico chamaedryos-Cytisetum scoparii* Coquillard *ex* Thébaud *et al.* 2014, lande à genêt à balai montagnarde, répandue dans l'étage montagnard de ces deux massifs mais, manquant de données, il ne fait pas d'étude phytosociologique poussée sur ces habitats.

Si le territoire de la chaîne des Puys ne peut pas être considéré comme parfaitement connu, il a été toutefois bien étudié sur le plan des habitats ouverts, landes et pelouses pastorales. Par contre, les communautés forestières et paraforestières (ourlets, lisières, fourrés…) ont été peu étudiées : les relevés forestiers effectués par Billy dans cette zone sont peu nombreux ; de même la connaissance phytosociologique de la partie sommitale du puy de Dôme, depuis l'étude de Carbiener & Lemée, n'a pas été réactualisée, hormis dans la « littérature grise » (Roux *et al.* 2014), sous la forme d'un diagnostic des habitats.

En 1991 Frain étudie les successions primaires des végétations sur roches artificiellement dénudées (carrières) dans les secteurs de la chaîne des Puys, du plateau cristallin et de la Grande Limagne. Il recense en particulier les différentes associations végétales pionnières ou postpionnières que l'on peut trouver sur pouzzolanes dans la chaîne des Puys. Sont mentionnées par Frain : le *Micropyrum tenellum* Korneck 1975, le groupement à *Vulpia myuros* et *Logfia minima* Frain 1991 et l'*Airo caryophyllae-Agrostietum capillaris* Frain 1991, trois communautés submontagnardes à montagnardes de plates-formes

subhorizontales xériques, sur substrats de textures fines ou graveleuses. Ainsi que trois communautés de pelouses hémicryptophytes situées dans les carrières de la chaîne des Puys : *l'Airo caryophyllae-Festucetum filiformis* Tüxen 1955, la pelouse à *Festuca filiformis* et *Agrostis capillaris* Frain 1991 et la pelouse à *Armeria alliacea* et *Koeleria cristata* Frain 1991.

François Billy, a produit la plus ample et complète étude phytosociologique réalisée en Auvergne jusqu'à nos jours. Il a décrit de nombreuses associations, nouvelles ou non, de forêts, ourlets et fourrés (1997), de pelouses et prairies (2000), de pelouses pionnières (2002) et de mégaphorbiaies (2007), dont beaucoup sont présentes dans la zone étudiée et qu'il est impossible de citer toutes ici.

Les différentes communautés issues de ces travaux phytosociologiques ont été recensées, décrites, actualisées et pour certaines, validées, en plus d'autres références, dans "le guide d'identification des végétations du nord du Massif central" (Thébaud *et al.* 2014), région géographique au sein de laquelle notre zone d'étude est entièrement comprise.

1.2 Travaux sur la dynamique de la végétation

En complément à ces études phytosociologiques, des travaux à finalités agronomiques ou concernant la dynamique végétale et la dynamique des paysages, réalisés sur la zone d'étude, ont été consultés.

Pour les secteurs de la chaîne des Puys et du plateau les auteurs suivants ont été étudiés : Coquillard *et al.* (1986) ; Coquillard & Gueugnot (1991) ; Coquillard (1993) ; Loiseau & Merle (1981) ; Lefeuvre (2013) ; Prévosto (1999) ; Prévosto *et al.* (2000, 2006) ; Prévosto & Coquillard (2001) ; Michalet *et al.* (1989) ; Rousseau & Loiseau (1982). Ils ont étudiés les étapes dynamiques qui conduisent des landes aux hêtraies en passant par les stades préforestiers à bouleaux ou à noisetiers. Ils ont également analysés le rôle du *Cytisus scoparius* dans la dynamique de la végétation après abandon du pâturage.

Certains de ces auteurs (Coquillard 1993, Billy 1997, Prévosto 1999) abordent le sujet des "pinèdes stabilisées" pour lesquels l'évolution vers la hêtraie serait très lente en raison des conditions édaphiques limitantes.

Dans ses ouvrages sur la végétation de la Basse Auvergne, Billy (1988, 1997) a effectué une synthèse sur la place des syntaxons qu'il avait décrits au sein des successions végétales.

Les résultats de ces différents travaux ne seront pas développés ici mais seront plutôt mis en perspectives avec nos propres résultats dans la partie 4.

Chapitre 2- Matériel et méthodes

2.1 Cadre, objectifs et limites de l'étude phytosociologique développée ici

2.1.1 Cadre méthodologique général

L'analyse des communautés végétales étudiées est basée sur des relevés phytosociologiques intégrant seulement les plantes vasculaires, effectués selon la méthode "sigmatiste" de Braun-Blanquet (1932) et suivant les mises au point et descriptions ultérieures de Guinochet (1973), Géhu & Rivas-Martinez (1981), de Foucault (1984 et 1986) et Géhu (2006). Notre étude concerne les végétations forestières, arbustives, de landes, de pelouses, de prairies, d'ourlets et pionnières, de l'étage planitiaire à l'étage subalpin.

2.1.2 Nomenclature et synsystème

Le référentiel taxonomique utilisé pour les noms des espèces végétales est Taxref v5.

La caractérisation phytosociologique des communautés est faite selon la nomenclature du Prodrome des Végétations de France version 1 (PVF1, Bardat *et al*. 2004) et en tenant compte des classes déclinées pour la deuxième version (PVF2), l'ensemble étant récapitulé dans le "Guide d'identification des végétations du nord du Massif central" (Thébaud *et al.* 2014). Le code international de nomenclature phytosociologique a été appliqué pour les noms de syntaxons (ICPN, Weber *et al*. 2000).

2.1.3 Limites et objectifs de l'étude

En vue de caractériser et de cartographier les séries et géoséries de végétation, la réalisation de synrelevés ou géosynrelevés devra reposer sur une bonne connaissance des syntaxons présents dans la zone d'étude, à la fois sur le plan de leur composition floristique, mais aussi sur les aspects symphysionomiques et synécologiques.

Pour cela deux difficultés se présentent. Premièrement l'état de connaissance imparfait de la zone d'étude sur le plan phytosociologique (cf Partie II Chapitre 1), en particulier concernant les forêts, qui sont des communautés déterminantes, souvent en tant que têtes de séries. Deuxièmement la difficulté d'identification des syntaxons, dans une région d'étude à la fois diversifiée (grande richesse en syntaxons) et perturbée par l'artificialisation et l'urbanisme (caractère peu représentatif de certains individus d'association sur le terrain…).

Pour résoudre ces difficultés, l'approche phytosociologique développée ici se donne pour objectifs, non seulement de recenser et décrire les communautés présentes dans la zone, en complétant éventuellement les études manquantes, mais de mettre en place un outil de diagnostic de ces communautés, le plus fiable possible, à partir des données de terrain. Cet outil repose sur l'utilisation de base de données et logiciel adaptés au traitement des données phytosociologiques spatialisées et sur l'élaboration d'un référentiel global pour le territoire d'étude.

2.2 Collecte et saisie des données

Les données correspondent à des relevés phytosociologiques effectués sur le terrain selon la méthode « sigmatiste » de Braun-Blanquet (1932), méthode de relevés particulièrement généralisée et utilisée par tous les contributeurs cités en bibliographie, ayant travaillé dans la zone. Les taxons dans les relevés sont soit affectés de coefficients d'abondance/dominance correspondant à des classes de pourcentage de recouvrement, variant de + à 5 (tableau 4), soit notés en présence-absence.

Ces données sont de deux types : les données issues de la bibliographie, et nos propres prospections effectuées au cours de ce travail.

2.2.1 Collecte des relevés issus des données bibliographiques

Il s'agit principalement des relevés de Lemée & Carbiener (1956), Michalet *et al.* (1989), de Coquillard *et al.* (1991), de Billy (1997, 2000, 2002, 2007 et relevés manuscrits) et de ceux effectués dans le cadre du Plan biodiversité de Clermont Communauté où a été réalisée une cartographie sommaire des habitats de type « Corine biotope » (Thébaud *et al.* 2011). En tout 4932 relevés phytosociologiques, réalisés dans une région plus vaste, principalement en Basse-Auvergne (département du Puy-de-Dôme et nord-ouest de la Haute-Loire) ont été sélectionnés au sein de la base de données TURBOVEG (Hennekens & Schaminée 2001) d'UNIVEGE, parmi des communautés susceptibles de se trouver dans la zone d'étude.

2.2.2 Réalisation des relevés de terrain

Préalablement à la campagne de terrain un plan d'échantillonnage a été élaboré selon un découpage préalable du territoire d'étude selon les six grands systèmes biogéographiques définis au chapitre 3 de la première partie : vallée alluviale de l'Allier, plaine de la Limagne, coteaux de Limagne, gorges et rebord occidental, plateau cristallin, chaîne des Puys.

À l'intérieur de ces 6 grands systèmes, on a défini des compartiments relativement homogènes sur le plan des variables écologiques (altitude, nature géologique du substrat, relief, exposition), anthropiques et de la dynamique de la végétation. Cette compartimentation a été réalisée à partir des couches d'informations de Géoportail et des orthophotos du CRAIG (Centre Régional Auvergnat de l'Information Géographique). Elle a permis de balayer l'ensemble des situations de la zone d'étude et d'effectuer plusieurs relevés phytosociologiques correspondant à des communautés différentes au sein d'un même compartiment homogène, préfigurant ainsi les synrelevés et géosynrelevés.

Chaque relevé phytosociologique a été effectué sur une surface représentative, visuellement homogène, sur laquelle nous avons fait un inventaire de toutes les espèces présentes dans la strate arborée, arbustive et herbacée, en leur attribuant soit un coefficient d'abondance (tableau 4) soit en indiquant seulement leur présence. Pour chaque relevé nous avons indiqué la date et plusieurs types de données stationnelles : localisation, superficie, altitude, exposition, type de substrat. La surface des relevés de forêts est d'environ 400 m², les fourrés de 100 m², les landes, pelouses et prairies de 25 m² et les pelouses pionnières entre 2 et 5 m².

Tableau 4 : classe de pourcentage de recouvrement utilisé.

Abondance	Classe de recouvrement en %
r	quelques pieds
+	< 1
1	]1-5]
2	]5-25]
3	]25-50]
4	]50-75]
5	]75-100]

Trois campagnes de terrain ont été effectuées en 2012, 2013 et 2014. 746 relevés phytosociologiques ont été réalisés, soit affectés par un coefficient d'abondance, soit en présence-absence, ainsi que 85 listes de plantes (quand il n'a pas été jugé indispensable d'effectuer de relevés faute de temps), à partir desquels nous avons reconnus environ 700 taxons. Tous les types de végétation ont été échantillonnés : 494 relevés de forêts et fourrés, 218 relevés de landes, pelouses et prairies et 34 d'ourlets et hautes herbes. Certains relevés ont été sciemment effectués dans des stades de transition afin d'essayer d'esquisser les stades dynamiques.

2.2.3 Saisie dans la base de données, géolocalisation

Les relevés effectués sur le terrain ainsi que ceux de la bibliographie sont stockés dans la base de données générale TURBOVEG du service UNIVEGE de l'université Clermont Auvergne, à partir de laquelle une base de données spécifique à notre zone d'étude a été extraite pour les besoins de notre recherche. UNIVEGE, a adopté les champs définis dans le cadre de VegFrance, base de données nationale de végétation, et les « popup-list » standardisées correspondantes.

Il est important de souligner qu'à ce stade, chacun des relevés issus de la bibliographie est renseigné par un nom d'association (ou de groupement), nom dont il est fait mention dans la table attributaire (tableau 5). Alors que pour nos propres relevés aucun nom d'association n'a encore été désigné. Ce sont pour l'instant des relevés dits « anonymes ».

Tableau 5: champs de la table attributaire "relevés biblio" du SIG.

Champs	Description	Type
FID	Identifiant du point (automatique)	Entier
Numéro de relevé	Numéro de relevé attribué par l'auteur	Texte
Auteur	Auteur(s) du relevé	Texte
Date	Date du relevé	Texte
Lieu-dit	Lieu-dit où le relevé a été réalisé	Texte
Commune	Commune où le relevé a été réalisé	Texte
Altitude	Altitude (m)	Texte
Association	Nom de l'association	Texte
Sous association	Nom de la sous-association	Texte

Les relevés situés dans la zone d'étude ont été géoréférencés et intégrés dans une couche spécifique du SIG, sous ArcGis 10 ; le système de projection correspond au système de coordonnées projetées "RGF93 Lambert 93".

346 sur 4932 relevés issus de la bibliographie ont pu être localisés sur le SIG, car pour la plupart des auteurs concernés, il a été possible d'avoir accès aux coordonnées géographiques des relevés correspondants, soit directement dans les publications, soit, comme dans le cas de Billy, à partir des carnets manuels de relevés.

De même, nos 746 relevés des campagnes 2012 à 2014, ont été intégrés dans une deuxième couche du SIG à partir soit des coordonnées de terrain prise au GPS (Trimble Juno 3B) ou soit directement situé sur le SIG à l'aide des orthophotos et de la carte IGN.

2.3 Processus d'analyses des données

2.3.1 Analyses de classification pour la caractérisation des syntaxons et l'identification des relevés anonymes

Les 5614 relevés phytosociologiques ont été exportés dans JUICE (Tichý 2002) à des fins d'analyses et de production de tableaux différentiels diagonalisés.

Ils ont fait l'objet d'une première analyse numérique de classification de type MTC (Modified Twinspan Classification, Roleček *et al.* 2009) en présence-absence. Le premier tableau qui résulte de cette analyse est ensuite scindé en plusieurs tableaux, par grands types de formation : forêts, fourrés, landes et pelouses oligotrophiles, prairies amendées ou pelouses mésotrophiles, pelouses pionnières et ourlets, ceci afin d'affiner l'analyse phytosociologique. Les relevés ont été ensuite séparés dans des bases de données différentes afin de pouvoir les extraire plus aisément pour les analyser dans JUICE. Cinq tableaux phytosociologiques ont donc été effectués.

D'autres MTC sont à nouveau effectuées sur chacun des cinq ensembles de relevés. Nos relevés « anonymes » se positionnent au milieu de ceux de la bibliographie, dans des clusters, ou groupes de relevés, correspondant à des noms de syntaxons connus. Un calcul des distances, au moyen de différents indices (euclidian distance ou Bray-Curtis) est également réalisé sur les relevés « anonymes » afin d'affiner leur affectation à un groupe et d'avoir ainsi une identification plus fiable de leur nom d'association. En complément de ces analyses, certains relevés, de composition floristique intermédiaire entre deux clusters, ont été affectés manuellement à l'un plus qu'à l'autre, sur la base de la présence ou non d'espèces caractéristiques ou de certaines espèces dominantes.

Au cours de ce processus, on s'est aperçu que certaines végétations forestières de notre secteur d'étude ne correspondaient pas aux associations auxquelles elles avaient été rattachées en première analyse. Elles sont ainsi apparues originales : une analyse phytosociologique plus approfondie des forêts a donc été effectuée pour certains secteurs de la zone d'étude, notamment les gorges, le plateau cristallin et la chaîne des Puys, afin de mieux caractériser ces communautés. Elle a débouché sur l'individualisation d'associations ou groupements nouveaux.

Ces analyses ont également apporté des éléments pour la compréhension de la dynamique : dans la première étape d'analyse, en effet, certains relevés de forêts et stades asylvatiques pouvant être mélangés, les liens dynamiques entre ceux-ci sont mis en évidence par des groupes d'espèces communes.

Enfin ces analyses, bien que ce ne soit pas l'objet principal de notre étude, ont permis une révision critique de certaines associations des auteurs ainsi que la mise en évidence d'associations végétales originales.

2.3.2 Tableaux différentiels diagonalisés

À l'issue des analyses de classification, pour chaque type de formation végétale, des tableaux de relevés ordonnés et diagonalisés sont produits, avec en ligne les espèces, regroupés selon des « groupes d'espèces différentielles » (GTD) et en colonnes les relevés regroupés selon les résultats de la MTC, et correspondant aux syntaxons individualisés dans la zone d'étude. Les GTD correspondent aux « groupes socio-écologiques » (Duvigneaud 1946 ; Vanden Berghen 1973).

2.3.3 Analyses d'ordination pour la mise en correspondance des syntaxons et des variables écologiques

Des analyses d'ordination, de types analyses canoniques des correspondances (CCA, Ter Braak, 1986) sont ensuite réalisées, permettant de mettre en évidence la correspondance entre les groupes issus de l'analyse MTC dans la phase précédente et plusieurs variables, exprimées sous forme de flèches vectorielles et calculées à partir des valeurs des indices d'Ellenberg *et al.* (1992), pondérées par les classes de fréquences des taxons. Cette méthode présente toutefois un inconvénient : les valeurs d'Ellenberg sont dépendantes des taxons, ce qui déforme l'analyse. Des valeurs de variables indépendantes des taxons seraient préférables, mais ceci n'a pas été possible dans le cadre de cette étude.

2.3.4 Sélection des espèces diagnostiques, dominantes, constantes

Des tableaux synoptiques sont également réalisés afin de mettre en évidence l'indice de fidélité d'une espèce donnée aux ensembles de relevés différentiés dans le tableau, ce qui permet de déterminer les espèces diagnostiques. Il est calculé à partir du coefficient Phy (Chytrý *et al*. 2002) ; on a retenu 30 comme valeur seuil. On a aussi déterminé des espèces dites "constantes", présentes dans plus de 60% des relevés d'un cluster. Notre but a été ici de déterminer les taxons les plus pertinents, afin d'aider à la caractérisation des syntaxons sur le terrain. Ces espèces n'ont de valeurs que pour la région d'étude, et non pas pour toute l'Auvergne, car elles ont été déterminées à partir de nos relevés propres, effectués sur la région clermontoise, lorsque nous avions au moins 5 relevés d'un même syntaxon. Dans le cas contraire nous avons déterminé les espèces diagnostiques et constantes à partir de nos relevés et de ceux issus de la bibliographie, pas obligatoirement situés sur notre zone d'étude mais en Basse-Auvergne.

2.4 Vers un référentiel phytosociologique global pour la zone d'étude

Ces étapes d'analyse et d'organisation des données ont permis de produire deux types d'outils pour le diagnostic phytosociologique du territoire et l'aide à la caractérisation des séries et géoséries : un catalogue des syntaxons de la zone et un référentiel analytique pour l'identification syntaxonomique des relevés.

2.4.1 Établissement d'un catalogue des associations végétales du territoire d'étude

Un catalogue des associations végétales présentes sur le territoire d'étude a été réalisé, il comprend 193 associations végétales classées par grand type de végétation. Pour chaque association on a renseigné la géologie, l'écologie, les espèces diagnostiques, dominantes et constantes ainsi que la localisation géographique. Ce catalogue a été ensuite, dans un autre cadre d'étude, étendu à un secteur plus important et édité sous forme d'un guide (Thébaud *et al*. 2014), structuré par des clefs d'identification basées sur les types de milieux et leur écologie ; il sert d'outil à la détermination des syntaxons sur le terrain.

2.4.2 Référentiel analytique

Cet outil analytique repose, pour chaque grand type de formation végétale, sur un tableau différentiel diagonalisé, sous format wtc produit dans JUICE, ordonné suite aux analyses de classification, où les relevés sont regroupés par syntaxon et les taxons par GTD. Dans ces tableaux figurent les relevés de la bibliographie et nos propres relevés. Il est dès lors possible d'intégrer de nouveaux relevés à ce référentiel analytique et de les classer rapidement dans leur syntaxon d'appartenance, soit manuellement, soit par calcul de distance. Au total sept tableaux ont été produits correspondant à chacune des formations suivantes : forêts montagnardes, forêts de basse altitude, fourrés, ourlets, landes et pelouses oligotrophiles, prairies et communautés mésotrophiles et/ou hygrophiles, pelouses pionnières xérophiles.
On donne en annexe 2 un exemple d'un tel tableau référentiel, élaboré dans le cadre de l'analyse des landes et pelouses oligotrophes.

Chapitre 3- Résultats phytosociologiques

3.1 Caractérisation des communautés présentes

La présentation qui suit est structurée en 5 parties correspondant aux végétations suivantes : forêts, fourrés, landes et végétations herbacées, formations pionnières xérophiles et autres formations. Pour chacun de ces grands types on donne les résultats des analyses partielles de classification ou d'ordination, les groupes socio-écologiques d'espèces différentielles (GTD) ainsi qu'un descriptif des communautés végétales avec des tableaux de relevés ou synoptiques. Le synsystème de la zone d'étude est présenté dans l'annexe 3, les tableaux phytosociologiques en annexe 4 et la localisation des relevés en annexe 5.

3.1.1 Formations forestières

Analyse des données

On sélectionne dans TURBOVEG un échantillonnage regroupant nos propres relevés sylvatiques effectués sur la zone d'étude (436) et les relevés forestiers issus de la bibliographie (1135), correspondant aux associations auxquelles on peut éventuellement rattacher nos relevés (79 syntaxons). On importe ces relevés dans JUICE, obtenant ainsi un tableau contenant 1571 relevés phytosociologiques et 732 espèces. Une analyse MTC pondérée est effectuée (en supprimant les espèces présentes moins de trois fois) ce qui permet de faire un premier tri pour ôter les associations non présentes dans nos relevés.

Une nouvelle analyse MTC pondérée est alors faite sur 980 relevés phytosociologiques (51 syntaxons) et 434 espèces. La figure 14 représente le dendrogramme issue de cette analyse.

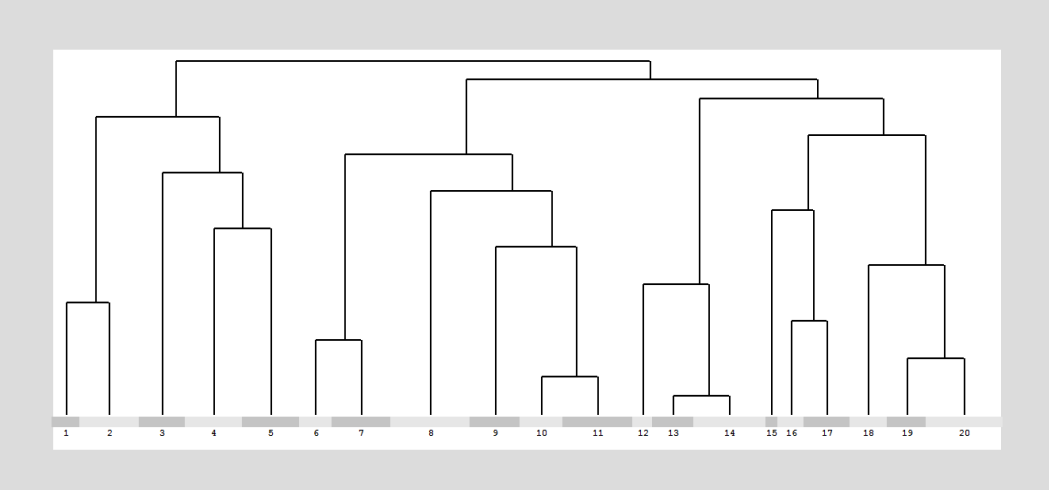


Figure 14 : dendrogramme obtenu à partir de la TMC effectuée sur 980 relevés phytosociologiques et 434 espèces. (Analyse pondérée, en total inertie, 20 clusters recherchés, suppression des taxons présents moins de trois fois).

Le dendrogramme laisse apparaître trois subdivisions principales : un ensemble thermophile et xérophile à xérocline, plutôt de basse altitude, dominé par les chênes ou les pins (cluster 1 à 5) ; un ensemble plus alticole, de forêts plus fraîches, chênaies-hêtraies, frênaies, hêtraies (clusters 6 à 11) ; un ensemble plus nitrocline et hygrophile à hygrocline, de

basse altitude, formé de forêts alluviales et de frênaies et chênaies-charmaies. Les 20 clusters du dendrogramme correspondent aux végétations suivantes :
1-2 : chênaies de basse altitude, en climat d'abri, héliothermophiles et mésoxérophiles, neutrobasiphiles à acidiclines, à *Quercus pubescens* ou *Quercus petraea* (*Trifolio rubentis-Quercetum pubescentis cephalantheretosum longifolii* et *rubietosum peregrinae* et *Cephalanthero damasonii-Quercetum petraeae*) ;
3 : chênaies collinéennes à submontagnardes, acidiphiles sur substrat cristallin (*Hieracio sabaudii-Quercetum petraeae*) ;
4-5 : pinèdes à *Pinus sylvestris*, collinéennes à submontagnardes, acidiphiles sur substrat cristallin et hémihéliophile et xérocline sur substrat volcanique (*Diantho monspessulani-Pinetum sylvestris* et *Teucrio scorodoniae-Pinetum sylvestris*) ;
6-7-8 : chênaie-hêtraies collinéennes à submontagnardes, acidiclines sur substrat cristallin avec des frênaies postpionnière de reconquête ou de dégradation (*Polygonato multiflori-Fagetum sylvaticae typicum* et *sorbetosum*) ;
9 : forêts de ravin aérohygrophiles, collinéennes à submontagnardes, dominées par le Frêne (*Polysticho aculeati-Fraxinetum excelsioris*) ;
10-11 : hêtraies submontagnardes à montagnardes, neutroclines à acidiphiles (*Luzulo sylvaticae-Fagetum sylvaticae* et *Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae typicum, scilletosum lilio-yacinthi* et *coryletosum avellanae*) ;
12-13-14 : frênaies, aulnaies et saulaies alluviales ou rivulaires (*Geranio phaei-Fraxinetum excelsioris, Humulo lupuli-Fraxinetum excelsioris, Impatienti noli-tangere-Alnetum glutinosae, Salicetum albae* et *Cirsio oleracei-Alnetum glutinosae*) ;
15-16-17 : forêts mésophiles, nitroclines à nitrophiles, dominées par le Frêne (groupement à *Ulmus minor* et *Chaerophyllum temulum* et groupement à *Fraxinus excelsior* et *Geum urbanum*) ;
18-19-20 : chênaies-charmaies de basse altitude, hémihéliophiles et frênaies-charmaies hygroclines (*Pulmonario affinis-Fraxinetum excelsioris, Ornithogalo pyrenaei-Carpinetum betuli*).

Pour faciliter la lecture, les résultats sont scindés en deux ainsi que les tableaux phytosociologiques et synoptiques, avec d'un côté les végétations submontagnardes à montagnardes (tableau phytosociologique 1 en annexe 4 et tableau synoptique 6) : hêtraies (clusters 10 et 11), chênaies-hêtraies (6, 7 et 8) et pinèdes (4 ou 5) et de l'autre les végétations planitiaires et collinéennes (tableau phytosociologique 2 en annexe 4 et tableau synoptique 7) : chênaies (1, 2 et 3), chênaies-charmaies (18, 19, 20), frênaies de ravin (9), frênaies nitroclines (15, 16, 17), aulnaies et saulaies (12, 13, 14). Afin de faire un lien entre les deux tableaux, les chênaies et chênaies-hêtraies submontagnardes sont présentes dans chacun des deux tableaux.

3.1.1.1 Végétations forestières de la chaîne des Puys, du plateau cristallin et des gorges

Les résultats sont présentés sous forme d'un tableau phytosociologique différentiel global (tableau 1 annexe 4) et d'un tableau synoptique (tableau 6), ordonnés suivant les résultats de la MTC dans lequel les relevés sont regroupés sous forme de syntaxons et les espèces réunies en groupes de taxons différentiels ou GTD.

Tableau 6 : tableau synoptique des végétations forestières de la chaîne des Puys, du plateau cristallin et des gorges.

n° groupe	1	2a	2b	3	4a	4b	4c	5	6	7a	7b	8	9a	9b	10a	10b	11a	11b	12	13a	13b	13c	14	15a	15b
nb relevés	3	3	9	17	13	8	14	18	13	8	19	4	9	12	5	14	18	4	28	18	18	10	14	11	11
Biscutella lamottei		3																							
Orthilia secunda		1	II												I										
Hieracium pilosella			II									1													
Goodyera repens 1			II														I						I		
Pyrola minor			II																						
Hieracium praecox		2	IV																			I	I	I	
Galium rotundifolium			IV	I	I										I		I	1	I			I		I	
Juniperus communis		1	IV														I	1					I		I
Pinus sylvestris 2a	3	3	V	II	I		I	I		I				III	II		IV	3	I	II	I	II	V	V	V
Sorbus aucuparia	3	2	II	III	III	II	II	II		I	I			III		I	III	3	I	II		I	II		
Betula pendula		2	III	V	II	II	II	I		II	II			V	III	II	IV	3	I	II	I		I	I	
Rubus idaeus	1		IV	II	III	II	I	II			I	1	II	III	II	III	II	4	I	I					
Salix caprea			II	III	I	I	I	I	I		I		I	III	I	I	I		I						
Picea abies	1		IV	II	V	III	II	II		I	II	3	II	II	III	II	I		I		I	I	I		
Senecio ovatus 2b				II	IV	II	I	II				2	II	II	I	II	II	1	I	I					
Galeopsis tetrahit				I	III	V	II	III		I	II	2	IV	III	I	II	I	1	I	I	I			I	
Sambucus racemosa					IV	II		II			I			I	I		I		I						
Solidago virgaurea				I	IV	II		II			I		I	II	I		II	1					I	I	I
Dryopteris carthusiana					IV	I	I	I						I			I			I					
Lonicera nigra			I	I	III			II						I				1							
Oxalis acetosella 3				I	IV	II	I	II	I		II		II	I			II	1		I	I	I			
Prenanthes purpurea					V	IV		III								I	I				I				
Athyrium filix-femina				I	IV	III	I	III	II	I	I			I			I			I	I				
Polygonatum verticillatum				I	II	II	I	IV	I	I	I	1	II	I	I	I									
Euphorbia hyberna				I	I	I	I	IV	III	II	II		II	I		I									
Anemone nemorosa			I	I	II	III	III	IV	IV	III	IV	2	III	I	III	IV	I		I		II				
Lamium galeobdolon				I	I	I		IV	IV	I	IV		I	II		II	I		I	I	I				
Paris quadrifolia					II	II		V	III		IV		II	III		II	I			I	II				
Lilium martagon				I	I	II		IV	IV		IV	1	III	I		III									
Polygonatum multiflorum			I	I		II	I	III	II	I	III		IV	II		V	II	1	I	I	V	I	I		
Mercurialis perennis 4	1							III	III		I		III	I		II	I		I						
Viola reichenbachiana			II	I	I	II	I	III	I		II	2	III	III		III	I		I						
Adoxa moschatellina						I		II	II		II		III			II		1	I		I	I			
Milium effusum					I			III	I																
Tractema lilio-hyacinthus								I	IV		I					I									
Allium ursinum								II	III					I		I									
Isopyrum thalictroides								I	IV				I												
Myosotis sylvatica			I										IV	II			I	1	I						
Lathyrus linifolius s. montanus	1		II	II	I		II				I	1	II	II	IV	IV				I			I		
Stachys officinalis 5a			I	II		I						1	I	II	V	V									
Pteridium aquilinum				III	I	II	I	I			II	2	II	III	IV	IV	III		I	II	I	I	I	I	I
Daphne mezereum				I	I	II		I	I		I	1	IV	V	II	IV	I								
Brachypodium pinnatum	2	1	III	I	I		I	I			II	3	II	III	V	IV	II	1			I			III	I
Valeriana officinalis 5b			II	I	II		I	I			I	2	IV	IV	II	III	II	2	I	I	I			II	I
Vicia sepium				I		I		I			I	1	IV	III		II	III		II	I	II	I	I	II	
Pulmonaria affinis						II		II			II	2	III			III	II	1	II	II	II		I	II	
Lonicera xylosteum			III	I	I		I	I	I		II	1	III	V	I	III	IV	3	II	II	II		I	I	
Crataegus monogyna		1	I	I			I				I	1	IV	III	IV	IV	III	3	IV	IV	II	I	II	IV	II
Geum urbanum				I	I			I			I		IV	III	III	III	I	3	V	II	II				
Urtica dioica 6	1		I		I			I			I		III	III	I	I	II	3	III	I		I			
Geranium robertianum			I		II	I		I					II	I		I	I	3	V	II	III	II	I	I	
Alliaria petiolata					I								II			II			III	I	I	II	I		
Quercus robur et x		2	IV	I	I	I	I	I	I					II		I	III	2	II	II	I		I	II	I
Quercus petraea et x	1	3		I		I	II	I		I	II					I	II	2	II	III	IV	I	V	IV	IV
Prunus avium 7		1															IV	3	II	III	II	II	I	III	II
Acer pseudoplatanus				I	II	I		I		I	I	1		I	I	I	I	2	IV	III	IV	II	III	II	I
Castanea sativa		3															I		II	III	III	III	IV	IV	IV
Teucrium scorodonia	2	3	III	II	I	I	II	I					I	I	II	I	I			I			V	IV	V
Hieracium umbellatum 8a		1				I	I				I	2			I	I	I			I	I	I	III	IV	IV
Cytisus scoparius		3	III	I	I	I					I	1	I		IV		II		I	I			II	IV	V
Hieracium murorum		1	II	I	II			I				2			II	I	III		I	I	I	I	II	III	II
Quercus pubescens et x																					I		I	III	III
Silene nutans		1	I									1					I								III
Sedum rupestre 8b		2															I							I	II
Genista pilosa	1	3	III		I										I		I						I		III
Calluna vulgaris			II																				I		III
Amelanchier ovalis																									I
Fagus sylvatica	1	3	III	V	V	V	V	V	V	V	V	4	III	IV	V	IV	V	4	III	IV	IV	IV	IV	III	I
Corylus avellana	2	2	IV	V	III	V	IV	II	II	I	III	1	V	V	V	V	V	3	V	V	IV	IV	IV	IV	II
Dryopteris filix-mas			II	II	IV	III	III	IV	V	III	IV		II	I		I	IV	2	IV	IV	V	IV	III	II	I
Poa nemoralis		1	II	I	II	III	II	II		I	II	4	V	III	IV	IV	III	3	III	IV	III	II	IV	V	III
Fraxinus excelsior			IV	I	II	I		II	I	I	I	3		II	I		V	4	V	V	V	II	III	V	I
Galium odoratum			II	III	IV	IV	II	IV	V	II	IV	4	V	V	V	V	III	3		I	I		I		
Deschampsia flexuosa	2	3	IV	IV	III	III	IV	II	I	I	II	4	III	II	IV	V	II	1		I	I	I	III	III	V
Hedera helix		2	II	I				I	I	I	I	2		II	I	I	III	1	IV	V	IV	IV	IV	V	II
Poa chaixii				IV	IV	V	III	III	II	III	IV	1	IV	III	III	IV	II			II					
Stellaria holostea				II	I	II	II	III	II		IV		IV	II	II	IV	II		II	II	III	I	II		
Lactuca muralis		1	V	II	IV	III	I	I		I		2	II	II	III	III	III		II	II	II	II	III	III	I
Acer platanoides					I			I	I					I			III	2	III	IV	V	III	III	V	I
Rubus species	1	1	I	III	II	II	II	I						I	I	I	II	2	IV	III	II	IV	IV	III	
Sorbus aria	3	2	IV	II	I	II	II	II	I		I	2	III	III	IV	II	IV	1	I	I	I		II	I	II
Ribes alpinum		1	III			II		III			II	1	III	II	I	II	II	3	II	III	III	II	II	I	
Abies alba			II	I	IV	II	I	II			II		I	I	I	I	II	1	I	III	II	V	II		
Fragaria vesca		2	V	I	II						I	1	III	III	II	III	III	1	II	II			I	I	I
Conopodium majus				I	II	II	I	II	I	II	II	1	III	I	III	III	II	2	I		I				
Moehringia trinervia			I	I	II	II	I	I		I	I	3	III	II	II	II	II	2	I	I	I	I	I	I	
Ilex aquifolium			I	II		III	I	II	I	II	II	3			III	II	I	1	I	II		I	I		
Viola riviniana			II	I	IV	II	I	I			I	2	I	II	IV	II	II		I	I	I				
Melica uniflora				I		I	I		I		I			I			II		II	I	II	II	III	II	I
Galium aparine			I				I	I				1	II	II		I	III	2	II		I	I	I	I	
Sanicula europaea			I	I	I			I						III	I		II	2	I	I	II	I	I	II	
Hieracium species	1		II	I	I		I					1		I					I	II			III	II	III
Lonicera periclymenum			II	I	I	II		I			I		I	I	II	I	II	2	I			I	II	I	
Convallaria majalis				I	I	II	I	I	I		II	1	II	I		III	I				I				
Populus tremula				II		II	I	I		II	II		II	I	I	II	I			I	I				
Epipactis helleborine				I								1			I		II		I	II	I	II	I	II	I
Calamagrostis arundinacea	2			II	I	II	III	I			I		I	I	II	I									
Helleborus foetidus		1	I										II	I	I		I		II	II	I			II	I
Primula elatior			I	I			II	I			II		III	II		II			I		I				
Luzula sylvatica				I	I	II	I	I	II		II		I				I		I	I	II		I		
Veronica chamaedrys				I	I								II	III		I	II		I	I	I			II	
Neottia nidus-avis								II	II	I	I	1	I	II	I				I	I	I	I	I	I	
Phyteuma spicatum				I	I	I		I	II	I	I	1	II	I	I	II	I		I		I				
Vaccinium myrtillus	2			I	II		II	I					I	II	I	I	I						I		
Epilobium montanum			II		III			II						I	I	II	I	1	I	I					
Actaea spicata					I			II			I	1		II			I	1	I		I	I			
Arum maculatum									II										II	II	III				
Ajuga reptans				I	I	I	I	I			I		II	III		II	I		I						
Brachypodium sylvaticum			II	I								2	II			I		1	I	II	II			I	
Campanula rotundifolia	1		III	II			II					1	I		IV	I	I								
Rosa species			I	I									I	I	I		I		I	I	I		II	III	I
Holcus mollis				I		I							I	I		II	II	2	I	I	I		I	I	
Festuca heterophylla				I		I		I			I		I	I	I		II	1	I	I			I	I	
Viburnum lantana			I	I							I			I	I	I	I			I	I	I	I	II	I
Dioscorea communis																			II	II	II			II	I
Prunus spinosa		1	I			I							I	I	I	I	I	1	I	I	I		I	I	
Hypnum cupressiforme		2	II		II	II					I			I	I		I						I		
Doronicum pardalianches								I			I			II		I	I		I		I		I		
Ulmus glabra				I				I									I	1	I	II	II		I		
Tilia platyphyllos																	I		I	I	II	I	II	I	
Polypodium vulgare						I											I			II		I	II	I	I
Potentilla sterilis					I			I			I	1	I	I	I	II	I			I				I	
Stachys sylvatica								I					I			I	I		II	I	I		I		
Silene dioica								II			I		I	I		II	I		I						

n° groupe	1	2a	2b	3	4a	4b	4c	5	6	7a	7b	8	9a	9b	10a	10b	11a	11b	12	13a	13b	13c	14	15a	15b
nb relevés	3	3	9	17	13	8	14	18	13	8	19	4	9	12	5	14	18	4	28	18	18	10	14	11	11
Hypericum perforatum	1			I				I				1	I	I	III	I	I			I					
Viola species	1		I			I							II						I	I	I	I			
Juglans regia																			I	II	I	I	I	I	
Anthoxanthum odoratum			III	I										I		I	I						I		
Allium victorialis				I	I		I	II	I		I		I												
Euphorbia amygdaloides					I	I	I	II	I		I					I									
Euphorbia cyparissias			II	I				I								I	I			I				I	
Astrantia major	1			I			I	I	I		I		II			I									
Acer campestre				I				I									I		I		I		I	I	
Aquilegia vulgaris				I			I	I			I	1		I	II	I			I						
Glechoma hederacea			I	I		I			I				I		I	I						I			
Rubus fruticosus								I			I			I		I	I	1							
Luzula pilosa					II	I	I				I			I		I	I				I				
Digitalis purpurea	1					I	I						II	I		I	I								
Scrophularia nodosa					I			I					I	I		II	I								
Sambucus nigra	1				I									I			I		I	I	I	I			
Silene vulgaris		1	I					I					II	I	I								I	I	
Carex pilulifera					II	I	I							I	I	I									
Cardamine impatiens								I					I	I	II			1	I	I					
Stachys alpina					I			I			I	1		I			I								
Campanula persicifolia				I									I	I	II	I							I	I	
Ranunculus repens				I	I			I					I	I		I			I						
Rosa arvensis		2	I								I					I	I	1						I	
Veronica officinalis			I		I	I		I							I							I		I	I
Galium mollugo		2	I												I		I		I					I	
Lapsana communis													I			I	I		I			I			
Poa trivialis				I	I												I		I						
Rubus ulmifolius																	I		I				I	I	I
Dactylis glomerata			II														I		I						
Agrostis capillaris			I	I													I							I	I
Cornus sanguinea																	I		I	I	I			I	
Corydalis solida									I		I		I			I									
Dryopteris dilatata					II	I		I									I								
Primula veris								I							II	I	I		I		I				
Gentiana lutea							I							I	I	I	I								
Laserpitium latifolium			I										I	I		I			I						
Carex pilosa						I	I	I	I	I															
Asplenium adiantum-nigrum							I										I						I	I	I
Carex species					I				I			1								I					
Chaerophyllum temulum																			I	I					
Rubus glandulosus					I												II								
Ulmus minor																			I	I	I			I	
Cardamine heptaphylla								I	II																
Carex sylvatica					I			I			I				I						I				
Chaerophyllum hirsutum													I	I			I		I						
Geranium phaeum						II		I											I		I				
Arrhenatherum elatius		1												I			I							I	
Genista sagittalis			III																I						
Viola hirta													I		I		I				I			I	
Linaria repens					II			I																	I
Abies grandis			I					I			I	1								I					
Viburnum opulus														I			I				I				
Clinopodium vulgare				I													I		I						I
Ranunculus tuberosus														I		I			I		I				
Cirsium erisithales					I			I						I											
Polygala vulgaris			II																					I	
Equisetum hyemale									I	I			I						I						
Anthriscus sylvestris																			I		I				
Lathyrus pratensis			I											I			I								
Galium verum			II														I								
Gymnocarpium dryopteris								I						I											
Bromus ramosus																	II								
Robinia pseudoacacia																			I		I				I
Luzula forsteri																	I			I			I		I
Taraxacum campylodes						I	I								I				I						
Ligustrum vulgare																	I		I	I					

Présentation des communautés individualisées

Détermination des groupes de taxons différentiels

GTD1 : taxons xérophiles et liés aux forêts résineuses.
GTD2 : héliophiles pionnières forestières.
- 2a : phanérophytes et nanophanérophytes oligotrophiles.
- 2b : taxons mésotrophiles des coupes forestières (*Epilobietea*, *Sambuco-Salicion*).

GTD 3 : forestières sciaphiles acidiphiles à acidiclines avec montagnardes.
GTD4 : forestières sciaphiles et neutromésophiles ; surtout de basse altitude, (mais avec montagnardes ou alti-indifférentes : *Lilium martagon*, *Paris quadrifolia*, *Euphorbia hyberna*, *Scilla*…).
GTD5 : hémisciaphiles à hémihéliophiles d'ourlets, lisières et haies.
- 5a : acidiphiles à acidiclines.
- 5b : neutromésophiles.

GTD6 : nitrophiles à nitroclines des ourlets.
GTD7 : phanérophytes nomades de basse altitude.
GTD8 : thermophiles surtout acidiphiles.
- 8a : mésophiles.
- 8b : xérophiles.

Descriptif des associations du tableau 15 et du tableau 1 de l'annexe 4 :

Gp1 : ***Teucrio scorodoniae-Pinetum sylvestris*** *Billy ex Thébaud et al. 2014* ***vaccinietosum myrtilli*** Billy ex Thébaud *et al.* 2014.
Cet ensemble paucispécifique est composé de 3 relevés et du GTD 2 *p.p.*
Espèces diagnostiques : *Vaccinium myrtillus, Galium saxatile, Calamagrostis arundinacea.*
Espèces constantes : *Pinus sylvestris, Sorbus aucuparia, S. aria, Deschampsia flexuosa, Teucrium scorodonia, Corylus avellana.*
Commentaires descriptifs : pinède héliophile, acidiphile, xérocline et thermocline sur sol squelettique sur affleurements trachytiques du Grand Sarcouy et du puy de Dôme entre 1100 et 1350 m. Cette formation se situe juste en dessous de la limite supérieure de la forêt ; le noisetier est encore présent mais en mélange avec les sorbiers et dans un des relevés on trouve du hêtre qui laisse présager une future hêtraie acidiphile de type *Luzulo sylvaticae-Fagetum sylvaticae.*

Gp2 : ***Diantho monspessulani-Pinetum sylvestris*** Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014.
Cet ensemble de 12 relevés est différencié par les GTD 1 et 2.
Espèces diagnostiques : *Hieracium praecox, Juniperus communis, Genista sagitallis, Pyrola minor, Goodyera repens, Galium rotundifolium, Orthilia secunda.*
Espèces constantes : *Pinus sylvestris, Sorbus aria, Lactuca muralis, Deschampsia flexuosa, Corylus avellana.*
Commentaires descriptifs : pinède submontagnarde à montagnarde, xérocline, acidicline, hémihéliophile, sur cône basaltique ou cheire, entre 790 et 1130 m d'altitude. Le groupe est scindé en deux, avec en 2a la variante submontagnarde (800 m) et en 2b la variante type montagnarde (950 m).

Gp3 : ***Betulo pendulae-Salicetum capreae sorbetosum ariae*** Billy *ex* B.Foucault & J.M.Royer 2016. Cet ensemble de 17 relevés est surtout composé des GTD 2 et 5.
Espèces diagnostiques : *Betula pendula, Salix caprea, Sorbus aucuparia, S. aria.*
Espèces constantes : *Fagus sylvatica, Corylus avellana, Poa chaixii, Deschampsia flexuosa.*
Commentaires descriptifs : boulaie-corylaie ou hêtraie-boulaie-corylaie pionnière, héliophile, acidicline, oligomésotrophile, submontagnarde à montagnarde (850 à 1220 m) située à la base des puys et sur le plateau, surtout dans la zone centrale de la chaîne des Puys et sur les cheires, sur basalte, trachyte ou trachy-andésite.

Gp4a, 4b et 4c : ***Luzulo sylvaticae-Fagetum sylvaticae*** Cusset 1961.
Cet ensemble de 35 relevés est différencié par les GTD 2 et 3.
Espèces diagnostiques : *Prenanthes purpurea, Sambucus racemosa, Lonicera nigra, Dryopteris carthusiana, Solidago virgaurea, Oxalis acetosella, Athyrium filix-femina.*
Espèces constantes : *Fagus sylvatica, Poa chaixii, Galeopsis tetrahit, Galium odoratum, Lactuca muralis, Corylus avellana.*
Commentaires descriptifs : hêtraie, hêtraie-boulaie ou hêtraie-sapinière, acidicline, mésotrophile, montagnarde, sur dôme trachytique. Dans la zone centrale et nord de la chaîne des Puys entre 940 et 1250 m d'altitude. Le groupe 4a représente un stade pionnier de cette hêtraie. Le groupe 4c réunit les relevés paucispécifiques de cette même hêtraie, ils sont situées sur des puys utilisés en anciennes pâtures intensives d'ovins, ce qui peut-être la raison de cette pauvreté en espèces.

Gp5 : ***Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae*** Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014
Cet ensemble de 18 relevés est différencié par les GTD 2 3 et 4.

Espèces diagnostiques : *Milium effusum, Polygonatum verticillatum, Paris quadrifolia, Euphorbia hyberna, Lamium galeobdolon, Silene dioica.*
Espèces constantes : *Fagus sylvatica, Dryopteris filix-mas, Lilium martagon, Galium odoratum, Anemone nemorosa.*
Commentaires descriptifs : hêtraie montagnarde, neutrocline, sur basalte, sous climat atlantique. Les relevés sont situés entre 955 m et 1270 m d'altitude avec une moyenne de 1070 m et l'exposition est nord, nord-est ou nord-ouest.

Gp6 : ***Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae*** Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014 ***scilletosum lilio-yacinthi*** Roux 2014 *in* Thébaud *et al.* 2014. Cet ensemble de 13 relevés est différencié par le GTD 4.
Espèces diagnostiques : *Isopyrum thalictroides, Tractema lilio-hyacinthus, Allium ursinum, Anemone ranunculoides, Cardamine heptaphylla, Lamium galeobdolon, Lilium martagon.*
Espèces constantes : *Fagus sylvatica, Dryopteris filix-mas, Galium odoratum, Anemone nemorosa.*
Commentaires descriptifs : hêtraie montagnarde, neutrocline, neutromésophile sur basalte, à l'ouest de la chaîne des Puys, aux orientations défavorables, surtout nord ou ouest. Les relevés sont situés entre 980 m et 1150 m d'altitude avec une moyenne de 1047 m.

Gp7a et 7b : ***Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae*** Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014 ***coryletosum avellanae*** Roux *subass. nov. hoc loco*. Cet ensemble de 27 relevés est différencié par les GTD 2 *p.p.*, 4 et 5.
Espèces diagnostiques : *Paris quadrifolia, Lilium martagon, Lamium galeobdolon, Anemone nemorosa.*
Espèces constantes : *Fagus sylvatica, Galium odoratum, Poa chaixii, Stellaria holostea, Dryopteris filix-mas, Corylus avellana.*
Commentaires descriptifs : hêtraie neutrocline, neutromésophile sur basalte, submontagnarde à montagnarde, située surtout en contrebas des puys et sur les versants sud des puys. On la retrouve également dans les cheires dans la partie haute de la coulée, à une altitude supérieure à 850 m. Les relevés sont situés entre 850 m et 1120 m d'altitude avec une moyenne de 1015 m.
Le groupe 7b regroupe les relevés paucispécifiques de cette même hêtraie, ils correspondent à un stade postpionnier.

Gp8 : **hêtraies d'adret**. Cet ensemble de seulement 4 relevés est différencié par les GTD 2b et 5b.
Espèces diagnostiques : *Brachypodium pinnatum, Ilex aquifolium.*
Espèces constantes : *Fagus sylvatica, Poa nemoralis, Galium odoratum, Deschampsia flexuosa, Brachypodium pinnatum, Moheringia trinervia, Fraxinus excelsior.*
Commentaires descriptifs : hêtraie montagnarde, mésophile, mésotrophile, thermocline, neutrocline, sur scories ou rochers basaltiques. Elle se situe sur les versants sud des volcans de la partie sud de la chaîne des Puys (puys de la Vache, Lassolas, Montchal, Barme...). Nous avons trop peu de relevés pour pouvoir étudier correctement ces hêtraies d'adret peu répandues, il s'agit probablement d'une variante plus thermophile de l'*Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae coryletosum avellanae*, qui dans la partie sud remonterait sur les versants des puys (moyenne des relevés 1050 m).

Gp9 : ***Daphno mezerei-Coryletum avellanae typicum*** Roux 2014 *in* Thébaud *et al.* 2014. Cet ensemble de 21 relevés est différencié par les GTD 2, 4, 5 et 6.

Espèces diagnostiques : gp9 : *Daphne mezereum* : gp9a : *Myosotis sylvatica, Serratula tinctoria, Adoxa moschatellina, Aconitum lycoctonum* subsp. *vulparia* : gp 9b : *Melampyrum pratense, Veronica chamaedrys.*
Espèces constantes : gp9 : *Corylus avellana, Galium odoratum, Valeriana officinalis* : gp 9a : *Poa nemoralis, Poa chaixii, Stellaria holostea, Polygonatum multiflorum* : gp9b : *Lonicera xylosteum, Betula pendula.*
Commentaires descriptifs : corylaie submontagnarde, neutrésophile, sur basalte, thermophile, hémihéliophile, nitrocline, aux expositions défavorables (nord et est).
Le groupe 9a correspond à la variante type située sur les versants mal exposés des puys (1065 m d'altitude moyenne), il est plus riche en espèces forestières (*Anemone nemorosa, Polygonatum multiflorum, Adoxa moschatellina*). Le groupe 9b représente le stade pionnier de cette association, c'est une variante à bouleaux que l'on trouve sur le plateau et les cheires à une altitude moyenne de 950 m. Les espèces différentielles de cette variante sont : *Betula pendula, Rubus idaeus* et *Salix caprea.* Ainsi cette corylaie postpionnière succède à un stade pionnier à *Betula pendula* et *Salix caprea*.

Gp10 : ***Daphno mezerei-Coryletum avellanae stachyetosum officinalis*** Roux 2014 *in* Thébaud *et al.* 2014. Cet ensemble de 19 relevés est différencié par les GTD 2, 4, 5, 6 et 8a.
Espèces diagnostiques : *Stachys officinalis, Daphne mezereum, Polygonatum multiflorum, Campanula rotundifolia, Lathyrus linifolius* subsp. *montanus, Cyanus montanus.*
Espèces constantes : *Corylus avellana, Galium odoratum, Deschampsia flexuosa, Crataegus monogyna, Fagus sylvatica, Pteridium aquilinum, Brachypodium pinnatum, Poa nemoralis, P. chaixii.*
Commentaires descriptifs : corylaie hémihéliophile, acidicline, thermocline, hélioxérocline, aux expositions favorables (surtout sud), sur basalte; puys et cheires du centre et du sud de la chaîne des Puys, altitude moyenne des relevés : 1035 m. Ces corylaies sont très stables d'un point de vue dynamique.
Le groupe 10a représente le stade pionnier de cette association avec notamment *Cytisus scoparius* comme espèce différentielle ainsi que des taxons d'ourlets et de lisières plus présents que dans le groupe 10b.

Gp11 : ***Polygonato multiflori-Fagetum sylvaticae*** Roux 2014 *in* Thébaud *et al.* 2014 ***sorbetosum ariae*** Roux 2014 *in* Thébaud *et al.* 2014. Cet ensemble de 22 relevés est différencié par les GTD 2, 5b, 7 et 8a
Espèces diagnostiques : *Polygonatum multiflorum, Prunus avium, Rubus glandulosus, Rosa canina, Epipactis helleborine.*
Espèces constantes : *Fraxinus excelsior, Fagus sylvatica, Quercus robur, Q. petraea, Corylus avellana, Pinus sylvestris, Lonicera xylosteum, Betula pendula, Sorbus aria, S. aucuparia, Dryopteris filix-mas.*
Commentaires descriptifs : frênaie-hêtraie, chênaie-hêtraie submontagnarde, hémihéliophile, acidicline, mésophile, en climat d'abri. Les relevés se situent sur le plateau cristallin entre 610 m et 960 m d'altitude. Ces forêts sont dans un mauvais état de conservation, ce sont surtout des stades postpionniers, non typiques, qui occupent de petites surfaces éparpillées sur le plateau. On trouve beaucoup d'espèces nomades et pionnières arborescentes dans les relevés. Le groupe 11b est une variante nitrophile de cette forêt.

Gp12 : **Groupement *à Fraxinus excelsior* *et* *Geum urbanum*** Roux.
Cet ensemble de 28 relevés est différencié par les GTD 2 *p.p.*, 4 *p.p.*, 5b, 6 et 7.
Espèces diagnostiques : *Geum urbanum, Geranium robertianum, Alliaria petiolata, Chaerophyllum temulum,* (*Helleborus foetidus*), (*Arum maculatum*).

Espèces constantes : *Fraxinus excelsior, Corylus avellana, Hedera helix, Dryopteris filix-mas, Crataegus monogyna, Acer pseudoplatanus.*
Commentaires descriptifs : chênaie-frênaie, frênaie, rudérale, collinéenne à submontagnarde, nitrocline à nitrophile, hémihéliophile, postpionnière avec frênes à maturité, issus de reconquête, très répandue, principalement sur socle cristallin. Se localise au niveau des gorges de la faille de la Limagne, dans d'anciennes parcelles plantées en châtaigniers, mais également sur le plateau cristallin où les arbres du bocage, essentiellement frênes et chênes pédonculés ont essaimé à la conquête des anciennes cultures et prairies. L'altitude moyenne des relevés est de 700 m, le relevé le plus bas étant à 520 m et le plus élevée à 930 m d'altitude. Ce groupement représente le stade postpionnier du *Polygonato multiflori-Fagetum sylvaticae*, les conditions stationnelles des relevés permettront de déterminer s'il se dirige vers la sous association *typicum* ou *sorbetosum ariae*.

Gp13 : ***Polygonato multiflori-Fagetum sylvaticae typicum*** Roux 2014 *in* Thébaud *et al.* 2014.
Cet ensemble de 46 relevés est différencié par les GTD 4, 5b, 6 et 7.
Espèces diagnostiques : *Polygonatum multiflorum, Arum maculatum, Acer platanoides, Dioscora communis.*
Espèces constantes : *Fraxinus excelsior, Dryopteris filix-mas, Fagus sylvatica, Corylus avellana, Quercus petraea, Hedera helix, Acer pseudoplatanus.*
Commentaires descriptifs : hêtraie, hêtraie-chênaie ou hêtraie-frênaie collinéenne, hygrosciaphile, neutrocline, en ubac des gorges, en situation abyssale, sur granite. L'altitude moyenne des relevés est de 680 m. Divers stades dynamiques sont représentés dans ce groupe, un stade mature de hêtraies-chênaies neutromésophiles (13b) et un groupe postpionnier de forêts mixtes (hêtres, chênes, frênes et ormes) plus nitrocline (13a). Ce dernier groupe comprend également des relevés effectués dans des situations écologiques intermédiaires entre le groupe 13b, situé en ubac et la chênaie chaude d'adret. Le groupe 13c est composé de relevés effectués sur d'anciennes plantations situées dans les pentes nord des gorges, il représente un stade dégradé. Il occupe des stations dans lesquelles devraient se développer la hêtraie-chênaie du *Polygonato multiflori-Fagetum sylvaticae typicum* (groupe 13b).

Gp14 : ***Teucrio scorodoniae-Pinetum sylvestris*** Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014
Cet ensemble de 14 relevés est différencié par les GTD 2a, 5b *p.p.*, 7 et 8a.
Espèces diagnostiques : *Teucrium scorodonia, Melica uniflora.*
Espèces constantes : *Pinus sylvestris, Quercus petraea, Poa nemoralis, Hedera helix, Fagus sylvatica, Corylus avellana.*
Commentaires descriptifs : pinède hélioxérophile, acidiphile, sur pente, collinéenne (550 m à 760 m), sur substrat cristallin du rebord occidental de la Limagne. Cette association est un stade transitoire vers la chênaie du *Hieracio sabaudii-Quercetum petraeae*. Elle ne présente en effet aucune différenciation floristique avec cette dernière, avec notamment aucune compagne habituelle du pin, contrairement au *Diantho monspessulani-Pinetum*. Des pinèdes stationnelles stables du *Teucrio-Pinetum* ne sont vraisemblablement pas à rechercher dans la région clermontoise.

Gp15 : ***Hieracio sabaudii-Quercetum petraeae*** (Billy 1997) Renaux *et al*
Cet ensemble de 22 relevés est différencié par les GTD 2a, 5b, 7 et 8.
Espèces diagnostiques : *Quercus pubescens, Hieracium umbellatum.*
Espèces constantes : *Quercus petraea, Poa nemoralis, Fraxinus excelsior, Pinus sylvestris, Hedera helix, Teucrium scorodoniae, Cytisus scoparius, Corylus avellana, Crataegus monogyna.*

Commentaires descriptifs : chênaie mixte collinéenne à submontagnarde, héliothermophile, mésoxérophile et acidiphile. Cette forêt se localise au sommet des gorges de la Limagne ou en adret, sur substrat cristallin, à une altitude comprise entre 530 et 810 m d'altitude.
Le groupe 15a représente la sous-association à chêne pubescent (***Hieracio sabaudii-Quercetum petraeae*** (Billy 1997) Renaux *et al.* ***quercetosum pubescentis*** (Billy 1997) Renaux *et al.*, plus thermophile. Le groupe 15b représente le type de l'association, plus xérophile, il est constitué des espèces du GTD8b qui sont les plus xérophiles, ce groupe possède notamment comme différentielles : *Silene nutans, Sedum rupestre, Calluna vulgaris* et *Genista pilosa*.

Une analyse canonique a été réalisée dans le but de mettre en évidence les variables prépondérantes pour les ensembles de relevés distingués par la MTC ainsi que les relations entre ces ensembles et les groupes de taxons (figure 15). On a sélectionné uniquement les associations matures ou à plus grande naturalité pour effectuer l'analyse. Les végétations postpionnières, celles où l'on n'avait pas suffisamment de relevés (gp1 et 8), ainsi que le *Polygonato-Fagetum sorbetosum*, en trop mauvais état, n'ont pas été intégrés à l'analyse. Nous avons utilisés les valeurs des indices d'Ellenberg *et al.* (1992), pondérées par les classes de fréquences des taxons. Le plan factoriel de la figure 15 montre clairement une opposition entre groupements thermophiles, à droite et les autres groupements plus montagnards ; on note notamment l'opposition nette entre les hêtraies, hêtraies chênaies collinéennes du *Polygonato multiflori-Fagetum typicum* et les hêtraies submontagnardes à montagnardes, *Luzulo sylvaticae-Fagetum* et *Euphorbio hybernae-Fagetum* de chênaies collinéennes ; à noter que le *Diantho monspessulani-Pinetum* des adrets ou sommets rocheux montagnards réagit comme un groupement thermophile, nettement différentié des autres groupements montagnards.
La réaction acidobasique, la teneur en nutriment, l'humidité apparaissent chacune comme des variables fortement discriminantes pour les communautés forestières de cette zone.

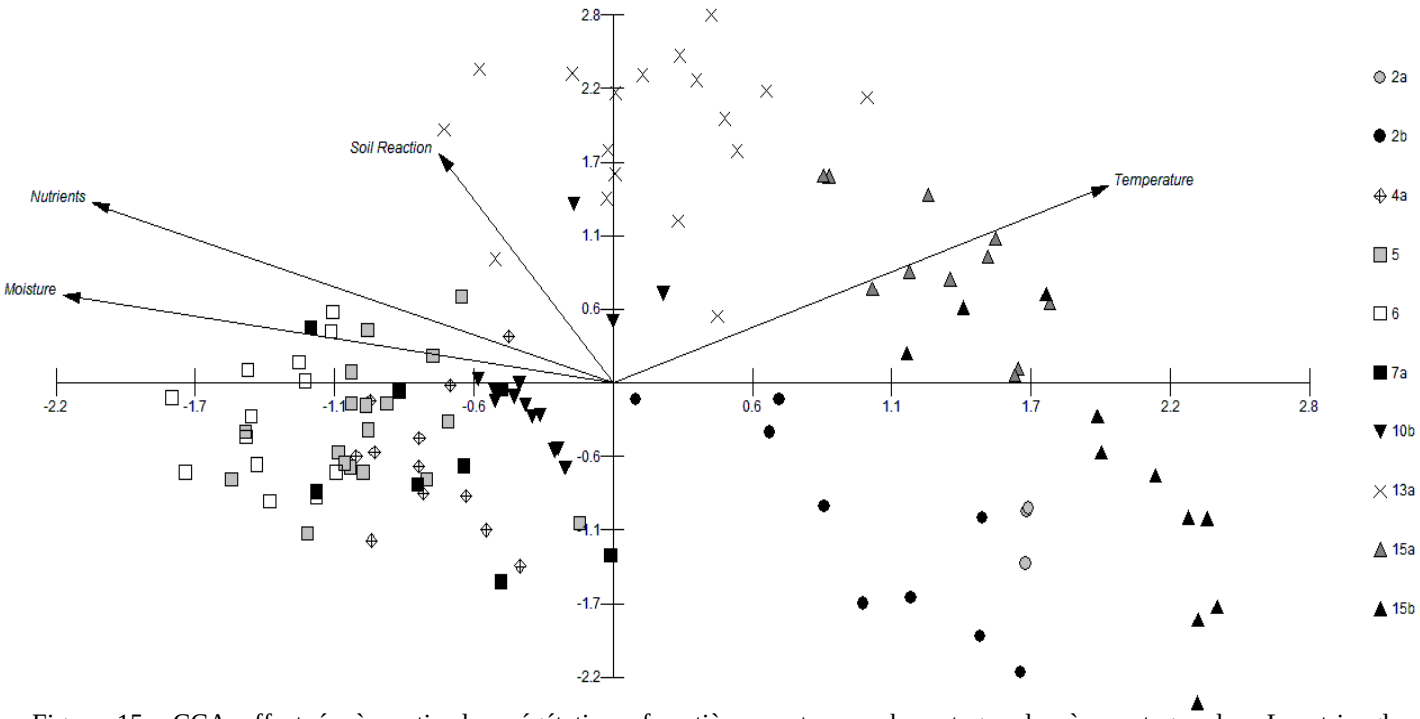


Figure 15 : CCA effectuée à partir des végétations forestières matures submontagnardes à montagnardes. Les triangles représentent les chênaies héliothermophiles des gorges (*Hieracio-Quercetum)*, les ronds les pinèdes héliophiles et xéroclines des puys (*Diantho-Pinetum***)**, les croix la hêtraie-chênaie des gorges (*Polygonato-Fagetum*), les triangles noirs inversés la corylaie hélioxérophile (*Daphno-Coryletum stachyetosum*), les carrés les hêtraies mésotrophiles de la chaîne des Puys et les différentes sous-associations (*Euphorbio-Fagetum*) et les losanges les hêtraies acidiphiles de la chaîne des Puys (*Luzulo-Fagetum*).

3.1.1.2 Végétations forestières des gorges, des coteaux et de la plaine de la Limagne et de la plaine alluviale

Les résultats sont présentés sous forme d'un tableau synoptique (tableau 7) et d'un tableau phytosociologique différentiel global (annexe 4 tableau 2) traité de la même manière que le tableau précédent où la numérotation des groupes prend la suite du tableau 1 de l'annexe 4.

Le *Polygonato-Fagetum*, le groupement à *Geum* et *Fraxinus* et le *Hieracio-Quercetum typicum* et *quercetosum pubescentis* sont repris dans ce tableau afin de pouvoir les comparer avec les végétations hygroclines à mésohygrophiles des gorges, ainsi qu'avec les chênaies collinéennes.

Tableau 7 : tableau synoptique des végétations forestières des gorges, des coteaux et de la plaine de la Limagne et de la plaine alluviale.

n° de groupe	16	17	18	19	20	21	12	13a	13b	22a	22b	22c	23	24	25	26	27a	27b	15a	15b
nb relevés	5	5	7	4	6	9	26	18	17	5	4	5	2	2	5	15	3	5	12	11
Acer negundo	III				I															
Reynoutria japonica 1a	V				I															
Salix alba	III	I	II		I	I														
Populus nigra	V	I			II	I								2		I				
Alnus glutinosa	III	I	III		I						3			1						
Ranunculus repens	I	III																		
Salix atrocinerea 1b		IV																		
Filipendula ulmaria		IV	I							I				1						
Poa trivialis		IV	II				I												I	
Cardamine impatiens			III	1			I	I		I	1									
Geranium phaeum		I	IV	4	II		I		I	II	2			1						
Alliaria petiolata	I	I	IV	4	V	II	III	I	I		2			1	I	I		I		
Urtica dioica	II	V	V	2	II	IV	III	I		I	3	I		1						
Galium aparine	I	IV	III	4	III	IV	II	I	I					2	III			I	I	
Glechoma hederacea 2	II	IV	II	1	II	II				II					I					
Sambucus nigra		I	III		III	I	I	I	I	II	1									
Aegopodium podagraria					V					I										
Robinia pseudoacacia	I		I	3	II	IV	I		I				1		III	I		I		I
Ulmus minor	I		I	4	I	V	I	I	I	II			1		III	II	1	III	I	
Stellaria holostea		I	II	1	I	I	II	II	III	IV	1			1	I	I	1	I		
Ribes alpinum			III	1	II	I	II	III	III		1	III	1			II			I	
Sanicula europaea 3							I	I	II	I		I				II			II	
Polygonatum multiflorum					I	I	I	I	V	III										
Melica uniflora			II				II	I	II	IV									II	I
Luzula sylvatica			I				I	I	I	II	1	II								
Lamium galeobdolon			IV	1	II		I	I	I	V	3	II		1						
Tilia platyphyllos	I			1	II		I	I	II	I	1	III	1	2		I				
Ulmus glabra		I	III			I	I	I	II	IV	2	III	1		II	I				
Polystichum aculeatum 4							I			V	4	V								
Oxalis acetosella		I	I					I	I	III	2	I								
Carex sylvatica					I				I	III	3			1	I	I				
Phyllitis scolopendrium													1							
Carpinus betulus				1	I				I	I	1			2	I	I				
Clematis vitalba					II				I						I	II		I		
Viburnum lantana		I			I			I	I						I	II		II	II	I
Ligustrum vulgare 5			I	3	III	II	I							1	V	II	1	I		
Acer campestre			II	2	I	II	I			I	1	III		2	IV	IV	1	III	I	
Cornus sanguinea				1	II	I		I	I					2	V	III	3	II	II	
Juglans regia			I	1	I	I	I	I	I				1	2	III	III		V	I	
Rosa species	I				I	II	I	I	I							III	2	V	II	I
Quercus pubescens et x						I										II	3	V	III	III
Cephalanthera longifolia																I	2	II	I	I
Prunus spinosa							I	I	I							I	3	III	II	
Asplenium adiantum-nigrum			I													I		III	II	I
Lonicera etrusca 6																I		III		
Carex divulsa s. leersii																I		III		
Festuca heterophylla															I			IV		
Trifolium rubens																	1	II		
Brachypodium pinnatum						I			I							I	1	IV	II	I
Teucrium scorodonia																I	1	I	V	V
Pinus sylvestris							I	II	I							I			IV	V
Cytisus scoparius							I	I								I	1	II	IV	V
Hieracium umbellatum								I	I										V	IV
Deschampsia flexuosa								I	I										III	V
Hieracium murorum 7								I	I							I		I	III	II
Sorbus aria							I	I	I									I	I	II
Genista pilosa																				III
Silene nutans																				III
Calluna vulgaris																				III
Sedum rupestre																		I	I	II
Fraxinus excelsior	III	III	V	3	V	V	V	V	V	V	4	III	2	2	V	V	3	IV	V	I
Hedera helix	I	I	V	3	V	IV	IV	V	IV	II	3	IV	2	2	V	IV	3	V	V	II
Corylus avellana	II	III	V	4	IV	III	V	V	IV	V	4	III	1	2	IV	IV	1	IV	IV	II
Crataegus monogyna	I	I	IV	3	IV	V	III	IV	II		1	II		2	IV	V	3	V	III	II
Acer platanoides		I	III	1	II	I	III	IV	V	IV	2	II	2	1	III	IV	1	II	IV	I
Geranium robertianum		II	IV	2	I	III	V	III	III	IV	4	III	1		III	II		I	I	
Geum urbanum	I	V	IV	4	III	IV	V	II	I	II	4	II		1	IV	II		I	I	
Rubus species	I	I	III	4	I	II	IV	III	II	II	3	III		1	I	IV	3	II	III	
Dryopteris filix-mas		I	II	2			IV	IV	V	V	4	V	1		II	I			II	I
Acer pseudoplatanus	I		II	3	II	I	III	III	IV		1	II	1	2	III	III			II	I
Fagus sylvatica			I			I	III	IV	IV	II	3	IV	1			I			II	I
Prunus avium			I		II	II	II	III	II		1			2	II	IV		V	III	II
Poa nemoralis		I	I	1		I	III	IV	III	I		II				I		I	V	III
Castanea sativa			I				II	III	III	I		IV				II			IV	IV
Brachypodium sylvaticum	III		III	4	IV	III	I	II	II	I	1	I		1	III	III	2		I	
Quercus petraea							II	IV	IV	II						II			III	IV
Quercus robur	III		I	4	IV	II	II	II	I						IV	II			II	I
Arum maculatum			IV	4	II	I	II	II	III	IV	1	I		2	V					
Pulmonaria affinis				1			II	II	II	II	2			2	IV	I			II	
Vicia sepium	I	I	III	2		I	II	I	II	II						I	2		II	
Lonicera xylosteum		I	II			I	I	II	II						III	II	3		I	
Helleborus foetidus							II	I	I	I	1	I				II		I	II	I
Lactuca muralis							I	II	II	I		I				I			III	I

n° de groupe	16	17	18	19	20	21	12	13a	13b	22a	22b	22c	23	24	25	26	27a	27b	15a	15b
nb relevés	5	5	7	4	6	9	26	18	17	5	4	5	2	2	5	15	3	5	12	11
Dioscorea communis							II	I	II	I		I			II	II		I	II	I
Fragaria vesca			I				II	II	I							I	1	II	II	I
Abies alba							I	III	II		1	I				I			I	
Stachys sylvatica	I	II	II	3	I	I	II	I	I	I					I					
Galeopsis tetrahit		IV	I		II	I	I	I			1				I	I			I	
Epipactis helleborine							I	II	I							II			II	I
Hieracium species							I	II											II	III
Chaerophyllum temulum		II	II	1	I	II	I	I									1	I		
Valeriana officinalis		I			I		I	I	I										II	I
Anemone nemorosa		I	III				I		II	I				2						
Betula pendula		I					I	I	I							I			II	
Anthriscus sylvestris	I		I	2	II	II	I	I	I											
Polypodium vulgare			I					II										I	II	I
Adoxa moschatellina			II	1			I		I	I	1			2						
Athyrium filix-femina		I	II					I	I	I		II			I					
Sorbus aucuparia		I					I	II								I				
Veronica chamaedrys							I	I	I									II	II	
Euonymus europaeus				1	II	II								2	I			III		
Neottia nidus-avis							I	I	I							I		I	I	
Pteridium aquilinum							I	I	I										I	I
Viola reichenbachiana		I	I	1	I		I	I								I	1			
Ilex aquifolium			I		I		I	II			1			1						
Paris quadrifolia								I	II	II										
Heracleum sphondylium			III	1	I	II								1						
Ajuga reptans		I	I				I			II	1				II					
Viola species							I	I	I										I	
Moehringia trinervia							I	I	I			I				I			I	
Viola hirta									I							I		III		
Aesculus hippocastanum	I			1			I					I			I	I				
Galium odoratum								I	I	I		I								
Actaea spicata							I		I	I		I								
Rosa arvensis									I		1				I	I		I	I	
Chrysosplenium oppositifolium		I	II								3									
Conopodium majus		I	II				I		I											
Potentilla sterilis		I	I					I		I						I			I	
Rubus idaeus		I					I	I				I								
Carex flacca															III			II		
Epilobium montanum		II					I	I												
Primula veris		I	I				I		I							I				
Equisetum hyemale			I				I			I	2									
Hieracium praecox																I		II	I	
Senecio ovatus		I					I	I												
Phyteuma spicatum			I				I		I											
Ranunculus tuberosus			II				I		I											
Lapsana communis						II	I													
Genista sagittalis							I									I		I	I	
Lamium maculatum					III				I											
Mercurialis perennis			I		I		I							1						
Torilis japonica						I	I												I	
Rumex species		I		2		I														
Tilia cordata				1											II	I				
Chaerophyllum hirsutum			II				I													
Carex species			I					I								I		I		
Hylotelephium maximum																I		I	I	I
Circaea lutetiana			I				I								II					
Luzula forsteri								I										I	I	I
Clinopodium vulgare							I	I												I
Holcus mollis							I	I	I										I	
Doronicum pardalianches							I		I											
Galium mollugo			I			I	I											I		
Viburnum opulus					I				I	II										
Euphorbia cyparissias								I											II	
Rubus fruticosus			I													I		I		
Prunus padus		II	I								1									

Présentation des communautés individualisées

Détermination des groupes de taxons différentiels

GTD1 : hygrophiles à mésohygrophiles, mésotrophiles à eutrophiles, héliophiles à hémihéliophiles ;

1a : surtout phanérophytes du *Salicion albae* ;

1b : surtout taxons des aulnaies rivulaires ;

GTD2 : mésophiles, nitrophiles, hémihéliophiles (dont *Geo-Alliarion*) ;

GTD3 : mésophiles, neutromésophiles, hémisciaphiles ;

GTD4 : mésophiles, aérohygrophiles, sciaphiles ;

GTD5 : phanérophytes et nanophanérophytes, neutromésophiles ;

GTD6 : mésoxérophiles, neutrophiles, thermophiles ;

GTD7 : mésophiles à mésoxérophiles, acidiphiles.

Descriptif des associations du tableau 2 de l'annexe 4 :

Gp16 : ***Salicetum albae*** Issler 1926

Cet ensemble de 5 relevés est différencié par les GTD1a et 2 *p.p.*

Espèces diagnostiques : *Populus nigra, Acer negundo, Salix alba, Reynoutria japonica, Scrophularia nodosa, Saponaria officinalis, Impatiens glandulifera, Persicaria hydropiper*
Espèces constantes : *Salix alba, Quercus robur, Fraxinus excelsior, Brachypodium sylvaticum*
Commentaires descriptifs : forêt alluviale à peuplier et saule située dans le lit apparent (mineur) de l'Allier, inondé régulièrement. Association édaphohygrophile, sur substrats alluvionnaires, de l'étage planitiaire. Nous n'avons que peu de relevés typiques compte tenu de l'artificialisation de la rivière Allier dans la zone d'étude (rectification du cours, enrochement).

Gp17 : ***Cirsio oleracei-Alnetum glutinosae*** Noirfalise & Sougnez 1961
Cet ensemble de 5 relevés est différencié par les GTD 1b et 2.
Espèces diagnostiques : *Salix atrocinerea, Filipendula ulmaria, Poa trivialis, Ranunculus repens.*
Espèces constantes : *Fraxinus excelsior, Urtica dioica, , Geum urbanum, Galium aparine.*
Commentaires descriptifs : saulaie submontagnarde (850-970 m) marécageuse, sur colluvions, inondée en hiver. Communauté eutrophile, riche en espèces des mégaphorbiaies, les relevés sont situés sur le plateau cristallin à une altitude moyenne de 895 m.

Gp18 : ***Impatienti noli-tangere-Alnetum glutinosae*** Brunerye *ex* Renaux *et al.*, **race à *Prunus padus* et *Geranium phaeum*** Billy 1997.
Cet ensemble de 7 relevés est différencié par les GTD 1b, 2, 3 *p.p.* et 4.
Espèces diagnostiques : *Alnus glutinosa, Filipendula vulgaris, Geum rivale, Impatiens noli-tangere, Chaerophyllum hirsutum.*
Espèces constantes : *Fraxinus excelsior, Urtica dioica, Hedera helix, Corylus avellana, Lamium galeobdolon.*
Commentaires descriptifs : aulnaie-frênaie non mature, rivulaire, planitiaire à collinéenne (380-840 m), sur alluvions grossières. Les relevés effectués se situent surtout sur le plateau cristallin, les gorges et à la sortie des gorges.

Gp19 : ***Geranio phaei-Fraxinetum excelsioris*** Billy *ex* Renaux *et al.*
Cet ensemble de 4 relevés est différencié par les GTD 2 et 5 *p.p.*
Espèces diagnostiques : *Geranium phaeum, Arum maculatum, Euphorbia dulcis, E. amygdaloides, Stachys sylvatica, Alliaria petiolata, Robinia pseudoacacia.*
Espèces constantes : *Fraxinus excelsior, Ulmus minor, Crataegus monogyna, Hedera helix Geranium robertianum, Geum urbanum, Glechoma hederacea.*
Commentaires descriptifs : frênaie et frênaie-ormaie alluviales, planitiaires, neutrophiles, du niveau moyen et supérieur du lit majeur de l'Allier et de ses affluents de la plaine de la Limagne. Ces forêts sont inondées irrégulièrement lors des crues. On trouve peu de ses frênaies dans la plaine de la Limagne car nous sommes dans une zone de cultures céréalières et les ruisseaux ont plus l'apparence de drains avec une profondeur trop importante pour pouvoir développer des végétations de bordures. Les relevés les mieux exprimés sont ceux effectués dans le lit majeur de l'Allier.

Gp20 : ***Humulo lupuli-Fraxinetum excelsioris*** (Noirefalise & Sougnez 1961) Renaux *et al.*
Cet ensemble de 6 relevés est différencié par les GTD1a, 2 et 5 *p.p.*
Espèces diagnostiques : *Aegopodium podragraria, Lamium maculatum, Rubus caesius, Elytrigia intermedia, Calystegia sepium, Humulus lupulus, Impatiens glandulifera.*
Espèces constantes : *Fraxinus excelsior, Ulmus minor, Hedera helix, Alnus glutinosa, Alliaria petiolata.*

Commentaires descriptifs : frênaie mixte hygrophile, planitiaire, sur alluvions récentes, en transition entre lit majeur et lit apparent (280-490 m) de la rivière Allier et de ses affluents. L'inondation est plus fréquente que pour le groupe précédent. Cette frênaie peut également se trouver le long des ruisseaux qui traversent la plaine de la Limagne, comme pour le *Geranio phaei-Fraxinetum excelsioris.* La présence de ces deux associations est fonction du niveau topographiques par rapport au ruisseau et donc de l'inondation.

Gp21 : **Groupement à *Ulmus minor* et *Chaerophyllum temulum*** Billy 1997
Cet ensemble de 9 relevés est différencié par les GTD 2 et 5 *p.p.*
Espèces diagnostiques : *Ulmus minor, Lapsana communis, Chaerophyllum temulum, Elytrigia* sp.*, Arctium lappa, Bryonia cretica* subsp. *dioica, Arrhenatherum elatius.*
Espèces constantes : *Fraxinus excelsior, Robinia pseudoacacia, Hedera helix, Geum urbanum, Geranium robertianum, Alliaria petiolata, Urtica dioica, Galium aparine.*
Commentaires descriptifs : ormaie-robiniaie hygrocline, nitrophile, planitiaire à collinéenne, sur alluvion ou marne. En situation alluviale ou sur les coteaux abandonnés par la culture. Bois eutrophisé postpionnier, à déterminisme anthropique.

Gp12 : **Groupement à *Geum urbanum* et *Fraxinus excelsior*** Roux 2014 *in* Thébaud *et al.* 2014
Description complète dans le paragraphe 3.1.1.1 : *Végétations forestières de la chaîne des Puys, du plateau cristallin et des gorges.*

Gp13a et b : ***Polygonato multiflori-Fagetum sylvaticae typicum*** Roux 2014 *in* Thébaud *et al.* 2014.
Description complète dans le paragraphe 3.1.1.1 : *Végétations forestières de la chaîne des Puys, du plateau cristallin et des gorges.*

Gp22 : ***Polysticho aculeati-Fraxinetum excelsioris*** (Billy 1997) Renaux *et al.*
Cet ensemble de 14 relevés est différencié par les GTD 2, 3 et 4.
Espèces diagnostiques : *Ulmus glabra, Polystichum aculeatum, Melica uniflora, Viburnum opulus, Lamium galeobdolon, Paris quadrifolia, Oxalis acetosella, Carex sylvatica.*
Espèces constantes : *Fraxinus excelsior, Acer platanoides, Corylus avellana, Dryopteris filix-mas, Geranium robertianum, Arum maculatum.*
Commentaires descriptifs : forêts de ravin à frênes, ormes, érables et hêtres, collinéenne, sciaphile, acidicline à neutrocline. Forêt aérohygrophile, sur roche cristalline localisée sur les pentes fortes, à gros blocs dans les fonds de gorges de la faille occidentale de la Limagne.

22a : variante type, hygrosciaphile, présence d'un cortège de neutromésophiles et de nitrophiles ;

22b : variante hygrocline de bords de ruisseaux (espèces caractéristiques : *Alnus glutinosa, Polystichum aculeatum, Chrysosplenium oppositifolium, Equisetum hyemale, Impatiens noli-tangere, Lysimachia nemorum*), en transition vers l'*Alnenion glutinoso-incanae.*

22c : variante appauvrie.

Gp23 : ***Phyllitido scolopendri-Aceretum pseudoplatani*** (Schwickerath 1933) Moor 1945
Cet ensemble de 2 relevés est différencié par le GTD 4.
Espèces diagnostiques : *Phyllitis scolopendrium.*
Espèces constantes : *Acer platanoides, Fraxinus excelsior, Ulmus glabra, Hedera helix.*
Commentaires descriptifs : frênaie-tillaie ou frênaie-érablaie hygrosciaphiles, collinéennes à submontagnardes, neutrophiles à basiphiles sur calcaires ou marnes. Dans notre zone d'étude,

cette forêt de ravin n'existe que sur le versant nord du plateau de Gergovie et c'est un groupement fragmentaire, car les conditions stationnelles de sa pleine expression ne sont pas réalisées. C'est un groupement rare dans la région, présent uniquement dans la région de la Comté, qui est en pourtour de la zone d'étude. Le cortège d'espèces caractéristiques, lorsque le groupement est bien exprimé, comprend également *Lunaria rediviva, Tilia platyphyllos, Cardamine impatiens, Mercurialis perennis, Geranium robertianum* et *Lamium galeobdolon.*

Gp24 : ***Pulmonario affinis-Fraxinetum excelsioris*** (Billy 1997) Renaux *et al.*
Cet ensemble de 2 relevés est différencié par les GTD 2, 4 et 5.
Espèces diagnostiques : *Adoxa moschatellina, Allium ursinum, Arum maculatum, Corydalis solida, Crataegus laevigata, Euonymus europaeus, Lamium galeobdolon, Pulmonaria affinis, Ranunculus auricomus, Ranunculus ficaria.*
Espèces constantes : *Fraxinus excelsior, Alnus glutinosa, Carpinus betulus, Quercus robur, Ulmus minor, Allium ursinum.*
Commentaires descriptifs : frênaie à charme ou chêne des talwegs des petits vallons colluvionnés enrichies en matière fines. Répandue à basse altitude mais peu présent sur le territoire d'étude car les conditions stationnelles ne sont pas optimales.

Gp25 : ***Ornithogalo pyrenaei-Carpinetum betuli*** (Billy 1997) Renaux *et al.*
Cet ensemble de 5 relevés est différencié par les GTD 2 et 5.
Espèces diagnostiques : *Ulmus minor, Crataegus laevigata, Rhamnus cathartica,* (*Polygonatum odoratum*), (*Ornithogalum pyrenaicum*), *Dioscorea communis, Pulmonaria affinis, Carex flacca, Arum maculatum.*
Espèces constantes : *Fraxinus excelsior, Hedera helix, Quercus robur.*
Commentaires descriptifs : chênaie-charmaie planitiaire et collinéenne, héliothermophile et xérocline, sur marne. Les relevés phytosociologique ont été effectués aux alentours faute de représentants dans la zone d'étude, où l'aire d'extension de cette forêt est située dans la plaine de la Limagne, actuellement occupé par des cultures intensives.

Gp26 : ***Cephalanthero damasonii-Quercetum petraeae*** Billy *ex* Renaux *et al.*
Cet ensemble de 15 relevés est différencié par les GTD 3, 5 et 6 *p.p.*
Espèces diagnostiques : *Acer platanoides, Castanea sativa, Pinus sylvestris, Prunus avium, Quercus x streimeri, Cephalanthera damasonium, Daphne laureola, Fragaria vesca, Viola hirta, Vinca minor.*
Espèces constantes : *Fraxinus excelsior, Corylus avellana, Crataegus monogyna, Hedera helix.*
Commentaires descriptifs : chênaie-frênaie collinéenne, héliothermophile, neutrocline et mésoxérophile, localisée sur les pentes des expositions nord des coteaux de la Limagne, sur substrats marno-calcaire. Les relevés phytosociologiques effectués représentent un stade dynamique encore jeune de cette forêt.

Gp27 : ***Trifolio rubentis-Quercetum pubescentis*** Billy *ex* Renaux *et al.*
Cet ensemble de 8 relevés est différencié par les GTD 5 et 6.
27a : *cephalantheretosum longifolii* (Billy 1997) Thébaud *et al.* 2014
27b : *rubietosum peregrinae* (Billy 1997) Thébaud *et al.* 2014
Espèces diagnostiques : *Cornus sanguinea, Rubia peregrina, Trifolium rubens* : 27a : *Daphne laureola, Prunus spinosa, Lonicera xylosteum, Carex spicata, Cephalanthera longifolia* : 27b : *Lonicera etrusca, Vincetoxicum hirundinaria, Trifolium ochroleucon, Vicia hirta, Teucrium chamaedrys, Cervaria rivini, Genista tinctoria, Polygonatum odoratum.*

Espèces constantes : *Quercus pubescens, Quercus robur, Crataegus monogyna, Corylus avellana, Hedera helix, Brachypodium pinnatum, Vicia sepium.*
Commentaires descriptifs : chênaie pubescente collinéenne, héliothermophile, mésoxérophile, en climat d'abri. Chênaie localisée sur les versants marneux, bien exposés des coteaux de Limagne. Ces deux formations ont une composition arbustive très proche, mais la chênaie à Céphalanthère est moins thermophile. Le type sur basalte (*Trifolio rubentis–Quercetum pubescentis typicum*, 27c) n'est pas présent car l'abandon des sommets des plateaux est récent ce qui n'a pas permis aux chênaies pubescentes de s'implanter.

Gp15a et b : ***Hieracio sabaudii-Quercetum petraeae*** (Billy 1997) Renaux *et al.*
Description complète dans le paragraphe 3.1.1.1 : *Végétations forestières de la chaîne des Puys, du plateau cristallin et des gorges.*

Une analyse canonique a été réalisée dans le but de mettre en évidence les variables prépondérantes pour les ensembles de relevés distingués par la MTC ainsi que les relations entre ces ensembles et les groupes de taxons (figure 16). On a sélectionné uniquement les associations matures ou à plus grande naturalité pour effectuer l'analyse. Nous avons utilisés les valeurs des indices d'Ellenberg *et al.* (1992), pondérées par les classes de fréquences des taxons. L'axe 1 de la figure 16 montre clairement une opposition entre groupements hygrophiles, à droite, mésophiles au centre et les autres groupements plus mésoxérophiles ; on note notamment l'opposition nette entre les saulaies, *Salicetum albae* et *Cirsio oleracei-Alnetum* et les chênaies à chênes pubescents, héliothermophiles, mésoxérophiles et acidiclines, *Trifolio rubentis-Quercetum pubescentis* et *Hieracio sabaudii-Quercetum petraeae quercetosum pubescentis.* L'axe 2 représente les différences altitudinales entre les groupements avec en bas de l'axe les végétations planitiaires à collinéennes (S*alicetum albae)* et dans la partie supérieure les végétations collinéennes à submontagnardes (*Cirsio-Alnetum*).
La réaction acidobasique, la teneur en nutriment et la température apparaissent chacune comme des variables fortement discriminantes pour les communautés forestières de cette zone.

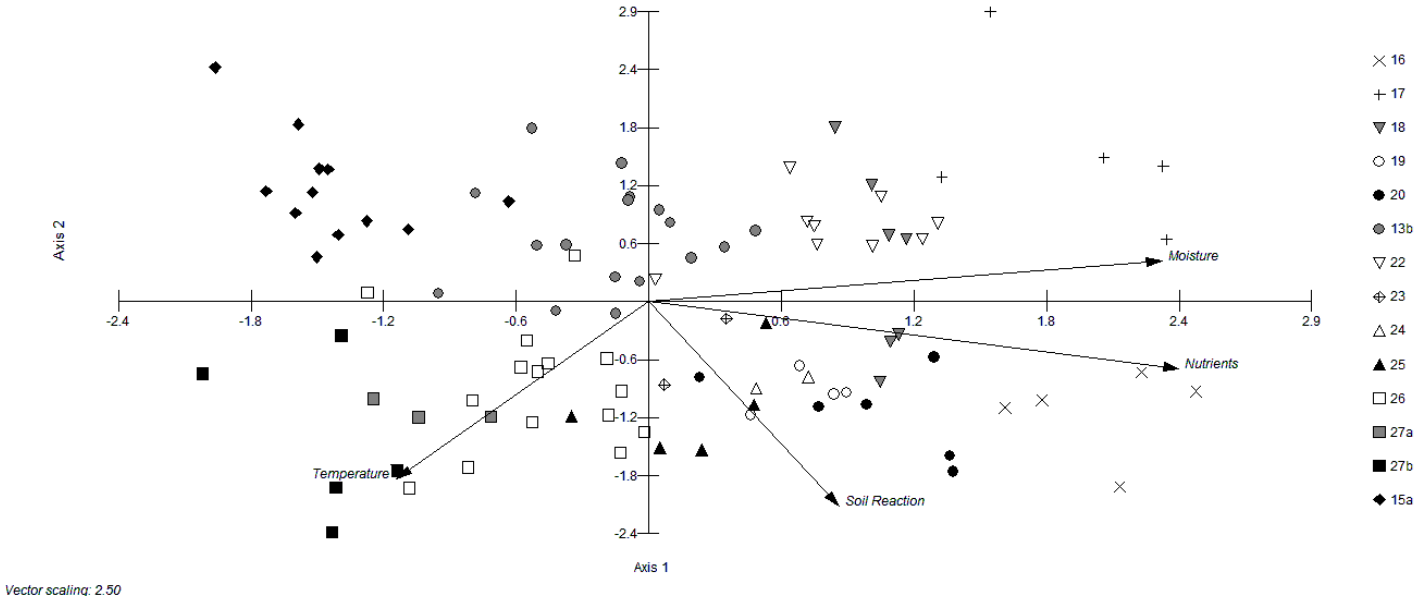


Figure 16 : CCA effectuée à partir des végétations forestières matures planitiaires à submontagnardes. Les X représentent la saulaie alluviale (*Salicetum albae*) ; les + la saulaie submontagnarde (*Cirsio-Alnetum*) ; les ▼ l'aulnaie-frênaie des gorges (*Impatienti-Alnetum*) ; les ▽ la forêt de ravin hygrosciaphile à frêne et hêtre sur roche cristalline des gorges (*Polysticho-Fraxinetum*) ;; les ⊕ la forêt de ravin à frênes et érables sur marne (*Phyllitido-Aceretum*) ; les ronds ○ et ● les forêts alluviales à frênes (*Geranio-Fraxinetum* et *Humulo-Fraxinetum*) ; les ronds gris la hêtraie-chênaie des gorges (*Polygonato-Fagetum*) ; les △ les frênaies à charmes collinéennes (*Pulmonario-Fraxinetum*) ; les ▲ la chênaie-charmaie collinéenne héliothermophile (*Ornithogalo-Carpinetum*) ; les ◆ les chênaies collinéennes à submontagnardes, héliothermophiles, acidiclines des gorges (*Hieracio-Quercetum*) ; les □ la chênaie-frênaie collinéenne, héliothermophile, mésoxérophile et neutrocline (*Cephalanthero-Quercetum*) ; les ■ et ■ les chênaies pubescentes collinéennes, héliothermophiles, mésoxérophiles, neutroclines (*Trifolio-Quercetum cephalantheretosum* et *rubietosum*).

3.1.1.3 Diagramme écologique de dispersion des communautés végétales forestières de la région clermontoise

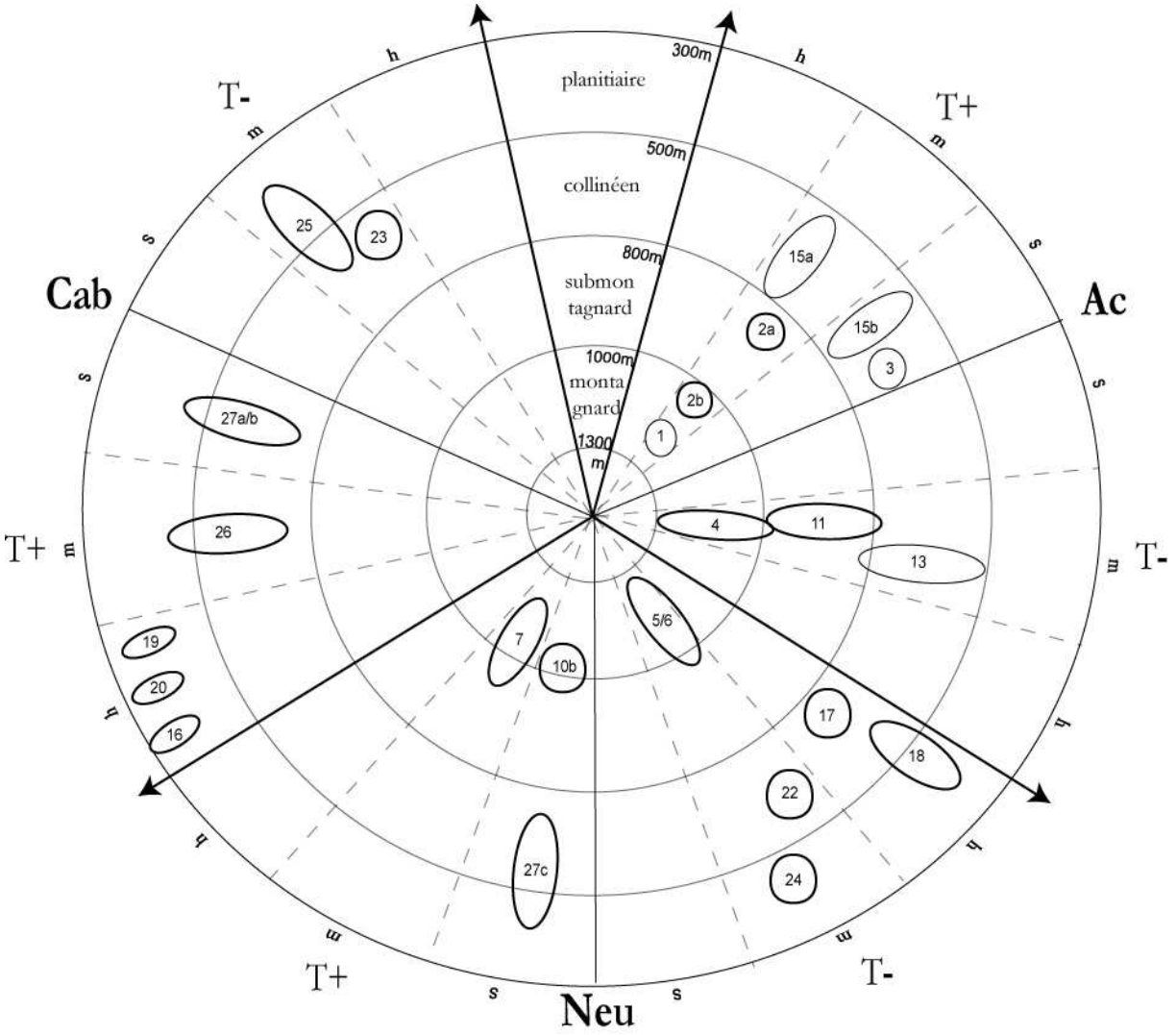


Figure 17 : diagramme écologique de dispersion des associations forestières et arbustives de la zone d'étude (type de représentation d'après Bugnon *et al.* 1981 et Simmonot *et al.* 1982).

Les variables prises en compte sont les suivantes :

- **1/.** Réaction acidobasique du sol : trois quartiers de cercle sont individualisés entre les axes fléchés : Ac: sols acides à acidiclines ; Neu: sols intermédiaires, faiblement acides ou neutres ; Cab: sols basiques ;
- **2/.** Étagement de la végétation (intègre la variable température) : cercles concentriques de l'extérieur vers l'intérieur : étage planitiaire ; étage collinéen ; étage submontagnard et étage montagnard ;
- **3/.** Température : à l'intérieur de chacun des quartiers et pour chaque étage : un sous-quartier chaud (T+) et un sous-quartier froid (T-) : intègre l'exposition (adret, ubac) ;
- **4/.** Humidité édaphique (humidité atmosphérique seule non prise en compte) : à l'intérieur de chaque sous-compartiment précédent : h : sol humide à inondé ; m : conditions moyennes d'humidité, sols profonds bien drainés ; s : sols secs à très secs et rocheux ;

- **5/.**Caractère zonal ou azonal des communautés selon la taille des ellipses : petites ellipses : communautés azonales, édaphophiles ou de faible extension ; grandes ellipses : communautés zonales, climatophiles ou de grande extension.

3.1.2 Formations arbustives

Analyse des données

On prépare un échantillonnage avec tous les relevés de fourrés effectués sur la zone d'étude. On rajoute ceux issus de la bibliographie, correspondant aux associations auxquelles on peut éventuellement rattacher nos relevés (22 syntaxons). On obtient un échantillonnage portant sur 395 relevés phytosociologiques (337 issues de la bibliographie et 58 de nos relevés) et 118 espèces.

La grande majorité des relevés issus de la bibliographie (surtout Billy 1997) ne contiennent que les espèces phanérophytes ou nanophanérophytes ; pour l'analyse nous avons donc supprimé les espèces herbacées provenant de nos relevés. Une analyse Twinspan modified pondérée est effectuée dans Juice, la figure 18 représente le dendrogramme issue de cette analyse MTC.

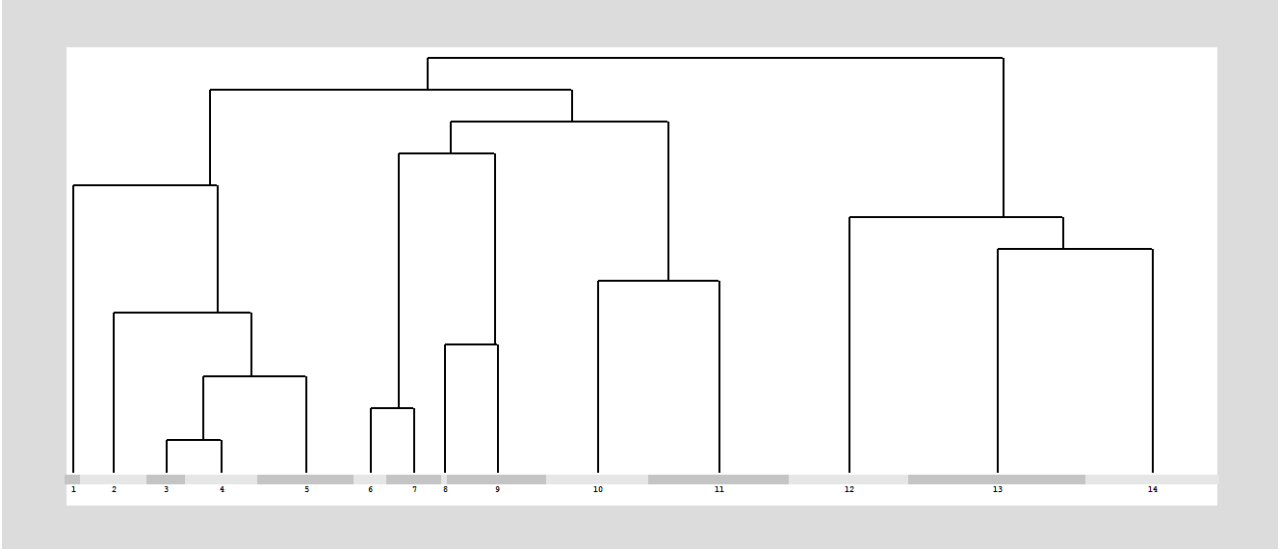


Figure 18 : dendrogramme obtenu à partir de la TMC effectuée sur 395 relevés phytosociologiques et 118 espèces. (analyse pondérée en total inertie, 14 clusters recherchés, les espèces présentes moins de trois fois ont été enlevées).

Il montre un premier niveau de différenciation en deux ensembles principaux en fonction de l'altitude : clusters 1 à 11, communautés plus alticoles, collinéennes à montagnardes ; clusters 12 à 14, communautés plus thermophiles planitiaires à collinéennes. Le premier cluster est séparé en deux clusters principaux : communautés plutôt acidiphiles (1 à 5) et communautés plutôt neutrophiles (6 à 11).
Les 14 clusters de l'analyse pondérée correspondent aux végétations suivantes :

1 : landes hautes ou pré-manteaux mésophiles, dominés par *Cytisus scoparius*, de l'étage collinéen à montagnard (*Veronico chamaedryos-Cytisetum scoparii* et groupement à *Cytisus scoparius* et *Holcus mollis*) ;

2 : fourré collinéen à submontagnard, acidicline à acidiphile sur roche cristalline, xérophile et thermophile (*Junipero communis-Amelanchieretum ovalis*) ;
3-4-5 : fourrés collinéens à submontagnards, acidiclines à acidiphiles sur roche volcanique ou cristalline, mésoxérophiles et thermophiles (*Roso micranthae-Prunetum spinosae rubetosum gillotii* et *rubetosum ulmifolii*) ;
6-7 : fourrés et haies collinéens à submontagnards, mésophiles à mésohygrophiles, mésotrophes à eutrophes, sur socle cristallin (*Pruno padi-Coryletum avellanae* et *Rubo gillotii-Sambucetum nigrae*) ;
8 : manteaux arbustifs de l'étage subalpin inférieur, mésophiles à hygroclines, sur basalte (groupement à *Sorbus*) ;
9 : haie submontagnarde à montagnarde, mésotrophile, acidicline, sur roches volcaniques (*Pruno spinosae-Rosetum vosagiacae*) ;
10-11 : fourrés collinéens à submontagnards, acidiclines à neutrophiles, mésophiles, sur basalte et socle cristallin (*Lonicero periclymeni-Coryletum avellanae* et *Lonicero xylostei-Viburnetum lantanae*) ;
12 : fourrés planitiaires à collinéens, mésophiles à eutrophiles, thermoclines, coteaux de Limagne et vallée alluviale de l'Allier (*Humulo lupuli-Sambucetum nigrae* et *Rubio peregrinae-Viburnetum lantanae*) ;
13 : fourrés planitiaires à collinéens, eutrophiles, rudéraux, thermophiles, mésophiles à mésohygroclines, sur fossés et mares asséchées des plateaux basaltiques ou du lit alluvial asséché de l'Allier et sur les sommets et pentes bien drainées des coteaux de Limagne (*Corno sanguinei-Salicetum purpureae* et *Rubo ulmifolii-Ulmetum minoris*) ;
14 : fourrés collinéens, hélioxérophiles et très thermophiles, basiphiles à acidiclines, sur les coteaux Limagnais (*Coluteo arborescentis-Loniceretum etruscae*).

Présentation des communautés individualisées

Contrairement à d'autres types de végétations, nous avons effectué peu de relevés phytosociologiques de fourrés sur la zone car la plupart des associations, relativement bien connues, sont facilement reconnaissable sur le terrain. Certaines d'entre elles n'ont d'ailleurs pas fait l'objet de relevés personnels ; seule leur description est donnée ici. En appui des descriptions des communautés nous présentons le tableau phytosociologique de nos 58 relevés (tableau 8). Dans la description qui suit le nombre de nos relevés est indiqué entre parenthèses à la suite du nombre de relevés total de chaque groupe. Les espèces caractéristiques et constantes arbustives sont données à partir des observations de Billy (1997), les herbacées à partir de nos propres relevés. Enfin certaines associations, données à titre provisoire par Billy (1997), ont été validées par Thébaud *et al.* (2014) à partir des relevés de taxons ligneux publiés par Billy (1997). Or leur nom pourrait être rejeté comme *nomen dubium* (art. 37) pour la raison qu'il s'agit de relevés incomplets, ne comportant pas les espèces herbacées et ne pouvant donc pas être comparés à d'autres syntaxons déjà publiés. Pour pallier à cette situation qui pourrait conduire à compliquer la nomenclature, nous choisissons ici de compléter les relevés types donnés par Thébaud *et al.* (2014) avec les taxons herbacés à partir des mêmes relevés complets manuscrits de l'auteur dont nous sommes dépositaires à UNIVEGE. On pourra donc garder les mêmes noms d'association ; les relevés types complets fgurent en annexe 6.

Tableau 8 : tableau de relevés des végétations arbustives. Les espèces accidentelles et l'appendix se trouvent à l'annexe 4.

N° groupe	28				29	30			31a						31b									32									33			34		35			36	37		39						40						41b
N° relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Salix caprea	1		1																														2	1			1																			
Rubus idaeus	2	1	2		1				1																		1						1	2		3	2	1				+														
Senecio ovatus		1			2																								1						1	2		1		+		1														
Knautia arvernensis			1	2	+											1																					+				+														
Calluna vulgaris						1	1	1	2																																															
Juniperus communis						1		1					2																																											
Amelanchier ovalis						1	1	1																																																
Brachypodium pinnatum						1				3	2	1		2															1																											
Teucrium scorodonia						1	1												1	1													2								2															
Genista pilosa							1	1							1																																								
Galium verum	1	1								+	1			+		1		1																					+																	
Silene vulgaris			+	+								+		1	1	1		1									+						+					1		1	+															
Agrostis capillaris	2	1	2	1									2		1		2	1			1		1																																	
Dactylis glomerata		1	1												1	1		1		1	1	1	1																																1	
Quercus pubescens							1											1	1	1			1																																	
Ribes alpinum						1							+																	2	2	1																								
Prunus padus																								1	2	1	+	1	1	+	1	1					2																			
Ulmus glabra																								1	3		2			2	3	2										1														
Chaerophyllum temulum																1										2	1				1	1	1	1															1				1	
Galeopsis tetrahit																									+	1	1			1	+	1		1		1	1	1																		
Poa nemoralis			3						2																2	1					1	2				+				3																
Corylus avellana		1			1				2		2													1	3	1	2	1	1	3	3			3	1		1	2		1	2		1													
Fagus sylvatica																										1	2						+			2		2				2	1													
Chaerophyllum aureum				2																					2		+	1	1	1	+	1	3	1				2	+	+																
Conopodium majus				1																							+			+	1	1		+				1	+		+	2	1													
Dryopteris filix-mas																										1	+	1		1	1	1				1				1			1													
Acer platanoides														+										1	+	1		1		2		2								1		+	1				1									
Lonicera xylosteum																									2	1				1	1								1	+		1	1													
Fragaria vesca																									+	1		1										+		1		1														
Primula veris																									+					+	+								+			+	1													
Alliaria petiolata																											+			1	1															1		1	1							
Sorbus aria													2	1	1																					4		1	1	2															
Sorbus aucuparia			1						2																				1							4	1					3														
Calamagrostis arundinacea																																				2	1																			
Astrantia major																																					2																			
Luzula sylvatica																																					4																			
Robinia pseudoacacia																																												1	1	1										
Saponaria officinalis																																															1	1								
Ulmus minor																							1					1		2										+		2			1	1	1	1		1	1	1	1			
Clematis vitalba																																												1	1			1							1	1
Cornus sanguinea												2																																					1	1				1		
Lonicera etrusca																																																								1
Crataegus monogyna		1		2	2	1			1	3		3	+	2	1	1	2	1		1	1	1	1		+	1	2	1	1	+	2	2	2		1			2	3	2		3	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fraxinus excelsior					1	1			3	+	2	3	2		1	1	2	1		1	1	1	1	1	4	1	4	1	1	3	4	3						4	2	3	2	2								1	1	1				1
Prunus spinosa				4	3				3		4	2		3	1	1	3	1	1	1	1	1	1		1					1			2	2					3	1				1				1	1			1		1	1	
Cytisus scoparius	4	1	3	+	3	1	1		3	2	3		2	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1										1	2					1		4															1
Galium aparine											1	1	+	1			1				1			1	1	2	1		3	2	1	2	2				1		+		+		1		1	1	1								
Rosa canina	+			1	1		1		2		+	3	2	2			3				1			+		1				2	1	1					1	2	2		+									1					
Rubus ulmifolius				+	3	1	1		2	2		3	3	3	1		2	1	1	1	1	1	1				2												2	2	1															
Rosa species						1				+						1		1		1	1		1					1													+		1	1		1	1		1	1			1	1	1	1
Urtica dioica			1		1									1			1								1		1	1	1	+				2			1	1		2							1	1		1					1	
Rubus species																1							1		1		1	1						1	3		2						1	1		1	1		1		1	1	1	1	1
Geum urbanum												1													1	1	+	1		2	2	1		2				1	1			1	1				1	1		1						
Prunus avium							1		2		1	2	1	1									1			1	+			2		2		+					1	1				1												1
Geranium robertianum				+	1								2			1								+	1	1	1		3	1		2					+	1			+								1						
Achillea millefolium	+		1			1			3	1	1				1	1	1	1	1				1										1																							
Galium mollugo	+	1		1	2				1							1	1									+						1						1	1	+									1						
Hedera helix						1									1		1		1	1		1		+	1					1	2											1							1						
Arrhenatherum elatius	1		2		1						+		+	1		1	1															1	1					+	+																
Sambucus nigra																1					1						1		+	+			1	1							+			1	1							1			
Valeriana officinalis										1	+		+												+	1			1									+	+		+	1					1									
Holcus mollis					3							2	2	1													2						2	3		1		2		2		2														
Bryonia cretica s. dioica														+			1				1						1	1				1												1			1								1
Quercus robur							1		+				2			2											1				2	2							2			1													
Hypericum perforatum	1	1							1		+				1	1			1	1			1																																	
Acer pseudoplatanus					1								+				3												1	2								2						1							1					
Vicia cracca		1		+								+				1																	1													1									1
Veronica chamaedrys	1		1	1																							1				+												1													
Glechoma hederacea																									+					+			1								1				1				1						
Vicia sepium												+								1						1	+															1	1													
Moehringia trinervia					1				1				+																	1	+											+														
Stellaria graminea	1	1										+				1																	1																						
Taraxacum campylodes	+		1																						1							1										+														
Origanum vulgare			1							1						1				1																					1														
Heracleum sphondylium				+																																			+			+	1												1	
Sambucus racemosa																	1																2	1		1						+														
Quercus petraea						1				1					1																									2															1
Vicia hirsuta											+					1															+							+								1									
Polypodium vulgare							1	1				+																				1																								
Euonymus europaeus																						1					+																	1				1								
Silene dioica				+																										+								+				2														
Acer campestre																		1																															1		1					1
Linaria repens			+	+																													+							+																
Silene nutans					+				2						1																			1																					
Epilobium montanum														1													1												+																	
Salix atrocinerea			3								1																						2																							
Viola reichenbachiana				+																					1		+																													
Cruciata laevipes												+				1															+																								
Athyrium filix-femina																											+									2							1													
Rubus fruticosus									2																						1	2																								
Lonicera periclymenum									1																																2	1														
Lathyrus pratensis														1		1																							+																
Agrimonia eupatoria												+									1																							1												
Betula pendula			2																										1				1																							
Poa chaixii	2		2																																							4														
Viburnum lantana																				1								1														+														
Deschampsia flexuosa					2								2																												1															
Stellaria holostea																										1																1	1													
Abies alba																																						+				+	1													
Lapsana communis	+																											1																												
Rubus discolor																																	3	2																						
Ligustrum vulgare																												1																				1								
Ilex aquifolium																															1												1													
Salix species																								1																						1									
Picea abies																																				2						+														
Salix cinerea																										1																														
Juglans regia																																																								1
Humulus lupulus																																																1								
Populus nigra																																																		1						
Parthenocissus tricuspidata																																												1												
Prunus species																																																1								
Castanea sativa																																																								1
Dioscorea communis																																																			1					
Mahonia aquifolium																																											1													
Rhamnus cathartica	1																																																							
Rosa x scabriuscula														+																																										
Tilia platyphyllos																																										2														
Pinus sylvestris																																											1													
Cedrus libani																																									+															

Descriptif des associations du tableau 8 :

Gp28 : ***Veronico chamaedryos-Cytisetum scoparii*** Coquillard *ex* Thébaud *et al.* 2014.
Ensemble de 7 (4) relevés.
Espèces diagnostiques : *Veronica chamaedrys, Poa chaixii, Conopodium majus, Viola lutea, Gentiana lutea.*
Espèces constantes : *Cytisus scoparius, Prunus spinosa.*
Commentaires descriptifs : lande haute montagnarde dominée par *Cytisus scoparius*, mésophile, sur sol profond. Située à la base des puys sur basalte à une altitude comprise entre 950 et 1050 m.

Gp29 : **groupement à *Cytisus scoparius* et *Holcus mollis*** Billy 1997.
Ensemble de 1 (1) relevé.
Espèces diagnostiques : *Viola arvensis, Carex spicata, Acer pseudoplatanus, Rubus idaeus, Pteridium aquilinum, Holcus mollis, Arrhenatherum elatius, Deschampsia flexuosa, Galium mollugo, Geranium robertianum, Knautia arvernensis, Senecio ovatus, Silene nutans.*
Espèces constantes : *Corylus avellana, Crataegus monogyna, Cytisus scoparius, Fraxinus excelsior, Prunus spinosa, Rosa canina.*
Commentaires descriptifs : lande haute collinéenne à submontagnarde, dominée par *Cytisus scoparius ou Pteridium aquilinum*, mésophile, sur sol profond. Localisé sur le plateau et les rebords de la faille, sur roche cristalline.

Gp30 : ***Junipero communis-Amelanchieretum ovalis*** Billy *ex* B. Foucault & J.-M. Royer 2017.
Ensemble de 27 (3) relevés.
Espèces diagnostiques : *Amelanchier ovalis, Calluna vulgaris, Juniperus communis, Quercus petraea, Sorbus aria, Teucrium scorodonia.*
Espèces constantes : *Cytisus scoparius, Prunus spinosa, Rosa canina.*
Commentaires descriptifs : fourré collinéen à submontagnard, xérophile, thermophile, acidicline à acidiphile, en climat d'abri. Nos relevés sont tous localisés sur le rebord occidental de la faille de la Limagne, sur des éperons rocheux cristallins exposés sud, à une altitude comprise entre 660 et 740 m.

Gp31a et 31b : ***Roso micranthae-Prunetum spinosae*** B. Foucault 1989 ***rubetosum gillotii*** (Billy 1997) Thébaud *et al.* 2014 et ***rubetosum ulmifolii*** (Billy 1997) Thébaud *et al.* 2014
Ensemble de 56 (15) relevés.
Espèces diagnostiques : *Rosa micrantha, Juniperus communis, Brachypodium pinnatum, Astragalus glycyphyllos* ; groupe a : *Rubus gillotii, Lonicera xylosteum* ; groupe b : *Rubus ulmifolius, Cornus sanguinea, Quercus pubescens.*
Espèces constantes : *Crataegus monogyna, Cytisus scoparius, Fraxinus excelsior, Prunus spinosa, Rosa canina.*
Commentaires descriptifs : fruticée épineuse collinéenne à submontagnarde, mésoxérophile, acidicline, thermophile, en climat d'abri. Nos relevés ont été effectués sur le plateau cristallin et sur la faille de la Limagne. La sous-association *rubetosum ulmifolii* est collinéenne et plus thermophile tandis que *rubetosum gillotii* est submontagnarde.

Gp32 : ***Pruno padi-Coryletum avellanae*** Moor 1958.
Ensemble de 27 (9) relevés.
Espèces diagnostiques : *Prunus padus, Salix atrocinerea, Ulmus glabra.*

Espèces constantes : *Fraxinus excelsior, Corylus avellana, Crataegus monogyna, Rosa canina.*
Commentaires descriptifs : haie mésohygrophile de fonds de vallon, collinéenne à submontagnarde.

Gp33 : ***Rubo gillotii-Sambucetum nigrae*** Billy *ex* Roux *hoc loco*. *typus :* rel. F587annexe 6.
Ensemble de 18 (3) relevés.
Espèces diagnostiques : *Sambucus nigra, Chaerophyllum temulum, Epilobium angustifolium.*
Espèces constantes : *Corylus avellana, Crataegus monogyna, Fraxinus excelsior, Prunus spinosa, Rosa canina, Rubus bifrons.*
Commentaires descriptifs : fourré collinéen à submontagnard, eutrophe, rudéral, sur socle cristallin. Nos relevés se situent sur le plateau cristallin et le rebord de la faille.

Gp34 : **groupement à *Sorbus*** Thébaud *et al.* 2014.
Ensemble de 2 (2) relevés.
Espèces diagnostiques : *Astrantia major, Calamagrostis arundinacea, Galeopsis tetrahit, Prenanthes purpurea, Polygonatum verticillatum.*
Espèces constantes : *Sorbus aria, Sorbus aucuparia.*
Commentaires descriptifs : manteau arbustif à sorbier et saule de l'étage subalpin inférieur, mésophile et chionophile. Les relevés ont été effectués sur le puy de Dôme à 1200 et 1300 m d'altitude sur trachyte, à la limite supérieure de la hêtraie, ce groupement est fragmentaire et peu représenté dans la zone d'étude, sauf en pourtour du sommet du puy de Dôme.

Gp35 : ***Pruno spinosae-Rosetum vosagiacae*** Billy *ex* B.Foucault & J.M.Royer 2017.
Ensemble de 17 (3) relevés.
Espèces diagnostiques : *Rosa vosagiaca, Lonicera nigra, Ribes petraeum, Rubus idaeus, Chaerophyllum aureum.*
Espèces constantes : *Crataegus monogyna, Corylus avellana, Fraxinus excelsior, Prunus spinosa, Rosa canina.*
Commentaires descriptifs : haie submontagnarde à montagnarde des versants d'abri, acidicline à neutrophile, mésophile et mésotrophile, sur roches volcaniques. Les relevés ont été faits à l'ouest du plateau cistallin à la base des puys, entre 850 et 990 m d'altitude.

Gp36 : ***Lonicero periclymeni-Coryletum avellanae*** Gillet 1986.
Ensemble de 29 (1) relevés.
Espèces diagnostiques : *Carpinus betulus, Lonicera periclymenum.*
Espèces constantes : *Cornus sanguinea, Corylus avellana, Crataegus monogyna, Prunus spinosa, Rosa canina.*
Commentaires descriptifs : fourré, haie planitiaires à collinéens, mésophiles, localisés sur la faille de la Limagne, sur le socle cristallin.

Gp37 : ***Lonicero xylostei-Viburnetum lantanae*** Billy *ex* B. Foucault & J.-M. Royer 2017.
Ensemble de 25 (2) relevés.
Espèces diagnostiques : *Lonicera xylosteum, Viburnum lantana.*
Espèces constantes : *Corylus avellana, Crataegus monogyna, Fraxinus excelsior, Rosa canina.*
Commentaires descriptifs : fourré submontagnard mésophile, mésotrophile, acidicline, surtout sur basalte.

Gp38a et b : ***Rubio peregrinae-Viburnetum lantanae*** B. Foucault & Julve 2001 ***typicum*** **et** ***loniceretosum periclymeni*** Billy *ex* Roux *subass. nov. hoc loco typus* rel. L243, (annexe 6).
Ensemble de 37 (0) relevés.
Espèces diagnostiques : *Acer campestre, Dioscorea communis, Ligustrum vulgare, Lonicera xylosteum, Viburnum lantana* : groupe 38b : *Lonicera periclymenum, Ilex aquifolium, Rosa arvensis.*
Espèces constantes : *Cornus sanguinea, Corylus avellana, Crataegus monogyna, Fraxinus excelsior, Rosa canina, Euonymus europaeus, Prunus spinosa* ; groupe a : *Euonymus europaeus, Prunus spinosa* ; groupe b : *Fraxinus excelsior.*
Commentaires descriptifs : fourré mésophile planitiaire à collinéen, thermophile, neutrophile à neutrocalcicole. Le type se rencontre sur marnocalcaire et la sous-assiociation sur basalte.

Gp39 : ***Humulo lupuli-Sambucetum nigrae*** Müller *ex* B. Foucault 1991 ***typicum*** **et** ***aceretosum pseudoplatani*** Billy ex Roux *subass. nov. hoc loco typus :* rel. G875, (annexe 6).
Ensemble de 47 (6) relevés.
Espèces diagnostiques : *Humulus lupulus, Robinia pseudoacacia, Saponaria officinalis, Alliaria petiolata, Rubus caesius, Sambucus nigra, Acer pseudoplatanus, Elytrigia repens.*
Espèces constantes : *Humulus lupulus, Bryonia cretica* subsp. *dioica, Rosa canina, Ulmus minor.*
Commentaires descriptifs : fourrés planitiaires à collinéens, eutrophes, rudéraux, thermoménsphiles. Sur les replats et versants de la Limagne et en vallée alluviale.

Gp40 : ***Rubo ulmifolii-Ulmetum minoris*** Billy *ex* Roux *ass. nov. hoc loco . typus* : rel. F621 (annexe 6).
Ensemble de 37 (6) relevés.
Espèces diagnostiques : *Ulmus minor, Dioscorea communis, Bryonia cretica* subsp. *dioica, Arctium lappa.*
Espèces constantes : *Cornus sanguinea, Crataegus monogyna, Prunus spinosa, Rosa canina, Rubus ulmifolius.*
Commentaires descriptifs : fourré collinéen, eutrophe, héliophile et xérocline. Sur les sommets et pentes bien exposées des coteaux de Limagne.

Gp41a et b : ***Coluteo arborescentis-Loniceretum etruscae*** Billy *ex* B. Foucault & J.-M. Royer 2017, ***typicum*** Billy *ex* B.Foucault & J.-M. Royer 2017 ; ***cytisetosum scoparii*** Billy *ex* B.Foucault & J.-M. Royer 2017.
Ensemble de 45 (1) relevés.
Espèces diagnostiques : *Lonicera etrusca, Colutea arborescens, Juglans regia, Prunus cerasus, Rosa agrestis.*
Espèces constantes : *Cornus sanguinea, Crataegus monogyna, Prunus spinosa, Rosa canina, Rubus ulmifolius, Ulmus minor* ; gp b : *Cytisus scoparius.*
Commentaires descriptifs : fourré thermoxérophile et acidicline à basicline de la Limagne à basse altitude. Deux sous-associations sont présentes : une sous-association acidicline sur basalte différencié par *Cytisus scoparius* ; une sous-association type sur versants marnocalcaires.

Corno sanguinei-Salicetum purpureae Billy *ex* Roux *ass. nov. hoc loco . typus :* rel. L7 (annexe 6).
Ensemble de 20 (0) relevés.
Espèces diagnostiques : *Populus nigra, Salix alba, Salix purpurea*

Espèces constantes : *Cornus sanguinea, Crataegus monogyna, Fraxinus excelsior, Prunus spinosa, Rosa canina.*
Commentaires descriptifs : fruticée collinéenne, eutrophe, thermophile et hygrocline. Sur fossés ou mares asséchés des plateaux basaltiques ou dans le lit alluvial asséché de l'Allier.

3.1.3 Landes et formations herbacées

Analyse des données

On sélectionne dans TURBOVEG un échantillonnage regroupant nos propres relevés de landes, pelouse et prairies effectués sur la zone d'étude (183) et les relevés issus de la bibliographie (876), correspondant aux associations auxquelles on peut éventuellement rattacher nos relevés (50 syntaxons). On importe ces relevés dans JUICE, obtenant ainsi un tableau contenant 1059 relevés phytosociologiques et 897 espèces. Une analyse MTC pondérée est effectuée (en supprimant les espèces présentes moins de trois fois). La figure 19 représente le dendrogramme issue de cette analyse.

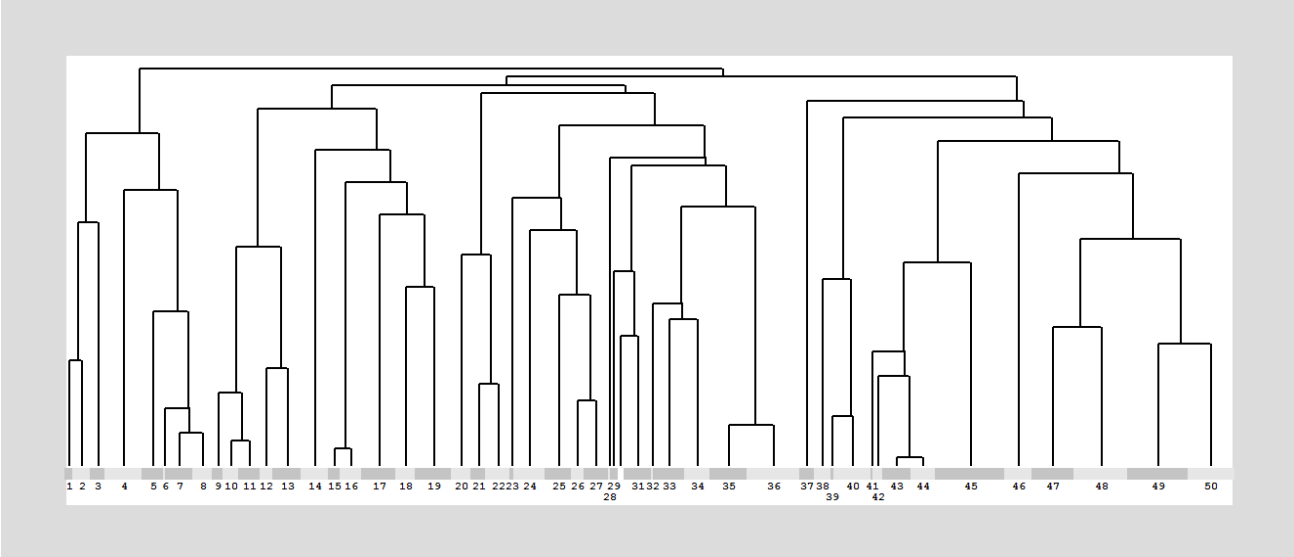


Figure 19 : dendrogramme obtenu à partir de la TMC effectuée sur 1059 relevés phytosociologiques et 630 espèces. (analyse pondérée, en total inertie, 50 clusters recherchés ; suppression des espèces présentes moins de trois fois).

Le dendrogramme laisse apparaître trois subdivisions principales : le premier ensemble représente les végétations palustres, les prairies hygrophiles et les jonçaies, planitiaires à montagnardes (cluster 1 à 8) ; le deuxième ensemble regroupe les landes et pelouses oligotrophiles à oligomésotrophiles avec une subdivision due à l'altitude : du cluster 9 à 19 nous avons les communautés planitiaires à collinéennes plutôt neutroclines à neutrocalciphiles et du cluster 20 à 36 celles acidiphiles à acidiclines, submontagnardes à montagnardes ; le dernier ensemble regroupe les prairies fauchées ou pâturées mésotrophiles à méso-eutrophiles et mésophiles. Les 50 clusters du dendrogramme correspondent aux végétations suivantes :
1 : communautés à Cypéracées du bord des eaux, inondées à leur base une partie de l'année, méso-eutrophiles à eutrophiles, collinéennes à submontagnardes (*Caricetum acutiformis* Eggler 1933) ;
2-3 : prairies hygrophiles à méso-hygrophiles, à inondation plus ou moins longue, mésotrophiles à méso-eutrophiles, planitiaires à submontagnardes (*Eleocharito palustris-*

Oenanthetum fistulosae B. Foucault 2008 ; *Rumici crispi-Juncetum inflexi* Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014) ;
4-5 : prairies pacagées et jonçaies hygrophiles, acidiphiles, oligotrophiles à oligomésotrophiles, montagnardes (*Selino pyrenaei-Juncetum acutiflori* (Luquet 1926) Julve *ex* Thébaud *et al.* 2014; *Loto uliginosi-Scorzoneretum humilis* Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014);
6-7-8 : prairies à inondation temporaire courte, acidiclines, mésotrophiles à méso-eutrophiles, planitiaires à collinéennes (cluster 6 : *Scorzonero humilis-Agrostietum capillaris* Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014) ou collinéennes à submontagnardes (cluster 7 et 8 : *Junco acutiflori-Cynosuretum cristati* Sougnez 1957) ;
9-11 : pelouses xérophiles, thermophiles, sur substrat marno-calcaire, planitiaires à collinéennes (*Koelerio vallesiacae-Helianthemetum apennini* Luquet 1937 *ex* Thébaud *et al.* 2014 ; *Teucrio chamaedrys-Brometum erecti* Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014) ;
12-13 : pelouses mésoxérophiles, sur substrat marno-calcaire, planitiaires à collinéennes (*Onobrychido viciifoliae-Brometum erecti* (Scherrer 1925) Müller 1966) ;
14 : pelouses xérophiles sur sables alluviaux (*Scrophulario caninae-Artemisietum campestris* Billy *ex* J.-M.Royer *et al.* 2006) ;
15-16 : pelouses mésoxérophiles à xérophiles, acidiclines à acidiphiles, sur basalte, roches cristallines, collinéennes à submontagnardes (*Saxifrago granulatae-Helianthemetum nummularii* Billy *ex* Loiseau & Felzines 2010 ; *Pulsatillo rubrae-Dactylorhizetum sambucinae* Dejou & Loiseau 1983) ;
17 : pelouses mésoxérophiles, neutrophiles, surtout sur basalte, planitiaires à collinéennes (*Centaureo approximatae-Brachypodietum pinnati* Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014) ;
18-19 : pelouses mésoxérophiles sur roches volcaniques, collinéennes à submontagnardes (*Chamaespartio sagittalis-Helianthemetum apennini* Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014 ; *Phleo phleoidis-Festucetum lemanii* (Lemée 1959) Billy 2000 *in* Loiseau & Felzines 2010) ;
20-22 : landes et calamagrostidaies subalpines du sommet du puy de Dôme (*Heracleo sphondylii-Calamagrostietum arundinaceae* Michalet & Philippe *ex* Thébaud *et al.* 2014 ; *Alchemillo saxatilis-Vaccinietum uliginosi* Thébaud *ex* Schaminée *et al.* 1993 ; Groupement à *Brachypodium rupestre* et *Calamagrostis arundinacea* ; *Luzulo sylvaticae-Calamagrostietum arundinaceae* Michalet & Philippe *ex* Thébaud *et al.* 2014 ; *Vaccinietum uliginosi-myrtilli* Br.-Bl. 1926 ; *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli* Michalet *et al.* 1989 *salicetosum capreolae* Michalet *et al*. 1989) ;
23 : landes mésophiles aux expositions froides de la chaîne des Puys, montagnardes (*Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli* Michalet *et al*. 1989) ;
24-27 : landes et pelouses mésophiles à xérophiles, acidiphiles, submontagnardes à montagnardes (*Galio saxatilis-Festucetum rubrae* Oberdorfer 1957 ; *Festuco filiformis-Callunetum vulgaris* Michalet *et al.* 1989 ; *Festuco rubrae-Genistetum sagittalis* Issler 1927 *em*. Oberd.1957) ;
28-31 : landes mésophiles, thermoxérophiles, acidiclines, submontagnardes à montagnardes (*Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli* Michalet *et al.* 1989 *senecietosum adonidifolii* Michalet *et al.* 1989 ; *Genisto pilosae-Callunetum* Oberd. 1938 ; *Ranunculo bulbosii-Brachypodietum pinnati* Michalet *et al*. *ex* Thébaud *et al.* 2014 *trifolietosum repentis* Roux *et al*. 2014) ;
32-34 : pelouses mésophiles à mésoxérophiles, plus ou moins thermophiles sur substrat volcanique, montagnardes (*Ranunculo bulbosi-Brachypodietum pinnati* Michalet *et al. ex* Thébaud *et al.* 2014 ; *Diantho monspessulani-Brachypodietum pinnati* Lemée & Carbiener *ex* Michalet *et al.* 1989 *leucanthemetosum vulgaris* Michalet *et al*. 1989) ;
34-36 : pelouses mésophiles à mésoxérophiles, acidiphiles sur trachytes et scories basaltiques, montagnardes (*Diantho monspessulani-Brachypodietum pinnati* Lemée & Carbiener *ex* Michalet *et al.* 1989 *typicum* et *vaccinietosum myrtilli* Michalet *et al.* 1989 ; *Galio saxatilis-*

Vaccinietum myrtilli Michalet *et al.* 1989 *dianthetosum monspessulani* et *nardetosum strictae* Michalet *et al.* 1989) ;
37-38 : prairies ou pelouses, mésophiles, hygroclines, neutrophiles à basiphiles, sur substrat marno-calcaire, planitiaires à collinéennes (*Gymnadenio conopseae-Brachypodietum rupestris* Roux & Thébaud 2010 ; *Onobrychido viciifoliae-Brometum erecti* (Scherrer 1925) Müller 1966) ;
39 : pelouses mésoxérophiles des dépressions du lit majeur de l'Allier (*Vicio luteae-Elytrigietum campestris* (Belin 1978) Felzines 2011) ;
40 : prairies mésotrophiles, thermophiles, planitiaires à collinéennes (*Dauco carotae-Arrhenatheretum elatioris* Görs 1966 *onobrychidetosum viciifoliae* Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014) ;
41-45 : prairies fauchées ou pâturées, méso-eutrophiles, submontagnardes à montagnardes (*Festuco commutatae-Cynosuretum cristati* Tüxen *in* Büker 1942 ; *Heracleo lecoqii-Arrhenatheretum elatioris* B. Foucault 1987 *sphondylietosum* Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014 ; *Knautio arvernensis-Arrhenatheretum elatioris* Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014 *malvetosum moschatae* Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014 ; *Knautio arvernensis-Trisetetum flavescentis* Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014) ;
46 : prairies mésotrophiles, mésoxérophiles, du lit majeur de l'Allier (*Poo angustifoliae-Avenuletum pubescentis* Loiseau & Felzines *in* J.-M.Royer *et al.* 2006) ;
47-48 : prairies oligomésotrophiles, mésoxérophiles, collinéennes à submontagnardes (*Cynosuro cristati-Lolietum perennis* Braun-Blanq. & De Leeuw 1936 ; *Orchido morionis-Saxifragetum granulatae* (Gaume 1925) B. Foucault 1989) ;
49-50 : prairies mésotrophiles, planitiaires à collinéennes (*Alopecuro pratensis-Arrhenatheretum elatioris* (Tüxen 1937) B.Foucault & Julve *in* B.Foucault 2014 ; *Dauco carotae-Arrhenatheretum elatioris* Görs 1966).

Pour faciliter la lecture, la présentation des communautés sera scindée en deux ainsi que le tableau phytosociologique correspondant. Dans une première partie sont présentées les landes, pelouses oligotrophiles (tableau 9) (clusters 9 à 36) ; la seconde partie regroupe les végétations hygrophiles (1 à 8) ou mésophiles et plus eutrophiles (37 à 50) (tableau 10).

3.1.3.1 Landes et pelouses oligotrophiles

Les résultats sont présentés sous forme d'un tableau phytosociologique différentiel global (annexe 4 tableau 3) et d'un tableau synoptique (tableau 9) ordonnés suivant les résultats de la MTC. Avec comme gradient principal l'altitude.

Tableau 9 : tableau synoptique des landes et pelouses oligotrophiles. Pour les groupes n'ayant qu'un relevé, les coefficients donnés en chiffres arabes signifient soit les abondances des taxons dans le relevé (de + à 5), soit la simple présence, notée 1, pour les relevés effectués en présence/absence. Pour les autres groupes les chiffres romains donnent les catégories de fréquences du taxon dans le groupe, soit nb d'occurences/nb total de relevés, (I : 0 à 20% ; II : 21 à 40% ; III : 41 à 60% ; IV : 61 à 80% ; V : 81 à 100%).

n° de groupe		42	43	44	45	46	47a	47b	47c	48a	48b	48c	49a	49b	49c	50a	50b	51	52a	52b	53	54	55	56	57
nb de relevés		5	1	2	6	6	4	7	2	1	11	4	3	7	2	11	8	8	5	3	1	8	3	2	1
Meum athamanticum		II			I					+															
Potentilla aurea		II							III		I														
Scorzoneroides pyrenaica		III				II	II			+	II														
Galium saxatile	*1*	II									II			II			II								
Alchemilla transiens et saxatilis		III	1		I		III																		
Vaccinium uliginosum		IV	2			I	II																		
Dianthus seguieri s. peudocollinus		IV	1	III	II					+	I							II				I			
Persicaria bistorta		IV	1	III	III						I					I									
Luzula sylvatica		III		V	I		II				II														
Doronicum austriacum				V	I																				
Angelica sylvestris	*2a*			V	I																				
Adenostyles alliariae				V																					
Phyteuma spicatum					IV																				
Heracleum sphondylium					IV											I									1
Cyanus montanus					IV									II											
Astrantia major	*2b*	I		III	III	I				+	I			III		I									
Galium mollugo				V	V	V					I		II	III		I	I	II	IV			I			1
Gentiana lutea		I	2	III	III	IV	IV				I			III				II							
Centaurea jacea s. nigra					III	IV					II		II	V	III	I	I	I							
Dianthus hyssopifolius					III	V	III	III					V	V	V				I						
Serratula tinctoria		II	+		V	V							IV	III											
Laserpitium latifolium		I			V	V				+				II											
Calamagrostis arundinacea	*2c*	II		V	V	V	IV						II												
Solidago virgaurea		II	1	V	IV	III	III																		
Allium victorialis				V	V	II																			
Libanotis pyrenaica		I			V	III													I						
Hieracium praecox			+		I	IV	II	III																	
Jacobaea adonidifolia	*2d*				I	IV	III	I										II							
Cotoneaster integerrimus					III	II	V				I														
Sorbus aucuparia		I	+	III			III	I										I							
Sorbus aria		I		III			III	III				II	II				I								
Salix caprea								III																	
Betula pendula	*3*							II										II				I			
Teucrium scorodonia						I	II	V					II					I				II			
Corylus avellana								V			II	II	II	III			I	I	I						
Rubus idaeus		I		V	I	II	III	II	III	2	II				III	I		I					II		
Poa chaixii		III		III	I	II			III	1	III			I		I			I						
Hypericum maculatum		IV		III	II	I				2	IV			III		I									
Potentilla erecta		IV			I					1	V		IV	III		III	II	I				I			
Lathyrus linifolius s. montanus	*4*	II			III	I				1	IV	V	IV	III		I	I								
Stachys officinalis		I			II	III		I		+	III	IV	IV	V	III	I	III	I	I			II			
Thymus pulegioides		I				I		I	III		II	IV	IV	I		IV	I	I	I			I	II		
Festuca rubra		IV			I	I		I			II	II	II	II		V	I	II			1				
Stellaria graminea		I									II			I		III	I	II							
Cerastium fontanum											I	II		I		IV	I	II		II					
Cynosurus cristatus																III		I							
Trifolium repens																IV		I		II		I		III	
Ranunculus bulbosus	*5*												II	I		IV	I	II							
Holcus lanatus											I				III	IV		I	I			I	II		
Veronica chamaedrys		I							III	1				I	III	IV	III								
Trifolium pratense					II				III					III		III	III	II				I		III	1
Plantago lanceolata											I			I	III	IV	V	I	III	IV	1	I			1
Hieracium pilosella						I		II	III			IV	II			I	V	III	III	II	1	III	V		
Potentilla neumanniana												III				I	V	II	III	II	1	II			
Asperula cynanchica											I				III	I	IV	I	IV	II	1	I	II		
Thymus polytrichus	*6a*													I			IV		I	IV		III			
Dianthus carthusianorum																		II	V			I			
Arrhenatherum elatius														II	III	II	II		IV	II				III	
Trifolium arvense																			III	IV					
Eryngium campestre																				IV	1				1
Phleum phleoides																	I	I	II	IV					
Scabiosa columbaria															III	II			V	V	1	II			
Koeleria pyramidata																		I	II	IV		III	II		
Festuca filiformis												II						II		IV		II	IV		
Sedum rupestre	*6b*																I		I	II		II	V		
Pulsatilla rubra																					1	II			
Danthonia decumbens						I					I					II		I	I		1	IV			
Cytisus scoparius								II	III				II	II	V	II	III	IV	I	IV	1	V	IV		
Avenula pratensis		II			II		II				IV		II	III			II	II		II		IV			
Prunus avium																						IV			
Teesdalia nudicaulis	*6a*																					III			
Senecio sylvaticus																						II	II		
Anthericum liliago																						II			
Lathyrus pratensis					III						I			I		I			I					V	1
Poa pratensis	*7*												II					II	I					V	1
Centaurea jacea															III									V	1
Onobrychis viciifolia																								III	1
Brachypodium pinnatum					II	V	II	IV	III	3	IV	V	IV	V	V	V	V	IV	III			III	II	V	1
Agrostis capillaris		III			III	I		IV	III	+	IV	IV	IV	V	V	V	V	II	I	IV		IV	II		
Calluna vulgaris		III	3			V	IV	V	V		V	V	V	II		II	IV	IV	I		1	V	IV		
Deschampsia flexuosa		V	2		III	V	IV	V	III	1	V	II	V	III		II	IV	II	II			II	V		
Galium verum		II				II			V		V	IV	II	V	V	V	IV	IV	III	IV	1	II		V	1
Achillea millefolium		I			III	IV	III		III		III	II		III	V	IV	IV	III	IV	V	1	IV		III	1
Anthoxanthum odoratum		II				I		IV	III	1	III	V	IV	IV		V	II	II	IV	IV		I	V		
Vaccinium myrtillus		V	2	V	I	V	V	V	III	2	V	IV	V	III			I	II							
Helianthemum nummularium					II	II		I			II	IV	IV	V	III	IV	IV	IV	IV	IV	1	II			
Lotus corniculatus		I			I				III		II	III	II	III	III	V	V	II	III	IV		I	II	V	1
Festuca lemanii		III	2		I	III	II	II	V	+	IV	II	IV	II	III	I	IV	I	V	II		II	IV		
Genista pilosa		II	+			III	IV	V	III	1	I	III	II	III		I	II	III	II			IV	V		
Campanula rotundifolia		I	+		I	III	V	III			III	V	II	II		II	III	II	I						
Viola lutea		III		III	V	III			III	1	III	II	IV	III	III	III	II	II							
Briza media						I					II	III	II	III	III	II	III	II	I			II			1
Genista sagittalis					I	II					I		IV	II			II	III	I	IV	1	III	II		
Sanguisorba minor												II	II	IV	III	I	II		V	IV		II		III	1
Euphorbia cyparissias						I	III				I			II		III	I	II	II	V	1				

n° de groupe	42	43	44	45	46	47a	47b	47c	48a	48b	48c	49a	49b	49c	50a	50b	51	52a	52b	53	54	55	56	57
nb de relevés	5	1	2	6	6	4	7	2	1	11	4	3	7	2	11	8	8	5	3	1	8	3	2	1
Rumex acetosa	IV				III			III		II			I	III	III	I		I					III	
Hypochaeris radicata											II		II		III	III	II	I	II	1		V		
Silene vulgaris				IV	II						II		II		II		II	III						
Nardus stricta										I	V				I	II	III				I			
Linaria repens	I	+	III	II	II	III	II	III	1	I					I							II		
Dactylis glomerata				I									III	III	III		I	I			I	II	III	1
Luzula campestris	I									I	II		I		I	III	II				II			
Hieracium umbellatum	II	+		III	III	II			+	I			III											
Hypericum perforatum					I					I	II			III	I	II	I	I	IV		I		V	
Polygala vulgaris					I					I			I	III	II	II	I	I			II			
Silene nutans					III	II	I			I			II					I	II	1	II			
Galium pumilum				I					+	I		II	III		I	I						V		
Festuca ovina				I	I	IV	I				III				I		I			1				
Crataegus monogyna										I	II		III		I				II		II		III	
Veronica officinalis	I							III		I	II				II		II							
Pteridium aquilinum															III	II		III						
Pimpinella saxifraga										I			III		II		I							
Carex species				I		II		III								I	II	I			II			
Veronica arvensis											II				I	I	II		IV	1			III	
Rhinanthus minor		+		III						I						II							III	1
Trisetum flavescens													I		I	I	I		II				III	1
Jasione laevis		1			I		I			I							I	I				IV		
Campanula glomerata				II						I			I	III				III						
Avenula pubescens					I					I		II			I		II	II						
Fraxinus excelsior							I					II									IV			
Trifolium campestre															I	I	I		II	1			III	
Quercus robur																	II				II			
Pinus sylvestris						II	II				II											IV		
Leucanthemum vulgare										I			I		I	I	I						III	
Juniperus communis											II					II	I	II						
Taraxacum campylodes													I		I								III	1
Carex caryophyllea	I									I						I					I			
Tragopogon pratensis				II									I	III	I									1
Rumex acetosella										I						I		I	II		I	II		
Festuca species										I							I		II		II	II		
Hylotelephium maximum				II	II																I			
Clinopodium vulgare													III		I									1
Knautia arvernensis													II	III	I								III	
Leontodon hispidus													I		I	I		I						1
Cirsium arvense														V	I	I								
Prunella vulgaris													I	III	I	I								
Agrostis stolonifera					I						II		I					I			I			
Rosa species														III	I						II		III	
Digitalis purpurea			III			III				I														
Picea abies							II			I												II		
Potentilla recta							I				III					I								
Valeriana officinalis				II									I		I									
Hypochaeris maculata					I																II			
Aquilegia vulgaris				III												I								
Conopodium majus			III							I								I						1
Agrostis vinealis	I				I																II			
Cirsium eriophorum															I		I							1
Aira caryophyllea																	I		II	1	I			
Aconitum lycoctonum			III	II																				
Echium vulgare																		II				II		
Cirsium vulgare											II				I							II		
Vicia hirsuta																	II		II					
Filago minima																			II	1	I			
Festuca arvernensis																			II		II			
Cruciata laevipes														III	I				II					
Holcus mollis					I			III		I														
Carex umbrosa	I	+		I																				
Viola canina													I		I	I								
Carlina vulgaris															I			I				II		
Hieracium species							I											I			I			
Bromus hordeaceus																	I	I					III	
Luzula multiflora	II	1																						
Origanum vulgare				I														I					III	
Knautia basaltica				II									I											
Taraxacum species															II									
Festuca pratensis																	II						III	
Polygonatum verticillatum			III	II																				
Euphrasia species															I	I				1				
Primula veris													I	III										1
Alchemilla vulgaris								III		I					I									
Stellaria holostea				II					+															

Présentation des communautés individualisées

Détermination des groupes de taxons différentiels

GTD1 : oligotrophiles, acidiphiles, mésophiles montagnardes à subalpines (*Genisto-Vaccinion* et *Galio-Potentillon aureae*) ;
GTD2 : hautes herbes mésotrophiles montagnardes à subalpines (surtout *Mulgedio-Aconitetea*) ;

2a- hygroclines méso-eutrophiles sciaphiles (*Adenostylion alliariae*) ;
2b- mésophiles mésotrophiles ;

2c- mésophiles thermoclines (*Calamagrostion arundinaceae*) ;
2d- xéroclines, thermoclines, *(Juniperion nanae);*
GTD3 : phanérophytes pionnières et taxons de lisières forestières ;
GTD4 : oligomésotrophiles acidiclines prairiales (*Nardetea*, *Trifolio-Geranietea*) ;
GTD5 : mésotrophiles à méso-eutrophiles, neutrophiles prairiales (surtout *Arrhenatheretea*) ;
GTD6 : xérophiles à xéroclines, oligotrophiles, thermophiles de basse altitude ;
6a- amphitolérantes (*Festuco-Brometea*) ;
6b- acidiclines à acidiphiles ;
GTD7 : autres mésophiles prairiales.

Descriptif des associations du tableau 3 de l'annexe 4 :

Gp42 : ***Vaccinietum uliginosi-myrtilli*** Braun-Blanq. 1926 ***vaccinietosum uliginosi*** Michalet & Philippe *ex* Thébaud *et al.* 2014.
Cet ensemble de 5 relevés est différencié par les GTD 1et 4.
Espèces diagnostiques : *Alchemilla transiens, Anemone nemorosa, Dianthus seguieri* subsp. *peudocollinus, Euphrasia stricta, Festuca nigrescens, Hieracium prenanthoides, Hypericum maculatum, Leucanthemum delarbrei, Luzula multiflora, L. sylvatica, Maianthemum bifolium, Meum athamanticum, Persicaria bistorta, Potentilla aurea, Rumex acetosa, Scorzoneroides pyrenaica, Vaccinium uliginosum.*
Espèces constantes : *Deschampsia flexuosa, Festuca rubra, Potentilla erecta, Vaccinium myrtillus, Calluna vulgaris.*
Commentaires descriptifs : lande mésophile, oligotrophile à oligomésotrophile de l'étage subalpin. La sous-association *vaccinietosum* est cantonnée dans le subalpin inférieur ou montagnard supérieur de l'Auvergne. Dans la zone étudiée on la trouve seulement sur le puy de Dôme et le petit puy de Dôme, entre 1250 et 1410 m d'altitude. En ubac, sur trachyandésite sur le puy de Dôme et sur basalte sur le petit puy de Dôme. Association considérée par Braun Blanquet (1926) comme permanente.

Gp43 : ***Alchemillo saxatilis-Vaccinietum uliginosi*** Thébaud *ex* Schaminée *et al*. 1993.
1 seul relevé différencié par les GTD 1 et 2c *p.p.*
Espèces diagnostiques : *Alchemilla saxatilis, Vaccinium uliginosum, Hieracium praecox, Persicaria bistorta, Luzula multiflora, Jasione laevis, Cladonia* pl. sp. ; communauté paucispécifique au niveau des plantes vasculaires, riche en cryptogammes.
Espèces constantes : *Calluna vulgaris, Vaccinium myrtillus, V. uliginosum, Deschampsia flexuosa, Festuca nigrescens.*
Commentaires descriptifs : lande subalpine, hélioxérophile et cryophile. Localisé uniquement sur le puy de Dôme, sur les arêtes trachytiques exposées au nord ou ouest, à 1400 m d'altitude.

Gp44 : ***Luzulo sylvaticae-Calamagrostietum arundinaceae*** Michalet & Philippe 1994.
Cet ensemble de 2 relevés est différencié par le GTD 2.
Espèces diagnostiques : *Luzula sylvatica, Euphorbia hyberna, Persicaria bistorta, Adenostyles alliariae, Geranium sylvaticum, Knautia basaltica, Lilium martagon, Trollius europaeus, Allium victorialis, Aconitum lycoctonum, Angelica sylvestris, Astrantia major.*
Espèces constantes : *Agrostis capillaris, Anthoxanthum odoratum, Calamagrostis arundinacea, Sanguisorba officinalis.*
Commentaires descriptifs : mégaphorbiaie subalpine, hygrocline, sciaphile, sur trachyte ou trachy-andésite. Rare, localisée dans quelques combes enneigées sur le bas du versant nord du puy de Dôme, à 1350 m d'altitude.

Gp45 : ***Heracleo sphondylii-Calamagrostietum arundinaceae*** Michalet & Philippe 1994.
Cet ensemble de 6 relevés est différencié par les GTD 1 *p.p.*, 2b,c et d et 4 *p.p.*
Espèces diagnostiques : *Cotoneaster integerrimus, Heracleum sphondylium, Aconitum lycoctonum, Allium victorialis, Aquilegia vulgaris, Calamagrostis arundinacea, Cyanus montanus, Libanotis pyrenaica, Phyteuma spicatum**,** Pimpinella major, Lilium martagon, Hylotelephium maximum, Knautia basaltica, K. gracilis, Laserpitium latifolium, Polygonatum verticillatum, Senecio cacaliaster, Serratula tinctoria* subsp. *monticola*. Grande richesse spécifique.
Espèces constantes : *Calamagrostis arundinacea, Solidago virgaurea, Viola lutea.*
Commentaires descriptifs : calamagrostidaie thermomésophile de l'étage subalpin, dans les concavités en adrets ou sur les versants d'abri. Présente uniquement sur le puy de Dôme, sur trachytes, au-dessus de 1260 m.

Gp46 : **Groupement à *Brachypodium rupestre* et *Calamagrostis arundinacea*** Billy 2000.
Cet ensemble de 6 relevés est différencié par les GTD 2b, c et d et 4.
Espèces diagnostiques : *Arnica montana, Calamagrostis arundinacea, Dianthus hyssopifolius, Festuca billyi, Hieracium praecox, Hylotelephium maximum, Jacobaea adonidifolia, Laserpitium latifolium, Libanotis pyrenaica, Sanguisorba officinalis, Serratula tinctoria, Succisa pratensis.*
Espèces constantes : *Calamagrostis arundinacea, Calluna vulgaris, Achillea millefolium, Brachypodium pinnatum, Centaurea jacea* subsp. *nigra, Deschampsia flexuosa, Gentiana lutea, Vaccinium myrtillus.*
Commentaires descriptifs : calamagrostidaie montagnarde appauvrie, mésoxérophile, entre 1180 et 1400 m d'altitude, sur trachyandésite. Présente sur les versants sud et est du puy de Dôme, au Cliersou et au grand Sarcouy.

Gp47 : ***Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli*** Michalet *et al.* 1989 ***senecietosum adonidifolii*** Michalet *et al.* 1989.
Cet ensemble de 13 relevés est différencié par le GTD 3.
Espèces diagnostiques : *Betula pendula, Salix caprea, Corylus avellana, Carex pilulifera, Jacobaea adonidifolia, Hieracium murorum, Senecio ovatus.*
Espèces constantes : *Brachypodium pinnatum, Calluna vulgaris, Vaccinium myrtillus, Deschampsia flexuosa, Genista pilosa.*
Commentaires descriptifs : lande xérothermophile montagnarde, localisée sur les pentes sud des puys, sur affleurements trachytiques, située dans la zone centrale (puy de Dôme, Suchet, Grand Sarcouy, Cliersou) et dans la partie nord de la chaîne des Puys (puys de Jumes, Coquille) à une altitude comprise entre 1070 et 1390 m. Les relevés peuvent être séparés en 2 sous-groupes avec : une variante subalpine à *Cotoneaster integerrimus* uniquement sur trachyte et sur le puy de Dôme (47a) et une variante type (47b), hyperacidiphile et xérophile, sur rochers trachytiques affleurants ou sur des zones dénudées qui comporte une variante plus pauvre (47c). Ce groupement a une forte individualité au sein du *Galio-Vaccinietum*. Il se rapproche du *Jasione laevis-Callunetum vulgaris* Michalet & Philippe *ex* Thébaud *et al.* 2014 décrit dans l'étage subalpin des monts Dore, sous une forme plus montagnarde, appauvrie en orophytes.

Gp48 : ***Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli*** Michalet *et al*. 1989
Cet ensemble de 13 relevés est différencié par les GTD 1et 4.
48a : ***salicetosum capreae*** Michalet *et al*. 1989 (1 relevé).
48b : ***dianthetosum monspessulani*** Michalet *et al.* 1989 et ***festucetosum lemanii*** Michalet *et al.* 1989 (11 relevés).

48c : ***nardetosum strictae*** Michalet *et al.* 1989 (4 relevés).
Espèces diagnostiques : *Galium saxatile,* a : *Salix* x *capreola, Scorzoneroides pyrenaica, Carex pilulifera, Deschampsia flexuosa, Dianthus seguieri* subsp. *seguieri, Serratula tinctoria, Poa chaixii ; b* : *Ajuga reptans, Potentilla erecta, Thesium alpinum; c* : *Nardus stricta, Calluna vulgaris, Campanula rotundifolia, Carex caryophyllea, Danthonia decumbens.*
Espèces constantes : *Agrostis capillaris, Brachypodium pinnatum, Galium verum, Stachys officinalis* (b), *Vaccinium myrtillus* (b), *Festuca lemanii* (a et b), *Calluna vulgaris* (a et b), *Deschampsia flexuosa* (b et c), *Genista pilosa* (a et c).
Commentaires descriptifs : landes mésophiles montagnardes, aux expositions froides ou ventées dans la partie centrale et nord de la chaîne des Puys. 48a : sous-association la plus alticole (1250 m) et cryophile de la lande, sur trachy-andésite. 48b : ce groupe rassemble deux sous-associations : *dianthetosum monspessulani,* plus mésophile, se situe sur les concavitées des ubacs ; *festucetosum lemanii,* plus xérophile et en position sommitale. Tous les relevés se trouvent dans la partie centrale de la chaîne des Puys, sur cône basaltique ou trachy-andésitique, à une altitude comprise entre 1100 et 1260 m. 48c : lande surpâturée, localisée sur les cônes stromboliens basaltiques (pouzzolane) de la zone centrale de la chaîne des Puys (Traversin et sommet du petit puy de Dôme), à une altitude comprise entre 1100 et 1260 m.

Gp49 : ***Diantho monspessulani-Brachypodietum pinnati*** Lemée & Carbiener *ex* Michalet *et al.* 1989.
Cet ensemble de 13 relevés est différencié par les GTD 2b et c et 4.
49a : ***vaccinietosum myrtilli*** Michalet *et al* 1989 (3 relevés).
49b : ***typicum*** Michalet *et al.* 1989 (7 relevés).
49c : ***leucanthemetosum vulgaris*** Michalet *et al*. 1989 (2 relevés).
Espèces diagnostiques : *Dianthus hyssopifolius, Centaurea jacea* subsp. nigra, 49a : *Avenula pratensis, Calluna vulgaris, Cotoneaster integerrimus, Deschampsia flexuosa, Genista pilosa, G. sagittalis, Phyteuma spicatum, Pimpinella saxifraga, Teucrium scorodonia, Vaccinium myrtillus*; 49b : *Astrantia major, Clinopodium vulgare, Phyteuma nigrum, Pimpinella saxifraga, Prunella grandiflora, Platanthera chlorantha, Scorzoneroides autumnalis, Ranunculus tuberosus, Stachys officinalis*; 49c : *Asperula cynanchica, Campanula glomerata, C. persicifolia, C. rotundifolia, Jacobaea adonidifolia, Koeleria pyramidata, Prunella grandiflora, Stachys officinalis, Thymus pulegioides.* Communauté à grande richesse spécifique.
Espèces constantes : *Brachypodium pinnatum, Agrostis capillaris, Helianthemum nummularium, Galium verum, Festuca lemanii, Achillea millefolium, Briza media* (a et c); *Sanguisorba minor* (b et c); 49a : *Campanula rotundifolia, Gentiana lutea;* 49b : *Anthoxanthum odoratum*; 49c : *Avenula pratensis, Genista pilosa, Genista sagittalis.*
Commentaires descriptifs : pelouse montagnarde acidicline, mésoxérophile, sur scories basaltiques avec parfois un recouvrement trachytique. Sur les versants d'exposition favorable, entre 1040 et 1230 m d'altitude. Répandue dans la zone centrale, aux puys de Côme, Goules, Suchet… ; plus rare dans les parties sud et nord de la chaine. 49c : sous-association plus basicline et mésotrophile de la pelouse ; héberge des taxons des *Arrhenathereatea*. Deux relevés localisés dans la zone d'étude, un dans la zone sud de la chaîne des Puys, sur le puy de Pourcharet, exposé sud-est sur pente forte, sur scorie basaltique à 1100 m d'altitude ; l'autre dans la partie nord en contrebas du versant ouest du puy de Creux Morel, à 940 m d'altitude. 49a : sous-association acidiphile, localisée dans la partie centrale de la chaîne des Puys (Suchet, petit Suchet, Grand Sarcouy) sur trachyte, entre 1130 et 1175 m.

Gp50 : ***Ranunculo bulbosi-Brachypodietum pinnati*** Michalet *et al.* 1989 *ex* Thébaud *et al.* 2014.
Cet ensemble de 21 relevés est différencié par les GTD 4, 5 et 6. Deux sous-associations se différencient :
50a : ***trifolietosum pratensis*** Roux *et al*. *ex* Thébaud *et al.* 2014 (11 relevés).
50b : ***typicum*** (8 relevés).
Espèces diagnostiques : *Ranunculus bulbosus*; 50b : *Luzula campestris, Potentilla neumanniana*; 50a : *Cerastium fontanum, Cynosurus cristatus, Festuca rubra, Holcus lanatus, Pteridium aquilinum, Stellaria graminea, Trifolium repens, Veronica chamaedrys.*
Espèces constantes : *Brachypodium pinnatum, Achillea millefolium, Agrostis capillaris, Calluna vulgaris, Lotus corniculatus, Helianthemum nummularium, Galium verum, Plantago lanceolata* ; 50a : *Anthoxanthum odoratum, Thymus pulegioides, Trifolium pratense;* 50b : *Asperula cynanchica, Deschampsia flexuosa, Festuca lemanii, Hieracium pilosella.*
Commentaires descriptifs : pelouse montagnarde, mésoxérophile, thermophile, acidicline. Présente dans la zone sud, principalement sur les versants d'expositions défavorables des cônes (puys de la Vache, Lassolas) entre 995 et 1165 m d'altitude. Ainsi qu'au bas des pentes ou sur la partie volcanique du plateau et sur les cheires dans la partie centrale et nord de la chaîne, entre 940 et 995 m d'altitude (base du puy de Dôme, cheire du Pariou). 50a : sous association plus mésophile que le type, située dans la partie sud de la chaîne des Puys, ainsi qu'à la base des puys, entre 900 et 1165 m d'altitude. Essentiellement sur basalte recouvert de trachyte ou trachy-andésite.

Gp51 : ***Festuco rubrae-Genistetum sagittalis*** Issler 1927 *em*. Oberdorfer 1957.
Cet ensemble de 8 relevés est différencié par les GTD 4 *p.p.*, 5 *p. p.* et 6.
Espèces diagnostiques : *Genista sagittalis, Festuca pratensis*, (*F. rubra* subsp…) *Nardus stricta, Phleum pratense.*
Espèces constantes : *Calluna vulgaris, Galium verum, Genista sagittalis, Helianthemum nummularium, Hieracium pilosella.*
Commentaires descriptifs : pelouse ou nardaie submontagnarde, acidiphile, xérocline, thermocline. Sur le plateau cristallin environnant la chaîne des Puys (puy de Manson, la Croix de Ternant, Lacassière) entre 860 et 990 m d'altitude.

Gp52 : ***Phleo phleoidis-Festucetum lemanii*** (Lemée 1959) Billy 2000 *in* Loiseau & Felzines 2010.
Cet ensemble de 8 relevés est différencié par les GTD 6a.
52a : ***campanuletosum glomeratae*** Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014 (5 relevés).
52b : ***typicum*** (3 relevés).
Espèces diagnostiques : *Phleum phleoides, Arenaria serpyllifolia, Dianthus carthusianorum, Trifolium arvense* ; 52a : *Campanula glomerata, Bromus sterilis, Anthyllis vulneraria, Arrhenatherum elatius, Asperula cynanchica, Scabiosa columbaria, Sanguisorba minor*; 52b : *Aira caryophyllea, Armeria arenaria, Koeleria macrantha, Trifolium striatum.*
Espèces constantes : *Achillea millefolium, Festuca lemanii, Helianthemum nummularium*; *Galium verum, Genista sagittalis, Sanguisorba minor, Scabiosa columbaria, Thymus polytrichus* subsp. *britannicus, Eryngium campestre, Euphorbia cyparissias.*
Commentaires descriptifs : pelouse collinéenne à submontagnarde, xérophile, acidicline, thermophile. Se localise dès les rebords cristallins juqu'aux édifices volcaniques entre 720 et 1195 m. 52a : sous-association moins xérophile, localisée sur les pentes sud de certains cônes sur basalte entre 1090 et 1195 m d'altitude, dans la zone sud de la chaîne des Puys : Vichatel, la Vache, Pourcharet. Traduit une remontée de l'étagement de la végétation dans cette zone d'abri.

Gp53 : ***Pulsatillo rubrae-Dactylorhizetum sambucinae*** Dejou & Loiseau 1983.
1 seul relevé différencié par le GTD 6.
Espèces diagnostiques : *Dactylorhiza sambucina, Pulsatilla rubra, Koeleria* sp., *Anacamptis pyramidalis, Teesdalia nudicaulis, Myosotis discolor, Viola arvensis, Veronica austriaca* subsp. *dubia.*
Espèces constantes : *Helianthemum nummularium, Saxifraga granulata, Festuca lemanii, Achillea millefolium, Ranunculus bulbosus, Plantago lanceolata, Genista sagittalis, Eryngium campestre, Luzula campestris.*
Commentaires descriptifs : pelouse mésoxérophile sur roches cristallines du rebord de la faille de la Limagne. Un seul relevé effectué au puy de la Charité à 740 m d'altitude.

Gp54 : ***Genisto pilosae-Callunetum vulgaris*** (Braun-Blanq.) Oberd.1938.
Cet ensemble de 8 relevés est différencié par le GTD 6b.
Espèces diagnostiques : *Aira praecox, Anacamptis morio, Anthericum liliago, Danthonia decumbens, Festuca arvernensis* subsp. *arvernensis, Hieracium maculatum, Hypochaeris maculata, Koeleria pyramidata, Micropyrum tenellum, Teesdalia nudicaulis.*
Espèces constantes : *Cytisus scoparius, Calluna vulgaris, Genista pilosa, Achillea millefolium, Agrostis capillaris, Avenula pratensis.*
Commentaires descriptifs : lande basse xérophile, thermophile et acidiphile, des gorges et du plateau cristallin, entre 580 et 995 m d'altitude.

Gp55 : ***Festuco filiformis-Callunetum vulgaris*** Michalet Coquillard & Gueugnot 1989.
Cet ensemble de 3 relevés est différencié par le GTD 6 *p.p.*
Espèces diagnostiques : *Pinus sylvestris, Juniperus communis, Festuca filiformis, Galium pumilum.*
Espèces constantes : *Genista pilosa, G. sagittalis Calluna vulgaris, Deschampsia flexuosa, Cytisus scoparius, Hieracium pilosella, Campanula rotundifolia, Viola canina, Thymus pulegioides, Galium verum, Anthoxanthum odoratum.*
Commentaires descriptifs : lande acidiphile submontagnarde thermoxérophile ; existe essentiellement sur roches volcaniques, aux versants d'expositions favorables de la zone sud, en particulier, Vichatel, la Toupe, Montgy, Combegrasse…

Gp56 : ***Centaureo approximatae-Brachypodietum pinnati*** Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014.
Cet ensemble de 2 relevés est différencié par le GTD 7.
Espèces diagnostiques : *Armeria alliacea, Centaurea jacea* subsp. *timbalii, Crepis capillaris, Dianthus armeria, Lathyrus pratensis, Linum catharticum, Prunella laciniata, Trifolium rubens, Viola hirta.*
Espèces constantes : *Brachypodium pinnatum, Lotus corniculatus, Lathyrus pratensis, Euphorbia cyparissias, Briza media, Achillea millefolium.*
Commentaires descriptifs : pelouse planitiaire à collinéenne, mésoxérophile, neutrophile, surtout sur basalte sur les sommets des coteaux de Limagne (Gergovie, Montrognon, Côtes de Clermont, Chateaugay).

Gp57 : ***Onobrychido viciifoliae-Brometum erecti*** (Scherrer 1925) Müller 1966.
1 seul relevé différencié par le GTD 7.
Espèces diagnostiques : *Onobrychis viciifolia, Orchis purpurea, Vicia tenuifolia, Ononis spinosa* subsp. *spinosa, Himantoglossum hircinum, Polygala vulgaris, Crepis foetida, Securigera varia, Bromus erectus, Origanum vulgare.*
Espèces constantes : *Brachypodium pinnatum, Eryngium campestre, Sanguisorba minor, Salvia pratensis, Lotus corniculatus, Ranunculus bulbosus, Briza media.*

Commentaires descriptifs : pelouse planitiaire à collinéenne, mésophile, sur substrat marno-calcaire, sur pente faible et exposition froide, de la plaine et des coteaux. Un seul relevé effectué dans la zone d'étude, situé sur le flanc ouest du plateau de Gergovie, à 690 m d'altitude, mais se trouve également sur les autres coteaux (Montaudoux, puy de Bane, puy de Var, coteaux de Pérignat).

Autres associations présentes sur le territoire d'étude, mais non représentées par des relevés dans le tableau 3 de l'annexe 4.

Koelerio vallesiacae-Helianthemetum apennini Luquet *ex* Thébaud *et al.* 2014.
Commentaires descriptifs : pelouse planitiaire à collinéenne, xérophile, thermophile, sur substrat marno-calcaire et pépérite. Courante sur les coteaux de Limagne, sur sols très peu profonds.

Teucrio chamaedrys-Brometum erecti Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014.
Commentaires descriptifs : pelouse planitiaire à collinéenne, mésoxérophile, basiphile, calcicole, sur substrat marno-calcaire et sols plus profonds que la précédente. Courante au niveau des coteaux de Limagne, aux expositions favorables.

Gymnadenio conopseae-Brachypodietum rupestris Roux & Thébaud 2010.
Commentaires descriptifs : pelouse planitiaire à collinéenne, sur marnes riches en argiles. Localisée dans les fonds de Limagne cette association traduit une certaine humidité édaphique (Roux & Thébaud 2010).

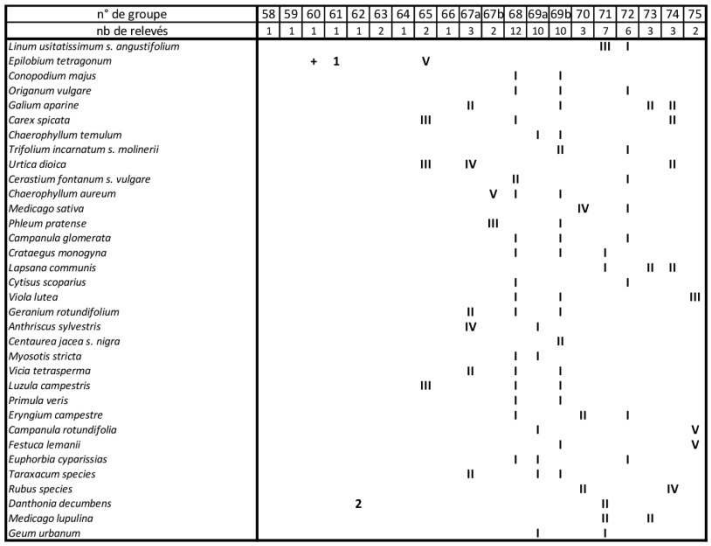
3.1.3.2 Végétations mésotrophiles à méso-eutrophiles

Parmi ces végétations nous avons réalisé peu de relevés phytosociologiques dans les zones "humides" en raison de leur faible représentation dans le secteur d'étude. La chaîne des Puys d'une part, présente un caractère « désertique » dû au substrat constitué de scories très perméables, n'autorisant pas l'individualisation d'un réseau hydrographique. D'autre part, en plaine, les drainages agricoles anciens et l'urbanisme, ont supprimé la quasi-totalité des végétations de marais. Seule la rivière Allier offre une zone humide d'envergure.

Les résultats sont présentés sous forme d'un tableau phytosociologique différentiel global (annexe 4 tableau 4) et d'un tableau synoptique (tableau 10) ordonné suivant les résultats de la MTC. Parmi les prairies mésophiles le principal gradient de différenciation est l'humidité édaphique.

n° de groupe		58	59	60	61	62	63	64	65	66	67a	67b	68	69a	69b	70	71	72	73	74	75
nb de relevés		1	1	1	1	1	2	1	2	1	3	2	12	10	10	3	7	6	3	3	2
Glyceria fluitans		4					III														
Alisma plantago-aquatica		3		+																	
Eleocharis palustris	1a	+		+																	
Persicaria amphibia		2	+		1																
Rorippa amphibia			2																		
Carex acutiformis			5																		
Phalaris arundinacea	1b		1	2														II			
Juncus inflexus					2																
Lycopus europaeus					1																
Bidens frondosa				2	2																
Ranunculus repens				2	2	2	III	1			II		I								
Juncus effusus				2	4	2	III	3	V	1											
Cirsium palustre						2	V	2	V	1											
Carex ovalis						+	III	1	V												
Lotus pedunculatus						2	V		III	1											
Galium uliginosum						+	V														
Valeriana dioica	2					2	III														
Ranunculus flammula						+	III		III												
Caltha palustris							V		III												
Deschampsia cespitosa							III	2													
Filipendula ulmaria									V	1											
Scirpus sylvaticus									V	1											
Persicaria bistorta									V					I							
Myosotis scorpioides							III		V												
Agrostis canina						2	III	2	III				I								
Juncus acutiflorus						3	V			1											
Carum verticillatum						2	V														
Potentilla erecta						1	V							I							
Succisa pratensis						1	V														
Potentilla palustris	3						V														
Carex rostrata							III		III												
Festuca rivularis						2		3													
Nardus stricta						2		1													V
Pedicularis sylvatica						+															
Carex panicea						1															
Dactylorhiza maculata						+															
Parnassia palustris							III														
Poa trivialis									V		V	III	III	II	I	II			II		
Cynosurus cristatus								+	III		II		V	II	II			I			
Heracleum sphondylium											IV	III	III	V	IV				II		
Knautia arvernensis	4										IV	III	I	V	IV						
Crepis biennis												V	III	II	II						
Festuca arundinacea												III	I	I	II		I				
Rhinanthus minor													II	I	III	IV					
Centaurea jacea													II	II	IV	V	II	III			
Galium verum	5												II	I	V	II		IV	II		V
Sanguisorba minor													I	I	III	II		I			
Stellaria graminea						+							I	II	V			I			III
Malva moschata														I	III		II	I			
Onobrychis vicifolia																IV					
Bromus erectus																IV	I				
Securigera varia	6															V			II		
Agrimonia eupatoria															I	IV	III		II		
Daucus carota												III		I		V	III	I			
Artemisia vulgaris											II					II	III		II		
Erigeron annuus																	III		II		
Poa pratensis s. angustifolia															I		III			II	
Jacobaea vulgaris	7																III				
Silene latifolia s. alba																	III				
Elytrigia campestris																			IV		
Berteroa incana																			V		
Saponaria officinalis																			V		
Holcus lanatus						1	V	+	V		V	V	V	V	IV	II	V	III		II	
Trifolium pratense									III		V	V	V	V	V	V	I	V			V
Dactylis glomerata								1			V	V	V	V	V	V	III	III	V	IV	
Plantago lanceolata						+					II	III	V	IV	IV	IV	III	IV	II		III
Arrhenatherum elatius												III	II	III	V	V	V	IV	IV	V	
Trifolium repens									III			V	V	V	III		III	II		II	V
Trisetum flavescens												V	V	V	IV	II		III	II		III
Rumex acetosa						+					IV	V	V	IV	IV		IV				
Vicia sepium											V	III	III	IV	IV		III	IV		II	
Achillea millefolium											II		III	II	V	IV		V	II		V
Ranunculus acris						1		1	III		IV	V	III	IV	III		I	II			
Agrostis capillaris						1							III	IV	IV			III	II		V
Lathyrus pratensis						1			III		II	III	II	III	IV	II	II	III			
Veronica chamaedrys								1			IV		II	II	V	II	II				III
Anthoxanthum odoratum						1		2	III			III	II	III	III		III				III
Cruciata laevipes									III		IV	III	III	III	IV	II					
Taraxacum campylodes												V	III	III	III	II	I	I			V
Lolium perenne											II	V	III	III	I		I	II		V	III
Tragopogon pratensis												V	III	III	II	IV	II	I			
Briza media						2	III		III			III	III	I	III			III			III
Vicia cracca											IV	V		II	II	II	III	II	II	V	
Poa pratensis											II	III	II	I	IV		II	II	II		III
Cerastium fontanum								+				III	III	I	II	IV					V
Leucanthemum vulgare													III	I	III		II	III			
Lotus corniculatus						+							I	I	II	IV		IV	II		V
Hypericum perforatum									III	1			II	I	II		V	II	II		
Silene vulgaris												III	I	IV	III			I	II		
Vicia sativa												III	III	I	I	II	II	I	II	IV	
Festuca pratensis									III				III	II		V	II	I	II		
Galium mollugo											II			II	I	V	III	I	II	IV	
Vicia hirsuta						+								I	II	II	III	II	IV	II	
Veronica arvensis											II		III	I	I		II	I	II		III
Bromus hordeaceus												V	III	I	I		I				
Ranunculus bulbosus									III				III	I	II		I				III
Knautia arvensis													II	II	II	IV		I			
Trifolium campestre											II		I	I	I	II	II	I	IV		
Crepis capillaris													I		I	II	III	II			
Salvia pratensis													II	I	I	IV		II	II		
Hypochaeris radicata											II		I	I	II		I	I			
Alopecurus pratensis				2	+				V			III		II	I						
Avenula pubescens													II		I			I	II		
Cerastium brachypetalum											IV		I	I	I						
Festuca rubra														I	II						V
Ononis spinosa s. maritima													I		I			II			
Calystegia sepium																	II			V	
Prunus spinosa													I					II		IV	
Leontodon hispidus														I	I	II		I			
Helianthemum nummularium													I		I			I			III
Galium palustre			+				III	1	III	1											
Brachypodium pinnatum														I	I		I	II			
Trifolium dubium													I	I		II					
Rumex acetosella												V	I		I					II	
Astragalus glycyphyllos														I	I		I		II	II	
Cirsium arvense			+								IV						I	I			
Prunella vulgaris									III						I			II			
Cirsium eriophorum													I		I						
Glechoma hederacea											II						II		II		
Elytrigia repens				2										I	I						

Tableau 10 : tableau synoptique des végétations mésotrophiles à méso-eutrophiles. Pour les groupes n'ayant qu'un relevé, les coefficients donnés en chiffres arabes signifient soit les abondances des taxons dans le relevé (de + à 5), soit la simple présence, notée 1, pour les relevés effectués en présence/absence. Pour les autres groupes les chiffres romains donnent les catégories de fréquences du taxon dans le groupe, soit nb d'occurences/nb total de relevés, (I : 0 à 20% ; II : 21 à 40% ; III : 41 à 60% ; IV : 61 à 80% ; V : 81 à 100%).



n° de groupe	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67a	67b	68	69a	69b	70	71	72	73	74	75
nb de relevés	1	1	1	1	1	2	1	2	1	3	2	12	10	10	3	7	6	3	3	2
Linum usitatissimum s. angustifolium																III	I			
Epilobium tetragonum			+	1				V												
Conopodium majus												I		I						
Origanum vulgare												I		I			I			
Galium aparine										II				I				II	II	
Carex spicata								III				I							II	
Chaerophyllum temulum													I	I						
Trifolium incarnatum s. molinerii														II			I			
Urtica dioica								III		IV									II	
Cerastium fontanum s. vulgare												II					I			
Chaerophyllum aureum											V	I		I						
Medicago sativa															IV		I			
Phleum pratense											III			I						
Campanula glomerata												I		I			I			
Crataegus monogyna												I		I		I				
Lapsana communis																I		II	II	
Cytisus scoparius												I					I			
Viola lutea												I		I						III
Geranium rotundifolium										II		I		I						
Anthriscus sylvestris										IV			I							
Centaurea jacea s. nigra														II						
Myosotis stricta												I	I							
Vicia tetrasperma										II		I		I						
Luzula campestris								III				I		I						
Primula veris												I		I						
Eryngium campestre												I			II		I			
Campanula rotundifolia													I							V
Festuca lemanii														I						V
Euphorbia cyparissias												I	I				I			
Taraxacum species										II			I	I						
Rubus species															II				IV	
Danthonia decumbens					2											II				
Medicago lupulina																II		II		
Geum urbanum													I			I				

Présentation des communautés individualisées

Détermination des groupes de taxons différentiels

GTD1 : hydrophiles et hélophytes méso-eutrophiles à eutrophiles des eaux calmes ;
1a : hydrophiles ;
1b : taxons des vases rivulaires inondées (*Phalaridion, Bidention*) ;
GTD2 : mésohygrophiles à hygrophiles mésotrophiles (*Calthion, Filipendulion*) ;
GTD3 : mésohygrophiles à hygrophiles, oligotrophiles à oligomésotrophiles turficoles (surtout *Juncion acutiflori*) ;
GTD4 : mésophiles à hygroclines, méso-eutrophiles prairiales (*Arrhenatheretalia*) ;
GTD5 : mésophiles à xéroclines et oligomésotrophiles prairiales (*Arrhenatheretalia*) ;
GTD6 : mésophiles et thermophiles basiphiles ;
GTD7 : hautes herbes pionnières nitroclines thermophiles (surtout *Artemisietea*).

Descriptif des associations du tableau 4 de l'annexe 4 :

Gp58 : ***Glycerietum fluitantis*** Eggler 1933.
1 seul relevé différencié par le GTD 1a.
Espèces diagnostiques : *Glyceria fluitans, Mentha aquatica, Lycopus europaeus, Sparganium erectum, Ranunculus flammula, Veronica beccabunga, Berula erecta, Nasturtium officinale.*
Espèces constantes : *Glyceria fluitans.*
Commentaires descriptifs : communauté flottante au bord des cours d'eau, mésotrophile à oligomésotrophile. Dans les eaux légèrement fluantes, à fort marnage, sujettes à émersion estivale. Un seul relevé localisé sur les côtes de Clermont au niveau d'une résurgence.

Gp59 : ***Caricetum acutiformis*** Eggler 1933.
1 seul relevé différencié par les GTD 1a.
Espèces diagnostiques : *Carex acutiformis, Symphytum officinale, Epilobium hirsutum, Lythrum salicaria, Lysimachia vulgaris, Typha angustifolia, Rorippa amphibia, Eupatorium cannabinum, Solanum dulcamara, Poa palustris, Phragmites australis, Carex vesicaria, Scutellaria galericulata, Galium palustre, Phalaris arundinacea.*

Espèces constantes : *Carex acutiformis.*
Commentaires descriptifs : cariçaie haute, méso-eutrophile à eutrophile, planitiaire à submontagnarde. Communauté des bords des eaux, subissant à la base une submersion de faible hauteur, localisé sur des vases engorgées à inondation temporaire. Présente à Lacassière, au bord de l'Auzon…

Gp60 : ***Eleocharito palustris-Oenanthetum fistulosae*** B. Foucault 2008.
1 seul relevé différencié par les GTD.
Espèces diagnostiques : *Persicaria amphibia, Eleocharis palustris, Oenanthe fistulosa Carex vesicaria, C. cuprina, C. disticha, Lycopus europaeus, Mentha aquatica, Alisma plantago-aquatica, Galium palustre, Veronica scutellata, Rorippa sylvestris, Glyceria fluitans.*
Espèces constantes : *Eleocharis palustris, Oenanthe fistulosa.*
Commentaires descriptifs : prairie inondée toute l'année, thermophile, acidiphile, en climat d'abri. Un seul relevé localisé au niveau de la résurgence sur le plateau des côtes de Clermont.

Gp61 : ***Rumici crispi-Juncetum inflexi*** Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014.
1 seul relevé différencié par le GTD 1b *p.p.*
Espèces diagnostiques : *Juncus inflexus, Carex hirta, Epilobium parviflorum, Agrostis stolonifera, Centaurea pannonica, Rumex crispus, Plantago major, Lathyrus nissolia, Equisetum arvense.*
Espèces constantes : *Ranunculus repens, Holcus lanatus.*
Commentaires descriptifs : prairie pâturée mésohygrophile, planitiaire à submontagnarde, neutrocline, à inondation temporaire courte.

Gp62 : ***Loto uliginosi-Scorzoneretum humilis*** Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014.
1 seul relevé différencié par le GTD 2.
Espèces diagnostiques : *Lotus pedunculatus, Scorzonera humilis, Pedicularis sylvatica, Ranunculus flammula, Myosotis nemorosa, Dactylorhiza maculata, Cirsium dissectum.*
Espèces constantes : *Ranunculus acris, Holcus lanatus, Anthoxanthum odoratum, Plantago lanceolata, Ajuga reptans.*
Commentaires descriptifs : prairie/jonçaie hygrophile submontagnarde mésotrophile, enrichie en prairiales, fréquentation soutenue du bétail. 1 seul relevé dans la zone d'étude, situé à la Fontaine du Berger à 975 m d'altitude, sur socle cristallin.

Gp63 : ***Selino pyrenaei-Juncetum acutiflori*** Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014.
Cet ensemble de 2 relevés est différencié par les GTD 2 et 3.
Espèces diagnostiques : *Potentilla palustris, Molinia caerulea, Galium uliginosum, Carex echinata, Parnassia palustris, Pedicularis palustris, Menyanthes trifoliata, Carex rostrata, Epikeros pyrenaeus, Myosotis lamottiana, Juncus squarrosus, Viola palustris, Juncus acutiflorus, Gentiana pneumonanthe, Juncus conglomeratus, Carum verticillatum, Carex nigra, Succisa pratensis.*
Espèces constantes : *Potentilla erecta, Cirsium palustre, Lotus pedunculatus.*
Commentaires descriptifs : jonçaie oligotrophile à tendance tourbeuse de l'étage submontagnard. 2 relevés dans la zone d'étude : un dans une dépression de la prairie humide à la fontaine du Berger (975 m) et l'autre à la chapelle Saint-Aubin (930 m), sur socle cristallin. Ces relevés sont appauvris en montagnardes par rapport au type.

Gp64 : ***Junco acutiflori-Cynosuretum*** Sougnez 1957.
1 seul relevé différencié par les GTD 2.

Espèces diagnostiques : *Juncus effusus, Epilobium tetragonum, Myosotis scorpioides, Lotus pedunculatus, Agrostis stolonifera, Ranunculus repens.*
Espèces constantes : *Holcus lanatus, Cirsium palustre, Silene flos-cuculi, Juncus acutiflorus.*
Commentaires descriptifs : prairie montagnarde mésohygrophile sur sol organominéral tourbeux, méso-eutrophile, acidicline à inondation temporaire courte. Un relevé sur la zone, au fond du cratère du puy des Gouttes sur trachy-andésite, à 1080 m d'altitude.

Gp65 : ***Scorzonero humilis-Agrostietum capillaris*** Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014.
Cet ensemble de 2 relevés est différencié par le GTD 2.
Espèces diagnostiques : *Carex pallescens, Scorzonera humilis, Bromus racemosus, Silene flos-cuculi, Carex panicea, Myosotis nemorosa, Carex ovalis, Ajuga reptans, Taraxacum campylodes, Achillea ptarmica.*
Espèces constantes : *Trifolium dubium, Stellaria graminea, Ranunculus acris, Plantago lanceolata, Holcus lanatus, Cynosurus cristatus, Anthoxanthum odoratum, Agrostis capillaris, Rumex acetosa, Rhinanthus minor, Luzula campestris, Cerastium fontanum, Centaurea jacea.*
Commentaires descriptifs : prairie pâturée mésohygrophile submontagnarde, acidicline, mésotrophile, sur socle cristallin. Deux relevés effectués dans la zone d'étude, au bois de la Sagne Vida et à la Font de l'Arbre vers 855 m d'altitude.

Gp66 : groupement à ***Scirpus sylvaticus*** **et** ***Angelica sylvestris*** Billy 2007.
1 seul relevé différencié par le GTD 2.
Espèces diagnostiques : *Scirpus sylvaticus, Epilobium palustre, Galium palustre.*
Espèces constantes : *Filipendula ulmaria, Urtica dioica, Galeopsis tetrahit, Angelica sylvestris, Cirsium palustre.*
Commentaires descriptifs : mégaphorbiaie submontagnarde acidicline, mésotrophile à eutrophile, inondation phréatique (et non rivulaire), issue de prairies pacagées, dominée par la Filipendule. Un seul relevé effectué dans la zone d'étude à Sarcenat (740 m) mais végétation présente dans d'autres sites, notamment à Beaune-le-Chaud (890 m) sur colluvion et alluvion du quaternaire.

Gp67 : ***Heracleo lecoqii-Arrhenatheretum elatioris*** B. Foucault 1987 ***heracleetosum sphondylli*** Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014.
Cet ensemble de 5 relevés est différencié par le GTD 4.
67a : **var. à Cirses** Billy *prov*. 2000 (3 relevés).
67b : ***typicum*** (2 relevés).
Espèces diagnostiques : *Chaerophyllum aureum, Cruciata laevipes,* 67a : *Chenopodium bonus-henricus, Urtica dioica, Cirsium arvense, C. eriophorum.*
Espèces constantes : *Poa pratensis, Trifolium pratense, Ranunculus acris, Dactylis glomerata, Rumex acetosa, Vicia sepium, Tragopogon pratensis, Knautia arvernensis, Holcus lanatus, Heracleum sphondylium, Trisetum flavescens, Crepis biennis, Alopecurus pratensis, Plantago lanceolata, Cynosurus cristatus.*
Commentaires descriptifs : prairie de fauche submontagnarde, mésophile, méso-eutrophile. Sur le plateau cristallin entre 680 et 720 m d'altitude pour la variante à Cirses et à la base de la chaîne des Puys, entre 850 et 970 m, sur basalte pour la variante type.

Gp68 : ***Cynosuro cristati-Lolietum perennis*** Braun-Blanq. & De Leeuw 1936.
Cet ensemble de 12 relevés est différencié par les GTD.

Espèces diagnostiques : *Cerastium fontanum* subsp. *vulgare, Cynosurus cristatus, Myosotis stricta, Polygala vulgaris, Primula veris, Ranunculus bulbosus, Stellaria media, Trifolium pratense, T. repens, Trisetum flavescens.*
Espèces constantes : *Dactylis glomerata, Holcus lanatus, Plantago lanceolata, Rumex acetosa.*
Commentaires descriptifs : prairie pâturée mésophile, méso-eutrophile et nitratophile des étages planitiaire à submontagnard (entre 690 et 970 m d'altitude) sur basalte, cristallin et sédiment.

Gp69 : ***Knautio arvernensis-Arrhenatheretum elatioris*** Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014.
Cet ensemble de 20 relevés est différencié par les GTD 4 et 5.
69a : ***typicum*** (10 relevés).
69b : ***malvetosum moschatae*** Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014 (10 relevés).
Espèces diagnostiques : *Achillea millefolium, Agrostis capillaris, Heracleum sphondylium, Knautia arvernensis, Trisetum flavescens* ; 69a : *Campanula rotundifolia, Deschampsia flexuosa, Hypericum maculatum, Odontites vernus, Saxifraga granulata, Silene dioica, S. vulgaris, Trifolium repens, Valeriana officinalis*; 69b : *Malva moschata, Anthyllis vulneraria, Centaurea jacea* et subsp. *nigra, Conopodium majus, Galium verum, Holcus mollis, Hypochaeris radicata, Leucanthemum vulgare, Pimpinella major, Poa pratensis, Rhinanthus minor, Scorzoneroides autumnalis, Stellaria graminea.*
Espèces constantes : *Arrhenatherum elatius, Dactylis glomerata, Holcus lanatus, Plantago lanceolata, Ranunculus acris, Rumex acetosa, Trifolium pratense, Vicia sepium, Lathyrus pratensis.*
Commentaires descriptifs : prairie de fauche mésophile, mésotrophile, neutrocline, submontagnarde à montagnarde, sur tous types de substrat. La sous-association *malvetosum* est plus xérocline. Ces prairies se situent sur le plateau, depuis le haut des gorges juqu'à la base des puys, à la fois sur substrat cristallin et volcanique, le type à une altitude moyenne de 920 m (870 à 1000 m) et la sous-association *malvetosum* de 890 m (790 et 975 m).

Gp70 : ***Dauco carotae-Arrhenatheretum elatioris*** Görs 1966 ***onobrychidetosum viciifoliae*** Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014.
Cet ensemble de 3 relevés est différencié par les GTD 5 et 6.
Espèces diagnostiques : *Onobrychis sp., Medicago sativa, Bromus erectus*.
Espèces constantes : *Arrhenatherum elatius, Dactylis glomerata, Trifolium pratense, Galium mollugo, Salvia pratensis, Plantago lanceolata, Festuca pratensis, Centaurea jacea, Poa pratensis, Trifolium repens, Lotus corniculatus, Vicia sativa.*
Commentaires descriptifs : prairie de fauche planitiaire à collinéenne, mésoxérophile, sur substrat marno-calcaire. Sur les coteaux aux bonnes expositions et dans la plaine de la Limagne sur alluvions anciennes, entre 347 et 700 m d'altitude. La sous-association type, mésotrophile et celle à *Bromus erectus,* plus thermophile, se trouvent également dans la zone d'étude, mais aucun relevé phytosociologique n'a été effectué dans ces communautés.

Gp71 : ***Poo angustifoliae-Avenuletum pubescentis*** Loiseau & Felzines *in* J.-M.Royer, Felzines, Misset & Thévenin 2006.
Cet ensemble de 7 relevés est différencié par les GTD 6 *p.p.* et 7.
Espèces diagnostiques : *Agrimonia eupatoria, Ajuga genevensis, Artemisia vulgaris, Echium vulgare, Erigeron annuus, Geranium robertianum, Hypericum perforatum, Jacobaea vulgaris, Linum usitatissimum* subsp. *angustifolium, Medicago lupulina, M. minima, Myosotis arvensis, Poa pratensis* subsp. *angustifolia, Sherardia arvensis, Veronica hederifolia, Vicia pannonica, V. sativa* subsp. *nigra*.

Espèces constantes : *Arrhenatherum elatius, Holcus lanatus, Plantago lanceolata, Rumex acetosa.*
Commentaires descriptifs : prairie alluviale mésoxérophile, psammophile, acidicline à neutrocline, thermophile, mésotrophile à eutrophile. Située dans le lit majeur de l'Allier, sur alluvion anciennes.

Gp72 : ***Agrostio capillaris-Saxifragetum granulatae*** Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014.
Cet ensemble de 6 relevés est différencié par le GTD 5.
Espèces diagnostiques : *Agrostis capillaris, Achillea millefolium, Brachypodium pinnatum, Galium verum, Gaudinia fragilis, Lathyrus nissolia, Lotus corniculatus, Ononis spinosa* subsp. *maritima, Prunella vulgaris, Scabiosa columbaria, Trifolium pratense.*
Espèces constantes : *Saxifraga granulata, Arrhenatherum elatius, Plantago lanceolata, Vicia sepium.*
Commentaires descriptifs : prairie de fauche submontagnarde, oligomésotrophile et mésophile, sur socle cristallin à 780 m d'altitude en moyenne (660 à 840 m).

Gp73 : ***Vicio luteae-Elytrigietum campestris*** (Belin 1978) Felzines 2011.
Cet ensemble de 3 relevés est différencié par le GTD 7.
Espèces diagnostiques : *Berteroa incana, Elytrigia campestris, Saponaria officinalis, Vicia narbonensis, Oenothera sp., Microthlaspi perfoliatum, Melilotus albus, Trifolium campestre, Vulpia myuros* subsp. *sciuroides, Erodium cicutarium.*
Espèces constantes : *Dactylis glomerata.*
Commentaires descriptifs : prairie mésoxérophile, acidicline à neutrocline, dominée par les chiendents. En zone alluviale de l'Allier, dans les dépressions du lit majeur ou en limite entre lit majeur et lit apparent.

Gp74 : ce groupe est composé de 3 relevés de prairies de fauche abandonnées.
Espèces diagnostiques : *Calystegia sepium, Rubus sp., Stachys sylvatica, Robinia pseudoacacia, Lithospermum sp., Prunus spinosa, Clematis vitalba, Lapsana communis, Vicia cracca, Lolium perenne, Galium aparine, Fraxinus excelsior, Astragalus glycyphyllos.*
Espèces constantes : *Arrhenatherum elatius, Vicia sativa, Galium mollugo, Dactylis glomerata.*
Commentaires descriptifs : ancienne prairie de fauche abandonnée et appauvrie, envahie par les espèces d'ourlets et les arbustes ; les relevés effectués se situent tous dans le lit majeur de l'Allier.

Gp75 : ***Festuco commutatae-Cynosuretum cristati*** Tüxen *in* Büker 1942.
Cet ensemble est composé de 2 relevés.
Espèces diagnostiques et constantes : *Festuca nigrescens* subsp. *nigrescens, Cynosurus cristatus, Viola lutea, Silene vulgaris, Ranunculus auricomus, Scorzoneroides autumnalis, Trisetum flavescens, Galium verum, Gentiana lutea.*
Commentaires descriptifs : prairie surpâturée ou convertie en pacage, acidicline, mésophile méso-eutrophile, de l'étage montagnard. Les relevés sont localisés dans la partie centrale de la chaîne des Puys, sur des secteurs parcourus par des troupeaux d'ovins (Grand Suchet et Traversin).

Autre association présente sur le territoire d'étude, mais non représentée par des relevés dans le tableau 4 de l'annexe 4.

Orchido morionis-Saxifragetum granulatae (Gaume 1925) B.Foucault 1989.
Espèces diagnostiques : *Saxifraga granulata, Cynosurus cristatus, Avenula pubescens, Cerastium fontanum, Heracleum sphondylium, Holcus lanatus, Knautia arvensis, Leontodon hispidus, Ranunculus acris, Trifolium pratense, T. repens.*
Espèces constantes : *Anthoxanthum odoratum, Lotus corniculatus, Plantago lanceolata, Ranunculus bulbosus, Sanguisorba minor, Leucanthemum vulgare.*
Commentaires descriptifs : prairie de fauche collinéenne à submontagnarde, mésoxérophile à xérocline, oligomésotrophile, à nuance thermophile. Rare dans la zone d'étude ; localisée d'aprés Billy sur le rebord de la faille de la Limagne et sur les coteaux.

3.1.4 Formations pionnières xérophiles

Analyse des données

On sélectionne dans TURBOVEG un échantillonnage regroupant nos propres relevés de pelouses pionnières effectués sur la zone d'étude (31) et les relevés issus de la bibliographie (337), correspondant aux associations auxquelles on peut éventuellement rattacher nos relevés (16 syntaxons). On importe ces relevés dans JUICE, obtenant ainsi un tableau contenant 368 relevés phytosociologiques et 265 espèces. Une analyse MTC en présence/absence est effectuée (en supprimant les espèces présentes moins de trois fois). La figure 20 représente le dendrogramme issue de cette analyse.

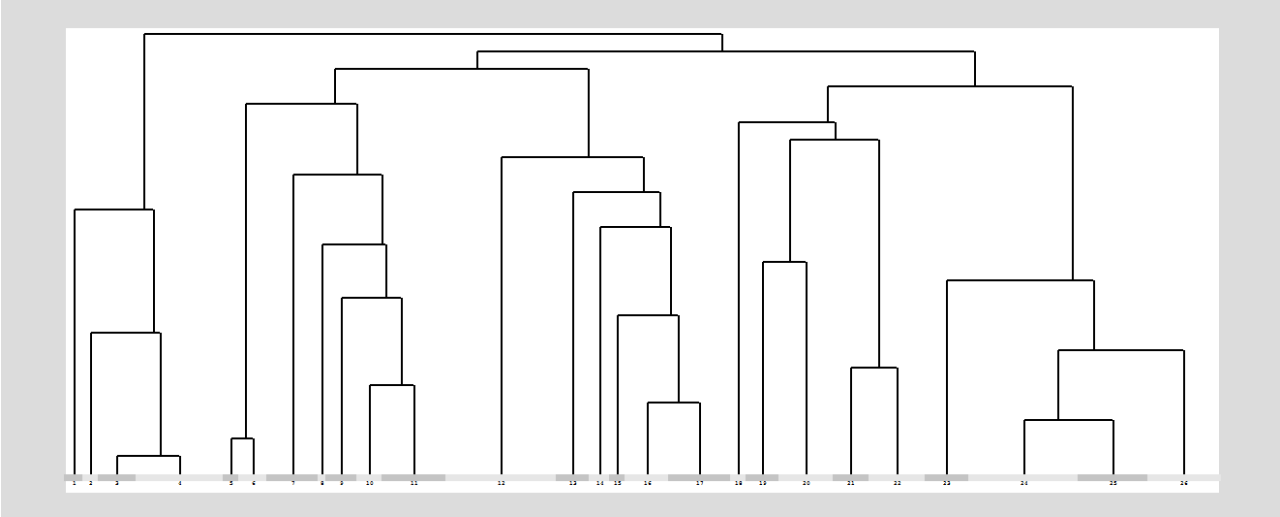


Figure 20 : dendrogramme obtenu à partir de la TMC effectuée sur 386 relevés phytosociologiques et 265 espèces. (analyse pondérée, en totale inertie, 26 clusters recherchés, suppression des espèces présentes moins de trois fois).

Le dendrogramme laisse apparaître 5 ensembles principaux et 26 clusters correspondant aux végétations suivantes :
1-4 : communautés saxicoles, acidiclines à acidiphiles, surtout de falaises et d'éboulis sur roches volcaniques, scories : groupement de falaises des *Asplenietea* (1), *Narduretum lachenalii* variante saxicole sur basalte (2) ; groupement sur scories à *Rumex acetosella* et *Scleranthus* (3), *Biscutello lamottei-Galeopsietum segeti* (4), des *Thlaspietea rotundifolii* ;

5-11 : communautés acidiphiles de pelouses sur roches sableuses meubles, accumulations d'arènes granitiques ou sables basaltiques : *Narduretum lachenalii* (5, variante sur basalte ; 9, variante à *Anarrhinum*, 7, 9, 10 et 11 autres variantes) ; 6 et 8 *Thymo britannici-Corynephoretum* et aussi quelques relevés d'*Anarrhino bellidifolii-Sedetum maximi*. Ce sont toutes des communautés du *Thero-Airion* ou du *Corynephorion* ;
12-17 : communautés acidiphiles à neutroclines, riches en annuelles avec principalement : 12 : *Filagini vulgaris-Vulpietum myuri* ; 14 : *Filagini minimae-Airetum praecocis* ; 16 : *Airo caryophyllae-Festucetum ovinae* ; 17 : *Xolantho guttatae-Hypochaeridetum glabrae* ; on trouve aussi ; 13 : *Sileno armeriae-Corynephoretum* en mélange avec le *Spergulo morisohnii-Corynephoretum canescentis*, deux groupements à *Corynephorus* sur sables alluviaux, riches en annuelles ; communautés du *Thero-Airion* ou du *Corynephorion* ;
18-22 : communautés silicicoles, acidiphiles à acidiclines, riches en *Sedum* et espèces vivaces sur tables rocheuses subhorizontales.19 et 20 : *Sedo rupestris-Hieracietum* ; 22 : *Sedo acris-Thymetum arctici* ; avec aussi une communauté riche en annuelles ; 21 : *Trifolio striati-Vulpietum myuri* ; communautés du *Sedo-Scleranthion* ;
23-26 : communautés neutroclines à basiphiles, thermophiles, de basse altitude. 23, 24 et 25 p. p. : *Alysso alyssoides-Sedetum albi* ; 25 : *Medicaginetum minima-rigidulae* ; 26 : groupement à *Bombycilaena erecta* et *Scillo automnalis-Sedetum albi* ; communautés de *l'Alysso-Sedion* ou du *Sedo-Veronicion*.

Les résultats sont présentés sous forme d'un tableau phytosociologique différentiel global (tableau 11) ordonné suivant les résultats de la MTC. Avec comme gradient principal l'acidité.

Tableau 11 : tableau de relevés des végétations pionnières xérophiles. Les espèces accidentelles et l'appendix se trouvent à l'annexe 4.

n° de groupe		76						77			78					79			80		81		82			83		84		85	
n° de relevé		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Dianthus carthusianorum		1	1	1										1												1					
Teucrium chamaedrys		1	1	1																											
Stachys recta		1		1	1																										
Sedum album	1	1	1	1		1							3													1					
Prunus spinosa		1	1			1																									
Phleum phleoides			1	1	1		1																								
Sanguisorba minor		1				1	1				1																				
Sedum acre				1	1		1																1								
Alyssum alyssoides					1	1																									
Arenaria serpyllifolia						1	1																								
Hylotelephium maximum	2	1	1					1	1	1												+									
Anarrhinum bellidifolium									+	1								1										+			
Jasione montana									1	1						1															
Genista sagittalis				1				1				1	1	1	1						1										
Scleranthus perennis														1	1	1			1				1	1							
Rumex acetosella														1	1	1	+		2					1							
Micropyrum tenellum			1					1								1	1	2													
Vulpia species																			+	1											
Ornithopus perpusillus	3																			1	1										
Filago minima					1														1		1										
Aira caryophyllea																			1	1	1	3									
Agrostis capillaris																			2	1			1								
Plantago lanceolata																				1	1		1								
Festuca rubra	4																				1		1		1						
Anthoxanthum odoratum																							1	1	1						
Campanula rotundifolia									1														1	+		1	1	1	1	+	
Polypodium vulgare																						+				1	1	1			
Asplenium trichomanes	5																									1	1	1	+		
Asplenium adiantum-nigrum																												1			
Asplenium septentrionale																													2		
Biscutella lamottei																														1	
Galeopsis ladanum s. villosa																														2	
Aquilegia vulgaris																														+	2
Carlina vulgaris	6																													+	2
Silene vulgaris															1															2	2
Galium mollugo						1																								2	2
Festuca gp ovina		1	1	1	1		1	1	3	1	3	1	4	1	1		3		3		1	1		2					+	+	
Sedum rupestre				1	1			1	1	1	1	1	1	1			1	2				3		2		1	1				
Achillea millefolium						1	1	1	1		+	1	1	1					1	1	1		1								+
Potentilla neumanniana			1	1	1	1	1	1			+	1	+	1							1										
Genista pilosa								1	1								1		3			+	1	1	1				+	2	
Eryngium campestre			1		1	1	1	1		1	+			1							1										
Cytisus scoparius								1	1	1				1				1	1		1	+									
Galium verum			1			1	1					1	1		1						1										
Veronica arvensis							1						1	1	1				+	1	1										
Helianthemum nummularium				1	1			1						1							1		1								
Euphorbia cyparissias						1				1	+										1					1					+
Lotus corniculatus							1				2		1																	1	+
Silene nutans									+	1								1			1				1						
Thymus species		1						1															1		1					+	
Calluna vulgaris									1	1								1			1			2							
Hieracium species									+									+								1	1			+	
Linaria repens																						1		+	1			1			1
Trifolium arvense					1		1				1			1						1											
Asperula cynanchica					1		1	1													1										
Thymus polytrichus											+		2				2					1									
Hieracium pilosella																			2		1		1	1							
Rubus fruticosus						1		1	+													+									
Poa nemoralis																										1	1			1	
Danthonia decumbens														1					+		1										
Hypericum perforatum											+								+			+									
Trifolium campestre						1					1										1										
Scabiosa columbaria			1							1											1										
Teucrium scorodonia									2									+												1	

Présentation des communautés individualisées

Détermination des groupes de taxons différentiels

GTD1 : neutroclines à basiphiles ou amphitolérants, dont *Alysso-Sedion* ;

GTD2 : acidiphiles vivaces hémicryptophytes ;
GTD3 : thérophytes acidiphiles ; surtout *Thero–Airion* ;
GTD4 : mésophiles amphitolérantes ;
GTD5 : saxicoles et chasmophytes, surtout ptéridophytes des *Asplenietea* ;
GTD6 : éboulis et herbacées d'ourlets mésophiles.

Descriptif des associations du tableau 11 :

Gp76 : ***Alysso alyssoidis-Sedetum albi*** Oberd. & Müller 1961.
Cet ensemble de 6 relevés est différencié par le GTD 1.
Espèces diagnostiques : *Alyssum alyssoides, Phleum phleoides, Teucrium chamaedrys, Stachys recta, Arenaria serpyllifolia.*
Espèces constantes : *Sedum album, Sanguisorba minor, Potentilla neumanniana Festuca ovina.*
Commentaires descriptifs : communauté composée de thérophytes basiphiles et d'hémicryptophytes de pelouses xérophiles fermées, planitiaire à submontagnarde, surtout sur pépérites ou basaltes. Les relevés sont surtout localisés sur les coteaux de Limagne.

Gp77 : ***Anarrhino bellidifolii-Sedetum maximi*** Billy *ex* Thébaud *et al*. 2014.
Cet ensemble de 3 relevés est différencié par le GTD 2 *p.p.*
Espèces diagnostiques : *Anarrhinum bellidifolium, Sedum telephium* subsp. *maximum, Hieracium praecox, Silene nutans, Lactuca virosa, Lepidium heterophyllum.*
Espèces constantes : *Sedum rupestre, Festuca arvernensis* subsp. *arvernensis.*
Commentaires descriptifs : pelouse pionnière collinéenne, thermophile, acidicline, sur substrat cristallin. Les relevés se situent tous sur les rebords des gorges, à une altitude moyenne de 630 m.

Gp78 : ***Sedo rupestris-Hieracietum pilosellae*** Billy *ex* Thébaud *et al*. 2014.
Cet ensemble de 5 relevés est différencié par le GTD 2 *p.p.*
Espèces diagnostiques : *Scleranthus perennis, Genista sagittalis, Potentilla neumanniana, Koeleria pyramidata, Rumex acetosella.*
Espèces constantes : *Sedum rupestre, Festuca lemanii, Achillea millefolium, Thymus pulegioides.*
Commentaires descriptifs : pelouse pionnière submontagnarde à montagnarde, acidicline, sur substrat cristallin. Les relevés sont situés sur le plateau cristallin, sur lithosol, à une altitude moyenne de 850 m.

Gp79 : ***Narduretum lachenalii*** Korneck 1975.
Cet ensemble de 3 relevés est différencié par les GTD 2 *p.p.* et 3 *p.p.*
Espèces diagnostiques : *Spergula morisonii, Micropyrum tenellum.*
Espèces constantes : *Sedum rupestre, Rumex acetosella, Jasione montana, Pilosella officinarum.*
Commentaires descriptifs : pelouse pionnière silicicole, riche en annuelles, collinéenne à submontagnarde. Se localise dans sur les poches d'accumulation sableuse grossière autour des rochers cristallins. Les relevés se trouvent au niveau des gorges à 580 m d'altitude.

Gp80 : ***Filagini minimae-Airetum praecocis*** Wattez *et al.* 1978.
Cet ensemble de 2 relevés est différencié par le GTD 2 *p.p.* et 3.
Espèces diagnostiques : *Aira praecox, Teesdalia nudicaulis, Logfia minima.*
Espèces constantes : *Rumex acetosella, Aira caryophyllea.*

Commentaires descriptifs : pelouse pionnière appauvrie en vivaces, collinéenne à submontagnarde, acidiphile, silicicole, sur lithosols cristallins ou trachytiques horizontaux. Les relevés sont situés sur le puy de Berzet, sur le plateau cristallin à 850 m d'altitude et sur le rebord des gorges à 650 m.

Gp81 : ***Airo caryophylleae-Festucetum ovina*** Tüxen 1955.
Cet ensemble de 2 relevés est différencié par le GTD 3.
Espèces diagnostiques : *Veronica dillenii, Aira caryophyllea.*
Espèces constantes : *Thymus polytrichus, Sedum rupestre, Potentilla neumanniana, Logfia minima, Festuca lemanii.*
Commentaires descriptifs : pelouse pionnière collinéenne à montagnarde, plus riche en vivaces que la précédente, acidiphile, sur lithosol cristallin, rebord et plateau occidental. Les relevés sont situés au niveau des gorges à 850 m d'altitude.

Gp82 : **Groupement à *Rumex acetosella* et *Scleranthus*** Coquillard Gueugnot & Michalet 1991.
Cet ensemble de 3 relevés est différencié par le GTD 2 *p.p.* et 4 *p.p.*
Espèces diagnostiques : *Cirsium arvense, Genista pilosa, Viola lutea, Cerastium arvense, Thymus froelichianus, Scleranthus uncinatus, Calluna vulgaris, Nardus stricta, Viola canina, Galium pumilum, Thymus pulegioides, Linaria repens, Cirsium acaule, Pimpinella saxifraga.*
Espèces constantes : *Rumex acetosella, Festuca lemanii, Campanula rotundifolia.*
Commentaires descriptifs : pelouse pionnière submontagnarde à montagnarde, sur scories érodées et piétinées et tonsures d'origine pastorale, de la chaîne des Puys.

Gp83 : **Groupement à *Cystopteris fragilis* et *Polypodium vulgare***.
Cet ensemble de 2 relevés est différencié par le GTD 5.
Espèces diagnostiques : *Cystopteris fragilis* coll., *C. dickieana* coll., *Polypodium vulgare* coll., *Asplenium trichomanes, Geranium robertianum, Poa nemoralis.*
Commentaires descriptifs : communauté des fissures de rochers et falaises, acidiphile à acidicline, sciaphile, thermophile, collinéenne à submontagnarde.

Gp84 : **Groupement à *Asplenium trichomanes* et *Asplenium septentrionale*** Billy 2002.
Cet ensemble de 2 relevés est différencié par le GTD 5.
Espèces diagnostiques : *Cystopteris fragilis, Asplenium ruta-muraria, Poa nemoralis, Sedum dasyphyllum.*
Commentaires descriptifs : communauté des fissures de rochers et falaises, hélioxérophile et paucispécifique. Répandue dans la zone d'étude.

Gp85 : ***Biscutello lamottei-Galeopsietum segeti*** Coquillard Geugnot & Michalet *ex* Thébaud *et al.* 2014.
Cet ensemble de 2 relevés est différencié par le GTD 6.
Espèces diagnostiques : *Biscutella lamottei, Galeopsis segetum, Silene vulgaris, Galium mollugo, Dianthus hyssopifolius, Deschampsia flexuosa, Jasione laevis, Genista pilosa, Linaria repens, Cerastium arvense, Campanula rotundifolia* ; transgressives du *Vaccinio-Genistion* et d'ourlets mésophiles.
Espèces constantes : *Sedum rupestre, Hieracium pilosella.*
Commentaires descriptifs : communauté d'éboulis mobiles sur fortes pentes, collinéens à montagnards, sur la chaîne des Puys et certains puys scoriacés des coteaux de Limagne comme Gravenoire.

Autre groupement sans relevés représentés dans le tableau 11 :

Filagini vulgaris-Vulpietum myuri Oberd. 1938.
Espèces diagnostiques : *Vulpia myuros, Filago vulgaris, Ornithopus perpusillus, Aphanes inexpectata, Trifolium striatum...*
Espèces constantes: *Vulpia myuros, Trifolium dubium, Rumex acetosella.*
Commentaires descriptifs : pelouse pionnière sur sables alluviaux de la rivière Allier, acidiphile à neutrocline. Elle est proche du *Trifolio striati-Vulpietum myuri* Susplugas 1942, association avec laquelle la distinction n'est pas très claire.

3.1.5 Autres communautés

Ce paragraphe recense les communautés végétales pour lesquelles nous possédons peu de relevés phytosociologiques et peu ou pas de données bibliographiques. Nous n'avons donc pas effectué d'analyses de classification ou d'ordination et de GTD, comme pour les autres types de végétations. La détermination des associations a été effectuée au moyen du "Guide d'identification des végétations du nord du Massif central" (Thébaud *et al*. 2014). Nous présentons ici la liste des communautés rencontrées sur la zone avec un commentaire descriptif succint.

Tableau 12 : tableau de relevés des "autres communautés". Les espèces accidentelles et l'appendix se trouvent à l'annexe 4.

n° de groupe	86	87	88	89	90			91			92			93	94	95		96	97		98						99	100	101		102	103	104
n° de relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Knautia basaltica																																	
Pimpinella saxifraga	1																																
Genista pilosa	1																						1										
Cytisus scoparius	1		1													1				1								1					
Sambucus nigra		1	1																														
Silene vulgaris		1	1															2	1		2												
Artemisia vulgaris		1	1						1							1								1									
Chelidonium majus		1	1																														
Humulus lupulus		1	1			1																											
Clematis vitalba			1	1			1	1		1																							
Calystegia sepium		1	1			1	1	1	1				1																				
Vicia hirsuta						1	1		1																								
Alliaria petiolata					1	1																											
Astragalus glycyphyllos							1		1		1	1				1																	
Vicia cracca							1			1		1	1																				
Torilis japonica								1	1			1	1						+														
Cervaria rivini													1																				
Securigera varia								1				1	1																				
Lotus corniculatus												1	1																				
Origanum vulgare												1	1						+														
Geranium dissectum												1	1																				
Agrimonia eupatoria												1	1	1		1																	
Sambucus ebulus														1																			
Clinopodium vulgare													1			1	1																
Anthriscus sylvestris															1		1																
Stellaria holostea				1		1									1			+		1	+		+										
Holcus mollis																		2	2		2	1	2										
Rubus idaeus																		1			+	+			1			+					
Chaerophyllum aureum																			+		3	3	3	1	1	2							
Tragopogon pratensis																					+			1	1								
Cruciata laevipes																			1				+	1	1	1							
Ranunculus acris																					1			1	1								
Heracleum sphondylium									1												2		+		1	1							
Myosotis sylvatica																					+		1			1	+	+					
Pteridium aquilinum																							3					4					
Echinochloa crus-galli																													1	1			
Chenopodium polyspermum																													1	1			
Lythrum salicaria																													1	1			
Digitaria ischaemum																													1	1			
Persicaria hydropiper																													1	1			
Phalaris arundinacea																													1	1			
Persicaria lapathifolia																													1	1			
Salix alba																													1	1			
Bidens tripartita																													1	1			1
Bidens frondosa																													1	1	1		1
Corrigiola littoralis																													1	1	1		1
Rorippa palustris																													1				1
Amaranthus species																													1	1	1		
Setaria viridis																													1	1	1	1	
Portulaca oleracea																													1		1		
Chenopodium album																														1	1		
Rumex thyrsiflorus																															1		
Senecio inaequidens																															1		
Lactuca viminea s. chondrilliflora																															1	1	
Sedum album																															1	1	
Artemisia verlotiorum																															1	1	
Erigeron annuus																															1	1	
Centaurea maculosa																															1	1	
Lindernia dubia																																	1
Polygonum persicaria																																	1
Cyperus fuscus																																	1
Brachypodium pinnatum	1		1			1		1			1	1	1	1		1	1	3	4														
Galium aparine		1		1				1	1	1					1		1	1				2	2	1	1			2				
Urtica dioica		1		1	1			1	1					1		1		2				3	3				1	+				1
Rubus species		1	1	1		1	1	1	1	1		1	1	1			1			1			1				3					
Chaerophyllum temulum			1	1	1			1				1		1								2										
Galium mollugo			1			1	1		1				1			1	1	1						1	1	1						
Geum urbanum			1	1	1			1				1		1	1	1	1					2	+	1		2	+					
Lapsana communis			1				1						1	1								1		1	1	1						
Rosa species			1			1		1								1						+										
Dactylis glomerata					1	1		1		1						1		1	2	1		+		1	1							
Arrhenatherum elatius						1	1		1				1				1	2	2			1		1	1	2						
Vicia sepium						1	1	1				1	1	1					+			+	+	1		1	1					
Hypericum perforatum			1									1				1				1				1	1					1		
Poa trivialis			1			1										1				1				1			1					
Geranium robertianum						1								1	1							1					1	+				
Sanguisorba minor	1												1						1					1						1		
Carex spicata							1						1			1			+			+										
Galeopsis tetrahit																		1				2	2				+	+				
Glechoma hederacea		1		1					1														2									
Bryonia cretica s. dioica		1						1	1													1										
Saponaria officinalis			1							1																				1	1	
Holcus lanatus			1				1		1																	3						

Descriptif des associations du tableau 12 :

Gp86 : ***Centaureo nigrae-Vicietum orobi*** Billy ex J.M.Royer 2014
Commentaires descriptifs : ourlet montagnard, héliophile, acidicline situé sur la chaîne des Puys.

Gp87 : ***Impatienti glanduliferae-Solidaginetum serotinae*** Moor 1958
Commentaires descriptifs : hautes herbes hygrophiles, eutrophiles, localisées dans le lit mineur de l'Allier et dans les clairières de la forêt alluviale.

Gp88 : ***Scrophulario caninae-Artemisietum campestris*** Billy ex Royer *et al.* 2006
Commentaires descriptifs : pelouse xérophile, acidicline à neutrocline, sur sable et galet en milieu alluvial de l'Allier.

Gp89 : ***Geranio phaei-Urticetum dioicae*** Billy ex Thébaud *et al.* 2014
Commentaires descriptifs : ourlet hygrocline, nitrocline et méso-eutrophile du lit majeur de l'Allier et de ses principaux affluents.

Gp90 : ***Alliario petiolatae-Chaerophylletum temuli*** (Kreh 1935) Lohm. 1949
Commentaires descriptifs : ourlet rudéral collinéen à submontagnard, mésophile, sciaphile à hémisciaphile, situé en lisière de fourré.

Gp91 : **Groupement à *Galium aparine* et *Urtica dioica***
Commentaires descriptifs : ourlet linéaire rudéral, collinéen à submontagnard, mésophile, sciaphile à hémisciaphile, situé au pied des haies, flore banale et appauvrie.

Gp92 : ***Coronillo variae-Peucedanetum alsatici*** J.M.Royer *et al.* 1983
Commentaires descriptifs : ourlet de basse altitude, mésoxérophile, thermocline, neutrobasiphile, sur marne ou basalte. Surtout situé sur les coteaux de Limagne.

Gp93 : ***Sambucetum ebuli*** (Kaiser 1926) Felföldy 1942
Commentaires descriptifs : hautes herbes dominées par *Sambucus ebulus,* héliophile, collinéenne, localisées en Limagne et sur les coteaux.

Gp94 : **Groupement à *Stellaria holostea* et *Urtica dioica***
Commentaires descriptifs : ourlet rudéral de bas de haies, collinéen à submontagnard, acidicline, hémihéliophile.

Gp95 : **Groupement à *Galium mollugo* et *Brachypodium pinnatum***
Commentaires descriptifs : ourlet rudéral de bas de haies, collinéen à submontagnard, xérocline, hémihéliophile.

Gp96 : ***Cirsio erisithales-Teucrietum scorodoniae*** Billy ex J.M.Royer 2014
Commentaires descriptifs : ourlet montagnard héliothermophile et acidicline. Localisé au niveau de la chaîne des Puys.

Gp97 : ***Teucrio scorodoniae-Silenetum nutantis*** B.Foucault & Frileux 1983
Commentaires descriptifs : ourlet montagnard, acidiphile, héliophile et xérocline, sur basalte ou socle cristallin.

Gp98 : ***Chaerophylletum aurei*** Oberdorfer 1957
Commentaires descriptifs : ourlet rudéral montagnard, sur le bord des chemins eutrophisés du plateau cristallin.

Gp99 : ***Senecio fuchsii-Epilobietum angustifolii*** Tüxen 1950
Commentaires descriptifs : haute herbe des coupes forestières, nitrocline, mésophile à hygrocline et acidicline.

Gp100 : **Groupement à *Pteridium aquilinum*** Robbe 1993
Commentaires descriptifs : ourlet collinéen à submontagnard, mésophile, mésotrophile, acidiphile, sur socle cristallin.

Gp101 : ***Polygono hydropiperis-Bidentetum tripartitae*** Tüxen 1950 ex H.Passarge 1955
Commentaires descriptifs : communauté pionnière à *Bidens*, hygrophile, eutrophe, sur vase et limon, de bord d'Allier, exondés en été.

Gp102 : ***Eragrostio pectinacei-Chenopodietum botryos*** (Felzines & Loiseau) Felzines 2012
Commentaires descriptifs : communauté des grèves humides du lit apparent de l'Allier, méso-hygrophile à mésophile, thermophile, sur les bancs de galets.

Gp103 : ***Scrophulario caninae-Melilotetum albae*** Loiseau & Braque 1972
Commentaires descriptifs : friche mésoxérophile et thermophile des hautes grèves des lits mineur et majeur de l'Allier.

Gp104 : ***Echinocloo muricatae-Amaranthetum pseudogracilis*** Wisskirchen 1995
Commentaires descriptifs : communauté des grèves humides du lit apparent de l'Allier, méso-hygrophile à mésophile, thermophile, sur dépôts sablo-graveleux.

3.2. Nouveautés et changements syntaxonomiques

Cette étude phytosociologique a permis de mettre en évidence 12 syntaxons nouveaux, dont deux associations et dix sous-associations. Parmi elles neuf ont été validées par Thébaud *et al*. (2014) ; trois sont ici validées. Les associations ou sous-associations forestières ont fait l'objet d'une comparaison d'ensemble, avec d'autres syntaxons proches, au sein du tableau synthétique 5 annexe 4. La description floristique, synécologique et synchorologique et la justification de ces nouveaux syntaxons sont données ci-dessous.

Polygonato multiflori-Fagetum sylvaticae Roux *in* Thébaud *et al.* 2014 ***typicum*** (relevé type : CEB2.1) et ***sorbetosum ariae*** Roux 2014 in Thébaud *et al.* 2014 (relevé type : GT1591, tableau de relevés 1 annexe 4, groupe 13 et 11, tableau synthétique 5, annexe 4, groupe 4)
Cette hêtraie à chêne collinéenne est localisée sur les plateaux, piémonts et rebords cristallins du Massif central soustraits à l'influence atlantique. Le type se développe sur les pentes mal exposées et dans les gorges encaissées, en conditions dites « abyssales », où elles sont souvent localisées en dessous des chênaies acidiphiles du *Hieracio sabaudii-Quercetum petraeae* en dessous de l'étage du chêne.

La sous-association à sorbier est quant à elle submontagnarde et se localise sur les plateaux cristallins en situation de climat d'abri par rapport à la Chaîne des Puys.

Cette communauté est répandue dans les bordures cristallines des montagnes du nord du Massif central, en dehors de sa façade atlantique, piémonts du Livradois-Forez, de la

montagne bourbonnaise, faille occidentale de Limagne, à rechercher dans les gorges de la Sioule, du Haut-Cher, du Beaujolais et du Lyonnais.

François Billy (1997) avait, par erreur, rapproché cette forêt du *Luzulo-Fagetum* Braque 1978. En réalité ce nom illégitime (art. 31) correspond à une chênaie-charmaie ou chênaie-hêtraie subatlantique décrite dans les plaines et basses collines du nord-est de la France (Royer, communication personnelle) jusqu'au Nivernais, qui se rattache au *Luzulo sylvaticae-Quercetum petraeae* J.M.Royer & Thévenin *in* J.-M.Royer, Felzines, Misset & Thévenin 2006.

Par rapport à cette association le *Polygonato multiflori-Fagetum* se distingue (tableau 5 annexe 4) par les caractères suivants : absence ou rareté du charme ; caractère moins acidiphile, avec l'absence d'espèces comme *Luzula pilosa*, *Lonicera peryclimenum*, *Betula pendula*, *Dryopteris carthusiana* ; caractère plus hygrosciaphile (*Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Ribes alpinum*), nitrocline (*Geranium robertianum*, *Geum urbanum*, *Lactuca muralis*) neutromésophile (*Lonicera xylosteum*, *Arum maculatum*, *Poa nemoralis*, *Stellaria holostea*, *Pulmonaria affinis*, *Brachypodium sylvaticum*) et une tonalité montagnarde (*Sorbus*, *Abies*). Le tableau synthétique 5 annexe 4 montre bien les différences floristiques nettes entre les deux associations (respectivement groupes 4 et 6). En accord avec Benoît Renaux, coordinateur au sein de la Société française de phytosociologie de la déclinaison de l'ancienne classe forestière des *Querco-Fagetea* a donc été proposée cette nouvelle association.

Daphno mezerei-Coryletum avellanae Roux *in* Thébaud *et al.* 2014, ***typicum*** (relevé type : CEB39) et ***stachyetosum officinalis*** Roux *in* Thébaud *et al.* 2014 (relevé type : 1611GT) (tableau de relevés 1, annexe 4, groupes 9 et 10 ; tableau synthétique 5, annexe 4, groupe 12)

Il s'agit de manteaux denses, dominés par *Corylus*, acidiclines à neutromésophiles, hémihéliophiles, montrant une tendance thermocline à thermophile au sein de l'étage montagnard, sur basalte.

La variante type, montagnarde, est située sur les versants des puys aux expositions défavorables (nord et est), elle est plus riche en espèces forestières et représente le stade dynamique qui conduit à la hêtraie à *Euphorbia hyberna*.

Il existe également une variante à *Betula pendula*, submontagnarde, que l'on retrouve sur le plateau et dans les cheires, cette corylaie postpionnière succède à un stade pionnier à *Betula pendula* et *Salix caprea*.

La sous-association à *Stachys officinalis* se trouve sur les versants des puys bien exposés, elle est hélioxérophile et est assez stable d'un point de vue dynamique.

Cette corylaie est profondément originale : elle présente une grande richesse spécifique et est caractérisée par un mélange de taxons hémihéliophiles des lisières et haies de la classe des *Crataego-Prunetea* et de taxons sciaphiles forestiers des *Carpino-Fagetea*. Les deuxièmes sont en grand nombre, en raison d'une canopée très fermée, et la balance phytosociologique penche nettement pour un rangement dans la seconde classe malgré des différences d'ordre structural.

Ces corylaies couvrent de grands espaces dans la chaîne des Puys à des altitudes anormalement élevées pour le nord du Massif central, zone où *Corylus* reste peu présent dans l'étage montagnard. Elles représentent un stade dynamique de reconstitution forestière à partir des landes et pelouses abandonnées par le pâturage. Mais ces stades sont particulièrement stables, surtout aux adrets et l'envahissement par le hêtre est lent. La flore forestière a le temps de se reconstituer avant sa venue, à la faveur du couvert feuillu et de la litière de feuilles de noisetier, aisément dégradable. Elle se développe sur recouvrements scoriacés, typiques d'un volcanisme récent. Il s'agit d'une association endémique des montagnes volcaniques occidentales du Massif central, particulièrement bien exprimée dans la chaîne des Puys ; elle reste ponctuelle dans les autres massifs, monts Dore et monts du Cantal. Elle

correspond partiellement à la sous-association *anemonetosum ranunculoidis* du *Corydalo solidae-Fraxinetum excelsioris* Billy 1997 prov.. Le *Daphno mezerei-Coryletum* a été intégré au tableau synthétique 5 annexe 4 des forêts (groupe 12). On note ses relations floristiques étroites avec l'*Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae* (groupe 13) et sa nette différenciation floristique avec les autres communautés du fait de son cortège d'hémihéliophiles.

Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014 ***scilletosum lilio-yacinthi*** (relevé type : GT1158) Roux 2014 *in* Thébaud *et al.* 2014 et ***coryletosum avellanae*** *subass. nov. hoc loco.* (relevé type = relevé 113 tableau 1, annexe 4) (groupe 6 et tableau 5 annexe 4)

Sous sa forme typique (groupe 13 du tableau synthétique 5 annexe 4) il s'agit d'une hêtraie montagnarde sous climat atlantique atténué, neutrocline, neutrésophile sur basalte. On la trouve dans les monts Dore et le Cézallier, la façade ouest de la chaîne des Puys, à Millevaches, aux monts de la Madeleine.

La sous-association *scilletosum* se localise à l'ouest de la chaîne des Puys, sur les versants soumis aux influences atlantiques, surtout nord ou ouest. C'est dans cette sous-association que l'on trouve le cortège d'espèces atlantiques le plus important (*Tractema lilio-hyacinthus, Euphorbia hyberna, Conopodium majus*…). Elle a été différenciée du type en raison de son caractère intermédiaire avec la hêtraie à Scille lys-jacinthe typique [(*Adoxo moschatellinae-Fagetum sylvaticae* (Luquet 1926) Rivas-Martinez *et al.* 1991 = *Scillo lilio-hyacinthi-Fagetum sylvaticae* (Luquet 1926) Cusset 1961)] avec toutefois un caractère plus appauvri, moins montagnard (manquent *Polygonatum verticillatum, Circaea intermedia*…), moins mésotrophile (manquent *Silene dioica, Myosotis sylvatica*), et moins hygrocline (manquent *Actea spicata, Impatiens noli-tangere, Ranunculus aconitifolius*).

La sous-association *coryletosum* (= *Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae* race de basse altitude a *Polygonatum multiflorum* Billy 1997 ; groupe 13.1 du tableau 5 de l'annexe 4) est une hêtraie plus thermophile, submontagnarde à montagnarde qui est localisée à la base de la chaîne des Puys. On la retrouve également sur les versants sud des puys de la partie sud de la chaîne des Puys et sur les versants abrités de la partie centrale de la chaîne des Puys. Elle se rencontre également dans les cheires, dans les secteurs proches des puys. Billy (1997) la situe également dans le bassin de la Dordogne, de la Haute-Combraille et des vallées des Couzes.

Cette variante de Billy a été élevée au niveau de sous-association en raison de sa bonne différenciation floristique : par rapport au type elle est appauvrie en montagnardes et hygroclines (*Polygonatum verticillatum, Festuca altissima, Luzula sylvatica Lilium martagon*…) et les taxons thermophiles de plus basse altitudes sont plus fréquents (*Lonicera peryclimenum, Vicia sepium, Corylus, Rubus* gr. *fruticosu*s). Nos relevés de la chaîne des Puys apparaissent particulièrement appauvris (syntaxon de la colonne 34)

Phleo phleoidis-Festucetum lemanii (Lemée 1959) Billy 2000 *in* Loiseau & Felzines 2010 ***campanuletosum glomeratae*** Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014 (relevé type : K826)

Cette sous-association est synonyme du *Campanulo glomeratae-Phleetum phleoidis* Billy 2002 prov.. L'analyse statistique globale (Ch II paragraphe 3.3) des pelouses de la zone d'étude a permis de mettre en évidence la faible différenciation floristique entre ces deux associations. Nous avons donc rétrocédé le *Campanulo-Phleetum* au rang de sous-association. Cette pelouse est moins xérophile et plus alticole que le type ; toutefois elle présente en commun avec ce dernier bon nombre de taxons thermophiles qui se localisent en général à basse altitude (*Dianthus carthusianorum, Phleum phleoides, Koeleria macrantha, Trifolium arvense, Armeria arenaria, Anthyllis vulneraria*) elle traduit une remontée de l'étagement de la végétation dans la partie sud de la chaîne des Puys. La moyenne altitudinale de cette sous-

association est de 1000 m, on la trouve non seulement dans la chaîne des Puys mais également dans les Monts Dore, le Cézallier et dans la vallée de la Sioule (Billy 2000).

Ranunculo bulbosii-Brachypodietum pinnati Michalet *et al.* 1989 *ex* Thébaud *et al.* 2014 ***trifolietosum pratensis*** Roux *et al*. *ex* Thébaud *et al.* 2014

Cette pelouse-lande submontagnarde, thermophile, acidicline, se cantonne dans les zones plus chaudes de la chaîne des Puys, en particulier sur les cônes de la zone sud d'après Coquillard *et al* (1989). Ces auteurs toutefois n'avaient pas fait de relevés sur le plateau volcanique en contrebas où l'association est présente sous forme d'une sous-association plus mésotrophile et mésophile, avec la présence de *Trifolium pratense*, *T. repens*, *Plantago lanceolata*, *Cerastium fontanum*, *Veronica chamaedrys*. Ces taxons des *Arrhenatheretea*, traduisent des pratiques agricoles plus présentes que sur les puys. Sur le plateau le sol est aussi plus profond et moins susceptible de dessication que sur les fortes pentes des puys d'où plus de taxons mésophiles. Le *Ranunculo bulbosi-Brachypodietum trifolietosum pratensis* se développe donc principalement sur basalte recouvert de trachyte ou trachy-andésite, sur les basses pentes des puys et le plateau contigu, du sud au nord de la chaîne, à la faveur de conditions plus thermophiles en raison de l'altitude plus basse.

3.3 Importance et distribution des principales communautés phanérophytiques pionnières et postpionnières identifiées dans la zone d'étude

Le tableau 13 récapitule la localisation des fourrés et forêts pionnières et postpionnières dans le secteur d'étude.

Le manteau à saules et sorbiers est le fourré que l'on trouve à la limite de l'étage montagnard et de l'étage subalpin, il est localisé au niveau du puy de Dôme. Aux étages montagnards et submontagnards, à la base des puys et sur le plateau volcanique, le *Veronico-Cytisetum* est la lande haute la plus répandue. Sur le plateau cristallin et les gorges le fourré du *Roso-Prunetum* domine, avec la sous-association *gillotii* submontagnarde et *ulmifolii* collinéenne. Sur les sommets et versants bien exposés des coteaux de Limagne, nous trouvons essentiellement le fourré eutrophe du *Rubo-Ulmetum*, le *Coluteo-Loniceretum* se rencontre dans quelques secteurs moins rudéralisés. Dans la plaine de la Limagne et les versants nord des puys, l'*Humulo-Sambucetum* domine tandis que le *Corno-Salicetum* est le fourré le plus répandu en bord d'Allier.

En ce qui concerne les principales forêts pionnières ou postpionnières, le *Daphno-Coryletum* occupe de grandes surfaces dans la chaîne des Puys, on le retrouve sur les puys et à leur bases. Plus bas en altitude, mais toujours sur le plateau volcanique et dans les cheires, il est remplacé par le *Betulo-Salicetum sorbetosum*, qui occupe lui aussi des surfaces assez importantes. Sur le plateau cristallin et dans les gorges la forêt postpionnière est le groupement à *Fraxinus excelsior* et *Geum urbanum.* Sur le plateau il est plus présent que la forêt mature, mais couvre de faibles surfaces, car le plateau est surtout recouvert par des végétations prairiales. Dans les gorges, étant données la topographie et l'histoire de l'occupation du site, les chênaies-hêtraies matures ou anciennes sont plus présentes ; nous retrouvons la frênaie, surtout sur les replats du dessus des gorges et sur les bas versants, en limite avec les zones urbanisées, ainsi que sur les versants nord des coteaux de Limagne. La forêt postpionnière qui se développe sur les sommets et versant sud de ces coteaux et dans la plaine de la Limagne est le groupement à *Ulmus minor* et *Chaerophyllum temulum*, bois

nitrophile à déterminisme anthropique. Il est aussi présent en bord d'Allier sous la forme d'un faciès à *Robinia pseudaccacia* ; la plaine, quant à elle, n'est pas boisée.

Tableau 13 : Présence des fourrés et forêts pionnières et postpionnières dans les 6 grands systèmes du secteur d'étude

Association	**Sous Association**	**Localisation au sein des 6 grands systèmes**							
		Chaîne des Puys			Plateau cristallin	rebord (faille) de la Limagne	Coteaux de Limagne	Plaine	Vallée alluviale de la rivière Allier
		puys	plateau	cheire					
Groupement à *Sorbus*		X							
Daphno mezerei-Coryletum avellanae	*typicum*	X							
	variante à bouleaux	X	X						
	stachyetosum officinalis	X		X					
Pruno spinosae-Rosetum vosagiacae			X						
Lonicero xylostei-Viburnetum lantanae			X						
Betulo pendulae-Salicetum capreae	*sorbetosum ariae*		X	X					
Veronico chamaedryos-Cytisetum scoparii			X		X				
Groupement à *Fraxinus excelsior* et *Geum urbanum*					X	X			
Groupement à *Cytisus scoparius* et *Holcus mollis*					X	X			
Roso micranthae-Prunetum spinosae	*rubetosum gillotii*				X				
	rubetosum ulmifolii					X			
Pruno padi-Coryletum avellanae					X				
Rubo gillotii-Sambucetum nigrae					X	X			
Lonicero periclymeni-Coryletum avellanae					X	X			
Junipero communis-Amelanchieretum ovalis						X			
Teucrio scorodoniae-Pinetum sylvestris						X			
Rubo ulmifolii-Ulmetum minoris							X		
Coluteo arborescentis-Loniceretum etruscae	*typicum*						X		
	cytisetosum scoparii						X		
Corno sanguinei-Salicetum purpureae							X		X
Humulo lupuli-Sambucetum nigrae	*aceretosum pseudoplatani*						X	X	X
Groupement à *Ulmus minor* et *Chaerophyllum temulum*	variante type						X	X	
	faciès à accacias								X
Rubio peregrinae-Viburnetum lantanae	*typicum*							X	X

Chapitre 4- Conclusions

4.1 Variables écologiques discriminantes pour la végétation de la zone d'étude

L'analyse des données phytosociologiques a permis de mettre en évidence les variables écologiques les plus discriminantes pour la végétation de notre secteur d'étude. Elles sont énumérées ci-dessous par ordre d'importance.

Altitude et étagement de la végétation

Elle ressort comme le facteur le plus discriminant pour la végétation étudiée, lié au gradient thermique. On estime que la baisse de température correspond à 0,56°C pour 100 m d'élévation, soit une différence d'environ 6°C en moyenne annuelle dans la région clermontoise. Ce dénivelé induit un étagement de la végétation depuis la plaine jusqu'au sommet du puy de Dôme. Nous essayons ici de proposer un modèle d'étagement pour la région d'étude en utilisant comme référence les définitions d'étagement d'Ozenda (1982, 1985 et 2002).

Pour Ozenda (1985) un étage de végétation correspond à un « complexe structuré d'écosystèmes » et non pas à de simples changements de physionomie comme par exemple l'étage des feuillus ou l'étage des résineux.

Le Massif central se situe dans le secteur occidental de l'arc hercynien. La zone d'étude appartient à la région floristique eurosibérienne à l'intérieur de laquelle elle est partagée entre le domaine atlantique (ouest de la chaîne des Puys) et le domaine subatlantique (ou médio-européen).

L'étage planitiaire (300-400 m) comprend la vallée alluviale de l'Allier et la plaine de la Limagne ; il correspond, selon Ozenda, à la série planitiaire de *Quercus robur*. Le facteur primordial dans la répartition de la végétation dans ce secteur est représenté par les variations de la nappe phréatique. Là où se localisent des zones d'eau stagnantes nous aurons des aulnaies ou des saulaies, mais, comme vu précédemment, la Limagne ayant été drainée depuis longtemps nous n'y trouvons plus ce type de végétation. Sur les sols alluviaux, la répartition des communautés est dépendante des inondations : dans le lit mineur nous aurons le *Salicio albae*, l'*Humulo-Fraxinetum* entre le lit majeur et mineur, le *Geranio-Fraxinetum* dans le niveau moyen et supérieur du lit majeur.

L'étage collinéen (400-750 m), se différencie en deux sous unités bien distinctes : un collinéen thermophile représenté par les coteaux de Limagne et les parties les plus hautes de la plaine ; un collinéen tempéré constitué par la faille bordière granitique.

Le premier correspond, selon Ozenda, à la série septentrionale de *Quercus pubescens* de l'étage supraméditerranéen de type occidental (comparable, à latitude égale, à la série Delphino-Jurassienne). Sur les plateaux et versants bien exposés des puys nous aurons la chênaie pubescente du *Trifolio-Quercetum pubescentis*, sur les versants mal exposés la chênaie du *Cephalantero-Quercetum* et sur les bas de versants et replats une chênaie-charmaie de l'*Ornithogalo-Carpinetum*.

Le collinéen tempéré représente des formes de passage entre les formations végétales thermophiles précédentes et la chênaie du *Hieracio-Quercetum petraeae*, localisée sur les adrets, dans laquelle nous trouvons encore un faciès à chêne pubescent. Sur les versants mal exposés la chênaie-hêtraie ou chênaie-frênaie du *Polygonato-Fagetum* fait la transition avec les végétations de l'étage submontagnard. Dans ces secteurs le châtaigner est bien représenté.

Dans l'étage montagnard (750-1300 m) de la zone d'étude, les communautés végétales permettent de distinguer un étage submontagnard et un étage montagnard moyen.

Dans le niveau submontagnard (750-1000 m) *Quercus petraea* et *Q. robur* sont associés au hêtre. Ce niveau est composé du plateau cristallin et de la base des puys. La forêt qui se développe sur cristallin est une chênaie-hêtraie semblable à celle des gorges mais avec un contingent d'espèces plus alticoles (*Polygonato-Fagetum sorbetosum*). Sur les replats basaltiques de la chaîne des Puys on trouve la hêtraie de l'*Euphorbio-Fagetum coryletosum* qui remonte également sur les versants sud des Puys ; la limite supérieure du submontagnard s'élève alors de 100 m par rapport à la partie centrale et nord.

L'étage montagnard moyen (1000-1300 m) englobe la partie la plus haute de la chaîne des Puys. À l'ouest la végétation qui s'y développe est celle qui est le plus marquée par l'influence atlantique, on trouve la hêtraie de l'*Euphorbio-Fagetum scilletosum*. Sur les versants nord des puys et sur basalte l'*Euphorbio-Fagetum typicum* et sur trachyte le *Luzulo-Fagetum*.

L'étage montagnard supérieur, tel qu'il est habituellement décrit par les phytogéographes (hêtraies à strate de mégaphorbiaies), ne semble pas présent dans la zone d'étude, remplacé directement par l'étage subalpin sur le puy de Dôme.

L'étage subalpin se développe au-dessus de 1250-1300 m. Cette limite inférieure est marquée par une ceinture discontinue et disparate de sorbiers et saules. Par rapport aux autres massifs auvergnats, où elle se situe aux alentours de 1500 m, elle est fortement abaissée pour deux raisons : position nordique de la chaîne des Puys dans le Massif central ; caractère isolé et convexe du puy de Dôme entraînant un effet vent maximal sur le sommet et les hauts-versants. Les végétations asylvatiques qui se développent dans cet étage sont des végétations à hautes herbes ou mégaphorbiaies, avec en adret, ou en condition d'abri, l'*Heracleo-Calamagrostietum* et en ubac quelques secteurs occupé par le *Luzulo-Calamagrostietum* ; autour des sommets et en ubac les landes à airelle des marais, *Alchemillo-Vaccinietum* et *Vaccinietum uliginosi-myrtilli*, dominent dans les secteurs où la végétation n'est pas dégradée. La composition floristique de ces végétations traduit un étage subalpin inférieur. L'étage subalpin supérieur, présent dans les monts Dore est absent de la zone étudiée.

Pour résumer, le collinéen occupe une surface importante dans notre zone d'étude ainsi que le submontagnard. L'étage montagnard moyen est peu étendu car le submontagnard empiète sur sa limite inférieure et l'étage subalpin, abaissé sur le puy de Dôme, fait descendre sa limite supérieure.

Le tableau 14 récapitule le modèle d'étagement pour la région d'étude.

Tableau 14 : étagement de la végétation sur la zone d'étude

Étage	**Secteur de la zone d'étude**	**Associations climatophiles**
Planitiaire 300-400 m	Zone alluviale de l'Allier, plaine de la Limagne	*Geranio phaei-Fraxinetum excelsioris* *Ornithogalo pyrenaei-Carpinetum betuli*
Collinéen thermophile 400-750 m	Coteaux de Limagne	*Trifolio rubentis-Quercetum pubescentis* *Cephalanthero damasonii-Quercetum petraeae*
Collinéen tempéré 400-750 m	Faille de la Limagne	*Hieracio sabaudii-Quercetum petraeae* *Polygonato multiflori-Fagetum sylvaticae typicum*
Submontagnard	Plateau cristallin et	*Polygonato multiflori-Fagetum sylvaticae*

750-1000 m	plateau volcanique	*sorbetosum ariae* *Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae coryletosum avellanae*
Montagnard 1000-1300 m	Chaîne des Puys	*Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae typicum* *Luzulo sylvaticae-Fagetum sylvaticae*
Subalpin 1300-1450 m	Sommet du puy de Dôme	Manteau à Sorbiers *Vaccinietum uliginosi-myrtilli*

Substrat géologique et végétation

Ce facteur a un double effet, dû à ses propriétés chimiques d'une part et à ses propriétés physiques et mécaniques d'autre part.

Du point de vue chimique, comme nous l'avons vu dans le paragraphe 1.1.1 de la partie I, la chaîne des Puys est composée de plusieurs types de volcans avec plusieurs sortes de laves, plus ou moins riches en silice. La répartition de la végétation est très liée à cette différence de nature chimique : sur les dômes trachytiques ou trachy-andésitiques se développe la hêtraie acidicline du *Luzulo-Fagetum*, tandis que sur les cônes basaltiques c'est la hêtraie neutrocline de l'*Euphorbio-Fagetum* qui est présente. De même sur les coteaux de Limagne nous retrouverons 2 sous-associations de la chênaie pubescente (*Trifolio rubentis-Quercetum pubescentis*) : la sous-association typique, plus acidicline, sur les plateaux basaltiques et la sous-association *rubietosum*, neutrocalcicole sur les versants sud marneux.

D'autre part, les propriétés physiques et mécaniques des roches jouent également un rôle important dans la distribution de la végétation. Sur scories basaltiques meubles, surtout aux expositions chaudes, se développent des pinèdes ou des corylaies xéroclines et hémihéliophiles (*Diantho-Pinetum* et *Daphno-Coryletum stachyetosum*). Dans les cheires, formées de gros blocs basaltiques, s'implantera une mosaïque de végétations sur de faibles surfaces (*Diantho-Pinetum, Euphorbio-Fagetum* et *Polygonato-Fagetum sorbetosum*). Dans les gorges et sur le plateau cristallin, en fonction du degré d'arénisation du granite, nous serons en présence d'un lithosol, aux affleurements de la roche compacte, sur lesquels se développent des végétations pionnières plus ou moins stables comme le *Sedo-Hieracietum* ou l'*Airo-Festucetum....* Ou d'un régosol, sur les petites poches d'accumulation d'arène, où l'on trouve les communautés pionnières du *Narduretum lachenalii* ou de l'*Anarrhino-Sedetum* qui vont évoluer vers un stade arbustif du *Junipero-Amelanchieretum*. Enfin sur couche arénacée généralisée, où se développe un sol brun acide assez profond, dans les gorges, la chênaie acidiphile (*Hieracio-Quercetum*).pourra se développer.

Rôle de l'exposition

Elle joue également un rôle important dans la distribution de la végétation de la zone d'étude. Plus particulièrement sur les coteaux de Limagne et dans les gorges du rebord granitique et dans une moindre mesure dans la chaîne des Puys. Sur les coteaux de Limagne suivant l'exposition on aura différentes associations végétales, avec les chênaies pubescentes du *Trifolio-Quercetum* sur les versants biens exposés et la chênaie du *Cephalanthero-Quercetum* sur les versants mal exposés. Dans les gorges cristallines l'adret accueillera la chênaie du *Hieracio-Quercetum*, tandis qu'en ubac on aura la chênaie-hêtraie du *Polygonato-Fagetum.* Au fond des gorges en situation de confinement maximal ou au bas des pentes nord, se développera une frênaie hygrosciaphile et psychrophile (*Polysticho-Fraxinetum*). Dans la chaîne des Puys on retrouve également cette opposition adret/ubac, avec sur les versants nord des puys la hêtraie de l'*Euphorbio-Fagetum typicum* et sur les versants sud celle de l'*Euphorbio-Fagetum coryletosum.*

Gradient d'océanité-continentalité

Comme nous l'avons souligné dans le paragraphe 1.3 de la partie I, malgré son altitude relativement modeste, la chaîne des Puys forme une barrière aux arrivées océaniques et constitue une zone de transition entre un régime climatique océanique montagnard sur les crêtes et à l'ouest et un régime de type semicontinental d'abri à l'est. Cette distinction s'exprime assez nettement au niveau de la végétation. La hêtraie à Euphorbe d'Irlande (*Euphorbio-Fagetum*) domine dans les zones d'altitude de la chaîne des Puys, en particulier la sous-association *scilletosum* sur les versants ouest. À l'est, en abri, les autres communautés végétales ne comportent plus qu'un contingent de subatlantiques, qui disparaissent vite aux abords de la Limagne.

Ce gradient est valable sur la partie Ouest-Est, en relation avec l'effet de Foehn, mais il est également perceptible sur un axe nord-sud uniquement dans la chaîne des Puys. Le sud de la chaîne souffre en effet d'un certain déficit de précipitations dû à l'effet de barrière des monts Dore (Coquillard *et al.* 1988). A altitude égale se développe des végétations plus thermophiles dans la partie sud de la chaîne avec par exemple la pelouse du *Ranunculo-Brachypodietum*, tandis que dans la partie centrale et nord on trouvera celle du *Diantho-Brachypodietum.*

4.2 Conclusions d'ordre phytosociologique et syntaxonomique

L'influence combinée de ces différentes variables écologiques entraîne une grande diversité de syntaxons dans la région étudiée. Pour notre secteur, nous avons recensés environ 130 unités principales comprenant les associations et les groupements et 152 unités élémentaires si l'on totalise les sous-associations et les variantes, dont 103 ont été décrites succinctement dans ce chapitre. Pour connaître la totalité des syntaxons reconnus dans la zone d'étude et les différents niveaux hiérarchiques de la classification dans lesquels ils sont rangés il faut se référer au synsystème présenté en annexe 3.

Dans la région clermontoise, que l'on pouvait penser bien connue sur le plan phytosociologique, ont été mises en évidence d'importantes lacunes de connaissances et de nouveaux syntaxons ont dû être décrits au cours de cette étude.

En particulier les forêts étaient peu étudiées. Il était pourtant important de bien définir les associations ou sous-associations forestières dans ce travail car, dans notre région, elles constituent dans la plupart des cas les têtes de séries de végétation.

Parmi ces forêts deux correspondent à des associations forestières ou arbustives nouvelles : le *Polygonato-Fagetum* et le *Daphno-Coryletum*. Ils ont même fait l'objet d'un découpage de niveau inférieur en plusieurs sous-associations. Deux autres sous-associations nouvelles ont été décrites dans une association déjà existante (*Euphorbio-Fagetum scilletosum* et *coryletosum*).

Parmi les forêts de reconstitution, le groupement à *Fraxinus excelsior* et *Geum urbanum*, frênaie nitrocline issue de l'abandon de pâtures ou cultures et conduisant à une chênaie-hêtraie (*Polygonato multiflori-Fagetum*), n'avait jusqu'ici pas été décrit dans la région, en particulier par Billy. Ceci est étonnant tant ce groupement est répandu. Ces frênaies étaient peut-être beaucoup plus jeunes à l'époque de Billy et cet auteur n'avait peut-être pas jugé bon de les étudier. Aujourd'hui elles occupent une surface beaucoup plus importante que la forêt vers laquelle elles tendent. Ces frênaies de 50 à 80 ans en moyenne deviennent plus matures et mieux structurées. L'évolution vers la chênaie-hêtraie est assez lente ; les jeunes chênes ne sont pas toujours présents étant donné l'éloignement des semenciers. Une flore

forestière du *Polygonato-Fagetum* commence à s'y installer et une flore d'ourlets nitroclines et rudéraux y subsiste. Cependant nous n'avons pas cru bon de la nommer en tant qu'association végétale à part entière.

Deux sous-associations de pelouses ont également été décrites. La première, le *Phleo-Festucetum campanuletosum* est issue d'une association de Billy rétrogradée au niveau hiérarchique inférieur. La deuxième, le *Ranunculo-Brachypodietum trifolietosum*, est nouvelle.

Lors de cette étude phytosociologique nous nous sommes également interrogée sur la place des forêts pionnières et postpionnières dans le modèle d'ensemble. Il nous a semblé important de les distinguer selon deux groupes en fonction de leur caractère fugace ou non. Nous avons différencié le groupe des stades forestiers jeunes, correspondant souvent à des fourrés boisés, ayant subi une colonisation rapide des frênes et autres grands arbres, tout en conservant une composition floristique proche du fourré d'origine. Un deuxième groupe, bien différent, a été distingué, celui des forêts postpionnières plus stables et âgées, à évolution plus lente et très représentées dans la zone d'étude ; c'est le cas des *Daphno-Coryletum*, *Betulo pendulae-Salicetum capreae*, groupement à *Fraxinus* et *Geum* et groupement à *Ulmus* et *Chaerophyllum*. Mais dans ce dernier cas se pose le problème du statut syntaxonomique à donner à ces communautés forestières de reconstitution dont certaines sont peut-être aussi des forêts de substitution.

4.3 Impacts anthropiques et difficultés d'analyse de la végétation

Ce paragraphe résume les différents impacts anthropiques qui influent sur la végétation des différents systèmes de la zone d'étude.

La zone alluviale de l'Allier est occupée sur plusieurs sites par des carrières de sable et graviers, les autres secteurs sont très fréquentés par les promeneurs. Le Robinier faux-acacia est omniprésent dans ce secteur. Cette essence invasive caractérise des stades de dégradation de la forêt alluviale à bois dur, particulièrement fréquents ici.

La plaine de la Limagne est drainée et utilisée pour la culture intensive (maïs, blé, tournesol, betterave à sucre, tabac). Cette agriculture intensive et les aménagements induits (drainage, voiries, défrichements…) a rendu difficile, voire impossible, l'identification des têtes de série forestières présentes. L'identification de l'*Ornithogalo pyrenaei-Carpinetum* résulte de nos relevés extérieurs à la zone d'étude, dans des forêts relativement dégradées elles-mêmes ou rudéralisées. Dans ce contexte la caractérisation phytosociologique reste approximative.

Les coteaux non utilisés en culture sont, quant à eux, envahis par des forêts eutrophiles à ormes et robiniers (groupement à *Chaerophyllum temulum* et *Ulmus glabra*).

Les coteaux et le bas des gorges situés à proximité de l'agglomération clermontoise, subissent une forte artificialisation urbaine, avec destruction, rudéralisation, eutrophisation et banalisation des milieux. Les chênaies pubescentes y sont assez rares et relativement jeunes (60 ans environ) compte-tenu de l'abandon récent de ces milieux, utilisés autrefois en prairie et cultures (Roux & Thébaud 2015). Bien peu semblent matures et encore moins relictuelles.

Dans les gorges de la faille occidentale, très forestières, on trouve encore des peuplements forestiers en état, mais aussi des zones dégradées, en particulier par les plantations résineuses, surtout sapin. Les versants sud, autrefois pâturés sont abandonnés et les communautés de pelouses ou prairies sont envahies et en cours de fermeture.

Sur le plateau cristallin, zone agricole ponctuée par des villages, la majeure partie du plateau est occupée essentiellement par des prairies de fauche, quelques pâtures et de rares cultures, laissant peu de place pour les forêts. Celles-ci ont été difficiles à caractériser, en raison aussi de leur état de dégradation. Le *Polygonato multiflori-Fagetum sorbetosum*, forêt identifiée dans ce secteur, ne compte que peu de relevés typiques dans cette zone.

La chaîne des Puys est plus éloignée des habitations, elle est mieux conservée que les autres systèmes. Néanmoins elle subit une fermeture des milieux suite à l'abandon des pratiques agropastorales ; beaucoup de végétations sont en devenir. De nombreux puys, notamment dans la zone sud, ont subi des plantations résineuses monospécifiques, douglas, épicéas, sapins, ayant entièrement détruit les communautés végétales d'origine et rendant difficile une caractérisation précise de ces secteurs.

Les facteurs anthropiques peuvent être favorables pour la biodiversité et la végétation et concourir à la richesse syntaxonomique de la zone : par exemple sur le plateau les prairies de fauche, omniprésentes, exploitées de manière plus ou moins traditionnelles, abritent une bonne richesse spécifique et sont assez représentatives.

Dans beaucoup de cas ils entraînent des perturbations, sources de fragmentation et d'instabilité. Du fait de la forte artificialisation de la zone, de grandes surfaces sont occupées par des végétations instables ou des stades dynamiques fugaces, émanant de processus régressifs ou progressifs, et peu de forêts matures.

4.4 Le référentiel phytosociologique analytique : un outil diagnostic élaboré au cours de l'étude dynamico-caténale

L'approche développée dans cette seconde partie n'a pas été réalisée dans le but d'accomplir une étude phytosociologique complète, ni une cartographie des associations végétales ou des habitats naturels de la zone. En effet très peu de relevés ont été réalisés dans certaines végétations (fourrés, ourlets, pelouses pionnières...), soit parce qu'ils étaient déjà bien connus et faciles à identifier sur le terrain, soit parce qu'ils représentaient des végétations subordonnées, moins prioritaires pour l'approche paysagère. Par contre elle a été orientée vers la mise en en place d'un référentiel phytosociologique analytique, outil de diagnostic de la végétation et de son écologie, recherchant ainsi la meilleure fiabilité possible.

Soulignons que ce travail d'élaboration du référentiel a été mené de pair avec l'étude dynamico-caténale, et non pas en deux étapes distinctes, car lorsque nous avons commencé à réaliser des synrelevés sur le terrain nous nous sommes heurtée aux difficultés d'identification de certains syntaxons.

De plus cet outil nous a permis non seulement de fonder notre étude symphytosociologique et paysagère sur des unités phytosociologiques plus claires, reposant sur une définition statistique argumentée, mais aussi de mieux cerner les variables écologiques qui leur sont liées, et donc indirectement de permettre une meilleure caractérisation des tessellas et caténas, enveloppes écologiques des séries et géoséries.

Le travail phytosociologique plus approfondi sur les forêts était aussi indispensable, compte-tenu des lacunes de connaissance observées, pour la caractérisation des têtes de séries et de certains stades dynamiques forestiers. Cette étude a également apporté des bases pour apprécier le degré de conservation et d'anthropisation de la zone d'étude. Tous ces éléments sont pris en compte dans les parties suivantes.

Partie III-Élaboration d'un modèle prédictif spatiotemporel de la végétation : outils et méthodologie

Dans cette troisième partie nous préciserons les concepts et définitions de la méthode dynamico-caténale composée de deux approches complémentaires : la symphytosociologie qui rend compte de la dynamique de la végétation et la géosymphytosociologie ou phytosociologie paysagère qui intègre les complexes de communautés au sein d'unités géomorphologiques. La première en particulier sera mise en perspectives et discutée par rapport aux notions de "végétations potentielles" et à la problématique du réchauffement climatique d'origine anthropique. Notre propre méthodologie sera ensuite détaillée ainsi que les critères de caractérisation des séries et géoséries et les outils et techniques spécifiquement utilisées pour ces échelles de perception, notamment base de données "paysage", outils d'analyses statistiques, système d'information géographique et cartographie.

Chapitre 1- Cadre méthodologique général : l'approche dynamico-caténale

L'intérêt et l'importance des complexes géomorphologiques dans l'agencement des groupements végétaux n'est pas une notion récente ; elle est apparue dès les débuts de la phytosociologie (Braun-Blanquet & Pavillard 1928, Braun-Blanquet 1932). À cette époque les concepts se basaient sur une approche déductive : on appliquait un modèle théorique sur le terrain. Il a fallu attendre les travaux de Bolòs (1963) pour voir proposer une méthodologie basée sur une étude inductive, précise et quantifiée (Géhu 2004) : des données collectées sur le terrain, on tirait des éléments pour échafauder un modèle théorique. C'est en 1973, avec Tüxen, que la phytosociologie paysagère devient une science à part entière : il propose d'adapter la méthode phytosociologique classique à l'étude des complexes de groupements végétaux qui composent le paysage. Depuis, de nombreux auteurs ont contribués à faire évoluer les concepts de la phytosociologie paysagère. Plusieurs travaux récapitulent d'ailleurs l'historique, le développement des concepts, ainsi que les différentes applications de cette science (Theurillat 1992 ; Géhu 1977, 2004 ; Chalumeau & Bioret 2013 ; Delbosc 2015) et pour une information plus approfondie, nous recommandons de consulter ces études. Dans ce paragraphe nous allons donc surtout insister sur les principes fondamentaux de la phytosociologie paysagère et donner les définitions retenues dans ce travail, définitions élaborées avec le groupe de travail CarHAB et qui a abouti à la publication d'un article en collaboration (Bioret *et al.* 2017).

La phytosociologie paysagère est la science qui étudie les complexes de communautés végétales au sein d'unités spatiales homogènes (Géhu & Rivas-Martinez 1981 ; Géhu 1991). Elle consiste en une approche inductive qui comprend 3 niveaux d'intégrations d'analyses du tapis végétal (Géhu 1991 ; Lazare 2009 ; Biondi 2011):

- Le premier niveau est représenté par la phytosociologie sigmatiste qui permet de définir les communautés végétales (syntaxons) et leur écologie.
- Le deuxième niveau est celui de la symphytosociologie, ou phytosociologie sériale, qui étudie les ensembles de groupements végétaux liés dynamiquement (série) à l'intérieur d'une surface écologiquement homogène (tessella).
- Le troisième niveau correspond à la géosymphytosociologie, ou phytosociologie caténale, qui analyse au sein d'unités géomorphologiques et bioclimatiques de taille variable (caténa) les relations entre groupements végétaux ou entre réseaux dynamiques au sein d'unités (géosérie) ou de leurs complexes.

En outre, le premier niveau lui-même émane du diagnostic taxonomique précis des plantes présentes sur une surface donnée ; ainsi la phytosociologie paysagère est une approche à "haute résolution" qui rend compte de la biodiversité depuis la plante jusqu'au paysage.

La notion de phytosociologie a été vue dans la partie II, nous allons donc développer dans ce paragraphe les notions de symphytosociologie et géosymphytosociologie.

1.1 Végétations potentielles et symphytosociologie

1.1.1 Potentialité de la végétation

La notion de climax correspond à un état théorique final d'équilibre, stable et durable entre la végétation et le biotope en conditions édaphiques moyennes (Géhu & Rivas-Martinez 1981 ; Géhu 2006). C'est Clements en 1916 qui définit cette notion de climax : pour lui la végétation climacique est le résultat d'une dynamique progressive primaire, sans aucune interférence humaine.

Les concepts de végétation potentielle naturelle (Tüxen 1956), ou de remplacement (Chytrý 1998) ou actuelle (Biondi 2011) sont quant à eux utilisés pour décrire les stades matures des successions dynamiques, ou têtes de série, lorsqu'il y a intervention humaine.

La végétation potentielle naturelle (VPN) correspond au stade final de la dynamique naturelle de la végétation si toutes influences humaines (eutrophisation, changements climatiques d'origine anthropique...), sur le site et les environs immédiats, cessaient (Biondi *et al.* 2002 ; Géhu 2006 ; Schaminée *et al.* 2007 ; Mucina 2010). Elle peut être différente de la végétation qui se développait avant les perturbations anthropiques (Géhu & Rivas-Martinez 1981). La potentialité est évaluée sur une échelle temporelle courte et a pour but de représenter à la fois un scénario d'évolution naturelle de la végétation sous l'effet des facteurs environnementaux, et également de fournir un descriptif écologique du territoire (Loidi & Fernandez-Gonzalez 2012). Elle est souvent considérée comme synonyme du climax.

Le deuxième concept est celui de végétation potentielle de remplacement (VPR ; Chytrý 1998) ; il est similaire à celui de la végétation potentielle naturelle, à la différence qu'il intègre les impacts humains sur la végétation. La VPR correspond à la VPN qui subirait des influences anthropiques extérieures telles que la pollution de l'air, de la gestion...

Le concept de végétation potentielle actuelle (VPA) définit par Biondi *et al.* en 2011 correspond au type de végétation le plus avancé dans la succession sériale, qui se développe dans une région donnée aussi longtemps que l'homme est présent et hors événements soudains et changements climatiques (Biondi 2011).
La tête de série ne représente donc pas toujours le climax.

1.1.2 Définition de la symphytosociologie

La symphytosociologie permet d'étudier les liens dynamiques qui existent entre différentes communautés végétales, au sein d'un territoire écologiquement homogène (Géhu 1986). Elle détermine pour cela les différentes associations végétales qui se succèdent lors des étapes dynamiques, dans un même cadre spatial. Ces associations pouvant être matures, de substitutions, pionnières ou encore anthropiques. C'est l'ensemble de ces étapes de successions qui représente la série de végétation, unité élémentaire retenue dans ce travail.

1.1.3 Cadre spatial

Le terme de tessella a été utilisé pour la première fois en 1963 par Bolòs, pour désigner la composante élémentaire de la mosaïque de parcelles constituant la base du paysage ; elle correspond à une portion de territoire écologiquement homogène possédant une communauté stable ainsi que ses associations de substitution. Cette notion de tessella a été reprise et amendée par de nombreux auteurs (Rivas-Martinez 1976 ; Géhu & Rivas-Martinez 1981 ; Géhu 1991 ; Theurillat 1992) car elle représente le cadre spatial de la série de végétation. Elle correspond à un territoire de surface variable, homogène écologiquement et dynamiquement, dans lequel ne se trouve qu'un seul type de végétation potentielle (Géhu & Rivas-Martinez 1981 ; Géhu 1991). La définition retenue avec le groupe de travail CarHAB est la suivante :

Tessella (français : tesselle, espagnol : tesela, italien : tessela, tessella) : unité spatiale de surface variable, homogène écologiquement, s'inscrivant dans une unique potentialité de végétation. *Une tessella est assimilable à un compartiment écologique.*

1.1.4 Unité élémentaire de la symphytosociologie : la série de végétation

Braun-Blanquet et Pavillard (1928) utilisent le terme de complexes d'associations pour définir le paysage. En 1974, Géhu propose la notion d'association d'associations ; la même année Haber préfère utiliser la dénomination de sigmassociation. En 1976, Rivas-Martinez emploi le nom de synassociation pour définir l'unité de base de la symphytosociologie, qui sera ensuite remplacé en 1981 (Géhu & Rivas-Martinez) par le terme de sigmetum (Tüxen 1977). En 1982 Rivas-Martinez définit la série de végétation qui devient synonyme de la synassociation et du sigmetum.

La définition de série de végétation retenue par le groupe de travail CarHAB est la suivante :

Série de végétation : unité conceptuelle dynamique regroupant des communautés végétales, susceptibles de se trouver dans des tessellas similaires et s'inscrivant dans une même potentialité de végétation dont le stade final correspond à la tête de série. Elle inclut les communautés primaires et de substitution.

Individu de série : élément concret regroupant une ou plusieurs communautés végétales d'une série de végétation, s'exprimant au sein d'une tessella.

À l'intérieur des séries de végétation il peut exister des variations qui ne sont pas suffisantes pour pouvoir créer une nouvelle série, on utilise alors la dénomination de sous-série qui représente un rang inférieur de la série. La définition retenue par le groupe de travail CarHAB est la suivante :

Sous-série de végétation : subdivision de la série associée à la variabilité stationnelle interne des tessellas, dont le déterminisme peut être abiotique (ionique, trophique, hydrique…) ou biotique (pratiques agricoles et forestières, incendies…). Elle s'inscrit dans la même potentialité sériale (tête de série unique).
Différentes trajectoires liées à un déterminisme écologique ou chorologique particulier peuvent conduire à la même tête de série. La sous-série est synonyme de fasciation (Rivas-Martínez 2007).

La dynamique naturelle de la végétation est un processus naturel d'évolution des écosystèmes d'un stade initial simple (pelouse, prairie) vers un stade final mature plus complexe, souvent forestier. Ce stade final, ou tête de série, correspond au niveau de développement maximal d'un écosystème compte tenu des conditions écologiques existantes (sol et climat). La tête de série correspond au groupement climacique ou groupement potentiel (Géhu & Rivas-Martinez 1981) et est définie par un syntaxon phytosociologique élémentaire : association végétale, sous-association ou variante. Une série de végétation est donc composée de l'ensemble des communautés végétales conduisant à un seul type de végétation potentielle.

Les différentes étapes de la série peuvent être représentées par des groupements végétaux émanant soit de processus dynamiques progressifs, c'est à dire qu'ils se rapprochent de la tête de série, soit de processus régressifs (cataclysme naturel, action humaine...) s'ils s'en éloignent. La série peut également contenir des végétations correspondant à des étapes de potentialité déviée (Géhu 1991), c'est à dire fortement dégradés par l'action humaine.

On retrouve donc dans une série de végétation les groupements correspondant à l'étape de maturité, ou assez proche de l'état naturel, les communautés sub-naturelles et semi-naturelles représentés par les stades initiaux et les groupements de substitutions et éventuellement des communautés plus ou moins fortement artificialisées tels que les friches, les cultures intensives ou les végétations proches des infrastructures humaines (Géhu & Rivas-Martinez 1981 ; Rivas-Martinez 1982 ; Géhu 1991). Le nombre des associations composant une série pourra varier d'un type de série de végétation à un autre et suivant l'histoire de l'occupation du territoire (Géhu 1991 ; Biondi 2011).

1.1.4.1 Les différentes catégories de séries

Il existe différentes catégories de séries selon les facteurs écologiques déterminants. (Géhu 2006 ; Lazare 2009 ; Rivas-Martinez *et al.* 2011). Ces séries peuvent par exemple être disposées le long d'un transect théorique qui débuterait dans un fond de vallon constitué de sols particulièrement humides recevant l'eau des précipitations et l'eau des pentes voisines. Puis qui se prolongerait dans un premier temps au niveau du piémont où les sols sont inondés ou très humides pendant une partie de l'année. Dans un deuxième temps sur le versant, sur des sols matures ne recevant que l'eau des précipitations. Et qui se terminerait sur la crête composée de sols xériques sans aucune rétention d'eau.

Les définitions suivantes ont été élaborées dans le cadre du groupe de travail CarHAB:

Série climatophile : série de végétation liée au mésoclimat et s'exprimant dans des conditions édaphiques moyennes (mésophiles).
Au sein d'un même mésoclimat, il peut y avoir plusieurs séries climatophiles (ex. : hêtraie acidiphile, hêtraie acidicline et hêtraie neutrophile le long d'une toposéquence).

Série édaphophile : série de végétation azonale fortement influencée par les contraintes édaphiques.

Série édaphoxérophile : série inféodée aux sols superficiels xériques (lithosols, arénosols) ;

Série temporhygrophile : série influencée par des sols temporairement engorgés : sols inondés ou très humides pendant une partie de l'année (à engorgement alternatif) ;

Série édaphohygrophile : série généralement azonale installée sur des sols très engorgés (Aulnaies, Saulaies).

Série topoaérophile : série liée par des conditions atmosphériques particulières en situation de pente, de sol instable et de confinement. La série topoaérohygrophile est inféodée aux expositions fraiches ou froides (érablaie, tillaies hygrosciaphiles) ;

La notion de série édaphohygrophile ne mous semble pas suffisante pour rendre compte de la réalité des communautés d'hydrophytes. En effet le préfixe "hygro" traduit seulement l'humidité alors que le préfixe "hydro" traduit l'eau et donc est mieux adapté pour qualifier le caractère aquatique. D'autre part bon nombre d'hydrophytes ne sont pas rattachées au substrat dont les communautés flottantes en surface ou entre deux eaux ; certains taxons n'ayant que des rhizoïdes (*Ceratophyllum*...) se détachent facilement du substrat : le terme "édapho" qui se rapporte au "sol" n'est pas non plus adapté. En conclusion il nous a semblé important de compléter les définitions citées plus haut en proposant dans notre travail les nouveaux termes d'"hydrosérie" ou série "hydrophile" ("hydrocurtasérie", "hydropermasérie"...), afin de mieux qualifier ces végétations qui sont entièrement dépendantes du milieu aquatique.

1.1.4.2 Les différents types de séries

Quatre types de séries peuvent être distingués :
- les séries, comprenant plusieurs stades successifs et ayant généralement pour tête de série un groupement forestier ;
- les permaséries, comprenant un seul syntaxon vivace permanent, monostratifié, au sein d'une tessella caractérisée par de fortes contraintes écologiques (Rivas-Martinez 2005 ; Lazare 2009) ;
- les curtaséries, correspondant à des séries tronquées, caractérisées par au moins deux stades dynamiques vivaces, dont le stade mature, en raison de contraintes écologiques, n'est pas forestier (Lazare 2009) ;
- les théroséries, comprenant un seul stade constitué d'une communauté annuelle, saisonnière, peu stratifiée, au sein d'une tessella instable, caractérisée par de fortes contraintes écologiques (Bioret *et al.* 2017).

À l'instar des séries les curtaséries, permaséries et théroséries peuvent être climatophiles ou édaphophiles ou topoaérohygrophiles.

La notion de sigmafaciès existe également ; elle décrit "l'expression physionomique répétitive d'une série, définie par une combinaison particulière de syntaxons" (Bioret *et al.* 2017).

Dans ce travail nous avons décidé d'accorder une attention plus particulière au déterminisme écologique dans l'expression des séries de végétation, plutôt qu'à leur physionomie qui reste un critère fugace et simplement descriptif. Il représente également une charge importante de travail de terrain, et les coefficients d'abondance des syntaxons dans le synrelevé apportent déjà une précision sur la dominance d'une végétation par rapport aux autres.

De plus des outils cartographiques informatiques réalisés dans le cadre de CarHAB ("fond blanc physionomique", Commagnac *et al.* 2014) peuvent fournir ce type d'information.

1.2 Géosymphytosociologie ou phytosociologie caténale

1.2.1 Définition

La phytosociologie caténale ou géosymphytosociologie, représente le troisième niveau de la phytosociologie. Elle étudie les unités phytotopographiques d'une même unité biogéographique (vallée, crête, plaine, fleuve...). Elle s'intéresse d'avantage à l'homogénéité morphologique qu'à la dynamique ; c'est la véritable phytosociologie paysagère, car elle représente une dimension spatiale supérieure à la symphytosociologie, qui permet de décrire un paysage seulement sur de grandes surfaces homogènes, alors que la géosymphytosociologie, en regroupant des séries de végétations contigües, pourra donner une représentation du paysage dans des secteurs plus contrastés topographiquement, comme par exemple en montagne, dans les zones alluviales (Béguin *et al.* 1979 ; Géhu & Rivas-Martinez 1981 ; Rivas-Martinez 1982, 2005 ; Géhu 1991).

1.2.2 Cadre spatial

C'est Bolòs (1963) qui a également utilisé le terme de caténa pour délimiter le domaine spatial de la géosérie. Le mot est resté en géosymphytosociologie mais en prenant une signification plus large (Theurillat 1992). C'est Rivas-Martinez, en 1976, qui va séparer le niveau caténal du niveau sérial (Géhu 2004). Il définit la caténa comme un ensemble de communautés végétales voisines, ordonnées en fonction de la variation d'un facteur écologique, par exemple la température, l'humidité, la topographie (Rivas-Martinez 1982), et constituée de séries de végétation contigües, réparties selon les conditions géomorphologiques et biogéographiques (Géhu 1991 ; Biondi *et al.* 2002 ; Rivas-Martinez 2005), occupant ainsi le territoire de plusieurs groupements climaciques (Géhu & Rivas-Martinez 1981). La caténa est donc constituée de plusieurs tessellas contigües, ordonnées répétitivement selon un facteur du milieu (Géhu 2006) et pouvant être différente écologiquement, climatophile ou édaphophile, (Rivas-Martinez 2005). En 2006, Géhu définit la caténa comme le cadre spatial de la toposéquence de végétation représentant la géosérie.

La définition retenue dans ce travail a été élaborée dans le cadre du groupe de travail CarHAB :

Caténa (*Catena*) : unité géomorphologique et bioclimatique de taille variable, comportant une ou plusieurs séries de végétation.

1.2.3 Unité élémentaire de la géosymphytosociologie : la géosérie de végétation

En 1981, Géhu et Rivas-Martinez définissent le géosigmetum comme l'unité de base de la géosymphytosociologie. La dénomination provient de Tüxen (Géhu 2004) lorsqu'il accepte de distinguer la phytosociologie sériale (sigmetum) de la phytosociologie caténale (geosigmetum). Le geosigmetum est l'expression spatiale quantifiée de tous les groupements végétaux d'une caténa (Géhu & Rivas-Martinez 1981) ; elle se construit avec toutes les séries de végétation contigües d'une même unité phytotopographique, plus ou moins homogène, du paysage (vallée, crête, plaine, tourbière...) au sein d'une même unité biogéographique (Géhu 1991).

Les définitions suivantes ont été élaborées dans le cadre du groupe de travail CarHAB :

Géosérie de végétation : unité conceptuelle caténale regroupant des sigmataxons dont les tessellas constituent une entité géomorphologique et bioclimatique homogène.
La géosérie est synonyme de géosynassociation ou géosigmétum et constitue l'unité élémentaire de la géosymphytosociologie.

Individu de géosérie : élément concret regroupant un ou plusieurs individus de séries de végétation s'exprimant au sein d'une caténa.

Comme pour les séries de végétations les géoséries peuvent être climatophiles ou édaphophiles. Les végétations qui subissent de fortes contraintes écologiques (curtasérie et permasérie) et qui sont disposées au sein d'une même caténa sont regroupées en géocurtasérie et géopermasérie (Lazare 2009).

Géopermasérie : unité conceptuelle caténale regroupant des permaséries au sein d'une entité géomorphologique et bioclimatique.

Géocurtasérie : unité conceptuelle caténale regroupant des curtaséries au sein d'une entité géomorphologique et bioclimatique.

Chapitre 2- Réchauffement climatique d'origine anthropique et approche sériale

Le modèle dynamico-caténal présenté ici résulte d'une analyse de la végétation actuelle ou récente. Elle est basée sur la caractérisation de communautés végétales, aujourd'hui observables, initiales, intermédiaires ou terminales, qui sont censées composer les unités d'une succession temporelle sur un territoire donné. Il s'agit d'un modèle prédictif devant rendre compte des végétations potentielles actuelles hors évènements soudains et changement climatique (VPA, Biondi *et al.* 2011). Comme nous l'avons vu dans le paragraphe 1.1., cette potentialité est évaluée sur une échelle temporelle courte et correspond au type de végétation le plus avancé dans la succession sériale, pas nécessairement à la végétation terminale ou tête de série. Delbosc (2016) a par exemple choisi un pas de temps de 50 ans pour sa cartographie sériale en Corse. Cette échelle temporelle courte constituera t-elle une période suffisante pour voir ou ne pas voir sur les végétations les effets d'un changement climatique d'origine anthropique dont une des principales caractéristiques est d'être accéléré ? On peut espérer que non. Toutefois il est légitime de s'intéresser à cette question dans une optique d'élaboration d'un modèle prédictif des végétations potentielles sur une échelle de temps plus longue, conduisant par exemple à la mise en place d'une tête de série forestière en moyenne montagne : c'est cette hypothèse que nous testerons à partir du modèle initial.

Dans notre région on peut estimer le pas de temps de ce modèle comme compris entre cent et deux cents ans. En effet il s'agit de la durée de mise en place d'une hêtraie adulte ou climacique dans l'étage montagnard du Massif central (Long & Daget 1965 ; Doche 1986). Il varie en fonction de l'altitude et de la durée de la période de végétation. Nos observations issues des différentes séries de photos aériennes vont dans le sens de ce choix d'échelle : des hêtraies jeunes se sont développées depuis près de 70 ans dans la chaîne des Puys à partir de secteurs asylvatiques pâturés ; dans l'étage collinéen on a assisté aussi en 60 ans à l'avènement de chênaies pubescentes aux dépens de fourrés thermophiles (Roux & Thébaud 2015), ou à l'évolution de pinède vers la chênaie acidiphile (Roux & Thébaud 2016). On a pu ainsi caractériser sur le plan floristique dans la partie phytosociologique de ce travail ces forêts non matures, encore jeunes.

Cette échelle temporelle coïncide avec les projections du GIEC (groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) concernant les changements climatique globaux. Dès lors il est pertinent de s'interroger sur les effets de ces changements climatiques, et leur déclinaison régionale, sur la végétation et les communautés végétales de la zone d'étude dans les années à venir et de se demander en quoi elles peuvent modifier et réorienter le modèle prédictif initial proposé à partir des végétations actuelles.

2.1 Caractères des changements climatiques globaux

Le 5ème rapport d'évaluation du GIEC (2014) fait état des résultats suivants concernant les changements climatiques intervenus depuis l'ère préindustrielle.

Concernant les températures, une augmentation moyenne des températures de surface de 0.85°C a été observée sur la période 1880-2012. Pour donner une idée de l'importance de ce phénomène la période trentennale 1983-2012 est citée comme celle la plus chaude depuis 1400 ans dans l'hémisphère nord. L'augmentation des températures mondiales moyennes de surface à la fin du XXI^{ème} siècle (période 2081-2100 comparée à 1986-2000) est susceptible d'être de 0,3°C à 1,7°C pour les scénarios les plus optimistes et de 2,6°C à 4,8°C pour les plus pessimistes. Ce réchauffement se poursuivra au-delà de 2100 dans tous les scénarios sauf le plus optimiste.

Concernant les précipitations une augmentation a été observée depuis 1901 aux latitudes moyennes des zones terrestres de l'hémisphère nord. Les projections sont variables suivant les zones : les plus pessimistes font état d'augmentations des moyennes annuelles aux hautes latitudes et de leurs diminutions probables aux latitudes moyennes.

De plus il a été constaté depuis les années 1950 des changements dans de nombreux phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes, vagues de chaleur, sécheresses, inondations, cyclones, incendies de forêt… dont les impacts ont augmenté depuis 1901.

Soulignons qu'en 2016, la 21ème Conférence des parties à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (COP21/CMP11) a abouti à un accord de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le but de limiter le réchauffement climatique à 2°C d'ici 2100, avec réajustements réguliers d'objectifs pouvant abaisser ce chiffre à 1,5°C.

En Europe du nord Hickler *et al.* (2012) projettent une augmentation moyenne des températures entre les périodes 1961-1990 et 2071-2100 comprises entre 3,2°C et 4,9°C ainsi qu'une augmentation des précipitations de 6.0 à 8.7 %. En Europe du sud elles seraient comprises entre 2.6°C et 4.8°C et l'on aurait au contraire une diminution des précipitations comprise entre -6.4 et -13%, traduisant des sècheresses plus accentuées dans ce secteur qui concerne la zone méditerranéenne.

Les résultats météorologiques obtenus dans la région proche de notre zone d'étude (Serre, 2010 et 2015, cf. Partie I, paragraphe 1.3.4) vont dans le sens des observations réalisées à l'échelle globale : hausse des températures moyennes, hausse des précipitations et de leur intensité.

2.2 Impacts globaux sur la végétation en Europe tempérée et boréale

Les travaux de modélisations fondés sur les successions forestières et la dynamique des arbres (dynamic global vegetation models, DGVMs) apportent des éléments intéressants sur l'évolution de la végétation si on les compare à des modèles basés sur la simple enveloppe bioclimatique. En effet celle-ci ne prend pas en compte des éléments importants pour la végétation comme le cycle des eaux terrestres et les effets de l'augmentation de CO2 sur la productivité (Bugmann 2001 ; Loehle 1998).

Ces modélisations de végétations suggèrent que les changements seront importants d'ici à la fin du siècle. Hickler *et al.* (2012) ont établi des simulations de changements de végétations sur la base comparative de la carte des végétations naturelles potentielles en Europe (Bohn *et al.* 2003). Ils toucheront entre 30 et 40% des territoires européens d'ici la fin du siècle. Après stabilisation du climat à la fin du siècle un nouvel équilibre se mettra en place avec l'installation d'un nouveau type de végétation potentielle sur 70-80 % du territoire. Les hot-spots de changements en Europe seront les zones alpines et arctiques ainsi que les transitions entre forêt résineuses boréomontagnardes et forêts feuillues.

Selon Theurillat & Guisan (2001) pour la Suisse, dans le cas d'une augmentation de la température de 3,3°C, les réductions théoriques des surfaces des étages de végétation seraient de 63% pour l'étage alpin, 20% pour les collinéens et montagnards, seulement 9% pour le subalpin avec une forte émergence de l'étage thermocollinéen.

Les types d'effets de ces changements climatiques sur la végétation sont divers et multiples : augmentation de la durée de la période de végétation, estimée déjà à 11 jours de plus en moyenne dans les 30 dernières années en Europe (Menzel & Fabian 1999) ; augmentation des températures estivales considérée comme le principal facteur limitant pour les arbres thermophiles aux hautes altitudes (Dahl 1990) ; élévation des températures hivernales dans les zones continentales qui représente un facteur limitant pour l'extension d'espèces sensibles au froid (Saxe *et al.* 2001) ; variation des précipitations saisonnières

modifiant les réserves hydriques édaphiques ; élévation de la concentration du CO2 atmosphérique et au sol entraînant une augmentation de l'activité bactérienne, de biomasses et de productivité végétales (Leadley & Körner 1996 ; Leadley *et al*. 1999) …Sans compter des facteurs d'imprévisibilité tels que les maladies des arbres, l'irruption d'invasives.

Des changements importants se traduiront par des migrations de végétations suivant les gradients latitudinaux et altitudinaux qui correspondent aux principaux gradients thermiques.

2.3 Impacts sur les migrations altitudinales d'essences présentes en moyenne montagne tempérée

A latitude égale c'est principalement le gradient altitudinal qui va déterminer les modifications de végétation dues au changement climatique avec des remontés de taxons, d'étages et des extinctions possibles. Theurillat & Guisan (2001) pour la Suisse, dans le cas d'une augmentation de la température de 3,3°C estiment les changements altitudinaux théoriques à environ 600 m.

Avec un dénivelé de plus de 1100 m la région clermontoise sera particulièrement sensible à ce phénomène. Si l'on s'en tient à l'objectif de la COP21, c'est-à-dire entre 1,5 et 2°C d'élévation thermique d'ici 2100, en adoptant le gradient d'abaissement thermique habituellement admis, de 0,56°C par 100 m d'élévation altitudinale, la remontée altitudinale moyenne théorique des étages de végétation y sera de 300 m.

On s'intéressera aux variations observées pour les principales essences comme marqueurs de ces différences.

Le hêtre (*Fagus sylvatica*) sera nettement défavorisé. Son aire se contractera fortement avant 2100, avec des extinctions locales, même au cœur de son aire, principalement en raison d'une augmentation substantielle de la variabilité climatique après 2050 (Saltré *et al* 2015). Dans les forêts tempérées d'Europe centrale et au nord des Alpes cette essence pourra être moins dominante (Von Heinsdorf 1999 ; Theurillat & Guisan 2001). D'après les simulations de Hickler *et al.* (2012) on observe que les hêtraies diminueront ; après 2100 elles deviendront rares en France, notamment dans les moyennes montagnes, sauf dans les Alpes ; en Europe on assistera à un glissement des hêtraies vers le nord-est du continent. On assistera parallèlement à une remontée en altitude, notamment dans les moyennes montagnes, des forêts feuillues thermophiles dominées par les chênes (*Quercus*).

Cette tendance à la remontée altitudinale des essences arborescentes, sans être systématique, est souvent observée, comme pour *Pinus sylvestris* (Hickler *et al*. 2012), *Sorbus aucuparia*, *Salix* (Kullmann 2002) dans les montagnes scandinaves.

Un critère pertinent, et souvent utilisé pour évaluer une remontée altitudinale des arbres en limite supérieure forestière due au réchauffement climatique, est la progression d'arbres juvéniles comparée aux adultes (Vitasse *et al.* 2012 ; Lenoir *et al*. 2009 ; Holtmeier & Broll 2005). Plus celle-ci est importante plus la remontée est activée.

Vitasse *et al.* (2012) dans les Alpes suisses ont étudié ces progressions comparées pour une dizaine d'essences en limite supérieure de la forêt. En moyenne la progression se situe entre 50 et 100 m en altitude. Elle est d'autant plus grande pour les espèces thermophiles situées aux basses altitudes comme *Quercus petraea, Fraxinus excelsior, Fagus sylvatica* qui montrent entre 100 et 200 m de différence d'élévation entre juvéniles et adultes. Pour *Sorbus aucuparia, S. aria, Corylus avellana* par contre, essences situées à plus hautes altitudes, les différences s'inversent légèrement.

En France au sein d'un gradient altitudinale large depuis la plaine jusqu'au subalpin, Lenoir *et al.* (2009) ont montré une différence moyenne de 50 m entre juvéniles et adultes sur

la période 1986 et 2006 concernant différentes essences de comportement auto-écologique divers. En particulier cette différence d'élévation entre juvéniles et adultes touche *Quercus robur, Q. petraea, Q. pubescens, Carpinus, Castanea, Acer campestre, Betula pendula, Fraxinus, Fagus, Abies*. Pour *Sorbus aucuparia, S. aria, Acer pseudoplatanus, A. platanoides*, taxons communs en limite de l'étage subalpin, c'est le contraire.

Ces déplacements altitudinaux ne touchent pas que les taxons arborescents. On a montré récemment dans le cadre de protocoles d'inventaires standardisés conduits entre 2001 et 2008 et portant sur 52 hauts sommets d'Europe du nord et continentale (Pauli *et al.* 2012, programme Gloria network), dont les Alpes suisses, une remontée d'espèces plus communes aux altitudes inférieures parmi lesquelles figurent des taxons pastoraux et forestiers non ligneux.

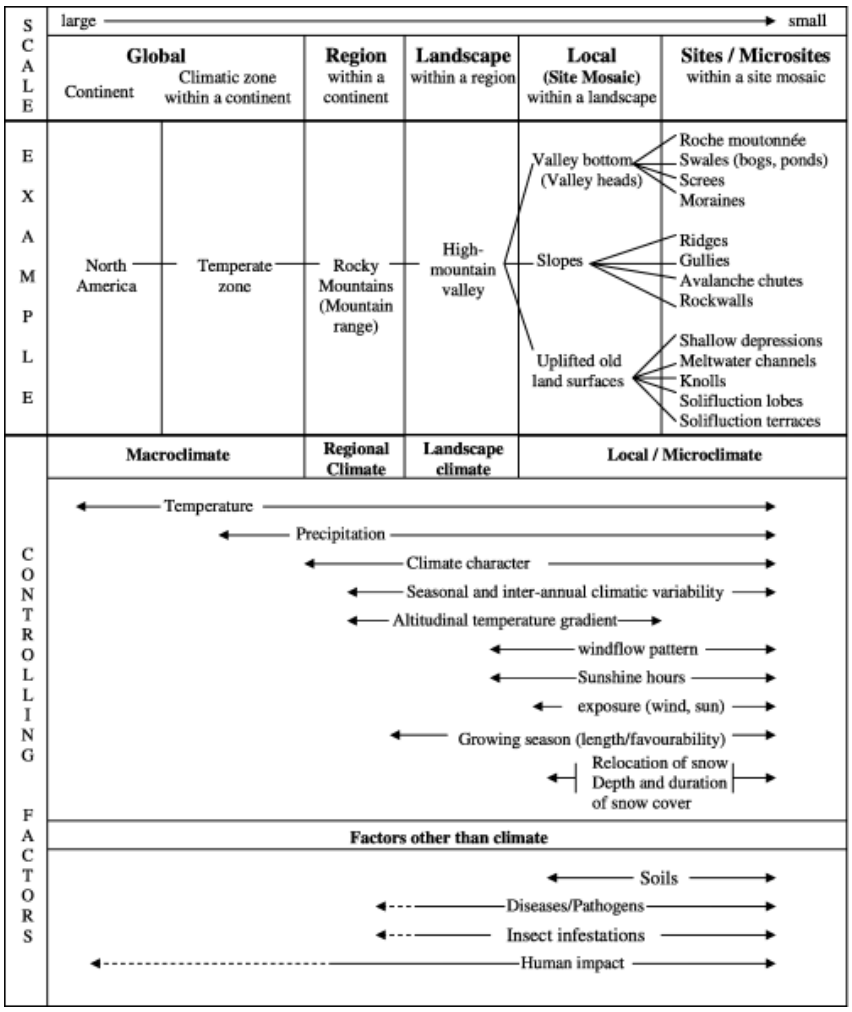
2.4 Nécessité d'une approche plus complexe à l'échelle locale

Holtmeier & Broll (2005) soulignent la nécessité de distinguer plusieurs échelles spatiales, correspondant chacune à une hétérogénéité croissante, du global au local, pour appréhender les limites de végétations arborées sous l'action des changements climatiques globaux. Le niveau local requiert une approche plus complexe nécessitant la prise en compte de nombreuses variables (tableau 15), en particulier biotiques, topoclimatiques comme l'exposition, la pente, la géomorphologie, la durée d'enneigement, la longueur de la saison de végétation, la radiation solaire…, et aussi les pratiques humaines actuelles et historiques.

Selon ces auteurs l'approche écologique d'un paysage local n'est pas la même que l'approche phytogéographique globale et ne peut être simplifiée à un ou quelques facteurs (température par exemple…).

Theurillat & Guisan (2001), Theurillat *et al*. (1998), soulignent l'importance dans les Alpes des facteurs édaphiques qui peuvent compenser ou amplifier les facteurs climatiques, ainsi que le rôle que peuvent jouer l'orientation, la pente, le type de substrat dans la réponse des plantes et de la végétation au réchauffement climatique. En haute altitude les expositions nord sur forte pente peuvent jouer le rôle de refuge pour les communautés cryophiles et les expositions sud seraient plus mosaïquées.

Tableau 15 : Facteurs de contrôle de la limite supérieure de la forêt à différentes échelles croissantes depuis l'échelle globale jusqu'aux petites échelles (d'après Holtmeier & Broll, 2005).



Dans les montagnes de climat atlantique les dissymétries ouest-est, entre versants ou sommets exposés aux arrivées océaniques, aux vents, à la nébulosité, et secteurs d'abri, deviennent un facteur de différenciation majeure (Luquet 1926 ; Carbiener 1966 ; Thébaud 1988 ; Michalet & Philippe 1996) de la végétation et peuvent induire une différenciation forte des effets climatiques.

À l'échelle locale la compréhension des effets à venir du changement climatique global dépendra de la prise en compte de cette diversité. Or ce soucis entre en complète résonnance avec l'approche dynamico-caténale développée ici, qui relie les dynamiques végétales aux espaces tessellaires écologiquement homogènes dans les systèmes naturels et anthropisés.

2.5 Perturbations, résilience de la végétation et approche sériale

Les phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes observés (GIEC, 2014) sont des facteurs importants de perturbations naturelles pour la végétation.

Dans les communautés forestières elles entraînent la mise en place de cycles de rajeunissements et favorisent l'importance croissante des essences nomades ou pionnières, *Fraxinus*, *Acer*, *Betula*, *Sorbus*, par rapport à certaines dryades, en particulier *Abies alba* et *Picea abies*. Dans le Massif central, les « tempêtes » de 1981 et 1999 ont été particulièrement destructrices dans les forêts montagnardes.

L'augmentation de l'intensité des précipitations, sous forme d'orages violents avec crues torrentielles est relevée par les météorologues en Auvergne (Serre, 2015). Elle provoque des crues susceptibles de remobiliser et éroder les substrats, recréer des espaces pionniers notamment dans les marges alluviales, en plaine comme en montagne.

L'augmentation de ces perturbations (fréquence plus grande, amplification) amène à s'intéresser aux réponses données par la végétation et à ses propriétés de « résilience », concept défini par Holling (1973), ou « mesure de la capacité d'un système à absorber les changements des variables … et paramètres, et à persister ». On aura à considérer, comme composantes de cette résilience, les deux cas suivants.

Dans un premier cas le système persistera et on restera dans la même série dynamique. Les perturbations n'entraineront qu'une augmentation de la durée nécessaire pour revenir à l'état d'équilibre ou même empêcheront le retour à l'état d'équilibre. Par exemple, après chablis, le temps de recolonisation nécessaire pour aboutir à la forêt d'origine sera plus long ; où la fréquence des chablis sera telle que seuls des stades arbustifs postpionniers perdureront.

Dans un autre cas, correspondant à une plus grande quantité ou intensité de perturbations, le système basculera dans un autre système, régit par un nouvel ensemble de variables, et l'on aura alors un changement de série dynamique.

Deveaux (2017) résume ces deux principales composantes de la résilience : la composante de « récupération » ou résilience ingéniérique (Pimm 1984 ; Holling 1996), « définie par le temps nécessaire à un système pour revenir à son point d'équilibre après une perturbation » et la composante de « résistance » ou résilience écologique (Gunderson & Holling 2002), liée à une quantité de perturbation sans se référer à un état d'équilibre.

2.6 Variations à l'échelle de la communauté

Sur le court terme la plasticité phénotypique de certaines espèces végétales peut atténuer les effets des changements climatiques selon Theurillat & Guisan (2001) et est un des éléments de résilience des communautés en place. Ces dernières pourront n'être affectées que par des changements quantitatifs de populations et resteront alors qualitativement les mêmes si l'on s'en tient à une analyse en présence-absence des taxons. Selon ces auteurs leur appartenance phytosociologique aux unités supérieures de la classification (alliance, ordre, classe) pourra rester la même.

Autre élément de résilience des communautés à prendre en compte, leur diversité interne. Biodiversité, richesse spécifique, diversité fonctionnelle jouent un rôle dans la résilience des communautés, étudié depuis longtemps et souvent considéré comme favorable, mais qui selon Deveaux (2017) n'est pas encore complétement compris.

Mais à long terme les transformations seront plus profondes et complètes.
Theurillat *et al.*, (1998), Theurillat & Guisan (2001) soulignent les réponses différenciées entre communautés climatophiles et communautés édaphophiles : les premières seront vraisemblablement remplacées par d'autres tandis que les secondes resteront tant que la limite du seuil du facteur limitant en jeu ne sera pas atteinte. Mais les premières pourront aussi « rester en place et résister au nouveau climat sous forme de climax édaphiques extrazonaux».

2.7 Conclusions, critères et modèle sérial retenus pour la zone d'étude

Le modèle spatiotemporel correspondant aux séries de végétation décrites et présentées dans la partie IV de cette étude, peut sembler insuffisant pour rendre compte de la dynamique de la végétation dans le pas de temps choisi s'il n'intègre pas les effets à venir du changement climatique global d'origine anthropique.

Celui-ci en effet apparaît déjà particulièrement impactant pour la végétation européenne : on assiste par exemple à une remontée altitudinale d'espèces arborescentes ou herbacées depuis plusieurs dizaines d'années. Parmi elles des espèces structurantes, comme les arbres, les graminées sociales, les chamaéphytes… sont concernées. L'augmentation thermique, les changements des moyennes de précipitations et de leur régime, les phénomènes météorologiques extrêmes, sont donnés comme des tendances fortes, de plus en plus probables, au cours de ce siècle et malheureusement déjà expérimentées en Auvergne.

Cependant ces changements doivent être intégrés à l'échelle locale selon une approche multifactorielle et en fonction notamment de la diversité écologique du territoire. Le gradient altitudinal, important dans notre zone d'étude, n'est pas le seul à considérer. Nous proposons ici qu'ils soient donc évalués et discutés au cas par cas au sein des différentes séries et tessella caractérisées dans ce travail (cf. Partie IV). Ainsi les aires d'extension des séries actuelles se trouveront soit modifiées, réduites ou augmentées, soit déplacées à d'autres étages altitudinaux ou orientations… soit éteintes, soit de nouvelles séries se mettront en place.

Il convient de distinguer une échelle de temps courte, permettant l'expression des végétations potentielles actuelles (VPA) de l'ordre de quelques dizaines d'années et une échelle plus longue, un ou deux siècles, au bout de laquelle seront mises en place des végétations plus conformes à l'action du changement climatique global. La première échelle correspond à la production d'une première carte dite des "séries résultant de l'analyse des végétations actuelles" (annexe 11). La deuxième échelle correspond à la production d'une carte dite des "séries hypothétiques résultant du changement climatique global" (annexe 12). Ces deux approches temporelles et ces deux cartes seront présentées ici : la seconde sous forme de modifications du modèle prédictif initial.

Pour chaque série résultant de l'analyse de la végétation actuelle (partie IV) on établira des prévisions concernant l'impact du changement climatique d'origine anthropique, selon la grille d'analyse suivante. On retiendra comme scénario celui de la Cop 21, qui est une élévation comprise entre 1,5 et 2°C de température d'ici la fin du 21ème siècle, correspondant à une élévation altitudinale moyenne de 300 m. Le changement climatique, décliné selon les caractéristiques stationnelles locales comme on l'a vu dans le chapitre 2 de cette partie, aura plusieurs effets possibles sur l'aire d'extension d'une série de végétation :

- maintien avec ou sans modification de l'aire actuelle d'extension : la future aire d'extension de la série sera la même que l'actuelle ou sera modifiée dans un sens de réduction ou d'extension ;
- déplacement d'aire d'extension : la future aire d'extension couvrira un espace différent de l'actuelle : par exemple elle sera située plus haut en altitude ou en en ubac au lieu de l'adret ;
- disparition (ou extinction) : les conditions écologiques nécessaires à l'expression tessellaire de la série ne seront plus réunies : celle-ci disparaîtra ;
- apparition liée à une nouvelle série qui n'existait pas avant dans la zone d'étude ; cette série sera la résultante d'une recombinaison floristique et syntaxonomique à partir des

ressources végétales locales ou exogènes (invasives) et correspondra à une reconfiguration écologique originale.

En outre l'impact du changement climatique ne se manifestera pas uniquement par les changements des aires d'extension des séries mais aussi au sein de chaque série en privilégiant certaines étapes dynamiques. On cherchera ainsi à établir des prévisions sur le type de stade privilégié, en particulier forêts pionnières ou forêts terminales, en tenant compte notamment de l'effet de perturbations climatiques répétées, violents orages estivaux, tempêtes, épisodes caniculaires, inondations…là encore déclinées selon la diversité stationnelle.

Chapitre 3-Matériel et méthodes

3.1 Phytosociologie dynamico-caténale

3.1.1 Cadre et objectifs de l'étude symphytosociologique développée ici

3.1.1.1 Nomenclature et synsystème

La nomenclature retenue pour les associations, sous associations composant les synrelevés, est celle du PVF2 pour les classes déjà déclinées et celle du « Guide d'identification des végétations du nord du Massif central » (Thébaud *et al.* 2014) selon les règles du code international de nomenclature phytosociologique de Weber *et al.* (2000).

Pour nommer une série de végétation en latin, on utilise le nom de l'association de la tête de série en remplaçant le suffixe *etum* de ce binôme phytosociologique par la voyelle « o » et on rajoute l'épithète *sigmetum*, *curtasigmetum*, pour les séries tronquées ou *permasigmetum* pour les séries permanentes ; pour les sous-séries on emploiera *sigmetosum*. Par exemple dans le cas de la tête de série de la hêtraie à grande Luzule dont le nom latin est « *Luzulo sylvaticae-Fagetum sylvaticae* », le nom de la série correspondante est « *Luzulo sylvaticae-Fago sylvaticae sigmetum* ». Le nom de la série sera accompagné par ses principales caractéristiques écologiques, biogéographiques et édaphiques (Pinto-Gomez et Lazare 2002 ; Rivas-Martinez 2005 ; Chalumeau & Bioret 2013).

Pour la dénomination des géoséries on utilise le syntaxon dominant suivi de l'épithète *geosigmetum*.

3.1.1.2 Limites et objectifs de l'étude

La phytosociologie dynamico-caténale est la suite logique et complémentaire de la phytosociologie sigmatiste car elle prend en compte la dynamique de la végétation mais également les complexes de groupements végétaux et leur imbrication (Béguin & Theurillat 1982).

Comme nous l'avons souligné précédemment une bonne connaissance des associations présentes sur le territoire d'étude est primordiale pour pouvoir réaliser des synrelevés. Car le choix des emplacements des synrelevés, ou géosynrelevés, doit s'appuyer sur des connaissances acquises dans un souci d'homogénéité et de représentativité ; cette première étape est une phase intuitive. De plus, il est important que le territoire sélectionné soit occupé par un seul type de végétation naturelle potentielle ou tête de série (Géhu 1979 ; Béguin *et al.* 1979). La géomorphologie est aussi primordiale pour délimiter les synrelevés/géosynrelevés, il est donc important d'étudier les cartes topographiques et les photographies aériennes en amont de la phase de terrain (Béguin & Theurillat 1992).

La surface de l'aire minimale du synrelevé varie selon les séries de végétation : dans de vastes paysages homogènes (plaines, plateaux) il peut atteindre des surfaces de l'ordre du km² alors qu'en terrain plus mouvementés (gorges, montagnes) les superficies seront plus restreintes. L'analyse symphytosociologique sera d'ailleurs plus difficile dans les paysages contrastés, comme en montagne, à cause des mosaïques et mélanges possibles de séries de végétation (Géhu 1979).

Notre secteur d'étude comprend des zones naturelles, mais aussi semi-naturelles et anthropisées, il est donc nécessaire, surtout au début de l'analyse, d'échantillonner dans des secteurs où il existe un maximum d'étapes de substitution de la série et présentant encore des îlots de forêts les plus proches possibles de la tête de série ; il sera ainsi possible par la suite d'interpréter des synrelevés fragmentaires correspondant à des paysages plus artificialisés (Géhu 1991). Suivant les différents systèmes composant notre zone d'étude cela n'a pas toujours pu être le cas. Dans les fonds des gorges nous avons peu ou pas de stades dynamiques représentatifs de la série de végétation, représentée essentiellement par la tête de série forestière. Au contraire, sur le plateau cristallin, surtout utilisé pour l'agriculture, la tête de série est peu présente, remplacée par des forêts postpionnières qui occupent elles aussi de faibles surfaces. Dans la plaine de la Limagne, cultivée intensivement, tête de série et forêt postpionnière sont complètement absentes de la zone d'étude et, comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, elles ont subi d'importants changements écologiques avec les drainages. Nous avons donc une transformation d'habitats avec changements de séries de végétation au cours du temps.

3.2 Collecte et saisie des données

La phytosociologie dynamico-caténale utilise les mêmes techniques que la phytosociologie sigmatiste : elle comprend une phase analytique de terrain et une phase synthétique comparative avec élaboration de tableaux (Géhu 1979).

3.2.1 Plan d'échantillonnage

À l'intérieur des 6 grands systèmes définis précédemment (vallée alluviale de l'Allier ; plaine de la Limagne ; coteaux de Limagne ; gorges et rebord occidental ; plateau occidental et chaîne des Puys) nous avons défini des compartiments relativement homogènes sur le plan des variables écologiques et anthropiques prépondérantes ainsi que de la dynamique de la végétation.

À l'aide des cartes de l'IGN, géologiques et des photographies aériennes, nous avons tenté de délimiter les contours sur lesquels effectuer les futurs synrelevés. Nous avons pris en compte l'exposition en séparant les versants nord et sud, la pente en individualisant par exemple pour les gorges trois compartiments différents : fond de gorges, versants et sommets.

Il a été tenu compte aussi de la nature du substrat en différenciant tout d'abord les substrats sédimentaires, cristallins et volcaniques, et ensuite en séparant au sein des roches volcaniques : trachyte, trachyandésite et basalte. L'altitude a été aussi un des critères utilisé pour délimiter nos synrelevés selon l'étage de végétation. En zone alluviale la délimitation s'est effectuée par rapport au niveau de l'Allier (lit apparent et lit majeur).

Nous avons également recherché les topographies qui pouvaient créer des hétérogénéités dans le paysage, telles qu'affleurements rocheux, ruptures de pentes, cuvettes... afin de les localiser pour les étudier plus précisément sur le terrain.

Dans le cas de paysages homogènes comme le plateau cristallin, nous avons également pris en compte les routes et les villages pour effectuer les séparations entre synrelevés contigus.

3.2.2 Réalisation des synrelevés sur le terrain

Lors de la phase de terrain les synrelevés ont été effectués dans les compartiments définis précédemment et délimités sur la carte IGN 1/25000 et sur des photos aériennes en format A3 à l'échelle 1/15000.

Un synrelevé, ou relevé symphytosociologique, est une liste de « syntaxons », c'est-à-dire de noms d'associations végétales, sous-associations ou groupements rencontrés dans le compartiment délimité et correspondant à toutes les étapes dynamiques présentes. Il n'a pas été toujours possible d'identifier directement les syntaxons sur le terrain. Plutôt que de commettre une erreur d'identification nous avons préféré effectuer un relevé phytosociologique qui a été intégré comme tel au synrelevé dans le but de pouvoir nommer ultérieurement le syntaxon après analyse du relevé dans le référentiel décrit dans la deuxième partie.

Les syntaxons ainsi listés ont été affectés d'un coefficient d'abondance variant de 1 à 5, correspondant aux mêmes pourcentages de recouvrement que les coefficients de Braun-Blanquet. L'utilisation d'orthophotos récentes (CRAIG 2010) a souvent été nécessaire pour compléter les observations de terrain et attribuer ces coefficients. Un symbole a aussi été attribué à chaque syntaxon afin de renseigner sur le type de répartition spatiale de la végétation dans le paysage (tableau 16). Mais ces informations ne pouvant pas être saisies dans Turboveg et Juice elles n'apparaissent pas dans les tableaux présentés dans cette étude.

Tableau 16 : symbole utilisé pour décrire la répartition spatiale des syntaxons (Géhu, 1979)

Libellé	Forme spatiale
Étendue	**0**
Linéaire	**/**
Ponctuelle	**.**

Chaque synrelevé a été complété par les informations écologiques et physionomiques (pente, exposition, substrat géologique, surface, altitude, localisation...).

Au moins cinq synrelevés ont été effectués dans chaque type de série de végétation, quand cela été possible, afin d'avoir une répétitivité statistique et de pouvoir réaliser des tableaux synoptiques lors des analyses.

Lors de la première campagne de terrain en 2012 les synrelevés étaient notés sur des carnets de relevés classiques. À partir de 2013, après une première phase d'analyse des données, nous avons mis au point un carnet de terrain spécialement conçu pour les synrelevés/géosynrelevés (annexe 7). Il a été adapté à chaque système présent sur la zone d'étude ; il permet de visualiser rapidement les associations végétales qui peuvent être présentes dans une série de végétation et de voir à quelle géosérie les séries se rapportent. Nous avons laissé également à la suite des feuilles blanches afin de pouvoir effectuer des relevés phytosociologiques, si nécessaire.

Au total, 184 synrelevés, ont été effectués sur les 51545 hectares de la zone d'étude, 136 effectués dans des séries et 50 représentants des permaséries. Si des permaséries se trouvaient dans un synrelevé nous les avons également notées en tant que permasérie associée. En effet dans la plupart de nos systèmes (coteaux de Limagne, gorges, plateaux et chaîne des Puys) les permaséries occupent de très faibles surfaces et sont disséminées dans plusieurs individus de séries ; il est impossible de les répertorier toutes à moins d'effectuer une carte de végétation. Effectuer un synrelevé sur de si petites surfaces (entre 0.5 et 2 m²) n'est pas compatible avec l'approche symphytosociologique dans un but de cartographie à l'échelle du paysage. Par contre lorsque des permaséries différentes étaient contigües, comme

en bordure d'Allier, dans les boires, les lacs et sur le sommet du puy de Dôme, nous avons effectué des synrelevés de permaséries et de géopermaséries.

3.2.3 Caractérisation des géoséries

Les géoséries, géocurtaséries et géopermaséries de la zone d'étude ont été caractérisées sur la base de trois critères :

- la géomorphologie : une géosérie doit avoir un relief homogène ;
- l'étage de végétation : une géosérie se situe dans un seul étage ;
- caractère écologique discriminant : pour chaque système biogéographique de notre zone d'étude nous avons déterminé le caractère écologique discriminant, celui-ci peut varier selon les systèmes : par exemple dans les gorges le facteur discriminant est l'exposition aussi avons-nous différencié des géoséries d'adret et d'ubac ; de même dans la chaîne des Puys la nature chimique de la roche (couplée à la forme des appareils volcaniques), entre trachyte et basalte, a orienté la séparation en géoséries correspondantes.

Cela a permis de délimiter les caténas présentes sur le territoire d'étude ; et à partir de la carte des séries nous avons obtenu la composition sérial de chaque géosérie. Dans plusieurs secteurs étendus (plateau, plaine) les géoséries ne contiennent qu'une seule série.

Les géosynrelevés peuvent être de deux types (Géhu & Rivas-Martinez 1981 ; Theurillat 1992), ils sont soit formés à partir d'une liste des séries, soit composés de syntaxons, comme les synrelevés. C'est cette deuxième méthode que nous avons retenue pour déterminer les géopermaséries.

Comme nous l'avons dit au paragraphe précédent, nous avons peu de permaséries étendues, elles sont généralement ponctuelles et éloignées les unes des autres, elles ne peuvent pas être cartographiées à l'échelle sériale et encore moins à l'échelle caténale. Comme pour les séries nous avons choisi d'utiliser le terme de « géopermasérie associée », lorsque celle-ci n'est composée que d'une seule permasérie située dans une géosérie.

Dans quelques secteurs de notre zone d'étude plusieurs permaséries sont contigües ; c'est le cas dans le subalpin du puy de Dôme, les lacs, les boires des annexes fluviales et la bordure alluviale. Les géopermaséries de ces zones à forte contrainte écologique sont donc composées de plusieurs permaséries et deviennent ainsi cartographiables.

3.2.4 Saisie dans la base de données : la base « Paysage » de VegFrance

Dans le cadre de ce travail nous avons conçu et réalisé sur Turboveg, avec la collaboration de Stephan Hennekens (Altera, Wageningen), d'Anne Bonis et Jan-Bernard Bouzillé (Ecobio, Rennes) la base de données « Paysage » de VegFrance qui permet le stockage et le traitement des synrelevés et géosynrelevés. Cette réflexion a été conduite et validée au sein du groupe opérationnel de VegFrance dont nous faisons partie, ceci en vue de produire pour le programme CarHAB du ministère, une base de données symphytosociologiques et géosymphytosociologiques nationale opérationnelle pour le paysage. Ce travail a fait l'objet d'un article accepté dans *Botany letters* (Roux *et al.* 2017, ci-joint). Actuellement la base « Paysage » de VegFrance n'est pas encore terminée dans l'attente de sa programmation en langage SQL. Seule actuellement notre base "Paysage" dans Turboveg, qui concerne la région clermontoise élargie au nord du Massif central, est opérationnelle.

Botany Letters 164(2)-June 2017

Describing vegetation at the landscape level: "Paysage", a database designed for series and geoseries datasets

Camille Roux[a], Gilles Thébaud[a], Jan-Bernard Bouzillé[b], Anne Bonis[b] and Stephan Hennekens[c]

[a]UNIVEGE, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, France,
[b]UMR ECOBIO, CNRS-University of Rennes 1, Rennes, France
[c]ALTERRA WUR, Wageningen, the Netherlands

Abstract

The CarHAB project, funded by the French Ministry of Environment, was set up to map the vegetation all over the French territory. In this objective, both analytical (plot) relevés and synrelevés were carried out. Based on the case study of low mountain habitats in the "chaine des Puys" (Massif central, France), this paper presents i) the methodology developed to carry out vegetation relevés at the landscape scale and ii) the database designed to store and fit synrelevés, as part of the national VegFrance database.
This paper presents the structure of the "Paysage" database, the metadata collected together with plants communities in the synrelevés (and geosynrelevés), the method to record the synrelevés and how they are managed for the mapping of series and geoseries. The interpretation of the dataset regarding anthropic pressure on this landscape will be suggested.

Keywords: symphytosociology; lanscape; database; VegFrance; Turboveg; Clermont-Ferrand

Introduction

The public authorities are becoming increasingly concerned about the preservation and restoration of ecosystems (Rio de Janeiro Convention on Biological Diversity, European Habitats Directive 92/43/CEE). Accordingly, there is thus a clear need to describe and acknowledge the biodiversity of regions. Only with this knowledge can there be a "reflection on the future of the natural habitats on one side, and (…) a spatial modelling of environmental patterns in a prospective meaning, on the other" (Trochet 2004). It is within this context that the Ministry of Ecology and Sustainable Development (MEDDE) launched a mapping program for the French natural and semi-natural habitats (CarHAB), including a "Paysage" section. This program is set up to provide maps of the vegetation in continental France at a scale of 1 to 25,000, and thereafter knowledge regarding the phytoecological characterization of protected areas. This information is of upmost importance for designing the maintenance and restoration of the ecological connectivity and needs to be taken into account in the early stages of any infrastructure planning, notably with respect to the green and blue network.

Phytosociology represents an efficient method to describe, map and evaluate the conservation status of a landscape in terms of habitat, when it is paired with a geomorphological, physionomical and dynamic approach (Géhu 1974). Synphytosociological information is essential to carry out sustainable management in order to preserve biodiversity (Lazare 2009). At the landscape level, "synphytosociology" allows to identify the ecological variables determining the landscape. Together with the potential dynamics of the habitats, this approach provides meaningful information to rationalize their management. Synphytosociology is an approach allowing to characterize and map the potential natural vegetation (PNV) may have developed without any human impact (Tüxen 1956; Schaminée, Hennekens and Ozinga 2007) as well as after all anthropogenic influences stopped (Géhu 2006; Biondi 2002). Its purpose is to determine a scenario of natural evolution of the vegetation under the influence of environmental factors and also to provide an ecological description of the areas considered (Loidi and Fernandez-Gonzalez 2012). The synphytosociological approach can also be used to characterize the potential replacement vegetation (PRV) (Chytrý 1998) and thereafter evaluate its remoteness from the present vegetation. This type of evaluation is an essential indicator for the management of landscapes (Biondi 2002; Pedrotti 2013).
Synrelevés are relevés of syntaxa within a given vegetation succession in a homogeneous ecological spatial unit (series), that is an area in which only one type of potential vegetation (series of vegetation) is expected. A complementary approach consists in the performance of geosynrelevés, which consist of relevés of syntaxa spread along an ecological gradient while in a given geomorphological unit (geoseries).

The Clermont-Ferrand region (Massif central, France) was selected as a pilot site for the characterization and mapping of the series and geoseries. The aim is to test the national methodology (Bioret et al. this volume), based on the synphytosociology. As a test site, this work focused on low mountain habitats.

For this study, a dedicated "Paysage" database was designed and set up as part of the national VegFrance database (http://vegfrance.univ-rennes1.fr). It can be used to integrate data corresponding to "synrelevés", i.e. relevés of syntaxa (plant communities).

This article presents the type of data that will be integrated in this database, the structure of the database as well as examples of application.

Definition

The main concepts and definitions of the synphytosociological method are explained in detail by Bioret et al. (2016; this volume).

For the synphytosociology, field relevés consist of carrying out relevés of the syntaxa, considering every syntaxa existing in a homogeneous ecological spatial framework (i.e. a *tessela*). A homogeneous ecological spatial framework corresponds to an area in which only one type of potential vegetation (series of vegetation = sigmassiociation) is expected. The criteria for this type of delimitation is the unicity of the head of the series, either the natural potential vegetation or the potential replacement vegetation depending on the degree of anthropization. Anthropogenic influence may block the vegetation at certain stages but the vegetation succession may generally resume when the influence ceases.

The series is generally composed of several syntaxa which each represent a dynamic stage. Each syntaxon recorded in the relevé is given a coefficient of abundance, proportional to its relative spatial extent.

Geosynrelevés are relevés of syntaxa in a geomorphological and bioclimatic unit of variable size (Theurillat 1992), composed of one or several series of vegetation (i.e. *catena*).

Development of the Dataset

The first step of this work was to identify each ecological unit and its geographical limits in order to delineate the area concerned by a synrelevé, in a tessela. This was done by considering ecological variables such as altitude, geological nature of the substrate, elevation, and aspect and thereafter delimiting areas with homogeneous values for these variables. The goal of the second is to establish a list of plant associations occurring in the study area (Thébaud et al. 2014) and is carried out by reviewing the literature for phytosociological data as well as for vegetation dynamics. The relevés found in the literature are thereafter recorded in a geographical information system. For the the chaîne des Puys, 766 relevés were recorded in situ and 5000 were collected from the literature.

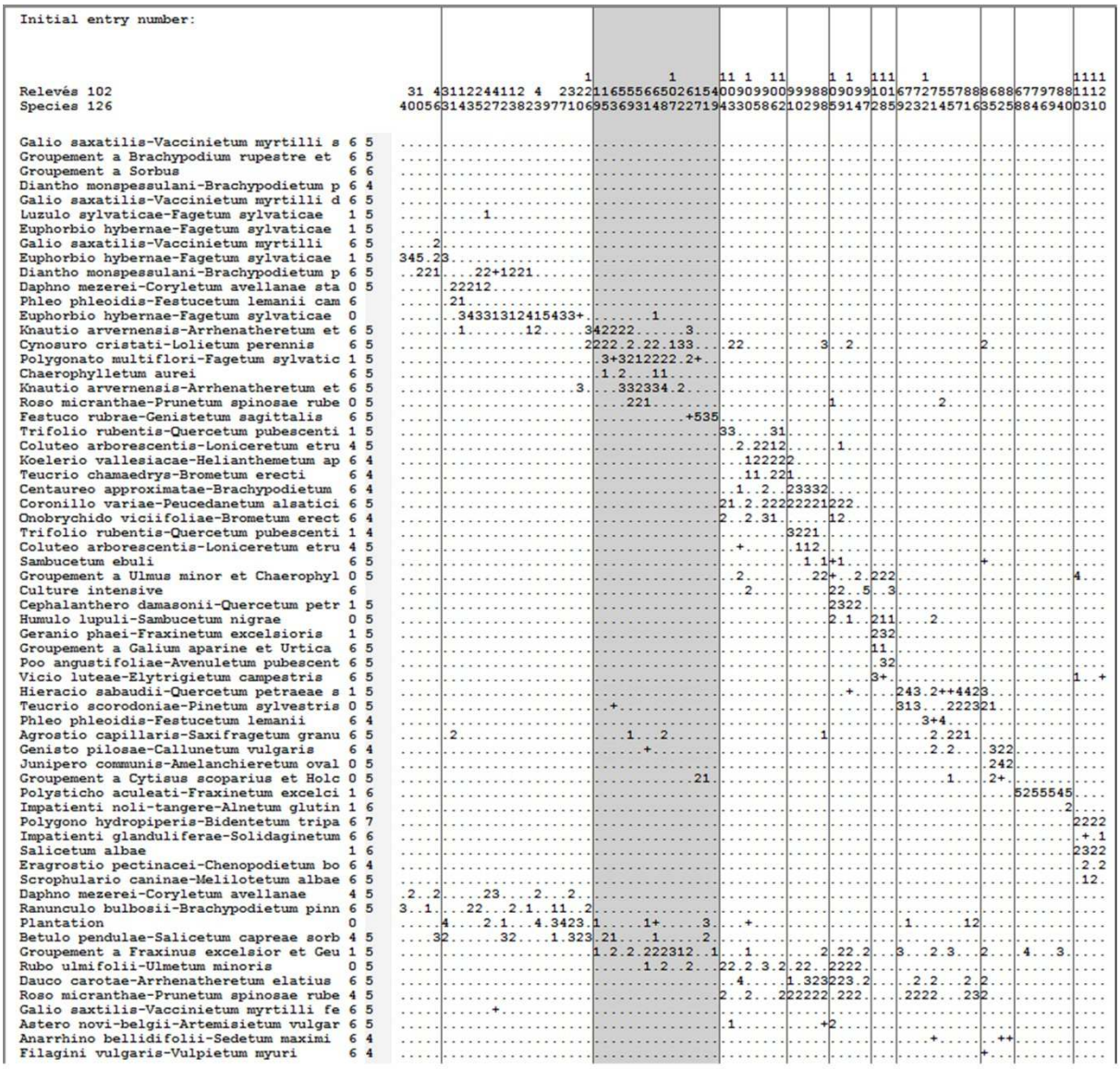
The third step was to record synrelevés in the field. The plant associations of a synrelevé are assigned a coefficient of abundance and they are located and delineated (Géhu 1977). Ortho-photos are useful documents to complement the field data and to evaluate the abundance coefficients for each syntaxon. Some synrelevés were carried out or complemented with a geographical information system (GIS) that contains both relevés and a variety of ecological information such as the geology, the aspect, as well as the topographical lines obtained from a digital terrain model. A total of 126 synrelevés were carried out on the 53,000 hectares of the study area.

The symphytosociogical data (synrelevés)

The 126 synrelevés were analyzed using the JUICE software together with a manual diagonalization (Table 1). With regards to the numerical analyses, a Canonical Correspondence Analysis (Ter Braak 1986) was used in order to characterize and describe the series and geoseries occurring in the study area. The Turboveg software (Hennekens and Schaminée 2001) allows us to export the synphytosociological data in several formats in order to perform the data analysis using the JUICE software (Tichý 2002).

Twenty six series and 16 geoseries were identified (Table 1).

Table 1 : table of the synrelevés carried out. Each line is a syntaxon, the code for the series to which the syntaxon is related is indicated in the columns. The *Polygonatum multiflorum* and *Sorbus aria* beech wood synrelevés used as a case study in this paper are shaded in grey.



Hereafter, we will consider the *Polygonatum multiflorum* and *Sorbus aria* beech woods series *(Polygonato multiflori-Fageto sylvaticae sorbesoto ariae sigmetum*) as an example.

Based on the 15 synrelevés carried out for this series of vegetation units (grey part in Table 1), we were able to create a flowchart (Figure 1). This flowchart shows the syntaxa (i.e. plant associations or sub-associations) that correspond to each dynamic stage of the vegetation. From left to right, the vegetation units (associations) change from grasslands/heathlands, herbaceous fringes/scrubs, to shrublands, and to forests. Two succession patterns are distinguished, which depend on the degree of anthropogenic impact on the vegetation: the most "natural" succession (upper part of Figure 1) and the replacement vegetation following soil improvement as the main anthropogenic impact in this example.

This series is also characterized by the geographical and ecological parameters of its tessela: it is climatophilous, submontain and is characterized by oligotrophic to mesotrophic soil. It shows mesophilous flora that are moderately acidic in agreement with the crystalline rock bed.

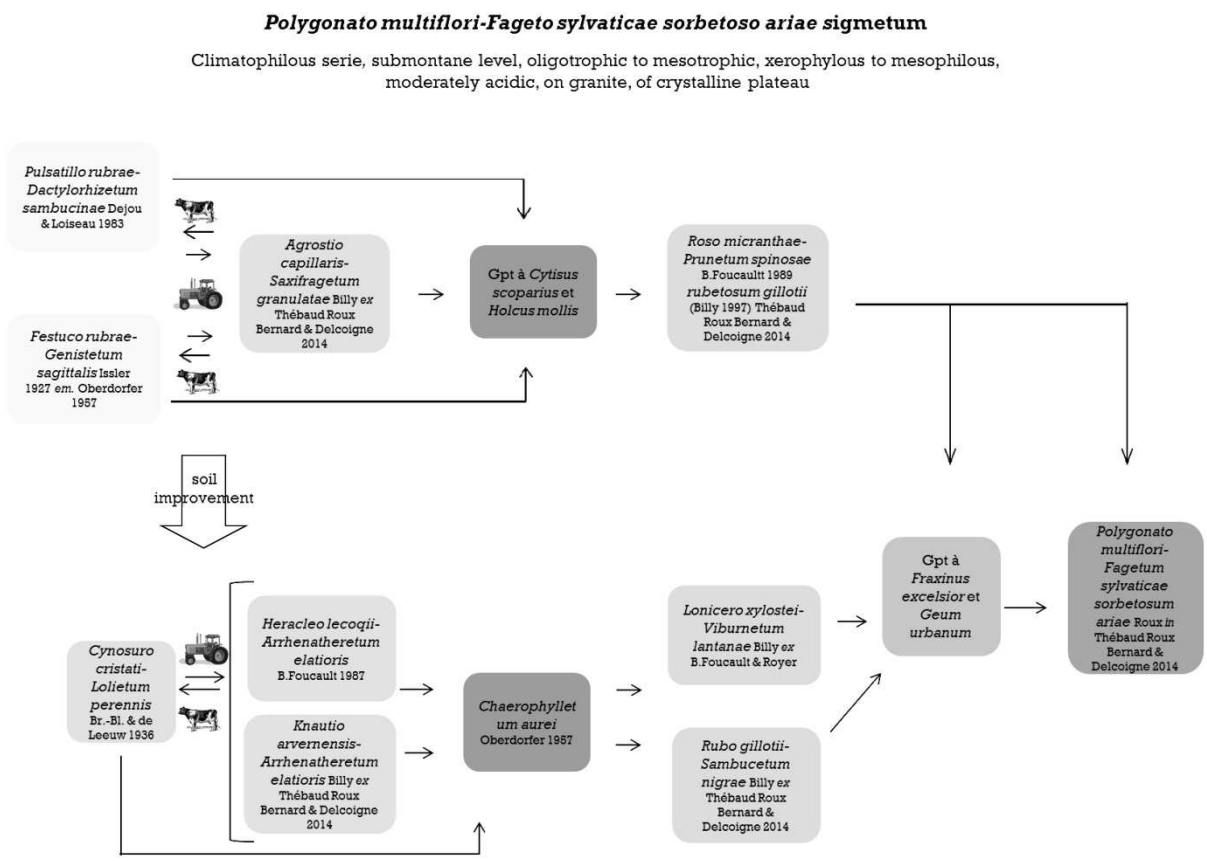


Figure 1 : flow diagram of the *Polygonatum multiflorum* and *Sorbus aria* beech wood series. At the top : "natural vegetation dynamics with extensive grasslands"; at the bottom : anthropogenic-related succession with intensive grassland management. From left to right : grasslands/heaths, herbaceous fringes/scrubs, shrublands, pioneer forests and mature forest

Description of the "Paysage" database

The "Paysage" database is made up of two main tables: the syntaxon table (vegetation part) and the "header-data" table for the other data. Table 2 presents the two kinds of information for two synrelevés, no. 17 and no. 22.

Table 2 : example of a dataset in the "Paysage" database composed of two synrelevés (no. 17 and 22) relative to the *Polygonatum multiflorum* and *Sorbus aria* beech wood series. This figure is a screen capture from the Paysage database in Turboveg.

N° synrelevé		17	22
Code de l'auteur		Roux C.	Roux C.
Identifiant polygone SIG		25	31
Pays		FR	FR
Région phyto-écologique		X.D29: Rebord occidental des Limagnes	X.D29: Rebord occidental des Limagnes
Localite		Saint-Aubin	Laschamps
Surface du synrelevé (ha)		273	367
Altitude (m)		960	950
Type de série		Climatophile	Climatophile
Nom de la série		PM-FS-S	PM-FS-S
Forme de la série		Etendue	Etendue
Réaction acido-basique du sol		acidicline à neutrocline	acidicline à neutrocline
Gradient hydrique		mésophile	mésophile
Nutriments		oligomésotrophe	mésoeutrophe
Substrat géologique		Cristallin	Cristallin
Pédologie		Brunisol	Brunisol
Eclairement		hémihéliophile	hémisciaphile à hémihéliophile
Température		mésothermophile, submontagnard tempéré	mésothermophile, submontagnard tempéré
Continentalité		subocéanique	subocéanique
Festuco rubrae-Genistetum sagittalis	hl	5	
Polygonato multiflori-Fagetum sylvaticae sorbetosum aria	t1	1	
Groupement à Cytisus scoparius et Holcus mollis	s1	2a	
Agrostio capillaris-Saxifragetum granulatae	hl		
Pulsatillo rubrae-Dactylorhizetum sambucinae	hl		
Cynosuro cristati-Lolietum perennis	hl		3
Heracleo lecoqii-Arrhenatheretum elatioris heracleetosum	hl		2a
Knautio arvernensis-Arrhenatheretum etlatioris malvetosu	hl		2b
Chaerophylletum aurei	hl		1
Groupement à *Fraxinus excelsior* et *Geum urbanum*	t1		1

Syntaxa data stored in the Paysage database using the Turboveg software

Figure 2 is a screen capture of the "syntaxon" table in the Turboveg "Paysage" database. Within each synrelevé (cf. Table 2), a list of the syntaxa is used to describe the vegetation. This list replaces the usual list of species used in an analytical relevé. The syntaxa list consists of vegetation associations, sub-associations, variants and eventually undefined vegetation units (left frame, Figure 2). The syntaxa list is composed of plant communities from the "Prodrome des Végétations de France" (PVF2, Bardat et al. 2004) together with the syntaxa described in Thébaud et al. (2014) in the study sites. In Figure 2, the frame on the right side presents an example of a synrelevé carried out in the *Polygonatum multiflorum* and *Sorbus aria* beech wood series, with a column for the vegetation layer, and a column for the coefficient of abundance-dominance for the syntaxon ("Cover").

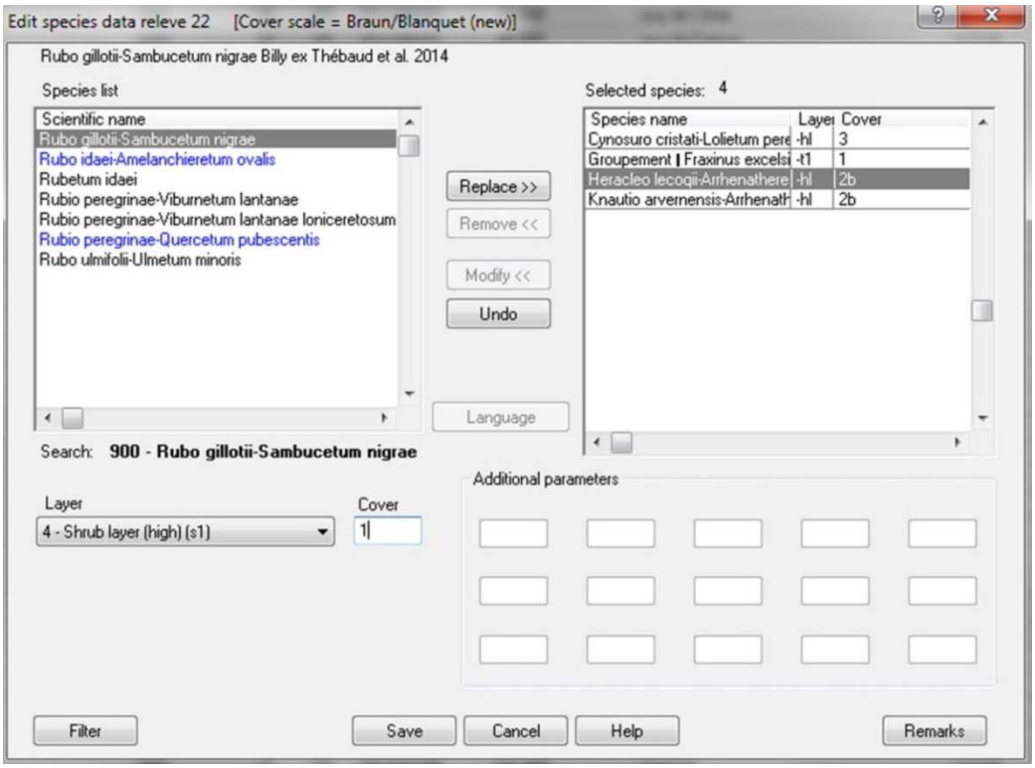


Figure 2 : synrelevés in the Turboveg software. The syntaxa are chosen from a pop-up list on the left frame entitled "species list" in reference to the analytical relevés. The right side of the window shows the selected syntaxa for synrelevé 22 (the *Polygonatum multiflorum* and *Sorbus aria* beech wood series).

Metadata in the synrelevés stored in the Paysage database using the Turboveg software

Metadata relative to each synrelevé may be indicated using the plot-based structure of the "Header-data" table from the original Turboveg software (Figure 3). They refer to the "cover abundance scale", "author code", "country code", "reference", "table number", "number in table", "project", "date", "surface", "altitude", "aspect", "inclination", and the cover of the different vegetation layers.

Other metadata are specific to the VegFrance-Paysage database, such as the "data distribution plan" and "provider of the synrelevé".

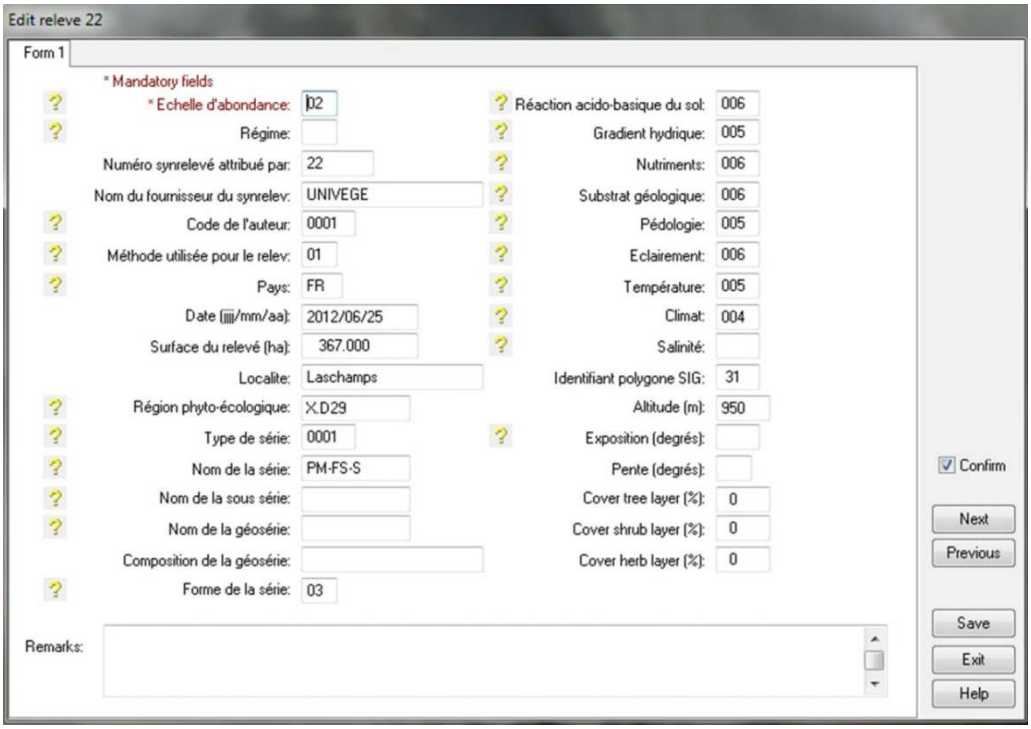


Figure 3 : metadata specific to the Paysage database, characterizing each synrelevé. This example shows synrelevé no. 22 for the *Polygonatum multiflorum* and *Sorbus aria* beech wood series.

Metadata specific to the Paysage database may also be indicated in the dedicated Turboveg tool (see Figure 3) as the following information:

- "Method used for the relevé": this may be used to specify whether the data concerns a synrelevé or a geosynrelevé, or describes a certain area such as a paddock.
- "Phytoecological region": this refers to the French classification of the phyto-ecological regions provided by Dupias and Rey (1985).
- "Type of series": this is used to characterize the series depending on the ecological situation: climatophilous, edaxerophilous, edaphoygrophilous, curtaseries, permaseries (Rivaz-Martinez 2005, 2011; Lazare 2009; Bioret et al. this volume).
- "Name of the series", "Name of the sub-series" or "Name of the geoseries": this corresponds to the reference code of the series defined in this work in the study area, (PM-FS-S for *the Polygonato multiflori-Fageto sylvaticae sorbetoso ariae sigmetum*)
- "Composition of the geoseries": this presents the series that comprise the geoseries.
- "Form of the series": the shape of the series is either punctual, linear or extended (Géhu 1977).

Metadata corresponding to the ecological variables

The data regarding "reaction", "moisture", "nutrients", "light", "temperature" and "climate (i.e. continentality)" define the ecological conditions characterizing the tessela. They are based on indicator values defined by Ellenberg et al. (1992) and were calculated as follows: the value of Ellenberg's indicator is first calculated for each syntaxon in the study area on the basis of all the relevés composing the syntaxon. The synrelevé table is then transferred to the Juice program in which we manually enter the indicator value calculated for each syntaxon. In the second step, we use these values to calculate those of the synrelevé. In the example of synrelevé 22, composed of five syntaxa (see Table 1), the values of the indicators in the database correspond to the average values for the five syntaxa indicators. In this way, we can calculate the indicator value of each synrelevé, taking the vegetation cover into account. The indicator values will then be added in the "Paysage" database in order to characterize the ecological envelope of their tessela as follows:

- Soil reaction: from 1: hyper-acidiphilic to 9: basiphilic and calciphilic;
- Moisture: from 1: xerophilic to 9: hyper-eutrophic;
- Nutrients: from 1: dystrophic to 13: nitrophilic;
- Light: from 1: hyper-sciaphilic to 9: hyper-heliophilic;
- Temperature: from 1: cryophilic, alpine to snow to 9: hyper-thermophilic;
- Continentality: from 1: hyper-oceanic to 9: hyper-continental.

Other metadata can complement this ecological description of the tessela:

- Altitudinal belts;
- Geology: references the different types of rocks in the study area (Boivin 2009);
- Pedology: the list is the one provided in Baize et al. (2009);
- Altitude: the average altitude of the synrelevé;
- Aspects;
- Average slope.

Use of the map

An "Identifiant polygone GIS" was integrated into the basic structure of the "Paysage" database. The polygon corresponding to a synrelevé is created and the "Id" of the geometry is filled in, the information for which is also found in the corresponding entry in the "Paysage" database. All the information registered in the header data, as well as the list of the syntaxa composing a synrelevé, along with their abundance, can be displayed using the GIS and can be used for further requests (Figure 4).

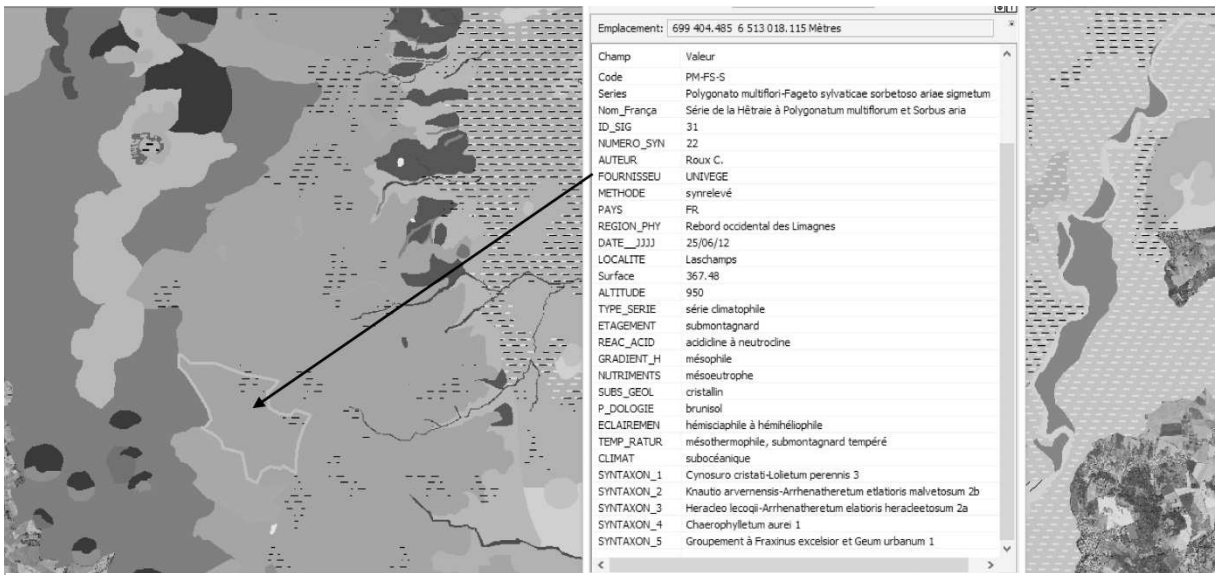


Figure 4 : location of the polygon corresponding to synrelevé 22 with its attribute information in the series map.

Use of the "Paysage" database for the diagnosis: an example of evaluating the degree of anthropogenic impact.

As shown in Figure 1 and Table 2, the synrelevés can be composed of syntaxa at a higher or lower degree of naturalness. When the anthropogenic impact increases, the expression of the ecological variables of the tessela tend to be minimized. For example, the high frequency of syntaxa typical of fertilized hay meadows in the synrelevé will increase the nutrient indicator level of the synrelevé and thereafter provide a diagnosis of the degree of (poor) naturalness of the synrelevé.

In Figure 5, the value of the Ellenberg indicator "nutrients" is shown for each of the 16 synrelevés of the beech wood *Polygonatum multiflorum* and *Sorbus aria* series. The light grey bar (A) and the black bar (B) represent the theoretical synrelevés, and the value corresponds to the theoretical Ellenberg values for the nutrients. The grey bar (A) represents the theoretical synrelevé that is the most "natural" with no fertilization while the black bar (B) corresponds to the synrelevés resulting from vegetation changes under the influence of fertilization and anthropogenic actions. The data obtained for the 16 synrelevés carried out on the crystalline plateau in the study area is a series with mainly anthrogenic-related vegetation and only a few more natural types of vegetation. It should be noted that synrelevé 17, the most oligotrophic one, is comprised of only three syntaxa (Table 1): one related to grassland, one related to scrub vegetation and one related to a potential natural forest. Synrelevé 22, the most mesotrophic and anthropogenic synrelevé, contains five syntaxa: two hay meadows, one pasture, one nitrophilous herbaceous fringe and one substitution forest. This last synrelevé, with the highest community richness, reflects a greater anthropic impact; indeed, the number of associations composing a series of vegetation depends on the use of the landscape (Biondi 2011).

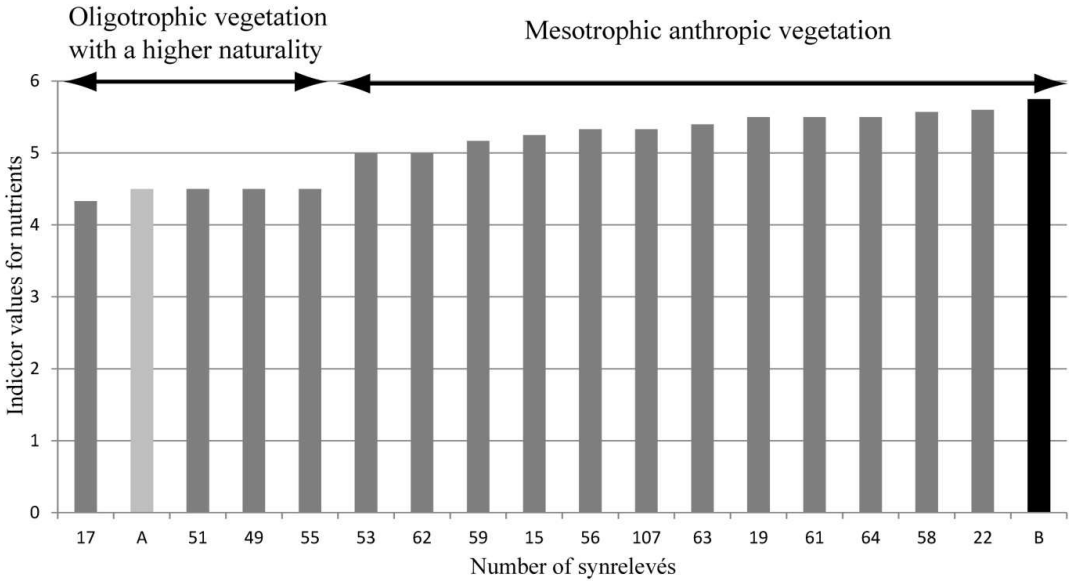


Figure 5 : Ellenberg "nutrients" values for the 16 synrelevés of the *Polygonatum multiflorum* and *Sorbus aria* beech wood series under natural or anthropic conditions. A and B: theoretical synrelevés.

Perspectives

Up until now, the "Paysage" database was used to describe vegetation within a limited geographical area. The "syntaxon" table will have to be completed with all the syntaxa listed for the French territory from the "Prodrome des Végétations de France" (PVF2, French phytosociological society, www.phytosocio.org). The standardization of the consultation tables needs to be improved and adjusted in order to address certain issues (e.g.: salinity in a littoral environment). The work in progress includes the description of the model for the "Paysage" database as well as a tutorial. The aim is that the VegFrance database will be soon be widely used to handle and exchange relevé data.

References

Baize, D., M.-C. Girard, Association Française pour l'Etude du Sol. 2009. *Référentiel pédologique 2008* [Soil repository 2008]. Paris, Éditions Quae, Collection Savoir Faire.

Bardat, J., F. Bioret, M. Botineau, V. Boullet, R. Delpech, J.-M.Géhu, J. Haury *et al*. 2004. *Prodrome des végétations de France* [Prodrome vegetations of France]. Paris : Publications Scientifiques du MNHN.

Biondi, E., R. Calandra, D. Gigante, S. Pignatelli, E. Rampiconi and Venanzoni R. 2002. *Il paesaggio vegetale della provincia di* Tern [The plant landscape of the province of Terni]. Terni, Università di Perugia: Arti grafiche Iezzi.

Biondi, E. 2011. "Phytosociology today: methodological and conceptual evolution." *Plant Biosystems*, no. 145: 19-29.

Bioret, F., V. Boullet, G. Choisnet, C. Roux, G. Thébaud, C. Panaïotis, A. Chalumeau *et al.* "Landscape phytosociology concepts and definitions applied to serial and catenal vegetation mapping." *Acta Botanica Gallica*, soumis.

Boivin, P., J.-C. Besson, D. Briot, G. Camus, A. (de) Goër de Herve, A. Gourgaud, P. Labazuy, E. Langlois *et al.* 2009. *Volcanologie de la Chaîne des Puys* [Volcanology of the Chaîne des Puys]. *5ème édition*. Montlosier: Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne.

Chytrý, M. 1998. "Potential replacement vegetation: An approach to vegetation mapping of cultural landscapes." *Applied Vegetation Science*, no. 1: 177-188.

Dupias, G. and P. Rey. 1985. *Document pour un zonage des régions phyto-écologiques* [Paper zoning phyto-ecological regions]. Toulouse: Centre d'Ecologie des Ressources Renouvelables.

ECOBIO. VegFrance: https://vegfrance.univ-rennes1.fr

Ellenberg, H., H.E. Weber, R. Düll, V. Wirth, W. Werner and D. Paulßen. 1992. “Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. und verbesserte Auflage.” *Scripta Geobotanica*, no. 18: 1-258.

Géhu, J.-M. 1974. “Sur l’emploi de la méthode phytosociologique sigmatiste dans l’analyse, la définition et la cartographie des paysages” [On the use of phytosociological sigmatiste method in the analysis, the definition and mapping of landscapes]. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, no. 279 (D): 1167-1169.

Géhu, J-M. 1977. “Le concept de sigmassociation et son application à l’étude du paysage végétal des falaises Atlantiques Françaises” [The concept of sigmassociation and its application to the study of plant landscape of the French Atlantic cliffs]. *Vegetatio*, 34 (2): 117-125.

Géhu, J.-M. 2006. *Dictionnaire de sociologie et synécologie végétales* [Dictionary of sociology and plant synecology]. Stuttgart: J. Cramer.

Hennekens, S. and J. Schaminée. 2001. “TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data.” *Journal of Vegetation Science*, no. 12: 589-591.

Kovach, WL. 2010. *MVSP: A MultiVariate Statistical Package for Windows*: *ver. 3.2*. Pentraeth, Wales, U.K: Kovach Computing Services.

Lazare, J.-J. 2009. “Phytosociologie dynamico-caténale et gestion de la biodiversité” [dynamico-caténale phytosociology and biodiversity management]. *Acta Botanica Gallica*, 156 (1): 46-61.

Loidi, J. and F. Fernandez-Gonzalez. 2012. “Potential natural vegetation: reburying or reboring?” *Journal of Vegetation Science*, no. 23: 596–604.

Pedrotti, F., 2013. *Plant and vegetation mapping*. Camerino: Springer.

Rivas-Martínez, S. 2005. “Notions on dynamic-catenal phytososiology as a basis of landscape science.” *Plant Biosystems*, 139 (2): 135-14.

Rivas Martínez, S., G. Navarro, Á. Penas and M. Costa. 2011. “Biogeographic Map of South America. A preliminary survey.” *International Journal of Geobotanical Research*, no. 1: 21-40 + map.

Schaminée, J., S. Hennekens and W. Ozinga. 2007. “Use of the ecological information system SynBioSys for the analysis of large datasets.” *Journal of Vegetation Science*, no. 18: 463-470.

Thébaud, G, C. Roux, C.-E. Bernard and A. Delcoigne. 2014. *Guide d’identification des végétations du nord du Massif central: associations végétales et habitats naturels* [Identification Guide to the north of the Massif central vegetation: plants and natural habitats associations]. Clermont-Ferrand: Presses Universitaires Blaise Pascal.

Theurillat, J.-P. 1992. *Étude et cartographie du paysage végétal (symphytocoenologie) dans la région d’Aletsch (Valais, Suisse)* [Study and mapping of vegetation landscape (symphytocoenologie) in the Aletsch region (Valais, Switzerland)]. Teufen: Commission géobotanique de l’Académie Suisse des Sciences Naturelles.

Tichý, L. 2002. “JUICE, software for vegetation classification.” *Journal of Vegetation Science*, no. 13 : 451-453.

Trochet, J.-R. 2004. “L’étude des paysages en France: éléments d’histoire” [The study of landscapes in France : story elements]. *Belgeo*, no. 2-3: 257-264.

Tüxen, R. 1956. “Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung.”[Today's potential natural vegetation as the object of vegetation mapping]. *Angewandte Pflanzensoziologie*, no. 13: 5-55.

3.3 Analyse des données

3.3.1 Analyses de classification et production d'un tableau différentiel diagonalisé

Les 136 synrelevés ont été exportés dans JUICE (Tichý 2002) à des fins d'analyses et de production de tableaux synoptiques.

Ils ont fait l'objet d'une première analyse numérique de classification de type MTC (Modified Twinspan Classification, Roleček *et al.* 2009) avec une pondération par les coefficients d'abondance et comme indice de dissimilarité 2, en total inertie.

Un tableau de synrelevés, ordonné et diagonalisé, est ainsi produit, avec en ligne les syntaxons, regroupés selon des « groupes de syntaxons différentiels » (GSD) et en colonnes les synrelevés regroupés selon les résultats de la MTC effectuée, et correspondant aux séries de végétation individualisées dans la zone d'étude. Les permaséries associées sont situées en bas du tableau.

3.3.2 Analyses d'ordinations

Il nous a semblé aussi intéressant de tester sur les synrelevés des analyses d'ordination, en particulier analyses des correspondances afin de déterminer leur efficacité. Pour cela nous avons effectué une technique d'analyse directe de gradient, par l'intermédiaire d'une analyse canonique des correspondances (CCA, Ter Braak 1986) et une technique d'analyse indirecte de gradient en effectuant une analyse des correspondances redressée (DCA) qui permet d'estimer la végétation indépendamment des variables écologiques (Bouxin 2016). Le logiciel utilisé pour réaliser ces analyses est Multi-Variate statistical Package (Kovach, version 3.22, 2010).

La CCA permet de mettre en évidence la correspondance entre les groupes issus de l'analyse MTC dans la phase précédente et plusieurs variables, exprimées sous forme de flèches vectorielles à partir des valeurs des indices d'Ellenberg *et al.* (1992) calculées pour chacun des synrelevés, pondérées par les coefficients d'abondance des syntaxons.

Soulignons que la lumière n'a pas été retenue car elle ne représente pas un critère judicieux dans l'analyse symphytosociologique : un synrelevé comporte à la fois des végétations héliophiles de milieux ouverts et des associations forestières sciaphiles têtes de séries. Ce critère n'informerait que sur la présence plus ou moins importante des forêts, information déjà fournie par le coefficient d'abondance noté dans chaque synrelevé.

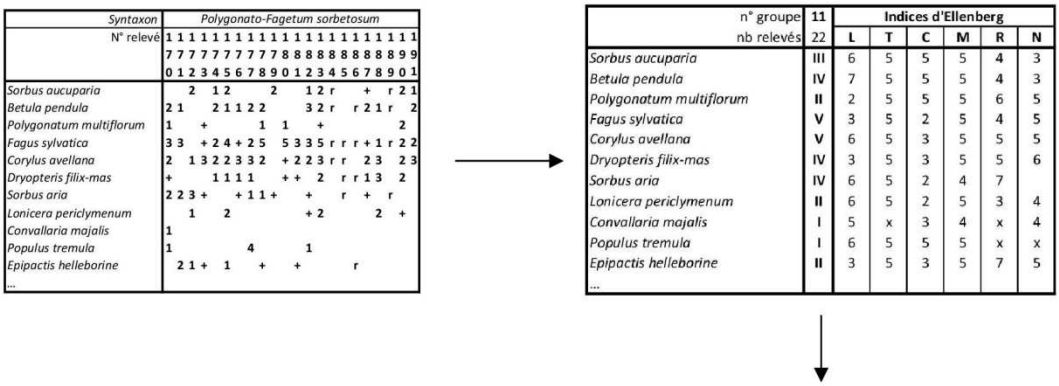
Nous avons vu dans le chapitre sur l'analyse statistique des relevés phytosociologiques que la CCA avait un inconvénient du fait que les valeurs d'Ellenberg étaient dépendantes des espèces. Ce type d'analyse est en effet surtout utilisé pour mettre en correspondance les espèces avec des données écologiques mesurées indépendamment de celles-ci. Nous retrouvons le même problème de redondance avec l'analyse des synrelevés, car les valeurs d'Ellenberg des syntaxons sont calculées à partir des espèces les composants. Il convient donc de prendre les résultats présentés ici avec prudence.

Dans un deuxième temps nous avons effectué une DCA afin d'ordonner simultanément les syntaxons et les synrelevés en maximisant les corrélations entre eux. Par rapport à l'AFC cette analyse permet également de corriger l'effet « Fer à cheval » et d'éviter la compression des extrémités des axes par rapport à leur milieu (Bouxin 2016).

3.3.3 Calcul des indices d'Ellenberg des synrelevés et diagnostic écologique tessellaire

Le calcul des indices d'Ellenberg (IE) des synrelevés, employés dans les analyses canoniques du paragraphe précédent, procède de plusieurs étapes et d'un mode opératoire précis qui nécessite une explication détaillée, développée ici.

Lors d'une première étape nous avons calculé les valeurs des IE, à l'aide du logiciel Juice, pour chacun des syntaxons de la zone d'étude à partir des 741 relevés phytosociologiques effectués pendant nos campagnes de terrains ou des 4932 relevés issues de la base de données Turboveg d'UniVege, lorsque nous n'avions pas suffisamment de nos propres relevés pour obtenir des IE représentatifs. Les relevés sont regroupés afin d'obtenir une seule colonne de fréquences pour chaque syntaxon. Les IE des syntaxons sont ensuite obtenus en calculant la moyenne des IE des taxons présents dans chaque syntaxon, pondérés par leur fréquence (figure 21). On obtient ainsi, pour tous les syntaxons présents dans nos synrelevés, des valeurs comprises entre 1 et 9 pour chaque indice (continentalité, température, gradient d'humidité, nutriment et réaction du sol).



Nb de relevés	Syntaxon	Light	Temperature	Continentality	Moisture	Soil Reaction	Nutrients
22	*Polygonato-Fagetum sorbetosum*	5.91	5.14	3.64	4.85	5.53	4.85

Figure 21: exemple du calcul des indices pour le *Polygonato-Fagetum sorbetosum.* A partir du tableau de 22 relevés on obtient un tableau synoptique puis en utilisant la fonction du calcul des indices d'Ellenberg intégrée dans Juice on détermine les indices pour le syntaxon.

La deuxième étape consiste à utiliser ces valeurs pour calculer celles des 136 synrelevés effectués au cours de ce travail. Le tableau de synrelevés est ouvert dans Juice, on initialise manuellement les valeurs d'Ellenberg pour chaque indice, sur l'ensemble de la liste des syntaxons présents dans le tableau (tableau 17). Une fois ces valeurs saisies on peut calculer les IE pour les 136 synrelevés, pondérés par l'abondance de chaque syntaxon dans chacun des synrelevés. On obtient alors les IE de chaque synrelevé en fonction de leur composition syntaxonomique, ainsi chaque individu de séries aura des indices propres. Les valeurs obtenues sont ensuite saisies dans la base de données Paysage, pour chaque synrelevés, afin de caractériser l'enveloppe écologique de leur tessella (figure 22).

Tableau 17 : mode de calcul des indices d'Ellenberg pour les synrelevés ; 17a : détail de la composition syntaxonomique des deux synrelevés 62 et 55 de la série du *Polygonato-Fago sorbetoso*, avec les indices d'Ellenberg calculés pour chaque syntaxon ; 17b : valeurs des indices obtenus pour chacun des deux synrelevés.

17a

N° synrelevé	62	55	Indices d'Ellenberg					
Nombre de syntaxons	8	7	L	T	C	M	R	N
Communautés forestières								
Polygonato multiflori-Fagetum sylvaticae sorbetosum ariae	2	2	5.91	5.14	3.64	4.85	5.53	4.85
Groupement à *Fraxinus excelsior* et *Geum urbanum*	2	3	5.3	5.2	3.57	5.28	6.06	5.78
Communautés arbustives								
Rubo ulmifolii-Ulmetum minoris	2		5.71	5.53	3.59	5.34	6.56	6.75
Communautés herbacées								
Pulsatillo rubrae-Dactylorhizetum sambucinae		1	7.51	5.64	3.68	4.07	5.15	3.07
Agrostio capillaris-Saxifragetum granulatae		2	7.18	5.35	3.81	4.59	6.03	4.67
Groupement à *Cytisus scoparius* et *Holcus mollis*		1	6.6	5.14	3.65	4.93	5.42	4.95
Festuco rubrae-Genistetum sagittalis	+		7.23	5.13	3.62	4.6	4.81	3.4
Airo caryophyllea-Festucetum ovinae		+	7.52	5.76	3.77	3.75	4.96	2.79
Knautio arvernensis-Arrhenatheretum elatioris	3	2	6.99	5.11	3.65	5.19	5.64	5.04
Cynosuro cristati-Lolietum perennis	3		7.1	5.39	3.75	4.69	5.89	4.73
Alliario petiolatae-Chaerophylletum temuli	1		5.19	5.38	3.85	5.23	6.42	7.85

17b

Série	N° synrelevé	Light	Temperature	Continentality	Moisture	Soil Reaction	Nutrients
PM-FS-S	62	5.67	5.31	3.71	4.74	5.89	5.66
PM-FS-S	55	6.12	5.3	3.7	4.31	5.56	4.6

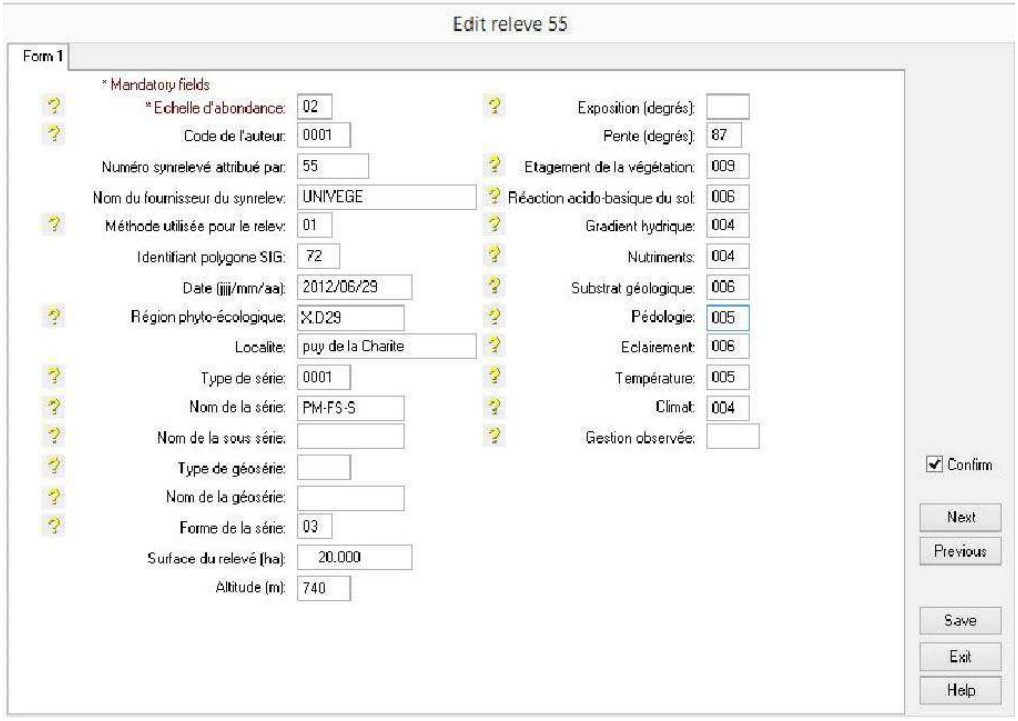


Figure 22 : capture d'écran de Turboveg du synrelevé 55 de la série du *Polygono-Fago sorbetoso*, avec les indices d'Ellenberg calculés précédemment intégrés dans les "header data" (cf Roux *et al.*, 2017).

3.4 Individualisation et caractérisation des séries et géoséries de végétation

Les différentes séries de végétation ont été individualisées par comparaison des synrelevés à la fois selon leur composition syntaxonomique globale et selon les caractères écologiques de leur espace tessellaire.

Concernant l'aspect syntaxonomique on a cherché à individualiser pour chaque série des groupes de synrelevés de composition syntaxonomique la plus homogène possible. Une importance particulière a été accordée aux syntaxons forestiers caractérisés dans le chapitre 3 de la partie II, ce qui a permis de faciliter l'individualisation des têtes de séries et donc des séries correspondantes.

La comparaison des enveloppes écologiques des synrelevés a été effectuée sur la base des compartiments délimités lors du plan d'échantillonnage et sur la base du calcul des valeurs d'Ellenberg explicité ci-dessus, dans un soucis de faire correspondre à chaque série une tessella individualisée et la plus homogène possible.

Les techniques numériques de classification et d'ordination explicitées plus haut ont été utilisées comme outils d'assistance pour ce travail global d'analyse.

3.4.1 Diagrammes d'affinités dynamiques

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe 1 de ce chapitre, une série de végétation est composée de l'ensemble des communautés végétales conduisant à un seul type de végétation potentielle. Les différentes étapes de la série peuvent être représentées par des groupements végétaux émanant soit de processus dynamiques progressifs soit de processus régressifs. La série peut également contenir des végétations correspondant à des étapes de potentialité déviée, c'est à dire fortement dégradés par l'action humaine. Nous avons opté pour une représentation schématique des différentes étapes de chaque série, sous forme de diagrammes d'affinités dynamiques. La figure 23 donne la signification des flèches et figurines utilisées et la figure 24 récapitule les couleurs utilisées pour chaque grand type de végétation.



Figure 23 : signification des symboles utilsés dans les diagrammes d'affinités dynamiques.

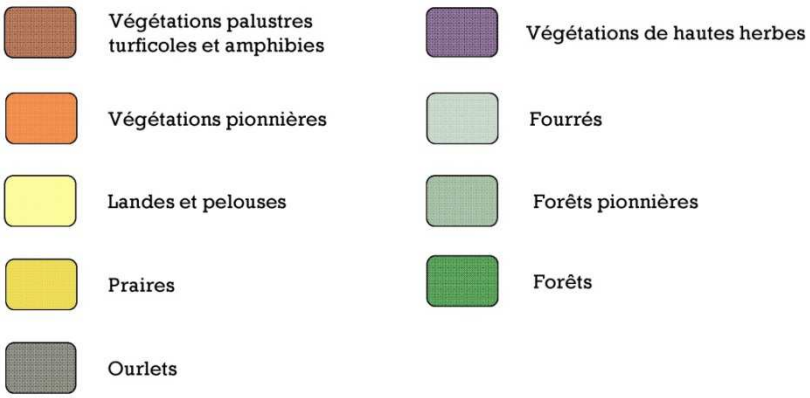


Figure 24 : couleurs utilisées pour chaque grand type de végétation dans les diagrammes d'affinités dynamiques.

3.4.2 Profil Socio-Ecologique Topostationnel (PSET)

Quatorze parcelles permanentes de suivi de la végétation ont été mises en place depuis 2012 par l'équipe d'UNIVEGE dans la zone d'étude dans le cadre d'un partenariat avec le Conseil départemental du Puy-de-Dôme et de Clermont-Communauté-Métropole. Ce type de suivi de végétation est basée sur la réalisation d'un Profil Socio-Ecologique Topostationnel, ou PSET, dans des sites protégés censés être exempts d'aménagements dans l'avenir (ENS, sites Natura 2000, RN, APB).

Le principe de cette méthode est la réalisation d'un transect traversant les végétations rencontrées le long d'un ou plusieurs gradient écologiques. Elle permet de détecter les liens entre communautés végétales et variables écologiques, les transitions entre communautés et la dynamique de la végétation, ou tout autre changement graduel des conditions biotiques ou abiotiques ainsi qu'indirectement les changements d'origine anthropique. La longueur de ces toposéquences varie de 20 m à plus de 100 m.

Le long de ce transect, plusieurs relevés phytosociologiques sont effectués selon la méthode sigmatiste de Braun-Blanquet. Lors de la réalisation de ces relevés, des échantillons d'espèces végétales diagnostiques ou bio-indicatrices sont prélevés le long du profil et déposés dans les Herbiers Universitaires de Clermont-Ferrand (**CLF**) pour des raisons de traçabilité de l'étude ; ils sont informatisés suivant la base de données nationale SONNERAT du Muséum National d'Histoire Naturelle.

Afin d'assurer la pérennisation de ce suivi, le transect est borné aux extremités ainsi qu'à chaque point séparant l'un des relevés du suivant. Les coordonnées de ces points sont également prises au GPS (Trimble Juno 3B) et intégrées au SIG sous ArcGis 10, avec utilisation d'orthophotos et de cartes IGN topo25 fournies par le CRAIG.

Après la collecte des données de terrain, les relevés sont intégrés dans la base de données Turboveg et analysées sous Juice pour calculer différents indices et indicateurs, en particulier l'indice de diversité de Shannon-Wiener et les moyennes par relevés des indices d'Ellenberg *et al* (1992), pondérés par les coefficients d'abondance des espèces.

Dans le cadre de notre travail de thèse nous avons affiné la caractérisation phytosociologique des communautés végétales de ces PSET en analysant les relevés dans Juice dans le cadre du référentiel régional et nous avons conduit une étape supplémentaire consistant à délimiter sur ces PSET les limites tessellaires ou caténales des séries ou géoséries. Ces PSET sont présentés dans le cadre de la partie IV et leur localisation est donnée en annexe 8.

3.4.3 Histogramme de répartion des indices d'Ellenberg

Nous avons représentée les valeurs des indices d'Ellenberg des synrelevés par des histogrammes, en particulier en ce qui concerne la réaction acidobasique et les nutriments. Ces indices étant calculé à partir de chaque synrelevé (cf 3.3 *Analyses des données*) cela permet d'obtenir l'écologie de chaque individu de série et par extension la variabilité écologique de la tessella au sein d'une même série.

3.5 Cartographie

En France plusieurs équipes institutionnelles ont mis au point et appliqué des concepts et méthodes de cartographie de la végétation. Le Centre National de la Recherche Scientifique (1960), sur l'initiative du Service de la Carte de la Végétation animé par Gaussen & Rey puis par Dupias, devenu en 1982 le « centre d'écologie des ressources renouvelables » a produit la carte de la végétation de la France à l'échelle du 200000ème. Il a donné lieu au document pour un zonage des régions phyto-écologiques (Dupias & Rey 1985). Ozenda de l'Université Joseph Fourrier de Grenoble a animé dès 1963 toute la série des documents pour la carte de la Végétation des Alpes.

Depuis les années 1990 et, en particulier à l'occasion de l'application de la directive 92/43 CEE du 21 mai 1992 dite directive « habitats », les cartographies d'habitats naturels se sont multipliées dans les sites Natura 2000. Parallèlement les techniques informatiques cartographiques ont évolué avec la digitalisation puis la numérisation des données et l'avènement des systèmes d'information géographiques. Pour pallier à un manque de méthode standardisée au niveau national pour la cartographie des site Natura 2000, un guide méthodologique a été initié par le ministère de l'écologie et du développement durable et de l'énergie (MEDDE) dont la coordination a été confiée au Muséum national d'histoire naturelle (Clair *et al*. 2005) avec la collaboration de la fédération des conservatoires botaniques nationaux.

Mais aucune cartographie du territoire national n'avait été récemment engagée avant le programme CarHAB, animé par le MEDDE. Le groupe de travail méthodologique CarHAB, sous l'égide du Ministère, mène une réflexion à ce sujet devant déboucher sur un « guide méthodologique du programme de cartographie nationale des végétations (CarHAB) » dont il n'existe à ce jour qu'une version provisoire (Choisnet *et al*. 2016).

Actuellement pour le programme CarHAB l'échelle de restitution cartographique retenue est celle du 1/25 000 et l'aire minimale cartographiée est de 0.5 ha.

Le logiciel que nous avons utilisé pour effectuer la cartographie est ArcGIS 10 ; le système de projection correspond au système de coordonnées projetées "RGF93 Lambert 93".

La cartographie de la zone d'étude a été réalisée selon une approche inductive, c'est à dire en se basant sur une analyse cartographique des différents facteurs environnementaux et morphologiques (géologie, pédologie, exposition, pente...), et sur l'analyse des séries de végétations et des observations de terrain.

Lors de la phase de terrain, comme vu dans le paragraphe 3.2, nous avons délimité des polygones correspondants aux synrelevés sur des photos aériennes au 1/15000. Un synrelevé ne représentant pas une série mais un individu de série.

La deuxième phase à consisté à intégrer ces données dans une couche du SIG. L'échelle utilisée pour la saisie des données est de 1/10000 pour les polygones supérieur à 5

ha et de 1/4000 pour ceux inférieur à 5 ha ou linéaires. Les séries dont les surfaces sont supérieures à 0.5 ha sont représentées par des polygones ; les séries inférieures sont représentées sur une couche point, donc non spatialisées. Les permaséries et théroséries sont donc différenciées sur la carte par un symbole ; de cette manière nous pouvons savoir dans quelles séries elles se situent.

Certains synrelevés ont été effectués ou complétés après la phase de terrain, à partir des informations contenues dans le SIG, en utilisant à la fois les relevés phytosociologiques et les diverses couches d'informations écologiques telles que la géologie, l'exposition et les courbes de niveau obtenues à partir du modèle numérique de terrain (MNT).

Ce système multicouche et multifactoriel de spatialisation des données a été aussi un outil précieux pour la délimitation des enveloppes écologiques tessellaires et plus généralement pour la caractérisation de séries et géoséries.

3.5.1 Structuration du Système d'Information Géographique (SIG)

Différentes couches ont été intégrées au SIG :

- des orthophotos 30 cm fournies par le Centre Régional Auvergnat de l'Information Géographique (CRAIG) (résolution : 0,30 m / pixel - Précision planimétrique 0,60 m / pixel) ;
- le modèle numérique de terrain (MNT) avec un pas de 10 m et une précision altimétrique de +/- 50 cm (150 cm en zone de montagne) fourni par le CRAIG, à partir duquel nous avons obtenu plusieurs couches informatives : l'exposition, les courbes de niveau, la pente, le relief et les radiations solaires. Certaines fourchettes de valeurs sélectionnées sont données dans les tableaux 18 et 19 et la figure 25 ;
- une carte géologique (Boivin *et al.* 2004) fournie par le Parc Naturel des Volcans d'Auvergne (PNRVA), couvrant une partie de la zone d'étude, à savoir : la chaîne des Puys, le plateau cristallin, la faille de la Limagne et une partie de la plaine de la Limagne, la plus proche des gorges. Pour le reste de la zone nous avons utilisé la carte géologique papier du BRGM (Jeambrun *et al.*1973a) ;
- les 763 relevés phytosociologiques effectués lors de notre étude ;
- les 345 relevés phytosociologiques issus de la bibliographie.

Tableau 18 : couleurs retenues pour délimiter les différents étages de la végétation de la zone.

Intervalles courbe de niveau (m)	**Sémiologie**
300-380	jaune
381-500	orange
501-700	vert
701-1000	bleu-vert
1001-1250	bleu
1251-1460	mauve

Tableau 19 : légende de la carte représentant la pente de la zone d'étude.

0-2.45	
2.45-5.57	
5.57-8.31	
8.31-12.47	
12.47-16.26	
16.26-20.49	
20.49-25.17	
25.17-31.47	
31.47-56.59	

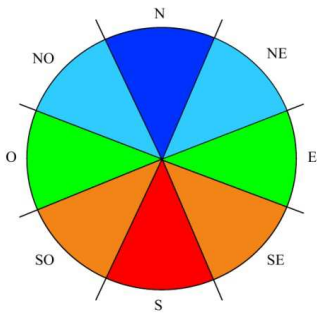


Figure 25 : fourchette de valeurs et couleurs retenues pour la légende de la carte représentant l'exposition.

3.5.2 Sémiologie graphique

Le choix de la gamme de couleurs utilisées en cartographie de la végétation a été codifié par Gaussen (1936, 1958) et repris par Dupias dans la carte de la végétation de la France au 1/ 200000 et par Ozenda en 1963 pour la cartographie de la végétation des Alpes. Chaque étage de végétation est représenté par une couleur ; pour les différentes séries d'un même étage de végétation on fait varier l'intensité de la couleur. L'intérêt de la méthode cartographique utilisée est de donner à une couleur une signification écologique. Elle est choisie en fonction des conditions du milieu : la sécheresse est marquée par du jaune, la chaleur par du rouge, l'humidité par du bleu. La gamme essentielle est donc la suivante : la série du Hêtre sera bleue, celle du Chêne-vert, jaune et la série du Chêne sessile sera verte car ses besoins écologiques sont intermédiaires entre la sécheresse (jaune) et l'humidité (bleu) (Gaussen 1949). Le tableau 20 récapitule les couleurs qui ont été utilisées pour chaque étage de végétation. Pour effectuer la cartographie des séries de végétation de la zone d'étude, nous nous sommes également inspirée des couleurs des cartes de végétation concernant Clermont-Ferrand (Lemée 1959 ; Dupias 1971).

Tableau 20 : gamme de couleurs retenues pour chaque étage de végétation.

Etage	**Couleur**	
Planitiaire 300-400 m	Jaune	
Collinéen thermophile 400-750 m	Vert jaune	
Collinéen tempéré 400-750 m	Vert franc	
Submontagnard 750-1000 m	Vert bleu	
Montagnard 1000-1300 m	Bleu	
Subalpin 1300-1450 m	Rose	

Les secteurs urbanisés et les zones très perturbées par l'action humaine (carrières, lieux touristiques surfréquentés...) sont individualisés sur la carte par des tirets noirs ; cette représentation graphique est faite sur une couche séparée de celle des séries de végétations, de façon à ce que l'on puisse ainsi avoir le choix de les faire apparaître ou non, selon la lisibilité que l'on souhaite obtenir. Chaque série recouverte par des tirets peut être considérée comme une variante anthropique de la série naturelle.

Les curtaséries, permaséries ou théroséries, de trop petite surface pour être visible à l'échelle 1/25000, sont placées sur 3 couches-point différentes du SIG. Chacune est dotée d'un symbole pour pouvoir les différencier. Nous n'avons pas conservé le code couleur des étages de végétation car elles n'auraient pas été visibles sur la carte. Nous avons donc choisi des couleurs qui contrastent avec la couleur de la série sur laquelle elles se situent.

Comme nous l'avons vu précédemment, la plaine de la Limagne est actuellement occupée dans sa majorité par des grandes cultures ; nous avons opté pour une représentation sur fond blanc pour représenter les cultures (Gaussen 1949) sur lequel sont appliqués des tirets et des points de la couleur représentant la série de végétation qui devrait se trouver sur ce secteur.

Pour une meilleure lisibilité de la carte nous avons affecté à chaque série un code numérique qui s'affiche sur la carte et dans la légende (annexe 9). Dans ce tableau nous avons également un code qui représente les initiales de chaque série, avec un "G-" devant les

géoséries, le nom du sigmetum et le nom en français de la série ou de la géosérie. Par exemple pour la série de la hêtraie à grande Luzule ou *Luzulo sylvaticae-Fago sylvaticae sigmetum* le code numérique pour la légende est 5 et le code alphabétique est LS-FS.

3.5.3 Données contenues dans le SIG

Les données sont de deux types :

- une base de données spatialisée, c'est-à-dire des objets géographiques pour les composantes géométriques et topologiques (polygone, point), et les tables attributaires pour la composante sémantique (numéro de synrelevé, nom de la série, surface...). La table attributaire est complétée au fur est à mesure que l'on trace les polygones ou les points sur le SIG. En tout nous avons 6 tables attributaires, 4 pour les séries de végétations (série, curtasérie, permasérie et thérosérie) et 2 pour les relevés phytosociologiques (relevés propres et bibliographiques). Les tableaux 21 et 22 montrent des exemples de champs renseignés, sachant que la structure pour les tables de séries est identique et idem pour les 2 tables de relevés phytosociologiques.

Tableau 21 : champs de la table attributaire "série" du SIG. Id*: champ sur lequel s'effectue la jointure avec notre base Turboveg et la base VegFrance.

Champs	Description	Type	Exemple
Id *	Identifiant du polygone (non automatique)	Numérique	12
Surface (ha)	surface du polygone	Numérique	25
Code_numero	Code lié à une série pour la représentation graphique (cf annexe 9)	Numérique	5
Code	Initiale des séries (cf annexe 9)	Texte	TR-QP-R
Series	Libellé du *sigmetum*	Texte	*Trifolio rubentis-Querco pubescentis rubietoso peregrinae sigmetum*
Nom_Français	Libellé français de la série	Texte	Série de la chênaie pubescente à *Trifolium rubens* et *Rubia peregrina*
Code_géosérie	Initiale des géoséries	Texte	G-TR-QP
Géoséries	Libellé du *geosigmetum*	Texte	*Trifolio rubentis-Querco pubescentis geosigmetum*

Tableau 22 : champs de la table attributaire "relevés phytosociologiques" du SIG. N releve*: champ sur lequel s'effectue la jointure avec notre Base Turbovege et la base VegFrance.

Champ	Description	Type	Exemple
FID	Identifiant du point (automatique)	Entier	40
N_releve *	Numéro de relevé attribué par l'auteur	Texte	205CR
Type de végétation		Texte	Prairie à Brachypode
Système	Système dans lequel se situe le relevé	Texte	Chaîne des Puys

- des bases de données non spatialisées, qui proviennent d'une extraction à partir de Turboveg au format excel enregistré en dbf (DataBaseFile). Nous avons deux bases différentes : une concernant les synrelevés (base VegFrance « paysage »), une autre concernant les relevés phytosociologiques (base « relevés ») qui, pour les besoins de l'étude a été divisée en deux : l'une concerne les relevés effectués au cours de ce travail et l'autre les relevés issus de la bibliographie. Les détails et significations des champs sont donnés dans les tableaux 23 et 24, sachant que la structure est la même pour les deux bases de relevés phytosociologiques.

Tableau 23 : champs de la base « VegFrance Paysage » ID_GIS*: champ sur lequel s'effectue la jointure avec la table attributaire du SIG.

Nom codé du champ	Description	Type de caractère pour renseigner le champ	Menu déroulant
Identité			
RELEVE_NR	Identifiant du synrelevé dans Turboveg	Numérique	non
ID_VEGFRAN	Identifiant VegFrance	Numérique	non
NUM_RELEVE	Numéro du synrelevé attribué par l'auteur	Texte	non
Source			
SUPPLIER	Nom du fournisseur du synrelevé	Texte	non
AUTHOR	Code de l'auteur	Texte	oui
DATE	Date	Texte	non
Méthodologie			
COVERSCALE	Echelle d'abondance	Texte	oui
METHOD	Méthode utilisée (synrelevé, géosynrelevé)	Texte	oui
Localisation			
COUNTRY	Pays	Texte	oui
LOCALITY	Localité	Texte	non
NAT_REGION	Région phyto-écologique (Dupias & Rey 1985)	Texte	oui
Topographie			
SURF_AREA	Surface du relevé (ha)	Numérique	non
SLOPE	Pente (degrés)	Texte	non
EXPOSURE	Exposition (degrés)	Texte	oui
Typologie			
TYPE_SERIE	Type de série (Bioret *et al.* 2017)	Texte	oui
SERIE	Nom de la série (Tableau XXX)	Texte	oui
SOUS_SERIE	Nom de la sous série (Tableau XXX)	Texte	oui
TYPE_GEOS	Type de géosérie (Bioret *et al*. 2017)	Texte	oui
GEOSERIE	Nom de la géosérie (Tableau XXX)	Texte	oui

COMPO	Composition de la géosérie	Texte	non
SPA_PATT	Forme de la série	Numérique	oui
Ecologie			
VEG_LEVEL	Etagement de la végétation (Ozenda 1985)	Numérique	oui
ACID_BASE	Réaction acidobasique du sol (Ellenberg *et al.* 1992)	Numérique	oui
HYD_GRAD	Gradient hydrique (Ellenberg *et al.* 1992)	Numérique	oui
NUTRIM	Nutriments (Ellenberg *et al.* 1992)	Numérique	oui
GEOL_SUBST	Substrat géologique	Numérique	oui
PEDOLOGY	Pédologie (Référentiel pédologique 2008)	Numérique	oui
LIGHT	Eclairement (Ellenberg *et al.* 1992)	Numérique	oui
TEMP	Température (Ellenberg *et al.* 1992)	Numérique	oui
CONTINENT	Continentalité (Ellenberg *et al.* 1992)	Numérique	oui
SIG			
ID_GIS *	Identifiant polygone SIG	Numérique	non
Remarques			
REMARKS	Remarques (champs libre, peut être utilisé pour des précisions sur certains champs)	Texte	non

Tableau 24 : champs de la base « relevés». Num_Relevé *: champ sur lequel s'effectue la jointure avec la table attributaire du SIG.

Nom codé du champ	**Signification du champ identifiant**	**Type de caractère pour renseigner le champ**	**Présence d'un menu déroulant**
Identité			
RELEVE_NR	Identifiant du relevé dans Turboveg, généré automatiquement sans besoin de remplissage manuel	Entier	non
ID_VEGFRAN	Identifiant unique du relevé dans VegFrance, généré par le serveur VegFrance	Texte	non
NUM_RELEVE *	Numéro du relevé donné personnellement par l'auteur.	Texte	non
Source			
AUTHOR	Auteur(s) du relevé	Texte	oui
DATE	Date	Date	non
REFERENCE	Référence bibliographique d'où est issu le relevé	Texte	oui
TABLE_NR	Numéro de tableau (dans référence biblio)	Texte	non
NR_IN_TAB	Numéro du relevé dans le tableau (dans la référence biblio)	Texte	non
Méthodologie			
COVERSCALE	Echelle d'abondance utilisée pour décrire l'abondance des taxons dans le relevé	Texte	oui
SURF_AREA	Surface du relevé (m^2)	Numérique	non
Localisation			
COUNTRY	Pays où le relevé a été réalisé	Texte	oui

DEPARTMENT	Département où le relevé a été réalisé	Texte	oui
COUNTY	Commune où le relevé a été réalisé	Texte	oui
LOCALITY	Lieu-dit où le relevé a été réalisé	Texte	non
NAT_REGION	Région naturelle où le relevé a été réalisé	Texte	oui
Topographie			
ALTITUDE	Altitude (m)	Texte	non
EXPOSURE	Exposition (degrés)	Texte	oui
SLOPE	Pente (degrés)	Entier	non
GEOL_SUBST	Substrats géologiques	Texte	oui
PEDOLOGY	Type de sol	Texte	oui
Recouvrement			
COV_TOTAL	Recouvrement total (%)	Entier	non
COV_TREES	Recouvrement de la strate arborée (%)	Entier	non
COV_SHRUBS	Recouvrement de la strate arbustive (ligneux d'une hauteur inférieure à 6 m) (%)	Entier	non
COV_HERBS	Recouvrement de la strate herbacée (non ligneux) (%)	Entier	non
COV_MOSSES	Recouvrement de la strate bryo (%)	Entier	non
Typologie			
ORIGIN_ASS	Association phytosociologique (nom originel donné par l'auteur du relevé)	Texte	non
ORIGIN_SUB	Sous association phytosociologique (nom originel donné par l'auteur du relevé) ou variante de l'association	Texte	non
REL_TYPE	Type nomenclatural si relevé-type pour la typologie phytosociologique (holotypus, Lectotypus, Neotypus)	Texte	oui
PVF1	Numéro de rattachement dans le Prodrome des Végétations de France PVF1	Entier	oui
PVF2_ASS	Nom du Syntaxon de rattachement dans le Prodrome des Végétations de France PVF2 (association)	Texte	oui
PVF2_SUB	Nom du Syntaxon de rattachement dans le Prodrome des Végétations de France PVF2 (sous association, variante de l'association)	Texte	oui
Remarques			
REMARKS	Remarques (champs libre, peut être utilisé pour des précisions sur certains champs)	Texte	non

Nous avons ensuite effectué une jointure entre les bases spatialisées et non spatialisées ; les informations présentes dans les tableaux excel extraits de Turboveg sont ainsi intégrées à la table attributaire correspondante. Les informations contenues dans les champs de notre Base Turboveg (« paysage » et « relevés ») et de VegFrance, ainsi que les syntaxons du synrelevé avec leur abondance, sont alors visibles directement sur le SIG pour chaque polygone (figure 4 article BD Paysage). Il est alors possible soit d'effectuer des requêtes sur un nombre plus important de données, soit de les afficher directement sur la carte, comme par exemple le nom des associations phytosociologiques de chaque relevé. La jointure s'est effectuée sur les champs "numéro de relevé" pour les relevés phytosociologiques ou "Id"

(identifiant du polygone) pour les synrelevés. Les figures suivantes (figures 26) montrent les différentes étapes de la démarche.

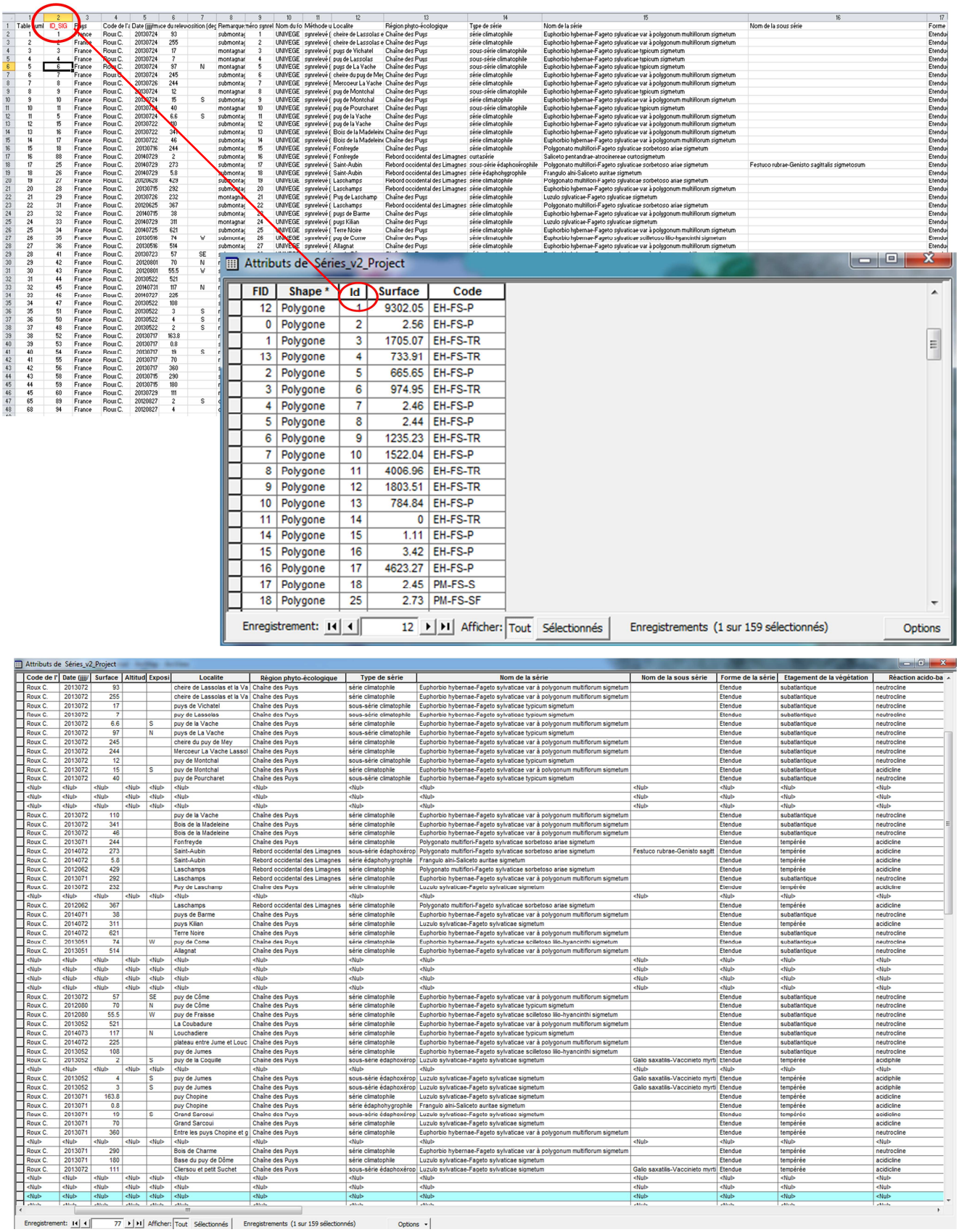


Figure 26 : en haut : champs de la base VegFrance Paysage ; entouré de rouge : champ sur lequel s'effectue la jointure entre les deux bases ; au centre : table attributaire de la couche "série" ; en bas : nouvelle table attributaire contenant tous les champs de la base VegFrance Paysage.

Partie IV- Résultats : caractérisation des séries et géoséries de la zone d'étude

Dans cette quatrième partie nous présenterons et discuterons les résultats généraux concernant les caractérisations sériales et tessellaires, issus des analyses statistiques de classification, d'ordination et incorporant les valeurs des indices d'Ellenberg aux différents niveaux d'analyse. Pour chacun des grands types de systèmes biogéographiques individualisés dans la première partie, les différentes séries, curtaséries, permaséries, theroséries et hydroséries, seront ensuite décrites dans le détail ainsi que les géoséries. Pour ces dernières une évaluation du degré de naturalité/anthropisation et de l'état de conservation à l'échelle des paysages sera proposée.

Chapitre 1- Résultats généraux issus de l'analyse comparative des synrelevés

Les 184 synrelevés effectués au cours de ce travail concernent des séries, curtaséries, permaséries et théroséries. Dans certaines séries il a été impossible de faire des synrelevés du fait soit de la trop grande artificialisation du milieu, soit de la faible représentation de ces séries sur la zone d'étude. De même nous n'avons pu effectuer de synrelevés dans les cheires, les ruisseaux qui traversent la plaine de la Limagne et les végétations du lit mineur de l'Allier, étant donné qu'ils sont composés de plusieurs séries disposées en mosaïque, nous les avons donc traités sous forme de géosynrelevés.

Dans un premier temps nous avons effectué un tri manuel de ces synrelevés sans procéder à des analyses statistiques numériques. Ces dernières ont été conduites dans un second temps afin d'étudier l'intérêt qu'elles apportent en symphytosociologie.

Plusieurs types ont été testés : en particulier les analyses de classifications de type MTC et les analyses d'ordination de type CCA, sur la base des valeurs d'Ellenberg ainsi qu'explicité dans la partie méthodologique, et des DCA, sur la base des coefficients d'abondance des associations végétales des synrelevés.

1.1. Classification des synrelevés issue de l'analyse MTC et tableau symphytosociologique différentiel global

Le tableau symphytosociologique de l'annexe 10 est composé 137 synrelevés effectués dans des séries, sous séries et curtasérie de la zone d'étude et de 151 associations végétales.

Le tableau 24 correspond au tableau synoptique réalisé à partir du tableau de synrelevés de l'annexe 10. Les séries dans lesquelles nous n'avons pu effectuer 5 synrelevés sont notés en chiffres arabes, ils n'indiquent pas une classe de fréquence mais le nombre de fois où le syntaxon est présent dans le groupe de synrelevés. Le tableau 25 donne la correspondance entre les numéros de groupes et les séries.

Tableau 25 : tableau synoptique des synrelevés. Les chiffres arabes indiquent le nombre de fois où le syntaxon est présent dans les groupes de synrelevés inférieurs à 5.

N° groupe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Nb synrelevés	2	1	1	2	1	3	5	7	10	3	4	3	13	7	3	2	6	5	7	10	4	4	5	13	2	4	4	2	1	2	1
Junipero communis-Amelanchieretum	2																														
Anarrhino bellidifolii-Sedetum	2																														
Groupement à Sorbus		1	1																												
Galio saxatilis-Vaccinietum salicetosum			3																												
Diantho monspessulani-Pinetum				2	1																				1						
Festuco filiformis-Callunetum				2																											
Groupement a Rumex et Scleranthus				2					I			1	I																		
Teucrio scorodoniae-Silenetum v. Brachypodium						2	I													I										
Teucrio scorodoniae-Pinetum vaccinietosum						1	I																								
Galio saxatilis-Vaccinietum senecietosum						3	III																								
Groupement a Brachypodium et Calamagrostis		1					III																								
Daphno mezerei-Coryletum stachyetosum							V	I			3	3	I																		
Diantho monspessulani-Brachypodietum vaccinietosum.			1				II	I																							
Luzulo sylvaticae-Fagetum							II	V					I																		
Galio saxatilis-Vaccinietum dianthetosum								III	II	1																					
Euphorbio hybernae-Fagetum									IV																						
Euphorbio hybernae-Fagetum scilletosum										3																					
Phleo phleoidis-Festucetum campanuletosum											3																				
Euphorbio hybernae-Fagetum coryletosum											3	3	V											I	1						
Ranunculo bulbosii-Brachypodietum				1					I				II												1						
Ranunculo bulbosii-Brachypodietum trifolietosum								I					II																		
Polysticho aculeati-Fraxinetum														V																	
Geranio phaei-Fraxinetum															3																
Groupement a Galium et Urtica															2																
Poo angustifoliae-Avenuletum															2																
Vicio luteae-Elytrigietum															2	1										2					
Urtico dioicae-Aegopodietum																2															
Humulo lupuli-Fraxinetum																2															
Humulo lupuli-Sambucetum															3	1	II			I											
Groupement à Ulmus et Chaerophyllum															3	2	III	II								1					
Cephalanthero damasonii-Quercetum petraeae																	IV														
Sambucetum ebuli																	II	II		I											
Centaureo approximatae-Brachypodietum																			I												
Coluteo arborescentis-Loniceretum cytisetosum																		III													
Trifolio rubentis-Quercetum pubescentis																		IV													
Cephalanthero longifoliae-Pinetum																		I	I												
Onobrychido viciifoliae-Brometum																	II		III												
Coluteo arborescentis-Loniceretum																	II		III												
Koelerio vallesiacae-Helianthemetum																		I	IV												
Teucrio chamaedrys-Brometum																		I	IV												
Trifolio rubentis-Quercetum rubietosum																			III												
Hieracio sabaudii-Quercetum quercetosum pub.																	I			V											
Teucrio scorodoniae-Pinetum																				IV	3	2		I							
Phleo phleoidis-Festucetum																				II											
Hieracio sabaudii-Quercetum																			I		4										
Genisto pilosae-Callunetum																					4			I							
Groupement a Cytisus scoparius et Holcus																					2	2		I							
Festuco rubrae-Genistetum sagittalis																						4		I	1						
Polygonato multiflori-Fagetum																						1	III	I							
Polygonato multiflori-Fagetum sorbetosum																						1		IV	1						
Chaerophylletum aurei								I																II							
Roso micranthae-Prunetum rubetosum gill.																				I				II							
Polygono hydropiperis-Bidentetum																										4					
Impatienti glanduliferae-Solidaginetum																										2					
Salicetum albae																										4					
Eragrostio pectinacei-Chenopodietum																										2					
Scrophulario caninae-Melilotetum																										2					
Impatienti noli-tangere-Alnetum à Prunus padus														I													4				
Pruno padi-Coryletum																											1				
Groupement a Scirpus et Angelica																											2				
Scorzonero humilis-Agrostietum																											1				
Selino pyrenaei-Juncetum																												2			
Cirsio oleracei-Alnetum																												1			
Loto uliginosi-Scorzoneretum																												1			
Junco acutiflori-Cynosuretum																													1		
Salicetum pentandro-atrocinereae																													1		
Caricetum vesicariae scutellarietosum																													1		
Ligulario sibiricae-Polygonetum																													1		
Saulaie à Salix atrocinerea-cinerea																														2	
Rorripo sylvestris-Phalaridetum																														1	
Urtico dioicae-Convolvuletum																														1	
Caricetum acutiformis																														1	
Rumici crispi-Juncetum																														1	
Mentho longifoliae-Juncetum																														1	
Pulmonario affinis-Fraxinetum																															1

N° groupe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Nb synrelevés	2	1	1	2	1	3	5	7	10	3	4	3	13	7	3	2	6	5	7	10	4	4	5	13	2	4	4	2	1	2	1
Galio saxatilis-Vaccinietum nardetosum			1			1	I		I																						
Diantho monspessulani-Brachypodietum									II			3	II																		
Daphno mezerei-Coryletum								V	III	2	1	1	II											I	1						
Betulo pendulae-Salicetum sorbetosum								II	I				IV											II	1						
Plantation		1					I	III		1			IV						I	II		1	I	II	1						
Knautio arvernensis-Arrhenatheretum													II											III	1						
Knautio arvernensis-Arrhenatheretum malvetosum													II											III							
Cynosuro cristati-Lolietum													II				II	I	I	I				IV	2						
Groupement a Fraxinus et Geum														II			III	I	I	II			V	IV	1						
Coronillo variae-Peucedanetum																	III	V	V												
Roso micranthae-Prunetum rubetosum ulm.					1												III	V	III	IV	1										
Dauco carotae-Arrhenatheretum																	V	IV		II			II								
Rubo ulmifolii-Ulmetum																	IV	II	IV				I	II							
Senecioni fuchsii-Epilobietum								II															I	I							
Veronico chamaedryos-Cytisetum													I									1		I							
Alliario petiolatae-Chaerophylletum														I			I							I							1
Culture intensive															1		III		I												
Corno sanguinei-Salicetum															1			II													
Medicaginetum minimo-rigidulae																	I	I	I												
Astero novi-belgii-Artemisietum																	I	I	I												
Lonicero periclymeni-Coryletum																		I		II				I							
Agrostio capillaris-Saxifragetum																		I		II											
Trifolio striati-Vulpietum					1															I											
Heracleo lecoqii-Arrhenatheretum heracl. v. cirses																							I	I							
Festuco commutatae-Cynosuretum									I				I																		
Groupement a Pteridium aquilinum													I											I							
Pruno spinosae-Rosetum vosagiacae													I											I							
Lonicero xylostei-Viburnetum lantanae													I											I							
Groupement à Calystegia et Humulus															1											1					
Trifolio medii-Agrimonietum																	I		I												
Groupement à Galium mollugo et Urtica																	I							I							
Heracleo spondylii-Polygonetum																							I	I							
Cirsio erisithales-Teucrietum v. à *Cal. et Ger.*		1																													
Cirsio erisithales-Teucrietum								I																							
Roso pimpinellifoliae-Cotoneastretum								I																							
Senecioni fuchsii-Sambucetum									I																						
Centaureo nigrae-Vicietum knautietosum												1																			
Corylo avellanae-Crataegetum													I																		
Alopecuro pratensis-Arrhenatheretum																	I														
Dauco carotae-Arrhenatheretum onobrychidetosum																	II														
Groupement à Galium mollugo et Brachypodium																	I														
Salvio pratensis-Trifolietum molinerii																	I														
Saxifrago granulatae-Helianthemetum																		I													
Vigne																			I												
Dauco carotae-Picridetum																			I												
Lactuco chondrilliflorae-Artemisietum																				I											
Groupement à Bombycilaena																				I											
Filagini vulgaris-Vulpietum																				I											
Asplenio-Cystopteridetum																					1										
Narduretum lachenalii																					1										
Narduretum lachenalii v. anarrhinum																					1										
Groupement des haies à Filipendula																							I								
Tamo communis-Viburnetum																							I								
Heracleo lecoqii-Arrhenatheretum heracleetosum																								I							
Pulsatillo rubrae-Dactylorhizetum																								I							
Airo caryophyllea-Festucetum ovinae																								I							
Rubo gillotii-Sambucetum																								I							
Teucrio scorodoniae-Pinetum silenetosum																									1						
Festuco arvernensis-Artemisietum																										1					
Permaséries associées																															
Vaccinietum uliginosi-myrtilli			1																												
Alchemillo saxatilis-Vaccinietum uliginosi			1																												
Galio saxatilis-Vaccinietum senecietosum race à *Cot.*		1																													
Biscutello lamottei-Galeopsietum				1							1	1																			
Sedo rupestris-Hieracietum																		I		I				I							
Groupement à Asplenium trichomanes et septentrionale	1																														
Alysso alyssoidis-Sedetum																		III	I	I											
Scillo autumnalis-Sedetum																			I												
Groupement à Cystopteris et Polypodium																	I							I							
Potamo perfoliati-Ranunculetum																										4					
Cyperetum flavescenti-fusci corrigioletosum																										3					
Lemnetum gibbae																										1					
Ceratophylletum demersi																										1					
Elodeetum canadensis																										1					
Polygonetum amphibii																														1	
Scirpetum maritimi																														1	
Filagini minimae-Airetum																				I											

Tableau 26 : correspondance entre les n° de groupes et les séries

N° groupe	Série	Sous série
1	JC-AO	
2	MSSA	
3	MSSU	
4	DM-PS	
5	DM-PS	FR-GS
6	TS-PS-VM	
7	LS-FS-DBV	DBV
8	LS-FS	
9	EH-FS-T	
10	EH-FS-S	
11	EH-FS-C	PP-FL
12	EH-FS-C	DM-BP
13	EH-FS-C	
14	PA-FE	
15	GP-FE	
16	HL-FE	
17	CD-QP	
18	TR-QP	
19	TR-QP-R	
20	HS-QP-P	
21	HS-QP	
22	PM-FS-S	FR-GS
23	PM-FS	
24	PM-FS-S	
25	Cheire	
26	SA	
27	IN-AG	
28	CO-AG	
29	SPA	
30	SRC	
31	PUA-FE	

En têtes de colonnes du tableau de l'annexe 10 et du tableau 24 sont individualisées sous un n° croissant de 1 à 30 les 21 séries, 5 sous-séries et 5 curtaséries regroupant chacune un ou plusieurs synrelevés et séparées par des lignes verticales. Chacune d'elle est représentée par un code reprenant les initiales des séries (annexe 9). En bas de la colonne de gauche du tableau figurent les permaséries localisées au sein de séries et qui ont été relevées sur le terrain lors de la réalisation des synrelevés. Elles viennent donc compléter ceux-ci mais ne sont pas directement partie de la composition syntaxonomique des séries.

Ce tableau est présenté sous forme d'un tableau symphytosociologique différentiel global. Les différentes séries individualisées dans le tableau correspondent aux différents clusters de l'analyse MTC pondérée ; ils ont été permutés par rapport à l'ordre initial de l'analyse de façon à obtenir une diagonalisation cohérente du tableau. Le classement initial issu de l'analyse a été revu manuellement pour quelques synrelevés intermédiaires La figure 27 représente le dendrogramme correspondant qui a porté sur 123 synrelevés et 133 associations végétales.

Les permaséries ont été retirées du lot à analyser ainsi que les synrelevés ayant pour têtes de séries des saulaies ou des aulnaies. En effet ces derniers étaient trop peu nombreux

pour obtenir une analyse pertinente de ces séries et d'autre part ils étaient trop différents des autres présents sur la zone d'étude et auraient perturbé les résultats de l'analyse. Ces synrelevés ont été rajoutés après l'analyse et classés manuellement.

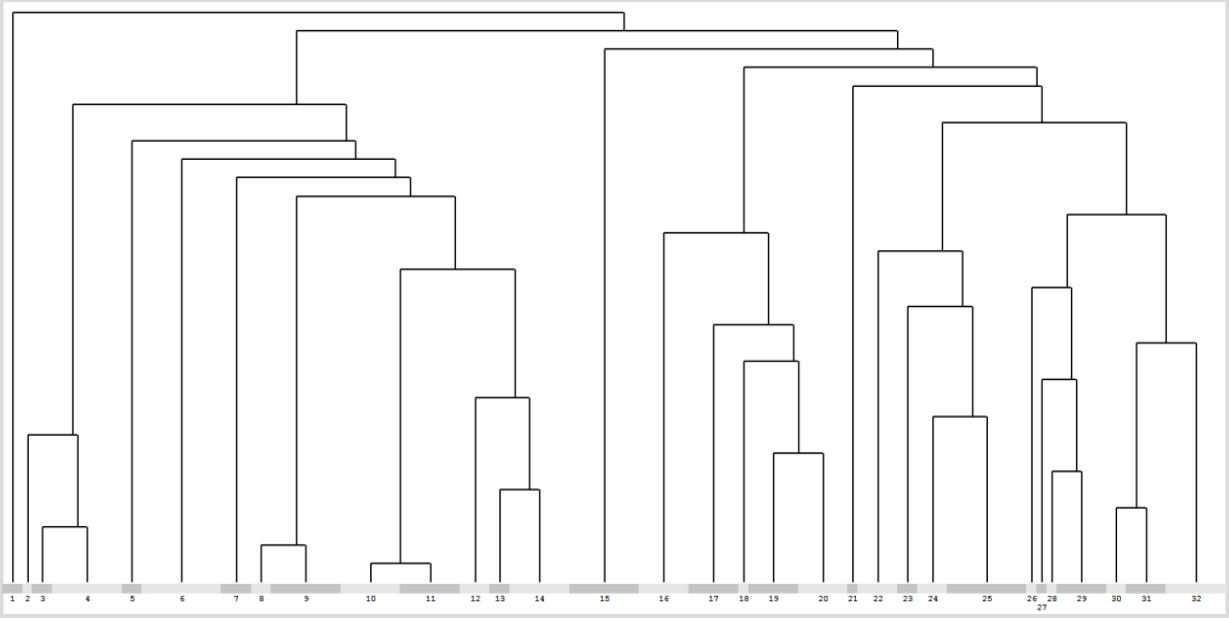


Figure 27 : dendrogramme obtenu à partir de la TMC effectuée sur 123 synrelevés et 133 associations végétales. Analyse pondérée, en total inertie, avec un indice de dissimilarité de 2. Nombre de niveaux pour les "pseudospecies" : 0 2 5 10 20.

Le dendrogramme laisse apparaître deux subdivisions principales : un ensemble plus alticole, composé de séries subalpines, montagnardes et submontagnardes (cluster 2 à 14) ; un ensemble plutôt formé par les séries planitiaires à collinéennes (clusters 5 à 32). Les 32 clusters du dendrogramme correspondent aux végétations suivantes :

1 : curtasérie édaphoxérophile collinéenne, du fourré à Genévrier et Amélanchier (groupe 1, annexe 10 et tableau 24) ;

2 : curtasséries climatophiles subalpines du manteau à sorbiers et saules (groupes 2 et 3, annexe 10 et tableau 24) ;

3-4 : séries ou sous-séries montagnardes, mésoxérophiles à xérophiles, de la partie centrale de la chaîne des Puys, comprenant un stade dynamique à pinède plus ou moins stable (groupes 6 et 7, annexe 10 et tableau 24) ;

5 : série submontagnarde, xérophile, de la partie sud de la chaîne des Puys, ayant pour tête de série une pinède (groupe 4, annexe 10 et tableau 24) ;

6-7 : séries climatophiles, montagnardes, mésotrophiles, sur basalte, des versants ouest et nord de la chaîne des Puys (groupes 9 et 10, annexe 10 et tableau 24) ;

8-9 : série climatophile, montagnarde, mésophile, sur trachyte, de la partie centrale et nord de la chaîne des Puys (groupe 8, annexe 10 et tableau 24) ;

10-14 : série et sous-séries climatophiles submontagnardes, mésotrophiles, sur basalte, du plateau volcanique ou des versants sud des cônes (groupes 11, 12 et 13, annexe 10 et tableau 24) ;

15 : série topoaérohygrophile, collinéenne, sciaphile des gorges cristallines (groupe 14, annexe 10 et tableau 24) ;

16 : séries édaphohygrophiles, planitiaires, sur substrats alluvionnaires des pourtours de la rivière Allier (groupes 15 et 16, annexe 10 et tableau 24) ;
17-20 : séries planitiaires et collinéennes, thermophiles, des coteaux de Limagne et des coulées basaltiques de plaine (groupes 17, 18 et 19, annexe 10 et tableau 24) ;
21 : série climatophile planitiaire, sur substrat détritique, le long des ruisseaux dans les vallons (groupe 31, annexe 10 et tableau 24) ;
22-25 : séries climatophiles, collinéennes, héliothermophiles ou mésoxérophiles, sur granite, adret des gorges (groupes 20 et 21, annexe 10 et tableau 24) ;
26-29 : série climatophile, collinéenne, mésophile, sur granite, ubac des gorges (groupe 23, annexe 10 et tableau 24) ;
30-32 : série climatophile, collinéenne à submontagnarde, mésophile, sur granite, du plateau cristallin (groupes 22 et 24, annexe 10 et tableau 24).

1.2 Différenciations tessellaires et gradients écologiques résultants des analyses des correspondances, CCA et DCA

Sur la base des résultats précédents, les analyses de type CCA et DCA ont été réalisées sur deux lots séparés, en suivant les subdivisions principales du dendrogramme, à savoir une matrice composée des séries submontagnardes à subalpines et l'autre matrice composée des séries planitiaires à collinéennes (les synrelevés de la série du fourré à Genévrier commun et Amélanchier, fortement individualisés par la MTC, ont été traités avec les synrelevés de basse altitude).

Les CCA ont été réalisées dans le but de donner une caractérisation écologique des synrelevés et des séries en fonction des valeurs des indices d'Ellenberg *et al.* (1992) résultant de leur composition syntaxonomique, pondérées par les coefficients d'abondance de celles-ci.

Analyse des synrelevés de la chaîne des Puys et du plateau cristallin

La figure 28 représente le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 de la CCA effectuée sur 78 synrelevés de séries de végétation alticoles (submontagnardes à subalpines) et 69 associations végétales. L'analyse concerne 9 séries, 5 sous séries et 2 curtaséries. Le plan factoriel de la figure 28 montre clairement une opposition entre groupements thermophiles avec la série du *Polygonato-Fageto sigmetum*, PM-FS et PM-FS-S, à l'extrémité droite de l'axe 1 et les séries du *Luzulo-Fageto sigmetum*, LS-FS et de l'*Euphorbio-Fageto sigmetum*, EH-FS-T, à l'extrémité gauche du même axe. La réaction acidobasique et la teneur en nutriment apparaissent chacune comme des variables corrélées et fortement discriminantes pour les séries de cette zone, le long de l'axe 2 avec en haut de la figure les séries acidiphile et oligotrophiles et en bas les neutroclines et plus mésotrophiles.

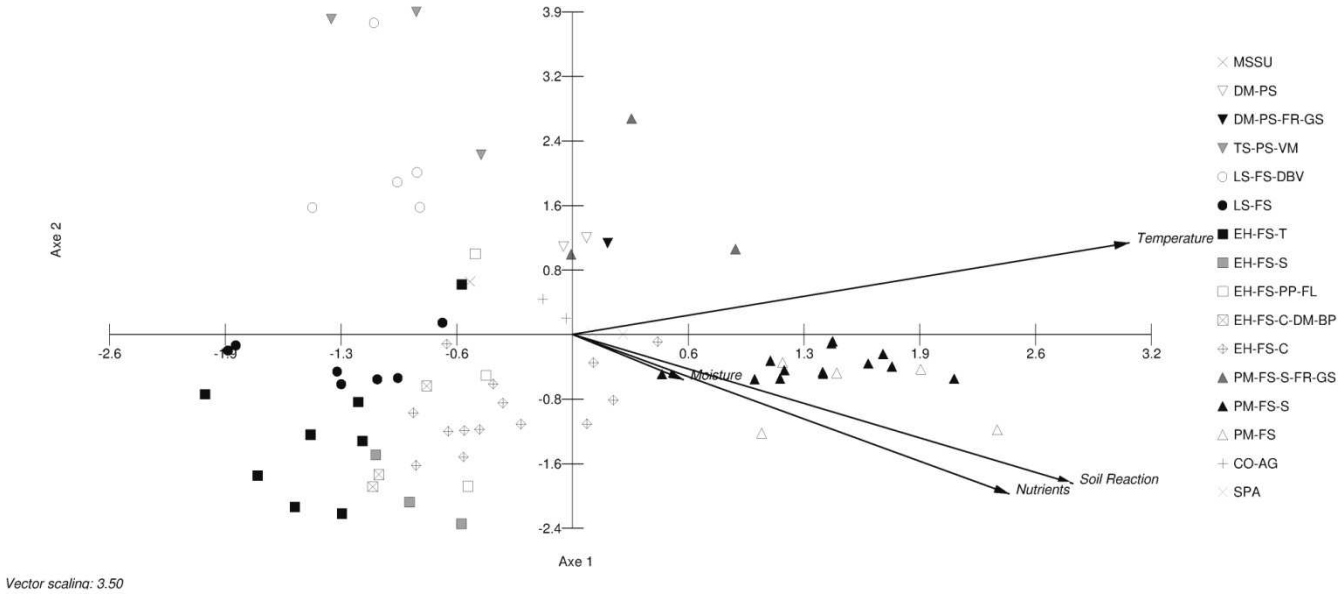


Figure 28 : CCA effectuée à partir de 78 synrelevés submontagnards à subalpins et de leur indice d'Ellenberg. Les symboles représentent les séries. La valeur propre du premier axe est de 0.562 et de 0.353 pour l'axe 2. Données transformées en racine carré et le rôle des espèces rares a été diminué.

Nous avons également réalisé une DCA sur cet ensemble de séries. La figure 29 représente les résultats de cette analyse. La signification écologique des axes a été recherchée en utilisant les associations végétales ayant les plus fortes contributions aux axes. La courbe des valeurs propres nous incite à privilégier l'étude de la projection des synrelevés sur les axes 1 et 2.

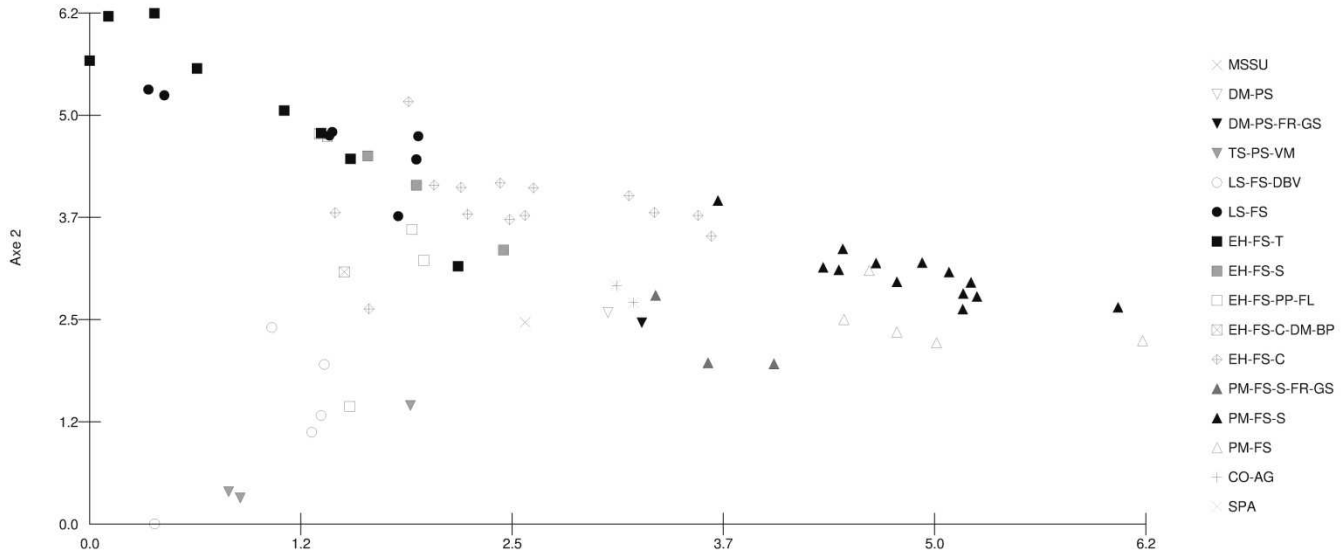


Figure 29 : Analyse DCA de 78 synrelevés basée sur 69 associations végétales. Les symboles représentent les séries. La valeur propre du premier axe est de 0.684 et de 0.523 pour l'axe 2. Données transformées en racine carré et le rôle des syntaxons rares a été diminué.

La DCA vient confirmer les résultats de la CCA, le gradient écologique représenté par l'axe 1 est celui de la température. A gauche de l'axe, en effet figurent les synrelevés des séries montagnardes les plus froides, (série type de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande, EH-FS, et série type de la hêtraie à grande Luzule, LS-FS). A droite on trouve au contraire les

synrelevés appartenant aux séries de plus basse altitude du plateau et des gorges de la série de la hêtraie à Sceau de Salomon multiflore, PM-FS et PM-FS-S. Les séries montagnardes ou submontagnardes d'adret occupent des positions intermédiaires, en particulier les séries ou sous-séries EH-FS-C, EH-FS-C-DB et EH-FS-PF.

L'axe 2 correspond à un gradient d'acidité/trophisme avec en bas de l'axe les synrelevés correspondant aux séries les plus acidiphiles et oligotrophiles, en particulier, série de la pinède à scorodoine et myrtille, TS-PS-VM, et sous-série à Oeillet de Montpellier et Brachypode de la hêtraie à grande Luzule, LS-FS-DBV.

Analyse des synrelevés de basse altitude (*faille de la Limagne, coteaux, plaine de la Limagne et vallée alluviale de l'Allier*)

La figure 30 représente le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 de la CCA effectuée sur 62 synrelevés de séries de végétation de basse altitude (planitiaires à collinéennes) et 87 associations végétales. 13 séries et 2 curtaséries sont représentées.

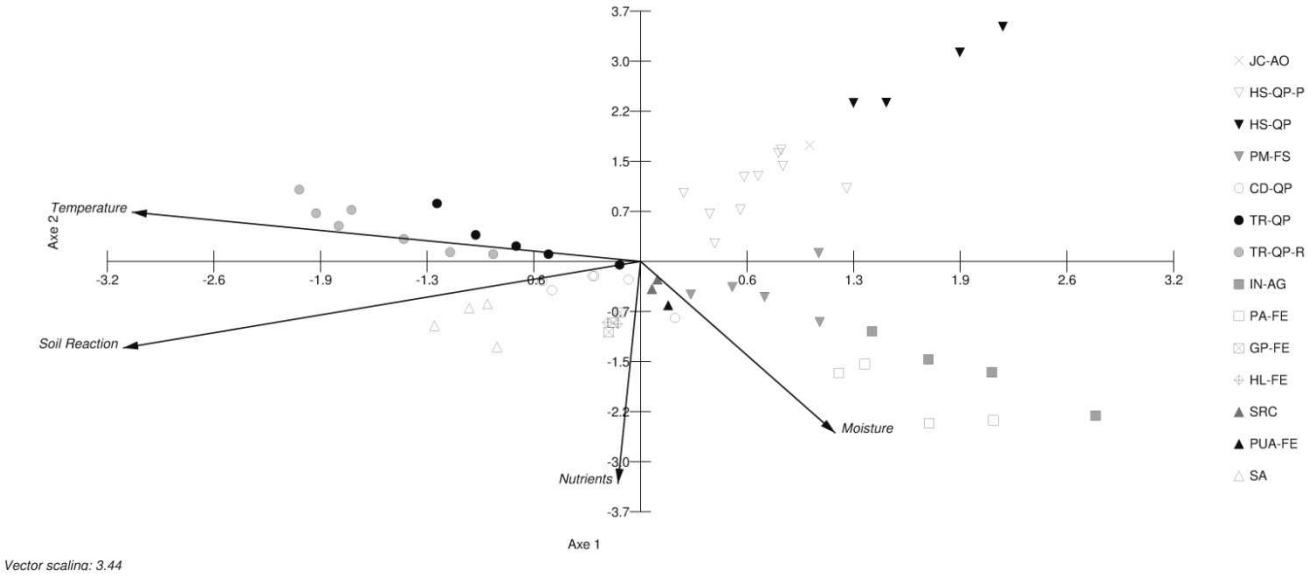


Figure 30 : CCA effectuée à partir de 62 synrelevés collinéens à planitiaires et de leur indice d'Ellenberg. Les symboles représentent les séries. La valeur propre du premier axe est de 0.573 et de 0.508 pour l'axe 2. Données transformées en racine carré et le rôle des syntaxons rares a été diminué.

L'axe 1 recoupe à la fois un gradient thermique et un gradient acidobasique. Ces variables apparaissent corrélées car les végétations sur sols calciques ou basiques sont aussi celles de la Limagne, les plus basses en altitude, donc les plus chaudes. A gauche de l'axe 1 nous retrouvons les synrelevés des séries les plus thermophiles des coteaux de Limagne, série et sous-série de la chênaie pubescente à Trèfle rougissant, TR-QP et TR-QP-R ; à droite les synrelevés de séries moins thermophiles des gorges : série de la frênaie à Polystic à aiguillon, PA-FE, ou de la chênaie à Épervière de Savoie, HS-QP. Cette distinction est aussi valable pour les synrelevés des séries humides : à gauche on trouve les synrelevés de la série alluviale planitiaire de la saulaie blanche, SA ; à droite ceux de la série alluviale des gorges et plateau cristallin de l'aulnaie à Balsamine ne-me-touchez-pas, IN-AG, avec, en position intermédiaire, ceux de la série alluviale à Frêne et Géranium brun, GP-FE.

L'axe 2 recoupe les gradients d'humidité et de nutriment, avec en haut les synrelevés de la série de la chênaie sèche collinéenne à Épervière de Savoie, HS-QP, et à l'opposé ceux plus eutrophiles des séries alluviales, IN-AG, SA, GP-FE, ainsi que les synrelevés de la série aérohygrophile PA-FE.

La figure 31 représente les résultats de la DCA. La courbe des valeurs propres nous incite à privilégier l'étude de la projection des synrelevés sur les axes 1 et 2.

Les synrelevés situés sur la gauche de l'axe des abscisses correspondent aux séries hélioxérophiles et oligotrophiles, TR-QP, TR-QP-R, HS-QP, HS-QP-P, contrairement aux groupes situés au centre ou à droite, qui sont eutrophiles et sciaphiles, PA-FE et IN-AG.

L'axe 1 semble traduire une différenciation selon la teneur en nutriments mais aussi selon l'éclairement. En effet les synrelevés des séries PA-FE et IN-GA ne comportent pas ou peu d'associations héliophiles et sont uniquement représentés par les têtes de série. On confirme là que la variable éclairement est délicate à manipuler pour analyser la différenciation des séries mais peut aussi rendre service.

L'axe 2 correspond à une différenciation des synrelevés selon le caractère acidobasique avec en bas les synrelevés des séries les plus acides sur substrat cristallin, chênaies à Épervière de Savoie, HS-QP et HS-QP-P, et en haut ceux des séries les plus calciques ou basiques, de la chênaie pubescente à Trèfle rougissant et Garance, TR-QP-R, ou de la chênaie à Céphalanthère de Damas, CD-QP.

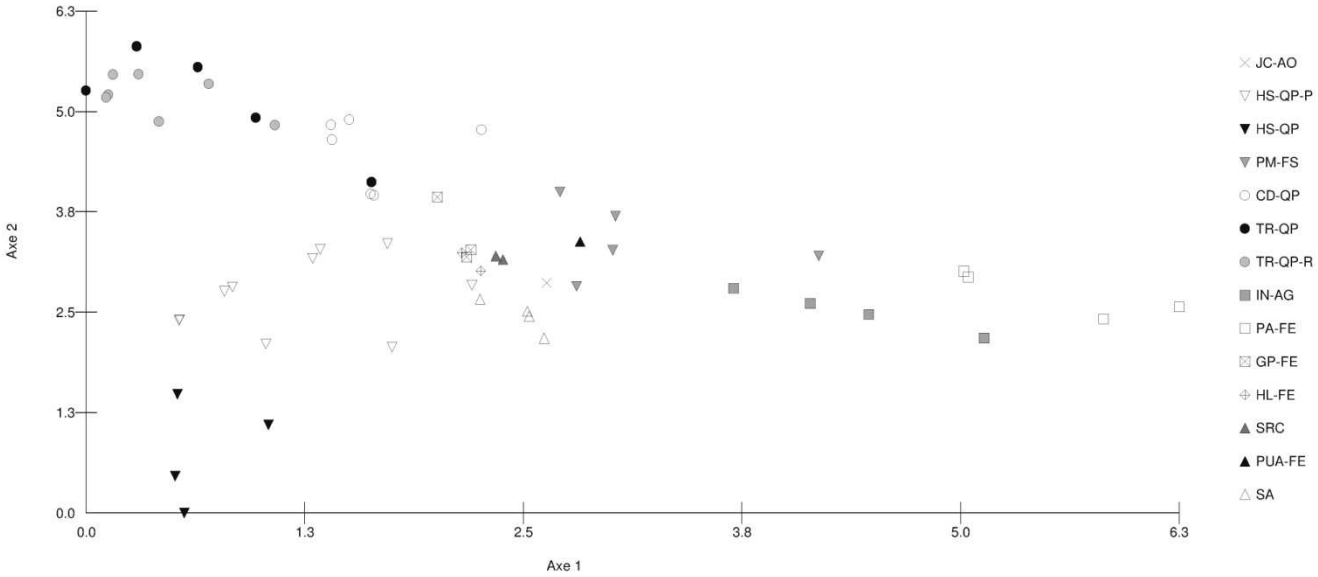


Figure 31 : Analyse DCA de 62 synrelevés et 87 associations végétales de séries de végétation de basse altitude. Les symboles représentent les séries. La valeur propre du premier axe est de 0.837 et de 0.576 pour l'axe 2. Données transformées en racine carré et le rôle des syntaxons rares a été diminué.

1.3 Discussion : niveau de pertinence des analyses statistiques testées pour la caractérisation sériale et la discrimination écologique des tessellas

Nos résultats, que ce soit pour l'analyse de classification ou bien celles des correspondances, sont cohérents et montrent que ces types d'analyses sont applicables en symphytosociologie. On aurait pu croire par exemple qu'en raison du faible nombre d'associations végétales dans les synrelevés l'interprétation des résultats aurait été plus difficile. Cela n'a pas été le cas. D'ailleurs ces méthodes sont couramment utilisées pour des

végétations paucispécifiques, comme par exemple les végétations aquatiques (Delcoigne 2006).

L'analyse Twinspan (MTC) permet de classifier les synrelevés et apporte une aide utile à la diagonalisation du tableau de synrelevés, surtout dans le cas d'analyse portant sur un grand nombre de synrelevés.

En ce qui concerne les analyses de correspondances, la répartition des séries selon les axes et le long de gradients est logique, avec cependant un bémol pour la DCA des séries planitiaires à collinéennes, où l'échelonnement le long de l'axe 1 est plus difficile à interpréter. Dans ce cas précis l'éclairement a été un facteur de différenciation des séries uniquement représentées par leurs étapes terminales sciaphiles.

Ces différentes techniques d'analyse ont permis de mettre en évidence des incohérences dans la dénomination et la classification manuelle initiale des synrelevés et représentent donc un bon outil d'assistance pour l'analyse et l'expression globales des résultats, ceci d'autant plus que la région étudiée est étendue et que l'on dispose d'un grand nombre de synrelevés, comme dans le cadre du programme national CarHAB.

Intérêt et limites des résultats écologiques obtenus ici pour les caractérisations sériales et tessellaires

La partie écologique des analyses réalisées dans cette étude sont de deux types : une analyse originale développée ici, basée sur les valeurs d'Ellenberg calculées pour chaque synrelevé et un analyse plus classique, basée sur la simple composition syntaxonomique de ceux-ci, de type DCA, analyse indirecte de gradient écologique ; les deux étant pondérées par les coefficients d'abondance des syntaxons dans les synrelevés.

Les résultats correspondants au premier type d'analyse se présentent sous forme de cartes factorielles issues des CCA, analyse directe de gradients écologiques ; ils se présentent aussi sous forme d'histogrammes donnant la valeur des indices d'Ellenberg pour tous les synrelevés d'une même série dans la partie descriptive du prochain chapitre.

Est-ce que ces résultats apportent une information pertinente pour la caractérisation écologique sériale et tessellaire et quels en sont les limites ? Pour répondre à cette question il nous faut bien différencier deux niveaux : le niveau intra-sérial qui va nous permettre de comparer entre eux les différents synrelevés d'une même série (« individus de séries ») ; le niveau inter-sérial qui s'intéresse à la comparaison entre séries différentes.

Il nous faut aussi distinguer les différentes variables écologiques car elles n'apportent pas le même type d'information sur nos objets d'étude.

<u>Nutriments</u>

Cette variable d'Ellenberg *et al.* traduit plus particulièrement les nutriments azotés, même si d'une manière générale elle recouvre le trophisme au sens large.

La variable « nutriment » s'est avérée d'une manière générale un bon critère de différentiation intra- et inter-sérial. Il contribue à la différenciation des synrelevés et des séries de végétations montagnardes (axe 2 des CCA et DCA) et de basse altitude (axes 2 de la CCA).

A l'intérieur d'une même série, des différences accusées entre synrelevés apparaissent, exprimées notamment à travers les histogrammes. Elles nous permettent de mettre en évidence des synrelevés à forte valeur « nutriments » qui correspondent à des espaces et à des trajectoires dynamiques plus anthropisés, mis en évidence dans le chapitre suivant : par exemple la présence et l'abondance de syntaxons correspondant à un *Cynosurion* très amendé au sein d'un synrelevé pourra peser sur la valeur de son indice de nutriment par rapport à un

autre où les stades de pelouses oligomésotrophiles seront prépondérants. Cet indice aura donc un intérêt certain pour qualifier l'état de conservation des secteurs concerné.

Température

Cette variable est prépondérante dans la différenciation des synrelevés et séries de végétation de la zone d'étude, directement reliée à l'altitude. Elle occasionne la coupure majeure du dendrogramme de l'analyse MTC, entre synrelevés montagnards et synrelevés de plus basse altitude. Même à l'intérieur de chacun de ces groupes elle est un des principaux facteurs de différenciation (axes 1 de la CCA et de la DCA pour les premiers et axe 1 de la CCA pour les seconds).

C'est sur le plan inter-sérial qu'elle apporte le plus d'informations dans la mesure où l'étagement de la végétation est primordial dans notre zone d'étude, ainsi que l'exposition avec des séries d'adret et séries d'ubac. De même sur un grand secteur géographique, à l'échelle de la France par exemple où peuvent jouer les variations latitudinales.

Sur le plan intra-sérial on pourra obtenir aussi une certaine information par ces calculs : au sein des synrelevés, l'abondance plus grande de pelouses héliothermophiles (*Xerobromion* par exemple) par rapport aux têtes de séries forestières, ombragées donc moins thermophiles, permettront de mettre en évidence des synrelevés « plus chauds », correspondant à des espaces où la végétation est plus ouverte, par rapport à d'autres « moins chauds », où la végétation est plus forestière. Indirectement cet indice de température traduira donc une certaine naturalité. C'est le cas par exemple de la série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier où le synrelevé 126 ayant l'indice "température" le plus haut (qui se situe le plus à droite dans la DCA figure 29) est le seul synrelevé de la série à ne pas avoir de forêt mature dans sa composition, mais essentiellement des prairies (cf tableau de synrelevés 34 paragraphe 2.2.6).

Réaction acidobasique

Cette variable revêt une importance dans la comparaison inter-sériale de la zone d'étude car cette dernière présente une grande diversité géologique et donc une bonne diversité pédologique avec des sols calciques ou basiques et des sols acides. Elle intervient de façon discriminante au niveau des axes 2 de la CCA et DCA pour les synrelevés et séries de végétations montagnardes sur trachyte, basalte ou granite, ainsi qu'au niveau de l'axe 1 de la CCA et de l'axe 2 de la DCA pour ceux de basse altitude, sur marno-calcaire, basalte ou roche cristalline.

Par contre la comparaison intra-sériale selon cette variable, que nous n'avons pas approfondie ici, est-elle très pertinente ? En effet les différences d'acidité entre syntaxons d'une même série et sur un même type de roche ne seront pas très accusées. Elles sont aussi assez complexes à appréhender. Seule l'acidification par dégradation de la matière organique pourra intervenir ou éventuellement les amendements. Le premier processus dépendra du type de syntaxon présent : forêt résineuse ou feuillue, lande à éricacée sont des végétations acidifiantes qui pourront abaisser la valeur de l'indice du synrelevé. Sur calcaire c'est éventuellement la présence et l'abondance des syntaxons forestiers, liés à des humus acidifiants qui pourra éventuellement induire quelques différences.

Lumière

Cette variable est-elle bien pertinente à l'échelle inter-sériale sachant que la plupart des séries de végétation possède par définition des stades pionniers héliophiles et des stades terminaux forestiers sciaphiles ?

Or nos résultats montrent que ce facteur peut intervenir de manière importante dans la discrimination des synrelevés (axe 1 de la DCA des synrelevés de basse altitude), par exemple pour différencier les séries aérohygrophiles et sciaphiles des gorges (série de la frênaie à Polystic à aiguillons…) avec celles héliothermophiles des chênaies pubescentes (série de la chênaie pubescente à Trèfle rougissant).

Dans cet exemple (figure 31) les synrelevés de la série sciaphile ne comportent que des syntaxons forestiers alors que ceux de l'autre série possèdent surtout des syntaxons héliophiles. La comparaison inter-sériale est donc biaisée car ce ne sont pas les mêmes stades qui sont comparés.

On peut toutefois modérer ces conclusions en soulignant que ce qui caractérise la première série c'est justement que les stades boisés sont omniprésents. Et, de plus, si l'on compare ces séries à stade égal, c'est-à dire à partir de synrelevés comportant toutes les étapes de la dynamique, on observera certainement, compte-tenu des différences stationnelles qui les caractérisent (adret/ubac ou fond de gorge), que tous les stades de la première sont plus sciaphiles que ceux de la seconde ce qui donnera des valeurs d'indices différentes pour chaque synrelevé. Si les synrelevés des différentes séries ne comportent que des syntaxons forestiers on notera également une différence car les valeurs des indices "lumière" sont différents d'une tête de série à l'autre, par exemple le *Polysticho-Fraxinetum* des fonds de gorges, a un indice de 4.6 ; celui du *Hieracio-Quercetum* sur les sommets des gorges de 5.6 et le *Trifolio-Quercetum* sur les coteaux de Limagne de 5.9.

A l'échelle intra-sériale la variable est pertinente compte-tenu de l'abondance différenciée de végétations héliophiles initiales ou sciaphiles terminales d'un synrelevé à l'autre. Un synrelevé riche en syntaxons forestiers sciaphiles aura un indice plus bas. Indirectement l'indice permettra donc un diagnostic de la naturalité du secteur concerné.

Humidité édaphique

Etant donnée la rareté des végétations hygrophiles dans notre zone d'étude, nous sommes particulièrement mal qualifiés pour juger de la pertinence de cette variable et de l'indice d'Ellenberg correspondant dans l'analyse écologique sériale et tessellaire.

Bien sûr les synrelevés se différencient nettement et ce facteur est pertinent à l'échelle inter-sériale, notamment pour différencier les séries édaphohygrophiles des autres. Nos résultats le montrent chez les synrelevés de basse altitude (axe 2 de la CCA) mais pas dans la zone montagnarde, où les végétations hygrophiles sont très rares, fragmentaires et fortement dégradées.

*Conclusion*s

En conclusion on retiendra l'intérêt de l'emploi de certains indices d'Ellenberg, sur la base méthodologique proposée, pour la caractérisation écologique inter-sériale ou intra-sériale de la zone d'étude. Plus globalement leur utilisation peut servir aussi pour caractériser le degré de naturalité/anthropisation des différents secteurs ainsi que, de manière indirecte, leur état de conservation.

Les indices de température, nutriments, réactions acidobasiques et d'humidité sont tous discriminants pour la caractérisation inter-sériale. Le premier permettra surtout une comparaison en zone de montagne le long d'un gradient altitudinal ou selon l'exposition adret/ubac, ou sur une grande zone géographique à l'échelle du territoire.

L'indice « nutriment » affecté aux synrelevés va permettre de différencier à l'échelle intra-sériale, des espaces géographiques anthropisés, au côté d'autres, à plus forte naturalité. Cette application sera développée dans le chapitre suivant.

L'indice « éclairement », est plus délicat à manipuler et doit être employé avec prudence.

Plusieurs indices peuvent aussi contribuer au diagnostic du degré de naturalité/anthropisation et donc à l'évaluation de l'état de conservation au niveau intra-sérial. En plus de l'indice nutriment vu précédemment c'est le cas des indices d'éclairement et de température, dont les valeurs, de manière indirecte, dépendent de l'importance des syntaxons forestiers au sein d'une série dans un secteur donné. Toutefois cette dernière information n'apportera rien de plus que celle tirée directement du coefficient d'abondance de ces syntaxons dans le synrelevé et est d'un intérêt secondaire.

Chapitre 2- Présentation et description des séries

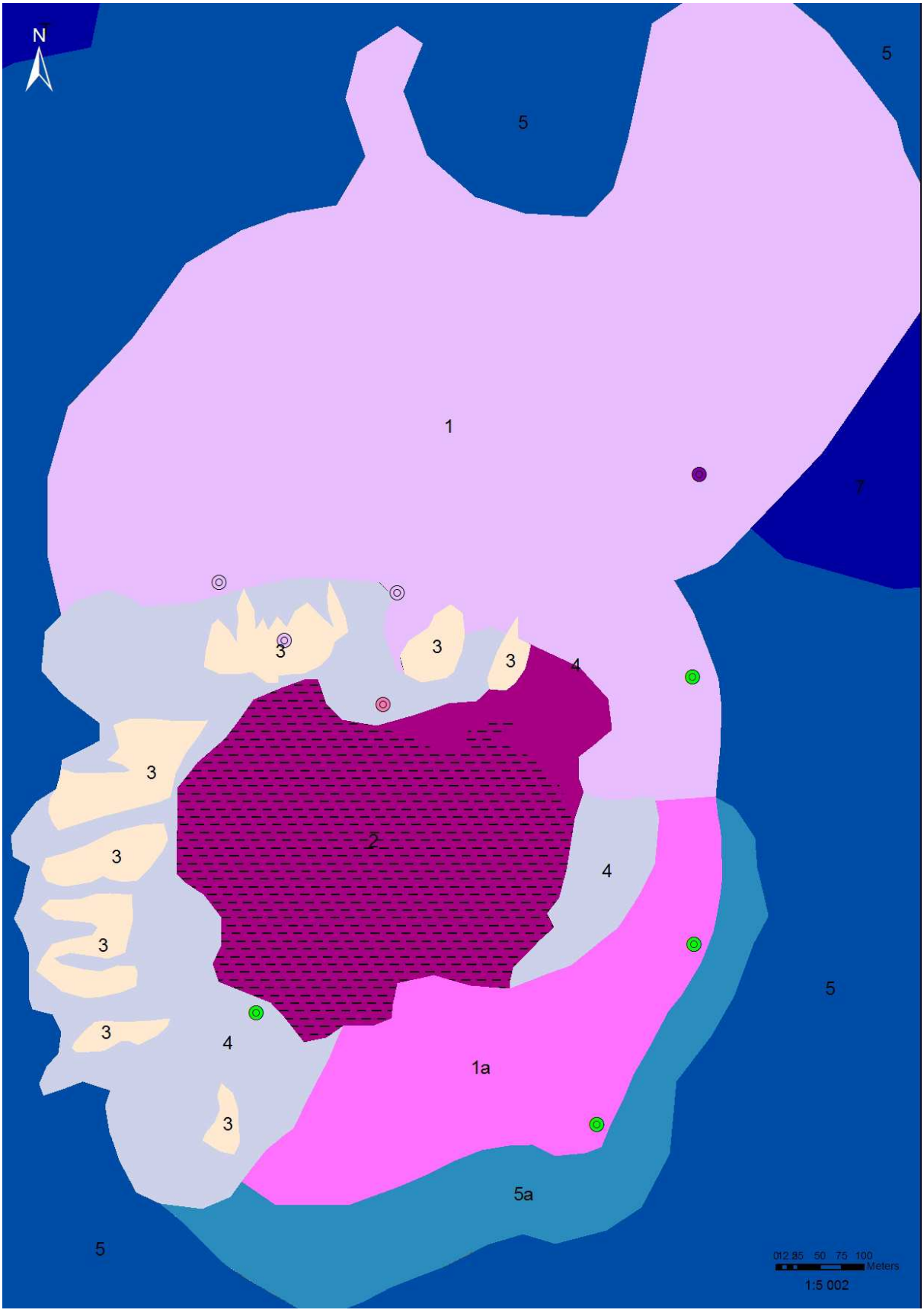
Sur les 51545 ha de la zone d'étude nous avons recensé 23 séries, 5 sous séries, 5 curtaséries, 23 permaséries et 4 thérosériés. La liste de ces séries de végétations, leur nom français, la localisation dans les étages de végétation et leur surface, se trouvent à l'annexe 9.

La présentation qui suit est structurée en 7 parties correspondant aux grands types de systèmes biogéographiques déterminés précédemment (chapitre 3 partie I) avec une individualisation du sommet du puy de Dôme au sein de la chaîne des Puys, le plateau cristallin, la faille de la Limagne, coteaux de Limagne, plaine de la Limagne, vallée alluviale.

A l'intérieur de chacune de ces parties on donne d'abord un extrait de la carte des séries qui s'y développent, accompagnée des cartes numériques obtenues à partir des couches du MNT, principalement la géologie, le relief, l'insolation, les pentes, données qui correspondent à des variables écologiques déterminantes ; une carte générale des séries de la zone d'étude se trouve en annexe 11. Puis chaque série, curtasérie, permasérie thérosérie et hydrosérie fait l'objet de descriptifs individualisés.

Les descriptifs des séries sont structurées selon le modèle suivant : tableau des synrelevés avec mention du synrelevé type et du polygone SIG correspondant ; caractères écologiques, chorologiques, effet du changement climatique sur l'aire d'extension (carte annexe 12), composition syntaxonomique et schéma d'affinités dynamiques, degré de naturalité/anthropisation, état de conservation et intérêt patrimonial sur la base de la codification des cahiers d'habitats (Bennsettiti *et al.* 2001, 2002, 2004 et 2005). Des photos aériennes anciennes et actuelles sont données pour illustrer l'histoire récente de la végétation et des usages. On cite enfin, quand cela est possible, deux individus de séries représentatifs d'un bon et mauvais état de conservation.

Le degré de naturalité/anthropisation et l'état de conservation de la série sont des diagnostics qualitatifs globaux donnés à la fin du descriptif de chaque série. Sont pris en compte les usages existants : on distingue à chaque fois les usages extensifs, favorables à la biodiversité (exemple pâturage extensif d'estive) et les usages intensifs, défavorables (exemple : plantation monospécifique de xénophytes résineuses). L'importance spatiale prise par la tête de série est aussi un critère de naturalité/anthropisation : une association végétale forestière tête de série très abondante est en effet un critère de plus grande naturalité.

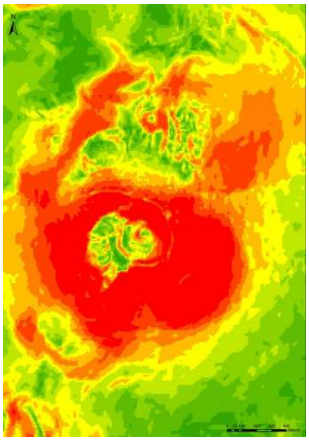


a)

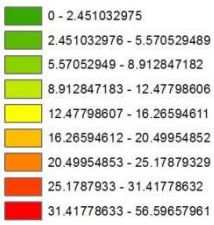
VUM
LS-CA
AS-VU
GS-VM-SE-C

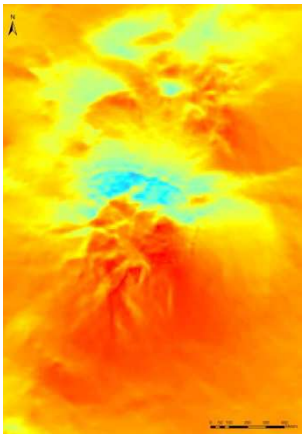
1 MSSU
1a MSSA
2 VUM
3 AS-VU
4 HS-CA

2.1 Séries de végétation du sommet du puy de Dôme (90 ha)



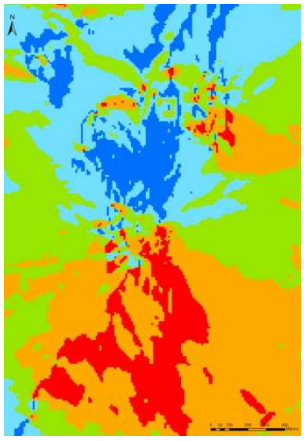
b)





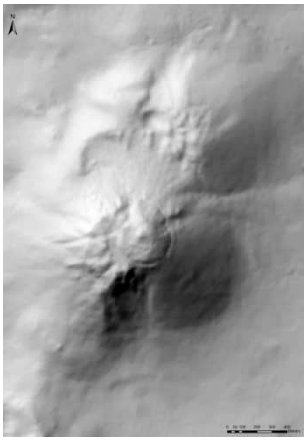
c)



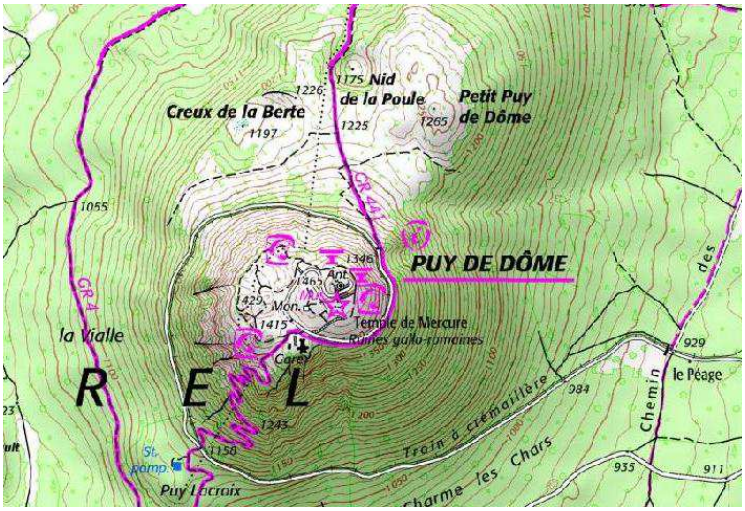


d)

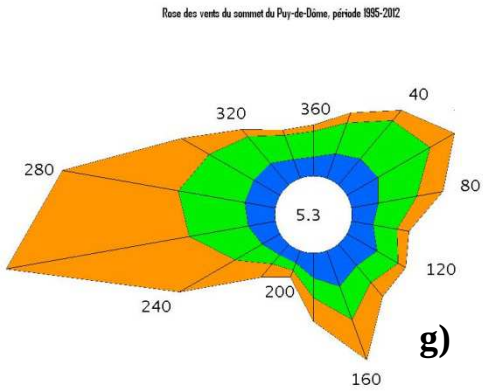




e)



f)



g)

Figure 32 : cartographies du sommet du puy de Dôme extraites du SIG. a) série de végétation et légende ; les tirets représentent les zones fortement anthropisées. Obtenus à partir du MNT : b) pente ; c) insolation (bleu ondes électromagnétiques les plus basses à rouge les plus élevées) ; d) exposition ; e) relief ; f) carte IGN ; g) rose des vents du sommet du puy de Dôme 1995-2012 (Jolibert 2014).

2.1.1 Curtasérie climatophile du manteau à sorbiers et saules variante d'ubac (MSSU)

Synsystématique : *holotypus :* synrelevé 121 du tableau 27 ; polygone SIG : 69

Tableau 27 : synrelevé de la curtasérie du manteau à sorbiers et saules variante d'ubac

N° synrelevé	121
Localité	Sommet du puy de Dôme
Auteur du synrelevé	Roux C.
Id_SIG	69
Surface du synrelevé (ha)	49.6
Altitude moyenne (m)	1250
Exposition (degrés)	360
Pente moyenne (degrés)	17
Région phyto-écologique	XD34
Nombre de syntaxons	6
Communautés arbustives	
Groupement à *Sorbus*	2
Rubetum idaei	1
Communautés herbacées	
Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli salicetosum capreae	3
Diantho monspessulani-Brachypodietum pinnati vaccinietosum	2
Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli nardetosum strictae	2
Permasérie associée	
Vaccinietum uliginosi-myrtilli	1

Écologie : curtasérie de l'étage montagnard supérieur, entre 1200 et 1320 m d'altitude, sur trachyte et trachybasalte à recouvrements trachytiques. Les sols sont des sols intergrades de type andopodzolique sur trachytes et nuées ardentes et des andosols vrais sur trachybasalte. C'est un secteur soumis à une forte et constante action éolienne de direction ouest-est (figure 32g) qui entraîne un baisse quasi constante des températures pendant la saison de végétation, phénomène conjugué à une orientation générale globalement défavorable, le tout produisant des biotopes particulièrement froids à une altitude pourtant modeste. La tessella est oligomésotrophe et acide à acidicline.

Chorologie (figure 32a et photos 1 et 2) : cette curtasérie se localise sur le bas du versant nord du puy de Dôme jusqu'aux replats adjacents du petit puy de Dôme et du creux de la Berte. Elle occupe une surface de 49 ha, ce qui représente 0.5% de la surface totale de la chaîne des Puys et 0.1% sur l'ensemble du secteur d'étude. Cette zone est très limitée dans la chaîne des Puys contrairement aux autres massifs Auvergnats (monts Dore, monts du Cantal et monts du Forez) où les manteaux à sorbiers occupent de grands espaces à la limite des étages montagnard et subalpin.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera toujours soumise à une forte action éolienne, facteur limitant de la curtasérie. La chorologie de la série ne devrait donc pas changer, d'autant plus que le hêtre ne pourra pas remonter à cause de l'effet vent. Une remontée de la limite supérieure pourra se faire au détriment de la Calamagrostidaie (HS-CA) et de la lande à Airelles (VUM) jusque sous le sommet.



Photo 1 : curtasérie du manteau à sorbiers et saules variante d'ubac (MSSU) sur le versant nord du puy de Dôme.



Photo 2 : au premier plan la lande du *Galio-Vaccinietum salicetosum* avec derrière le manteau à sorbiers et saules.

Composition de la série et dynamique (figure 33) : la lande de départ correspond à l'association du *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli salicetosum capreolae* qui se localise sur le versant nord du puy de Dôme. Si la pression du pâturage n'est pas suffisante, des fourrés bas à framboisiers (*Rubetum idaei*) se développent puis les manteaux à sorbiers et saules plus ou moins denses et rabougris s'installent.

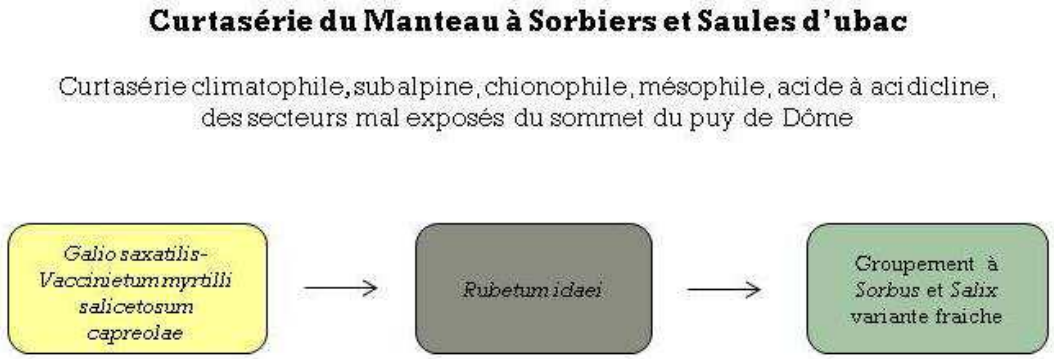


Figure 33 : diagramme d'affinité dynamique de la curtasérie du manteau à sorbiers et saules variante d'ubac.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : la zone est utilisée depuis longtemps sous forme d'un pâturage extensif (photo 3) dont le déclin prononcé date du début des années 1950 (Lefeuvre 2013). Elle est toujours aujourd'hui pâturée par des ovins en estive. Un flux de randonneurs important, canalisé par des aménagements (chemin balisé et escaliers de bois), fréquente la zone. L'épicéa, essence xénophyte échappée de plantations voisines, y devient invasif, pouvant à terme modifier la dynamique de la curtasérie et la structure des phytocoenoses arbustives. La tête de curtasérie est relativement peu représentée au profit des landes et pelouses pastorales. Globalement la curtasérie est dans un bon état de conservation.



3a



3b

Photos 3 : photos aériennes du puy de Dôme : 3a: prise en 1946 et 3b: prise en 2016 (IGN).

Intérêt patrimonial : La lande du *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli* est considérée comme habitat d'intérêt européen n° **4030**.

Permasérie associée : *Vaccinietum uliginosi-myrtilli permasigmetum*

Géosérie : cette curtasérie fait partie de la géocurtasérie subalpine de la lisière supérieure forestière (géosérie du manteau à saules et sorbiers).

2.1.2 Curtasérie climatophile du manteau à sorbiers et saules variante d'adret (MSSA)

Synsystématique : *holotypus :* synrelevé 190 du tableau 28 ; polygone SIG : 430

Tableau 28 : synrelevé de la curtasérie du manteau à sorbiers et saules variante d'adret.

N° synrelevé	190
Localité	Sommet du puy de Dôme
Auteur du synrelevé	Roux C.
Id_SIG	430
Surface du synrelevé (ha)	9.9
Altitude moyenne (m)	1330
Exposition (degrés)	203
Pente moyenne (degrés)	36
Région phyto-écologique	XD34
Nombre de syntaxons	6
Communautés arbustives	
Groupement à *Sorbus*	2
Plantation	4
Communautés herbacées	
Groupement à *Brachypodium rupestre* et *Calamagrostis arundibacea*	2
Cirsio erisithales-Teucrietum scorodoniae v. à *Calamagrostis* et *Geranium sanguineum*	1
Permasérie associée	
Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli senecietosum adonidifolii race à *Cotoneaster*	1

Écologie : curtasérie de l'étage montagnard supérieur, entre 1260 et 1400 m d'altitude, sur trachyte. Les sols sont des sols intergrades de type andopodzolique sur trachytes et nuées ardentes. Ce secteur est en climat d'abri et exposé au sud/sud-est, ce qui explique que cette variante d'adret de la curtasérie se localise plus haut en altitude que la variante d'ubac ; la limite de la hêtraie est d'ailleurs plus élevée sur ces versants. La tessella est oligomésotrophe et acide à acidicline.

Chorologie (figure 32a et photos 4 et 5) : cette curtasérie se localise sur le haut du versant sud/sud-est du puy de Dôme, en limite du plateau du sommet. Elle occupe une surface de 9,9 ha, ce qui représente 0.1% de la surface totale de la chaîne des Puys et 0.02% sur l'ensemble du secteur d'étude. Cette zone est très limitée dans la chaîne des Puys contrairement aux autres massifs Auvergnats (monts Dore, monts du Cantal et monts du Forez) où les manteaux à sorbiers occupent de grands espaces à la limite des étages montagnard et subalpin.

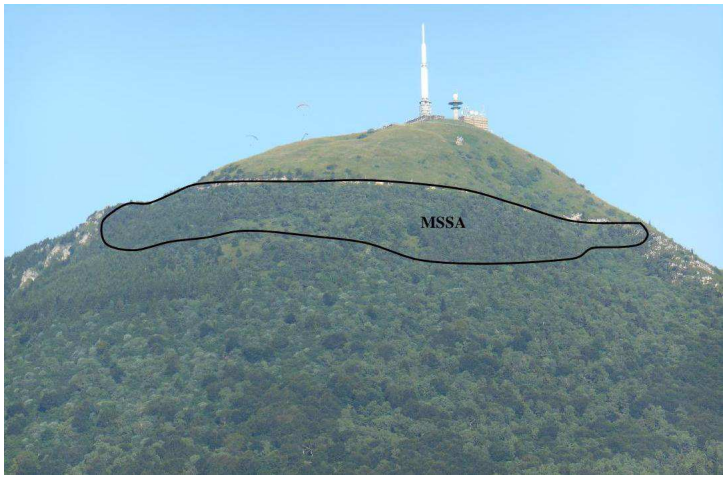


Photo 4 : curtasérie du manteau à sorbiers et saules, variante d'adret (MSSA), sur le versant sud-est du puy de Dôme.



Photo 5 : pelouse à Brachypode et Calamagrostide faux roseau et manteau à sorbiers à l'arrière-plan.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par un réchauffement accentué. À la limite inférieure on assistera à une nette remontée du hêtre, sans changement possible de la limite supérieure à cause de l'effet vent. Aucun autre secteur ne réunira les conditions nécessaires à la curtasérie, on assistera donc à son extinction.

Composition de la série et dynamique (figure 34) : le stade de départ correspond à une pelouse mésoxérophile à Brachypode penné et Calamagrostis qui se localise sur les versants biens exposés du puy de Dôme. Puis les manteaux à sorbiers et saules, plus ou moins denses, s'installent. En lisière des manteaux on trouve également l'ourlet à Cirse érisithale et à Germandrée scorodoine dans sa variante plus héliothermophile à Calamagrostis et Géranium sanguin.

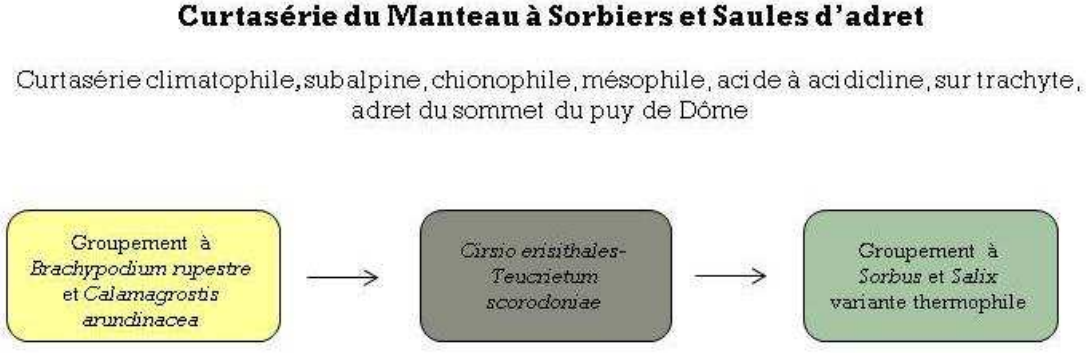


Figure 34 : diagramme d'affinité dynamique de la curtasérie du manteau à sorbiers et saules variante d'adret.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : la zone est utilisée depuis longtemps sous forme d'un pâturage extensif (photo 3a) qui a subi un déclin au début du XXème siècle. Contrairement au secteur nord elle n'est plus pâturée aujourd'hui. La zone n'est pas fréquentée par des randonneurs car elle n'est pas facile d'accès. La zone est occupée par des plantations, notamment de pins mugo, mises en place dès les années 50 sur la partie sud (photo 3a) et dans les années 80 sur la partie est, en contrebas de la route actuelle.

La curtasérie est dans un mauvais état de conservation. À noter la présence d'une grande clairière exempte de plantations et d'activités anthropiques, témoin particulièrement précieux de la dynamique naturelle de cette curtasérie, à préserver impérativement.

Permasérie associée : *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli senecietosum adonidifolii* variante à *Cotoneaster integerrima permasigmetum*

Géosérie : cette curtasérie fait partie de la géocurtasérie subalpine de la lisière supérieure forestière (géosérie du manteau à saules et sorbiers).

2.1.3 Permasérie climatophile de la vacciniaie à Airelle des marais et Myrtille

(*Vaccinio uliginosi-myrtilli permasigmetum* [VUM])

Synsystématique : *holotypus :* synrelevé 121 du tableau 27 ; polygone SIG : 69

Écologie (photo 6) : permasérie de lande subalpine entre 1360 et 1460 m d'altitude, exceptionnellement à 1240 m sur le petit puy de Dôme. Le sol est un ranker andopodzolique acide très riche en matière organique, peu évolué, formé d'un humus épais peu transformé, qui se développe sur trachyte à forte altitude. Elle est mésophile, liée à de fortes précipitations (1650 mm), les plus importantes de la zone d'étude. C'est une permasérie oligotrophe et cryophile. Ce dernier caractère est dû à l'altitude élevée mais aussi et surtout à l'action éolienne, intense et constante, qui contribue fortement à l'abaissement de la température estivale.



Photo 6 : vacciniaie à Airelle des marais et Myrtille sur le versant nord-est du puy de



Chorologie (figure 32a et photo 7) : elle se situe principalement sur le sommet du puy de Dôme avec une extension sur le haut du versant nord-est. Elle est présente également sur les pentes nord du petit puy de Dôme où elle occupe une surface très restreinte. Elle occupe une surface de 14.5 ha. Elle couvre de grandes étendues dans les espaces subalpins des monts du Cantal et des monts Dore.

Photo 7 : permasérie à Airelle des marais et Myrtille sur le versant nord-est du puy de Dôme.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle subira une légère diminution (versant nord-est et petit puy de Dôme) en faveur de la curtasérie MSSU. Mais la permasérie se maintiendra sur le sommet car l'intensité de l'action éolienne persistera.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : la lande du sommet du puy de Dôme est le siège d'une forte fréquentation touristique et d'un pâturage ovin extensif et épisodique. Elle est particulièrement dégradée et a disparu dans la plupart des zones laissant place à des végétations artificielles et fortement anthropisées, voir à des zones érodées. Il reste quelques rares secteurs (versant nord-est, rebord ouest) où la lande est correctement structurée.

La permasérie est dans un mauvais état de conservation et menacée de disparition à court terme. Il est urgent de mettre en défends, de manière efficace, certaines zones et d'éviter la généralisation sur les versants de l'activité « parapente » entraînant le piétinement des hauts rebords de pente qui abritent encore les derniers restes de végétation naturelle.

Intérêt patrimonial : la lande du *Vaccinietum uliginosi-myrtilli* correspond à l'habitat d'intérêt européen n° **4030**. La permasérie n'existe nul par ailleurs dans la chaîne des Puys.

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géopermasérie subalpine du sommet trachytique du puy de Dôme (*Vaccini uliginosi-myrtilli geosigetum*).

2.1.4 Permasérie climatophile de la calamagrostidaie à Berce commune

(*Heracleo sphondylii-Calamagrostio arundinaceae permasigmetum* [HS-CA])

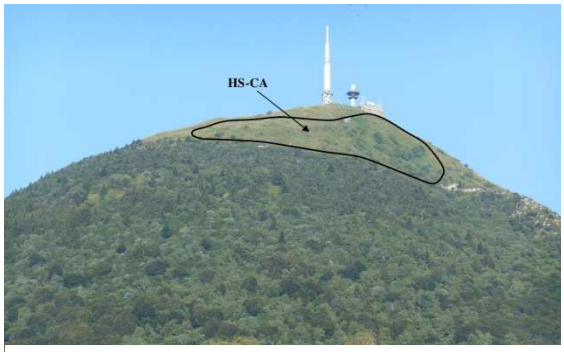
Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 127 du tableau 29 ; polygone SIG : 373

Écologie (photo 8) : permasérie de hautes herbes subalpines entre 1280 et 1420 m d'altitude. Elle est mésophile, sur sol acide profond et se développe sur pentes fortes, souvent dans des couloirs colluvionnés et abrités. Elle est liée aussi aux fortes précipitations des zones sommitales du puy de Dôme. Cette permasérie est plutôt mésotrophile et thermophile, liée à un climat d'abri dû soit à l'exposition est, soit à la protection par les arêtes trachytiques.



Photo 8 : prairie à hautes herbes à Berce commune et Calamagrostide faux roseau.

Chorologie (figure 32a et photo 9) : permasérie située principalement sur le haut versant exposé à l'est et les couloirs d'abris des versants nord et ouest. Elle occupe une surface de 14.8 ha. Elle est bien développée dans d'autres massifs volcaniques, monts Dore et monts du Cantal.





Photos 9 : Permasérie à grande Berce et Calamagrostide faux roseau sur le versant est du puy de Dôme (photo de gauche) et dans les concavités des aiguilles trachytiques sur le versant nord (photo de droite).

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par un réchauffement accentué. A la limite inférieure on assistera à une nette remontée du hêtre dans les secteurs d'abri (haut du versant est) et du manteau à sorbiers et saules variante d'ubac dans les zones plus ventées au nord et à l'ouest, sans changement possible de la limite supérieure à cause de l'effet vent. Aucun autre secteur ne réunira les conditions nécessaires à la permasérie, on assistera donc à son extinction.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : elle garde un grand degré de naturalité en raison de ses conditions stationnelles sur pentes fortes, exemptes de fréquentation par les touristes ou les troupeaux.

Intérêt patrimonial : la prairie à hautes herbes de l'*Heracleo sphondylii-Calamagrostietum arundinaceae* correspond à l'habitat d'intérêt européen n° **6430**.

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géopermasérie subalpine des hauts versants trachytiques du puy de Dôme (*Heracleo sphondylii-Calamagrostio arundinaceae geosigmetum*).

2.1.5 Permasérie édaphoxérophile de la vacciniaie à Alchémille des rochers et Airelle des marais

(*Alchemillo saxatilis-Vaccinio uliginosi permasigmetum* [AS-VU])

Synsystématique : *holotypus :* synrelevé 128 du tableau 29 ; polygone SIG : 374

Écologie (photo 10) : permasérie de vacciniaie située entre 1280 et 1400 m d'altitude sur arêtes trachytiques et sols rocheux oligotrophes. C'est une permasérie xérophile, cryophile, soumise aux vents froids et située aux expositions défavorables.



Photo 10 : au premier plan la vacciniaie à Alchémille des rochers et Airelle des marais.

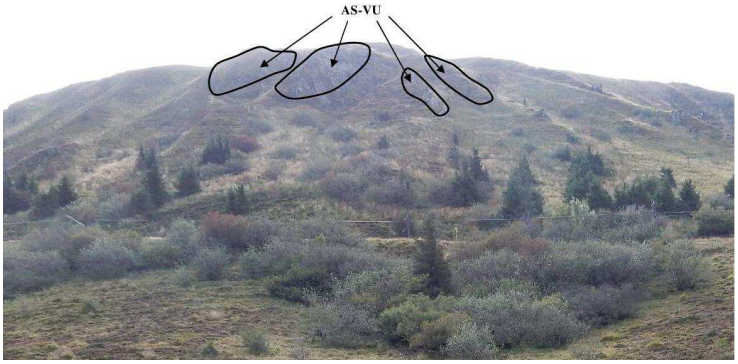


Photo 11 : *Alchemillo saxatilis-Vaccinio uliginosi permasigmetum* sur les arêtes du versant ouest du puy de Dôme.

Chorologie (figure 32a et photo 11) : elle se localise sur les versants subalpins nord et ouest du puy de Dôme. Plus précisément sur les aiguilles et chicots du cumulodôme hérissé. Elle occupe une surface de 4.8 ha. On la trouve à l'étage subalpin inférieur d'autres massifs Auvergnats y compris sur roches cristallines comme les monts du Forez.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle ne sera pas impactée de façon notable compte tenu de la persistance des deux facteurs limitants : intensité de

l’action éolienne et sécheresse édaphique sur substrat rocheux, conditions défavorables aux hêtres et aux sorbiers.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : elle garde un grand degré de naturalité compte tenu des difficultés d'accessibilité qui caractérisent ses stations.

Intérêt patrimonial : la vacciniae de l'*Alchemillo saxatilis-Vaccinietum uliginosi* correspond à l'habitat d’intérêt européen n° **4030**.

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géopermasérie subalpine des hauts versants trachytiques du puy de Dôme (*Heracleo sphondylii-Calamagrostio arundinaceae geosigmetum*).

2.1.6 Permasérie climatophile de la calamagrostidaie à grande Luzule

(*Luzulo sylvaticae-Calamagrostio arundinacea permasigmetum* [LS-CA])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 195 du tableau 29 ; polygone SIG : 386

Écologie : permasérie à hautes herbes ou mégaphorbiaie de l'étage subalpin, entre 1300 et 1380 m d'altitude. Elle occupe des fonds de couloirs pentus, sur sols profonds mésotrophes, orientés au nord. C'est une permasérie chionophile, hygrocline et sciaphile.

Chorologie (figure 32a et photo 12) : elle n'occupe que de petites stations ponctuelles sur le versant nord du puy de Dôme. On la trouve aussi dans l'étage subalpin inférieur des monts Dore et des monts du Cantal.



Photo 12 : permasérie à grande Luzule et Calamagrostide faux roseau sur le versant nord du puy de Dôme.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par un réchauffement qui sera favorable au manteau à sorbiers (MSSU). Aucun autre secteur ne réunira les conditions nécessaires à la permasérie, on assistera donc à son extinction.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : en raison de l'accessibilité difficile de ces stations pour les promeneurs et de l’absence de pâturage, cette permasérie montre un fort degré de naturalité.

Intérêt patrimonial : la prairie à hautes herbes du *Luzulo sylvaticae-Calamagrostietum arundinacea* correspond à l'habitat d’intérêt européen n° **6430**.

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géopermasérie subalpine des hauts versants trachytiques du puy de Dôme (*Heracleo sphondylii-Calamagrostio arundinaceae geosigmetum*).

Tableau 29 : synrelevés de la géopermasérie subalpine des hauts versants trachytiques du puy de Dôme.

N° synrelevé	127	128	195
Géopermasérie	géopermasérie subalpine des hauts versants trachytiques du puy de Dôme		
Localité	Sommet du puy de Dôme	Sommet du puy de Dôme	Sommet du puy de Dôme
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	373	374	386
Surface du synrelevé (ha)	13	1	<0.5
Altitude moyenne (m)	1350	1370	1380
Exposition (degrés)	270-360	360	360
Pente moyenne (degrés)	25	40	40
Région phyto-écologique	XD34	XD 34	XD34
Nombre de syntaxons	1	1	1
Heracleo sphondilii-Calamagrostietum arundinaceae	5		
Alchemillo saxatilis-Vaccinietum uliginosi		3	
Luzulo sylvaticae-Calamagrostietum arundinaceae			4

2.1.7 Permasérie édaphoxérophile à Gaillet des rochers, Myrtille, Séneçon à feuilles d'adonis et Cotoneaster

(*Galio saxatilis-Vaccinio myrtilly senecietoso adonidifolii v. cotoneaster integerrimus permasigmetum* [GS-VM-SE-C])

Écologie : permasérie de lande xérothermophile de l'étage subalpin, entre 1280 et 14000 m d'altitude, sur affleurements trachytiques.

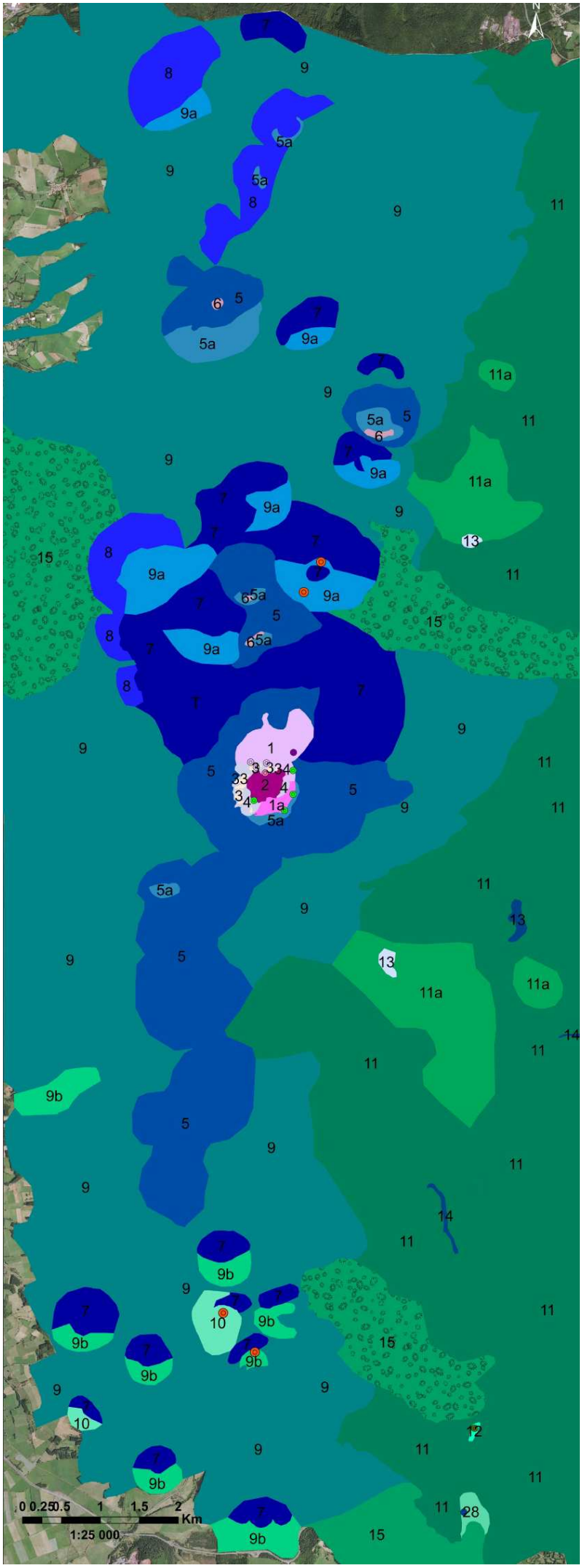
Chorologie (figure 32a) : variante subalpine de la lande qui n'occupe que de petites stations ponctuelles sur le puy de Dôme et le petit puy de Dôme.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par un réchauffement. Lorsque la permasérie se trouve sur les arêtes trachytiques ventées il ne devrait pas y avoir de changement. Par contre sur les petits affleurements rocheux, dans les clairières à l'est et au nord, le milieu se transformera, on aura soit le manteau à saules et sorbiers, soit la hêtraie qui s'intalleront et la permasérie disparaîtra.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : en raison de l'accessibilité difficile de ces stations pour les promeneurs et de l'absence de pâturage, cette permasérie montre un fort degré de naturalité.

Intérêt patrimonial : la lande du *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilly senecietosum adonidifolii v. cotoneaster integerrimus* correspond à l'habitat d'intérêt européen n° **4030**.

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géocurtasérie subalpine de la lisière supérieure forestière.



a)

- 5 LS-FS
- 5a LS-FS-DBV
- 6 TS-PS-VM
- 7 EH-FS-T
- 8 EH-FS-S
- 9 EH-FS-C
- 9a EH-FS-C-DB
- 9b EH-FS-C-PF
- 10 DM-PS
- BL-GS

2.2 Séries de végétation de la chaîne des Puys (9301 ha)

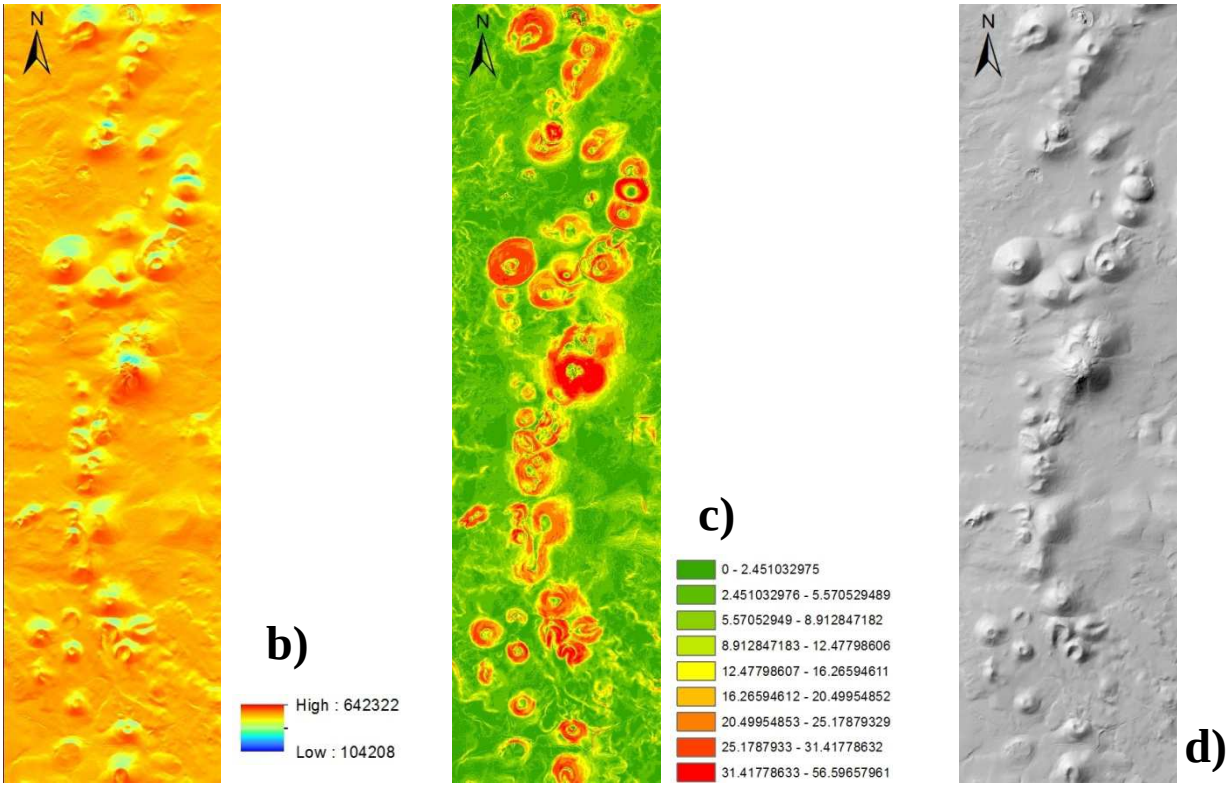
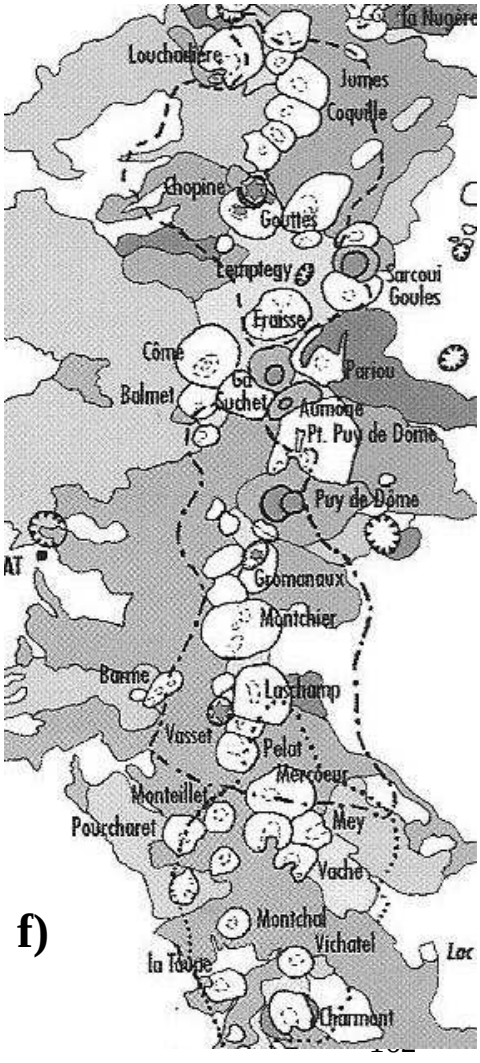




Figure 35 : cartographies de la chaîne des Puys extraites du SIG. a) séries de végétation et légende. Obtenus à partir du MNT :
b) insolation ; ondes électromagnétiques des plus basses (bleues) aux plus élevées (rouges);
c) pentes (vert entre 0 et 2.5° à rouge entre 31 et 57°) ;
d) relief ;
e) géologie et légende simplifiée (d'après Boivin *et al.* 2004) ;
f) localisation des puys (Puytorac *et al.*1997).



2.2.1 Série climatophile de la hêtraie à grande Luzule

(*Luzulo sylvaticae-Fago sylvaticae sigmetum* [LS-FS])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 45 du tableau 30 ; polygone SIG : 60

Tableau 30 : synrelevés de la série LS-FS

N° synrelevé	44	125	38	24	45	41	21
Localité	Puy de Dôme	Petit puy de Dôme	Puy Chopine	Puy Kilian	Clierson/petit Suchet	Grand Sarcoui	Puy de Laschamps
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	59	371	52	33	60	55	29
Surface du synrelevé (ha)	174	114	81	305	91	45	232
Altitude moyenne (m)	1090	1130	1070	1030	1120	1040	1150
Exposition (degrés)	248	338	360	-	-	360	-
Pente moyenne (degrés)	17	20	17	16	14	26	17
Région phyto-écologique	XD34	XD34	XD34	XD34	XD34	XD34	XD34
Nombre de syntaxons	7	4	3	3	3	3	7
Communautés forestières							
Luzulo sylvaticae-Fagetum sylvatica	3	2	4	3	3	4	2
Plantation				2		2	4
Communautés arbustives							
Daphno mezerei-Coryletum avellanae	3	2	2	3	2	2	2
Daphno mezerei-Coryletum avellanae stachyetosum officinalis	1						
Betulo pendulae-Salicetum capreae sorbetosum ariae		3					2
Roso pimpinellifoliae-Cotoneastretum integerrimi							1
Communautés herbacées							
Ranunculo bulbosii-Brachypodietum pinnati trifolietosum repentis	1						
Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli dianthetosum monspessulani			2		3		2
Diantho monspessulani-Brachypodietum pinnati vaccinietosum myrtilli		1					
Senecioni fuchsii-Epilobietum angustifolii	+						1
Cirsio erisithales-Teucrietum scorodoniae	1						
Chaerophylletum aurei	1						

Écologie : série climatophile de l'étage montagnard située entre 940 et 1260 m d'altitude, exclusivement sur trachyte ou trachy-andésite. Les sols sont des andosols vrais au-dessus de 1000 m et des sols andiques plus bas en altitude. Il s'agit de sols profonds, avec une bonne structure, riches en matière organique et légèrement acides (pH = 6). Les végétations sont acidiclines et, compte-tenu de la pluviométrie suffisamment importante sur la chaîne des Puys (supérieur à 1000 mm), l'ensemble de la série de végétation est mésophile. Les indices d'Ellenberg de nutriments et de réaction acidobasique pour chacun des 7 synrelevés sont donnés dans la figure 36 ; on constate que la tessella est oligomésotrophe à mésotrophe.

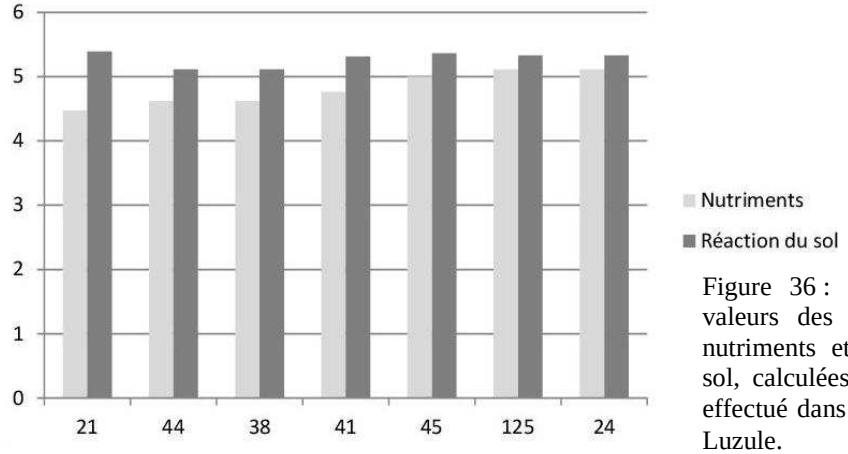


Figure 36 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction acidobasique du sol, calculées à partir de chaque synrelevé effectué dans la série de la hêtraie à grande Luzule.

Chorologie (figure 35a et photos 13 et 14) : la série de la hêtraie à grande Luzule se localise sur les sommets et les versants de la partie centrale et nord de la chaîne des Puys, en particulier sur les cumulodômes et protrusions trachytiques et certains cônes trachy-andésitiques. Elle occupe une surface de 1055.22 ha, ce qui représente 11.24% de la surface totale de la chaîne des Puys et 2.05% sur l'ensemble du secteur d'étude.
Cette série existe aussi dans les autres montagnes volcaniques, monts Dores, monts du Cantal, en particulier sur roches volcaniques acides, trachytes ou trachy-andésites. La tête de série est présente aussi sur roche cristalline dans les monts du Forez avec des stades de départ différents constituant ainsi vraisemblablement une sous-série.



Photo 13 : série de la hêtraie à grande luzule (LS-FS) sur le versant nord du puy de Dôme et du petit puy de Dôme. La hêtraie est la végétation la plus abondante sur cette localité.

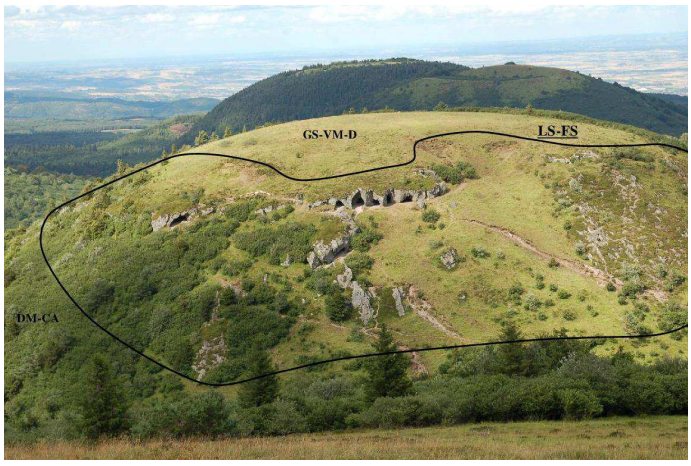


Photo 14 : série de la hêtraie à grande luzule (LS-FS) en pourtour du versant sud du Cliersou, avec au sommet la lande (GS-VM-D) et sur le bas du versant ouest la corylaie (DM-CA).

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures qui entraînera partout l'extinction de la série, sauf sur les hauts versants est, ouest et sud du puy de Dôme qui présenteront seuls les altitudes suffisantes. La fréquence des perturbations océaniques pourra y favoriser le stade de la corylaie. Elle laissera place à la série de la chênaie-hêtraie acidicline (PM-FS-S) pour laquelle les conditions thermiques et d'acidité du substrat conviendront.

Composition de la série et dynamique (figure 37) : la lande naturelle correspond à l'association du *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli dianthetosum monspessulani*. Elle n'est pas partout présente dans la zone d'étude car l'action du pâturage entraîne une prolifération du nard sous forme de la sous-association *nardetosum*, bien représentée par exemple sur le Traversin, dans la partie centrale de la chaîne. Dans ces secteurs les troupeaux d'ovins sont régulièrement parqués ; l'action du piétinement et de la fumure transforment cette lande en prairie méso-eutrophile du *Festuco commutatae-Cynosuretum cristati*, mais cette prairie reste sporadique. Après abandon du pâturage se développe un fourré de noisetier pionnier sur lande qui devient une corylaie plus mature, le *Daphno mezerei-Coryletum avellanae*, pour ensuite donner la tête de série du *Luzulo sylvaticae-Fagetum sylvaticae*. Cette hêtraie est bien représentée dans la série car l'abandon du pâturage sur les puys est assez ancien, la forêt a donc eu le temps de s'implanter.

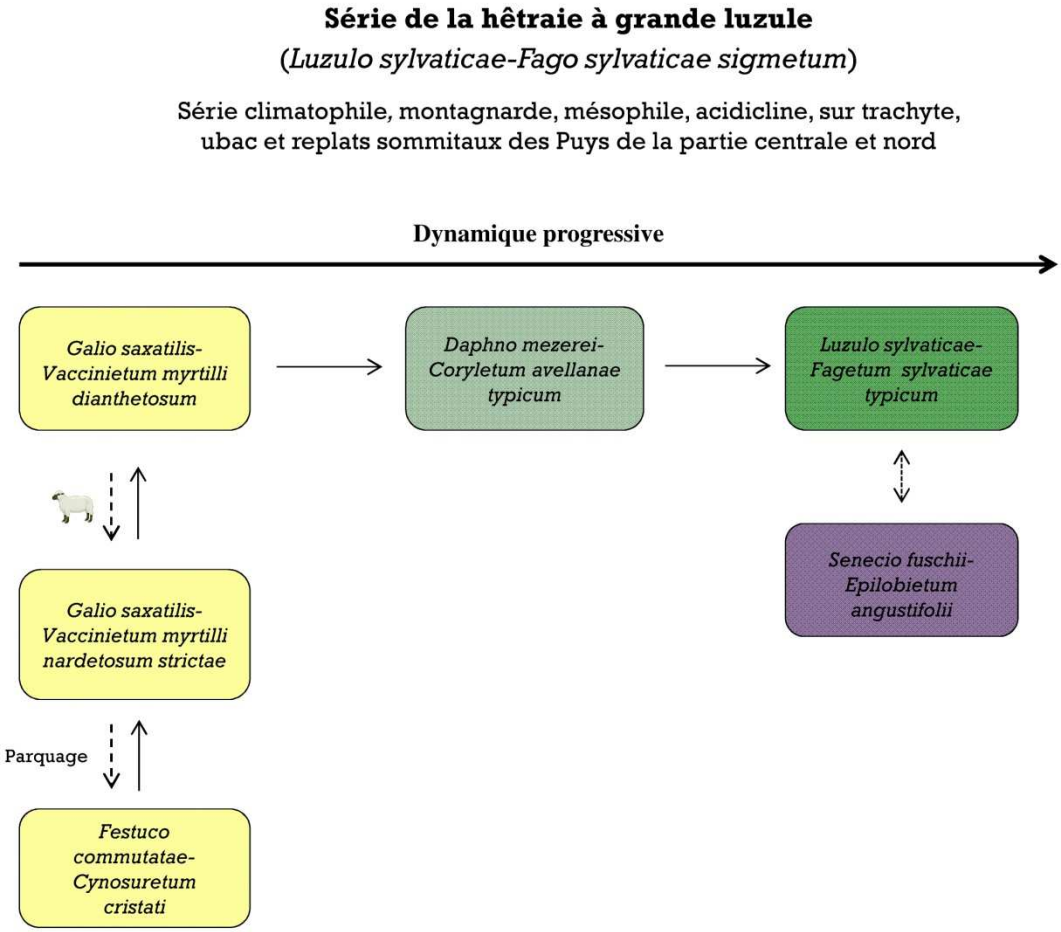


Figure 37 : diagramme d'affinité dynamique de la série de la hêtraie à grande Luzule.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation :

Comme dans l'ensemble de la chaîne des Puys la tête de série est souvent remplacée par des plantations monospécifiques de conifères, sapins, douglas et surtout épicéas ; c'est le cas en particulier dans le secteur des puys de Laschamps, Montchier…

Sur certains secteurs (pente est du puy de Dôme, versant ouest du puy des Gouttes) on observe des hêtraies très pauvres en espèces. Cela est probablement dû au fait qu'elles se sont développées à partir d'arbres isolés sur des pelouses surpâturées par des ovins avec une richesse spécifique déjà faible.

Les photos 15 qui sont prises avec un intervalle de 70 ans, montrent que les versants de l'étage montagnard du puy de Dôme, en 1946 occupés par les landes et pelouses, sont aujourd'hui entièrement boisés.



Photos 15 : photos aériennes du puy de Dôme, à gauche prise en 1946 et à droite en 2016 (IGN).

Les espaces pastoraux ouverts sont encore assez présents dans la série en particulier au Traversin, Cliersou, petit Suchet… Mais ce pâturage ovin peut-être ponctuellement problématique et intensif (nardification, eutrophisation…).

La présence de nombreux randonneurs et touristes dans la partie centrale entraîne une surfréquentation et une érosion, localisées sur les pentes, que le Parc naturel régional des volcans essaye de limiter.

La série de la hêtraie à grande Luzule est dans un état de conservation inégal selon les secteurs.

Intérêt patrimonial : La lande du *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli dianthetosum monspessulani* correspond à l'habitat d'intérêt européen n° **4030**.

Permasérie associée : aucune permasérie associée à cette série

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie montagnarde des dômes trachytiques ou trachy-andésitiques de la chaîne des Puys (*Luzulo sylvaticae-Fago sylvaticae geosigmetum*).

2.2.2 Sous-série climatophile à Œillet de Montpellier, Brachypode penné et Myrtille de la série de la hêtraie à grande Luzule

(*Luzulo sylvaticae-Fago sylvaticae sigmetum Diantho monspessulani-Brachypodio pinnati vaccinietoso myrtilli sigmetosum* [LS-FS-DBV])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé : 182 du tableau 31 ; polygone SIG : 432

Tableau 31 : synrelevés de la sous-série LS-FS-DBV.

N° synrelevé	179	124	177	182	167
Localité	Puy des Gouttes	Le Cliersou	Puy de la Coquille	Grand Sarcoui	Puy de Dôme
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	424	370	421	432	409
Surface du synrelevé (ha)	48.2	4.5	2.8	14.8	11.3
Altitude moyenne (m)	1060	1160	1130	1130	1250
Exposition (degrés)	180	180	180	180	180
Pente moyenne (degrés)	18	26	20	17	37
Région phyto-écologique	XD34	XD34	XD34	XD34	XD34
Nombre de syntaxons	3	4	2	6	4
Communautés forestières					
Luzulo sylvaticae-Fagetum sylvatica	3			2	
Teucrio scorodoniae-Pinetum sylvestis vaccinietosum myrtilli				2	
Plantation					1
Communautés arbustives					
Daphno mezerei-Coryletum avellanae stachyetosum officinalis	2	3	2	2	3
Communautés herbacées					
Groupement a Brachypodium rupestre et Calamagrostis arundinacea		1		2	3
Diantho monspessulani-Brachypodietum pinnati vaccinietosum myrtilli		3		4	
Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli senecietosum adonidifolii			4	1	2
Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli nardetosum strictae	3				
Teucrio scorodoniae-Silenetum nutantis v. Brachypodium pinnatum		+			

Écologie : sous-série climatophile de l'étage montagnard située entre 980 et 1320 m d'altitude (moyenne 1146 m), exclusivement sur trachyte ou trachy-andésite, en exposition favorable. Les sols de cette série sont des sols podzolisés, sur des trachytes massives qui ont une grande richesse en silice et qui se décomposent en matériaux sableux, filtrants et secs ; les végétations qui s'y développent sont acidiclines et plus héliothermophiles que dans la série précédente. L'indice des nutriments pour chacun des 5 synrelevés (figure 38), montre que la série est oligomésotrophe.

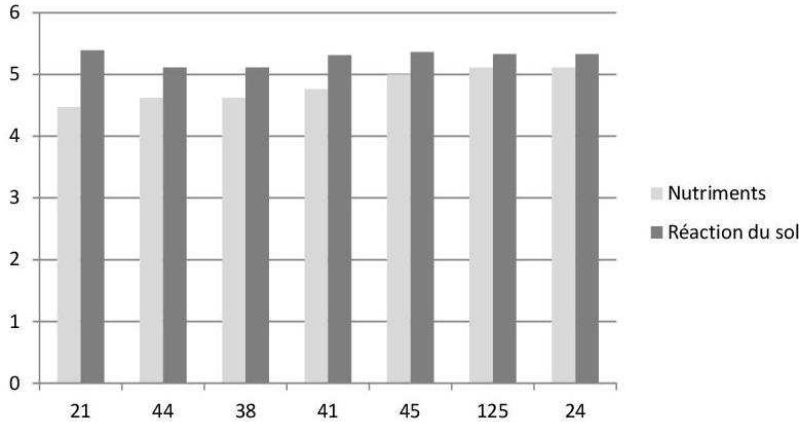


Figure 38 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction du sol, calculées à partir de chaque synrelevé effectué dans la sous-série Œillet de Montpellier, Brachypode penné et Myrtille de la hêtraie à grande Luzule.

Chorologie (figure 35a et photos 16 et 17) : la sous-série à Œillet de Montpellier, Brachypode penné et Myrtille de la série de la hêtraie à grande Luzule se localise sur les sommets et les versants sud des puys de la partie centrale et nord de la chaîne, cumulodômes ou cônes trachy-andésitiques (puy de Dôme, grand Sarcoui, Cliersou, petit Suchet, puy des Gouttes et puy de la Coquille). Elle occupe une surface de 95 ha, ce qui représente 1% de la surface totale de la chaîne des Puys et 0.18% sur l'ensemble du secteur d'étude. Elle est présente dans d'autres montagnes volcaniques, notamment dans les monts du Cantal sur roches trachy-andésitique.



Photo 16 : sous-série à Œillet, Brachypode et Myrtille de la hêtraie à grande Luzule (LS-FS-DBV) sur le Cliersou. Avec la lande du *Diantho-Brachypodietum vaccinietosum* et sur le versant SO (partie gauche de la zone délimitée) la corylaie thermophile qui s'implante avec quelques pins sylvestres.



Photo 17 : sous-série à Œillet, Brachypode et Myrtille de la hêtraie à grande Luzule (LS-FS-DBV) sur le Grand Sarcoui. Avec au premier plan la lande du *Galio-Vaccinietum senecietosum* et au second la corylaie thermophile.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures qui entraînera partout l'extinction de la série, sauf sur le haut du versant sud du puy de Dôme. Elle laissera place à la série de la chênaie-hêtraie acidicline (PM-FS-S) pour laquelle les conditions thermiques et d'acidité du substrat conviendront.

Composition de la série et dynamique (figure 39) : il existe plusieurs stades de départ selon le degré d'évolution du sol ou si l'on se situe en climat d'abri ou non. Sur le sol le plus évolué nous avons la pelouse acidiphile à Œillet de Montpellier, Brachypode penné et Myrtille (*Diantho monspessulani-Brachypodietum pinnati vaccinietosum myrtilli*). Sur sol moins profond se développe la lande à Gaillet saxatile et Myrtille sous sa forme xérothermophile du *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli senecietosum adonidifolii*. Sous l'action d'un surpâturage, cette lande se nardifie. En condition d'abri la pelouse à Brachypode et Calamagrostide faux roseau est la première étape de la dynamique de la sous-série. Après abandon du pâturage ces 3 communautés s'ourléifient en un *Cirsio erisithales-Teucrietum scorodoniae*. Puis s'installent pins sylvestres et noisetiers. Le fourré pionnier à Noisetier et Bois gentil se développe sous sa forme la plus hélioxérophile à Bétoine officinale (*Daphno mezerei-Coryletum avellanae stachyetosum officinalis)*. Cette corylaie pourra évoluer en une pinède à Pin sylvestre, Germandrée scorodoine et Myrtille (*Teucrio scorodoniae-Pinetum sylvestris vaccinietosum myrtilli)* ou directement en hêtraie du *Luzulo sylvaticae-Fagetum sylvaticae* sans passer par la pinède. L'évolution jusqu'à la hêtraie tête de série sera ici beaucoup plus lente que dans la série type de la hêtraie à grande luzule. Les photos (photo 18) montrent en 70 ans, entre 1946 et 2016, une nette régression des espaces pastoraux dans cette sous-série sur le grand Sarcoui. Sur le versant sud-est elle s'est faite principalement au profit des corylaies ; sur le versant sud-ouest c'est plutôt la pinède qui s'est implantée. La hêtraie n'a pas recolonisé ces versants secs et chauds restant cantonnée en contrebas ou sur les versants défavorables.



Photos 18 : photos aériennes du Grand Sarcoui, à gauche prise en 1946 et à droite en 2016 (IGN).

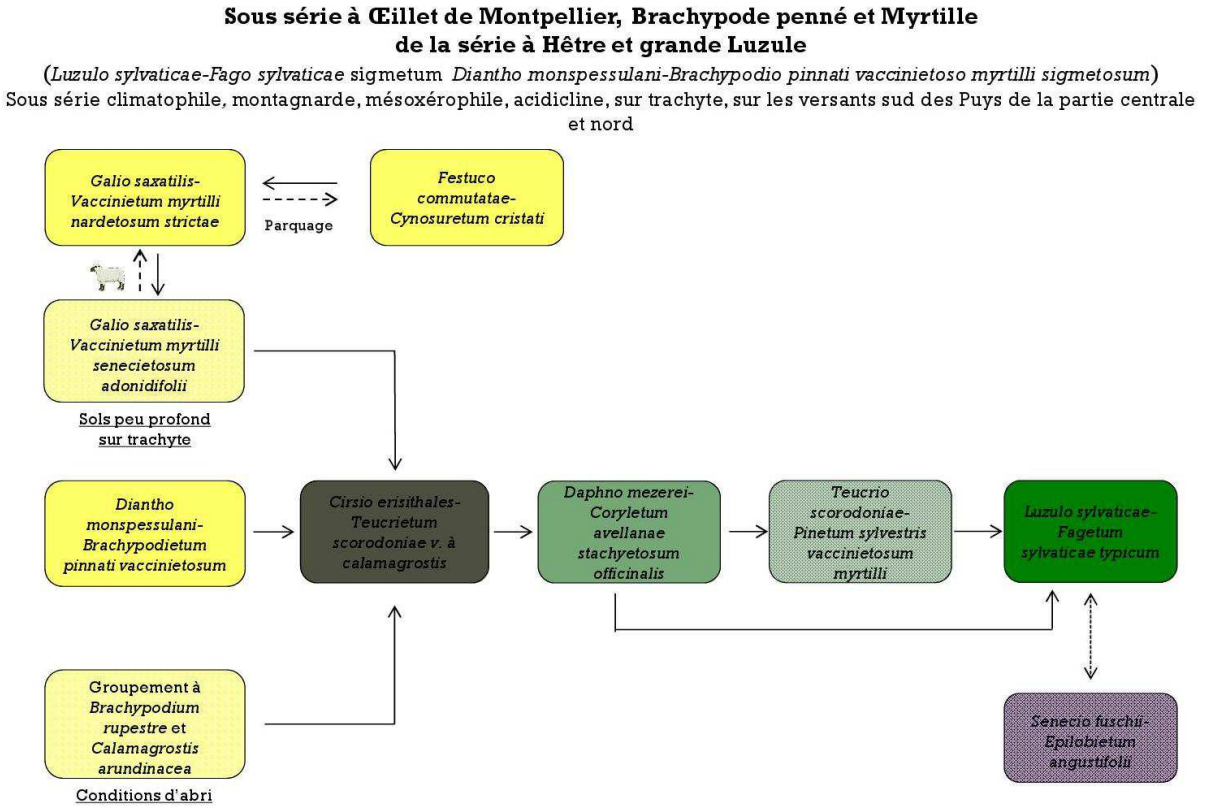


Figure 39 : diagramme d'affinité dynamique de la sous-série à Œillet de Montpellier, Brachypode penné et Myrtille de la hêtraie à grande Luzule.

Degré de naturalité/anthropisation, état de conservation : Dans la plupart des sites sauf le puy de Dôme cette sous-série est le siège d'un pâturage ovin extensif et ne subit qu'une fréquentation touristique légère. Elle est plutôt dans un bon état de conservation. Seul le puy de Dôme fait exception car une grande partie de son versant sud a été enrésiné ; et en versant sud-ouest la fréquentation touristique estivale est très intense.

Toutes les étapes dynamiques naturelles de cette sous-série sont présentes dans la chaîne des Puys. Actuellement c'est la corylaie qui domine, la pinède n'est présente que sur le grand Sarcoui et la hêtraie est loin d'avoir atteint le stade mature.

Intérêt patrimonial : la lande du *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli dianthetosum monspessulani* est considérée comme habitat d'intérêt européen (**4030)**, ainsi que les prairies du *Diantho monspessulani-Brachypodietum pinnati vaccinietosum myrtilli* et du groupement à *Brachypodium pinnatum* et *Calamagrostis arundinacea* (**6210**).

Permasérie associée : nous pouvons trouver dans cette sous-série la permasérie à Gaillet des rochers, Myrtille et Séneçon à feuilles d'adonis dans sa variante plus alticole à Cotonéaster à feuilles entières, présente uniquement sur le puy de Dôme. (*Galio saxatilis-Vaccinio myrtilli senecietoso adonidifolii v. cotoneaster integerrimus permasigmetum*)

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie montagnarde des dômes trachytiques ou trachy-andésitiques de la chaîne des Puys (*Luzulo sylvaticae-Fago sylvaticae geosigmetum*).

2.2.3 Série édaphoxérophile à Pin sylvestre, Germandrée scorodoine et Myrtille

(*Teucrio scorodoniae-Pino sylvestris vaccinietoso myrtilli sigmetum* [TS-PS-VM])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 40 du tableau 32 ; polygone SIG : 54

Tableau 32 : synrelevés de la série TS-PS-VM

N° synrelevé	123	40	178
Localité	Clersou	Grand Sarcoui	Petit Suchet
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	369	54	422
Surface du synrelevé (ha)	0.6	3	1.5
Altitude moyenne (m)	1170	1120	1180
Exposition (degrés)	180	180	180
Pente moyenne (degrés)	32	32	21.5
Région phyto-écologique	XD34	XD 34	XD34
Nombre de syntaxons	2	3	2
Communautés forestières			
Teucrio scorodoniae-Pinetum sylvestis vaccinietosum myrtilli		4	
Communautés herbacées			
Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli senecietosum adonidifolii	5	2	4
Teucrio scorodoniae-Silenetum nutantis v. Brachypodium pinnatum	1	2	
Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli nardetosum strictae			3

Écologie : série édaphoxérophile de l'étage montagnard qui se situe entre 1100 et 1180 m d'altitude (moyenne 1140 m), exclusivement sur roche massive trachytique. Elle se développe sur des sols acides très peu évolués de type lithosols ; c'est une série où la végétation est acidiphile à acidicline. Les valeurs de l'indice des nutriments pour chacun des 3 synrelevés (figure 40), montre que la série est oligotrophe à oligomésotrophe.

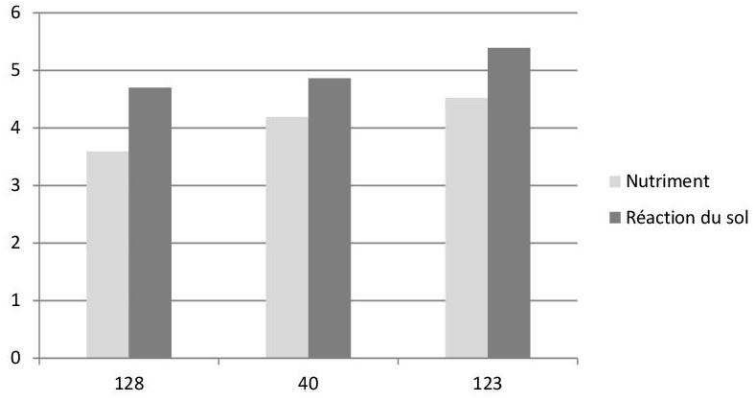


Figure 40 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction du sol, calculées à partir des synrelevé effectués dans la série de la pinède à Pin sylvestre, Germandrée scorodoine et Myrtille.

Chorologie (figure 35a et photos 19 et 20) : cette série dynamique édaphoxérophile se met en place sur versant sud et affleurements rocheux trachytiques de la partie centre et nord de la

chaîne des Puys sur forte pente. Elle est peu présente dans la chaîne des Puys, car les conditions écologiques nécessaires à son développement sont rarement toutes réunies. On la retrouve seulement sur 4 puys : protrusion comme le Chopine, cumulodômes comme le Cliersou, le petit Suchet et le Grand Sarcoui ; c'est sur ce dernier que la série est particulièrement bien exprimée. Elle occupe une surface de 6.7 ha, ce qui représente 0.07% de la surface totale de la chaîne et 0.01% sur l'ensemble du secteur d'étude. Cette série est à rechercher dans les montagnes volcaniques du Massif central en climat d'abri sur roche volcanique acide.



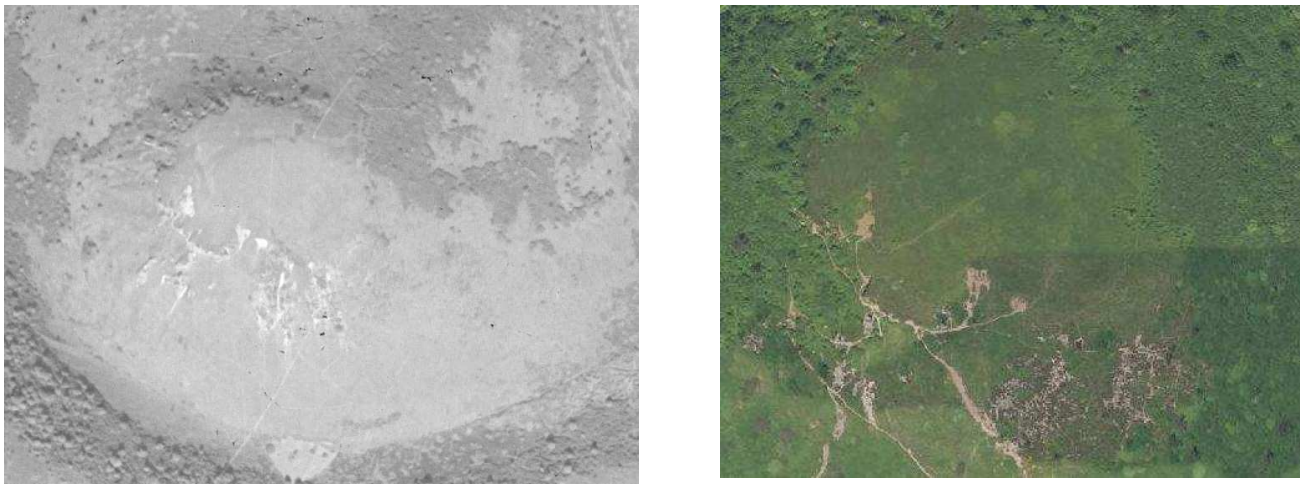
Photo 19 : série à pin sylvestre, germandrée scorodoine et myrtille (TS-PS-VM) sur le Cliersou. Sur ce puy seule la lande acidiphile à Gaillet saxatile et Myrtille et Séneçon à feuilles d'adonis sur rochers trachytiques affleurants est présente.



Photo 20 : série à pin sylvestre, germandrée scorodoine et myrtille (TS-PS-VM) sur le Grand Sarcoui. Autour des rochers trachytiques se développe la lande du *Galio-Vaccinietum senecietosum* et la pinède du *Teucrio-Pinetum vaccinietosum.*

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures qui entraînera partout l'extinction de la série. Elle laissera place à la sous-série de la chênaie-hêtraie acidicline (PM-FS-S-FG) pour laquelle les conditions thermiques et d'acidité du substrat conviendront. Par contre le hêtre ne pourra pas s'implanter en raison des faibles ressources hydriques, la sous-série du PM-FS-S-FG sera bloquée au stade de la pinède.

Composition de la série et dynamique (figure 41) : le stade de départ est une lande acidiphile à Gaillet saxatile et Myrtille (*Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli*) et aboutit à une pinède stable à Pin sylvestre et Germandrée scorodoine, sous-association à Myrtille (*Teucrio scorodoniae-Pinetum sylvestris vaccinietosum myrtilli*). Le caractère rocheux et les faibles réserves hydriques édaphiques ne permettent pas l'installation d'une hêtraie, contrairement au processus dominant dans ces espaces montagnards. Sur les deux photos aériennes prises avec 70 ans d'écarts (photo 21) concernant le Cliersou, on voit que la zone rocheuse au sud n'a pas évoluée alors que la corylaie et la hêtraie se sont développées tout autour sur les versants est et ouest ; la dynamique de cette série est très lente. La persistance d'un pâturage extensif dans cette zone, contrairement au grand Sarcoui, expliquent l'absence de pinède.



Photos 21 : photos aériennes du Cliersou, à gauche prise en 1946 et à droite en 2016 (IGN).

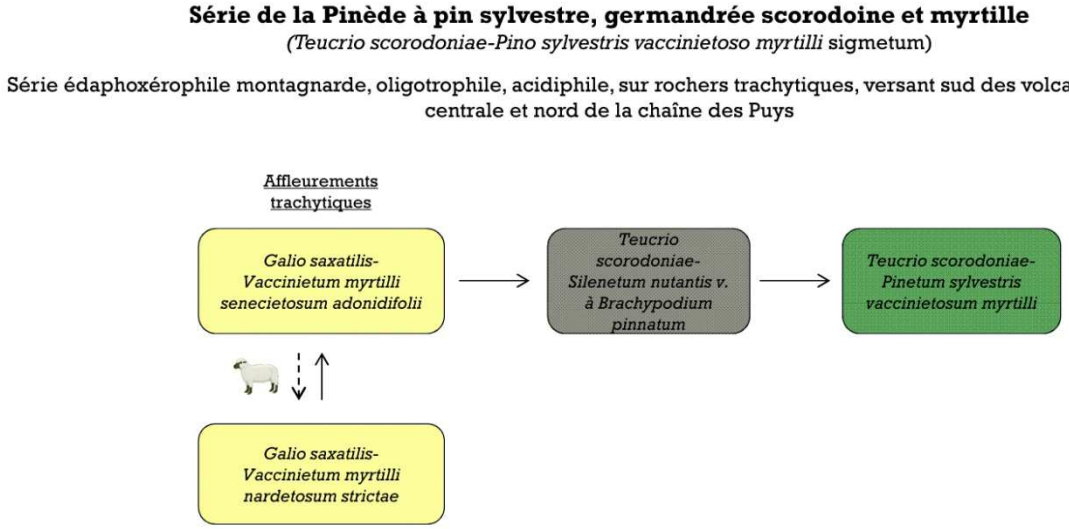


Figure 41 : diagramme d'affinité dynamique de la série de la pinède à pin sylvestre, germandrée scorodoine et myrtille.

Degré de naturalité/anthropisation, état de conservation : cette série, localisée sur les hauts versants des puys, dans des zones rocheuses sur forte pente, et donc difficile d'accès, est dans un bon état de conservation. Elle est le siège d'un pâturage ovin extensif sauf au grand Sarcoui, en phase d'abandon. Elle occupe cependant moins de 0.1% de la surface totale de la chaîne des Puys (9391 ha) ; il est donc important de préserver les 3 sites où elle se localise.

Intérêt patrimonial : la lande du *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli dianthetosum monspessulani* correspond à l'habitat d'intérêt européen n°**4030**.

Permasérie associée : aucune

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie montagnarde des dômes trachytiques ou trachy-andésitiques de la chaîne des Puys (*Luzulo sylvaticae-Fago sylvaticae geosigmetum*).

2.2.4 Série climatophile de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande

(*Euphorbio hybernae-Fago sylvestris typicum sigmetum* [EH-FS-T])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 29 du tableau 33 ; polygone SIG : 42

Tableau 33 : synrelevés de la série EH-FS-T

N° synrelevé	29	48	10	3	8	180	5	4	46	30
Localité	Puy de Pariou	Le grand Suchet	Puy de Pourcharet	Puy de Vichatel	Puy de Montchal	Cratère du Pariou	Puy de La Vache	Puy de Lassolas	Petit puy de Dôme	Puy de Fraisse
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	ROUX	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	42	61	11	3	9	425	6	4	62	43
Surface du synrelevé (ha)	94	59	40	17	13.6	4.85	9.7	7	180	55.5
Altitude moyenne (m)	1090	1110	1090	1010	1050	1145	1080	1115	1030	1040
Exposition (degrés)	360	338	360	360	360	-	360	360	23	338
Pente moyenne (degrés)	15	15.5	18	23.5	16	22	22	25	11	15.5
Région phyto-écologique	XD 34	XD 34	XD 34	XD 34	XD 34	XD 34	XD 34	XD 34	XD 34	XD 34
Nombre de syntaxons	4	4	2	1	1	2	3	2	6	2
Communautés forestières										
Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae	4	3	5	5	5			3	2	4
Communautés arbustives										
Daphno mezerei-Coryletum avellanae	3	3				2	4		2	4
Betulo pendulae-Salicetum capreae sorbetosum ariae									3	
Communautés herbacées										
Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli dianthetosum monspessulani	1	2				5				
Diantho monspessulani-Brachypodietum pinnati			2				2		1	
Ranunculo bulbosii-Brachypodietum pinnati							1	3		
Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli nardetosum strictae									3	
Festuco commutatae-Cynosuretum cristati		2								
Senecioni fuchsii-Sambucetum racemosae									+	
Groupement a Rumex acetosella et Scleranthus	+									

Écologie : série climatophile subatlantique de l'étage montagnard située entre 940 et 1220 m d'altitude (moyenne 1080 m), sur basalte, trachybasalte ou trachy-andésite. Les sols sont des andosols vrais au-dessus de 1000 m et des sols andiques entre 800 et 1000 m. Dans la zone centrale et nord de la chaîne des Puys la tessella est acidicline à neutrocline, la lande étant acidicline et les forêts neutroclines. Dans la partie sud la tessella est neutrocline. Les valeurs de l'indice des nutriments pour chacun des 10 synrelevés (figure 42), montre que la série est oligomésotrophe à mésotrophe.

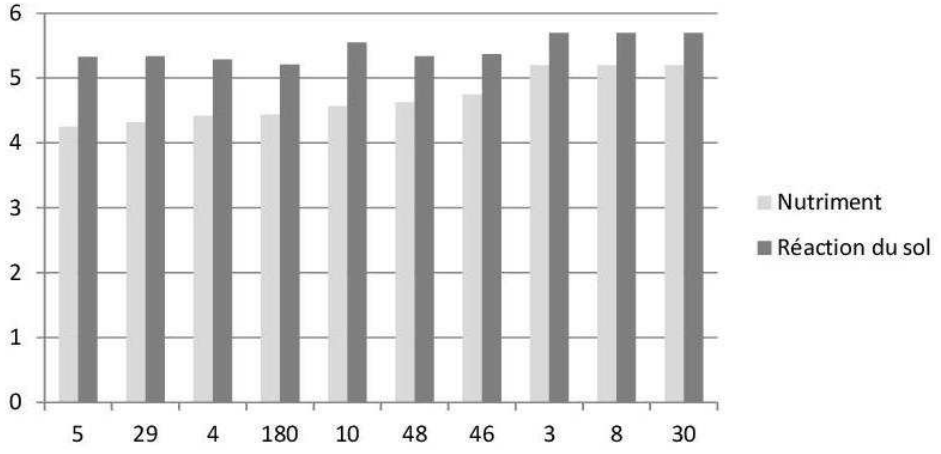


Figure 42 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction du sol, calculées à partir des 10 synrelevés effectués dans la série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande.

Chorologie (35a et photos 22) : la série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande se localise sur les versants nord des cônes de scories et dans la zone centrale de la chaîne des Puys, sur roches volcaniques plutôt basiques, en dehors des cumulodômes, protrusions et recouvrements trachytiques. Elle occupe une surface de 864.35 ha, ce qui représente 9.20% de la surface totale de la chaîne et 1.68% sur l'ensemble du secteur d'étude. La série est présente dans les monts Dore (secteur du Pavin), et est à rechercher dans les monts du Cantal.

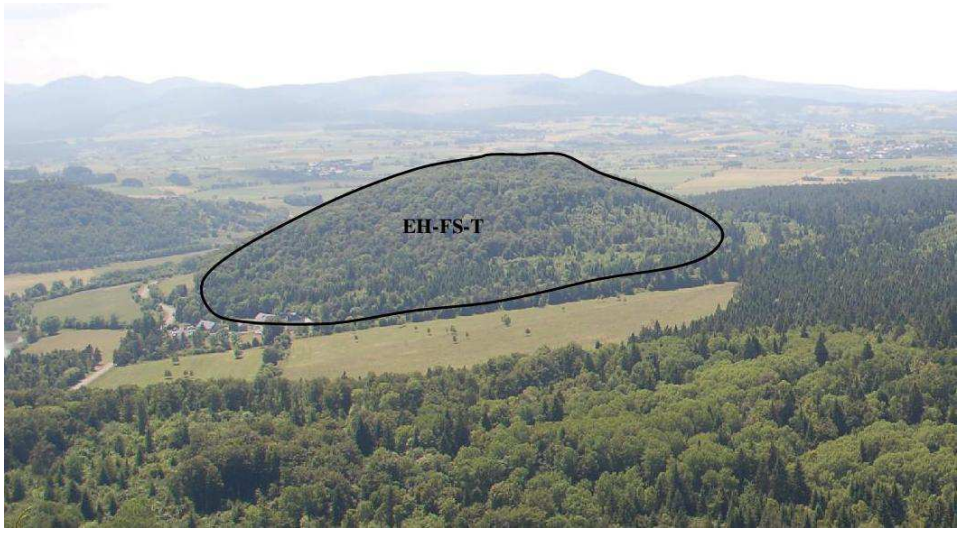


Photo 22 : série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande (EH-FS-T) sur le versant nord du puy de Montchal.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures qui entraînera partout l'extinction de la série. Elle laissera place à la série de la hêtraie mixte à noisetiers (EH-FS-C) pour laquelle les conditions thermiques et d'acidité du substrat conviendront. Ce seront les seules zones où le hêtre se réfugiera sous forme de hêtraie mélangée plus thermophile. Dans les espaces ouverts, les parcours pastoraux éventuels seront représentés par la pelouse à Renoncule bulbeuse et Brachypode au dépend de la lande montagnarde à Gaillet et Myrtille.

Composition de la série et dynamique (figure 43) : les stades initiaux diffèrent entre la partie sud ou la partie centrale et nord de la chaîne des Puys. Dans la partie sud se développe une pelouse thermophile et mésophile à Renoncule bulbeuse et Brachypode penné (*Ranunculo bulbosi-Brachypodietum pinnati*), qui devient plus prairiale sous l'action d'un pâturage favorable, avec la sous-association à Trèfle rampant. Ces pelouses abandonnées sont envahies par un ourlet en nappe à Centaurée noire, Vesce orobe et Knautie à feuilles de cardère (*Centaureo nigrae-Vicietum orobi knautietosum dipsacifoliae*). Dans la partie nord et centrale de la chaîne des Puys, au climat plus froid, nous avons une lande acidiphile et mésophile à Gaillet saxatile et Myrtille (*Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli dianthetosum monspessulani*) qui, surpâturée, se nardifie, ou se transforme en prairie méso-eutrophile (*Festuco commutatae-Cynosuretum cristati*) à la suite de pratiques pastorales fertilisantes comme les parcages nocturnes. Dans toute la chaîne des Puys, sous l'action de l'érosion, ces stades initiaux peuvent se dégrader sous l'action érosive des passages de troupeaux ou de touristes laissant place à une pelouse pionnière à petite Oseille et Scléranthe.

Ensuite la lande ou la pelouse sont envahies par des corylaies (*Daphno mezerei-Coryletum avellane typicum*) qui se transforment en hêtraies matures (*Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae typicum*).

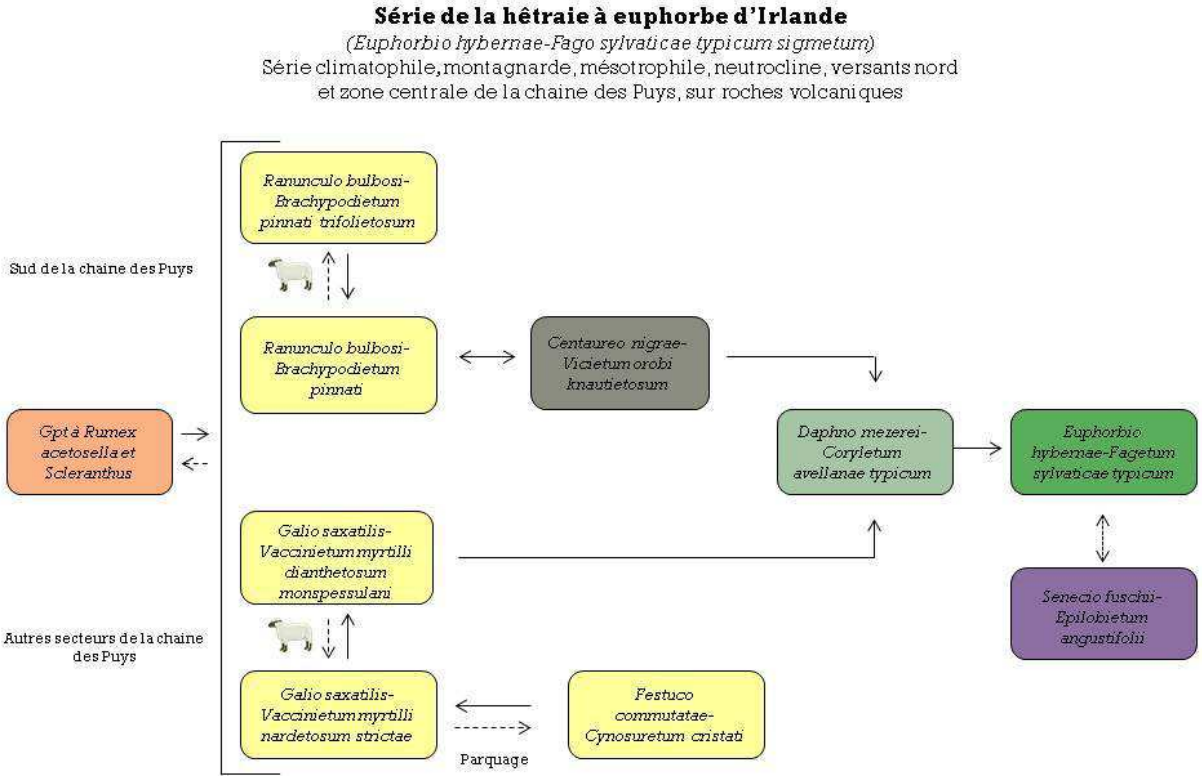


Figure 43 : diagramme d'affinité dynamique de la série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande.

Degré de naturalité/anthropisation, état de conservation : Certaines de ces hêtraies sont assez anciennes, en particulier sur les versants nord jamais très favorables au pâturage, comme par exemple les puys de Montchal, Vichatel, Charmont… (photo 23). Les hêtraies forment même parfois de belles futaies. Ces forêts anciennes ont joué un rôle au sein d'ethno-écosystèmes sylvopastoraux : bois d'œuvre ou bois de chauffage. Sinon la plupart des puys ont été déboisés à la période du maximum démographique du 19ème siècle afin de favoriser le pastoralisme. Depuis 50 ans, avec la déprise agricole, les versants sont recolonisés par la corylaie et des hêtraies jeunes, en devenir, sont présentes. Quelques versants nord dans cette série ont été plantés d'épicéas, mais ceux-ci sont généralement localisés en contrebas des puys. La série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande est dans un bon état de conservation et de progression active dans beaucoup de zones.



Photo 23 : photos aériennes de 1946 des puys (de haut en bas) de Montjuger, la Vache, Montchal, Vichatel, de la Toupe et Charmont (IGN). Les puys de Montchal, Vichatel et Charmont abritent des hêtraies sur leurs versants nord.

Intérêt patrimonial : la lande du *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli dianthetosum monspessulani* est considérée comme habitat d'intérêt européen (**4030)** ainsi que la pelouse du *Ranunculo bulbosii-Brachypodietum* (**6210**) et le groupement à *Rumex acetosella* et *Scleranthus* (**8230**).

Permasérie associée : aucune

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie montagnarde des cônes de scories basaltiques (*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae geosigmetum*).

2.2.5 Série climatophile de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Scille lis-jacinthe

(*Euphorbio hybernae-Fago sylvestris scilletoso lilio-yacinthus sigmetum* [EH-FS-S])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 34 du tableau 34 ; polygone SIG : 47

Tableau 34 : synrelevés de la série EH-FS-S

N° synrelevé	34	32	26
Localité	Puy de Jume	Louchadière	Puy de Côme
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	47	45	35
Surface du synrelevé (ha)	110	117	74
Altitude moyenne (m)	1080	1060	1070
Exposition (degrés)	315	315	315
Pente moyenne (degrés)	17	21	26
Région phyto-écologique	XD 34	XD 34	XD 34
Nombre de syntaxons	4	2	1
Communautés forestières			
Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae scilletosum lilio-yacinthi	3	5	5
Plantation	3		
Communautés arbustives			
Daphno mezerei-Coryletum avellanae	2	2	
Communautés herbacées			
Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli dianthetosum monspessulani	1		

Écologie : série climatophile subatlantique de l'étage montagnard située entre 940 et 1180 m d'altitude (moyenne 1060 m), sur cônes de scories trachy-basaltiques ou trachy-andésitiques. Les sols sont des andosols vrais au-dessus de 1000 m et des sols andiques entre 800 et 1000 m. Cette série est marquée par une forte influence atlantique avec de fortes précipitations en façade ouest de la chaîne des Puys. Elle est neutrocline et hygrocline. Les valeurs de l'indice des nutriments pour chacun des 3 synrelevés (figure 44), montrent que la série est mésotrophe.

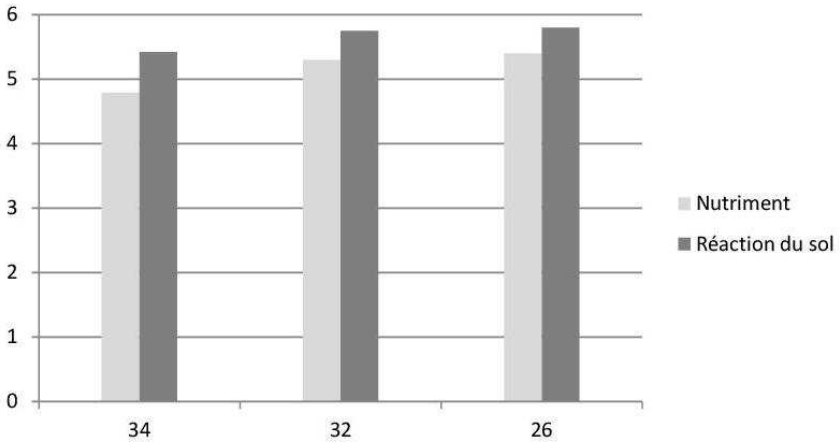


Figure 44 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction du sol, calculées à partir des 3 synrelevés effectués dans la série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Scille lis-jacinthe.

Chorologie (figure 35a et photo 23) : la série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Scille lis-jacinthe se localise sur les cônes de scories en position occidentale dans le centre et le nord de la chaîne des Puys où elle occupe les versants nord et ouest qui ne profitent pas de l'abri vis-à-vis des dépressions atlantiques. On la trouve sur les puys de Côme, Balmet, Fillu, Louchadière, Jume et la Coquille. Elle est absente de la partie sud de la chaîne qui est abritée des dépressions du sud-ouest par l'effet de foehn dû au massif des monts Dore.
Elle occupe une surface de 305 ha, ce qui représente 3.25% de la surface totale de la chaîne des Puys et 0.59% sur l'ensemble du secteur d'étude. Cette série est présente dans la partie occidentale des monts du Cantal (région de Collandres, G. Thébaud communication personnelle…) et est à rechercher dans les monts Dore où il convient de ne pas la confondre avec une série des étages montagnard moyen et supérieur, à décrire, conduisant à la hêtraie à Moschatelline (*Adoxo moschatellinae-Fagetum*, = *Scillo lilio-hyacinthi-Fagetum* Cusset 1961).

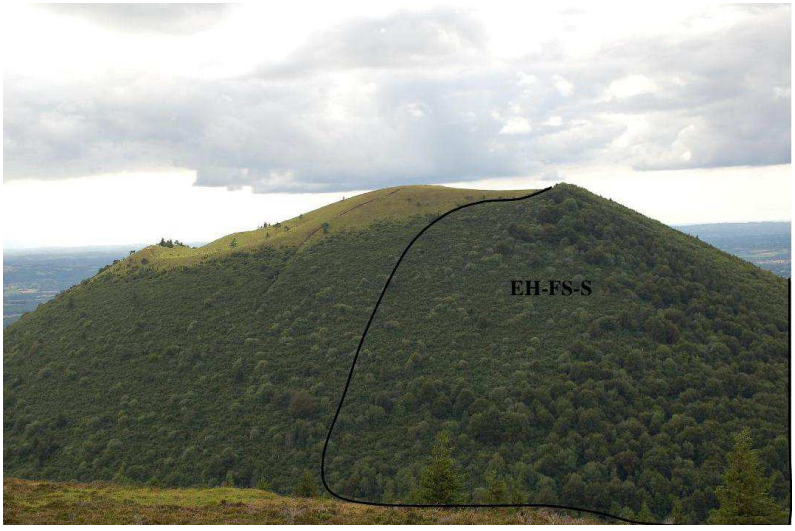


Photo 23 : série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Scille lis-jacinthe (EH-FS-S) sur le versant nord du puy de Côme. Le versant nord est occupé par la hêtraie tête de série et le versant nord-est par la corylaie postpionnière.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures qui entraînera partout l'extinction de la série. Elle laissera

place à la série de la hêtraie à noisetiers (EH-FS-C) pour laquelle les conditions thermiques et d'acidité du substrat conviendront. Sur ces versants ouest une sous-association ou variante plus atlantique de la hêtraie à noisetiers se développera, mais ces secteurs seront également soumis à de fréquentes perturbations qui favoriseront les corylaies.

Composition de la série et dynamique (figure 45) : la dynamique de cette série est la même que celle de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande dans la partie nord et centrale de la chaîne des Puys ; c'est seulement la tête de série qui change avec une sous-association plus hygrocline de la même hêtraie. Nous avons une lande acidiphile et mésophile à Gaillet saxatile et Myrtille (*Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli dianthetosum monspessulani*), qui peut se nardifier par surpâturage et se transformer en prairie méso-eutrophile (*Festuco commutatae-Cynosuretum cristati*) à la suite de pratiques pastorales fertilisantes. Sous l'action de l'érosion, ce stade de départ se dégrade en une pelouse pionnière à petite Oseille et Scléranthe (groupement à *Rumex acetosella* et *Scleranthus*). Ensuite la lande est gagnée par la corylaie (*Daphno mezerei-Coryletum avellanae typicum*) qui se transforme en hêtraie mature (*Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae scilletoso lilio-yacinthi*).

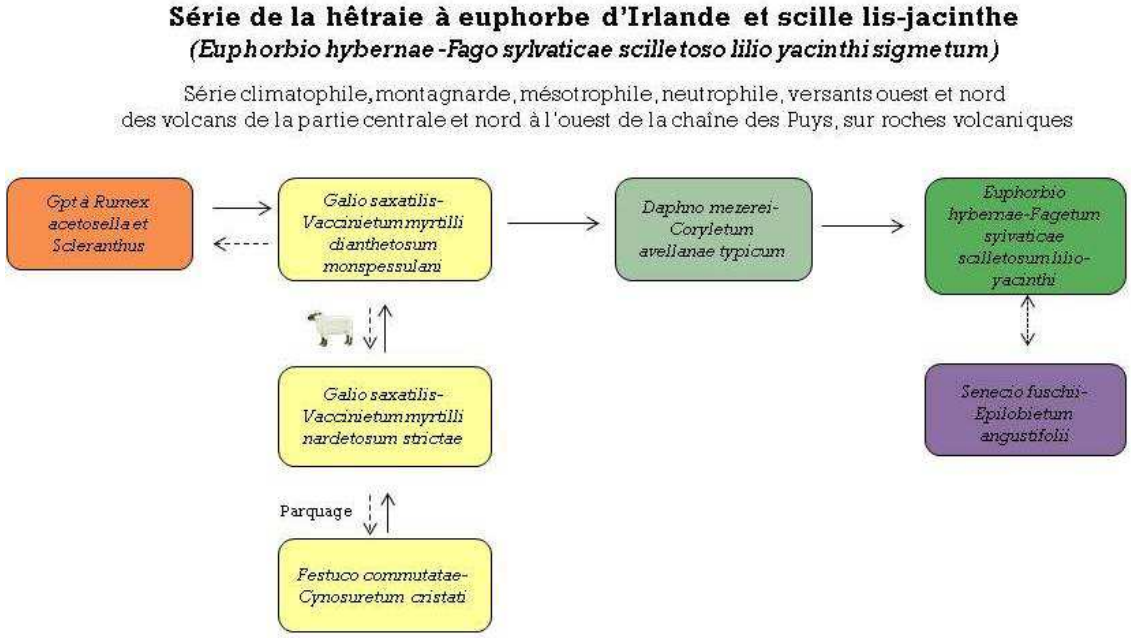


Figure 45 : diagramme d'affinité dynamique de la série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Scille lis-jacinthe

Degré de naturalité/anthropisation, état de conservation : le puy de Côme est aujourd'hui occupé par des corylaies et hêtraies récentes. La photo 24, prise en 1946 montre que ce puy était alors couvert de landes/pelouses avec des haies de vieux hêtres témoignant d'une ancienne occupation par la forêt (photo 24), visible au début du XIXème siècle (Delécluze). Sur la photo 25 (2016) deux cycles de reboisement sont reconnaissables sur les versants ouest et nord : les anciennes haies de hêtres ainsi que la corylaie et la hêtraie jeune. Ces marques rectilignes sont dues à l'exploitation différenciée des parcelles foncières. Certains autres puys sont plantés d'épicéas ou sapins blancs comme Jume, la Coquille ou Louchadière. Il s'agit en général de forêts productives.
La série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Scille lis-jacinthe n'est présente que sur 6 puys dont 3 sont plantés en résineux. Certains ont presqu'entièrement été supprimés à cause de l'exploitation de pouzzolane (Lemptegy, Ténuzet). La lande est seulement présente sur le puy

de Jume, tous les autres puys sont occupés par de jeunes hêtraies. L'état de conservation de cette série est donc inégal : plutôt mauvais dans le cas de plantations résineuses et de carrières et plutôt bon dans les autres cas où la dynamique naturelle peut s'exprimer.



Photo 24 : photo aérienne de 1946 du puy de Côme (IGN).



Photo 25 : photo aérienne de 2016 du puy de Côme (IGN).

Intérêt patrimonial : la lande du *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli dianthetosum monspessulani* est considérée comme habitat d'intérêt européen (**4030)** ainsi que le groupement à *Rumex acetosella* et *Scleranthus* (**8230**).

Permasérie associée : aucune

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie montagnarde des cônes de scories basaltiques (*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae geosigmetum*).

2.2.6 Série climatophile de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier

(*Euphorbio hybernae-Fago sylvestris coryletoso avellanae sigmetum* [EH-FS-C])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 2 du tableau 35 ; polygone SIG : 2

Tableau 35 : synrelevés de la série EH-FS-C

N° synrelevé	2	25	27	7	43	126	33	12	13	31	42	181	20
Localité	Cheires Hautes	Terre Noire	Allagnat	Mercoeur La Vache Lassolas Mey	Bois de Charme	Golf des volcans	Plateau entre Jume et Louchadiere	Creux du Pialoux	Bois de la Madeleine	La Coubadure	Entre Chopine et Sarcoui	Base nord Pariou	Laschamps
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	2	34	36	8	58	372	46	15	16	44	56	363	28
Surface du synrelevé (ha)	315	654.5	514	230.4	290	280	225	110	311	521	360	51	292
Altitude moyenne (m)	970	950	970	1030	930	895	1000	960	1030	930	950	990	995
Exposition (degrés)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pente moyenne (degrés)	5	6	5	6	4	4	11	7	5	5	5	6	5
Région phyto-écologique	XD 34	XD 34	XD 34	XD 34	XD 34	XD34	XD 34	XD 34	XD 34	XD 34	XD 34	XD 34	XD 34
Nombre de syntaxons	5	6	3	6	4	5	3	4	7	6	8	3	5
Communautés forestières													
Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae coryletosum avellanae	4	3	3	4	1		3	3	1	3		2	+
Luzulo sylvaticae-Fagetum sylvatica											1		
Plantation			4	3	4		4	1		2	2		3
Communautés arbustives													
Daphno mezerei-Coryletum avellanae	3	2		2	2					2			
Betulo pendulae-Salicetum capreae sorbetosum ariae	2	1											
Daphno mezerei-Coryletum avellanae stachyetosum officinalis		2	1			1						2	
Pruno spinosae-Rosetum vosagiacae											+		
Corylo avellanae-Crataegetum monogynae		+											
Lonicero xylostei-Viburnetum lantanae													1
Communautés herbacées													
Ranunculo bulbosii-Brachypodietum pinnati	1			1		1			2		2		
Ranunculo bulbosii-Brachypodietum pinnati trifolietosum repentis		2						1	2				
Diantho monspessulani-Brachypodietum pinnati				1		3	2	3	2	3	3	3	2
Knautio arvernensis-Arrhenatheretum elatioris	1				2	3							
Cynosuro cristati-Lolietum perennis						2				2	2		
Knautio arvernensis-Arrhenatheretum elatioris malvetosum moschatae										3	3		3
Festuco commutatae-Cynosuretum cristati									2				
Veronico chamaedryos-Cytisetum scoparii									1		+		
Groupement a Pteridium aquilinum									2				
Groupement a Rumex acetosella et Scleranthus				+									

Écologie : série climatophile de l'étage submontagnard située entre 860 et 1080 m d'altitude (moyenne 970 m), sur laves et leurs recouvrements de pyroclastites basaltiques ou trachy-basaltiques en pourtour des cônes stromboliens. Les sols sont de types bruns andiques, ce sont d'anciens andosols situés en zone plus sèche et évoluant lentement vers des sols bruns andiques. Le pédoclimat est moins froid et moins humide que dans l'étage montagnard, laissant des périodes de dessiccation plus longues ; la teneur en argiles, qui remplacent ici une partie des allophanes, est plus importante que dans les andosols. Cette série est neutrocline. Les valeurs de l'indice des nutriments pour chacun des 14 synrelevés (figure 46), montrent que la série est oligomésotrophe à mésotrophe.

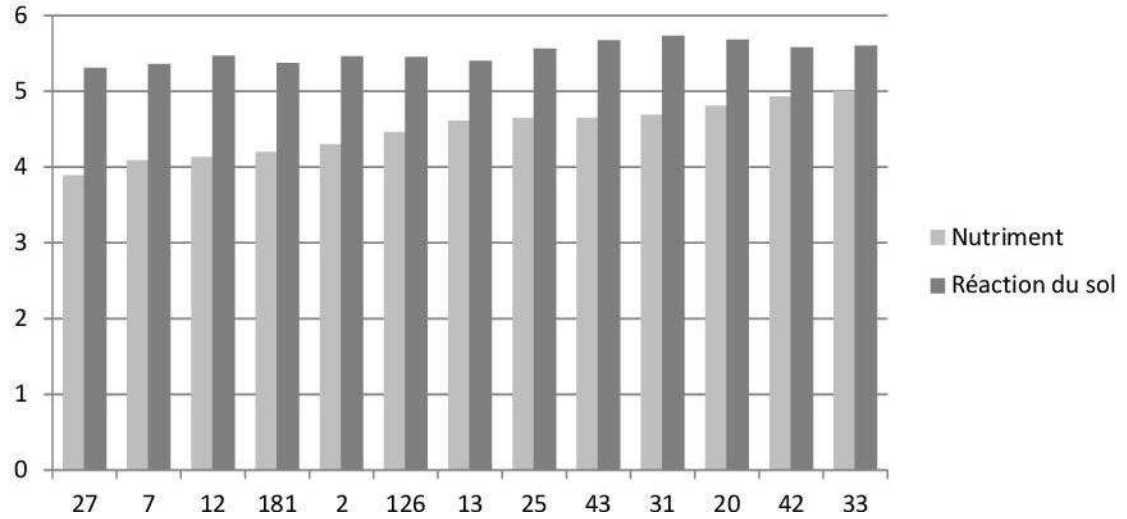


Figure 46 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction du sol, calculées pour les 13 synrelevés effectués dans la série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier.

Chorologie (figure 35a et photo 26**)** : la série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier se localise sur le plateau basaltique aux pieds des puys ; elle est en contact avec toutes les séries présentes sur la zone. C'est la série qui occupe la plus grande surface dans la chaîne des Puys ; elle s'étend sur une surface de 6138 ha, ce qui représente 65.3% de la surface totale de la chaîne des Puys et 11.9% sur l'ensemble du secteur d'étude. Cette série se trouve également dans les concavités des cheires proches de la chaîne des Puys (le calcul de la surface de la série ne tient pas compte de ces secteurs, se reporter au paragraphe 3.2 dédié aux cheires). Elle est à rechercher dans les secteurs volcaniques submontagnards sous influence atlantique ce qui limite drastiquement les zones potentielles et fait peut-être de cette série une série endémique de la chaîne des Puys.

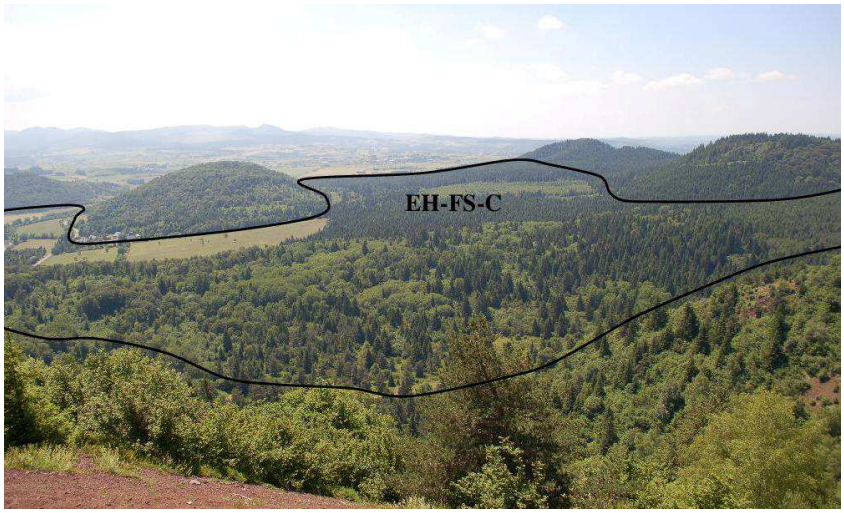


Photo 26 : série de la hêtraie à euphorbe d'Irlande et noisetier (EH-FS-C) sur le plateau situé entre Montchal et la Vache, au sud de la chaîne des Puys.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures ; les conditions nécessaires à la série ne seront plus respectées. On assistera alors à un déplacement de la série qui pourra se réfugier plus en altitude sur les cônes basaltiques aux expositions défavorables. A la place de cette série, on aura la sous-série édaphoxérophile de la hêtraie mixte à noisetiers et Fléole de Boehmer (EH-FS-C-PF) dans laquelle les stades intermédiaires à *Corylus* et *Pinus* seront particulièrement bien représentés à cause des tempêtes fréquentes et actives sur le plateau. Le chêne deviendra plus abondant et les parcours pastoraux à Renoncule bulbeuse et Brachypode seront remplacés par des pelouses à Fléole et Fétuque plus thermoxérophiles.

Composition de la série et dynamique (figure 47) : le stade de départ est la pelouse à Renoncule bulbeuse et Brachypode colonisée ensuite par la boulaie à Saule marsault et Sorbiers (*Betulo pendulae-Salicetum capreae sorbetosum*) ; une corylaie à bois-gentil, plus sciaphile, s'installe dessous (*Daphno mezerei-Coryletum avellanae typicum*). On aura ensuite la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier (*Euphorbio hybernae-Fagetum coryletosum*), hêtraie plus thermophile et moins hygrocline ou aérohygrophile que les précédentes (*typicum* et *scilletosum*). Parfois après abandon de la pelouse on aura seulement quelques bouleaux épars et directement la corylaie. Ces parcours plus accessibles que ceux des puys, peuvent être sujets à des améliorations pastorales : une sous-association de la pelouse à Renoncule bulbeuse et Brachypode, plus mésophile et moins oligotrophile que le type (*trifolietosum*) s'y développe. Elle sera envahie par le Genêt à balai ou la Fougère aigle en cas d'abandon. La

pelouse à Renoncule peut être également utilisée en prairie de fauche après amendement et si la profondeur du sol s'y prête, on aura alors une prairie à Knautie d'Auvergne, Fromental élevé et Mauve musquée (*Knautio arvernensis-Arrhenatheretum elatioris malvetosum moschatae*) sous-association plus xérocline que le type. Sous l'action d'un pâturage bovin cette pelouse de départ se transformera en prairie pâturée méso-eutrophile à Crételle et Ray-grass (*Cynosuro cristati-Lolietum perennis*). Après abandon ces prairies en voie d'oligotrophisation seront souvent envahies par des fougères aigles, puis par des bouleaux et la dynamique naturelle reprendra.
Dans la chaîne des Puys cette série apparaît plus imbriquée avec les autres, d'où, dans les synrelevés, des syntaxons qui proviennent des séries voisines.

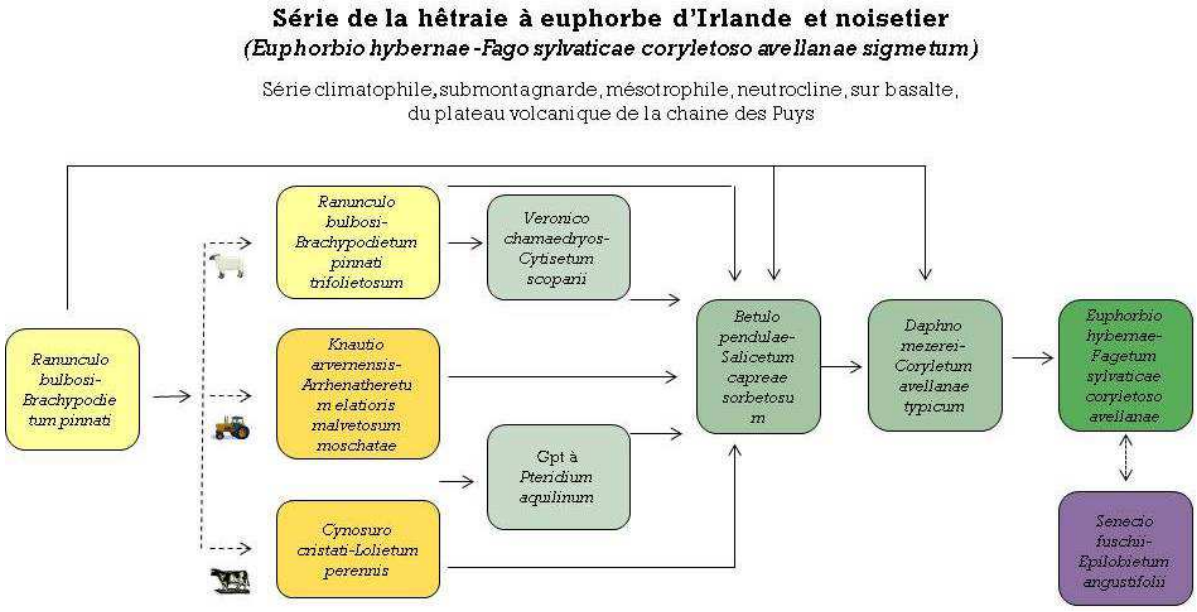


Figure 47 : diagramme d'affinité dynamique de la série de la Hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier.

Degré de naturalité/anthropisation, état de conservation : le plateau basaltique est occupé sur une grande surface par des plantations d'épicéas ; en particulier au sud du col de Ceyssat, au nord-ouest du col des Goules. A l'est, en limite avec le plateau cristallin, les parcelles sont utilisées pour la fauche ou le pâturage bovin. On compte beaucoup de secteurs abandonnés occupés par les boulaies. La hêtraie est surtout présente entre les puys, à l'ouest du puy de Dôme et dans la partie sud vers les puys de la Vache et Lassolas, secteurs où l'on trouve également la pelouse à Renoncule et Brachypode. C'est une série qui est soumise à une pression anthropique plus intense et diversifiée que celles des puys. Certains secteurs épargnés par les plantations, sujets à un pâturage extensif ou à une dynamique de reconquête forestière, sont dans un bon état de conservation comme par exemple la base est du petit puy de Dôme où les terres noires à l'ouest du puy de Dôme.

Intérêt patrimonial : la pelouse du *Ranunculo bulbosii-Brachypodietum pinnati* correspond à l'habitat d'intérêt européen n°**6210**.

Permasérie associée : aucune

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie submontagnarde du plateau volcanique de la chaîne des Puys (*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae coryletoso avellanae geosigmetum*).

2.2.7 Sous-série climatophile à Oeillet de Montpellier et Brachypode penné de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier

(*Euphorbio hybernae-Fago sylvestris coryletoso avellanae sigmetum Diantho monspessulani-Brachypodio pinnati sigmetosum* [EH-FS-C-DB])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 183 du tableau 36 ; polygone SIG : 433

Tableau 36 : synrelevés de la sous série EH-FS-C-DB

N° synrelevé	183	28	47
Localité	Puy des Goules	Puy de Côme	Versant sud du Pariou
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	433	41	63
Surface du synrelevé (ha)	23	57	54
Altitude moyenne (m)	1090	1140	1130
Exposition (degrés)	180	158	180
Pente moyenne (degrés)	23	24	19
Région phyto-écologique	XD 34	XD 34	XD 34
Nombre de syntaxons	4	4	5
Associations forestières			
Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae coryletosum avellanae	2	2	1
Associations arbustives			
Daphno mezerei-Coryletum avellanae stachyetosum officinalis	3	4	2
Daphno mezerei-Coryletum avellanae		1	
Associations herbacées			
Diantho monspessulani-Brachypodietum pinnati	3	2	3
Centaureo nigrae-Vicietum orobi knautietosum dipsacifoliae	1		
Groupement a Rumex acetosella et Scleranthus			+
Permasérie associée			
Biscutello lamottei-Galeopsietum segeti			+

Écologie : sous-série climatophile de l'étage montagnard située entre 1040 et 1240 m d'altitude, sur cônes de scories basaltiques, trachy-basaltiques ou trachy-andésitiques ayant subi pour la plupart des recouvrements de pyroclastites trachytiques. Les sols sont des andosols peu différenciés qui se développent sur projections volcaniques et sur scories très divisées. Les végétations qui composent la série sont thermoclines et acidiclines à neutroclines selon les différents stades dynamiques. Les indices d'Ellenberg de nutriments et de réaction acidobasique pour chacun des 3 synrelevés sont donnés dans la figure 48 ; on constate que la tessella est oligomésotrophe.

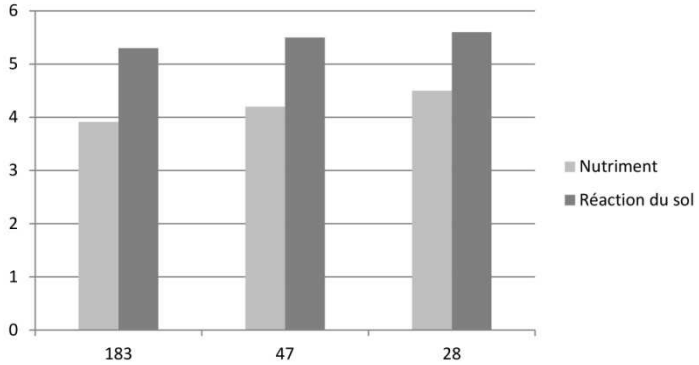


Figure 48 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction du sol, calculées à partir des 3 synrelevés effectués dans la sous-série à Œillet de Montpellier et Brachypode penné de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier.

Chorologie (figure 35a et photo 27) : cette sous-série se localise sur les versants des cônes de scories de la partie centrale et nord de la chaîne des Puys, aux expositions favorables, sud et est. Elle se situe sur les puys de Côme, Pariou, Fraisse, des Goules, Chaumont, Louchadière et sur le grand Suchet. Elle occupe une surface de 237.85 ha, ce qui représente 2.5% de la surface totale de la chaîne des Puys et 0.5% sur l'ensemble du secteur d'étude. Elle est à rechercher dans l'étage montagnard sous influence atlantique des monts Dore et du Cantal, sur adrets et roche volcanique peu acide.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures qui entraînera partout l'extinction de la série. Elle laissera place à la sous-série de la hêtraie mixte à noisetiers et Fléole de Bohemer (EH-FS-C-PF) pour laquelle les conditions thermiques et de xéricité du substrat conviendront. La dynamique de la sous-série n'aboutira pas à la forêt mature mais sera bloquée au stade corylaie à Bétoine ou pinède à Œillet de Montpellier.

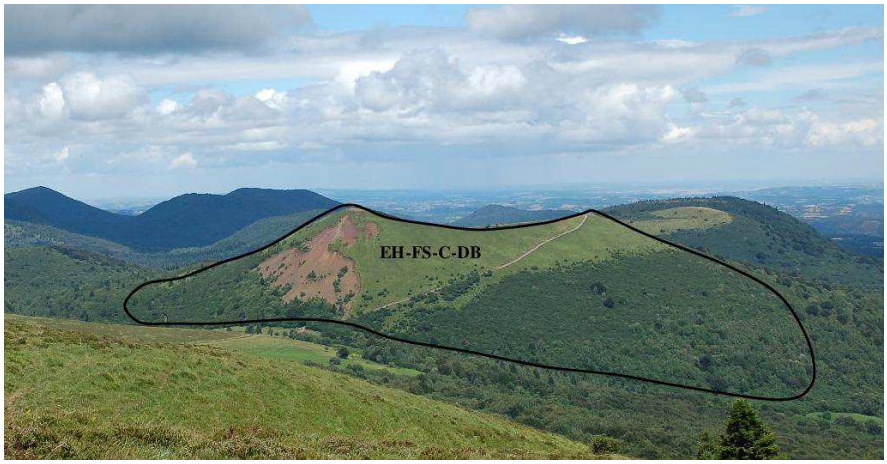


Photo 27 : sous-série à Œillet de Montpellier et Brachypode penné de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier (EH-FS-C-DB) sur les versants sud et sud-est du Pariou.

Composition de la série et dynamique (figures 49 et 50) : la pelouse naturelle correspond à l'association du *Diantho monspessulani-Brachypodietum pinnati typicum* ; sous l'action du pâturage ovin elle peut se transformer en une sous-unité plus mésotrophile et basicline à Marguerite (*leucanthemetosum*). L'action érosive due au piétinement favorisera l'installation d'une pelouse pionnière à petite Oseille et Scléranthe (groupement à *Rumex acetosella* et *Scleranthus*). Après abandon du pâturage, ces pelouses sont envahies par des ourlets en nappe à Centaurée noire, Vesce orobe et Knautie à feuilles de cardère (*Centaureo nigrae-Vicietum orobi knautietosum dipsacifoliae*). Ceux-ci préparent l'arrivée de la corylaie à bois-gentil et Bétoine (*Daphno mezerei-Coryletum stachyetosum*) qui évoluera vers la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier.

Un profil socio-écologique topostationnel (PSET, figure 50) a été effectué dans cette sous série, plus précisément sur le puy des Goules. Cela a permis d'observer sur le terrain les étapes dynamiques qui sont toutes présentes le long d'une toposéquence linéaire.

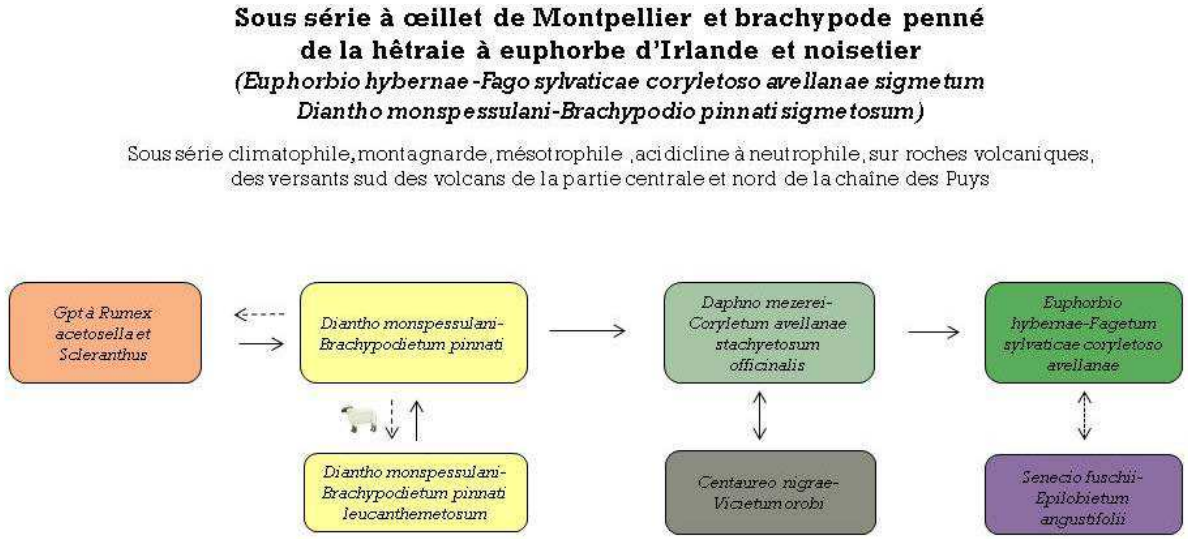


Figure 49 : diagramme d'affinité dynamique de la sous-série à Œillet de Montpellier et Brachypode penné de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier.

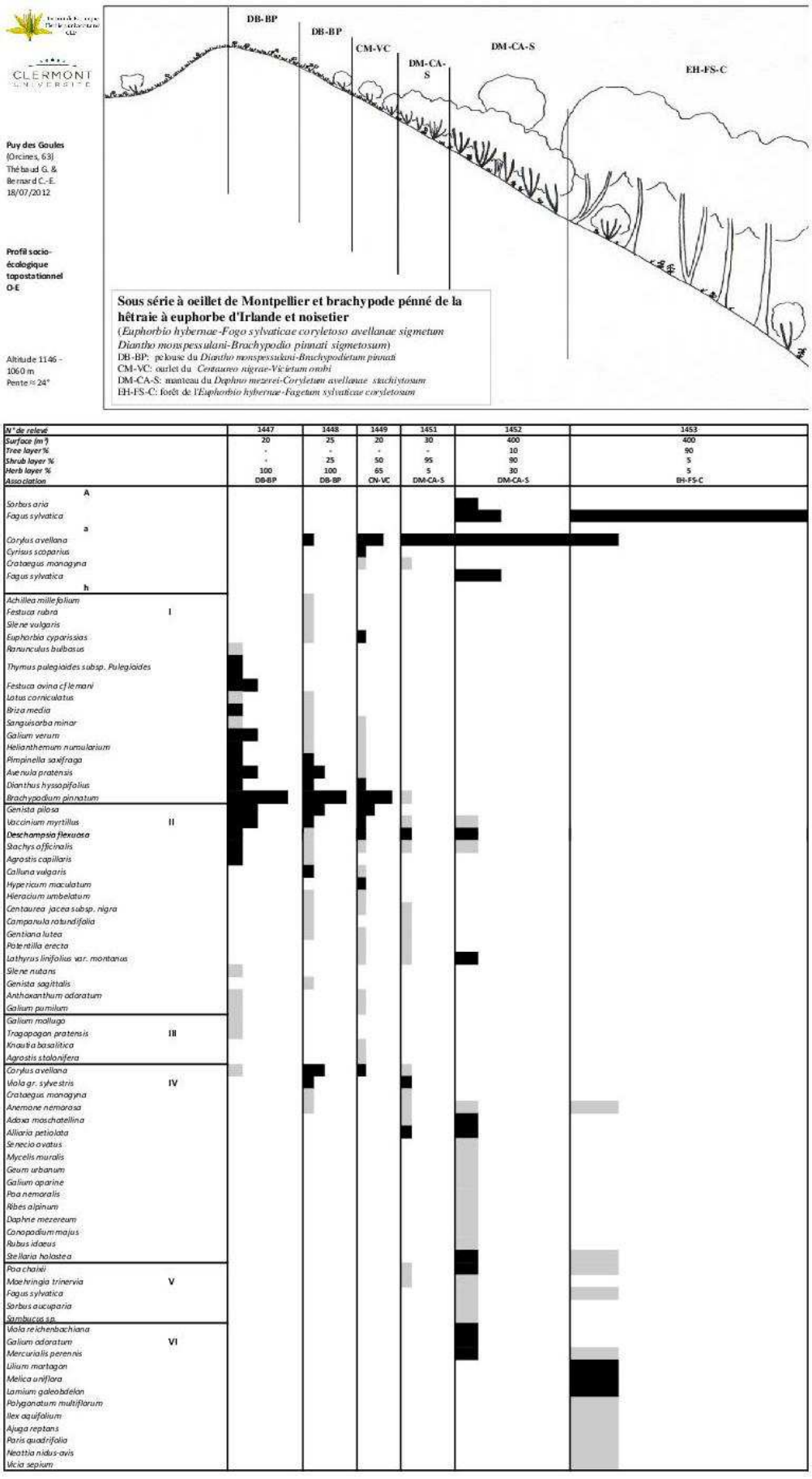


Figure 50 : profil socio-écologique topostationnel effectué au puy des Goules, dans la sous-série à Œillet de Montpellier et Brachypode penné de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier. D'après Bernard *et al.* 2012a, modifié.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : ces secteurs étaient utilisés depuis longtemps sous forme d'un pâturage ovin extensif qui a subi un déclin au début du XXème siècle. Aujourd'hui certains de ces puys sont encore pâturés, comme le sommet du puy de Côme, le grand Suchet, le Pariou, le puy des Goules. Quelques secteurs apparaissent eutrophisés, voire même érodés aux lieux de cantonnement du bétail (sommet du grand Suchet). Ces zones n'ont pas été enrésinées étant données les conditions stationnelles contraignantes (forte pente, xéricité). Certains puys (Pariou, Goules) sont fréquentés par un flux de randonneurs important qui est canalisé par des aménagements (chemins balisés et escalier de bois), les autres puys sont moins fréquentés ou même fermés au public comme le puy de Côme.
La sous-série est dans un bon état de conservation, la dynamique de la végétation est active et toutes les étapes, de la pelouse à la tête de série sont présentes.

Intérêt patrimonial-la pelouse du *Diantho monspessulani-Brachypodietum pinnati* correspond à l'habitat d'intérêt européen n° **6210** et le groupement à *Rumex acetosella* et *Scleranthus* au n° **8230**.

Permasérie associée-*Biscutello lamottei-Galeopsio segeti permasigmetum*

Géosérie- cette série fait partie de la géosérie montagnarde des cônes de scories basaltiques (*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae geosigmetum*).

2.2.8 Sous-série édaphoxérophile à Fléole de Boehmer, Fétuque de Léman et Campanule agglomérée de la série à Hêtre, Euphorbe d'Irlande et Noisetier

(*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae coryletoso avellanae sigmetum Phleo phleoidis-Festuco lemanii campanuletoso glomeratae sigmetosum* [EH-FS-C-PF])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 14 du tableau 37 ; polygone SIG : 17

Tableau 37 : synrelevés de la sous série EH-FS-C-PF

N° synrelevé	14	11	23	9
Localité	Puy de Vichatel	Puy de la Vache	Puys de Barme	Puy de Montchal
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	17	5	32	10
Surface du synrelevé (ha)	46	6.6	38	16.8
Altitude moyenne (m)	1020	1135	950	1045
Exposition (degrés)	180	180	-	180
Pente moyenne (degrés)	15	29	5	21
Région phyto-écologique	XD 34	XD 34	XD 34	XD 34
Nombre de syntaxons	4	3	3	1
Communautés forestières				
Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae coryletosum avellanae	3		4	5
Communautés arbustives				
Daphno mezerei-Coryletum avellanae stachyetosum officinalis	3	4	2	
Daphno mezerei-Coryletum avellanae	1			
Communautés herbacées				
Phleo phleoidis-Festucetum lemanii campanuletosum glomerati	1	2	2	
Permasérie associée				
Biscutello lamottei-Galeopsietum segeti		+		

Écologie : sous-série édaphoxérophile de l'étage submontagnard située entre 960 et 1150 m d'altitude, sur basalte et trachybasalte. Les sols sont des andosols sur cendres basaltiques, leur pH est plus élevé (5,7-6,4) que dans la partie nord et ils contiennent moins de matière organique (Legrand *et al.* 2007) ; leur épaisseur est faible et la réserve en eau très limitée. Cette sous-série traduit une remontée de l'étagement de la végétation dans cette zone d'abri. Les indices d'Ellenberg de nutriments et de réaction acidobasique pour chacun des 4 synrelevés sont donnés dans la figure 51 ; on constate que la tessella est oligotrophe et neutrocline.

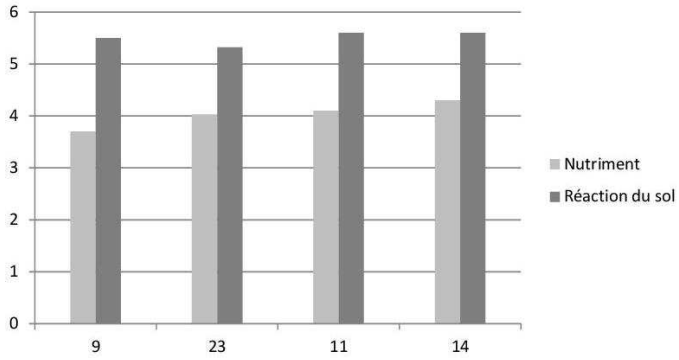


Figure 51 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction du sol, calculées pour les 4 synrelevés effectués dans la sous-série à Fléole de Boehmer et Fétuque de Léman de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier.

Chorologie (figure 35a et photos 28 et 29) : cette sous-série se localise aux expositions favorables des versants des cônes de scories de la partie sud de la chaîne des Puys. On la trouve sur les puys de la Vache, de la Mey, de Mercoeur, Vichatel, Pourcharet, Montjuger, Montchal et Barme. Elle occupe une surface de 175 ha, ce qui représente 1.9% de la surface totale de la chaîne et 0.3% sur l'ensemble du secteur d'étude. La sous-série est également présente sur les cheires Hautes (puys de la Vache et Lassolas) secteur non comptabilisé dans la surface totale. Cette sous-série est peut-être endémique de la chaîne des Puys.



Photo 28 : corylaie à Bois gentil et Germandrée officinale sur les scories du versant sud et du puy de la Vache.

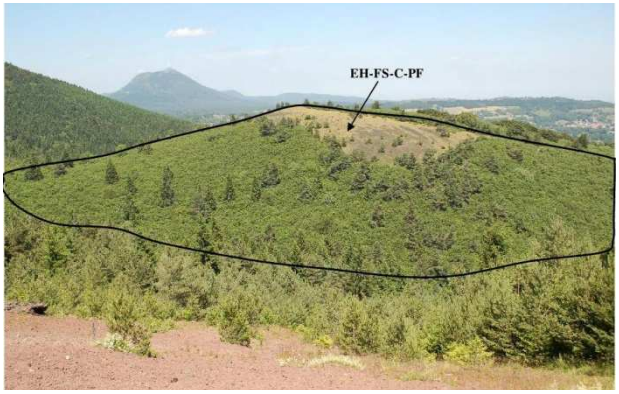


Photo 29 : sous-série à Fléole de Boehmer, Fétuque de Léman et Campanule agglomérée (EH-FS-C-PF) sur le versant sud du puy de la Mey.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures qui entraînera une intensification de la xéricité sur ces versants sud, en condition d'abri. La série actuelle disparaîtra de ces zones, pour s'étendre sur

le plateau basaltique de l'ensemble de la chaîne et sur les versants sud des cônes de la partie centrale et nord. Elle laissera place à la série édaphoxérophile de la pinède à Oeillet de Montpellier (DM-PS). Les perturbations de régime sud-ouest maintiendront d'autant plus ces forêts pionnières.

Composition de la série et dynamique (figure 52) : la végétation de départ est une pelouse xérophile à Fléole de Boehmer, Fétuque de Léman et Campanule agglomérée (*Phleo-Festucetum campanuletosum*). Particulièrement sensible à l'érosion en versant sud et forte pente elle peut régresser facilement sous forme d'une végétation pionnière ouverte à Petite oseille et Scléranthe (groupement à *Rumex acetosella* et *Scleranthus*), puis en zone érodée ; ceci sous la pression des troupeaux ou des promeneurs. Les pins sylvestres s'installent d'abord sur cette pelouse puis sont rejoints par les noisetiers pour former une corylaie dense thermophile (*Daphno-Coryletum stachyetosum*). La tête de série est la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier, mais la dynamique est lente car sur les versants chauds et secs le hêtre est moins compétitif. De telles hêtraies, rares en versant sud, sont toutefois visibles sur certains sites comme Montchal et Barme.

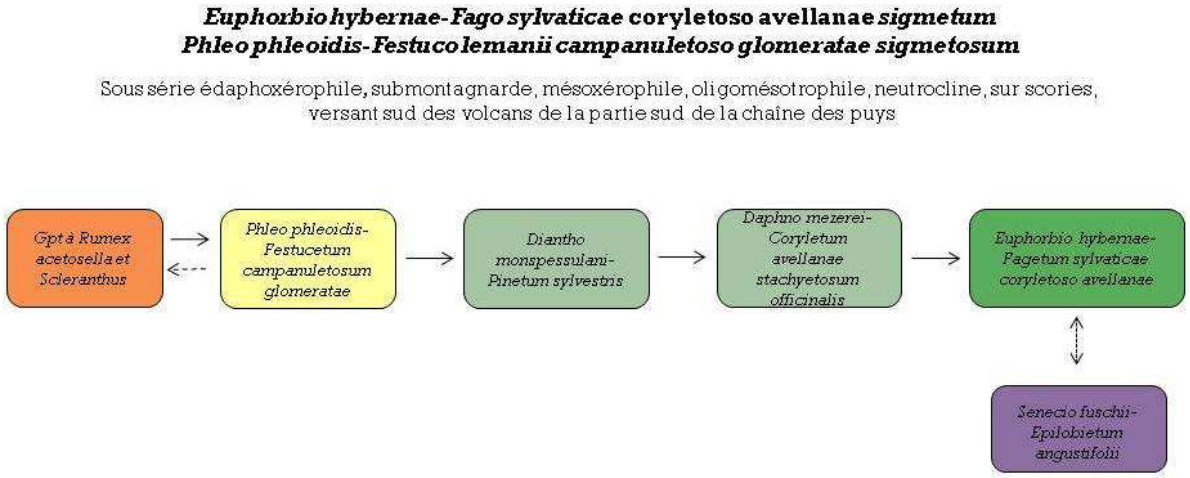


Figure 52 : diagramme d'affinité dynamique de sous série à Fléole de Boehmer, Fétuque de Léman et Campanule agglomérée de la hêtraie à euphorbe d'Irlande et Noisetier.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : les puys de Vichatel et Pourcharet sont pâturés extensivement sur de faibles surfaces, les autres cônes sont occupés par la corylaie et par de jeunes hêtraies. Alors qu'il y a 70 ans, des hêtraies adultes sont visibles sur les versants nord des puys de la zone sud, leurs versants sud apparaissent non boisés à cette époque. Seul le puy de Montchal, comme on peut le voir au centre de la photo 30 voit à cette époque la hêtraie s'implanter sur son versant sud. C'est aujourd'hui la forêt la plus proche de la tête de série.
Le puy de Mercœur est en partie recouvert par une plantation d'épicéas.
Les cônes de scories ont longtemps fait l'objet d'exploitation intensive de pouzzolane ; on a dénombré jusqu'à 60 carrières dans les années 70 et aujourd'hui seules deux sont encore en activité (hors de notre zone d'étude). Mais de nombreux puy ont été "grignotés" par ces exploitations, comme le puy de la Vache, les puys de Barme...
Seuls les puys de la Vache et Lassolas sont fréquentés par un flux de randonneurs important qui est canalisé par des aménagements (chemins balisés et escaliers de bois) mais ils souffrent néanmoins de cette sur-fréquentation.

La sous-série est actuellement dans un bon état de conservation dans la zone d'étude, sauf à Mercœur.

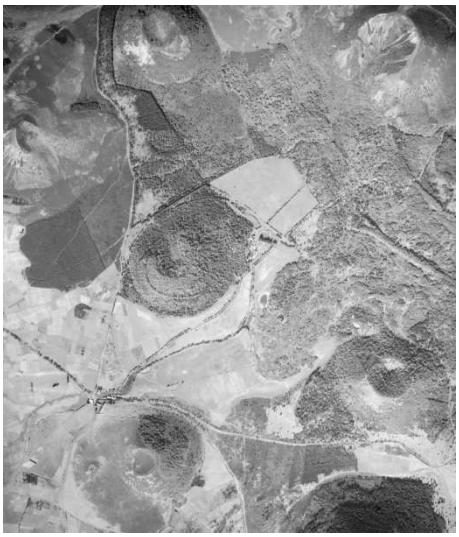


Photo 30 : cliché de 1946 de la partie sud de la chaîne des Puys (IGN). Au centre le puy de Montchal boisé contrairement aux autres puys ouverts.

Intérêt patrimonial : la pelouse du *Phleo phleoidis-Festuctum campanuletosum glomeratae* correspond à l'habitat d'intérêt européen n° **6210** et le groupement à *Rumex acetosella* et *Scleranthus* au n° **8230**.

Permasérie associée : *Biscutello lamottei-Galeopsio segeti permasigmetum*

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie montagnarde des cônes de scories basaltiques (*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae geosigmetum*).

2.2.9 Série édaphoxérophile de la pinède à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier

(*Diantho monspessulani-Pino sylvestris sigmetum* [DM-PS])

Synsystématique : *holotypus :* synrelevé 1 du tableau 38 ; polygone SIG : 1

Tableau 38 : synrelevés de la série DM-PS

N° synrelevé	1	132
Localité	Puy de Lassolas	Puy de Combegrasse
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	1	378
Surface du synrelevé (ha)	37	0.15
Altitude moyenne (m)	1080	1060
Exposition (degrés)	180	180
Pente moyenne (degrés)	22	10
Région phyto-écologique	XD 34	XD 34
Nombre de syntaxons	5	3
Communautés forestières		
Diantho monspessulani-Pinetum sylvestris	4	4
Communautés herbacées		
Festuco filiformis-Callunetum vulgaris	2	2
Groupement a Rumex acetosella et Scleranthus	1	1
Ranunculo bulbosii-Brachypodietum pinnati	1	
Permasérie associée		
Biscutello lamottei-Galeopsietum segeti	+	

Écologie : série édaphoxérophile de l'étage submontagnard située entre 800 et 1160 m d'altitude sur scories basaltiques. Elle occupe des stations particulièrement xériques avec des sols squelettiques ou inexistants. Les végétations qui la composent sont héliophiles et acidiclines. Les indices d'Ellenberg de nutriments et de réaction acidobasique pour les 2 synrelevés sont donnés dans la figure 53 ; la tessella de cette série est oligotrophe.

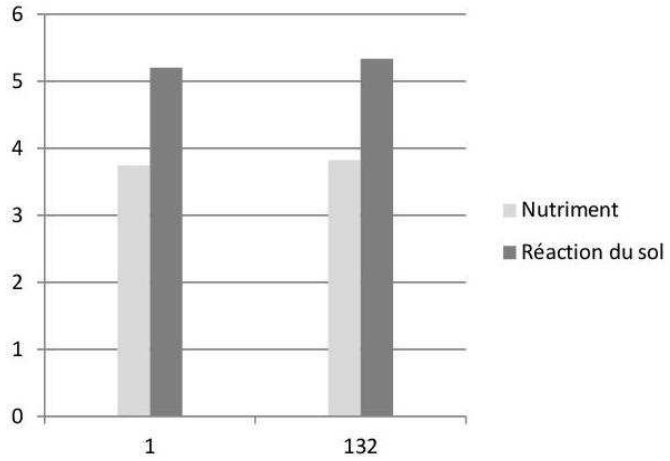


Figure 53 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction du sol, calculées à partir des 2 synrelevés effectués dans la série de la pinède à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier.

Chorologie (figure 35a et photos 31 et 32) : la série de la pinède à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier se localise sur les adrets des versants des cônes de scories de la partie sud de la chaîne des Puys, en particulier aux affleurements rocheux ou scoriacés. Elle est souvent en mosaïque avec la sous-série à Fléole de Boehmer, Fétuque de Léman et Campanule agglomérée de la série à Hêtre, Euphorbe d'Irlande et Noisetier, dans les secteurs où les sols sont les moins évolués. On la trouve sur les puys de la Lassolas, de la Mey et de la Combegrasse. Elle occupe une surface de 45 ha, ce qui représente 0.5% de la surface totale de la chaîne des Puys et 0.01% sur l'ensemble du secteur d'étude. Cette série se rencontre également dans les cheires, sur les convexités rocheuses volcaniques et anciennes crêtes de progression des coulées de laves Elle est peut-être endémique de la chaîne au sens large ; à rechercher toutefois sur d'autres cônes stromboliens récents (Velay…).



Photo 31 : série de la pinède à Pin sylvestre Œillet de Montpellier sur le versant sud du puy de Lassolas.



Photo 32 : série de la pinède à Pin sylvestre Œillet de Montpellier sur scories au puy de la Combegrasse.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures qui entraînera une intensification de la xéricité qui favorisera l'essor de cette série. Elle débordera des secteurs actuels pour s'étendre sur les versants sud de la partie sud de la chaîne. Ces pinèdes en souffrances n'occuperont jamais tout l'espace, laissant place aux pelouses pionnières à Scléranthe et Rumex ou à la permasérie à Biscutelle.

Composition de la série et dynamique (figure 54 et figure 55) : le stade de départ est la lande xérophile à Fétuque filiforme et Callune (*Festuco filiformis-Callunetum vulgaris*), dans les zones les plus érodées se développe une végétation pionnière à Petite oseille et Scléranthe (groupement à *Rumex acetosella* et *Scleranthus*). Puis s'installent les pinèdes stationnelles stables à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier (*Diantho-Pinetum*) car dans ces conditions stationnelles très contraignantes le Hêtre n'est plus très concurrentiel. A proximité des éboulis les plus pentus (puy de Lassolas) la série côtoie la permasérie à Biscutelle de Lamotte et Galeopsis des moissons (*Biscutello lamottei-Galeopsio segeti permasigmetum*).
Un profil socio-écologique topostationnel (PSET) a été effectué dans cette série, plus précisément sur le puy de la Combegrasse. Cela a permis d'observer sur le terrain les étapes dynamiques qui sont toutes présentes le long d'une toposéquence linéaire.

Série de la Pinède à pin sylvestre et œillet de Montpellier
(Diantho monspessulani-Pino sylvestris sigmetum Roux)

Série édaphoxérophile, submontagnarde, oligotrophile, acidicline, sur scories basaltiques, versant sud des volcans de la partie sud de la chaîne des Puys,

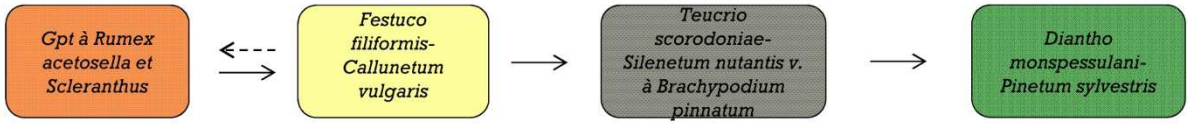


Figure 54 : diagramme d'affinité dynamique de la série la pinède à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier.

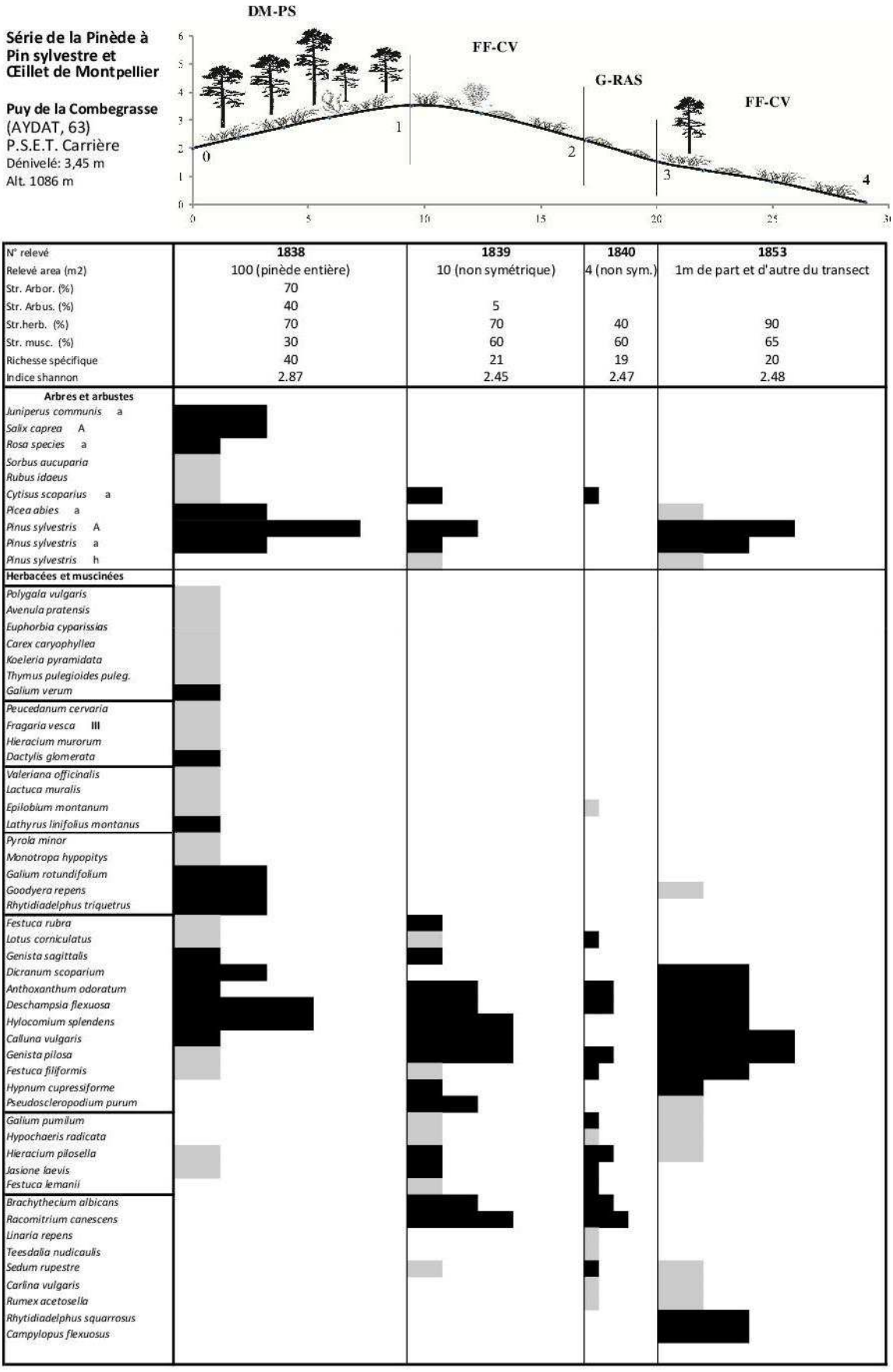


Figure 55 : profil socio-écologique topostationnel effectué au puy de la Combegrasse, dans la série de la pinède à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier. DM-PS : *Diantho monspessulani-Pinetum sylvestris*; FF-CV: *Festuco filiformis-Callunetum vulgaris* et G-RAS: groupement à *Rumex acetosella* et *Scleranthus.* D'après Thébaud *et al.* 2015, modifié.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : cette série est peu présente sur les puys de la zone d'étude ; nous n'avons trouvé que 3 puys concernés.
Le puy de la Mey n'est pas soumis au pâturage et n'est pas fréquenté par les randonneurs. La dynamique est encore au stade de lande autour de scories mises à nue avec quelques pins sylvestre.
Le puy de Lassolas, marqué par de grandes coulées et éboulis de scories comporte des secteurs importants occupés par cette série. Ces zones, non pâturables, sont incluses dans un parcours de randonnée mais qui reste cantonné aux crêtes du cratère.
Le puy de la Combegrasse, non représenté sur la carte des séries mais en limite sud, a été déboisé en 2013 afin d'ouvrir la zone pour mettre en place un pâturage ovin. Seule la pinède située sur l'ancienne carrière (photo 32) a été laissée en place (1500 m²) et mise en défends pour en suivre l'évolution naturelle. Elle a fait l'objet d'un profil socio-écologique topo-stationnel (figure 55).
Sur les puys de Lassolas et de la Mey la série est dans un bon état de conservation.

Intérêt patrimonial : la lande du *Festuco filiformis-Callunetum vulgaris* correspond à l'habitat d'intérêt européen n° **4030** et le groupement à *Rumex acetosella* et *Scleranthus* au n° **8230**.

Permasérie associée : *Biscutello lamottei-Galeopsio segeti permasigmetum*

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie montagnarde des cônes de scories basaltiques (*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae geosigmetum*).

2.2.10 Permasérie édaphoxérophile à Biscutelle de Lamotte et Galéopsis des champs

(*Biscutello lamottei-Galeopsio segeti permasigmetum* [BL-GS])

Synsystématique : *holotypus :* synrelevé 1 du tableau 38 ; polygone SIG : 1

Écologie : permasérie oligotrophe d'éboulis de scories sur pente forte atteignant ou non le seuil de mobilité (pente : 35°, Coquillard *et al.* 1991).

Chorologie (figure 35a et photo 33) : localisée dans la chaîne des Puys sur les cônes de scories (Pariou, la Vache, Lassolas...) et sur certains puys au niveau de la faille d'escarpement (Grave Noire et Montpoly).



Photo 33 : permasérie à Biscutelle de Lamotte et Galéopsis des champs sur les éboulis de scories du puy de Lassolas.

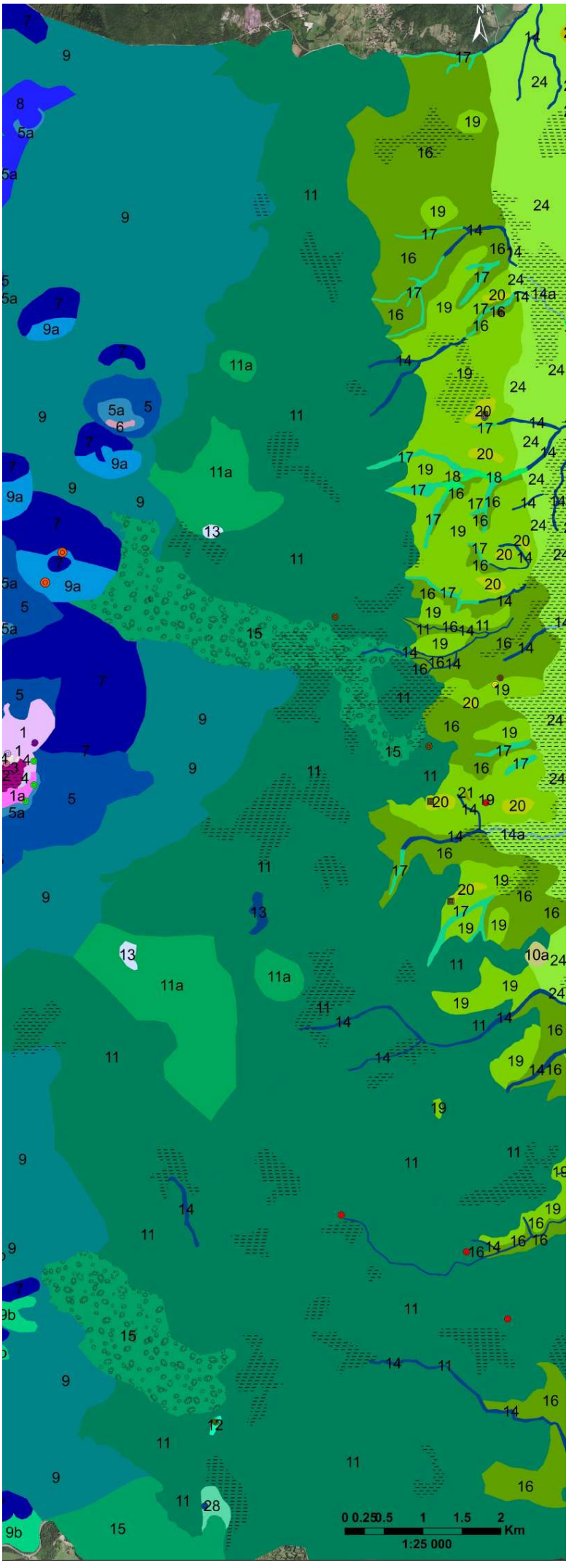
Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : la permasérie sera favorisée, la mobilité des éboulis et la xéricité, facteurs limitants de la permasérie étant maintenus, voir amplifiés. Les stations occupées actuellement pourront être étendue aux pentes érodées résultant de l'intensification des précipitations estivales sous forme d'orages violents.

Dynamique : stable.

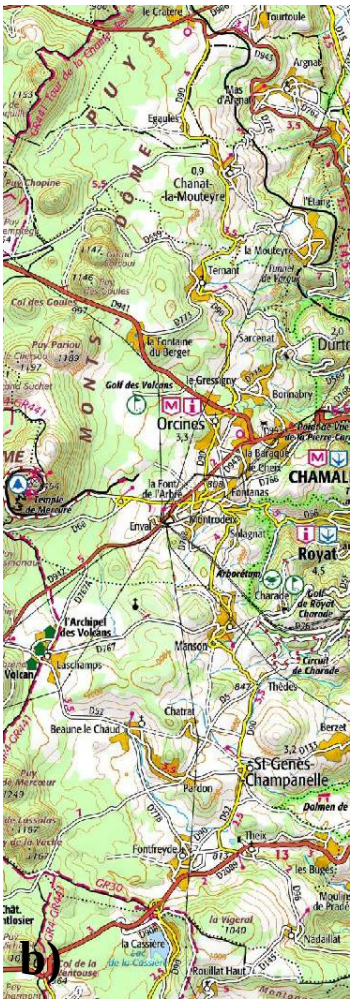
État de conservation : bon état de conservation mais risque d'embuissonnement possible en fonction du degré de la pente.

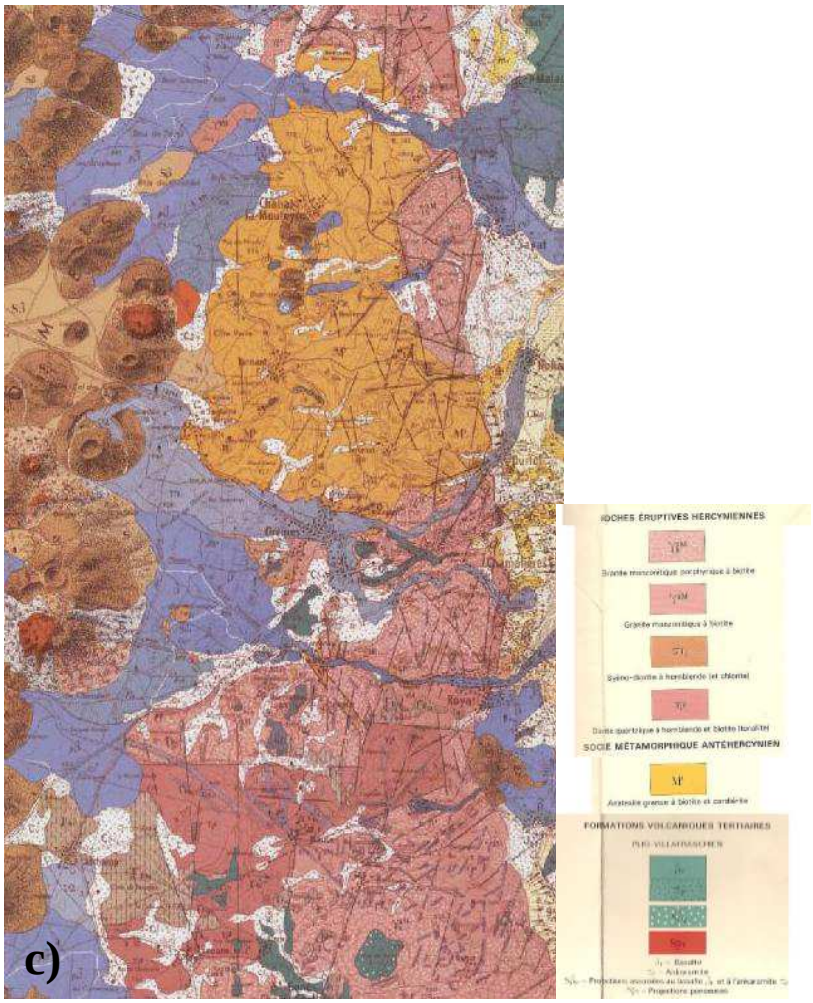
Intérêt patrimonial : cette communauté correspond à l'habitat d'intérêt européen n° **8050**, elle est endémique des monts d'Auvergne et spécialement de la chaîne des Puys.

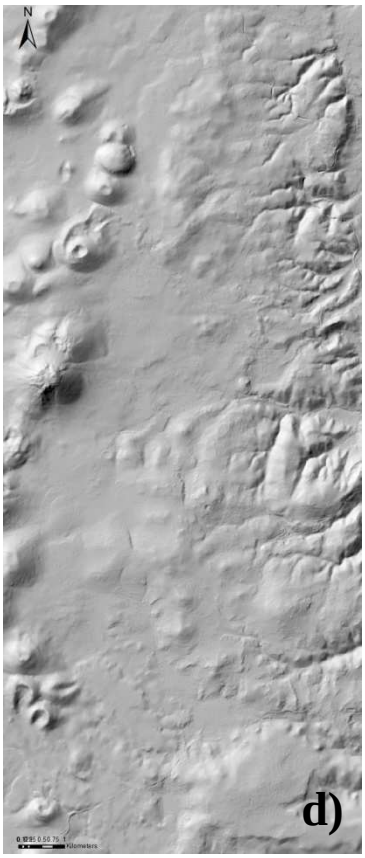
Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géopermasérie des éboulis de scories (*Biscutello lamottei-Galeopsio segeti geopermasigmetum*) et est associée à la géosérie montagnarde des cônes de scories basaltiques (*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae geosigmetum*).

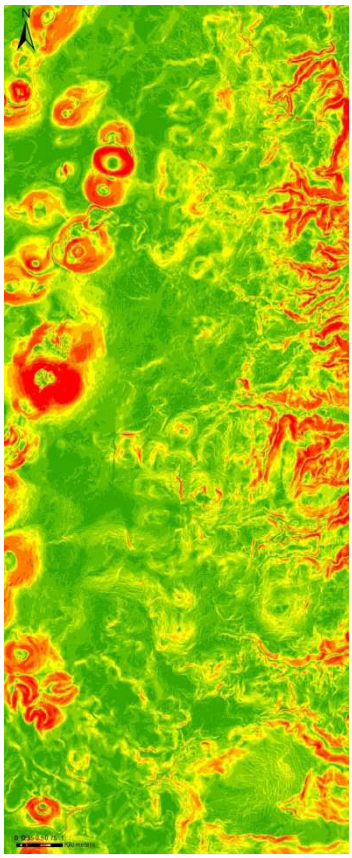

N
0 0.250.5 1 1.5 2 Km
1:25 000
a)
Zones urbanisées
11 PM-FS-S
11a PM-FS-S-FG
12 SPA
13 CO-AG
14 IN-AG
15 G-cheires
16 SRC
POA
GP-CR
SR-HP
CF-PV

2.3 Séries de végétation du plateau (9109 ha)









e)

0 - 2.451032975
2.451032976 - 5.570529489
5.57052949 - 8.912847182
8.912847183 - 12.47798606
12.47798607 - 16.26594611
16.26594612 - 20.49954852
20.49954853 - 25.17879329
25.1787933 - 31.41778632
31.41778633 - 56.59657961

Figure 56 : cartographies de la chaîne des Puys extraites du SIG. a) séries de végétation et légende ; les tirets signalent les villages. b) carte IGN. c) carte géologique 1/50 000 qui se termine au niveau de Saint-Genès-Champanelle au sud, le reste de la zone sud n'ayant pas été cartographié. Et légende simplifiée (BRGM). Obtenus à partir du MNT : d) relief ; e) pente.

2.3.1 Série climatophile de la hêtraie à Sceau de Salomon multiflore et Alisier

(*Polygono multiflori-Fago sylvaticae sorbetoso ariae sigmetum* [PM-FS-S])

Synsystématique : *holotypus :* synrelevé 59 du tableau 39 ; polygone SIG : 78

Tableau 39 : synrelevés de la série du PM-FS-S

N° synrelevé	19	22	107	63	62	55	64	61	58	59	53	56	15
Localité	Laschamps	Beaune le Chaud	Charade	Le Gressigny	Orcines	Puy de la Charité	L'Etang	Manson	Le Vigeral	Chatrat Berzet	Puy de Berzet	Le Vigeral	Fonfreyde
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	27	31	299	85	84	72	86	83	76	78	70	74	18
Surface du synrelevé (ha)	429	367	57	427	544	20	522	631	708	865	119	1023	206
Altitude moyenne (m)	960	910	810	850	780	740	830	820	830	860	880	880	890
Exposition (degrés)	toutes	toutes	toutes	toutes	toutes	toutes	toutes	toutes	toutes	toutes	toutes	toutes	toutes
Pente moyenne (degrés)	5	5	14	8.5	6	8.7	8.6	10	8.6	9	9.5	10	6
Région phyto-écologique	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29
Nombre de syntaxons	7	5	3	8	8	7	11	12	8	8	2	5	5
Communautés forestières													
Polygonato multiflori-Fagetum sylvaticae sorbetosum ariae			2	+	2	2	2	2	2	2	2	3	3
Groupement à *Fraxinus excelsior* et *Geum urbanum*	1	1	3	2	2	3	2	2	2	2			
Polygonato multiflori-Fagetum sylvaticae							+						
Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae coryletosum avellanae							1						
Teucrio scorodoniae-Pinetum sylvestis				+									
Plantation	1						+	1					
Communautés arbustives													
Betulo pendulae-Salicetum capreae sorbetosum ariae		2		1			1						2
Roso micranthae-Prunetum spinosae rubetosum gillotii								1		2	2		
Rubo ulmifolii-Ulmetum minoris					2			1	2				
Lonicero periclymeni-Coryletum avellanae								1					
Pruno spinosae-Rosetum vosagiacae	1												
Lonicero xylostei-Viburnetum lantanae				+									
Rubo gillotii-Sambucetum nigrae							2						
Daphno mezerei-Coryletum avellanae													2
Communautés herbacées													
Pulsatillo rubrae-Dactylorhizetum sambucinae						1							
Agrostio capillaris-Saxifragetum granulatae						2			2	1			
Groupement à *Cytisus scoparius* et *Holcus mollis*						1							
Festuco rubrae-Genistetum sagittalis					+								
Veronico chamaedryos-Cytisetum scoparii	+												
Genisto pilosae-Callunetum vulgaris								+					
Airo caryophyllea-Festucetum ovinae						+							
Knautio arvernensis-Arrhenatheretum elatioris	4			2	3	2				2		2	2
Knautio arvernensis-Arrhenatheretum elatioris malvetosum moschatae		2					3	3	4	3	3	3	
Cynosuro cristati-Lolietum perennis	2	3	1	2	3		2	2		2	2		2
Heracleo lecoqii-Arrhenatheretum elatioris heracleetosum lecoqii v. cirses	1							1					
Heracleo lecoqii-Arrhenatheretum elatioris heracleetosum lecoqii		2											
Heracleo spondylii-Polygonetum bistortae									1				
Senecioni fuchsii-Epilobietum angustifolii							+					1	
Chaerophylletum aurei							1		1			2	1
Alliario petiolatae-Chaerophylletum temuli					1								
Groupement à *Pteridium aquilinum*								+					
Groupement à *Galium mollugo* et *Urtica dioica*								+					
Permasérie associée													
Sedo rupestris-Hieracietum pilosellae									+	+			
Groupement à *Cystopteris fragilis* et *Polypodium vulgare*				+	+								

Écologie : série climatophile de l'étage submontagnard, entre 720 et 1000 m d'altitude, surtout sur roches cristallines, granites, anatexites, diorites, profondément arénisés, moins fréquemment sur basaltes anciens antérieurs à la chaîne des Puys (puy de Berzet, puy de Charade, la Vigeral…). Sur roche cristalline les sols sont de type brunisol avec une réserve en eau liée à la profondeur du sol car leur capacité de rétention en eau est faible. Ils sont correctement pourvus en matière organique. Ce sont des sols adaptés à la production fourragère. Sur basaltes anciens les sols sont surtout de type brun andique, avec une meilleure capacité de rétention en eau. Les indices d'Ellenberg de nutriments et de réaction acidobasique pour chacun des 13 synrelevés sont donnés dans la figure 57 ; on constate que la tessella est oligomésotrophe à mésotrophe et acidicline à neutrocline.

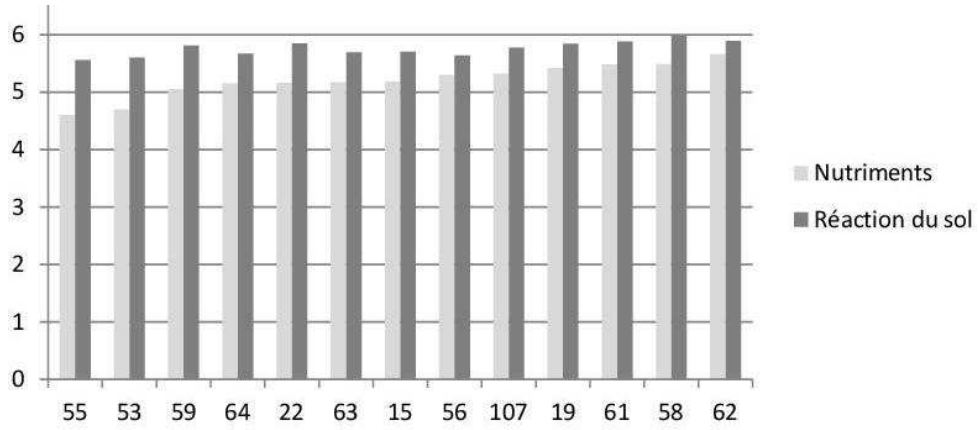


Figure 57 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction acidobasique du sol, calculées pour chaque synrelevé effectué dans la série de la hêtraie à Sceau de Salomon multiflore et Alisier.

Chorologie (figure 56a et photos 34 et 35) : la série de la hêtraie à Sceau de Salomon et Alisier occupe la grande majorité du plateau. Elle est délimitée à l'ouest par le plateau volcanique et à l'est par les gorges. Elle occupe une surface de 7780 ha, ce qui représente 85% de la surface totale du plateau et 15% sur l'ensemble du secteur d'étude. Cette série se trouve également dans les cheires qui traversent le plateau cristallin lorsque l'altitude décroît, vers les rebords de la faille. En Auvergne on trouve cette série sur le plateau cristallin arénisé plus au nord jusqu'en Basse Combraille, où elle laisse place à une série de chênaie-hêtraie plus thermophile (*Luzulo sylvaticae-Quercetum petraeae* J.-M.Royer, Felzines, Misset & Thévenin 2006). Elle est à rechercher sur d'autres massifs cristallins du Massif central sous influence atlantique atténuée.



Photo 34 : série de la hêtraie Sceau de Salomon et Alisier sous la Croix de Ternant. Au premier plan la prairie du *Knautio-Arrhenatheretum* entourée par des boulaies et la hêtraie.

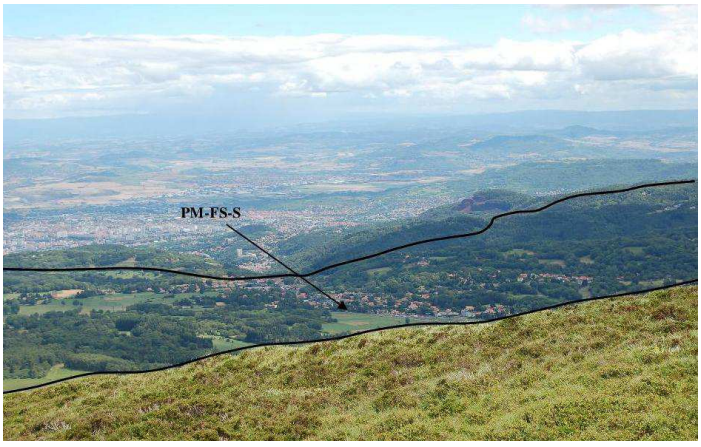


Photo 35 : série de la hêtraie à Sceau de Salomon et Alisier (PM-FS-S) au niveau de la Font de l'Arbre, avec la faille de la Limagne au fond, vue du petit puy de Dôme.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures ; les conditions nécessaires à la série ne seront plus respectées. Le Hêtre encore très présent aujourd'hui, sous forme de chênaies-hêtraies, disparaitra. Le massif cristallin n'offrant pas d'altitudes suffisamment hautes pour héberger cette série dans l'avenir, seule la zone centrale trachytique de la chaîne des Puys fournira des conditions édaphiques et altitudinales satisfaisantes pour l'hébergement de cette série qui remplacera ainsi la série du *Luzulo-Fagetum*. Sur l'aire actuelle, elle laissera place à la série de la chênaie sessiliflore et pubescente à Épervière de Savoie (HS-QP-P) pour laquelle les

conditions thermiques, d'acidité du substrat, de profondeur de sol et d'ensoleillement conviendront. De même dans les milieux asylvatiques les espèces montagnardes présentent disparaitrons au profit de taxons plus thermophiles. Le *Phleo-Festucetum* se généralisera dans les secteurs pâturés et les prairies de fauche prendront l'allure du *Dauco-Arrhenatheretum* en remplacement du *Knautio-Arrhenatheretum*.

Composition de la série et dynamique (figure 58) : le stade de départ est différent selon la profondeur du sol et le degré de xéricité.
En condition mésoxérophile, se développe la pelouse à Pulsatille rouge et Orchis sureau (*Pulsatillo rubrae-Dactylorhizetum sambucinae*) en mosaïque, sur de faibles surfaces et sur un sol plus proche d'un lithosol, avec une végétation pionnière à Canche caryophyllée et Fétuque ovine. Cette pelouse est envahie par la lande haute à Genêt à balais (groupement à *Cytisus scoparius* et *Holcus* mollis) qui se transforme en fruticée épineuse mésoxérophile à Rosier à petites fleurs et Prunellier (*Roso micranthae-Prunetum spinosae rubetosum gillotii*). Ce fourré évolue ensuite vers une forêt pionnière à Frêne et à Benoîte (groupement à *Fraxinus excelsior* et *Geum urbanum*).
En condition mésophile, le stade de départ est une prairie oligomésotrophile à Agrostide capillaire et Saxifrage granulée (*Agrostio capillaris-Saxifragetum granulatae*) sur sol plus profond, après abandon se développera une boulaie à saules et sorbiers, puis la frênaie.
La prairie à Agrostis, lorsqu'elle est amendée, et selon les types de pratiques pastorales, évolue soit en prairie de fauche à Knautie d'Auvergne et Fromental (*Knautio-Arrhenatheretum typicum* ou *malvetosum*) ou à Berce de Lecoq et Fromental (*Heracleo-Arrhenatheretum*) si la prairie est plus riche en nutriment. Soit en prairie pâturée à Crételle des prés et Ray-grass (*Cynosuro-Lolietum*). Après abandon ces prairies sont envahies par un fourré eutrophe et rudéral à Ronce et Sureau noir (*Rubo gillotii-Sambucetum nigrae*) qui évoluera vers la frênaie.
La tête de série est la hêtraie-chênaie à Sceau de Salomon et Alisier (*Polygonato-Fagetum sorbetosum*) qui fait suite à la frênaie.

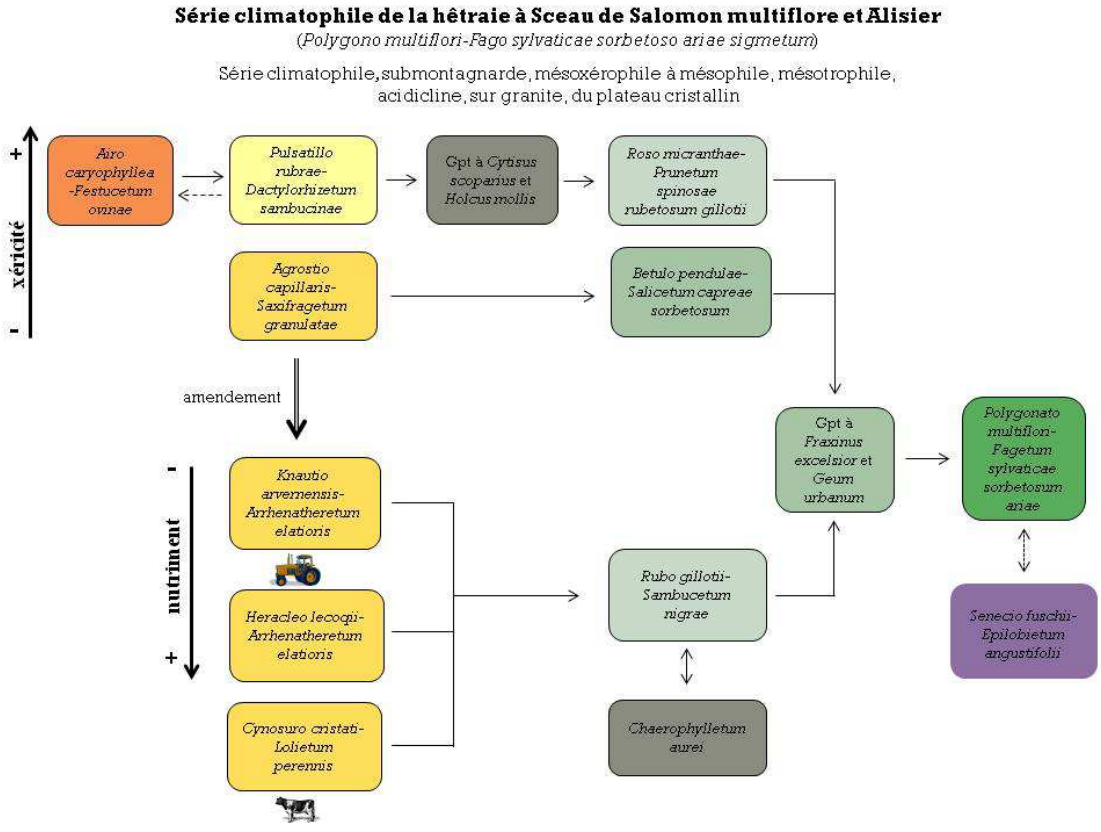


Figure 58 : diagramme d'affinité dynamique de la série de la hêtraie à Sceau de Salomon multiflore et Alisier. En bas trajectoire dynamique anthropique avec prairies amendées au départ et en haut trajectoire plus naturelle avec au départ des pelouses pâturées plus oligotrophiles.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : le plateau est essentiellement occupé par des prairies de fauche ou des pâtures qui sont dédiées à un élevage bovin extensif. Contrairement aux années 50, les cultures ne tiennent plus aujourd'hui qu'une faible place. Certains secteurs sont occupés par des plantations résineuses (Marmoison, Côte Verse...) mais non majoritaires sur le plateau.

De nombreux villages sont présents mais ils sont peu importants et généralement éloignées les uns des autres, sauf dans le secteur de la Baraque/Orcines au pied du puy de Dôme, où des aménagements touristiques ont également été construits. Autour des villages et surtout des fermes ont observe une rudéralisation généralisée et une eutrophisation de la tessella qui a pour conséquence de ralentir l'installation de la hêtraie en favorisant le stade de la frênaie nitrocline.

La tête de série est d'ailleurs très peu présente sur le plateau est lorsque cette hêtraie-chênaie est implantée elle est généralement encore à un stade jeune.

La série de la hêtraie à Sceau de Salomon et Alisier est dans un état de conservation inégal selon les secteurs, ce que traduisent les valeurs de l'indice nutriment de l'histogramme de la figure 57. Elle n'est présente dans sa dynamique naturelle et avec la tête de série que sur quelques sites (puy de la Charité, Berzet/Chatrat, indices des synrelevés 55, 53, 59…) ; les secteurs éloignés des villages sont dans la trajectoire dynamique plus anthropique avec amélioration des prairies. C'est autour des villages et des fermes que la série est la plus perturbée, les végétations eutrophiles et rudérales s'installant (Orcines, indice du synrelevé 62).

Intérêt patrimonial : les prairies du *Knautio arvernensis-Arrhenatheretum elatioris typicum* et *malvetosum,* de l'*Heracleo lecoqii-Arrhenatheretum elatioris* et de *l'Agrostio capillaris-Saxifragetum granulatae* correspondent à l'habitat d'intérêt européen n° **6510**. Et la pelouse du *Pulsatillo rubrae-Dactylorhizetum sambucinae* au n° **6210.**

Permasérie associée : *Sedo rupestris-Hieracio pilosella permasigmetum, Cystoptero fragilis-Polypodio vulgare permasigmetum* et *Filagini minimae-Airo praecocis permasigmetum*

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie submontagnarde du plateau cristallin (*Polygono multiflori-Fago sylvaticae sorbetoso ariae geosigmetum*).

2.3.2 Sous-série climatophile à Fétuque rouge et Genêt à tiges ailées de la série à Hêtre, Sceau-de-Salomon multiflore et Alisier

(*Polygono multiflori-Fago sylvaticae sorbetoso ariae sigmetum Festuco rubrae-Genisto sagittalis sigmetosum* [PM-FS-S-FG])

Synsystématique : *holotypus :* synrelevé 17 du tableau 40 ; polygone SIG : 25

Tableau 40 : synrelevés de la série du PM-FS-S-FG

N° synrelevé	49	17	51	184
Localité	Puy de Manson	Saint-Aubin	Croix de Ternant/Côte Verse	Puy de Perady
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	64	25	67	434
Surface du synrelevé (ha)	31	273	127	14.5
Altitude moyenne (m)	960	960	980	910
Exposition (degrés)	toutes	toutes	toutes	toutes
Pente moyenne (degrés)	11	5	7	7
Région phyto-écologique	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29
Nombre de syntaxons	2	3	4	3
Communautés forestières				
Teucrio scorodoniae-Pinetum sylvestis	1	1		
Polygonato multiflori-Fagetum sylvaticae sorbetosum ariae		+		5
Plantation			3	
Communautés herbacées				
Festuco rubrae-Genistetum sagittalis	5	5	3	1
Groupement à *Cytisus scoparius* et *Holcus mollis*			1	2
Veronico chamaedryos-Cytisetum scoparii			+	

Écologie : sous-série climatophile de l'étage submontagnard, entre 920 et 1020 m d'altitude, sur roche cristalline, anatexite ou diorite. Les sols sont des brunisols peu profonds, la réserve en eau est donc plus faible que dans la série, les végétations sont mésoxérophiles. Les indices d'Ellenberg de nutriments et de réaction acidobasique pour chacun des 4 synrelevés sont donnés dans la figure 59 ; on constate que la tessella est oligomésotrophe et acidicline.

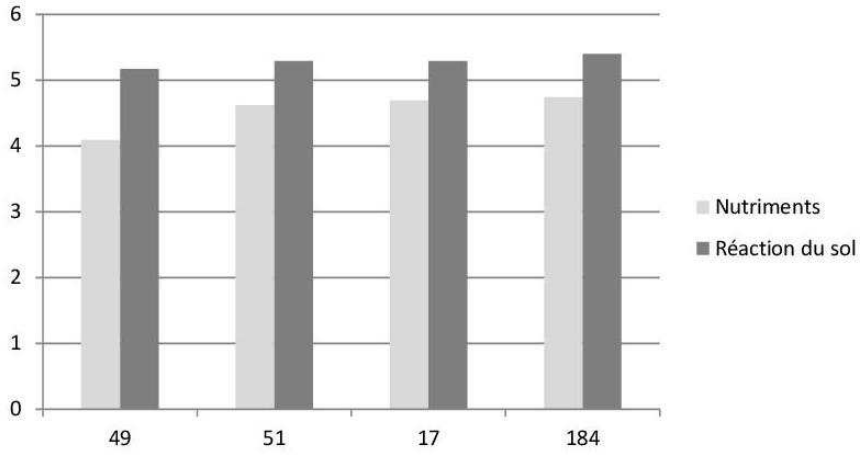


Figure 59 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction acidobasique du sol, calculées pour chaque synrelevé effectué dans la sous-série à Fétuque rouge et Genêt à tiges ailées de la série à Hêtre, Sceau-de-Salomon multiflore et Alisier.

Chorologie (figure 56a et photos 36 et 37) : cette sous série occupe les sommets cristallins du plateau. On la rencontre sur quatre sites : le puy de Manson, la chapelle Saint-Aubin, au puy de Pérady et à la croix de Ternant/Côte Verse. Elle occupe une surface de 445 ha, ce qui représente 4.9% de la surface totale du plateau et 0.9% sur l'ensemble du secteur d'étude. Cette sous-série se localise vraisemblablement dans toute l'aire de la série.



Photo 36 : sous-série PM-FS-S-FG à Saint-Aubin. Au premier plan la pelouse à Fétuque et Genêt ailé, puis le groupement à Genêt à balai et au fond des pins sylvestres qui formeront plus tard la pinède à Pin sylvestre et Germandrée scorodoine.

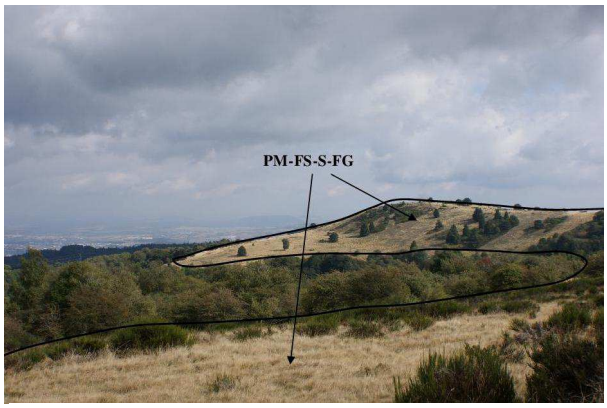


Photo 37 : sous-série à Fétuque rouge et Genêt ailé de la série à Hêtre, Sceau-de-Salomon multiflore et Alisier (PM-FS-S-FG), au puy de Manson. Elle se situe en limite de la série à Hêtre, Sceau-de-Salomon et Alisier.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures qui entraînera partout l'extinction de la série. Le hêtre disparaitra et les conditions de xéricité et d'intensité de l'action éolienne sur ces sommets s'accentueront favorisant le Pin sylvestre, déjà présent. Une nouvelle série se mettra alors en place, aboutissant au *Teucrio-Pinetum silenetosum*, actuellement présent dans les gorges cristallines, mais sous forme d'un stade transitoire conduisant à la tête de série du *Hieracio-Quercetum typicum*. Cette nouvelle série édaphoxérophile de pinède à Pin sylvestre sera proche de la série actuelle du *Hieracio-Querco sigmetum*, mais elle s'en différenciera principalement par un blocage de la dynamique au stade de pinède stationnelle dans laquelle le chêne pubescent pourra être présent. On y retrouvera toujours les pelouses mésoxérophiles du *Festuco-Genistetum* mais subissant la grande extension des landes sèches de type *Calluno-Genistetum*.

Composition de la série et dynamique (figure 60) : le stade de départ est une pelouse xérocline et acidiphile à Fétuque rouge et Genêt ailé (*Festuco-Genistetum*) en mosaïque, sur de faibles surfaces et sur un sol plus proche d'un lithosol, avec une végétation pionnière à Canche caryophyllée et Fétuque ovine (*Airo-Festucetum*). Cette pelouse est envahie par la lande haute à Genêt à balais (groupement à *Cytisus scoparius* et *Holcus mollis*) puis les pins sylvestres s'implantent et s'il y a abandon du pâturage ovin, on obtient une pinède à Germandrée scorodoine et Pin sylvestre (*Teucrio-Pinetum*). La tête de série est la hêtraie-chênaie à Sceau de Salomon et Alisier (*Polygonato-Fagetum sorbetosum*) mais la dynamique entre le stade de pinède et de hêtraie-chênaie est ralentie par les conditions stationnelles de xéricité.

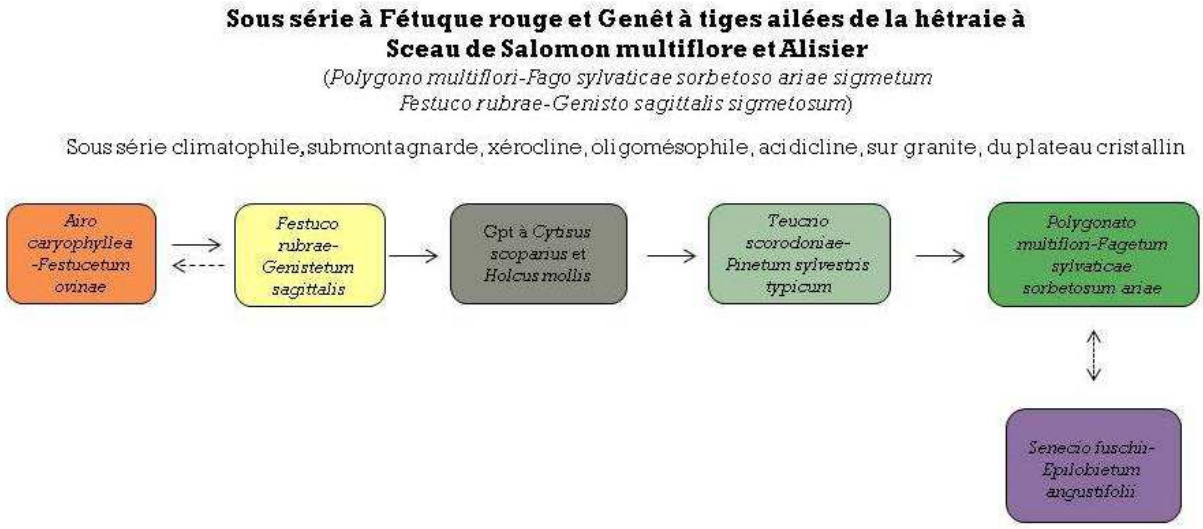


Figure 60 : diagramme d'affinité dynamique de la sous série à Fétuque rouge et Genêt à tiges ailées de la hêtraie Sceau de Salomon multiflore et Alisier.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : les secteurs occupés par la sous-série sont des sommets secs, avec des sols peu profonds et filtrants. Une fertilisation de ces terrains ne suffit pas à améliorer les sols d'un point de vue agricole. Ces zones sont donc utilisées pour le pâturage ovin extensif et reste proche de la dynamique naturelle. La tête de série est très peu présente au profit des pelouses, sauf au puy de Pérady (synrelevé 184) qui est abandonné depuis de nombreuses années. Le synrelevé 51 de Côte Verse est le seul ayant été planté de résineux.
Cette sous-série est dans un bon état de conservation, mais la dynamique reste bloquée au stade pelousaire étant donné les pratiques agricoles. Il faut veiller à ce que ces dernières ne deviennent pas plus intensives pour éviter notamment une nardification, poussée, en cours dans certains secteurs.

Intérêt patrimonial : la pelouse du *Festuco rubrae-Genistetum sagittalis* correspond à l'habitat d'intérêt européen prioritaire n° **6230*** (formations herbeuses à *Nardus*, riches en espèces, sur substrats siliceux des zones montagnardes et des zones submontagnardes de l'Europe continentale). Ce type de nardaie riche, submontagnarde est peu répandu.

Permasérie associée : aucune permasérie associée

Géosérie : cette sous-série fait partie de la géosérie submontagnarde du plateau cristallin (*Polygono multiflori-Fago sylvaticae sorbetoso ariae geosigmetum*).

2.3.3 Série édaphohygrophile de l'aulnaie à Cirse potager

(*Cirsio oleracei-Alno glutinosae sigmetum* prov. [CO-AG])

Synsystématique : le nom de la série n'est donné qu'à titre provisoire car l'association tête de série n'a pas pu être analysée assez finement du fait du nombre trop limité de sites et du mauvais état de cette aulnaie. Le tableau 41 présente les deux seuls synrelevés du secteur d'étude.

Tableau 41 : synrelevés de la série du CO-AG

N° synrelevé	52	18
Localité	La Fontaine du Berger	Saint-Aubin
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	68	26
Surface du synrelevé (ha)	3.74	5.8
Altitude moyenne (m)	980	920
Exposition (degrés)	toutes	toutes
Pente moyenne (degrés)	2.5	4
Région phyto-écologique	XD 29	XD 29
Nombre de syntaxons	3	1
Communautés forestières		
Cirsio oleracei-Alnetum glutinosae	4	
Communautés herbacées		
Selino pyrenaei-Juncetum acutiflori	3	5
Loto uliginosi-Scorzoneretum humili	2	

Écologie : série édaphohygrophile de l'étage submontagnard, entre 920 et 980 m d'altitude, sur colluvions. Les sols sont mésohygrophiles. Les prairies sont oligomésotrophes et la forêt est méso-eutrophe ce qui explique la différence pour les nutriments entre les deux synrelevés. Les indices d'Ellenberg de nutriments et de réaction acidobasique pour chacun des 2 synrelevés sont donnés dans la figure 61 ; on constate que la tessella est acidicline.

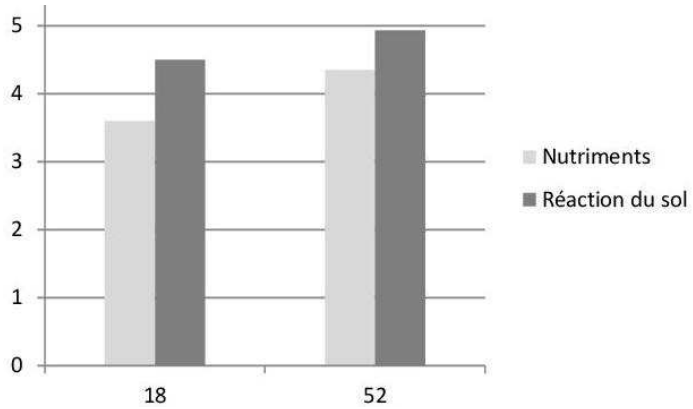


Figure 61 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction acidobasique du sol, calculées pour chaque synrelevé effectué dans la série de l'aulnaie à Cirse potager.

Chorologie (figure 56a carte SIG) : la série de l'aulnaie à Cirse potager se trouve seulement sur deux localités du plateau : sous le Chapelle Saint-Aubin et à la Fontaine du Berger. Elle occupe une surface de 9.6 ha, ce qui représente 0.1% de la surface totale du plateau et 0.02% sur l'ensemble du secteur d'étude. Comme nous l'avons vu dans le paragraphe 1.1.4 du chapitre 1 sur l'hydrographie, la chaîne des Puys est un véritable «désert» avec des aquifères en profondeur qui forment des résurgences en pourtour du plateau volcanique. Ces sources sont rares (Volvic, Fontaine du Berger, Fontanas, Fontfreyde…), ce qui explique le peu de secteurs humides sur le plateau.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : les conditions générales d'alimentation, de stockage de la nappe phréatique et de sa résurgence en pourtour de la chaîne des Puys ne devraient pas varier. Les zones actuelles resteront humides, sauf modifications ultérieures d'origine anthropique. La tête de série sera toujours dominée par les Aulnes et les Saules avec une transformation probable de la composition floristique, sans qu'on puisse aujourd'hui aller plus loin dans la précision.

Composition de la série et dynamique (figure 62) : le stade de départ est variable selon le degré de trophisme de la prairie hygrophile. Si elle est oligotrophe on aura la jonçaie à Angélique des Pyrénées (*Selino-Juncetum*), si elle oligomésotrophe la pelouse à Lotier des marais et Scorzonère humble (*Loto-Scorzoneretum*). Après arrêt du pâturage des fourrés de saules et d'aubépines s'installent (*Crataego-Salicetum*), puis le stade forestier à aulnes. Cette forêt eutrophe a été rapporté à l'association Aulne et Cirse potager (*Cirsio-Alnetum*), mais comme nous l'avons mentionné au début de ce paragraphe, nous avons un doute sur le nom de la tête de série car nous possédons trop peu de relevés pour un diagnostic fiable ; des études ultérieures devront confirmer ou infirmer nos dires.

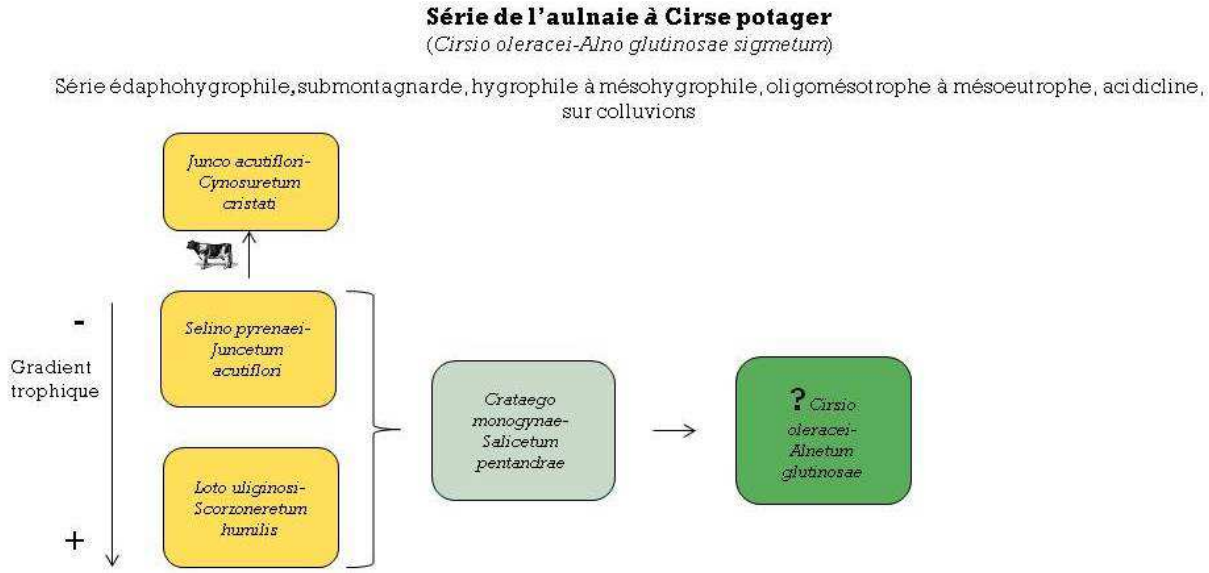


Figure 62 : diagramme d'affinité dynamique de la série de l'aulnaie à Cirse potager.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : les prairies de cette série sont pâturées extensivement. La tête de série n'est présente que dans un synrelevé et à un stade jeune difficilement déterminable du point de vue phytosociologique. Cette série ne représente que 0.1% de la surface totale du plateau, elle occupait surement une surface un peu plus importante au début du XXème siècle mais ces secteurs ont été drainés pour obtenir des prairies avec un meilleur rendement fourrager.
Les zones restantes qui ont été épargnées sont dans un état de conservation moyen.

Intérêt patrimonial : les prairies du *Loto uliginosi-Scorzoneretum humilis* et du *Selino pyrenaei- Scorzoneretum humilis* correspondent à l'habitat d'intérêt européen n° **6410**

Permasérie associée : aucune permasérie associée.

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie submontagnarde des dépressions humides du plateau cristallin (*Cirsio oleracei-Alno glutinosae geosigmetum*).

2.3.4 Curtasérie édaphohygrophile à saules à cinq étamines et roux

(*Salico pentandro-atrocinereae curtasigmetum* [SPA])

Synsystématique : *holotypus :* synrelevé 16 du tableau 42 ; polygone SIG : 88

Tableau 42 : synrelevé de la curtasérie du SPA

N° synrelevé	16
Localité	Fontfreyde
Auteur du synrelevé	Roux C.
Id_SIG	88
Surface du synrelevé (ha)	2
Altitude moyenne (m)	870
Exposition (degrés)	toutes
Pente moyenne (degrés)	2.5
Région phyto-écologique	XD 29
Nombre de syntaxons	4
Communautés arbustives	
Salicetum pentandro-atrocinereae	2
Communautés herbacées	
Ligulario sibiricae-Polygonetum bistortae	2
Junco acutiflori-Angelicetum sylvestris v. *scirpus sylvaticus*	3
Caricetum vesicariae scutellarietosum galericutae	2
Permasérie associée	
Galio palustris-Caricetum rostratae	2

Écologie : curtasérie édaphohygrophile de l'étage montagnard, à 970 m d'altitude, sur tourbe. Elle se situe dans les maars ou les dépressions marécageuses. Les sols sont mésohygrophiles à hygrophiles. La tessella est acidicline et oligomésotrophe à mésotrophe (figure 63).

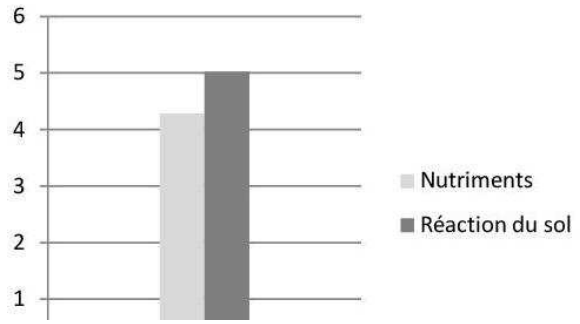


Figure 63 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction acidobasique du sol, calculées pour le synrelevé effectué dans la curtasérie à saules à cinq étamines et roux.

Chorologie (figure 56a et photos 38) : la curtasérie à saules à cinq étamines et roux ne se trouve que dans une seule localité de notre secteur d'étude, sur le plateau à Fontfreyde. Elle occupe une surface de 2 ha, ce qui représente 0.02% de la surface totale du plateau et est négligeable sur l'ensemble du secteur d'étude. Elle se trouve également dans la narse d'Espinasse située en limite extérieure de notre zone d'étude, au sud (Thébaud *et al.* 2007). Cette série s'étend surtout dans l'étage montagnard des montagnes volcaniques auvergnates,

en particulier dans les tourbières de maar déjà colonisées par la végétation, en dehors des zones pionnières des tourbières lacustres.



Photo 38 : curtasérie à saules à cinq étamines et roux, à Fontfreyde (à gauche) et sur la narse d'Espinasse (à droite). Aux premiers plan les hautes herbes à Ligulaire de Sibérie et Bistorte.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : les conditions d'alimentation hydrique de ce site, vraisemblablement souterraines, devraient persister. La zone d'étude subira une augmentation des températures. Mais compte tenu de la masse importante de tourbe inondée (supérieure à 6 m), entrainant actuellement un microclimat particulièrement froid, quel sera exactement l'impact du réchauffement climatique sur ce biotope très spécialisé ? Le seuil thermique au-delà duquel les communautés et taxons montagnards actuels disparaitront (Ligulaire de Sibérie, Saule à cinq étamines) sera-t-il atteint ?

Composition de la série et dynamique (figure 64) : le stade de départ est variable selon le degré de trophisme. S'il s'agit d'un secteur oligomésotrophe et localisé sur tremblants, on trouvera des hautes herbes à Ligulaire de Sibérie et Bistorte (*Ligulario-Polygonetum*). Si la zone est plus mésotrophe et sur atterrissements on aura la cariçaie à Laîche vésiculeuse et Scutellaire à casque (*Caricetum vesicariae scutellarietosum galericulatae*) et dans les mêmes conditions de trophisme mais sur sol plus inondé la mégaphorbiaie à Jonc à fleurs aigües et Angélique (*Junco acutiflori-Angelicetum sylvestris*). Puis les saules coloniseront ces secteurs jusqu'à obtenir une saulaie, la dynamique sera plus lente dans les secteurs internes de la tourbière, sur tremblants.
Un profil socio-écologique topostationnel (PSET) a été effectué dans cette curtasérie (figure 65). Cela a permis d'observer sur le terrain les étapes dynamiques qui sont toutes présentes le long d'une toposéquence linéaire.

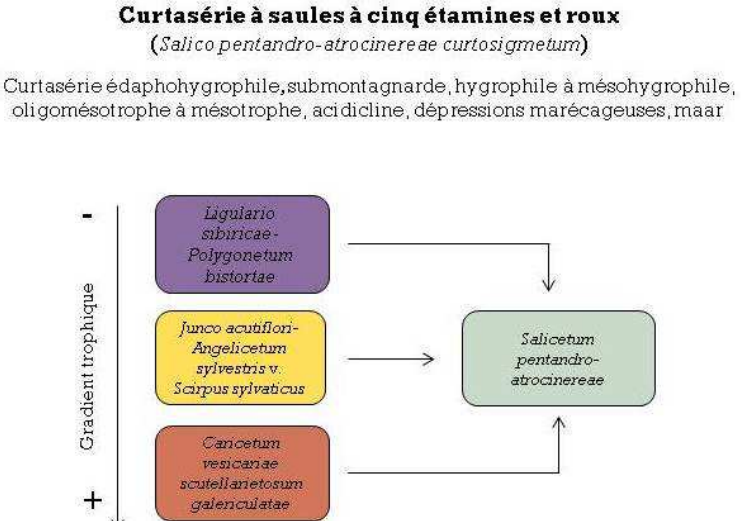
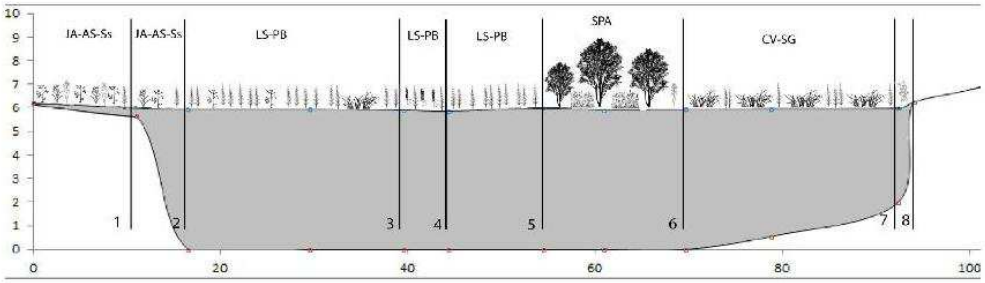


Figure 64 : diagramme d'affinité dynamique de la curtasérie à saules à cinq étamines et roux

Marais de Fontfreyde
(Saint-Genès-
Chamanelle, 63)
Thébaud G. &
Bernard C.-E.
20/06/2012
Profil socio-écologique topostationnel
E-O
Coordonées (Lambert II étendu)
Amont : X = 651 499.704
Y = 2 077 636.977
Aval : X = 651 414.243
Y = 2 077 678.385
Altitude 870 m



N° de relevé	1404	1513	2-3	1514	4-5	1515	1516	7-8
Largeur du PSET (m)	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1
Tree layer %	-	-	-	-	-	-	-	-
Shrub layer %	-	-	-	-	-	70	-	-
Herb layer %	100	80	85	85	85	50	85	##
Moss layer %	-	10	-	-	-	-	10	-
Richesse spécifique	17	13	16	14	16	12	14	16
Indice de Shannon	2.14	1.96	1.97	2.04	2	1.82	2.01	2.13
a								
Salix atrocinerea								
h								
Oenanthe pencedanifolia								
Carex curta								
Agrostis canina								
Mentha arvensis I								
Festuca rubra et *F. rivularis*								
Epilobium palustre								
Lotus pedunculatus								
Cardamine pratensis								
Carex nigra								
Juncus acutiflorus								
Filipendula ulmaria								
Poa trivialis								
Galium uliginosum								
Caltha palustris								
Carex disticha								
Equisetum fluviatile								
Scirpus sylvaticus								
Persicaria bistorta								
Scutellaria galericulata								
Cirsium palustre II								
Lathyrus pratensis								
Ligularia sibirica								
Galium palustre								
Juncus effusus								
Carex rostrata								
Epilobium tetragonum								
Carex vesicaria								
Persicaria lapathifolia III								
Brachythecium rutabulum								
Alopecurus pratensis								
Galium mollugo								
Dactylis glomerata								
Carex sp.								
Carex hirta IV								
Hypericum tetrapterum								
Vicia sepium								
Hypericum perforatum								
Vicia sp.								
Average Ellenberg values								
Light	6.8	6.82	7.06	7.15	7.06	7.33	6.85	7
Temperature	5	5.18	4.94	4.92	4.82	5	5	5
Continentality	4.2	4.27	4.38	4.46	4	4.08	4.69	4
Moisture	7.8	8.45	8.13	8.15	8	8	8.46	7
Soil Reaction	5.67	5.45	5	5.08	4.88	4.83	5.62	6
Nutrients	4.87	4.91	4.38	4.46	4.24	4.33	5.15	5

Figure 65 : profil socio-écologique topostationnel (PSET) de la curtasérie à saules à cinq étamines et roux. JA-AS-SS: *Junco-Angelicetum* v. *scirpus sylvaticus;* LS-PB: *Ligulario-Polygonetum;* CV-SG: *Caricetum scutellarietosum;* SPA: *Salicetum pentandrae-atrocinerae*. D'après Bernard *et al.* 2012b, modifié.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : le seul site répertorié dans la zone d'étude est dans un bon état de conservation.

Intérêt patrimonial : aucun habitat d'intérêt européen dans cette curtasérie mais la Ligulaire de Sibérie est protégée au niveau national, ce qui lui donne une importance patrimoniale non négligeable. Ce site, unique dans la région clermontoise, mériterait un statut réglementaire de protection.

Permasérie associée : *Galio palustris-Carico rostratae permasigmetum*

Géosérie : cette curtasérie fait partie de la géocurtasérie montagnarde turficole mésotrophe en enclave dans le plateau cristallin (*Salico pentandro-atrocinereae sigmetum*).

2.3.5 Permasérie édaphohygrophile à Gaillet des marais et Laiche à ampoules

(*Galio palustris-Carico rostratae permasigmetum* [GP-CR])

Synsystématique : *holotypus :* synrelevé 16 du tableau 42 ; polygone SIG : 88

Écologie : magnocariçaie oligomésotrophile et hygrophile pionnière des bas marais turficoles inondés en permanence. Édifie un histosol acide de tourbe fibrique à cypéracée qui peut être profond : plusieurs mètres à Fontfreyde.

Chorologie (figure 56a) : répandue dans les tourbières acides dès l'étage submontagnard en Auvergne.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : cf remarque de la curtasérie précédente à saules à cinq étamines et roux

Dynamique : l'atterrissement ou l'assèchement dépendent du bilan hydrique du marais. Si celui-ci reste alimenté en permanence, l'association reste stable et peu concurrencée par la dynamique forestière.

État de conservation : présente au marais de Fontfreyde, l'association est dans un bon état de conservation, compte-tenu de l'accessibilité difficile.

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géocurtasérie montagnarde turficole mésotrophe en enclave dans le plateau cristallin (*Salico pentandro-atrocinereae sigmetum*).

2.3.6 Permasérie édaphoxérophile à Capillaire fragile et Polypode commun

(*Cystoptero fragilis-Polypodio vulgare permasigmetum* [CF-PV])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 75 du tableau 47 ; polygone SIG : 102

Écologie : communauté de chasmophytes, acidicline, sciaphile, plutôt thermophile, habitant les petites falaises sur roche cristalline à basaltique, aux expositions défavorables ou ombragées par la proximité forestière.

Chorologie (figure 56a) : il s'agit d'une permasérie, correspondant à un groupement basal, peu caractérisé, étant donné la faible représentation des milieux rocheux dans la zone d'étude. Très répandue sur roche silicicole, granite et basaltes, aux étages collinéens à submontagnards de l'Auvergne.

Dynamique : stable.

État de conservation : inégal d'un site à l'autre dans la zone d'étude.

Intérêt patrimonial : habitat d'intérêt européen n° **8220**, sans grand intérêt car mal caractérisé.

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géosérie collinéenne tempérée d'ubac des gorges cristallines (*Polygonato multiflori-Fago sylvaticae geosigmetum*).

2.3.7 Permasérie édaphoxérophile à Orpin des rochers et Piloselle

(*Sedo rupestris-Hieracio pilosella permasigmetum* [SR-HP])

Synsystématique : *holotypus :* synrelevé. 59 du tableau 39 ; polygone SIG : 78

Écologie : permasérie de communauté pionnière acidiphile à acidicline, très xérique, sur lithosol de roche cristalline.

Chorologie (figure 56a) : d'amplitude altitudinale large depuis l'étage submontagnard jusqu'à l'étage collinéen. Son aire s'étend aux plateaux environnants de la chaîne des Puys et dans les massifs cristallins auvergnats en condition d'abri.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : cette permasérie sera favorisée compte tenu de l'augmentation de la xéricité et de sa large amplitude altitudinale.

Dynamique : communauté relativement stable sauf transformation du milieu : en proximité de lisière forestière le milieu peut se transformer avec apports d'humidité, d'ombre, perte de xéricité et évolution vers des milieux plus mésophiles puis vers la forêt.

État de conservation : divers selon les sites, leur rudéralisation et l'état de transformation du milieu

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géosérie collinéenne tempérée d'ubac des gorges cristallines (*Polygonato multiflori-Fago sylvaticae geosigmetum*) et de la géosérie submontagnarde du plateau cristallin (*Polygonato multiflori-Fago sylvaticae sorbetoso ariae geosigmetum*).

2.3.8 Permasérie hydrophile à Persicaire amphibie

(*Polygoneto amphibii permasigmetum* prov. [POA])

Écologie : permasérie d'hydrophytes fixés sur le fond, oligotrophe à mésotrophe, en eau libre moyennement profonde, stagnante.

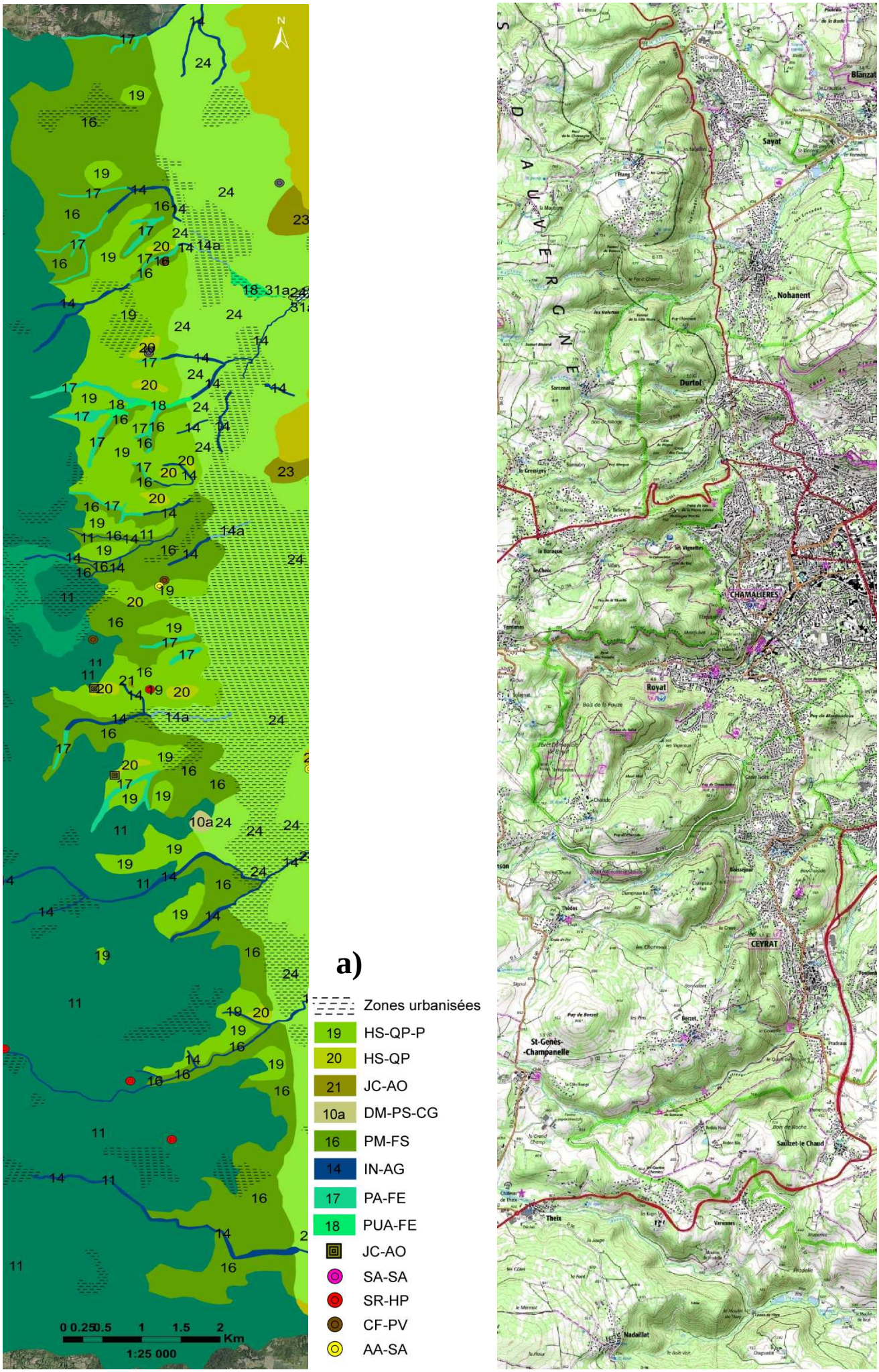
Chorologie (figure 56a) : très répandue dans les étangs et lacs en Auvergne, depuis la plaine jusqu'à l'étage montagnard.

Dynamique : stable en l'absence d'atterrissement du plan d'eau.

État de conservation : très répandue au lac de la Cassière sous une forme mésotrophe.

Intérêt patrimonial : peut être considérée comme un habitat d'intérêt européen sous les codes **3150** ou **3260**.

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géocurtasérie planitiaire à collinéenne sur sol engorgé (géocurtasérie à saules roux et cendrés prov.).


a)
Zones urbanisées
19 HS-QP-P
20 HS-QP
21 JC-AO
10a DM-PS-CG
16 PM-FS
14 IN-AG
17 PA-FE
18 PUA-FE
JC-AO
SA-SA
SR-HP
CF-PV
AA-SA
0 0.25 0.5 1 1.5 2 Km
1:25 000
Blanzat
Sayat
Nohanent
Durtol
CHAMALIÈRES
Royat
CEYRAT
St-Genès-Champanelle
Saulzet-le Chaud
Theix
Nadaillat

2.4 Séries de végétation du rebord occidental de la Limagne (2278 ha)

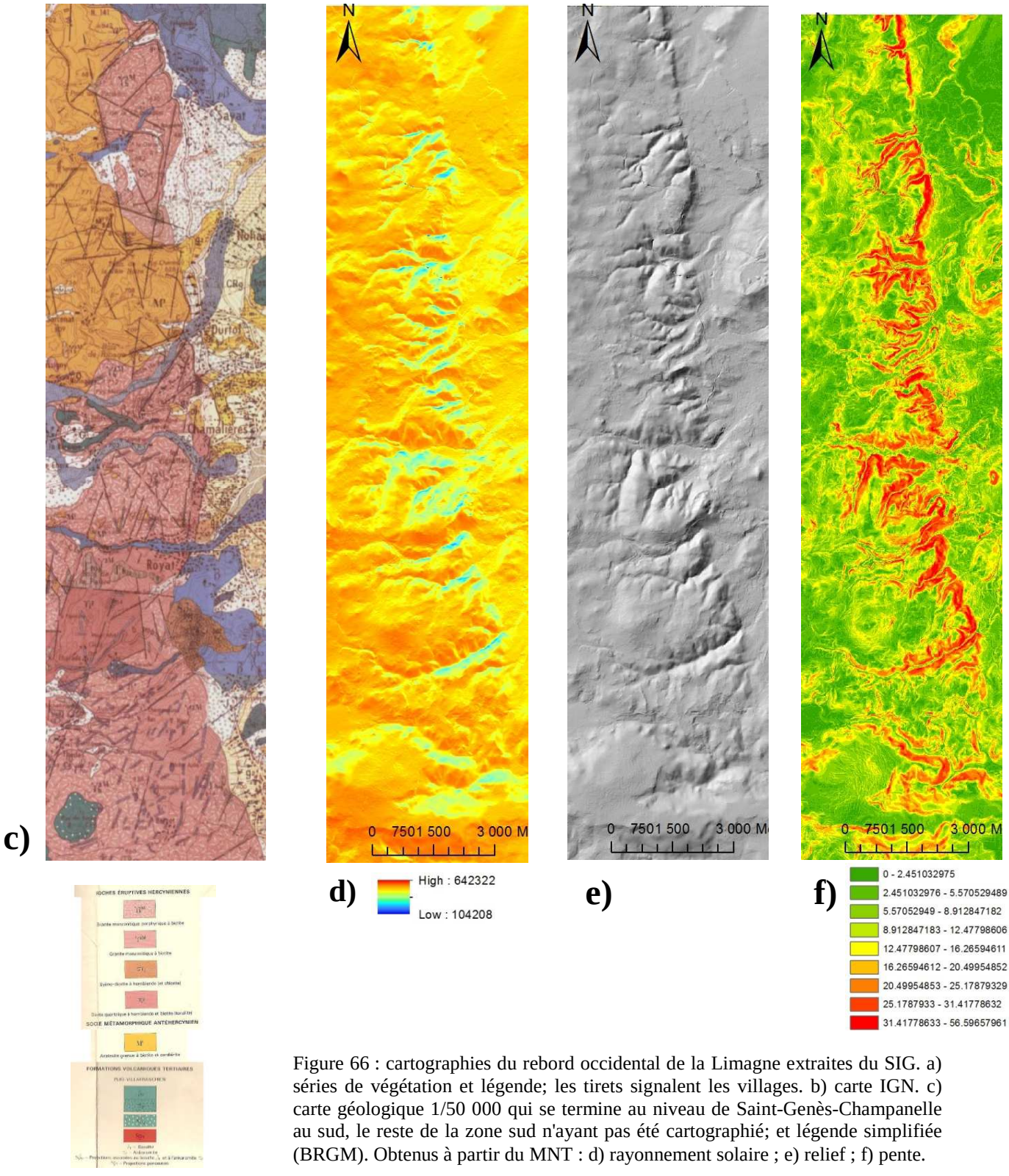


Figure 66 : cartographies du rebord occidental de la Limagne extraites du SIG. a) séries de végétation et légende; les tirets signalent les villages. b) carte IGN. c) carte géologique 1/50 000 qui se termine au niveau de Saint-Genès-Champanelle au sud, le reste de la zone sud n'ayant pas été cartographié; et légende simplifiée (BRGM). Obtenus à partir du MNT : d) rayonnement solaire ; e) relief ; f) pente.

2.4.1 Série climatophile de la chênaie sessiliflore et pubescente à Épervière de Savoie

(*Hieracio sabaudii-Querco petraeae quercetoso pubescentis sigmetum* [HS-QP-P])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 81 du tableau 43 ; polygone SIG : 114

Tableau 43 : synrelevés de la série du HS-QP-P

N° synrelevé	81	69	73	72	83	86	77	54	71	122
Localité	Clinique du Grand Pré	Cote du Bey	Puy Mergue	Montagne percée	L'Etang	Puy de Charade	Croix des Combes	Puy de Charade	La Charité	Puy de Berzet
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	114	95	99	98	121	144	104	71	97	368
Surface du synrelevé (ha)	162	15.5	16	32	197	40	25	84	113	2.5
Altitude moyenne (m)	620	590	670	630	620	745	640	840	620	850
Exposition (degrés)	toutes	135-225	135-225	135-225	toutes	90-180	toutes	180	135-180	135
Pente moyenne (degrés)	17	22	16	19	15	20	15	17	18	8
Région phyto-écologique	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29
Nombre de syntaxons	6	3	6	7	8	5	5	3	7	3
Communautés forestières										
Hieracio sabaudii-Quercetum petraea quercetosum pubescentis	4	2	3	4	3	2	4	+	2	
Teucrio scorodoniae-Pinetum sylvestis	2	3	3	1	2	3	2			
Groupement a Fraxinus excelsior et Geum urbanum		3			2				2	
Plantation	1			1		2				
Communautés arbustives										
Humulo lupuli-Sambucetum nigrae									2	
Roso micranthae-Prunetum spinosae rubetosum ulmifolii	2		2	2	2	3			2	2
Roso micranthae-Prunetum spinosae rubetosum gillotii								2		
Lonicero periclymeni-Coryletum avellanae			1				1			
Communautés herbacées										
Phleo phleoidis-Festucetum lemanii								4	2	3
Agrostio capillaris-Saxifragetum granulatae	1						2			
Lactuco chondrilliflorae-Artemisietum campestris				+						
Cynosuro cristati-Lolietum perennis					2					
Dauco carotae-Arrhenatheretum elatioris	2		2		2				2	
Trifolio striati-Vulpietum myuri						+				
Teucrio scorodoniae-Silenetum nutantis v. brachypodium pinnatum			1				1			
Coronillo variae-Peucedanetum alsatici										
Sambucetum ebuli					+					
Groupement à Bombycilaena erecta				+						
Filagini vulgaris-Vulpietum myuri					+					
Permasérie associée										
Sedo rupestris-Hieracietum pilosellae									1	
Alysso alyssoidis-Sedetum albi				+						
Filagini minimae-Airetum praecocis										+

Écologie : série climatophile de l'étage collinéen, entre 500 et 720 m d'altitude, surtout sur roches cristallines, granites, anatexites et diorites. Les sols sont de type brunisols dystriques, avec une réserve en eau liée à la profondeur du sol. Cette série est héliothermophile, elle se développe aux expositions favorables et en climat d'abri. Les indices d'Ellenberg de nutriments et de réaction acidobasique pour chacun des 10 synrelevés sont donnés dans la figure 67 ; on constate que la tessella est oligomésotrophe à mésotrophe et acidicline à neutrocline.

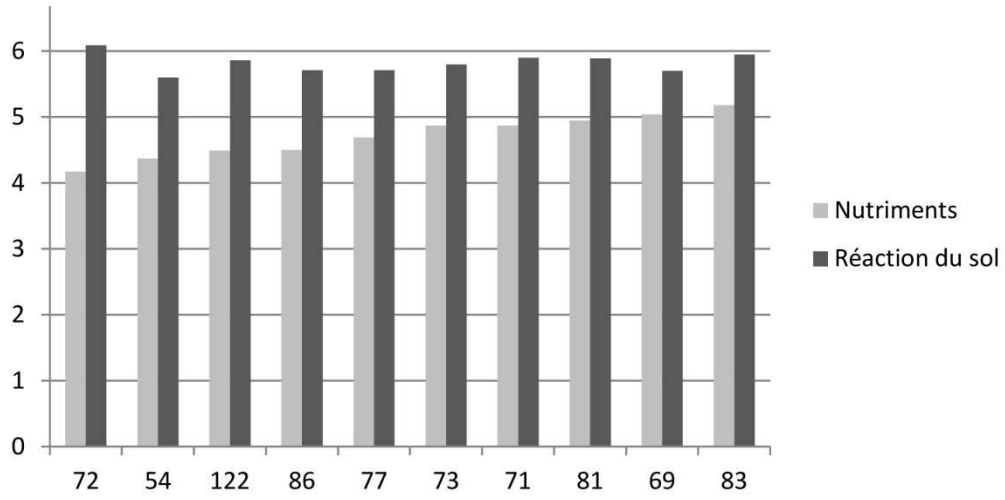


Figure 67 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction acidobasique du sol, calculées à partir de chaque synrelevé effectué dans la série de la chênaie sessiliflore et pubescente à Épervière de Savoie.

Chorologie (figure 66a et photo 39) : la série de la chênaie sessiliflore et pubescente à Épervière de Savoie occupe les adrets et sommets des gorges. On la trouve ponctuellement sur le plateau cristallin (base des puys de Berzet et de Charade) à une altitude plus élevée (850 m), mais cela reste exceptionnel. Elle occupe une surface de 862 ha, ce qui représente 32% de la surface totale de la faille de la Limagne et 1.7% sur l'ensemble du secteur d'étude. Cette série est aussi bien représentée tout le long de la faille occidentale des Limagnes et sur les bordures cristallines des affluents de l'Allier en climat d'abri, couzes, bas-Alagnon, bas-Livradois, basse Sioule ; jusque dans le haut-Allier et la partie orientale de la Margeride.

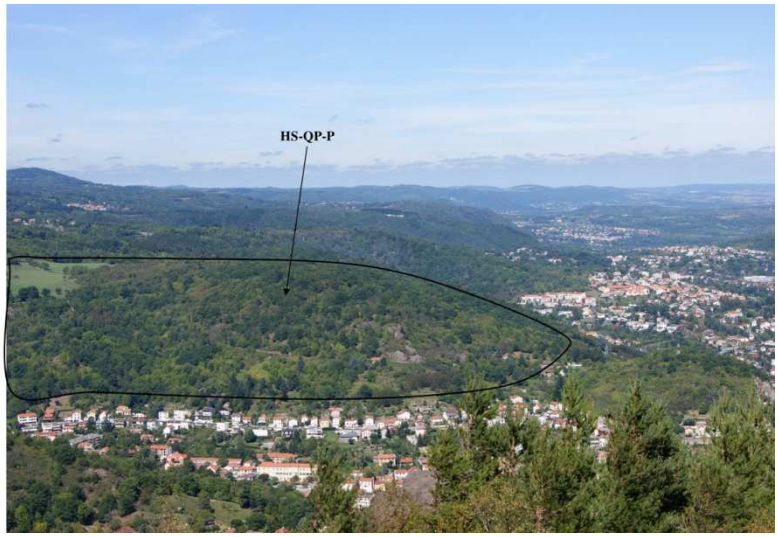


Photo 39 : série de la chênaie sessiliflore et pubescente à Épervière de Savoie au-dessus de Royat.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures ; les conditions nécessaires à la série ne seront plus respectées. On assistera alors à un déplacement de la série qui pourra se réfugier plus en altitude sur le plateau cristallin. A la place, une nouvelle série non encore présente sur la zone d'étude apparaitra. Elle sera plus thermophile que la série actuelle, la tête de série sera

probablement une chênaie pubescente dont la composition floristique comprendra des taxons acidiphiles et acidiclines, les plus thermophiles présents sur le substrat cristallin.

Composition de la série et dynamique (figure 68) : le stade de départ est différent selon la profondeur du sol et le degré de xéricité.
En condition mésoxérophile, sur d'anciennes végétations pionnières à Cotonnière commune et Vulpie queue-de-rat (*Filagini-Vulpietum*) se développe la pelouse à Fléole et Fétuque de Léman (*Phleo-Festucetum*). Cette pelouse est envahie par la lande haute à Genêt à balais (groupement à *Cytisus scoparius* et *Holcus mollis*) qui se transforme en fruticée épineuse mésoxérophile à Rosier à petites fleurs et Prunellier (*Roso micranthae-Prunetum spinosae rubetosum ulmifolii*). Ce fourré évolue ensuite soit vers une pinède à Pin sylvestre, Germandrée scorodoine et Silène penché (*Teucrio-Pinetum silenetosum*), soit directement vers la chênaie à Épervière de Savoie (*Hieracio sabaudi-Quercetum petraeae quercetosum pubescentis*).
En condition mésophile, le stade de départ est une prairie oligomésotrophile à Agrostide capillaire et Saxifrage granulée (*Agrostio capillaris-Saxifragetum granulatae*) sur sol plus profond, après abandon se développera la lande haute à Genêt à balai et la dynamique suivra les mêmes étapes qu'en conditions mésoxérophiles.
La prairie à Agrostis, lorsqu'elle est amendée, et selon les types de pratiques pastorales, évolue soit en prairie de fauche à Knautie d'Auvergne et Fromental (*Knautio-Arrhenatheretum typicum*), soit en prairie pâturée à Crételle des prés et Ray-grass (*Cynosuro-Lolietum*). Après abandon ces prairies sont envahies par un fourré mésophile à Chèvrefeuille des bois et Noisetier (*Lonicero periclymeni-Coryletum*) qui évoluera vers la Chênaie.

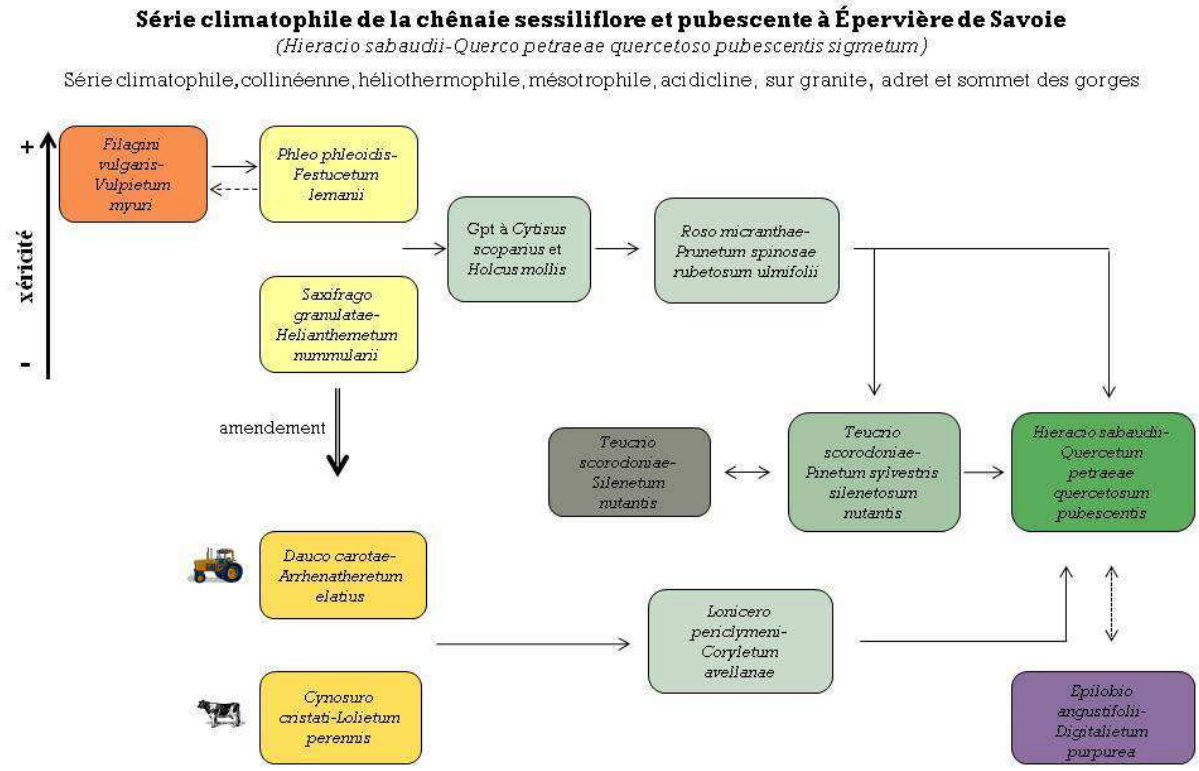


Figure 68 : diagramme d'affinité dynamique de la série de la chênaie sessiliflore et pubescente à Épervière de Savoie. En bas trajectoire dynamique anthropique avec prairies amendées au départ et en haut trajectoire plus naturelle avec au départ des pelouses pâturées plus oligotrophiles.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : la comparaison des photos 40 et 41 met en évidence le changement dans l'occupation du sol depuis les années 1946. Les sommets et versants sud des gorges étaient surtout occupés par des végétations asylvatiques. Aujourd'hui ces parcelles sont reboisées, soit en chênaies de reconquête relativement jeunes soit en pinèdes qui peuvent avoir été plantées ou favorisées. On note aussi l'expansion du village de l'Étang qui a triplé de surface en 70 ans.
C'est d'ailleurs au niveau de ce village que le synrelevé est le plus mésotrophe (synrelevé 83), conséquence à la fois de la proximité du village et de la présence d'un secteur encore dédié à l'agriculture. Alors que le synrelevé 72 entièrement occupé par la forêt est le plus oligomésotrophe.
À l'exception du secteur en limite des gorges et du plateau cette série est aujourd'hui peu soumise à l'action humaine et est en pleine dynamique d'abandon ; la tête de série est bien représentée, dans des stades plus ou moins jeunes.
La série de la chênaie sessiliflore et pubescente à Épervière de Savoie est globalement dans un bon état de conservation.



Photo 40 : photo aérienne des gorges de 1946 (IGN). Au sud la clinique du Grand Pré au nord le ruisseau du Bédat.



Photo 41 : photo aérienne des gorges de 2013 (IGN). Au sud la clinique du Grand Pré au nord le ruisseau du Bédat.

Intérêt patrimonial : les prairies du *Knautio arvernensis-Arrhenatheretum elatioris* et de *l'Agrostio capillaris-Saxifragetum granulatae* correspondent à l'habitat d'intérêt européen n° **6510** et la pelouse du *Phleo phleoidis-Festucetum lemanii* au n° **6210**.

Permasérie associée : *Sedo rupestris-Hieracio pilosella permasigmetum* et *Alysso alyssoidis-Sedo albi permasigmetum.*

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie collinéenne tempérée d'adret des gorges cristallines (*Hieracio sabaudi-Querco petraeae quercetoso pubescentis geosigmetum*).

2.4.2 Série édaphoxérophile de la chênaie sessiliflore à Épervière de Savoie

(*Hieracio sabaudii-Querco petraeae sigmetum* [HS-QP])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 186 du tableau 44 ; polygone SIG : 439

Tableau 44 : synrelevés de la série du HS-QP

N° synrelevé	82	65	186	187
Localité	Sayat	La Charité	Le Fer a cheval	Rocher du Salut
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	116	89	439	445
Surface du synrelevé (ha)	8	7	5	4.6
Altitude moyenne (m)	645	720	625	700
Exposition (degrés)	180	135-225	180	135-180
Pente moyenne (degrés)	19	15	23	24
Région phyto-écologique	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29
Nombre de syntaxons	4	4	6	3
Communautés forestières				
Hieracio sabaudii-Quercetum petraea	4	2	3	3
Teucrio scorodoniae-Pinetum sylvestis		1	3	3
Communautés arbustives				
Groupement a Cytisus scoparius et Holcus mollis	+	2		
Roso micranthae-Prunetum spinosae rubetosum ulmifolii			1	
Communautés herbacées				
Genisto pilosae-Callunetum vulgaris	2	3	+	2
Narduretum lachenalii			1	
Narduretum lachenalii v. anarrhinum bellidifolium			+	
Permasérie associée				
Asplenietum septentrionali-adianti nigri	+			

Écologie : série édaphoxérophile de l'étage collinéen, entre 600 et 760 m d'altitude, sur roches cristallines. Les sols sont soit des lithosols soit des rankosols ou rankers de pente, rajeunis par le colluvionnement. Cette série est thermophile et mésoxérophile à xérophile, elle se développe aux expositions les plus chaudes souvent à proximité d'affleurements rocheux. Les indices d'Ellenberg de nutriments et de réaction acidobasique pour chacun des 4 synrelevés sont donnés dans la figure 69 ; on constate que la tessella est oligomésotrophe et acidicline.

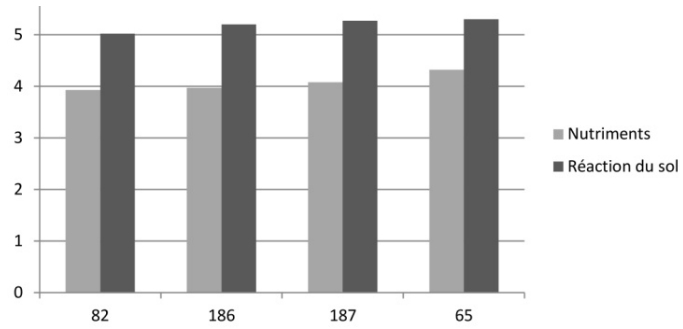


Figure 69 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction acidobasique du sol, calculées à partir de chaque synrelevé effectué dans la série de la chênaie sessiliflore à Épervière de Savoie.

Chorologie (figure 66a et photo 42) : la série de la chênaie sessiliflore à Épervière de Savoie se localise sur les pentes des hauts de versant exposées au sud, des gorges. Elle occupe une surface de 51 ha, ce qui représente 2.2% de la surface totale de la faille de la Limagne et 0.1% sur l'ensemble du secteur d'étude. Elle est courante dans l'étage collinéen du Massif central cristallin, plutôt en situation de climat continental, sur les versants bien exposés et secs.

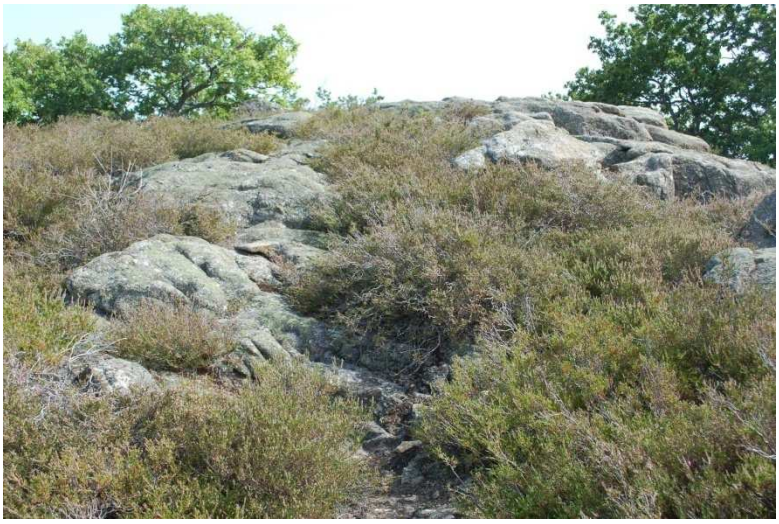


Photo 42 : série de la chênaie sessiliflore à Épervière de Savoie au puy de la Charité. Au premier plan la lande à Genêt poilu et Callune.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures qui entraînera partout l'extinction de la série. Les conditions actuelles déjà très xériques et rupestres seront encore plus prononcées, évinçant vraisemblablement Chêne sessile et Pin sylvestre, d'autant plus que le ravinement des pentes sous l'action des orages violents sera accentué. De telles conditions offriront difficilement une place à une tête de série forestière, seule la curtasérie du fourré à Genévrier commun et Amélanchier (*Junipero communis-Amelanchiero ovalis curtasigmetum*) déjà présente ponctuellement, sera à même de s'étendre dans toute l'aire concernée.

Composition de la série et dynamique (figure 70) : le stade de départ est une végétation pionnière xérophile acidiphile, soit sur poches d'accumulation sableuse, à Micropyre des graviers (*Narduretum lachelanii*), soit sur lithosols ou tonsures, à Canche caryophyllée et Fétuque ovine (*Airo caryophylleae-Festucetum*) ; cette dernière précède une pelouse fermée mésoxérophile à Fétuque rouge et Genêt ailé (*Festuco-Genistetum sagittalis*). Elles sont progressivement envahies par le Genêt poilu et la Callune (*Genisto-Callunetum*). Puis les arbustes s'installent jusqu'à former une fruticée épineuse à Rosier, Ronce et Prunellier (*Roso-Prunetum rubetosum ulmifolii*) dans laquelle s'implanteront des pins sylvestres jusqu'à obtenir

un stade de pinède à Pin sylvestre, Germandrée scorodoine et Silène penché (*Teucrio-Pinetum silenetosum*) stade transitoire vers la chênaie tête de série à Épervière de Savoie (*Hieracio-Quercetum typicum*). Un profil socio-écologique topostationnel (PSET) a été effectué dans cette série (figure 71). Cela a permis d'observer sur le terrain les étapes dynamiques qui sont présentes le long d'une toposéquence linéaire.

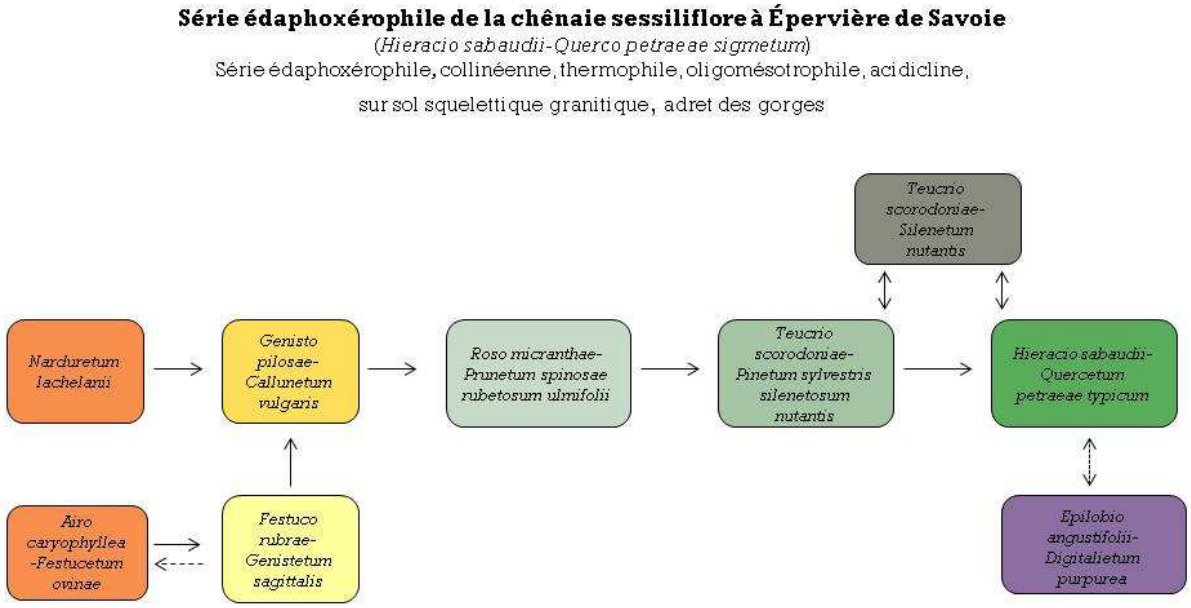
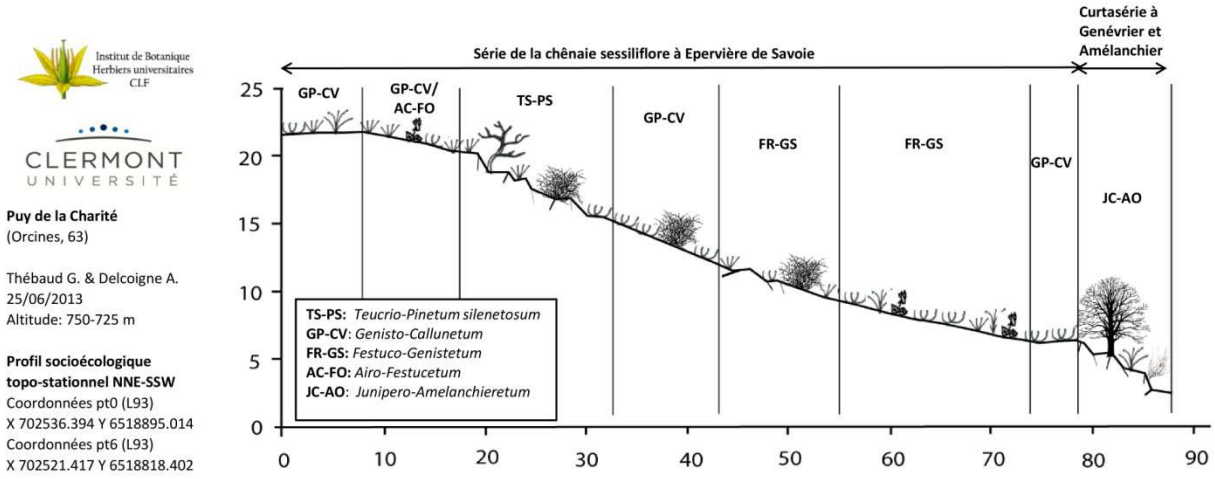


Figure 70 : diagramme d'affinité dynamique de la série de la chênaie sessiliflore à Épervière de Savoie.



N° de relevé	1546	1547	1548	1549	1550	1551	1552	1553
Association	GP-CV	GP-CV/AC-FO	TS-PS	GP-CV	FR-GS	FR-GS	GP-CV	JC-AO
% tree layer	0	0	10	0	0	0	0	0
% schrub layer	0	0	60	10	0	0	0	80
% grass layer	60	65	40	85	85	90	95	30
% moss layer	0	20	5	40	0	0	50	0
% cover	60	85	80	90	85	90	95	80
A, a								
Pinus sylvestris h								
Cytisus scoparius a								
Pinus sylvestris A								
Juniperus communis a								
Rosa sp. h								
Betula pendula h								
Rubus cf ulmifolius								
Quercus robur h								
Fraxinus excelsior h								
Prunus avium h I								
Crataegus monogyna h								
Cytisus scoparius h								
Quercus robur a								
Prunus avium a								
Sorbus aria a								
Amelanchier ovalis a								
Quercus robur x pubescens a								
Rubus sp.								
H								
Sedum rupestre								
Pulsatilla rubra								
Festuca arvernensis subsp. arvernensis								
Carex sp.								
Thymus polytrichus II								
Hieracium pilosella								
Anthericum liliago								
Teesdalia nudicaulis								
Danthonia decumbens subsp. decumbens								
Deschampsia flexuosa								
Brachypodium pinnatum								
Calluna vulgaris								
Genista pilosa								
Hieracium maculatum								
Agrostis cf vinealis								
Genista sagittalis								
Luzula campestris								
Senecio sylvaticus III								
Koeleria pyramidata								
Stachys officinalis								
Festuca filiformis								
Teucrium scorodonia								
Achillea millefolium								
Agrostis capillaris								
Campanula rotundifolia								
Silene nutans								
Potentilla neumanniana								
Carex cf. praecox								
Festuca sp. IV								
Polygala vulgaris								
Hypochaeris maculata								
Avenula pratensis								
Helianthemum nummularium								
Briza media								
Sanguisorba minor								
Festuca lemanii								
Scabiosa columbaria								
Rumex acetosella								
Jasione montana								
Poa pratensis subsp. angustifolia								
Aira caryophyllea V								
Aira praecox								
Logfia minima								
Galium aparine								
Average Ellenberg Values								
Light	7.08	7.13	7	6.94	7	7	6.47	6.57
Temperature	5.73	5.5	5.19	5.43	5.67	5.62	5.41	5.31
Continentality	3.7	3.48	3.81	3.75	3.41	3.68	3.33	3.71
Moisture	4.09	4.09	4.13	4.25	4.12	4.19	4.53	4.07
Soil Reaction	4.65	4.52	3.88	4.06	4.71	4.7	4.29	4.46
Nutrients	2.78	3.3	2.69	2.69	3.06	2.96	3	2.93

Figure 71 : profil socio-écologique topostationnel (PSET) de la série de la chênaie sessiliflore à Épervière de Savoie et de la curtasérie à Genévrier et Amélanchier. D'après Thébaud *et al.* 2013a, modifié.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : la comparaison des photos 43 et 44, prisent au niveau du puy de la Charité avec 68 ans d'écarts, montrent que la dynamique de cette série est relativement lente. En 1945 le puy était occupé par les pelouses et la lande ; aujourd'hui quelques chênes se sont implantés mais les milieux ouverts restent bien présents dans certains secteurs. La série se trouve sur des sols squelettiques pauvres, secteurs aujourd'hui non utilisés. La tête de série est présente dans certaines zones abandonnées depuis longtemps. La série est dans un bon état de conservation mais n'est représentée que sur de faibles surfaces dans les gorges.

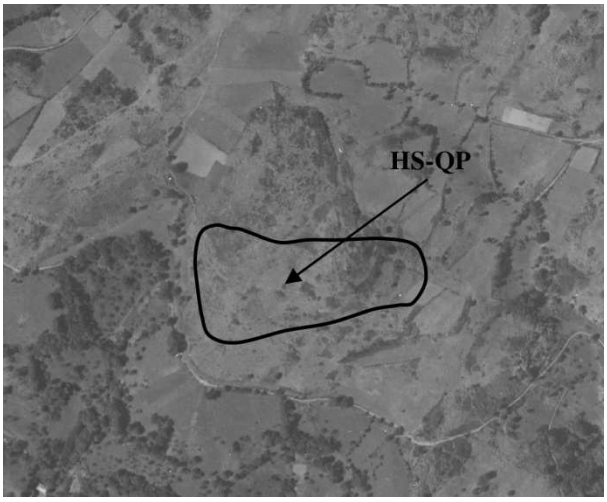


Photo 43 : photo aérienne prise en 1945 (IGN) au niveau du puy de la Charité dans le secteur où se trouve la série de la chênaie sessiliflore à Épervière de Savoie.

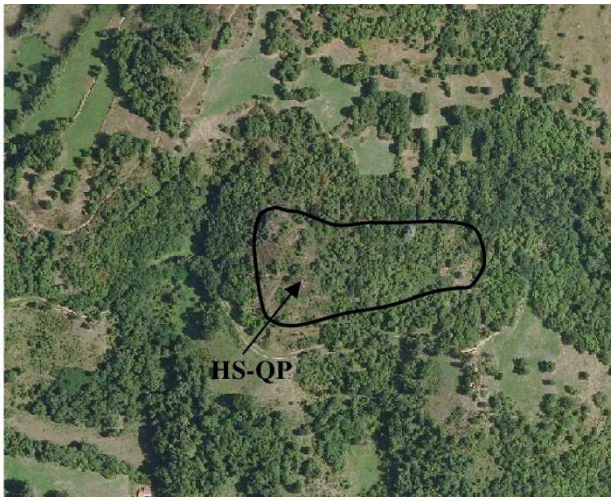


Photo 44 : photo aérienne prise en 2013 (IGN) au niveau du puy de la Charité dans le secteur où se trouve la série de la chênaie sessiliflore à Épervière de Savoie.

Intérêt patrimonial : cette série comporte deux habitats d'intérêt européen, les landes acidiphiles subatlantiques sèches n° **4030** et les pelouses acidiclines subatlantiques sèches, ce dernier habitat prioritaire n° **6230***.

Permasérie associée : pas de permasérie associée.

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie collinéenne tempérée d'adret des gorges cristallines (*Hieracio sabaudi-Querco petraeae quercetoso pubescentis geosigmetum*).

2.4.3 Curtasérie édaphoxérophile à Genévrier commun et Amélanchier

(*Junipero communis-Amelanchiero ovalis curtasigmetum* [JC-AO])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 85 du tableau 45 ; polygone SIG : 137

Tableau 45 : synrelevés de la curtasérie du JC-AO

N° synrelevé	85	185
Localité	Rocher du Salut	La Charité
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	137	438
Surface du synrelevé (ha)	0.6	0.5
Altitude moyenne (m)	745	670
Exposition (degrés)	180	180
Pente moyenne (degrés)	24	15
Région phyto-écologique	XD 29	XD 29
Nombre de syntaxons	2	2
Communautés forestières		
Junipero communis-Amelanchieretum ovalis	4	4
Communautés herbacées		
Anarrhino bellidifolii-Sedetum maxi	+	+

Écologie : curtasérie édaphoxérophile de l'étage collinéen, entre 640 et 760 m d'altitude, sur éperons rocheux cristallins ou volcaniques, en climat d'abri. Les sols sont des lithosols. Cette curtasérie est héliothermophile et xérophile. Les indices d'Ellenberg de nutriments et de réaction acidobasique pour chacun des 2 synrelevés sont donnés dans la figure 72 ; on constate que la tessella est oligotrophe et acidiphile à acidicline.

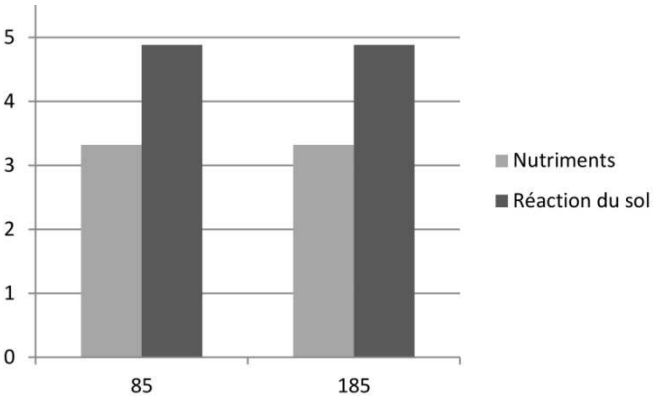


Figure 72 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction acidobasique du sol, calculées à partir de chaque synrelevé effectué dans la curtasérie à Genévrier et Amélanchier.

Chorologie (figure 66a et photo 45) : la curtasérie à Genévrier commun et Amélanchier occupe de petites surfaces, souvent inférieure à 0.5 ha. On la trouve ponctuellement du nord au sud des gorges dans les secteurs où la roche affleure. Elle atteint une surface totale de 2 ha, ce qui représente 0.1% de la surface totale de la faille de la Limagne, quantité négligeable sur l'ensemble du secteur d'étude. On retrouve cette curtasérie à basse altitude sur les bordures rocheuses de la vallée de l'Allier et des vallées affluentes, Couzes, Alagnon (Billy 1997), Sioule.

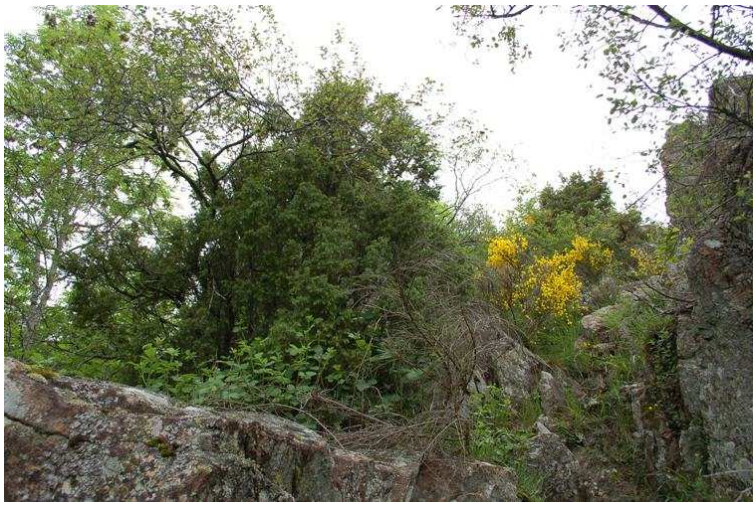


Photo 45 : fourré à Genévrier et Amélanchier au Gour de Tazenat, dans le nord de la chaîne des Puys.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures qui favorisera l'extension de cette curtasérie au dépend de la série de la chênaie sessiliflore à Épervière de Savoie (HS-QP). La sécheresse édaphique constituant le facteur limitant de cette curtasérie.

Composition de la série et dynamique (figure 73) : le stade de départ est une communauté silicicole pionnière à Anarrhine à feuilles de Pâquerette et grand Orpin (*Anarrhino-Sedetum*) qui évoluera vers un fourré à Genévrier et Amélanchier (*Junipero-Amelanchieretum*). La dynamique sera bloquée à ce stade.

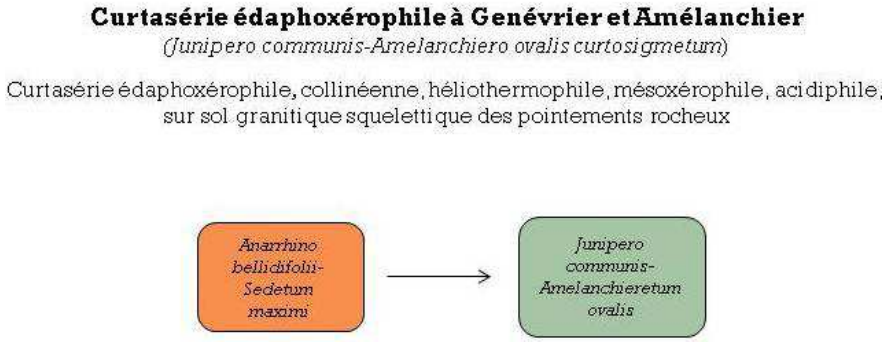


Figure 73 : diagramme d'affinité dynamique de la curtasérie à Genévrier commun et Amélanchier.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : compte tenu des conditions stationnelles cette curtasérie garde un grand degré de naturalité. Mais elle est rare dans la zone d'étude.

Intérêt patrimonial : le fourré du *Junipero communis-Amelanchieretum ovalis* correspond à l'habitat d'intérêt européen n° **5130**, "junipéraie primaire collinéenne à montagnarde". Cette formation arbustive, rare, ponctuelle et très spécialisée, au caractère primaire, revêt un grand intérêt patrimonial.

Permasérie associée : *Asplenio septentrionali-Adianti nigri permasigmetum*.

Géosérie : cette curtasérie fait partie de la géosérie collinéenne tempérée d'adret des gorges cristallines (*Hieracio sabaudi-Querco petraeae quercetoso pubescentis geosigmetum*).

2.4.4 Sous-série édaphoxérophile à Callune et Genêt poilu de la série à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier

(*Diantho monspessulani-Pino sylvestris sigmetum Calluno vulgaris-Genisto pilosae sigmetosum* prov. [DM-PS-CG])

Tableau 46 : synrelevés de la sous-série du DM-PS-CG

N° synrelevé	118
Localité	Puy de Gravenoire
Auteur du synrelevé	Roux C.
Id_SIG	296
Surface du synrelevé (ha)	7
Altitude moyenne (m)	775
Exposition (degrés)	135-180
Pente moyenne (degrés)	25
Région phyto-écologique	XD29
Nombre de syntaxons	3
Communautés forestières	
Diantho monspessulani-Pinetum sylvestris	5
Communautés arbustives	
Roso micranthae-Prunetum spinosae rubetosum ulmifolii	1
Communautés herbacées	
Trifolio striati-Vulpietum myuri	+

Écologie : sous-série édaphoxérophile de l'étage submontagnard, entre 720 et 820 m d'altitude, sur scories. Cette sous-série de la série de la pinède à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier (cf 2.2.9, série située sur les affleurements rocheux scoriacés des versants sud du sud de la chaîne des Puys), est plus thermophile que la série, car située à plus basse altitude. Les indices d'Ellenberg (figure 74) montrent que la tessella est oligomésotrophe et acidicline.

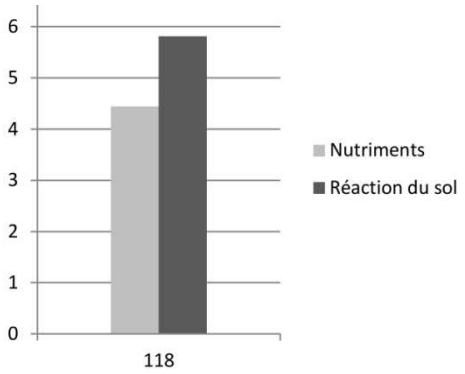


Figure 74 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction acidobasique du sol, calculées à partir du synrelevé effectué dans la sous série à Callune et Genêt poilu de la série à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier.

Chorologie (figure 66a et photo 46) : la sous-série à Callune et Genêt poilu de la série à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier ne se trouve que sur le puy de Grave Noire dans la zone d'étude. Il s'agit du seul cône scoriacé volcanique récent en bordure de la faille et excentré par rapport à l'axe de la chaîne des Puys. Elle occupe une surface de 7 ha, ce qui représente 0.3% de la surface totale de la faille de la Limagne et 0.01% sur l'ensemble du secteur d'étude. Compte-tenu de la configuration géologique originale, cette sous-série n'est pas représentée ailleurs dans la région. Elle est à rechercher dans le Velay (bassin du Puy) ou le Devès, seuls régions où des secteurs semblables sur le plan de l'altitude, du climat local et du substrat peuvent exister.



Photo 46 : pinède à Œillet de Montpellier et pins sylvestre sur le puy de Grave Noire.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures qui entraînera une intensification de la xéricité qui favorisera le maintien de cette série sur son aire limitée. Actuellement seul la pinède, tête de série, est présente, mais à l'avenir ce schéma pourrait être modifié avec une plus grande représentation des stades asylvatiques (pelouses pionnières, Callunaies-Génistaies), compte tenu des phénomènes météorologiques extrêmes sur ce sommet exposé aux vents.

Composition de la série et dynamique (figure 75) : le stade de départ pourrait être une pelouse à Trèfle strié et Vulpie (*Trifolio-Vulpietum*), identifié anciennement dans la zone concernée (cf Billy relevés manuels) évoluant vers une lande xérocline et acidiphile à Callune et Genêt poilu (*Calluno-Genistetum*), celle-ci non formellement identifiée, dans laquelle s'implante des pins sylvestres pour aboutir à la pinède à Œillet de Montpellier (*Diantho monspessulani-Pinetum sylvestris*). La présence de pinèdes anciennes sur le site de Grave Noire avec plusieurs taxons liés au pin est attestée depuis longtemps par les botanistes (Dumas-Damon en 1894 *in* Chassagne 1956 ; Billy) ainsi qu'au lieu même de nos relevés actuels (Roux & Thébaud 2016), traduisant leur caractère persistant et la justification de cette sous-série. L'unicité du site dans notre zone d'étude, l'absence actuelle de végétations ouvertes nous incitent à donner à cette sous-série un caractère provisoire en attendant des prospections complémentaire à Grave Noire ou dans d'autres sites où elle serait éventuellement présente.

Sous série à Callune et Genêt poilu de la série à pin sylvestre et œillet de Montpellier
(Diantho monspessulani-Pino sylvestris sigmetum Calluno vulgaris-Genisto pilosae sigmetosum)
Sous série édaphoxérophile, submontagnarde, oligomésotrophile, acidicline, cheires et puy basaltique des gorges

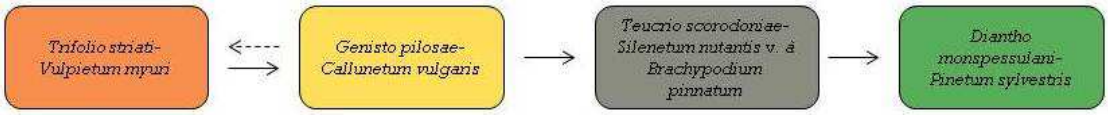


Figure 75 : diagramme d'affinité dynamique de la sous-série à Callune et Genêt poilu de la série à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : le puy de Grave Noire a été exploité pour fournir de la pouzzolane. La carrière de scories est désormais arrêtée mais plusieurs secteurs du puy ont été « rognés » au dépend de la pinède. Ce puy représente le seul secteur de la zone d'étude où se situe la sous-série.

Intérêt patrimonial : Les pinèdes de cette sous-série abritent une flore très spécialisée avec des taxons d'intérêt patrimonial comme différentes piroles (*Orthilia secunda*, *Pirola chlorantha*...) et la Biscutelle de Lamotte, endémique.

Permasérie associée : aucune.

Géosérie : cette sous-série fait partie de la géosérie montagnarde des cônes de scories basaltiques (*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae geosigmetum*).

2.4.5 Série climatophile de la hêtraie à Sceau-de-Salomon multiflore

(*Polygonato multiflori-Fago sylvaticae sigmetum* [PM-FS])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 70 du tableau 47 ; polygone SIG : 96

Tableau 47 : synrelevés de la série du PM-FS

N° synrelevé	75	67	70	87	76
Localité	Croix des Combes	Pont des Soupirs	La Charité	Boisséjour	Bois de Ribage
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	102	92	96	145	103
Surface du synrelevé (ha)	115	78	68	42.5	9
Altitude moyenne (m)	600	630	610	640	680
Exposition (degrés)	315-45	315-45	-	90	-
Pente moyenne (degrés)	15	20	16	20	18
Région phyto-écologique	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29
Nombre de syntaxons	2	4	6	2	3
Communautés forestières					
Polygonato multiflori-Fagetum sylvaticae		2	2		2
Groupement a Fraxinus excelsior et Geum urbanum	5	3	4	3	4
Plantation				2	
Communautés arbustives					
Rubo ulmifolii-Ulmetum minoris		2			
Rubio peregrinae-Viburnetum lantanae			1		
Communautés herbacées					
Dauco carotae-Arrhenatheretum elatioris			+		2
Heracleo lecoqii-Arrhenatheretum elatioris heracleetosum lecoqii v. cirses		1			
Heracleo spondylii-Polygonetum bistortae			2		
Groupement des haies à Filipendula ulmaria	+				
Senecioni fuchsii-Epilobietum angustifolii			1		
Permasérie associée					
Cystopterido fragilis-Polypodietum vulgare	+				

Écologie : série climatophile de l'étage collinéen, entre 520 et 720 m d'altitude, sur roches cristallines, granites, anatexites et diorites. Les sols sont de brunisols mésosaturés sur pentes colluvionnées (colluviosol). Elle occupe surtout des versants d'exposition défavorable et des situations de confinement dans les gorges. Les indices d'Ellenberg de nutriments et de réaction acidobasique pour chacun des 5 synrelevés sont donnés dans la figure 76 ; on constate que la tessella est mésotrophe à méso-eutrophe et acidicline à neutrocline.

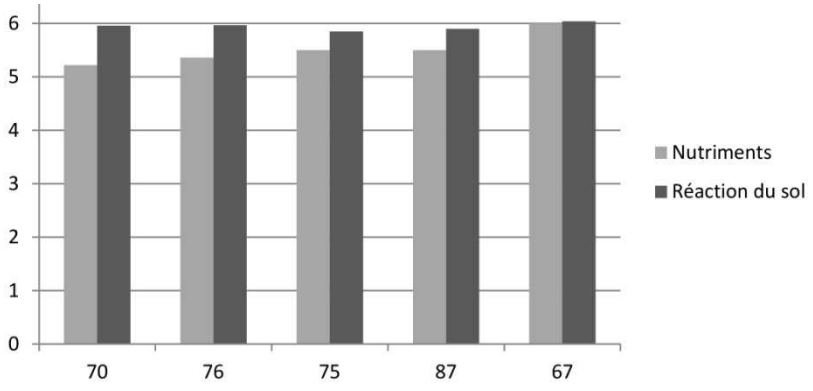


Figure 76 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction acidobasique du sol, calculées à partir de chaque synrelevé effectué dans la série de la hêtraie à Sceau-de-Salomon multiflore.

Chorologie (figure 66a, photo 47) : la série de la hêtraie à Sceau-de-Salomon multiflore est celle qui occupe la plus grande surface dans les gorges. Elle se situe sur les pentes en ubac et

dans les gorges encaissées, mais également sur le rebord du plateau en transition avec la série de la hêtraie à Sceau de Salomon et Alisier (PM-FS-S). Elle occupe une surface de 1224 ha, ce qui représente 54% de la surface totale de la faille de la Limagne et 2.4% sur l'ensemble du secteur d'étude. Cette série existe dans d'autres zones cristallines d'Auvergne, en conditions dites « abyssales » pour la hêtraie, en particulier dans les zones de gorges du piémont du Livradois-Forez, de la Sioule... À rechercher dans d'autres secteurs du Massif central.

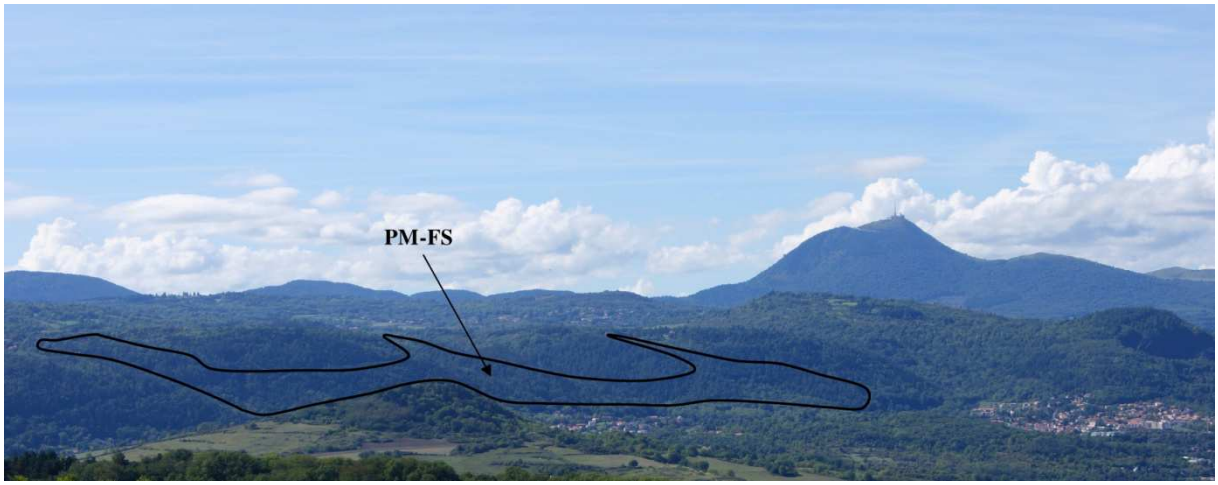


Photo 47 : série de la hêtraie à Sceau-de-Salomon multiflore (PM-FS) dans les gorges de Ceyrat et de Boisséjour, au sud de Grave Noire.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures qui entraînera soit l'extinction, soit le déplacement de la série en contrebas dans la partie la plus hygrosciaphile des gorges, actuellement occupé par la série du *Polysticho-Fraxino sigmetum* (PA-FE). La série de la hêtraie à Sceau-de-Salomon multiflore sera remplacée par une nouvelle série non présente actuellement dans notre zone d'étude. Les conditions encore relativement sciaphiles et aérohygrophiles sur les ubacs pourraient être favorables à une transformation du *Polygonato-Fagetum* actuel en un *Luzulo sylvaticae-Quercetum petraeae*, forêt silicicole de plus basse altitude que l'on trouve actuellement dans le Bourbonnais au nord du Massif central. Quoi qu'il en soit on assistera à une disparition du hêtre au profit des chênes sessiles et pédonculés.

Composition de la série et dynamique (figure 77) : le stade de départ est une prairie oligomésotrophile à Agrostide capillaire et Saxifrage granulée (*Agrostio capillaris-Saxifragetum granulatae*) ; après abandon s'installera une frênaie nitrocline postpionnière à Benoite commune (groupement à *Geum urbanum* et *Fraxinus excelsior*) qui évoluera vers la chênaie-hêtraie tête de série (*Polygonato multiflori-Fagetum sylvaticae*).
La prairie à Agrostis, lorsqu'elle est amendée et selon les types de pratiques pastorales, évolue soit en prairie de fauche à Knautie d'Auvergne et Fromental (*Knautio-Arrhenatheretum typicum*) ou à Berce de Lecoq et Fromental (*Heracleo-Arrhenatheretum*) si la prairie est plus riche en nutriments, soit en prairie pâturée à Crételle des prés et Ray-grass (*Cynosuro-Lolietum*). Après abandon ces prairies sont envahies soit par un fourré à Houblon, Sureau noir (*Humulo lupuli-Sambucetum nigrae*) soit par un fourré à Ronce et Sureau noir (*Rubo gillotii-Sambucetum nigrae*) qui évolueront vers la frênaie puis vers la chênaie-hêtraie tête de série.

Un profil socio-écologique topostationnel (PSET) a été effectué dans cette série (figure 78) qui rentre en transition sur les bas-versants des gorges avec la série topoaérohygrophile des ravins du *Polysticho aculeati-Fraxino sigmetum* le long d'une toposéquence linéaire.

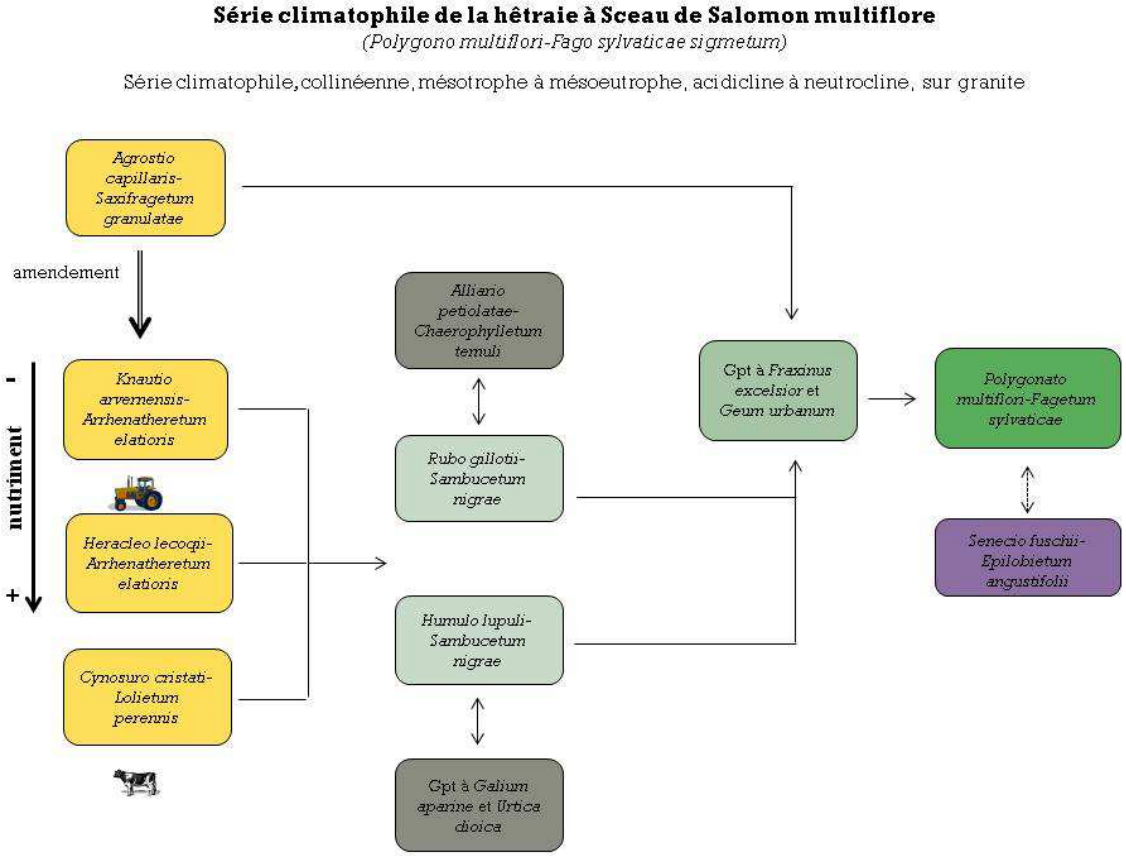


Figure 77 : diagramme d'affinité dynamique de la série de la hêtraie à Sceau-de-Salomon multiflore.

Institut de Botanique
Herbiers universitaires
CLF

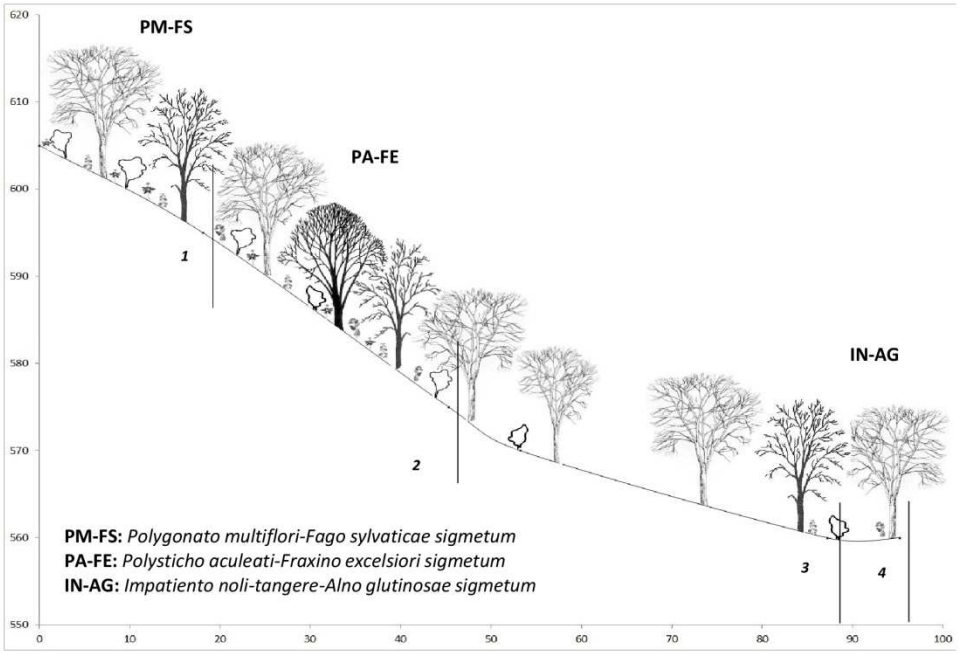
CLERMONT
UNIVERSITÉ

Pont des Soupirs
(Royat, 63)
Bernard C.-E.
18/06/2013

Profil socio-écologique topostationnel
SE-NO

Coordonées
(Lambert II étendu)
Parcelle permanente :
Est X = 654 548.586
Y = 2 085 111.612
Sud X = 654 530.054
Y = 2 085 100.240
Ouest X = 654 516.576
Y = 2 085 117.509
Nord X = 654 535.108
Y = 2 085 128.881
Point aval (Tiretaine) :
X = 654 494.253
Y = 2 085 117.738

Altitude 605- 560 m



N° de relevé	CEB74	CEB75	chemin	CEB76
Association	PM-FS	PA-FE		IN-AG
Dimensions du relevé : longueur x largeur (m)	20 x 20	30 x 10		8 x 20
Tree layer %	95	90		90
Shrub layer %	60	65		30
Herb layer %	70	75		40
Richesse spécifique	34	30		37
Indice de Shannon	2.83	2.67		2.76
A				
Prunus avium				
Quercus petraea				
Acer platanoides				
Acer pseudoplatanus				
Castanea sativa				
Ulmus glabra				
Fraxinus excelsior				
a				
Corylus avellana				
Acer pseudoplatanus				
Ulmus glabra				
Acer platanoides				
Lonicera xylosteum				
Sambucus nigra				
Ribes alpinum				
h				
Alliaria petiolata				
Geum urbanum I				
Chaerophyllum hirsutum				
Geranium robertianum				
Urtica dioica				
Galium aparine				
Anemone nemorosa				
Viola sp.				
Ribes alpinum II				
Hedera helix				
Lamium galeobdelon				
Mercurialis perennis				
Poa nemoralis				
Brachypodium sylvaticum				
Primula elatior				
Pulmonaria affinis				
Castanea sativa				
Dryopteris filix-mas				
Melica uniflora				
Veronica hederifolia				
Acer pseudoplatanus				
Ranunculus tuberosus				
Juglans regia				
Conopodium majus				
Ranunculus ficaria				
Ulmus glabra				
Acer platanoides III				
Glechoma hederacea				
Crataegus monogyna				
Asplenium adiantum-nigrum				
Sambucus nigra				
Athyrium filix-femina				
Fraxinus excelsior				
Rubus sp.				
Ranunculus auricomus				
Polypodium vulgare				
Poa trivialis				
Vicia sepium				
Hypericum cf tetrapterum				
Arum maculatum				
Adoxa moschatelina				
Lunaria rediviva				
Cardamine impatiens				
Geranium phaeum				
Chrysosplenium oppositifolium				
Cicaea lutetiana IV				
Impatiens noli-tangere				
Cardamine flexuosa				
Carex sp.				
Filipendula ulmaria				
Average Ellenberg Values				
Light	4.85	5.13		4.91
Temperature	5.21	5.17		5
Continentality	3.48	3.37		3.56
Moisture	5.39	5.6		5.62
Soil Reaction	6	6.07		6.18
Nutrients	6.36	6.47		6.38

Figure 78 : profil socio-écologique topostationnel (PSET) effectué dans les gorges de Royat le long de la pente exposée nord. Ce transect traverse 3 séries différentes: PM-FS, PA-FE et IN-AG. D'après Bernard *et al.* 2013a, modifié.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : les hêtraies-chênaies dans les gorges les plus encaissées sont assez anciennes (exemple des gorges vers Sayat...) comme le montrent certains documents historiques et les photos aériennes. Seule, alors, le stade de la tête de série est présent. Beaucoup de secteurs ont été utilisés pour la culture extensive du Châtaignier. D'autres, plus localisés comme dans les gorges de Ceyrat ou la forêt domaniale de Royat ont été intensifiés sous forme de plantations résineuses monospécifiques. Dans la partie en transition avec le plateau les prairies remplacent souvent la forêt. Dans les zones abandonnées par l'agriculture depuis une cinquantaine d'années, les moins praticables, des frênaies de reconquêtes s'y sont aujourd'hui implantées.
Étant donnée la proximité des gorges avec les zones urbanisées, de nombreux promeneurs parcourent les chemins de randonnées, ce qui entraîne une rudéralisation.
Cette série est dans un bon état de conservation dans les gorges les plus encaissées et dans un état moyen à mauvais dans les autres secteurs.

Intérêt patrimonial : les prairies du *Knautio arvernensis-Arrhenatheretum elatioris typicum* et *malvetosum,* de l'*Heracleo lecoqii-Arrhenatheretum elatioris* et de *l'Agrostio capillaris-Saxifragetum granulatae* correspondent à l'habitat d'intérêt européen n° **6510**. On remarque certains secteurs de forêts anciennes (Fer à cheval, ruisseau de la Valette...) où la série est particulièrement bien exprimée et conservée, formant de très beaux ensembles naturels à deux pas de l'agglomération.

Permasérie associée : aucune.

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie collinéenne tempérée d'ubac des gorges cristallines (*Polygonato multiflori-Fago sylvaticae geosigmetum*).

2.4.6 Série topoaérohygrophile de la frênaie à Polystic à aiguillons

(*Polysticho aculeati-Fraxino excelsioris sigmetum* [PA-FE])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 84 du tableau 48 ; polygone SIG : 140

Tableau 48 : synrelevés de la série du PA-FE

N° synrelevé	80	68	84	78	79	74
Localité	Le Fer à Cheval	Cote du Bey	Mont Miel	Durtol	Les Valettes	Bois de Ribage
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	109	94	140	106	108	100
Surface du synrelevé (ha)	11	4	11	1.3	10	1.5
Altitude moyenne (m)	650	580	690	625	650	645
Exposition (degrés)	-	-	-	-	-	-
Pente moyenne (degrés)	17	22	22	18	24	20
Région phyto-écologique	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29
Nombre de syntaxons	2	1	3	2	1	1
Communautés forestières						
Polysticho aculeati-Fraxinetum excelsioris	5	5	4	2	5	5
Impatienti noli-tangere-Alnetum glutinosae race à Prunus padus	2					
Groupement a Fraxinus excelsior et Geum urbanum			3	4		
Communautés herbacées						
Alliario petiolatae-Chaerophylletum temuli			1			

Écologie : série topoaérohygrophile de l'étage collinéen, entre 540 et 780 m d'altitude, sur roches cristallines. Les sols sont de type brunisols mésosaturés ou eutriques profonds et riches en argiles. Cette série se situe dans des secteurs très encaissés où la lumière ne pénètre pas, la végétation y est sciaphile. Les indices d'Ellenberg de nutriments et de réaction acidobasique pour chacun des 7 synrelevés sont donnés dans la figure 79 ; on constate que la tessella est mésoeutrophe et acidicline à neutrocline.

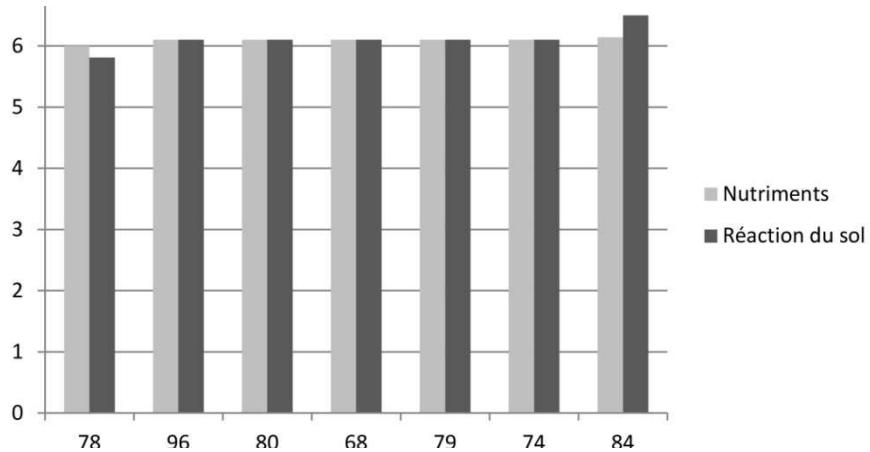


Figure 79 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction acidobasique du sol, calculées à partir de chaque synrelevé effectué dans la série de la frênaie à Polystic à aiguillons.

Chorologie (figure 66a et photo 48) : la série de la frênaie à Polystic à aiguillons se trouve sur les pentes fortes, dans les ravins ou gorges étroites, parsemés de gros blocs. Elle se situe dans la partie nord de la faille, des gorges de Royat aux gorges de Sayat (Fer à cheval). Au sud de Royat les conditions topographiques ne sont pas favorables à son installation. Elle occupe une surface de 85 ha, ce qui représente 3.7% de la surface totale de la faille de la Limagne et 0.2% sur l'ensemble du secteur d'étude. On la trouve dans beaucoup de vallées et gorges encaissées collinéennes des massifs cristallins, Dordogne, Sioule, Durolle, Dore, dans le Livradois et les piémonts orientaux du Nord-Forez ou des Bois-Noirs dans la Loire, ou sur substrat basaltiques, Monne, Comté, Couzes...



Photo 48 : frênaie à Polystic à aiguillons dans les gorges de Sayat (Fer à cheval).

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle est surtout caractérisée par une absence d'ensoleillement et une humidité atmosphérique importante, qui représente les facteurs limitant de cette série très spécialisée. Ces conditions déterminantes dues à la géomorphologie particulière se maintiendront, seule la température générale estivale pourra augmenter. Ce changement sera-t-il suffisant pour occasionner des modifications importantes de végétations ? Trois cas de figure peuvent se présenter : le maintien de la série dans son aire actuelle ; le remplacement par la série de la hêtraie à Sceau-de-Salomon multiflore (PM-FS), actuellement situé en amont sur les ubacs ; ou l'apparition d'une nouvelle série plus thermophile, mais néanmoins toujours hygrosciaphile : on peut penser par exemple à la série de la frênaie hêtraie charmaie du *Dryoptero affinis-Fraxino excelsioris sigmentum.* Cette dernière est actuellement présente à basse altitude dans les vallons cristallins du Massif central. En tout état de cause ces secteurs resteront les seuls où le hêtre pourra persister dans les gorges.

Composition de la série et dynamique (figure 80) : les stades initiaux ne sont pas présents sur notre secteur d'étude, car comme le montre la photo 49, les ravins et gorges étaient déjà couvert de forêts en 1946 et le dessin 4 de Delécluze nous confirme que c'était également le cas en 1821. Seule y a été relevée la forêt pionnière à Frêne et Benoite commune (groupement à *Fraxinus excelsior* et *Geum urbanum*) qui lorsque qu'elle devient mature se transforme en frênaie à Polystic à aiguillons.

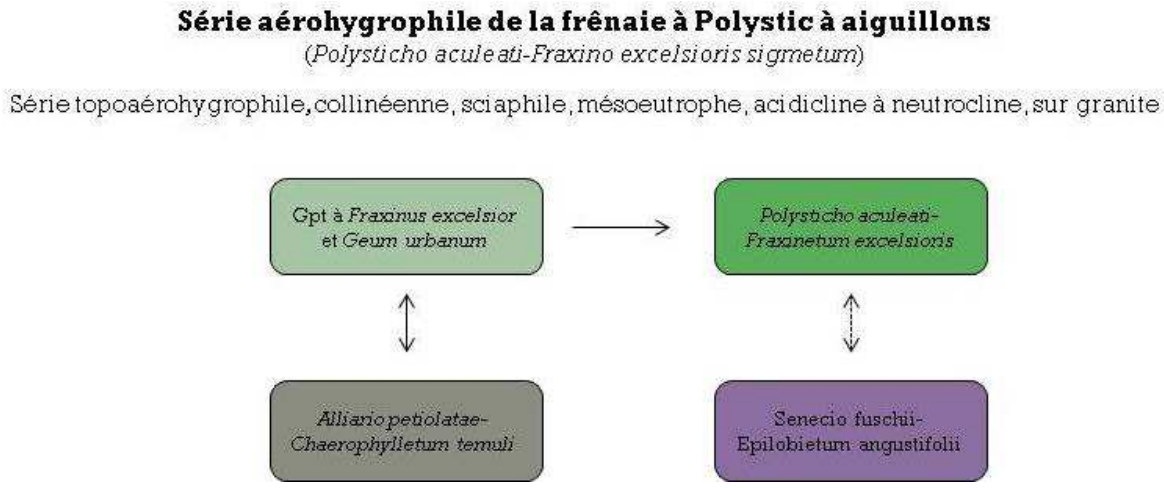


Figure 80 : diagramme d'affinité dynamique de la série de la frênaie à Polystic à aiguillons.



Photo 49 : photo aérienne prise en 1946 (IGN) au niveau de Sayat. On note que les gorges étaient déjà boisées.



Dessin 4 : Vue de l'ensemble de la Vallée de Royat boisées, (Delécluze 1821).

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : étant données les conditions stationnelles cette série est dans un bon état de conservation.

Intérêt patrimonial : la forêt du *Polysticho aculeati-Fraxinetum excelsioris* correspond à l'habitat d'intérêt européen prioritaire n° **9180***.

Permasérie associée : *Cystoptero fragilis-Polypodio vulgare permasigmetum.*

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie collinéenne tempérée d'ubac des gorges cristallines (*Polygonato multiflori-Fago sylvaticae geosigmetum*).

2.4.7 Série climatophile de la frênaie à Pulmonaire affine

(*Pulmonario affinis-Fraxino excelsioris sigmetum* prov. [PUA-FE])

Tableau 49 : synrelevés de la série du PUA-FE

N° synrelevé	119
Localité	Le Fer à Cheval
Auteur du synrelevé	Roux C.
Id_SIG	365
Surface du synrelevé (ha)	6
Altitude moyenne (m)	510
Exposition (degrés)	-
Pente moyenne (degrés)	11
Région phyto-écologique	XD 29
Nombre de syntaxons	2
Communautés forestières	
Pulmonario affinis-Fraxinetum excelsioris	5
Communautés herbacées	
Alliario petiolatae-Chaerophylletum temuli	1

Écologie : série climatophile de l'étage collinéen, entre 400 et 580 m d'altitude, sur colluviosols enrichis en matière fine. La végétation est hygrocline à mésohygrophile. Les indices d'Ellenberg de nutriments et de réaction acidobasique pour le synrelevé sont donnés dans la figure 81 ; on constate que la tessella est mésoeutrophe et neutrophile.

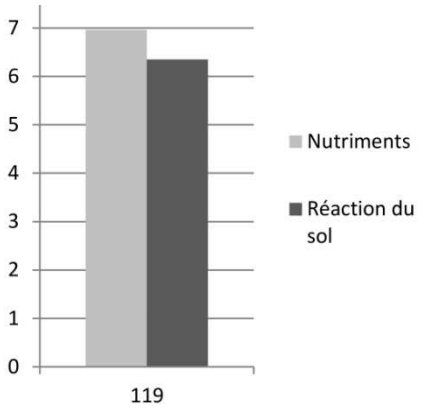


Figure 81 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction acidobasique du sol, calculées à partir du synrelevé effectué dans la série de la frênaie à Pulmonaire affine.

Chorologie (figure 66a) : la série de la frênaie à Pulmonaire affine se localise dans les talwegs et replats en fond de petits vallons à proximité des zones alluviales rivulaires. Elle est peu présente dans les gorges car les secteurs favorables ont souvent été drainés pour favoriser la mise en place de prairies. Les seuls individus qui restent dans les gorges se trouvent au Fer à cheval, au niveau du ruisseau des Valettes vers Nohanent. On la trouve également plus en aval dans la plaine dans deux secteurs : en bordure de l'Auzon à la Roche Blanche et du Bédat sous Sayat. Elle occupe une surface de 47 ha dont seulement 9 ha dans les gorges, ce qui représente 0.4% de la surface totale de la faille de la Limagne et 0.1% sur l'ensemble du secteur d'étude. Cette série est mieux représentée ailleurs en Auvergne, notamment dans les fonds colluvionnés de vallées de basse altitude des massifs cristallins, Livradois-Forez, Combrailles...

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : étant donné le peu d'individu présents dans la zone d'étude il est difficile d'émettre des hypothèses sur l'avenir de cette série.

Composition de la série et dynamique (figure 82) : nous n'avons pas pu trouver d'individu formant le stade initial ; il s'agit probablement d'une prairie mésotrophe subissant des inondations temporaires appartenant à l'alliance du *Mentho longifoliae-Juncion inflexi*. Le fourré mésohygrophile à Cerisier à grappes et Noisetier (*Pruno-Coryletum*) s'implante après abandon de la prairie, puis la frênaie tête de série s'installe (*Pulmonario-Fraxinetum*). En condition plus eutrophe le fourré à Houblon et Sureau noir (*Humulo-Fraxinetum*) remplacera le fourré précédent.

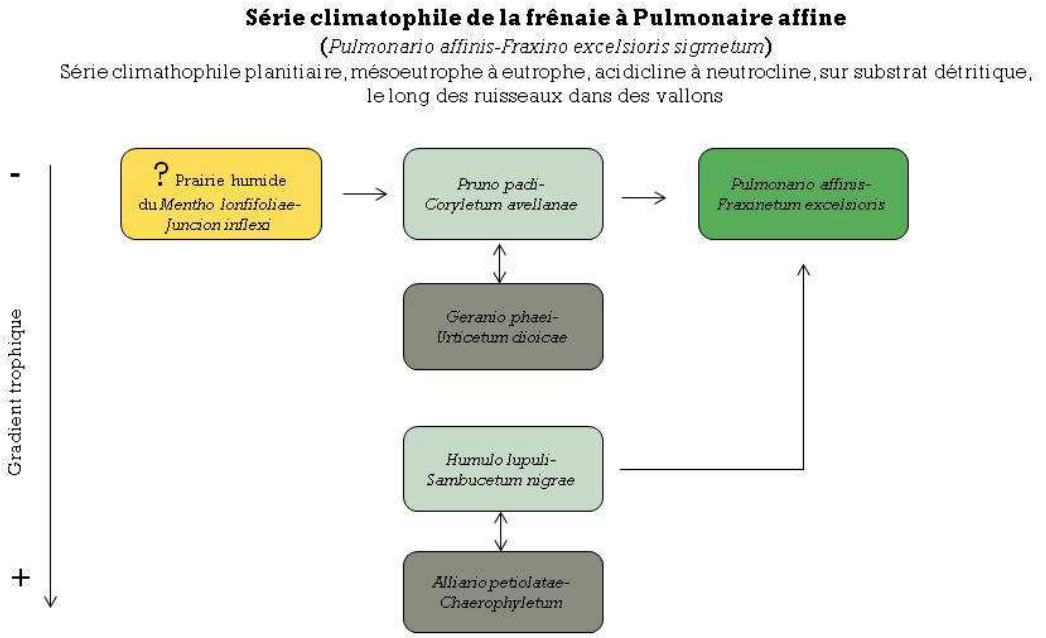


Figure 82 : diagramme d'affinité dynamique de la série de la frênaie à Pulmonaire commune.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : comme nous l'avons souligné cette série est très peu présente sur le territoire d'étude, néanmoins les individus présents sont dans un bon état de conservation, mais non matures.

Intérêt patrimonial : pas d'habitat d'intérêt européen dans cette série.

Permasérie associée : aucune.

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie collinéenne tempérée à submontagnarde des zones alluviales rivulaires et des talwegs des gorges et du plateau cristallin (*Impatiento noli-tangere-Alno glutinosae geosigmetum*).

2.4.8 Série édaphohygrophile de l'aulnaie à Balsamine des bois

(*Impatiento noli-tangere-Alno glutinosae sigmetum* [IN-AG])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 60 du tableau 50 ; polygone SIG : 80

Tableau 50 : synrelevés de la série du IN-AG

N° synrelevé	66	50	57	60
Localité	Pont des Soupirs	Puy de Manson	Gorges de l'Artière	Montrodeix
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	91	65	75	80
Surface du synrelevé (ha)	5.8	2.7	14	7.5
Altitude moyenne (m)	590	795	700	865
Exposition (degrés)	-	-	-	45
Pente moyenne (degrés)	12	8	12	7
Région phyto-écologique	XD 29	XD 29	XD 29	XD 29
Nombre de syntaxons	1	2	2	3
Communautés forestières				
Impatienti noli-tangere-Alnetum glutinosae race à Prunus padu	5	5	5	3
Communautés arbustives				
Pruno padi-Coryletum avellanae		2		
Communautés herbacées				
Scorzonero humilis-Agrostietum capillaris				3
Groupement a Scirpus sylvaticus et Angelica sylvestris			2	2

Écologie : série édaphohygrophile rivulaire collinéenne à submontagnarde, entre 540 et 780 m d'altitude, sur alluvions récentes. Les indices d'Ellenberg de nutriments et de réaction acidobasique pour chacun des 4 synrelevés sont donnés dans la figure 83 ; on constate que la tessella est mésoeutrophe et acidicline à neutrocline.

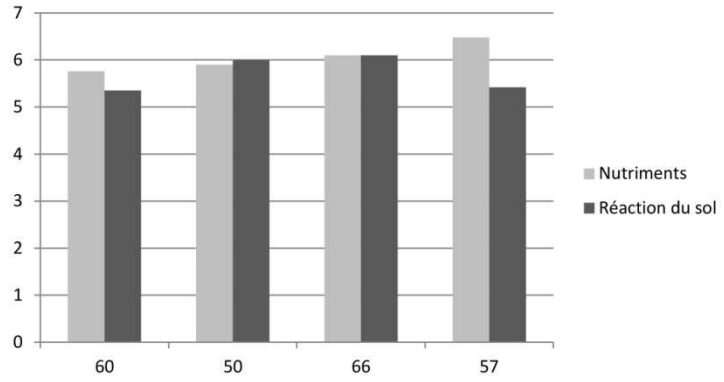


Figure 83 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction acidobasique du sol, calculées à partir de chaque synrelevé effectué dans la série de l'aulnaie à Balsamine des bois.

Chorologie (figure 66a) : la série de la frênaie à Balsamine des bois est traitée dans le présent paragraphe (2.4 rebord occidental de la Limagne), mais on la trouve également sur le plateau cristallin et au niveau de la plaine en aval, à la sortie des gorges et sur les versants nord des coteaux (Gergovie, les côtes de Clermont et Châteaugay). Elle occupe la bordure alluviale étroite qui entoure les ruisseaux du plateau cristallin, en tête de vallon (ruisseaux de Saint-Genès, de l'Auzon et des Valettes ; entre Manson et Thèdes ; Beaune-le-Chaud ; sous le château de Montrodeix). Dans les gorges elle se localise en bordure des ruisseaux lorsque la pente n'est pas trop prononcée et qu'une bordure alluviale peut se développer et se poursuit dans la plaine jusqu'en limite de la Grande Limagne. Elle occupe une surface totale de 223 ha, ce qui représente 0.5% de l'ensemble de la zone d'étude. On trouve cette série dans l'étage

collinéen au niveau des affluents de la rivière Allier, ruisseaux descendants de la Margeride, Couzes, haute Sioule... ainsi que dans le bassin de la Dordogne.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : compte tenu de son caractère spécialisé, de sa localisation sur la plus grande partie de son aire le long des ruisseaux des gorges, l'aire actuelle de cette série sera peu impactée par le changement climatique. Sauf dans sa partie aval où la série régressera au profit de la série planitiaire de la frênaie à Géranium livide (GP-FE).

Composition de la série et dynamique (figure 84) : le stade de départ est une prairie mésohygrophile hydro-alternante à Scorsonère humble et Agrostis commun (*Scorzonero-Agrostietum*). Après abandon, à l'étage submontagnard, cette prairie est envahie par des hautes herbes du groupement à Scirpe des bois et Angélique qui évolue soit vers une haie à Cerisier à grappes et Noisetier, soit directement vers l'aulnaie à Balsamine des bois. À l'étage collinéen la dynamique s'effectue sans passer par le stade à Scirpe des bois et Angélique.

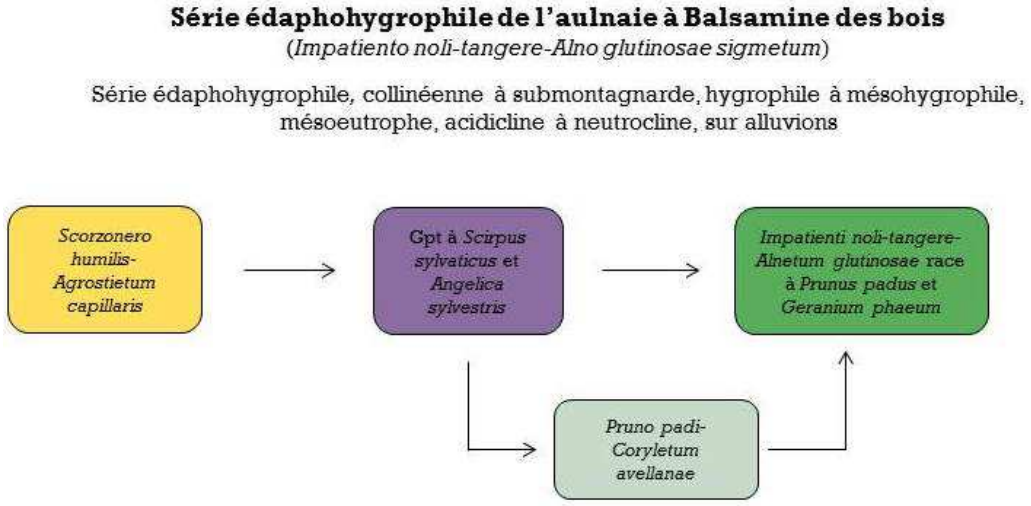


Figure 84 : diagramme d'affinité dynamique de la série de l'aulnaie à Balsamine des bois.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : sur le plateau cristallin et dans les gorges la série est dans un bon état de conservation. À la sortie des gorges la plupart des ruisseaux traversent les zones urbanisées et l'état de conservation de la série devient alors mauvais. Les ruisseaux de l'Artière (Beaumont), l'Auzon (Chanonat/la Roche Blanche) et Saussade/Vergne (Nohanent) sont les plus épargnés. La Tiretaine est canalisée et très souvent enterrée lorsqu'elle traverse Clermont. Le Bédat qui traverse Sayat à la sortie des gorges est dégradé. Sur la carte des séries (annexe 11) nous avons opté pour deux représentations : la série dans un bon état de conservation (IN-AG code numérique 14) et la série anthropisée (IN-AG-AN code numérique 14a).

Intérêt patrimonial : les hautes herbes du groupement à *Scirpus sylvaticus* et *Angelica sylvestris* correspondent à l'habitat d'intérêt européen n° **9180**. La forêt de l'*Impatienti noli-tangere-Alnetum glutinosae* correspond à l'habitat d'intérêt européen prioritaire n° **91E0***.

Permasérie associée : aucune.

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie collinéenne tempérée à submontagnarde des zones alluviales rivulaires et des talwegs des gorges et du plateau cristallin (*Impatiento noli-tangere-Alno glutinosae geosigmetum*).

2.4.9 Permasérie édaphoxérophile à Doradille du Nord et Asplénium noir

(*Asplenio septentrionali-adianti nigri permasigmetum* [AS-AN])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 82 du tableau 44 ; polygone SIG : 116

Écologie : communauté de chasmophytes, silicicole, hélioxérophile, à large amplitude thermique, habitant les petites falaises sur roche cristalline, aux expositions favorables.

Chorologie (figure 66a) : il s'agit d'une permasérie, correspondant à un groupement basal, peu caractérisé, étant donné la faible représentation des milieux rocheux dans la zone d'étude. Très répandue sur roche cristalline, aux étages collinéens à montagnards de l'Auvergne.

Dynamique : stable.

État de conservation : inégal d'un site à l'autre dans la zone d'étude.

Intérêt patrimonial : habitat d'intérêt européen n° **8220**.

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géosérie collinéenne tempérée d'adret des gorges cristallines (*Hieracio sabaudi-Querco petraeae quercetoso pubescentis geosigmetum*).

2.4.10 Permasérie édaphoxérophile à Capillaire fragile et Polypode commun

(*Cystoptero fragilis-Polypodio vulgare permasigmetum* [CF-PV])

Permasérie décrite au paragraphe 2.3.6.

2.4.11 Permasérie édaphoxérophile à Orpin des rochers et Piloselle

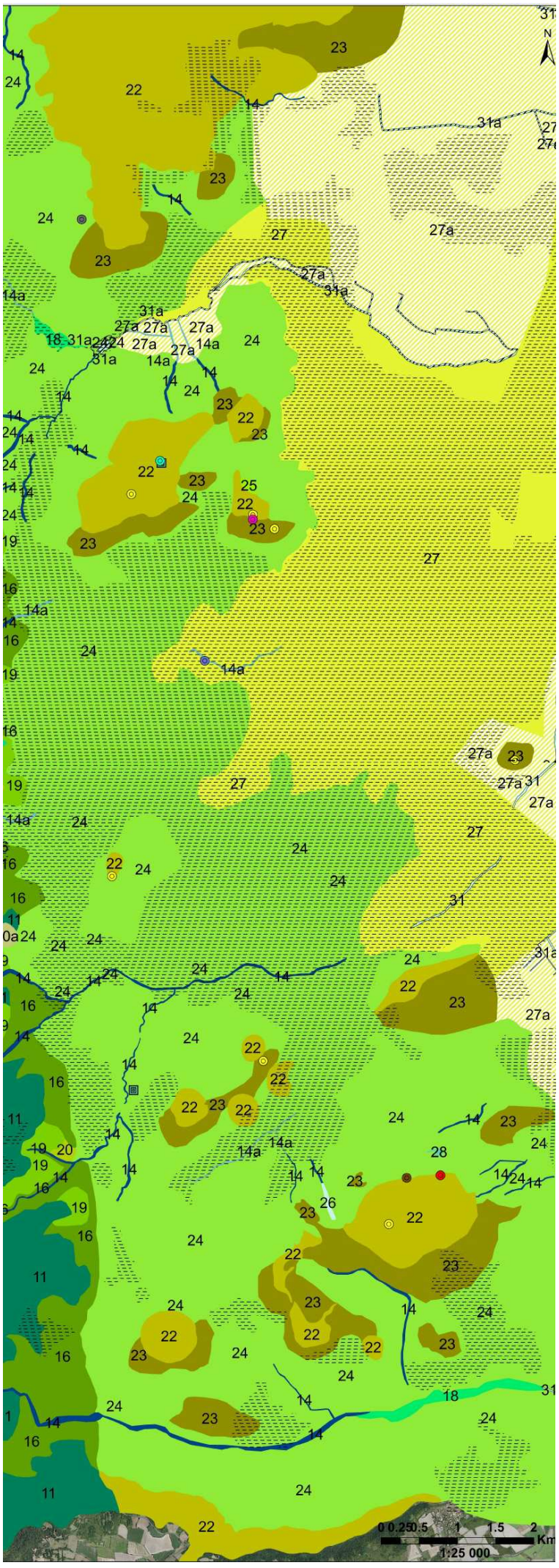
(*Sedo rupestris-Hieracio pilosella permasigmetum* [SR-HP])

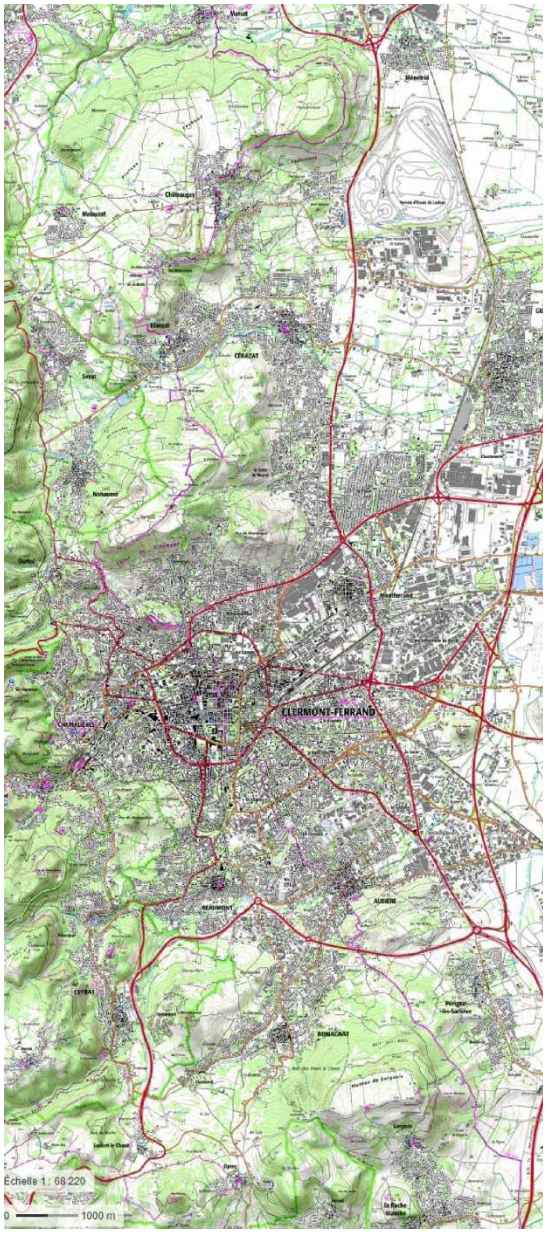
Permasérie décrite au paragraphe 2.3.7.

2.4.12 Permasérie édaphoxérophile à Alysson à calices persistants et Orpin blanc

(*Alysso alyssoides-Sedo albi permasigmetum* [AA-SA])

Permasérie décrite au paragraphe 2.5.7.



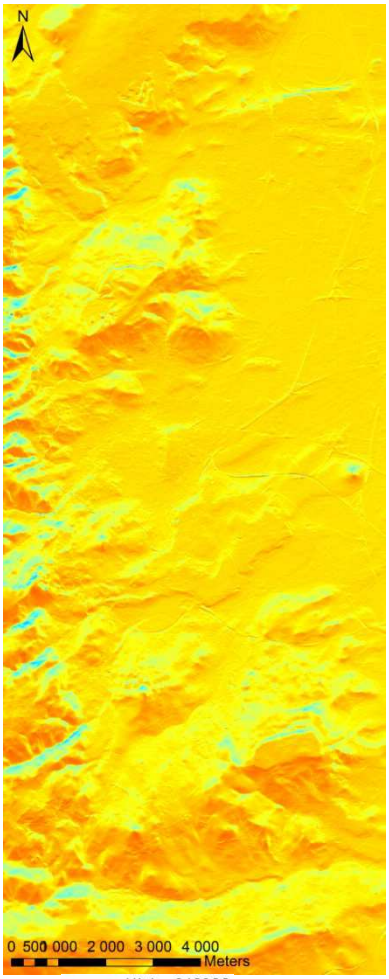


b)

a)

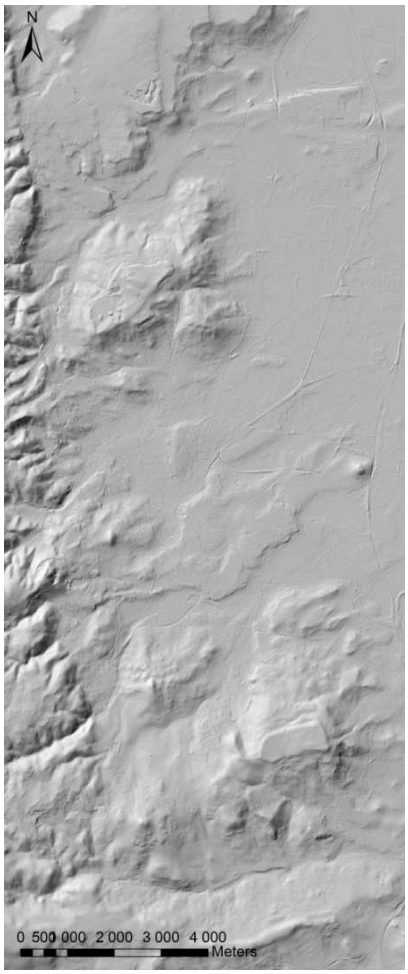
- Zones urbanisées
- 22 TR-QP
- 23 TR-QP-R
- 24 CD-QP
- 25 LM-QR-GN
- 26 PS-AP
- 16 SRC
- 14 IN-AG
- 14a IN-AG-AN
- SRC
- SA-SA
- SR-HP
- CF-PV
- AA-SA
- AS-AN
- GF

2.5 Séries de végétation des coteaux de Limagne (11718.5 ha)

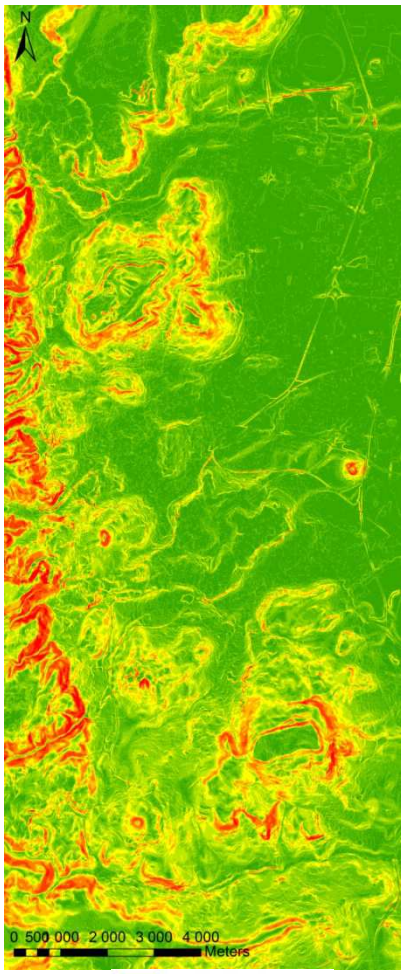


c)

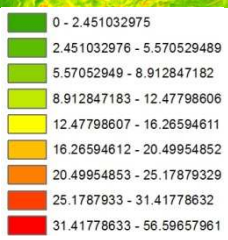




d)

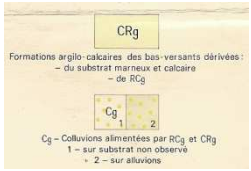


e)

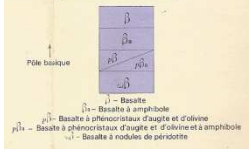




f)







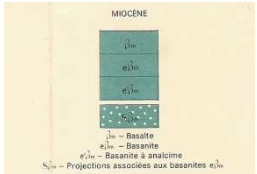


Figure 85 : cartographies des coteaux de Limagne extraite du SIG. a) séries de végétation et légende; les tirets signalent les villages. b) carte IGN. Obtenus à partir du MNT : c) rayonnement solaire d) relief ; e) pente.
f) carte géologique 1/50 000 (qui se termine au début du plateau de Gergovie, le reste de la zone sud n'ayant pas été cartographié) et légende simplifiée (BRGM).

2.5.1 Série climatophile de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre

(*Trifolio rubentis-Querco pubescentis sigmetum* [TR-QP])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 89 du tableau 51 ; polygone SIG : 170

Tableau 51 : synrelevés de la série du TR-QP

N° synrelevé	90	89	91	88	92
Localité	Puy de Chanturgue	Les cotes de Clermont	Puy de Var	Gergovie	Châteaugay
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	171	170	172	159	173
Surface du synrelevé (ha)	18	154	20	145	736
Altitude moyenne (m)	520	580	540	680	510
Exposition (degrés)	toutes	toutes	toutes	toutes	toutes
Pente moyenne (degrés)	10	8	14	9	4
Région phyto-écologique	XA 5	XA 5	XA 5	XA 5	XA 5
Nombre de syntaxons	6	9	8	13	7
Communautés forestières					
Trifolio rubentis-Quercetum pubescentis	2	1	3		2
Groupement à Ulmus minor et Chaerophyllum temulum		2		2	
Cephalanthero longifoliae-Pinetum sylvestris				1	
Groupement a Fraxinus excelsior et Geum urbanum				2	
Communautés arbustives					
Roso micranthae-Prunetum spinosae rubetosum ulmifolii	2	2	2	2	2
Coluteo arborescentis-Loniceretum etruscae cytisetosum scoparii	1	2			1
Rubo ulmifolii-Ulmetum minoris	2				3
Corno sanguinei-Salicetum purpureae		+		+	
Lonicero periclymeni-Coryletum avellanae			1		
Communautés herbacées					
Koelerio vallesiacae-Helianthemetum apennini			2		
Teucrio chamaedrys-Brometum erecti			1		
Agrostio capillaris-Saxifragetum granulatae				1	
Saxifrago granulatae-Helianthemetum nummularii		2			
Cynosuro cristati-Lolietum perennis				3	
Dauco carotae-Arrhenatheretum elatioris		2	1	3	3
Coronillo variae-Peucedanetum alsatici	2	2	2	1	2
Sambucetum ebuli				1	1
Astero novi-belgii-Artemisietum vulgaris				+	
Medicaginetum minimo-rigidulae			+		
Permaséries associées					
Sedo rupestris-Hieracietum pilosellae				+	
Alysso alyssoidis-Sedetum albi	+	+		+	
Scillo autumnalis-Sedetum albi	+				

Écologie : série climatophile de l'étage collinéen thermophile, entre 400 et 740 m d'altitude, sur roches basaltiques d'origine volcanique tertiaire. Les sols sont de type brun andique, peu profonds et irrégulièrement caillouteux alternant avec des lithosols. Ils sont légèrement acides et bien pourvus en base. Cette série est héliothermophile, mésoxérophile à mésophile. Les indices d'Ellenberg de nutriments et de réaction acidobasique pour chacun des 5 synrelevés

sont donnés dans la figure 86 ; on constate que la tessella est oligomésotrophe à mésotrophe et acidicline à neutrocline.

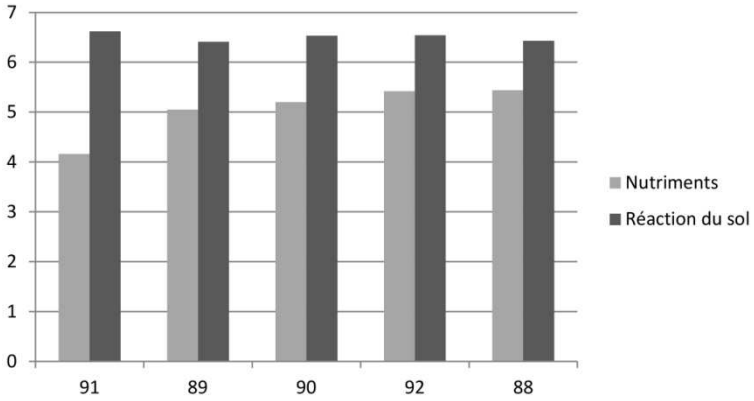


Figure 86 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction acidobasique du sol, calculées à partir de chaque synrelevé effectué dans la série de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre.

Chorologie (figure 85a et photo 50) : la série de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre se situe sur les coulées et necks basaltiques des coteaux de Limagne : montagne de la Serre, Côtes de Clermont, puy de Chanturgue, Gergovie, le plateau Châteaugay, Montrognon, Mur.... Elle occupe une surface de 1449 ha, ce qui représente 12% de la surface totale du système des coteaux de Limagne et 2.8% sur l'ensemble du secteur d'étude. Cette série est généralisée sur tous les plateaux et édifices volcaniques anciens sous climat d'abri dans les Limagnes, en dessous de 800 m, depuis Ebreuil dans l'Allier au nord jusqu'au Brivadois en Haute-Loire, dans la basse partie des vallées des Couzes et le Bas-Alagnon.



Photo 50 : prairies amendées et fourrés à prunelliers, de la série de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre, sur le plateau basaltique du puy de Chanturgue.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures et de la xéricité ; les conditions nécessaires à la série ne seront plus respectées. On peut penser que les conditions climatiques générales seront celles de l'étage mésoméditerranéen, or le contexte climatique limagnais de type semicontinental d'abri persistera avec un maximum pluvial au printemps et en été et un contraste thermique toujours important entre saison hivernale et estivale. On assistera alors à une disparition de la série, à la place, une nouvelle série non encore présente sur la zone d'étude apparaitra. Il n'y aura plus d'essences arborescentes adaptées dans les ressources de la flore locale. Quelques chênes pubescents pourront subsister et les autres essences (Orme, Acacia, Pin sylvestre...) disparaitront de ces territoires. Il n'y aura donc vraisemblablement pas de tête de série forestière, la série de végétation qui s'installera sera une curtasérie, qui aura l'aspect d'une steppe arborée. Parmi les ressources de la flore actuelle, celles des pelouses les plus xériques seront favorisées. Le stade arbustif qui se mettra en place sera encore plus marqué par des taxons xérothermophiles de la flore actuelle : Genévrier, Cerisier de Sainte-Lucie, Chèvrefeuille d'Étrurie...

Composition de la série et dynamique (figure 87) : le stade de départ est une végétation pionnière, sur lithosol évolué, soit à Cotonnière dressée (groupement à *Bombycilaena erecta*) soit à Luzernes minime et rigide et à Trigonelle de Montpellier (*Medicaginetum minimo-rigidulae trigonelletosum monspellacae*). Suivant le degré d'acidité et la xéricité du sol nous avons plusieurs trajectoires dynamiques possibles.
Sur les sols neutroclines, en conditions mésoxérophiles se développe la pelouse à Genêt ailé et Hélianthème des Apennins (*Chamaespartio-Helianthemetum*), des conditions plus mésophiles favoriseront la pelouse à Centaurée approximative et Brachypode penné (*Centaureo-Brachypodietum*). Ces deux pelouses évolueront vers une fruticée à Rosier, Ronce et Prunellier (*Roso-Prunetum rubetosum ulmifolii*) puis vers la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre qui correspond à la tête de série.
Sur les sols acidiclines, en conditions les plus xérophiles se développe la pelouse à Fléole de Boehmer et Fétuque de Léman (*Phleo-Festucetum*), en conditions plus mésoxérophiles nous aurons plutôt la pelouse à Saxifrage granulée et Hélianthème des Apennins (*Saxifrago-Helianthemetum*). Ces deux pelouses évolueront vers un fourré hélioxérophile et thermophile à Baguenaudier, Chèvrefeuille d'Étrurie et Genêt à balai (*Coluteo-Loniceretum cytisetum*) puis vers la tête de série à chênes pubescents (*Trifolio-Quercetum*).
Toutes ces pelouses, lorsqu'elles sont amendées, et selon les types de pratiques pastorales, évoluent soit en prairie de fauche à Carotte sauvage, Fromental et Brome dressé (*Dauco-Arrhenatheretum brometosum*), soit en prairie pâturée à Crételle des prés et Ray-grass (*Cynosuro-Lolietum*). Après abandon ces prairies sont envahies par un fourré rudéral mésophile à Ronce à feuilles d'Orme et Orme champêtre (*Rubo-Ulmetum*) qui évoluera vers la chênaie pubescente mais en passant par un stade de forêt pionnière nitrocline, à déterminisme anthropique, à Orme champêtre et Cerfeuil penché (Groupement à *Ulmus minor* et *Chaerophyllum temulum*). La dynamique vers la chênaie pubescente s'en trouvera ralentie et si les semenciers de chênes pubescents n'existent plus dans les alentours, c'est la forêt à Orme qui remplacera la chênaie.

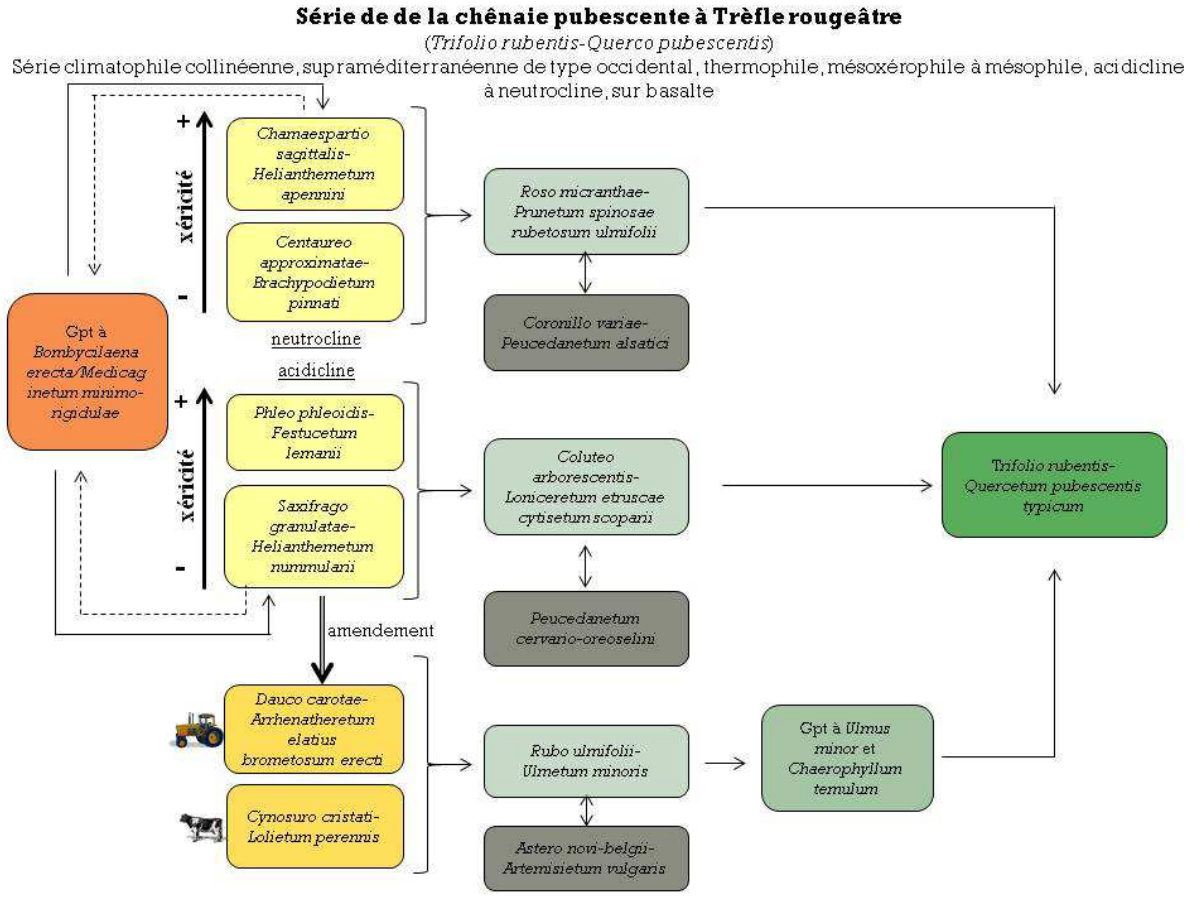


Figure 87 : diagramme d'affinité dynamique de la série de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre. En bas trajectoire dynamique anthropique avec prairies amendées au départ et en haut trajectoire plus naturelle avec au départ des pelouses plus oligotrophiles.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : la comparaison des photos 51 et 52 met en évidence le changement dans l'occupation du sol depuis les années 1946. Les plateaux des coteaux étaient utilisés pour l'agriculture. Aujourd'hui ces parcelles se sont reboisées, soit en chênaies pubescentes relativement jeunes soit en fruticées. On note aussi l'expansion des villes qui entoure le site, c'est d'ailleurs au niveau du site des Côtes que la pression urbaine est la plus marquée ; l'eutrophisation du site est due à un flux important de promeneurs consécutif à la proximité de la ville. Le plateau basaltique de ce site a également été exploité durant plusieurs années, mais la carrière est aujourd'hui fermée.
Certains secteurs des sites de Châteaugay et de Gergovie (synrelevé 88 de la figure 84) sont encore utilisés en prairies ou en cultures.
En général la chênaie pubescente est peu présente et est relativement jeune, elle est souvent remplacée par la forêt pionnière nitrocline, à déterminisme anthropique, à Orme champêtre et Cerfeuil penché. La tête de série est par contre bien représentée sur la montagne de la Serre.
La série de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre est globalement dans un état de conservation moyen sur les coteaux proches des secteurs urbanisés. Et dans un bon état de conservation à la montagne de la Serre.



Photo 51 : photo aérienne des Cotes de Clermont, de 1946 (IGN).



Photo 52 : photo aérienne des Cotes de Clermont, de 2013 (CRAIG).

Intérêt patrimonial : les pelouses du *Phleo phleoidis-Festucetum lemanii*, du *Chamaespartio sagittalis-Helianthemetum apennini,* du *Saxifrago granulatae-Helianthemetum nummulari* et du *Centaureo approximatae-Brachypodietum pinnati* correspondent à l'habitat d'intérêt européen n° **6210** et la prairie du *Dauco carotae-Arrhenatheretum elatioris* au n° **6510**. Étant donnée la rareté des chênaies pubescentes matures dans la zone d'étude, les seuls îlots actuellement existants ainsi que ceux en pourtour doivent être impérativement préservés et servir de réservoirs de semenciers.

Permasérie associée : *Alysso alyssoidis-Sedo albi permasigmetum, Scillo autumnalis-Sedo albi permasigmetum, Sedo rupestris-Hieracio pilosella permasigmetum.*

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie collinéenne héliothermophile des coteaux de Limagne (*Trifolio rubentis-Querco pubescentis geosigmetum*).

2.5.2 Série climatophile de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre et Garance voyageuse

(*Trifolio rubentis-Querco pubescentis rubietoso peregrinae sigmetum* [TR-QP-R])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 106 du tableau 52 ; polygone SIG : 290

Tableau 52 : synrelevés de la série du TR-QP-R

N° synrelevé	102	98	95	106	100	104	103
Localité	Puy de Chanturgue	Pérignat les Sarlièves	Gergovie	Châteaugay Champ Griaud	Puy d'Aubière	Puy de Var	Cotes de Clermont
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	276	264	258	290	268	278	277
Surface du synrelevé (ha)	23	30	6	124	98	5.4	45
Altitude moyenne (m)	500	460	640	430	420	490	545
Exposition (degrés)	135-225	100-180	260	110-180	toutes	90-160	150-225
Pente moyenne (degrés)	17	11	17	14	7	18	19
Région phyto-écologique	XA 5	XA 5	XA 5	XA 5	XA 5	XA 5	XA 5
Nombre de syntaxons	9	7	4	7	9	5	9
Communautés forestières							
Trifolio rubentis-Quercetum pubescentis rubietosum peregrinae	1			3		3	3
Rubo ulmifolii-Ulmetum minoris	2	3			2	2	2
Cephalanthero longifoliae-Pinetum sylvestris			4				
Hieracio sabaudii-Quercetum petraea							+
Groupement a Fraxinus excelsior et Geum urbanum					1		
Plantation					+		
Communautés arbustives							
Coluteo arborescentis-Loniceretum etruscae	2	2	2	1			
Roso micranthae-Prunetum spinosae rubetosum ulmifolii	2				2	2	
Communautés herbacées							
Centaureo approximatae-Brachypodietum pinnati		2					
Onobrychido viciifoliae-Brometum erecti		3		1	2	2	
Koelerio vallesiacae-Helianthemetum apennini	2	2	2	2	1		
Teucrio chamaedrys-Brometum erecti	2	1	1	2	1		
Dauco carotae-Picridetum hieracioidis							1
Cynosuro cristati-Lolietum perennis							2
Culture intensive					2		
Vigne				3			
Coronillo variae-Peucedanetum alsatici	2	2		2	2	2	1
Astero novi-belgii-Artemisietum vulgaris							1
Trifolio medii-Agrimonietum eupatoriae							2
Medicaginetum minimo-rigidulae	1						
Trifolio striati-Vulpietum myuri							+
Permaséries associées							
Alysso alyssoidis-Sedetum albi	1						

Écologie : série climatophile de l'étage collinéen thermophile, entre 360 et 680 m d'altitude, sur pentes marneuses ou argilocalcaires ; elle occupe en particulier les pentes sud des coteaux protégés par un couvercle basaltique ancien et ainsi mis en relief par l'érosion différentielle. Les sols sont de type calcosols, ce sont des sols bien structurés dont la réserve en eau dépend de la profondeur du sol et leur taux en matière organique est assez élevé. Cette série est thermophile, mésoxérophile à mésophile. Les indices d'Ellenberg de nutriments et de réaction acidobasique pour chacun des 7 synrelevés sont donnés dans la figure 88 ; on constate que la tessella est oligomésotrophe à mésotrophe et basiphile.

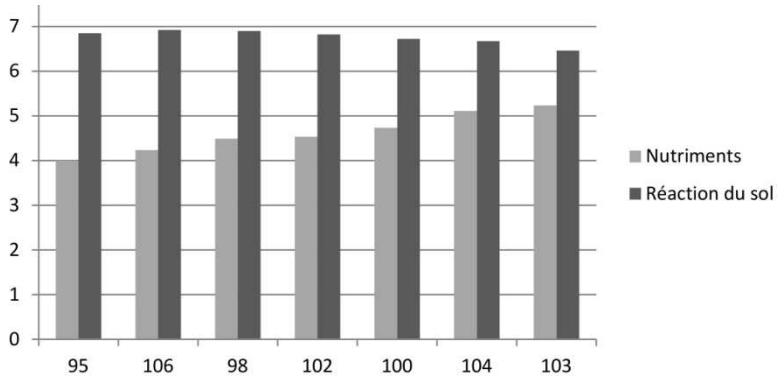
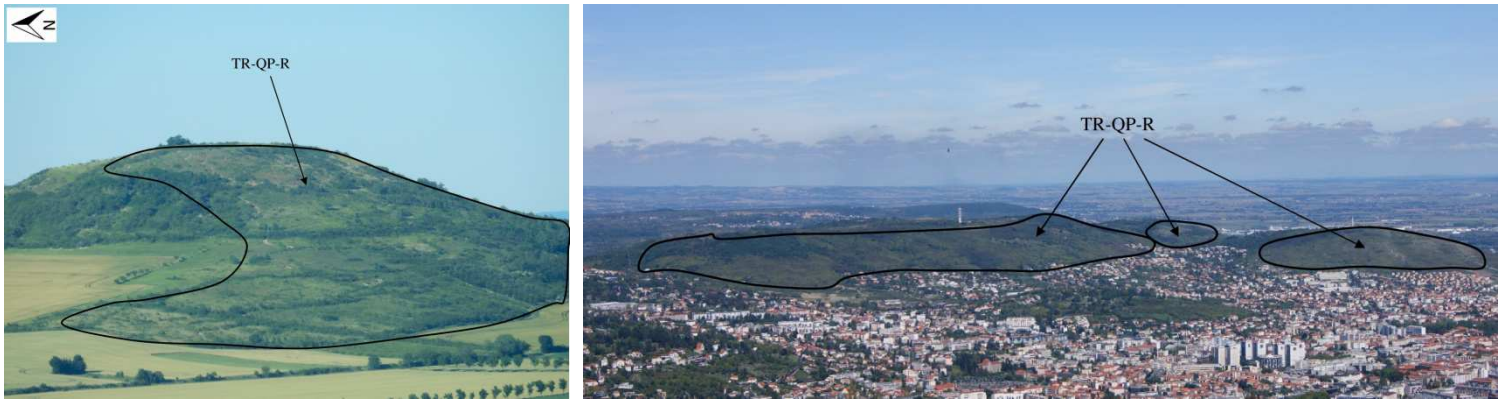


Figure 88 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction acidobasique du sol, calculées à partir de chaque synrelevé effectué dans la série de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre et Garance voyageuse.

Chorologie (figure 85a et photos 53) : la série de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre et Garance voyageuse se situe sur les pentes bien exposées des coteaux de Limagne. On la trouve sur tous les coteaux proches de la faille de la Limagne : Côtes de Clermont, Chanturgue, Gergovie, Châteaugay, Montrognon, Montaudoux.... Mais également sur ceux éparpillés dans la plaine de la Limagne : puy Long, Anzelle, Crouel, Bane et Mur. Elle occupe une surface de 980 ha, ce qui représente 8.3% de la surface totale du système des coteaux de Limagne et 1.9% sur l'ensemble du secteur d'étude. Elle est généralisée sur les adrets des coteaux marneux.



Photos 53 : série de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre et Garance voyageuse (TR-QP-R), sur le puy d'Anzelle (photo de gauche) et sur les Côtes et les puys de Chanturgue et Var en plein centre des zones urbanisées (photo de droite).

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures et de la xéricité ; les conditions nécessaires à la série ne seront plus respectées. Les impacts seront similaires à ceux décrits pour l'aire de la série de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre (caractère continental toujours affirmé) par contre on assistera à un déplacement de la série qui pourra se réfugier sur les versants nord et les replats. À la place, une nouvelle série, non encore présente sur la zone d'étude, apparaitra dans laquelle les pins noirs issus de plantation pourront devenir plus concurrentiels. La série de végétation qui s'installera sera une curtasérie, qui aura l'aspect d'une steppe arborée. Les phénomènes d'érosion sur les pentes, compte tenu des orages violents, s'accentueront mettant en relief le sol et la roche nue et favorisant les communautés pionnières xérophiles. La pelouse xérophile à Koelérie du Valais et Hélianthème des Apennins, communauté xérique d'affinité continentale, (*Koelerio-Helianthemetum*) aura un bel avenir, au détriment de la pelouse mésoxérophile à Germandrée petit-chêne et Brome dressé (*Teucrio-Brometum*). Le stade arbustif qui se mettra en place sera encore plus marqué par des taxons xérothermophiles

de la flore actuelle : Genévrier, Cerisier de Sainte-Lucie, Chèvrefeuille d'Étrurie, Baguenaudier,...

Composition de la série et dynamique (figure 89) : le stade de départ est une végétation pionnière, sur lithosol évolué, à Luzernes minime et rigide (*Medicaginetum minimo-rigidulae typicum*). Si le sol est très peu profond c'est la pelouse xérophile à Koelérie du Valais et Hélianthème des Apennins qui s'installera (*Koelerio-Helianthemetum*), en revanche si la profondeur du sol est un peu plus importante, c'est la pelouse mésoxérophile à Germandrée petit-chêne et Brome dressé (*Teucrio-Brometum*). Ces deux pelouses évolueront vers un fourré hélioxérophile et thermophile à Baguenaudier et Chèvrefeuille d'Étrurie (*Coluteo-Loniceretum*) ou vers un fourré à Églantier à petites fleurs, Prunellier et Ronce à feuilles d'Orme (*Roso-Prunetum rubetosum ulmifolii*) si la station n'est pas suffisamment héliothermophile, puis vers la tête de série à chênes pubescents (*Trifolio-Quercetum rubietosum*). Si des plantations de pins sylvestres ou de pins noirs ont été effectuées dans le passé, le fourré laissera place à une pinède à Pin sylvestre et Céphalanthère à feuilles étroites (*Cephalanthero-Pinetum*). Ces pelouses, lorsqu'elles sont amendées, et selon les types de pratiques pastorales, évoluent soit en prairie de fauche à Carotte sauvage, Fromental et Brome dressé (*Dauco-Arrhenatheretum brometosum*), soit en prairie pâturée à Crételle des prés et Ray-grass (*Cynosuro-Lolietum*). Après abandon ces dernières sont envahies par un fourré rudéral mésophile à Ronce à feuilles d'Orme et Orme champêtre (*Rubo-Ulmetum*) ; celui-ci évoluera vers la chênaie pubescente mais en passant par un stade de forêt pionnière nitrocline, à déterminisme anthropique, à Orme champêtre et Cerfeuil penché (Groupement à *Ulmus minor* et *Chaerophyllum temulum*). La dynamique vers la chênaie pubescente s'en trouvera ralentie et si les semenciers de chênes pubescents n'existent plus dans les alentours, c'est la forêt à Orme qui remplacera la chênaie pubescente.
Un profil socio-écologique topostationnel (PSET) a été effectué dans cette série (figure 90). Cela a permis d'observer sur le terrain les étapes dynamiques qui sont présentes le long d'une toposéquence linéaire.

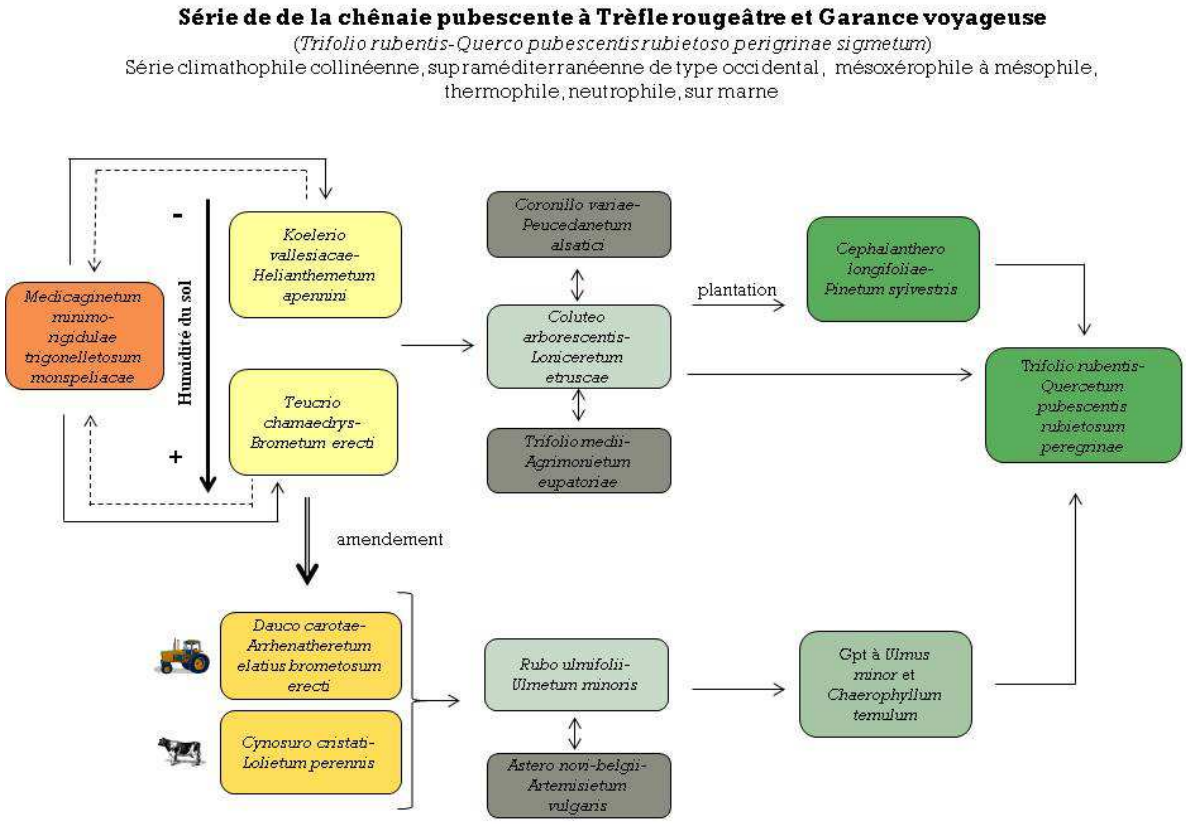
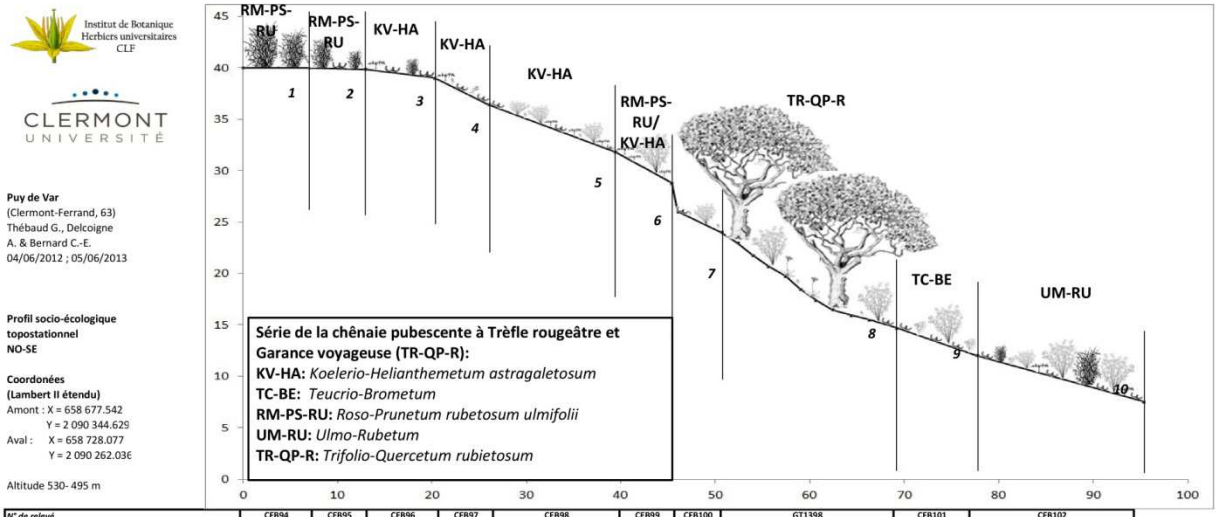


Figure 89 : diagramme d'affinité dynamique de la série de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre et Garance voyageuse. En bas trajectoire dynamique anthropique avec prairies amendées au départ et en haut trajectoire plus naturelle avec au départ des pelouses plus oligotrophiles.



Institut de Botanique Herbiers universitaires CLF

CLERMONT UNIVERSITÉ

Puy de Var
(Clermont-Ferrand, 63)
Thébaud G., Delcoigne A. & Bernard C.-E.
04/06/2012 ; 05/06/2013

Profil socio-écologique topostationnel NO-SE

Coordonnées (Lambert II étendu)
Amont : X = 658 677.542
Y = 2 090 344.629
Aval : X = 658 728.077
Y = 2 090 262.036

Altitude 530- 495 m

Série de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre et Garance voyageuse (TR-QP-R):
KV-HA: *Koelerio-Helianthemetum astragaletosum*
TC-BE: *Teucrio-Brometum*
RM-PS-RU: *Roso-Prunetum rubetosum ulmifolii*
UM-RU: *Ulmo-Rubetum*
TR-QP-R: *Trifolio-Quercetum rubietosum*

N° de relevé	CEB94	CEB95	CEB96	CEB97	CEB98	CEB99	CEB100	GT1398	CEB101	CEB102
Association	RM-PS-RU	RM-PS-RU/KV-HA	KV-HA	KV-HA	KV-HA	KV-HA	RM-PS-RU/KV-HA	TR-QP-R	TC-BE	UM-RU
Dimensions du relevé : longueur x largeur (m)	7 x 2	6 x 2	7.30 x 2	6.30 x 2	14.20 x 2	6.64 x 2	6.20 x 2	20 x 20	8.90 x 2	18.20 x 2
Tree layer %	-	-	-	-	-	-	60	60	25	-
Shrub layer %	80	60	-	-	-	15	50	50	-	75
Herb layer %	100	100	95	90	90	95	45	40	95	100
Moss layer %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Richesse spécifique	25	29	31	32	27	11	22	46	20	18
Indice de Shannon	2.16	2.3	2.84	3	2.57	1.58	2.18	2.98	2.44	2.34
a										
Euonymus europaeus										
Malus sylvestris										
Crataegus monogyna										
Corylus avellana										
Lonicera etrusca										
Prunus avium										
Rosa sp.										
Rubus sp.										
Quercus pubescens (A)										
Quercus pubescens (a)										
Cornus sanguinea										
Prunus spinosa										
Ulmus minor										
h										
Plantago lanceolata										
Vicia sativa										
Vicia sepium										
Bromus hordeaceus I										
Centaurea cf. jacea										
Trisetum flavescens										
Agrimonia eupatoria										
Crataegus monogyna										
Muscari comosum										
Rosa sp.										
Dactylis glomerata										
Origanum vulgare										
Onobrychis supina										
Galium mollugo										
Vicia cracca										
Xanthoselinum alsaticum										
Hypericum perforatum										
Poa pratensis										
Prunus spinosa										
Medicago sativa										
Achillea millefolium										
Vicia lutea										
Koeleria pyramidata										
Potentilla neumanniana										
Allium sphaerocephalon										
Dianthus carthusianorum II										
Helianthemum appeninum										
Thymus gr. polytrichus										
Phleum phleoides										
Trifolium incarnatum subsp. molinieri										
Plantago media										
Helianthemum nummularium										
Linum tenuifolium										
Veronica arvensis										
Thesium divaricatum										
Lotus corniculatus										
Ranunculus bulbosus										
Medicago rigidula										
Sanguisorba minor										
Convolvulus cantabrica										
Falcaria vulgaris										
Vicia hirsuta										
Scabiosa columbaria										
Myosotis ramosissima										
Cf Aster linosyris										
Cervaria rivini										
Brachyodium pinnatum III										
Bromus erectus										
Elytrigia campestris										
Eryngium campestre										
Astragalus monspessulanus										
Festuca ovina										
Teucrium chamaedrys										
Stachys recta										
Sedum rupestre										
Anthericum liliago										
Ulmus minor										
Hippocrepis comosa										
Geranium sanguineum										
Helleborus foetidus										
Hedera helix IV										
Hieracium murorum										
Quercus pubescens (h)										
Polygonatum odoratum										
Securigera varia										
Carex sp.										
Vicia tenuifolia										
Trifolium rubens										
Polypodium vulgare										
Genista tinctoria										
Thymus sp.										
Juglans regia										
Alliaria petiolata										
Asplenium adiantum-nigrum										
Arrhenatherum elatius										
Bupleurum falcatum										
Viola hirta										
Lactuca sp.										
Chaerophyllum temulum										
Epipactis microphylla										
Valerianella sp.										
Stellaria graminea										
Genista sagitalis										
Lolium perenne										
Galium aparine										
Average Ellenberg values										
Light	7.09	7.54	7.55	7.48	7.26	7.73	6.68	6.3	7.05	7.28
Temperature	5.78	6.04	6.12	6.1	6.08	6.27	6.05	5.9	6.16	5.83
Continentality	4.04	4.39	4.14	4.23	4.23	4.64	3.9	3.7	3.84	3.89
Moisture	4.13	3.38	3.31	3.28	3.52	3.55	3.65	4	3.63	3.78
Soil Reaction	7.09	7.18	7.04	6.9	6.46	7.18	6.67	6.8	7.11	7.28
Nutrients	4.61	3.15	3	3.1	2.88	4	3.19	4	3.53	3.94

Figure 90 : profil socio-écologique topostationnel (PSET) de la série de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre et Garance voyageuse (d'après Bernard *et al.* 2013b, modifié).

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : à la fin du XIXème siècle et au début du XXème siècle, les coteaux servent de terrains pour la vigne et les vergers. En 1945, les vignobles auvergnats régressent considérablement, conséquence de la crise du Phylloxéra et de la difficulté de travailler les terrains pentus. Ces secteurs sont donc progressivement abandonnés et, comme pour la série précédente, la comparaison des photos 51 et 52 met en évidence le changement dans l'occupation du sol depuis les années 1946.
Aujourd'hui certains coteaux sont de nouveau utilisés pour l'agriculture (prairies ou grandes cultures), comme les puys de Montrognon, de Mur, d'Anzelle, le coteau de Châteaugay et le versant sud du plateau de Gergovie. Sur les autres, la dynamique de la végétation suit son cour et les coteaux sont recouverts de mosaïques de pelouses plus ou moins ourléifiées, fruticées ou jeunes chênaies pubescentes (Côtes de Clermont, puys de Chanturgue, Var, Crouel et puy Long).
La chênaie pubescente est plus présente que dans la série précédente et quelques secteurs sont mêmes occupés par des forêts qui ont plus de cent ans (le Chevalard et Champ Griaud [photo 54], Roux & Thébaud 2015). On trouve également sur quelques secteurs le stade de la pinède (Gergovie [photo 55], Montaudoux et Montrognon). La tête de série peut également être remplacée par la forêt pionnière nitrocline, à déterminisme anthropique, à Orme champêtre et Cerfeuil penché.
La série de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre et Garance voyageuse est dans un état de conservation bon à moyen suivant les secteurs.



Photo 54 : chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre et Garance voyageuse à Champ Griaud.



Photo 55 : pinède à Pin sylvestre et Céphalanthère à feuilles étroites au plateau de Gergovie.

Intérêt patrimonial : les pelouses du *Koelerio vallesiacae-Helianthemetum apennini* et du *Teucrio chamaedrys-Brometum erecti* correspondent à l'habitat d'intérêt européen n° **6210** et la prairie du *Dauco carotae-Arrhenatheretum elatioris* au n° **6510**. De nombreux "sites à Orchidées remarquables", correspondant à l'habitat d'intérêt européen prioritaire **6210***, se localisent dans cette série. Les îlots de vieilles chênaies pubescentes inventoriées et analysées ici doivent impérativement être préservés sur le plan patrimonial et sur le plan des ressources en semenciers.

Permasérie associée : *Alysso alyssoidis-Sedo albi permasigmetum*.

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie collinéenne héliothermophile des coteaux de Limagne (*Trifolio rubentis-Querco pubescentis geosigmetum*).

2.5.3 Série climatophile de la chênaie sessiliflore et Céphalanthère de Damas

(*Cephalanthero damasonii-Querco petraeae sigmetum* [CD-QP])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 99 du tableau 53 ; polygone SIG : 266

Tableau 53 : synrelevés de la série du CD-QP

N° synrelevé	101	99	105	97	94	93
Localité	Boucherade-Fontimbert	Gergovie nord	Puy de Var nord	La Roche Blanche	Opme-Clémensat	Opme-Jussat
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	271	266	281	263	257	504
Surface du synrelevé (ha)	265	487	300	545	471	218
Altitude moyenne (m)	520	550	470	460	600	580
Exposition (degrés)	300-90	290-60	toutes	toutes	300-40	toutes
Pente moyenne (degrés)	10	12	13	7	8	10
Région phyto-écologique	XA 5	XA 5	XA 5	XA 5	XA 5	XA 5
Nombre de syntaxons	9	14	12	3	7	4
Communautés forestières						
Cephalanthero damasonii-Quercetum petraea	2	3	2		2	
Rubo ulmifolii-Ulmetum minoris	2	2	2		2	
Groupement a Fraxinus excelsior et Geum urbanum	2	2		2		
Groupement à Ulmus minor et Chaerophyllum temulum			+		2	2
Hieracio sabaudii-Quercetum petraea quercetosum pubescentis	+					
Communautés arbustives						
Humulo lupuli-Sambucetum nigrae	1		2			
Roso micranthae-Prunetum spinosae rubetosum ulmifolii	2	2			2	
Coluteo arborescentis-Loniceretum etruscae		1				
Communautés herbacées						
Onobrychido viciifoliae-Brometum erecti		2	1			
Alopecuro pratensis-Arrhenatheretum elatioris			1			
Salvio pratensis-Trifolietum molinerii					2	
Dauco carotae-Arrhenatheretum elatioris	3	2	2	2		4
Dauco carotae-Arrhenatheretum elatioris onobrychidetosum viciifoliae					4	2
Cynosuro cristati-Lolietum perennis	2					2
Culture intensive		2	2	5		
Sambucetum ebuli		1	+			
Alliario petiolatae-Chaerophylletum temuli		2				
Coronillo variae-Peucedanetum alsatici	2	2	2			
Medicaginetum minimo-rigidulae		+				
Astero novi-belgii-Artemisietum vulgaris			2			
Trifolio medii-Agrimonietum eupatoriae		1				
Groupement à Galium mollugo et Urtica dioica			2			
Groupement à Galium mollugo et Brachypodium pinnatum					2	
Permasérie associée						
Groupement à Cystopteris fragilis et Polypodium vulgare		+				

Écologie : série climatophile de l'étage collinéen thermophile, entre 380 et 700 m d'altitude, sur basalte, marne ou alluvion, aux expositions défavorables des coteaux protégés par un couvercle basaltique ancien et ainsi mis en relief par l'érosion différentielle; mais aussi sur les

pentes faibles et replats entre les coteaux. Les sols sont de type calcosols, ce sont des sols profonds bien structurés et leur taux en matière organique est assez élevé. Cette série est thermophile et mésoxérophile à mésophile. Les indices d'Ellenberg de nutriments et de réaction acidobasique pour chacun des 6 synrelevés sont donnés dans la figure 91 ; on constate que la tessella est mésotrophe à mésoeutrophe et neutrocline.

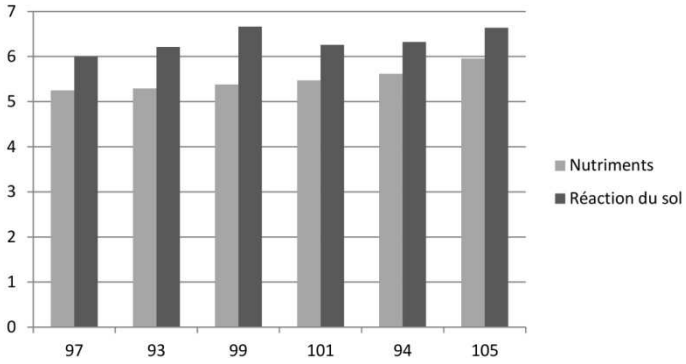


Figure 91 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction acidobasique du sol, calculées à partir de chaque synrelevé effectué dans la série de la chênaie sessiliflore à Céphalanthère de Damas.

Chorologie (figure 85a et photo 52) : la série de la chênaie sessiliflore à Céphalanthère de Damas se situe sur les pentes d'ubacs des coteaux de Limagne et sur les replats entre les coteaux. C'est la série qui occupe la surface la plus importante dans ce système biogéographique, on la retrouve du nord de la zone d'étude au niveau de Châteaugay, jusqu'au village de Chanonat au sud. Elle occupe une surface de 8819 ha (dont 3000 ha sont occupés l'urbanisation), ce qui représente 75,2% de la surface totale du système des coteaux de Limagne et 17.1% sur l'ensemble du secteur d'étude. Elle est généralisée le long de la bordure occidentale des Limagnes, en climat d'abri jusqu'au Brivadois ; à rechercher ailleurs plus au sud dans la haut-Allier ou dans le Bas-Alagnon sur roches basaltiques ou calciques

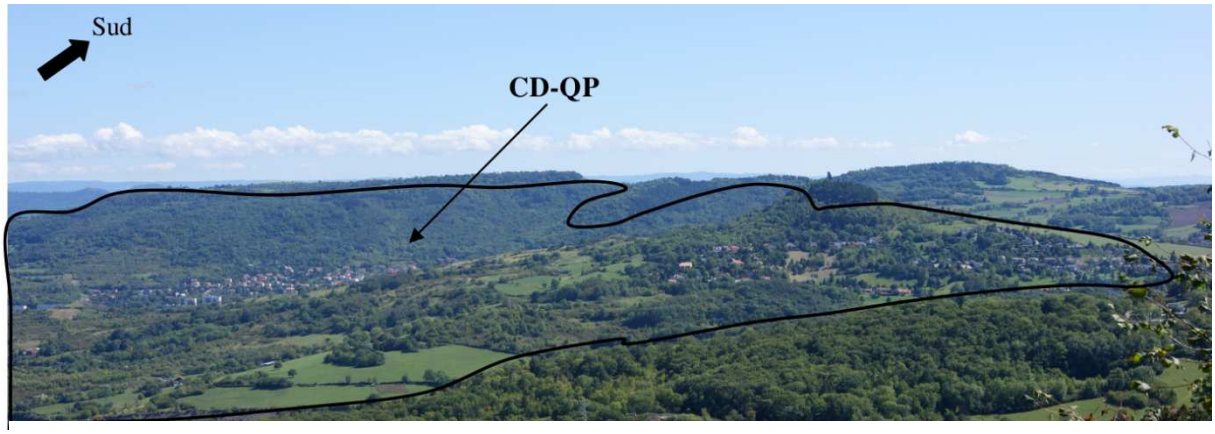


Photo 56 : série de la chênaie sessiliflore et Céphalanthère de Damas (CD-QP), sur le versant nord du plateau de Gergovie et du puy de Montrognon.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : l'aire actuelle sera impactée par une augmentation des températures qui entraînera partout l'extinction de la série. Une nouvelle série se mettra alors en place, aboutissant à la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre et Garance voyageuse (*Trifolio-Quercetum rubietosum*), actuellement présente sur les versants sud marneux des coteaux. Chênes pubescents et ormes champêtres remplaceront respectivement les chênes sessiles et frênes et la pelouse à Germandrée feuille de chêne et Brome dressé, plus xérique, évincera la prairie à Sainfoin et Brome dressé.

Composition de la série et dynamique (figure 92) : le stade de départ est une prairie mésophile à Sainfoin cultivé et Brome dressé (*Onobrychido-Brometum*). Après abandon elle est envahie par une fruticée épineuse à Églantier à petites fleurs, Prunellier et Ronce à feuilles d'Orme (*Roso-Prunetum rubetosum ulmifolii*) qui va évoluer en forêt à Chêne sessile et Céphalanthère de Damas.
Cette prairie, lorsqu'elle est amendée, et selon les types de pratiques pastorales, évolue soit en prairie de fauche à Carotte sauvage, Fromental et Sainfoin cultivé (*Dauco-Arrhenatheretum onobrychidetosum*), soit en prairie pâturée à Crételle des prés et Ray-grass (*Cynosuro-Lolietum*). Après abandon ces prairies sont envahies par un fourré rudéral mésophile à Houblon et Sureau noir (*Humulo-Sambucetum*) ; lui-même évoluera vers la chênaie mais en passant par un stade de forêt pionnière rudérale, nitrocline et hémihéliophile à Frêne et Benoite commune (groupement à *Fraxinus excelsior* et *Geum urbanum*).

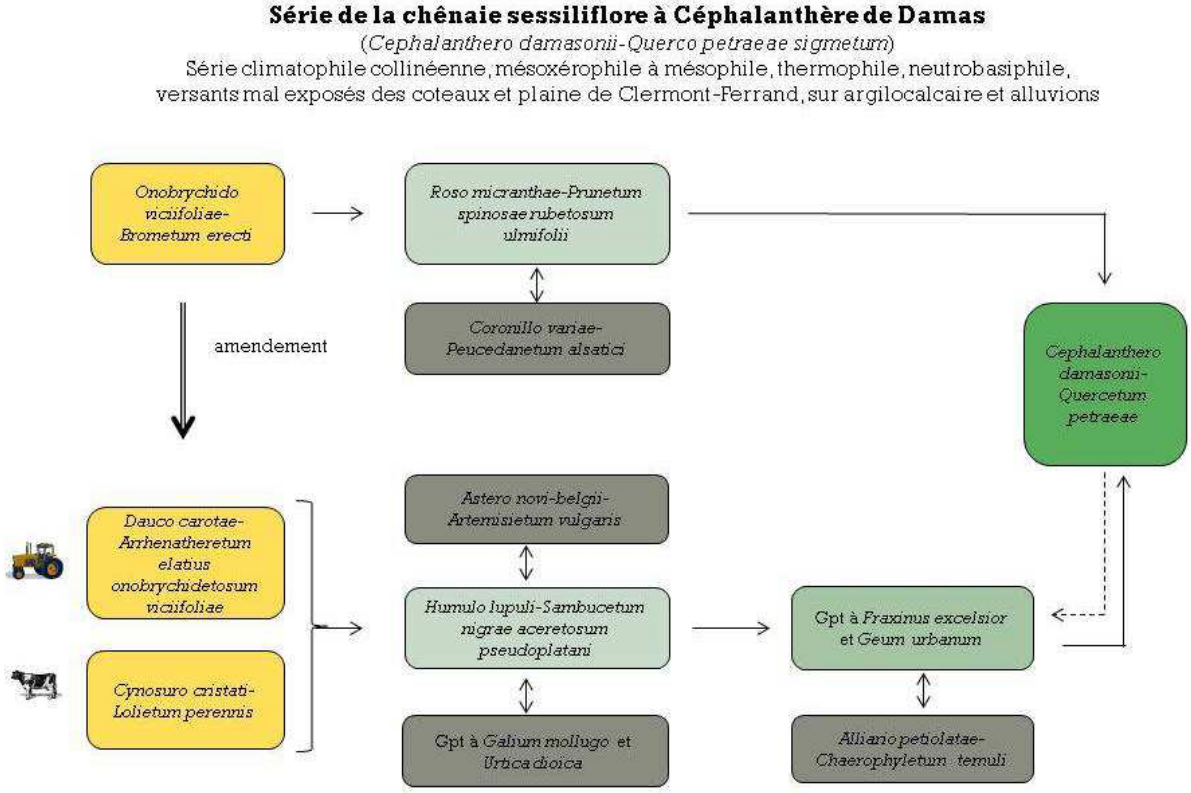


Figure 92 : diagramme d'affinité dynamique de la série de la chênaie sessiliflore à Céphalanthère de Damas. En bas trajectoire dynamique anthropique avec prairies amendées au départ et en haut trajectoire plus naturelle avec au départ des prairies plus oligotrophiles.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : les photos 57 et 58 montrent les pentes nord du plateau de Gergovie avec 70 ans d'écarts. En 1946 les versants étaient occupés dans sa majeure partie par des prairies ; aujourd'hui c'est la forêt qui occupe la plus grande surface. Cette dynamique vers la forêt se retrouve sur presque tous les versants nord des coteaux de Limagne. On peut notamment remarquer, en limite de notre zone d'étude, le bon état du versant nord du plateau de Châteaugay, abritant des forêts matures. En ce qui concerne les autres situations stationnelles de la série, en particulier les replats entre les coteaux, ils sont actuellement occupée soit par l'urbanisation, soit par des grandes cultures et quelques prairies ou jardins. Dans ces secteurs la tête de série est rarement présente.

La série de la chênaie sessiliflore à Céphalanthère de Damas est dans un état de conservation bon à moyen sur les versants nord des coteaux, dans un contexte de dynamique forestière active, et dans un état très mauvais sur les replats, particulièrement artificialisés et dégradés.



Photo 57 : photo aérienne du plateau de Gergovie de 1946 (IGN).



Photo 58 : photo aérienne du plateau de Gergovie de 2013 (CRAIG).

Intérêt patrimonial : la prairie de l'*Onobrychido viciifoliae-Brometum erecti* correspond à l'habitat d'intérêt européen n° **6210** et la prairie du *Dauco carotae-Arrhenatheretum elatioris* au n° **6510**. De nombreux "sites à Orchidées remarquables", correspondant à l'habitat d'intérêt européen prioritaire **6210*** se localisent dans cette série.

Permasérie associée : aucune.

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie collinéenne thermophile d'ubac des coteaux de Limagne (*Cephalanthero damasonii-Querco petraeae geosigmetum*).

2.5.4 Curtasérie édaphohygrophile à saules roux et cendrés

(Curtasérie à saules roux et cendrés prov. [SRC]) (tableau 54)

Tableau 54 : synrelevés de la curtasérie du SRC

N° synrelevé	117	133
Localité	Lac de la Cassière	Les Cotes de Clermont
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	358	379
Surface du synrelevé (ha)	13	0.15
Altitude moyenne (m)	890	590
Exposition (degrés)	toutes	toutes
Pente moyenne (degrés)	0	0
Région phyto-écologique	XD 29	XA 5
Nombre de syntaxons	6	3
Communautés arbustives		
Saulaie à Salix atrocinerea-cinerea	3	1
Communautés herbacées		
Rorripo sylvestris-Phalaridetum arundinaceae	1	
Urtico dioicae-Convolvuletum sepium	1	
Caricetum acutiformis	1	
Rumici crispi-Juncetum inflexi		3
Mentho longifoliae-Juncetum inflexi		2
Permasséries associées		
Polygonetum amphibii	1	

Écologie : curtasérie édaphohygrophile de l'étage planitiaire à submontagnard, entre 320 et 890 m d'altitude, sur sols engorgés une partie de l'année. Cette série est thermophile et hygrophile. Les indices d'Ellenberg de nutriments et de réaction acidobasique pour chacun des 2 synrelevés sont donnés dans la figure 93 ; on constate que la tessella est mésotrophe à mésoeutrophe et acidicline à neutrocline.

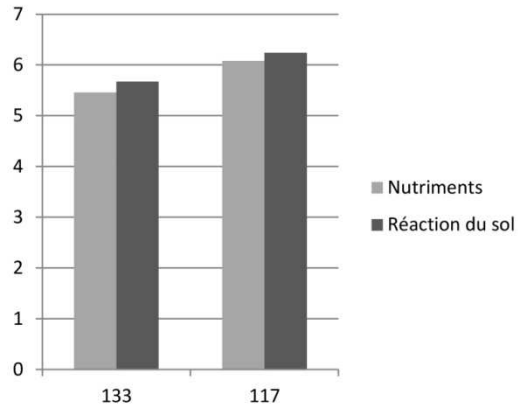


Figure 93 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments et la réaction acidobasique du sol, calculées à partir de chaque synrelevé effectué dans la curtasérie à saules roux et cendré.

Chorologie (figure 85a et photos 59 et 60) : la curtasérie à saules roux et cendré se situe soit en bord de lac/étang, comme autour du lac de la Cassière et les étangs de Fontimbert ; soit lorsque l'eau s'écoule sous forme d'un ruisselet qui inonde temporairement des prairies, comme sur les Côtes de Clermont, au nord du plateau de Gergovie ou au marais de Lambre. Elle occupe une surface de 13.6 ha, ce qui représente 0.03% sur l'ensemble du secteur d'étude. Alors que le Saule roux est présent en plaine et en montagne, le saule cendré est rare en Auvergne où il ne se localise qu'à basse altitude ; de même le saule blanc (*Salix alba*), qui participe à la composition floristique des groupements de cette série ; ces deux dernières essences traduisent son caractère thermophile. Cette série doit être recherchée dans tous les secteurs marécageux ou périlacustres des Limagnes et leurs pourtours.



Photo 59 : étang de Fontimbert entouré de saules et aulnes.



Photo 60 : prairie humide et bosquet de saules blanc sur les côtes de Clermont.

Composition de la série et dynamique (figure 94) : cette curtasérie est fragmentaire et dégradée, les communautés présentes ne permettent pas une identification au niveau de l'association végétale mais seulement au niveau de l'alliance. La saulaie appartient à l'alliance du *Salicion cinereae* Müller & Görs 1968. Nous avons essayé d'établir un diagramme d'affinité dynamique pour cette curtasérie, mais il serait nécessaire d'étudier d'autres sites afin d'affiner et de compléter ce schéma dynamique.

Dans des sols saturés en eau se développe une scirpaie basse à Scirpe des marais (*Eleocharitetum palustris*) puis s'installe une scirpaie monospécifique haute à Scirpe aigu (*Scirpetum lacustris*). Lorsque l'inondation devient moins prolongée se développe une cariçaie haute sur vase, à Laîche des marais (*Caricetum acutiformis*). Lorsqu'elle s'assèche soit la saulaie à *Salix atrocinerea et cinerea* (roux et cendré) s'implante directement, soit elle passe par un stade à roselière à Typha ou Phragmite (*Typhetum lacustris* et *Phragmitetum australis*).

Si la cariçaie est amendée et asséchée, la végétation devient une prairie hygrophile à Menthe à feuilles longues et Jonc arqué (*Mentho longifoliae-Juncetum inflexi*) qui si elle est pâturée donne une prairie mésohygrophile à Oseille crépue et Jonc arqué (*Rumici crispi-Juncetum inflexi*). Après abandon la saulaie se développe.

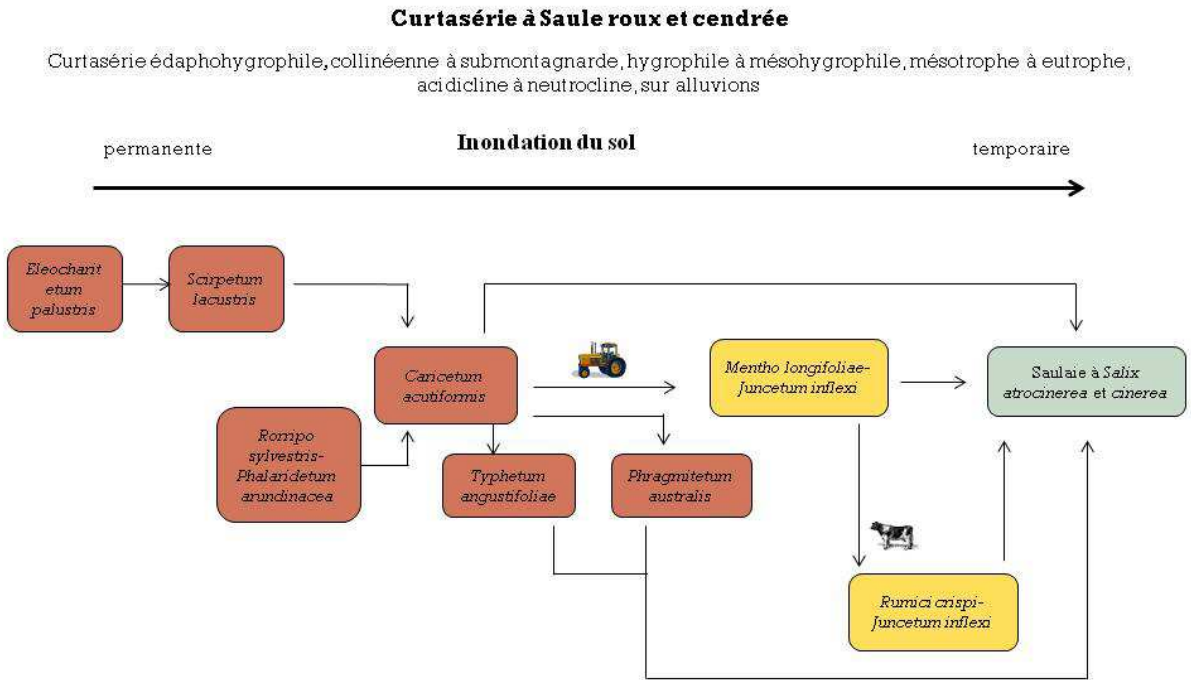


Figure 94 : diagramme d'affinité dynamique provisoire de la curtasérie à saules roux et cendré.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : Ces saulaies de basse altitude sur substrat marnocalcaire sont particulièrement raréfiées en Limagne à tel point qu'on ne peut plus les caractériser sur le plan phytosociologique, ce qui limite considérablement la compréhension fonctionnelle qu'on peut en avoir. D'autres prospections faites le long des rases et ruisseaux de la pleine Limagne n'ont pas été fructueuses compte-tenu de l'état général de dégradation et de l'artificialisation avancée des secteurs étudiés. Seules des saulaies résiduelles, maintenant asséchées, sont présentes (Roux &Thébaud 2015).
Ces zones humides sont dans un très mauvais état de conservation.

Intérêt patrimonial : aucun habitat d'intérêt européen n'a été reconnu sous une forme typique mais la curtasérie a un intérêt d'un point de vue patrimonial du fait de la rareté des zones humides marécageuses planitiaires sur le secteur d'étude. On note aussi la présence de certains taxons hygrophiles et hydrophiles, témoins de la flore des marais limagnais ancestraux, dispersés actuellement dans les rases mais ne formant pas de véritables communautés (Delcoigne 2014).

Permasérie associée : aucune.

Géosérie : cette curtasérie fait partie de la curtagéosérie à saules roux et cendré.

2.5.5 Série climatophile de la chênaie pédonculée à Lis martagon et Géranium noueux

(*Lilio matagonis-Querco robori geranietoso nodosi sigmetum* prov. [LM-QR-GN])

La présence sur notre territoire d'étude de cette série est anecdotique. On ne trouve qu'un seul site, où elle n'occupe qu'une faible surface (inférieur à 2 ha), sous forme d'une chênaie-charmaie quelque peu rudéralisée représentant la tête de série (*Lilio martagonis-Quercetum robori geranietosum nodosi*), localisée sur le versant nord-est du puy de Chanturgue, sur marne, et adossée à la paroi basaltique. Ce type de forêt est actuellement

présente plus au sud, dans le massif de la Comté d'Auvergne, plus haut en altitude (entre 600 et 800 m), sur des pentes douces, marneuses et basaltiques, conditions à priori moins thermophiles. On en déduit que la localité de Chanturgue traduit des conditions d'enclave particulièrement fraîche et ombragée compensant ainsi la différence d'altitude.
D'autre part au sein de la série de la chênaie à Céphalanthère, très étendue dans la zone des bas coteaux de Limagne, il faudra veiller en cas de cartographie de zones complémentaires, à délimiter de telles enclaves, en particulier en contrebas de falaises basaltiques orientées au nord-est (cas de Gergovie, du plateau de Corent, du puy Saint-Romain...). En effet la série du *Lilio matagonis-Querco robori geranietoso nodosi sigmetum* devrait s'y développer même si, actuellement elle passe inaperçue compte-tenu de l'absence de la tête de série. Cette série est neutromésophile, collinéenne à submontagnarde, bien représentée outre la forêt de la Comté à l'est de l'allier et dans le Haut-Allier (Billy 1997). Faute de synrelevés, à réaliser dans sa pleine aire d'extension, nous ne détaillerons pas ici la description de la série.

2.5.6 Série topoaérohygrophile de l'érablaie à Érable sycomore et Scolopendre

(*Phyllitido scolopendri-Acero pseudoplatani sigmetum* prov. [PS-AP])

Cette série n'est présente que sur un seul site, où elle n'occupe qu'une faible surface (inférieur à 2.5 ha), sous forme d'une forêt dégradée et fragmentaire. Elle est localisée au niveau d'un ravin du versant nord du plateau de Gergovie, sur substrat argilocalcaire mélangé de blocs de basaltes provenant de l'effondrement et du glissement d'une partie du plateau (Boivin *et al.* 2014). C'est une série neutrophile à basiphile, collinéenne à submontagnarde, très rare en Auvergne : elle n'a été trouvée jusqu'ici que dans la forêt de la Comté d'Auvergne (Thébaud *et al.* 2003), sur travertins, sous forme de la tête de série (*Phyllitido scolopendri-Aceretum scolopendri tilietosum*). Elle doit être recherchée dans le nord-est de la France en zone calcaire où la tête de série existe (Bourgogne, Jura). N'ayant pas plus d'éléments et manquant de synrelevés et d'autres sites favorables nous ne développerons pas ici la description de cette série.

2.5.7 Permasérie édaphoxérophile à Alysson à calices persistants et Orpin blanc

(*Alysso alyssoides-Sedo albi permasigmetum* [AA-SA])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 89 du tableau 51 ; polygone SIG : 170

Écologie : communauté pionnière, sur lithosol plus ou moins évolué, sur substrat géologique divers (calcaire, pépérite et basalte), à large amplitude altitudinale (300 à 900 m) et aux expositions favorables.

Chorologie (figure 85a) : sur la zone d'étude on retrouve cette permasérie à Alysson à calices persistants et Orpin blanc essentiellement sur les coteaux de Limagne (Gergovie, Chomontel, Montaudoux, Crouel, Chanturgue, les Côtes de Clermont...) mais également sur le rebord de la faille occidental (Montagne Percée).

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : le facteur limitant qui détermine cette permasérie étant la sécheresse édaphique, elle ne sera pas impactée par le changement climatique. Au contraire, elle sera favorisée et s'étendra à la faveur des nouvelles surfaces rocheuses mises à nue.

Dynamique : stable.

État de conservation : inégal d'un site à l'autre dans la zone d'étude.

Intérêt patrimonial : cette permasérie est un habitat d'intérêt européen prioritaire, pelouse pionnière sur dalles calcaires (n°**6110***).

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géosérie collinéenne héliothermophile des coteaux de Limagne (*Trifolio rubentis-Querco pubescentis geosigmetum*).

2.5.7 Permasérie édaphoxérophile à Scille d'automne et Orpin blanc

(*Scillo autumnalis-Sedo albi permasigmetumi* [SA-SA])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 90 du tableau 51 ; polygone SIG : 171

Écologie : communauté pionnière, sur lithosol, sur basalte prismé et schiste carbonifère, entre 400 et 680 m d'altitude et aux expositions favorables.

Chorologie (figure 85a) : sur la zone d'étude on retrouve cette permasérie à Scille d'automne et Orpin blanc sur quelques coteaux de Limagne (Anzelle, les Côtes de Clermont). On peut également la trouver dans la vallée de l'Alagnon, dans le Haut-Allier...

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : le facteur limitant qui détermine cette permasérie étant la sécheresse édaphique, elle ne sera pas impactée par le changement climatique. Au contraire, elle sera favorisée et s'étendra à la faveur des nouvelles surfaces rocheuses mises à nue.

Dynamique : stable.

État de conservation : inégal d'un site à l'autre dans la zone d'étude.

Intérêt patrimonial : la pelouse du *Scillo autumnalis-Sedetum albi* correspond à l'habitat d'intérêt européen n° **8230**. La Gagée des rochers (*Gagea bohemica* subsp. *saxatilis*) plante protégée au niveau national est présente dans cette pelouse.

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géosérie collinéenne héliothermophile des coteaux de Limagne (*Trifolio rubentis-Querco pubescentis geosigmetum*).

2.5.8 Permasérie édaphohygrophile à Glycérie flottante

(*Glycerio fluitantis permasigmetum* prov.[GF])

Écologie : végétation des bordures faiblement courante des cours d'eau, soumise à un fort marnage, oligomésotrophile à mésotrophile.

Chorologie (figure 85a) : sur la zone d'étude on retrouve cette permasérie à Glycérie flottante sur la zone humide des Côtes de Clermont. Elle est répandue dans le Massif central.

Dynamique : stable.

État de conservation : inégal d’un site à l’autre dans la zone d’étude.

Intérêt patrimonial : cette permasérie n'est pas un habitat d’intérêt européen.

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la curtagéosérie planitiaire à collinéenne sur sol engorgé.

2.5.9 Permasérie édaphoxérophile à Capillaire fragile et Polypode commun

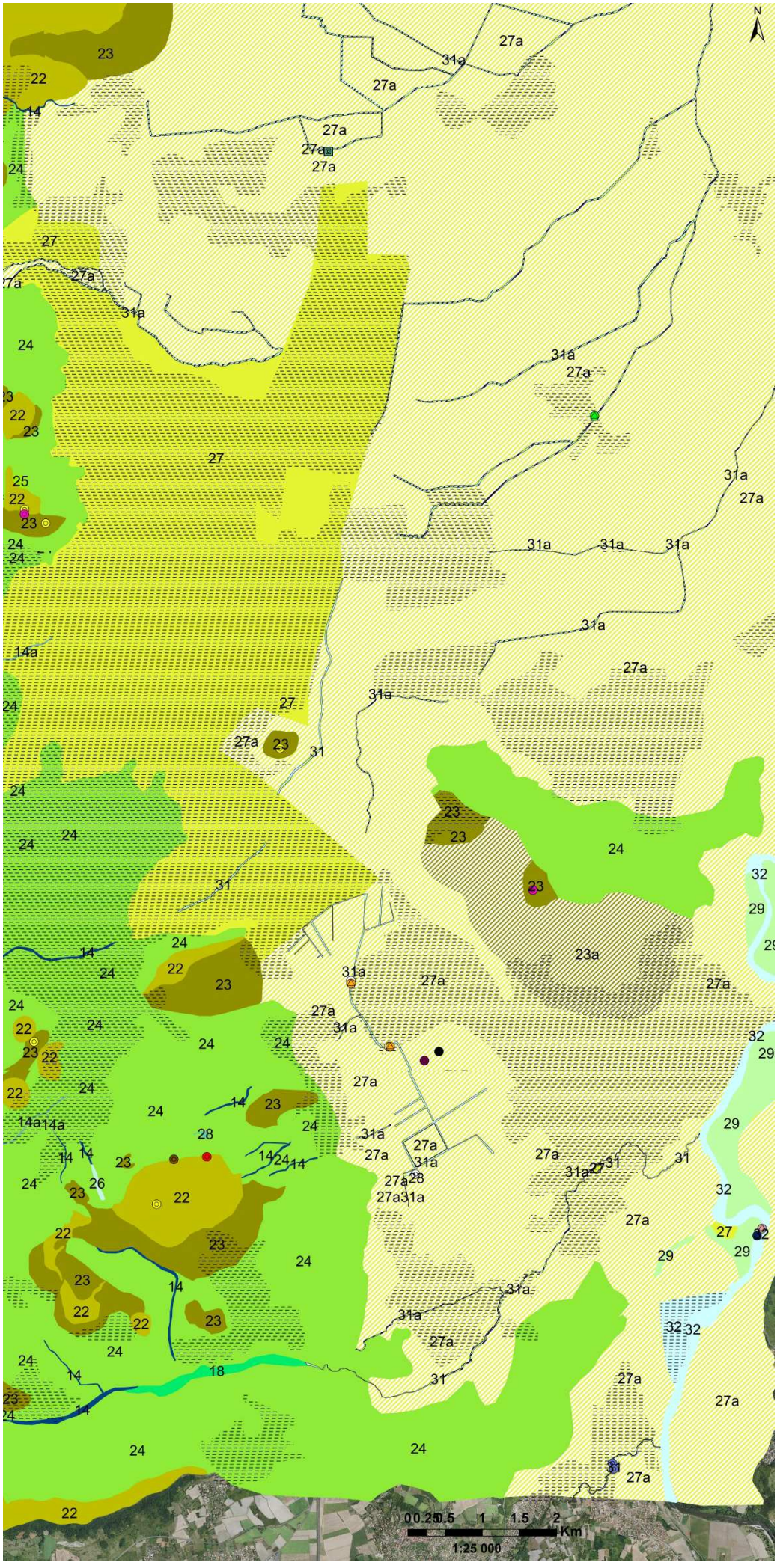
(*Cystoptero fragilis-Polypodio vulgare permasigmetum* [CF-PV])

Permasérie décrite au paragraphe 2.3.6.

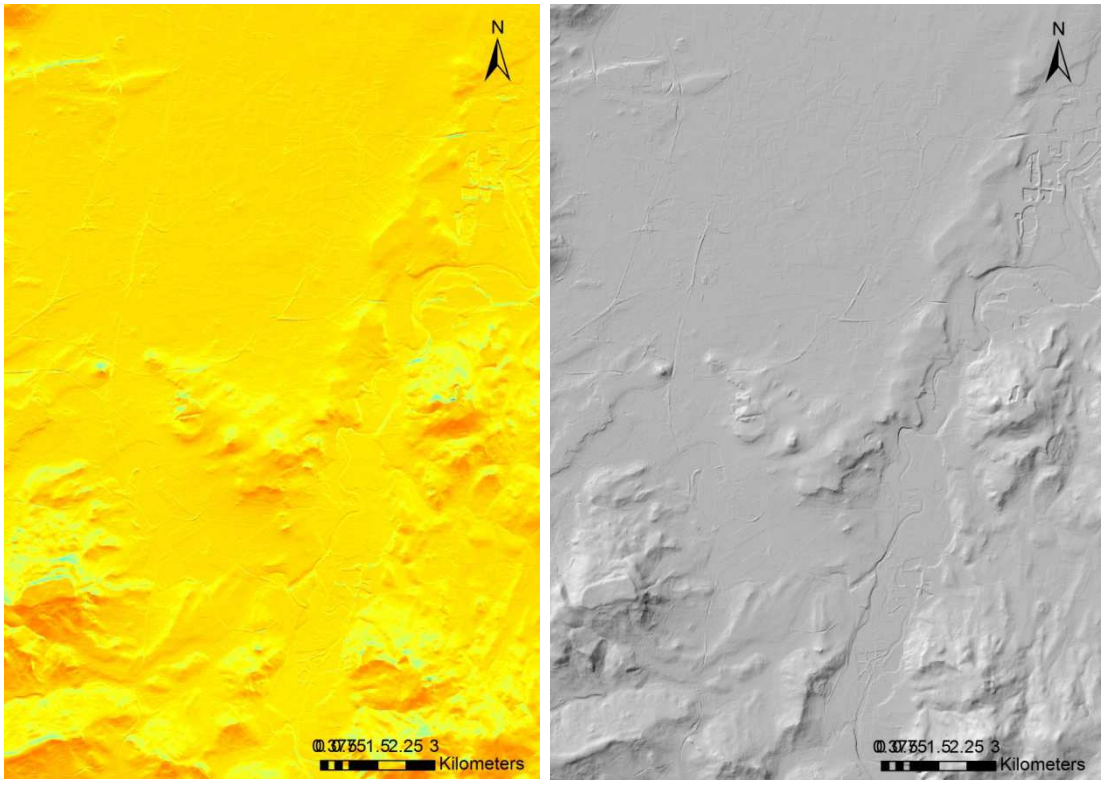
2.5.10 Permasérie édaphoxérophile à Orpin des rochers et Piloselle

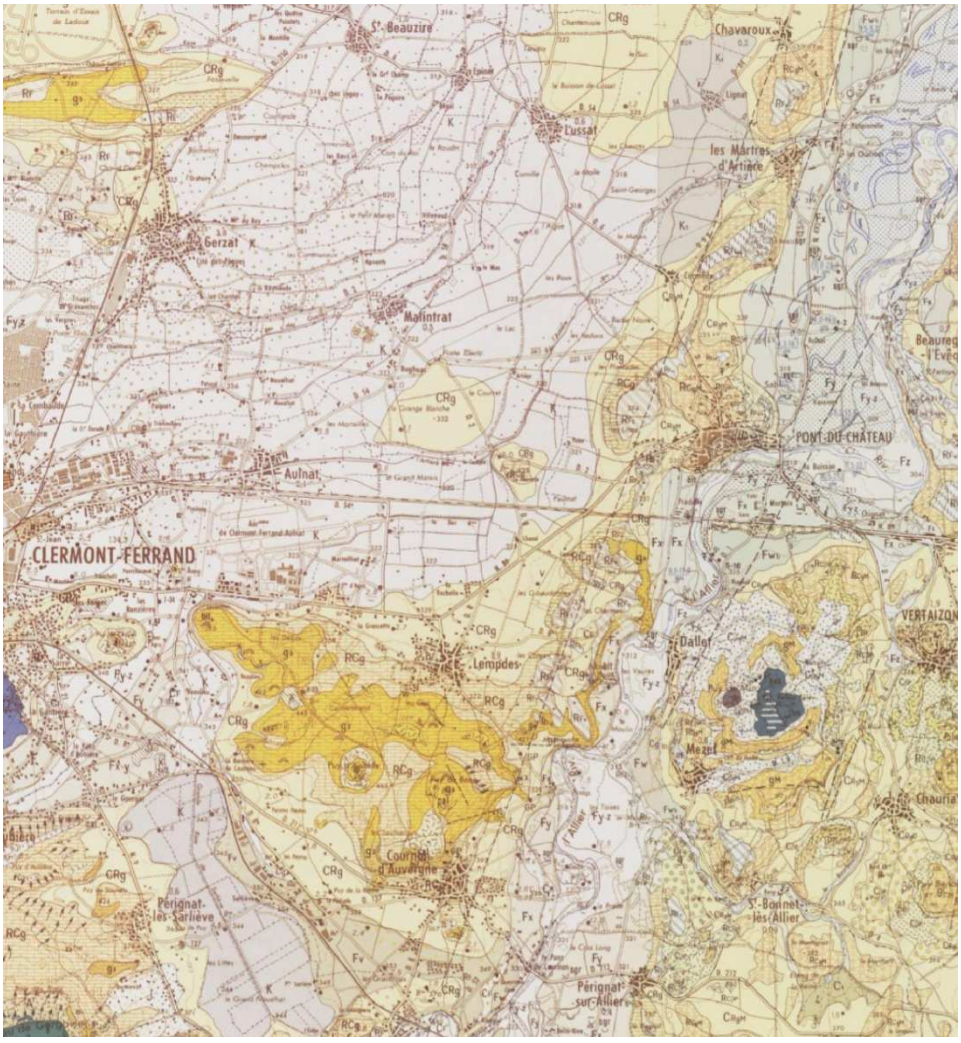
(*Sedo rupestris-Hieracio pilosella permasigmetum* [SR-HP])

Permasérie décrite au paragraphe 2.3.7.


N
0 0.25 0.5 1 1.5 2 Km
1:25 000
a)
Zones urbanisées
27 OP-CB
27a OP-CB-C
31 G-GP-FE
G-GP-FE-AN
SRC
P-ZP
SM
CV
LM

2.6 Séries de végétation de la plaine de la Limagne (17900 ha)





d)

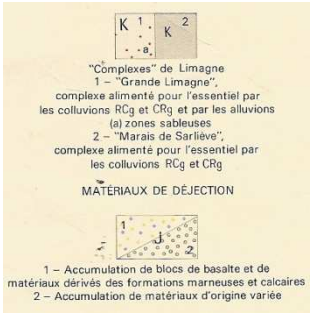


Figure 95 : cartographies de la plaine de la Limagne extraite du SIG. a) séries de végétation et légende; d) carte géologique 1/50 000 (qui se termine au début du plateau de Gergovie, le reste de la zone sud n'ayant pas été cartographié) et légende simplifiée (BRGM).
Obtenus à partir du MNT : b) rayonnement solaire c) relief.

La plaine de la Limagne est un secteur transformé depuis très longtemps par l'action humaine (cf chapitre 2 Partie I). Ce secteur était naturellement formé d'une mosaïque de zones marécageuses et de zones non humides, selon la topographie. Le drainage de la plaine a modifié les terrains en entrainant un assèchement des zones humides, ayant pour résultat leur quasi disparition.

La Grande Limagne est utilisée pour la culture intensive ; il n'existe pas, de secteurs sur lesquels une végétation naturelle se développe (hormis de trop petites surfaces pour être cartographiées ici). Pour décrire cette zone nous avons opté pour deux approches complémentaires.

La première consiste à déterminer des séries que nous avons choisi de nommer « séries de similitude écogéographique », séries qui pourraient occuper ce secteur, sans tenir compte de l'utilisation humaine, en se basant seulement sur la similitude des caractères écologiques tessellaires entre la zone d'étude et des régions voisines.

La deuxième approche consiste à intégrer l'occupation actuelle du sol et de discuter la faisabilité de la mise en place de ces séries de similitude écogéographique en cas d'abandon.

Écologie de la plaine de la Limagne : ce secteur biogéographique se situe à l'étage planitiaire entre 320 et 380 m d'altitude, en contexte de climat semi-continental d'abri particulièrement sec (600 mm de précipitation annuelle) avec un régime contrasté de précipitations et un maximum pluvial d'été. Le substrat géologique est constitué par des marnes oligocènes ou un complexe de colluvions et d'alluvions. La végétation devrait être héliothermophile et neutrobasiphile.

Les « Terres noires » sont les sols majoritaires. Les sols peuvent être rattachés à la fois aux chernosols (sol humifère que l'on trouve sous climat continental assez rude où des périodes froides alternent avec des périodes plus chaudes et sèches), aux réductisols, correspondant aux sols hydromorphes à gley et aux vertisols caractérisés par un retrait/gonflement des argiles (intergrade multiple). Il s'agit de sols développés sur marnes altérées (Gachon 1963), riches en argile, avec une bonne perméabilité, bien pourvu en matière organique, en phosphore et saturés en bases et en calcium, présentant une bonne minéralisation de l'azote. Ces sols, particulièrement productifs, sont toujours présents aujourd'hui, siège principal des cultures intensives. Deux autres types de sols isohumiques hydromorphes étaient présents, aujourd'hui quasi disparus du fait des drainages et mises en culture : on trouvait parmi eux une majorité de sols se développant dans des zones à engorgement temporaire et une minorité dans des marais permanents occupant les dépressions. Enfin des sols alluviaux argilocalcaires, de texture souvent sableuse (sols alluviaux calcaires hydromorphes) se développent en pourtour des ruisseaux. La charge en calcaire, la texture et l'intensité de l'hydromorphie varient aussi bien le long d'un même cours d'eau que d'un ruisseau à l'autre.

Chorologie : le secteur des "Terres noires", du nord au sud de notre zone d'étude, s'étend du sud du village de Chappes au village des Martres-de-Veyre. À l'est il est limité par la plaine alluviale de l'Allier et à l'ouest par l'agglomération Clermontoise.

Les anciens marais permanents se localisent au niveau du village de Pérignat-lès-Sarlève et de Gerzat.

Les ruisseaux traversent la zone des gorges à l'ouest, jusqu'à l'Allier à l'est. Ce sont les ruisseaux du Bédat, de la Tiretaine, de l'Artière, de l'Auzon et de la Monne.

Séries de similitude écogéographique : après prospections dans des secteurs alentours, plus préservés, on aboutit, par extrapolation, à la conclusion que la série dont la tessella offre le plus de similitude avec celle de la zone d'étude est la série climatophile de la charmaie à Ornithogale des Pyrénées (*Ornithogalo pyrenaei-Carpino betuli sigmetum*). Les relevés

phytosociologiques effectués nous ont permis de proposer un diagramme d'affinité dynamique provisoire de cette série (figure 96). Malgré le fort degré d'intensification de notre secteur d'étude nous avons pu identifier de manière sporadique la forêt pionnière à Frêne et Sceau de Salomon odorant (groupement à *Fraxinus excelsior* et *Polygonatum odoratum*), ainsi que la prairie de fauche à Carotte sauvage, Fromental et Sainfoin cultivé (*Dauco-Arrhenatheretum onobrychidetosum*). La tête de série n'est présente qu'en dehors, notamment vers Beauregard-l'Evêque et Lezoux.

Concernant les secteurs sur sol hydromorphe, la série de la chênaie pédonculée à Laîche glauque (*Carici flaccae-Querco roboris sigmetum*) présente les plus fortes similitudes. La tête de cette série a été décrite dans l'Orléanais par Brêthes (2010); elle a été citée dans le nord du Massif central par Thébaud *et al.* (2014). Cette série se localise habituellement dans des replats en bas de versants ou dans des cuvettes, sur des sols très argileux, neutroclines, gorgés d'eau pendant la saison des pluies et très secs durant l'été. En l'absence de relevés en notre possession dans ce type de forêt et de son identification formelle dans la région, le rapprochement avec cette série est donc totalement hypothétique.

Dans les secteurs fortement engorgés, à inondation permanente, aujourd'hui absents de la zone, se met en place en pourtour une curtasérie édaphohygrophile marécageuses à saules roux et cendré, déjà identifiée dans la zone d'étude (paragraphe 2.5.4), et éventuellement, dans des secteurs mieux alimentés, une série d'aulnaie marécageuse planitiaire que nous n'avons pas pu identifier (*Cirsio oleracei-Alnetum* ?).

Concernant les secteurs alluviaux en pourtour des ruisseaux, nous avons plus de matériel botanique ou phytosociologique, compte-tenu de l'existence de zones encore semi-naturelles où ont pu encore être observées les végétations qui s'y développent. Trois séries de végétations rivulaires ont ainsi été identifiées le long des ruisseaux. Elles se présentent sous forme de mosaïques et leur état est souvent fragmentaire : série de la frênaie à Géranium brun (*Geranio phaei-Fraxino excelsioris sigmetum*) ; série de la frênaie à Houblon (*Humulo lupuli-Fraxino excelsioris sigmetum*) ; série de la Saulaie blanche (*Salico albae sigmetum*). Ces séries sont présentes aussi en pourtour de la rivière Allier et y sont mieux exprimées. Elles seront donc traitées dans le prochain paragraphe concernant la plaine alluviale de l'Allier.

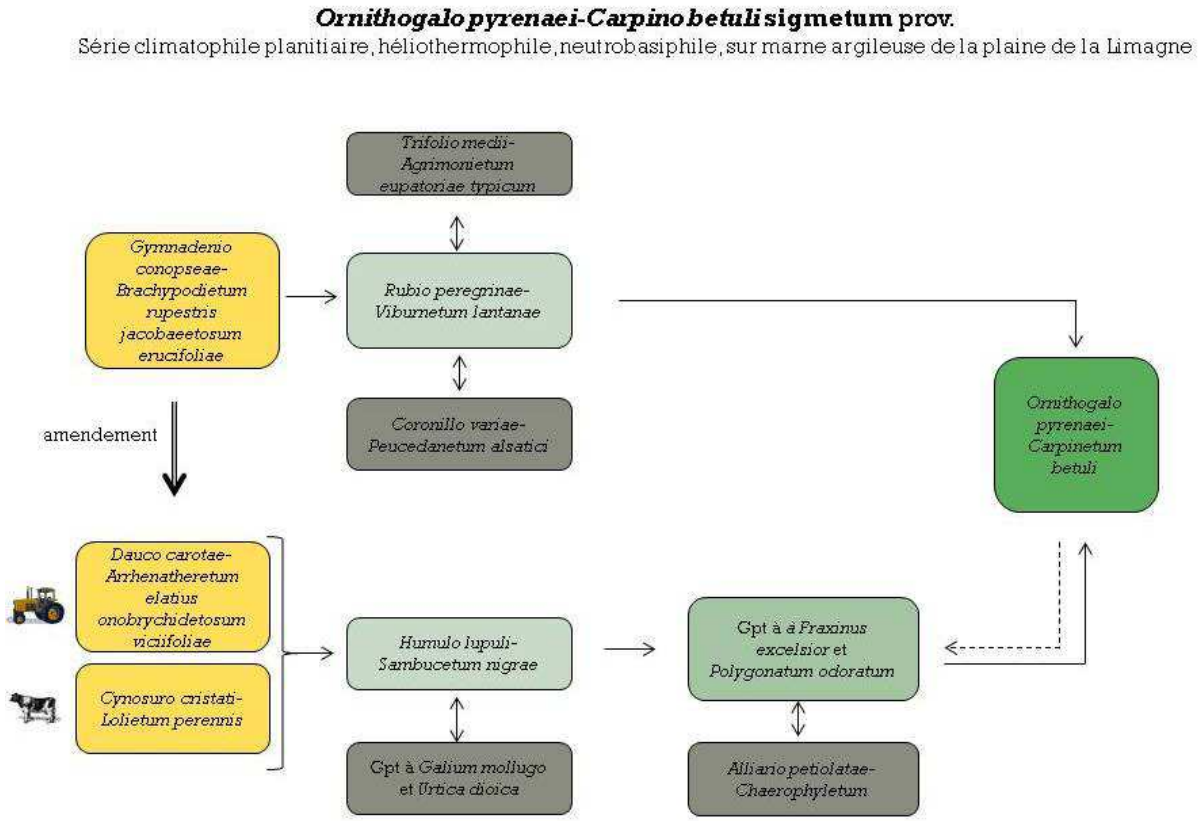


Figure 96 : diagramme d'affinité dynamique provisoire de la série de la charmaie à Ornithogale des Pyrénées.

Degré de naturalité/anthropisation et dynamique de la végétation en cas d'abandon des pratiques actuelles : la plaine de la Limagne présente un très haut degré d'artificialisation; elle est soit occupée par les zones urbanisées, soit par les cultures intensives (maïs, tournesol, blé...) ; aucun secteur n'est soustrait à l'action anthropique. Il va sans dire que l'hypothèse d'un abandon des pratiques actuelles pour laisser libre court à la végétation naturelle est développée ici sous un angle uniquement théorique.

La plaine ayant été drainée, la série sur sol hydromorphe ne pourra s'exprimer éventuellement qu'à la suite de l'abandon des drains et des cultures. Les premiers stades prairiaux ou de végétations à hautes herbes mésohygrophiles pourront éventuellement peu à peu se mettre en place après remontée de la nappe, à partir des ressources végétales stockées dans les fossés et leurs pentes ; l'absence de semenciers et d'étapes dynamiques ligneuses dans l'environnement ne permettront pas l'installation de la chênaie à Laîche glauque, tête de série.

Les séries en bord de ruisseaux sont actuellement présentes, sur de très faibles surfaces, en dehors des secteurs où les ruisseaux ont été busés ou bétonnés. Dans quelques secteurs, comme vers le Zénith d'Auvergne, le fond des drains non bétonné est le siège d'une végétation hélophytique ou hydrophytique sub-halophile nitrophile (Thébaud & Delcoigne 2012 ; Delcoigne 2014). On trouve notamment le scirpe maritime (*Bolboschoenus maritimus*, liste rouge régionale), un groupement à *Zannichelia palustris* et un groupement à *Chara vulgaris* et *Potamogeton pectinatus.* Cette flore essaimera rapidement par le réseau des fossés et d'autres hélophytes très présents comme *Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *Juncus inflexus, J. conglomeratus*, taxons des *Phragmiti-Magnocaricetea* formeront assez rapidement des végétations marécageuses, quasi absentes aujourd'hui, en dynamique vraisemblable vers la saulaie (série de la saulaie à saules roux et cendré avec le saule blanc) ou une aulnaie à décrire.

La plus grande surface de la plaine est dédiée à la culture intensive depuis longtemps, la Limagne pouvant être considérée traditionnellement comme le « grenier à blé » de l'Auvergne. La photo 61 montre que dans les années cinquante l'occupation du sol par les cultures était aussi importante qu'aujourd'hui, avec un habitat très groupé. Les sols ont subi des modifications importantes avec un changement dans les cycles culturaux traditionnels dans les années soixante, vouées aux amendements chimiques et pesticides, sans assolements. Les plantes des communautés messicoles calciphiles (alliance du *Caucalidion lappulae*) trouvées encore avant cette période, citées par Chassagne (1956) et d'autres botanistes ont aujourd'hui disparu et se réduisent à quelques taxons raréfiés figurant sur la liste rouge des espèces menacées ; les haies, qui existaient dans certains secteurs (cf Delécluze 1821) ont aussi été sacrifiées dans la période récente puis replantées en essences diverses, privant ainsi ce territoire des semenciers autochtones...
On ne peut pas garantir dans ces conditions que la végétation de la série de similitude écogéographique de la charmaie à Ornithogale des Pyrénées puisse se mettre en place à court ou moyen terme. On aura alors une série de remplacement à déterminisme anthropique, dont nous sommes incapables, à l'heure actuelle, de décrire la trajectoire. Nous avons donc opté pour une représentation sur la carte des séries, utilisant les initiales de la série de la charmaie à Ornithogale des Pyrénées, en rajoutant un -C pour la culture intensive (OP-CB-C) (figure 95a).



Photo 61 : photos aériennes de la plaine de la Limagne autour du village de Lussat. À gauche prise en 1946 (IGN) et à droite en 2013 (CRAIG).

2.6.1 Permasérie édaphohygrophile à Scirpe maritime

(*Scirpetum maritimi permasigmetum* [SM])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 193 du tableau 58 ; polygone SIG : 4208

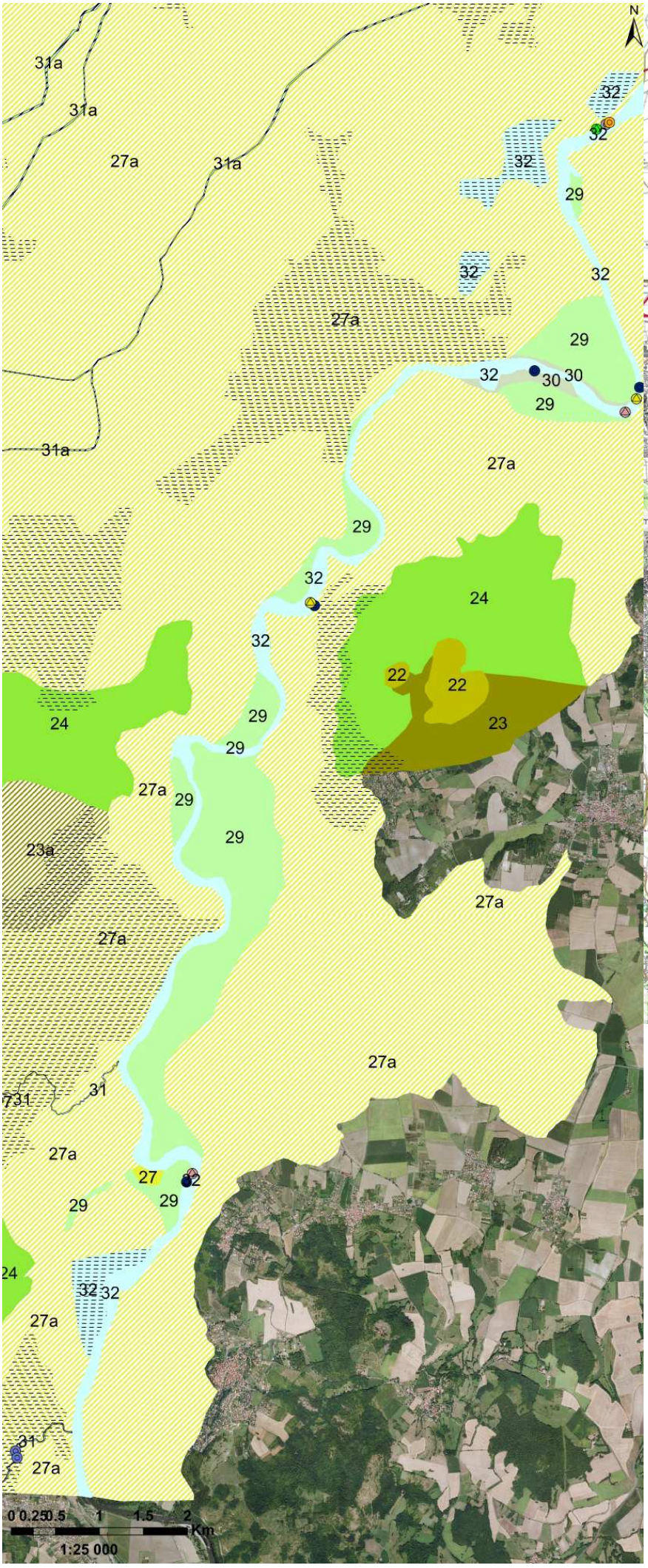
Écologie : communauté des eaux saumâtres ou très minéralisées des marais ou fossés thermophiles.

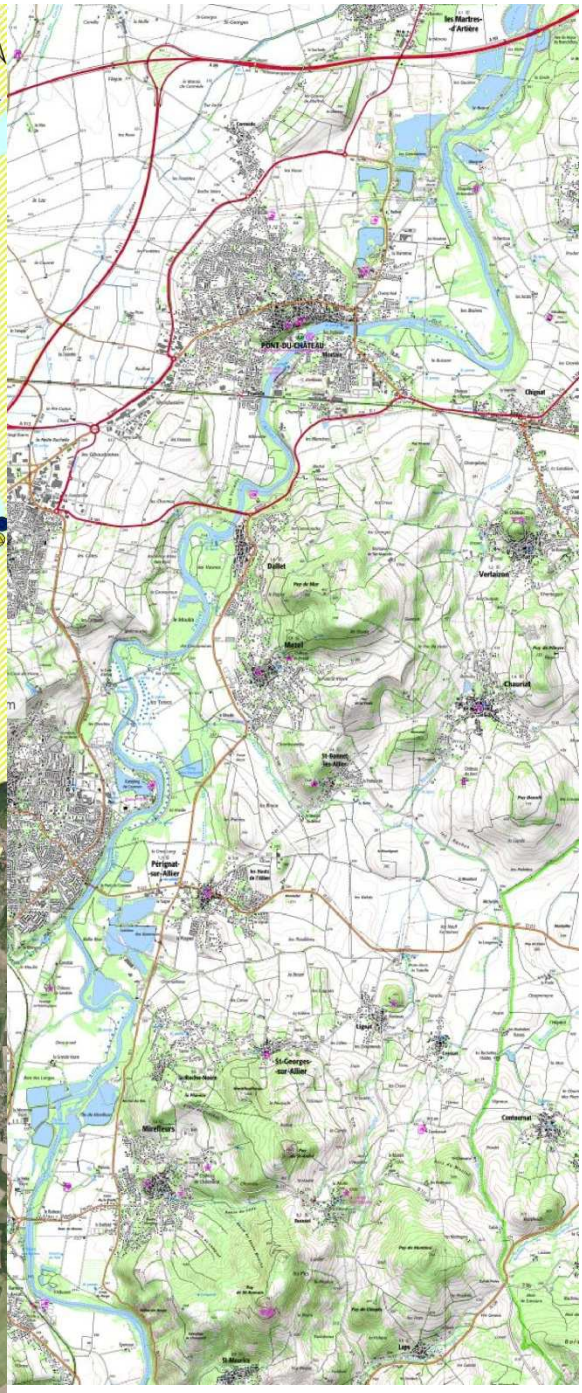
Chorologie (figure 95a) : sur la zone d'étude on retrouve cette permasérie à Scirpe maritime dans les rases de Limagne.

Dynamique : stable.

État de conservation : inégal d’un site à l’autre dans la zone d’étude.

Intérêt patrimonial : cette permasérie n'est pas un habitat d’intérêt européen.





b)

a)

29	GP-FE
30	HL-FE
32	G-SA
	CD
	CH-RP
	EC
	PP-RF
	PH-BT
	CF
	LG

2.7 Séries de végétation de la vallée alluviale de l'Allier (951 ha)

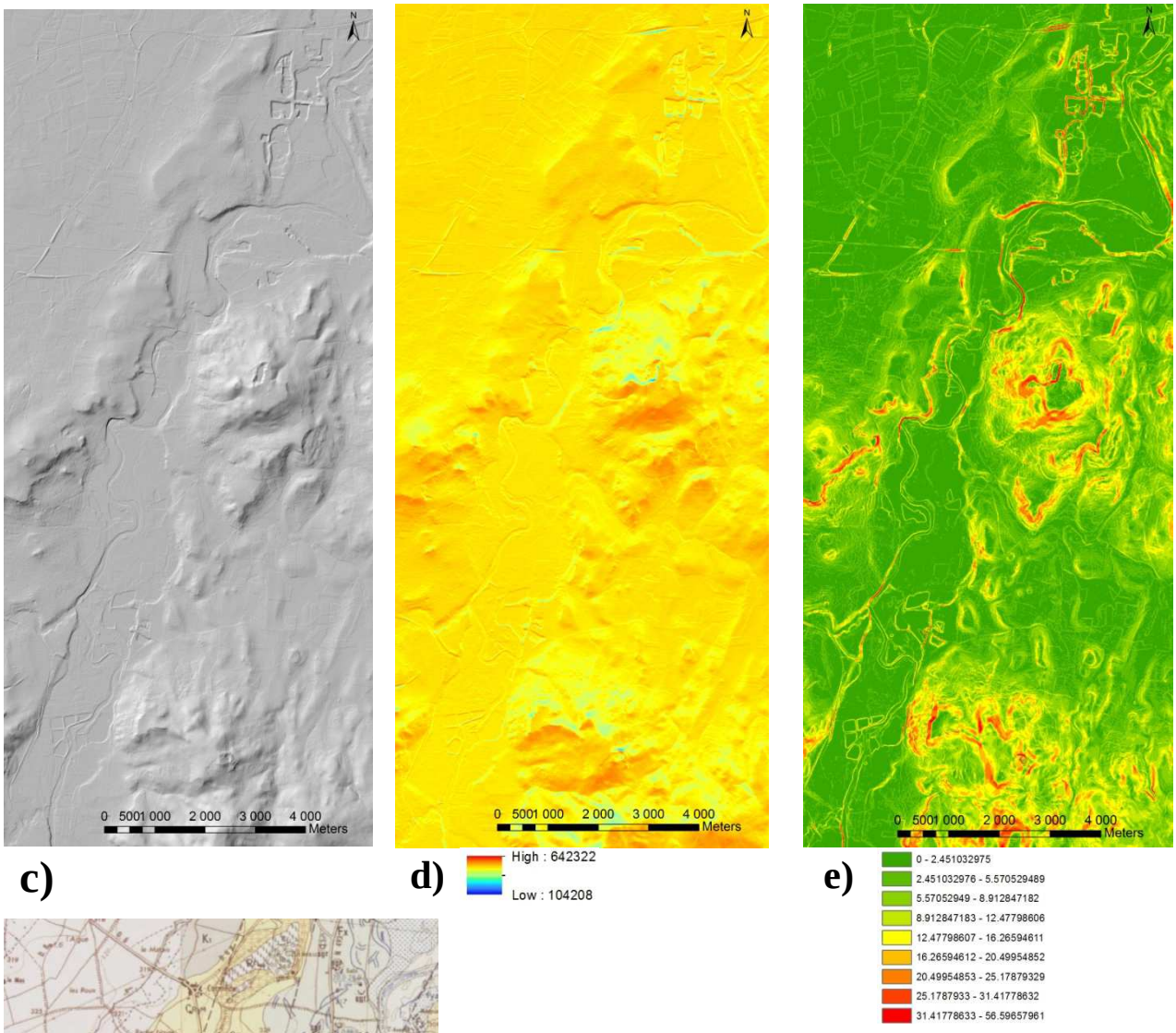
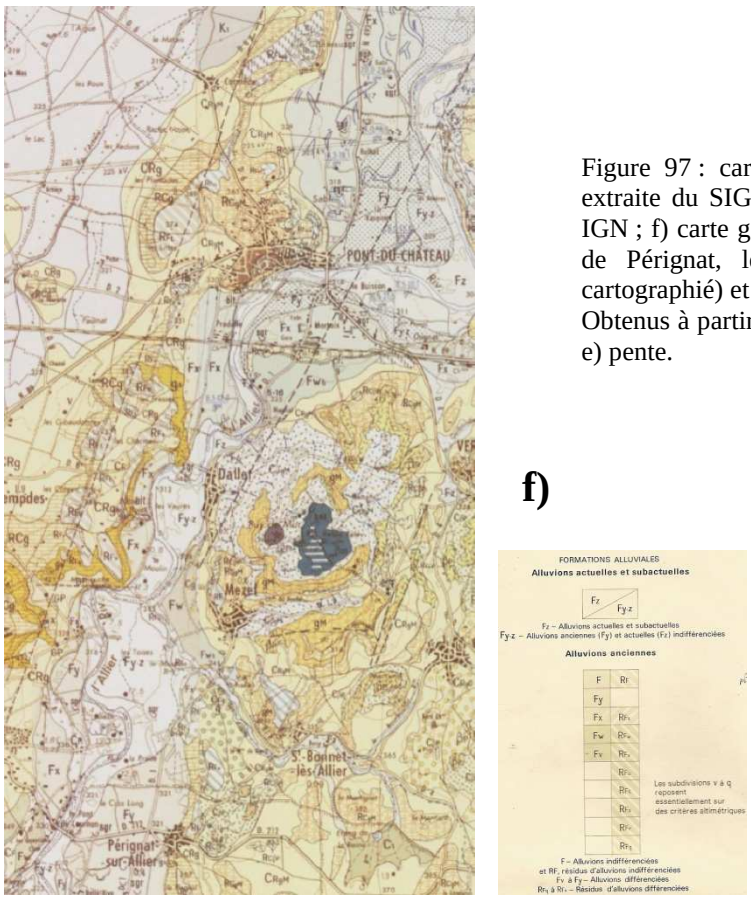


Figure 97 : cartographies de la vallée alluviale de l'Allier extraite du SIG. a) séries de végétation et légende; b) carte IGN ; f) carte géologique 1/50 000 (qui se termine au niveau de Pérignat, le reste de la zone sud n'ayant pas été cartographié) et légende simplifiée (BRGM).
Obtenus à partir du MNT : c) relief ; d) rayonnement solaire ; e) pente.



2.7.1 Série édaphohygrophile de la frênaie à Géranium brun

(*Geranio phaei-Fraxino excelsioris sigmetum* [GP-FE])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 108 du tableau 55 ; polygone SIG : 330

Tableau 55 : synrelevés de la série du GP-FE

N° synrelevé	108	115	112
Localité	Les Boires Pont du Château	Pont du Château	Gondole
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	330	350	345
Surface du synrelevé (ha)	86	37	24
Altitude moyenne (m)	310	310	325
Exposition (degrés)	toutes	toutes	toutes
Pente moyenne (degrés)	1	1	2
Région phyto-écologique	XA 5	XA 5	XA 5
Nombre de syntaxons	7	5	5
Communautés forestières			
Geranio phaei-Fraxinetum excelsioris	3	2	2
Groupement à Ulmus minor et Chaerophyllum temulum	2	2	2
Communautés arbustives			
Humulo lupuli-Sambucetum nigrae	1	1	2
Corno sanguinei-Salicetum purpureae	1		
Communautés herbacées			
Groupement a Galium aparine et Urtica dioica	1		1
Poo angustifoliae-Avenuletum pubescens	3	2	
Vicio luteae-Elytrigietum campestris	+		3
Culture intensive		3	

Écologie : série édaphohygrophile de l'étage planitiaire, entre 310 et 330 m d'altitude, sur alluvions actuelles et subactuelles. Les sols sont des sols bruns alluviaux de types sablo-limoneux donc sensibles à la sécheresse. Ils sont correctement pourvus en matière organique et le pH est légèrement basique. Cette série, située dans le lit majeur (qui s'étend sur une largeur moyenne variant entre 1 et 3 km) est irrégulièrement soumise à des crues et à des remontées de nappe alluviale. La série de la frênaie à Géranium brun est mésoxérophile à mésophile. Les indices d'Ellenberg de nutriments, de réaction acidobasique et de l'humidité du sol, pour chacun des 3 synrelevés sont donnés dans la figure 98 ; on constate que la tessella est mésoeutrophe à eutrophe, basicline et mésophile.

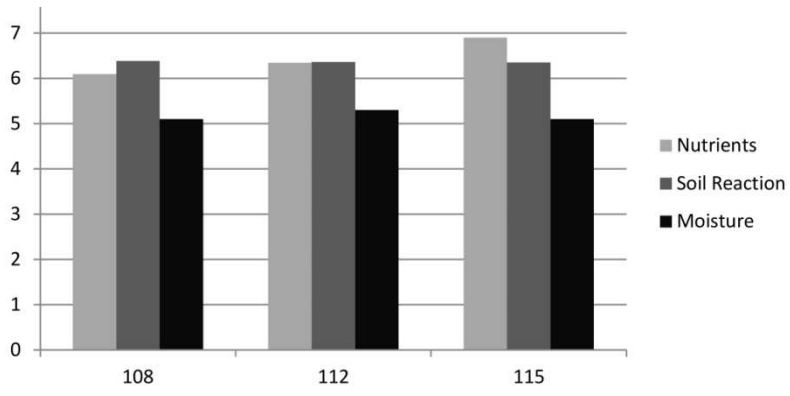


Figure 98 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments, la réaction acidobasique et l'humidité du sol, calculées à partir de chaque synrelevé effectué dans la série de la frênaie à Géranium brun.

Chorologie (figure 97a) : la série de la frênaie à Géranium brun se situe dans le lit majeur de l'Allier vers Pont-du-Château et entre Dallet et Les Martres-de-Veyre et remonte le long de ses principaux affluents dans leur partie aval et planitiaire, Auzon, Artière, Morge, Veyre.... Selon Billy (1997) la sous-association type se localiserait surtout sur les bords des ruisseaux de Limagne alors que la sous-association à Julienne des dames (*Geranio-Fraxinetum hesperidetosum matronalis*) se trouverait en bord d'Allier. Elle occupe une surface de 533 ha, ce qui représente 56% de la surface totale du système de la vallée alluviale de l'Allier et 1% sur l'ensemble du secteur d'étude. Elle est répandue dans la région, le long de l'Allier entre Brioude et jusqu'au Bourbonnais ainsi que dans la partie aval et planitiaire de ses principaux affluents, Sioule, Dore, Couzes, Alagnon...

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : le réchauffement climatique et le changement des régimes de précipitations vont agir directement sur les conditions hydrologiques du bassin versant. Il est difficile de prévoir sous quelle forme ces phénomènes se déclineront sur le système alluvial de l'Allier : modification de la fréquence des crues, du niveau d'étiage, de la nappe alluviale, de la dynamique fluviale et du méandrage... Dans ce contexte de méconnaissance et de complexité, il est hasardeux de déduire ici les changements qui affecteront cette série.

Composition de la série et dynamique (figure 99) : le stade de départ est une communauté pionnière thermoxérophile à Trèfle strié, Vulpie queue-de-rat et Porcelle des sables (*Trifolio-Vulpietum hypochaeridetosum*), sur arènes et sables alluviaux qui évolue vers une pelouse xérophile à Bugle de Genève et Fétuque du Valais (*Ajugo-Festucetum*). Après abandon, cette pelouse est envahie par un fourré à Prunellier à gros fruits et Fusain d'Europe (*Pruno-Euonymetum*), puis c'est la tête de série à Frêne et Géranium brun (*Geranio-Fraxinetum*) qui s'implante.
La pelouse, lorsqu'elle est amendée, et selon les types de pratiques pastorales, évolue soit en prairie de fauche à Pâturin à feuilles étroites et Avoine pubescente (*Poo-Avenuletum*), soit en prairie pâturée à trèfles douteux et souterrain (*Trifolietum dubio-submediterranei*). Après abandon ces prairies sont envahies par un fourré rudéral mésophile à Houblon et Sureau noir (*Humulo-Sambucetum*) qui évoluera vers la frênaie mais en passant par un stade de forêt pionnière nitrophile, à déterminisme anthropique, à Orme champêtre et Cerfeuil penché (groupement à *Ulmus minor* et *Chaerophyllum temulum*), souvent dominé par le Robinier faux-acacia. Celui-ci se développe par dynamique progressive mais il remplace aussi la frênaie par dynamique régressive lorsque celle-ci est dégradée.

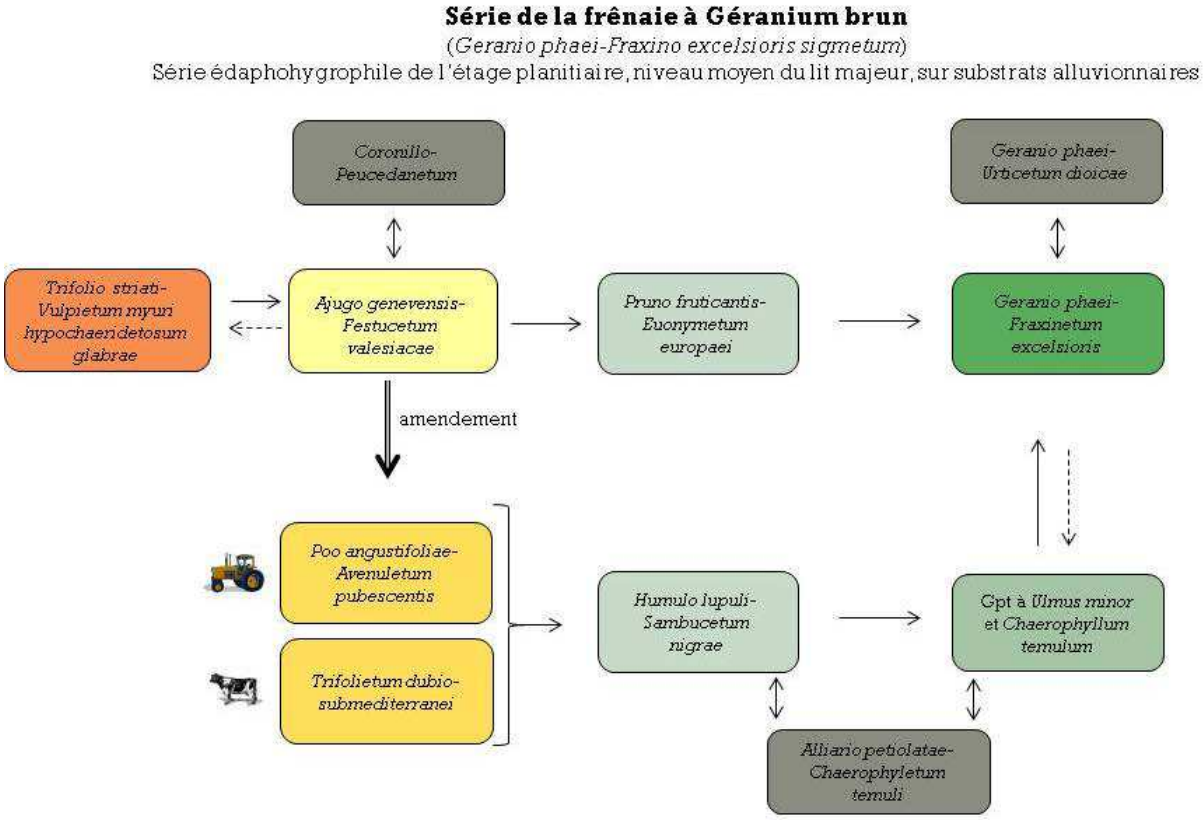


Figure 99 : diagramme d'affinité dynamique de la série de la frênaie à Géranium brun. En bas trajectoire dynamique anthropique avec prairies amendées au départ et en haut trajectoire plus naturelle avec au départ des pelouses plus oligotrophiles.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : cette série est très impactée par l'action anthropique car sa tessella est en générale utilisée pour la culture intensive. Il reste alors peu de place à la tête de série qui forme souvent des linéaires en bord d'Allier. De plus la comparaison des photos 62 et 63, prisent avec 67 ans d'écarts, montre l'extension des villes et surtout la création d'étangs souvent issus de l'exploitation des granulats dans le lit majeur qui comporte de nombreuses carrières aujourd'hui pour la plupart abandonnées. Le lit majeur a été aussi touché par l'abaissement du niveau de la nappe alluviale à cause du processus d'incision (abaissement du lit de la rivière) dû aux exploitations de granulats directement effectuées dans le lit mineur, combinées aux enrochements protecteurs de berges empêchant le méandrage (Direction Régional de l'Équipement Auvergne 1981-1984). Un flux important de promeneurs emprunte les bords d'Allier et il n'est pas rare de trouver des décharges sauvages. Quelques secteurs sont laissés à l'abandon et c'est alors la forêt nitrophile pionnière à Orme et Robinier faux-acacia qui se développe. On observe cependant des zones encore fonctionnelles et représentatives d'un système alluvial lié au lit majeur avec une bonne expression de la série: en particulier secteur « des Boires » en aval de Pont-du-Château et au niveau de Dallet.
La série de la frênaie à Géranium brun est dans un état de conservation moyen à mauvais dans notre secteur d'étude.



Photo 62 : photo aérienne prise entre Cournon d'Auvergne et les Martres-de-Veyre, en 1946 (IGN).



Photo 63 : photo aérienne prise entre Cournon d'Auvergne et les Martres-de-Veyre, en 2013 (CRAIG).

Intérêt patrimonial : la pelouse de l'*Ajugo genevensis-Festucetum valesiacae* correspond à l'habitat d'intérêt européen n° **6210** ; la prairie du *Poo angustifoliae-Avenuletum pubescentis* à l'habitat **n° 6510** et la forêt du *Geranio phaei-Fraxinetum excelsioris* au n° **91F0**. Malgré son état de conservation critique dans la zone d'étude la série est relativement bien exprimée dans certains secteurs cités plus haut et représente un îlot de biodiversité au sein du contexte limagnais intensif. La conservation des dernières forêts alluviales encore existantes et celle des secteurs présentant une forte naturalité et une végétation en dynamique naturelle, doivent rester une priorité, tout en gardant l'objectif de maintien de la dynamique fluviale et du méandrage.

Permasérie associée : pas de permasérie associée.

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie planitiaire du lit majeur de l'Allier et affluents (*Geranio phaei-Fraxino excelsoris geosigmetum*).

2.7.2 Série édaphohygrophile de la frênaie à Houblon

(*Humulo lupuli-Fraxino excelsioris sigmetum* [HL-FE])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 114 du tableau 56 ; polygone SIG : 349

Tableau 56 : synrelevés de la série du HL-FE

N° synrelevé	114	109
Localité	Pont du Château	Les Boires Pont du Château
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	349	331
Surface du synrelevé (ha)	14	6.5
Altitude moyenne (m)	304	300
Exposition (degrés)	toutes	toutes
Pente moyenne (degrés)	2	4
Région phyto-écologique	XA 5	XA 5
Nombre de syntaxons	4	4
Communautés forestières		
Humulo lupuli-Fraxinetum excelsioris	3	4
Groupement à Ulmus minor et Chaerophyllum temulum	3	2
Communautés arbustives		
Humulo lupuli-Sambucetum nigrae		2
Communautés herbacées		
Vicio luteae-Elytrigietum campestris	2	
Urtico dioicae-Aegopodietum podagrariae	1	1

Écologie : série édaphohygrophile de l'étage planitiaire, entre 300 et 310 m d'altitude, sur alluvions actuelles et subactuelles. Les sols sont des sols bruns alluviaux de types sablo-limoneux donc sensibles à la sécheresse. Ils sont correctement pourvus en matière organique et le pH est légèrement basique. Cette série, située entre le lit majeur et le lit apparent, sur de hautes grèves sablograveleuses stabilisées, est régulièrement soumise à des crues et chaque année à des remontées de nappe alluviale. La série de la frênaie à Houblon est xérophile à mésoxérophile. Les indices d'Ellenberg de nutriments, de réaction acidobasique et de l'humidité du sol, pour chacun des 2 synrelevés sont donnés dans la figure 100 ; on constate que la tessella est mésoeutrophe à eutrophe, neutrocline et mésophile.

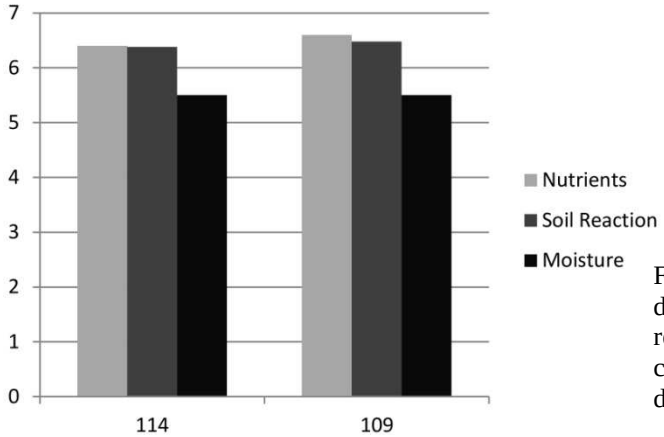


Figure 100 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments, la réaction acidobasique et l'humidité du sol, calculées à partir de chaque synrelevé effectué dans la série de la frênaie à Houblon.

Chorologie (figure 97a) : la série de la frênaie à Houblon est peu présente sur notre secteur d'étude. On la trouve en aval de Pont-du-Château et sur de faibles linéaires, « coincée » entre la série de la frênaie à Géranium brun et la série de la saulaie à Saule blanc, ces dernières bien mieux représentées. Elle se trouve aussi sporadiquement le long de l'Auzon. Elle occupe une surface de 20 ha, ce qui représente 2.1% de la surface totale du système de la vallée alluviale de l'Allier et 0.04% sur l'ensemble du secteur d'étude. D'une manière générale cette série,

située à la limite entre lit majeur et lit apparent, n'occupe jamais des surfaces très étendues mais est présente partout en bordure de l'Allier depuis le Brivadois jusqu'en Bourbonnais et remonte dans la partie inférieure de ses principaux affluents, Dore, Sioule, Couzes, Sénouire, Alagnon...

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : cf remarque de la série de la frênaie à Géranium brun.

Composition de la série et dynamique (figure 101) : en condition mésoxérophile, nitrocline, sur graviers et galets dans une matrice de matières fines, le stade de départ est une friche à Scrofulaire noueuse et Mélilot blanc (*Scrophulario-Melilotetum*) qui évolue en prairie à Chiendent champêtre et Vesce jaune (*Vicio-Elytrigietum*). Si le milieu est plus xérophile, sur les accumulations sableuses, la végétation de départ est une pelouse à Catapode des graviers et Vulpie queue-de-rat (*Mycropyro-Vulpietum*), qui devient une pelouse à Orpin à petites fleurs et Vipérine vulgaire (*Sedo-Echietum*). S'implante ensuite un fourré à Houblon et Sureau noir (*Humulo-Sambucetum*) qui évoluera soit directement vers la frênaie à Houblon, soit en passant par un stade de forêt pionnière nitrophile, à déterminisme anthropique, à Orme champêtre et Cerfeuil penché (groupement à *Ulmus minor* et *Chaerophyllum temulum*), souvent dominé par le Robinier faux-acacia. Cette série constitue l'un des rares exemples en Europe tempérée continentale pouvant s'apparenter à une succession primaire (Loiseau communication personnelle).
Un profil socio-écologique topostationnel (PSET) a été effectué dans cette série (figure 102). Cela a permis d'observer sur le terrain les étapes dynamiques qui sont présentes le long d'une toposéquence linéaire.

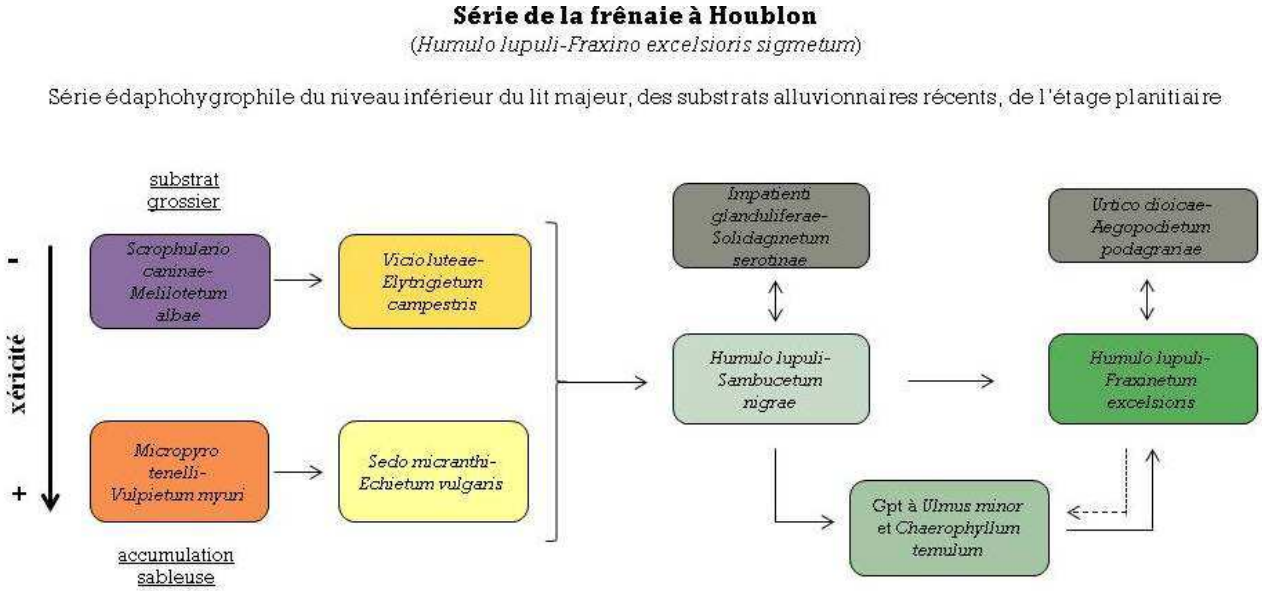


Figure 101 : diagramme d'affinité dynamique de la série de la frênaie à Houblon. En bas : trajectoire dynamique plus xérique sur accumulation sableuse ; en haut : trajectoire sur graviers et galets dans une matrice de matières fines.

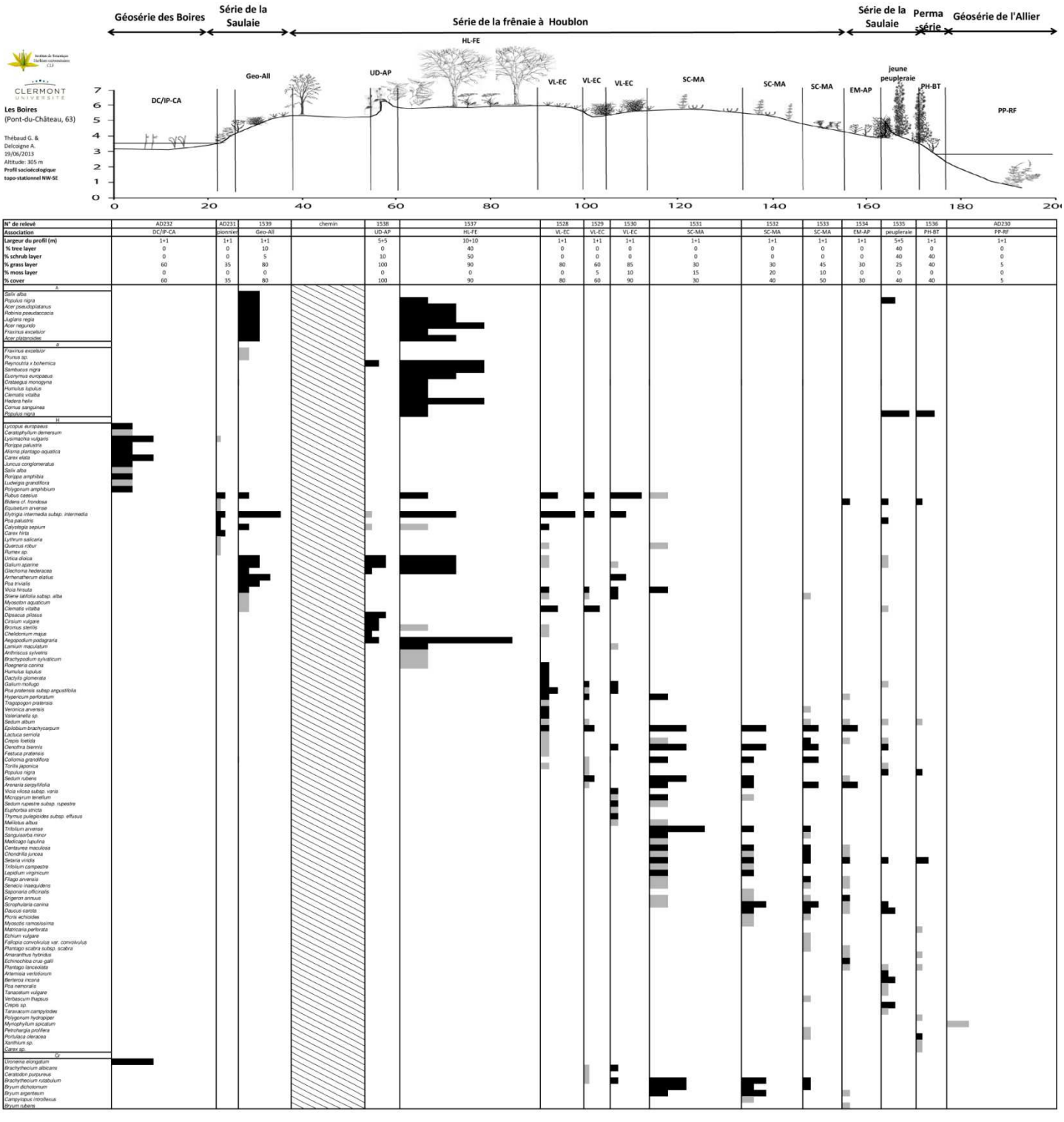


Figure 102 : profil socio-écologique topostationnel (PSET) réalisé dans le secteur en aval de Pont-du-Château. Il regroupe la série de la frênaie à Houblon (UD-AP : *Urtico dioicae-Aegopodietum prodragrariae* ; VL-CE : *Vicio luteae-Elytrigietum campestris* ; SC-MA : *Scrophulario caninae-Melilotetum albae* ; HL-FE : *Humulo lupuli-Fraxinetum excelsioris*) ; la série de la saulaie blanche (EM-AP : *Echinocloo muricatae-Amaranthetum pseudgracilis ;* IP-CA : *Irido pseudacori-Caricetum acutae*) ; la thérosérie à Renouée poivre d'eau et bident tripartite (PH-BT : *Polygono hydropiperis-Bidentetum tripartitae*) ; et deux géoséries : celle des "Boires" (CD : *Ceratophylletum demersi*) et celle de l'Allier (PP-RF : *Potamo perfoliati-Ranunculetum fluitantis*). D'après Thébaud *et al.* 2013b, modifié.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : cette série bénéficie d'inondations plus fréquentes que celles touchant le lit majeur ; en conséquence les activités anthropiques (aménagements, cultures...) y sont moins présentes et sa naturalité est plus grande. Toutefois, comme elle occupe de petites surfaces linéaires et les conditions topographiques nécessaires à son développement étant peu souvent réalisées, elle est plus sensible aux dégradations.
La série de la frênaie à Houblon est dans un état moyen de conservation dans notre secteur d'étude.

Intérêt patrimonial : la forêt de l'*Humulo lupuli-Fraxinetum excelsioris* correspond à l'habitat d'intérêt européen prioritaire n° **91E0***. La série correspond à une succession primaire, au sein d'un des derniers ensembles fluviaux sauvages d'Europe, l'axe Loire-Allier.
Sa conservation, très liée au maintien de la dynamique fluviale, doit rester une priorité.

Permasérie associée : pas de permasérie associée.

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie planitiaire lit apparent de la rivière Allier et affluents (*Salico albae geosigmetum*).

2.7.3 Série édaphohygrophile de la saulaie blanche

(*Salico albae sigmetum* [SA])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 113 du tableau 57 ; polygone SIG : 348

Tableau 57 : synrelevés de la série du SA

N° synrelevé	113	110	111	120
Localité	Pont du Château	Dallet	Gondole	Les Martres dArtires
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	348	333	344	367
Surface du synrelevé (ha)	34	8	6.5	28.5
Altitude moyenne (m)	306	320	320	302
Exposition (degrés)	toutes	toutes	toutes	toutes
Pente moyenne (degrés)	3	3	3	4
Région phyto-écologique	XA 5	XA 5	XA 5	XA 5
Nombre de syntaxons	9	6	4	10
Communautés forestières				
Salicetum albae	3	2	2	2
Groupement à Ulmus minor et Chaerophyllum temulum		4		
Communautés herbacées				
Vicio luteae-Elytrigietum campestris		1		+
Festuco arvernensis-Artemisietum campestris	2			
Eragrostio pectinacei-Chenopodietum botryos	2			2
Scrophulario caninae-Melilotetum albae	1		2	
Impatienti glanduliferae-Solidaginetum serotinae	+			1
Groupement à Calystegia sepium et Humulus lupulus	+			
Thérosérie associée				
Cyperetum flavescenti-fusci corrigioletosum litoralis	1	+		+
Polygono hydropiperis-Bidentetum tripartitae	2	2	2	2
Permaséries associées à la géosérie				
Potamo perfoliati-Ranunculetum fluitantis	2	2	1	2
Lemnetum gibbae				+
Ceratophylletum demersi				1
Elodeetum canadensis				1

Écologie : série édaphohygrophile de l'étage planitiaire, inférieure à 300 m d'altitude, thermocline, sur alluvions actuelles et subactuelles du lit apparent de la rivière Allier. Ces zones sont annuellement remaniées par les hautes eaux hivernales ou printanières ; les sols peu évolués sont formés de limons, sables fins et grossiers reposant sur un cailloutis alluvial non altéré, constitué par des éléments de granite et de basalte. Ces sols ont une texture grossière, les horizons ont une faible cohésion et peuvent être très secs en été alors qu'en profondeur la nappe est toujours présente. Les indices d'Ellenberg de nutriments, de réaction acidobasique et de l'humidité du sol, pour chacun des 4 synrelevés sont donnés dans la figure 103 ; on constate que la tessella est mésoeutrophe à eutrophe, basiphile et mésophile à mésohygrophile.

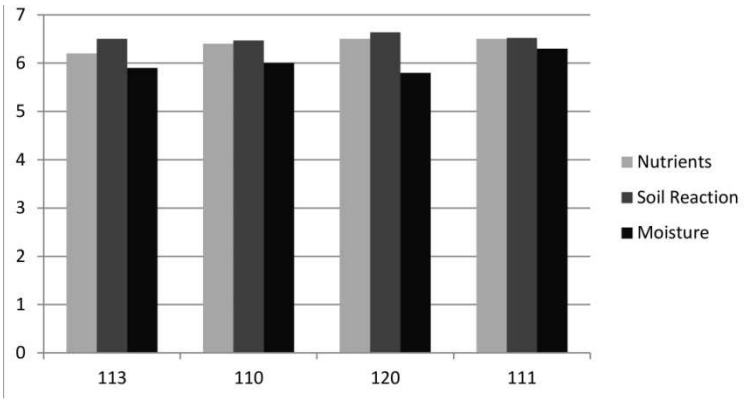


Figure 103 : histogramme représentant les valeurs des indices d'Ellenberg pour les nutriments, la réaction acidobasique et l'humidité du sol, calculées à partir de chaque synrelevé effectué dans la série de la saulaie blanche.

Chorologie (figure 97a et photo 64) : la série de la saulaie blanche se situe en bordure de l'Allier et sur les îles. Elle représente généralement un linéaire étroit difficilement cartographiable à l'échelle 1/25000 ; pour des raisons de lisibilité cartographique nous l'avons donc regroupé avec les permaséries situées dans la rivière Allier. Cet ensemble (saulaie et rivière) occupe une surface de 397 ha, ce qui représente 42% de la surface totale du système de la vallée alluviale de l'Allier et 0.8% sur l'ensemble du secteur d'étude. La série de la saulaie blanche est présente de façon quasi continue dans le lit apparent du cours de l'Allier dans sa partie planitiaire depuis le Brivadois jusqu'au Bourbonnais et aussi plus en aval jusqu'à sa confluence avec la Loire.



Photo 64 : Saulaie blanche (*Salicetum albae*) sur une ile de l'Allier au niveau de Pont-du-Château. Au premier plan : Renouée du Japon.

Effet du changement climatique sur l'aire d'extension : cf remarque de la série de la frênaie à Géranium brun.

Composition de la série et dynamique (figure 104) : en fonction du substrat et de la proximité du niveau d'étiage, cinq végétations hygrophiles peuvent se développer. Sur sol constamment engorgé on trouve la cariçaie à Iris des marais et Laîche acutiflore (*Irido-Caricetum*). Sur substrat sablo-limoneux, en bordure des eaux, on trouve des hautes herbes à Renouée à feuilles d'oseille et Panic pied-de-coq (*Persicario-Echinocloetum*) ; au même niveau, mais sur substrat vasolimoneux, on aura une communauté pionnière à Cresson des bois et Baldingère faux-roseau (*Rorripo-Phalaridetum*). Sur substrat sablo-graveleux, un peu plus éloigné du niveau d'étiage, se développe les hautes herbes à Panic épineux et Amarante (*Echinocloo-Amaranthus*) et enfin sur substrat graveleux celles à Éragrostide en peigne et Chénopode à grappe (*Eragrostio-Chenopodietum*). Puis de jeunes peupliers s'installeront dans ces végétations et la dynamique aboutira à la saulaie blanche, tête de série (*Salicetum albae*). Cette série constitue l'un des rares exemples de succession primaire en Europe tempérée continentale (Loiseau communication personnelle).

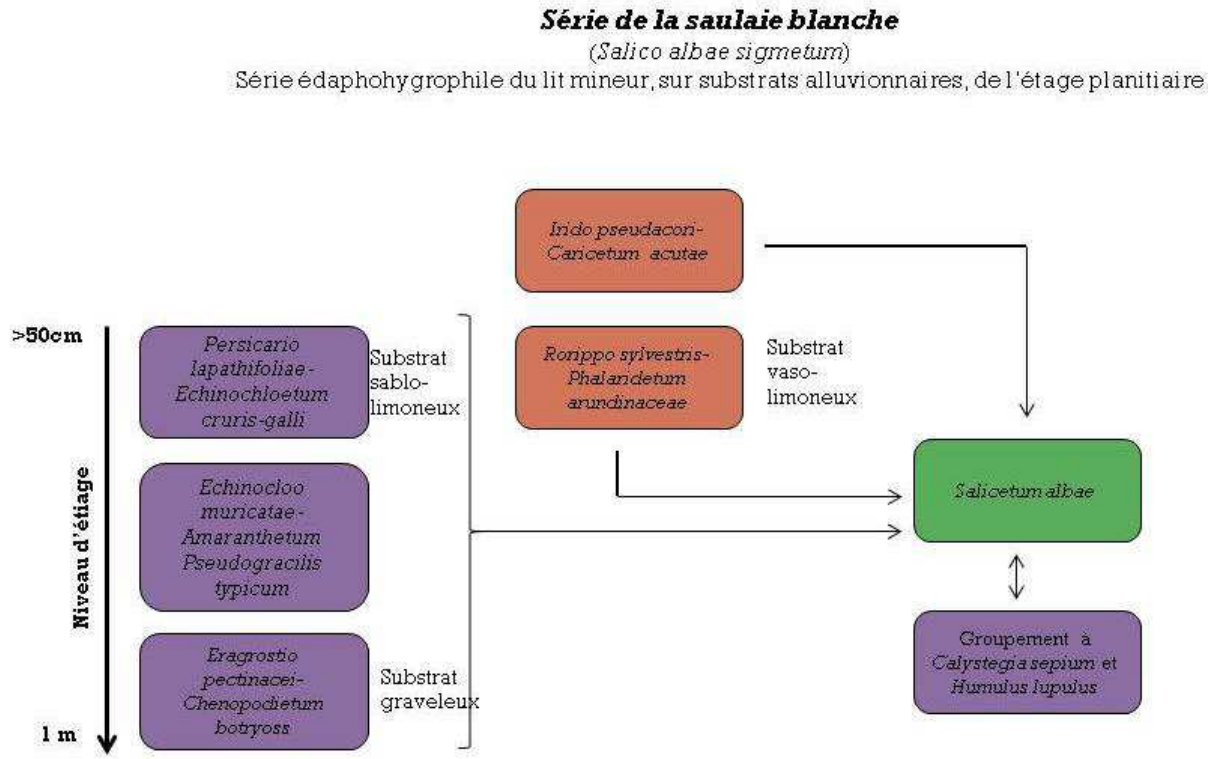


Figure 104 : diagramme d'affinité dynamique de la série de la saulaie blanche.

Degré de naturalité/anthropisation et état de conservation : compte-tenu de sa position préférentielle dans le lit apparent cette série présente une bonne naturalité. La Renouée de Bohême (*Reynoutria x bohemica*) se multiplie dans la série, induisant une disparition progressive des taxons autochtones. La série de la saulaie blanche est dans un état de conservation moyen dans notre secteur d'étude.

Intérêt patrimonial : la forêt du *Salicetum albae* correspond à l'habitat d'intérêt européen prioritaire n° **91E0***. La série correspond à une succession primaire, au sein d'un des derniers ensembles fluviaux sauvages d'Europe, l'axe Loire-Allier.

Thérosérie associée : *Cypero flavescentii therosigmetum* et le *Polygono hydropiperis-Bidento tripartitae therosigmetum*.

Géosérie : cette série fait partie de la géosérie planitiaire lit apparent de la rivière Allier et affluents (*Salico albae geosigmetum*).

2.7.4 Thérosérie édaphohygrophile à Souchet jaunâtre

(*Cypero flavescentii therosigmetum* [CF])

Écologie : communauté planitiaire riche en annuelles, sur vase. Se situe au niveau moyen des grèves sableuses de l'Allier, subissant une exondation temporaire tardive. (L'*Ilysantho attenuatae-Cyperetum micheliani*, communauté du *Nanocyperion* plus thermophile et de plus bas niveau topographique arrive en limite de notre zone d'étude et n'a pas été identifiée formellement dans nos synrelevés).



Photo 65 : communauté d'annuelle à Souchet jaunâtre (C*yperetum flavescentis corrigieletosum littoralis*) sur des vases en bord d'Allier, au niveau des Martres-d'Artières.

Chorologie (figure 97a et photo 65) : thérosérie que l'on rencontre en bord d'Allier au niveau des Martres-d'Artière, des Boires de Pont-du-Château et de Dallet, mais sa localisation peut varier d'une année sur l'autre, au gré de la dynamique de la rivière, lorsque les eaux découvrent les grèves. On la trouve dans la partie planitiaire du cours de l'Allier et de la Dore.

Dynamique : pas de dynamique étant donné que ces communautés sont recouvertes annuellement par les eaux.

État de conservation : bon.

Intérêt patrimonial : habitat d'intérêt européen n° **3130**.

Géopermasérie : cette thérosérie fait partie de la géosérie planitiaire du lit apparent de la rivière Allier et affluents (*Salico albae geosigmetum*).

2.7.5 Thérosérie édaphohygrophile à Renouée poivre d'eau et bident tripartite

(*Polygono hydropiperis-Bidento tripartitae therosigmetum* [PH-BT])

Écologie : communauté pionnière planitiaire, eutrophe et riche en annuelles. En bord d'Allier, sur vase et limon exondés en été.

Chorologie (figure 97a et photo 66) : thérosérie que l'on rencontre en bord d'Allier au niveau des Martres-d'Artière, des Boires de Pont-du-Château et de Dallet, mais sa localisation peut varier d'une année sur l'autre, lorsque les eaux découvrent les grèves. Elle est très répandue en Auvergne dans tout le cours de l'Allier et de ses affluents.



Photo 66 : communauté d'annuelle à Renouée poivre d'eau et bident tripartite (*Polygono hydropiperis-Bidentetum tripartitae*) devant une jeune peupleraie. Les Martres-d'Artières.

Dynamique : pas de dynamique étant donné que ces communautés sont annuellement recouvertes par les eaux.

État de conservation : bon.

Intérêt patrimonial : habitat d'intérêt européen n° **3270**.

Géopermasérie : cette thérosérie fait partie de la géosérie planitiaire du lit apparent de la rivière Allier et affluents (*Salico albae geosigmetum*).

2.8 Séries de végétation des eaux douces continentales

Tableau 58 : synrelevés des ruisseaux et rases de Limagne

N° synrelevé	190	191	192	193	194
Géopermasérie	Géopermasérie des eaux faiblement courantes				
Localité	Grande Rase de Sarliève	Grande Rase de Sarliève	Grande Rase de Sarliève	Grande Rase de Sarliève	Les Martres-de-Veyre
Auteur du synrelevé	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.	Roux C.
Id_SIG	208	208	208	208	413
Surface du synrelevé (ha)	-	-	-	-	-
Altitude moyenne (m)	340	340	340	340	320
Exposition (degrés)	toutes	toutes	toutes	toutes	toutes
Pente moyenne (degrés)	0	0	0	0	0
Région phyto-écologique	XA 5	XA 5	XA 5	XA 5	XA 5
Nombre de syntaxons	1	1	1	1	1
Parvopotamo-Zannichellietum palustris	4				
Charetum vulgaris		3			
Lemnetum minoris			5		
Scirpetum maritimi				4	
Callitricho hamulatae-Ranunculetum penicillati					3

2.8.1 Permasérie hydrophile lotique à Callitriche à crochets et Myriophylle à fleurs alternes

(*Callitricho hamulatae-Myriophyllo alterniflori permasigmetum* [CH-MA])

Écologie : herbier polyspécifique, rhéophile, des étages collinéen supérieur à montagnard, héliophile, oligotrophile, sur terrain siliceux. Surtout en tête de bassin dans les ruisseaux et rivières peu profonds (< 1 m) à courant fort. Substrat de sables grossiers, graviers ou galets.

Chorologie : permasérie que l'on rencontre dans les cours supérieur des affluents de l'Allier au niveau du plateau granitique. Nous ne l'avons pas trouvé sur notre secteur d'étude, car les ruisseaux sont soient sous un couvert arbustif, soient recalibrés el les herbiers ne peuvent pas se développer. Mais on la trouve plus au sud dans la Couze Pavin, la Monne (photo 67), la Veyre (Delcoigne *et al.* 2008).



Photo 67 : herbier à Callitriche à crochets et Renoncule à grappes dans la Monne.

Dynamique : aucune.

Intérêt patrimonial : habitat d'intérêt européen n° **3260**.

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géosérie collinéenne tempérée à submontagnarde des zones alluviales rivulaires et des talwegs des gorges et du plateau cristallin (*Impatiento noli-tangere-Alno glutinosae geosigmetum*).

2.8.2 Permasérie hydrophile lotique à Callitriche à crochets et Renoncule en pinceau

(*Callitricho hamulatae-Ranunculo penicillati permasigmetum* [CH-RP])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 194 du tableau 58 ; polygone SIG : 413

Écologie : herbier paucispécifique, rhéophile, de l'étage collinéen, héliophile, mésotrophile à méso-eutrophile, acidicline à neutrophile. Dans la partie planitiaire du cours inférieur des ruisseaux et rivières peu profonds (< 1 m) à courant assez fort. Substrat marneux.

Chorologie : permasérie que l'on rencontre dans les affluents de l'Allier (Bédat, Auzon, Artière, Tiretaine, Veyre, Monne, Morge [photo 68]) ; très fréquent à basse altitude dans les bassins du Massif central.



Photo 68 : herbier à Callitriche à crochets et Renoncule à pinceau dans la Morge.

Dynamique : aucune.

Intérêt patrimonial : habitat d'intérêt européen n° **3260**.

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géosérie planitiaire du lit majeur de la rivière Allier et affluents (*Geranio phaei-Fraxino excelsioris geosigmetum*).

2.8.3 Permasérie hydrophile lotique à Potamot perfoliées et Renoncule flottante

(*Potamo perfoliati-Ranunculo fluitantis permasigmetum* [PP-RF])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 120 du tableau 57 ; polygone SIG : 367

Écologie : herbier polyspécifique, rhéophile, des zones profondes (entre 1 et 3 m) des grandes rivières. Communauté héliophile, neutrophile à légèrement basiphile, mésotrophile à eutrophile. Sur substrat limonosableux à graveleux (Felzines 2015).

Chorologie : permasérie que l'on trouve surtout dans la partie planitiaire du cours de la rivière Allier (photo 69).

Dynamique : aucune.



Photo 69 : communauté à Potamot perfoliées et Renoncule flottante, dans la rivière Allier.

Intérêt patrimonial : habitat d'intérêt européen n° **3260**.

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géosérie planitiaire du lit apparent de la rivière Allier et affluents (*Salico albae geosigmetum*)

2.8.4 Permasérie hydrophile lentique à Potamot nain et Zannichellie des marais

(*Parvopotamo-Zannichellio palustis permasigmetum* [P-ZP])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 190 du tableau 58 ; polygone SIG : 208

Écologie : communauté limnophile dominée par des hydrophytes, dans des eaux peu profondes, stagnantes ou faiblement courantes. Sur substrat marnocalcaire.

Chorologie : cette permasérie se situe dans les mares et fossés de Limagne (photo 70).

Dynamique : aucune.

Intérêt patrimonial : habitat d'intérêt européen n° **3260**.



Photo 70 : communauté à Potamot nain et Zannichellie des marais. Cournon, rase de Limagne.

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géopermasérie lentique planitiaire des mares et rases de la plaine de la Limagne.

2.8.5 Permasérie hydrophile lentique à Chara vulgaire

(*Charo vulgaris permasigmetum* [CV])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 191 du tableau 58 ; polygone SIG : 208

Écologie : communauté limnophile d'hydrophytes des eaux peu profondes et temporaires, mésotrophes à mésoeutrophes, stagnantes ou faiblement courantes. Sur substrat marnocalcaire.

Chorologie : cette permasérie se trouve dans les rases de Limagne et boires de l'Allier (photo 71).

Dynamique : aucune.



Photo 71 : communauté à Chara vulgaire. Cournon, rase de Limagne.

Intérêt patrimonial : habitat d'intérêt européen n° **3140**.

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géopermasérie lentique planitiaire des mares et rases de la plaine de la Limagne.

2.8.6 Permasérie hydrophile lentique à Cératophylle immergé

(*Ceratophyllo demersi permasigmetum* [CD])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 120 du tableau 57 ; polygone SIG : 367

Écologie : radeaux flottants entre deux eaux, limnophiles, unistratifiés. Dans les eaux stagnantes peu profondes et les cours d'eau lents ou temporaires. Large amplitude thermique, tolérant vis-à-vis de l'éclairement, acidicline à basiphile oligomésotrophile à eutrophile (Felzines 2012). À l'étage planitiaire.

Chorologie : cette permasérie se situe dans les annexes fluviatiles de l'Allier. Dans notre secteur d'étude on la trouve dans la boire des Martres-d'Artière et en bordure d'Allier à Gondole (photo 72).

Dynamique : aucune.



Photo 72 : communauté à Cératophylle immergé à Gondole, en bord d'Allier où le courant est faible.

Intérêt patrimonial : habitat d'intérêt européen n° **3150** et **3260**.

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géopermasérie lentique planitiaire des annexes fluviales.

2.8.7 Permasérie hydrophile lentique à Élodée du Canada

(*Elodeo canadensis permasigmetum* [EC])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 120 du tableau 57 ; polygone SIG : 367

Écologie : communauté limnophile pionnière de l'étage planitiaire, des eaux peu profondes, stagnantes à faiblement courantes. Acidicline à basicline, mésotrophile à eutrophile et héliophile à semi-sciaphile.

Chorologie : cette permasérie se situe dans les annexes fluviales de l'Allier. L'élodée du Canada est une xénophyte ancienne stabilisée dans notre flore. Dans notre secteur d'étude on la trouve dans la boire des Martres-d'Artière (photo 73).



Photo 73 : communauté à Elodée du Canada dans la boire des Martres-d'Artière.

Dynamique : aucune.

Intérêt patrimonial : habitat d'intérêt européen n° **3150** et **3260**.

Géopermasérie : cette permasérie fait partie de la géopermasérie lentique planitiaire des annexes fluviales.

2.8.8 Thérosérie hydrophile flottante lentique à petite Lentille d'eau

(*Lemno minoris permasigmetum* [LM])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 192 du tableau 58 ; polygone SIG : 208

Écologie : communauté flottante à la surface limnophile, héliophile à hémisciaphile, acidicline à basicline, mésotrophile à hypertrophile. Dans les mares et fossés et dans les parties calmes des cours d'eau lents.

Chorologie : cette thérosérie se situe dans les boires de l'Allier, les mares et les étangs de notre secteur d'étude (Pont-du-Château, Fontinbert, La Roche Blanche, Martres-d'Artière [photo 74]...).



Photo 74 : communauté à petite Lentille d'eau dans une mare parallèle à l'Allier aux Martres-d'Artière.

Dynamique : aucune.

Intérêt patrimonial : habitat d'intérêt européen n° **3150** et **3260**.

Géopermasérie : cette thérosérie fait partie de la géopermasérie lentique planitiaire des annexes fluviales et de la géopermasérie lentique planitiaire des mares et rases de la plaine de la Limagne.

2.8.9 Thérosérie hydrophile flottante lentique à Lentille d'eau bossue

(*Lemno gibbae permasigmetum* [LG])

Synsystématique : *holotypus* : synrelevé 120 du tableau 57 ; polygone SIG : 367

Écologie : communauté flottante à la surface, limnophile héliophile, hypertrophile, de petites pièces d'eaux peu profondes à fond vaseux, de l'étage planitiaire. Indicatrice d'une certaine pollution minérale et/ou organique (Felzines 2012).

Chorologie : cette thérosérie se rencontre dans plusieurs sites de notre secteur d'étude, mais surtout dans les rases de la Grande Limagne (photo 75).

Dynamique : aucune.

Intérêt patrimonial : habitat d'intérêt européen n° **3150** et **3260**.



Photo 75 : communauté à Lentille d'eau bossue dans une rase de Limagne.

Géopermasérie : cette thérosérie fait partie de la géopermasérie lentique planitiaire des mares et rases de la plaine de la Limagne.

Chapitre 3 Résultats géosymphytosociologique

Ainsi qu'il a été dit au paragraphe 3.2.3, de la partie III, nous avons retenu trois critères principaux pour la délimitation des géoséries présentées ici. Elles sont entièrement situées à l'intérieur d'un même étage de végétation. Elles représentent chacune un type géomorphologique particulier. Leur délimitation doit aussi tenir compte des facteurs les plus discriminants pour la végétation.

Concernant les permaséries : lorsqu'elles sont juxtaposées nous les avons associées sous forme de géopermaséries ; lorsqu'elles sont isolées nous les avons associées à la série la plus proche ;

Dans ce chapitre nous présenterons, depuis la montagne jusqu'à la plaine, les géoséries présentes dans chacun des systèmes individualisés dans le chapitre 2 ; au sein de ceux-ci on mettra en évidence les principaux facteurs discriminants pour la végétation.

Une carte récapitulative globale des géoséries de la région étudiée se trouve en annexe 13.

3.1 Description des géoséries

3.1.1 Géoséries de la chaîne des Puys

Les facteurs les plus discriminants pour la végétation de cette zone sont l'altitude et la géologie, en particulier la nature physicochimique du type de roche volcanique Six géoséries de végétation ont été caractérisées : trois pour l'étage subalpin, deux pour l'étage montagnard moyen et une pour l'étage submontagnard. Dans l'étage montagnard moyen on distingue une géoséries sur roche volcanique acide et une sur roche volcanique basique.

Contrairement au niveau sérial, où l'exposition représentait un facteur de différenciation important, au niveau caténal ce facteur n'est plus prioritaire car nous observons une uniformisation relative des conditions climatiques entre adret et ubac à cause des dénivelés relativement faibles et de la convexité des appareils volcaniques qui facilite leur soumission aux influences océaniques.

Géopermasérie subalpine du sommet trachytique du puy de Dôme
(*Vaccinio uliginosi-myrtilli geosigetum*)

Description : elle occupe le replat sommital du cumulodôme et le sommet du cône qui forment l'ensemble de la partie sommitale du puy de Dôme. Elle représente 14.5 ha de la zone d'étude. Elle est le siège de vents intenses quasi permanents qui abaissent considérablement la température moyenne pendant la saison de végétation.

Composition sériale : elle n'est composée que d'une seule permasérie : la permasérie climatophile de la vacciniaie à Airelle des marais et Myrtille (*Vaccinio uliginosi-myrtilli permasigmetum* [VUM]).

Géopermasérie subalpine des hauts versants trachytiques du puy de Dôme
(*Heracleo sphondylii-Calamagrostio arundinaceae geosigmetum*)

Description : elle s'étend principalement sur les versants du cumulodôme hérissé, du sud-ouest jusqu'au nord et sur le versant est du cône sommital. Elle est structurée sous forme d'une alternance de couloirs plus humides et en abri séparée par des arêtes rocheuses trachytiques ventées et froides. Elle représente 19.5 ha de la zone d'étude.

Composition sériale : elle comprend trois permaséries dont deux climatophiles et une édaphoxérophile
Permasérie de la calamagrostidaie à grande Berce (*Heracleo sphondylii-Calamagrostio arundinaceae permasigmetum* [HS-CA])
Permasérie de la vacciniaie à Alchemille saxatile (*Alchemillo saxatilis-Vaccinio uliginosi permasigmetum* [AS-VU])
Permasérie de la calamagrostidaie à grande Luzule (*Luzulo sylvaticae-Calamagrostio arundinacea permasigmetum* [LS-CA])

Géocurtasérie subalpine de la lisière supérieure forestière
(Géocurtasérie du manteau à saules et sorbiers)

Description : elle occupe les versants du puy de Dôme sous la géopermasérie précédente, ainsi que le replat sommital entre le petit puy de Dôme et le Creux de la Berte. Elle se situe au-dessus de la limite des hêtraies et des corylaies. Elle représente 59 ha de la zone d'étude.

Composition sériale : elle comprend deux curtaséries climatophiles et une permasérie édaphoxérophile :
Curtasérie climatophile du manteau à sorbiers et saules, variante d'ubac (MSSU)
Curtasérie climatophile du manteau à sorbiers et saules, variante d'adret (MSSA)
Permasérie de la vacciniaie à Gaillet des rochers, Senéçon à feuille d'adonis et Cotoneaster (*Galio saxatilis-Vaccinio myrtilly senecietoso adonidifolii v. cotoneaster integerrimus permasigmetum* [GS-VM-SE-C])

Géosérie montagnarde des dômes trachytiques ou trachyandésitiques de la chaîne des Puys
(*Luzulo sylvaticae-Fago sylvaticae geosigmetum*)

Description : elle comprend les cumulodômes et protrusions trachytiques et trachy-andésitiques. Elle s'étend sur plusieurs secteurs : un secteur central, le plus grand, regroupant Montchier/Laschamps jusqu'à la base du puy de Dôme, et trois autres secteurs plus restreints : Cliersou/petit Suchet, Grand Sarcoui, Chopine/Gouttes. Elle représente 1153 ha de la zone d'étude.

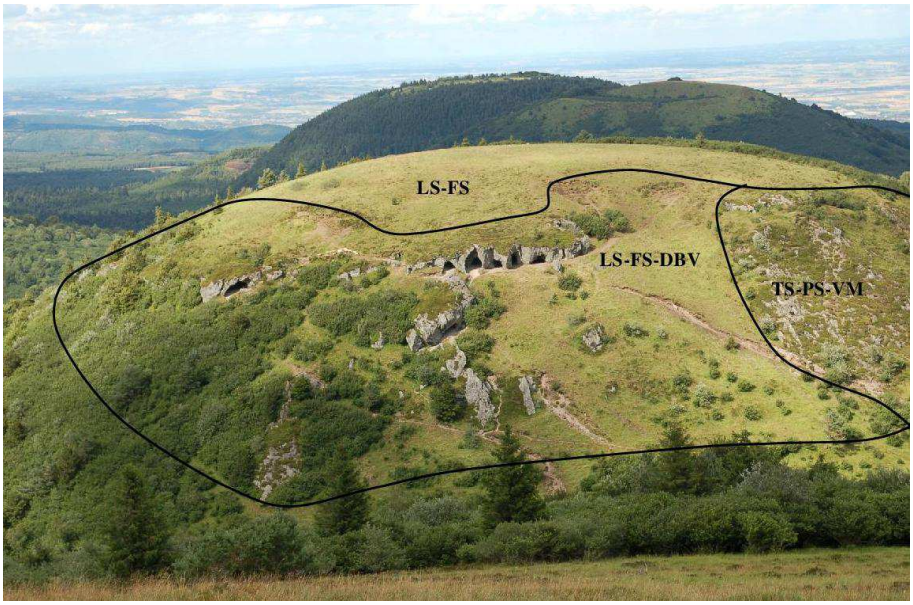


Photo 76 : exemple de géosérie montagnarde des dômes trachytiques ou trachyandésitiques de la chaîne des Puy, au Cliersou.

Composition sériale : elle comprend deux séries ou sous-séries climatophiles et une série édaphoxérophile :
Série de la hêtraie à grande Luzule (*Luzulo sylvaticae-Fago sylvaticae sigmetum* [LS-FS])
Sous-série à Œillet de Montpellier Brachypode penné et Myrtille de la hêtraie à grande Luzule (*Luzulo sylvaticae-Fago sylvaticae sigmetum Diantho monspessulani-Brachypodio pinnati vaccinietoso myrtilli* sigmetosum [LS-FS-DBV])
Série de la pinède sylvestre à Germandrée scorodoine et Myrtille (*Teucrio scorodoniae-Pino sylvestris vaccinietoso myrtilli sigmetum* [TS-PS-VM])

Géosérie montagnarde des cônes de scories basaltiques (figure 105)
(*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae geosigmetum*)

Description : elle comprend tous les cônes stromboliens, le plateau du Traversin et les vallons périphériques recouverts de scories. Elle s'étend dans l'ensemble de la chaîne, du nord au sud, avec une prédominance dans la zone centrale. On la trouve également de manière plus excentrée et submontagnarde au niveau du puy de Grave Noire. Elle représente 1634 ha de la zone d'étude.

Composition sériale : elle comprend quatre séries ou sous-séries climatophiles et deux séries ou sous-séries édaphoxérophiles :
Série de la hêtraie type à Euphorbe d'Irlande (*Euphorbio hybernae-Fago sylvestris typicum sigmetum* [EH-FS-T])
Série de la hêtraie atlantique à Euphorbe d'Irlande et Scille Lis-Jacinthe (*Euphorbio hybernae-Fago sylvestris scilletoso lilio-yacinthus sigmetum* [EH-FS-S])
Sous-série à Oeillet de Montpellier et Brachypode penné de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande thermocline à Noisetier (*Euphorbio hybernae-Fago sylvestris coryletoso avellanae sigmetum Diantho monspessulani-Brachypodio pinnati sigmetosum* [EH-FS-C-DB])
Sous-série édaphoxérophile à Phléole et Fétuque de Léman de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande thermocline à Noisetier (*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae coryletoso avellanae sigmetum Phleo phleoidis-Festuco lemanii campanuletoso glomeratae sigmetosum* [EH-FS-C-PF])

Série édaphoxérophile de la pinède sylvestre à Œillet de Montpellier (*Diantho monspessulani-Pino sylvestris sigmetum* [DM-PS])
Sous-série thermocline à Callune et Genêt poilu de la série édaphoxérophile de la pinède sylvestre à Œillet de Montpellier (*Diantho monspessulani-Pino sylvestris sigmetum Calluno vulgaris-Genisto pilosae sigmetosum* prov. [DM-PS-CG])
Permasérie des éboulis de scories à Biscutelle de Lamotte et Galéopsis des champs (*Biscutello lamottei-Galeopsio segeti permasigmetum* [BL-GS])

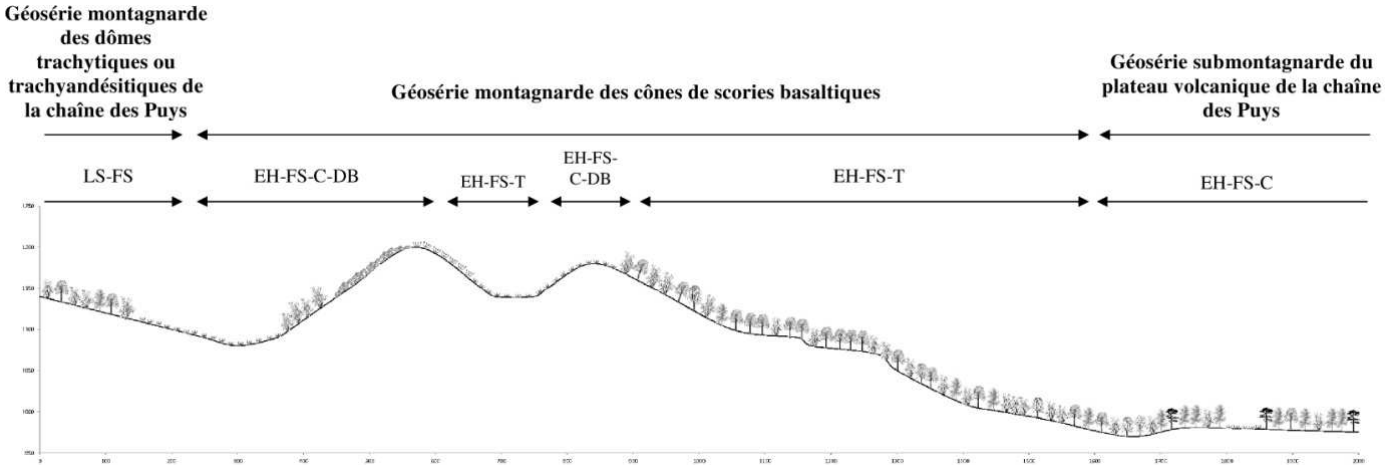


Figure 105 : transect sud/nord des géoséries au niveau du puy de Pariou. Les initiales représentent les différentes séries de la zone.

Géosérie submontagnarde du plateau volcanique de la chaîne des Puys
(*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae coryletoso avellanae geosigmetum*)

Description : elle comprend l'ensemble du plateau volcanique à la base des volcans et ayant subi leurs diverses projections, lapillis, cendres... C'est la géosérie la plus étendue de la chaîne avec une surface totale de 6138 ha.

Composition sériale : elle ne comprend qu'une série : la série climatophile de la Hêtraie à Euphorbe d'Irlande thermocline à Noisetier (*Euphorbio hybernae-Fago sylvestris coryletoso avellanae sigmetum* [EH-FS-C])

3.1.2 Géoséries du plateau cristallin

Les facteurs les plus discriminants pour la végétation de cette zone sont la géologie et l'humidité édaphique, conséquence de la topographie. Quatre géoséries de végétation ont été caractérisées : une sur roches cristallines, granites, anatexites, diorites, deux dans les zones marécageuses et une pour les cheires.

Géosérie submontagnarde du plateau cristallin (figure 106)
(*Polygonato multiflori-Fago sylvaticae sorbetoso ariae geosigmetum*)

Description : elle correspond à l'ensemble du plateau cristallin, depuis le rebord qui surplombe les gorges jusqu'aux secteurs recouverts par les projections volcaniques, en moyenne entre 720 et 980 m d'altitude. Elle n'inclut pas les zones humides ni les cheires. Elle représente 8215 ha de la zone d'étude.

Composition sériale : elle comprend deux séries ou sous-séries climatophiles et deux permaséries édaphoxérophiles :
Série de la hêtraie à Sceau-de-Salomon multiflore et Alisier (*Polygonato multiflori-Fago sylvaticae sorbetoso ariae sigmetum* [PM-FS-S])
Sous-série à Fétuque rouge et Genêt à tiges ailées de la série de la série à Hêtre, Sceau-de-Salomon commun et Alisier (*Polygono multiflori-Fago sylvaticae sorbetoso ariae sigmetum Festuco rubrae-Genisto sagittalis sigmetosum* [PM-FS-S-FG])
Permasérie à Orpin des rochers et Piloselle (*Sedo rupestris-Hieracio pilosella permasigmetum* [SR-HP])
Permasérie à Cotonnière naine et Canche précoce (*Filagini minimae-Airo praecocis permasigmetum* [FM-AP])

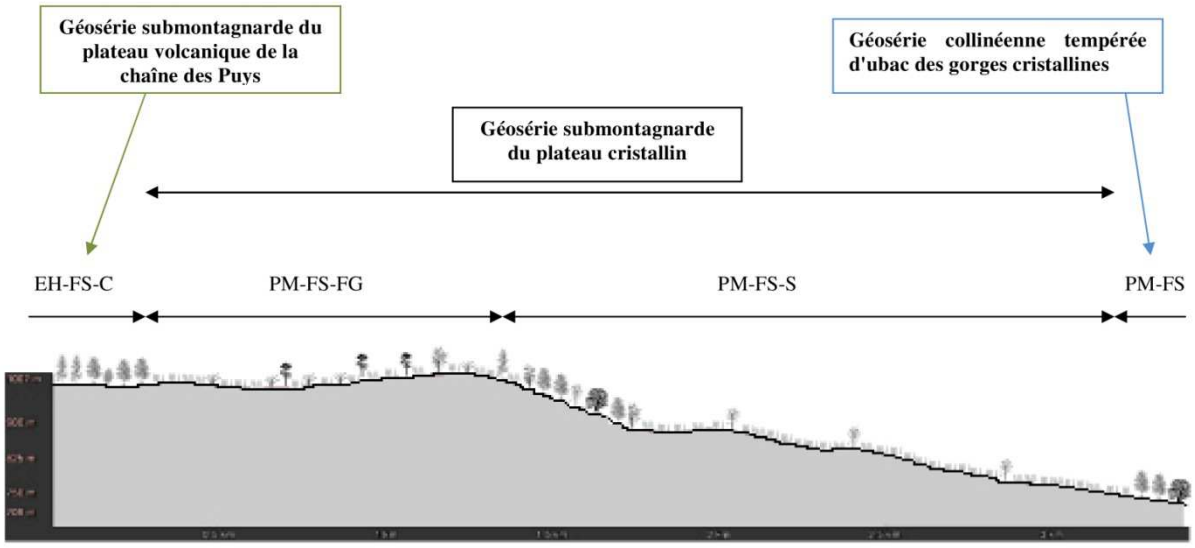


Figure 106 : transect ouest/est des géoséries au niveau de la Fontaine du Berger et du village de Sarcenat. Les initiales représentent les différentes séries de la zone.

Géosérie submontagnarde des dépressions humides du plateau cristallin
(*Cirsio oleracei-Alno glutinosae geosigmetum* prov.)

Description : elle comprend les cuvettes marécageuses du plateau cristallin, colmatées par les colluvions. Elle représente seulement 10 ha de la zone d'étude.

Composition sériale : elle ne comprend qu'une série : la série édaphohygrophile de l'aulnaie à Cirse potager (*Cirsio oleracei-Alno glutinosae sigmetum* prov. **[**CO-AG])

Géocurtasérie montagnarde turficole mésotrophe en enclave dans le plateau cristallin
(*Salico pentandro-atrocinereae geocurtasigmetum*)

Description : elle correspond aux dépressions ou maars marécageux en limite du plateau cristallin et de la chaîne des Puys. Une seule est représentée sur la zone d'étude. Elle représente 2 ha de la zone d'étude.

Composition sériale : elle comprend une curtasérie et une permasérie édaphohygrophiles
Curtasérie à saules à cinq étamines et roux (*Salico pentandro-atrocinereae curtasigmetum* [SPA])
Permasérie à Gaillet des marais et Laîche à ampoules (*Galio palustris-Carico rostratae permasigmetum* [GP-CR])

Géosérie submontagnarde des cheires

Description : dans le cadre de notre étude nous n'avons pas pu suffisamment approfondir la connaissance de ces écosystèmes, ce qui devra être réalisé dans l'avenir ; néanmoins nous avons établi un premier modèle géosymphytosociologique qui doit être affiné.
Cette géosérie correspond à des coulées volcaniques récentes dont les plus grandes surfaces se trouvent sur le plateau cristallin. Elles prennent naissance sur le plateau volcanique à la base des puys. Certaines, hors de notre zone d'étude (cheire d'Aydat...) se poursuivent même dans l'étage collinéen où elles serpentent au fond des vallons. De ce fait elles sont relativement indépendantes des autres systèmes géologiques et du relief général. Ces secteurs au micro-relief très hétérogène, constituent des mosaïques écologiques dans lesquelles se mettent en place différentes séries de végétations juxtaposées sur de plus ou moins faibles surfaces. Elle représente 1237 ha de la zone d'étude.
Les facteurs discriminants pour cette géosérie sont l'altitude, les recouvrements scoriacés et l'orientation nord/sud et est/ouest. Quatre séries y sont toujours présentes et deux sous-séries, une au nord et l'autre au sud, peuvent également s'y trouver.
Dans la partie ouest des cheires, les plus proches de la chaîne des Puys, au nord comme au sud, on trouve dans les concavités la série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier (EH-FS-C) et dans les convexités et saillies rocheuses correspondant à d'anciennes crêtes de progression de la lave, la série de la pinède à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier (DM-PS).
Dans la partie est des cheires, lorsque l'altitude décroît, vers le rebord occidental, au nord comme au sud : dans les concavités on trouve la série de la hêtraie à Sceau de Salomon multiflore et Alisier (PM-FS-S) et dans les convexités, bien exposées et plus xériques, la série de la chênaie à Épervière de Savoie (HS-QP) ; au sein de cette dernière c'est le stade de la pinède qui est le plus présent.
Sur la cheire de la Vache et Lassolas, dans les secteurs proches de la chaîne des Puys, aux expositions favorables et dans les conditions les plus xériques, on rencontre parfois la sous-série à Fléole de Boehmer, Fétuque de Léman et Campanule agglomérée de la série à Hêtre, Euphorbe d'Irlande et Noisetier (EH-FS-C-PF) ; c'est souvent le stade de la corylaie qui est le plus présent.
Sur les cheires du Pariou et de Côme, au niveau du plateau cristallin et sur les buttes les plus xériques on trouve parfois la sous-série à Fétuque rouge et Genêt à tiges ailées de la série à Hêtre, Sceau-de-Salomon multiflore et Alisier (PM-FS-FG). C'est alors le stade de la pinède qui est le présent et la dynamique vers la tête de série est lente.

Une cartographie symphytosociologique précise de ces cheires, qui représentent une surface très importante, surtout si l'on rajoute à cette étude les cheires de la partie ouest de la chaîne des Puys (cheire de Côme, de Volvic, de Louchadière...) n'a pu être réalisée ici, car elle demande un travail de terrain considérable, devant être réalisé avec une précision décamétrique, et dangereux, étant donné les chaos rocheux surabondants.

Composition sériale : cette géosérie comprend trois séries climatophiles et trois séries ou sous-séries édaphoxérophiles
Série climatophile de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier (*Euphorbio hybernae-Fago sylvestris coryletoso avellanae sigmetum* [EH-FS-C])
Série climatophile de la hêtraie à Sceau-de-Salomon multiflore et Alisier (*Polygono multiflori-Fago sylvaticae Sorbetoso ariae sigmetum* [PM-FS-S])
Série édaphoxérophile de la pinède à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier (*Diantho monspessulani-Pino sylvestris sigmetum* [DM-PS])
Série édaphoxérophile de la chênaie sessiliflore à Épervière de Savoie (*Hieracio sabaudii-Querco petraeae sigmetum* [HS-QP])
Sous-série édaphoxérophile à Fléole de Boehmer et Fétuque de Léman de la série à Hêtre, Euphorbe d'Irlande et Noisetier (*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae coryletoso avellanae sigmetum Phleo phleoidis-Festuco lemanii campanuletoso glomeratae sigmetosum* [EH-FS-C-PF])
Sous-série climatophile à Fétuque rouge et Genêt à tiges ailées de la série de la série à Hêtre, Sceau-de-Salomon commun et Alisier (*Polygono multiflori-Fago sylvaticae sorbetoso ariae sigmetum Festuco rubrae-Genisto sagittalis sigmetosum* [PM-FS-S-FG])

3.1.3 Géoséries du rebord occidental de la Limagne

Les facteurs les plus discriminants pour la végétation de cette zone sont l'exposition et l'humidité édaphique. Trois géoséries de végétation ont été caractérisées : une d'adret ; une d'ubac et une concernant les ruisseaux.

Géosérie collinéenne tempérée d'adret des gorges cristallines (figure 107)
(*Hieracio sabaudi-Querco petraeae quercetoso pubescentis geosigmetum*)

Description : elle correspond aux secteurs d'expositions favorables et en climat d'abri des gorges cristallines, sur lithosols, rankers de pente et brunisols dystriques. Elle représente 918 ha de la zone d'étude.

Composition sériale : elle comprend une série climatophile, une série édaphoxérophile, une curtasérie édaphoxérophile et une permasérie édaphoxérophile:
Série climatophile de la chênaie sessiliflore et pubescente à Épervière de Savoie (*Hieracio sabaudii-Querco petraeae quercetoso pubescentis sigmetum* [HS-QP-P])
Série édaphoxérophile de la chênaie sessiliflore à Épervière de Savoie (*Hieracio sabaudii-Querco petraeae sigmetum* [HS-QP])
Curtasérie édaphoxérophile à Genévrier et Amélanchier (*Junipero communis-Amelanchiero ovalis curtasigmetum* [JC-AO])
Pemasérie édaphoxérophile à Doradille du Nord et Asplénium noir (*Asplenio septentrionali-Adianti nigri permasigmetum* [AS-AN])

Géosérie collinéenne tempérée d'ubac des gorges cristallines (figure 107)
(*Polygonato multiflori-Fago sylvaticae geosigmetum*)

Description : elle correspond aux secteurs d'expositions défavorables et de confinements dans les gorges cristallines. Elle représente 1310 ha de la zone d'étude.

Composition sériale : elle comprend une série climatophile, une série topo-aérohygrophile et une permasérie édaphoxérophile
Série climatophile de la hêtraie à Sceau-de-Salomon multiflore (*Polygonato multiflori-Fago sylvaticae sigmetum* [PM-FS])
Série topo-aérohygrophile de la frênaie à Polystic à aiguillons (*Polysticho aculeati-Fraxino excelsioris sigmetum* [PA-FE])
Permasérie édaphoxérophile à Capillaire fragile et Polypode commun (*Cystoptero fragilis-Polypodio vulgare permasigmetum* [CF-PV])

Géosérie collinéenne tempérée à submontagnarde des zones alluviales rivulaires et des talwegs des gorges et du plateau cristallin (figure 107)
(*Impatiento noli-tangere-Alno glutinosae geosigmetum*)

Description : elle correspond aux secteurs alluviaux rivulaires et aux talwegs et replats en fond de petits vallons. Elle se rencontre depuis les têtes de bassin esquissées sur le plateau cristallin jusqu'au débouché des gorges. Elle représente 270 ha de la zone d'étude.

Composition sériale : elle comprend une série édaphohygrophile, une série climatophile et une permasérie hydrophile :
Série édaphohygrophile de l'aulnaie à Balsamine des bois (*Impatiento noli-tangere-Alno glutinosae sigmetum* [IN-AG])
Série climatophile de la frênaie à Pulmonaire affine (*Pulmonario affinis-Fraxino excelsioris sigmetum* [PUA-FE])
Permasérie hydrophile à Callitriche à crochets et Myriophylle à fleurs alternes (*Callitricho hamulatae-Myriophyllo alterniflori permasigmetum* [CH-MA])

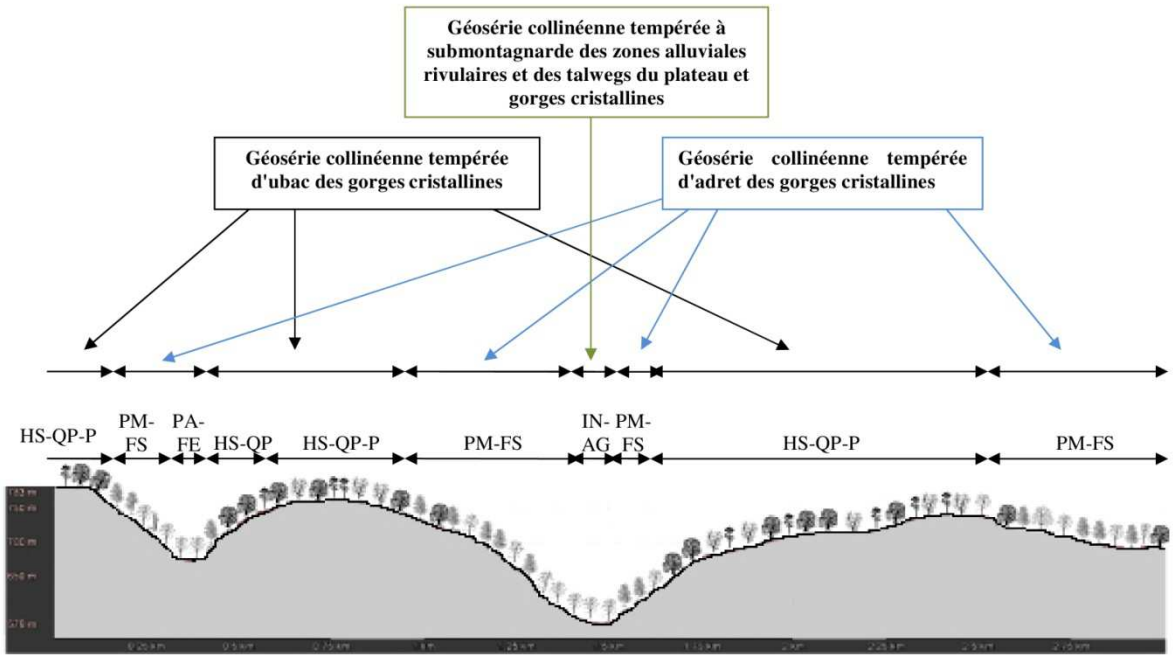


Figure 107 : transect sud/nord des géoséries au niveau des gorges de Royat. Les initiales représentent les différentes séries de la zone.

3.1.4 Géoséries des coteaux de Limagne

Les facteurs les plus discriminants pour la végétation de cette zone sont l'exposition et l'humidité édaphique. Elle est marquée par un climat d'abri particulièrement accusé. Trois géoséries de végétation ont été caractérisées : une d'adret, une d'ubac et une sur sol engorgé.

Géosérie collinéenne héliothermophile des coteaux de Limagne (figure 108)
(*Trifolio rubentis-Querco pubescentis geosigmetum*)

Description : elle se rencontre sur les plateaux basaltiques et les versants marneux ou pépéritiques d'expositions favorables des coteaux de Limagne. Elle représente 2892 ha de la zone d'étude.

Composition sériale : elle comprend deux séries climatophiles et trois permaséries édaphoxérophiles:
Série climatophile de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre (*Trifolio rubentis-Querco pubescentis sigmetum* [TR-QP])
Série climatophile de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre et Garance voyageuse (*Trifolio rubentis-Querco pubescentis rubietoso peregrinae sigmetum* [TR-QP-R])
Permasérie édaphoxérophile à Alysson à calices persistants et Orpin blanc (*Alysso alyssoidis-Sedo albi permasigmetum* [AA-SA])
Permasérie édaphoxérophile à Scille d'automne et Orpin blanc (*Scillo autumnalis-Sedo albi permasigmetum* [SA-SA])
Permasérie édaphoxérophile à Orpin des rochers et Piloselle (*Sedo rupestris-Hieracio pilosella permasigmetum* [SR-HP])

Géosérie collinéenne thermophile d'ubac des coteaux de Limagne (figure 108)
(*Cephalanthero damassoni-Querco petraeae geosigmetum*)

Description : elle se rencontre sur les pentes argilocalcaires d'expositions défavorables des coteaux de Limagne en climat d'abri et sur les pentes faibles et replats entre les coteaux. Elle est très représentée avec une surface de 8819 ha dans la zone d'étude. C'est aussi la géosérie la plus dégradée par l'artificialisation et l'urbanisme.

Composition sériale : elle correspond à une seule série : la série climatophile de la chênaie sessiliflore à Céphalanthère de Damas (*Cephalanthero damasonii-Querco petraeae sigmetum* [CD-QP])

Géocurtasérie planitiaire à collinéenne sur sol engorgé prov. (figure 108)
Géocurtasérie à saules roux et cendrés prov. (SRC)

Description : elle se rencontre sur les sols engorgés dans la Limagne et sur le plateau cristallin en climat d'abri. Elle représente 14 ha de la zone d'étude. Très dégradée et peu représentative elle n'est donnée ici qu'à titre provisoire.

Composition sériale : elle comprend une curtasérie édaphohygrophile et une permasérie hydrophile :
Curtasérie édaphohygrophile à saules roux et cendrés prov. (SRC)
Permasérie hydrophile à Glycérie flottante (*Glycerio fluitantis* permasigmetum [GF])
Permasérie édaphohygrophile à Renouée amphibie (*Polygono amphibii permasigmetum* [POA])

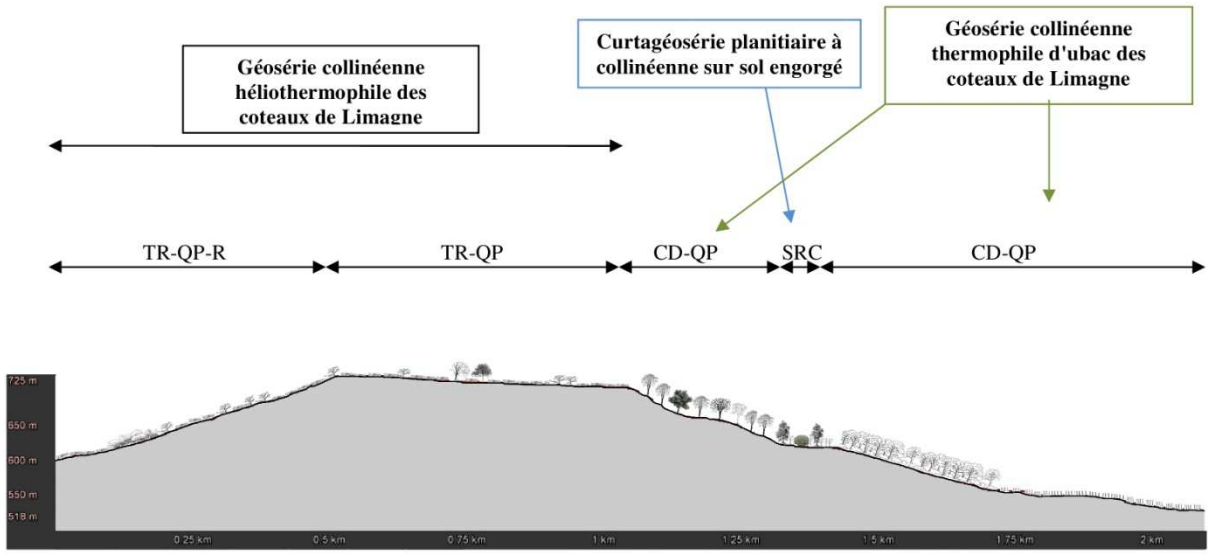


Figure 108 : transect sud/nord des géosséries au niveau du plateau de Gergovie. Les initiales représentent les différentes séries de la zone.

3.1.5 Géoséries de la plaine de la Limagne

Le facteur discriminant pour la végétation est ici l'humidité édaphique, résultante de la topographie. Elle oriente la pédogénèse entre chernosols, réductisols et vertisols. Il s'agit d'une géosérie puissamment marquée et transformée par les activités humaines, urbanisation et surtout intensification agricole avec grandes cultures et drainages ; ce qui rend secondaires voire même dérisoires les différenciations d'ordre écologiques citées plus haut.

Géosérie planitiaire argilo calcaire de Grande Limagne
(*Ornithogalo pyrenaei-Carpino betuli geosigmetum*)

Description : elle se rencontre à basse altitude en climat semi-continental d'abri, sur marne. Actuellement, dans la plaine de la Limagne il n'existe pas de secteurs sur lesquels une végétation naturelle se développe. Elle représente 17665 ha de la zone d'étude.

Composition sériale : elle peut correspondre à la série climatophile dite de similitude écogéographique de la série climatophile de la charmaie à Ornithogale des Pyrénées (*Ornithogalo pyrenaei-Carpino betuli sigmetum* [OP-CB]); elle peut inclure sur sols plus humides une autre série climatophile de similitude écogéographique non décrite dans ce travail : la série climatophile de la chênaie sessiliflore à Laîche noire (*Carici flaccae-Querco petraea sigmetum*).
Permasérie édaphohygrophile à Scirpe maritime (*Scirpetum maritimi permasigmetum* [SM])

3.1.6 Géoséries de la vallée alluviale de l'Allier

Les facteurs les plus discriminants pour cette zone sont la dynamique fluviale, notamment caractérisée par la fréquence des crues, la remobilisation des alluvions et l'activation du méandrage et la hauteur relative des végétations par rapport au niveau d'étiage. Quatre géoséries de végétation ont été caractérisées : une dans le lit majeur ; une dans le lit apparent ; une dans les annexes fluviales et une dans les mares et les rases.

Géosérie planitiaire du lit majeur de la rivière Allier et affluents (figure 109)
(*Geranio phaei-Fraxino excelsioris geosigmetum*)

Description : Elle se rencontre dans le lit majeur irrégulièrement soumis à des crues et à des remontées de nappe alluviale et en bordure des plus gros ruisseaux affluents, dans leur partie aval et planitiaire. Concernant ces derniers elle inclut la permasérie de leurs eaux courantes. Elle représente 534 ha de la zone d'étude.

Composition sériale : elle comprend une série édaphohygrophile et une permasérie hydrophile :
Série édaphohygrophile de la frênaie à Géranium brun (*Geranio phaei-Fraxino excelsioris sigmetum* [GP-FE])
Permasérie hydrophile à Callitriche à crochets et Renoncule à pinceau (*Callitricho hamulatae-Ranunculo penicillati permasigmetum* [CH-RP])

Géosérie planitiaire du lit apparent de la rivière Allier et affluents (figure 109)
(*Salico albae geosigmetum*)

Description : elle se rencontre dans le lit apparent jusqu'à sa limite avec le lit majeur, ainsi que sur les grèves exondées en été, dans les secteurs plus régulièrement inondés, à courte période de végétation estivale et plus proches de la rivière. Elle inclut le lit de la rivière Allier. Elle représente 417 ha de la zone d'étude.

Composition sériale : elle comprend deux séries édaphohygrophiles, deux théroséries édaphohygrophiles et une permasérie hydrophile:
Série édaphohygrophile de la Saulaie blanche (*Salico albae sigmetum* [SA])
Série édaphohygrophile de la frênaie à Houblon (*Humulo lupuli-Fraxino excelsioris sigmetum* [HL-FE])
Thérosérie édaphohygrophile à Souchet jaunâtre (*Cypero flavescentii therosigmetum* [CF])
Thérosérie édaphohygrophile à Renouée poivre d'eau et bident tripartite (*Polygono hydropiperis-Bidento tripartitae therosigmetum* [PH-BT])
Permasérie hydrophile à Potamot perfoliées et Renoncule flottante (*Potamo perfoliati-Ranunculo fluitantis permasigmetum* [PP-RF])

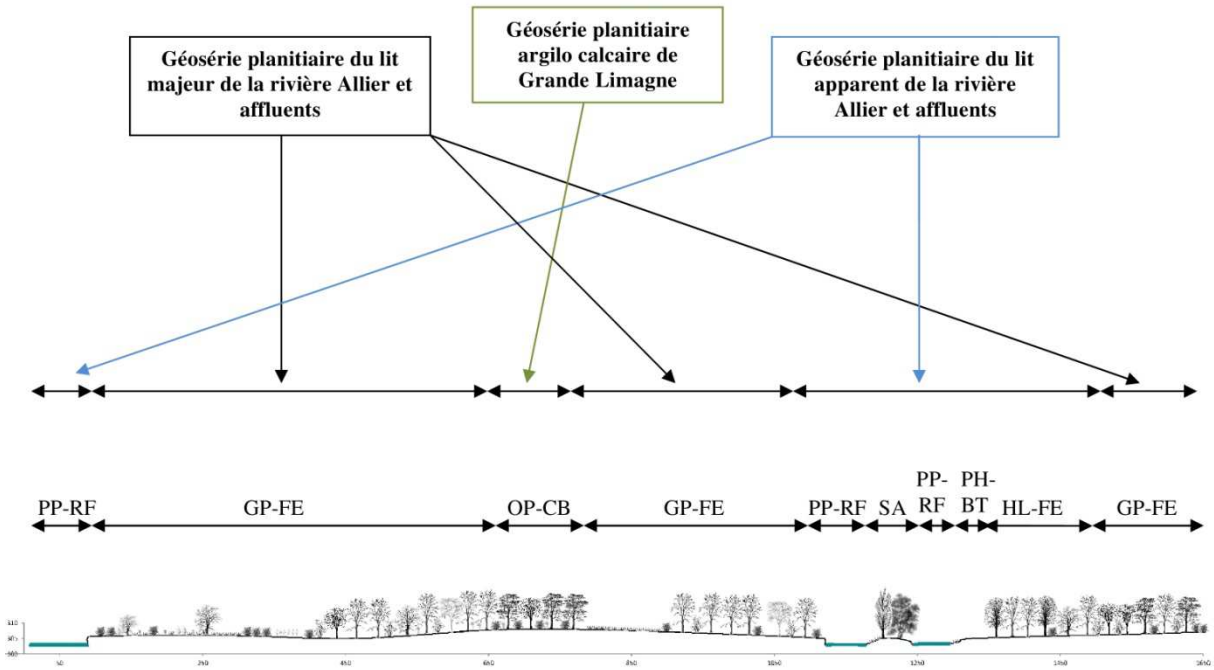


Figure 109 : transect sud/nord des géoséries au niveau des "Boires" en aval de Pont-du-Château. Les initiales représentent les différentes séries de la zone.

Géopermasérie lentique planitiaire des annexes fluviales

Description : elle se situe dans toutes les annexes fluviales de l'Allier, sous forme de communautés d'hydrophytes.

Composition sériale : elle comprend trois permaséries hydrophiles:
Permasérie hydrophile à Cératophylle immergé (*Ceratophyllo demersi permasigmetum* [CD])

Permasérie hydrophile à Élodée du Canada (*Elodeo canadensis permasigmetum* [EC])
Thérosérie hydrophile à petite Lentille d'eau (*Lemno minoris therosigmetum* [LM])

Géopermasérie lentique planitiaire des mares et rases de la plaine de la Limagne

Description : elle se situe dans tous les secteurs de basses altitudes où l'eau est stagnante ou faiblement courante : lacs, étangs, mares et rases de Limagne, sous forme de communautés d'hydrophytes

Composition sériale : elle comprend quatre permaséries hydrophiles :
Permasérie hydrophile à Potamot nain et Zannichellie des marais (*Parvopotamo-Zannichellio palustis permasigmetum* [P-ZP])
Permasérie hydrophile à Chara vulgaire (*Charo vulgaris permasigmetum* [CV])
Thérosérie hydrophile à Lentille d'eau bossue (*Lemno gibbae therosigmetum* [LG])

3.2. Naturalité/anthropisation et état de conservation à l'échelle du paysage

3.2.1 Critères d'évaluation

Des méthodes quantitative basées sur des indices d'évaluation du degré d'artificialisation du paysage ou de sa dégradation ont été proposés en phytosociologie paysagère dans le nord-ouest de la France et le littoral (Géhu 1979 ; Bioret *et al.* 1991).

Dans le cadre de ce travail nous n'avons pas pu, faute de temps, tester une telle méthode pour nos végétations. Nous avons simplement ici cherché à évaluer de manière qualitative le degré de naturalité/anthropisation et l'état de conservation des géoséries de la zone d'étude, donc à l'échelle du paysage.

Deux critères sont utilisés : le degré de naturalité et le type d'anthropisation, négative ou positive (cf ci-dessous). Pour chacun de ces deux critères nous nous sommes basée sur le diagnostic des séries réalisé dans la partie 4, Chapitre 2 (paragraphe « naturalité/anthropisation et état de conservation » donné pour chaque série) et sur les histogrammes représentant les valeurs de l'indice d'Ellenberg « nutriments » pour les synrelevés correspondants. Des synrelevés représentatifs d'un bon ou mauvais état de conservation, à mettre en relation avec leur polygone spatial correspondant dans le SIG, ont été donnés à cette occasion.

Le degré de naturalité est estimé ici selon la présence et l'abondance de la tête de série, de stades dynamiques progressifs de reconquête forestière et de permaséries associées ; le type d'anthropisation, négative ou positive est estimé comme suit.

Anthropisation négative (ou défavorable)

- 1. intensification agrosylvopastorale : plantations monospécifiques résineuses ; prairies semées ; cultures intensives avec amendements chimiques et pesticides et sans assolement ; drainage ; remembrements....
    - effets sur la végétation : perte de biodiversité et disparition de communautés végétales ;
    - développement de xénophytes ; assèchement de zones humides...

- 2. développement de l'urbanisation, des infrastructures : bâtiments, routes, zones et infrastructures industrielles, commerciales, de loisirs ; carrières, recalibrages ou enrochements de cours d'eau...
    - effets sur la végétation : destruction ou disparition de la végétation ; création de zones pionnières ; développement des communautés eutrophiles dominées par des rudérales ; régression ou disparition des communautés oligotrophiles ; arrivée de xénophytes...
- 3. intensification de la fréquentation (loisirs; promenade...)
    - effet sur la végétation : développement de communautés eutrophiles dominées par des rudérales ; régression ou disparition des communautés oligotrophiles ; destruction mécanique du tapis végétal (piétinement, circulation motorisée...) et érosion des sols.

Anthropisation positive (ou favorable)
- extensification agrosylvopastorale (pâturage extensif ; sylviculture jardinée ou irrégulière ; prairies permanentes avec peu d'intrants ou avec fumure organique...) : effets d'ouverture du milieu et de diversification de la végétation ;
- gestion conservatoire ou restauratrice.

3.2.2 Évaluation du degré de naturalité/anthropisation et de l'état de conservation des géoséries de la zone d'étude

Chaîne des Puys : sommet du puy de Dôme

La géopermasérie subalpine du sommet trachytique du puy de Dôme est dans un mauvais état de conservation en raison d'une faible naturalité (dégradation de la vacciniaie permasérie) et d'une anthropisation défavorable (urbanisme, fréquentation).

La géopermasérie subalpine des hauts versants trachytiques du puy de Dôme est dans un bon état de conservation en raison de ses permaséries bien représentées et typiques (calamagrostidaie et vacciniaie) et de son inaccessibilité lui permettant d'éviter une anthropisation défavorable.

La géocurtasérie subalpine de la lisière supérieure forestière est dans un état contrasté de conservation : mauvais concernant la curtasérie d'adret à cause d'anthropisations défavorables (nombreuses plantations) ; bon concernant la curtasérie d'ubac qui constitue un paysage représentatif peu dégradé (synrelevé 121).

Chaîne des Puys : autres secteurs

La géosérie montagnarde des dômes trachytiques ou trachyandésitiques de la chaîne des Puys présente un état de conservation différent selon les zones géographiques. Les paysages végétaux situés au sud du puy de Dôme (secteur des puys de Laschamps, Montchier…) ou certains au nord de la Chaîne (Chopine/Goutte) sont dans un mauvais état de conservation en raison d'une anthropisation défavorable (plantations résineuses monospécifiques).

Ceux situés dans la zone centrale (secteurs du Cliersou, petit Suchet ; synrelevés 45, 124 et 123) et dans le secteur du grand Sarcoui (synrelevés 40, 41 et 182) sont dans un bon état de conservation en raison d'une anthropisation plutôt favorable (extensification pastorale),

d'une naturalité forte fondée sur une bonne représentation des têtes de séries ou de stades dynamiques progressifs de recolonisation forestière.

La géosérie montagnarde des cônes de scories basaltiques de la chaîne des Puys présente un état de conservation différent selon les zones géographiques.

Cet état de conservation est bon dans la zone centrale située au nord du puy de Dôme jusqu'au puy des Goules (synrelevés 29, 48, 46, 30, 183, 28...) ainsi que dans le secteur sud de la chaîne, La Vache-Lassolas-La Mey (synrelevés 1, 4, 10, 11 et 14) ; en effet la végétation traduit ici une bonne naturalité avec une représentation importante des têtes de séries et de stades dynamiques progressifs de recolonisation forestière avec une permasérie bien représentée (éboulis à Biscutelle de Lamotte et Galeopsis des champs) ainsi que des séries édaphoxérophiles de pinèdes stables ; l'anthropisation est favorable avec une extensification pastorale. Dans d'autres secteurs l'anthropisation est défavorable (plantations résineuses de Jume/ Coquille, puy de Mercœur) avec une faible représentation des têtes de série.

La géosérie submontagnarde du plateau volcanique de la chaîne des Puys présente un mauvais état général de conservation. En effet les plantations résineuses monospécifiques sont légions (anthropisation défavorable) ; dans cette zone facile d'accès et présentant des sols plus profonds que ceux des puys le degré de naturalité est faible avec une faible représentation de la tête de série, la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier. Certaines de ces plantations âgées abritent cependant une flore plus diversifiée, proche de la tête de série ; de même quand le Pin sylvestre est favorisé, l'état de conservation est meilleur avec des étapes dynamiques progressives favorables aux feuillus. Certains secteurs présentent un caractère moins dégradé avec un meilleur état de conservation : c'est le cas de la zone en contrebas est du petit puy de Dôme et celle de Terre Noire-puy de Côme (synrelevé 25) à l'ouest du puy de Dôme où, en pâturage extensif, de celle au sud de la Vache et Lassolas, à Cheire haute (synrelevé 22), ainsi qu'au nord de la zone d'étude (Bois du Girardet-Les bruyères), ces deux-dernières plus forestières.

Plateau cristallin

La géosérie submontagnarde du plateau cristallin se trouve dans un état de conservation contrasté. Mauvais état dans les secteurs d'Orcines Montrodeix (anthropisation défavorable due à l'urbanisation) ou dans le secteur de Côte Verse au nord (anthropisation défavorable due aux plantations ; synrelevé 51) ; état bon ou moyen en dehors des villages dans la plupart des autres secteurs où les prairies de fauche (prairie à Knautie d'Auvergne et Fromental) ou les pâtures occupent l'essentiel de l'espace ainsi que quelques stades dynamiques progressifs à frênes ou sous forme d'une trame bocagère ; on trouve plus rarement la tête de série, partout défrichée. Les secteurs de "Chatrat-Berzet (synrelevé 59), le Vigeral (synrelevé 56), Fontfreyde (synrelevé 15), la Charité (synrelevé 55) apparaissent dans un bon état de conservation. Les zones sommitales plus sèches de la sous-série à Fétuque rouge et Genêt ailé, moins fertile et non soumis à l'urbanisme, offrent de bons états de conservation paysagers ; elles sont soit soumises au pâturage comme le secteur de Saint-Aubin (anthropisation favorable par extensification pastorale [synrelevé 17]) ou abandonnées (Peyradi, synrelevé 184).

Géosérie submontagnarde des dépressions humides du plateau cristallin. Les zones correspondantes, formées par des petites cuvettes engorgées sont rares, en réduction et dans un contexte d'anthropisation défavorable (drainage). Le secteur sud de l'estive de Ternant à la fontaine du Berger, est le dernier à présenter un bon état de conservation avec différents

stades dynamiques progressifs et la présence de la tête de série et en contexte d'anthropisation favorable par le pâturage extensif (synrelevé 52).

La géocurtasérie montagnarde turficole n'est représentée que dans un seul site (Fontfreyde, synrelevé 16) et présente une bonne naturalité avec permaséries, stades dynamique progressifs et tête de série, dans un contexte de quasi absence d'anthropisation.

Géosérie submontagnarde des cheires. Cette géosérie complexe présente globalement un bon état de conservation compte-tenu de son grand degré de naturalité et du faible degré d'anthropisation dont elle est le siège. Les stades progressifs de dynamiques de recolonisation forestières sont nombreux. Les différentes têtes de série sont présentes. Plutôt forestières ces cheires ne comportent aujourd'hui que peu de parcours pastoraux sauf dans certains secteurs (base nord Pariou synrelevé 181 ; creux du Pialoux dans la cheire de Mercœur, synrelevé 12). Les têtes de série édaphoxérophiles de pinèdes sylvestre sont présentes.

Faille occidentale de la Limagne

La géosérie collinéenne tempérée d'adret des gorges cristallines est globalement dans un bon état de conservation paysager, étant liée soit à des pentes fortes, soit à des affleurements rocheux, peu aptes à la culture ou l'urbanisation. L'anthropisation défavorable par intensification forestière est peu présente : c'est surtout le Pin sylvestre, essence autochtone qui a été favorisée et qui forme des communautés semi-naturelles postpionnières (pinède à Germandrée scorodoine type ou à Silène penché). Le contexte général d'abandon pastoral a occasionné des stades progressifs de dynamique forestière, assez lente compte-tenu des contraintes de sècheresse et de chaleur. Le secteur de la Charité (synrelevés 65 et 71), avec milieux ouverts et boisées, curtasérie à Amélanchier et Genévrier commun apparaît comme l'un des plus représentatifs.

La géosérie collinéenne tempérée d'ubac des gorges cristallines connaît un état de conservation contrasté. Certains secteurs, forêt domaniale de Royat, vallées de Ceyrat (synrelevé 87) sont fortement dégradés (anthropisation défavorable par plantation résineuse monospécifique) et la tête de série rare ou absente. Plusieurs autres zones sont particulièrement représentatives du paysage de ces gorges et dans un bon état de conservation comme le secteur de Fer à cheval-la Valette (synrelevés 80, 79, 119...) qui comporte les plus typiques individus de têtes de séries forestières de la hêtraie à Sceau de Salomon multiflore, de la frênaie à Polystic à aiguillons ; ces gorges sont assez élargies pour héberger aussi la frênaie à Pulmonaire affine, rare dans toute la faille. Dans cette géosérie, les châtaigneraies, nombreuses, abandonnées, évoluent vers des frênaie ou chênaies-frênaies, en dynamique vers la hêtraie tête de série. Quelques-unes de ces forêts sont d'implantation très anciennes et proches de forêts matures climaciques.

Coteaux de Limagne

La géosérie collinéenne héliothermophile des coteaux de Limagne se présente sous forme d'îlots séparés les uns des autres. Ces entités sont dans des états de conservation différents. Ces zones peuvent être le siège d'une anthropisation défavorable par cultures intensives, intensification de la fréquentation et développement de l'urbanisation. Leur degré de naturalité est souvent faible compte-tenu de la rareté de la tête de série ; par contre des stades pionniers ou postpionniers arbustifs, en dynamique progressive, consécutifs à l'abandon des utilisations agropastorales sont fréquents (fourré à Baguenaudier et Chèvrefeuille d'Étrurie ou fourré à Rosier, Ronce et Prunellier), avec quelques stades forestiers (pinède sylvestre à Céphalanthère à longues feuilles) ou plus rudéraux (ormaie à Orme champêtre et

Cerfeuil tacheté). Certains secteurs sont dans un état d'anthropisation favorable par maintien de milieux ouverts liés au pâturage extensif.
La partie Est des coteaux de Châteaugay est dans un bon état de conservation, en particulier le versant sud avec de belles chênaies pubescentes (synrelevé 106), contrairement à sa partie ouest plus urbanisée et cultivée. Les côtes de Clermont sont plutôt dans un mauvais état de conservation surtout sur le plateau, occupé par une ancienne carrière et une fréquentation rudéralisante, et aussi sur les versants (synrelevé 103). Alors que dans le même secteur le puy de Var est dans un bon état (synrelevé 91), plus riche en têtes de série et en pelouses ouvertes relictuelles. Les coteaux de Gergovie sont dans un bon état de conservation général (synrelevé 95) ; la tête de série y est peu représentée mais on trouve la pinède à Pin sylvestre et Céphalanthère ainsi que des milieux pelousaires ouverts et des permaséries. La montagne de la Serre est aussi dans un bon état de conservation, avec têtes de série et anthropisation favorable par extensification.

La géosérie collinéenne thermophile d'ubac des coteaux de Limagne qui correspond à la série de la chênaie sessile à Céphalanthère de Damas est dans un mauvais état de conservation en bas, entre les coteaux et aux abords de la plaine compte-tenu d'une anthropisation défavorable principalement due à l'urbanisation et à la l'intensification de la fréquentation. Sur les versants nord des coteaux elle est dans un état de conservation qui peut être bon, comme à Gergovie nord (synrelevé 99) ou à Châteaugay nord, compte-tenu d'une bonne représentation de la tête de série et de stades dynamiques forestiers progressifs abondants ; dans d'autres secteurs comme au puy de Var nord, il n'est que moyen (synrelevé 105) par anthropisation négative due aux cultures intensives et à la plus faible abondance de stades forestier en dynamique progressive.

Vallée alluviale de la rivière Allier

La géosérie planitiaire du lit majeur de la rivière Allier et affluents correspond à la série de la frênaie à Géranium brun. Cette série est dans un état de conservation mauvais à moyen dans la zone d'étude. En particulier cet état est mauvais dans le secteur des Martres-d'Artière en raison des nombreuses anciennes carrières creusées dans le lit majeur. Cet état est moyen dans les sites de Dallet ou des "Boires de Pont-du-Chateau" (synrelevé 108) ; ce secteur héberge en effet la tête de série sous forme de forêts alluviales abondantes, mais pour partie dégradées en une forêt à Orme champêtre et Cerfeuil tacheté, faciès à Robinier et des milieux ouverts, en extensification, sous forme surtout de prairies permanentes à Carotte et Fromental. Beaucoup d'autres secteurs en mauvais état traduisent une anthropisation défavorable, sous forme d'intensifications culturales (synrelevé 115) ou de carrières.

La géosérie planitiaire du lit apparent de la rivière Allier et affluents correspond à un secteur plus régulièrement inondé et donc à plus forte naturalité. Une anthropisation défavorable s'y manifeste cependant par enrochements des berges, carrières, bien que ces dernières ne soient plus autorisées dans le lit de la rivière, envahissement de xénophytes dont la Renouée du Japon, très abondante. Là encore le secteur le mieux conservé est celui des "Boires de Pont-du-Château" (synrelevés 109 et 113), hébergeant les différentes forêts de la géosérie, saulaie blanche et frênaie à Houblon ainsi que différentes théroséries des grèves et la permasérie hydrophile lotique. La frênaie à Houblon est aussi présente à Dallet à côté de la saulaie.

Géopermasérie lentique planitiaire des annexes fluviales. Le site le plus représentatif de cette géopermasérie est la boire des Martres-d'Artière. Il est dans un état de conservation moyen dans un contexte d'occupation des abords par la saulaie blanche.

Pour les autres géoséries et géopermaséries de la zone d'étude, en particulier dans les secteurs planitiaires ou concernant les séries édaphohygrophiles, nous nous réfèrerons aux descriptions relative à l'état de conservation des séries et permaséries correspondantes dans le chapitre précédent.

Partie V- Conclusions et perspectives

1 Résultats généraux

1.1 Résultats sériaux et géosériaux

Le secteur d'étude a été choisi pour sa diversité écologique et phytocoenotique. Il est également plus ou moins représentatif de systèmes paysagers existant dans d'autres régions de moyenne montagne tempérée (alluvial, plaine, coteaux thermophiles, gorges, plateau cristallin et chaîne des Puys).

1.1.1 Séries et géoséries identifiées à partir de la végétation actuelle (carte en annexe 11)

Sur une surface de 51545.5 ha nous avons recensé 60 séries de végétations (*sensu lato*) : 23 séries (*sensu stricto*), 5 sous séries, 5 curtaséries, 23 permaséries et 4 théroséries. Ainsi que 21 géoséries (*sensu lato*) : 14 géoséries (*sensu stricto*), 3 géocurtaséries et 4 géopermaséries.

Le nombre total de séries forestières ou arbustives se monte à 33, ce qui traduit une grande richesse sériale ou curtasériale. Si l'on fait abstraction des permaséries ou théroséries, ne retenant que les séries ou curtaséries (têtes de séries forestières ou arbustives), le territoire comporte 18 séries climatophiles 6 séries édaphoxérophiles, 7 séries édaphohygrophiles et 2 série topoaérohygrophiles. Ce qui paraît équilibré et en rapport avec sa diversité. D'autres secteurs plus contraignants, comme des régions plus rocheuses ou plus sèches, en climat méditerranéen, semble posséder, à surface et altitude égale, moins de séries et beaucoup plus de permaséries (Delbosc 2015). Toutefois il est difficile d'évaluer le niveau de richesse sériale ou caténale de la zone d'étude, car nous ne disposons pas d'éléments de comparaison, faute d'études semblables réalisées en moyenne montagne tempérée.

La plupart des séries étudiées dans ce travail nous paraissent assez bien documentées et décrites, avec un nombre conséquent de synrelevés. D'autres par contre sont ici insuffisamment caractérisées : c'est le cas des séries climatophiles de la frênaie à Pulmonaire affine, de la chênaie à Chêne pédonculé Lis martagon et Géranium noueux, de la série aérohygrophiles de l'érablaie à Scolopendre ; toutes trop peu représentées dans la zone d'étude. C'est le cas aussi des séries ou curtaséries édaphohygrophiles en dehors de la rivière Allier, comme la série de l'aulnaie marécageuse à Cirse potager, à confirmer, ou de la curtasérie de la saulaie à saule roux et cendré, à éclaircir. Ces deux sont à la fois insuffisamment représentées et dans un état de dégradation incompatible avec une caractérisation plus précise. Plus loin sera discutée aussi la caractérisation des permaséries, végétations permanentes ou étapes pionnières d'une dynamique sériale... certains cas ne sont pas faciles à trancher.

1.1.2 Séries hypothétiques résultant du changement climatique global (carte annexe 12)

À partir des observations données pour chaque série sur les effets du changement climatique sur leur aire d'extension nous avons réalisé une carte tenant compte des modifications de la végétation, avec une échelle de temps plus longue, de un ou deux siècles (annexe 12).

Cette carte, compte tenu des incertitudes liées aux objectifs (Cop 21) et à la complexité du phénomène rentrant en jeu, n'a qu'un caractère hypothétique. Toutefois elle fait apparaître dans le détail de nombreux et importants changements par rapport à la cartographie précédente, traduisant le dépassement des capacités de résilience de nombreux systèmes sériaux et le déplacement de leurs aires d'extension. De grandes tendances se dégagent.

Tout d'abord sur l'étagement de la végétation. L'étage montagnard devrait disparaître et être remplacé par l'étage submontagnard. S'il se maintenait ce serait uniquement sous forme d'une petite enclave sous le sommet du puy de Dôme, dont une grande partie resterait asylvatique et ne devrait pas subir de modifications importantes en raison de l'action éolienne forte. Le plateau cristallin se transformera en un étage collinéen tempéré dominé par les chênes. Un nouvel étage thermophile se constituera au niveau du rebord de la faille occidentale et des versants nord des coteaux, ressemblant beaucoup au collinéen thermophile actuel. Les plateaux et versants sud des coteaux de Limagne constitueront un étage inférieur continental sec et chaud où la végétation arborée régressera au profit de fourrés et pelouses à caractère steppique.

Le hêtre devrait presque totalement disparaitre, il pourra éventuellement subsister sous le sommet du puy de Dôme et peut-être dans les gorges très encaissées. Mais dans ces rares endroits il sera subordonné à d'autres essences arborescentes ou arbustives.

Dans la chaîne des Puys, les corylaies persisteront et se développeront en raison de la fréquence des perturbations océaniques qui favoriseront ces fourrés. Le Pin sylvestre sera favorisé dans la partie la plus élevée de la zone, tant dans les séries édaphoxérophiles actuelles que dans les séries climatophiles où des stades transitoires se stabiliseront.

Plus bas le Chêne pubescent se développera sur le plateau, dans les gorges et se réfugiera en ubac sur les coteaux en raison des conditions trop chaudes et sèches en adret.

Dans les adrets, des curtaséries édaphoxérophiles et thermophiles (à Amélanchier, Genévrier, Baguenaudier ...) concurrenceront efficacement des bois clairs et malingres.

De nouvelles séries de végétation apparaîtront dans certains secteurs à partir de recombinaisons tessellaires inédites et des ressources floristiques locales : adrets et ubacs cristallins des gorges ; adrets des coteaux...

Pour certaines végétations spécialisées les valeurs seuil du facteur limitant seront elles atteintes pour occasionner un changement notable, ravins hygrosciaphiles, vacciniaies sommitales subalpines ?

Des xénophytes, suivant les couloirs migratoires habituels, routes, cours d'eau, viendront modifier ces schémas suivant on ne sait quelle direction...

1.2 Résultats phytogéographiques

Nos résultats dynamico-caténaux confirment les grandes subdivisions phytogéographiques régionales déjà mises en évidence dans la partie phytosociologique de ce travail, avec notamment la distinction d'un collinéen tempérée et d'un collinéen thermophile (étage supraméditerranéen de type occidental, Ozenda 1985), ceci dû en partie à l'affirmation du climat d'abri au niveau de ce deuxième type d'étage. En effet une distinction majeure

s'opère entre séries et géoséries des gorges cristallines et celles des coteaux limagnais. Les plus thermoxérophiles se rangent nettement dans ce dernier système, alors que les différences altitudinales sont peu affirmées.

Ces résultats attestent également de la prédominance de l'étage submontagnard au niveau du plateau cristallin et de la chaîne des Puys au détriment de l'étage montagnard moyen. Ce dernier n'occupe finalement qu'une ceinture modeste, limitée surtout à la zone centrale. L'étage montagnard supérieur n'est pas discernable : on passe directement d'un montagnard moyen à un subalpin. Ce dernier étonnamment bien exprimé sur le puy de Dôme, à une altitude pourtant modeste, si on la compare à celle des massifs auvergnats voisins, monts Dore, monts du Forez, monts du Cantal, soit en moyenne, 150m plus bas : cela traduit la forte contrainte écologique climatique qui détermine ce petit dôme isolé, au nord du Massif central et constamment sous les vents atlantiques.

1.3 Résultats pour la gestion écologique et l'aménagement du territoire

Les unités décrites et cartographiées permettront une meilleure connaissance écologique du territoire et de son évolution à court et moyen terme. Un diagnostic du degré de naturalité/anthropisation et de l'état de conservation a aussi été donné pour chaque série et géosérie de la zone d'étude ; de même leur intérêt patrimonial a été souligné et argumenté. Ainsi certains secteurs géographiques, identifiés par des synrelevés et polygones du SIG, ressortent selon ces critères, comme plus ou moins artificialisés ou dans un état de conservation plus ou moins bon. Ces diagnostics, nous l'espérons, participeront à la réflexion pour la planification et la gestion écologique et paysagère de ces zones, dont certaines ressortent comme particulièrement remarquables alors que d'autres sont dans un état de dégradation avancé.

On peut prendre quelques exemples. Dans la chaîne des Puys, le secteur de la zone centrale (du puy de Dôme au grand Sarcoui) et le secteur de la Vache-Lassolas-la Mey et plateau environnant, apparaissent comme dans un bon état de conservation contrairement à beaucoup d'autres secteurs, comme par exemple le secteur entre les puys de Mercœur et de Laschamps. Dans les gorges cristallines un ensemble se distingue par son très bon état de conservation et sa grande naturalité, pourtant tout proche de l'agglomération : l'ensemble "fer à Cheval-ruisseau de la Valette" ; contrairement aux vallées affluentes de la Tiretaine dans les gorges de Royat (forêt domaniale), ou dans le secteur de Ceyrat... En vallée alluviale de l'Allier le site des "Boires de Pont-du Château" offre les paysages les mieux conservés et les moins artificialisés, particulièrement représentatifs du système fluvial. Au contraire de ceux en rive gauche à Cournon ou aux Martres-d'Artière...

2 Résultats méthodologiques : intérêts et limites de la méthode dynamico-caténale développée ici

2.1 Résultats méthodologiques

Ce travail a permis de mettre en place et de tester des méthodes et techniques nouvelles, dédiées à l'étude symphytosociologique.

L'intégration des valeurs d'Ellenberg au niveau des syntaxons, puis au niveau sérial, a permis de mieux préciser l'écologie tessellaire et la variabilité inter et intra-sérial. Cet outil

s'est avéré intéressant à condition d'approfondir l'analyse ; comme par exemple dans le cas du calcul de l'indice des nutriments qui peut contribuer au diagnostic du degré de naturalité/anthropisation et donc à l'évaluation de l'état de conservation au niveau intra-sériale. Les indices de température, nutriments, réactions acidobasiques et d'humidité sont tous discriminants pour la caractérisation inter-sérial. L'indice « éclairement », est plus délicat à manipuler car il dépend de l'importance des syntaxons forestiers au sein d'une série dans un secteur donné et est d'un intérêt secondaire.

Les analyses statistiques (DCA, CCA) réalisées sur les synrelevés ont montrés que les résultats sont cohérents et applicables en symphytosociologie. Elles permettent de mettre en évidence des incohérences dans la classification manuelle initiale des synrelevés, et de ce fait peuvent apporter une aide précieuse lors d'analyses effectuées sur de vastes secteurs géographiques qui impliquent un grand nombre de synrelevés.

La création d'une base de données (BD Paysage, module de la base de données nationale VegFrance) permet un stockage standardisé des synrelevés/géosynrelevés à des fins d'analyses, dans une optique d'homogénéisation à l'échelle nationale. À terme les associations décrites dans le PVF2 seront utilisées comme référentiel syntaxonomique. Actuellement notre référentiel n'est composée que des communautés végétales présentes dans le nord du Massif central" (Thébaud *et al*. 2014) ; il nécessite donc d'être complété par les syntaxons des autres zones d'études (Corse, côtes Manche-Atlantique françaises, forêts de plaine du Massif armoricain...) avant toute intégration de synrelevés effectués dans ces secteurs.

Il nous a semblé important dans une approche dynamique de la végétation, d'introduire la problématique d'impacts des changements climatiques d'origine anthropique, en essayant de prendre en compte la diversité écologique de la zone d'étude. La méthode appliquée ici reste toutefois un modèle simplifié, qui ne peut réellement rendre compte dans les détails ce qu'il adviendra dans un siècle et demi. De plus ce modèle a été établit en tenant compte des objectifs déterminés par la Cop 21, ceux-ci seront ils respectés ?

2.2 Limites liées au traitement cartographique

Dans cette étude nous nous sommes heurtée à plusieurs problèmes cartographiques, qui sont des problèmes récurrents en cartographie de la végétation, exprimés comme suit :
-1ère question : où placer la limite entre deux séries contigües ?
-2ème question : comment traiter les séries linéaires ou couvrant de petites surfaces ?

Nous sommes consciente que nos réponses à ces questions ne sont pas entièrement satisfaisantes. Elles ont été solutionnées comme explicité ci-dessous dans l'ordre croissant des questions ci-dessus.

Les difficultés de délimitation se posent, en particulier pour des séries en contact dont les tessella sont proches écologiquement (géologie, réaction acidobasique) et que l'étagement est un facteur important. On a résolu ce problème en effectuant une délimitation moyenne qui ne rend pas compte des variations dans le détail. Par exemple pour délimiter les séries acidiclines sur substrat cristallin de la hêtraie à Sceau de Salomon multiflore et Alisier submontagnarde du plateau (PM-FS-S) et de la hêtraie à Sceau de Salomon multiflore collinéenne tempérée des gorges (PM-FS), nous avons retenu la courbe de niveau des 720 m, qui correspond approximativement à la ligne de convexité du plateau.

Dans le cas de séries linéaires ou inférieures à 5 ha nous avons utilisée comme échelle de restitution des données 1/4000 ; contrairement aux unités plus grandes pour lesquelles le

rendu cartographique est au 1/10000. La première échelle en effet ne peut pas être utilisée sur de grandes surfaces ce qui prendrait énormément de temps. Contrairement à la carte de végétation, la carte symphytosociologique n'a pas pour but de rendre compte d'un tel degré de précision, mais plutôt de la dynamique de la végétation à l'échelle du paysage.

2.3 Le problème de l'affectation d'une association végétale à une permasérie : communauté permanente ou dynamique progressive ?

La définition des permaséries retenue dans ce travail est la suivante : série comprenant un seul syntaxon vivace permanent, monostratifié, au sein d'une tessella caractérisée par de fortes contraintes écologiques (Rivas-Martinez 2005 ; Lazare 2009). Dans certains cas il nous a semblé difficile de déterminer si une association végétale était intégrée dans la dynamique de la végétation de la série et donc devait être affiliée à celle-ci ou si elle devait être considérée comme pérenne, donc comme une permasérie.

En effet le problème est plus complexe qu'il n'y paraît au premier abord. On peut avoir des associations végétales pérennes, qui sont de véritables permaséries, et qui, après transformation du milieu, disparaissent au bénéfice de l'installation d'une nouvelle série, cette dernière prenant place au même endroit grâce aux nouvelles conditions écologiques. On peut alors penser que la végétation initiale est une première étape de la série ce qui est faux.

Dans des milieux très spécialisés la détermination des permaséries ne pose pas de soucis majeurs, comme par exemple dans les éboulis de scories où l'on trouve la permasérie à Biscutelle de Lamotte et Galéopsis des champs ; dans les fissures de rochers avec la permasérie à Capillaire fragile et Polypode commun ou encore dans les rivières avec la permasérie à Potamot perfoliées et Renoncule flottante...Si les conditions écologiques globales ne changent pas ces végétations resteront permanentes.

Dans le cas de végétations pionnières sur lithosol, dans des milieux à fortes contraintes écologiques, comme par exemple sur les coteaux édaphoxérophiles et thermophiles, la limite entre permasérie et végétation dynamique est plus difficile à définir. Dans ce travail nous avons fait le choix de nous baser sur le degré d'évolution du sol. La communauté pionnière à Alysson à calices persistants et Orpin blanc se développe sur lithosol, tandis que celle à Luzernes minime et rigide et à Trigonelle de Montpellier sur lithosol évolué. Nous avons décidé d'élever au rang de permasérie la première communauté, tandis que la seconde a été intégrée à la dynamique de la série, d'autant plus que sur le terrain nous avons observé des cas de mélange avec la pelouse pionnière de la série.

Mais nous avons conscience du caractère parfois arbitraire des choix effectués, souvent par manque d'informations stationnelles et écologiques : certaines communautés pionnières n'ont pas été affectées à des permaséries mais pourraient l'être : végétation pionnière à Canche caryophyllée et Fétuque ovine, à Cotonnière commune et Vulpie queue-de-rat, à Micropyre des graviers, à Anarrhine à feuilles de Pâquerette et grand Orpin, à Trèfle strié et Vulpie, à Trèfle strié, Vulpie queue-de-rat et Porcelle des sables et à Catapode des graviers et Vulpie queue-de-rat. Toutes ces végétations correspondent au stade de départ de la dynamique des séries, mais sont dans des habitats à fortes contraintes écologiques.
D'autres au contraire ont été considérées comme des permaséries peut être à tort (permasérie à Cotonnière naine et Canche précoce, à Scille d'automne et Orpin blanc, à Orpin des rochers et Piloselle et à Luzernes minime et rigide et à Trigonelle de Montpellier).

Toutes ces végétations se situent dans des milieux à fortes contraintes écologiques sur lesquels peuvent se développer d'autres végétations. Il est difficile de déterminer si l'enchaînement des végétations est de la dynamique naturelle ou si le milieu a dû subir une transformation pour que cela puisse se produire.

2.4 L'association végétale comme unité de base d'un modèle d'analyse du paysage est-elle pertinente ?

L'association végétale est un concept déjà ancien, défini pour la première fois au congrès international de botanique de Bruxelles en 1910, puis décrit ensuite plus précisément comme unité de base du système de classification phytosociologique dit "sigmatiste" (Braun-Blanquet 1932). Depuis la phytosociologie a beaucoup évolué jusqu'à des redéfinitions revisitées plus récentes de l'association végétale (Willner 2006) et par l'utilisation d'outils statistiques, introduits en phytosociologie dès la fin des années soixante (van der Maarel 1969 ; Guinochet 1973 ; Briane *et al.* 1974...) puis par l'utilisation de nouveaux outils et techniques interconnectés, bases de données (Schaminée *et al*. 2009 ; Hennekens & Schaminée 2001...) logiciels d'analyse (Tichý 2002...), systèmes d'informations géographiques. Le concept d'association végétale est toujours très utilisé dans les études actuelles de la végétation mondiale et la phytosociologie est actuellement utilisée sur tous les continents (Géhu, 2010).

Nous l'avons retenue ici, comme dans toute étude dynamico-caténale, en tant qu'unité de base. Ce choix a t-il été pertinent et quelles en sont les limites ?

Dans un premier temps nous pouvons répondre par l'affirmative. En effet il nous a permis de mettre au point un modèle cohérent, multiscalaire, de la plante aux paysages en passant par la communauté, et à "haute résolution biologique" par rapport aux approches simplement physionomiques de la végétation qui ne peuvent rendre compte de la biodiversité ni répondre aux demandes environnementales en matière de gestion écologique des habitats.

Mais l'association végétale se heurte à des limites conceptuelles qui ne permettent pas d'éviter certains biais d'un observateur à l'autre : technique de réalisation des relevés sur le terrain ; délimitation des unités qui peuvent être conçues de manière très élargie (Oberdorfer...) ou plus réduites (Passarge...) ; séparation des unités entre elles : où placer les coupures ? Tout cela peut donc entraîner au niveau de l'analyse paysagère la réalisation de synrelevés dont la composition syntaxonomique peut varier et, en conséquence, des différences dans la typologie définitive des séries. Dans ces conditions se pose le problème de la reproductibilité de telles études et de la nôtre en particulier.

Dans notre travail nous avons cherché à remédier à ce problème de deux manières.

En utilisant, les outils d'analyse statistiques, en premier lieu au niveau de l'approche phytosociologique, puis au niveau de l'analyse paysagère ; ces outils offrent en effet une assistance précieuse, et de plus grandes fiabilité et reproductibilité par rapport à une approche de type "dire d'expert", qui peut présenter des limites. Mais ces outils ne permettent pas de résoudre complètement les problèmes évoqués plus haut car c'est toujours à l'auteur de l'étude de décider où se situent les coupures entre unités de base.

En utilisant des référentiels phytosociologiques reconnus, ayant fait l'objet de consensus nationaux, comme le PVF2 qui constitue une synthèse nationale collective jusqu'au niveau de l'association végétale. En effet selon de Foucault (1986), l'association végétale est avant tout le résultat d'un accord, d'une convention, entre auteurs.

De plus la méthode dynamico-caténale, en raison de ses différents niveaux d'emboîtement permet une meilleure caractérisation de ses sous-unités, en particulier de l'association végétale. Ainsi cette dernière, comme unité de base pour l'étude du paysage, s'en trouve renforcée. Ce point est développé dans le paragraphe suivant.

2.5 Les différents niveaux d'emboîtement de la méthode dynamico-caténale : l'assurance d'un modèle prédictif robuste.

Au cours de ce travail il nous est apparu de manière particulièrement forte que le caractère emboîté de l'analyse dynamico-caténale, recherchant une cohérence et une synthèse de l'échelon inférieur (les taxons) en passant par l'échelon intermédiaire (l'association végétale ou syntaxon) jusqu'aux échelons supérieurs (compartiment écologique, série ; paysage, géosérie) permettait à la fois un diagnostic global plus robuste et une caractérisation plus pertinente de chacune des unités de végétation correspondant à ces échelons.

Lors de nos travaux, comme dans tous travaux phytosociologiques, nous avons effectué des relevés difficiles à classer, car statistiquement intermédiaires entre deux associations végétales. Le problème s'est posé alors d'affecter ces relevés à l'une ou l'autre et, selon le choix effectué, la dénomination typologique et la délimitation cartographique sériale pouvaient varier.

Prenons pour illustrer le propos ci-dessus l'exemple de deux séries en contacts et dont les têtes de série sont proches floristiquement, comme celle de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier (EH-FS-C) et celle de la hêtraie à Sceau de Salomon multiflore et Alisier (PM-FS-S) : toutes deux sont des hêtraies-chênaies acidiclines et mésotrophiles submontagnardes. dont certains relevés forestiers intermédiaires sur le plan de la composition floristique nous sont apparus parfois difficiles à classer. La description de la tessella, nous a alors donné des informations aidant à l'affectation de ces relevés à l'une ou l'autre série ou tête de série. Notre analyse ayant montré que la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier est statistiquement très liée au plateau basaltique et la hêtraie à Sceau de Salomon multiflore et Alisier au plateau cristallin, la situation tessellaire de ces relevés permet ainsi de contribuer à lever le doute.

L'ensemble de la composition syntaxonomique du synrelevé, dans lequel s'insère cette forêt, apporte également des informations. Chaque série ayant une trajectoire dynamique propre, les différents syntaxons qui composent le synrelevé apportent chacun leur contribution pour définir la série dans laquelle on se situe. Dans notre exemple les prairies sont de deux types : la prairie à Renoncule bulbeuse, Brachypode penné et Trèfle rampant pour la série de l'EH-FS-C et la prairie à Knautie d'Auvergne et Fromental pour la série du PM-FS-S ; selon la présence de l'une ou l'autre de ces prairies dans le synrelevé, on pourra bénéficier d'une information supplémentaire pour déterminer la tête de série et donc l'association forestière à laquelle affecter notre relevé.

3 Propositions méthodologiques et mode opératoire pour l'étude cartographique des séries et géoséries en moyenne montagne

L'application en moyenne montagne de la phytosociologie dynamique et paysagère, dite dynamico-caténale, est un exercice difficile et délicat qui requiert des précautions méthodologiques si l'on a le souci de produire un outil pratique et opérationnel pour la planification ou la gestion de la diversité biologique, écologique et paysagère de ce type de territoire.

Ces difficultés sont liées à la diversité intrinsèque à l'objet d'étude, la moyenne montagne : étages de végétation, climats locaux, nombreuses variables écologiques, diversité des pratiques agrosylvopastorales, richesse floristique... Elles sont inhérentes aussi à la complexité de l'approche elle-même, qui, bien que conceptuellement assez simple, requiert différents niveaux d'appréhension et d'échelles: plantes, communautés, paysages; approche spatiotemporelle, avec une nécessaire mise en cohérence de tous les niveaux entre eux.

Mal comprise, trop simplifiée, trop vite appliquée, notamment par manque de rigueur ou par des diagnostics floristiques ou phytosociologiques défectueux ou arbitraires, cette méthode peut vite s'avérer inefficace voire même incohérente.

Aussi, pour éviter ce genre d'écueil, et pour éclairer les décideurs, il nous a apparu important de valoriser nos résultats méthodologiques et notre expérience de terrain, ici acquis, pour proposer un type d'application réaliste et conforme aux objectifs recherchés.

Notre opinion est que ce mode opératoire, étant donnée les difficultés mentionnées plus haut, doit être effectué par étapes et s'accompagner de vérifications intermédiaires.

Soulignons que la méthodologie développée ci-après s'applique au cas d'un secteur d'étude pour lequel aucune donnée symphytosociologique n'existe au préalable. Les périodes sont données à titre indicatif. Elles correspondent à celles qui nous semblent nécessaires pour l'étude d'un territoire d'environ 30000 ha. L'étude mobilisera, une personne à temps plein, familiarisé avec les outils cartographiques et d'analyses statistiques, bon floriste ayant des bases en phytosociologie; avec aussi une deuxième personne en renfort pendant les campagnes de terrains et éventuellement pour la saisie des données. Dans ces conditions, disons minimales, ce travail durera entre 18 mois et deux ans incluant deux saisons de terrain.

Étude préparatoire (hiver-printemps année n)

Exploitation et mise en forme des données bibliographiques et historiques concernant la végétation

- Effectuer une recherche bibliographique phytosociologique concernant la zone d'étude et les secteurs proches géographiquement, écologiquement et dans le même domaine floristique : relevés phytosociologiques, carte de végétations, travaux de synthèse phytosociologique, travaux sur la dynamique de la végétation, documents historiques, étude de différentes séries de photos aériennes.
- A partir des données collectées réaliser un catalogue des associations végétales classées par étage de végétation et grands types d'habitats (forêts, fourrés, prairies, pelouses...), et renseigner pour chacune d'elles sont écologie et les espèces diagnostiques et dominantes.
- Saisir les relevés obtenus dans une base de données compatible avec un logiciel d'analyse phytosociologique, afin de créer un tableau phytosociologique global brut (contenant toutes les végétations) et des tableaux partiels bruts pour chaque grand type de végétations. Ces tableaux serviront pour l'élaboration du référentiel analytique servant à identifier les unités phytosociologiques après la phase de terrain.

Cartographie

- Mise en place d'un SIG sur la zone d'étude, comprenant des informations d'ordre écologiques (exposition, rayonnement solaire), topographiques (relief, hydrographie, pente) et géologiques. En recoupant toutes les données effectuer une première délimitation des secteurs écologiquement homogènes. Créer également une couche sur laquelle sont localisés les relevés phytosociologiques issus de la bibliographie (lorsque ces derniers sont géolocalisables).
- Exporter des cartes (orthophotos au 1/15000) des secteurs précédemment délimités qui serviront pour le repérage et pour effectuer une première cartographie lors de la phase de terrain.

Première campagne de terrain (fin printemps-été année n)

- Réaliser des synrelevés dans des compartiments écologiquement homogènes, incluant des relevés phytosociologiques effectués dans des végétations mal connues ou difficilement identifiables et dans les végétations de transition et forêts (têtes de séries). Il est en effet très présomptueux de penser qu'on peut reconnaître sur le terrain "à l'œil", dès la première année, les associations végétales présentes ; on risque des erreurs et toute l'analyse du niveau supérieur, séries et géoséries, s'en trouve alors faussée. Le catalogue des associations végétales cependant apporte à ce stade une aide pour la détermination des syntaxons.
- Effectuer les synrelevés en priorité dans les secteurs qui contiennent un maximum de stades dynamiques différents.
- La surface du synrelevé varie en fonction des secteurs écogéographiques :
    - Sur de grandes étendues (plateau cristallin, plateau basaltique et plaine de la Limagne) la surface peut faire plusieurs centaines d'hectares ; cependant favoriser dans un premier temps des secteurs bien délimités écologiquement (par exemple pour le plateau cristallin zones contigües avec le plateau basaltique, les cheires, les milieux humides ou le rebord cristallin) et de surfaces pas trop importantes (100-200 ha, dans le cas du plateau) pour effectuer les synrelevés. Après analyses, certains synrelevés pourront être regroupés.
    - Dans le cas des séries pour lequel le facteur "exposition" est déterminant (chaîne des Puys et gorges) la surface des synrelevés sur notre territoire est de quelques dizaines d'hectares. La limite adret/ubac se détermine sur le terrain en fonction de l'écologie des associations végétales présentes ; il est possible par exemple que le secteur "adret" se positionne aussi sur le sommet et les hauts versants héliophiles d'ubac... cette limite pourra également varier après analyse des données collectées.
    - Dans les secteurs où la répartition de la végétation est linéaire sur de grandes distances (zone alluviale, bordure des ruisseaux), la surface du synrelevé est également de quelques dizaines d'hectares. La délimitation s'effectue classiquement lors du changement de tessella (étagement, lit majeur et lit apparent). Dans le secteur alluvial les aménagements (ponts, carrières, enrochement) permettent de délimiter les synrelevés, car ils entrainent souvent un hiatus dans la végétation.
- Noter toutes les observations donnant des informations sur la dynamique de la végétation.

Première phase d'analyse (automne-hiver-début printemps année n et n+1)

- Saisir les relevés phytosociologiques effectués pendant la campagne de terrain dans la base de données initiale puis les sélectionner pour les intégrer au tableau global brut préparé pendant la phase préliminaire.
- Dans une première étape effectuer une analyse numérique de type "Classification hiérarchique" sur ces relevés. Pour les relevés qui ne s'insèrent pas clairement dans les groupes de syntaxons issus de l'analyse, utiliser des modes de calcul automatique basés sur un indice de similitude pour les affecter à l'un ou l'autre de ces groupes. Cette étape apporte des informations sur la dynamique car les végétations correspondant à des étapes intermédiaires sont souvent affectées aux associations les précédant ou les suivant dans la succession (fourré/forêt ; prairie, pelouse/fourré ; prairie, pelouse/ourlet).
- Analyser ensuite les relevés dans les tableaux partiels bruts, classés par grands types d'habitats, à l'aide d'outils statistiques (classification hiérarchique et indices de similitude) de façon à d'obtenir des tableaux partiels élaborés qui servent de référentiel analytique pour

le diagnostic des relevés, des associations végétales et des groupes d'espèces différentielles (GTD).
- Effectuer des analyses d'ordination (DCA et/ou CCA) à partir du référentiel des végétations têtes de série (souvent les végétations forestières) pour identifier les facteurs écologiques déterminants pour chacune d'elle et donc pour chaque tessella.
- À partir des informations obtenues dans les étapes précédentes et lors de la première phase de terrain, identifier les séries présentes sur le secteur d'étude et mettre en place une première typologie sériale cohérente.
- Réaliser des carnets préparatoires à la seconde phase de terrain contenant deux jeux de données : les données stationnelles et les données symphytosociologiques. Ces dernières seront présentées comme suit : nom de la série avec dessous la liste des associations végétales qui la compose, classées par grands types de végétations. Il sera alors plus rapide et plus facile d'affecter des coefficients d'abondance à chaque syntaxon du synrelevé.
- Localiser les relevés phytosociologiques effectués pendant la campagne de terrain sur une couche du SIG. Commencer la cartographie des séries sur les secteurs étudiés lors de la première phase de terrain et mettre en place la sémiologie graphique.

Deuxième campagne de terrain (fin printemps-été année n+1)

- Réalisation de synrelevés à plus grandes échelles et en nombre, notamment à l'aide des carnets de terrain.

Dernière étape : restitution cartographique du travail (automne-hiver année n+1)

Analyse des données

- Saisir les synrelevés dans la base de données "paysage" de VegFrance.
- Exporter ces données dans une matrice et les analyser : classification hiérarchique afin d'affecter les synrelevés à des séries ; ordination pour analyser la correspondance entre synrelevés, séries et variables écologiques déterminantes.
- Affiner la typologie des séries et le diagnostic tessellaire si nécessaire.
- Délimiter les géoséries sur une base géomorphologique cohérente en intégrant aussi comme critère les facteurs discriminants pour la végétation. Déterminer la composition sériale de chaque géoséries.

Cartographie

- Faire la cartographie de la zone d'étude en intégrant dans la table attributaire, pour chaque polygone correspondant à un synrelevé (individu de série), les données concernant la série et la géosérie dans laquelle elle est incluse.
- Choisir comme échelle de saisie cartographique : 1/10000 pour les polygones supérieurs à 5 ha et 1/4000 pour ceux inférieurs à 5 ha ou linéaires. Pour représenter les synrelevés ayant une surface insuffisante pour une lisibilité à l'échelle du rendu (1/25000), notamment pour les permaséries, théroséries et parfois les curtaséries, utiliser un symbole sur une couche point non spatialisée.
- Une fois la cartographie des séries réalisée, dupliquer la couche et changer le champ sur lequel s'applique la symbologie graphique, en sélectionnant le champ correspondant aux informations géosériales. On obtient ainsi la carte des géoséries.

4 Perspectives

4.1 Perspectives d'extension géographique de l'étude

Perspectives locales et régionales

Un tel travail d'étude dynamico-caténale de la végétation revêt un intérêt certain dans une perspective de diagnostic, d'évaluation et de gestion écologique des habitats et paysages naturels et anthropisés de la zone prospectée, qui sont les objectifs du programme CarHAB. Mais d'autres procédures, non directement liées au MEEM, pourraient en tirer profit. On pense par exemple dans le cas de la chaîne des Puys à la procédure "Grand Site", aux Espaces naturels sensibles du département, à l'élaboration de réserves naturelles régionales, à différents schémas d'aménagement comme celui du Grand Clermont, et pour la zone Limagne/plateau / Chaîne des Puys, particulièrement approfondie dans notre travail, au projet d'inscription de ce site au patrimoine mondial de l'UNESCO.

Compte tenu des résultats obtenus ici et des types de milieux étudiés cette étude pourrait assez facilement être étendue à une région allant du sud du Bourbonnais (bassin d'Ebreuil) jusqu'au Brivadois, de part et d'autre et tout le long de la faille occidentale de la Limagne, comprenant ainsi tous les coteaux des Limagnes, leurs bordures cristallines et la vallée alluviale de l'Allier et de ses plus gros affluents, Dore, Sioule, Alagnon, Couzes, Sénouire... Cette dernière pourrait peut-être s'enrichir de séries alluviales (série de la forêt à Frêne et Corydale solide? dans les plus hautes parties du lit majeur ; série des terrasses alluviales anciennes non présentes dans notre dition).

À l'ouest elle pourrait concerner l'ensemble de la chaîne des Puys jusqu'aux gorges de la Sioule au nord. Les pays coupés des Couzes, les gorges de l'Alagnon, de la Comté apporteraient quelques nouveautés, en particulier dans leurs parties basaltiques submontagnardes (série de la chênaie pédonculée à lis martagon ...). Par contre de nouvelles séries seront à décrire dans les étages montagnard moyen et supérieurs du Cézallier et des monts Dore et, bien sûr, dans l'étage subalpin de ce dernier massif. Certaines séries présentes dans la chaîne des Puys y existent et y ont été identifiées, comme la série de la hêtraie à grande Luzule ou la série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande, mais les conditions altitudinales et géologiques sont de nature à exprimer d'autres végétations potentielles.

À l'est de la rivière Allier, l'étude actuelle pourrait être facilement extrapolée à la bordure orientale du Livradois, sans prendre en compte la partie montagnarde de ce massif, où existent d'autres séries à décrire (série acidiphile de la hêtraie à Canche flexueuse). Avec bien sûr d'autres particularités non étudiées comme en particulier les séries turficoles.

Perspectives extra-régionales

Parmi les systèmes biogéographiques présents dans notre zone d'étude certains existent dans d'autres régions. Le système de la chaîne des Puys, volcanisme quaternaire, n'a pas d'équivalent en Europe ; il conviendrait toutefois d'échantillonner dans certains secteurs du Velay, du Devès, du Haut-Allier où des appareils stromboliens récents, formés de scories existent pour y rechercher la présence de séries existant dans la chaîne comme la série édaphoxérophile de la pinède à Œillet superbe et d'y rechercher aussi de nouvelles séries de hêtraie soustraite à l'influence atlantique.
Les autres systèmes, gorges et plateaux cristallins collinéens à submontagnards, coteaux calcaires, vallée alluviales existent dans beaucoup d'autres régions du Massif central et

d'Europe tempérée occidentale et nos recherches pourront être utiles pour des applications dynamico-caténales extra-régionales dans ces systèmes.

4.2 Perspectives de développement méthodologique : groupes d'espèces caractéristiques ; intégration d'un système expert

Dans un objectif de mise au point d'un outil facilitant l'identification des séries, nos recherches pourraient être poursuivies selon deux directions.

La première consiste à mettre en place pour la zone d'étude une méthode de diagnostic des séries fondée sur des taxons. En effet il serait intéressant, fort des référentiels phytosociologiques élaborés dans ce travail, de rechercher les taxons communs aux différents stades dynamiques d'une même série. La présence de ces groupes de taxons, ou combinaisons originales de taxons, permettraient une caractérisation plus rapide de celle-ci. Cet outil pourrait être précieux, notamment dans le cas de séries à forte emprunte anthropique, où manquent certaines étapes clefs comme la tête de série ou bien dans le cas d'associations végétales mal caractérisées ou dégradées.

Enfin la construction d'un "système expert" (Tichý 2002), système automatique de diagnostic phytosociologique des communautés végétales d'une région donnée, basé sur une analyse statistique complète d'un grand nombre de relevés de végétation, serait un outil particulièrement précieux pour faciliter le travail d'analyse dynamique et paysagère de la végétation et pour effectuer les synrelevés (Bouzillé 2007, 2014). Compte tenu de l'état des connaissances maintenant avancé pour le nord du Massif central, une telle réalisation pourrait être envisagée prochainement.

Bibliographie

Amann J., 1929 - L'hygrothermie du climat, facteur influençant la répartition des espèces atlantiques. *Rev. bryol.*., N.S., tome **II**, fasc.1 : 126-133.

Ballut C., 2002 - L'occupation du sol en Limagne d'Auvergne de la fin du Premier Age du Fer à la conquête romaine. *In* D. Martin (éd.), *L'identité de l'Auvergne (Auvergne, Bourbonnais, Velay). Mythe ou réalité historique ? Essai sur une histoire de l'Auvergne des origines à nos jours*, Nonette, Créer Editions, p. 31-41.

Bardat J., Bioret F., Botineau M., Boullet V., Delpech R., Gehu J.-M., Haury J., Lacoste A., Rameau J.-C., Royer J.-M., Roux G. & Touffet J., 2004 - *Prodrome des végétations de France*. Coll. Patrimoines naturels, 61. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 171 p.

Beaulieu de J.-L. & Goeury C., 1987 - Zonation automatique appliquée à l'analyse pollinique: exemple de la Narse d'Ampoix (Puy-de-Dôme, France). *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, vol. **24**, n°1: 49-61.

Béguin Cl., Géhu J.-M. & Hegg O., 1979 - La symphytosociologie : une approche nouvelle des paysages végétaux. *Doc. Phytosoc*., NS, **IV** : 49-68.

Béguin Cl. & Theurillat J.-P, 1982 – *Analyse de la végétation et du paysage de la région d'Aletsch MAB-6. Présentation de la méthode d'analyse et description d'applications possibles des données symphytosociologiques.* Fachbeitr. Schweiz. MAB-Inf., Bern, Nr 11, 44 p.

Bensettiti F., Rameau J.-C. & Chevallier H. (coord.), 2001 - *« Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 1 - Habitats forestiers*. MATE/MAP/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 2 volumes, 339 p. et 423 p. [http://inpn.mnhn.fr/docs/cahab/tome1.pdf].

Bensettiti F., Gaudillat V. & Haury J. (coord.),2002 - *« Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 3 - Habitats humides.* MATE/MAP/ MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 457 p. [http://inpn.mnhn.fr/docs/cahab/tome3.pdf].

Bensettiti F., Herard-Logereau K., Van Es J. & Balmain C. (coord.), 2004 - *« Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 5 - Habitats rocheux.* MEDD/MAAPAR/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 381 p. [http://inpn.mnhn.fr/docs/cahab/tome5.pdf].

Bensettiti F., Boullet V., Chavaudret-Laborie C. & Deniaud J. (coord.), 2005 - *« Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 4 - Habitats agropastoraux.* MEDD/MAAPAR/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 2 volumes, 445 p. et 487 p. [http://inpn.mnhn.fr/docs/cahab/tome4_1.pdf ; http://inpn.mnhn.fr/docs/cahab/tome4_2.pdf].

Bernard C.-E., Thébaud G. & Roux C., 2012 - *Plan Biodiversité « Puy des Goules » : profil socio-écologique topostationnel. Suivi permanent de la flore et des habitats naturels de*

Clermont communauté. Rapport d'étude, Institut de Botanique-Herbiers Universitaires de Clermont-Ferrand (IBHUC), 10p.

Bernard C.-E., Thébaud G. & Roux C., 2012b - *Plan Biodiversité « Marais de Fontfreyde » : profil socio-écologique topostationnel. Suivi permanent de la flore et des habitats naturels de Clermont communauté*. Rapport d'étude, Institut de Botanique-Herbiers Universitaires de Clermont-Ferrand (IBHUC), 8p.

Bernard C.-E., Thébaud G. & Roux C., 2013a - *Plan Biodiversité « le Pont des Soupirs » : profil socio-écologique topostationnel. Suivi permanent de la flore et des habitats naturels de Clermont communauté*. Rapport d'étude, UNIVEGE-Herbiers Universitaires de Clermont-Ferrand, Clermont Communauté, 9p.

Bernard C.-E., Delcoigne A., Thébaud G. & Roux C., 2013b - *Plan Biodiversité « Puy de Var ». Suivi permanent de la flore et des habitats naturels de Clermont communauté*. Rapport d'étude, UNIVEGE-Herbiers Universitaires de Clermont-Ferrand, Clermont Communauté, 11p.

Billé R., Cury P., Loreau M. & Maris V., 2014 - *Biodiversité : vers une sixième extinction de masse*. Montreuil : La Ville Brûle, 2014, 199 p. (Collection 360).

Billy F., 1988 - La végétation de la Basse-Auvergne. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, NS, **9** : 416 p.

Billy F., 1997 - Les forêts et leurs lisières en Basse-Auvergne. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, NS, **15** : 329 p.

Billy F., 2000 - Prairies et pâturages en Basse Auvergne. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, NS, **20** : 259 p.

Billy F., 2002 - Végétations pionnières en Basse Auvergne. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, NS, **22** : 197 p.

Billy F., 2007 - Végétations herbacées bisannuelles ou vivaces des sols plus ou moins nitratés en Basse-Auvergne. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, NS, **38** : 145-226.

Biondi E., 2011 - Phytosociology today : methodological and conceptual evolution. *Plant Biosystems*, **145** : 19-29.

Biondi E., Calandra R., Gigante D., Pignatelli S., Rampiconi E. & Venanzoni R., 2002 - *Il paesaggio vegetale della provincia di Terni*. Provincia di Terni, Università di Perugia Terni 2002, 104 p.

Bioret F., Bouzillé J.-B., Géhu J.-M., & Godeau M., 1991 - Phytosociologie paysagère du système pelouse-lande-fourrés des falaises des îles ouest et sud-armoricaines. *Coll. Phytosoc.* **XVII** "Phytosociologie et paysages", Versailles 1988 : 309-322.

Bioret F., Boullet V., Choisnet G., Roux C., Thébaud G., Panaïotis C., Chalumeau A., Delbosc P., Demartini C., Gauberville C., Cianfaglione K., Bernard C.-E., Bensettiti F. &

Lalanne A., 2017 - Landscape phytosociology concepts and definitions applied to serial and catenal vegetation mapping. *Botany Letters,* **164**(2).

Bohn, U., Neuhäusle, R., Gollub, G., Hettwer, C., Neuhäuslová, Z., Raus, T., Schlüter, H. & Weber, H., 2003 - *Map of the natural vegetation of Europe. Explanatory text with CD-ROM.* German Federal Agency for Nature Conservation, Bonn, Germany.

Boivin P., Besson J.-C, Briot D., Camus G., Goër de Herve A. (de), Gourgaud A., Labazuy , Langlois E., Larouzière F.-D. (de), Livet M., Mergoil J., Miallier D., Morel J.-M., Vernet G. & Vincent P.-M., 2009 - *Volcanologie de la Chaine des Puys*. 5ème édition, Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne 196p + carte.

Boivin P., Couturié J.-P. Mercier-Batard F. & Vidal N., 2014 - La géologie des environs de Clermont-Ferrand. *Rev. Sc. Nat. Auvergne*, N.S. **77** : 3-17.

Bolòs O. de, 1963 - Botánica y geografía. *Mem. Real Acad. Ci. Barcelona,* **34**(14) : 443-480.

Bornand M., Callot G. & Favrot J.-C., 1966 - *Etude pédologique du Val d'Allier*. Service du génie rural des eaux et des forêts, Tome I, 441p + carte.

Bouxin G., 2016 - *Analyse statistique des tableaux de relevés de végétation. Recherche d'adéquation entre les données de végétation et les techniques statistiques, au moyen d'exemples***.** Editions Universitaires Européennes, 440 p.

Bouzillé J.-B., 2007 - *Gestion des habitats naturels et biodiversité - Concepts, méthodes et démarches.* Lavoisier, Ed. TEC & DOC, 331 p.

Bouzillé J.-B., 2014 - *Connaissance de la biodiversité végétale - Démarche et outils technologiques.* Lavoisier, Ed. TEC & DOC, 304 p.

Braun-Blanquet J., 1926 - Le « climax complexe » des Landes alpines (*Genisteto-Vaccinion* du Cantal). *Arvernia,* fasc. **2** : 29-48.

Braun-Blanquet J. & Pavillard J., 1928 - *Vocabulaire de sociologie végétale*. 3ème Edition. Roumégous & Déhan, Montpellier, 23 p.

Braun-Blanquet J., 1932 - *Plant sociology, the study of plant communities*. Transl. G.D. Fuller & H.S. Conard. McGraw-Hill, New York, 476 p.

Brêthes A., 2010 - Le *Carici flaccae-Quercetum roboris* ass. nov.. Une nouvelle association phytosociologique en région Centre. *Rev. For. Fr.*, **LXII**, 3-4 : 247-260.

Bugmann H., 2001 - A review of forest gap models. *Climatic Change,* **51** *:* 259–305.

Bugnon F., Rameau J.-C. & Bruneaud A., 1981 - Etudes sur les séries de végétation en Bourgogne : Les types forestiers correspondant aux feuilles 34 (Dijon) et 41 (Autun) de la Carte de la Végétation. *Bull. Soc. bot. Fr.,* **128**, *Actual. bot.,* 1981 (3-4) : 7-20.

Capelo J., Mesquita S., Costa J.C., Ribeiro S., Arsenio P., Neto C., Monteiro-Henriques T., Aguiar C., Honrado J., Espirito-Santo D. & Lousa M., 2007 - A methodological approach to

potential vegetation modeling using GIS techniques and phytosociological expert-knowledge: application to mainland Portugal. *Phytocoenologia*, **37**(3-4) : 399-415.

Carbiener R., 1966 – *La végétation des Hautes Vosges dans ses rapports avec les climats locaux, les sols et la géomorphologie. Comparaison à la végétation subalpine d'autres massifs montagneux à climat « allochtone » d'Europe Occidentale*. Thèse de doctorat d'Etat ès Sciences, faculté des Sciences de Paris, Centre d'Orsay, 75 p.

Chalumeau A. & Bioret F., 2013 - *Méthodologie de cartographie phytosociologique en Europe : approches symphytosociologique et géosymphytosociologique. Synthèse bibliographique*. Rapport Institut de Géoarchitecture, Université de Bretagne Occidentale, Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, 124 p.

Chalumeau A., Bioret F., Gauberville C., Lalanne A., 2014 - Typologie et approche cartographique préliminaires des séries de végétation forestière du Massif armoricain. (communication). *Colloque international "1973-2014 : la phytosociologie paysagère, des concepts aux applications"*, 23 au 25 septembre 2014, Brest, France.

Chassagne M., 1956-1957 - *Inventaire analytique de la Flore d'Auvergne et contrées limitrophes des départements voisins*, Tome 1 & 2, Ed. Paul Lechevallier, 458 p. & 540 p.

Choisnet G., Bioret F. & Boullet V., 2014 - Premiers éléments pour la caractérisation des séries et des géoséries du Bas-Vivarais (Ardèche). (communication). *Colloque international "1973-2014 : la phytosociologie paysagère, des concepts aux applications"*, 23 au 25 septembre 2014, Brest, France.

Choisnet G., S. Bellenfant S., Millet J., Catteau E. & Causse G., 2016 - *Guide méthodologique du programme de cartographie nationale des végétations (CarHAB)*. Rapport MEDDE, version provisoire, 76 p.

Chytrý, M., 1998 - Potential replacement vegetation An approach to vegetation mapping of cultural landscapes. *Appl. Veg. Sci.* **1** : 177-188.

Chytrý M., Tichy L., Holt J. & Botta-Dukat Z., 2002 - Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. *J. Veg. Sci.* **13** : 79-90.

Clements F.E., 1916 - *Plant succession: an analysis of the development of vegetation.* Carnegie Institution of Washington, Publication n°242, 512 p.

Clair M., Gaudillat V. & Herard K., 2005 - *Cartographie des habitats naturels et des espèces végétales appliquée aux sites terrestres du réseau Natura 2000 : guide méthodologique*. Rapport MNHN du 20 juin 2005 v. 1.2 : 66 p.

Coquillard P., 1993 - *Dynamique des systèmes agro-pastoraux de l'étage montagnard du Massif du Sancy et de la Chaîne des Puys : variations biologique set fonctionnelles : ex. d'application au modèle à Calluna vulgaris.* Thèse de doctorat d'Etat, Université d'Aix-Marseille, 266 p.

Coquillard P., Gueugnot J. & Michalet R., 1989 - Landes et herbages des édifices volcaniques de la chaîne des Puys (Massif Central français) : II – Ecologie et pastoralisme. *Coll. Phytosoc.* **XVI**, "Phytosociologie et pastoralisme", Paris 1988 : 665-680.

Coquillard P., Gueugnot J. & Michalet R., 1991 - Un paysage en danger: la chaîne volcanique des Puys (Massif Central français). Syntaxonomie et déterminisme des zones dénudées. *Coll. Phytosociol.* **XVI**, " Phytosociologie et paysage ", Versailles 1988 : 365-387.

Coquillard P., Gueugnot J., 1991 - Regressive dynamic and denudation processes of vegetation on volcanoes in the "Chaîne des Puys" (French Massif Central): assay of interpretation, *Vegetatio* **93** : 131-141.

Coquillard P., Guillot J. & Gueugnot J., 1986 - A propos de la dynamique des hêtraies de basse altitude sur le rebord oriental du plateau de la chaine des Puys. Exemple du bassin versant du la d'Aydat (Puy-de-Dôme). *Rev. Sc. Nat. Auvergne*, N.S., **51** : 9-23.

Commagnac L., Lalanne A., Sacca C., Mazagol P.-O., Le Hénaff P.-M., Choisnet G., Delbosc P., Chalumeau A. a Bioret F., 2014 - Le fond blanc de la carte nationale des végétations : apports pour la cartographie des séries et des végétations. *Colloque international "1973-2014 : la phytosociologie paysagère, des concepts aux applications"*, Sep 2014, Brest, France. disponible sur https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01313565

Cubizolle H., 2009 - *Paléoenvironnements*. Armand Colin, Collection U, 271 p.

Curt T., 1995 - *Typologie des stations forestières des zones volcaniques d'Auvergne (chaîne des Puys, monts Dore, Cézallier, monts du Cantal)*. Cemagref, Groupement de Clermont-Ferrand, 204 p.

Dahl E., 1990 - Probable effects of climatic change due to the greenhouse effect on plant productivity and survival in North Europe. *In:* Holten JI, *ed.* Effects of climate change on terrestrial ecosystems. Report from a seminar in Trondheim 16.01.1990 Norsk Institutt for Naturforskning, Trondheim, Norway : 7-18

Daugas J.P. & Raynal J.P., 1989 - *Quelques étapes du peuplement du Massif Central français dans leur contexte paléoclimatique et paléogéographique*. In LAVILLE H. : Variations de paléomilieux et peuplement préhistorique, CNRS Ed., Cahiers du Quaternaire, 1989, n° 13 : 67-95.

Daugas J.P. & Raynal J.P., 1991 - L'homme et les volcans : mésolithisation et néolithisation dans le Massif Central français. 113e *Congr. nat. Soc. sav.*, 1988, Strasbourg, Mésolithique et Néolithisation : 127-146.

Dejou J. & Loiseau J.-E., 1984 - Observations sur les sols et la composition floristique des pelouses établies sur granites au sud-ouest de Clermont- Ferrand. *Rev. Sc. Nat. Auvergne*, N.S., **49** : 31-54.

Dejou J., 1986 - Les sols de la région de Clermont-Ferrand. *Rev. Sc. Nat. Auvergne*, N.S., **51** : 25-42.

Delbosc P., 2015 - *Phytosociologie dynamico-caténale des végétations de la Corse : méthodologies typologiques et cartographiques*. Thèse de Doctorat, Univ. Bretagne Occ., Brest, 638 p. et annexes.

Delcoigne A., Thébaud G. & Pétel G., 2008 - Contribution à l'étude des communautés de macrophytes des cours d'eau d'Auvergne. *J. Bot. Soc. France*, **42** : 43-56.

Delcoigne A., 2014 - *Rases du secteur de la ZAC Nord de Sarlième (Aubière, 63*). Rapport d'étude, UNIVEGE-Herbiers Universitaires de Clermont-Ferrand, Clermont Communauté, 11p.

Delécluze J.-E - Voyage en Auvergne (album de 72 dessins réalisés entre 1821 et 1855). Ville de Clermont-Ferrand, Musée d'Art Roger-Quilliot, inv. 2010.9.1. BCU Bibliothèque Numérique http://bibliotheque-virtuelle.clermont-universite.fr/collections/show/7

Dengler J., Jansen F., Glöckner F., Peet R.K., De Caceres Ainsa M., Chytrỳ M., Ewald J., Oldeland J., Lopez-Gonzales G., Finckh M., Mucina L., Rodwell J.S., Schaminée J.H.J. & Spencer N, 2011 - The Global Index of Vegetation-Plot Databases (GIVD): a new resource for vegetation science. *Journal of Vegetation Science*, Oxford: Wiley-Blackwell, 2011, roč. **22**, č. 4, s. : 582-597.

Demartini C., 2016 - *Typologie et cartographie dynamico-caténales des végétations des côtes Manche-Atlantique françaises*. Thèse de Doctorat, Univ. Bretagne Occ., Brest.

Deveaux C., 2017 - *Résilience des services écosystémiques à l'échelle du paysage. Un cadre conceptuel et une analyse pour un socio-écosystème de montagne*. Thèse de l'université de Grenoble : 284 p.

Direction Régional de l'Equipement Auvergne 1981-1984 - *Schéma d'aménagement des eaux de l'Allier*. Direction Régional de l'Equipement Auvergne, 104p.

Doche B., 1986 - *Déterminisme et expression cartographique des successions végétales : exemple de l'Aubrac montagnard (Massif central français).* Thèse de doctorat d'état université de Grenoble : 252 p.

Duchaufour Ph., 1977 - *Pédologie; t. I, Pédogenèse et classification*. MASSON, Paris, 3ème édition, 477p.

Duchaufour Ph., 1991 - *Pédologie. Sol, végétation, environnement*. MASSON, Paris, 3ème édition, 289p.

Duvigneaud P., 1946 - La variabilité des associations végétales. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg*., **78** : 107-134.

Dupias G., 1971 - *Carte de la végétation de la France, N° 52, Clermont-Ferrand*. (Carte au 1 : 200 000ème ; Notice sommaire par G. Dupias). Centre National de la Recherche Scientifique, Service de la Carte de la Végétation, Toulouse.

Dupias G. & Rey P., 1985 - *Documents pour un zonage des régions phyto-écologiques*. CNRS, Toulouse, 39p.

Ellenberg H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W. & Paulßen, D., 1992 - Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. und verbesserte Auflage. *Scripta Geobotanica* **18** : 1–258.

Estienne P., 1956 - *Recherche sur le climat du Massif central français*. Mémorial n°43 de la Météorologie Nationale, Paris, 242p.

Felzines J.-C., 2012 - Contribution au prodrome des végétations de France : les *Lemnetea minoris* Tüxen *ex* O. Bolòs & Masclans 1955. *J. Bot. Soc. France*, **59** : 189-240.

Felzines J.-C., 2015 - Contribution au prodrome des végétations de France : les *Potametea* Klika *in* Klika & V. Novák 1941. *J. Bot. Soc. France*, **42** : 43-56.

Frain M., 1991 - *Approche phytosociologique de la dynamique des végétations primaires sur roches artificiellement dénudées en Auvergne, Velay et Limousin*. Thèse de doctorat d'Etat, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand II, 157 p.

Foucault B. de, 1984 - *Systématique, structuralisme et synsystématique des prairies hygrophiles des plaines atlantiques françaises*. Thèse de Doctorat, Université de Rouen, Tome 1, 409 p.

Foucault B. de, 1986 - *La phytosociologie sigmatiste : une morpho-physique*. Mémoire Univ. de Lille (rapport), 147 p.

Gachon L., 1963 - Contribution à l'étude du Quaternaire récent de la Grande Limagne marno-calcaire: morphogenèse et pédogenèse. *Annales agronomiques*, volume **14**, n° hors série I, 191 p.

Gaussen H., 1936 - Le choix des couleurs dans les cartes botaniques. *Bulletin Soc. Bot. de France*, Paris, t. **S3**, 474-480 p.

Gaussen H., 1949 - L'intérêt forestier de la carte de végétation de la France. *Rev. For. Fr.*, **4** : 149-158

Gaussen H., 1958 - L'emploi des couleurs en cartographie. *Bulletin du Servie de la Carte phytogéographique. Série A, carte de la végétation.* Centre National de la Recherche Scientifique, Tome III, Fascicule1 : 11-19.

Géhu J.-M., 1974 - Sur l'emploi de la méthode phytosociologique stigmatiste dans l'analyse, la définition et la cartographie des paysages. C.R. Acad. Sc. Paris, t; **279** : 1167-1170.

Géhu J.-M., 1977 - Le concept de sigmassociation et son application à l'étude du paysage végétal des falaises Atlantiques Françaises. *Vegetatio*, **34**(2) : 117-125.

Géhu J.-M., 1979 - Pour une approche nouvelle des paysages végétaux : la symphytosociologie. *Bull. Soc. Bot. France*, Lettres Botaniques : **126**(2) : 213-223.

Géhu J.-M., 1986 - Des complexes de groupements végétaux à la phytosociologie paysagère contemporaine. *Inf. Bot. Ital.,* **18** : 53-83.

Géhu J.-M., 1991 - L'analyse symphytosociologique et géosymphytosociologique de l'espace. Théorie et méthodologie. *Coll. Phytosoc*. **XVII**, "Phytosociologie et paysage", Versailles 1988 : 11-46.

Géhu J.-M., 2004 - La symphytosociologie trente ans plus tard (1973-2003) Concepts, systématisation, applications. *Bull. Soc. Bot. du centre-Ouest*, NS, **35** : 63-80.

Géhu J.-M., 2006 - *Dictionnaire de sociologie et synécologie végétales*. Édition J. Cramer, Berlin, Stuttgart, 899 p.

Géhu J.-M. & J., 1979 - Essai d'évaluation phytocénotique de l'artificialisation des paysagess (1). *In Séminaire de phytosociologie appliquée : l'évaluation biologique du territoire par la méthode des indices biocénotiques*. Institut européen d'écologie Metz (1979) : 95-119.

Géhu J.-M. & Rivas-Martinez S., 1981 - Notions fondamentales de phytosociologie. Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde. *Syntaxonomie*, J. Cramer, Berlin : 5-33.

GIEC. 2014 - http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC_Resume-decideurs_SYR_AR5_fr

Guinochet M, 1973 - *Phytosociologie*. Paris, Masson; 227 p.

Gunderson, L. H., & Holling, C. S. 2002 - *Panarchy: understanding transformations in systems of humans and nature*. Island Press, Washington, D.C., USA, 450 p.

Hennekens S.M. & Schaminée J.H.J., 2001 - TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *J. Veg. Sci*. **12** : 589-591.

Hétier J.-M., 1973 - Caractères et répartition des sols volcaniques du Massif central. IIème partie, Comparaison Cantal-Chaîne des Puys. *Assoc Fr. Etud. Sol*., **2** : 97-114.

Hickler T., K Vohland K., Feehan J, Miller P., Smith B., Costa L., Giesecke T., Fronzek S., Carter T., Cramer W., Kühn I. & Sykes M., 2012 - Projecting the future distribution of European potential natural vegetation zones with a generalized, tree species-based dynamic vegetation model. *Global Ecology and Biogeography* **21** (1): 50-63.

Holling C. S., 1973 - Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, vol. **4** :1-23.

Holling C. S., 1996 - Engineering resilience versus ecological resilience. *in* P. Schulze, editor. *Engineering within ecological constraints*. National Academy, Washington, D.C., USA : 31-44.

Holtmeier F.K. & Broll G., 2005 - Sensitivity and response of northern hemisphere altitudinal and polar treelines to environmental change at landscape and local scales. *Global Ecology and Biogeography* **14** (5) : 395-410.

Janssen J.A.M., Rodwell J.S., Garcia Criado M., Gubbay S., Haynes T., Nieto A., Sanders N., Landucci F., Loidi J., Ssymank A., Tahvanainen T., Valderrabano M., Acosta A., Aronsson

M., Arts G., Attorre F., Bergmeier E., Bijlsma R.-J., Bioret F., Biţă-Nicolae C., Biurrun I., Calix M., Capelo J., Čarni A., Chytrỳ M., Dengler J., Dimopoulos P., Essl F., Gardfjell H., Gigante D., Giusso del Galdo G., Hajek M., Jansen F., Jansen J., Kapfer J., Mickolajczak A., Molina J.A., Molnar Z., Paternoster D., Piernik A., Poulin B., Renaux B., Schaminée J.H.J., Šumberova K., Toivonen H., Tonteri T., Tsiripidis I., Tzonev R. & Valachovič M., 2016 - *European Red List of Habitats : Part 2. Terrestrial and freshwater habitats*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 38p.

Jeambrun. M., Giot D. & Bouiller R., 1973a - Carte géologique détaillée de la France à 1/50 000, 693, Clermont Ferrand. Ministère de l'Industrie, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Service géologique national. Orléans.

Jeambrun. M., Giot D. & Bouiller R., 1973b - *Notice explicative de la feuille 693 Clermont-Ferrand à 1/50 000*. Ministère de l'Industrie, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Service géologique national, Orléans, 63 p.

Jolibert N., 2014 - Le climat de la communauté de communes clermontoise. *Rev. Sc. Nat. Auvergne*, N.S., **77** : 19-23.

Juvigné É., Milcamps V., Delibrias G. & Evin J., 1988 - Âges de traits polliniques et chronozonation du Tardiglaciaire et de l'Holocène dans le Massif Central (France). *Mededelingen rijks geologische Dienst*, **41** (4) : 33-50.

Kovach WL, 2010, MVSP - *A MultiVariate Statistical Package for Windows, ver. 3.2.* Kovach Computing Services, Pentraeth, UK, 112 pp.

Kullman L., 2002 - Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes. *Journal of Ecology*, **90** : 68-77.

Lavrieux M., Disnar J.R., Chapron E., Bréheret J.G., Jacob J., Miras Y., Reyss J.L., Andrieu-Ponel V. & Arnaud F., 2013 - 6,700-year sedimentary record of climatic and anthropogenic signals in Lake Aydat (French Massif Central). *The Holocene*, **23** : 1317-1328.

Lazare J.-J., 2009 - Phytosociologie dynamico-caténale et gestion de la biodiversité. *Acta Botanica Gallica*, **156**(1) : 46-61.

Leadley P. W. & Körner C., 1996 - Effects of elevated CO2 on plant species dominance in a highly diverse calcareous grassland, *in* Körner, C. and Bazzaz, F. A. (eds.), *Carbon Dioxide, Populations, and Communities*, Academic Press, London : 159-175.

Leadley P. W., Niklaus P. A., Stocker R. & Körner C.,1999 - 'A field study of the effects of elevated CO2 on plant biomass and community structure in a calcareous grassland. *Oecologia* **118** : 39-49.

Lefeuvre M., 2013 - *Dynamiques végétales contemporaines dans les estives de la chaîne des Puys pour une approche intégrée*. Thèse d'Université, Clermont-Ferrand, 355p.

Legrand P., Bartoli F. & Curt T., 2007 - Spécificités des sols volcaniques du Massif central : bénéfices et contraintes pour la gestion forestière. *Rev. For. Fr.*, **LIX** - 2-2007 : 99-118.

Lemée G., 1959 - Carte des groupements végétaux de la France. Clermont-Ferrand S.-O (carte au 1/20 00ème). Centre National de la Recherche Scientifique.

Lemée G. & Carbiener R., 1956 - La végétation et les sols des volcans de la chaîne des Puys. 82ème session extraordinaire Massif des monts d'Auvergne. *Bull. Soc. Bot France*, 103ème année : 7-29.

Lenoir J., Gégout J.C., Pierrat J.C., Bontemps J.D. & Dhôte J.F., 2009 - Differences between tree species seedling and adult altitudinal distribution in mountain forests during the recent warm period (1986–2006). *Ecography*, **32** (5) : 765-777.

Loehle C., 1998 - 'Height growth rate tradeoffs determine northern and southern range limits for trees'. *J. Biogeogr.* **25** : 735-742.

Loidi J.& Fernandez-Gonzalez F., 2012 - Potential natural vegetation: reburying or reboring? *J. Veg. Sci*., **23** : 596-604.

Loiseau P. & Merle G., 1981 - Production et évolution des landes à callune dans la région des Dômes (Puy de Dôme). *Acta Oecologica* **2 (4)** : 283-298.

Long G. & Daget Ph., 1965 - Contribution à l'étude écologique du massif de la Margeride. Observations sur la pédogénèse et le dynamisme de la végétation sur les granites. *Ann. Agron.* **16** (4) : 401-432.

Luquet A., 1926 - *Essai sur la géographie botanique de l'Auvergne. Les associations végétales du massif des monts Dore.* Thèse, Paris, 267 p.

Luquet A., 1937 - *Recherches sur la géographie botanique du Massif Central – Les colonies xérothermiques de l'Auvergne*. Imp. Moderne, Aurillac, 328 p.

McLuhan T.C. & Edward S. Curtis, 2011 - *Pieds nus sur la terre sacrée*. Denoël, 192p.

Menzel A. & Fabian P., 1999 - Growing season extended in Europe. *Nature*, **397** : 659.

Michalet R. & Philippe T., 1996 - Les landes et les pelouses acidiphiles de l'étage subalpin des monts Dore (Massif central français). *Coll. Phytosoc*., **XXII** : 397-430.

Michalet R., Coquillard P. & Gueugnot J., 1989 - Landes et herbages des édifices volcaniques de la chaîne des Puys (Massif central français) I- Synsystématique. *Coll. Phytosoc*., **XVI** : 645-663.

Miras Y., Lavrieux M. & Florez M., 2013 - Holocene ecological trajectories in lake and wetland systems (Auvergne, France): A palaeoenvironmental contribution for a better assessment of ecosystem and land use 's viability in management strategies. *Ann. Bot. (Roma)*, **3** : 127-133.

Mucina L., 2010 - Floristic–phytosociological approach, potential natural vegetation, and survival of prejudice. *Lazaroa*, **31** : 173-182.

Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J.-P., Raus T., Čarni A., Šumberová K., Willner W., Dengler J., Gavilán García R., Chytrý M., Hájek M., Di Pietro R., Iakushenko D., Pallas J., Daniëls F.J.A., Bergmeier E., Santos Guerra A., Ermakov N., Valachovič M., Schaminée J.H.J., Lysenko T., Didukh Y.P., Pignatti S., Rodwell J.S., Capelo J., Weber H.E., Solomeshch A., Dimopoulos P., Aguiar C., Hennekens S.M. & Tichý L., 2016 - Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Applied Vegetation Science*, **19** (Suppl. 1) : 3-264.

Ozenda P., 1963 - Principes et objectifs d'une cartographie de la végétation des Alpes à moyenne échelle. *Documents de cartographie écologique*, Grenoble, **XVI** : 5-18.

Ozenda P., 1982 - *Les végétaux dans la biosphère*. Doin Editeurs, Paris, 431 p.

Ozenda P., 1985 - *La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen*. Masson, Paris, 343 p.

Ozenda P., 2002 - *Perspectives pour une géobiologie des montagnes*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausannes, 193 p.

Pauli H., Gottfried M., Dullinger S., Abdaladze O., Akhalkatsi M., Benito Alonso J.L., Coldea G., Dick J., Erschbamer B., Fernández Calzado R., Ghosn D, Jarle I., Holten J.I., Kanka R., Kazakis G., Kollár J., Larsson P., Moiseev P., Moiseev D., Molau U., Molero Mesa J., Nagy L., Pelino G., Puşcaş M., Rossi G., Stanisci A., Syverhuset A.O., Theurillat J.-P., Tomaselli M., Unterluggauer P., Villar L., Vittoz P. & Grabherr G., 2012 - Recent plant diversity changes on Europe's mountain summits. *Sciences*, **336** : 353-355.

Peyronnet R. de, 1964 - Etude de la bordure cristalline de la Limagne entre les vallées de la Tiretaine et de la Couze Chambon. Trav. Départ. Géol. et Min. Univ. Clermont. *Rev. Sc. Nat. d'Auvergne*, **30** : 17-39.

Pimm S.L., 1984 - The complexity and stability of ecosystems. *Nature*, **307** (26) : 321–326.

Pinto-Gomez C. J. & Lazare J.-J, 2002 - La végétation du centre et du sud du Portugal. Guide de voyage botanique. *J. Bot. Soc. France*, **17** : 1-89.

Prévosto B., 1999 - *Analyse fonctionnelle des boisements spontanés et modélisation de leur développement. Application aux peuplements de Betula pendula (Roth.) et Pinus sylvestris (L.) en moyenne montagne volcanique (La Chaîne de Puys, Massif Central)*. Thèse, Université Aix-Marseille, 198 p.

Prévosto B., Curt T. & Bourhis O., 2000 - Typologie et dynamique des peuplements spontanés de Pinus sylvestris en moyenne montagne volcanique : la Chaîne des Puys (Massif Central Français). *Coll. Phytosoc.* **XXVII**," Données de la phytosociologie sigmatiste", Bailleul 1997 : 315-328.

Prévosto B. & Coquillard P., 2001 - Dynamique des boisements spontanés dans la Chaîne des Puys : une approche par la modélisation. *Forêt méditerranéenne*, **XXII** (1) : 29-36.

Prévosto B., Dambrine E. & Zeller B., 2006 - Impact de l'abandon et de la colonisation par le genêt (*Cytisus scoparius* L.) sur le sol et la végétation d'une pâture de la Chaine des Puys (Massif Central). *Etude et gestion des sols,* **13 (2)** : 103 -112.

Puytorac P. (de), Tort M., Bouteville P., Gigault L., Vitte R. & Fain J., 1997 - *L'Auvergne. Les milieux, la flore, la faune*. La bibliothèque du naturaliste, Delachaux et Niestlé, 368p.

Raynal J.P., 1984 - Chronologie des basses terrasses de l'Allier en Grande Limagne (Puy-de-Dôme, France). *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire,* **1.2.3** : 79-84.

Raynal J.P. & Daugas J;-P., 1984 - Volcanisme et occupation humaine préhistorique dans le Massif Central français : quelques observations / Some observations about volcanic activity and prehistoric human settlement in the french Massif Central. In*: Revue archéologique du Centre de la France*, tome **23**, fascicule 1 : 7-20.

Raynal J.-P., Vernet G. et Vivent D., 1998 - Des volcans et des hommes depuis le dernier interglaciaire en Basse Auvergne (Massif Central, France). *In Il sistma uomo-ambiente tra passato e presente, a cura di Claude Albore Livadie e Franco Ortolani*, Centro Universitario Europeo peri i Beni Culturali, Ravello, EDIPUGLIA, Bari, 1998 : 197-220.

Rey P., 1958 - La cartographie botanique en couleur. *Bulletin du Servie de la Carte phytogéographique. Série A, carte de la végétation.* Centre National de la Recherche Scientifique, Tome III, Fascicule1 : 11-19.

Rivas-Martinez S., 1976 - Sinfitosociologia, una nueva metodologia para el estudio del paisaje vegetal. *Anal. Inst. Bot*., Cavanilles, **33** : 179-188.

Rivas-Martinez S., 1982 - Étages bioclimatiques, secteurs chorologiques et séries de végétation de l'Espagne méditerranéenne. *Ecologia mediterranea,* **VIII**(1-2) : 275-288.

Rivas-Martínez S., 2005 - Notions on dynamic-caténal phytosociology as a basis of landscape science. *Plant Biosystems,* **139** (2) : 135-144.

Rivas-Martínez S, 2007 - Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España. *Itinera Geobotanica*, NS, **17**, 435p.

Rivas-Martínez S., Navarro G., Penas Á. & Costa M., 2011 - Biogeographic Map of South America. A preliminary survey. *International Journal of Geobotanical Research,* **1** : 21-40.

Roche E. & Archer L., 1945 - *L'agriculture dans le Puy-de-Dôme*. Clermont, 512p.

Rodwell J. S., Schaminée J.H.J., Mucina L. Pignatti S., Dring J. & Moss D., 2002 - *The diversity of European vegetation – an overview of phytosociological alliances and their relationships to EUNIS habitats*. Rapport European environment agency n° 2002/054, 168 p.

Roleček J., Tichỳ L., Zelenỳ D. & Chytrỳ M., 2009 - Modified TWINSPAN classification in which the hierarchy respects cluster heterogeneity. *J. Veg. Sci*., **120** : 596-602.

Rousseau S. & Loiseau P., 1982 - Structure et cycle de développement des peuplements à Cytisus scoparius L. dans la Chaîne des Puys. *Acta Oecol*., **3 (2)** : 155-168.

Roux C. & Thébaud G., 2010 - Les pelouses xérothermiques calcicoles cantaliennes : caractérisation écologique et position phytosociologique au sein de l'Europe subatlantique. *J. Bot. Soc. Bot. France*, **52** : 25-42.

Roux C., Thébaud G. & Bernard C.-E. 2014 - *Habitats ouverts pastoraux de la chaine des Puys (Site Natura 2000 FR8301052): caractérisation phytosociologique et dynamique; applications méthodologiques pour l'évaluation et le suivi de l'état de conservation*. Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne, UNIVEGE, rapport d'étude, 86p.

Roux C. & Thébaud G., 2015 - *Chênaies pubescentes des côtes de Clermont et de Châteauguay. Etude botanique et phytoécologique Suivi permanent de la flore et des habitats naturels de Clermont Communauté*. Rapport UNIVEGE, 22p.

Roux C. & Thébaud G., 2016 - *Habitats et flore des forêts de pins de la région clermontoise: dynamique de conquête et d'occupation des paysages.* Rapport UNIVEGE, 44p.

Roux C., Thébaud G., Bouzillé J.-B., Bonis A. & Hennekens S., 2017 - Describing vegetation at the landscape level: “Paysage” a database designed for series and geoseries dataset. *Botany Letters*, Taylor & Francis, **164**(2). sous presse

Saltré F., Duputié A., Gaucherel C. & Chuine I., 2015 - How climate, migration ability and habitat fragmentation affect the projected future distribution of European beech. *Global Change Biology*, **21** (2) : 897-910.

Saxe H., Cannell M., Johnsen Ø., Ryan M. & Vourlitis G., 2001 - Tree and forest functioning in response to global warming. *New Phytologist* **149** (3) : 369-399.

Schaminée J.H.J & Hennekens S.H, 2005 - SynBioSys Europe - Examples from European forest communities. *Botanika Chronika* **18** (2005)1 : 201-210.

Schaminée J., Hennekens S. & Ozinga W., 2007 - Use of the ecological information system SynBioSys for the analysis of large datasets. *J. Veg. Sci*., **18** : 463-470.

Serre F., 2010 - *L’évolution de l’enneigement dans le Massif central. Rapport conférence permanente du tourisme en Massif central* – Commission n° 9 « observatoire des données neige sur le Massif central », Clermont-Ferrand DATAR, 37p.

Serre F., 2015 - Les singularités du climat et son évolution récentedans le massif des monts Dore. *Rev. Sc. Nat. Auvergne* 78 (2014) : 51-74.

Simmonot J.-L., Bujadoux S. & Bugnon F., 1982 - Un diagramme circulaire de répartition écologique des différents modèles de forêts en Bourgogne. *Bull. Sci. Bourg.*, tome **35**, fasc. 2 : 61-64.

SIVIM - Ministerio de Educación y Ciencia. http://www.sivim.es/sivi/

Ter Braak C.J.F, 1986 - Canonical correspondence analysis : a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology,* **67** : 1167-1179.

Thébaud G., 1988 - *Le Haut-Forez et ses milieux naturels. Apports de l'analyse phytosociologique pour la connaissance écologique et géographique d'une moyenne montagne cristalline subatlantique.* Thèse d'état, Clermont-Ferrand, 330 p.

Thébaud G., Prévitali P.-F., Rubio F. & Delcoigne A., 2003 - *Les phytocénoses forestières des ravins du puy de Saint-Hippolyte et du Mont Servait (Forêt de la Comté d'Auvergne, communes de Vic-le-Comte, Yronde-et-Buron, Saint-Babel).* Rapport d'étude, Institut des Herbiers Universitaires, Conseil Général du Puy-de-Dôme, Office National des Forêts, 19p. + annexes.

Thébaud G., Roux C. & Delcoigne A., 2007 - *Narse d'Espinasse: expertise phytoécologique et orientations de gestion.* Rapport Institut Herbiers Universitaires de Clermont, 31 p.

Thébaud G., Roux C., Delcoigne A., Bachelard P., Teynié A., Barbarin J.-P., Calmont B., Longchambon L., Maneval S., Boulade Y. & Lemarchand C., 2011 - *Plan biodiversité Clermont Communauté : cartographie écologique et bilan du patrimoine naturel, première partie*. Rapport Institut de botanique-Herbiers universitaires de Clermont-Ferrand, Clermont Communauté, 203p.

Thébaud G. & Delcoigne A., 2012 - *Inventaire flore-habitats des rases de Limagne et conseil en renaturation de la rivière Artière*. Rapport d'étude, UNIVEGE-Herbiers Universitaires de Clermont-Ferrand, Clermont Communauté, 13p.

Thébaud G., Delcoigne A. & Roux C., 2013a. *Plan Biodiversité « Puy de la Charité » : profil socio-écologique topostationnel. Suivi permanent de la flore et des habitats naturels de Clermont communauté.* Rapport UNIVEGE-Herbiers universitaires de Clermont-Ferrand, Clermont Communauté, 9p.

Thébaud G., Delcoigne A. & Roux C., 2013b - *Plan Biodiversité « Boire de Pont-du-Château » Profil socio-écologique topo-stationnel Suivi permanent de la flore et des habitats naturels de Clermont communauté*. Rapport UNIVEGE-Herbiers universitaires de Clermont-Ferrand, Clermont Communauté, 9p.

Thébaud G., Roux C., Bernard C.-E. & Delcoigne A., 2014 - *Guide d'identification des végétations du nord du Massif central*. Presses universitaires Blaise Pascal, 274 p.

Thébaud G., Roux C. & Bernard C.-E., 2015 - *Suivi botanique et phytoécologique des landes et pelouses pastorales du puy de la Combegrasse. Mise en place de parcelles permanentes de suivi de végétation*. Rapport UNIVEGE-Herbiers universitaires de Clermont-Ferrand, PNRVA, 35p.

Theurillat J.-P., 1992 - *Étude et cartographie du paysage végétal (symphytocoenologie) dans la région d'Aletsch (Valais, Suisse)*. Commission géobotanique de l'Académie Suisse des Sciences Naturelles, 384p+cartes.

Theurillat J.-P., Felber F., Geissler P., Gobat J.-M., Fierz M., Fischlin A., Küpfer P., Schlüssel A., Velutti C., and Zhao G.-F., 1998 - 'Sensitivity of Plant and Soils Ecosystems of the Alps to Climate Change', *in* Cebon P., Dahinden U., Davies H. C. Imboden D. & Jaeger C. C. (eds.), '*Views from the Alps : Regional Perspectives on Climate Change'*. MIT Press, Cambridge, MA : 225-308.

Theurillat J.P. & Guisan A., 2001 - Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: a review. *Climatic Change*, **50** (1-2) : 77-109.

Tichý L., 2002 - JUICE, software for vegetation classification. *J. Veg. Sci.* **13** : 451-453.

Trément, F., Loison, G., Argant, J., Bréhéret, J. .-G., Cabanis, M., & Dousteyssier, B., Fourmont A., Fournier G., Liabeuf R., López-Sáez J.-A., Macaire J.-J., Milcent P.-Y., Prat B., Yannick Rialland & Vernet G., 2006 - Interactions sociétés-milieux en Grande Limagne du Néolithique à l'époque romaine. Apport des recherches interdisciplinaires conduites dans le bassin de Sarlième (Puy-de-Dôme). *In Actes des VIe rencontres méridionales de Préhistoire récente* (Périgueux, 14-16 octobre 2004) : 375–396.

Tüxen R., 1956 - Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. *Angewandte Pflanzensoziologie*, **13** : 5-55.

Tüxen R., 1973 - Vorschlag zur Aufnahme von Gesellschaftskomplexen in potentiell natürlichen Vegetationsgebieten. Acta Bot. Acad. Sc. Hung., **19** : 379-384.

Tüxen R., 1977 - Zur homogenität von sigmassoziationen, ihner syntaxonomischen ordnung und ihrer verwendung in der vegetationskartierung. *Doc Phytosoc*, NS **1** : 321-328.

Vanden Berghen C. 1973 - Initiation à l'étude de la végétation. 2e édition, Les Naturalistes Belges, Bruxelles, 236p.

Vitasse Y., Hoch G., Randin C., Lenz A., Kollas C. & Körner C., 2012 - Tree recruitment of European tree species at their current upper elevational limits in the Swiss Alps. *Journal of Biogeography* **39** (8) : 1439-1449.

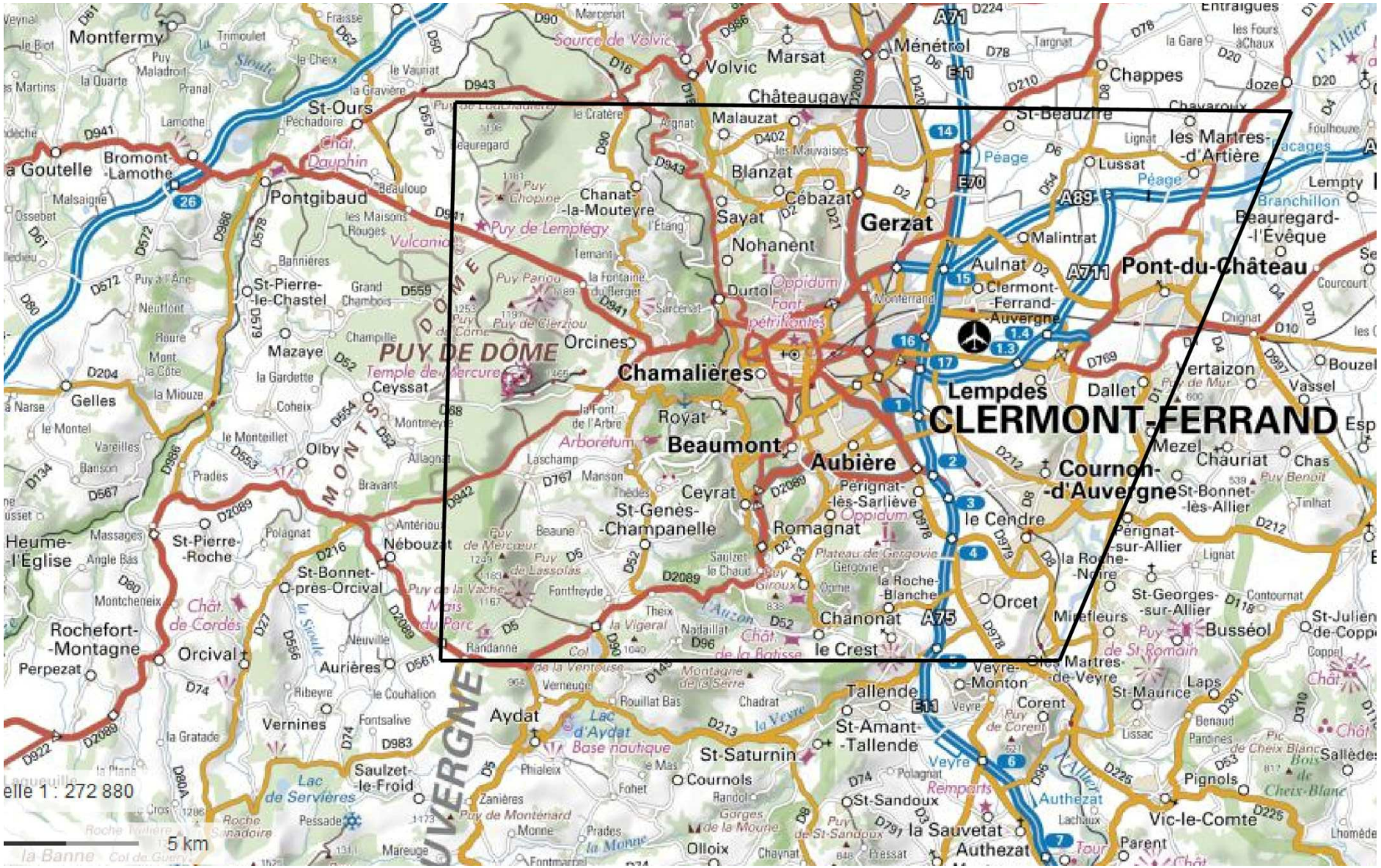
Von Heinsdorf D., 1999 - Buchen- und Eichenanbau aus Sicht prognostizierter Klimaveränderun-gen. *AFZ der Wald*, **54** : 567-571.

Weber H.E., Moravec J. & Theurillat J.-P., 2000 - International Code of Phytosociological Nomenclature. 3rd edition. *J. Veg. Sci.* **11** : 739-768.

ANNEXES

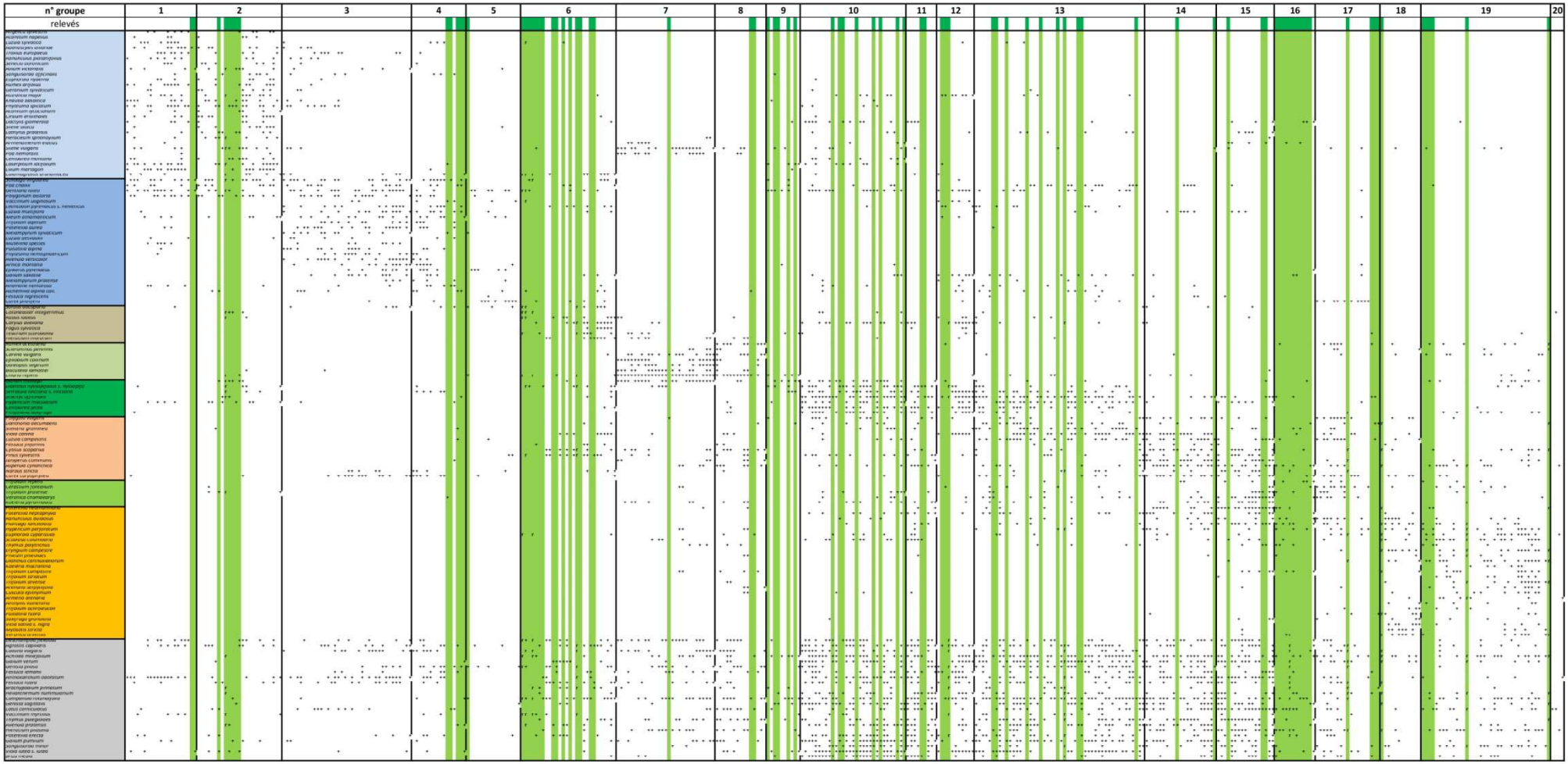
ANNEXE 1

Localisation de la zone d'étude


CLERMONT-FERRAND
Gerzat
Pont-du-Château
Lempdes
Aubière
Beaumont
Chamalières
Royat
Orcines
PUY DE DÔME
Montferrmy
St-Ours
Pontgibaud
Bromont-Lamothe
Volvic
Marsat
Châteaugay
Malauzat
Blanzat
Cébazat
Sayat
Nohanent
Durtol
Chanat-la-Mouteyre
Aulnat
Clermont-Ferrand-Auvergne
Malintrat
Lussat
les Martres-d'Artière
Ménétrol
Chappes
St-Beauzire
Vertaizon
Dallet
Cournon-d'Auvergne
Le Cendre
Romagnat
Ceyrat
St-Genès-Champanelle
Perignat-lès-Sarliève
Orcet
Chanonat
le Crest
Veyre-Monton
Tallende
St-Amant-Tallende
St-Saturnin
Aydat
Lac d'Aydat
Base nautique
Vernines
Saulzet-le-Froid
Lac de Servières
Cournols
St-Sandoux
la Sauvetat
Authezat
Vic-le-Comte
Pignols
Busséol
St-Georges-sur-Allier
Perignat-sur-Allier
la Roche-Noire
la Roche-Blanche
Mirefleurs
St-Maurice
Laps
Corent
Olby
Gelles
Ceyssat
Mazaye
St-Pierre-le-Chastel
Pontgibaud
Heume-l'Église
St-Pierre-Roche
St-Bonnet-près-Orcival
Rochefort-Montagne
Orcival
Perpezat
Aurières
Nébouzat
Antérioux
Olloix
Authezat
Parent
Chauriat
Mezel
St-Bonnet-lès-Allier
Vassel
Bouzel
Courcourt
Chignat
Lempty
Beauregard-l'Évêque
Branchillon
Tallende
Veyre
Polagnat
Remparts
Authezat
Lachaux
Pessade
Roche Sanadoire
Roche Tuilière
Col de Guéry
la Banne
Col de Guéry
elle 1 : 272 880
5 km

ANNEXE 2

Exemple de tableau référentiel analytique pour les landes et pelouses oligotrophiles


n° groupe
relevés
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

Extrait d'un tableau du référentiel analytique des landes/pelouses oligotrophiles comportant 422 relevés et 318 taxons du secteur chaîne des Puys/plateau/gorges issu d'une analyse de classification de type Twinspan modified (Rolecek *et al.* 2009). La 1ère colonne à gauche contient la liste des taxons. Les taxons sont regroupés selon un gradient principalement altitudinal avec 9 groupes de taxons différentiels distingués par couleurs. Les autres colonnes représentent les relevés avec en vert les relevés effectués dans le cadre de notre étude et en blanc les relevés issus de la bibliographie (Billy, relevés manuscrits ; Coquillard Gueugnot & Michalet 1988 relevés manuscrits ; Michalet *et al.* 1988 ; Thébaud 1988). Après analyses les colonnes ont été regroupées en 20 groupes correspond aux associations végétales suivantes :
1 *Luzulo sylvaticae-Calamagrostietum arundinaceae* ; **2** *Heracleo sphondylii-Calamagrostietum arundinaceae* ; **3** *Vaccinietum uliginosi-myrtilli ;* **4** *Vaccinietum uliginosi-myrtilli vaccinietosum uliginosi ;* **5** *Alchemillo saxatilis-Vaccinietum uliginos ;* **6** *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli senecietosum adonidifolii ;* **7** *Biscutello lamottei-Galeopsietum segeti* ; **8** groupement à *Rumex acetosella* et *Scleranthus* ; **9** Groupement à *Brachypodium rupestre* et *Calamagrostis arundinacea* ; **10** *Diantho monspessulani-Brachypodietum pinnati* ; **11** *Diantho-Brachypodietum leucanthemetosum vulgaris* ; **12** *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli salicetosum capreolae* ; **13** *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli* autres sous-associations ; **14** *Festuco filiformis-Callunetum vulgaris* ; **15** *Ranunculo bulbosi-Brachypodietum pinnati* ; **16** *Ranunculo -Brachypodietum trifolietosum repentis* ; **17** *Festuco rubrae-Genistetum sagitalis* ; **18** *Pulsatillo rubrae-Dactylorhizetum sambucinae* ; **19** *Phleo phleoidis-Festucetum lemanii* ; **20** *Phleo-Festucetum* variante à *Linum*.

ANNEXE 3

Synsystème du secteur d'étude

CLASSE ***AGROPYRETEA PUNGENTIS*** GÉHU 1968

Ordre *Agropyretalia intermedii-repentis* Oberd. T. Müll. & Görs *in* T. Müll. & Görs 1969

Alliance *Equiseto ramosissimi-Elytrigion campestris* Felzines 2011

- ***Vicio luteae-Elytrigietum campestris*** (Belin 1978) Felzines 2011

CLASSE ***AGROSTIETEA STOLONIFERAE*** T. MÜLL. & GÖRS 1969

Ordre *Deschampsietalia cespitosae* Horvatic 1958

Alliance *Oenanthion fistulosae* B. Foucault 2008

- ***Eleocharito palustris-Oenanthetum fistulosae*** B. Foucault 2008

Ordre *Potentillo anserinae-Polygonetalia avicularis* Tüxen 1947

Alliance *Mentho longifoliae-Juncion inflexi* T. Müll. & Görs *ex* B. Foucault 2008

- ***Mentho longifoliae-Juncetum inflexi*** Lohmeyer *ex* Oberd. 1957
- ***Rumici crispi-Juncetum inflexi*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

Alliance *Ranunculo repentis-Cynosurion cristati* H. Passarge 1969

- ***Junco acutiflori-Cynosuretum cristati*** Sougnez 1957

CLASSE ***ALNETEA GLUTINOSAE*** BRAUN-BLANQ. & TÜXEN *EX* V. WESTH., DIJK & PASSCHIER 1946 MOOR 1958

Ordre *Salicetalia auritae* Doing *ex* V. Westh. *in* V.Westh. & den Held 1969

Alliance *Salicion cinereae* T. Müll. et Görs 1958

- ***Salicetum pentandro-atrocinereae*** Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

Ordre *Alnetalia glutinosae* Tüxen 1937

Alliance *Alnion glutinosae* Malcuit 1929

- ***Cirsio oleracei-Alnetum glutinosae*** Noirfalise & Sougnez 1961

CLASSE ***ARRHENATHERETEA ELATIORIS*** BRAUN-BLANQ. *EX* BRAUN-BLANQ, ROUSSINE & NÈGRE 1952

Ordre Arrhenatheretalia elatioris Tüxen 1931

Alliance *Arrhenatherion elatioris* W. Koch 1926

- ***Alopecuro pratensis-Arrhenatheretum elatioris*** (Tüxen 1937) Julve *ex* B. Foucault 2016
- ***Knautio arvernensis-Arrhenatheretum elatioris*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

- ***typicum***
- ***malvetosum moschatae*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

- ***Agrostio capillaris-Saxifragetum granulatae*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Dauco carotae-Arrhenatheretum elatioris*** Görs 1966
  - ***typicum***
  - ***onobrychidetosum viciifoliae*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
  - ***brometosum erecti*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Poo angustifoliae-Avenuletum pubescentis*** Loiseau & Felzines *in* J.-M. Royer, Felzines, Misset & Thévenin *ex* Felzines 2011
- ***Heracleo lecoqii-Arrhenatheretum elatioris*** B. Foucault 1987 ***heracleetosum sphondylli*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Orchido morionis-Saxifragetum granulatae*** (Gaume 1925) B. Foucault 1989

Ordre *Trifolio repentis-Phleetalia pratensis* H. Passarge 1969

Alliance *Cynosurion cristati* Tüxen 1947

- ***Cynosuro cristati-Lolietum perennis*** Braun-Blanq. & De Leeuw 1936
- ***Festuco commutatae-Cynosuretum cristati*** Tüxen *in* Büker 1942
- ***Scorzonero humilis-Agrostietum capillaris*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Trifolietum dubio-subterranei*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

CLASSE ***ARTEMISIETEA VULGARIS*** LOHMEYER, PREISING & TÜXEN *EX* VON ROCHOW 1951

Ordre *Artemisietalia vulgaris* Tüxen 1947 *nom. nud.*

Alliance *Arction lappae* Tüxen 1937

- ***Chaerophylletum aurei*** Oberd. 1957
- **Groupement à *Galium aparine* et *Urtica dioica*** Billy 1997
- **Groupement à *Galium mollugo* et *Urtica dioica*** Billy 1997

Ordre *Onopordetalia acanthii* Braun.-Blanq. & Tüxen *ex* Klika *in* Klika & Hadač 1944

Alliance *Dauco carotae-Melilotion albi* Görs 1966

- ***Scrophulario caninae-Melilotetum albae*** Loiseau & Braque 1972

CLASSE ***ASPLENIETEA TRICHOMANIS*** (BRAUN-BLANQ. *IN* MEIER & BRAUN.-BLANQ. 1934) OBERD. 1977

Ordre *Androsacetalia vandellii* Braun-Blanq. *in* Meier & Braun-Blanq. 1934 *nom. corr.*

Alliance *Asplenion septentrionalis* Oberd. 1938

- ***Asplenietum septentrionali-adianti-nigri*** Oberd. 1938
- **Groupement à *Asplenium trichomanes* et *Asplenium septentrionale*** Billy 2002

Ordre *Potentilletalia caulescentis* Braun-Blanq. *in* Braun.-Blanq. & H. Jenny 1926

Alliance *Violo biflorae-Cystopteridion alpinae* Fernández Casas 1970

- **Groupement à *Cystopteris fragilis* et *Polypodium vulgare***

CLASSE ***BETULO CARPATICAE-ALNETEA VIRIDIS*** REJMÁNEK *IN* HUML, LEPŠ, PRACH & REJMÁNEK 1979

Ordre *Alnetalia viridis* Rübel *ex* Huml, Lepš, Prach & Rejmánek 1979

Alliance *Sorbo mougeotii-Lonicerion alpigenae* B. Foucault 2012

- ***Daphno mezerei-Coryletum avellanae*** C. Roux *in* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014 ***typicum* et *stachyetosum officinalis***

Alliance *Pruno petraeae-Sorbion aucupariae* (Rameau *in* Rameau *et al.* 1993) Seytre & Boeuf *in* Bœuf 2011

- **Groupement à *Sorbus* et *Salix*** Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

CLASSE ***BIDENTETEA TRIPARTITAE*** TÜXEN, W.LOHMEYER & PREISING *EX* VON ROCHOW 1951

Ordre *Bidentetalia tripartitae* Braun-Blanq. & Tüxen *ex* Klika *in* Klika & Hadač 1944

Alliance *Bidention tripartitae* Nordh 1940

- ***Polygono hydropiperis-Bidentetum tripartitae*** Tüxen 1950 *ex* H. Passarge 1955

Alliance *Chenopodion rubri* (Tüxen *ex* Poli & J.Tüxen 1960) Kopecký 1969

- ***Eragrostio pectinacei-Chenopodietum botryos*** (Felzines & Loiseau) Felzines 2012
- ***Echinocloo muricatae-Amaranthetum pseudogracilis*** Wisskirchen 1995
- ***Persicario lapathifoliae-Echinochloetum cruris-galli*** Felzines & Loiseau 2006

CLASSE ***CALLUNO VULGARIS-ULICETEA MINORIS*** BRAUN-BLANQ. & TÜXEN *EX* KLIKA *IN* KLIKA& HADAČ 1944

Ordre *Vaccinio myrtilli-Genistetalia pilosae* Schubert 1960

Alliance *Genistion tinctorio-germanicae* B. Foucault 2008

- ***Genisto pilosae-Callunetum vulgaris*** (Braun-Blanq.) Oberd. 1938

Alliance *Genisto pilosae-Vaccinion uliginosi* Braun-Blanq. 1927

- ***Vaccinietum uliginosi-myrtilli*** Braun-Blanq. 1926 ***vaccinietosum uliginosi*** Michalet & Philippe *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli*** Michalet Coquillard & Gueugnot 1989
  - ***senecietosum adonidifolii*** Michalet Coquillard & Gueugnot 1989
  - ***salicetosum capreae*** Michalet Coquillard & Gueugnot 1989
  - ***dianthetosum monspessulani*** Michalet Coquillard & Gueugnot 1989
  - ***festucetosum lemanii*** Michalet Coquillard & Gueugnot *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
  - ***nardetosum strictae*** Michalet Coquillard & Gueugnot 1989
- ***Festuco filiformis-Callunetum vulgaris*** Michalet Coquillard & Gueugnot 1989
- ***Alchemillo saxatilis-Vaccinietum uliginosi*** Thébaud *ex* Schaminée Hennekens & Thébaud 1993

CLASSE ***CHARETEA FRAGILIS*** F. FUKAREK *EX* KRAUSCH 1964

Ordre *Charetalia hispidae* Krausch *ex* W. Krause 1997

Alliance *Charion vulgaris* W. Krause 1981

- ***Charetum vulgaris*** Corill. 1949

CLASSE ***CYTISETEA SCOPARIO-STRIATI*** RIVAS-MART. 1975

Ordre *Cytisetalia scopario-striati* Rivas-Mart. 1975

Alliance *Sarothamnion scoparii* Tüxen *ex* Oberd. 1957

- ***Veronico chamaedryos-Cytisetum scoparii*** Coquillard *in* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- **Groupement à *Cytisus scoparius* et *Holcus mollis*** Billy 1997

CLASSE ***EPILOBIETEA ANGUSTIFOLII*** TÜXEN & PREISING *IN* TÜXEN 1950

Ordre *Epilobietalia angustifolii* Vlieger *ex* Tüxen 1950

Alliance Carici piluliferae-Epilobion angustifolii Tüxen 1950

- ***Epilobio angustifolii-Digitalietum purpureae*** Schwick. 1944
- ***Senecio fuchsii-Epilobietum angustifolii*** Tüxen 1950
- ***Stellario holosteae-Rubetum idaei*** H. Passarge 1982

CLASSE **ERICO CARNEAE -PINETEA SYLVESTRIS** HORVAT 1959

Ordre *Buxo sempervirentis-Pinetalia sylvestris* Rameau 1998

Alliance *Cephalanthero rubrae-Pinion sylvestris Vanden Berghen 1963*

- ***Cephalanthero longifoliae-Pinetum sylvestris*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

CLASSE ***FESTUCO VALESIACAE-BOMETEA ERECTI*** BRAUN-BLANQ. & TÜXEN *EX* BRAUN-BLANQ. 1949

Ordre *Brometalia erecti* W. Koch 1926

Alliance *Mesobromion erecti* (Braun-Blanq. & Moor 1938) Oberd. 1957

- ***Centaureo approximatae-Brachypodietum pinnati*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Diantho monspessulani-Brachypodietum pinnati*** Lemée & Carbiener *ex* Michalet, Coquillard & Gueugnot 1989
  - ***typicum***
  - ***vaccinietosum myrtilli*** Michalet, Coquillard & Gueugnot 1989
  - ***leucanthemetosum vulgaris*** Michalet, Coquillard & Gueugnot 1989
- **Groupement à *Brachypodium rupestre* et *Calamagrostis arundinacea*** Billy 2000
- ***Gymnadenio conopseae-Brachypodietum rupestris*** C. Roux & Thébaud 2011
  - ***jacobaeetosum erucifoliae*** (Billy 2000) Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Onobrychido viciifoliae-Brometum erecti*** (Scherrer 1925) Müller 1966
- ***Teucrio chamaedrys-Brometum erecti*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Ranunculo bulbosii-Brachypodietum pinnati*** Michalet, Coquillard & Gueugnot 1989 *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
  - ***typicum***
  - ***trifolietosum repentis*** Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

Alliance *Xerobromion erecti* (Braun-Blanq. & Moor 1938) Moravec *in* Holub, Heijný, Moravec & Neuhäusl 1967

- ***Chamaespartio sagittalis-Helianthemetum apennini*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Koelerio vallesiacae-Helianthemetum apennini*** Luquet *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

Alliance *Koelerio macranthae-Phleion phleoidis* Korneck 1974

- ***Ajugo genevensis-Festucetum valesiacae*** Billy *ex* Loiseau & Felzines 2010
- ***Phleo phleoidis-Festucetum lemanii*** (Lemée 1959) Billy 2000 *in* Loiseau & Felzines 2010
  - ***typicum***
  - ***campanuletosum glomeratae*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Pulsatillo rubrae-Dactylorhizetum sambucinae*** Dejou & Loiseau 1983
- ***Saxifrago granulatae-Helianthemetum nummularii*** Billy *ex* Loiseau & Felzines 2010

- ***Scrophulario caninae-Artemisietum campestris*** Billy *ex* Royer, Felzines, Misset &Thévenin 2006
- ***Sedo micranthi-Echietum vulgaris*** Loiseau & Felzines 2010

CLASSE ***FILIPENDULO ULMARIAE-CONVOLVULETEA SEPIUM*** GÉHU & GÉHU-FRANCK 1987

Ordre *Loto pedunculati-Filipenduletalia ulmariae* H. Passarge (1975) 1978

Alliance *Achilleo ptarmicae-Cirsion palustris* Julve & Gillet 1994

- ***Junco acutiflori-Angelicetum sylvestris*** Botineau *et al.* 1985
- **Groupement à *Scirpus sylvaticus* et *Angelica sylvestris*** Billy 2007

Alliance *Filipendulo ulmariae-Chaerophyllion hirsuti* B. Foucault 2011

- ***Ligulario sibiricae-Polygonetum bistortae*** Julve *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

Ordre *Convolvuletalia sepium* Tüxen *ex* Mucina *in* Mucina *et al.* 1993

Alliance *Convolvulion sepium* Tüxen *ex* Oberd. 1949

- ***Impatienti glanduliferae-Solidaginetum serotinae*** Moor 1958
- **Groupement à *Calystegia sepium* et *Humulus lupulus*** Billy 2007

CLASSE ***GALIO APARINES-URTICETEA DIOICAE*** H. PASSARGE *EX* KOPECKÝ 1969

Ordre *Galio aparines-Alliarietalia petiolatae* Oberd. *ex* Görs & T. Müll. 1969

Alliance *Aegopodion podagrariae* Tüxen 1967

- ***Geranio phaei-Urticetum dioicae*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Sambucetum ebuli*** (Kaiser 1926) Felföldy 1942
- ***Urtico dioicae-Aegopodietum podagrariae*** Tüxen *ex* Görs 1968

Alliance *Geo urbani-Alliarion petiolatae* W. Lohmeyer & Oberd. *ex* Görs & T. Müll. 1969

- ***Alliario petiolatae-Chaerophylletum temuli*** (Kreh 1935) W. Lohmeyer 1949
- ***Astero novi-belgii-Artemisietum vulgaris*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- **Groupement à *Ulmus minor* et *Chaerophyllum temulum***
- **Groupement à *Stellaria holostea* et *Urtica dioica***
- **Groupement à *Galium mollugo* et *Brachypodium pinnatum***

CLASSE ***GLYCERIO FLUITANTIS-NASTURTIETEA OFFICINALIS*** GÉHU & GÉHU-FRANCK 1987

Ordre *Nasturtio officinalis-Glyceretalia fluitantis* Pignatti 1953

Alliance *Glycerio fluitantis-Sparganion neglecti* Braun-Blanq. & G. Sissingh *in* Boer 1942

- ***Glycerietum fluitantis*** Eggler 1933

CLASSE ***HELIANTHEMETEA GUTTATI*** (BRAUN-BLANQ. *EX* RIVAS GODAY 1958) RIVAS GODAY & RIVAS MART. 1963

Ordre *Helianthemetalia guttati* Braun-Blanq. *in* Braun-Blanq., Molin. & He. Wagner 1940

Alliance *Thero-Airion* Tüxen *ex* Oberd. 1957

- ***Airo caryophylleae-Festucetum ovinae*** Tüxen 1955
- ***Filagini minimae-Airetum praecocis*** Wattez, Géhu & de Foucault 1978
- ***Filagini vulgaris-Vulpietum myuri*** Oberd. 1938
- ***Narduretum lachenalii*** Korneck 1975
- ***Micropyro tenelli-Vulpietum myuri*** Felzines & Loiseau 2005
- **Groupement à *Rumex acetosella* et *Scleranthus*** Coquillard, Gueugnot & Michalet 1991

CLASSE ***JUNCETEA BUFONII*** B. FOUCAULT 2013

Ordre *Nanocyperetalia flavescentis* Klika 1935

Alliance *Nanocyperion flavescentis* (W. Koch 1926) Libbert 1932

- ***Cyperetum flavescentis*** W. Koch *ex* Aichinger 1933

CLASSE ***LEMNETEA MINORIS*** TÜXEN *EX* O. BOLÔS & MASCLANS 1955

Ordre *Lemnetalia minoris* Tüxen *ex* O. Bolôs & Masclans 1955

Alliance *Lemnion minoris* Tüxen *ex* O. Bolôs & Masclans 1955

- ***Lemnetum gibbae*** W. Koch *ex* Miyawaki & J. Tüxen 1960
- ***Lemnetum minoris*** Soó 1927

Ordre *Hydrocharitetalia* Rübel *ex* Klika *in* Klika & Hadač 1944

Alliance *Hydrocharition morsus-ranae* Rübel *ex* Klika *in* Klika & Hadač 1944

- ***Ceratophylletum demersi*** Corill. 1957

CLASSE ***MELAMPYRO PRATENSIS-HOLCETEA MOLLIS*** H. PASSARGE 1994

Ordre *Melampyro pratensis-Holcetalia mollis* H. Passarge 1979

Alliance *Holco mollis-Pteridion aquilini* (H. Passarge 1994) Rameau *in* Bardat *et al.* 2004

- **Groupement à *Pteridium aquilinum*** Robbe 1993

Alliance *Conopodio majoris-Teucrion scorodoniae* Julve *ex* Boullet & Rameau *in* Bardat *et al*. 2004

- ***Teucrio scorodoniae-Silenetum nutantis*** B. Foucault & Frileux 1983

CLASSE ***MOLINIO CAERULEAE-JUNCETEA ACUTIFLORI*** BRAUN-BLANQ. 1950

Ordre *Molinietalia caeruleae* W. Koch 1926

Alliance *Juncion acutiflori* Braun-Blanq. *in* Braun-Blanq. & Tüxen 1952

- ***Loto uliginosi-Scorzoneretum humilis*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Selino pyrenaei-Juncetum acutiflori*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

CLASSE ***MULGEDIO ALPINI-ACONITETEA VARIEGATI*** HADAČ & KLIKA *EX* KLIKA 1948

Ordre *Adenostyletalia alliariae* G. & J. Braun-Blanq. 1931

Alliance *Calamagrostion arundinaceae* (Luquet 1926) Oberd. 1957

- ***Luzulo sylvaticae-Calamagrostietum arundinaceae*** Michalet & Philippe *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Heracleo sphondylii-Calamagrostietum arundinaceae*** Michalet & Philippe *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

CLASSE ***NARDETEA STRICTAE*** RIVAS GODAY *IN* RIVAS GODAY & RIVAS-MART. 1963

Ordre *Nardetalia strictae* Oberd. *ex* Preising 1950

Alliance *Violion caninae* Schwick. 1944

- ***Festuco rubrae-Genistetum sagittalis*** Issler 1927 *emend*. Oberd. 1957

CLASSE ***PHRAGMITO-MAGNOCARICETEA*** KLIKA *IN* KLIKA & NOVÁK 1941 *NOM. CONSERV.*

Ordre *Phragmitetalia* W. Koch 1926

Alliance *Phragmition communis* W. Koch 1926

- ***Phragmitetum communis*** Savič 1926
- ***Scirpetum lacustris*** Chouard 1924
- ***Typhetum angustifoliae*** P. Allorge *ex* Pignatti 1953

Alliance *Phalaridion arundinaceae* Kopecký 1961

- ***Rorippo sylvestris-Phalaridetum arundinaceae*** Kopecký (1960) 1961

Alliance *Eleocharito palustris-Sagittarion sagittifoliae* H. Passarge 1964

- ***Eleocharitetum palustris*** Ubrizsy 1948

Ordre *Magnocaricetalia* Pignatti 1954

Alliance *Magnocaricion elatae* W. Koch 1926

- ***Galio palustris-Caricetum rostratae*** H. Passarge 1999

Alliance *Carici pseudocyperi-Rumicion hydrolapathi* H. Passarge 1964

- ***Caricetum acutiformis*** Eggler 1933

Alliance *Caricion gracilis* Neuhäusl 1959

- ***Caricetum vesicariae*** Chouard 1924
  - ***scutellarietosum galericulatae*** Delcoigne *in* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Irido pseudacori-Caricetum acutae*** Delcoigne *in* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

Ordre *Bolboschoenetalia maritimi* Hejný *in* Holub, Hejný, Moravec & Neuhäusl 1967

Alliance *Scirpion maritimi* Å.E.Dahl & Hadač 1941

- ***Eleocharito palustris-Bolboschoenetum maritimi*** Delcoigne & Thébaud 2017

CLASSE ***POTAMETEA*** KLIKA *IN* KLIKA & V. NOVÁK 1941

Ordre *Luronio-Potametalia* Hartog & Segal 1964

Alliance *Batrachion fluitantis* Neuhäusl 1959

- ***Callitricho hamulatae-Myriophylletum alterniflori*** Steusloff *ex* Weber-Oldecop 1967
- ***Callitricho hamulatae-Ranunculetum penicillati*** T. Müll. *ex* H. Passarge 1992
- ***Potamo perfoliati-Ranunculetum fluitantis*** Allorge *ex* W. Koch 1926

Ordre *Potametalia* W. Koch 1926

Alliance *Potamion pectinati* (W. Koch 1926) Libbert 1931

- ***Elodeetum canadensis*** Pignatti *ex* Nedelcu 1967
- ***Parvopotamo-Zannichellietum palustris*** W. Koch *ex* Kapp & Sell 1965

Alliance *Nymphaeion albae* Oberd. 1957

- ***Polygonetum amphibii*** Pohjala 1933

CLASSE ***QUERCETEA PUBESCENTIS*** DOING-KRAFT *EX* SCAMONI & H. PASSARGE 1959

Ordre *Querco petraeae-Carpinetalia* betuli Moor *ex* Boeuf 2014

Alliance *Carpinion betuli* Issler 1931

- ***Cephalanthero damasonii-Quercetum petraeae*** Billy *ex* Thébaud *in* Renaux *et al.*
- ***Ornithogalo pyrenaici-Carpinetum betuli*** Billy *ex* Thébaud *in* Renaux *et al.*

Ordre *Quercetalia pubescenti-petraeae* Klika 1933 *nom. mut. propos.* Chytrý 1997

Alliance *Quercion pubescenti-petraeae* Braun-Blanq. 1932 *nom. mut.*

- ***Trifolio rubenti-Quercetum pubescentis*** Billy *ex* Thébaud & Renaux *in* Renaux *et al.*
  - ***typicum***
  - ***rubietosum peregrinae*** (Billy 1997) *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

CLASSE ***QUERCO ROBORIS-FAGETEA SYLVATICAE*** BRAUN-BLANQ. & VLIEGER *IN* VLIEGER 1937

Ordre *Fagetalia sylvaticae* Pawł. *in* Pawł., Sokołowski & Wallisch 1928

Alliance *Fraxino excelsioris-Quercion roboris* Rameau 1996 *nom. inval.*

- ***Pulmonario affinis-Fraxinetum excelsioris*** (Billy 1997) Renaux *et al.*

Alliance *Carpino betuli-Fagion sylvaticae* Boeuf & Renaux *in* Bœuf 2011

- ***Lilio martagonis-Quercetum roboris*** (Billy 1997) Renaux *et al.*
  - ***geranietosum nodosi*** (Billy 1997) Renaux *et al.*
- ***Polygonato multiflori-Fagetum sylvaticae*** C. Roux *in* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
  - ***typicum***
  - ***sorbetosum ariae*** C. Roux *in* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- **Groupement à *Fraxinus excelsior* et *Geum urbanum***

Alliance *Fagion sylvaticae* Luquet 1926

- ***Luzulo sylvaticae-Fagetum sylvaticae*** Cusset 1961
- ***Euphorbio hybernae-Fagetum sylvaticae*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
  - ***typicum***
  - ***scilletosum lilio-yacinthi*** C. Roux *in* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
  - ***coryletosum avellanae*** C. Roux *subass. nov. hoc loco.*

Alliance *Tilio platyphylli-Acerion pseudoplatani* Klika 1955

- ***Phyllitido scolopendri-Aceretum pseudoplatani*** (Schwick. 1933) Moor 1945

- ***Polysticho aculeati-Fraxinetum excelsioris*** (Billy 1997) Renaux *et al.*

Ordre *Populetalia albae* Braun-Blanq. *ex* Tchou 1948.

Alliance Alnion incanae Pawł. *in* Pawł., Sokołowski & Wallisch 1928

- ***Geranio phaei-Fraxinetum excelsioris*** Billy *ex* Renaux *et al.*
- ***Humulo lupuli-Fraxinetum excelsioris*** (Noirefalise & Sougnez 1961) Renaux *et al.*
- ***Impatienti noli-tangere-Alnetum glutinosae*** Brunerye *ex* Renaux *et al.* race à *Prunus padus* et *Geranium phaeum* Billy 1997
- **Groupement à *Ulmus minor* et *Chaerophyllum temulum*** Billy 1997

CLASSE ***QUERCETEA ROBORI-PETRAEAE*** BRAUN-BLANQ. & TÜXEN *EX* BRAUN-BLANQ., ROUSSINE & NÈGRE 1952

Ordre *Quercetalia roboris* Tüxen *in* Barner 1931

Alliance *Quercion roboris* Malcuit 1929

- ***Hieracio sabaudii-Quercetum petraeae*** Billy *ex* Renaux *et al.*
  - ***typicum***
  - ***quercetosum pubescentis*** Billy *ex* Renaux *et al.*

CLASSE ***RHAMNO CATHARTICAE-PRUNETEA SPINOSAE*** RIVAS GODAY & BORJA *EX* TÜXEN 1962

Ordre *Pyro spinosae-Rubetalia ulmifolii* Biondi, Blasi & Casavecchia *in* Biondi, Allegrezza, Casavecchia, Galdenzi, Gasparri, Pesaresi, Vagge & Blasi 2014

Alliance *Lonicerion periclymeni* Géhu, B. Foucault & Delelis *ex* B. Foucault & J.-M. Royer 2016

- ***Corylo avellanae-Crataegetum monogynae*** B. Foucault *in* B. Foucault & J.-M. Royer 2016

Ordre *Prunetalia spinosae* Tüxen 1952

Alliance *Rubo ulmifolii-Viburnion lantanae* B. Foucault & Julve *ex* B. Foucault & J.-M. Royer 2016

- ***Rubio peregrinae-Viburnetum lantanae*** B. Foucault & Julve 2001 *ex* B. Foucault & J.-M. Royer 2016
  - ***typicum***
  - ***loniceretosum periclymeni*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Roso micranthae-Prunetum spinosae*** B. Foucault 1989
  - ***rubetosum gillotii*** (Billy 1997) Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
  - ***rubetosum ulmifolii*** (Billy 1997) Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

- ***Coluteo arborescentis-Loniceretum etruscae*** Billy *ex* B. Foucault & J.-M. Royer 2016
  - ***typicum***
  - ***cytisetosum scoparii*** Billy *ex* B. Foucault & J.-M. Royer

Alliance *Amelanchiero ovalis-Buxion sempervirentis* O. Bolòs & Romo 1989

- ***Junipero communis-Amelanchieretum ovalis*** Billy *ex* B. Foucault & J.-M. Royer 2016

Alliance *Clematido vitalbae-Acerion campestris* Felzines *in* J.-M. Royer, Felzines, Misset & Thévenin 2006

- ***Lonicero xylostei-Viburnetum lantanae*** Billy *ex* B. Foucault & J.-M. Royer 2016

Ordre *Sambucetalia racemosae* Oberd*. ex* H. Passarge *in* Scamoni 1963

Alliance *Salici cinereae-Rhamnion catharticae* (Géhu, B. Foucault & Delelis 1983) *B.* Foucault & J.-M. Royer 2016

- ***Pruno padi-Coryletum avellanae*** Moor 1958
- ***Crataego monogynae-Salicetum pentandrae*** Billy *ex* B. Foucault & J.-M. Royer 2016

Alliance *Humulo lupuli-Sambucion nigrae* B. Foucault & Julve *ex* B. Foucault & J.-M. Royer 2016

- ***Humulo lupuli-Sambucetum nigrae*** T. Müll. *ex* B. Foucault 1991
  - ***typicum***
  - ***aceretosum pseudoplatani*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Pruno fruticantis-Euonymetum europaei*** Felzines & Loiseau *in* J.-M. Royer, Felzines, Misser & Thévenin 2006
- ***Corno sanguineae-Salicetum purpureae*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Rubo gillotii-Sambucetum nigrae*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Rubo ulmifolii-Ulmetum minoris*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

Alliance *Sambuco nigrae-Salicion capreae* Tüxen & Neumann *ex* Oberd. 1957

- ***Betulo pendulae-Salicetum capreae*** Billy *ex* B. Foucault *in* B. Foucault & Royer 2016
  - ***sorbetosum ariae*** Billy *ex* B. Foucault *in* B. Foucault & Royer 2016

Alliance *Lonicero nigrae-Corylion avellanae* Foucault & Julve *ex* B. Foucault & J.-M. Royer 2016

- ***Pruno spinosae-Rosetum vosagiacae*** Billy *ex* B. Foucault & Royer 2016

Alliance *Mespilo germanicae-Ilicion aquifolii* B. Foucault & Julve *ex* B. Foucault & J.-M. Royer 2016

- ***Lonicero periclymeni-Coryletum avellanae*** Gillet 1986

CLASSE ***SALICETEA PURPUREAE*** MOOR 1958

Ordre *Salicetalia albae* T. Müll. & Görs 1958 *nom. inval.*

Alliance *Salicion albae* Soó 1930

- ***Salicetum albae*** Issler 1926

CLASSE ***SEDO ALBI-SCLERANTHETEA BIENNIS*** BRAUN-BLANQ. 1955

Ordre *Sedo albi-Scleranthetalia biennis* Braun-Blanq. 1955

Alliance *Sedo albi-Veronicion dillenii* Oberd. *ex* Korneck 1974

- ***Scillo autumnalis-Sedetum albi*** Korneck 1975
- ***Sedo rupestris-Hieracietum pilosellae*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Trifolio striati-Vulpietum myuri*** Susplugas 1942

Alliance *Sedo albi-Scleranthion biennis* Braun-Blanq. 1955

- ***Anarrhino bellidifolii-Sedetum maximi*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

Ordre ***Alysso alyssoidis-Sedetalia acris*** Moravec 1967

Alliance *Alysso alyssoidis-Sedion albi* Oberd. & T. Müll. *in* T. Müll. 1961

- ***Medicaginetum minimo-rigidulae*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- **Groupement à *Bombycilaena erecta*** Billy 2002
- ***Alysso alyssoidis-Sedetum albi*** Oberd. & T. Müll. *in* T. Müll. 1961

CLASSE ***THLASPIETEA ROTUNDIFOLII*** BRAUN-BLANQ. 1948

Ordre *Galeopsietalia segetum* Oberd. & Seibert *in* Oberd. 1977

Alliance *Galeopsion segetum* Oberd. 1957

- ***Biscutello lamottei-Galeopsietum segeti*** Coquillard, Gueugnot & Michalet *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

CLASSE ***TRIFOLIO MEDII-GERANIETEA SANGUINEI*** T. MÜLL. 1962

Ordre *Antherico ramosi-Geranietalia sanguinei* Julve *ex* Dengler *in* Dengler *et al.* 2003

Alliance *Geranion sanguinei* Tüxen *in* T. Müll. 1962

- ***Cervario rivini-Oreoselinetum nigri*** Billy *ex* J.-M. Royer 2016
- ***Coronillo variae-Peucedanetum alsatici*** J.-M. Royer, Rameau & Prin 1983

Ordre *Origanetalia vulgaris* T. Müll. 1962

Alliance *Trifolion medii* T. Müll. 1962

- ***Trifolio medii-Agrimonietum eupatoriae*** T. Müll. 1962

Alliance *Knaution dipsacifoliae* Julve *ex* Dengler & Boch 2008

- ***Cirsio erisithalis-Teucrietum scorodoniae*** Billy *ex* J.-M. Royer 2016
- ***Centaureo nigrae-Vicietum orobi*** Billy *ex* J.-M. Royer 2016

CLASSE *JUNIPERO SABINAE-PINETEA IBERICAE* RIVAS-MART. 1965

Ordre *Junipero sabinae-Pinetalia ibericae* Rivas-Mart. 1965

Alliance *Goodyero repentis-Pinion sylvestris* Thébaud & C.-E. Bernard 2017

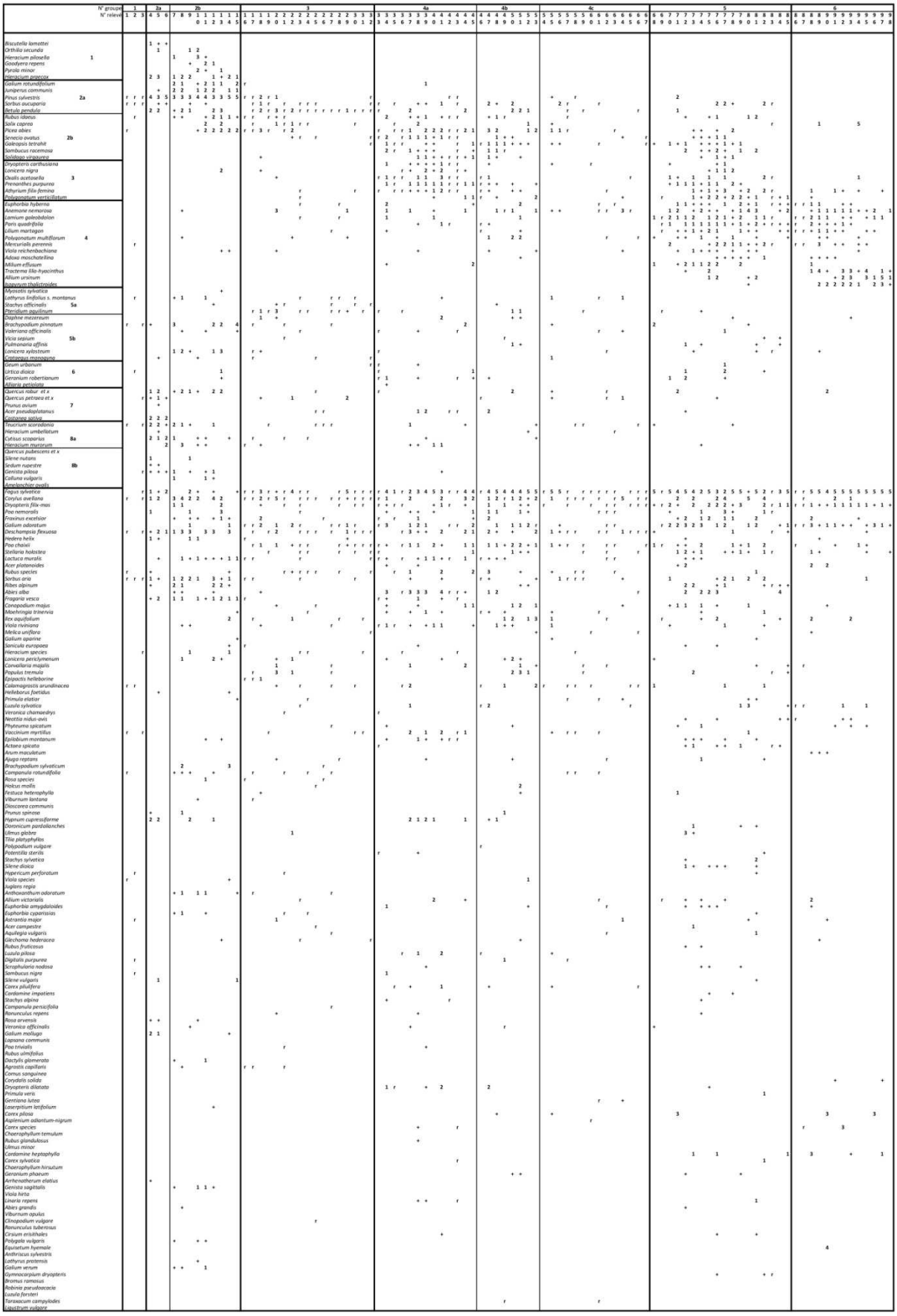
- ***Diantho monspessulani-Pinetum sylvestris*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
- ***Teucrio scorodoniae-Pinetum sylvestris*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014
  - ***typicum***
  - ***vaccinietosum mytilli*** Billy *ex* Thébaud, C. Roux, C.-E. Bernard & Delcoigne 2014

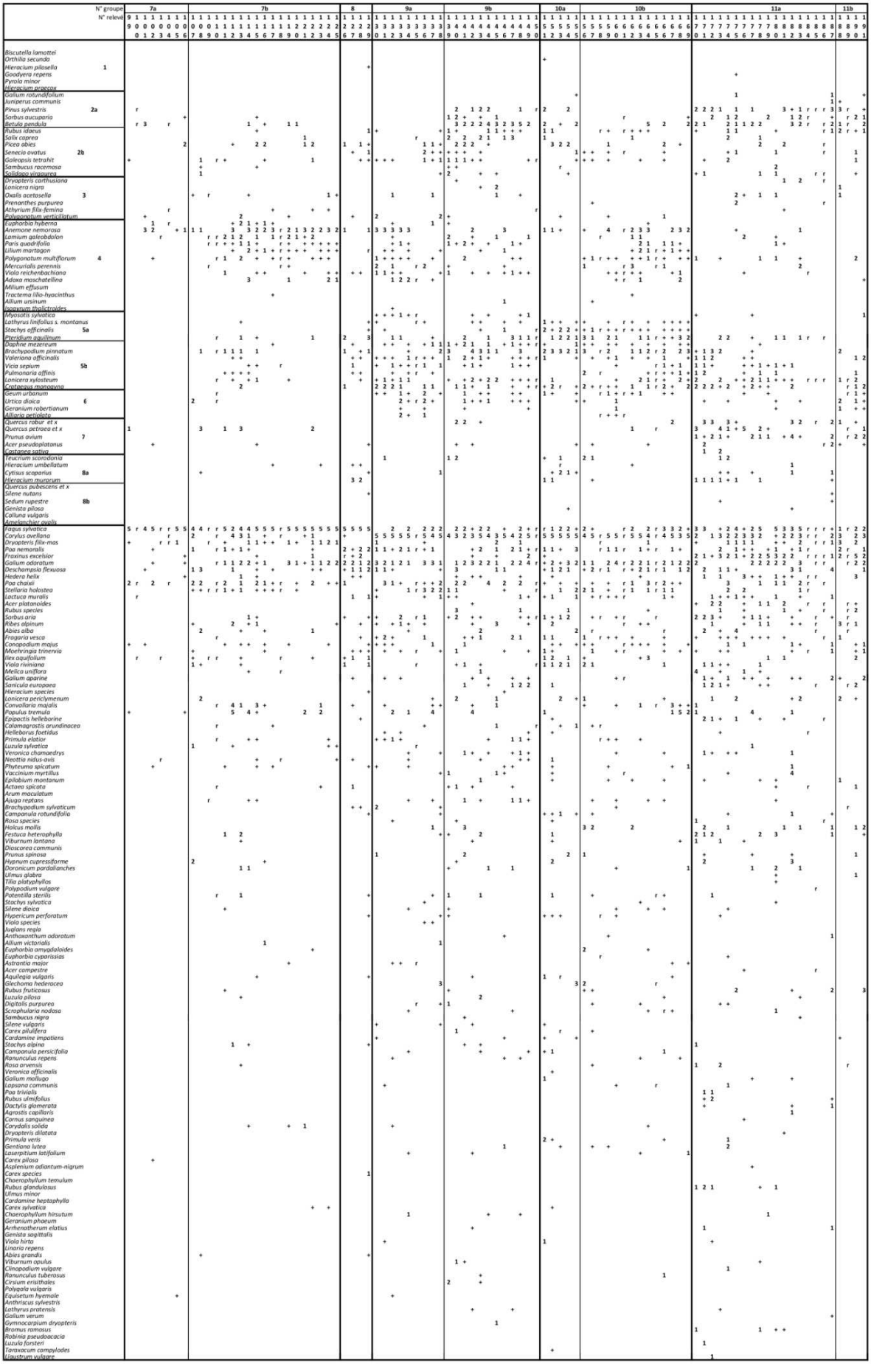
ANNEXE 4

Tableaux, listes d'espèces et de relevés

Tableau 1 : tableau de relevés forestiers submontagnards à montagnards
Tableau 2 : tableau de relevés forestiers planitiaires à collinéens
Espèces accidentelles et appendix du tableau 8 (relevés végétations arbustives Partie II - 3.1.2)
Tableau 3 : tableau de relevés des landes et pelouses oligotrophes
Tableau 4 : tableau de relevés des végétations mésotrophes à méso-eutrophes
Espèces accidentelles et appendix du tableau 11 (relevés végétations pionnières II - 3.1.4)
Espèces accidentelles et appendix du tableau 12 (relevés "autres communautés" Partie II - 3.1.5)
Tableau 5 : tableau synoptique - comparaison des nouveaux syntaxons

Tableau 1 : Tableau phytosociologique des forêts submontagnardes à montagnardes




N° groupe
N° relevé
7a
7b
8
9a
9b
10a
10b
11a
11b
Biscutella lamottei
Orthilia secunda
Hieracium pilosella
Goodyera repens
Pyrola minor
Hieracium praecox
Galium rotundifolium
Juniperus communis
Pinus sylvestris
Sorbus aucuparia
Betula pendula
Rubus idaeus
Salix caprea
Picea abies
Senecio ovatus
Galeopsis tetrahit
Sambucus racemosa
Solidago virgaurea
Dryopteris carthusiana
Lonicera nigra
Oxalis acetosella
Prenanthes purpurea
Athyrium filix-femina
Polygonatum verticillatum
Euphorbia hyberna
Anemone nemorosa
Lamium galeobdolon
Paris quadrifolia
Lilium martagon
Polygonatum multiflorum
Mercurialis perennis
Viola reichenbachiana
Adoxa moschatellina
Milium effusum
Tractema lilio-hyacinthus
Allium ursinum
Isopyrum thalictroides
Myosotis sylvatica
Lathyrus linifolius s. montanus
Stachys officinalis
Pteridium aquilinum
Daphne mezereum
Brachypodium pinnatum
Valeriana officinalis
Vicia sepium
Pulmonaria affinis
Lonicera xylosteum
Crataegus monogyna
Geum urbanum
Urtica dioica
Geranium robertianum
Alliaria petiolata
Quercus robur et x
Quercus petraea et x
Prunus avium
Acer pseudoplatanus
Castanea sativa
Teucrium scorodonia
Hieracium umbellatum
Cytisus scoparius
Hieracium murorum
Quercus pubescens et x
Silene nutans
Sedum rupestre
Genista pilosa
Calluna vulgaris
Amelanchier ovalis
Fagus sylvatica
Corylus avellana
Dryopteris filix-mas
Poa nemoralis
Fraxinus excelsior
Galium odoratum
Deschampsia flexuosa
Hedera helix
Poa chaixii
Stellaria holostea
Lactuca muralis
Acer platanoides
Rubus species
Sorbus aria
Ribes alpinum
Abies alba
Fragaria vesca
Conopodium majus
Moehringia trinervia
Ilex aquifolium
Viola riviniana
Melica uniflora
Galium aparine
Sanicula europaea
Hieracium species
Lonicera periclymenum
Convallaria majalis
Populus tremula
Epipactis helleborine
Calamagrostis arundinacea
Helleborus foetidus
Primula elatior
Luzula sylvatica
Veronica chamaedrys
Neottia nidus-avis
Phyteuma spicatum
Vaccinium myrtillus
Epilobium montanum
Actaea spicata
Arum maculatum
Ajuga reptans
Brachypodium sylvaticum
Campanula rotundifolia
Rosa species
Holcus mollis
Festuca heterophylla
Viburnum lantana
Dioscorea communis
Prunus spinosa
Hypnum cupressiforme
Doronicum pardalianches
Ulmus glabra
Tilia platyphyllos
Polypodium vulgare
Potentilla sterilis
Stachys sylvatica
Silene dioica
Hypericum perforatum
Viola species
Juglans regia
Anthoxanthum odoratum
Allium victorialis
Euphorbia amygdaloides
Euphorbia cyparissias
Astrantia major
Acer campestre
Aquilegia vulgaris
Glechoma hederacea
Rubus fruticosus
Luzula pilosa
Digitalis purpurea
Scrophularia nodosa
Sambucus nigra
Silene vulgaris
Carex pilulifera
Cardamine impatiens
Stachys alpina
Campanula persicifolia
Ranunculus repens
Rosa arvensis
Veronica officinalis
Galium mollugo
Lapsana communis
Poa trivialis
Rubus ulmifolius
Dactylis glomerata
Agrostis capillaris
Cornus sanguinea
Corydalis solida
Dryopteris dilatata
Primula veris
Gentiana lutea
Laserpitium latifolium
Carex pilosa
Asplenium adiantum-nigrum
Carex species
Chaerophyllum temulum
Rubus glandulosus
Ulmus minor
Cardamine heptaphylla
Carex sylvatica
Chaerophyllum hirsutum
Geranium phaeum
Arrhenatherum elatius
Genista sagittalis
Viola hirta
Linaria repens
Abies grandis
Viburnum opulus
Clinopodium vulgare
Ranunculus tuberosus
Cirsium erisithales
Polygala vulgaris
Equisetum hyemale
Anthriscus sylvestris
Lathyrus pratensis
Galium verum
Gymnocarpium dryopteris
Bromus ramosus
Robinia pseudoacacia
Luzula forsteri
Taraxacum campylodes
Ligustrum vulgare

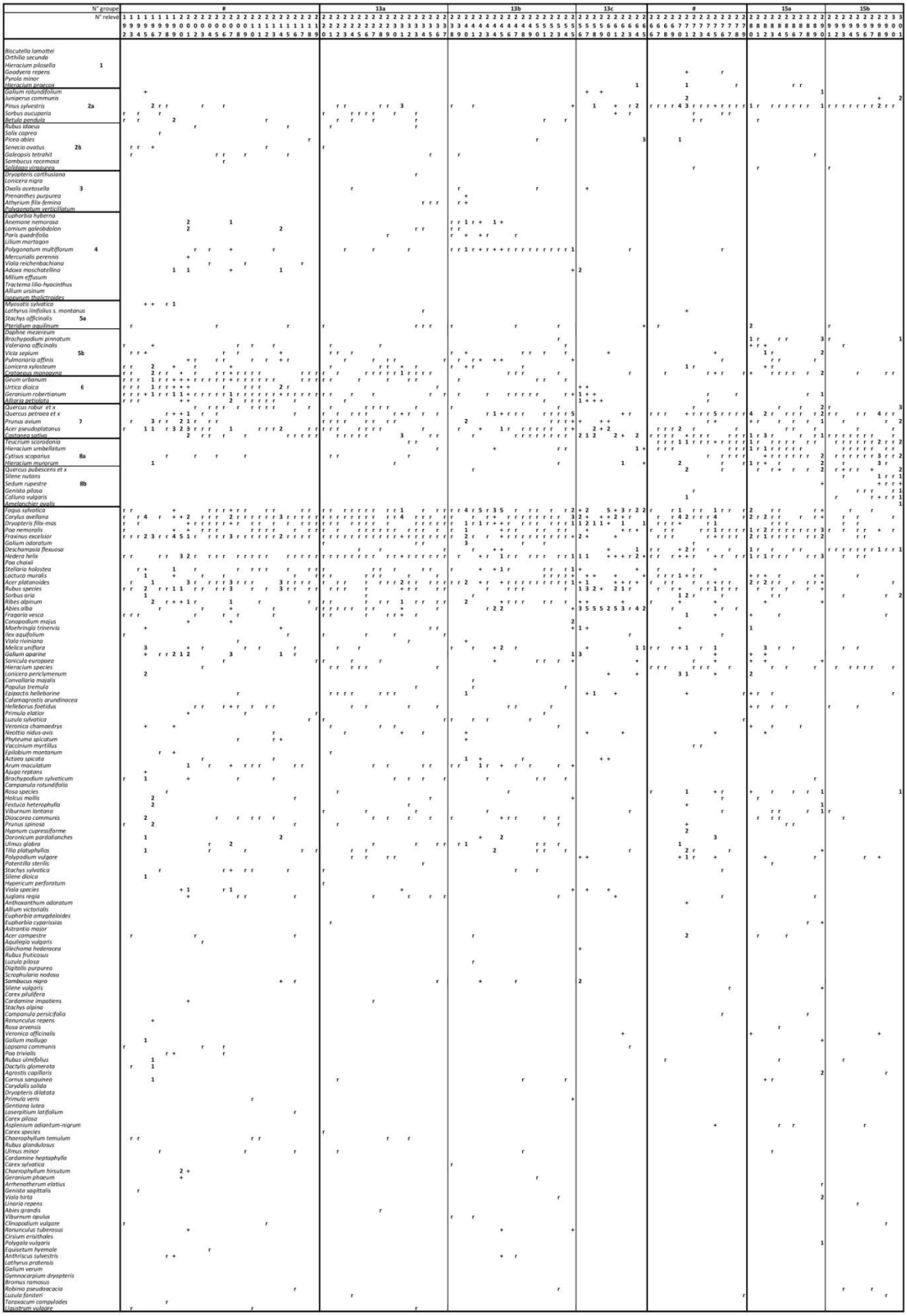

N° groupe
#
13a
13b
13c
#
15a
15b
N° relevé
Biscutella lamottei
Orthilia secunda
Hieracium pilosella 1
Goodyera repens
Pyrola minor
Hieracium eracoss
Galium rotundifolium
Juniperus communis
Pinus sylvestris 2a
Sorbus aucuparia
Betula pendula
Rubus idaeus
Salix caprea
Picea abies
Senecio ovatus 2b
Galeopsis tetrahit
Sambucus racemosa
Solidago virgaurea
Dryopteris carthusiana
Lonicera nigra
Oxalis acetosella 3
Prenanthes purpurea
Athyrium filix-femina
Polygonatum verticillatum
Euphorbia hyberna
Anemone nemorosa
Lamium galeobdolon
Paris quadrifolia
Lilium martagon
Polygonatum multiflorum 4
Mercurialis perennis
Viola reichenbachiana
Adoxa moschatellina
Milium effusum
Tractema lilio-hyacinthus
Allium ursinum
Leucojum thalicroides
Myosotis sylvatica
Lathyrus linifolius s. montanus
Stachys officinalis 5a
Pteridium aquilinum
Daphne mezereum
Brachypodium pinnatum
Valeriana officinalis
Vicia sepium 5b
Pulmonaria affinis
Lonicera xylosteum
Castanea monogyna
Geum urbanum
Urtica dioica 6
Geranium robertianum
Alliaria petiolata
Quercus robur et x
Quercus petraea et x
Prunus avium 7
Acer pseudoplatanus
Castanea sativa
Teucrium scorodonia
Hieracium umbellatum
Cytisus scoparius 8a
Hieracium murorum
Quercus pubescens et x
Silene nutans
Sedum rupestre 8b
Genista pilosa
Calluna vulgaris
Amelanchier ovalis
Fagus sylvatica
Corylus avellana
Dryopteris filix-mas
Poa nemoralis
Fraxinus excelsior
Galium odoratum
Deschampsia flexuosa
Hedera helix
Poa chaixii
Stellaria holostea
Lactuca muralis
Acer platanoides
Rubus species
Sorbus aria
Ribes alpinum
Abies alba
Fragaria vesca
Conopodium majus
Moehringia trinervia
Ilex aquifolium
Viola riviniana
Melica uniflora
Galium aparine
Hieracium species
Lonicera periclymenum
Convallaria majalis
Populus tremula
Epipactis helleborine
Calamagrostis arundinacea
Helleborus foetidus
Primula elatior
Luzula sylvatica
Veronica chamaedrys
Neottia nidus-avis
Phyteuma spicatum
Vaccinium myrtillus
Epilobium montanum
Actaea spicata
Arum maculatum
Ajuga reptans
Brachypodium sylvaticum
Campanula rotundifolia
Rosa species
Holcus mollis
Festuca heterophylla
Viburnum lantana
Dioscorea communis
Prunus spinosa
Hypnum cupressiforme
Doronicum pardalianches
Ulmus glabra
Tilia platyphyllos
Polypodium vulgare
Potentilla sterilis
Stachys sylvatica
Silene dioica
Hypericum perforatum
Viola species
Juglans regia
Anthoxanthum odoratum
Allium victorialis
Euphorbia amygdaloides
Euphorbia cyparissias
Astrantia major
Acer campestre
Aquilegia vulgaris
Glechoma hederacea
Rubus fruticosus
Luzula pilosa
Digitalis purpurea
Scrophularia nodosa
Sambucus nigra
Silene vulgaris
Carex pilulifera
Cardamine impatiens
Stachys alpina
Campanula persicifolia
Ranunculus repens
Rosa arvensis
Veronica officinalis
Galium mollugo
Lapsana communis
Poa trivialis
Rubus ulmifolius
Dactylis glomerata
Agrostis capillaris
Cornus sanguinea
Corydalis solida
Dryopteris dilatata
Primula veris
Gentiana lutea
Leucojum latifolium
Carex pilosa
Asplenium adiantum-nigrum
Carex species
Chaerophyllum temulum
Rubus glandulosus
Ulmus minor
Cardamine heptaphylla
Carex sylvatica
Chaerophyllum hirsutum
Geranium phaeum
Arrhenatherum elatius
Genista sagittalis
Viola hirta
Linaria repens
Abies grandis
Viburnum opulus
Clinopodium vulgare
Ranunculus tuberosus
Cirsium erisithales
Polygala vulgaris
Equisetum hyemale
Anthriscus sylvestris
Lathyrus pratensis
Galium verum
Gymnocarpium dryopteris
Bromus ramosus
Robinia pseudoacacia
Luzula forsteri
Torilis japonica
Ligustrum vulgare

Tableau 1 : Taxons présents moins de 4 fois :

Rosa canina 172 : 1, 190 : +, 191 : 2; *Torilis japonica* 205 : r, 212 : r, 288 : r; *Cruciata laevipes* 142 : +, 196 : +, 198 : r; *Origanum vulgare* 4 : +, 151 : +, 172 : +; *Cedrus atlantica* 274 : r, 285 : r, 294 : r; *Cyanus montanus* 132 : +, 164 : +, 167 : +; *Pseudotsuga menziesii* 5 : +, 178 : +, 298 : +; *Sambucus species* 33 : r, 46 : r, 161 : r; *Hylotelephium maximum* 285 : r, 298 : +; *Anemone ranunculoides* 91 : 1, 92 : +, 95 : +; *Briza media* 7 : +, 21 : r, 285 : r; *Epilobium angustifolium* 7 : +, 37 : 1, 171 : +; *Larix decidua* 170 : 1, 203 : r, 266 : r; *Prunus padus* 138 : +, 190 : 1, 233 : r; *Festuca rubra s. juncea* 8 : 2, 11 : +, 12 : 1; *Aesculus hippocastanum* 170 : +, 211 : r, 217 : r; *Maianthemum bifolium* 34 : +, 108 : 1, 166 : 1; *Chaerophyllum aureum* 174 : 1, 190 : 1; *Vinca minor* 13 : 2, 63 : r, 122 : 1; *Carex divulsa s. leersii* 72 : +, 99 : +, 108 : +; *Campanula patula* 26 : r, 220 : r, 230 : r; *Carex caryophyllea* 7 : +, 11 : +, 173 : 1; *Knautia species* 174 : +, 182 : +, 187 : +; *Trifolium species* 11 : +, 142 : +, 290 : +; *Melampyrum pratense* 143 : +, 147 : +, 163 : 1; *Monotropa hypopitys* 9 : +, 11 : +, 126 : +; *Avenula pratensis* 11 : +, 187 : +; *Lunaria rediviva* 174 : 1, 201 : +; *Impatiens noli-tangere* 72 : 1, 188 : 1; *Cephalanthera species* 228 : r, 291 : r; *Festuca filiformis* 11 : +, 17 : r; *Festuca rubra* 17 : r, 153 : r; *Galium pumilum* 7 : +, 8 : +; *Verbena officinalis* 39 : +, 108 : +; *Rubus gillotii* 188 : 2, 271 : 2; *Campanula trachelium* 113 : +, 210 : r; *Lotus corniculatus* 11 : +, 12 : +; *Campanula glomerata* 210 : r, 212 : r; *Rhamnus cathartica* 7 : 1, 140 : +; *Ranunculus ficaria* 201 : +, 255 : +; *Cephalanthera longifolia* 282 : +, 300 : r; *Taraxacum species* 14 : +, 196 : 1; *Carpinus betulus* 219 : r, 254 : r; *Sanguisorba minor* 10 : +; *Festuca nigrescens s. nigrescens* 7 : 2, 13 : +; *Potentilla neumanniana* 10 : +, 152 : +; *Primula species* 178 : +, 221 : r; *Polystichum aculeatum* 125 : +, 217 : r; *Ranunculus auricomus* 114 : +, 133 : +; *Jasione laevis* 11 : +; *Koeleria pyramidata* 11 : +; *Thymus pulegioides s. pulegioides* 11 : +; *Sedum album* 4 : +; *Hieracium praealpinum* 173 : 3; *Stellaria media* 198 : r; *Cirsium species* 7 : 1; *Pinus nigra* 290 : 2; *Prunus armeniaca* 290 : +; *Galium aparine s. spurium* 7 : +; *Rumex acetosella* 4 : +; *Peucedanum cervaria* 11 : +; *Vicia sativa* 173 : +; *Cedrus species* 290 : 2; *Helichrysum foetidum* 290 : 1; *[Rhynchostegiella trichophylla]* 141 : 1; *Ranunculus acris* 16 : r; *Rhytidiadelphus squarrosus* 188 : 1; *Trifolium campestre* 10 : +; *Vicia sativa s. nigra* 10 : +; *Orchis species* 10 : +; *Festuca ovina s.l.* 10 : 2; *Platanthera bifolia* 10 : +; *Scabiosa columbaria* 10 : +; *Galium vernum s. hirticaule* 12 : +; *Dianthus carthusianorum* 12 : +; *Frangula dodonei* 12 : 2; *Rosa micrantha* 8 : +; *Rubus vestitus* 8 : 1; *Dianthus hyssopifolius s. hyssopifo* 8 : 1; *Helianthemum nummularium* 12 : +; *Peucedanum species* 293 : r; *Asplenium trichomanes* 233 : r; *Hieracium pallidum* 12 : 1; *Pulmonaria officinalis* 143 : +; *Geranium nodosum* 83 : r; *Epilobium tetragonum* 239 : r; *Lathyrus tuberosus* 34 : +; *Cystopteris fragilis* 38 : +; *Abies concolor* 18 : 1; *Festuca species* 151 : +; *Poa pratensis s. angustifolia* 172 : 2; *Vicia hirsuta* 172 : +; *Tilia cordata* 178 : +; *Melittis melissophyllum* 178 : +; *Chrysosplenium alternifolium* 82 : 2; *Agrimonia eupatoria* 82 : +; *Geranium sylvaticum* 77 : +; *Luzula species* 82 : 1; *Cornicularia aculeata* 240 : 2; *Salix aurita* 18 : 3; *Hieracium laevigatum* 174 : +; *Hieracium lachenalii* 174 : +; *Jacobaea adonidifolia* 276 : r; *Clinopodium ascendens* 191 : +; *Calystegia sepium* 276 : r; *Erica cinerea* 276 : r; *Phyla species* 44 : +; *Daphne laureola* 88 : 2; *Calendula officinalis* 175 : +; *Hieracium murorovillosum* 182 : 2; *Heracleum sphondylium* 144 : +; *Clematis vitalba* 250 : r; *Aconitum lycoctonum s. vulparia* 132 : 3; *Ranunculus species* 124 : +; *Thymus species* 24 : r; *Circaea lutetiana* 208 : r; *Galium saxatile* 1 : r; *Melilotus albus* 81 : +; *Lactuca plumieri* 77 : 1; *Knautia gracilis* 171 : +; *Holcus lanatus* 17 : r; *Lamium maculatum* 243 : r; *Epilobium species* 205 : r; *Salix species* 227 : r; *Mahonia aquifolium* 243 : r; *Hieracium glaucinum* 39 : 2; *Orchis mascula* 196 : 1; *Hieracium maculatum* 301 : 2; *Veronica hederifolia* 201 : +; *Rumex acetosa* 200 : +; *Polygonatum odoratum* 282 : +; *Stellaria nemorum* 49 : r; *Chelidonium majus* 256 : +; *Bryonia cretica s. dioica* 195 : +; *Pinus nigra s. laricio* 195 : 5; *Larix species* 264 : 1; *Larix kaempferi* 214 : 5; *Petasites albus* 43 : r; *Lathyrus niger* 113 : +; *Serratula tinctoria* 138 : +; *Verbascum thapsus* 49 : r; *Malus sylvestris* 157 : 1; *Dianthus hyssopifolius* 153 : +.

Appendix tableau 1 : données générales et stationnelles

Les informations concernant les relevés sont données dans l'ordre suivant : N° dans le tableau 1, n° Turboveg, n° auteur, code de l'auteur, lieu-dit, commune, substrat géologique, date, surface du relevé (m2), altitude, exposition (degrés), pente (degrés), rec. total (%), rec. strate arborée (%), rec. strate arbustive (%), rec. strate herbacée (%);

1,71,Fv9 5,1302,Haut versant Ouest du Gd Sarcoui, , ,29/08/2013, , 1120m, 270°, 20°, , , , ,
2,269, Fv6 12, 1302,Haut versant Est du Puy de Dôme, , , 07/09/2013, , 1350m, 90°, 40°, , , , ,
3,73,Fv9 7, 1302,Versant Est du Gd Sarcoui, , , 29/08/2013, , 1110m, 90°, 35°, , , , ,
4, 297, 220,1304,Sommet de Gravenoire, Royat, Pouzzolane, 2015/06/19, 200m2, 790m, 180°, 25°, , 60, 30, 20,
5, 296, 219,1304,Sommet de Gravenoire, Royat, basalte pouzzolane, 2015/06/19, 400.00, 790, 360, 35, , 55, 40, 40,
6, 204, 0, CEB6.4, 1302, Puy de Grave Noire, Royat, Scories basaltiques, 2013/06/25, 400.00, 815, 293, 15, 95, 95, 30, 20,
7, 294, 199, CR, 1304, Carrefour des 13 vents, Aydat, basalte, 2015/06/11, 200.00, 860, , 0, , 40, 40, 90,
8, 301, 1821, GT, 1176, Carrefour des 13 vents, Aydat, , 2015/06/23, 100.00, 860, , 0, , 55, 70, 80,
9, 302, 1841, GT, 1176, La cassière, Aydat, , 2015/07/08, 150.00, 900, , 0, , 85, 30, 30,
10, 30, 1405, GT, , creux du Pialous cheire Mercoeur, St-Genés-Champanelle, cheire, 2012/06, 400, 900, SW, 20, , 50, 20, 40,
11, 300, 1838, GT, 1176, Puy de Combegrasse, Aydat, , 2015/07/02, 100.00, 1086, N, 5, , 70, 40, 70,
12, 303, 1858, GT, 1176, La cassière, Aydat, , 2015/07/14, 250.00, 860, , 0, , 40, 70, 40,
13, 295, 200, CR, 1304, Carrefour des 13 vents, Aydat, basalte, 2015/06/11, 200.00, 860, , 0, , 60, 50, 90,
14, 131, 7, CEB, 1302, Puy de Lassolas, Saint-Genes-Champanelle, Scories avec recouvrement basaltique, 2013/05/14, 400.00, 1040, 248, 15, 100, 100, 10, 75,
15, 132, 8, CEB, 1302, Puy de Lassolas, Saint-Genes-Champanelle, Scories avec recouvrement basaltique, 2013/05/14, 400.00, 1130, 270, 30, 95, 95, 10, 80,
16, 10, 0, 18b7 1 (1472), 1176, nord de Fallateuf, , , 23/09/2010, , 965, , , , , , ,
17, 34, 0, Fc4 5 (1696), 1176, Bruyère des Moines, , , 01/08/2010, , 970, , 0, , , , ,
18, 175, 1614, GT, 1176, Fallateuf, Saint-Genès-Champanelle, Basalte, 2013/07/16, 400.00, 900, 90, 3, , 80, 30, 10,
19, 237, 0, a4, 1176, au nord-est de Sarcouy, , , 15/09/2010, , , N-E, , , , , ,
20, 152, 28, CEB, 1302, Chabane Vieille, Orcines, Saupoudrage basique avec recouvrement trachytique, 2013/05/22, 400.00, 1010, , 0, 90, 75, 90, 70,
21, 77, 0, Fc4 7, 1302, Sud du Puy des Goules, , , 29/08/2013, , 990, , , , , , ,
22, 273, 117, CEB, 1302, Sud est du Péage, Orcines, Leucobasalte, 2014/08/27, 400.00, 920, 90, 5, 100, 90, 15, 20,

23, 87, 0, Fv6 20, 1302, Versant Ouest Puy de Dôme, La, , , 04/09/20.., , 1100, O, 25, , , , ,
24, 92, 0, Fv5 2, 1302, Puy de Couleyras, , , 06/09/20.., , 910, O, 10, , , , ,
25, 98, 0, 32.9b, 1304, PC11, , , 07/2012, , , , , , , , ,
26, 97, 0, 32.5bis, 1304, PC11, , , 07/2012, , , , , , , , ,
27, 32, 0, Fc4 1 (1502), 1176, Plateau de Fraisse, , , 01/08/2013, , 990, , , , , , ,
28, 84, 0, Fv7 4, 1302, Versant Est du Petit Puy de Dô, , , 04/09/2013, , 1050, E, 30, , , , ,
29, 155, 31, CEB, 1302, Bleymac, Saint-Ours, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 2013/05/22, 400.00, 910, 315, 7, 100, 100, 5, 10,
30, 85, 0, Fv7 9, 1302, Versant Ouest Puy de Dôme (Oue, , , 04/09/2013, , 1090, O, 20, , , , ,
31, 78, 0, Fv9 11, 1302, Contrebas Est du Gd Sarcoui, , , 31/08/2013, , 930, N, 5, , , , ,
32, 80, 0, Fv9 14, 1302, Face sud (vallon) du petit Sar, , , 31/08/2013, , 1000, S, 10, , , , ,
33, 268, 0, 16a3 2 (1469), 1176, bas du versant est du Puy-de-D, , , 16/09/2010, , , E, 5, , , , ,
34, 171, 1604, GT, 1176, col de Ceyssat, Saint-Genès-Champanelle, Recouvrement de trachyandésite sur basalte, 2013/07/15, 400.00, 1010, 360, 15, , 60, 15, 80,
35, 178, 1617, GT, 1176, Puy des Gouttes, Saint-Ours, recouvrement trachyandésitique sur pozzolane, 2013/07/17, 400.00, 1000, 315, 7, , 90, , ,
36, 236, 0, a1 (1462), 1176, sous croix Mory, , , 15/09/2010, , , , , , , , ,
37, 170, 1603, GT, 1176, col de Ceyssat, Saint-Genès-Champanelle, Trachyandésite, 2013/07/15, 200.00, 1040, 0, 0, , 60, 40, 50,
38, 169, 1598, GT, 1176, Puy de Montchier, Saint-Genès-Champanelle, recouvrement de trachyandésite sur recouvrement de basalte, 2013/07/15, 100.00, 1010, 90, 10, , 80, 5, 40,
39, 255, 1597, GT, 1176, Puy de Montchier, Saint-Genès-Champanelle, recouvrement de trachyandésite sur basalte, 2013/07/15, 400.00, 1020, 23, 10, , 40, 40, 30,
40, 183, 1666, GT, 1176, Puy de Laschamps, Saint-Genès-Champanelle, Recouvrement de trachyandesite sur pouzzolane, 2013/07/26, 600.00, 1115, 360, 10, , 90, 20, 10,
41, 258, 1622, GT, 1176, Entre puy Chopine et Chaumont, Saint-Ours, recouvrement trachyandésitique sur soupoudrage basaltique, 2013/07/17, 400.00, 953, 0, 0, , 65, 40, 60,
42, 9, 0, 18b2 2 (1470), 1176, contrebas est de Monchier, , , 23/09/2010, , 1010, E-S, 5, , , , ,
43, 238, 0, 18b2 1 (1471), 1176, contrebas est de Monchier, , , 23/09/2010, , 1010, E-S, 5, , , , ,
44, 101, 1557, GT, 1176, col de ceyssat puy de Besace, Ceyssat, cône basaltique recouvrement trachyandésite, 2013/07/06, 400.00, 1045, 90, 20, , 90, 35, 10,
45, 185, 1660, GT, 1176, Puy-de-Dôme, Orcines, Trachyandésite, 2013/07/24, 600.00, 1100, 203, 10, , 90, 20, 20,
46, 4, 0, a3 2(1464), 1176, versant nord Sarcouy, , , 15/09/2010, , , N, , , , , ,
47, 257, 1621, GT, 1176, Puy Chopine, Saint-Ours, recouvrement trachyandésitique (nuée ardente) sur pouzzolane, 2013/07/17, 400.00, 1015, 360, 7, , 80, 50, 50,
48, 259, 1663, GT, 1176, Puy de Laschamps, Nébouzat, Recouvrement de trachyandesite sur pouzzolane, 2013/07/26, 300.00, 1090, 135, 10, , 90, 20, 10,
49, 221, 1731, GT, 1176, Puy de Dôme, Orcines, Nuée ardente, 2014/07/25, 1600.00, 1050, 90, 35, , 80, 5, 2,
50, 172, 1605, GT, 1176, Bois de Rochetoux, Orcines, Trachyandésite, 20130715, 400.00, 940, 90, 40, , 85, 40, 20,
51, 256, 1606, GT, 1176, Bois de Rochetoux, Orcines, Recouvr. trachyandésite sur basalte, 2013/07/15, 400.00, 970, 180, 5, , 90, 10, 40,
52, 270, 113, CEB, 1302, Base ouest du Puy de Dome, ver, Ceyssat, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 2014/08/25, 400.00, 1030, 270, 27, 95, 95, 10, 20,
53, 263, 1739, GT, 1176, Puy de Besace versant sud, Ceyssat, Cône basaltique recouvrement trachytique, 2014/07/29, 400.00, 1070, 158, 30, , 85, 40, 25,
54, 36, 0, Fv6 10 (1504), 1176, versant est du Puy-de-Dôme, , , 02/08/2013, , 1050, E, 20, , , , ,
55, 179, 1623, GT, 1176, Entre puy Chopine et Chaumont, Saint-Ours, Trachyandésite (nuée ardente), 2013/07/17, 200.00, 1000, 90, 10, , 90, 5, 5,
56, 141, 17, CEB, 1302, Puy de Côme, Ceyssat, Scories basaltiques, 2013/05/16, 400.00, 1150, 270, 35, 90, 90, 10, 5,
57, 90, 0, Fv6 18, 1302, Milieux de versant Est Puy de, , , 07/09/2013, , 1220, E, 40, , , , ,
58, 74, 0, Fv9 8, 1302, Versant Est du Gd Sarcoui, , , 29/08/2013, , 1070, E, 40, , , , ,
59, 267, 0, 16a3 1 (1468), 1176, bas du versant est du Puy-de-D, , , 16/09/2010, , , E, 5, , , , ,
60, 72, 0, Fv9 6, 1302, Versant Nord du Gd Sarcoui, , , 29/08/2013, , 1100, N, 40, , , , ,
61, 35, 0, Fv6 9 (1503), 1176, versant sud-est petit Puy-de-D, , , 02/08/2013, , 1200, , 30, , , , ,
62, 37, 0, Fv6 11 (1461), , replat en contrebas versant est, , , 02/08/2013, , 950, E, 5, , , , ,
63, 88, 0, Fv6 21, 1302, Versant Sud du Puy de Dôme, Co, , , 04/09/2013, , 1065, S, 20, , , , ,
64, 148, 24, CEB, 1302, Cliersou, Orcines, Trachyte, 2013/05/17, 400.00, 1185, 113, 25, 100, , 100, 40,
65, 89, 0, Fv6 11, 1302, Versant Est Puy de Dôme, , , 06/09/2013, , 1230, E, 35, , , , ,
66, 3, 0, a3 1 (1463), 1176, versant nord-ouest Sarcouy, , , 15/09/2010, , , N-O, , , , , ,
67, 91, 0, Fv6 19, 1302, Versant Est Puy de Dôme, , , 07/09/2010, , 1100, E, 40, , , , ,
68, 228, 190, CR, 1304, Puy de Louchadière, Saint-Ours, Scories basaltiques, 2014/07/27, 800.00, 1095, 180, 00, , 80, , 10,
69, 30, 0, Fv8 1 (1451), 1176, Pariou versant est, , , 01/08/2013, , 1040, E, 30, , , , ,
70, 235, 189, CR, 1304, Puy de Louchadière, Saint-Ours, Cône basaltique et coulée leucobasaltique, 2014/07/27, 400.00, 1068, 293, 35, , 90, 5, 25,
71, 103, 1559, GT, 1176, puy de Côme, Ceyssat, cône basaltique, 2013/07/07, 400.00, 955, 270, 2, , 90, 5, 60,
72, 100, 1555, GT, 1176, Allagnat, Ceyssat, basalte, 2013/07/06, 400.00, 965, , 2, , 90, 30, 70,
73, 181, 1685, GT, 1304, Vichatel, Aydat, Pouzolane avec saupoudrage basaltique, 2013/08/02, 600.00, 1000, 45, 20, , 90, 50, 60,
74, 99, 1554, GT, 1176, Col de la Moreno ŕ Allagnat, Ceyssat, basalte, 2013/07/06, 400.00, 990, 225, 2, , 80, 15, 50,
75, 217, 1743, GT, 1176, Puy de Louchadiere, haut du ve, Saint-Ours, Cône basaltique, 2014/07/31, 800.00, , 360, 27, , 85, 5, 60,
76, 262, 1741, GT, 1176, Puy de Louchadiere, Saint-Ours, Cône basaltique, 20140731, 300.00, , 360, 25, , 75, 30, 40,
77, 186, 1659, GT, 1176, Puy-de-Dôme, Ceyssat, trachyandésite, 2013/07/24, 600.00, 1240, 270, 30, , 10, 85, 80,
78, 216, 1742, GT, 1176, Puy de Louchadiere, Saint-Ours, Cône basaltique, 2014/07/31, 800.00, , 293, 35, , 85, 10, 20,
79, 218, 1744, GT, 1176, Puy de Louchadiere contrebas s, Saint-Ours, Cône basaltique, 2014/07/31, 400.00, , 360, 20, , 70, 5, 60,.
80, 147, 23, CEB, 1302, Petit Suchet, Orcines, Brèches trachytiques avec recouvrement trachyandésitique, 2013/05/17, 400.00, 1130, 360, 25, 100, , 100, 80,
81, 115, 48, CEB, 1302, Puy de Montchal, Aydat, Scories basaltiques avec recouvrement basaltique, 2013/05/27, 400.00, 1080, 45, 17, 100, 90, 10, 90,
82, 182, 1672, GT, 1304, petit Puy-de-Dôme, Orcines, Pouzzolane, 2013/07/29, 400.00, 1270, 315, 25, , 10, 90, 20,

83, 33, 0, Fc4 2 (1450), 1176, Pariou versant nord, , , 01/08/2013, , 1030, N, 20, , , , ,
84, 133, 9, CEB, 1302, Puy de Pourcharet, Nébouzat, Scories basaltiques avec recouvrement basaltique, 2013/05/14, 400.00, 1050, 45, 7, 100, 100, 10, 10,
85, 164, 40, CEB, 1302, Puy de Vichatel, Aydat, Scories basaltiques avec recouvrement basaltique, 2013/05/27, 400.00, 1030, 360, 30, 95, 95, 10, 30,
86, 82, 0, Fv8 10, 1302, Haut versant Nord du Puy de Fr, , , 31/08/2013, , 1080, N, 25, , , , ,
87, 81, 0, Fv8 9, 1302, Versant Nord du Puy de Fraisse, , , 31/08/2013, , 1010, N, 25, , , , ,
88, 102, 1558, GT, 1176, puy de Côme, Ceyssat, cône basaltique, 2013/07/07, 400.00, 1000, 270, 25, , 90, 5, 65,
89, 160, 36, CEB, 1302, Puy de la Coquille, Saint-Ours, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 2013/05/22, 400.00, 1085, 90, 30, 100, 100, 5, 80,
90, 143, 19, CEB, 1302, Bois Grouleix, Ceyssat, Saupoudrage basique indifférencié, 2013/05/17, 400.00, 960, , 0, 100, 100, 15, 100,
91, 149, 25, CEB, 1302, Grand Suchet, Ceyssat, Scories basaltiques avec recouvrement trachyandésitique, 2013/05/17, 400.00, 1100, 360, 35, 100, 100, 10, 35,
92, 156, 32, CEB, 1302, Puy de Jume, Saint-Ours, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 2013/05/22, 400.00, 1070, 23, 23, 100, 100, 5, 70,
93, 140, 16, CEB, 1302, Puy de Côme, Ceyssat, Scories basaltiques, 2013/05/16, 400.00, 1050, 270, 35, 95, 95, 20, 90,
94, 158, 34, CEB, 1302, Puy de Jume, Saint-Ours, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 2013/05/22, 400.00, 1150, 315, 25, 100, 100, 5, 15,
95, 157, 33, CEB, 1302, Puy de Jume, Saint-Ours, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 2013/05/22, 400.00, 1130, 90, 30, 100, 100, , 95,
96, 150, 26, CEB, 1302, Puy de Fraisse, Orcines, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 2013/05/22, 400.00, 995, 360, 15, 95, 95, , 70,
97, 139, 15, CEB, 1302, Puy de Côme, Ceyssat, Scories basaltiques, 2013/05/16, 400.00, 980, 270, 15, 100, 100, , 100,
98, 142, 18, CEB, 1302, Puy de Côme, Ceyssat, Scories basaltiques, 2013/05/17, 400.00, 1000, 23, 30, 100, 100, , 7,
99, 234, 188, CR, 1304, Puy de Louchadière, Saint-Ours, recouvrement trachytique sur cheire leucobasaltique scoriace, 2014/07/27, 1600.00, 967, 180, 2, , 90, , 10,
100, 5, 0, a6, 1176, côte verse contrebas chemin, , , 15/09/2010, , , O-N, , , , , ,
101, 134, 10, CEB, 1302, Grand Sault, Ceyssat, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 2013/05/16, 400.00, 1050, 90, 25, 100, 100, 5, 35,
102, 138, 14, CEB, 1302, Puy de Côme, Ceyssat, Basalte, 2013/05/16, 400.00, 960, , 0, 100, 100, , 20,
103, 79, 0, Fv9 12, 1302, Face NE du petit Sarcoui, , , 31/08/2013, , 960, NE, 30, , , , ,
104, 86, 0, Fv7 10, 1302, Versant Ouest Puy de Dôme, , , 04/09/2013, , 1080, O, 10, , , , ,
105, 161, 37, CEB, 1302, Puy de Jume, Saint-Ours, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 2013/05/22, 400.00, 1020, 293, 30, 100, 100, 5, 5,
106, 113, 46, CEB, 1302, Cheires Hautes, Aydat, Basalte, 2013/05/27, 400.00, 970, , 0, 100, 100, 30, 5,
107, 261, 1642, GT, 1176, bois de Pérol, Chanat-la-Mouteyre, Recouvrement trachyandésitique sur basalte, 2013/07/21, 400.00, 1130, 360, 5, , 80, 20, 20,
108, 229, 192, CR, 1304, Puy de tressous, Pulverieres, Projection de maar basaltique recouvrement trachyandesitique, 2014/07/27, 600.00, 940, 0, 00, , 70, 20, 25,
109, 75, 0, Fv9 9, 1302, Versant Nord Puy des Goules, , , 29/08/2013, , 1080, N, 35, , , , ,
110, 8, 0, a9 (1467), 1176, Plateau de Fraisse, , , 15/09/2010, , , , , , , , ,
111, 219, 1745, GT, 1176, Puy de Louchadiere haut du ver, Saint-Ours, Cône basaltique, 2014/07/31, 400.00, , 180, 30, , 75, , 25, R
112, 112, 45, CEB, 1302, Cheires Hautes, Aydat, Basalte, 2013/05/27, 400.00, 930, , 0, 90, 85, 75, 80,
113, 230, 193, CR, 1304, Bas de versant du puy de la Nu, Volvic, Scories basaltiques recouvrement trachyandésitique, 2014/07/27, 400.00, 897, 225, 10, , 75, 60, 55,
114, 128, 4, CEB, 1302, Puy de la Mey, Saint-Genes-Champanelle, Scories basaltique avec recouvrement basaltique, 2013/05/14, 400.00, 1080, 23, 30, 95, 95, 40, 60,
115, 118, 51, CEB, 1302, Bois de la Madeleine, Aydat, Basalte, 2013/05/28, 400.00, 1000, 68, 7, 100, 100, 15, 40,
116, 224, 1737, GT, 1176, Col de Ceyssat, contrebas de l, Ceyssat, Soupoudrage basaltique recouvrement trachytique, 2014/07/29, 400.00, 1030, 360, 7, , 85, 5, 10,
117, 154, 30, CEB, 1302, Puy de Fraisse, Orcines, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 2013/05/22, 400.00, 1020, 45, 25, 100, 100, 5, 35,
118, 2, 0, 30.7 (1453), 1176, puy des Goules, , , 18/07/20, , , , , , , , ,
119, 136, 12, CEB, 1302, Petit Sault, Ceyssat, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 2013/05/16, 400.00, 1010, 360, 20, 100, 100, , 40,
120, 144, 20, CEB, 1302, Puy de Côme, Ceyssat, Scories basaltiques, 2013/05/17, 400.00, 1060, 90, 25, 95, 95, 5, 15,
121, 108, 41, CEB, 1302, Puy de Vichatel, Aydat, Scories basaltiques avec recouvrement basaltique, 2013/05/27, 400.00, 1080, 360, 25, 95, 95, 5, 45,
122, 260, 1635, GT, 1176, bois de Pérol, Chanat-la-Mouteyre, Recouvrement trachyandésitique sur basalte, 2013/07/19, 450.00, 850, 90, 10, , 90, 15, 25,
123, 111, 44, CEB, 1302, Cheires Hautes, Aydat, Basalte, 2013/05/27, 400.00, 960, 360, 15, 100, 100, 15, 25,
124, 125, 1, CEB, 1302, Puy de la Mey, Saint-Genes-Champanelle, Scories basaltique avec recouvrement basaltique, 2013/05/14, 400.00, 1050, 23, 25, 95, 95, , 45,
125, 126, 2, CEB, 1302, Puy de la Mey, Saint-Genes-Champanelle, Scories basaltique avec recouvrement basaltique, 2013/05/14, 400.00, 1100, 360, 30, 95, 95, , 20,
126, 232, 186, CR, 1304, Puys de Barme, Nébouzat, Cône basaltique recouvrement trachytiques, 2014/07/29, 400.00, 1040, 180, 25, , 85, 5, 10, Hętraie pauvre
127, 116, 49, CEB, 1302, Puy de Montchal, Aydat, Scories basaltiques avec recouvrement basaltique, 2013/05/27, 400.00, 1070, 248, 30, 100, 100, 10, 35,
128, 117, 50, CEB, 1302, Puy de Montchal, Aydat, Scories basaltiques avec recouvrement basaltique, 2013/05/27, 400.00, 1050, 203, 30, 100, 100, 70, 35,
129, 231, 185, CR, 1304, Puys de Barme, Nébouzat, Cône basaltique recouvr. trachytique, 2014/07/14, 400.00, 1040, 180, 25, , 70, 20, 55,
130, 145, 21, CEB, 1302, Puy de Côme, Ceyssat, Scories basaltiques, 2013/05/17, 400.00, 1070, 158, 30, 100, , 100, 85,
131, 129, 5, CEB, 1302, Puy de la Mey, Saint-Genes-Champanelle, Scories basaltique avec recouvrement basaltique, 2013/05/14, 400.00, 1060, 158, 20, 95, , 95, 75,
132, 137, 13, CEB, 1302, Petit Sault, Ceyssat, Basalte avec recouvrement trachytique, 2013/05/16, 400.00, 970, 360, 5, 95, 10, 95, 90,

133, 127, 3, CEB, 1302, Puy de la Mey, Saint-Genes-Champanelle, Scories basaltique avec recouvrement basaltique, 2013/05/14, 400.00, 1125, 90, 20, 100, 20, 100, 85,
134, 163, 39, CEB, 1302, Puy de Vichatel, Aydat, Scories basaltiques avec recouvrement basaltique, 2013/05/27, 400.00, 995, 113, 20, 90, 25, 90, 70,
135, 31, 0, Fv8 3 (1501), 1176, Pariou cratère, , , 01/08/2012, , 1180, E, 35, , , , ,
136, 271, 114, CEB, 1302, , , Versant ouest du Puy de Dome,, Ceyssat, Nuées ardentes, 2014/08/25, 400.00, 1120, 270, 25, 100, 5, 100, 75,
137, 274, 118, CEB, 1302, , , Bois de Rochetoux, Orcines, Leucobasalte avec recouvr.trachytique, 20140827, 400.00, 960, 158, 5, 100, 70, 80, 60,
138, 225, 1738, GT, 1176, Puy de Besace, sommet, Ceyssat, Cône basaltique recouvrement trachytique, 2014/07/29, 200.00, 1110, 0, 2, , 10, 90, 80,
139, 220, 1746, GT, 1176, Puy de Louchadiere haut du ver, Saint-Ours, Cône basaltique, 2014/07/31, 400.00, , 203, , , , 80, 70,
140, 188, 1636, GT, 1176, Les Bruyères, Chanat-la-Mouteyre, Recouvrement trachyandésitique sur basalte, 2013/07/19, 400.00, 903, 90, 3, , 60, 60, 80,
141, 187, 1634, GT, 1176, bois du Girardet, Chanat-la-Mouteyre, Recouvrement trachyandésitique sur basalte, 2013/07/19, 400.00, 855, 270, 0, , 20, 50, 70,
142, 119, 52, CEB, 1302, Nord de Cheires Hautes, Aydat, Basalte, 2013/05/28, 400.00, 980, , 0, 90, 90, 40, 90,
143, 305, 1860, GT, 1176, , , La cassière, Aydat, , 20150714, 200.00, 900, , 0, , 20, 90, 70,
144, 123, 56, CEB, 1302, Creux du Pialoux, Saint-Genes-Champanelle, Basalte avec recouvrement pyroclastique, 2013/05/28, 400.00, 920, , 00, 100, 90, 80, 90,
145, 306, 1861, GT, 1176, , , La cassière, Aydat, , 2015/07/14, 150.00, 910, 315, 25, , 40, 85, 15, corylaie mixte sur blocs avec trous à glace
146, 153, 29, CEB, 1302, Puy de Fraisse, Orcines, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 2013/05/22, 400.00, 1035, 90, 5, 100, 15, 100, 55,
147, 124, 57, CEB, 1302, Gourla, Saint-Genes-Champanelle, Basalte avec recouvrement pyroclastique, 2013/05/28, 400.00, 920, , 00, 90, 90, 60, 85,
148, 122, 55, CEB, 1302, Tourtour, Saint-Genes-Champanelle, Basalte, 2013/05/28, 400.00, 900, , 00, 95, 95, 35, 70,
149, 120, 53, CEB, 1302, Tourtour, Saint-Genes-Champanelle, Basalte, 2013/05/28, 400.00, 890, , 0, 100, 30, 100, 65,
150, 6, 0, a7 2 (1465), 1176, faible pente entre goules et M, , , 15/09/2010, , , , , , , , ,
151, 174, 1611, GT, 1176, puy de la Vache, Saint-Genès-Champanelle, Pouzzolane, 2013/07/16, 300.00, 1120, 225, 35, 90, 30, 95, 60,
152, 173, 1608, GT, 1176, puy de la Vache, Saint-Genès-Champanelle, Pouzzolane, 2013/07/16, 400.00, 1010, 180, 0, , 5, 85, 80, Sur cône.
153, 226, 194, CR, 1304, Grand Sault, Ceyssat, Basalte recouvrement trachytique, 2014/07/25, 400.00, 1050, 203, 20, , 5, 85, 60,
154, 233, 187, CR, 1304, Puys de Barme, Nébouzat, Cône basaltique recouvrement trachytiques, 2014/07/29, 400.00, 1040, 180, 35, , 20, 90, 40,
155, 272, 115, CEB, 1302, Versant sud du Puy de Dôme, Orcines, Nuées ardentes, 2014/08/25, 400.00, 990, 158, 10, 100, 10, 100, 80,
156, 222, 1732, GT, 1176, Puy de Dôme, Orcines, Nuée ardente, 2014/07/25, 200.00, 1010, 135, 20, , 10, 80, 80,
157, 227, 195, CR, 1304, Grand Sault, Ceyssat, Basalte recouvrement trachytique, 2014/07/25, 400.00, 1030, 203, 10, , 1, 85, 70,
158, 76, 0, Fv9 10, 1302, Versant Sud Puy des Goules, , , 29/08/2013, , 1070, S, 40, , , , ,
159, 146, 22, CEB, 1302, Grand Suchet, Ceyssat, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 2013/05/17, 400.00, 1090, 180, 20, 100, , 100, 80,
160, 109, 42, CEB, 1302, Puy de Vichatel, Aydat, Scories basaltiques avec recouvrement basaltique, 2013/05/27, 400.00, 1050, 180, 25, 100, , 100, 60,
161, 1, 0, 30.6 (1452), 1176, puy des Goules, , , 18/07/2012, , , , , , , , ,
162, 159, 35, CEB, 1302, Puy de Jume, Saint-Ours, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 2013/05/22, 400.00, 1140, 158, 17, 100, 20, 90, 80,
163, 130, 6, CEB, 1302, Puy de la Vache, Saint-Genes-Champanelle, Basalte, 2013/05/14, 400.00, 980, , 0, 100, , 100, 85,
164, 135, 11, CEB, 1302, Grand Sault, Ceyssat, Saupoudrage basique avec recouvrement trachytique, 2013/05/16, 400.00, 1025, , 00, 85, 85, 60, 85,
165, 83, 0, Fv8 11, 1302, Versant Ouest du Puy de Fraisse, , , 31/08/2013, , 1050, O, 20, , , , ,
166, 223, 1735, GT, 1176, Puy de Dôme, Terre Noire, Ceyssat, Basalte recouvrement trachytique, 2014/07/29, 400.00, 970, 225, 3, , 30, 85, 60,
167, 151, 27, CEB, 1302, Puy de Fraisse, Orcines, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 2013/05/22, 400.00, 1000, 225, 10, 100, 60, 90, 60,
168, 110, 43, CEB, 1302, Cheires Hautes, Aydat, Basalte, 2013/05/27, 400.00, 950, , 0, 90, 90, 70, 75,
169, 114, 47, CEB, 1302, Cheires Hautes, Aydat, Basalte, 2013/05/27, 400.00, 960, 158, 7, 95, 50, 90, 90,
170, 167, 1592, GT, 1176, Le Vigeral (Chalamont), Saint-Genès-Champanelle, Socle cristallin, 2013/07/11, 400.00, 910, 0, 0, 100, , , 80,
171, 253, 1584, GT, 1176, Puy de Charade, Royat, Volcanisme antér. à la chaîne des Puys, 2013/07/11, 400.00, 900, 360, 0, 80, 80, 30, 60,
172, 165, 1583, GT, 1176, Puy de Charade, Royat, Socle cristallin, 2013/07/11, 100.00, 860, 180, 15, 80, 80, 30, 60,
173, 298, 221, CR, 1304, Gravenoire, Royat, Pouzzolane, 2015/06/19, 400.00, 790, 293, 15, , 80, 40, 60,
174, 180, 1628, GT, 1176, Sud du puy de Pérady, Chanat-la-Mouteyre, Socle cristallin, 2013/07/19, 100.00, 940, 360, 00, , 40, 60, 60,
175, 105, 1564, GT, 1176, bois de la Sagne Vida, Orcines, volcanisme antèr. à la chaîne des Puys, 2013/07/09, 400.00, 900, , 0, , 50, 60, 40,
176, 162, 38, CEB, 1302, Cheires de Bruvaleix, Volvic, trachyandésite, 2013/05/22, 400.00, 610, , 0, 95, 90, 40, 80,
177, 121, 54, CEB, 1302, Tourtour, Saint-Genes-Champanelle, Basalte, 2013/05/28, 400.00, 890, 158, 30, 90, 90, 70, 50,
178, 166, 1591, GT, 1176, Le Vigeral (Chalamont), Saint-Genès-Champanelle, Volcanisme antérieur à la chaîne des Puys, 2013/07/11, 400.00, 910, 360, 0, 90, 90, 35, 20,
179, 215, 105, CEB, 1302, Theix, Saint-Genès-Champanelle, Volcanisme antérieur ŕ la Chaîne des Puys (Basalte), 2013/07/09, 300.00, 885, 360, 5, 100, 100, 10, 90,
180, 168, 1594, GT, 1176, Le Vigeral (Chalamont), Saint-Genès-Champ., Socle cristallin, 2013/07/11, 400.00, 900, 360, 25, 85, , 40, 70,
181, 176, 1615, GT, 1176, Fallateuf, Saint-Genès-Champanelle, Basalte, 2013/07/16, 400.00, 990, 0, 0, , 70, 20, 10,
182, 104, 1561, GT, 1176, Sous Montrodeix, Orcines, volcanisme antèr. à la chaîne des Puys, 2013/07/09, 200.00, 880, 338, 0, , 30, 60, 80,
183, 184, 1637, GT, 1176, Chanat-la-Mouteyre, Chanat-la-Mouteyre, Socle cristallin, 2013/07/19, 400.00, 965, 45, 10, , 85, , 50,
184, 7, 0, a8 (1466), 1176, Pont de la Cheyre, , , 15/09/2010, , , , , , , , ,
185, 11, 0, a1 (1474), 1176, Le Bois vert haut du versant nord, , , 29/09/2010, , 790, N, 20, , , , ,
186, 266, 0, 18b7 2 (1473), 1176, nord de Fallateuf, , , 23/09/2010, , 965, , , , , , ,
187, 106, 1573, GT, 1176, Sommet de Marcou, Saint-Genès-Champanelle, socle cristallin, 2013/07/09, 400.00, 947, 0, 0, , 55, 20, 85,
188, 304, 1859, GT, 1176, La cassière, Aydat, , 2015/07/14, 150.00, 855, , 0, , 30, 80, 70,
189, 239, 0, a3 (1475), 1176, , , 29/09/2010, , 880, N, 5, , , , ,
190, 189, 1638, GT, 1176, Chanat-la-Mouteyre, Chanat-la-Mouteyre, Socle cristallin, 2013/07/19, , 843, 0, 0, , 75, 80, 75,

191, 107, 1575, GT, 1176, Sommet de Marcou, Saint-Genès-Champanelle, socle cristallin, 2013/07/09, 200.00, 947, 270, 5, , 30, 80, 30,
192, 279, 0, 21.2, 1304, , , PV3, , , 07/2012, , , , , , , , ,
193, 292, 0, 21.3, 1304, , , PV3, , , 07/2012, , , , , , , , ,
194, 285, 0, 32.4, 1304, , , PC11, , , 07/2012, , , , , , , , ,
195, 190, 0, CEB1.3, 1302, Arboretum Royat, Royat, Socle cristallin, 2013/06/18, 400.00, 830, 90, 15, 100, 90, 80, 100,
196, 254, 1587, GT, 1176, Puy Berzet, Saint-Genès-Champ., Volcanisme antér. à la chaîne des Puys, 2013/07/11, , 910, 45, 0, 70, 65, 60, 70,
197, 278, 0, 20.3, 1304, , , PC8, , , 07/2012, , , , , , , , ,
198, 288, 0, 14.6, 1304, , , PC3 Varennes, , , 07/2012, , , , , , , , ,
199, 213, 103, CEB, 1302, Thèdes, Saint-Genès-Champanelle, Socle cristallin, 2013/07/05, 400.00, 835, 360, 7, 100, 100, 40, 85,
200, 208, 0, CEB10.1, 1302, Boisséjour, Ceyrat, Socle cristallin, 2013/06/26, 400.00, 605, 90, 3, 100, 100, 5, 100,
201, 264, 74, CEB, 1302, Pont des Soupirs (Royat), , Cristallin, 2013/06/18, 400.00, 600, 360, 25, 95, 95, 60, 70,
202, 15, 0, 20b4 (1479), 1176, Sud Fontanas, , , 01/10/2010, , 780, N, 20, , , , ,
203, 68, 0, Gs6 2, 1302, Sud de la Côte du Bey, , , 27/08/2013, , 560, NE, 30, , , , ,
204, 54, 0, Gh4 6, 1302, Nord du Puy Mergue, , , 23/08/2013, , 630, S, 20, , , , ,
205, 277, 0, 19.17, 1304, , , PC9, , , 07/2012, , , , , , , , ,
206, 246, 0, Gs3 12, 1302, Est de la Clinique du Grand Pr, , , 21/08/2013, , 560, E, , , , , ,
207, 197, 0, CEB4.1, 1302, Mont Miel, Royat, Socle cristallin, 2013/06/20, 400.00, 740, 315, 25, 100, 100, 30, 75,
208, 94, 0, 19.10bis, 1304, PC9, , , 07/2012, , , , , , , , ,
209, 245, 0, Gs3 7, 1302, Vallon face Est Puy Charmont, , , 21/08/20, , 520, E, , , , , ,
210, 276, 0, 19.15, 1304, , , PC9, , , 07/2012, , , , , , , , ,
211, 247, 0, Gh4 7, 1302, Croix des combes, , , 23/08/2013, , 570, E, , , , , ,
212, 251, 0, 19.5 bis, 1304, PC9, , , 07/2012, , , , , , , , ,
213, 291, 0, 19.9, 1304, , , PC9, , , 07/2012, , , , , , , , ,
214, 192, 0, CEB2.3, 1302, Foręt Domaniale de Royat, Royat, Socle cristallin, 2013/06/19, 400.00, 740, 90, 10, 100, 100, 70, 80,
215, 18, 0, 20b8 (1483), 1176, Sud Sarcenat, , , 01/10/2010, , 720, E, 10, , , , ,
216, 241, 0, Gs1 8 (1487), 1176, Ouest de Nohanent, , , 26/07/2012, , 590, E, 30, , , , ,
217, 47, 0, Gs3 15, 1302, Sud de la Clinique du Grand Pré, , , 21/08/2013, , 590, E, , , , , ,
218, 55, 0, Gh4 8, 1302, Su de la Croix des Combes, , , 23/08/2013, , 610, N, 30, , , , ,
219, 57, 0, Gh4 11, 1302, Nord de Bellevue, , , 23/08/2013, , 690, N, 30, , , , ,
220, 286, 0, 32.6, 1304, , , PC11, , , 07/2012, , , , , , , , ,
221, 12, 0, 20b1 (1477), 1176, , , 01/10/2010, , 820, N, 5, , , , ,
222, 42, 0, Gs3 6, 1302, Puy Charmont, , , 21/08/2013, , 520, E, 10, , , , ,
223, 50, 0, Gs3 19, 1302, Sud du ruisseau de la Rasette, , , 21/08/2013, , 640, NE, 40, , , , ,
224, 58, 0, Gh4 12, 1302, Est du Puy Mergue, , , 23/08/2013, , 620, NE, , , , , ,
225, 53, 0, Gh4 5, 1302, Côte de Pégnu, , , 23/08/2013, , 585, N, 20, , , , ,
226, 59, 0, Gh5 1, 1302, Face nord Montagne Percée, , , 24/08/2013, , 670, N, 30, , , , ,
227, 283, 0, 31.3, 1304, , , PC12, , , 07/2012, , , , , , , , ,
228, 240, 0, a5 (1476), 1176, Champeaux bas, , , 29/09/2010, , 790, N, 20, , , , ,
229, 281, 0, 30.8, 1304, , , PC10, , , 07/2012, , , , , , , , ,
230, 290, 0, 19.6, 1304, , , PC9, , , 07/2012, , , , , , , , ,
231, 202, 0, CEB6.2, 1302, Puy de Grave Noire, Royat, Scories basaltiques, 2013/06/25, 400.00, 650, 360, 10, 100, 100, 80, 10,
232, 93, 0, 19.10, 1304, PC9, , , 07/2012, , , , , , , , ,
233, 16, 0, 20b5 (1480), 1176, ouest Villars, , , 01/10/2010, , 720, S-E, 5, , , , ,
234, 289, 0, 19.5, 1304, , , PC 9, , , 07/2012, , , , , , , , ,
235, 23, 0, Gs1 17 (1492), 1176, Les Barguères, , , 27/07/2012, , 510, E, 10, , , , ,
236, 52, 0, Gh4 1, 1302, Sud de Sarcenat, , , 23/08/2013, , 720, NE, 30, , , , ,
237, 96, 0, 30.5, 1304, PC10, , , 07/2012, , , , , , , , ,
238, 26, 0, Gh2 3 (1497), 1176, nord Charmont, , , 27/07/2012, , 520, N, 30, , , , ,
239, 284, 0, 31.3bis, 1304, , , PC12, , , 07/2012, , , , , , , , ,
240, 177, 1616, GT, 1176, Fontfreyde, Saint-Genès-Champanelle, Basalte, 2013/07/16, 200.00, 900, 360, 25, , 95, 50, 40,
241, 28, 0, Gh2 5 (1499), 1176, Tête noire, , , 27/07/2012, , 600, N, 30, , , , ,
242, 193, 0, CEB2.4, 1302, Foręt Domaniale de Royat, Royat, Socle cristallin, 2013/06/19, 400.00, 760, 90, 20, 100, 100, 5, 10,
243, 282, 0, 31.1, 1304, , , PC12, , , 07/2012, , , , , , , , ,
244, 195, 0, CEB3.4, 1302, Bois de la Pauze, Royat, Socle cristallin, 2013/06/19, 400.00, 770, 360, 10, 100, 100, 10, 5,
245, 191, 0, CEB2.1, 1302, La Tiretaine, Royat, Socle cristallin, 2013/06/18, 400.00, 710, 360, 20, 100, 100, 30, 40,
246, 248, 0, Gh5 11, 1302, Le Colombier, , , 24/08/2013, , 670, N, 30, , , , ,
247, 244, 0, Gh2 15, 1302, Nord de la Clinique du Grand Pré, , , 20/08/2013, , 630, E, 30, , , , ,
248, 63, 0, Gh5 8, 1302, Le Colombier, , , 24/08/2013, , 630, E, 30, , , , ,
249, 48, 0, Gs3 16, 1302, Sud de la Clinique du Grand Pré, , , 21/08/2013, , 620, N, 30, , , , ,
250, 65, 0, Gh5 10, 1302, Nord Ouest du Colombier, , , 24/08/2013, , 630, E, , , , , ,
251, 61, 0, Gh5 6, 1302, Bas de versant sud Montagne Pe, , , 24/08/2013, , 570, S, 20, , , , ,
252, 66, 0, Gh5 12, 1302, , , 24/08/2013, , 650, N, 35, , , , ,
253, 24, 0, Gs1 18 (1493), 1176, Les Barguères, , , 27/07/2013, , 510, E, 5, , , , ,
254, 62, 0, Gh5 7, 1302, Le Colombier, , , 24/08/2013, , 620, N, 30, , , , ,
255, 214, 104, CEB, 1302, Solagnat, Orcines, Socle cristallin, 2013/07/05, 400.00, 830, 360, 10, 90, 90, 80, 25,
256, 211, 0, CEB10.2, 1302, La Croze, Ceyrat, Socle cristallin, 2013/06/26, 300.00, 680, 360, 25, 100, 100, 30, 60,
257, 212, 0, CEB11.1, 1302, Le Quart de Rondet, Ceyrat, Socle cristallin, 2013/07/05, 400.00, 670, 338, 25, 100, 100, 10, 40,
258, 210, 0, CEB9.1, 1302, La Croze, Ceyrat, Socle cristallin, 2013/06/26, 400.00, 690, 45, 20, 100, 100, 50, 10,
259, 205, 0, CEB7.1, 1302, Parcours de Santé, Ceyrat, Socle cristallin, 2013/06/26, 400.00, 720, 360, 25, 100, 100, 10, 5,
260, 198, 0, CEB4.2, 1302, Mont Miel, Royat, Socle cristallin, 2013/06/20, 400.00, 680, 315, 25, 100, 100, 10, 10,
261, 207, 0, CEB8.1, 1302, Parcours de Santé, Ceyrat, Socle cristallin, 2013/06/26, 400.00, 680, 90, 25, 95, 95, 20, 20,
262, 206, 0, CEB7.2, 1302, Parcours de Santé, Ceyrat, Socle cristallin, 2013/06/26, 400.00, 650, 360, 25, 90, 90, 10, 15,
263, 280, 0, 30.7, 1304, , , PC10, , , 07/2012, , , , , , , , ,
264, 194, 0, CEB3.2, 1302, Foręt Domaniale de Royat-La Pé, Royat, Socle cristallin, 2013/06/19, 200.00, 800, 270, 10, 100, 100, 60, 20,
265, 196, 0, CEB3.6, 1302, Bois de la Pauze, Royat, Socle cristallin, 2013/06/19, 200.00, 750, 338, 10, 100, 100, 10, 10,
266, 39, 0, Gs3 3, 1302, Versant Ouest Puy Charmont, , , 20/08/2013, , 570, O, 40, , , , ,

267, 44, 0, Gs3 10, 1302, Est de la Clinique du Grand Pr, , , 21/08/20, , 610, NEE, 30, , , , ,
268, 69, 0, Gs6 3, 1302, Sud de la Côte du Bey, , , 27/08/2013, , 580, NE, 30, , , , ,
269, 41, 0, Gs3 5, 1302, Puy Charmont, , , 21/08/2013, , 570, N, 30, , , , ,
270, 199, 0, CEB5.1, 1302, Mont Miel, Royat, Socle cristallin, 2013/06/20, 200.00, 720, 338, 25, 90, 90, 80, 40,
271, 30, 1837, GT, Rivalet (Montaigut le Blanc), , granite, 30/06/2013, 400, 610, NO, 3, , 50, 40, 30,
272, 13, 0, 20b2 (1478), 1176, Puy de Charade, , , 01/10/2010, , 760, N, 20, , , , ,
273, 40, 0, Gs3 4, 1302, Puy Charmont, , , 21/08/2013, , 550, NO, 30, , , , ,
274, 67, 0, Gh5 14, 1302, Côte du Bey, , , 27/08/2013, , 550, SE, 30, , , , ,
275, 200, 0, CEB5.4, 1302, Puy de Charade, Ceyrat, Socle cristallin, 2013/06/25, 300.00, 700, 135, 25, 100, 100, 70, 80,
276, 95, 0, 30.4, 1304, PC10, , , 07/2012, , , , , , , , ,
277, 56, 0, Gh4 9, 1302, Puy Mergue, , , 23/08/2013, , 700, SE, 20, , , , ,
278, 29, 0, Gs3 1, 1302, Face Nord du Puy Charmont, , , 20/08/2013, , 600, N, 30, , , , ,
279, 20, 0, Gs1 2, 1302, Fer à cheval, , , 26/07/2013, , 640, O-S, , , , , ,
280, 203, 0, CEB6.3, 1302, Puy de Grave Noire, Royat, Scories basaltiques, 2013/06/25, 400.00, 810, 293, 10, 100, 100, 30, 60,
281, 22, 0, Gs1 9 (1488), 1176, Ouest de Nohanent, 26/07/2012, , 530, E, 10, , , , ,
282, 201, 0, CEB6.1, 1302, Puy de Grave Noire, Royat, Scories basaltiques, 2013/06/25, 400.00, 650, 360, 15, 100, 100, 30, 80,
283, 25, 0, Gs1 20, 1302, Au dessus du Tunnel de Varoux, , 20/08/2013, , 650, S-O, 30, , , , ,
284, 19, 0, Gs1 1 (1484), 1176, Fer à cheval, , 26/07/2012, , 560, S, 30, , , , ,
285, 60, 0, Gh5 4, 1302, Versant Est Montagne Percée, , , 24/08/2013, , 630, E, 20, , , , ,
286, 38, 0, Gs3 2, 1302, Versant Est Puy Charmont, , 20/08/2013, , 570, E, 30, , , , ,
287, 17, 0, 20b6 (1481), 1176, est de Sarcenat, , 01/10/20, , 620, S, 30, , , , ,
288, 275, 0, 19.12, 1304, , , PC9, , , 07/2012, , , , , , , , ,
289, 45, 0, Gs3 13, 1302, Est de la Clinique du Grand Pré, , 21/08/2013, , 570, NE, 30, , , , ,
290, 299, 222, CR, 1304, Montagne percée, Orcines, basalte, 2014/10/11, 200.00, 690, 360, 5, , 70, 40, 90,
291, 14, 0, 20b3, 1176, Puy de Gravenoire, , 01/10/20, , 800, N, 10, , , , , relevé incomplet
292, 46, 0, Gs3 14, 1302, Sud de la Clinique du Grand Pré, , , 21/08/2013, , 620, S, 40, , , , ,
293, 27, 0, Gh2 4 (1498), , Tête noire, , , 27/07/2012, , 560, E, 30, , , , ,
294, 49, 0, Gs3 18, 1302, Ouest de Durtol, , , 21/08/2013, , 600, S, 40, , , , ,
295, 70, 0, Gs6 4, 1302, L"Ermitage, , , 27/08/2013, , 640, E, 30, , , , ,
296, 64, 0, Gh5 9, 1302, Nord du Colombier, , , 24/08/2013, , 650, S, 35, , , , ,
297, 43, 0, Gs3 8, 1302, Est de la Clinique du Grand Pré, , , 21/08/2013, , 570, E, 30, , , , ,
298, 209, 0, CEB9.2, 1302, La Goutelle, Ceyrat, Socle cristallin, 2013/06/27, 200.00, 665, 158, 25, 80, 75, 10, 80,
299, 21, 0, Gs1 3 (1485), 1176, Fer à cheval, , , 26/07/2012, , 640, S, 10, , , , ,
300, 51, 0, Gs3 20, 1302, Sud du ruisseau de la Rasette, , 23/08/2013, , 670, S, 25, , , , ,
301, 265, 1553, GT, 1176, Puy de la Charité, , Cristallin, 2013/06/25, 10.00, 730, , , 80, , 80, 30,

Tableau 2 : tableau de relevés forestiers planitiaires à collinéens

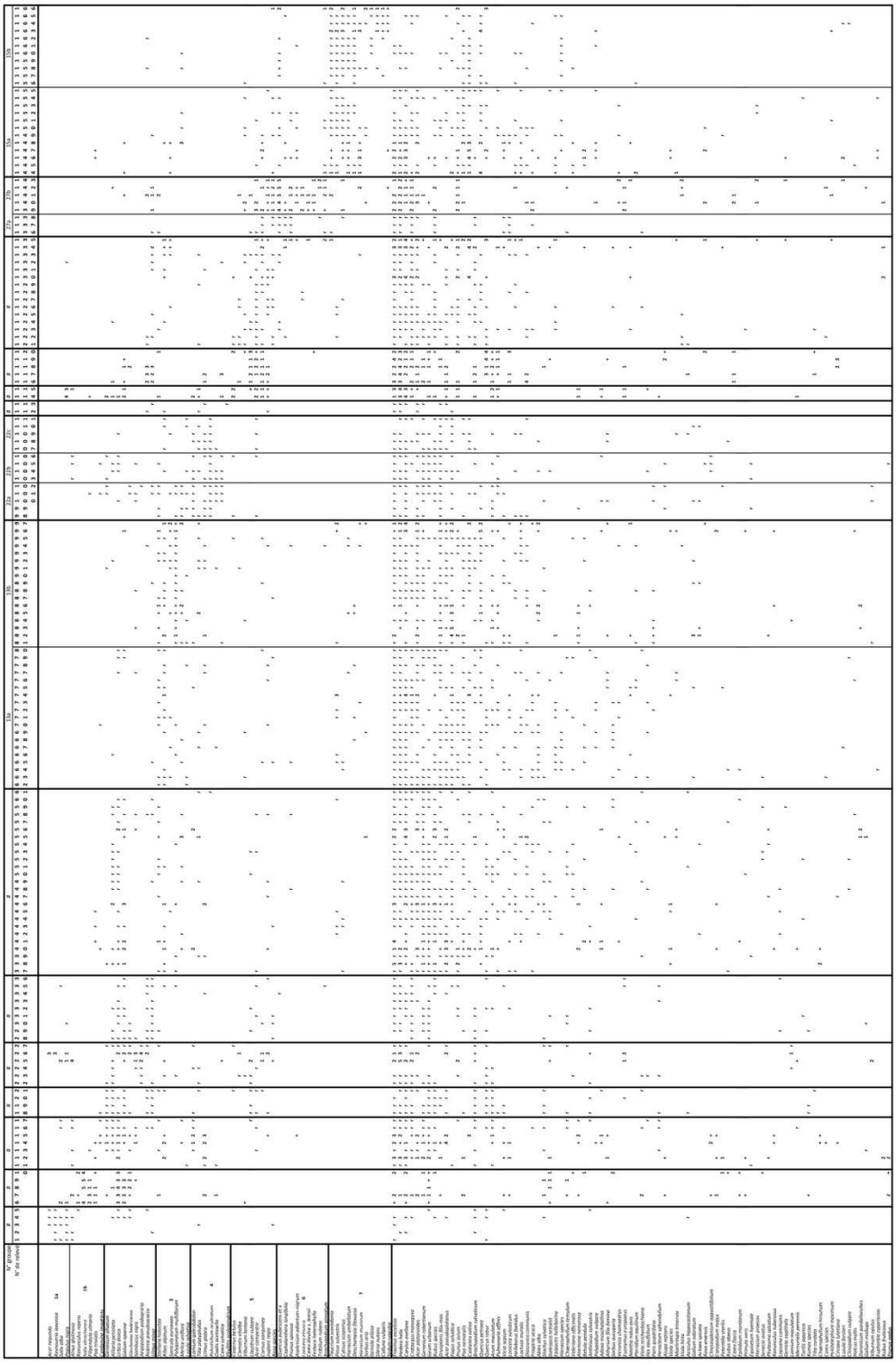


Tableau 2 :taxons présents moins de 4 fois (forêts planitiaires à collinéennes)

Lonicera periclymenum 55 : 2, 140 : +, 144 : 2; *Rubus ulmifolius* 141 : 1, 150 : r, 158 : r; *Galium rotundifolium* 5 : r, 55 : +; *Solidago virgaurea* 97 : +, 145 : r, 156 : r; *Biscutella lamottei* 147 : +; *Picea abies* 62 : r, 91 : r; *Viola riviniana* 47 : r, 82 : +, 135 : +; *Malus sylvestris* 114 : 1, 120 : 1, 142 : +; *Campanula persicifolia* 143 : 2, 154 : r; *Myosotis sylvatica* 41 : 1, 43 : r, 55 : +; *Juniperus communis* 163 : +, 166 : 2; *Agrimonia eupatoria* 32 : r, 36 : r, 138 : r; *Silene dioica* 27 : r, 55 : 1, 101 : r; *Hypericum perforatum* 63 : r, 146 : +; *Impatiens noli-tangere* 14 : +, 105 : r, 106 : r; *Bryonia cretica s. dioica* 18 : r, 55 : +, 127 : r; *Caltha palustris* 6 : 1, 10 : 1, 12 : +; *Salix caprea* 7 : 3, 60 : r, 104 : r; *Lunaria rediviva* 14 : 2, 15 : 3, 40 : +; *Crataegus laevigata* 21 : r, 119 : 1, 120 : 1; *Taraxacum campylodes* 31 : r, 43 : r, 146 : +; *Silene vulgaris* 146 : +; *Ranunculus auricomus* 12 : 1, 14 : +, 22 : r; *Roegneria canina* 7 : 1, 26 : +, 116 : +; *Polygonatum odoratum* 122 : r, 142 : 2, 148 : +; *Veronica officinalis* 144 : +, 163 : +; *Primula elatior* 40 : +, 49 : r, 92 : r; *Vicia cracca* 36 : r, 127 : r, 138 : r; *Ranunculus ficaria* 15 : +, 40 : +, 96 : +; *Persicaria bistorta* 7 : +, 10 : 1, 12 : +; *Origanum vulgare* 79 : r, 142 : +; *Cedrus atlantica* 151 : r, 159 : r; *Prunus domestica s. insititia* 114 : 2, 130 : +, 134 : +; *Bromus sterilis* 5 : r, 26 : +; *Larix decidua* 42 : r; *Prunus laurocerasus* 130 : 1, 134 : +; *Bromus ramosus* 25 : +, 101 : r; *Pseudotsuga menziesii* 163 : +; *Cephalanthera damasonium* 114 : 1, 126 : r; *Rhamnus cathartica* 116 : 1, 119 : 1; *Euphorbia amygdaloides* 19 : r, 124 : r; *Orchis species* 10 : +, 126 : r; *Rubia peregrina* 136 : r, 141 : 3; *Populus tremula* 8 : 1, 95 : r; *Sambucus racemosa* 45 : r, 104 : r; *Lilium martagon* 23 : r, 110 : r; *Arrhenatherum elatius* 142 : +; *Poa pratensis s. angustifolia* 141 : 1, 143 : 2; *Cardamine pratensis s. pratensis* 6 : +, 10 : 1; *Festuca ovina* 142 : 1, 147 : +; *Vinca minor* 121 : r, 131 : r; *Equisetum palustre* 8 : 1, 9 : 1; *Campanula patula* 63 : r, 73 : r; *Campanula glomerata* 50 : r, 52 : r; *Trifolium ochroleucon* 141 : 1, 143 : 2; *Cardamine flexuosa* 14 : +, 106 : r; *Dactylis glomerata* 53 : r, 143 : 1; *Chaerophyllum aureum* 7 : 2, 102 : r; *Chelidonium majus* 27 : r; *Vicia hirsuta* 143 : 1, 146 : 1; *Dryopteris carthusiana* 6 : 1, 119 : 1; *Epilobium tetragonum* 10 : 1, 13 : r; *Cephalanthera species* 71 : r, 156 : r; *Calystegia sepium* 26 : +; *Humulus lupulus* 26 : 1, 124 : r; *Stellaria media* 7 : +, 43 : r; *Teucrium chamaedrys* 141 : 1, 142 : 1; *Rosa canina* 116 : 1; *Xanthoselinum alsaticum* 141 : +; *Stachys recta* 142 : +; *Ribes rubrum* 17 : r; *Veronica beccabunga* 6 : 1; *Stachys officinalis* 141 : +; *Viola palustris* 10 : +; *Vicia lutea* 142 : +; *Sorbus domestica* 139 : +; *Veronica hederifolia* 40 : +; *Pyrola minor* 10 : +; *Veronica austriaca* 146 : +; *Vincetoxicum hirundinaria* 141 : 1; *Rumex acetosa* 38 : +; *Taxus baccata* 25 : +; *Salix species* 70 : r; *Rumex sanguineus* 118 : 1; *Thymus species* 142 : +; *Vicia tenuifolia* 142 : 1; *Veronica arvensis* 146 : +; *Rubus caesius* 26 : 1; *Securigera varia* 142 : 1; *Sanguisorba minor* 142 : +; *Trifolium pratense* 146 : +; *Scrophularia nodosa* 5 : r; *Saponaria officinalis* 5 : r; *Prunus species* 130 : 1; *Cruciata laevipes* 43 : r; *Cornicularia aculeata* 82 : 2; *Dactylorhiza maculata* 10 : 1; *Digitalis lutea* 143 : 2; *Dianthus armeria* 146 : +; *Campanula trachelium* 50 : r; *Carex spicata* 136 : r; *Cirsium rivulare* 10 : +; *Cervaria rivini* 142 : 1; *Epipactis microphylla* 142 : r; *Gagea lutea* 17 : r; *Filipendula vulgaris* 14 : +; *Dryopteris dilatata* 104 : r; *Elytrigia intermedia* 26 : 2; *Epilobium species* 44 : r; *Elytrigia species* 36 : r; *Allium ursinum* 17 : r; *Agrostis stolonifera* 10 : 3; *Alopecurus myosuroides* 147 : +; *Anthericum liliago* 142 : 1; *Amelanchier ovalis* 166 : 1; *Peucedanum species* 158 : r; *Daphne laureola* 137 : r; *Euphorbia dulcis* 19 : r; *Agrostis capillaris* 164 : r; *Abies grandis* 71 : r; *Bidens species* 5 : r; *Briza media* 151 : r; *Bupleurum falcatum* 142 : +; *Bromus erectus* 142 : +; *Aquilegia vulgaris* 42 : r; *Anthyllis vulneraria* 146 : +; *Arctium lappa* 31 : r; *Betula pubescens* 32 : r; *Asplenium trichomanes* 79 : r; *Galium palustre* 10 : 2; *Melampyrum pratense* 123 : r; *Parthenocissus tricuspidata* 4 : r; *Phleum phleoides* 146 : +; *Persicaria hydropiper* 5 : r; *Lysimachia nemorum* 105 : r; *Lotus corniculatus* 146 : +; *Lysimachia nummularia* 7 : +; *Melampyrum cristatum* 143 : 2; *Mahonia aquifolium* 84 : r; *Poa pratensis* 142 : +; *Poa compressa* 147 : +; *Polygala vulgaris* 135 : +; *Primula species* 64 : r; *Prenanthes purpurea* 82 : +; *Pinus nigra s. laricio* 55 : 5; *Poa bulbosa* 147 : +; *Platanthera chlorantha* 10 : +; *Hypericum species* 14 : +; *Impatiens glandulifera* 5 : r; *Iris foetidissima* 118 : +; *Geranium sanguineum* 142 : 1; *Genista tinctoria* 142 : r; *Glyceria fluitans* 10 : 2; *Hieracium maculatum* 166 : 2; *Lathyrus niger* 141 : 2; *Linaria repens* 160 : r; *Lolium perenne* 31 : r; *Listera ovata* 10 : +; *Larix kaempferi* 56 : 5; *Juncus effusus* 10 : 2; *Lathyrus linifolius s. montanus* 75 : r; *Laserpitium latifolium* 58 : r.

Appendix tableau 2 : données générales et stationnelles

Les informations concernant les relevés sont données dans l'ordre suivant : N° dans le tableau 2, n° Turboveg, n° auteur, code de l"auteur, lieu-dit, commune, substrat géologique, date, surface du relevé (m2), altitude, exposition (degrés), pente (degrés), rec. total (%), rec. strate arborée (%), rec. strate arbustive (%), rec. strate herbacée (%);

1, 173, 8.4, 1304, Boires Pont du Château, Pont du Château, , 06/2012
2, 34, 10.6, 1304, Boires Pont du Château, Pont du Château, , 21/06/2012
3, 26, 8.5, 1304, Boires Pont du Château, Pont du Château, , 06/2012
4, 30, 8.8, 1304, Boires Pont du Château, Pont du Château, , 06/2012
5, 194, 12.8, 1304, Gondole, Le Cendre, , 27/06/2012
6, 139, 184CR, 1304, Beaune-le-Chaud, Saint-Genès-Champanelle, Colluvions et alluvions, 17/07/2014, 25m2, 890m, 0°, 0°, 90, 30, 90, 90
7, 108, 1569GT, 1176, Roche Brune (Thèdes, Manson), Saint-Genès-Champanelle, cristallin, 09/07/2013, 100m2, 830m, 0°, 0°, , 90, 20, 85
8, 137, 182CR, 1304, Beaune-le-Chaud, Saint-Genès-Champanelle, Colluvions et alluvions, 17/07/2014, 40m2, 890m, 0°, 0°, 95, 5, 95, 90
9, 138, 183CR, 1304, Beaune-le-Chaud, Saint-Genès-Champanelle, Colluvions et alluvions, 17/07/2014, 25m2, 890m, 0°, 0°, 90, , 90, 95
10, 111, 1639GT, 1304, Fontaine du Berger, Orcines, cristallin, 20/07/2013, 50m2, 975m, 0°, 0°, , , 80, 70
11, 58, Gh2 13, 1302, Ouest du Fer à Cheval, Nohanent, , 20/08/2012, , 560m, 90°
12, 109, 1572GT, 1176, ouest de Thèdes, Saint-Genès-Champanelle, cristallin, 09/07/2013, , 840m, 0°, 0°, , 40, 60, 70
13, 24, 29.13, 1304, Chateaugay nord, , , 19/07/2012
14, 166, CEB76, 1302, Pont des Soupirs, Royat, Cristallin, 18/06/2013, 160m2, 560m, , , 90, 90, 30, 40
15, 165, CEB75, 1302, Pont des Soupirs, Roya, Cristallin, 18/06/2013, 300m2, 580m, 360°, 27°, 90, 90, 65, 75
16, 5, 24.3, 1304, Montrognon, , , 04/07/2012
17, 17, 28.4, 1304, Cotes Clermont Nord, , , 13/07/2012
18, 35, 11.2, 1304, , Dallet, , 21/06/2012
19, 33, 10.3, 1304, Boires Pont du Château, Pont du Château, , 21/06/2012
20, 32, 10.1, 1304, Boires Pont du Château, Pont du Château, , 21/06/2012

21, 36, 13.2, 1304, Chadieu, La Sauvetat, , 28/06/2012
22, 31, 8.9, 1304, Boires Pont du Château, Pont du Château, , 06/2012
23, 22, 29.11, 1304, Chateaugay nord, , , 19/07/20 12
24, 29, 8.7bis, 1304, Boires Pont du Château, Pont du Château, , 06/2012
25, 179, 204CR, 1304, Amont du Pont des Pèdes, Le Crest, alluvions, 12/06/2015, 100m2, 370m, , 0°, , 80, 50, 90
26, 168, 1537GT, 1176, Boire Pont-du-Château, Pont-du-Château, Alluvions, 19/06/2013, 300m2, 305m, , , 95, 40, 50, 90
27, 37, 13.6, 1304, Chadieu, La Sauvetat, , 28/06/2012
28, 174, 12.4bis, 1304, Gondole, Le Cendre, , 27/06/2012
29, 28, 8.7, 1304, Boires Pont du Château, Pont du Château, , 06/2012
30, 172, 29.2, 1304, Chateaugay plateau, Chateaugay, , 19/07/2012
31, 6, 25.8, 1304, Gergovie plateau, La Roche Blanche, , 09/07/2012
32, 25, 8.3, 1304, Boires Pont du Château, Pont du Château, , 06/2012
33, 13, 27.7, 1304, Cotes Clermont plateau, Clermont-Ferrand, , 13/07/20
34, 14, 28.1, 1304, Cotes Clermont Nord/Est, , ,13/07/2012
35, 3, 23.15, 1304, Gergovie sud Jussat, La Roche Blanche, ,04/07/2012
36, 27, 8.6, 1304, Boires Pont du Château, Pont du Château, , 06/2012
37, 41, 20b4 (1479), 1176, Sud Fontanas, Orcines, , 01/10/2012, , 780m, 360°, 20°
38, 130, CEB10.1, 1302, Boisséjour, Ceyrat, cristallin, 26/06/2013, 400m2, 605m, 90°, 3°, 100, 100, 5, 100
39, 77, Gh4 6, 1302, Nord du Puy Mergue, Orcines, , 23/08/2013, , 630m, 180°, 20°
40, 164, CEB74, 1302, Pont des Soupirs, Royat, Cristallin, 18/06/2013, 400m2, 600m, 360°, 25°, 95, 95, 60, 70
41, 135, ceb103, 1302, Thèdes, Saint-Genčs-Champanelle, cristallin, 05/07/2013, 400m2, 835m, 360°, 7°, 100, 100, 40, 85
42, 91, Gs6 2, 1302, Sud de la Côte du Bey, Orcines, , 27/08/2013, , 560m, 45°, 30°
43, 154, 14.6, 1304, PC3 Varennes, Saint-Genčs-Champanelle, , 07/2012
44, 97, 19.17, 1304, PC9, , 07/2012
45, 150, Gs3 12, 1302, Est Clinique Grand pré, Durtol, , 21/08/2012, , 560m, 90°
46, 119, CEB4.1, 1302, Mont Miel, Royat, cristallin, 06/20/2013, 400m2, 740m, 315°, 25°, 100, 100, 30, 75
47, 94, 19.10bis, 1304, PC9, , , 07/2012
48, 99, 21.2, 1304, PV3, , , 07/2012
49, 149, Gs3 7, 1302, Vallon face Est Puy Charmont, Nohanent, , 21/08/2013, , 520m, 90°
50, 96, 19.15, 1304, PC9, , , 07/2012
51, 152, Gh4 7, 1302, Croix des combes, Durtol, , 23/08/2013, , 570m, 90°
52, 156, 19.5 bis, 1304, PC9, , , 07/2012
53, 159, 21.3, 1304, PV3, , , 07/2012
54, 158, 19.9, 1304, PC9, , , 07/2012
55, 112, CEB1.3, 1302, Arboretum Royat, Royat, cistallin, 18/06/2013, 400m2, 830m, 90°, 15°, 100, 90, 80, 100
56, 114, CEB2.3, 1302, Foręt Domaniale de Royat, Royat, cristallin, 19/06/2013, 400m2, 740m, 90°, 10°, 100, 100, 70, 80
57, 43, 20b8 (1483), 1176, Sud Sarcenat, Sud Sarcenat, Orcines, , 01/10/2012, , 720m, 90°, 10°
58, 142, Gs1 8 (1487), 1176, Ouest de Nohanent, Nohanent, , 26/07/2012, , 590m, 90°, 30°
59, 106, 32.4, 1304, PC11, , , 07/2012
60, 98, 20.3, 1304, PC8, , , 07/2012
61, 69, Gs3 15, 1302, ruisseau de la Rasette Sud Clinique Grand pré, Durtol, , 21/08/2013, , 590m, 90°
62, 78, Gh4 8, 1302, Sud Croix des Combes, Durtol, , 23/08/2013, , 610m, 360°, 30°
63, 107, 32.6, 1304, PC11, , , 07/2012
64, 38, 20b1 (1477), 1176, Puy de Charade, Royat, , 01/10/2012, , 820m, 360°, 5°
65, 64, Gs3 6, 1302, Puy Charmont, Puy Charmont, Nohanent, , 21/08/2013, , 520m, 90°, 10°
66, 72, Gs3 19, 1302, Sud du ruisseau de la Rasette, Durtol, , 21/08/2013, , 640m, 45°, 40°
67, 80, Gh4 12, 1302, Est du Puy Mergue, Orcines, , 23/08/2013, , 620m, 45°
68, 76, Gh4 5, 1302, Côte de Pégnu, Durtol, , 23/08/2013, , 585m, 360°, 20°
69, 81, Gh5 1, 1302, Face nord Montagne Percée, Orcines, , 24/08/2013, , 670m, 360°, 30°
70, 105, 31.3, 1304, PC12, , , 07/2012
71, 140, (1476), 1176, Champeaux bas, Champeaux bas, Saint-Genès-Champanelle, , 29/09/2011, , 790m, 360°, 20°
72, 103, 30.8, 1304, PC10, , , 07/2012
73, 157, 19.6, 1304, PC9, , , 07/2012
74, 124, CEB6.2, 1302, Puy de Grave Noire, Royat, Scories basaltiques, 25/06/2013, 400m2, 650m, 360°, 10°, 100, 100, 80, 10
75, 155, 19.5, 1304, PC 9, , , 07/2012
76, 48, Gs1 17 (1492), 1176, Les Barguères, Sayat, , 27/07/2013, , 510m, 90°, 10°
77, 74, Gh4 1, 1302, Sud de Sarcenat, Sud de Sarcenat, Orcines, , 23/08/2013, , 720m, 45°, 30°
78, 101, 30.5, 1304, PC10, , , 07/2012
79, 12, 26.15, 1304, Gergovie nord, La Roche Blanche, , 10/07/2012
80, 11, 26.14, 1304, Gergovie nord, La Roche Blanche, , 10/07/2012
81, 53, Gh2 3 (1497), 1176, nord Charmont, Nohanent, , 27/07/2012, , 520m, 360°, 30°
82, 110, 1616GT, 1176, Fontfreyde, Saint-Genčs-Champanelle, Basalte, 16/07/2013, 200m2, 900m, 360°, 25°, , 95, 50, 40
83, 115, CEB2.4, 1302, Foręt Domaniale de Royat, Royat, cristallin, 19/06/2013, 400m2, 760m, 90°, 20°, 100, 100, 5, 10
84, 104, 31.1, 1304, PC12, , , 07/2012
85, 117, CEB3.4, 1302, Bois de la Pauze, Royat, cristallin, 19/06/2013, 400m2, 770m, 360°, 10°, 100, 100, 10, 5
86, 113, CEB2.1, 1302, La Tiretaine, Royat, cristallin, 18/06/2013, 400m2, 710m, 360°, 20°, 100, 100, 30, 40
87, 153, Gh5 11, 1302, Le Colombier, Orcines, , 24/08/2013, , 670m, 360°, 30°
88, 148, Gh2 15, 1302, Nord Clinique Grand Pré, Durtol, , 20/08/2013, , 630m, 90°, 30°
89, 85, Gh5 8, 1302, Le Colombier, Orcines, , 24/08/2013, , 630m, 90°, 30°
90, 70, Gs3 16, 1302, Sud Clinique Grand Pré, Durtol, , 21/08/2013, , 620m, 360°, 30°
91, 87, Gh5 10, 1302, Nord Ouest du Colombier, Orcines, , 24/08/2013, , 630m, 90°
92, 83, Gh5 6, 1302, Bas versant sud Montagne Percée, 0rcines, , 24/08/2013, , 570m, 180°, 20°
93, 88, Gh5 12, 1302, Le Colombier, Orcines, , 24/08/2013, , 650m, 360°, 35°
94, 49, Gs1 18 (1493), 1176, Les Barguères, Sayat, , 27/07/2012, , 510m, 90°, 5°
95, 84, Gh5 7, 1302, Le Colombier, Orcines, , 24/08/2013, , 620m, 360°, 30°
96, 136, ceb104, 1302, Solagnat, Orcines, cristallin, 05/07/2013, 400m2, 830m, 360°, 10°, 90, 90, 80, 25

97, 181, 218CR, 1304, Gravenoire, Royat, basalte pouzzolane, 19/06/2015, 400m2, 640m, 360°, 7°, , 40, 80, 30
98, 147, Gh2 10, 1302, Ouest du Fer à Cheval, Chanat-la-Mouteyre, , 20/08/2012, , 700m, 360°, 30°
99, 56, Gh2 11, 1302, Ouest du Fer à Cheval, Chanat-la-Mouteyre, , 20/08/2012, , 610m, 360°, 30°
100, 55, Gh2 8a (1459), 1176, à l'ouest de tête noire, Durtol, , 27/07/2012, , 650m, 90°
101, 52, Gh2 1 (1495), 1176, nord Charmont, Nohanent, , 27/07/2012, , 520m, 360°, 45°
102, 143, Gh2 2 (1496), 1176, nord Charmont, Nohanent, , 27/07/2012, , 520m, 180°, 10°
103, 57, Gh2 12, 1302, Ouest du Fer à Cheval, Chanat-la-Mouteyre, , 20/08/2012, , 580m, 90°
104, 151, Gh4 2, 1302, Abords du ruisseau des Chassagnes (Sud de Sarcenat), Orcines, , 23/08/20, , 690m, 90°
105, 144, Gh2 6 (1500), 1176, nord Sarcenat, nord Sarcenat, Orcines, , 27/07/2012, , 610m, 360°
106, 146, Gh2 9, 1302, Ouest Ruisseau des Valettes, ouest du Fer à Cheval, Chanat-la-Mouteyre, , 20/08/2012, , 680m, 90°
107, 90, Gs6 1, 1302, Sud de la Côte du Bey, Orcines, , 27/08/2012, , 540m, 90°
108, 141, 20b7 (1482), 1176, Bois de Ribage, Orcines, , 01/10/2012, , 640m, 360°, 30°
109, 50, Gs1 19 (1494), 1176, Aval ruisseau de l'Adrienne, Sayat, , 27/07/2012, , 560m, 360°, 40°
110, 145, Gh2 8b, 1176, à l'ouest de tête noire, Durtol, , 27/07/2012, , 670m, 360°, 30°
111, 75, Gh4 3, 1302, Bois de Ribage, Orcines, , 23/08/2012, , 640m, 360°, 30°
112, 8, 26.7, 1304, Gergovie nord, La Roche-Blanche, , 10/07/2012
113, 9, 26.9, 1304, Gergovie nord, La Roche-Blanche, , 10/07/2012
114, 178, 203CR, 1304, Julhat, La Roche-Blanche, marne et colluvions basaltiques, 12/06/2015, 100m2, 440m, , 0°, , 90, 30, 80
115, 177, 202CR, 1304, Julhat, La Roche-Blanche, marne et colluvions basaltiques, 12/06/2015, 100m2, 440m, , 0°, , 90, 20, 90
116, 189, 212CR, 1304, Le Buisson, Pont-du-Château, argilo-calcaire, 18/06/2015, 75m2, 340m, 293°, 15°, , 60, 50, 90
117, 190, 213CR, 1304, Le Buisson, Pont-du-Château, argilo-calcaire, 18/06/2015, 100m2, 330m, 293°, , , 85, 50, 80
118, 191, 214CR, 1304, Le Branchillon, Beauregard-L"Evęque, argilo-calcaire, 18/06/2015, 100m2, 320m, 360°, 10°, , 90, 30, 90
119, 193, 216CR, 1304, La Gource, Ravel, colluvions marneux et alluvions, 18/06/2015, 100m2, 330m, 0, 0, , 80, 80, 60
120, 192, 215CR, 1304, Les Petits Bois, Culhat, argilo-calcaire, 18/06/2015, 100m2, 360m, 0°, 0°, , 80, 60, 50
121, 4, 23.19, 1304, Gergovie nord Fours à chaux, Romagnat, , 04/07/2012
122, 2, 23.16, 1304, Gergovie sud Jussat, La Roche-Blanche, , 04/07/2012
123, 23, 29.12, 1304, Chateaugay nord, , , 19/07/20
124, 1, 23.11, 1304, Gergovie est Pérignat, La Roche-Blanche, , 04/07/2012
125, 7, 26.5, 1304, Gergovie nord, La Roche-Blanche, , 10/07/2012
126, 169, 26.1, 1304, Gergovie ouest, Romagnat, , 10/07/2012
127, 175, 23.5bis, 1304, Gergovie ouest, Romagnat, , 04/07/2012
128, 171, 28.6, 1304, Cotes Clermont Nord, , , 13/07/2012
129, 16, 28.3, 1304, Cotes Clermont Nord/Est, Cotes Clermont Nord/Est, , , 13/07/2012
130, 160, 1386GT, 1176, La Châtaigneraie, Beaumont, Blocs basaltiques, 31/05/2012, 400m2, 510m, 360°, 25°, 100, 90, 50, 15
131, 10, 26.13, 1304, Gergovie nord, La Roche-Blanche, , 10/07/2012
132, 18, 28.5 bis, 1304, Cotes Clermont Nord, , , 13/07/2012
133, 19, 28.6bis, 1304, Cotes Clermont Nord, , , 13/07/2012
134, 161, 1385GT, 1176, La Châtaigneraie, Beaumont, Scorie basalte, 31/05/2012, 400m2, 500m, 360°, 7°, , 75, 25, 35
135, 180, 217CR, 1304, Boisséjour, Ceyrat, basalte, 19/06/2015, 400m2, 670m, 135°, 25°, , 35, 80, 30
136, 21, 29.8, 1304, Chateaugay plateau, , , 19/07/2012
137, 15, 28.2bis, 1304, Cotes Clermont Nord/Est, Blanzat, , 13/07/2012
138, 20, 29.7, 1304, Chateaugay plateau, , , 19/07/2012
139, 185, 208CR, 1304, Les Côtes, Clermont-Ferrand, marne, 15/06/2015, 400m2, 580m, 135°, 15°, , 70, 70, 40
140, 186, 209CR, 1304, Les Vergnes, Marsat, Limite marne basalte, 17/06/2015, 400m2, 490m, 45°, 20°, , 80, 60, 50
141, 211CR, 1304, Champ Griaud, Châteaugay, marne, 17/06/2015, 400m2, 500m, 225°, 10°, , 90, 30, 80
142, 176, 1398GT, 1176, puy de Var, Clermont-Ferrand, , 04/06/2012, 200m2, , 158°, 45°, , 60, 50, 40
143, 187, 210CR, 1304, Les Vergnes, Marsat, Limite marne basalte, 17/06/2015, 400m2, 490m, 45°, 10, , 70, 20, 70
144, 125, CEB6.3, 1302, Puy de Grave Noire, Royat, Scories basaltiques, 25/06/2013, 400m2, 810m, 293°, 10°, 100, 100, 30, 60
145, 47, Gs1 9 (1488), 1176, Ouest de Nohanent, Nohanent, , 26/07/2012, , 530m, 90°, 10°
146, 162, 0, CEB62, 1302, Châtaigneraie, Beaumont, Scories, 07/06/2013, 340m2, 500m, 180°, 15°, 80, 75, 50, 55
147, 163, CEB61, 1302, Châtaigneraie, Beaumont, Scories, 07/06/2013, 260m2, 500m, , , 80, 80, 60, 15
148, 123, CEB6.1, 1302, Puy de Grave Noire, Royat, Scories basaltiques, 25/06/2013, 400m2, 650m, 360°, 15°, 100, 100, 30, 80
149, 51, Gs1 20, 1302, Au dessus du Tunnel de Varoux,Chanat-la-Mouteyre, , 20/08/2012, , 650m, 225°, 30°
150, 44, 0, Gs1 1 (1484), 1176, Fer à cheval, Chanat-la-Mouteyre, , 26/07/2012, , 560m, 180°, 30°
151, 82, Gh5 4, 1302, Versant Est Montagne Percée, Orcines , , 24/08/2012, , 630m, 90°, 20°
152, 60, Gs3 2, 1302, Versant Est Puy Charmont, , , 20/08/2012, Nohanent, 570m, 90°, 30°
153, 42, 20b6 (1481), 1176, est de Sarcenat, Durtol, , 01/10/2012, , 620m, 180°, 30°
154, 95, 19.12, 1304, PC9, , , 07/2012
155, 67, Gs3 13, 1302, Est de la Clinique du Grand Pré, Durtol, , 21/08/2012, , 570m, 45°, 30°
156, 40, 20b3, 1176, Puy de Gravenoire, Royat, , 01/10/2012, , 800m, 360°, 10°
157, 68, Gs3 14, 1302, Sud de la Clinique du Grand Pré, Durtol, , 21/08/2012, , 620m, 180°, 40°
158, 54, Gh2 4 (1498), Tête noire, Durtol, , 27/07/2012, , 560m, 90°, 30°
159, 71, Gs3 18, 1302, Ouest de Durtol, Durtol, , 21/08/2012, , 600m, 180°, 40°
160, 93, Gs6 4, 1302, L'Ermitage, Orcines, , 27/08/2012, , 640m, 90°, 30°
161, 86, Gh5 9, 1302, Nord du Colombier, Orcines, , 24/08/2012, , 650m, 180°, 35°
162, 65, Gs3 8, 1302, Est de la Clinique du Grand Pré, Durtol, , 21/08/2012, , 570m, 90°, 30°
163, 131, CEB9.2, 1302, La Goutelle, Ceyrat, cristallin, 27/06/2013, 200m2, 665m, 158°, 25°, 80, 75, 10, 80
164, 46, Gs1 3 (1485), 1176, Fer à cheval, Durtol, , 26/07/2012, , 640m, 180°, 10°
165, 73, Gs3 20, 1302, Sud du ruisseau de la Rasette, , 23/08/2012, , 670m, 180°, 25°
166, 167, 1553GT, 1176, Puy de la Charité, Royat, Cristallin, 25/06/2013, 10m2, 730m, , , 80, , 80, 30

Tableau 8 (relevés des végétations arbustives Partie II - 3.2.1) : taxons herbacés non différentiels présents moins de trois fois.

Lapsana communis 1 : +, 28 : 1; *Brachypodium sylvaticum* 46 : 1, 55 : 1; *Convallaria majalis* 25 : 1, 41 : +; *Poa trivialis* 16 : 1, 21 : 1; *Silene latifolia s. alba* 47 : 1, 48 : 1; *Crepis capillaris* 17 : 1, 48 : 1; *Cerastium fontanum* 1 : +, 17 : +; *Potentilla sterilis* 3 : +, 40 : 1; *Campanula rotundifolia* 1 : +, 11 : 1; *Sedum rupestre* 19 : 1, 41 : +; *Hylotelephium maximum* 7 : 1, 15 : 1; *Helianthemum nummularium* 9 : +, 11 : 1; *Holcus lanatus* 2 : 1, 39 : 2; *Viola hirta* 12 : 1, 39 : 1; *Geranium sylvaticum* 37 : 1, 42 : 1; *Digitalis purpurea* 1 : +, 29 : 1; *Festuca rubra* 41 : 1, 42 : +; *Centaurea jacea* 2 : 1, 16 : 1; *Rumex crispus* 35 : 1, 47 : 1; *Persicaria bistorta* 25 : +, 37 : 2; *Cystopteris fragilis* 28 : 1; *Dryopteris dilatata* 36 : 2; *Geranium phaeum* 26 : 1; *Paris quadrifolia* 38 : +; *Polygonatum verticillatum* 37 : 1; *Dryopteris carthusiana* 36 : 2; *Cirsium erisithales* 42 : 1; *Knautia species* 32 : +; *Epilobium obscurum* 28 : 1; *Securigera varia* 47 : 1; *Allium victorialis* 38 : 2; *Lunaria rediviva* 30 : +; *Microthlaspi perfoliatum* 42 : +; *Melica uniflora* 26 : 1; *Arctium lappa* 55 : 1; *Anacamptis morio* 9 : +; *Monotropa hypopitys* 43 : 1; *Ranunculus auricomus* 25 : +; *Actaea spicata* 30 : 1; *Prenanthes purpurea* 36 : +; *Asplenium adiantum-nigrum* 31 : +; *Anthriscus sylvestris* 26 : 1; *Cephalanthera longifolia* 43 : 1; *Medicago lupulina* 48 : 1; *Elytrigia repens* 48 : 1; *Vicia narbonensis* 44 : 1; *Bromus sterilis* 22 : 1; *Artemisia vulgaris* 44 : 1; *Carex divulsa* 48 : 1; *Stachys sylvestris* 46 : 1; *Lolium perenne* 20 : 1; *Pteridium aquilinum* 34 : 3; *Orobanche species* 7 : 1; *Hieracium umbellatum* 7 : 1; *Jasione montana* 7 : 1; *Euphorbia cyparissias* 21 : 1; *Scabiosa columbaria* 23 : 1; *Trifolium pratense* 3 : +; *Micropyrum tenellum* 8 : 1; *Phyteuma spicatum* 40 : +; *Teesdalia nudicaulis* 9 : +; *Phleum pratense* 1 : 1; *Torilis arvensis* 40 : +; *Plantago lanceolata* 1 : 1; *Poa pratensis s. angustifolia* 12 : +; *Potentilla recta* 2 : 1; *Rumex acetosella* 13 : +; *Torilis japonica* 1 : 2; *Rosa x scabriuscula* 14 : +; *Hieracium murorum* 41 : +; *Hieracium pilosella* 10 : +; *Teucrium chamaedrys* 14 : +; *Jacobaea adonidifolia* 2 : 1; *Galium rotundifolium* 1 : +; *Sanguisorba minor* 11 : +; *Veronica officinalis* 41 : +; *Rhinanthus minor* 1 : 1; *Inula species* 14 : 1; *Polygala vulgaris* 41 : +; *Cirsium eriophorum* 1 : +; *Viola lutea* 2 : 1; *Clinopodium vulgare* 33 : 1; *Carex spicata* 5 : +; *Vicia sativa* 16 : 1; *Capsella bursa-pastoris* 5 : +; *Aquilegia vulgaris* 41 : +; *Centaurea species* 41 : 1; *Viola tricolor* 10 : +; *Agrostis stolonifera* 34 : 1; *Viola riviniana* 13 : +; *Knautia arvensis* 2 : 1; *Laserpitium latifolium* 41 : +; *Stachys officinalis* 41 : +; *Lathyrus species* 41 : +; *Leucanthemum vulgare* 41 : +; *Lilium martagon* 41 : +; *Viola arvensis* 5 : +; *Cerastium arvense* 1 : +; *Astragalus glycyphyllos* 12 : 1; *Lotus corniculatus* 10 : +; *Epilobium angustifolium* 33 : 1;

Appendix tableau 8 (Partie II - 3.2.1) : données générales et stationnelles (végétations arbustives)
Les informations concernant les relevés sont données dans l'ordre suivant : N° dans le tableau 8, n° Turboveg, n° auteur, code de l"auteur, date, surface du relevé (m2), altitude, exposition (degrés), pente (degrés), substrat géologique, rec. total (%), rec. strate arborée (%), rec. strate arbustive (%), rec. strate herbacée (%);

1, 419, 1681GT, 1304, 01/08/2013, 10m2, 1050m, 0°, 0°, Soupoudrage basaltique sur basalte, , , 90, 70
2, 387, Fv9 17, 1302, 06/09/2013, , 980m, 180°, 5°
3, 413, 1625GT, 1176, 17/07/2013, 40m2, 952m, 0°, 0°, Recouvrement de trachyandésite sur soupoudrage basaltique
4, 409, 1599GT, 1176, 15/07/2013, , 990m, 0°, 0°, recouvrement de trachyandésite sur recouvrement de basalte, 100, , 100, 30
5, 402, 1574GT, 1176, 09/07/2013, 100m2, 947m, 0°, 0°, socle cristallin, , , 80, 30
6, 385, Gs6 11, 1302, 27/08/2013, , 740m, 180°, 20°
7, 379, Gs1 10b (1490), 1176, 27/07/2013, , 660m, 180°
8, 378, Gs1 10a (1489), 1176, 27/07/2013, , 660m, 180°
9, 397, 1562GT, 1176, 09/07/2013, 25m2, 880m, , 0°, volcanisme antèrieur à la chaîne des Puys, , , 90, 40
10, 421, CEB5.3, 1302, 25/06/2013, 50m2, 855m, 180°, 5°, Socle cistallin, 100, , 100, 70
11, 403, 1577GT, 1176, 09/07/2013, 20m2, 870m, 180°, 5°, volcanisme antèrieur à la chaîne des Puys, , , 90, 30
12, 404, 1578GT, 1176, 09/07/2013, 20m2, 890m, 180°, 0°, socle cristallin, , 30, 100, 30
13, 408, 1589GT, 1176, 11/07/2013, 10m2, 850m, 180°, 0°, Socle cristallin, 100, , 100, 30
14, 406, 1582GT, 1176, 11/07/2013, 20m2, 875m, 180°, , Volcanisme antérieur à la chaîne des Puys, 100, , 100, 20
15, 384, Gs6 5, 1302, 27/08/2013, , 680m, 180°, 5°
16, 389, 16.2, 1304, 07/2012
17, 405, 1579GT bis, 1176, 11/07/2013, 75m2, 860m, , , Socle cristallin, 100, 10, 100, 30
18, 381, Gs3 21, 1302, 23/08/2013, , 695m, 135°, 5°
19, 377, Gs1 6 (1486), 1176, 26/07/2013, , 640m, 180°, 5°
20, 383, Gh5 2, 1302, 24/08/2013, , 690m, 180°, 5°
21, 386, Gs6 13, 1302, 27/08/2013, , 710m, 180°, 20°
22, 380, Gs1 14 (1491), 1176, 27/07/2013, , 690m, , 0°
23, 382, Gh4 10, 1302, 23/08/2013, , 700m, 90°, 5°
24, 394, 30.7 bis, 1304, 07/2012
25, 398, 1567GT, 1176, 20130709, 30m2, 840m, 360°, 0°, socle cristallin, , 90, 85, 30
26, 391, 20.4 bis, 1304, 7/2012
27, 412, 1602GT, 1176, 15/07/2013, 100m2, 870m, 0°, 0°, Basalte, , , 90, 40
28, 392, 30.1, 1304, 07/2012
29, 396, 32.5, 1304, 07/2012
30, 401, 1571GT, 1176, 20130709, 100m2, 840m, 90°, 30°, socle cristallin, , 60, 60, 70
31, 399, 1568GT, 1176, 09/07/2013, 40m2, 870m, 45°, 0°, socle cristallin, , 95, 90, 20
32, 400, 1570GT, 1176, 09/07/2013, 50m2, 870m, 360°, 0°, socle cristallin, , 80, 50, 25
33, 415, 1632GT, 1176, 19/07/2013, , 900m, 0°, 0°, Socle cristallin, , , 100, 30
34, 416, 1633GT, 1176, 20130719, 20m2, 850m, , , Basalte, , , 80, 30
35, 395, 32.3, 1304, 07/2012
36, 417, 1645GT, 1176, 24/07/2013, 50m2, 1200m, 180°, 30°, Trachyandésite (nuée ardente), , , 70, 75
37, 418, 1656GT, 1176, 24/07/2013, 12m2, 1300m, 0°, 0°, Trachyandésite, , , 85, 80
38, 410, 1600GT, 1176, 15/07/2013, , 990m, 0°, 0°, recouvrement de trachyandésite sur recouvrement de basalte, , 60, 80, 60
39, 407, 1586GT, 1176, 11/07/2013, , 885m, , , Volcanisme antérieur à la chaîne des Puys, 100, 10, 100, 15

40, 414, 1626GT, 1176, 17/07/2013, 40m2, 900m, 0°, 0°, Trachyandésite, , 80, 60, 40
41, 420, CEB3.1, 1302, 19/06/2013, 100m2, 750m, 270°, 20°, Socle cistallin, 90, 30, 60, 80
42, 411, 1601GT, 1176, 15/07/2013, , 995m, 0°, 0°, Trachyandésite, , 30, 70, 85
43, 393, 30.3, 1304, 07/2012
44, 373, 8.2, 1304, 06/2012
45, 374, 12.4, 1304, 27/06/2012
46, 375, 12.4bis, 1304, 27/06/2012
47, 376, 13.4, 1304, 28/06/2012
48, 422, 1.3, 1176, , , 306m, , 0°
49, 368, 24.4, 1304, 04/07/2012
50, 372, 29.2, 1304, 19/07/2012
51, 390, 19.6 ter, 1304, 07/2012
52, 369, 25.2, 1304, 09/07/2012
53, 388, 14.4, 1304, 072012
54, 371, 29.1, 1304, 19/07/2012
55, 370, 26.1, 1304, 10/07/2012
56, 367, 23.5bis, 1304, 04/07/2012

Tableau 3 : tableau de relevés de landes et pelouses oligotrophes

n° de groupe	42					43	44		45						46						47a				47b							47c	
N° de relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Viola lutea		2	1		+			+	+	1	+		1	+				1	1	1												+	
Briza media																		+															
Genista sagittalis													+		+			+															
Sanguisorba minor																																	
Euphorbia cyparissias																1						1		1									
Rumex acetosa	1	1	+	1											+		+	+														+	
Hypochaeris radicata																																	
Silene vulgaris									+		+	1	1				1	+															
Nardus stricta																																	
Linaria repens		1				+	1		+			1							1	+		1		1		1					1		+
Dactylis glomerata													1																				
Luzula campestris			+																														
Hieracium umbellatum		+		1		+				+	+			1	1		1			+	+												
Hypericum perforatum																			1														
Polygala vulgaris																				+													
Silene nutans															1		1			1	+					1							
Galium pumilum										+																							
Festuca ovina												1							1			1	1	1		1							
Crataegus monogyna																																	
Veronica officinalis			+																													+	
Pteridium aquilinum																																	
Pimpinella saxifraga																																	
Carex species											+												1									1	
Veronica arvensis																																	
Rhinanthus minor						+				1	+			+																			
Trisetum flavescens																																	
Jasione laevis						1										+													+				
Campanula glomerata										+			+																				
Avenula pubescens																		+															
Fraxinus excelsior																										1							
Trifolium campestre																																	
Quercus robur																																	
Pinus sylvestris																							1			1		+					
Leucanthemum vulgare																																	
Juniperus communis																																	
Taraxacum campylodes																																	
Carex caryophyllea			2																														
Tragopogon pratensis										+	+																						
Rumex acetosella																																	
Festuca species																																	
Hylotelephium maximum												1	+		1		+																
Clinopodium vulgare																																	
Knautia arvernensis																																	
Leontodon hispidus																																	
Cirsium arvense																																	
Prunella vulgaris																																	
Agrostis stolonifera																				+													
Rosa species																																	
Digitalis purpurea							+															1		1									
Picea abies																														2	+		
Potentilla recta																									1								
Valeriana officinalis										+	+																						
Hypochaeris maculata																				+													
Aquilegia vulgaris										+	+		1																				
Conopodium majus								+																									
Agrostis vinealis		1																1															
Cirsium eriophorum																																	
Aira caryophyllea																																	
Aconitum lycoctonum							1		+				2																				
Echium vulgare																																	
Cirsium vulgare																																	
Vicia hirsuta																																	
Filago minima																																	
Festuca arvernensis																																	
Cruciata laevipes																																	
Holcus mollis																	2															+	
Carex umbrosa	+					+								+																			
Viola canina																																	
Carlina vulgaris																																	
Hieracium species																									1								
Bromus hordeaceus																																	
Luzula multiflora		1		+		1																											
Origanum vulgare													+																				
Knautia basaltica													+	2																			
Taraxacum species																																	
Festuca pratensis																																	
Polygonatum verticillatum								2	+			1																					
Euphrasia species																																	
Primula veris																																	
Alchemilla vulgaris																																+	
Stellaria holostea									1				1																				

n° de groupe	48a	48b											48c				49a			49b							49c	
N° de relevé	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
Viola lutea	1			+	1				1	1		+		1				+	+	+	+	+	+				1	
Briza media								1	+			+	1			1		+				2			1	1		+
Genista sagittalis									+									1	+		+				1			
Sanguisorba minor																1		1				1	+	1	1	1		2
Euphorbia cyparissias												+												1	1			
Rumex acetosa					1						+	+									+						1	
Hypochaeris radicata															2					+		+						
Silene vulgaris															+					+					1			
Nardus stricta			1										1	1	1	1												
Linaria repens	1										1																	
Dactylis glomerata																					1	1	+				1	
Luzula campestris				+							1				+					1								
Hieracium umbellatum	+			+																+				1	1			
Hypericum perforatum				1												1											1	
Polygala vulgaris								1												1								+
Silene nutans									+														+			1		
Galium pumilum	+			+															+	+				1		1		
Festuca ovina													1			1												
Crataegus monogyna		1													+					+				1	1			
Veronica officinalis				+				+							+													
Pteridium aquilinum																												
Pimpinella saxifraga									1			+												1	1	1		
Carex species																												
Veronica arvensis															1													
Rhinanthus minor												+																
Trisetum flavescens																					1							
Jasione laevis				+					+																			
Campanula glomerata												+									1							+
Avenula pubescens											1							+										
Fraxinus excelsior																	1											
Trifolium campestre																												
Quercus robur																												
Pinus sylvestris															1													
Leucanthemum vulgare												+									+							
Juniperus communis															2													
Taraxacum campylodes																				1								
Carex caryophyllea									+		1																	
Tragopogon pratensis																										1	1	
Rumex acetosella					+																							
Festuca species		+																										
Hylotelephium maximum																												
Clinopodium vulgare																					1	+	+					
Knautia arvernensis																				1	+						1	
Leontodon hispidus																					+							
Cirsium arvense																											1	1
Prunella vulgaris																				+								1
Agrostis stolonifera															2									1				
Rosa species																												+
Digitalis purpurea							+																					
Picea abies		2																										
Potentilla recta														1		1												
Valeriana officinalis																				+								
Hypochaeris maculata																												
Aquilegia vulgaris																												
Conopodium majus											1																	
Agrostis vinealis																												
Cirsium eriophorum																												
Aira caryophyllea																												
Aconitum lycoctonum																												
Echium vulgare																												
Cirsium vulgare															+													
Vicia hirsuta																												
Filago minima																												
Festuca arvernensis																												
Cruciata laevipes																											1	
Holcus mollis											1																	
Carex umbrosa																												
Viola canina																				1								
Carlina vulgaris																												
Hieracium species																												
Bromus hordeaceus																												
Luzula multiflora																												
Origanum vulgare																												
Knautia basaltica																								1				
Taraxacum species																												
Festuca pratensis																												
Polygonatum verticillatum																												
Euphrasia species																												
Primula veris																						+						+
Alchemilla vulgaris												+																
Stellaria holostea	+																											

n° de groupe	50a											50b								51							
N° de relevé	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
Viola lutea	+					+		1		2	+		+			2					1						1
Briza media	+						1		+			+	1		1	1							1		1	+	
Genista sagittalis												1		1	+							1			1	1	1
Sanguisorba minor	1											+	1														
Euphorbia cyparissias		1	1				1	2		1	+								1	1						1	
Rumex acetosa	1			1		+			+	+						+											
Hypochaeris radicata					2	2			3	+	1				+	+		+	1						1		1
Silene vulgaris	+			+		1																	+	+			
Nardus stricta									+		2						1	1		1	1	1					1
Linaria repens				+																							
Dactylis glomerata	2			+	+	1				1											1						
Luzula campestris	+												+	1	+	+							1		1		
Hieracium umbellatum																											
Hypericum perforatum										1		+		+									+				
Polygala vulgaris								+		+	+					+		+				1					
Silene nutans																											
Galium pumilum					+													+									
Festuca ovina											2														1		
Crataegus monogyna						+		+																			
Veronica officinalis			+		+		+															1	1				
Pteridium aquilinum					3		2	3	3		3	1					1										
Pimpinella saxifraga		1				+			2		+									1							
Carex species														+									+		1		1
Veronica arvensis			+														1				1						1
Rhinanthus minor													2		+												
Trisetum flavescens								+	1					+							1						
Jasione laevis																							+				
Campanula glomerata																											
Avenula pubescens	1																				1				1		
Fraxinus excelsior																											
Trifolium campestre			+											+											1		
Quercus robur																							+	1			
Pinus sylvestris																											
Leucanthemum vulgare						+							+								1						
Juniperus communis													2		+					1							
Taraxacum campylodes					2																						
Carex caryophyllea																			1								
Tragopogon pratensis									1																		
Rumex acetosella													+														
Festuca species																										2	
Hylotelephium maximum																											
Clinopodium vulgare				+																							
Knautia arvernensis				+																							
Leontodon hispidus	+														+												
Cirsium arvense		+					+									+											
Prunella vulgaris		1			+								+														
Agrostis stolonifera																											
Rosa species				+																							
Digitalis purpurea																											
Picea abies																											
Potentilla recta																	1										
Valeriana officinalis				1																							
Hypochaeris maculata																											
Aquilegia vulgaris																+											
Conopodium majus																											
Agrostis vinealis																											
Cirsium eriophorum		1					1														1						
Aira caryophyllea																						1					
Aconitum lycoctonum																											
Echium vulgare																											
Cirsium vulgare				2																							
Vicia hirsuta																							+		1		
Filago minima																											
Festuca arvernensis																											
Cruciata laevipes										+																	
Holcus mollis																											
Carex umbrosa																											
Viola canina					+														+								
Carlina vulgaris											1																
Hieracium species																											
Bromus hordeaceus																									1		
Luzula multiflora																											
Origanum vulgare																											
Knautia basaltica																											
Taraxacum species						1			1	+																	
Festuca pratensis																					1	1					
Polygonatum verticillatum																											
Euphrasia species		+															1										
Primula veris																											
Alchemilla vulgaris							+																				
Stellaria holostea																											

n° de groupe	52a					52b			53	54								55			56		57
N° de relevé	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
Viola lutea																							
Briza media		2								+				2		1							1
Genista sagittalis			1			1		1	1	2		1		2		2		1					
Sanguisorba minor	2	2	1	+	1		1	+		+					1							1	1
Euphorbia cyparissias		+	+			1	1	+	1														
Rumex acetosa				1																		1	
Hypochaeris radicata					1		1		1									+	+	+			
Silene vulgaris	+	+			1																		
Nardus stricta																4							
Linaria repens																			+				
Dactylis glomerata		1												1					+			1	1
Luzula campestris											+	1				1							
Hieracium umbellatum																							
Hypericum perforatum			+			+	1							1							1	1	
Polygala vulgaris		1								1		1											
Silene nutans			+			1			1					+	1								
Galium pumilum																		+	+	+			
Festuca ovina									1														
Crataegus monogyna						2					+	+									1		
Veronica officinalis																							
Pteridium aquilinum			+	+	2																		
Pimpinella saxifraga																							
Carex species			+								1	1											
Veronica arvensis						+		1	1													1	
Rhinanthus minor																						1	1
Trisetum flavescens						+																1	1
Jasione laevis	+																	1	+				
Campanula glomerata	+			1	2																		
Avenula pubescens	+	1																					
Fraxinus excelsior										2	+	2	+		1								
Trifolium campestre								1	1													1	
Quercus robur										+	1						1						
Pinus sylvestris																		+		+			
Leucanthemum vulgare																						1	
Juniperus communis	3		1																				
Taraxacum campylodes																						1	1
Carex caryophyllea																2							
Tragopogon pratensis																							1
Rumex acetosella					+	1				+										+			
Festuca species								1				1		3				1					
Hylotelephium maximum															1								
Clinopodium vulgare																							1
Knautia arvernensis																					1		
Leontodon hispidus				+																			1
Cirsium arvense																							
Prunella vulgaris																							
Agrostis stolonifera	+															1							
Rosa species										+					1						1		
Digitalis purpurea																							
Picea abies																				+			
Potentilla recta																							
Valeriana officinalis																							
Hypochaeris maculata										2	1	1											
Aquilegia vulgaris																							
Conopodium majus				+																			1
Agrostis vinealis										3		2											
Cirsium eriophorum																							1
Aira caryophyllea						1			1		1												
Aconitum lycoctonum																							
Echium vulgare				2	1														1				
Cirsium vulgare																			+				
Vicia hirsuta							1																
Filago minima								+	1		1												
Festuca arvernensis								3			3				1								
Cruciata laevipes								1															
Holcus mollis																							
Carex umbrosa																							
Viola canina																							
Carlina vulgaris		+																		+			
Hieracium species	+																+						
Bromus hordeaceus				2																		1	
Luzula multiflora																							
Origanum vulgare		+																			1		
Knautia basaltica																							
Taraxacum species																							
Festuca pratensis																						1	
Polygonatum verticillatum																							
Euphrasia species									1														
Primula veris																							1
Alchemilla vulgaris																							
Stellaria holostea																							

Tableau 3 : taxons présents moins de 3 fois (landes et pelouses oligotrophes)

Melampyrum sylvaticum 1 : +, 6 : +; *Euphrasia stricta* 2 : +, 14 : +; *Leucanthemum delarbrei* 2 : +, 14 : 1; *Rhinanthus species* 2 : +, 20 : 1; *Anemone nemorosa* 2 : +, 58 : 1; *Mercurialis perennis* 9 : 1, 13 : 2; *Geranium sylvaticum* 9 : 2, 13 : 1; *Urtica dioica* 9 : 1, 64 : +; *Galeopsis tetrahit* 9 : 1, 67 : +; *Vicia sepium* 9 : +, 62 : 2; *Ranunculus species* 9 : +, 32 : +; *Lilium martagon* 10 : +, 13 : 1; *Myosotis sylvatica* 10 : +, 65 : +; *Geranium sanguineum* 11 : +, 13 : 2; *Viola reichenbachiana* 11 : +, 58 : 1; *Pulmonaria affinis* 12 : 1, 65 : +; *Vicia orobus* 13 : 1, 17 : 1; *Hieracium murorum* 27 : +, 28 : +; *Senecio ovatus* 27 : +, 28 : +; *Thesium alpinum* 29 : 1, 37 : +; *Ceratodon purpureus* 30 : 1, 84 : 1; *Rubus species* 30 : 1, 103 : 1; *Carex pilulifera* 35 : +, 85 : +; *Viola species* 39 : +, 41 : 1; *Cirsium species* 41 : +, 53 : +; *Ranunculus repens* 45 : 1, 54 : +; *Genista anglica* 48 : +, 66 : 2; *Poa compressa* 48 : 1, 93 : 2; *Prunella grandiflora* 55 : +, 56 : +; *Xanthoselinum alsaticum* 61 : +, 92 : +; *Fragaria vesca* 65 : 1, 68 : +; *Ranunculus acris* 65 : +, 110 : 1; *Alchemilla hybrida* 65 : +, 74 : 1; *Cirsium palustre* 66 : +, 67 : 1; *Vicia sativa s. nigra* 66 : +, 86 : 1; *Alchemilla species* 67 : 1, 71 : 1; *Trifolium dubium* 68 : +, 82 : 1; *Ononis spinosa s. maritima* 69 : +, 111 : 1; *Potentilla species* 71 : +, 106 : +; *Jasione montana* 79 : 2, 98 : +; *Cuscuta species* 88 : 1, 93 : +; *Papaver rhoeas* 92 : 1, 93 : 1; *Bromus sterilis* 92 : 3, 93 : 2; *Ornithopus perpusillus* 94 : +, 97 : 1; *Rubus ulmifolius* 94 : 2, 98 : +; *Rosa canina* 94 : 2, 102 : 1; *Poa pratensis s. angustifolia* 95 : 1, 99 : 1; *Petrorhagia prolifera* 96 : 1, 97 : 1; *Hieracium maculatum* 98 : +, 101 : +; *Prunus spinosa* 102 : 3, 109 : 1; *Micropyrum tenellum* 103 : 1, 105 : +; *Pinus mugo* 106 : 1, 108 : 3; *Medicago sativa* 110 : 1, 111 : 1; *Hieracium prenanthoides* 1 : +; *Maianthemum bifolium* 2 : +; *Festuca nigrescens* 4 : 2; *Athyrium filix-femina* 8 : 2; *Oxalis acetosella* 8 : 1; *Veratrum album* 8 : +; *Dryopteris filix-mas* 8 : +; *Epilobium duriaei* 9 : 2; *Cicerbita plumieri* 9 : 1; *Pimpinella major* 9 : +; *Senecio cacaliaster* 9 : +; *Knautia species* 9 : +; *Rumex arifolius* 9 : +; *Crepis conyzifolia* 11 : +; *Knautia gracilis* 13 : +; *Cirsium erisithales* 13 : 2; *Festuca billyi* 15 : 1; *Arnica montana* 17 : 1; *Sanguisorba officinalis* 18 : +; *Viola riviniana* 16 : 1; *Succisa pratensis* 20 : +; *Deschampsia cespitosa* 23 : 1; *Fagus sylvatica* 27 : 1; *Epilobium angustifolium* 30 : +; *Prenanthes purpurea* 30 : 1; *Cladonia species* 30 : 2; *Campanula persicifolia* 33 : +; *Lysimachia nemorum* 34 : 1; *Ajuga reptans* 37 : +; *Veronica species* 38 : +; *Poa annua* 42 : +; *Silene species* 48 : 1; *Dianthus x saxatilis* 52 : 1; *Potentilla sterilis* 53 : 1; *Ranunculus tuberosus* 53 : 1; *Scorzoneroides autumnalis* 53 : +; *Plantago media* 53 : +; *Phyteuma nigrum* 56 : +; *Platanthera chlorantha* 56 : +; *Verbascum species* 60 : 1; *Hypericum tetrapterum* 60 : 1; *Poa trivialis* 62 : 1; *Thlaspi species* 64 : +; *Geum urbanum* 65 : +; *Silene dioica* 65 : +; *Cerastium brachypetalum* 65 : +; *Chaerophyllum temulum* 65 : +; *Senecio species* 66 : +; *Rubus fruticosus* 66 : +; *Populus tremula* 66 : 1; *Euphrasia officinalis* 69 : +; *Gentianella campestris* 72 : 1; *Aphanes arvensis* 80 : 1; *Phleum pratense* 81 : 1; *Myosotis stricta* 86 : 1; *Geranium rotundifolium* 86 : 1; *Saxifraga tridactylites* 86 : 1; *Campanula patula* 88 : 1; *Potentilla reptans* 88 : 1; *Anthyllis vulneraria* 90 : +; *Thymus froelichianus* 90 : +; *Lapsana communis* 92 : +; *Alopecurus pratensis* 92 : +; *Arenaria serpyllifolia* 93 : +; *Crepis capillaris* 93 : 1; *Carex praecox* 94 : 2; *Trifolium scabrum* 94 : +; *Armeria arenaria* 95 : 1; *Daucus carota* 95 : 1; *Dianthus deltoides* 95 : 1; *Sedum album* 96 : 1; *Scleranthus perennis* 96 : +; *Filago vulgaris* 96 : 1; *Scleranthus annuus* 97 : 1; *Thesium divaricatum* 97 : 1; *Aira praecox* 99 : 1; *Niphotrichum elongatum* 101 : 2; *Galium aparine* 99 : +; *Anacamptis morio* 102 : 1; *Cerastium species* 102 : +; *Galium rotundifolium* 107 : 1; *Lactuca serriola* 107 : +; *Goodyera repens* 108 : +; *Campylopus flexuosus* 108 : 2; *Stachys recta* 109 : 1; *Trifolium rubens* 109 : 1; *Cervaria rivini* 109 : 1; *Allium sphaerocephalon* 111 : 1; *Medicago lupulina* 111 : 1; *Melampyrum arvense* 111 : 1; *Linum catharticum* 111 : 1; *Lathyrus tuberosus* 111 : 1; *Salvia pratensis* 111 : 1; *Knautia arvensis* 111 : 1; *Astragalus glycyphyllos* 111 : 1; *Bromus erectus* 111 : 1; *Securigera varia* 111 : 1; *Vicia sativa* 111 : 1; *Thalictrum minus* 111 : 1; *Agrimonia eupatoria* 111 : 1; *Centaurea scabiosa* 111 : 1.

Appendix tableau 3 : données générales et stationnelles

Les informations concernant les relevés sont données dans l'ordre suivant : N° dans le tableau 3, n° Turboveg, n° auteur, code de l"auteur, lieu-dit, commune, date, , surface du relevé (m2), altitude, exposition (degrés), pente (degrés), substrat géologique, rec. total (%), rec. strate arborée (%), rec. strate arbustive (%), rec. strate herbacée (%);

1, 53, 1667GT, 1176, puy de Dôme, Orcines, 29/07/2013, 20m2, 1090m, 23°, 30°, Recouvrement trachyandésitique sur pouzzolane, 95, , 5, 95
2, 47, 1653GT, 1176, puy de Dôme, Ceyssat, 24/07/2013, 20m2, 1410m, 293°, 25°, Trachyandésite, 100, , , 100
3, 56, 1671GT, 1176, petit puy de Dôme, Orcines, 29/07/2013, 12m2, 1250m, 315°, 20°, Pouzzolane, 80, , , 80
4, 49, 1658GT, 1176, puy de Dôme, Ceyssat, 24/07/2013, 20m2, 1180m, 315°, 3°, Trachyandésite (nuée ardente), 100, , , 90
5, 69, FV6 8 (1692GT), 1176, Puy-De-Dôme, Orcines, 02/08/2012, 50m2, 1260m, 360°, 15°, Trachyte, 100, , , 100
6, 64, FV6 3 (1689GT), 1176, Puy-De-Dôme, Orcines, 02/08/2012, , 1400m, 338°, , Trachyte
7, 68, FV6 7 (1460GT), 1176, Puy-De-Dôme, Ceyssat, 02/08/2012, 10m2, 1350m, 360°, 45°, Trachyte, 100, , , 100
8, 48, 1655GT, 1176, puy de Dôme, Ceyssat, 24/07/2013, 10m2, 1325m, 315°, 0°, Trachyandésite, 100, , , 100
9, 62, FV6 1(1687GT), 1176, Puy-De-Dôme, Orcines, 02/08/2012, 80m2, 1440m, 45°, 50°, Trachyte, 100, , , 100
10, 65, FV6 4 (1690GT), 1176, Puy-De-Dôme, Ceyssat, 02/08/2012, 50m2, 1370m, 270°, 45°, Trachyte, 100, , , 100
11, 66, FV6 5 (1691GT), 1176, Puy-De-Dôme, Ceyssat, 02/08/2012, 20m2, 1390m, 203°, 60°, Trachyte, 100, , , 100
12, 7, Fv6 9, 1302, Versant Est sommet Puy de Dôme, Orcines, 06/09/2013, , 1420m, 90°, 45°
13, 43, 1649GT, 1176, puy de Dôme, Orcines, 24/07/2013, 40m2, 1260m, 248°, 45°, Trachyandésite, 100, , , 100
14, 63, FV6 2 (1688GT), 1176, Puy-De-Dôme, Orcines, 02/08/2012, 20m2, 1420m, 23°, 30°, Trachyte, 100, , , 100
15, 44, 1650GT, 1176, puy de Dôme, Orcines, 24/07/2013, 15m2, 1330m, 180°, 20°, Trachyandésite, 85, , , 85
16, 78, FV8 7 (1702GT), 1176, Cliersou, Orcines, 01/08/2012, 50m2, 1180m, , 0°, trachyte, 85, , , 85
17, 42, 1647GT, 1176, puy de Dôme, Orcines, 24/07/2013, 15m2, 1210m, 203°, 40°, Trachyandésite, , , , 100
18, 46, 1652GT, 1176, puy de Dôme, Orcines, 24/07/2013, 20m2, 1400m, 180°, 20°, Trachyandésite, 100, , , 100
19, 5, Fv6 13, 1302, Versant Est Puy de Dôme, Orcines, 07/09/2013, , 1350m, 90°, 45°
20, 45, 1651GT, 1176, puy de Dôme, Orcines, 24/07/2013, 25m2, 1400m, 180°, 7°, Trachyandésite, 90, , , 85
21, 67FV6 6 (1686GT), 1176, Puy-De-Dôme, Ceyssat, 02/08/2012, 10m2, 1390m, 203°, , Trachyte, 70, , , 70
22, 4, Fv6 14, 1302, 07/09/2013, , 1330m, 90°, 45°
23, 6, Fv6 10, 1302, Rochers Nord-Est sur Versant E, Orcines, 06/09/2013, , 1330m
24, 3, Fv6 15, , 1302, Versant Sud Puy de Dôme, Orcines, 07/09/2013, , 1320m,90°, 50°

25, 13, Fv9 3, 1302, Sommet Gd Sarcoui, Orcines, 29/08/2013, , 1140m, , 0°
26, 14, Fv9 1, 1302, Sur la grotte du Grand Sarcoui, Orcines, 29/08/2013, , 1070m, 45°
27, 24, CEB82, 1302, Puy de Jume, Saint-Ours, 23/07/2013, 100m2, 1160m, 180°, 5°, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 95, , 20, 95
28, 22, CEB80, 1302, Puy de Jume, Saint-Ours, 23/07/2013, 100m2, 1130m, 270°, 5°, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 90, , 20, 90
29, 77, FV8 6 (1701GT), 1176, Cliersou, Orcines, 01/08/2012, 50m2, 1180m, , 0°, trachyte, 60, , , 60
30, 41, 1646GT, 1176, puy de Dôme, Orcines, 24/07/2013, 6m2, 1240m, 203°, 7°, Trachyandésite, 90, , 10, 90
31, 59, 1676GT, 1176, petit Suchet, Orcines, 29/07/2013, 20m2, 1170m, 180°, 20°, Trachyandésite, 60, , 5, 60
32, 76, FV8 5 (1700GT), 1176, Petit Suchet, Orcines, 01/08/2012, 20m2, 1195m, , 0°, Trachyte, 95, , , 95
33, 26, CEB84, 1302, Puy de la Coquille, Saint-Ours, 23/07/2013, 100m2, 1140m, 180°, 27°, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 100, , 5, 100
34, 54, 1668GT, 1176, puy de Dôme, Orcines, 29/07/2013, 12m2, 1250m, 90°, 25°, Trachyandésite (nuée ardente), 80, , , 80
35, 50, 1661GT, 1176, puy de Laschamps, Saint-Genčs-Champanelle, 26/07/2013, 40m2, 1210m, 180°, 3°, Recouvrement trachyandésitique sur pouzzolane, 100, , 10, 95
36, 79, FV8 8 (1703GT), 1176, Cliersou, Orcines, 01/08/2012, 20m2, 1190m, , 10°, trachyte, 100, , , 100
37, 57, 1674GT, 1176, Le travertin, Orcines, 29/07/2013, 20m2, 1135m, 270°, 3°, Pouzzolane, 100, , , 100
38, 75, FV8 4 (1699GT), 1176, Pariou, Orcines, 01/08/2012, 20m2, 1160m, 360°, 0°, scories trachyandésitiques, 100, , , 100
39, 23, CEB81, 1302, Puy de Jume, Saint-Ours, 23/07/2013, 100m2, 1130m, 315°, 20°, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 100, , , 100
40, 25, CEB83, 1302, Puy de la Coquille, Saint-Ours, 23/07/2013, 100m2, 1115m, 225°, 5°, Scories basaltiques avec recouvrement trachytique, 100, , , 100
41, 38, 1619GT, 1176, Puy des Gouttes, Saint-Ours, 17/07/2013, 16m2, 1100m, 68°, 35°, Trachyandésite, 100, , , 80
42, 55, 1669GT, 1176, petit puy de Dôme, Orcines, 29/07/2013, 20m2, 1260m, 90°, 15°, Pouzzolane, 100, , , 100
43, 61, 1679GT, 1176, Suchet, Ceyssat, 29/07/2013, 20m2, 1200m, 360°, 25°, Pouzzolane, 100, , , 100
44, 51, 1662GT, 1176, 20130726, 4m2, 1256m, 0°, 0°, Recouvrement trachyandésitique sur pouzzolane, , , , 95
45, 74, FV8 2 (1704GT), 1176, Pariou, Orcines, 01/08/2012, 12m2, 1160m, 338°, 0°, scories trachyandésitiques, 100, , , 100
46, 10, Fv7 3, 1302, Le Traversin, Orcines, 31/08/2013, , 1135m, , 3°, , , , , ,
47, 9, Fv7 8, 1302, Sommet du Petit Puy de Dôme, Orcines, 04/09/20, , 1260, , , , , , , ,
48, 37, 37, 1618GT, 1176, Puy des Gouttes, Saint-Ours, 17/07/2013, 100m2, 1130m, 203°, 30°, recouvrement trachyandésitique sur pouzzolane, 90, , 5, 90
49, 11, Fv7 1, 1302, Le Traversin, Orcines, 31/08/2013, , 1100m, 0°, 10°, , , , , ,
50, 106, Fv9 2, 1302, , Orcines, , , 1130m, 90°, 10°, , , , , ,
51, 58, 1675GT, 1176, petit Suchet, Orcines, 29/07/2013, 20m2, 1160m, 180°, 20°, Trachyandésite (nuée ardente), 95, , , 100
52, 60, 1677GT, 1176, Suchet, Ceyssat, 29/07/2013, 20m2, 1175m, 135°, 20°, Pouzzolane, 100, , , 100
53, 89, 1736GT, 1176, Entre la Plaine et La Cime, Ceyssat, 29/07/2014, 50m2, 1040m, 270°, 5°, Basalte avec recouvrement trachytique, 95, , , 95
54, 21, CEB79, 1302, Puy de Côme, Ceyssat, 23/07/2013, 100m2, 1190m, 270°, 10°, Scories basaltiques, 100, , , 100
55, 20, CEB78, 1302, Puy de Côme, Ceyssat, 23/07/2013, 100m2, 1230m, 180°, 25°, Scories basaltiques, 95, , , 95
56, 19, 19, CEB77, 1302, Puy de Côme, Ceyssat, 23/07/2013, 100m2, 1200m, 270°, 25°, Scories basaltiques, 100, , , 100
57, 18, 30.3 (1449), 1176, puy des Goules, Orcines, 18/07/2013
58, 17, 30.2 (1448), 1176, puy des Goules, Orcines, 18/07/20
59, 16, 30.1 (1447), 1176, puy des Goules, Orcines, 18/07/20
60, 12, Fv9 16, 1302, Fond du Creux Morel, 31/08/2013, , 940m
61, 32, CEB92, 1302, Puy de Pourcharet, Nébouzat, 07/24/2013, 100m2, 1100m, 135°, 17°, Scories basaltiques avec recouvrement basaltique, 95, , , 95
62, 102, 1610GT, 1176, puy de la Vache, Saint-Genčs-Champanelle, 16/07/2013, 20m2, 1130m, 338°, 35°, Pouzzolane, 100, , , 100
63, 71, FC4 4 (1695GT), 1176, Bas du Pariou, Orcines, 01/08/2012, , 970m, , 0°, Trachyandésite (Cheire scoriacée), 95, , , 95
64, 73, FC4 6b (1698), 1176, cheyre du Pariou, Orcines, 01/08/2012, 6m2, 965m, , 0°, Trachyandésite (Cheire scoriacée), 85, , , 85
65, 99, CEB89, 1302, Puy de Vichatel, Aydat, 24/07/2013, 100m2, 1020m, 360°, 27°, Scories basaltiques avec recouvrement basaltique, 95, , , 95
66, 88, 1733GT, 1176, Terre Noire, Ceyssat, 29/07/2014, 50m2, 955m, , , Basalte avec recouvrement trachytique, 85, , , 85
67, 81, CEB108, 1302, Terre Noire, Ceyssat, 22/08/2014, 65m2, 935m, , 5°, Basalte, 85, , , 85
68, 70, FC4 3a (1694), 1176, Bas du Pariou, Orcines, 01/08/2012, 25m2, 970m, , 0°, Trachyandésite (Cheire scoriacée), 100, , , 100
69, 86, CEB119, 1302, Au nord de la gare , Orcines, 27/08/2014, 65m2, 900m, , , Basalte avec recouvrement trachyandésitique, 95, , , 95
70, 82, CEB109, 1302, Terre Noire, Ceyssat, 22/08/2014, 65m2, 945m, , 5°, Basalte avec recouvrement trachytique, 90, , , 90
71, 85, CEB116, 1302, Le péage, Orcines, 25/08/2014, 65m2, 940m, 90°, 5°, Nuées ardentes, 90, , , 90
72, 87, CEB120, 1302, Au nord du Puy de Couleyra, Orcines, 27/08/2014, 16m2, 900m, , , Basalte avec recouvrement trachyandésitique, 95, , , 95
73, 33, CEB93, 1302, Puy de la Vache, Saint-Genes-Champanelle, 24/07/2013, 100m2, 995m, , 0°, Basalte, 100, , 10, 100
74, 28, CEB86, 1302, Puy de Lassolas, Saint-Genes-Champanelle, 24/07/2013, 100m2, 1165m, 360°, 17°, Scories basaltiques avec recouvrement basaltique, 100, , 10, 100
75, 27, CEB85, 1302, Puy de Lassolas, Saint-Genes-Champanelle, 24/07/2013, 100m2, 1000m, , 0°, Basalte, 95, , , 95
76, 30, CEB88, 1302, Puy de Lassolas, Saint-Genes-Champanelle, 24/07/2013, 100m2, 1135m, 293°, 5°, Scories basaltiques avec recouvrement basaltique, 95, , , 95
77, 29, CEB87, 1302, Puy de Lassolas, Saint-Genes-Champanelle, 24/07/2013, 100m2, 1155m, 315°, 5°, Scories basaltiques avec recouvrement basaltique, 100, , , 100
78, 8, Fv7 11, 1302, Est du Bois de Fontmagnie, , 06/09/2013, , 940m, 90°
79, 83, CEB112, 1302, Terre Noire, Ceyssat, 25/08/2014, 8m2, 945m, , , basalte, 80, , , 70
80, 72, FC4 6a (1697), 1176, cheyre du Pariou, Orcines, 01/08/2012, 8m2, 965m, , 0°, Trachyandésite (Cheire scoriacée), 85, , , 85
81, 1, 16a4, 1176, puy de Manson, Saint-Genčs-Champanelle, 2010
82, 95, 17.1, 1304, Manson PC7, Saint-Genčs-Champanelle, 28/06/2013
83, 96, 17.2, 1304, Manson PC7, Saint-Genčs-Champanelle, 28/06/2013
84, 39, 1629GT, 1176, Sud du puy de Pérady, Chanat-la-Mouteyre, 19/07/2013, 10m2, 940m, 0°, 0°, Socle cristallin, 95, , , 95
85, 40, 1630GT, 1176, Sud de Perady, Chanat-la-Mouteyre, 19/07/2013, 20m2, 940m, 225°, 3°, Socle cristallin, , , 30, 60
86, 105, 7.2, 1304, FC1 cheyre de Mercoeur, , 20/06/2012

87, 110, bis, 1176, La cassičre, Aydat, 14/07/2015, 4m2, 860m, , , , , , , 85
88, 94, 31.2, 1304, PC11, , 07/2012
89, 36, 1613GT, 1176, puy de la Vache, Saint-Genčs-Champanelle, 16/07/2013, 8m2, 1160m, 0°, 0°, Pouzzolane, , , 30, 90
90, 35, 1612GT, 1176, puy de la Vache, Saint-Genčs-Champanelle, 16/07/2013, 20m2, 1150m, 225°, 20°, Pouzzolane, , , , 90
91, 31, CEB91, 1302, Puy de Vichatel, Aydat, 24/07/2013, 100m2, 1090m, 180°, 27°, Scories basaltiques avec recouvrement basaltique, 85, , 10, 85
92, 100, CEB90, 1302, Puy de Vichatel, Aydat, 24/07/2013, 100m2, 1090m, 180°, 27°, Scories basaltiques avec recouvrement basaltique, 90, , , 90
93, 52, 1684GT, 1176, Vichatel, Aydat, 02/08/2013, 10m2, 1110m, 225°, 20°, Soupoudrage basaltique sur pouzzolane, 75, , , 75
94, 34, 1590GT, 1176, puy de Berzet, Saint-Genès-Champanelle, 11/07/2013, 25m2, 855m, 158°, 15°, Socle cristallin, 95, , 20, 95
95, 2, 19.11, 1304, Puy de la Charité PC9, Orcines, 07/2012
96, 101, 1580GT, 1176, Puy de Charade, Royat, 11/07/2013, 16m2, 875m, 180°, 35°, Socle cristallin, 80, , , 80
97, 97, 19.2, 1304, Puy de la Charité PC10, Orcines, 29/06/2012
98, 92, GT1551, 1176, Puy de la Charité, Orcines, 25/06/2013, 40m2, 740m, , , , 90, , , 90
99, 90, GT1547, 1176, Puy de la Charité, Orcines, 25/06/2013, 20m2, 750m, , , , 85, , , 65
100, 91, GT1550, 1176, Puy de la Charité, Orcines, 25/06/2013, 24m2, 740m, , , , 85, , , 85
101, 93, GT1552, 1176, Puy de la Charité, Orcines, 25/06/2013, 10m2, 735m, , , , 95, , , 95
102, 98, 1563GT, 1176, Sous Montrodeix vers le bois d, Orcines, 09/07/2013, 25m2, 880m, , volcanisme antèrieur à la chaine des puys, , , 40, 90
103, 15, Gs6 8, 1302, Sud du Puy de la Charité, Orcines, 28/08/2013, , 730m, 180°, 20°
104, 84, 1740GT, 1176, Sommet de Saint Aubin, Saint-Genès-Champanelle, 29/07/2014, 25m2, 995m, 180°, 30°, Socle cristallin, 100, , , 100
105, 80, GS1 13 (1708), 1176, Sayat, , 27/07/2012, 20m2, 580m, 180°, 10°, Granite, 60, , , 60
106, 107, 1839GT, 1176, Puy de Combegrasse, Aydat, 02/07/2015, 10m2, 1086m, , , , 95, , 5, 70
107, 108, 1844GT, , , 1176, Puy de Combegrasse, Aydat, 10/07/2015, , 1115m, 225°, , , 50, , , 50
108, 109, 1853GT, 1176, Puy de Combegrasse, Aydat, 10/07/2015, , , , , , 90, , , 90
109, 113, 29.4, 1304, Chateaugay plateau, , 19/07/2012
110, 112, 23.5, 1304, Gergovie ouest, , 04/07/2012
111, 111, 23.1, 1304, Gergovie sud/ouest, , 04/07/2012

Tableau 4 : tableau de relevés des végétations mésotrophes et méso-eutrophes

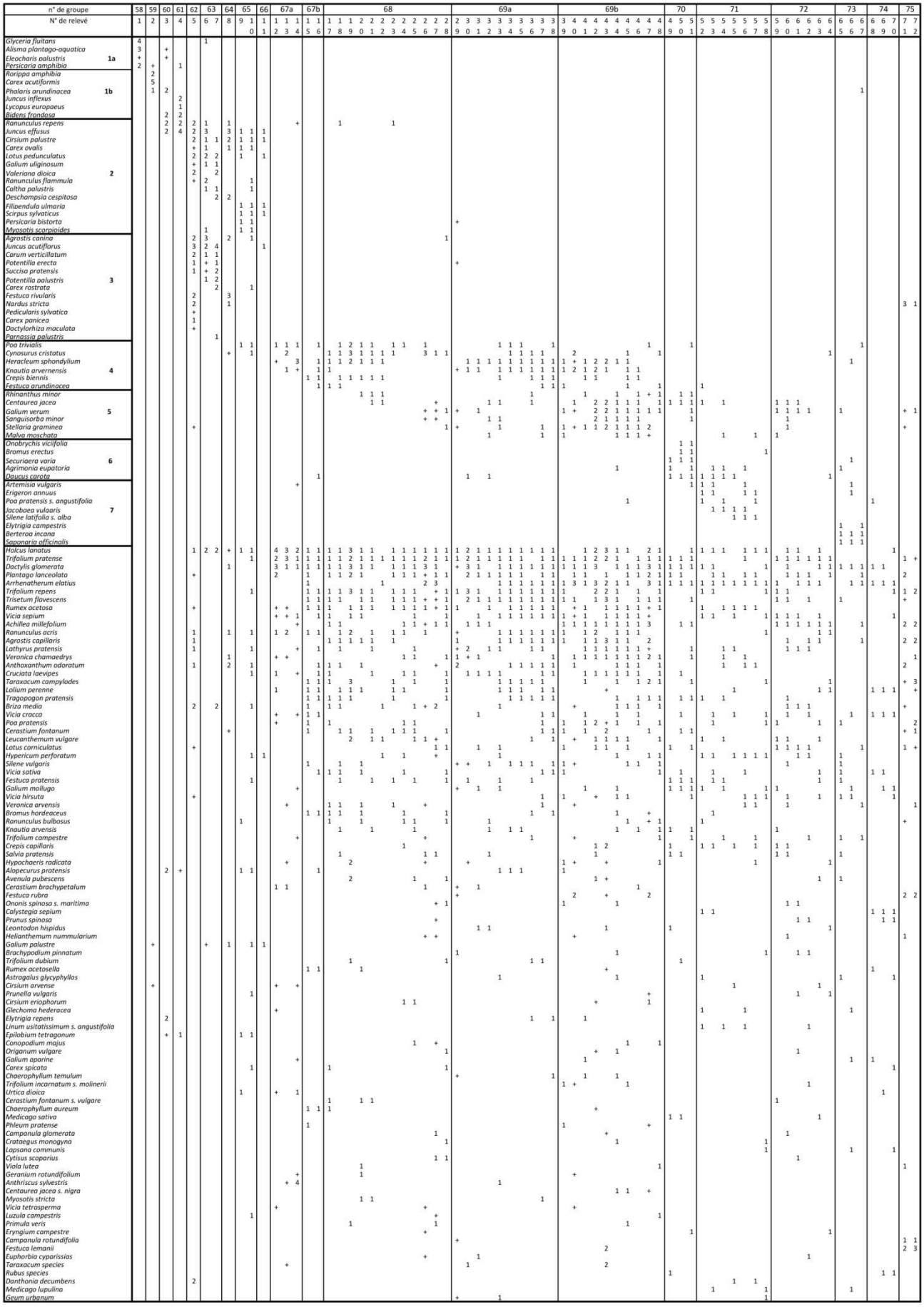


Tableau 4 : végétasions mésotrophes à méso-eutrophes, taxons présents moins de 3 fois

Potentilla reptans 3 : +, 57 : 1; *Carex hirta* 4 : 2, 10 : 1; *Rumex crispus* 4 : +, 67 : 1; *Carex viridula s. oedocarpa* 5 : +, 6 : +; *Carex echinata* 5 : +, 6 : 1; *Ajuga reptans* 5 : +, 13 : +; *Cardamine pratensis s. pratensis* 6 : 1, 8 : 1; *Salix atrocinerea* 6 : 1, 9 : 1; *Poa nemoralis* 8 : 1, 66 : 1; *Cerastium arvense* 8 : +, 72 : 1; *Alchemilla vulgaris* 10 : 1, 19 : +; *Geranium species* 12 : +, 51 : 1; *Geranium phaeum* 13 : 2, 58 : 1; *Myosotis sylvatica* 13 : +, 29 : +; *Avenula pratensis* 16 : 1, 68 : 1; *Stellaria media* 17 : 1, 23 : 1; *Lolium multiflorum* 19 : 1, 49 : 1; *Erodium cicutarium* 20 : 1, 67 : 1; *Plantago major* 23 : 1, 49 : 1; *Geranium pyrenaicum* 24 : 1, 44 : 1; *Hieracium pilosella* 26 : +, 71 : 1; *Polygala vulgaris* 27 : +, 28 : 1; *Genista sagittalis* 27 : +, 40 : +; *Crepis vesicaria s. taraxacifolia* 28 : 1, 39 : 1; *Poa chaixii* [0] 29 : 3, 72 : +; *Cirsium vulgare* 29 : 2, 51 : 1; *Clinopodium vulgare* 29 : +, 51 : 1; *Pulmonaria affinis* 29 : +, 58 : 1; *Ranunculus species* 30 : 3, 31 : 1; *Myosotis arvensis* 38 : 1, 52 : 1; *Sedum rupestre* 40 : +, 67 : 1; *Bellis perennis* 48 : 1, 54 : 1; *Scabiosa columbaria* 48 : 1, 64 : 1; *Vicia sativa s. nigra* 54 : 1, 57 : 1; *Bromus sterilis* 55 : 1, 58 : 1; *Ajuga genevensis* 56 : 1, 57 : 1; *Petrorhagia prolifera* 57 : 1, 67 : 1; *Clematis vitalba* 58 : 1, 70 : 1; *Thymus pulegioides* 71 : 1, 72 : +; *Carex distans* 1 : 1; *Myosotis laxa s. cespitosa* 2 : +; *Epilobium hirsutum* 2 : +; *Carex disticha* 3 : 4; *Agrostis stolonifera* 4 : 3; *Myosotis species* 5 : +; *Juncus bulbosus* 6 : +; *Veronica scutellata* 6 : 1; *Galium species* 7 : 2; *Equisetum palustre* 9 : 1; *Juncus articulatus* 10 : 1; *Carex species* 10 : 1; *Silene flos-cuculi* 10 : 1; *Scorzonera humilis* 10 : 1; *Epilobium palustre* 11 : r; *Juncus conglomeratus* 11 : r; *Mentha aquatica* 11 : r; *Rumex species* 11 : r; *Cirsium species* 13 : +; *Alchemilla species* 13 : +; *Ranunculus ficaria* 13 : +; *Knautia gracilis* 19 : 2; *Rumex patientia* 19 : 1; *Capsella bursa-pastoris* 23 : 1; *Genista species* 25 : 1; *Knautia dipsacifolia* 27 : 1; *Quercus petraea* 27 : +; *Fragaria vesca* 29 : 1; *Hypericum maculatum* 29 : 2; *Astrantia major* 29 : 1; *Valeriana officinalis* 29 : 1; *Alchemilla hybrida* 29 : +; *Lathyrus linifolius s. montanus* 29 : +; *Stachys officinalis* 29 : +; *Rosa species* 29 : +; *Silene dioica* 29 : +; *Linaria repens* 29 : +; *Deschampsia flexuosa* 29 : +; *Rubus idaeus* 29 : +; *Vicia species* 30 : 1; *Gentiana species* 32 : 1; *Odontites vernus* 33 : 1; *Geranium dissectum* 33 : 1; *Saxifraga granulata* 36 : 1; *Chaerophyllum hirsutum* 39 : 1; *Pimpinella major* 42 : 1; *Ononis spinosa s. spinosa* 42 : +; *Torilis japonica* 42 : +; *Anthyllis vulneraria* 45 : 1; *Trifolium arvense* 46 : 1; *Holcus mollis* 46 : 1; *Scorzoneroides autumnalis* 47 : +; *Xanthoselinum alsaticum* 49 : 1; *Lathyrus tuberosus* 51 : 1; *Veronica hederifolia* 53 : 1; *Myosotis ramosissima* 54 : 1; *Vicia pannonica* 54 : 1; *Ophrys apifera* 54 : 1; *Convolvulus arvensis* 55 : 1; *Medicago minima* 56 : 1; *Potentilla argentea* 56 : 1; *Sherardia arvensis* 57 : 1; *Echium vulgare* 57 : 1; *Geranium robertianum* 58 : 1; *Lathyrus nissolia* 62 : 1; *Gaudinia fragilis* 62 : 1; *Pteridium aquilinum* 64 : 1; *Melilotus albus* 65 : 1; *Jacobaea adonidifolia* 65 : 1; *Vicia narbonensis* 65 : 1; *Campanula patula* 66 : 1; *Helianthus tuberosus* 66 : 1; *Stellaria holostea* 66 : 1; *Cornus sanguinea* 66 : 1; *Reynoutria japonica* 66 : 1; *Quercus robur* 66 : 1; *Sedum album* 67 : 1; *Tripleurospermum inodorum* 67 : 1; *Vulpia myuros s. sciuroides* 67 : 1; *Oenothera species* 67 : 1; *Microthlaspi perfoliatum* 67 : 1; *Robinia pseudoacacia* 68 : 1; *Allium species* 68 : 1; *Fraxinus excelsior* 68 : 1; *Lithospermum species* 70 : 1; *Stachys sylvatica* 70 : 1; *Potentilla neumanniana* 71 : +; *Veronica officinalis* 71 : +; *Carex caryophyllea* 71 : +.

Appendix tableau 4 : données générales et stationnelles

Les informations concernant les relevés sont données dans l'ordre suivant : N° dans le tableau 4, n° Turboveg, n° auteur, lieu-dit, commune, date, , surface du relevé (m2), altitude, exposition (degrés), pente (degrés), substrat géologique, rec. total (%), rec. strate arborée (%), rec. strate arbustive (%), rec. strate herbacée (%);

1, 73, 206CR, Les Cotes de Clermont, Clermont-Ferrand, 2015/06/17, 25m2, 590m, , 0°, , 85, , , 85
2, 70, 1855GT, La cassičre, Aydat, 2015/07/14, 10m2, 860m, , 0°, cristallin, recouvrement de pyroclastites, , , , 100
3, 72, 205CR, Les cotes de Clermont, Clermont-Ferrand, 2015/06/17, 25m2, 590m, , 0°, , 100, , , 100
4, 74, 207CR, Les Cotes de Clermont, Clermont-Ferrand, 2015/06/17, 25m2, 590m, , 0°, , 90, , , 90
5, 56, 1641GT, Fontaine du Berger, Orcines, 2013/07/20, 20m2, 975m, 0°, 0°, , 100, , , 100
6, 55, 1640GT, Fontaine du Berger, Orcines, 2013/07/20, 16m2, 975m, 0°, 0°, , 80, , , 80
7, 68, 18b5, Manson-St Aubin, , 2010/09/23, 40m2, 930m, , 0°, , 100, , , 95, 30
8, 54, 1620GT, Puy des Gouttes, Saint-Ours, 2013/07/17, 15m2, 1080m, 270°, 3°, , 100, , , 100, 5
9, 39, 20.2, Font de l"Arbre PC8, Orcines, , 2012/06/29
10, 40, 20.5, Font de l"Arbre PC8,Orcines , 2012/06/29
11, 65, 30.6, PC10 Ternant, Orcines, 2012/07/30, , , 0°, 0°, , , , , ,
12, 58, CEB1.2, Solagnat, Orcines, 2013/06/18, 50m2, 720m, 90°, 5°, , 100, , , 100
13, 59, CEB2.2, La Tiretaine, Royat, 2013/06/18, 50m2, 680m, 360°, 5°, , 80, , , 80
14, 60, CEB2.5, Foręt Domaniale de Royat, Royat, 2013/06/19, 50m2, 710m, 0°, 0°, , 100, , , 100
15, 17, 6.2
16, 20, 3.1, Fonfreyde PC2
17, 13, 3.3, , Fonfreyde PC2
18, 14, 4.2, , Beaune PV1
19, 50, 1566GT, bois de la Sagne vida, Orcines, 2013/07/09, 100m2, 885m, 315°, 5°, , , , , 100,
20, 12, 3.2, , Fonfreyde PC2
21, 19, 4.1, , Beaune PV1
22, 24, 23.2bis, , Gergovie sud, , 2012/07/04
23, 15, 5.1, , Beaune PC4
24, 16, 7.1
25, 10, 4.3, Beaune PV1
26, 57, CEB1.1, Solagnat, Orcines, 2013/06/18, 50m2, 765m, 90°, 5°, , 100, , , 100
27, 62, CEB5.2, Puy de Charade, Royat, 2013/06/25, 50m2, 850m, 360m, 7°, , 100, , , 100
28, 69, 22.1, base puy de Dôme, Orcines, 2012/06/29, , 870m
29, 51, CEB89, Puy de Vichatel, Aydat, 2013/07/24, 100m2, 1020m, 360°, 27°, , 95, , , 95, 10
30, 63, CEB121, Chemin de la Roche Pertuisade, Orcines, 2014/08/28, 65m2, 905m, , , , 100, , , 100
31, 67, Fv5 3, sous le puy de Dôme, Orcines, 2012/09/06, , , 0°, 0°
32, 2, a2, Nadaillat/montagne de la Serre, , 2010, , , , , sur basalte, , , , , ,
33, 49, 2.4, Fonfreyde PC1, , 2012/06/20

34, 35, 18.1, Laschamps PV2, , 2012/06/28
35, 66, 18.1, Laschamps PV2, , 2012/06/28
36, 18, 2.3, Fonfreyde PC1
37, 33, 15.1, Thčdes PC5, , 2012/06/28
38, 36, 18.2, Laschamps PV2, , 2012/06/28
39, 32, 14.2, Varennes PC3, , 2012/06/28
40, 61, CEB3.8, Bois de la Pauze, Royat, 2013/06/19, 50m2, 800m, 90°, 5°, , 100, , , 100
41, 38, 20.1, Font de l"Arbre PC8, , 2012/06/29
42, 53, 1596GT, Le Vigeral, Saint-Genčs-Champanelle, 2013/07/11, 50m2, 963m, 45°, 5°, , 100, , , 100
43, 52, 1585GT, Puy de Berzet, Saint-Genčs-Champanelle, 2013/07/11, 50m2, 870m, 45°, 5°, , 90, , , 90
44, 30, 2.5, Fonfreyde PC1, , 2012/06/20
45, 34, 15.2, Thčdes PC5, , 2012/06/28
46, 3, 31.7, PC11, , juil-2012
47, 64, 1734GT, Terre Noire vers la Stèle, Ceyssat, 2014/07/29, 50m2, 945m, , , , 100, , , 100
48, 11, 6.1
49, 26, 24.1, Montrognon, , 2012/07/04
50, 48, 13.1, Chadieu, , 2012/06/28
51, 23, 23.2, Gergovie sud/ouest, , 2012/07/04
52, 8, 1.1, , Boires Pont du Château
53, 7, 8.1, , Boires Pont du Château
54, 6, , Boires Pont du Château
55, 28, 29.3, , , Chateaugay plateau, , 2012/07/19
56, 5, 1.9, , Boires Pont du Château
57, 9, 1.4, , Boires Pont du Château
58, 42, 10.4, Boires Pont du Château, , 2012/06/21
59, 27, 25.6, , 2012/07/09
60, 37, 19.4, , Fontanas PC9, , 2012/06/29
61, 4, 19.13, , Fontanas PC9, , 07/2012
62, 21, 25.1, , Gergovie plateau
63, 31, 14.1, , Varennes PC3, , 2012/06/28
64, 1, 20b4/2, , vers Solagnat, , 2010
65, 47, 12.2, , Gondole, , 2012/06/27
66, 41, 1.11, , Boires Pont du Château
67, 46, 12.5, , Gondole, , 2012/06/27
68, 45, 11.4, Dallet, , 2012/06/27
69, 44, 11.1, Dallet, , 21/06/2012
70, 43, 10.5, Boires Pont du Château, , 2012/06/21
71, 71, , 1673, 1673GT, Le Traversin, Orcines, 2013/07/29, 32m2, 1125m, , , basalte, 95, , , 95
72, , 1678GT, , Sommet Grand Suchet, Ceyssat, 2013/07/29, 20m2, 1231m, , , basalte, 90, , , 90

Tableau 11 de la Partie II - 3.1.4 (végétations pionnières xérophiles): Taxons présents moins de 3 fois :

Crataegus monogyna 1 : 1, 2 : 1; *Ceterach officinarum* 1 : 1, 26 : 1; *Thesium humifusum s. divaricatum* 3 : 1, 20 : 1; *Petrorhagia prolifera* 5 : 1, 20 : 1; *Festuca species* 5 : 1, 26 : 1; *Hieracium umbellatum* 8 : 1, 28 : +; *Vicia hirsuta* 10 : +, 13 : 1; *Thymus pulegioides* 13 : 1, 23 : 2; *Polygala vulgaris* 14 : 1, 29 : +; *Erodium cicutarium* 14 : 1, 19 : r; *Pulsatilla rubra* 16 : +, 20 : 1; *Lactuca viminea s. chondrilliflora* 16 : 1, 28 : +; *Veronica verna* 17 : 1, 18 : 1; *Deschampsia flexuosa* 18 : 2, 23 : 1; *Prunus avium* 18 : +, 28 : +; *Scleranthus annuus* 20 : 1, 30 : 1; *Dryopteris filix-mas* 25 : 1, 27 : 1; *Coronilla minima* 1 : 1; *Lolium perenne* 1 : 1; *Centaurea jacea* 3 : 1; *Medicago minima* 4 : 1; *Cerastium semidecandrum* 4 : 1; *Prospero autumnale* 4 : 1; *Linum usitatissimum s. angustifoliu* 4 : 1; *Silene otites* 4 : 1; *Crepis capillaris* 5 : 1; *Elytrigia intermedia* 5 : 1; *Knautia arvensis* 5 : 1; *Dianthus species* 6 : 1; *Medicago sativa* 6 : 1; *Trifolium glomeratum* 6 : 1; *Trifolium scabrum* 6 : 1; *Lactuca viminea* 8 : 1; *Veronica species* 10 : +; *Sedum rubens* 10 : 1; *Campanula persicifolia* 11 : 1; *Origanum vulgare* 11 : 1; *Armeria arenaria* 14 : 1; *Koeleria pyramidata* 14 : 1; *Spergula pentandra* 15 : r; *Hieracium murorum* 16 : +; *Lactuca virosa* 16 : +; *Quercus petraea* 17 : 1; *Filago arvensis* 18 : 1; *Carex species* 18 : 2; *Polytrichum piliferum* 18 : 2; *Rubus ulmifolius* 18 : 1; *Potentilla argentea* 19 : r; *Cerastium brachypetalum* 19 : r; *Hypochaeris radicata* 20 : 1; *Euphrasia species* 20 : 1; *Rumex acetosa* 21 : 1; *Digitalis purpurea* 21 : +; *Bromus tectorum* 21 : +; *Brachypodium pinnatum* 22 : 1; *Cirsium eriophorum* 22 : 1; *Alchemilla transiens* 22 : 1; *Corylus avellana* 22 : 1; *Nardus stricta* 22 : 1; *Rubus idaeus* 22 : 1; *Cerastium arvense* 23 : 1; *Alchemilla saxatilis* 23 : +; *Sorbus aria* 24 : 1; *Pinus sylvestris* 24 : 1; *Abies alba* 25 : 1; *Cystopteris fragilis* 25 : 1; *Geranium robertianum* 25 : 1; *Oxalis acetosella* 25 : 1; *Bupleurum falcatum* 26 : 1; *Galium species* 27 : 1; *Hedera helix* 27 : 1; *Dioscorea communis* 27 : 1; *Quercus robur* 27 : 1; *Rumex species* 27 : 1; *Epilobium montanum* 29 : 1; *Inula species* 29 : 1; *Linaria arvensis* 29 : +; *Cirsium arvense* 30 : +; *Sedum forsterianum* 30 : +; *Taraxacum campylodes* 30 : +.

Appendix tableau 11 : données générales et stationnelles
Les informations concernant les relevés sont données dans l'ordre suivant : N° dans le tableau 11, n° Turboveg, code auteur, n° auteur, lieu-dit, commune, date, , surface du relevé (m2), altitude, exposition (degrés), pente (degrés), substrat géologique, rec. total (%), rec. strate arborée (%), rec. strate arbustive (%), rec. strate herbacée (%).

1, 7, 1302, Gh5 5, Montagne Percée, , 24/08/2013, , 680m, 180°, , Basalte
2, 8, 1302, Gh5 3, Sommet de la Montagne Percée, , 24/08/2013, , 690m, 180°, 5°
3, 10, 1304, 27.3, , Cotes Clermont plateau, , 13/07/2012
4, 11, 1304, 29.5 bis, Chateaugay plateau, , 19/07/2012
5, 9, 1304, 25.5, Gergovie plateau, La Roche-Blanche, 09/07/2012
6, 30, 1304, 25.9, Gergovie plateau, La Roche-Blanche, 09/07/2012
7, 5, 1302, Gs6 12, , Sud du Puy de la Charité, , 28/08/2013, , 700m, 180°, 15°, , Sur granite altéré
8, 27, 1176, GS1 11 (1710), , Nohanent, 28/07/2012, 5m2, 580m, 180°, , Granite, 40, , , 30
9, 1, 1304, 19.14, , PC9, , 07/2012, , , , , rochers affleurants
10, 22, 1302, CEB9.3, , Gorges de l"Artière,Saint-Genès-Champanelle, 27/06/2013, 25m2, 805m, 158°, 10°, Basalte ancien,75, , , 75
11, 2, 1304, 19.7, , PC9, , 07/2012, , , , , gros rocher cristallin
12, 17, 1176, 1576GT, , Saint-Genès-Champanelle, 09/07/2013, 4m2, 870m, 180°, 5°, Basalte ancien, , , , 65, 40
13, 12, 1304, 14.5, Varennes PC3, Saint-Genès-Champanelle, 28/06/2012
14, 13, 1304, 14.2bis, , Varennes PC3, Saint-Genès-Champanelle, 28/06/2012
15, 26, 1176, GS1 7(1709GT), , Nohanent, 27/07/2012, 2m2, 580m, 180°, , Granite, 30, , , 30
16, 23, 1176, GS1 5 (1705GT), , Nohanent, , 26/07/2012, 20m2, 590m, , , Granite, 30, , , 30
17, 24, 1176, GS1 4 (1706GT), Nohanent, 26/07/2012, 3m2, 580m, , , Granite, 30, , , 30
18, 18, 1176, 1588GT, , Puy de Berzet, Saint-Genès-Champanelle, 11/07/2013, 2m2, 850m, 158°, 0°, Socle cristallin, 50, , , 40, 30
19, 28, 1176, GS1 15(1711GT), la Garde, Sayat, 28/07/2012, , 650m, , , Granite
20, 14, 1304, 19.2, , Fontanas PC9, , 29/06/2012
21, 21, 1302, CEB3.5, , Bois de la Pauze, Royat, 19/06/2013, 7m2, 750m, 90°, 5°, Socle cistallin, 70, , , 70
22, 3, 1302, Fv7 7, , Sud du Traversin, , 04/09/2013, , 1120m, 360°, 15°, , , scories
23, 20, 1304, 1670GT, , petit puy de Dôme, Orcines, 29/07/2013, 3m2, 1250m, 270°, 30°, Pouzzolane, 30, , , 30
24, 4, 1302, Fv7 6, , Ouest du Bois de Fontmagnie, , 04/09/2013, , 1090m, , 20°, scories
25, 16, 1304, 30.2, , PC10, , 07/2012
26, 29, 1304, 26.16, , Gergovie, La Roche-Blanche, 10/07/2012, , , 0°, 0°, Falaise basaltique
27, 15, 1304, 19.8, , PC9, , 07/2012
28, 25, 1176, GS1 12 (1707GT), , Sayat, , 27/07/2012, 5m2, 580m, 180°, 80°, Granite, 20, , , 20
29, 19, 1176, 1609GT, puy de Lassolas, Saint-Genès-Champanelle, 16/07/2013, 10m2, 1110m, 180°, 35°, Pouzzolane, 35, , , 30
30, 31, 1304, 1680GT, , puy de Pariou, Orcines, 29/07/2013, 10m2, 1130m, 203°, 35°, Pouzzolane, 20, , , 20.

Tableau 12 de la Partie II - 3.1.5 (autres communautés) : Taxons présents moins de 4 fois :

Corylus avellana 1 : 1, 8 : 1, 26 : 3; *Crataegus monogyna* 1 : 1, 10 : 1, 17 : 1; *Anthoxanthum odoratum* 1 : 1, 6 : 1, 20 : 1; *Galium verum* 1 : 1, 16 : 1, 19 : 1; *Epilobium angustifolium* 4 : 1, 18 : 2, 27 : 2; *Valeriana officinalis* 6 : 1, 21 : +, 26 : 3; *Prunus spinosa* 7 : 1, 19 : 3, 26 : 1; *Medicago lupulina* 9 : 1, 12 : 1, 13 : 1; *Lathyrus pratensis* 13 : 1, 26 : +, 27 : +; *Daucus carota* 13 : 1, 19 : +, 32 : 1; *Fraxinus excelsior* 17 : 1, 26 : 1, 27 : 2; *Achillea millefolium* 18 : 2, 19 : 1, 25 : 1; *Veronica chamaedrys* 22 : +, 23 : 1, 24 : 1; *Euphorbia cyparissias* 1 : 1, 13 : 1; *Hypericum maculatum* 1 : 1, 18 : +; *Agrostis stolonifera* 1 : 1, 21 : +; *Scrophularia nodosa* 4 : 1, 21 : +; *Euphorbia dulcis* 6 : 1, 21 : 1; *Trifolium repens* 7 : 1, 25 : 1; *Lolium perenne* 7 : 1, 25 : 1; *Stachys sylvatica* 7 : 1, 27 : 1; *Cirsium arvense* 8 : 1, 13 : 1; *Arctium lappa* 8 : 1, 14 : 1; *Rumex acetosa* 9 : 1, 21 : 1; *Vicia sativa* 10 : 1, 17 : 1; *Elytrigia campestris* 10 : 1, 17 : 1; *Dipsacus fullonum* 12 : 1, 32 : 1; *Lactuca virosa* 13 : 1, 16 : 1; *Poa nemoralis* 15 : 1, 18 : 1; *Conopodium majus* 15 : 1, 23 : +; *Verbascum species* 16 : 1, 32 : 1; *Poa pratensis* 17 : 1, 25 :

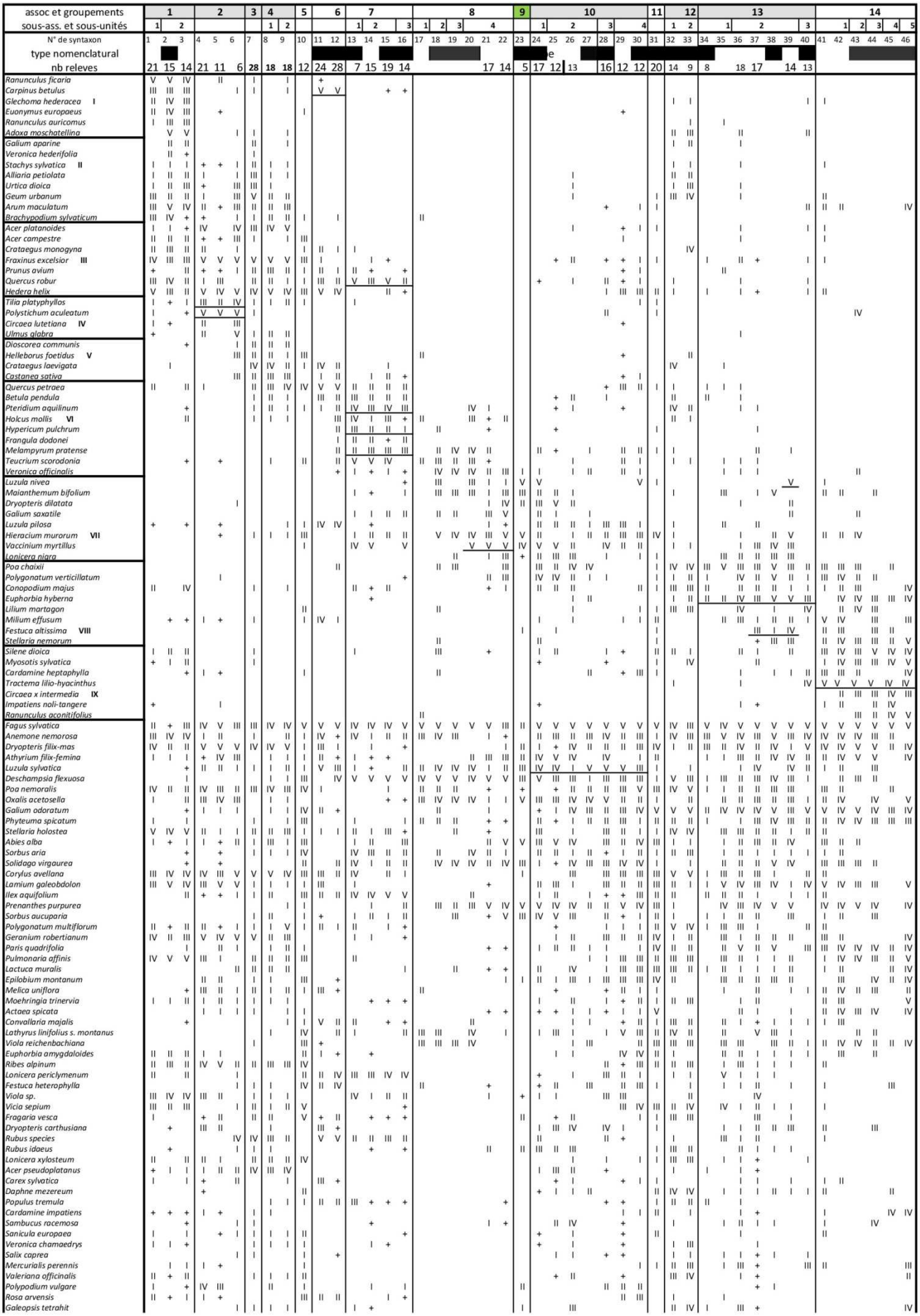
1; *Cirsium erisithales* 18 : 2, 21 : 3; *Pimpinella major* 18 : 2, 26 : 1; *Linaria repens* 18 : 1, 20 : 1; *Geranium sylvaticum* 18 : +, 27 : +; *Knautia arvernensis* 19 : 1, 21 : 2; *Agrostis capillaris* 19 : 1, 24 : 1; *Fragaria vesca* 21 : 1, 26 : 2; *Senecio ovatus* 21 : 1, 27 : +; *Knautia dipsacifolia* 23 : 2, 26 : 2; *Avenula pubescens* 24 : 1, 25 : 1; *Stellaria graminea* 24 : 1, 26 : 1; *Valeriana dioica* 25 : 1, 27 : 1; *Salix caprea* 26 : 1, 27 : 3; *Epilobium montanum* 26 : 1, 27 : 2; *Doronicum pardalianches* 27 : +, 28 : 2; *Solanum lycopersicum* 29 : 1, 30 : 1; *Populus alba* 29 : 1, 31 : 1; *Helianthemum nummularium* 1 : 1; *Lathyrus linifolius s. montanus* 1 : 1; *Deschampsia flexuosa* 1 : 1; *Dianthus hyssopifolius* 1 : 1; *Potentilla erecta* 1 : 1; *Galium pumilum* 1 : 1; *Avenula pratensis* 1 : 1; *Gentiana lutea* 1 : 1; *Centaurea jacea s. nigra* 1 : 1; *Hieracium umbellatum* 1 : 1; *Stachys officinalis* 1 : 1; *Impatiens glandulifera* 2 : 1; *Berteroa incana* 3 : 1; *Melica ciliata* 3 : 1; *Silene latifolia s. alba* 3 : 1; *Reynoutria japonica* 3 : 1; *Brachypodium sylvaticum* 4 : 1; *Rumex species* 4 : 1; *Geranium phaeum* 4 : 1; *Pulmonaria affinis* 4 : 1; *Lamium maculatum* 4 : 1; *Ligustrum vulgare* 6 : 1; *Cornus sanguinea* 6 : 1; *Lithospermum species* 7 : 1; *Parthenocissus tricuspidata* 8 : 1; *Cucubalus baccifer* 9 : 1; *Euphorbia stricta* 9 : 1; *Oreoselinum nigrum* 9 : 1; *Festuca pratensis* 10 : 1; *Colutea arborescens* 12 : 1; *Cirsium vulgare* 12 : 1; *Prunella vulgaris* 12 : 1; *Bunias orientalis* 12 : 1; *Melampyrum arvense* 12 : 1; *Vicia narbonensis* 12 : 1; *Lathyrus sativus* 12 : 1; *Jacobaea adonidifolia* 12 : 1; *Lathyrus tuberosus* 13 : 1; *Cerastium brachypetalum* 13 : 1; *Centaurea jacea* 13 : 1; *Vicia melanops* 13 : 1; *Vulpia species* 13 : 1; *Vicia pannonica* 13 : 1; *Lonicera etrusca* 13 : 1; *Phyteuma spicatum* 15 : 1; *Chaerophyllum hirsutum* 15 : 1; *Hylotelephium maximum* 16 : 1; *Helleborus foetidus* 17 : 1; *Primula veris* 17 : 1; *Acer campestre* 17 : 1; *Euphorbia hyberna* 18 : 2; *Campanula rotundifolia* 18 : 1; *Rumex acetosella* 18 : +; *Salvia pratensis* 19 : 2; *Rosa canina* 19 : 2; *Viola hirta* 19 : 1; *Rumex crispus* 19 : +; *Cedrus atlantica* 20 : 1; *Silene nutans* 20 : 1; *Hieracium species* 20 : 1; *Teucrium scorodonia* 20 : 1; *Quercus petraea* 20 : 1; *Poa chaixii* 21 : 2; *Viola riviniana* 21 : 1; *Solidago virgaurea* 21 : 1; *Prenanthes purpurea* 21 : 1; *Sambucus racemosa* 22 : 2; *Rubus discolor* 22 : 2; *Lamium galeobdolon* 23 : 2; *Lonicera periclymenum* 23 : +; *Potentilla sterilis* 23 : +; *Adoxa moschatellina* 23 : +; *Ranunculus bulbosus* 24 : 1; *Valerianella species* 24 : 1; *Bromus sterilis* 24 : 1; *Taraxacum campylodes* 24 : 1; *Sedum rupestre* 25 : 1; *Vicia tetrasperma* 25 : 1; *Stellaria media* 25 : 1; *Bromus hordeaceus* 25 : 1; *Trifolium pratense* 25 : 1; *Trifolium campestre* 25 : 1; *Festuca arundinacea* 25 : 1; *Geranium pyrenaicum* 25 : 1; *Knautia arvensis* 25 : 1; *Plantago lanceolata* 25 : 1; *Crepis capillaris* 26 : +; *Salix atrocinerea* 27 : 3; *Ranunculus repens* 27 : 2; *Carex sylvatica* 27 : 2; *Hypericum tetrapterum* 27 : 1; *Juncus effusus* 27 : 1; *Rumex obtusifolius* 27 : +; *Silene dioica* 27 : +; *Eupatorium cannabinum* 28 : +; *Polygonatum multiflorum* 28 : +; *Sonchus oleraceus* 29 : 1; *Amaranthus blitum* 29 : 1; *Panicum miliaceum* 29 : 1; *Robinia pseudoacacia* 30 : 1; *Veronica anagallis-aquatica* 30 : 1; *Populus nigra* 30 : 1; *Sedum acre* 31 : 1; *Digitaria sanguinalis* 31 : 1; *Lepidium virginicum* 31 : 1; *Ambrosia peruviana* 31 : 1; *Tripleurospermum inodorum* 31 : 1; *Epilobium brachycarpum* 32 : 1; *Crepis species* 32 : 1; *Crepis foetida* 32 : 1; *Oenothera species* 32 : 1; *Melilotus albus* 32 : 1; *Trifolium arvense* 32 : 1; *Conyza canadensis* 32 : 1; *Filago minima* 32 : 1; *Collomia grandiflora* 32 : 1; *Chenopodium glaucum* 33 : 1; *Gnaphalium uliginosum* 33 : 1.

Appendix tableau 12 de la Partie II - 3.1.5 : données générales et stationnelles

Les informations concernant les relevés sont données dans l'ordre suivant : N° dans le tableau 12, n° Turboveg, code auteur, n° auteur, lieu-dit, commune, date, , surface du relevé (m2), altitude, exposition (degrés), pente (degrés), substrat géologique, rec. total (%), rec. strate arborée (%), rec. strate arbustive (%), rec. strate herbacée (%).

1, 2, 1176, 30.3 (1449), puy des Goules, Orcines, 18/07/2012
2, 12, 1304, 12.1, Gondole,Le Cendre , 27/06/2012
3, 14, 1304, 12.7, Gondole, Le Cendre, 27/06/2012
4, 15, 1304, 13.3, Chadieu, Authezat, 28/06/2012
5, 18, 1304, 19.6 bis, PC9, , 07/2012
6, 10, 1304, 1.1 bis, , Boires Pont du Château, Pont du Château, 21/06/2012
7, 11, 1304, 10.5, , Boires Pont du Château, Pont du Château, 21/06/2012
8, 7, 1304, 28.5, Cotes Clermont Nord, , 13/07/2012
9, 29, 1176, 1.2, , Les Boires, Pont-du-Chateau, , , 306m, , 0°, , , , , , 30
10, 13, 1304, 12.3, Gondole, Le Cendre, 27/06/2012
11, 6, 1304, 25.7, , Gergovie plateau,La Roche Blanche , 09/07/2012
12, 5, 1304, 24.2, Montrognon, , 04/07/2012
13, 9, 1304, 29.4, Chateaugay plateau, , 19/07/2012
14, 4, 1304, 23.10, Gergovie est, Pérignat-Lès-Sarlième, 04/07/2012
15, 19, 1304, 20.4, PC8, , 07/2012
16, 8, 1304, 29.2bis, Chateaugay plateau, , 19/07/2012
17, 3, 1304, 23.3, Gergovie ouest, La Roche Blanche, 04/07/2012
18, 24, 1176, 1648GT, puy de Dôme, Orcines, 24/07/2013, 10m2, 1200m, 203°, 30°, Trachyandésite, 100, , , 100
19, 20, 1176, 1579GT, Berzet, Saint-Genès-Champanelle, 09/07/2013, 30m2, 890m, 180°, 0°, socle cristallin, , , , 90
20, 27, 1302, Gh5 13, Côte du Bey, , 27/08/2013, , 560m, 90°, 10°
21, 25, 1176, 1665GT, col de la Moreno, Saint-Genès-Champanelle, 26/07/2013, 10m2, 1080m, 0°, 0°, Recouvrement trachyandésitique sur pouzzolane, , , , 70
22, 23, 1176, 1631GT, Sud de Perady, Chanat-la-Mouteyre, 19/07/2013, 10m2, 905m, 0°, 0°, Socle cristallin, , , , 90
23, 22, 1176, 1607GT, Bois de Rochetoux, Orcines, 15/07/2013, 10m2, 970m, 0°, 0°, Trachyandésite, 100, , , 100
24, 1, 1304, 14.3, Varennes PC3, , 07/2012
25, 16, 1304, 2.1, Fonfreyde PC0, , 20/06/2012
26, 21, 1176, 1595GT, Le Vigeral, Saint-Genès-Champanelle, 15/07/2013, , 1035m, 0°, 0°, Volcanisme ancien, 100, , , 100
27, 28, 1176, 1593GT, Le Vigeral (Chalamont), Saint-Genès-Champanelle, 11/07/2013, , 900m, 0°, 0°, Socle cristallin
28, 26, 1302, CEB3.3, Bois de la Pauze, Royat, 19/06/2013, 100m2, 810m, , 0°, Socle cistallin, 100, , 5, 100
29, 32, 1304, 33.4, Les Boires, Pont-du-Château, 04/09/2012, , , 0°, 0°
30, 34, 1304, 34.2, Le Brand, Martres d'Artières, 04/09/2012
31, 30, 1304, 33.1, Les Boires, Pont-du-Château, 04/09/2012, , , 0, 0°
32, 31, 1304, 33.2, Les Boires, Pont-du-Château, 04/09/2012, , , 0°, 0°
33, 33, 1304, 33.9, Les Boires, Pont-du-Château, 04/09/2012, , , 0°, 0°

Tableau 5 : tableau synoptique comparatif des forêts régionales incluant les syntaxons nouveaux de la zone d'étude.



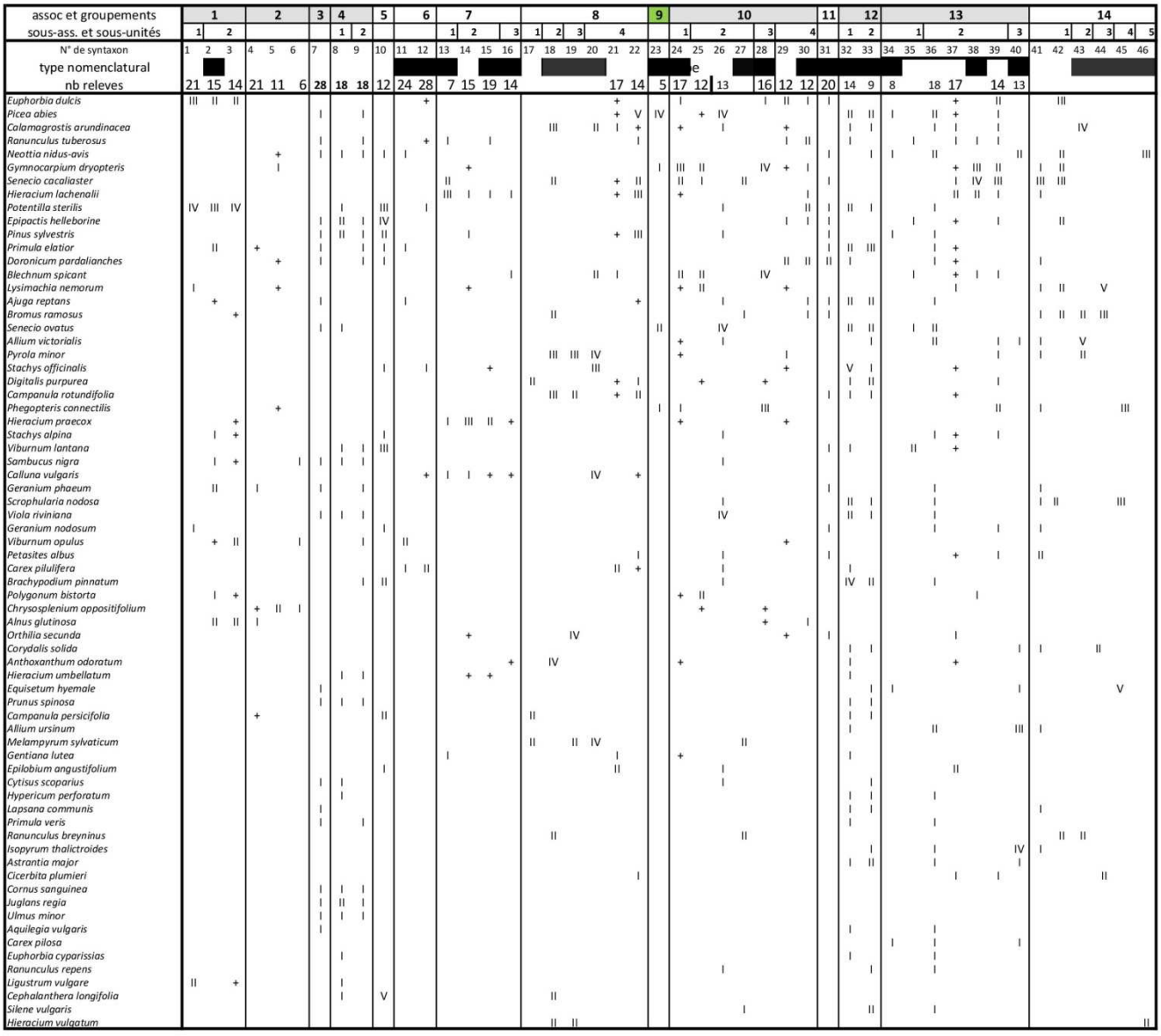


Tableau 5 : groupes de taxons différentiels

Groupe **I** : neutrésophiles hémisciaphiles forestières planitiaires (*Fraxino – Quercion*) ;

Groupe **II** : neutrésophiles nitroclines à nitrophiles hémihéliophiles à hémisciaphiles d'ourlets (*Galio – Urticetea*) ;

Groupe **III** : neutrésophiles phanérophytes planitiaires

Groupe **IV** : hygrosciaphiles (*Lunario – Acerion*)

Groupe **V :** thermoclines xéroclines, hémihéliophiles de basse altitude

Groupe **VI** : acidiphiles hémihéliophiles oligotrophiles à oligomésotrophiles, d'ourlets de basse altitude (surtout *Melampyro – Holcetea*)

Groupe **VII** : acidiphiles à acidiclines oligotrophiles, hémihéliophiles à hémisciaphiles, montagnardes (surtout *Luzulo – Fagion*, *Vaccinio – Abietenion*, *Genisto – Vaccinion*)

Groupe **VIII** : acidiclines à neutrophiles mésotrophiles montagnardes

Groupe **IX :** mésotrophiles mésophiles à mésohygrophiles montagnardes ou altico-indifférentes

Tableau 5 : communautés végétales forestières régionales incluant les syntaxons nouveaux de la zone d'étude.

1 : ***Pulmonario affinis – Fraxinetum excelsioris*** (Billy 1997) Renaux *et al. ad interim*
- 1.1 : *Ranunculetosum ficariae* Billy *ex* Thébaud *et al.* 2014 (= *Ranunculo ficariae – Fraxinetum excelsioris* Billy 1997 *prov*.)
- 1.2 : *typicum* (= *Adoxo moschatellinae – Fraxinetum excelsioris* Billy 1997 prov.)

2 : ***Polysticho aculeati – Fraxinetum excelsioris*** (Billy 1997) Renaux *et al. ad interim* (= *Polysticho aculeati – Fraxinetum excelsioris fraxinetosum excelsioris* Billy 1997 *prov.)*

3 : **Groupement à *Fraxinus* et *Geum,*** frênaie hygrosciaphile et nitrocline; stade dynamique vers 4

4 : ***Polygonato multiflori-Fagetum sylvaticae*** Roux *in* Thébaud *et al.* 2014
- 4.1 : *typicum,* stade jeune
- 4.2 : *typicum,* stade mature

5 : ***Epilobio montani – Fagetum sylvaticae*** (Billy 1997) Renaux *et al. ad interim* (incl. *Cephalanthero longifoliae – Fagetum sylvaticae* Billy 1997 prov. et *Lilio martagonis – Quercetum robori fagetosum* Billy 1997 prov.)

6 : ***Luzulo sylvaticae-Quercetum petraeae*** Royer &Thévenin *in* Royer *et al* 2006 (= *Luzulo sylvaticae-Fagetum sensu* Braque 1979 *non* Cusset)

7 : ***Teucrio scorodoniae – Fagetum sylvaticae*** (Billy 1997) Renaux *et al. ad interim* (= *Illici aquifolii – Fagetum sensu* Billy *non* Durin *et al.* 1967)
- 7.1 : *Erythronietosum dens-cani* (Billy 1997) Renaux *et al. ad interim* (= *Illici aquifolii – Fagetum sensu* Billy *teucrietosum* Billy 1997 prov. var. à *Erythronium* Billy 1997)
- 7.2 : *typicum* (= *Illici aquifolii – Fagetum sensu* Billy *teucrietosum* Billy 1997 prov.)
- 7.3 : *vaccinietosum myrtilli* (= *Illici aquifolii – Fagetum sensu* Billy *vaccinietosum myrtilli* Billy 1997 prov.)

8 : ***Deschampsio flexuosae – Fagetum sylvaticae*** Lemée *in* Cusset 1964
- 8.1 : appauvrie Cusset 1964
- 8.2 : *typicum* Cusset 1964
- 8.3 : *hylocomietosum splendentis* Cusset 1964
- 8.4 : *vaccinietosum myrtilli* Cusset 1964

9 : ***Luzulo nivae-Fagetum***, Suisse orientale Frey

10 : ***Luzulo sylvaticae – Fagetum sylvaticae*** Cusset 1963
- 10.1 : *Luzuletosum niveae* (Billy 1997) Renaux *et al. ad interim* (= *Luzulo niveae – Fagetum sensu* Billy 1997)
- 10.2 : *typicum*
- 10.3 : *gymnocarpietosum dryopteridis* (Billy 1997) Renaux et al. ad interim (= *Gymnocarpio linnaei-Fagetum* Billy 1997 prov.)
- 10.4 : *euphorbietosum amygdaloidis* (Billy 1997) Renaux *et al. ad interim* (incl. *Luzulo nivae-Fagetum sensu* Billy *euphorbietosum amygdaloides* Billy 1997 prov.)

11 : ***Dentario heptaphyllae – Fagetum sylvaticae*** (Braun-Blanq. 1932) Müller 1966 (= *Actaeo spicatae – Fagetum sylvaticae* Billy 1997 prov.)

12 : ***Daphno mezerei – Coryletum avellanae*** Roux *in* Thébaud *et al.* 2014
- 12.1 : *stachyetosum officinalis*
- 12.2 : *typicum*

13 : ***Euphorbio hybernae – Fagetum sylvaticae*** Billy ex Thébaud *et al.* 2014
- 13.1 : *Coryletosum avellanae* Roux *subass. nov. hoc loco*
- 13.2 : *typicum*
- 13.3 : *Scilletosum lilio-hyacinthi* Roux *subass. nov. hoc loco*

14 : ***Adoxo moschatellinae – Fagetum sylvaticae*** (Luquet 1926) Rivas-Mart. *et al.* 1991 (= *Fagetum sylvaticae* Luquet 1926; *Scillo lilio-hyacinthi – Fagetum sylvaticae* (Luquet 1926) Cusset 1961)

- 14.1 : *typicum*
- 14.2 : *allietosum victorialis* Cusset 1961
- 14.3 : *athyrietosum filix-feminae* Cusset 1961
- 14.4 : *equisetosum* Cusset 1961
- 14.5 : *moehringietosum trinerviae* Cusset 1961

Liste des syntaxons des colonnes du tableau 5

1 *Ranunculo ficariae-Fraxinetum* Billy 1997 prov., relevés manuscrits de François Billy (1472)
2 *Adoxo moschatellinae – Fraxinetum excelsioris* Billy 1997 prov., relevés manuscrits de François Billy (1470)
3 *Adoxo moschatellinae – Fraxinetum excelsioris* Billy 1997 prov. var à *Conopodium majus*, relevés manuscrits de François Billy (1471)
4 *Polysticho aculeati-Fraxinetum excelsioris* Gilles Thébaud relevés non publiés (1489)
5 *Polysticho aculeati-Fraxinetum excelsioris*, Gilles Thébaud relevés non publiés (1488)
6 *Polysticho aculeati-Fraxinetum excelsioris,* Camille Roux, relevés thèse (1476)
7 Groupement à *Fraxinus excelsior* et *Geum urbanum*, Roux, relevés thèse (19)
8 *Polygonato multiflori – Fagetum sylvaticae* , Roux, relevés thèse, stade non mature (20)
9 *Polygonato multiflori – Fagetum sylvaticae* , Roux, relevés thèse, stade mature (21)
10 *Cephalanthero longifoliae-Fagetum* Billy 1997 prov., relevés manuscrits de François Billy (1500)
11 *Luzulo sylvaticae-Quercetum petraeae*, Royer *et al* 2006 (1467)
12 *Luzulo sylvaticae-Fagetum* Braque 1978 (1473)
13 *Ilici aquifoliae-Fagetum sylvaticae teucrietosum* Billy 1997 prov. var. à *Erythronium* Billy 1997, relevés manuscrits de François Billy (1486)
14 *Illici aquifolii – Fagetum sensu* Billy *teucrietosum* Billy 1997 prov., var. à *Vaccinium*, relevés manuscrits de François Billy (1487)
15 *Illici aquifolii – Fagetum sensu* Billy *teucrietosum* Billy 1997 prov., relevés manuscrits de François Billy (1484)
16 *Illici aquifolii – Fagetum sensu* Billy *vaccinietosum myrtilli* Billy 1997 prov., relevés manuscrits de François Billy (1485)
17 *Deschampsio flexuosae – Fagetum sylvaticae* Lemée *in* Cusset 1964, appauvrie Cusset 1964 (1516)
18 *Deschampsio flexuosae – Fagetum sylvaticae* Lemée *in* Cusset 1964 *typicum* Cusset 1964 (1514)
19 *Deschampsio flexuosae – Fagetum sylvaticae* Lemée *in* Cusset 1964 *hylocomietosum splendentis* Cusset 1964 (1515)
20 *Deschampsio flexuosae – Fagetum sylvaticae* Lemée *in* Cusset 1964 *vaccinietosum myrtilli* Cusset 1964 (1517)
21 *Deschampsio-Fagetum*; relevés manuscrits de François Billy (1379)
22 *Deschampsio -Fagetum*, monts Dore Forez Margeride, relevés manuscrits de François Billy (1380)
23 *Luzulo nivae-Fagetum*, Suisse orientale, Frey (1403)
24 *Luzulo nivae-Fagetum sensu* Billy, relevés manuscrits de François Billy (1481)
25 *Luzulo maximae-Fagetum sylvaticae* Cusset, relevés manuscrits de François Billy (1479)
26 *Luzulo sylvaticae – Fagetum sylvaticae* Cusset, Camille Roux, relevés thèse (5)

27 *Luzulo maximae - Fagetum sylvaticae* Cusset 1963 (1498)
28 *Gymnocarpio dryopteridis-Fagetum* Billy 1997 prov., relevés manuscrits de François Billy (1480)
29 *Luzulo sylvaticae-Fagetum* Cusset, var. à Prenanthes, relevés manuscrits de François Billy (1468)
30 *Luzulo nivae-Fagetum sensu* Billy *euphorbietosum amygdaloides* Billy 1997 prov, relevés manuscrits de François Billy (1504)
31 *Actaeo spicatae-Fagetum* Billy 1997 prov., relevés manuscrits de François Billy (1499)
32 *Daphno mezerei – Coryletum avellanae* Roux *in* Thébaud *et al.* 2014 *stachyetosum officinalis,* Camille Roux , relevés de these (16)
33 *Daphno mezerei – Coryletum avellanae* Roux *in* Thébaud *et al.* 2014 *typicum,* Camille Roux, relevés de thèse (13)
34 *Euphorbio hybernae-Fagetum coryletosum* Roux subass. nov., Camille Roux relevés de thèse (10)
35 *Euphorbio hybernae-Fagetum* Billy 1997 *prov.* var. à *Polygonatum*., relevés manuscrits de François Billy (1506)
36 *Euphorbio hybernae-Fagetum typicum*, Camille Roux relevés de thèse (8)
37 *Luzulo maximae-Fagetum sensu* Billy 1997, des Monts Dore, relevés manuscrits de François Billy (1478)
38 *Euphorbio hybernae-Fagetum typicum*, relevés manuscrits de François Billy (1505)
39 *Luzulo nivae-Fagetum sensu* Billy 1997 *euphorbietosum hybernae* Billy 1997, relevés manuscrits de François Billy (1503)
40 *Euphorbio hybernae-Fagetum, scilletosum lilio-hyacinthi*, Camille Roux relevés de thèse (9)
41 *Scillo lilio-hyacinthi-Fagetum* Cusset 1961, relevés manuscrits de François Billy
42 *Scillo lilio yacinthi-Fagetum typicum* Cusset 1961 (1509)
43 *Scillo lilio yacinthi-Fagetum allietosum victorialis* Cusset 1961 (1513)
44 *Scillo lilio yacinthi-Fagetum athyrietosum filix-feminae* Cusset 1961 (1510)
45 *Scillo lilio yacinthi-Fagetum equisetosum* Cusset 1961 (1511)
46 *Scillo lilio yacinthi-Fagetum moehringietosum trinerviae* Cusset 1961 (1512)

ANNEXE 5

Localisation des relevés phytosociologiques

N
1:70 000
0 0.5 1 2 3 4 Kilometers

ANNEXE 6

Relevés types des fourrés de F. Billy pour validation "hoc loco"

Rubo gillotii-Sambucetum nigrae Billy *ex* Roux *hoc loco*. *typus :* rel. F587 :
Relevé réalisé par François Billy le 20 juin 1977 à la Vaissière (Cunlhat, 63), alt. : 720 m, exposition : nord-est ; *Corylus avellana* : a2-3, *Prunus spinosa* : a2, *Cytisus scoparius* : a1-2, *Rubus gillotii* : a1-2, *Sambucus nigra* : a1, *Rosa canina* : a1, *Rubus vestitus* : a1, *Quercus pedunculatus* : a1, *Fraxinus excelsior* : a1, *Crataegus monogyna :* a1, *Urtica dioica :* 1-2, *Galium aparine* : 1-2, *Dryopteris filix-mas* : 1-2, *Stellaria holostea* : 1, *Hylotelephium telephium* : 1.

Rubio peregrinae-Viburnetum lantanae B. Foucault & Julve 2001 ***loniceretosum periclymeni*** Billy *ex* Roux *subass. nov. hoc loco* rel. L241
Relevé réalisé par François Billy le 24 mai 1990 à l'Espinasse (Lempty, 63), alt. : 360 m ; *Corylus avellana* : a2, *Acer campestre* : a2, *Cornus sanguinea* : a1-2, *Fraxinus excelsior* : a1-2, *Ligustrum vulgare* : a1-2, *Ulmus minor* : a1-2, *Crataegus monogyna* : a1, *C. laevigata* : a1, *Viburnum lantana* : a1, *V.opulus* : a1, *Quercus petraea* : a1, *Tilia cordata* : a1, *Sorbus torminalis* : a+, *Rosa arvensis* : a2, *Rubus ulmifolius* : a1-2, *Lpnicera xylosteum* : a1, *L. periclymeni* : a1, *Rosa canina* : a+, *Tamus communis* : a1, *Buglossoides purpurocaerulea* : 2, *Brachypodium sylvaticum* : 2, *B. pinnatum* : 1, *Euphorbia dulcis* : 1-2, *Rosa arvensis* : 1-2, *Galium mollugo* : 1, *Pimpinella major* : 1, *Pulmonaria affinis* : 1, *Polygonatum odoratum* : 1, *Hedera helix* : 1, *Valeriana officinalis* : 1, *Euphorbia flavicoma* subsp. *verrucosa* : 1, *Viola odorata* : 1, *Fragaria vesca* : 1, *Vicia sepium* : 1, *Campanula trachelium* : +, *Primula veris* : +, *Loncomelos pyrenaicus* : +, *Lathyrus linifolius* var. *montanus* : +, *Melampyrum cristatum* : +, *Stachys officinalis* : +, *Hylotelephium argutum* : +.

Humulo lupuli-Sambucetum nigrae Müller *ex* B. Foucault 1991 ***aceretosum pseudoplatani*** Billy ex Roux *subass. nov. hoc loco typus :* rel. G875
Relevé réalisé par François Billy le 1 octobre 1991 à l'Oradoux (Clermont-Ferrand, 63), alt. : 360 m ; *Sambucus nigra* : a1-2, *Prunus cerasus* : a1, *Ulmus minor* : a1, *Robinia pseudoacacia* : a1, *Ailanthus altissima* : a+, *Rubus caesius* : a2, *R. ulmifolius* : a1-2, *Parthenocissus quinquefolia* : 3, *Clematis vitalba* : 2, *Bryona dioica* : 1, *Calystegia sepium* : 1, *Fallopia dumetorum* : 1, *Humulus lupulus* : a1, *Hedera helix* : 1-2, *Urtica dioica* : 1-2, *Artemisia vulgaris* : 1, *Glechoma hederacea* : 1-2, *Lactuca serriola* : +, *Arctium lappa* : +, *Galium aparine* : 1, *Phytolacca americana* : +.

Rubo ulmifolii-Ulmetum minoris Billy *ex* Roux *ass. nov. hoc loco . typus :* rel. F621
Relevé réalisé par François Billy le 25 juin 1977 à la Pileyre (Egliseneuve près Billom, 63), alt. : 500 m, exposition : ouest ; *Prunus spinosa* : a3, *Ulmus minor* : a1-2, *Rubus ulmifolius* : a2, *Acer campestre* : a1-2, *Rosa canina* : a1-2, *Crataegus monogyna* : a1-2, *Fraxinus excelsior* : a1, *Clematis vitalba* : a1, *Euonymus europaeus* : a1, *Fallopia dumetorum* : a1, *Chaerophyllum temulum* : 1, *Vicia hirsuta* : 1, *Vicia sepium* : 1, *Galium mollugo* : 1.

Corno sanguinei-Salicetum purpureae Billy *ex* Roux *ass. nov. hoc loco . typus :* rel. L7
Relevé réalisé par François Billy le 20 juin 1989 au Chalas (Arlanc, 63), alt. : 600 m, exposition : est ; *Corylus avellana* : a3, *Salix caprea* : a2, *Cornus sanguinea* : a1-2, *Rubis gillotii* : a1-2, *Rosa arvensis* : a1-2, *Rosa canina* : a1, *Cytisus scoparius* : a1-2, *Lonicera peryclimenum* : a1, *Sambucus nigra* : a1, *Fraxinus excelsior* : a1, *Alnus glutinosa* : a1, *Ribes uva-crispa* : a+, *Calystegia sepium* : +, *Potentilla sterilis* : +, *Cruciata laevipes* : +, *Brachypodium pinnatum* : +, *Scrophularia nodosa* : +, *Quercus robur* : a1, *Salix atrocinerea* : a1.

ANNEXE 7

Carnet de terrain

Date: 19/06/2013 n° relevé: 3 Système : rebord occidental

Nom de la localité: Bois de la Pauze Catena

Localisation du relevé: sommet versant bien exposé Tessela

Altitude: min max Pente: Exposition: Surface:

Géologie: granite basalte scorie pépérites marne calcaire sable argile alluvionnaire

Remarques:

Géosérie climatophile collinéenne, hygrosciaphile, sur granite (Polygonato multiflori-Fageto sylvaticae geosigmetum prov.)

Série climatophile collinéenne, hygrosciaphile, neutrocline, sur granite (Polygonato multiflori-Fageto sylvaticae sigmetum prov.)

- Prairies : Dauco carotae-Arrhenatheretum elatius
Knautio arvernensis-Arrhenatherum
Lolio perennis-Cynosuretum cristati
- Ourlets : Alliario - Chaerophilletum temuli
- Fourrés : Humulo lupuli - Sambucetum nigrae
- 1er stade forest. : Pulmonario - Fraxinetum
- Forêt : Polygonato multiflori-Fagetum sylvacticae

Série topoaérohygrophile collinéenne à submontagnarde, neutrocline, sur granite (Polysticho-Fraxino sigmetum prov.)
- Prairies : ?
- Ourlets : Senecio fuschii-Epilobietum angustifolii
- Fourrés : Betulo pendula- Salicetum capreae
Rubo gillotii-Sambucetum nigrae
- Forêt : Polystico aculeati-Fraxinetum excelsioris

Série édaphohygrophile planitiaire à collinéenne, sur substrats alluvionnaires (Geranio-Fraxino sigmetum prov.)
- Prairies : ?
- Ourlets : Alliario - Chaerophilletum temuli
- Fourrés : Humulo lupuli - Sambucetum nigrae
- Forêt : Geranio phaei-Fraxinetum excelsioris

Série édaphohygrophile collinéenne, sur granite (Impatiento-Alneto sigmetum prov.)
- Prairies : ?
- Ourlets : Gpt à Filipendule et Scirpe
- Fourrés : Pruno padi-Coryletum
- 1er stade forest. : Pulmonario - Fraxinetum
- Forêt : Impatiento noli-tangere-Alnetum glutinosae

Permasérie topoaérohygrophile collinéenne à montagnarde (Cystoptero-Polypodio sigmetum prov.)
- Groupement à Cystopteris et Polypodium

Géosérie climatophile collinéenne, thermophile, acidiphile, sur granite (Hieracio sabaudii-Querceto petraeae querceto pubescentis geosigmetum prov.)

Série climatophile collinéenne, thermophile, acidiphile, sur granite (Hieracio-Querceto petraeae querceto pubescentis sigmetum prov.)
- Prairies : Festuco arvernensis-Phleetum phleoidis
Pulsatillo rubrae-Dactylorhizetum sambucinae
- Ourlets : gpt à Genêt (à balais) et Holcus mollis
- Fourrés : Roso micranthae-Sorbetum ariae **1; O ; 2**
- 1er stade forest. : Teucrio scorodoniae-Pinetum **3a; O ;5**
- Forêt : Hieracio-Quercetum quercetosum pubescentis **2a; O ;2**

Série édaphoxérophile collinéenne, thermophile, acidiphile, sur sol granitique squelettique (Hieracio-Querceto petraeae sigmetum prov.)
- Pelouses : Anarrhino bellidifolii-Sedetum maximi
- Prairies : Calluno-Genistetum pilosae
- Ourlets : ?
- Fourrés : ?
- 1er stade forest. : Teucrio scorodoniae-Pinetum
- Forêt : Hieracio-Quercetum typicum

Curtasérie édaphoxérophile collinéenne, thermophile, acidiphile, sur sol granitique squelettique (Junipero-Amelanchiereto sigmetum prov.)
- Pelouses : Anarrhino bellidifolii-Sedetum maximi **r; . ; 1**
- Fourré : Junipero communis-Amelanchieretum ovalis **r; . ; 1**

Autres:

Ourlets et prémanteaux
Teucrio scorodoniae-Silenetum nutantis
Pruno-Rosetum vosagiacae
Junipero-Rosetum glaucae
Sambucetum racemosae
Lonicero periclymeni - Coryletum avellanae
Crataego laevigatae-Rhamnetum cathartici
Epilobio angustifolii-Digitalietum purpureae
Gpt des haies à Filipendula ulmaria
Holco mollis-Teucrietum scorodoniae
Veronico chamaedrys-Cytisetum scoparii
Trifolio medii-Agrimonietum eupatoriae
Centaureo nigrae-Vicietum orobi

Hautes herbes:
Gpt à scirpus sylvaticus et Angelica sylvestris
Gpt à Knautia arvernensis et Urtica dioica
Echio vulgaris - Melilotetum
Artemisio-Tanacetum vulgaris
Ligulario sibiricae-Polygonetum bistortae

Prairies:
Dauco -Arrhenatheretum
Antriscetum sylvestris
Knautio arvernensis-Malvetum moschatae
Salvio-Trifolietum incarnati-molinerii
Heracleo sphondylii-Chaerophylletum aurei
Agrostio capillaris-Saxifragetum granulatae
Orchido morionis-Saxifragetum granulatae
Festuco commutatae -Cynosuretum cristati
Lolio-Cynosuretum

Prairies humides:
Selino pyrenaei-Scorzoneretum humilis
Polygono bistortae-Molinietum caeruleae
Junco acutiflori – Cynosuretum cristati
Deschampsio cespitosae-Oenanthetum peucedanifoliae
Mentho longifoliae-Juncetum inflexi

Pelouse:
Chamaespartio sagittalis-Helianthemetum apennini
Saxifrago granulatae-Helianthemetum nummularii
Gentianetum cruciatae
Campanulo glomeratae-Phleetum phleoidis
Festuco rubrae-Chamaespartietum sagittalis

Pelouses pionnières
Gpt à Bombycilaena erecta
Airo -Festucetum
Sedo rupestris-Hieracietum pilosellae
Narduretum lachenalii

Roselières:
Phragmitetum australis
Sparganietum erecti
Equisetum fluviatilis
Phalaridetum arundinaceae
Caricetum acutiformis

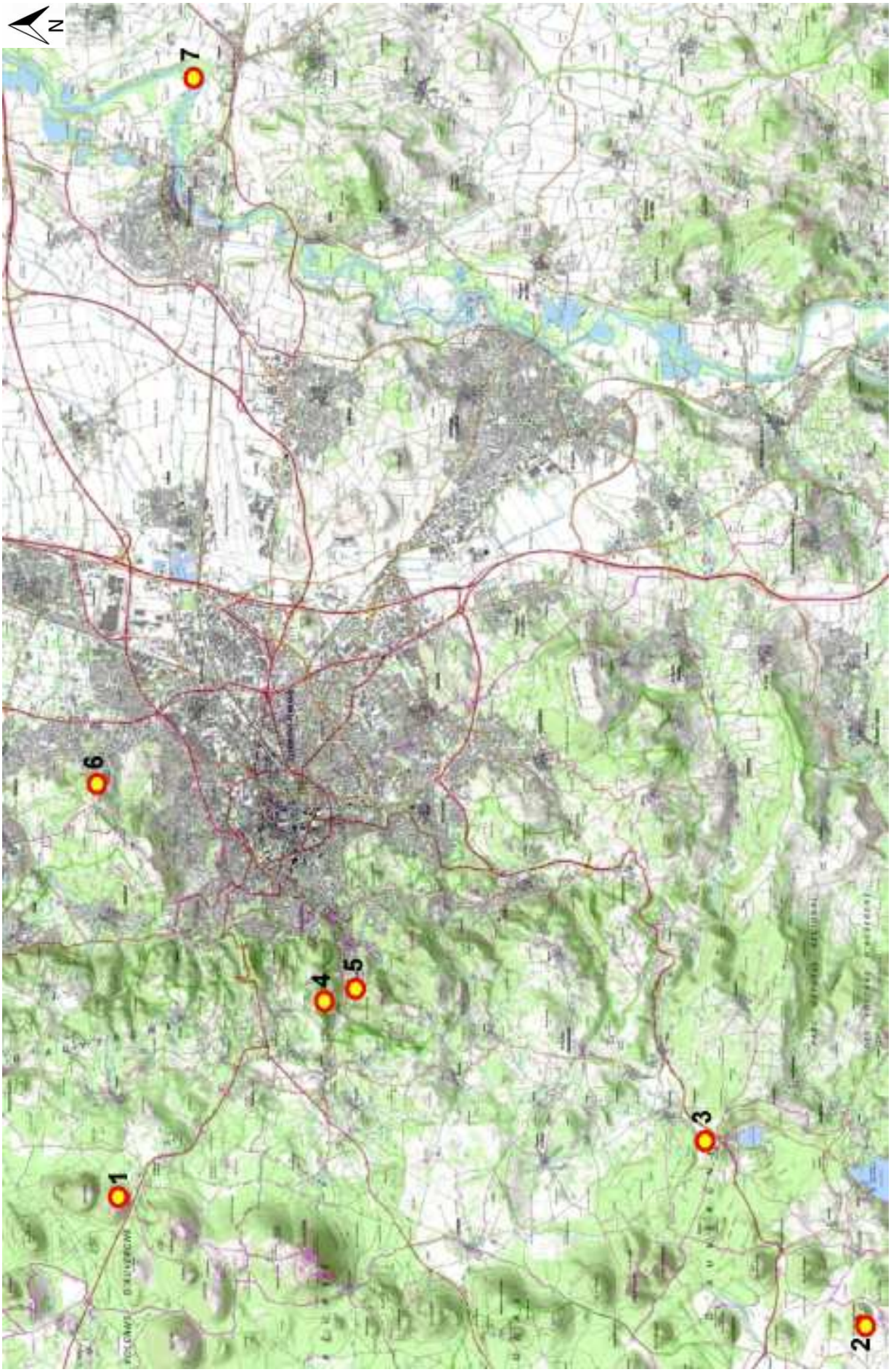
Végétation aquatique:
Glycerietum fluitantis
Glycerietum fluitantis-Catabrosetum aquaticae
Lemnetum minoris
Utricularietum australis
Ranunculetum aquatilis

Frênaie post culturale **3a; O ; 5**
Voile de Pteridium **+; . ; 1**
Plantation de résineux **3a; O ; 5**

ANNEXE 8

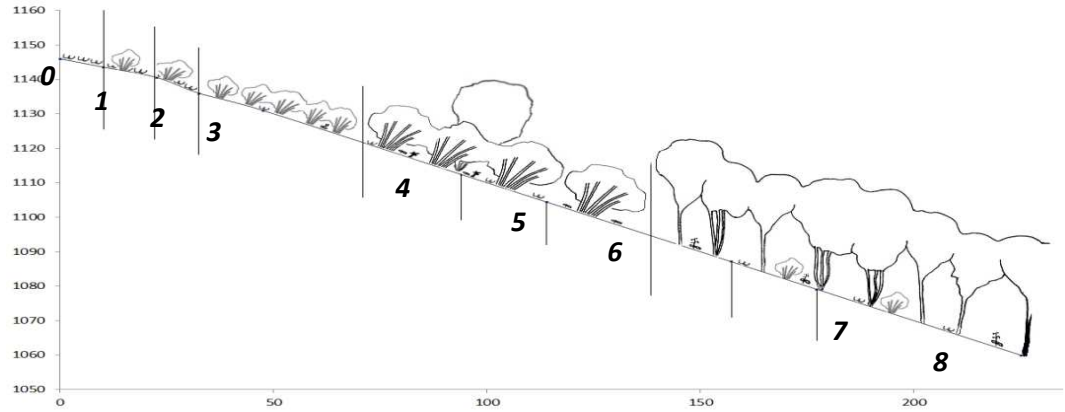
Localisation des profils socio-écologiques topostationnels (PSET).

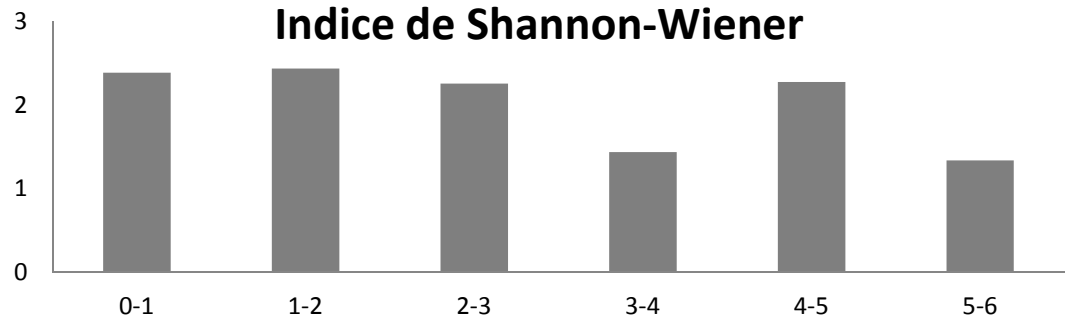
Expression des variables écologiques discriminantes et de la diversité de la végétation

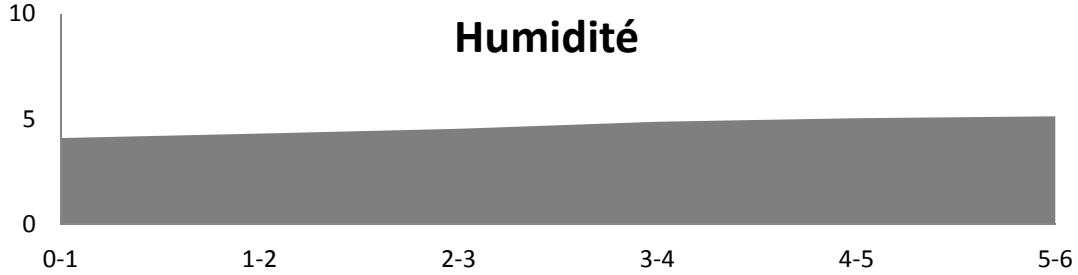


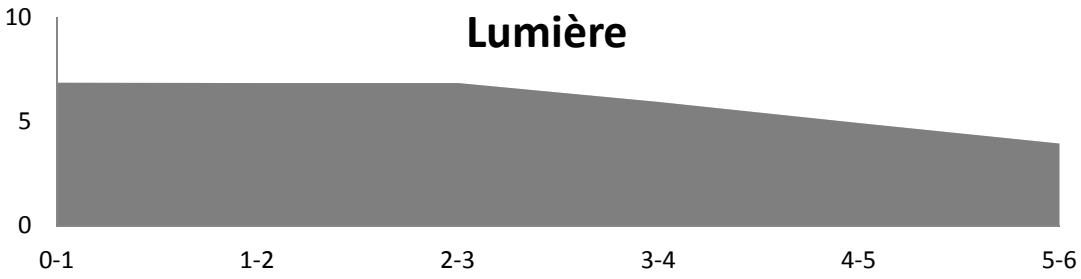
Localisation des PSET : 1 : puy des Goules ; 2 : puy de la Combegrasse ; 3 : marais de Fontfreyde ; 4 :puy de la Charité ; 5 : gorges de Royat ; 6 : puy de Var ; 7 : les boires de Pont-du-Château. Pour la localisation exacte voir les auteurs cités.

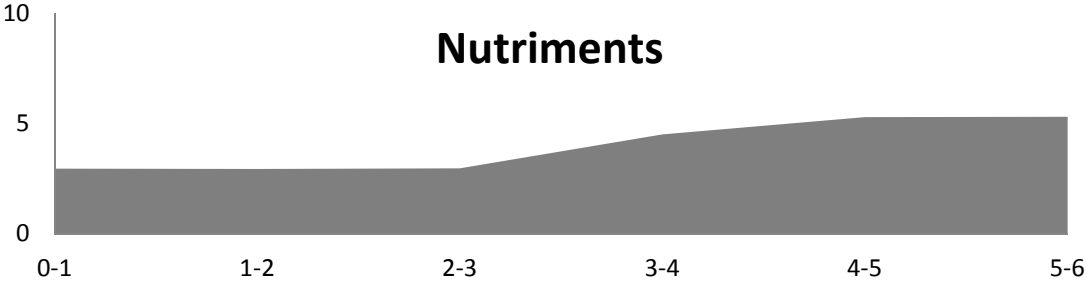
Variables écologiques du PSET du puy des Goules (Bernard *et al.* 2012a)



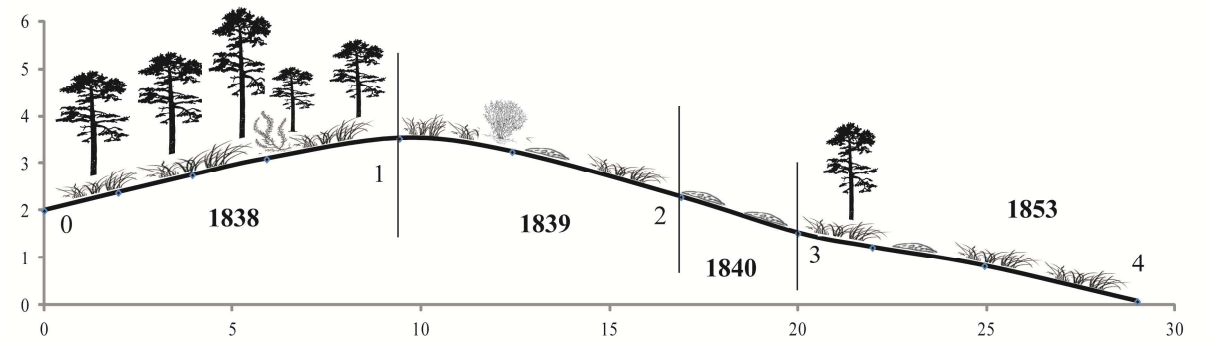


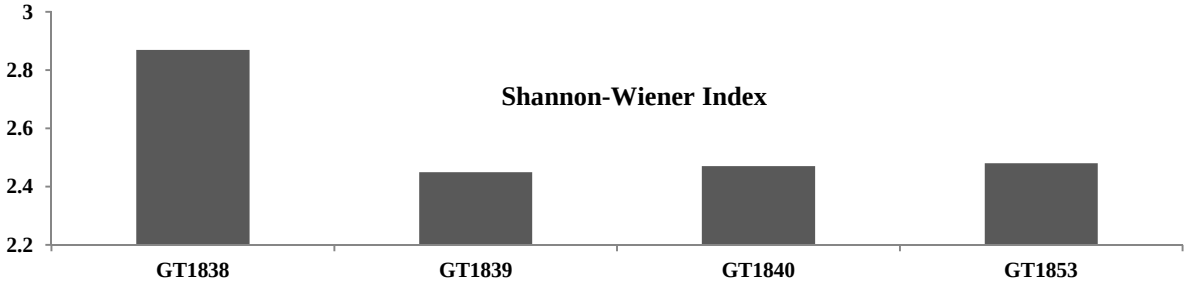


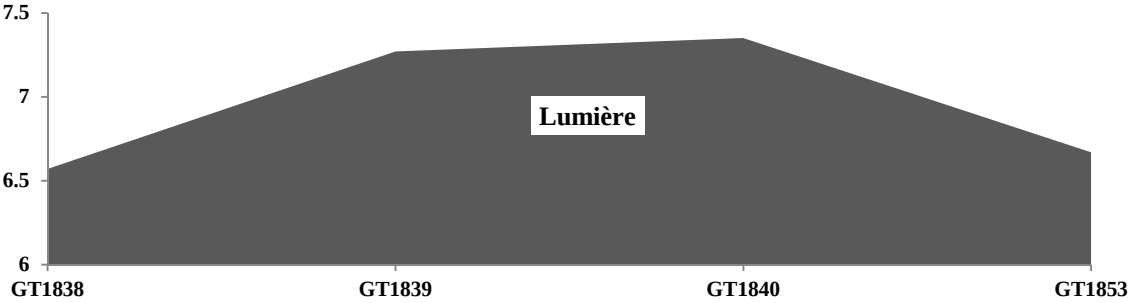


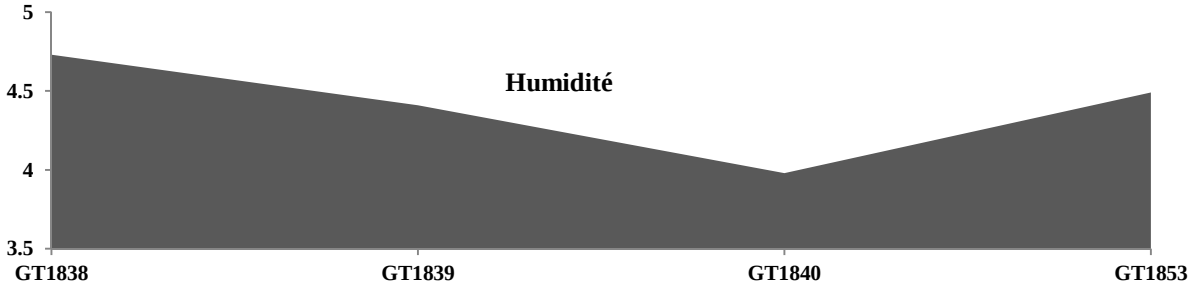


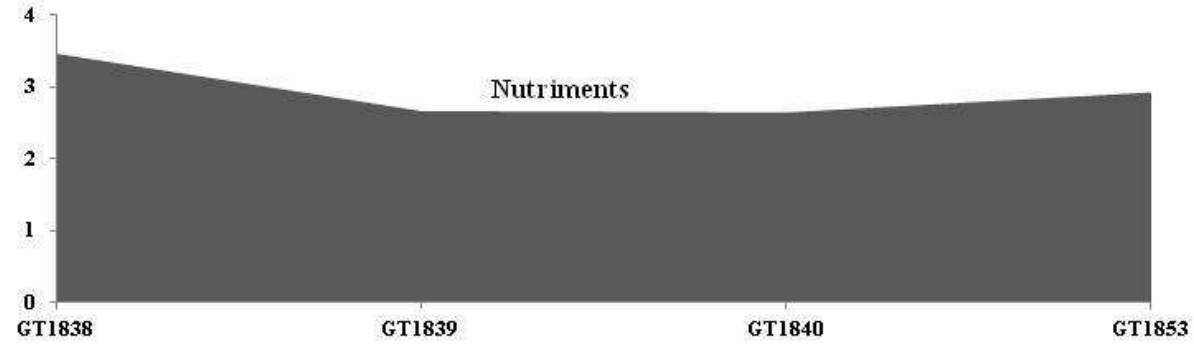
Variables écologiques du PSET du puy de la Combegrasse (Thébaud *et al.* 2015)



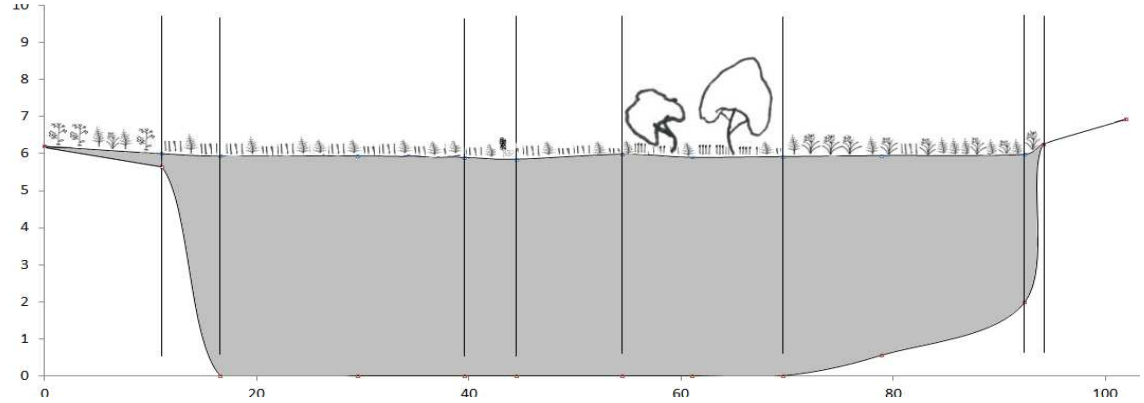


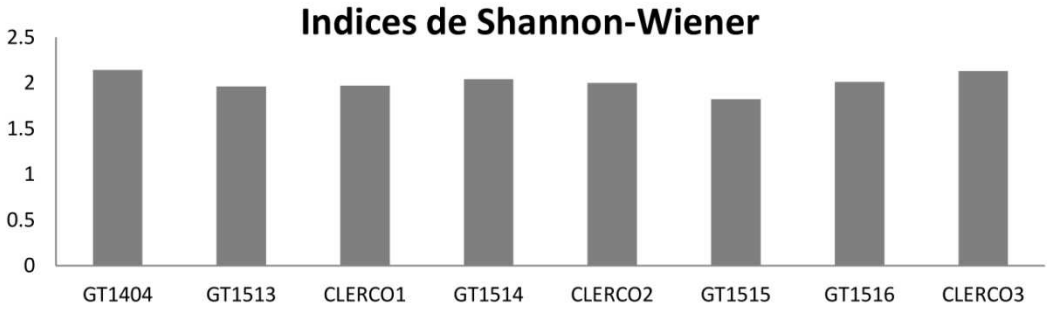


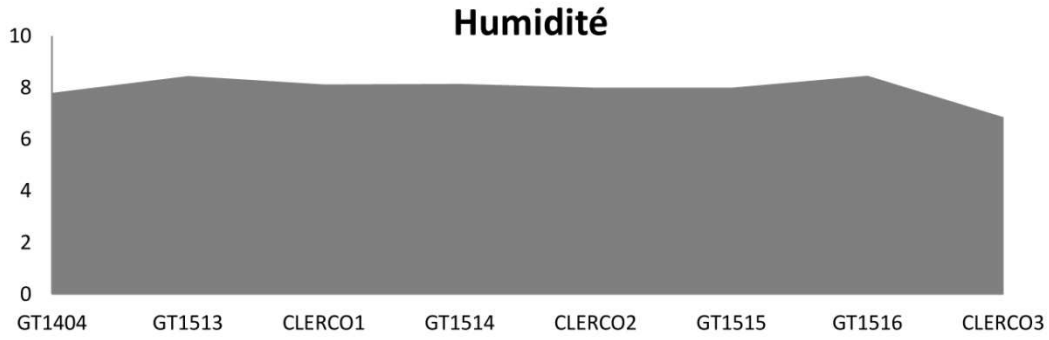


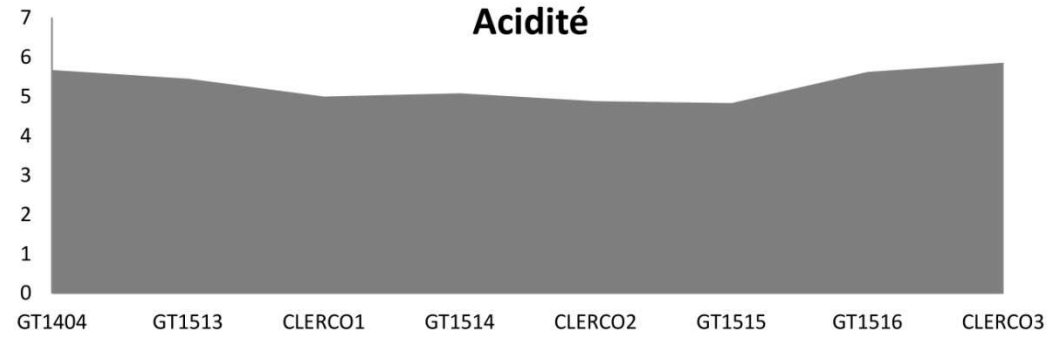


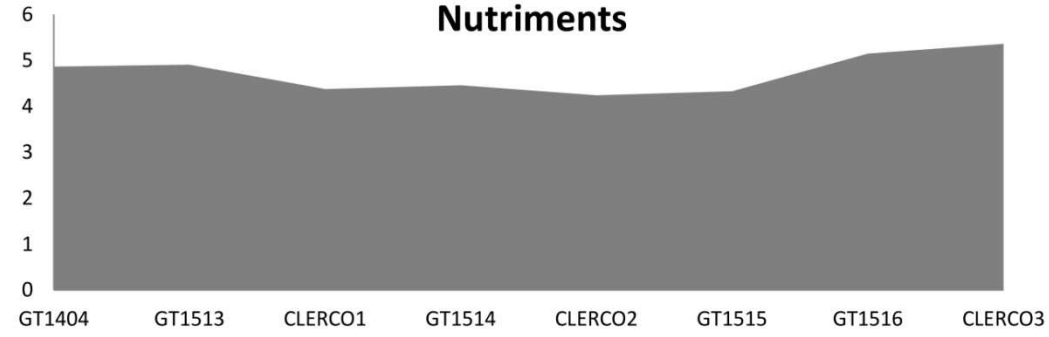
Variables écologiques du PSET du marais de Fontfreyde (Bernard *et al.* 2012b)



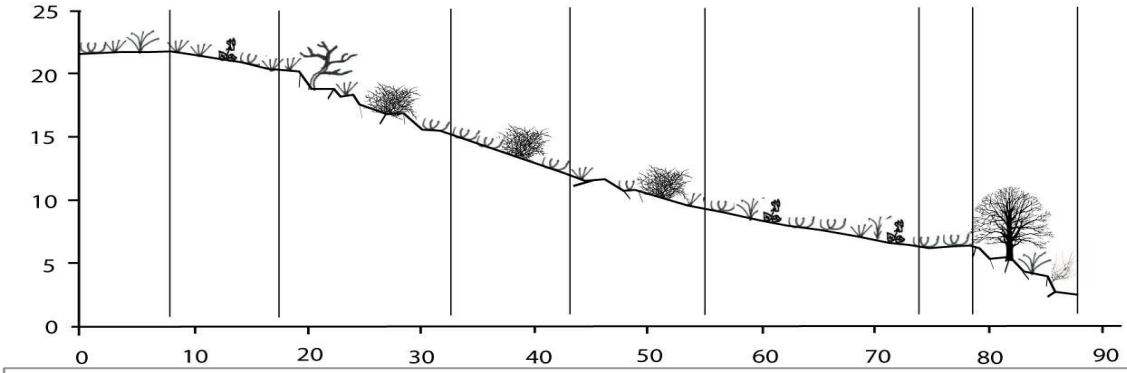


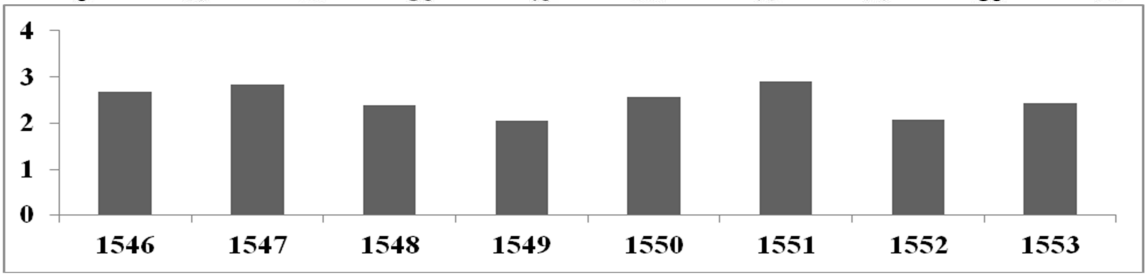


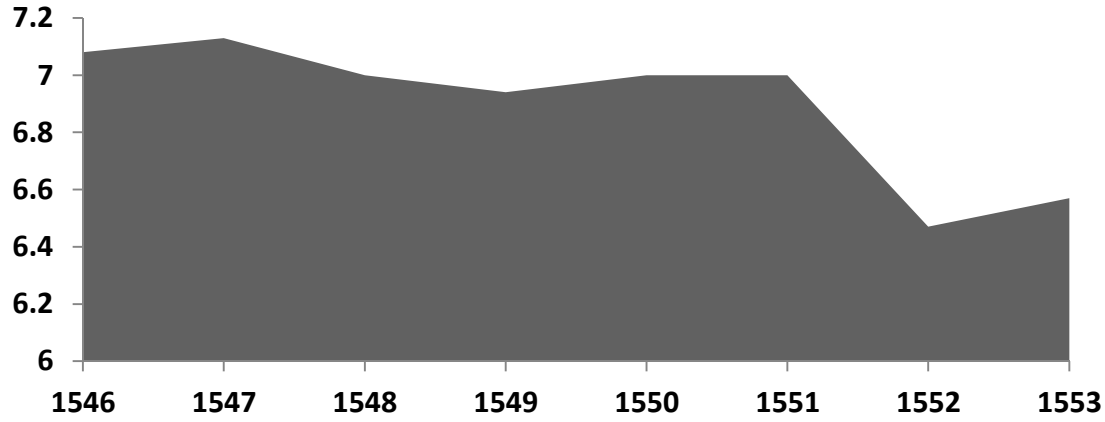


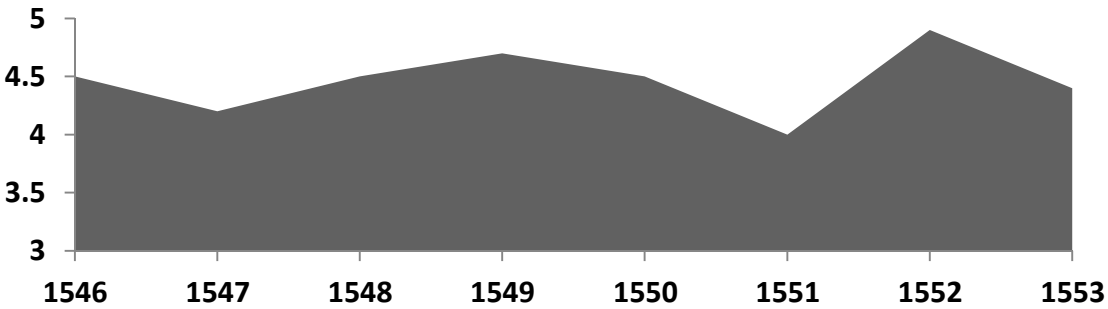


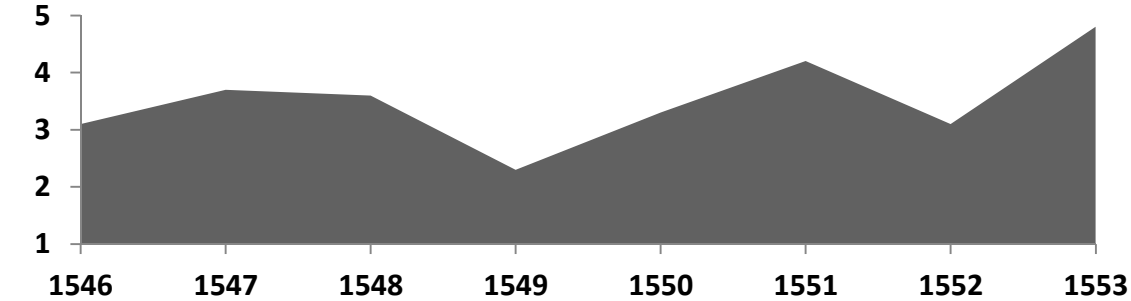
Variables écologiques du PSET du puy de la Charité (Thébaud *et al.* 2013a)



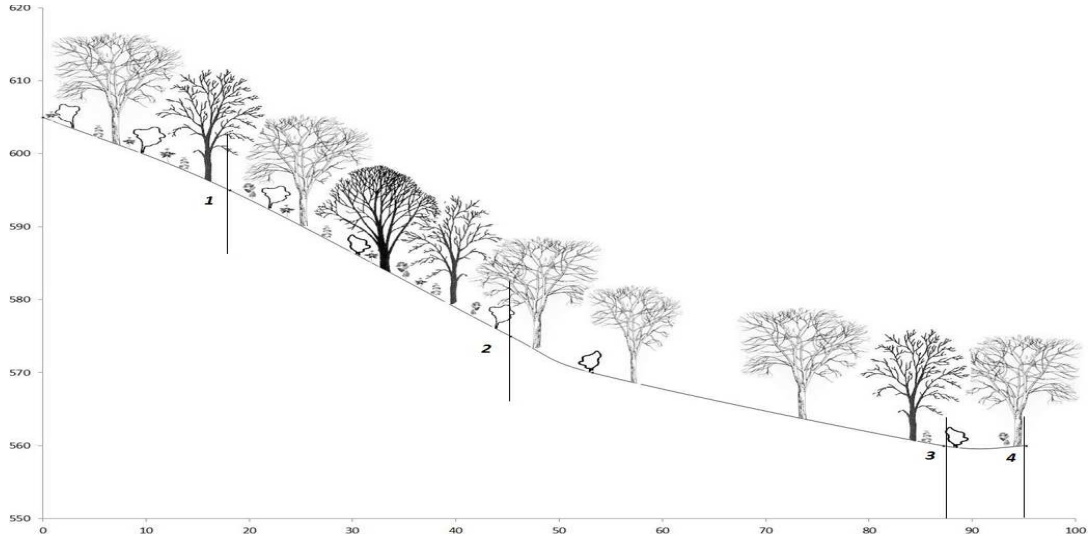


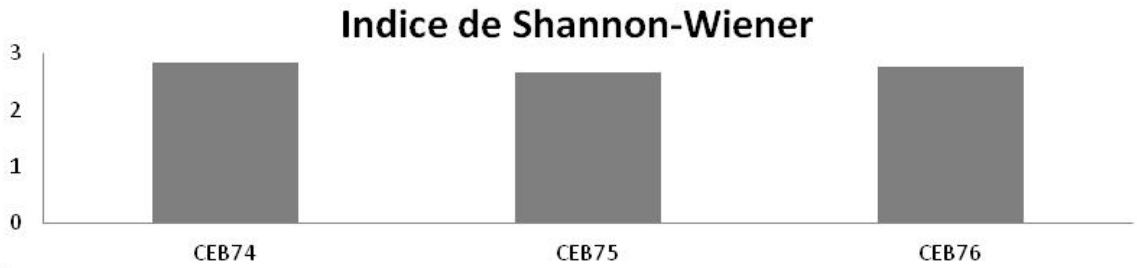


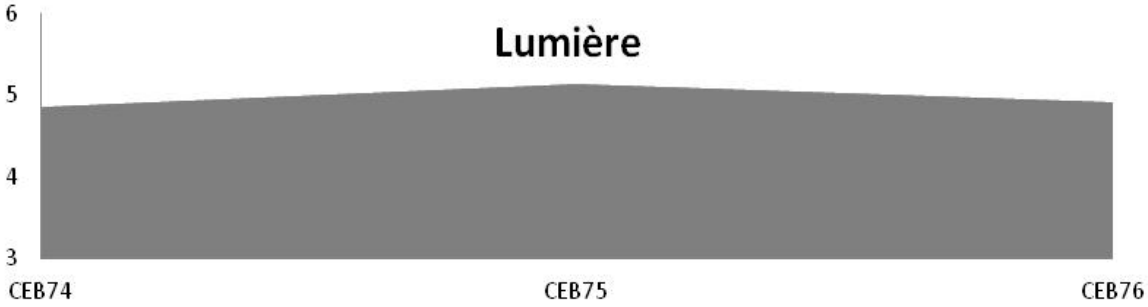


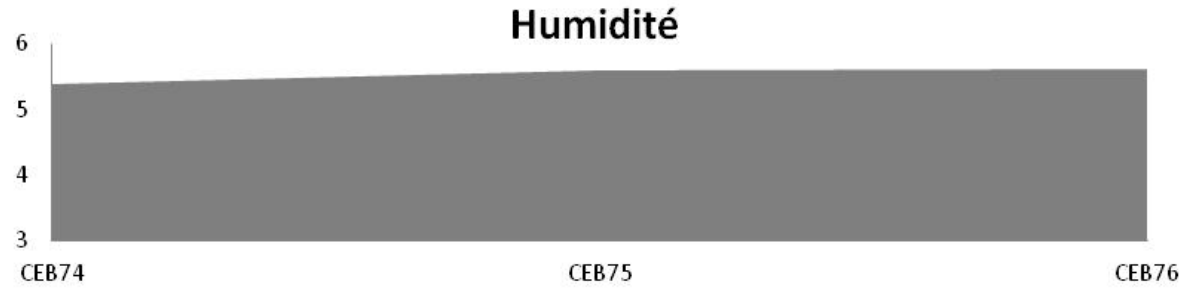


Variables écologiques du PSET des gorges de Royat (Bernard *et al.* 2013a)



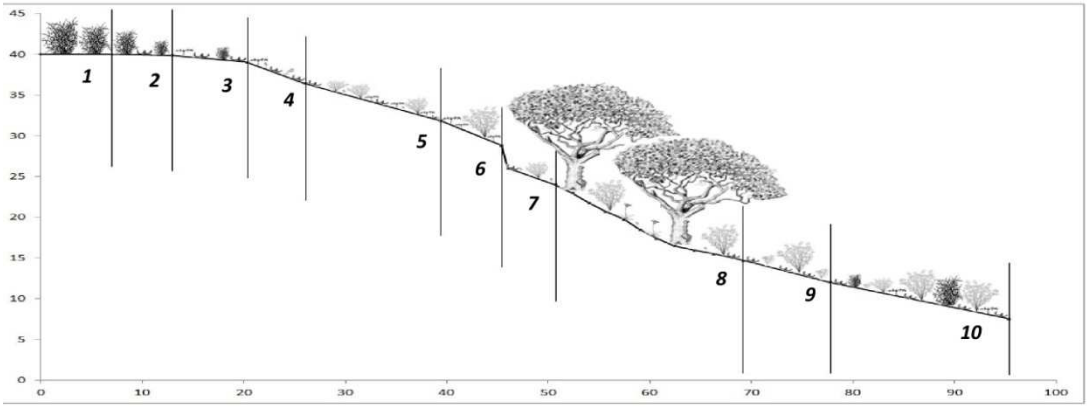


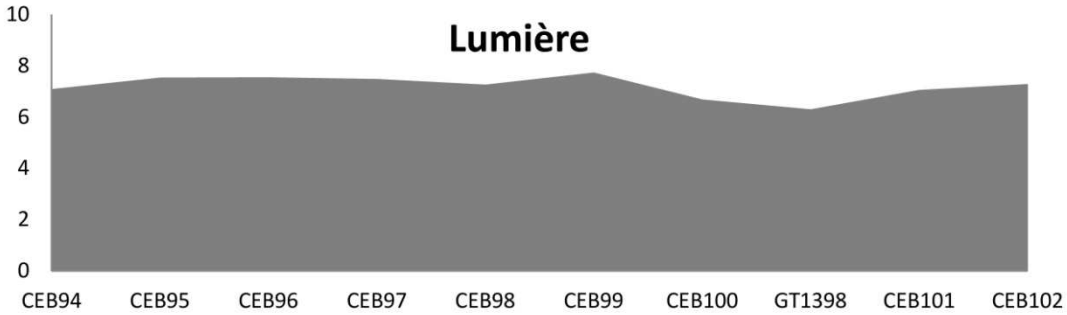


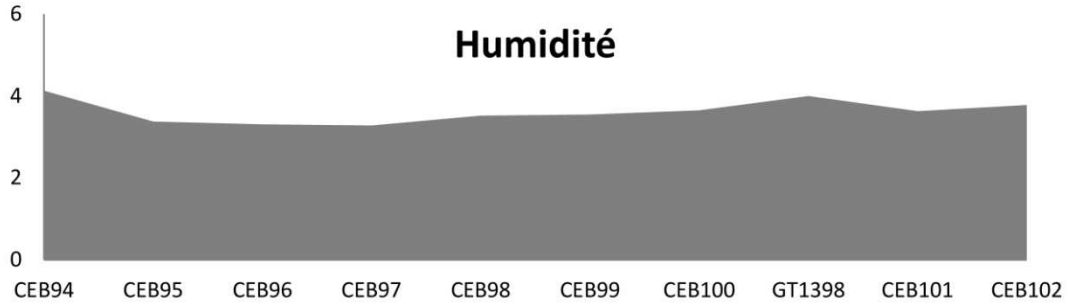


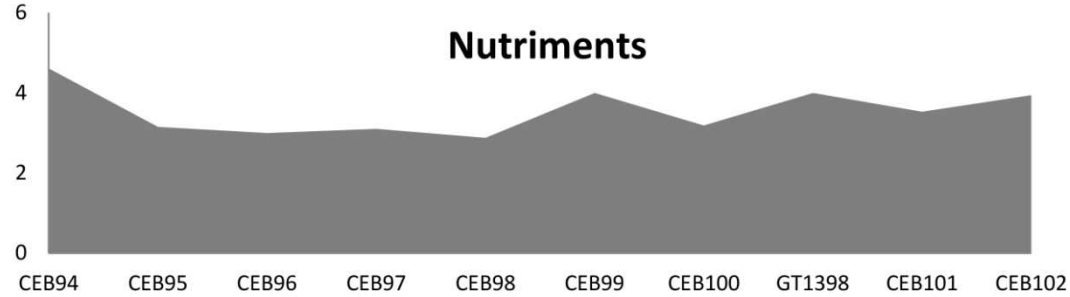


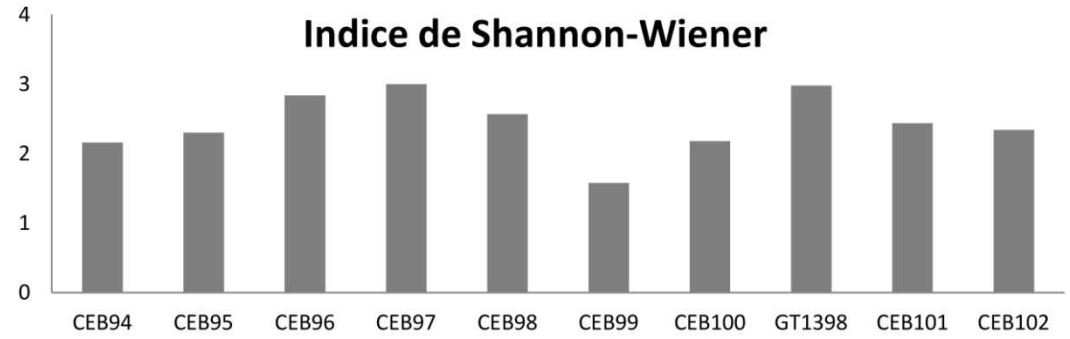
Variables écologiques du PSET du puy de Var (Bernard *et al.* 2013b)



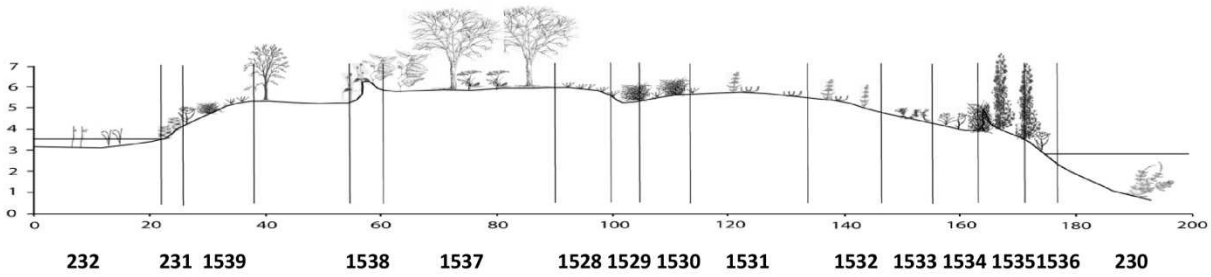


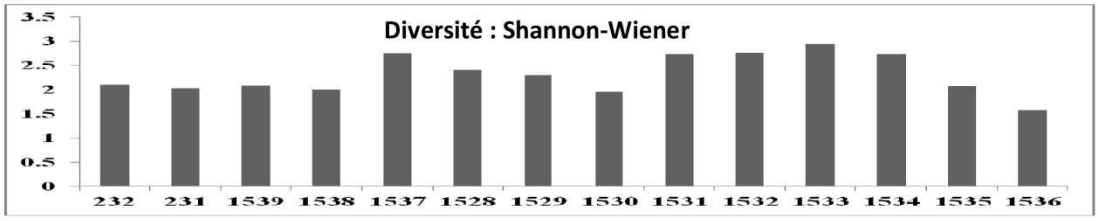


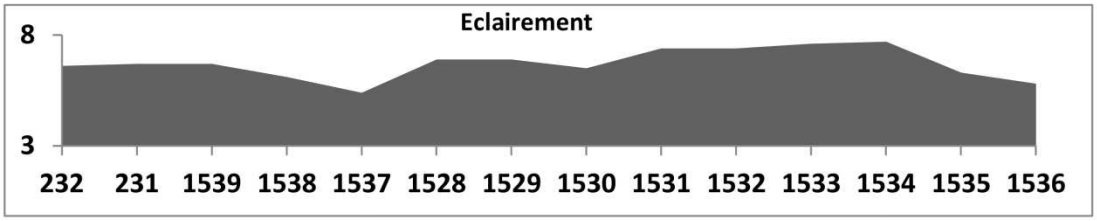


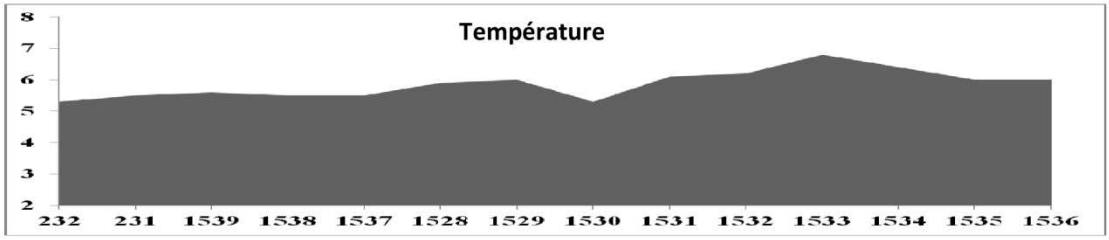


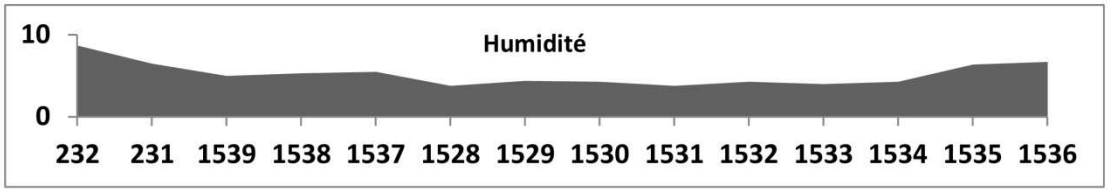
Variables écologiques du PSET des 'Boires" à Pont-du-Château (Thébaud *et al.* 2013b)

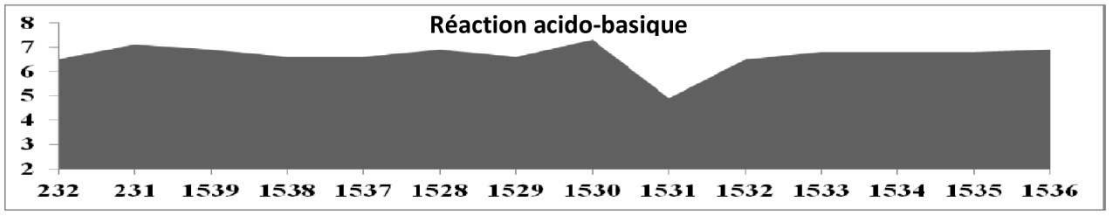


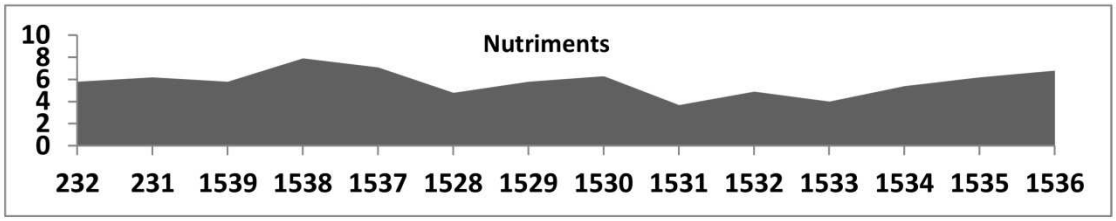












ANNEXE 9

Tableau récapitulatif des séries

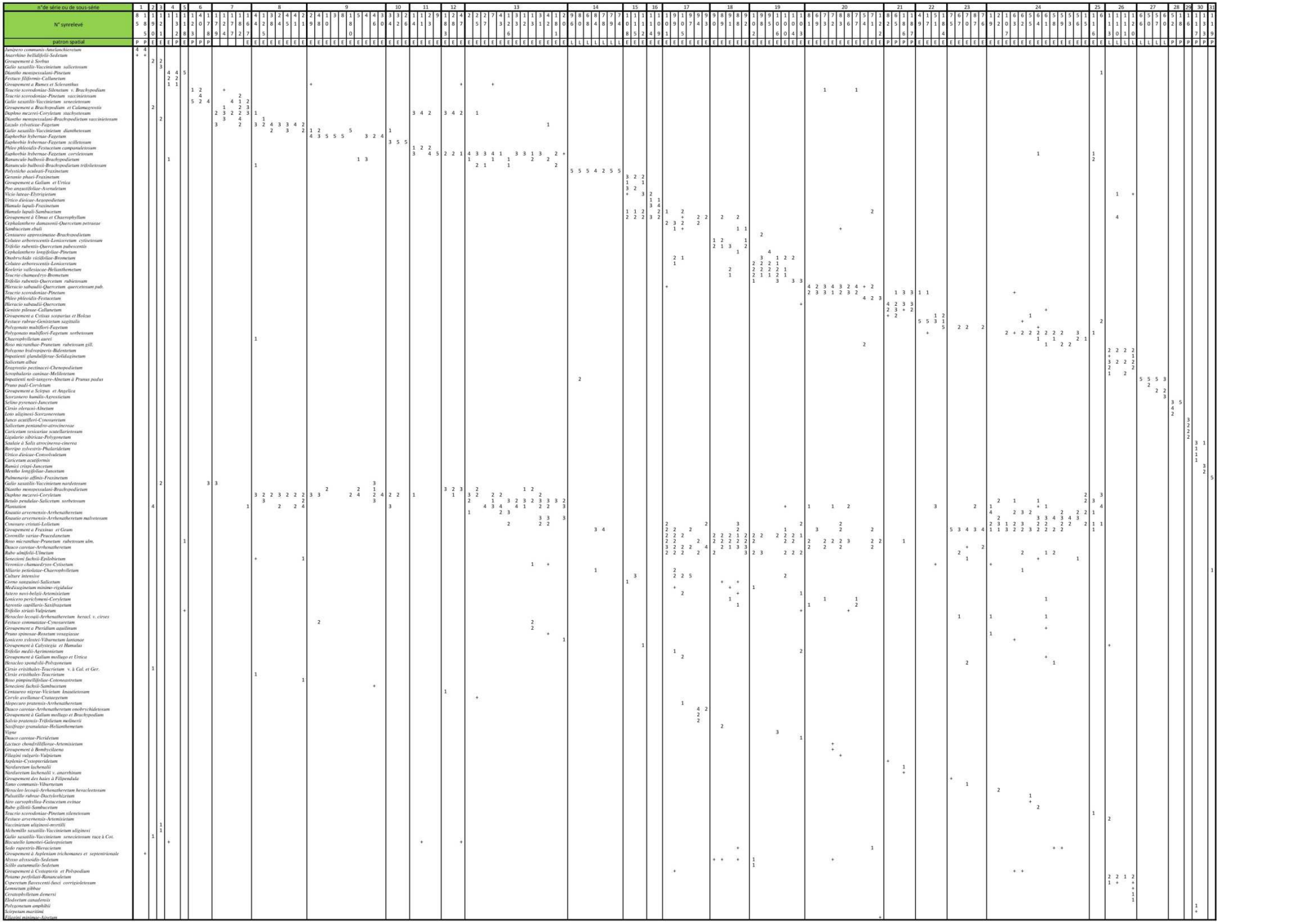
Code légende	Code	Nom français	Nom du sigmetum	Etagement de la végétation	Surface (ha)
Séries					
24	CD-QP	Série de la chênaie sessiliflore à Céphalanthère de Damas	*Cephalanthero damasonii-Querco petraeae sigmetum*	Planitiaire	8819
13	CO-AG	Série de l'aulnaie à Cirse potager	*Cirsio oleracei-Alno glutinosae sigmetum*	Submontagnard	9.62
10	DM-PS	Série de la pinède à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier	*Diantho monspessulani-Pino sylvestris sigmetum*	Montagnard	45.06
9	EH-FS-C	Série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier	*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae coryletosum avellanae sigmetum*	Submontagnard	6137.7
8	EH-FS-S	Série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Scille lis-Jacinthe	*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae scilletoso lilio-hyancinthi sigmetum*	Montagnard	305.34
7	EH-FS-T	Série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande	*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae typicum sigmetum*	Montagnard	864.35
15	G-cheire	Géosérie des cheires	Géosérie des cheires	Submontagnard	1237.53
29	GP-FE	Série de la frênaie à Géranium brun	*Geranio phaei-Fraxino excelsioris sigmetum*	Planitiaire	533.72
30	HL-FE	Série de la frênaie à Houblon	*Humulo lupuli-Fraxino excelsioris sigmetum*	Planitiaire	19.93
31	G-GP-FE	Géosérie de la Frênaie à Benoîte urbaine (ruisseaux)	*Geranio phaei-Fraxino excelsioris geosigmetum*	Planitiaire	
31a	G-GP-FE-AN	Géosérie de la Frênaie à Benoîte urbaine anthropisée (ruisseaux)		Planitiaire	
20	HS-QP	Série de la chênaie sessiliflore à Épervière de Savoie	*Hieracio sabaudii-Querco petraeae sigmetum*	Collinéen tempéré	51.37
19	HS-QP-P	Série de la chênaie sessiliflore et pubescente à Épervière de Savoie	*Hieracio sabaudii-Querco petraeae quercetoso pubescentis sigmetum*	Collinéen tempéré	864.9
14	IN-AG	Série de l'aulnaie à Balsamine ne-me-touchez-pas	*Impatiento noli-tangere-Alno glutinosae sigmetum*	Collinéen tempéré	205.46
14a	IN-AG-AN	Série de l'aulnaie à Balsamine ne-me-touchez-pas anthropisée		Collinéen tempéré	17.58
25	LM-QR-GN	Série de la chênaie pédonculée à Lis martagon et Géranium noueux	*Lilio matagonis-Querco robori geranietoso nodosi sigmetum*	Collinéen tempéré	3.07
5	LS-FS	Série de la hêtraie à Grande Luzule	*Luzulo sylvaticae-Fago sylvaticae sigmetum*	Montagnard	1055.22
27	OP-CB	Série de la charmaie à Ornithogale des Pyrénées	*Ornithogalo pyrenaei-Carpino betuli sigmetum*	Planitiaire	469.01
27a	OP-CB-AN	Série de la charmaie à Ornithogale des Pyrénées anthropisée		Planitiaire	17195.33
17	PA-FE	Série de la frênaie à Polystic à aiguillons	*Polysticho aculeati-Fraxino excelsioris sigmetum*	Collinéen tempéré	85.15
16	PM-FS	Série de la hêtraie à Sceau-de-Salomon multiflore	*Polygonato multiflori-Fago sylvaticae sigmetum*	Collinéen tempéré	1224.38
11	PM-FS-S	Série de la hêtraie à Sceau-de-Salomon multiflore et Alisier	*Polygonato multiflori-Fago sylvaticae sorbetoso ariae sigmetum*	Submontagnard	7769.6
26	PS-AP	Série de l'érablaie à Erable sycomore et Scolopendre	*Phyllitido scolopendri-Acero pseudoplatani sigmetum*	Collinéen tempéré	2.79
18	PUA-FE	Série de la frênaie à Pulmonaire affine	*Pulmonario affinis-Fraxino excelsioris sigmetum*	Collinéen tempéré	47.05
22	TR-QP	Série de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre	*Trifolio rubentis-Querco pubescentis sigmetum*	Collinéen thermophile	1448.66
23	TR-QP-R	Série de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre et Garance voyageuse	*Trifolio rubentis-Querco pubescentis rubietoso peregrinae sigmetum*	Collinéen thermophile	979.49

6	TS-PS-VM	Série de la pinède à Pin sylvestre, Germandrée scorodoine et Myrtille	*Teucrio scorodoniae-Pino sylvestris vaccinietoso myrtilli sigmetum*	Montagnard	6.68
32	SA	Série de la Saulaie blanche et rivière Allier	*Salico albae geosigmetum*	Planitiaire	417.35
Sous séries					
10a	DM-PS-CG	Sous série à Callune et Genêt poilu de la série à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier	*Diantho monspessulani-Pino sylvestris sigmetum Calluno vulgaris-Genisto pilosae sigmetosum*	Submontagnard	6.97
9a	EH-FS-C-DB	Sous série à Œillet de Montpellier et Brachypode penné de la série à Hêtre, Euphorbe d'Irlande et Noisetier	*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae coryletoso avellanae sigmetum Diantho monspessulani-Brachypodio pinnati sigmetosum*	Montagnard	237.85
9b	EH-FS-C-PF	Sous série à Fléole de Boehmer et Fétuque de Léman de la série à Hêtre, Euphorbe d'Irlande et Noisetier	*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae coryletoso avellanae sigmetum Phleo phleoidis-Festuco lemanii sigmetosum*	Submontagnard	175.08
5a	LS-FS-DBV	Sous série à Œillet de Montpellier, Brachypode penné et Myrtille de la série à Hêtre et grande Luzule	*Luzulo sylvaticae-Fago sylvaticae sigmetum Diantho monspessulani-Brachypodio pinnati vaccinietoso myrtilli sigmetosum*	Montagnard	91.54
11a	PM-FS-S-FG	Sous série à Fétuque rouge et Genêt à tiges ailées de la série de la série à Hêtre, Sceau-de-Salomon commun et Alisier	*Polygonato multiflori-Fago sylvaticae sorbetoso ariae sigmetum Festuco rubrae-Genisto sagittalis sigmetosum*	Submontagnard	445.49
Curtaséries					
21	JC-AO	Curtasérie à Genévrier et Amélanchier	*Junipero communis-Amelanchiero ovalis curtosigmetum*	Collinéen tempéré	
1a	MSSA	Manteau à sorbiers et saules variante d'adret	Manteau à sorbiers et saules variante d'adret	Subalpin	9.94
1	MSSU	Manteau à sorbiers et saules variante d'ubac	Manteau à sorbiers et saules variante d'ubac	Subalpin	49.32
12	SPA	Curtasérie à saules à cinq étamines et roux	*Salico pentandrae-atrocinereae curtosigmetum*	Submontagnard	2
28	SRC	Curtasérie à saules roux et cendrés	Curtasérie à saules roux et cendrés	Collinéen tempéré	13.63
Permaséries					
	AA-SA	Permasérie à Alysson à calices persistants et Orpin blanc	*Alysso alyssoides-Sedo albi permasigmetum*	Collinéen thermophile	
	AS-AN	Pemasérie à Doradille du Nord et Asplénium noir	*Asplenio septentrionali-Adianti nigri permasigmetum*	Collinéen à submontagnard	
3	AS-VU	Permasérie à Alchémille des rochers et Airelle des marais	*Alchemillo saxatilis-Vaccinio uliginosi permasigmetum*	Subalpin	4.76
	BL-GS	Permasérie à Biscutelle de Lamotte et Galéopsis des champs	*Biscutello lamottei-Galeopsio segeti permasigmetum*	Collinéen à montagnard	
	CD	Permasérie à Cératophylle immergé	*Ceratophyllo demersi permasigmetum*	Planitiaire	
	CF-PV	Permasérie à Capillaire fragile et Polypode commun	*Cystoptero fragilis-Polypodio vulgare permasigmetum*	Collinéen à submontagnard	
	CH-MA	Permasérie à Callitriche à crochets et Myriophylle à fleurs alternes	*Callitricho hamulatae-Myriophyllo alterniflori permasigmetum*	Collinéen à submontagnard	
	CH-RP	Permasérie à Callitriche à crochets et Renoncule à pinceau	*Callitricho hamulatae-Ranunculo penicillati permasigmetum*	Collinéen	
	CV	Permasérie à Chara vulgaire	*Charo vulgaris permasigmetum*	Planitiaire	
	EC	Permasérie à Élodée du Canada	*Elodeo canadensis permasigmetum*	Planitiaire	
	FM-AP	Permasérie à Cotonnière naine et	*Filagini minimae-Airo praecocis*	Collinéen à	

		Canche précoce	*permasigmetum*	montagnard	
	GF	Permasérie à Glycérie flottante	*Glycerio fluitantis permasigmetum*		
	GP-CR	Permasérie à Gaillet des marais et Laiche à ampoules	*Galio palustris-Carico rostratae permasigmetum*	Submontagnard à montagnard	
	GS-VM-SE-C	Permasérie à Gaillet des rochers, Myrtille et Séneçon à feuilles d'adonis	*Galio saxatilis-Vaccinio myrtilly senecietoso adonidifolii v. cotoneaster integerrimus permasigmetum*	Subalpin	
4	HS-CA	Permasérie à Berce commune et Calamagrostide faux roseau	*Heracleo sphondylii-Calamagrostio arundinaceae permasigmetum*	Subalpin	14.76
	LS-CA	Permasérie à grande Luzule et Calamagrostide faux roseau	*Luzulo sylvaticae-Calamagrostio arundinacea permasigmetum*	Subalpin	
	POA	Permasérie à Renouée amphibie	*Polygono amphibii permasigmetum*	Planitiaire à montagnard	
	PP-RF	Permasérie à Potamot perfoliées et Renoncule flottante	*Potamo perfoliati-Ranunculo fluitantis permasigmetum*	Planitiaire à collinéen	
	P-ZP	Permasérie à Potamot nain et Zannichellie des marais	*Parvopotamo-Zannichellio palustis permasigmetum*	Planitiaire	
	SA-SA	Permasérie à Scille d'automne et Orpin blanc	*Scillo autumnalis-Sedo albi permasigmetumi*	Collinéen thermophile	
	SM	Permasérie à Scirpe maritime	*Scirpetum maritimi permasigmetum*		
	SR-HP	Permasérie à Orpin des rochers et Piloselle	*Sedo rupestris-Hieracio pilosella permasigmetum*	Collinéen tempéré	
2	VUM	Permasérie à Airelles des marais et Myrtille	*Vaccinio uliginosi-myrtilli permasigmetum*	Subalpin	14.47
Théroséries					
	CF	Thérosérie à Souchet jaunâtre	*Cypero flavescenti therosigmetum*	Planitiaire	
	LG	Permasérie à Lentille d'eau bossue	*Lemno gibbae permasigmetum*	Planitiaire	
	LM	Permasérie à petite Lentille d'eau	*Lemno minoris permasigmetum*	Planitiaire à Submontagnard	
	PH-BT	Thérosérie à Renouée poivre d'eau et bident tripartite	*Polygono hydropiperis-Bidento tripartitae therosigmetum*	Planitiaire	

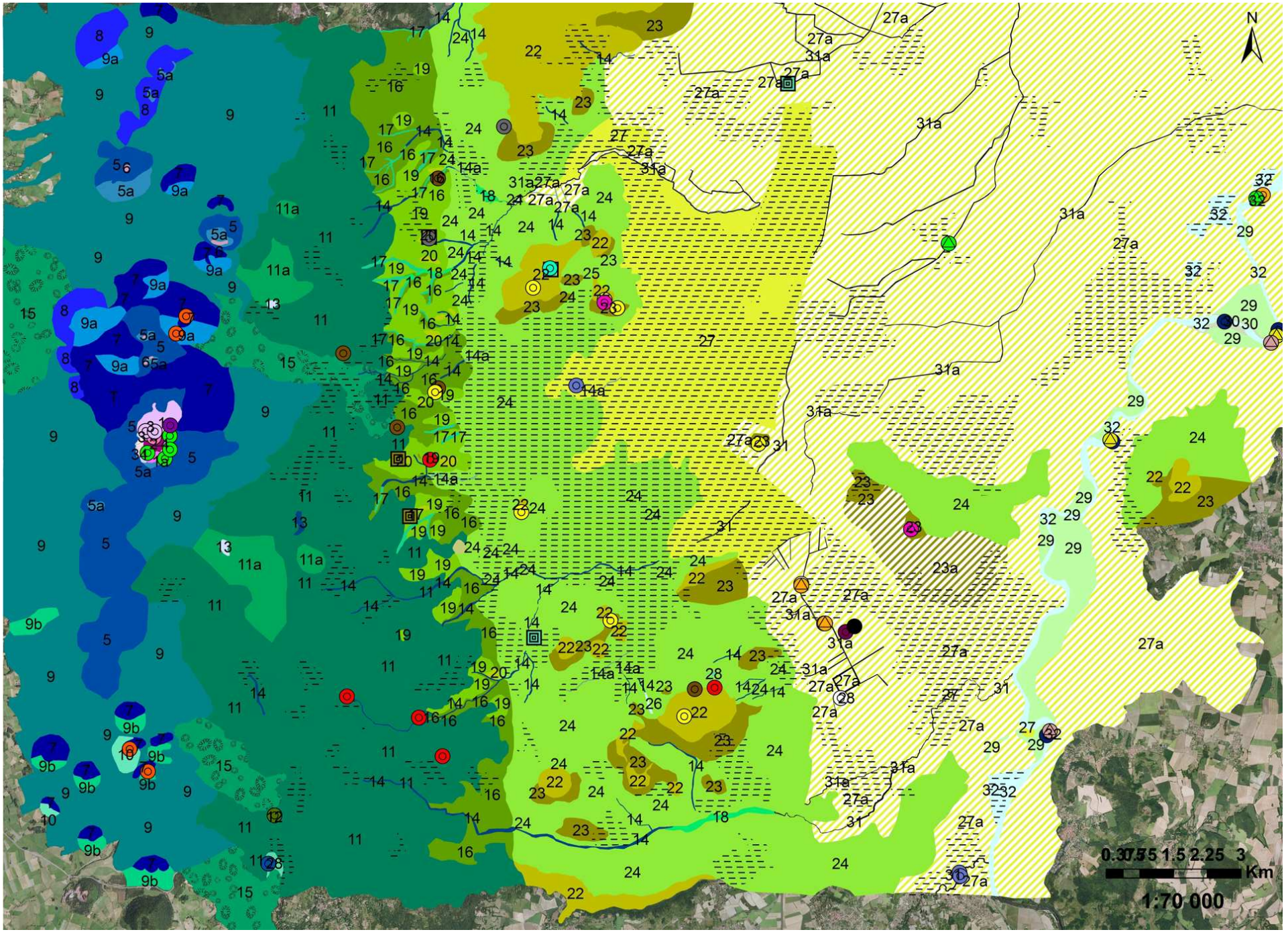
ANNEXE 10

Tableau symphytosociologique


n°de série ou de sous-série
N° synrelevé
patron spatial
Junipero communis-Amelanchieretum
Anarrhino bellidifolii-Sedetum
Groupement à Sorbus
Galio saxatilis-Vaccinietum salicetosum
Diantho monspessulani-Pinetum
Festuco filiformis-Callunetum
Groupement a Rumex et Scleranthus
Teucrio scorodoniae-Silenetum v. Brachypodium
Teucrio scorodoniae-Pinetum vaccinietosum
Galio saxatilis-Vaccinietum senecietosum
Groupement a Brachypodium et Calamagrostis
Daphno mezerei-Coryletum stachyetosum
Diantho monspessulani-Brachypodietum succinietosum
Luzulo sylvaticae-Fagetum
Galio saxatilis-Vaccinietum dianthetosum
Euphorbio hybernae-Fagetum
Euphorbio hybernae-Fagetum scilletosum
Phleo phleoidis-Festucetum campanuletosum
Euphorbio hybernae-Fagetum coryletosum
Ranunculo bulbosi-Brachypodietum
Ranunculo bulbosi-Brachypodietum trifolietosum
Polystichо aculeati-Fraxinetum
Geranio phaei-Fraxinetum
Groupement a Galium et Urtica
Poo anuae-Aceretum
Vicio lateae-Elytrigietum
Urtico dioicae-Aegopodietum
Humulo lupuli-Fraxinetum
Humulo lupuli-Sambucetum
Groupement à Ulmus et Chaerophyllum
Cephalanthero damasonii-Quercetum petraeae
Sambucetum ebuli
Centaureo approximatae-Brachypodietum
Colutео arborescentis-Lonicеretum cytisetosum
Trifolio rubentis-Quercetum pubescentis
Cephalanthero longifoliae-Pinetum
Onobrychido viciifoliae-Brometum
Colutео arborescentis-Lonicеretum
Koelerio vallesiacae-Helianthemetum
Teucrio chamaedrys-Brometum
Trifolio rubentis-Quercetum rubietosum
Hieracio sabaudii-Quercetum quercetosum pub.
Teucrio scorodoniae-Pinetum
Phleo phleoidis-Festucetum
Hieracio sabaudii-Quercetum
Genisto pilosae-Callunetum
Groupement à Cytisus scoparius et Helcus
Festuco rubrae-Genistetum sagittalis
Polygonato multiflori-Fagetum
Polygonato multiflori-Fagetum sorbetosum
Chaerophylletum aurei
Rosо micranthae-Prunetum rubetosum gill.
Polygono bidrunipteris-Buletetum
Impatienti glandulliferae-Solidaginetum
Salicetum albae
Eragrostio pectinacei-Chenopodietum
Scrophulario caninae-Melilotetum
Impatienti noli-tangere-Alnetum à Prunus padus
Prunо padi-Coryletum
Groupement a Scirpus et Angelica
Scorzonero humilis-Agrostietum
Selino pyrenaei-Juncetum
Cirsio oleracei-Alnetum
Lolio alopecoi-Scorzonereetum
Juncо acutiflori-Cynosuretum
Salicetum pentandro-atrocinereae
Caricetum vesicariae scutellarietosum
Ligulario sibiricae-Polygonetum
Saulaie à Salix atrocinerea-cinerea
Rorripe sylvestris-Phalaridetum
Urtico dioicae-Convolvuletum
Caricetum acutiformis
Rumici crispi-Juncetum
Mentho longifoliae-Juncetum
Pulmonario affinis-Fraxinetum
Galio saxatilis-Vaccinietum nardetosum
Diantho monspessulani-Brachypodietum
Daphno mezerei-Coryletum
Betulo pendulae-Salicetum sorbetosum
Plantation
Knautio arvernensis-Arrhenatheretum
Knautio arvernensis-Arrhenatheretum malvetosum
Cynosuro cristati-Lolietum
Groupement a Fraxinus et Geum
Coronillo variae-Peucedanetum
Rosо micranthae-Prunetum rubetosum ulm.
Daucо carotae-Arrhenatheretum
Rubo ulmifolii-Ulmetum
Senecioni fuchsii-Epilobietum
Veronico chamaedryos-Cytisetum
Alliario petiolatae-Chaerophylletum
Culture intensive
Corno sanguineі-Salicetum
Medicagineto minimo-rigidulae
Astero novi-belgii-Artemisietum
Lonicero periclymeni-Coryletum
Agrostio capillaris-Sazifragetum
Trifolio striati-Vulpietum
Heracleo lecoqii-Arrhenatheretum heracl. v. cirses
Festuco commutatae-Cynosuretum
Groupement a Pteridium aquilinum
Prunо spinosae-Rosetum vosagiacae
Lonicero xylosteі-Viburnetum lantanae
Groupement à Calystegia et Humulus
Trifolio medii-Agrimonietum
Groupement à Galium mollugo et Urtica
Heracleo spondylii-Polygonetum
Cirsio eriithales-Teucrietum v. à Cal. et Ger.
Cirsio eriithales-Teucrietum
Rosо gimpinellifoliae-Cotoneastretum
Senecioni fuchsii-Sambucetum
Centaureo nigrae-Vicietum linaletosum
Corylo avellanae-Crataegetum
Mesocaro pratensis-Arrhenatheretum
Daucо carotae-Arrhenatheretum onobrychidetosum
Groupement à Galium mollugo et Brachypodium
Salvio pratensis-Trifolietum medioeri
Saxifrago granulatae-Helianthemetum
Vigne
Daucо carotae-Picridetum
Lactuco chondrilliflorae-Artemisietum
Groupement à Bombycilaena
Filagini vulgaris-Vulpietum
Asplenio-Cystopteridetum
Nardaretum lachenalii
Nardaretum lachenalii v. anarrhinum
Groupement des haies à Filipendula
Tamo communis-Viburnetum
Heracleo lecoqii-Arrhenatheretum heracleetosum
Paliuretо ruborae-Dactylorhizietum
Stipo carsophyllea-Festucetum ovinae
Rubo gillotii-Sambucetum
Teucrio scorodoniae-Pinetum silenetosum
Festuco arvernensis-Artemisietum
Vaccinietum uliginosi-myrtilli
Sileno vulgaris-Vaccinietum uliginosi
Galio saxatilis-Vaccinietum senecietosum race à Cot.
Biscutello lamottei-Galeopsietum
Sedo rupestris-Hieracietum
Groupement à Asplenium trichomanes et septentrionale
Myoso alyssoidis-Sedetum
Sileno autumnalis-Sedetum
Groupement à Cystopteris et Polypodium
Potamo perfoliati-Ranunculetum
Cynosurum flavescenti-fusci corrigioletosum
Lemnetum gibbae
Ceratophylletum demersi
Elodeetum canadensis
Polygonetum amphibii
Scirpetum maritimi
Filagini minimae-Airetum

ANNEXE 11

Cartographie des séries résultant de l'analyse des végétations actuelles


N
0.375 0 1.5 2.25 3
Km
1:70 000

Légende de la carte des séries résultant de l'analyse des végétations actuelles

Etage subalpin, sommet du puy de Dôme

Séries climatophiles

- 1 MSSU, curtasérie du manteau à sorbiers et saules variante d'ubac
- 1a MSSA, curtasérie du manteau à sorbiers et saules variante d'adret
- 2 VUM, permasérie de la vacciniaie à Airelle des marais et Myrtille (*Vaccinio uliginosi-myrtilli permasigmetum*)
- 4 HS-CA, permasérie de la calamagrostidaie à Berce commune (*Heracleo sphondylii-Calamagrostio arundinaceae permasigmetum*)
- LS-CA, permasérie de la calamagrostidaie à grande Luzule (*Luzulo sylvaticae-Calamagrostio arundinacea permasigmetum*)

Séries édaphoxérophiles

- 3 AS-VU, permasérie de la vacciniaie à Alchémille des rochers et Airelle des marais (*Alchemillo saxatilis-Vaccinio uliginosi permasigmetum*)
- GS-VM-SE-C, permasérie de la lande à Gaillet des rochers, Myrtille, Séneçon à feuilles d'adonis et Cotoneaster (*Galio saxatilis-Vaccinio myrtilly senecietoso adonidifolii v. cotoneaster integerrimus permasigmetum*)

Etage montagnard, chaîne des Puys

Séries climatophiles

- 5 LS-FS, série des dômes trachytique de la hêtraie à grande Luzule (*Luzulo sylvaticae-Fago sylvaticae sigmetum*)
- 5a LS-FS-DBV, sous-série d'adret des dômes à Œillet de Montpellier, Brachypode penné et Myrtille (*Luzulo sylvaticae-Fago sylvaticae sigmetum Diantho monspessulani-Brachypodio pinnati vaccinietoso myrtilli sigmetosum*)
- 7 EH-FS-T, série subatlantique d'ubac des cônes basaltiques de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande (Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae typicum sigmetum)
- 8 EH-FS-S, série atlantique nord occidentale des cônes basaltiques de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Scille lis-jacinthe (*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae scilletoso lilio-hyancinthi sigmetum*)
- 9 EH-FS-C, série submontagarde du plateau de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier (*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae coryletosum avellanae sigmetum*)
- 9a EH-FS-C-DB, sous-série d'adret des cônes de la partie centrale à Œillet de Montpellier et Brachypode penné (*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae coryletoso avellanae sigmetum Diantho monspessulani-Brachypodio pinnati sigmetosum*)

Séries édaphoxérophiles

- 9b EH-FS-C-PF, sous-série des cônes de la partie sud à Fléole de Boehmer et Fétuque de Léman (*Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae coryletoso avellanae sigmetum Phleo phleoidis-Festuco lemanii sigmetosum*)
- 6 TS-PS-VM, série sur rochers trachytiques de la pinède sylvestre, Germandrée scorodoine et Myrtille (*Teucrio scorodoniae-Pino sylvestris vaccinietoso myrtilli sigmetum*)
- 10 DM-PS, série sur scories de la pinède sylvestre à Œillet de Montpellier (*Diantho monspessulani-Pino sylvestris sigmetum*)
- BL-GS, permasérie sur éboulis de scories à Biscutelle de Lamotte et Galéopsis des champs (*Biscutello lamottei-Galeopsio segeti permasigmetum*)

Etage submontagnard, plateau cristallin

Séries climatophiles

- 11 PM-FS-S, série de la hêtraie à Sceau-de-Salomon multiflore et Alisier (*Polygonato mutiflori-Fago sylvaticae sorbetoso ariae sigmetum*)
- 11a PM-FS-S-FG, sous-série xérocline des sommets du plateau à Fétuque rouge et Genêt à tiges ailées (*Polygonato multiflori-Fago sylvaticae sorbetoso ariae sigmetum Festuco rubrae-Genisto sagittelis sigmetosum*)

Séries édaphohygrophiles ou hydrophiles

- 13 CO-AG, série des dépressions marécageuses de l'aulnaie à Cirse potager (*Cirsio oleracei-Alno glutinosae sigmetum*)
- 12 SPA, curtasérie turficole à saules à cinq étamines et roux (*Salico pentandrae-atrocinereae curtasigmetum*)
- GP-CR, permasérie de la cariçaie à Gaillet des marais et Laiche à ampoules (*Galio palustris-Carico rostratae permasigmetum*)
- POA, permasérie hydrophile lentique à Renouée amphibie (*Polygono amphibii permasigmetum*)

Séries des cheires

- 15 G-cheires, séries regroupées en géosérie submontagnarde des cheires (EH-FS-C/DM-PS/PM-FS-S/HS-QP/EH-FS-C-PF/PM-FS-FG)

Etage collinéen tempéré, rebord cristallin

Séries climatophiles

- 19 HS-QP-P, série d'adret de la chênaie sessiliflore et pubescente à Épervière de Savoie (*Hieracio sabaudii-Querco petraeae quercetoso pubescentis sigmetum*)
- 16 PM-FS, série d'ubac de la hêtraie à Sceau-de-Salomon multiflore (*Polygonato multiflori-Fago sylvaticae sigmetum*)
- 18 PUA-FE, série des talwegs de la frênaie à Pulmonaire affine (*Pulmonario affinis-Fraxino excelsioris sigmetum*)

Série topoaérohygrophile

- 17 PA-FE, série de ravin des gorges cofinées de la frênaie à Polystic à aiguillons (*Polysticho aculeati-Fraxino excelsioris sigmetum*)

Séries édaphoxérophiles

- 10a DM-PS-CG, sous-série du puy de Grave Noire à Callune et Genêt poilu de la série à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier, (*Diantho monspessulani-Pino sylvestris sigmetum Calluno vulgaris-Genisto pilosae sigmetosum*)
- 20 HS-QP, série d'adret des sols squelettiques de la chênaie sessiliflore à Épervière de Savoie (*Hieracio sabaudii-Querco petraeae sigmetum*)
- 21 JC-AO, curtasérie d'adret des rochers à Genévrier et Amélanchier (*Junipero communis-Amelanchiero ovalis curtasigmetum*)
- SR-HP, permasérie sur lithosol à Orpin des rochers et Piloselle (*Sedo rupestris-Hieracio pilosella permasigmetum*)
- AS-AN, pemasérie chasmophytique héliophile à Doradille du Nord et Asplénium noir (*Asplenio septentrionali-Adianti nigri permasigmetum*)
- CF-PV, permasérie chasmophytique sciaphile à Capillaire fragile et Polypode commun (*Cystoptero fragilis-Polypodio vulgare permasigmetum*)

Séries édaphohygrophiles

- 14 IN-AG, série rivulaire de l'aulnaie à Balsamine ne-me-touchez-pas (*Impatiento noli-tangere-Alno glutinosae sigmetum*)
- 14a IN-AG-AN, série rivulaire anthropisée de l'aulnaie à Balsamine ne-me-touchez-pas

Etage collinéen thermophile, coteaux de Limagne

Séries climatophiles

- 22 TR-QP, série des plateaux basaltiques de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre (*Trifolio rubentis-Querco pubescentis sigmetum*)
- 23 TR-QP-R, série des pentes marno-calcaires d'adret de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre et Garance voyageuse (*Trifolio rubentis-Querco pubescentis rubietoso peregrinae sigmetum*)
- 23a TR-QP-R-C, série anthropisée de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre et Garance voyageuse
- 24 CD-QP, série d'ubac et des bas versants marno-calcaires de la chênaie sessiliflore à Céphalanthère de Damas (*Cephalanthero damasonii-Querco petraeae sigmetum*)
- 25 LM-QR-GN, série marno-calcaire de la chênaie pédonculée à Lis martagon et Géranium noueux (Est de Chanturgue) (*Lilio matagonis-Querco robori geranietoso nodosi sigmetum*)

Série topoaérohygrophile

- 26 PS-AP, série de ravin de l'érablaie à Erable sycomore et Scolopendre (Gergovie nord) (*Phyllitido scolopendri-Acero pseudoplatani sigmetum*)

Séries édaphohygrophiles

- 16 SRC, curtasérie à saules roux et cendrés
- GF, permasérie à Glycérie flottante (*Glycerio fluitantis permasigmetum*)

Séries édaphoxérophiles

- AA-SA, permasérie sur lithosol à Alysson à calices persistants et Orpin blanc (*Alysso alyssoides-Sedo albi permasigmetum*)
- SA-SA, permasérie sur lithosol à Scille d'automne et Orpin blanc (*Scillo autumnalis-Sedo albi permasigmetum*)

Etage planitiaire, plaine de la Limagne

Série climatophile

- 27 OP-CB, série de la charmaie à Ornithogale des Pyrénées (*Ornithogalo pyrenaei-Carpino betuli sigmetum*)
- 27a OP-CB-C, série de la charmaie à Ornithogale des Pyrénées anthropisée

Séries édaphohygrophiles ou hydrophiles

- 31 GP-FE, série des ruisseaux de Limagne (*Geranio phaei-Fraxino excelsioris sigmetum*)
- 31a GP-FE-AN, série des ruisseaux de Limagne anthropisée
- SM, permasérie à Scirpe maritime (*Scirpetum maritimi permasigmetum*)
- P-ZP, permasérie hydrophile lentique à Potamot nain et Zannichellie des marais (*Parvopotamo-Zannichellio palustis permasigmetum*)
- CV, permasérie hydrophile lentique à Chara vulgaire (*Charo vulgaris permasigmetum*)
- CH-RP, permasérie hydrophile lotique à Callitriche à crochets et Renoncule à pinceau (*Callitricho hamulatae-Ranunculo penicillati permasigmetum*)
- LM, thérosérie hydrophile lentique à petite Lentille d'eau (*Lemno minoris therosigmetum*)

Etage planitiaire, vallée alluviale de l'Allier

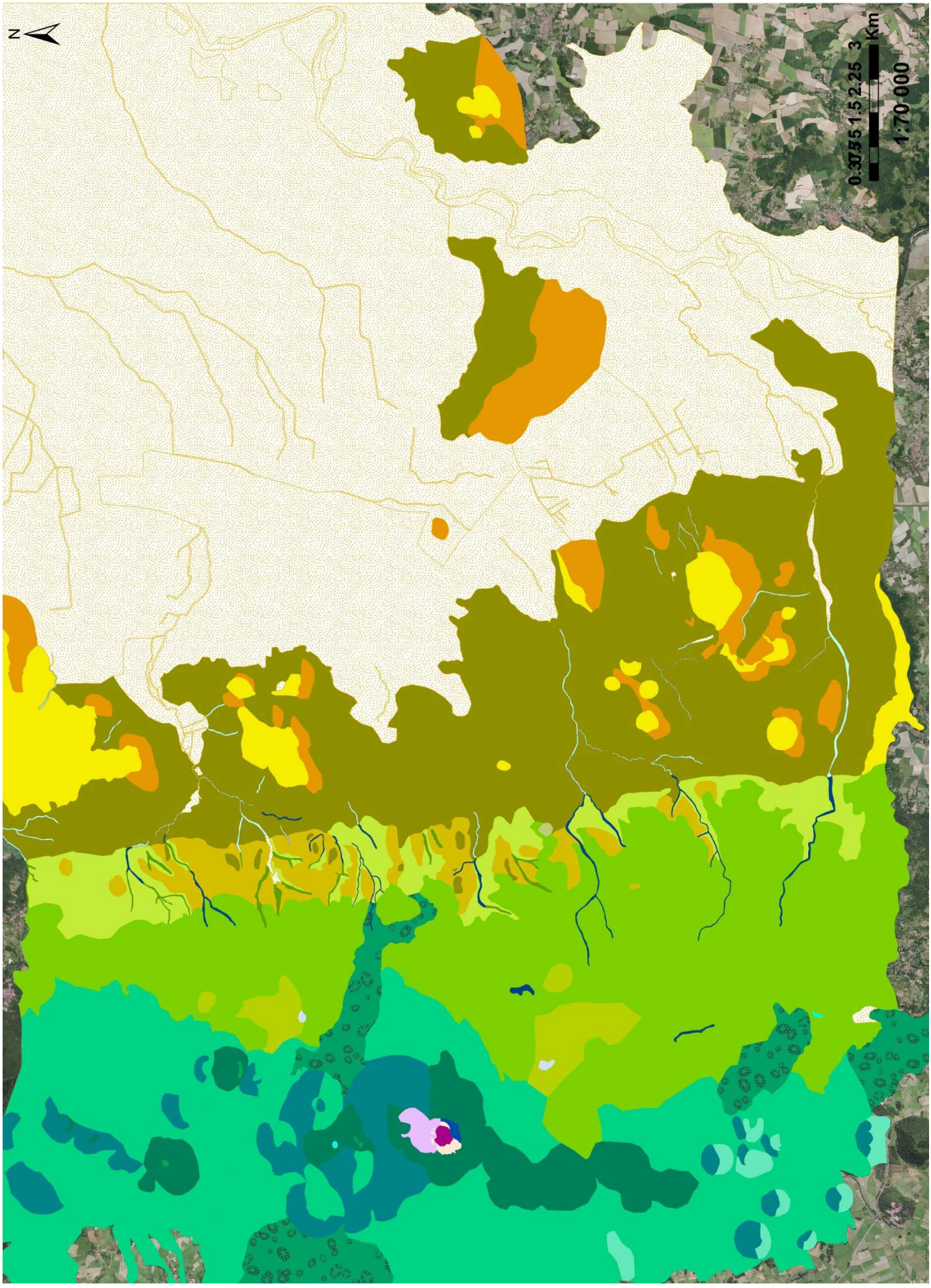
Séries édaphohygrophiles ou hydrophiles

- 29 GP-FE, série du lit majeur de la frênaie à Géranium brun (*Geranio phaei-Fraxino excelsioris sigmetum*)
- 30 HL-FE, série en limite entre lit majeur et lit apparent de la frênaie à Houblon (*Humulo lupuli-Fraxineto excelsioris sigmetum*)
- 32 SA, série du lit apparent de la Saulaie blanche et rivère Allier (*Salico albae sigmetum*)
- CD, permasérie hydrophile lentique à Cératophylle immergé (*Ceratophyllo demersi permasigmetum*)
- EC, permasérie hydrophile lentique à Élodée du Canada (*Elodeo canadensis permasigmetum*)
- PP-RF, permasérie hydrophile lotique à Potamot perfoliées et Renoncule flottante (*Potamo perfoliati-Ranunculo fluitantis permasigmetum*)
- PH-BT, thérosérie à Renouée poivre d'eau et bident tripartite (*Polygono hydropiperis-Bidento tripartitae therosigmetum*)
- CF, thérosérie à Souchet jaunâtre (*Cypero flavescenti therosigmetum*)
- LG, thérosérie hydrophile lentique à Lentille d'eau bossue (*Lemno gibbae therosigmetum*)

Zones urbanisées

ANNEXE 12

Cartographie des séries hypothétiques résultant du changement climatique global


N
0 0.375 1.5 2.25 3 Km
1:70 000

Légende de la carte des séries hypothétiques résultant du changement climatique global

Etage subalpin, sommet du puy de Dôme

- Permasérie à Airelle des marais et Myrtille, Vaccinio uliginosi-myrtilli permasigmetum
- Permasérie à Alchémille des rochers et Airelle des marais, Alchemillo saxatilis-Vaccinio uliginosi permasigmetum
- Manteau à sorbiers et saules variante d'ubac, Manteau à sorbiers et saules variante d'ubac

Etage montagnard, sommet du puy de Dôme

- Série de la hêtraie à Grande Luzule, Luzulo sylvaticae-Fago sylvaticae sigmetum

Etage submontagnard, chaîne des Puys

- Série de la hêtraie à Euphorbe d'Irlande et Noisetier, Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae coryletosum avellanae sigmetum
- Série de la hêtraie à Sceau-de-Salomon multiflore et Alisier, Polygonato multiflori-Fago sylvaticae sorbetoso ariae sigmetum
- Sous série à Fétuque rouge et Genêt à tiges ailées de la série de la série à Hêtre Sceau-de-Salomon commun et Alisier
- Série de la pinède à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier, Diantho monspessulani-Pino sylvestris sigmetum
- Sous série à Fléole de Boehmer et Fétuque de Léman de la série à Hêtre Euphorbe d'Irlande et Noisetier, Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae coryletoso avellanae sigmetum Phleo phleoidis-Festuco lemanii sigmetosum

Etage collinéen tempéré, plateau cristallin

- Série de la chênaie sessiliflore et pubescente à Épervière de Savoie, Hieracio sabaudii-Querco petraeae quercetoso pubescentis sigmetum
- Série de la chênaie sessiliflore à Épervière de Savoie, Hieracio sabaudii-Querco petraeae sigmetum
- Géosérie submontagnarde des cheires,
- Curtasérie à saules à cinq étamines et roux, Salico pentandrae-atrocinereae curtosigmetum
- Série de l'aulnaie à Cirse potager, Cirsio oleracei-Alno glutinosae sigmetum
- Série de l'aulnaie à Balsamine ne-me-touchez-pas, Impatiento noli-tangere-Alno glutinosae sigmetum

Etage collinéen thermophile, gorges cristallines

- Chênaie pubescente sur socle cristallin,
- Curtasérie à Genévrier et Amélanchier, Junipero communis-Amelanchiero ovalis curtosigmetum
- Sous série à Callune et Genêt poilu de la série à Pin sylvestre et Œillet de Montpellier, Diantho monspessulani-Pino sylvestris sigmetum Calluno vulgaris-Genisto pilosae sigmetosum
- Série de la hêtraie à Sceau-de-Salomon multiflore, Polygonato multiflori-Fago sylvaticae sigmetum
- Série de la chênaie sessiliflore à Grande Luzule, Luzulo sylvaticae-Querco petraea sigmetum

Etage infèrieur thermophile continental sec, coteaux de Limagne

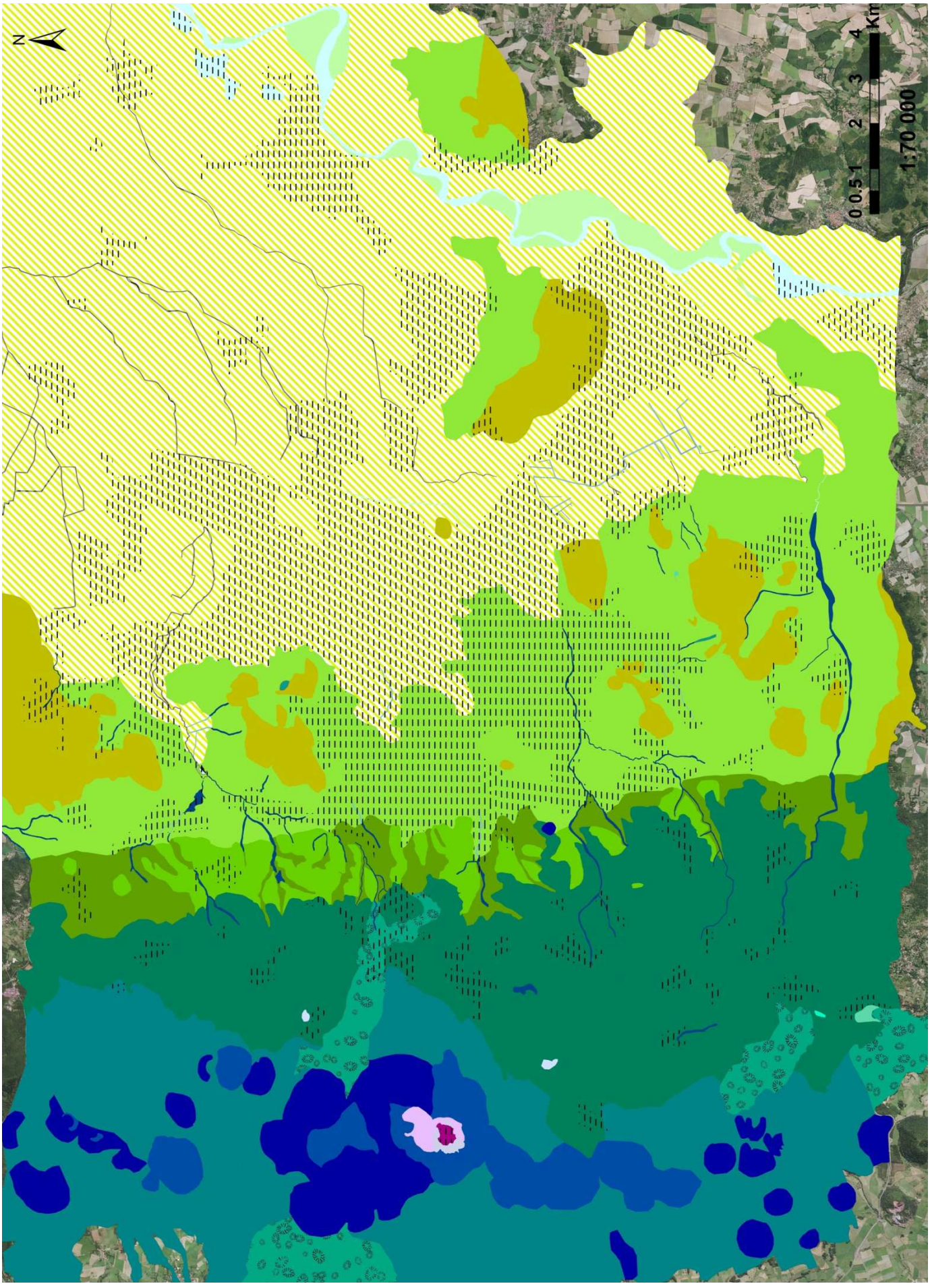
- Steppe arborée sur basalte,
- Steppe arborée sur marne,
- Série de la chênaie pubescente à Trèfle rougeâtre, Trifolio rubentis-Querco pubescentis rubietoso peregrinae sigmetum

Etage planitiaire, plaine de la Limagne

- Géosérie des ruisseaux de Limagne,
- Secteurs non traités

ANNEXE 13

Carte géosymphytosociologique


N
0 0.5 1 2 3 4 Km
1:70 000

Légende de la carte des géoséries


Zones urbanisées

Etage subalpin, sommet du puy de Dôme

G-MSS, Géocurtasérie subalpine de la lisière supérieure forestière, Géosérie du manteau à saules et sorbiers

G-VUM, Géopermasérie subalpine du sommet trachytique du puy de Dôme, Vaccinio uliginosi-myrtilli geosigetum

G-HS-CA, Géopermasérie subalpine des hauts versants trachytiques du puy de Dôme, Heracleo sphondylii-Calamagrostio arundinaceae geosigmetum

Etage montagnard, chaîne des Puys

G-LS-FS, Géosérie montagnarde des dômes trachytiques ou trachyandésitiques de la chaîne des Puys, Luzulo sylvaticae-Fago sylvaticae geosigmetum

G-EH-FS, Géosérie montagnarde des cônes de scories basaltiques, Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae geosigmetum

Etage submontagnard, plateau volcanique

G-EH-FS-C, Géosérie submontagnarde du plateau volcanique de la chaîne des Puys, Euphorbio hybernae-Fago sylvaticae coryletoso avellanae geosigmetum

Etage submontagnard, plateau cristallin

G-PM-FS-S, Géosérie submontagnarde du plateau cristallin, Polygonato multiflori-Fago sylvaticae sorbetoso ariae geosigmetum

G-cheire, Géosérie submontagnarde des cheires, Géosérie submontagnarde des cheires

G-CO-AG, Géosérie submontagnarde des dépressions humides du plateau cristallin, Cirsio oleracei-Alno glutinosae geosigmetum

G-SPA, Géocurtasérie montagnarde turficole mésotrophe en enclave dans le plateau cristallin, Salico pentandro-atrocinereae geocurtasigmetum

Etage collinéen tempéré, rebord occidental

G-HS-QP-P, Géosérie collinéenne tempérée d'adret des gorges cristallines, Hieracio sabaudi-Querco petraeae quercetoso pubescentis geosigmetum

G-PM-FS, Géosérie collinéenne tempérée d'ubac des gorges cristallines, Polygonato multiflori-Fago sylvaticae geosigmetum

G-IN-AG, Géosérie collinéenne tempérée à submontagnarde des zones alluviales rivulaires et des talwegs du plateau et gorges cristallines, Impatiento noli-tangere-Alno glutinosae geosigmetum

G-IN-AG-AN, Géosérie collinéenne tempérée à submontagnarde des zones alluviales rivulaires et des talwegs du plateau et gorges cristallines, Impatiento noli-tangere-Alno glutinosae geosigmetum

Etage collinéen thermophile, coteaux de Limagne

G-TR-QP, Géosérie collinéenne héliothermophile des coteaux de Limagne, Trifolio rubentis-Querco pubescentis geosigmetum

G-CD-QP, Géosérie collinéenne thermophile d'ubac des coteaux de Limagne, Cephalanthero damassoni-Querco petraeae geosigmetum

G-SRC, Curtagéosérie planitiaire à collinéenne sur sol engorgé, Géocurtasérie à saules roux et cendrés prov.

Etage planitiaire, plaine de la Limagne

G-OP-CB-AN, Géosérie planitiaire argilo calcaire de Grande Limagne, Ornithogalo pyrenaei-Carpino betuli geosigmetum

G-GP-FE, Géosérie des ruisseaux de Limagne, Géosérie des ruisseaux de Limagne

G-GP-FE-AN, Géosérie anthropisée des ruisseaux de Limagne, Géosérie anthropisée des ruisseaux de Limagne

Etage planitiaire, plaine alluviale de l'Allier

G-GP-FE, Géosérie planitiaire du lit majeur de la rivière Allier et affluents, Geranio phaei-Fraxino excelsioris geosigmetum

G-SA, Géosérie planitiaire du lit apparent de la rivière Allier et affluents, Salico albae geosigmetum

G-GP-FE, Géopermasérie lentique planitiaire des mares et rases de la plaine de la Limagne, Géopermasérie lentique planitiaire des mares et rases de la plaine de la Limagne