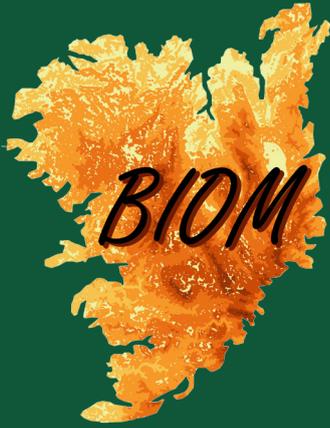
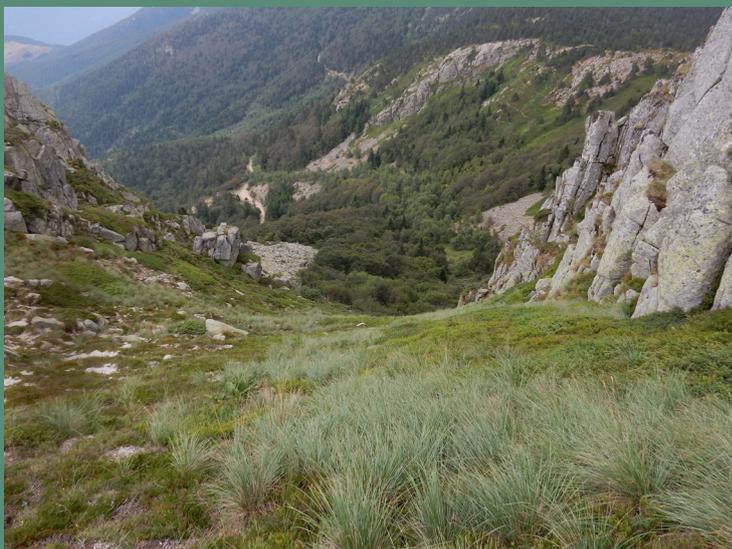


2 - 2021



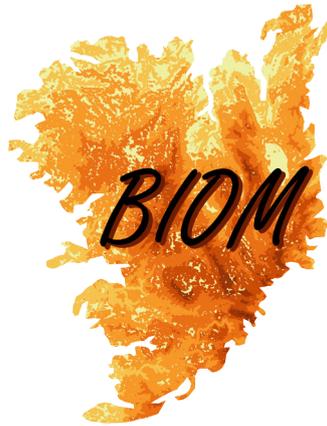
# BIOM

Revue scientifique pour la biodiversité  
du Massif central



# BIOM

Revue scientifique pour la biodiversité  
du Massif central



Numéro 2 - 2021

## Rédacteurs en chef

Camille Roux- camille.roux@uca.fr ; Gilles Thébaud - gilles.thebaud@uca.fr  
UniVegE - Heriers Universitaires CLF - 3 Bd Lafayette 63000 Clermont-Ferrand - 0473406220

## Comité de rédaction

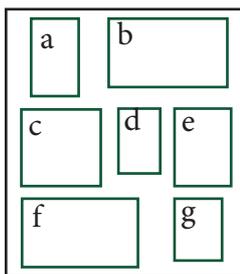
Philippe Bachelard  
Hervé Cubizolle  
Arnaud Delcoigne  
André-Marie Dendievel  
Thibaut Delsinne  
Philippe Geniez  
Yves Meinard

## Comité scientifique

Aude Beauger  
Luc Belenguier  
Emmanuel Boitier  
Vincent Boulet  
Guillaume Choisnet  
Vincent Hugonnot  
Mario Kleszczewski

Jean-Paul Mandin  
Céline Sacca  
Alexandre Teynié  
Antoine Thouvenot

## Illustration de couverture



- a) Collection Cornut Gentile Boite 35, Pentatomoidea des collections du muséum Henri-Lecoq de Clermont-Ferrand.  
b) Couloir domitique sur le versant nord du puy de Dôme (cliché V. Hugonnot).  
c) *Phyteumo hemisphaerici-Callunetum* érodé v. avec *Sesamoides pygmaea*, mont Lozère, autour du grand Clapier (cliché Gilles Thébaud).  
d) *Spergula media*, marais de Saint-Beauzire, Puy-de-Dôme (cliché Cen Auvergne).  
e) Inflorescence de *Carex xfulva*.  
f) *Patzkeo paniculatae-Vaccinium myrtilli*, cirque du rocher de l'Aigle, mont Lozère (cliché Gilles Thébaud).  
g) *Anemone pulsatilla* L., herbier de Vals-près-Le-Puy.

# BIOM

Numéro 2 - 2021

## SOMMAIRE

Pouvaret S., Cordonnier S., Bazin A., Beauger A. & Carrère P. - Restauration de la flore des prés salés continentaux : expérimentation sur le marais de Saint-Beauzire (Puy-de-Dôme, 63) .....	1
Hugonnot V. - Le <i>Lescuraeetum mutabilis</i> Greter ex Wilm. 1962 dans le Massif central .....	13
Belenguier L. - Les Hémiptères Pentatomoidea des collections du muséum Henri-Lecoq de Clermont-Ferrand .....	19
Hoff M. - L'Herbier d'un élève de l'Institution Agricole de Vals-près-le-Puy (Haute-Loire).....	34
Biais L. & Kleczewski M. - La Laïche de Host ( <i>Carex hostiana</i> DC.) et son hybride <i>Carex xfulva</i> en Aveyron .....	39
Roux C. & Thébaud G. - SurVegE-logiciel pour le suivi de la végétation en parcelles permanentes .....	51
Thébaud G., Choisnet G. & Roux C. - Contribution to the survey of the heathlands of the french Massif central (habitats 4030 and 4060): analysis of phytosociological data .....	62
Hugonnot V. - Validation nomenclaturale de l'association bryophytique <i>Gymnomitrio coralloidis-Barbilophozietum sudeticae</i> ass. nov. décrite du puy de Dôme dans Hugonnot (2020) .....	110

## Restauration de la flore des prés salés continentaux : expérimentation sur le marais de Saint-Beuzire (Puy-de-Dôme, 63)

Pouvaret Sylvain<sup>1</sup>, Cordonnier Stéphane<sup>1</sup>, Bazin Adrien<sup>2</sup>, Beauger Aude<sup>3</sup> & Carrère Pascal<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Conservatoire d'espaces naturels d'Auvergne, F-63200 RIOM ; [sylvain.pouvaret@cen-auvergne.fr](mailto:sylvain.pouvaret@cen-auvergne.fr) ; [stephane.cordonnier@cen-auvergne.fr](mailto:stephane.cordonnier@cen-auvergne.fr)

<sup>2</sup> CNPF Auvergne-Rhône-Alpes, F-63370 LEMPDES ; [adrien.bazin@cnpf.fr](mailto:adrien.bazin@cnpf.fr)

<sup>3</sup> Université Clermont Auvergne, CNRS, GEOLAB, F-63000 Clermont-Ferrand ; [aude.beauger@uca.fr](mailto:aude.beauger@uca.fr)

<sup>4</sup> Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Ecosystème Prairial, F-63000 Clermont-Ferrand ; [pascal.carrere@inrae.fr](mailto:pascal.carrere@inrae.fr)

Soumis le 22 septembre 2020

Accepté le 9 mars 2021

Publié le 1 juin 2021

### Mots-clés

Artificialisation  
Restauration écologique  
Pré salé continental  
Flore

### Keywords

Artificialization  
Ecological restoration  
Continental salt meadow  
Flora

### Résumé

Cet article présente une étude de cas de recolonisation par la végétation de type pré salé continental après des travaux de suppression d'un remblai sur un marais salé continental dans la plaine de la Limagne (Puy-de-Dôme, France). Les plantes indicatrices des prés salés ont été suivies en présence/absence dans un réseau de 104 mailles de 10 m<sup>2</sup>. Nous avons pu montrer la colonisation rapide et durable de *Puccinellia distans* et *Juncus gerardi*, mais aussi l'installation plus lente et variable de *Spergula media* et de *Plantago maritima*. Nous avons cartographié les évolutions spatiales et temporelles de cette colonisation pour 6 espèces différentes. Parmi les espèces halotolérantes, on notera l'augmentation de la population d'espèces menacées comme celle d'*Inula britannica*. Les résultats permettent de conclure sur l'intérêt de ce type d'opération de suppression de remblais pour restaurer les paramètres abiotiques et de la capacité de la flore de se réinstaller même après vingt-cinq ans pour reconstituer une communauté végétale caractéristique des « prés salés continentaux ».

### Abstract

This article presents a case study of recolonization by flora constituting a continental salt meadow type vegetation after the removal of an embankment on a continental salt marsh in the Limagne plain (Puy-de-Dôme, France). Salt marshes indicator plants was monitored in presence/absence in a network of 104 meshes of 10 m<sup>2</sup>. We were able to show the rapid and lasting colonization of *Puccinellia distans* and *Juncus gerardi*, but also the slower and variable installation of *Spergula media* and *Plantago maritima*. We mapped spatial and temporal evolutions of this colonization for 6 different species. Among the halotolerant species, one should note the increase in the population of endangered species such as *Inula britannica*. The monitoring protocol allows us to conclude on the interest of this type of embankment removal operation to restore the abiotic parameters and the flora of the «continental salt meadow» vegetation.

## Introduction

L'artificialisation des sols est un facteur important de perte de biodiversité en Europe. En 2015, cela affectait 9,3 % du territoire de la France métropolitaine (Gouvernement 2016). Cette artificialisation progresse de manière régulière au rythme moyen de 20 m<sup>2</sup> par seconde (9 m<sup>2</sup> par an et par habitant), ce qui correspond à l'équivalent de 60 000 hectares par an (Planetoscope 2020). Face à cette concurrence féroce pour l'usage des terres, la question de la restauration des sols artificialisés par le passé se pose. Ainsi, la restauration du site présenté en support de cette publication permettrait de compenser l'équivalent de 9 minutes de destruction nationale des sols (un peu plus de 1 hectare). Mais est-il réellement possible de revenir en arrière et de restaurer à la fois les sols et la flore de prés salés qui préexistaient dans cet écosystème avant l'artificialisation ? C'est pour apporter des éléments de référence sur la dynamique et la faisabilité technique de cette restauration qu'une expérimentation a été conduite sur le site d'un ancien marais salé en partie remblayé dans la plaine de Limagne (Massif central, France).

Les marais salés continentaux sont des milieux naturels fortement menacés en Europe. À ce titre, ils ont été identifiés comme des habitats dont la conservation est prioritaire (Conseil des communautés européennes 1992) et inclus dans des périmètres de protection (type Natura 2000). L'enjeu de conservation est donc fort à l'échelle du Massif central où ce type de végétation n'occupe plus qu'une douzaine d'hectares (Cen Auvergne, non publié) répartie sur une vingtaine de sites (Cordonnier 2012). Cet habitat a fortement régressé de l'ordre de 85% en Limagne (Cordonnier 2012), bassin sédimentaire favorable à l'occupation humaine grâce à ses terres fertiles et ses axes de communication. En effet, ces terres salées de Limagne (appelées selins) ont notamment régressé depuis leur valorisation

agronomique (Servant et al. 1976) par apport de gypse (Dejoux 1979, 1985). A l'échelle locale, on note également une forte diminution des terres marécageuses, salées et non salées. D'après les archives nationales (Duthuret 1722), le marais étudié faisait partie d'un plus grand complexe marécageux, nommé Marais de cœur, qui couvrait 120 ha au début du dix-huitième siècle (Fig. 1). Il s'agissait vraisemblablement du pré salé continental le plus important en superficie du Massif central, mais la répartition entre zone de marais d'eau douce et zone de marais salé n'est pas connue.

Pour de nombreux sites, l'état de dégradation nécessite des mesures spécifiques de restauration. C'est le cas de celui du marais de Saint-Beauzire sur lequel les travaux de renaturation ont été conduits. Un secteur d'environ 1 hectare de marais a été artificialisé il y a 25 ans par le dépôt d'un remblai, suite à des travaux d'infrastructure autoroutière.

La finalité de cette étude était de tester si la suppression du remblai permettrait le retour d'une flore constitutive d'une végétation de type pré salé continental, et d'évaluer la dynamique de ce retour. Pour cela, nous avons mesuré après élimination du remblai les paramètres abiotiques (hauteur de la nappe et minéralisation de l'eau) à même d'influencer la présence d'une flore typique de pré salé continental, et relevé la dynamique temporelle et spatiale d'installation et de colonisation des taxons indicateurs sur une dizaine d'années (entre 2011 et 2019). Bensestiti et al. (2005) suggèrent que la présence d'espèces halophytes et halotolérantes constitue un bioindicateur performant de la typicité de la végétation des « prés salés continentaux » aux conditions pédologiques (présence de sols sodiques) et hydrologiques (saturation temporaire, remontées capillaires...) spécifiques. La répartition halophytes/halotolérantes témoigne également de la variation de salinité du sol (Ellenberg et al. 1992). Afin d'évaluer l'efficacité de l'opération

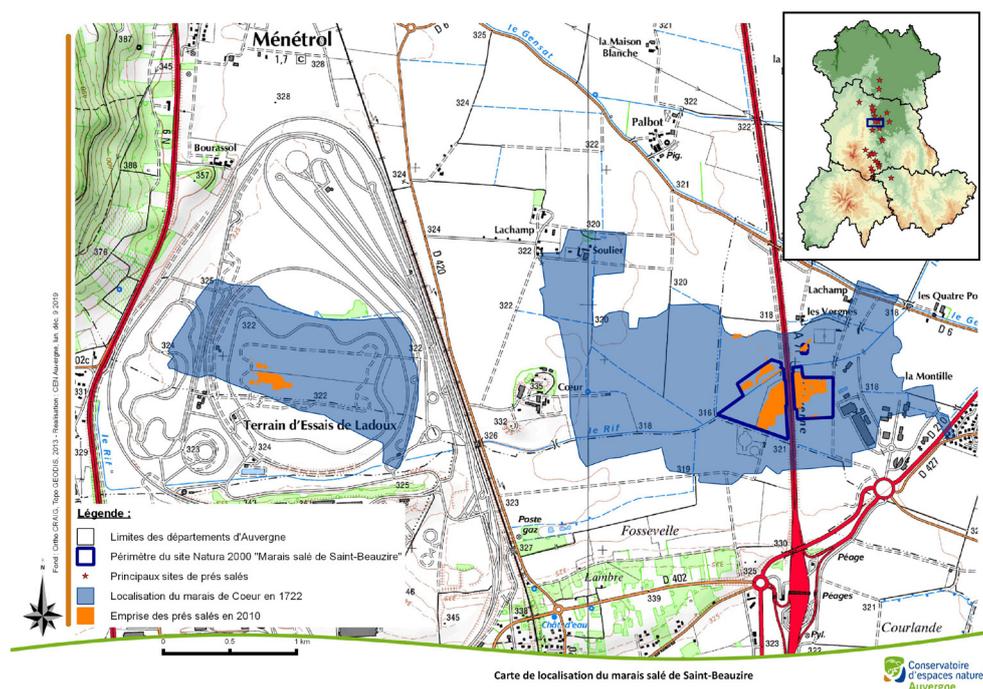


Figure 1 – Localisation du marais salé actuel (en orange) au sein de l'ancien marais de Cœur (en bleu). En encart, le rectangle bleu positionne le site d'étude à l'échelle de l'ancienne région Auvergne et les étoiles rouges les autres sites avec des halophytes – fond Carto CRAIG Topo GEodis 2013.

de suppression du remblai, le CEN Auvergne a suivi dès 2011 des taxons halophytes et halotolérants dans les zones de travaux.

## Matériel et méthode

### Présentation du site d'études

Le marais salé de Saint-Beauzire est situé au cœur de la Grande Limagne clermontoise à une altitude de 318 m (Fig. 1). Il fait partie du réseau européen Natura 2000, au titre de la présence de l'habitat naturel d'intérêt communautaire prioritaire « Prés salés continentaux » (code 1340\*) (CEPA 2009), recouvrant une surface d'environ 4 ha. Il représente environ 40% de la superficie des prés salés continentaux d'Auvergne, ce qui en fait un des sites d'intérêt majeur pour cet habitat. Il est reconnu pour abriter plusieurs espèces halophiles très rares dans la région comme *Plantago maritima*, *Spergula media*, *Juncus gerardi* (Fig. 2).

Ce site Natura 2000 de 13 hectares a fait l'objet d'un dépôt de remblais sur plus de 10 % de sa superficie, entre 1984 et 1987, lors de la construction de l'autoroute A71 qui le traverse. Ce remblai épais d'1 m à 1,5 m (CEPA 2015), d'un volume d'environ 20 000 m<sup>3</sup>, était constitué de matériaux sédimentaires inertes (marne, limon, sable ; APRR 2013). La végétation développée sur ce remblai était constituée d'une flore rudérale banale (CEPA 2009) qui ne correspondait pas à la flore attendue d'un marais salé (Bensettiti et al. 2005).

L'étude d'impact de l'autoroute avait été réalisée en 1982, bien avant la loi sur les plantes protégées en Auvergne (Légifrance 1990) et celle sur l'eau (Légifrance 1992). L'intérêt écologique du site n'avait donc pas été identifié à l'époque. Le Conservatoire d'espaces naturels d'Auvergne a progressivement maîtrisé la gestion du site grâce à de l'acquisition (7,98 hectares) ou du conventionnement (0,75 hectare d'une parcelle communale). Une des actions principales identifiées dans le document d'objectifs était la suppression du remblai sur le marais salé (CEPA 2009). Un contrat dans le cadre de Natura 2000 et des travaux complémentaires avec la société autoroutière APRR ont permis de financer la restauration d'une partie du marais salé d'origine. Les travaux ont été menés en plusieurs phases successives de 2010 à 2014 sur quatre zones (Fig. 3 et 4) et ont permis de restaurer

au total 1,13 hectares de terrains historiquement marécageux. Le remblai a été enlevé pour retrouver le niveau du terrain naturel assez facilement reconnaissable (Fig. 2), sans surcreusement (à l'exception d'une petite mare en bordure du site). L'objectif était de mettre à jour la banque de graines conservée dans le sol d'origine. Suite à ces travaux de restauration, la seule gestion pratiquée sur le site consiste en une surveillance de la progression d'espèces potentiellement envahissantes. Par exemple un entretien régulier est réalisé en arrachant les plants de Sénéçon du Cap sur la zone étrepée. Cette espèce se développant du fait de la proximité de la zone avec l'autoroute A71, dans le prolongement de l'A75 qui constitue un vecteur très dynamique de cette espèce. La flore a été suivie dès l'année 2011 sur les premières zones de travaux et jusqu'en 2019. Cette flore se répartit dans plusieurs types de végétation (Thébaud et al. 2014). Une typologie de ce type de végétation a été récemment actualisée (Choisnet et al. 2020). Trois grands groupes peuvent se distinguer sur le site :

- Des végétations de prairie salée basse avec *Plantago maritima* subsp. *maritima* L., 1753, *Spergula media* (L.) Bartl. & H.L.Wendl., 1825, *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl., 1848 subsp. *fontana* Portal, 2014.
- Des végétations de prairie haute subhalophile, dominées par *Schedonorus arundinaceus* (Schreb.) Dumort., 1824 et avec *Juncus gerardi* Loisel., 1809, *Lotus glaber* Mill., *Carex otrubae* Podp., 1922, *Inula britannica* L., 1753
- Un groupement pionnier de sols nus humides à base de *Myosurus minimus* L., 1753 et de *Ranunculus sardous* Crantz, 1763 qui reste à étudier.

La végétation n'étant pas stabilisée dans la zone de restauration, nous avons privilégié un suivi des espèces indicatrices de ces milieux à un suivi de la végétation par relevé phytosociologique.

Pour répondre aux objectifs de l'étude, différents jeux de données ont été employés :

- Les données hydrologiques issues d'études spécifiques à cette zone Natura 2000 (Burgeap 2000, 2001 ; AnteaGroup 2016, 2017) ainsi que les données piézométriques (dans zone de travaux) reprises des études pré-citées et de la pose d'une sonde de mesure automatique de marque OTT orpheus permettant des mesures horaires depuis le 23/03/18. Cette sonde est située dans un piézomètre profond (cote sol 318,24 mNGF, profondeur

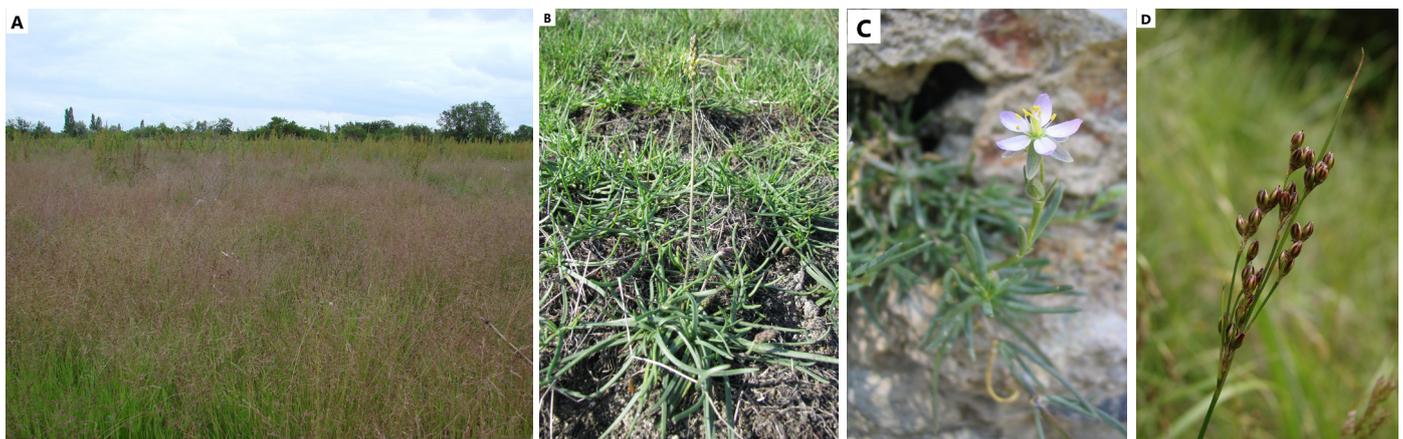


Figure 2 – A) Vue d'une végétation de prairie salée basse à *Puccinellie distans* du marais de Saint-Beauzire ; B) *Plantain maritime* ; C) *Spergulaire marginée* ; D) *Jonc de Gérard*.



Figure 3 – A) Enlèvement du remblai recouvrant le marais. B) sol de marais restauré. ©CEN Auvergne, SC

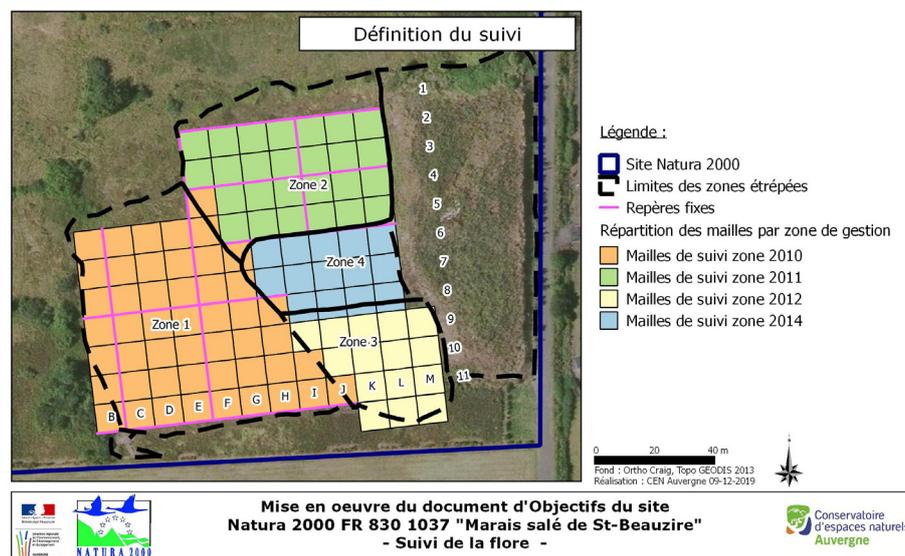


Figure 4 – Localisation des mailles et des zones restaurées : zone 1 restaurée en 2010 ; zone 2 restaurée en 2011 ; zone 3 restaurée en 2012 ; zone 4 restaurée en 2014.

crépine – 4 m) installé dans la zone située au nord-est de la zone d'étude (zone 2), le 19/03/15.

- Des données pédologiques propres aux analyses de sols (hors zone travaux) réalisées par le CEN Auvergne et le laboratoire d'analyse des sols de l'INRA (1996, non publié) dans la zone Natura 2000.

- Des données topographiques obtenues par les levés de géomètres (Burgeap 2001 ; AnteaGroup 2016).

- Des séries météorologiques de la période 2011-2019 (Infloclimat, station de Clermont-Ferrand-Aulnat)

### Définitions des indicateurs

Les indicateurs d'état floristiques sont présentés dans le tableau 1 et sont issus du document d'objectifs du site Natura 2000 (CEPA 2009). Initialement mesurés pour chaque portion de zones restaurées, il est aussi possible de les regrouper pour faciliter une vision globale.

Nous avons également considéré la surface de remblai

enlevée (indicateur de réponse), et le niveau piézométrique dans l'interprétation des observations floristiques.

Les halophytes strictes et les halotolérantes se distinguent sur la base de leurs valences écologiques (Julve 1998 ; Ellenberg et al. 1992). Au final, nous avons identifié un ensemble de 24 plantes indicatrices (Tab. 2), considérées comme caractéristiques régionales de l'habitat « prés salés continentaux », susceptibles de coloniser la zone restaurée dans ce territoire biogéographique (Bensettiti et al. 2005 ; Cordonnier 2012). Nous avons sélectionné notamment ces espèces en fonction de deux critères : le fait qu'elles soient particulièrement inféodées aux secteurs de prés salés selon l'atlas de la flore d'Auvergne (Antonetti et al. 2006) et leur répartition restreinte en Auvergne. La référence taxonomique utilisée est issue de *Flora Gallica* (Tison & Foucault 2014).

Le niveau de potentialité d'observation sur la zone restaurée a été défini en fonction de la présence actuelle de l'espèce sur le site ou à proximité.

Tableau 1 – Liste des indicateurs retenus en vue d'évaluer la restauration du pré salé.

Jeu d'indicateurs prioritaires et type P (pression), E (Etat), R(réponse )	Hypothèse de trajectoire (par rapport à l'état initial défini)	Unité/origine	Etat initial (date+valeur)	Seuils objectifs de la valeur de l'indicateur
Nombre de taxons d'halophytes dans chacune des 4 zones étrepées (E)	Dynamique de population	Nombre	0 en 2009	Positif si >3
	Apparition progressive des halophytes présentes à proximité	Docob 2009	docob	
Nombre de taxons d'halotolérants dans chacune des 4 zones étrepées (E)	Dynamique de population	Nombre	0 en 2009	Positif si >3
	Extension du nombre d'espèces total du site à long terme,	Docob 2009	docob	
Pourcentage de mailles colonisées pour chaque taxon halophyte et halotolérante dans l'ensemble de la zone (104 mailles de 10*10 m, soit 1,04 hectare)	Extension des sous-sites de présences à court terme.			
	Dynamique de population	Nombre	0 en 2009	Positif si extension
	Extension du nombre d'individus.	Docob 2009	docob	Objectif >50%

Espèces potentielles en Auvergne sur les prés salés	Valence écologique Salinité Baseflor (Julve 1998 / Ellenberg 1992)	Présence sur le site en 2019	Potentialité d'observation sur la zone restaurée
<b>Halophytes strictes</b>			
Spergulaire marginée ( <i>Spergula media</i> (L.) Bartl. & H.L.Wendl., 1825)	8	X	forte
Spergule marine ( <i>Spergula marina</i> (L.) Bartl. & H.L.Wendl)	8	Donnée historique : Caumel, <1917	faible
Pissenlit de Bessarabie ( <i>Taraxacum bessarabicum</i> (Hornem.) Hand.-Mazz., 1907)	7	Donnée historique : d'Alleizette, 1931	faible
Puccinellie distante ( <i>Puccinellia distans</i> subsp. <i>fontana</i> Portal, 2014)	7	X	forte
Puccinellie fausse-fétuque ( <i>Puccinellia festuciformis</i> (Host) Parl., 1850)	7		faible
Jonc de Gérard ( <i>Juncus gerardi</i> Loisel., 1809)	6	X	forte
Plantain maritime ( <i>Plantago maritima</i> subsp. <i>maritima</i> L., 1753)	6	X	forte
Troscart maritime ( <i>Triglochin maritima</i> L., 1753)	6		faible
Glaux maritime ( <i>Lysimachia maritima</i> (L.) Galasso, Banfi & Soldano, 2005)	5	Donnée historique : Anonyme, <1957	faible
<b>Halotolérantes</b>			
Laïche à épis distants ( <i>Carex distans</i> L., 1759)	5		faible
Hutchinsie couchée ( <i>Hornungia procumbens</i> (L.) Hayek, 1925)	4		faible
Samole de Valerand ( <i>Samolus valerandi</i> L., 1753)	4	Donnée historique : Héribaud, 1898	faible
Orge faux-seigle ( <i>Hordeum secalinum</i> Schreb., 1771)	0 - 4	X	forte
Scirpe maritime ( <i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla, 1905)	3	X	forte
Scirpe glauque ( <i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> (C.C.Gmel.) Palla, 1888)	3		faible
Troscart des marais ( <i>Triglochin palustris</i> L., 1753)	3		faible
Inule d'Angleterre ( <i>Inula britannica</i> L., 1753)	0 - 2	X	forte
Melilot de l'Inde ( <i>Melilotus indicus</i> (L.) All., 1785)	0 - 2		faible
Trèfle maritime ( <i>Trifolium squamosum</i> L., 1759)	1		faible
Scirpe comprimé ( <i>Blysmus compressus</i> (L.) Panz. ex Link, 1827)	1		faible
Scirpe à fleurs peu nombreuses ( <i>Eleocharis quinqueflora</i> (Hartmann) O.Schwarz, 1949)	1		faible
Buplèvre fluet ( <i>Bupleurum tenuissimum</i> L., 1753)	ND		forte
Laïche divisé ( <i>Carex divisa</i> Huds., 1762)	ND		faible
Lotier à feuilles ténues ( <i>Lotus glaber</i> Mill., 1768)	ND		forte

Tableau 2 – Liste des plantes halophytes strictes et halotolérantes considérées comme caractéristiques régionales de l'habitat « prés salés continentaux ». La typologie de la salinité utilisée (surtout Chlorures, également sodium), modifiée d'après Scherfose (1990) et Ellenberg et al. (1992), correspond à l'échelle suivante : 0 : ne supportant pas le sel ; 1 : hyperoligohalines, [0-0,1% Cl<sup>-</sup>] ; 2 : peroligohalines, [0,05-0,3% Cl<sup>-</sup>] ; 3 : oligohalines, [0,3-0,5% Cl<sup>-</sup>] ; 4 : mesooligohalines [0,5-0,7% Cl<sup>-</sup>] ; 5 : mesohalines, [0,7-0,9% Cl<sup>-</sup>] ; 6 : mesoeuhalines, [0,9-1,2% Cl<sup>-</sup>] ; 7 : euhalines, [1,2-1,6% Cl<sup>-</sup>] ; 8 : polyhalines, [1,6-2,3% Cl<sup>-</sup>] ; 9 : hyperhalines, [>2,3% Cl<sup>-</sup>] ; ND : non déterminé.

## Plan d'échantillonnage et traitement des données

La colonisation des zones étrepées par les espèces halophytes et halotolérantes a été suivie par un maillage de 10 m x 10 m (Fig. 4). Dans chaque maille, la notation de la présence-absence de chacune des espèces indicatrices présentes parmi les 24 espèces potentielles (Tab. 2) a été effectuée en juillet. Le suivi a été réalisé en 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2017 et 2019.

La pression d'observation a été fixée à 5 minutes d'observation par maille. Les mailles à cheval entre la zone de travaux et une zone de végétation halophile hors travaux ont été retirées de l'échantillonnage (ex : Fig. 4 B4, C4, D4 et E4 et de F1 à L1). Les mailles B10 et B11 qui sont en contact avec des fourrés non halophiles, ont été conservées dans les mailles suivies en 2010. La synthèse des suivis est donnée dans le tableau 3.

Tableau 3 – Synthèse du plan de suivi. La maille correspond à un carré de 10 m x 10 m.

	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Total
Description de la zone	Humidité variable avec remontée d'eau minérale	Forte humidité	Partie sud sèche sans remontée minérale	Humidité variable avec remontée d'eau minérale	
Surface restaurée (hectares)	0.5	0.34	0.16	0.14	1.13
Nombre de mailles suivies	49	26	15	14	104

Les vérifications statistiques ont été faites par le test Q de Cochran, directement sur le jeu de données présence/absence (dichotomique) pairé (Cochran 1950). Les comparaisons multiples par paires suivent la procédure de McNemar (Bonferroni). Ce test permet d'évaluer, pour chaque espèce ainsi que pour toutes les espèces prises ensemble, l'ensemble des variations significatives en hausse ou en baisse entre l'année de référence (2011) et les autres années de mesures.

## Résultats

### Effet des travaux de restructuration sur les paramètres abiotiques de l'habitat

Compte tenu des modifications subies par le site lors des travaux en 1984, il était primordial de pouvoir évaluer si les travaux de restauration entrepris allaient permettre de restaurer les paramètres abiotiques nécessaires à l'installation d'une communauté végétale composée d'espèces halophiles ou halotolérantes. Pour ce faire, nous avons mobilisé différentes études qui ont permis d'appréhender le fonctionnement hydrologique actuel du marais (Burgeap 2000, 2001 ; AnteaGroup 2016). L'alimentation principale en eau est liée à une vaste nappe d'eau douce répertoriée par le BRGM comme suit : Masse d'eau souterraine n°4051, code Sandre GG051 « Sables, argiles et calcaires du Tertiaire de la Plaine de la Limagne ». Au droit de la zone de travaux suivis, cette nappe permet d'avoir un niveau

piézométrique mesuré d'environ -1 m [-0,6m à -1,67m] sous le terrain naturel (TN). L'humidité remonte par capillarité dans les argiles pour alimenter les plantes en surface. Cette remontée n'était pas possible au niveau du dépôt de remblai avant travaux, elle était bloquée par sa forte hauteur (+1,2 m en moyenne au-dessus du TN) et la nature filtrante des matériaux. Au lieu d'une végétation de marais, le remblai était donc recouvert par une friche rudérale thermophile (Alliance phytosociologique de *Onopordion acanthii* Br.-Bl. in Br.-Bl., Gajewski, Wraber & Walas 1936).

La spécificité de ce site vient du fait qu'en plus de la nappe d'eau douce globale superficielle, il y a ponctuellement des arrivées d'eau minérale salée d'origine profonde, provenant des failles du socle cristallin dont le toit se situe à -1598 m à St-Beauzire (Recherche Autonome du pétrole 1982 in Cordonnier 2012). Ces eaux remontent ensuite à travers les roches sédimentaires de Limagne. Au droit de la zone de suivi, elles ont pu être mises en évidence à leur arrivée en surface vers -4 m et vers -7 m grâce à leur forte conductivité, respectivement 4000  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et 7000  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (AnteaGroup 2016). Elles se diluent avec la nappe d'eau douce située au-dessus (conductivité de l'eau de mélange à 2700  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) (AnteaGroup 2016). Ce mélange reste suffisant pour être à l'origine d'un sol halomorphe bicarbonaté sodique à structure dégradée (sodisol). Moins riche en chlorure de sodium que les sols littoraux, l'abondance de l'ion sodium est suffisante pour entraîner une forte contrainte sur la végétation et une sélection de plantes halophiles ou halotolérantes (maximum mesuré au niveau du TN hors zone travaux de 2,98 g de sodium par kg de sol) (INRA 1996, non publié). Les remontées d'eau minérale d'origine profonde ne sont pas homogènes sur le site, ce qui explique les délimitations nettes des différentes végétations.

Une troisième origine de l'eau existe, c'est celle liée aux précipitations directes. Faibles dans ce secteur (< 600 mm/an) (Infloclimat 2019), elles entraînent surtout la formation d'une nappe perchée temporaire dont l'écoulement est ralenti par ces sols très argileux. Elles amplifient l'alcalinisation des sols (maximum mesuré au niveau du TN hors zone travaux pH = 10,2) (INRA 1996, non publié) et la dispersion des argiles.

Il apparaît donc au regard de ces éléments que la suppression du remblai a permis de restaurer les paramètres abiotiques (remontée d'eau minéralisée en surface) permettant de recréer un habitat propice à l'installation d'une flore caractéristique des communautés de prés salés.

### Observations des taxons halophiles du site

Quatre espèces d'halophytes strictes et six halotolérantes ont été observées dans la zone restaurée (en vert) ou en dehors sur le reste du site (en noir) selon le tableau 4. Il est hautement probable que ce soit directement la banque de graines du sol d'origine qui se soit exprimée et qui ait permis la régénération de ces espèces au cœur même de la zone restaurée (Fig. 5). En effet, afin de limiter les biais d'observations liés à la recolonisation par les végétations environnantes, les mailles de suivi se sont concentrées sur le cœur de la zone.

Tableau 4 – Bilan des observations récentes des taxons halophiles.

Espèce	Dernier observateur	Dernière année d'observation
<b>Halophytes strictes</b>		
<i>Juncus gerardi</i>	Pouvaret S.	2019
<i>Plantago maritima</i> subsp. <i>maritima</i>	Pouvaret S.	2019
<i>Puccinellia distans</i> subsp. <i>fontana</i>	Pouvaret S.	2019
<i>Spergula media</i> subsp. <i>media</i>	Pouvaret S.	2015
<b>Halotolérantes</b>		
<i>Hordeum secalinum</i>	Bioret & Choynet 2017	2017
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	Cordonnier S.	2019
<i>Inula britannica</i>	Pouvaret S.	2019
<i>Bupleurum tenuissimum</i>	Cordonnier S.	2018
<i>Lotus glaber</i>	Pouvaret S.	2019



Figure 5 – Repousse du Jonc de Gérard en mars 2015 au cœur de la zone restaurée, à partir des résidus de végétation ou de la banque de graines restés 28 ans sous le remblai (zone 4, travaux réalisés en aout 2014), ©CEN Auvergne, SC

La valeur de l'indicateur « Nombre de taxons d'halophytes dans chacune des 4 zones étrepées » a donc dépassé le seuil objectif de 3 taxons, défini dans le tableau 1.

La valeur de l'indicateur « Nombre de taxons d'halotolérantes dans chacune des 4 zones étrepées » est de 2 et n'a donc pas dépassé le seuil objectif de 3 taxons, défini dans le tableau 1.

Ce cortège se complète par deux bryophytes halophytes ou halotolérantes : *Tortella flavovirens* (Bruch) Broth., 1902 (Hugonnot 2016), *Tortula acaulon* var. *pilifera* (Hedw.) R.H.Zander (Hugonnot 2016).

Des études récentes ont également montré l'originalité des génotypes auvergnats de *Plantago maritima* subsp. *maritima* par rapport aux populations littorales françaises (CEN Auvergne et al. 2018).

### Dynamique temporelle d'implantation et de colonisation des taxons.

En 2019, 9 ans après les travaux, 85 % (erreur standard de  $\pm 3,5$  %) des mailles sont occupées par au moins une halophyte

stricte et 89 % (erreur standard de  $\pm 3$  %) par au moins une halotolérante (Tab. 5), avec une variabilité très forte suivant les espèces considérées. La valeur de l'indicateur « Pourcentage de mailles colonisées pour chaque taxon halophyte et halotolérante dans l'ensemble de la zone » a donc largement dépassé le seuil objectif de 50%, défini dans le tableau 1.

Tableau 5 – Taux de présence des espèces halophytes et halotolérantes dans les mailles de suivi (en % de présence dans les 104 mailles) en 2019.

Année 2019	
	% du total des mailles (sur 104)
<b>Halophytes strictes</b>	<b>85%</b>
<i>Juncus gerardi</i>	63%
<i>Puccinellia distans</i>	64%
<i>Plantago maritima</i>	18%
<i>Spergula media</i>	0%
<b>Halotolérantes</b>	<b>89%</b>
<i>Lotus glaber</i>	78%
<i>Inula britannica</i>	88%

Par exemple, si *Juncus gerardi* et *Puccinellia distans* sont présentes respectivement dans 63 % et 64 % des mailles, certaines espèces parmi notre sélection d'espèces indicatrices n'ont eu qu'une présence temporaire (ie *Spergula media* pour les halophytes strictes).



Figure 6 – Végétalisation progressive de la zone restaurée en 2010, ©CEN Auvergne, SP et SC

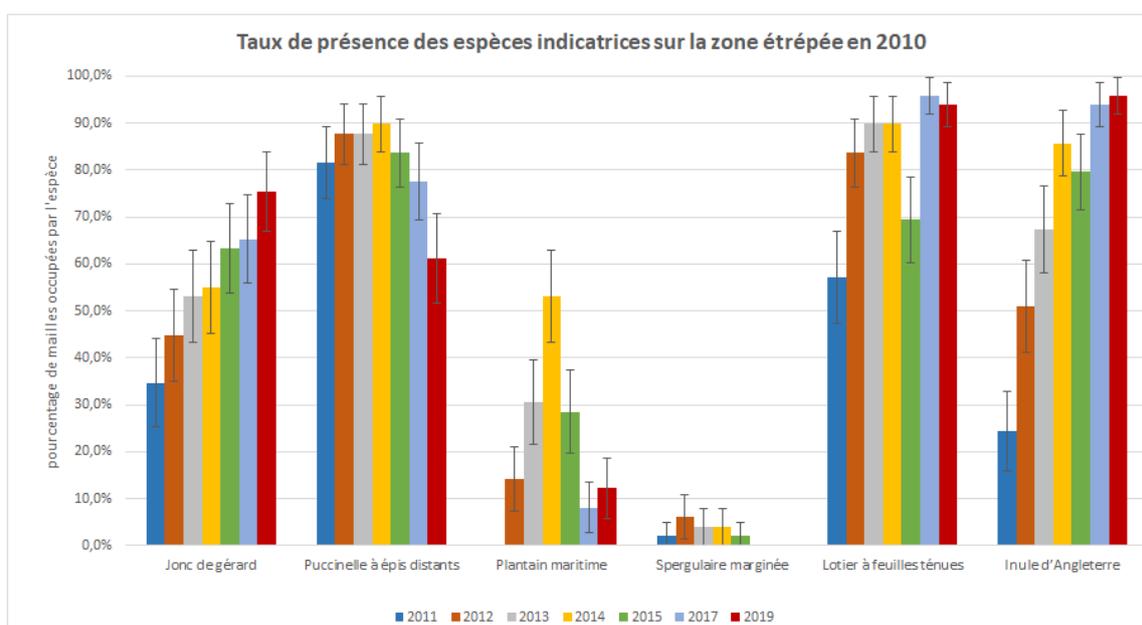


Figure 7 – Pourcentage de mailles de présence par année et par espèce sur la zone étrepée en 2010 (les barres graphiques correspondent à l'erreur standard).

Globalement, nous avons observé une colonisation très rapide et stable de la zone restaurée dès la première année (2012) après travaux puisque 95 % (erreur standard de  $\pm 3$  %) des mailles abritent au moins une halophyte stricte (Fig. 6). Cependant l'analyse par espèce montre des patrons dynamiques différents (Fig. 7) : espèce à colonisation rapide puis décroissante (*Puccinellia distans*), espèce à colonisation rapide puis stable (*Lotus glaber*), espèce à colonisation progressive (*Juncus gerardi*), espèce à colonisation croissante puis décroissante (*Plantago maritima*). La colonisation des espèces halotolérantes se fait moins rapidement mais de manière soutenue et durable également.

La synthèse des dynamiques d'installation et de colonisation des 6 espèces indicatrices rencontrées entre 2012 et 2019 est détaillée ci-dessous :

- *Juncus gerardi* : installation dans 38 % ( $\pm 8$  %) des mailles en N+1 après travaux (2012). Les mesures mettent en évidence un retour significatif de l'espèce sur le site entre 2012 et 2019. Le signal d'augmentation de l'espèce se fait en 2015 pour devenir stable dans les années qui suivent.

- *Puccinellia distans* : installation rapide et forte de cette espèce pionnière (86 % des mailles  $\pm 5$  %) en N+1 après travaux. A partir de N+8, on constate un signal de diminution lié probablement à la concurrence avec les autres plantes comme *Agrostis stolonifera* L., 1753.

- *Plantago maritima* : installation faible et fluctuante de cette espèce qui a atteint un pic d'abondance en N+4 après travaux. On observe une diminution de son taux de présence entre 2014 et 2019, passant d'une présence dans 52 % ( $\pm 8$  %) des mailles à 10 % ( $\pm 5$  %). L'espèce a disparu en 2019 du centre de la zone très salée dans lequel elle était encore présente en 2015. La sécheresse associée au broutage régulier des lapins a peut-être joué un rôle sur le faible nombre d'individus présents.

- *Spergula media* : les effectifs trop faibles ne permettent pas d'analyser la dynamique de cette espèce. Les faibles conditions d'humidité édaphique semblent restreindre sa présence.

- *Lotus glaber* : la hausse rapide du taux de présence s'est effectuée en deux ans seulement, pour se stabiliser en 2014 autour de 90 % ( $\pm 5$  %) des mailles. La baisse observée en 2015 est vraisemblablement liée aux cumuls de fortes températures des mois de mai, juin et juillet de cette année (Infoclimat 2015). Le taux de présence a ensuite retrouvé son niveau haut et le Lotus a quasiment colonisé toute la zone en 2017-2019.

- *Inula britannica* : bien que la colonisation par cette espèce ait été plus lente au départ que le Lotus, elle a progressé régulièrement pour atteindre un taux de présence élevé similaire à celui du Lotus depuis 2014. En 2019, 95 % des mailles ( $\pm 3$  %) sont occupées.

Tableau 6 – Niveau de signification des dynamiques de colonisation (Ns non significatif au seuil 0,05, (\*) significatif au seuil 0,05 ; (\*\*) significatif au seuil 0,01). Le niveau de signification des dynamiques de colonisation (p-values), estimée à partir de n+1 (2011).

Espèce cible	2012	2013	2014	2015	2017	2019
<i>Juncus gerardi</i>	Ns	Ns	Ns	* (0,014)	* (0,021)	** (0,007)
<i>Puccinellia distans</i>	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	** (0,006)
<i>Plantago maritima</i>	* (0,023)	** (0,001)	** (<0,0001)	** (0,004)	Ns	Ns
<i>Spergula media</i>	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
<i>Lotus glaber</i>	** (0,001)	** (0,001)	** (0,001)	Ns	** (<0,001)	** (<0,001)
<i>Inula britannica</i>	** (0,003)	** (<0,001)	** (<0,001)	** (<0,001)	** (<0,001)	** (<0,001)

Une différence significative de présence peut être mise en évidence entre 2011 et 2019 au moins pour certaines espèces (Tab. 6). La dynamique de colonisation des espèces cibles depuis 2011 (Tab. 6) suit des patrons différents : *Inula britannica* (ou, dans une moindre mesure *Lotus glaber*) est significativement plus présente dès 2012 et continue à l'être jusqu'en 2019 ; *Plantago maritima* apparaît dès 2012 mais ne se maintient pas sur le long terme. A l'inverse *Juncus gerardi* n'est significativement plus présent après 4 ans d'expérimentation. A noter que pour *Spergula media*, nous n'avons pas mis en évidence d'évolution de sa dynamique depuis 2011.

### Dynamique spatiale des taxons halophytes strictes et halotolérants sur la zone restaurée

Le suivi de l'occupation spatiale du site par les taxons halophytes

(Fig. 8) et halotolérants (Fig. 9) montre une forte composante d'espèces dépendantes dans la capacité des taxons indicateurs à s'installer puis à coloniser le site. Une espèce pionnière comme *Puccinellia distans* s'est installée très rapidement puisque dès 2012 elle est rencontrée dans 86 % des mailles ( $\pm 5\%$ ), mais a du mal à se maintenir après quelques années du fait de la concurrence d'autres espèces traçantes comme *Agrostis stolonifera*. *Juncus gerardi* s'installe plus progressivement (présent dans 38 % ( $\pm 8\%$ ) des mailles en 2012) puisqu'il faut attendre 2015 pour enregistrer une augmentation significative de sa présence au niveau du site (Tab. 6 et Fig. 8). Des taxons présentent une dynamique plus stochastique, ainsi *Spergula media* (Fig. 8) est présente certaines années mais a des difficultés à se maintenir dans les mailles dans lesquelles elle avait précédemment été observée mais également des difficultés à coloniser de nouvelles mailles.

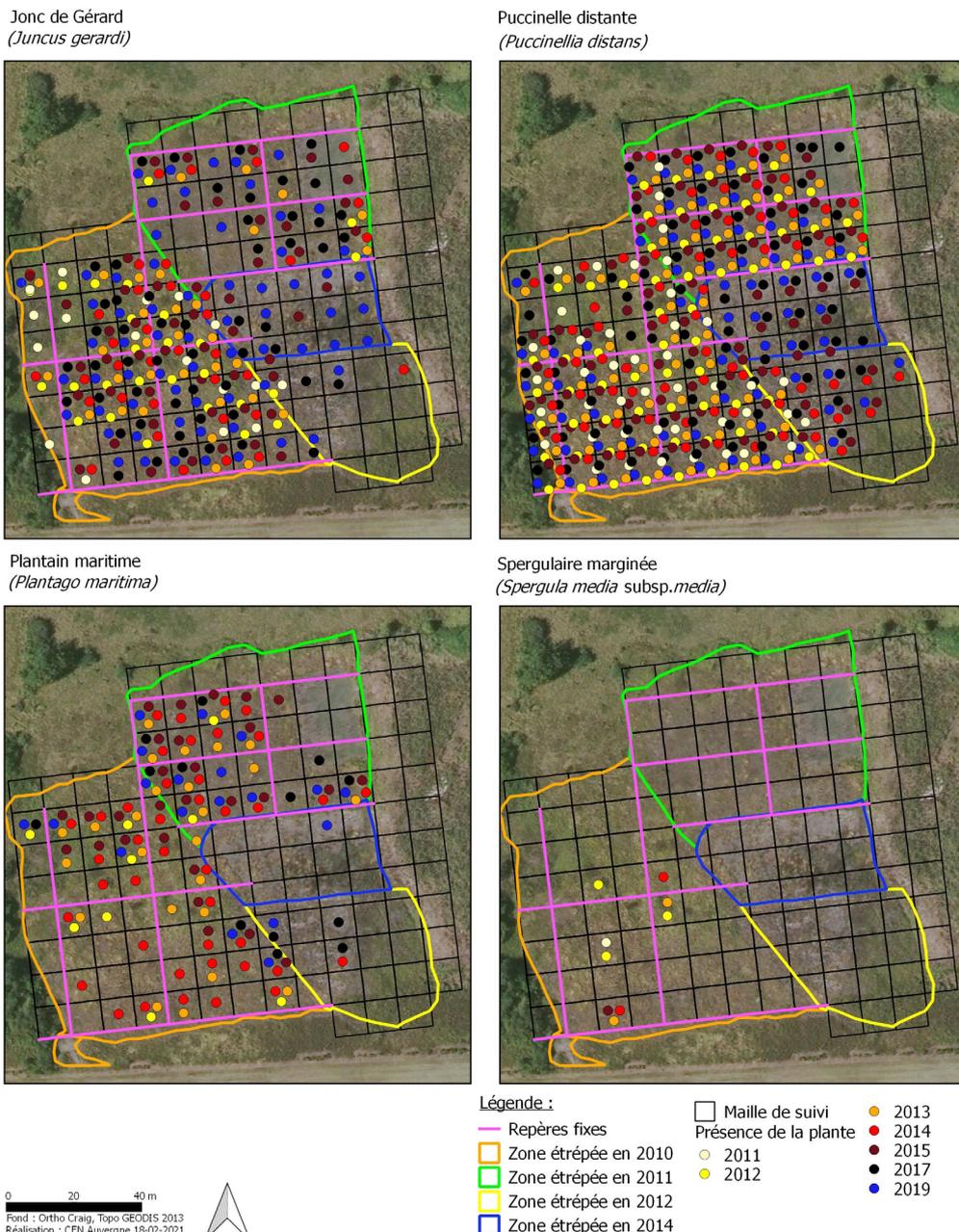
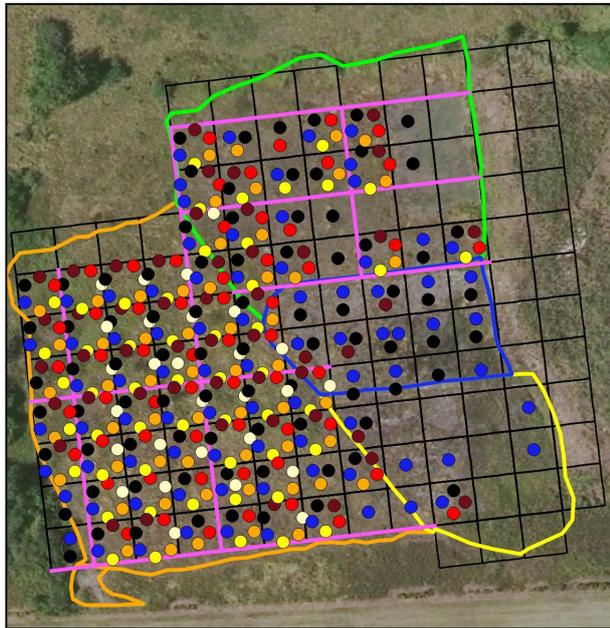
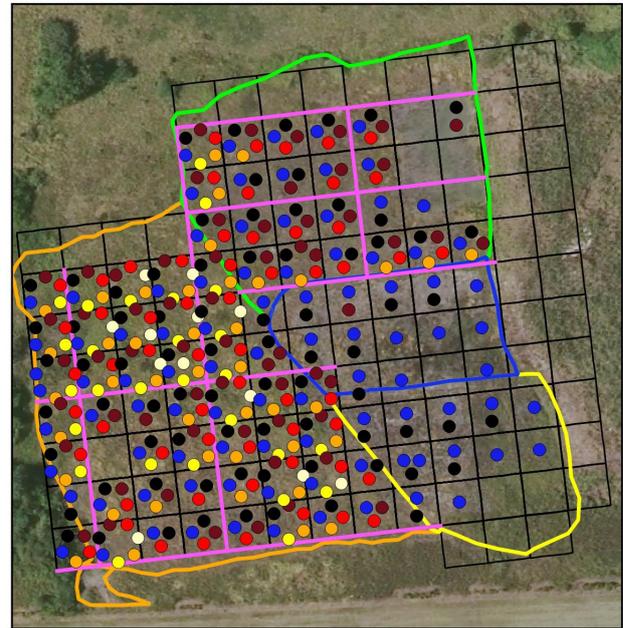


Figure 8 – Répartition spatiale des halophytes entre 2011 et 2019.

Lotier à feuilles ténues  
 (*Lotus glaber*)

 Inule d'Angleterre  
 (*Inula britannica*)


## Légende :

- |                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| — Repères fixes        | □ Maille de suivi       |
| □ Zone étrepée en 2010 | ○ Présence de la plante |
| □ Zone étrepée en 2011 | ○ 2011                  |
| □ Zone étrepée en 2012 | ○ 2012                  |
| □ Zone étrepée en 2014 | ○ 2013                  |
|                        | ○ 2014                  |
|                        | ○ 2015                  |
|                        | ○ 2017                  |
|                        | ○ 2019                  |

0 20 40 m  
 Fond : Ortho Craig, Topo GEODIS 2009  
 Réalisation : CEN Auvergne 09-03-2021



Figure 9 – Répartition spatiale des halotolérantes entre 2011 et 2019.

## Discussion

Dans l'évocation des résultats propres aux paramètres abiotiques de l'habitat, bien qu'il soit mentionné que les remontées d'eau minérale d'origine profonde ne sont pas homogènes sur le site, ce qui explique les délimitations nettes des différentes végétations, des mesures des teneurs en éléments (sodium, potassium, chlorure) auraient pu être réalisées au sein de la zone de travaux, complémentairement au suivi de la flore. En effet, nous n'avons à notre disposition que les taux de sodium mesurés hors zone de travaux (INRA 1996, non publié).

L'un des objectifs de cette étude était d'évaluer si la suppression du remblai permettrait le retour d'une flore constitutive d'une végétation de type pré salé continental. Parmi les 24 espèces cibles (Tab. 2), six ont été observées (soit un quart de la liste) au moins une fois dans la zone restaurée entre 2001 et 2019. Ces résultats sont positifs car parmi les 24 plantes théoriques, 9 pouvaient être potentiellement observées par rapport aux données bibliographiques. La zone restaurée a accueilli quelques pieds de *Spergula media*, qui est une espèce très halophile (valence 8), mais cette espèce a eu du mal à se maintenir lors des années sèches. Cependant, les travaux n'ont pas permis de restaurer les stations historiques des espèces considérées disparues telles que *Lysimachia maritima* ou *Taraxacum bessarabicum*.

Trois espèces potentiellement observables sur le site n'ont pas été recensées : *Bupleurum tenuissimum* a pu échapper aux observations car son optimum de floraison se situe en août-septembre, soit après la période d'inventaire réalisée en juillet. Des prospections complémentaires en août n'ont toutefois pas permis de l'observer non plus. *Hordeum secalinum* est une espèce naturellement peu fréquente sur le site. Enfin, pour *Bolboschoenus maritimus*, sa station actuelle dans un ancien fossé asséché est déjà peu vigoureuse, la zone restaurée semble trop sèche pour accueillir cette espèce.

Une approche complémentaire par l'analyse de la végétation aurait permis de rendre mieux compte de l'efficacité des travaux de restauration.

De plus, le suivi cartographique révèle également l'existence de deux secteurs peu ou pas colonisés (Fig. 10 et 11). Les enregistrements pédologiques et hydrologiques ont permis de caractériser ces zones qui correspondent d'une part au nord-est du site à une zone d'accumulation d'eau de pluie une grande partie de l'année et qui est de fait peu végétalisée et d'autre part à une zone au sud-est du site dans laquelle le sol n'est pas un sodisol (Fig. 10 et 11). Enfin, la météorologie a été très perturbée ces dernières années, avec globalement de fortes périodes de sécheresse et des températures estivales élevées comme en 2019 où la barre des 40 °C a été franchie (Infoclimat 2019) et où la sécheresse superficielle des sols de Limagne a atteint des

records en septembre. Cela peut entraîner des périodes de concentration des sels dans le sol favorable aux halophytes mais aussi une moindre disponibilité en eau pour les plantes halophiles les plus hygrophiles comme *Spergula media* qui régresse sur tout le site.



Figure 10 – Partie Nord-est du site peu végétalisée et où s'accumule l'eau de pluie, ©CEN Auvergne, SC, SP.



Figure 11 – Aperçu de la zone 3 après travaux, montrant déjà deux types de sols sous le remblai, ©CEN Auvergne.

Sur le plan méthodologique, la méthode de suivi par mailles permet d'avoir des informations précises de la dynamique d'installation de la flore. Toutefois, des points d'amélioration seraient possibles. Premièrement, le protocole mobilisé dans cette étude n'a pas permis une approche quantitative, ce qui ne nous permet pas de différencier entre un taxon qui recouvre toute la surface de la maille d'un taxon présent sous forme de pieds isolés, comme c'est souvent le cas pour *Spergula media*, *Plantago maritima* subsp. *maritima*. En second lieu, il aurait été

utile de pouvoir évaluer l'impact de la compétition spatiale entre espèces. Pour cela il aurait été nécessaire de relever en parallèle des plantes indicatrices cibles, la présence de plantes plus communes mais fortement concurrentielles comme *Agrostis stolonifera*, *Festuca* cf. *valesiaca* Schleich. ex Gaudin, ou *Senecio inaequidens* DC., qui est apparu en 2011 sur le site et ne cesse de s'étendre. Enfin, pour évaluer les potentiels d'installation des espèces, il aurait été intéressant d'estimer la banque de graines du sol. La mise à disposition de modèles fins de microtopographie (Lidar) permettrait aussi peut-être d'expliquer la répartition de certaines espèces, même si là encore, la mesure par mailles de 10m x 10m ne serait probablement pas assez précise en parallèle.

Ce type d'opération de suppression de remblais sur marais salés, qui a déjà été mené à trois reprises dans trois sites différents par le CEN Auvergne, montre clairement son efficacité. En effet, notamment sur le site du Sail (commune de Mirefleurs, 63), un suivi cartographique de la végétation a montré entre 2008 et 2018 une augmentation de la surface d'habitat de prés salés d'environ 0,2 ha (Cordonnier 2018), grâce aux travaux de suppression de remblai. Sur le site du marais salé de Beaumont, un suivi par mailles similaire à celui présenté dans cet article a également mis en avant l'efficacité d'occupation du site par les espèces halophiles, avec un retour de plusieurs espèces sur la majorité des mailles (*Puccinellia distans*, *Spergula media*), 5 ans après enlèvement d'un dépôt sauvage (CEN Auvergne 2016).

Il semble donc que ce type de suivi annuel puisse permettre de démontrer la restauration progressive de la flore de prés salés après décapage de remblais bien que le recouvrement n'ait pas été évalué. Cependant, la réactualisation de la cartographie de végétation comme sur le site du Sail peut s'avérer être un outil pertinent, si les moyens humains et financiers ne permettent pas un suivi annuel, pour évaluer la progression de surfaces de végétation sur le moyen terme (10 ans) suite aux travaux.

## Conclusion et perspectives

Les paramètres issus des études hydrogéologiques et la plupart des indicateurs de présence/absence des espèces spécifiques permettent de constater que la suppression du remblai a permis de restaurer les paramètres abiotiques (remontée d'eau minéralisée en surface) et le retour d'une flore constitutive d'une végétation de type pré salé continental.

Au final, les résultats obtenus sont suffisamment informatifs pour valider cette méthode de restauration. Nous maintiendrons notre dispositif de suivi des espèces cibles (mesure tous les cinq ans) pour estimer les effets à long terme de la restauration. Nous envisageons en particulier une actualisation de la cartographie de la végétation à une échelle fine afin d'estimer les surfaces de chaque type de végétation (2021) et le rajout dans le suivi des 104 mailles de la présence du Sénéçon du Cap, espèce exotique envahissante, et de la Fétuque du groupe *ovina* (cf. *valesiaca*), espèce probablement structurante des végétations stabilisées. En termes de gestion, la révision du document d'objectifs du site Natura 2000 en 2021 permettra de définir les actions de gestion à mettre en place. A minima, une poursuite de l'arrachage du Sénéçon du Cap dans la zone de travaux est prévue afin de limiter la concurrence vis-à-vis de la végétation des prés salés.

## Remerciements

Nous remercions les membres du conseil scientifique des CENs – commission Auvergne- pour leur contribution méthodologique.

Nous remercions les financeurs de cet article : État (ministère de la transition écologique et solidaire) et Union européenne (avec le concours du Fonds européen de développement rural).

## Références bibliographiques

- AnteaGroup, 2016. Etude hydrogéologique du marais de Cœur. Commune de Saint-Beauzire et Ménétrol (63). Rapport n° 83842A, Conservatoire des espaces naturels d'Auvergne, 52 p.
- AnteaGroup, 2017. Instrumentation d'ouvrages de captage des eaux souterraines et exploitations des données . Rapport n° 91271A. Manufacture des pneumatiques Michelin – site de Ladoux, 18 p.
- Antonetti Ph., Brugel E., Kessler F., Barbe J.P. & Tort M., 2006. *Atlas de la Flore d'Auvergne*. Conservatoire botanique national du Massif Central, 984 p.
- APPR, 2013. A71 2x3 voies / Gerzat - A75 -Marais salé de Saint Beauzire - Enlèvement de matériaux mis en dépôt. Egis France, Réf : 05571, 54 p.
- Bensettiti F., Bioret F., Roland J., Lacoste J.P., Gehu J.M., Glemarec M. & Bellan-Santini D., 2005. Cahiers d'habitats Natura 2000 : Habitats agropastoraux. La Documentation Française, Paris, 4, 487 p.
- Burgeap, 2000. Marais salé de St-Beauzire (63) – étude complémentaire du fonctionnement hydrologique. DIREN Auvergne, 9 p.+annexes.
- Burgeap, 2001. Marais salé de St-Beauzire (63) – investigations complémentaires – Phase II. DIREN Auvergne, 8 p.+annexes.
- CEPA, 2009. Document d'objectifs Natura 2000 « Marais salé de Saint-Beauzire » Site Fr 830-1037 Document de synthèse final validé par le comité de pilotage du 23 février 2009. Conservatoire des Espaces et Paysages d'Auvergne, 50 p.
- CEPA, 2015. Mise en œuvre du document d'objectifs du site Natura 2000 FR 830 1037 Marais salé de St-Beauzire. Compte-rendu du contrat Natura 2010-2014. Conservatoire des Espaces et Paysages d'Auvergne, 26 p.
- CEN Auvergne, 2016. Mise en œuvre du document d'objectifs du site Natura 2000 FR 830 1073 Coteaux de Montlaison – la Garenne – Prés salés de Beaumont. Compte-rendu d'exécution Année 2016. Conservatoire d'espaces naturels d'Auvergne, 20 p.
- CEN Auvergne (coordination), CBNMC, INRA UR3F Lusignan, 2018. Analyse de la diversité génétique entre les populations auvergnates et les populations littorales du Plantain maritime (*Plantago maritima* subsp. *maritima*). Manufacture des pneumatiques Michelin – site de Ladoux, 24 p.
- Choisnet G., Roux C., Cordonnier S., Hugonnot V. & Bioret F., 2020. La végétation des sources thermominérales salées d'Auvergne. BIOM 1 : 69-96.
- Conseil des Communautés Européennes, 1992. Journal officiel n° L 206 du 22/07/1992 p. 0007 – 0050. Directive 92/43/CEE du Conseil, du 21 mai 1992, concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:31992L0043>
- Cochran W. G., 1950. The comparison of percentages in matched samples. *Biometrika*, **37**: 256-266.
- Cordonnier S., 2012. *Sources et prés salés d'Auvergne*. Les guides naturalistes du Conservatoire d'espaces naturels d'Auvergne, Conservatoire d'espaces naturels d'Auvergne, 160 p.
- Cordonnier S., 2018. *Mise en œuvre du document d'objectifs du site Natura 2000 FR 830 1038 Val d'Allier Alagnon*. Suivi écologique des sources et prés salés. Conservatoire d'espaces naturels d'Auvergne, 35 p.
- Dejou J., 1979. *Les selins de la Limagne de Clermont-Ferrand : Aperçu pédologique et premiers résultats expérimentaux de leur mise en valeur*. I.N.R.A, B.T.I. 336, Clermont-Ferrand, p. 19-32.
- Dejou J., 1985. Les sols de la région de Clermont-Fd. *Revue des Sciences Naturelles d'Auvergne*, Vol. **51** : 25-35.
- Duthuret, 1722. *Plan des haut et bas marais de cœur et de Gerzat communs entre les habitants de Saint-Beauzire, Ménétrol et Bourrasol*. Sign. Duthuret, paraphé Gestin, Archives nationales de Paris, N/III/Puy-de-Dôme/17.
- Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W. & Paulsen, D., 1992. *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. (2ème édition) *Scripta geobotanica* (Göttingen Goltze), **18** : 1 -260.
- Gouvernement. Les nouveaux indicateurs (06/12/2016). <https://www.gouvernement.fr/indicateur-artificialisation-sols>. (15/05/2020)
- Hugonnot V. 2016. *Les bryophytes des Bas-Marais de Cœur (Saint-Beauzire) et Haut-Marais de Cœur (Ménétrol) (Puy-de-Dôme)*. Conservatoire botanique national du Massif central \ Michelin ; FEADER, Direction régionale de l'environnement Auvergne-Rhône-Alpes, 18 p.
- Infoclimat. *Climat de l'année à Clermont-Ferrand*. <https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2019/clermont-ferrand-aulnat/valeurs/07460.html> (15/05/2019)
- Julve Ph., 1998. Flore et végétation de la France et du Monde – CATMINAT. *Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France*. <http://philippe.julve.pagesperso-orange.fr/catminat.htm> (15/05/2020)
- Legifrance. JORF n°108 du 10 mai 1990 page 5552. Arrêté du 30 mars 1990 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Auvergne complétant la liste nationale. <https://beta.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000349624> (15/05/2020)
- Legifrance. JORF n°3 du 4 janvier 1992 page 187. LOI n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau (1) NOR: ENVX9100061L . <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/1992/1/3/ENVX9100061L/jo/texte> (15/05/2020)
- Planetoscope. *L'artificialisation des sols en France*. <https://www.planetoscope.com/sols/2024-l-artificialisation-des-sols-en-france.html> (19/05/2020)
- Servant J., Bornand M. & Dejou J., 1976. Sur la présence de sols à alcali dans la Limagne de Clermont-Ferrand. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris Série D*, **282** : 37-40.
- Scherfose V., 1990. Salz-Zeigerwerte von Gefäßpflanzen der Salzmarschen, Tiederöhrichte und Salzwassertümpel an der deutschen Nord- und Ostseeküste. *Jahresber. Niedersachs. Landesamt Wasser Abfall, Forschungst. Küste* **39** : 31-82.
- Thébaud G., Roux C., Bernard C.-E. & Delcoigne A., 2014. *Guide d'identification des végétations du nord du Massif central. Associations végétales et habitats naturels*. Éd. Presses universitaires Blaise Pascal, 274 p.
- Tison J.-M. & Foucault B. (coords), 2014. *Flora Gallica, Flore de France*. Éd. Biotope, Mèze, 1196 p.

# Le *Lescuraeetum mutabilis* Greter ex Wilm. 1962 dans le Massif central

Vincent Hugonnot

Le bourg 43 380 Blassac - [vincent.hugonnot@wanadoo.fr](mailto:vincent.hugonnot@wanadoo.fr)

Soumis le 23 octobre 2020  
Accepté le 23 décembre 2020  
Publié le 1 juin 2021

## Mots-clés

*Lescuraeetum mutabilis*  
Massif central  
*Lescuraea saviana*  
Hêtraies subalpines  
*Acerion pseudoplatani*  
Association cortico-humicole

## Keywords

*Lescuraeetum mutabilis*  
Massif central  
*Lescuraea saviana*  
Subalpine beech woods  
*Acerion pseudoplatani*  
Cortico-humicolous association

## Résumé

Le *Lescuraeetum mutabilis* Greter ex Wilm. 1962 (*Neckeretea complanatae* Marst. 1986) est une association corticole acidiphile colonisant la base des troncs tortueux des vieux hêtres, à l'étage subalpin, ou au montagnard supérieur, au sein de communautés trachéophytiques relevant respectivement de l'*Acerion pseudoplatani* (Oberdorfer 1957) Rameau in Rameau, Mansion & Dumé 1993 *nom. nud.*, du *Fagion sylvaticae* Luquet 1926 (pour les communautés neutrophiles) ou du *Luzulo luzuloidis-Fagion sylvaticae* Lohmeyer & Tüxen in Tüxen 1954 (pour les communautés acidiphiles). Cette association substratohygroclinophile, psychrophile, strictement inféodée aux forêts alticoles, est caractérisée dans le Massif central par la présence de 4 espèces : *Lescuraea saviana*, *L. mutabilis*, *Sciuro-hypnum reflexum* et *Sanionia uncinata*. La haute fréquence de *Lescuraea saviana* est une originalité régionale de l'association, considérée comme insuffisante pour définir une sous-association, mais permettant cependant l'individualisation d'une race géographique méridionale de cette association largement répandue dans les massifs montagneux du domaine tempéré européen. Cette association cryophile présente certainement une grande sensibilité vis-à-vis de l'augmentation des températures et des modifications du régime de précipitation et possède un fort enjeu conservatoire.

## Abstract

The *Lescuraeetum mutabilis* Greter ex Wilm. 1962 (*Neckeretea complanatae* Marst. 1986) is an acidophilic corticolous association colonizing the base of the tortuous trunks of old beech trees, at the subalpine level or at the upper mountain level, within tracheophytic communities belonging respectively to the *Acerion pseudoplatani* (Oberdorfer 1957) Rameau in Rameau, Mansion & Dumé 1993 *nom. nud.*, the *Fagion sylvaticae* Luquet 1926 (for neutrophilic communities) or the *Luzulo luzuloidis-Fagion sylvaticae* Lohmeyer & Tüxen in Tüxen 1954 (for acidophilic communities). This substratohygroclinophilic, psychrophilic association, strictly limited to high altitude forests, is characterized in the Massif central by the co-occurrence of 4 species: *Lescuraea saviana*, *L. mutabilis*, *Sciuro-hypnum reflexum* and *Sanionia uncinata*. The high frequency of *Lescuraea saviana* is a regional originality of the association, considered insufficient to define a sub-association, but nevertheless allowing the individualization of a southern geographic race of this widely distributed association in the mountainous massifs of the European temperate zone. This cryophilic association is certainly highly sensitive to temperature increases and changes in precipitation regime and presents a strong conservation challenge.

## Introduction

La bryosociologie est une discipline peu développée en France. Elle permet pourtant de dresser l'inventaire des végétations bryophytiques, en particulier dans les aires protégées, d'en préciser le déterminisme écologique et de les hiérarchiser au regard de leur valeur conservatoire. En raison de leur puissant caractère bio-indicateur (Hugonnot 2010), ces informations sont particulièrement utiles au gestionnaire dont le but est notamment de conserver les habitats dans un état satisfaisant. Outre les nombreuses communautés originales qui restent à décrire dans les multiples régions aux caractéristiques écologiques contrastées, un grand nombre d'associations déjà connues dans d'autres régions restent à étudier. Dans le Massif central, la diversité climatique, géologique, topographique, historique sont à l'origine d'une exceptionnelle richesse phytocénotique (Choisnet & Mulot 2008 ; Chabrol & Reimringer 2011 ; Thébaud et al. 2014). Plusieurs communautés bryophytiques nouvelles ont pu être décrites ces dernières années mais la tâche qui reste à accomplir est immense. Nous nous proposons de combler ces lacunes dans les années à venir par la publication régulière de communautés nouvelles, comme nous l'avons fait précédemment (Hugonnot 2020), ou par l'étude de communautés à fort enjeu conservatoire.

Lors de prospections bryologiques effectuées dans plusieurs grands massifs siliceux du Massif central, une communauté corticole subalpine remarquable par sa spécialisation écologique a pu être observée. Des relevés bryosociologiques ont été réalisés afin de mieux cerner l'originalité de cette communauté et de déterminer son statut syntaxonomique. Dans le présent article, nous publions les relevés originaux réalisés sur le terrain et décrivons ce groupement bryophytique dans le but de contribuer à la connaissance bryosociologique du Massif central.

## Méthode

Les prospections de terrain ont essentiellement été réalisées au cours des étés 2008, 2009, 2010, 2014 et 2015. Les échelles classiques d'abondance-dominance et de sociabilité ont été utilisées, comme préconisé dans Braun-Blanquet (1964). Les paramètres facilement évaluables ont également été relevés (pente, exposition, végétation vasculaire etc.) et sont consignés dans le tableau 1. Au total 32 relevés bryosociologiques ont été effectués.

La nomenclature des bryophytes suit Hodgetts et al. (2020) et Gargominy et al. (2020) pour les trachéophytes. Tous les relevés présentés ont été effectués par l'auteur.

## Résultats

Le *Lescuraetum mutabilis* a essentiellement été observé dans les monts Dores (Puy-de-Dôme), les monts du Cantal (Cantal), le Haut-Foréz (Puy-de-Dôme, Loire), la Margeride (Haute-Loire), le Pilat (Loire, Ardèche) et le Tanargue (Ardèche). Cette association est présente sur divers substrats géologiques acides, métamorphiques, plutoniques ou volcaniques. Les secteurs élevés des diverses régions citées reçoivent tous des précipitations abondantes, toujours supérieures à 1000-1100 mm/an mais

assez inégalement réparties, avec généralement un maximum de printemps et d'automne.

Le *Lescuraetum mutabilis* a été relevé à une moyenne altitudinale de 1454 m, et jamais en-dessous de 1370 m. Cette association est abondamment représentée dans des hêtraies et hêtraies-sapinières subalpines à tendance chionophile relevant de l'*Acerion pseudoplatani* (Oberdorfer 1957) Rameau in Rameau, Mansion & Dumé 1993 nom. nud. Ces hêtraies sont souvent rabougries avec des arbres au tronc tortueux, et se situent à la limite altitudinale supérieure de la forêt. En fonction des régions écologiques, les associations végétales concernées sont différentes mais encore méconnues. Les espèces signalétiques sont notamment des hygrophiles de mégaphorbaies comme *Rumex arifolius* All., *Veratrum album* L., *Doronicum austriacum* Jacq. etc. ainsi que des espèces hygrocliclophiles comme *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A.Gray etc. L'association d'accueil la plus représentée dans le Foréz, les monts du Cantal, les monts Dores etc. est l'*Acerion pseudoplatani-Fagetum sylvaticae* (Issler 1924) J. & M. Barsch 1940, relayée sur substrats volcaniques ou vers le sud par d'autres associations encore insuffisamment étudiées.

Le *Lescuraetum mutabilis* peut s'observer également dans des forêts (essentiellement des hêtraies) de l'étage montagnard supérieur, se situant à la charnière entre le *Fagion sylvaticae* Luquet 1926 (pour les communautés neutrophiles), le *Luzulo luzuloidis-Fagion sylvaticae* Lohmeyer & Tüxen in Tüxen 1954 (pour les communautés acidiphiles) et l'*Acerion pseudoplatani*. Les communautés relevant de ces trois alliances, vers la limite supérieure de l'étage montagnard, présentent des caractéristiques structurales communes qui semblent déterminantes pour le développement du *Lescuraetum mutabilis* : couvert forestier assez dense (recouvrement de la strate arborescente proche de 80-90 %), mais cépées distantes les unes des autres et arbres aux troncs tortueux.

Le *Lescuraetum mutabilis* est donc une association corticole acidiphile, sciaphile, inféodée aux hêtraies et hêtraies-sapinières à caractère subalpin (Fig. 1). Les surfaces colonisées par cette association sont limitées de fait par la taille des arbres concernés. Généralement la superficie est de quelques dm<sup>2</sup> d'un seul tenant à la base des troncs tortueux. L'association est presque strictement liée aux troncs des hêtres. Elle est plus exceptionnelle sur Sapin, Érable sycomore ou Sorbier des oiseleurs. Les sapins sont souvent beaucoup moins inclinés que les hêtres et ce constat permet peut-être d'expliquer cette relative rareté.

Les expositions des versants forestiers les plus favorables sont très majoritairement des expositions froides (essentiellement nord). L'exposition de la communauté sur le tronc est également majoritairement nord.

L'association colonise la base des troncs inclinés (pente moyenne des troncs d'au moins de 40°), sur lesquels une mince couche de matière organique peut s'accumuler. Généralement l'écorce des hêtres souffreteux présente des fissures qui contribuent à la rétention d'un protosol. De manière remarquable, l'association ne semble pas capable d'investir les rochers siliceux situés à proximité, sur lesquels une quantité significative de matière



Figure 1 - Hêtraie du montagnard supérieur (noter les arbres tortueux et l'absence quasi complète de strate herbacée).

organique peut pourtant être retenue. Sur rochers, d'autres associations prennent le relais, notamment le *Grimmia hartmanii-Hypnetum cupressiformis* Störm. ex Phil. 1956.

Les espèces constitutives de l'association sont recouvertes par la neige de manière assez durable au cours de l'hiver et bénéficient d'une élévation sensible de l'hygrométrie tout au long de l'année, en raison de l'altitude, de l'exposition, de la présence fréquente de talwegs ruisselants à proximité et du dense couvert forestier. Soulignons toutefois que la communauté peut connaître des périodes d'éclairement supérieur en raison de l'absence des feuilles des hêtres au cours de l'automne-hiver.

## Discussion

**Bryosociologie (Tab. 1) : *Lescuraetum mutabilis* Greter ex Wilm. 1962 (Tab. 1, relevés 1 à 32)**

Le *Lescuraetum mutabilis* est floristiquement caractérisé par la présence combinée de 3 espèces, ce qui n'est pas fréquent dans le cas des communautés muscinales (qui sont généralement paucivoire monocaractéristiques) : *Lescuraea mutabilis*, *Sciuro-hypnum reflexum*, *Sanionia uncinata*. Localement, dans le Massif central, cette association est de surcroît caractérisée par la fréquence élevée, et souvent par une dominance, de *Lescuraea saviana*. Les espèces des unités supérieures sont plus ou moins bien représentées, avec notamment *Pterigynandrum filiforme*, *Porella cordaeana*, *Paraleucobryum longifolium* et *Pseudoamblystegium subtile*.

Cette association reste toutefois paucispécifique (moyenne du nombre de taxons : 5,9) à l'instar de nombreuses autres associations bryophytiques. Le nombre total de taxons est cependant variable d'un relevé à l'autre (de 3 à 14 ; écart type : 2,95). Les mousses dominant pratiquement toujours, les hépatiques à feuilles jouant un rôle physiologique de second plan. Le recouvrement moyen de cette association est particulièrement élevé, dépassant 90 % (93,6 % de moyenne) (Fig. 1).

Comme précisé plus haut, le *Lescuraetum mutabilis* est une association variable, qui peut s'appauvrir considérablement,

sans que les facteurs en cause apparaissent toujours clairement. Les formes riches en espèces présentent les 4 caractéristiques réunies, ainsi que des taxons des unités supérieures plus ou moins nombreux. Au contraire, les formes pauvres sont dominées par une seule pleurocarpe caractéristique (*Lescuraea saviana* ou *Sciuro-hypnum reflexum*) et de rares espèces des unités supérieures (notamment *Porella cordaeana*). Les formes les plus riches de l'association (relevés 12, 1, 3, 5, 2 et 23), comportant plusieurs caractéristiques, des espèces des unités supérieures ainsi qu'un important lot de compagnes, témoignent vraisemblablement d'un épaissement du revêtement humifère de la base du tronc porteur, permettant une saturation en taxons exigeants quant au niveau d'humidité (*Ptychostomum moravicum*, *Rhytidiadelphus loreus*, plusieurs hépatiques à feuilles). L'appauvrissement lié à un abaissement de l'altitude se traduit généralement par une augmentation de la fréquence et du recouvrement de *Paraleucobryum longifolium* et la totale disparition de *Lescuraea saviana* et de *L. mutabilis*. Au contraire, à la limite altitudinale supérieure de la forêt, l'association se modifie considérablement pour ne plus être représentée, à l'extrême, par des manchons de *Lescuraea mutabilis* colonisant les troncs de petit diamètre et les branches des arbres et arbustes. D'autre part, des formes basales de cette association sont parfois reconnues à plus faible altitude, au contact avec l'étage montagnard (relevés 12, 18 et 19). La « communauté à *Sciuro-hypnum reflexum* Philippi 1983 » est un de ces groupements de transition.

On remarquera enfin que les individus les mieux caractérisés de l'association (relevés 4, 7, 25, 27, 29) ne présentent qu'un nombre de taxons de rang supérieur faible, et d'une manière générale, peu de compagnes. À l'inverse, les formes appauvries comportent de nombreux taxons de Classe et d'Ordre et de nombreuses compagnes. Cette constatation illustre les phénomènes de compétition intense qui s'exercent à l'échelle d'un phorophyte et qui ne permettent qu'exceptionnellement la coexistence de taxons nombreux sur le même support.

## Syntaxonomie

Le classement syntaxonomique du *Lescuraetum mutabilis* a été discuté auparavant (Schlüßlmayr 2005). Marstaller (2006) le considère comme faisant partie des *Cladonio digitatae-Lepidozietea reptantis* (communautés hygroclinophiles des supports organiques en décomposition et des sols acides) alors que Von Hübschmann (1986), suivi en cela par Bardat & Hauguel (2002), l'intègre dans la classe des *Neckeretea complanatae* (communautés hygroclinophiles des roches et des écorces riches en bases). L'examen de nos relevés plaide sans ambiguïté pour cette deuxième option. En revanche, le placement au sein de l'*Antitrichion curtispendulae* v. Krus. 1945, préconisé par Von Hübschmann (1986) semble plus discutable et essentiellement de nature écologique plus que floristique. Le rattachement proposé par Dierssen (2001), dans le *Neckerion complanatae*, semble préférable en l'état actuel des connaissances.

Le concept même du *Lescuraetum* a évolué au cours du temps. Originellement décrite par Greter (1936), cette communauté a été définie plus étroitement suite aux travaux de Schlüsslmayr (2005) qui en a exclu le *Paraleucobryetum sauteri*, considérant cette dernière comme moins alticole, plus sciaphile et plus nettement

humicole. La présence en France de cette dernière association est probable bien qu'elle n'ait pas été signalée formellement. Il semble judicieux de suivre l'opinion de Schlüsslmayr et d'exclure cette association de la variabilité du *Lescuraetum mutabilis*, qui se trouve de ce fait plus facile à cerner au plan écologico-syntaxonomique.

La présence et la haute fréquence de *Lescuraea saviana* dans nos relevés pourrait être un argument en faveur de l'individualisation d'une sous-association nouvelle, qui serait la première à être décrite au sein de cette association. Le *Lescuraetum mutabilis* est une association largement répandue (voir ci-dessous), présentant probablement plusieurs races géographiques distinctes, dont l'une est signalée par la présence de *Lescuraea saviana*. D'une manière générale, il apparaît que la bryosociologie a longtemps souffert de la description de syntaxons ne comportant qu'une seule espèce caractéristique. Cette approche est justifiée lorsque les caractéristiques écologiques sont par ailleurs bien tranchées. Dans le cas de la communauté étudiée à *Lescuraea saviana*, aucune différenciation écologique ne semble apparente par rapport à l'association telle qu'elle est décrite dans l'est de l'Europe de sorte qu'il semble préférable de s'en tenir au rang de race géographique.

Nous proposons donc de placer le *Lescuraetum mutabilis* au sein de l'architecture syntaxonomique suivante :

- Neckeretea complanatae* Marstaller 1986
- Neckeretalia complanatae* Ježek & Vondr. 1962
- Neckerion complanatae* Šm. & Had. ex Kl. 1948 [nom. cons. propos. (Marstaller, 2006)]
- Lescuraetum mutabilis* Greter ex Wilm. 1962

## Distribution du *Lescuraetum mutabilis*

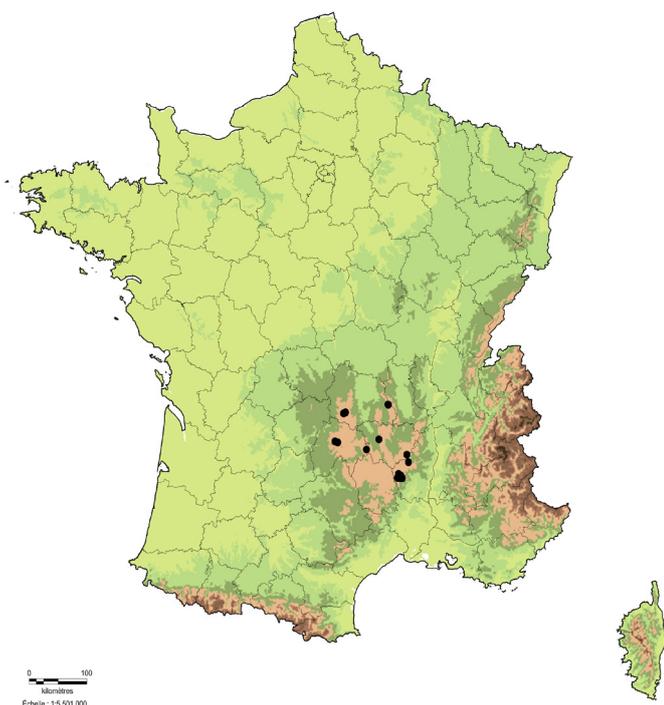


Figure 2 – Localisation des relevés bryosociologiques.

Le *Lescuraetum mutabilis* est une association européenne relativement mal connue, du domaine tempéré-montagnard (Marstaller 2006). Elle est formellement signalée dans les Alpes (Greter 1936 ; Schlüsslmayr 2005) et dans le Massif central. Dans cette dernière région, l'association s'est montrée bien représentée dans les massifs les plus élevés (monts Dorés, monts du Cantal, Haut-Forez, Margeride, Pilat, Tanargue; Fig. 2). Sa présence dans les massifs marginaux, (Cévennes, Montagne Noire, monts du Vivarais, plateau de Millevaches, Morvan etc.) est à démontrer. Les hêtraies à caractère subalpin du mont Aigoual semblent particulièrement potentielles (voir Kleszczewski et al. 2020).

Au vu de la répartition des espèces constitutives, sa distribution pourrait s'étendre aux Pyrénées, aux Apennins, aux Carpates et probablement aux Balkans. Elle pourrait vraisemblablement exister dans le Caucase mais cela reste à vérifier. Elle ne semble pas potentielle dans les îles britanniques ou en Irlande ni dans les Scandes.

L'existence de la race géographique à *Lescuraea saviana* est vraisemblable dans d'autres régions du sud de l'Europe, notamment dans la péninsule Ibérique et l'Italie. En France, elle est à rechercher et sa distribution à compléter. Il est probable que d'autres races vicariantes de cette association largement répandue dans les systèmes montagneux européens restent à décrire.

## Syndynamique

La dynamique du *Lescuraetum mutabilis* est difficile à retracer et à mettre en relation avec l'évolution des caractéristiques micro-stationnelles des arbres supports. La mise en place de suivis diachroniques serait intéressante et facile à mettre en œuvre sur des supports aussi stables que des vieux hêtres. L'association possède un caractère permanent dans la mesure où le stade forestier est lui-même stable à cette altitude. Dans des conditions naturelles (c'est-à-dire en l'absence de sylviculture), il est vraisemblable que l'association se structure lentement en relation avec l'accumulation progressive de matière organique sur les troncs inclinés et se sature en taxons humicoles au fil des ans. Les conditions climatiques contraignantes permettent de supposer que cette évolution est lente, et peut prendre plusieurs dizaines d'années, voire plus. En ce sens, cette association pourrait présenter un lien fort avec des systèmes forestiers anciens et peu perturbés.

Une fois installé le *Lescuraetum mutabilis* peut subir des perturbations d'origine naturelle, liées à l'activité de la grande faune, ou à l'action de la gravité et du poids de la neige qui peut entraîner un décapage des troncs et conduire à un rajeunissement de l'association.

## Conservation

Plusieurs des espèces de l'association sont considérées comme menacées à l'échelle de l'Auvergne, en particulier *Brachythecium geheebii* et *Lescuraea saviana* (Hugonnot & Celle 2015), qui sont par ailleurs deux espèces rares en France et probablement menacées, mais leurs statuts demeurent incertains en raison de l'absence de liste rouge nationale. *Lescuraea saviana* est d'ailleurs

très fréquente et souvent abondante dans l'association.

L'association en elle-même, bien que vraisemblablement largement répandue dans les principaux massifs européens, n'en reste pas moins rare et cantonnée à des systèmes forestiers matures en excellent état de conservation, dominés par des arbres âgés.

Cette association humicole et cryophile présente certainement une grande sensibilité vis-à-vis des conditions climatiques. À l'instar d'autres communautés alticoles, il est presque certain que cette association verra les surfaces potentiellement favorables se rétracter dans les années à venir à cause du réchauffement climatique. Il est souvent délicat de relier la régression de communautés bryophytiques avec des changements globaux, mais dans ce cas précis, la nature discrète des supports et le fort lien à des conditions subalpines en font une sentinelle de choix.

En dehors de paramètres macroclimatiques sur lesquels on peut difficilement avoir prise, les menaces pesant sur cette communauté sont surtout liées à une gestion forestière plus intensive. Les coupes à blanc sont à proscrire étant donné la sciaphilie du groupement. Du reste, le maintien de cette association est probablement compatible avec une gestion sylvicole respectueuse des ambiances forestières humides.

Notons enfin qu'il serait intéressant de préciser les variations floristiques du *Lescuraetum mutabilis* en relation avec le gradient altitudinal par une approche combinant trachéo- et bryosociologie. Une analyse structurale de ces systèmes forestiers serait également instructive dans un souci de meilleure prise en compte des communautés muscinales associées aux forêts d'altitude du Massif central.

## Remerciements

Ils s'adressent à Florine Pépin pour la relecture critique du manuscrit. Thierry Vergne a réalisé la carte illustrant cet article. Merci aux relecteurs pour leurs apports respectifs qui ont contribué à améliorer sensiblement cet article.

## Références

- Bardat J. & Hauguel J.-C., 2002. Synopsis bryosociologique pour la France. *Cryptogamie, Bryologie*, **23** : 279-343.
- Braun-Blanquet J., 1964. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. 3e éd., Springer, Wien-New York, 865 p.
- Chabrol L. & Reimringer K., 2011. *Catalogue des végétations du Parc naturel de Millevaches en Limousin*. Parc naturel régional de Millevaches, Conservatoire botanique national du Massif central, 240 p.
- Choisnet G. & Mulot P.-E., 2008. *Catalogue des végétations du Parc naturel régional des Monts d'Ardèche*. Conseil régional Rhône-Alpes, Conservatoire botanique national du Massif central, 263 p.
- Dierssen K., 2001. Distribution, ecological amplitude and phytosociological characterization of European bryophytes. *Bryophytorum Bibliotheca*, **56** : 1-289.
- Gargominy O., Terceire S., Régnier C., Ramage T., Dupont P., Daszkiewicz, P. & Poncet L., 2020. TAXREF v14, référentiel taxonomique pour la France : méthodologie, mise en œuvre et diffusion. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. Rapport UMS PatriNat (OFB-CNRS-MNHN), 63 p.
- Greter P.F., 1936. *Die Laubmoose der oberen Engelbergtales*. Diss. Freiburg/Schweiz, 312 p. Engelberg.
- Hodgetts N.G., Söderström L., Blockeel T.L., Caspari S., Ignatov M.S., Konstantinova N.A., Lockhart N., Papp B., Schröck C., Sim-Sim M., Bell D., Bell N.E., Blom H.H., Bruggeman-Nannenga M.A., Brugués M., Enroth J., Flatberg K.I., Garilleti R., Hedenäs L., Holyoak D.T., Hugonnot V., Kariyawasam I., Köckinger H., Kučera J., Lara F. & Porley R.D., 2020. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus. *Journal of Bryology*, **42** : 1-116.
- Hübschmann A.v., 1986. Prodröm der Moosgesellschaften Zentraleuropas. *Bryophytorum Bibliotheca*, **32** : 1-413.
- Hugonnot V., 2010. Les bryophytes, de précieux indicateurs encore trop peu connus en région Rhône-Alpes. *Bulletin de la Société Linnéenne de Lyon*, **HS**, **2** : 195-200.
- Hugonnot V., 2020. Une association bryophytique nouvelle, endémique du puy de Dôme (Puy-de-Dôme, Auvergne-Rhône-Alpes) : le *Gymnomitrio coralloididis-Barbilophozietum sudeticae*. *BIOM*, **1** : 12-20.
- Hugonnot V. & Celle J., 2015. Première liste rouge des bryophytes d'Auvergne. *Evaxiana*, **1** : 5-29.
- Issler E., 1924. Les Associations végétales des Vosges méridionales et de la plaine rhénane avoisinante. Les Forêts, A: Les associations d'arbres feuillus. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Colmar*, N.S., **XVII** (1922 - 1923) : 1-65.
- Kleszczewski M., Pouget L., Lecoq M., Oudot M., Gautier K. & Bossaert M., 2020. Contribution à la connaissance de l'étage subalpin dans le massif du mont Aigoual (Gard, Lozère) : synthèse bibliographique, délimitation, caractérisation floristique, et comparaison à l'échelle du Massif central. *BIOM*, **1** : 49-68.
- Marstaller R., 2006. Syntaxonomischer Konspekt der Moosgesellschaften Europas und angrenzender Gebiete. *Haussknechtia Beiheft*, **13** : 1-192.
- Schlüsslmayr G., 2005. Soziologische Moosflora des südöstlichen Oberösterreich. *Stapfia*, **84** : 1-695.
- 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.

Tableau 1- Relevés bryosociologiques.

Numéro de relevé	19	18	26	14	15	17	9	10	11	13	7	4	27	22	25	29	20	8	32	28	30	21	16	24	6	31	12	1	3	5	2	23	
Altitude (m)	1490	1490	1480	1480	1480	1480	1480	1480	1480	1480	1380	1495	1480	1490	1480	1400	1490	1430	1370	1400	1400	1490	1480	1480	1440	1400	1430	1420	1425	1420	1440	1490	
Pente du relevé (°)	80	30	45	0	20	45	40	40	40	35	30	40	40	15	0	45	10	35	10	35	70	80	70	45	45	90	15	30	15	35	45	45	
Exposition relevé	NO	N	SO	NE	N	E	N	N	N	O	N	NE	S	E	N	SE	SO	N	S	N	NO	SO	N	N	N	N	O	O	NE	NE	N	NE	
Exposition versant	N	N	N	NE	N	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	SE	N	N	N	SE	N	N	N	N	N	SE	N	N	N	N	N	N	
Surface (m²)	0,06	0,08	0,08	0,03	0,08	0,1	0,05	0,04	0,1	0,04	0,1	0,1	0,04	0,1	0,05	0,04	0,08	0,1	0,24	0,05	0,05	0,12	0,06	0,1	0,1	0,04	0,05	0,1	0,05	0,05	0,2	0,04	
Recouvrement total (%)	100	100	100	80	100	95	95	100	100	95	100	95	100	100	80	60	100	100	95	70	80	100	100	100	95	80	90	99	100	98	100	90	
Nombre de lignes	4	3	5	4	6	7	5	6	8	5	8	7	6	3	5	4	5	3	7	3	5	3	4	3	7	4	5	10	13	14	13	6	
<b>Lescuraetum mutabilis</b> Greter ex Wilm. 1962																																	
<i>Lescurea saviana</i> (De Not.) E.Lawton			3.4	4.5	5.5	3.4	3.4	4.5	3.4	1.2	3.4	4.5	3.4	5.5	1.3	3.4	3.3	3.4	4.5	2.2	3.4	5.5	4.5		2.3	3.3		4.4	4.5	3.4	3.4	3.4	V
<i>Sciuro-hypnum reflexum</i> (Starke) Ignatov & Huttunen	4.5	5.5	3.4		+	2.1					3.4	3.4	2.4	1.1	4.5	3.4	4.5		2.4	4.5	2.3	+	2.4	5.5			4.5	3.4	4.5		1.2	2.2	IV
<i>Lescurea mutabilis</i> (Brid.) Lindb. ex I.Hagen				2.4	1.3	2.2	4.5	4.5	4.4		4.4	4.5	1.3		2.4	1.3		5.5	+	2.4	2.2		2.4	1.3									III
<i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske							4.5	4.5	4.5	2.3	4.5	4.4	2.2		1.1	3.4	1.2											2.3		3.4			II
<b>Unités supérieures</b>																																	
<i>Pterigynandrum filiforme</i> Hedw.						2.4	4.5	4.5	3.4	5.5	4.5	4.4	4.4		3.3		+	3.4	3.4		4.4	1.3	2.4	1.1	4.4	3.4	4.5	5.5	4.4	3.4	5.5		IV
<i>Porella cordaeana</i> (Huebener) Moore	2.4	1.3	+	+	+	2.4	3.4		4.4		4.4										+				2.3	2.2	3.4	2.3		3.4		1.4	III
<i>Metzgeria furcata</i> (L.) Dumort.		+				1.3		2.3	2.3	+															2.3				1.2	2.3			II
<i>Paraleucobryum longifolium</i> (Hedw.) Loeske										4.4		3.4		1.3			1.4										2.3	3.4	3.4		4.5		II
<i>Pseudoamblystegium subtile</i> (Hedw.) Vanderp. & Hedenäs																									3.4	3.4			1.2	2.3			I
<i>Radula complanata</i> (L.) Dumort.			+					2.3			2.3														2.3				2.3				I
<i>Isothecium alopecuroides</i> (Lam. ex Dubois) Isov.																											2.3	3.4	3.4				+
<i>Pseudoleskeella nervosa</i> (Brid.) Nyholm				1.3	+	+																											+
<i>Sciuro-hypnum populeum</i> (Hedw.) Ignatov & Huttunen																									1.2								r
<i>Brachythecium geheebii</i> Milde																													4.4				r
<b>Compagnes</b>																																	
<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw. var. <i>cupressiforme</i>			+								3.4	3.4	+																3.4	3.4	3.4		II
<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.																					+							1.2	3.4	2.3	2.3	1.4	I
<i>Plagiochila porelloides</i> (Torrey ex Nees) Lindenb.																											3.4	2.3	3.4	4.4	3.4		I
<i>Ptychostomum moravicum</i> (Podp.) Ros & Mazimpaka						1.3																								3.4		1.4	+
<i>Rhytidiadelphus loreus</i> (Hedw.) Warnst.																											1.2			2.3		+	
<i>Antitrichia curtipendula</i> (Timm ex Hedw.) Brid.																													1.2	2.3		+	
<i>Brachythecium salebrosum</i> (Hoffm. ex F.Weber & D.Mohr) Schimp.											2.3																			2.3	+	+	
<i>Mnium stellare</i> Hedw.										3.4																	2.3					+	
<i>Barbilophozia barbata</i> (Schmidel ex Schreb.) Loeske																													3.4			r	
<i>Barbilophozia hatcheri</i> (A.Evans) Loeske																														1.2		r	
<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.																						1.1										r	
<i>Lophozia longidens</i> (Lindb.) Konstant. & Vilnet																													2.3		r		
<i>Plagiothecium denticulatum</i> (Hedw.) Schimp.	1.4																															r	
<i>Plagiothecium curvifolium</i> Schlieph. ex Limpr.																																r	
<i>Syntrichia ruralis</i> (Hedw.) F.Weber & D.Mohr var. <i>ruralis</i>	1.4																															r	
<i>Plagiothecium denticulatum</i> (Hedw.) Schimp. var. <i>denticulatum</i>																													2.3			r	
<i>Tortella tortuosa</i> (Hedw.) Limpr.																														1.2		r	

# Les Hémiptères Pentatomoidea des collections du muséum Henri-Lecoq de Clermont-Ferrand

Luc Belenguier

123 avenue Joseph Claussat, F- 63400 Chamalières - [l.belenguier@gmail.com](mailto:l.belenguier@gmail.com)

Soumis le 11 janvier 2021  
Accepté le 23 février 2021  
Publié le 1 juin 2021

## Mots-clés

Pentatomoidea  
Collections muséum  
Henri-Lecoq  
Clermont-Ferrand

## Keywords

Pentatomoidea  
Henri-Lecoq museum  
collections  
Clermont-Ferrand

## Résumé

L'inventaire des hémiptères Pentatomoidea des collections du muséum Henri-Lecoq a été réalisé en 2019. Six collections de naturalistes auvergnats rassemblant 210 spécimens ont été inventoriées. Cinq familles parmi les Pentatomoidea sont étudiées. Les données originales figurant sur les étiquettes et les identifications de 2019 sont présentées afin de valoriser cette connaissance historique et naturaliste. Les spécimens sont majoritairement originaires d'Auvergne mais concernent douze départements français métropolitains au total. La période couverte par les collectes s'étend de 1900 à 2005. Certains spécimens apportent des informations utiles sur la répartition des espèces au regard des connaissances actuelles.

## Abstract

The inventory of Pentatomoidea hemipterans in the collections of the Henri-Lecoq museum was carried out in 2019. Six collections of Auvergne naturalists with 210 specimens were inventoried. Five families among the Pentatomoidea are studied. The original data appearing on the labels and identifications of 2019 are presented in order to enhance this historical and naturalist knowledge. The specimens are mainly from Auvergne but concern twelve French metropolitan departments in total. The period covered by the collections is from 1900 to 2005. Some specimens provide useful information on the distribution of species with regard to current knowledge.

## Introduction

En France métropolitaine, la superfamille des Pentatomoidea comprend 6 familles, 71 genres et 152 espèces (156 taxons de rang subspécifique) (Lupoli & Dusoulrier 2015). Les 6 familles concernées sont : Acanthosomatidae Signoret, 1864 (7 espèces), Cydnidae Billberg, 1820 (31 espèces), Thyreocoridae Amyot & Serville, 1843 (2 espèces), Scutelleridae Leach, 1815 (19 espèces), Plataspidae Dallas, 1851 (1 espèce) et Pentatomidae Leach, 1815 (92 espèces). La connaissance des Pentatomoidea reste lacunaire. Si la réalisation d'inventaires est un incontournable pour améliorer cette connaissance, la révision des collections historiques, lorsqu'elles ont pu être constituées, conservées et rendues disponibles, constitue également une nécessité.

Aussi, afin de valoriser la connaissance historique et le travail des naturalistes ayant constitué des collections, l'inventaire des Pentatomoidea des collections du muséum Henri-Lecoq à Clermont-Ferrand a été entrepris. Cet inventaire s'inscrit dans une démarche plus globale de catalogue des Pentatomoidea d'Auvergne.

La méthodologie employée est décrite puis sont présentées, par collection, les informations contenues sur les étiquettes originales ainsi que le résultat de l'inventaire 2019. Une analyse de l'ensemble est ensuite effectuée quant à la composition systématique, géographique et historique de ces collections. Enfin, la contribution à la biogéographie de ces collections est présentée au regard de quelques spécimens particuliers.

## Méthodologie de l'inventaire

L'inventaire a été réalisé en 2019 au muséum Henri-Lecoq à Clermont-Ferrand. Les boîtes de collections contenant un ou des individus de Pentatomoidea ont été sélectionnées par Philippe Bachelard, entomologiste à la Société d'Histoire naturelle Alcide-d'Orbigny, partenaire du muséum (Fig. 1). La méthode d'inventaire utilisée s'inspire de celle proposée par Dusoulrier (2008).



Figure 1 – Boîtes entomologiques contenant des Pentatomoidea.

Pour chaque spécimen, les informations contenues sur les étiquettes originales ont été saisies et une détermination de l'individu réalisée. Une étiquette portant l'identification de 2019 (nom complet du taxon suivant la nomenclature de Lupoli & Dusoulrier (2015) a été ajoutée (Fig. 2).



Figure 2 – Un individu d'*Acanthosoma haemorrhoidale* (Linnaeus, 1758) dans la collection Cornut-Gentille et de *Chlorochroa pinicola* (Mulsant & Rey, 1852) de la collection Duvert identifiés en 2019.

Après examen sur place, six spécimens de *Canthophorus* Mulsant & Rey, 1866 (cinq individus de la collection Vergne et un spécimen de la collection Lachiver) ont été transmis à François Dusoulrier avec l'autorisation du muséum Henri-Lecoq pour dissection afin de garantir l'identification spécifique.

Le résultat de l'inventaire est d'abord présenté par collection (Tableaux 1 à 6) puis analysé globalement (Tableaux 7 à 10).

Les éléments inscrits sur les étiquettes originales sont présentés. Plusieurs champs sont ainsi renseignés :

- Identification : taxons déterminés par l'auteur (ou par le déterminateur de l'époque le cas échéant) tels qu'ils sont écrits sur l'étiquette originale. Parfois l'identification manque ou se limite au genre. Il peut également être noté avec un point d'interrogation ;
- Commune : communes de collecte des spécimens telles qu'elles sont écrites sur l'étiquette originale. Parfois non renseigné. La commune de rattachement proposée en 2019 est alors écrite en vert afin de compléter la donnée lorsque cela est possible ;
- Lieu-dit : lieux-dits de collecte des spécimens tels qu'ils sont écrits sur l'étiquette originale. Parfois non renseigné ;
- Autres indications : informations complémentaires sur la collecte telles qu'elles sont écrites sur l'étiquette originale ;
- Déterminateur : personne ayant déterminé le spécimen le cas échéant, si précisé et différent du collecteur ;
- Altitude : altitude de collecte des spécimens. Parfois non renseigné ;
- J : jour de collecte des spécimens. Parfois non renseigné ;
- M : mois de collecte des spécimens. Parfois non renseigné ;
- A : année de collecte des spécimens. Parfois non renseigné ;
- Dépt : département de collecte des spécimens.

Renseigné sous forme de texte ou numéro tels qu'ils sont écrits sur l'étiquette originale et parfois non renseigné. Le numéro du département de rattachement proposé en 2019 est alors écrit en vert afin de compléter la donnée lorsque cela est possible.

En cas d'absence d'information sur la commune et le lieu-dit sur les étiquettes originales, le département de rattachement est proposé par Philippe Bachelard sur la base de la connaissance des collecteurs et de leurs habitudes (Bachelard & Faure 2017). Parfois, le rattachement de la donnée à un département est impossible.

L'inventaire 2019 apporte plusieurs informations, renseignées dans les champs suivants :

- Famille : famille d'appartenance des spécimens ;
- Étiquette 2019 : détermination (nom complet du taxon) réalisée en 2019 ;
- Nombre de spécimens : nombre de spécimens du même taxon collecté à la même date et sur le même lieu ;
- Remarque : précise si le spécimen est une larve ou le sexe (noté : ♂/♀) lorsque nécessaire à l'identification ;
- Complément : information complémentaire sur l'identification des spécimens ayant nécessité un examen particulier (dissection réalisée par F. Dusoulier).

## Présentation des collections et entomologistes concernés

Six collections contenaient au moins un individu de Pentatomoidea. Les informations biographiques sur leurs auteurs, présentées ci-après, sont tirées de Bachelard & Faure (2017).

### Michel Vergne (1893 – 1985)

Né aux Martres-d'Artière (Puy-de-Dôme), il est nommé en 1932 conservateur des collections zoologiques du Musée Lecoq. Il a consacré une grande partie de son temps à l'entomologie, a rédigé de nombreux articles et ouvrages scientifiques, en particulier sur les Hyménoptères d'Auvergne. Une partie de sa collection est donnée par sa fille au muséum Henri-Lecoq (Bachelard & Faure 2017).

Les 33 Pentatomoidea inventoriés sont contenus en mélange



Figure 3 – Boîte entomologique 107 de la collection Vergne.

avec d'autres hétéroptères notamment (Fig. 3). La couverture temporelle (pour les spécimens pour lesquels les dates sont entièrement renseignées) pour les Pentatomoidea s'étend du 20 mai 1900 au 18 septembre 1923. La couverture géographique (pour les individus dont la localité est précisée) est centrée sur le département du Puy-de-Dôme, et une donnée de Saint-Pierre Quiberon. 6 spécimens avaient été identifiés par Henri Ribaut.

### Pierre Lachiver (1931 – 1998)

Né dans le Cantal, il y chassait tous les ans en juillet-août. Il fait don de toutes ses collections régionales notamment au muséum Henri-Lecoq « désirant contribuer à une meilleure connaissance de la faune entomologique de notre région Auvergne » (Bachelard & Faure 2017).

Les Pentatomoidea sont mélangés avec d'autres insectes (coléoptères, hyménoptères, diptères...) (Fig. 4). La couverture temporelle (pour les spécimens pour lesquels les dates sont entièrement renseignées) pour les Pentatomoidea est du 14 août 1984 au 19 septembre 1989. Tous les individus (au nombre de 14) proviennent du département du Cantal.



Figure 4 – Boîte entomologique 105 de la collection Lachiver.

### Michel Brun (1944 – 2006)

Né à Clermont-Ferrand. Instituteur dans le Puy-de-Dôme, il chassera de nombreuses années les hétérocères. Sa femme fait don de sa collection au muséum Henri-Lecoq (Bachelard & Faure 2017).

Les 134 Pentatomoidea inventoriés sont contenus en mélange avec d'autres hétéroptères (Fig. 5). La couverture temporelle (pour les spécimens pour lesquels les dates sont entièrement renseignées) pour les Pentatomoidea est du 8 juin 1982 au 11 juin 2005. La couverture géographique (pour les individus dont la localité est précisée) est variée, concernant dix départements français, dont 80 spécimens en provenance du Lot.



Figure 5 – Boîte entomologique 352 de la collection Brun.

### Michel Duvert (1941-2005)

Né à Chambon-sur-Lac (Puy-de-Dôme), il devient menuisier ébéniste. Durant trente ans il prospecte le massif des monts Dore et des Couzes dans le Puy-de-Dôme, ainsi que d'autres régions de France comme celle de Saint-Raphaël dans le Var.

Les 3 Pentatomoidea inventoriés sont contenus en mélange avec d'autres insectes (Fig. 6) et proviennent du Puy-de-Dôme. Ils ont été collectés entre le 30 mai 1977 et le 15 juin 1980.

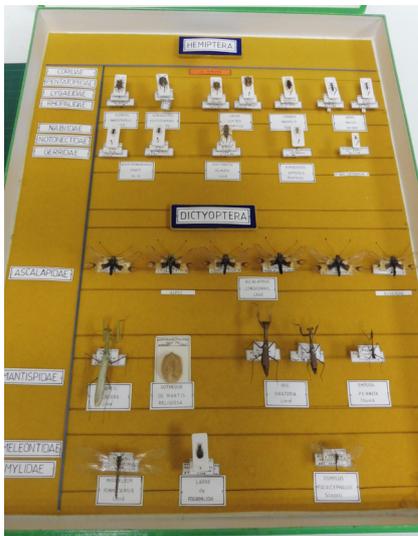


Figure 6 – Boîte entomologique 24 de la collection Duvert.

### Claire Cornut-Gentille (1927-2006)

Elle achète le château du Cheix, sur la commune de Neuville (Puy-de-Dôme) et s'intéresse alors au monde des insectes et se constitue une collection à partir d'insectes collectés dans sa propriété. Elle donne sa collection au muséum Lecoq en 1999 (Bachelard & Faure 2017).

Les 49 Pentatomoidea inventoriés sont contenus en mélange avec d'autres insectes (Fig. 7). La collection couvre une période du 9 avril 1979 au 30 août 1991 pour les Pentatomoidea. Cette collection présente deux particularités : tous les individus proviennent de la propriété de son auteure dans le Puy-de-Dôme et les renseignements des étiquettes sont notés en anglais, héritage de son père.

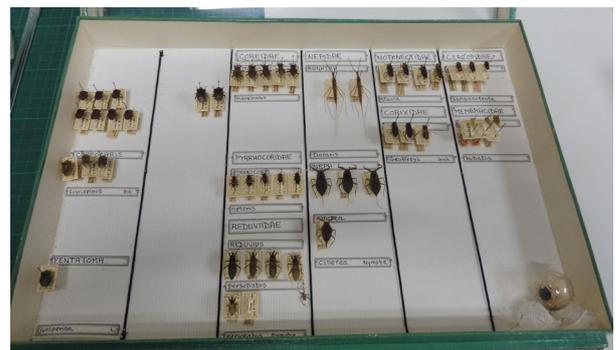
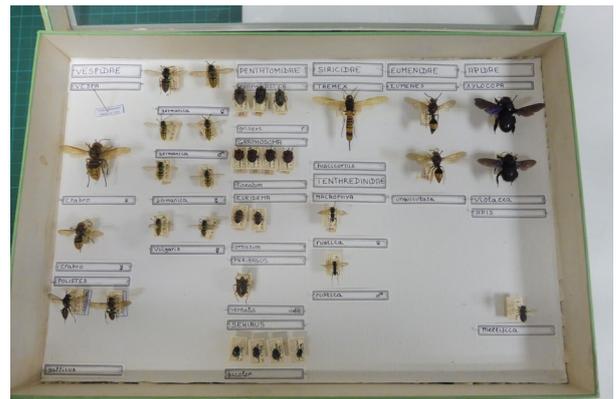


Figure 7 – Boîtes entomologiques 33, 35 et 36 de la collection Cornut-Gentille.

### Serge-Richard De Cecco (1926-2012)

Né à Clermont-Ferrand. Il constitue une collection à partir d'individus collectés pour la plupart sur le secteur de Clermont-Ferrand et Courpière (Bachelard & Faure 2017).

Les 4 Pentatomoidea inventoriés sont contenus en mélange avec d'autres insectes et proviennent du Puy-de-Dôme (commune de Courpière) (Fig. 8). La collection couvre une période allant d'août 1999 à août 2002 pour les Pentatomoidea.



Figure 8 – Boîte entomologique 28 de la collection De Cecco.

## Résultat de l'inventaire par collection

### Collection Vergne

Tableau 1 – Résultat de l'inventaire de la collection Vergne.

N° boîte	Inscription sur les étiquettes originales (en vert information ajoutée en 2019 pour compléter la donnée)									Résultat inventaire 2019				
	Identifica- tion	Commune	Lieu-dit	Détermi- nateur	altitude	J	M	A	Dépt	Famille	Étiquette 2019	Nombre spécimen	Remarque	Complé- ment
107	<i>Carpocoris fuscispinus</i>			Ribaut		21	7	1901	63	Pentatomi- dae	<i>Carpocoris fuscis- pinus</i> (Boheman, 1850)	1		
107	<i>Carpocoris lituratus</i>	Durtol		Ribaut			7	1901	63	Pentatomi- dae	<i>Piezodorus lituratus</i> (Fabricius, 1794)	1		
107	<i>Carpocoris baccarum</i>			Ribaut		21	7	1901	63	Pentatomi- dae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
107	<i>Carpocoris baccarum</i>	Aurières	Randanne	Ribaut		10	6	1900	63	Pentatomi- dae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
107	<i>Eysarcoris melanocephalus</i>	Aubière	pont d'Au- bière	Ribaut		18	6	1903	63	Pentatomi- dae	<i>Eysarcoris venustissi- mus</i> (Schrank, 1776)	1		
107	<i>Dolycoris baccarum</i>	Bromont	Pranal	Ribaut		20	5	1900	63	Pentatomi- dae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
107	<i>Carpocoris baccarum</i>	Besse	Estivadoux			15	10	1900	63	Pentatomi- dae	<i>Carpocoris fuscis- pinus</i> (Boheman, 1850)	1		
107	<i>Carpocoris baccarum</i>		Puy Prêtres ?				9	1917	?	Pentatomi- dae	<i>Carpocoris pur- pureipennis</i> (De Geer, 1773)	1		
107	<i>Carpocoris baccarum</i>		Puy Prêtres ?				9	1917	?	Pentatomi- dae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
107	<i>Carpocoris verbasci</i>	Besse	environ de Besse				8	1917	63	Pentatomi- dae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
107	<i>Carpocoris verbasci</i>	Chambon sur Lac	Chau- four			22	9	1900	63	Pentatomi- dae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	2		
107	<i>Carpocoris verbasci</i>	Chambon sur Lac	La Perdrix			1	8		63	Pentatomi- dae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
107	<i>Carpocoris verbasci</i>	St-Victor la Rivière	Cour- banges			27	7	1921	63	Pentatomi- dae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
107	<i>Carpocoris verbasci</i>	Besse					9	1900	63	Pentatomi- dae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	2		
107	<i>Carpocoris verbasci</i>	Besse	Pavin				9	1900	63	Pentatomi- dae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
107		Besse	Pavin				9	1900	63	Pentatomi- dae	<i>Aelia acuminata</i> (Linnaeus, 1758)	1		
107	<i>Carpocoris nigricornis</i> ?	Tremouille	Crégut				7	1900	63	Pentatomi- dae	<i>Carpocoris pur- pureipennis</i> (De Geer, 1773)	1		
107	<i>Palomena prasina</i>	Besse	environ de Besse				8	1917	63	Pentatomi- dae	<i>Palomena prasina</i> (Linnaeus, 1760)	1		
107	<i>Aelia acuminata</i>	St-Victor la Rivière	Cour- banges			27	7	1921	63	Pentatomi- dae	<i>Aelia acuminata</i> (Linnaeus, 1758)	2		
107	<i>Sehirus luctuosus</i>	Chambon sur Lac	Chau- four			14	7		63	Cydnidae	<i>Canthophorus im- pressus</i> (Horváth, 1881)	1	♂	Détermi- nation F. Dusoulier dissection

107	<i>Sehirus luctuosus</i>	Besse	Montchal						63	Cydnidae	<i>Canthophorus impressus</i> (Horváth, 1881)	1	♂	Détermination F. Dusoulrier dissection	
107	<i>Sehirus dubius</i>	Besse	Vaucoux			fin	9		63	Cydnidae	<i>Canthophorus dubius / impressus</i>	1	♀	cf. <i>impressus</i> pour F. Dusoulrier	
107	<i>Sehirus dubius</i>	Besse	Montchal						63	Cydnidae	<i>Canthophorus dubius / impressus</i>	2	♀	cf. <i>impressus</i> pour F. Dusoulrier	
107		Besse	Thiolaire				18	9	1923	63	Scutelleridae	<i>Eurygaster maura</i> (Linnaeus, 1758)	1		
107	<i>Brachypelta aterrina</i>		St P.Quiberon						1908	56	Cydnidae	<i>Cydnus aterrimus</i> (Forster, 1771)	1		
107								6	1904	?	Plataspidae	<i>Coptosoma scutellatum</i> (Geoffroy, 1785)	1		

La nomenclature utilisée par M. Vergne permet de savoir qu'il utilisait le Synopsis des Hémiptères-Hétéroptères de France de Puton (1881). Cet ouvrage a été la référence incontournable pour la détermination des Pentatomoidea de France depuis la

fin du XIXe jusqu'à la première moitié du XXe siècle (Dusoulrier 2008). Par ailleurs, notons que Vergne commença à collecter des Pentatomoidea dès l'âge de 7 ans.

### Collection Lachiver

Tableau 2 – Résultat de l'inventaire de la collection Lachiver.

N° boîte	Inscription sur les étiquettes originales (en vert information ajoutée en 2019 pour compléter la donnée)									Résultat inventaire 2019					
	Identification	Commune	Lieudit	Autres indications	Détermination	altitude	J	M	A	Dépt	Famille	Étiquette 2019	Nombre spécimen	Remarque	Complément
105	<i>Graphosoma italicum</i>	Champs-sur-Tarentaine-Marchal	Auzange			500	17	8	1984	15	Pentatomidae	<i>Graphosoma italicum</i> (O.F. Müller, 1766)	5		
105	<i>Graphosoma italicum</i>	Vebret	Cheysac				19	9	1989	15	Pentatomidae	<i>Graphosoma italicum</i> (O.F. Müller, 1766)	1		
105		Bassignac	Vendes			400	7	9	1989	15	Pentatomidae	<i>Carpocoris fuscipinus</i> (Boheman, 1850)	1		
105		Ydes	La Gorce			420	1	9	1989	15	Pentatomidae	<i>Palomena prasina</i> (Linnaeus, 1760)	1		
105		Auzers	La Ribeyre			500	17	9	1989	15	Pentatomidae	<i>Palomena prasina</i> (Linnaeus, 1760)	1		
105		Jaleyrac				500	14	8	1984	15	Pentatomidae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
105		Le Falgoux	Bois Mary				4	8	1989	15	Pentatomidae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
105		Le Claux					10	6	1988	15	Cydnidae	<i>Canthophorus dubius / impressus</i>	1	♀	cf. <i>impressus</i> pour F. Dusoulrier
105		Madic					19	9	1987	15	Pentatomidae	<i>Zicrona caerulea</i> (Linnaeus, 1758)	1		
105		Lavigerie	col d'Eylac			1400	2	9	1984	15	Pentatomidae	<i>Troilus luridus</i> (Fabricius, 1775)	1	Larve	

## Collection Brun

Tableau 3 – Résultat de l'inventaire de la collection Brun.

N° boîte	Inscription sur les étiquettes originales (en vert information ajoutée en 2019 pour compléter la donnée)										Résultat inventaire 2019				
	Identifica- tion	Commune	Lieu-dit	Autres indications	Détermina- teur	altitude	J	M	A	Dépt	Famille	Étiquette 2019	Nombre spécimen	Remarque	Complé- ment
352	<i>Graphosoma italicum</i>	Mozac				350	19	6	1980	Pdd	Pentatomi- dae	<i>Graphosoma italicum</i> (O.F. Müller, 1766)	1		
352	<i>Graphosoma italicum</i>	Mozac				350	8	6	1982	Pdd	Pentatomi- dae	<i>Graphosoma italicum</i> (O.F. Müller, 1766)	2		
352	<i>Pentatoma rufipes</i>	Mozac				350		8	1974	Pdd	Pentatomi- dae	<i>Pentatoma rufipes</i> (Linnaeus, 1758)	2		
352	<i>Rhaphigaster nebulosa</i>	Mozac				350	20	10	1979	Pdd	Pentatomi- dae	<i>Rhaphigaster nebulosa</i> (Poda, 1761)	3		
352	<i>Eurydema ornatum</i>	Mozac				350			1975	Pdd	Pentatomi- dae	<i>Eurydema ventralis</i> Kolenati, 1846	1		
352	<i>Erygaster maurus</i>	Mozac				350	19	6	1980	Pdd	Scutelleridae	<i>Erygaster maurus</i> (Linnaeus, 1758)	1		
352	<i>Erygaster maurus</i>	Ménérol					15	5	1975	Pdd	Scutelleridae	<i>Erygaster maurus</i> (Linnaeus, 1758)	1		
352	<i>Ochterus marginatus</i>	Mozac				350				Pdd	Cydnidae	<i>Tritomegas bicolor</i> (Linnaeus, 1758)	1		
352		Mozac				350	1	6	1987	Pdd	Pentatomi- dae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
352		Mozac				350	2	6	1982	Pdd	Pentatomi- dae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
352		Mozac				350			1975	Pdd	Pentatomi- dae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
352		Mozac				350	18	9	1979	Pdd	Pentatomi- dae	<i>Peribalus strictus vernalis</i> (Vollf, 1804)	1		
352	<i>Graphosoma italicum</i>	Nis- san-lez-En- sérune					5	7	1980	34	Pentatomi- dae	<i>Graphosoma italicum</i> (O.F. Müller, 1766)	2	dont 1 larve	
352	<i>Graphosoma italicum</i>	Sauzet	Rouby			300	1	5	2003	Lot	Pentatomi- dae	<i>Graphosoma italicum</i> (O.F. Müller, 1766)	6		
352	<i>Graphosoma italicum</i>	Sauzet	Rouby			300	22	8	2004	Lot	Pentatomi- dae	<i>Graphosoma italicum</i> (O.F. Müller, 1766)	13		
352	<i>Graphosoma italicum</i>	Sauzet	Rouby			300	1	6	2004	Lot	Pentatomi- dae	<i>Graphosoma italicum</i> (O.F. Müller, 1766)	13		
352	<i>Graphosoma italicum</i>	Sauzet	Rouby			300	11	6	2005	Lot	Pentatomi- dae	<i>Graphosoma italicum</i> (O.F. Müller, 1766)	6		
352	<i>Aelia acuminata</i>	Sauzet	Rouby			300	1	5	2003	Lot	Pentatomi- dae	<i>Aelia acuminata</i> (Linnaeus, 1758)	5		
352	<i>Nezera viridula</i>	Sauzet	Rouby			300	11	6	2005	Lot	Pentatomi- dae	<i>Nezera viridula</i> (Linnaeus, 1758)	5		



352	<i>Rhapigaster nebulosa</i>	Nis-san-lez-Enserune				5	7	1980	34		Pentatomidae	<i>Rhapigaster nebulosa</i> (Poda, 1761)	1		
352	<i>Rhapigaster nebulosa</i>	Sauzet	Rouby			25	12	2004	Lot		Pentatomidae	<i>Rhapigaster nebulosa</i> (Poda, 1761)	1		
352	<i>Rhapigaster nebulosa</i>	Paris	boulevard Arago XIII°			14	3	2004	75		Pentatomidae	<i>Rhapigaster nebulosa</i> (Poda, 1761)	1		
352	<i>Rhapigaster nebulosa</i>	Sauzet	Rouby			300	11	6	2005	Lot	Pentatomidae	<i>Rhapigaster nebulosa</i> (Poda, 1761)	1		
352	<i>Eurydema ornatum</i>	Nis-san-lez-Enserune				5	7	1980	34		Pentatomidae	<i>Eurydema ventralis</i> Kolenati, 1846	2		
352	<i>Eurydema ornatum</i>	Paris	XIII°			21	4	2003	75		Pentatomidae	<i>Eurydema ventralis</i> Kolenati, 1846	1		
352	<i>Eurydema ornatum</i>	Sauzet	Rouby			300	1	6	2004	Lot	Pentatomidae	<i>Eurydema ventralis</i> Kolenati, 1846	5		
352	<i>Erygaster maurus</i>	Saint-Cézaire				17	7	1993	Alpes Marit		Scutelleridae	<i>Erygaster maura</i> (Linnaeus, 1758)	1		
352	<i>Brachypelta aterrina</i>	Nis-san-lez-Enserune				5	7	1980	34		Cydnidae	<i>Cydnus aterrimus</i> (Forster, 1771)	1		
352		<i>St-Saturnin-lès-Apt</i>	Le Perréal			400	20	4	1980	84	Pentatomidae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	2		
352		Saint-Saturnin-d'Apt					4	1980	84		Pentatomidae	<i>Carpocoris pudicus</i> (Poda, 1761)	1		
352		Sauzet	Rouby			300	1	5	2003	Lot	Pentatomidae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	2		
352		Sauzet	Rouby			300	1	5	2003	Lot	Pentatomidae	<i>Carpocoris purpureipennis</i> (De Geer, 1773)	4		
352		Sauzet	Rouby			300	1	5	2003	Lot	Pentatomidae	<i>Carpocoris pudicus</i> (Poda, 1761)	2		
352		Sauzet	Rouby			300	11	6	2005	Lot	Pentatomidae	<i>Carpocoris purpureipennis</i> (De Geer, 1773)	1		
352		Sauzet	Rouby			300	11	6	2005	Lot	Pentatomidae	<i>Holcogaster fibulata</i> (Germar, 1831)	1		
352		Saint-Cézaire				17	7	1993	Alpes Marit		Pentatomidae	<i>Carpocoris pudicus</i> (Poda, 1761)	1		
352		Saint-Cézaire				17	7	1993	Alpes Marit		Pentatomidae	<i>Carpocoris mediterraneus atlanticus</i> Tamanini, 1959	1		
352		Saint Cezaire				17	7	1993	Alpes Marit		Scutelleridae	<i>Odontotarsus purpureolineatus</i> (Rossi, 1790)	1		
352		Saint Cezaire				17	7	1993	Alpes Marit		Scutelleridae	<i>Odontotarsus robustus</i> Jakovlev, 1884	1		
352		Sauzet	Rouby			300	1	6	2004	Lot	Pentatomidae	<i>Carpocoris purpureipennis</i> (De Geer, 1773)	1		
352		Nis-san-lez-Enserune				12	7	1981	34		Pentatomidae	<i>Carpocoris mediterraneus atlanticus</i> Tamanini, 1959	1		
352		<i>St-Saturnin-lès-Apt</i>	Le Perréal			400	12	4	1980	84	Pentatomidae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
352		<i>St-Saturnin-lès-Apt</i>	Le Perréal			400	12	4	1980	84	Pentatomidae	<i>Carpocoris mediterraneus atlanticus</i> Tamanini, 1959	1		

352		Pontarion				18	8	2004	23	Pentatomi- dae	<i>Carpocoris pur- pureipennis</i> (De Geer, 1773)	1		
352		Pontarion				18	8	2004	23	Pentatomi- dae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
352		Pontarion				18	8	2004	23	Pentatomi- dae	<i>Peribalus strictus vernalis</i> (Wolff, 1804)	1		
352		?	forêt de Montar- gis			21	6	2003	45	Pentatomi- dae	<i>Palomena prasina</i> (Linnaeus, 1760)	1		
352		Aulnay- sous-Bois				15	8	2004	93	Pentatomi- dae		1	Larve	
352	<i>Acanthosoma haemorrhoidale</i>	Mozac				350		5	1986	Pdd	<i>Acanthosoma haemorrhoidale</i> (Linnaeus, 1758)	1		
352	<i>Acanthosoma haemorrhoidale</i>	Mozac		Lu- mière		350	14	7	1980	Pdd	<i>Acanthosoma haemorrhoidale</i> (Linnaeus, 1758)	1		
352	<i>Acanthosoma haemorrhoidale</i>	Chambori- gaud				400	22	5	1982	30	<i>Acanthosoma haemorrhoidale</i> (Linnaeus, 1758)	1		
352	<i>Elasmostethus interstinctus</i>	Mozac				350	23	7	1980	Pdd	<i>Elasmostethus interstinctus</i> (Lin- naeus, 1758)	2		

### Collection Duvert

Tableau 4 – Résultat de l'inventaire de la collection Duvert.

N° boîte	Inscription sur les étiquettes originales (en vert information ajoutée en 2019 pour compléter la donnée)										Résultat inventaire 2019				
	Identification	Commune	Lieu-dit	Autres indica- tions	Déterminateur	Altitude	J	M	A	Dépt	Famille	Étiquette 2019	Nombre spé- cimen	Remarque	Complément
24	<i>Eurygaster testudinaria</i>	Grandeyrolles	ruisseau de Quinsat				21	5	1978	Puy- de- Dôme	Pentatomi- dae	<i>Chlorochroa pinicola</i> (Mulsant & Rey, 1852)	1		
24	<i>Arma custos</i>	Chambon-sur-Lac	Chemin de Voissière				15	6	1980	Puy- de- Dôme	Pentatomi- dae	<i>Carpocoris purpureipen- nis</i> (De Geer, 1773)	1		
24	<i>Arma custos</i>	Chambon-sur-Lac	chemin du lac				30	5	1977	Puy- de- Dôme	Pentatomi- dae	<i>Carpocoris fuscispinus</i> (Boheman, 1850)	1		

### Collection Cornut-Gentile

Tableau 5 – Résultat de l'inventaire de la collection Cornut-Gentile.

N° boîte	Inscription sur les étiquettes originales (en vert information ajoutée en 2019 pour compléter la donnée)										Résultat inventaire 2019				
	Identifica- tion	Commune	Lieu-dit	Autres indications	Détermina- teur	altitude	J	M	A	Dépt	Famille	Étiquette 2019	Nombre spécimen	Remarque	Complé- ment
33	<i>Rhaphigaster griseus</i>	63160 Billom	Le Cheix	Volets Bastide			16	3	1981	63	Pentatomi- dae	<i>Rhaphigaster nebulosa</i> (Poda, 1761)	1		
33	<i>Rhaphigaster griseus</i>	63160 Billom	Le Cheix				22	10	1984	63	Pentatomi- dae	<i>Rhaphigaster nebulosa</i> (Poda, 1761)	2		

33	<i>Graphosoma lineatum</i>	63160 Billom	Le Cheix	ombellifères			1	6	1981	63	Pentatomidae	<i>Graphosoma italicum</i> (O.F. Müller, 1766)	4		
33	<i>Eurydema ornata</i>	63160 Billom	Le Cheix				13	8	1979	63	Pentatomidae	<i>Eurydema ventralis</i> Kolena-ti, 1846	2		
33	<i>Peribalus vernalis</i>	63160 Billom	Le Cheix	Lumière			17	7	1979	63	Pentatomidae	<i>Pentatoma rufipes</i> (Linnaeus, 1758)	1		
33	<i>Sehirus bicolor</i>	63160 Billom	Le Cheix	House			9	4	1979	63	Cydnidae	<i>Tritomegas bicolor</i> (Linnaeus, 1758)	1		
33	<i>Sehirus bicolor</i>	63160 Billom	Le Cheix	Wood pile			16	4	1979	63	Cydnidae	<i>Tritomegas bicolor</i> (Linnaeus, 1758)	1		
33	<i>Sehirus bicolor</i>	63160 Billom	Le Cheix	Herb : border			13	7	1979	63	Cydnidae	<i>Tritomegas bicolor</i> (Linnaeus, 1758)	2		
35		63160 Billom	Le Cheix				4	7	1991	63	Acanthosomatidae	<i>Acanthosoma haemorrhoidale</i> (Linnaeus, 1758)	1		
35		63160 Billom	Le Cheix				4	7	1990	63	Pentatomidae	<i>Peribalus strictus vernalis</i> (Wolff, 1804)	1		
35		63160 Billom	Le Cheix				15	9	1990	63	Pentatomidae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
35		63160 Billom	Le Cheix				20	8	1984	63	Pentatomidae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
35		63160 Billom	Le Cheix				20	8	1984	63	Pentatomidae	<i>Carpocoris purpureipennis</i> (De Geer, 1773)	1		
35		63160 Billom	Le Cheix				15	8	1984	63	Pentatomidae	<i>Carpocoris purpureipennis</i> (De Geer, 1773)	1		
35		63160 Billom	Le Cheix				16	5	1990	63	Pentatomidae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	5		
35		63160 Billom	Le Cheix				1	6	1981	63	Pentatomidae	<i>Carpocoris purpureipennis</i> (De Geer, 1773)	1		
35		63160 Billom	Le Cheix				3	7	1991	63	Acanthosomatidae	<i>Acanthosoma haemorrhoidale</i> (Linnaeus, 1758)	1		
35		63160 Billom	Le Cheix				23	7	1990	63	Acanthosomatidae	<i>Acanthosoma haemorrhoidale</i> (Linnaeus, 1758)	1		
35		63160 Billom	Le Cheix				13	3	1990	63	Pentatomidae	<i>Rhaphigaster nebulosa</i> (Poda, 1761)	1		
35		63160 Billom	Le Cheix				30	6	1991	63	Pentatomidae	<i>Carpocoris purpureipennis</i> (De Geer, 1773)	1		
35		63160 Billom	Le Cheix				30	6	1991	63	Pentatomidae	<i>Carpocoris purpureipennis</i> (De Geer, 1773)	1		
35		63160 Billom	Le Cheix				30	8	1991	63	Pentatomidae	<i>Pentatoma rufipes</i> (Linnaeus, 1758)	1		
35		63160 Billom	Le Cheix				24	8	1989	63	Pentatomidae	<i>Graphosoma italicum</i> (O.F. Müller, 1766)	1	Larve	
35		63160 Billom	Le Cheix				15	7	1988	63	Pentatomidae	<i>Eurydema oleracea</i> (Linnaeus, 1758)	1		
35		63160 Billom	Le Cheix				11	6	1985	63	Pentatomidae	<i>Eysarcoris venustissimus</i> (Schrank, 1776)	1		
36	<i>Graphosoma lineatum</i>	63160 Billom	Le Cheix	ombellifères			1	6	1981	63	Pentatomidae	<i>Graphosoma italicum</i> (O.F. Müller, 1766)	5		
36	<i>Graphosoma lineatum</i>	63160 Billom	Le Cheix				9	7	1979	63	Pentatomidae	<i>Graphosoma italicum</i> (O.F. Müller, 1766)	1		

36	<i>Graphosoma lineatum</i>	63160 Billom	Le Cheix				23	5	1979	63	Pentatomidae	<i>Graphosoma italicum</i> (O.F. Müller, 1766)	1		
36	<i>Carpocoris fuscispinus</i>	63160 Billom	Le Cheix				20	8	1984	63	Pentatomidae	<i>Carpocoris purpureipennis</i> (De Geer, 1773)	1		
36	<i>Carpocoris fuscispinus</i>	63160 Billom	Le Cheix	weed pile			3	8	1984	63	Pentatomidae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
36	<i>Carpocoris fuscispinus</i>	63160 Billom	Le Cheix				15	5	1979	63	Pentatomidae	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	1		
36	<i>Chlorochroa juniperina</i>	63160 Billom	Le Cheix	Field			15	5	1979	63	Pentatomidae	<i>Palomena prasina</i> (Linnaeus, 1760)	1		
36	<i>Rhaphigaster griseus</i>	63160 Billom	Le Cheix	japonica			14	5	1979	63	Pentatomidae	<i>Rhaphigaster nebulosa</i> (Poda, 1761)	1		
36	<i>Rhaphigaster griseus</i>	63160 Billom	Le Cheix	farmyard			16	4	1979	63	Pentatomidae	<i>Rhaphigaster nebulosa</i> (Poda, 1761)	1		

### Collection De Cecco

Tableau 6 – Résultat de l'inventaire de la collection De Cecco.

N° boîte	Inscription sur les étiquettes originales (en vert information ajoutée en 2019 pour compléter la donnée)										Résultat inventaire 2019					
	Espèce	Genre	Commune	Lieu-dit	Autres indications	Déterminateur	altitude	J	M	A	Dépt	Famille	Étiquette 2019	Nombre spécimen	Remarque	Complément
28	<i>Graphosoma</i>		Courpière						8	1999	63	Pentatomidae	<i>Graphosoma italicum</i> (O.F. Müller, 1766)	1		
28	<i>Eurydema</i>		Courpière						8	1999	63	Pentatomidae	<i>Eurydema ornata</i> (Linnaeus, 1758)	1		
28			Courpière					30	8	2002	63	Pentatomidae	<i>Carpocoris purpureipennis</i> (De Geer, 1773)	1		
28			Courpière					30	8	2002	63	Pentatomidae	<i>Pentatoma rufipes</i> (Linnaeus, 1758)	1		

### Composition systématique, géographique et historique des collections

L'inventaire des Pentatomoidea fait état de la présence de 210 spécimens dans les collections du muséum Henri-Lecoq (Tab. 7 et 8). Ces dernières comprennent 30 espèces de Pentatomoidea, sur les 152 (156 taxons de rang subsppécifique) que compte la faune de France (Lupoli & Dusoulier 2015).

La famille des Pentatomidae constitue près de 90 % des spécimens contenus dans les collections du muséum Henri-Lecoq (dont une larve non identifiée), suivie de la famille des Cydnidae (environ 5 % des spécimens). Les collections Duvert et De Cecco contiennent exclusivement des Pentatomidae. Quelques spécimens d'Acanthosomatidae, de Scutelleridae et de Plataspidae complètent l'inventaire. Les collections Brun et Vergne contiennent quatre familles chacune.

L'espèce la plus représentée est *Graphosoma italicum* (O.F. Müller, 1766), suivie de *Dolycoris baccarum* (Linnaeus, 1758) puis de *Carpocoris purpureipennis* (De Geer, 1773). Ces trois taxons

représentent, à eux seuls, plus de 50 % des spécimens des collections du taxon étudié du muséum Henri-Lecoq.

Les spécimens de Pentatomoidea contenus dans les collections du muséum Henri-Lecoq proviennent en majorité d'Auvergne, notamment du département du Puy-de-Dôme (Tab. 9). Puis c'est la région Occitanie qui est particulièrement bien représentée avec 35 % des spécimens, dont une bonne partie en provenance du Lot. La diversité des provenances est principalement due à la collection Brun, qui présente des spécimens de dix départements français et six régions françaises. Les collections Duvert, Cornut-Gentille et De Cecco contiennent des spécimens collectés uniquement du Puy-de-Dôme. La collection Lachiver présente des spécimens uniquement en provenance du Cantal. La collection Vergne contient uniquement des spécimens du Puy-de-Dôme (pour ceux dont la localité est renseignée et interprétable) sauf un spécimen de Bretagne.

Plus de 80 % des spécimens ont été collectés depuis 1975 (Tab. 10). La collection Vergne, quant à elle, permet la consultation de spécimens collectés il y a un siècle.

Tableau 7 – Taxons contenus dans les collections du muséum Henri-Lecoq.

Familles et espèces	Nombre de spécimens	%
<b>Acanthosomatidae</b>	8	3,81
<i>Acanthosoma haemorrhoidale</i> (Linnaeus, 1758)	6	2,86
<i>Elasmostethus interstinctus</i> (Linnaeus, 1758)	2	0,95
<b>Cydnidae</b>	13	6,19
<i>Canthophorus dubius / impressus</i>	4	1,90
<i>Canthophorus impressus</i> (Horváth, 1881)	2	0,95
<i>Cydnus aterrimus</i> (Forster, 1771)	2	0,95
<i>Tritomegas bicolor</i> (Linnaeus, 1758)	5	2,38
<b>Pentatomidae</b>	182	86,67
<i>Aelia acuminata</i> (Linnaeus, 1758)	8	3,81
<i>Carpocoris fuscispinus</i> (Boheman, 1850)	4	1,90
<i>Carpocoris mediterraneus atlanticus</i> Tamanini, 1959	3	1,43
<i>Carpocoris pudicus</i> (Poda, 1761)	4	1,90
<i>Carpocoris purpureipennis</i> (De Geer, 1773)	17	8,10
<i>Chlorochroa pinicola</i> (Mulsant & Rey, 1852)	1	0,48
<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	32	15,24
<i>Eurydema oleracea</i> (Linnaeus, 1758)	1	0,48
<i>Eurydema ornata</i> (Linnaeus, 1758)	1	0,48
<i>Eurydema ventralis</i> Kolenati, 1846	11	5,24
<i>Eysarcoris venustissimus</i> (Schrank, 1776)	2	0,95
<i>Graphosoma italicum</i> (O.F. Müller, 1766)	62	29,52
<i>Holcogaster fibulata</i> (Germar, 1831)	1	0,48
<i>Nezara viridula</i> (Linnaeus, 1758)	5	2,38
<i>Palomena prasina</i> (Linnaeus, 1760)	5	2,38
<i>Pentatoma rufipes</i> (Linnaeus, 1758)	5	2,38
<i>Peribalus strictus vernalis</i> (Wolff, 1804)	3	1,43
<i>Piezodorus lituratus</i> (Fabricius, 1794)	1	0,48
<i>Rhaphigaster nebulosa</i> (Poda, 1761)	13	6,19
<i>Troilus luridus</i> (Fabricius, 1775)	1	0,48
<i>Zicrona caerulea</i> (Linnaeus, 1758)	1	0,48
Larve non déterminée	1	0,48
<b>Plataspidae</b>	1	0,48
<i>Coptosoma scutellatum</i> (Geoffroy, 1785)	1	0,48
<b>Scutelleridae</b>	6	2,86
<i>Eurygaster maura</i> (Linnaeus, 1758)	4	1,90
<i>Odontotarsus purpureolineatus</i> (Rossi, 1790)	1	0,48
<i>Odontotarsus robustus</i> Jakovlev, 1884	1	0,48
<b>Total général</b>	<b>210</b>	<b>100,00</b>

Tableau 8 – Nombre de spécimens et de familles des 6 collections inventoriées.

Collections	Nombre de spécimens	Nombre de familles
Cornut-Gentille	48	3
De Cecco	4	1
M. Brun	111	4
M. Duvert	3	1
M. Vergne	30	4
P. Lachiver	14	2

Tableau 9 – Répartition géographique des taxons contenus dans les collections du muséum Henri-Lecoq.

Région	Département	Nombre de spécimens	Total	% par département	% par région
Auvergne-Rhône-Alpes	15	14	115	6,67	54,76
	63	101		48,10	
Bretagne	56	1	1	0,48	0,48
Centre-Val de Loire	45	1	1	0,48	0,48
Île-de-France	75	2	3	0,95	1,43
	93	1		0,48	
Occitanie	30	1	74	0,48	35,24
	34	7		3,33	
	46	66		31,43	
Nouvelle-Aquitaine	23	3	3	1,43	1,43
Provence-Alpes-Côte d'Azur	6	5	10	2,38	4,76
	84	5		2,38	
?	?	3	3	1,43	1,43
<b>Total général</b>		<b>210</b>	<b>210</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Tableau 10 – Répartition temporelle des taxons contenus dans les collections du muséum Henri-Lecoq.

Période	Nombre de spécimens	% par période
1900 à 1925	24	11,43
1925 à 1950	0	0,00
1950 à 1975	5	2,38
1975 à 2000	97	46,19
2000 à 2019	77	36,67
Inconnu	7	3,33
<b>Total</b>	<b>210</b>	<b>100</b>

## Contribution à la biogéographie

La majorité des spécimens de Pentatomoidea des collections du muséum Henri-Lecoq se rapportent à des espèces communes ou n'apportent pas de nouveautés particulières en termes de biogéographie des espèces par rapport aux connaissances actuelles. Toutefois, même au regard des connaissances actuelles (ici considérées à partir des données vérifiées dans la synthèse la plus récente et exhaustive à l'échelle nationale [Lupoli & Dusoulier 2015]), quelques données méritent une attention particulière. En effet, plusieurs spécimens contenus dans ces collections apportent des informations intéressantes sur la présence de certains taxons dans certains départements français.

Pour la collection Vergne, quatre spécimens :

- *Canthophorus impressus* (Horváth, 1881). Deux individus mâles déterminés après dissection par F. Dusoulier en provenance de Besse-et-Saint-Anastaise et de Chambon-sur-Lac, dans la région des monts Dore, département du Puy-de-Dôme. Les étiquettes des deux individus n'ont malheureusement pas de date précise (mais étant donné la période de collecte, datant fort probablement du début du XXe siècle). Ces données sont intéressantes car peu de données anciennes existent en France en raison de la confusion de cette espèce avec *Canthophorus dubius* (Scopoli, 1763). Ces deux spécimens constituent la première mention de l'espèce pour l'Auvergne et une deuxième pour le Massif central après une mention de Lozère (Lupoli & Dusoulier 2015). Notons par ailleurs que 2 individus femelles en provenance, là encore, de Besse-et-Saint-Anastaise, n'ayant donc pu être déterminés avec certitude, sont probablement des *Canthophorus impressus* (Horváth, 1881). Mais là encore, les dates ne sont pas indiquées sur ces étiquettes ;

- *Eysarcoris venustissimus* (Schrank, 1776). Un individu collecté à Aubière en 1903 qui constitue donc la première mention historique de l'espèce pour le Puy-de-Dôme (Lupoli & Dusoulier [2015] rapportent deux données mais non vérifiées).

- *Palomena prasina* (Linnaeus, 1760). Un spécimen de 1917 des environs de Besse-et-Saint-Anastaise. Lupoli & Dusoulier (2015) ne rapportent pas de donnée de l'espèce pour le Puy-de-Dôme. Cela traduit finalement une connaissance très limitée des Pentatomoidea en Auvergne ou une non publication des éventuelles données existantes. Ce spécimen est donc la première mention historique départementale pour cette espèce très commune.

Pour la collection Lachiver, un spécimen :

- *Troilus luridus* (Fabricius, 1775). Une larve collectée en 1984 au col d'Eylac dans le Cantal. Aucune donnée n'étant rapportée en Auvergne par Lupoli & Dusoulier (2015) en Auvergne, mais Olivier (1904) la cite de l'Allier. Aussi, ce spécimen correspond à la première mention cantalienne de l'espèce.

- Un *Canthophorus* femelle de la collection Lachiver provenant du Cantal (commune du Claux en 1988) et identifié comme probable *Canthophorus impressus* par F. Dusoulier, pourrait constituer la première mention cantalienne pour cette espèce.

Pour la collection Brun, trois spécimens :

- *Holcogaster fibulata* (Germar, 1831). Un individu provenant du Lot (commune de Sauzet) de juin 2005 alors qu'elle n'est pas signalée de ce département par Lupoli & Dusoulier (2015) ;

- *Peribalus strictus vernalis* (Wolff, 1804). Un spécimen de Creuse (commune de Pontarion, en 2004). L'absence de donnée de Lupoli & Dusoulier (2015) pour cette espèce commune montre simplement une sous prospection ou une non publication des données de ce département ;

- *Pentatoma rufipes* (Linnaeus, 1758). Deux spécimens de Mozac dans le Puy-de-Dôme collectés en 1974. Là encore, l'absence de données dans Lupoli & Dusoulier (2015) pour cette espèce commune est un signe de sous-prospection départementale.

Pour la collection Duvert, un spécimen :

- *Chlorochroa pinicola* (Mulsant & Rey, 1852). Un spécimen de 1978 provenant de la commune de Grandeyrolles dans le Puy-de-Dôme. Lupoli & Dusoulier (2015) présentent une mention du Puy-de-Dôme mais dont la localisation n'est pas communale.

Pour la collection Cornut-Gentille, quatre spécimens :

- *Tritomegas bicolor* (Linnaeus, 1758). Quatre spécimens collectés la même année (avril et juillet 1979) dans sa propriété de Billom dans le Puy-de-Dôme (dans la maison, la pile de bois et les bordures enherbées). Premières mentions historiques donc pour le Puy-de-Dôme puisque Lupoli & Dusoulier (2015) n'y rapportent pas de données.

## Perspectives

Les collections entomologiques du muséum Henri-Lecoq contiennent d'autres spécimens d'hétéroptères (en particulier des Coreidae Leach, 1815, Rhopalidae Amyot & Audinet-Serville, 1843 et Lygaeidae Schilling, 1829) dont l'inventaire permettrait à la fois de valoriser le travail des entomologistes, les collections constituées et participer à l'amélioration des connaissances sur des familles peu connues.

## Remerciements

Je tiens à remercier le muséum Henri-Lecoq pour m'avoir accueilli et autorisé l'accès aux collections qu'il conserve. Je remercie tout particulièrement Philippe Bachelard (en charge des collections entomologiques pour le muséum) qui m'a accueilli et qui sait partager ses connaissances au détour de conversations entomologiques toujours intéressantes. Je le remercie également pour la relecture de l'article. Je remercie Marie-Françoise Faure, Directrice adjointe et responsable du département de zoologie du muséum Henri-Lecoq jusqu'en 2019, puis Charles Lemarchand, son successeur, pour son autorisation de transfert des *Canthophorus* à François Dusoulier pour dissections.

Merci à François Dusoulier pour sa contribution à la détermination des *Canthophorus* et pour sa relecture de l'article et ses remarques.

## Références

- Bachelard P. & Faure M-F., 2017. *La collection de papillons et les espèces menacées d'Auvergne*. Les collections du Muséum Henri-Lecoq; volume VIII, zoologie. Muséum Henri-Lecoq, Clermont-Ferrand, 86 p.
- Dusoulier F., 2008. Les Hémiptères Pentatomoidea de la collec-

- tion Georges Durand (1886-1964). *La lettre de l'Atlas entomologique régional* (Nantes), **21** : 2-15.
- Lupoli R. & Dusoulier F., 2015. *Les punaises Pentatomoidea de France*. Éditions Ancyrosoma, Fontenay-sous-Bois. 429 p.
- Olivier E., 1895-1904. Faune de l'Allier. Ordre des Hemiptères. *Revue scientifique du Bourbonnais et du Centre de la France*, **12** (1904) : 250-281.
- Puton A., 1881. *Synopsis des Hémiptères-Hétéroptères de France*. Deuxième volume. Quatrième partie. Éditions Deyrolle, Paris. 129 p.

## L'Herbier d'un élève de l'Institution Agricole de Vals-près-le-Puy (Haute-Loire)

Michel Hoff

Société Botanique d'Alsace, 15 rue de Saint-Léonard, F-67200 Strasbourg - [michel.hoff@free.fr](mailto:michel.hoff@free.fr)

Soumis le 18 novembre 2020  
Accepté le 23 décembre 2020  
Publié le 1 juin 2021

### Mots-clés

Herbier  
Enseignement  
École d'agriculture

### Keywords

Herbarium  
Education  
School of agriculture

### Résumé

Un herbier réalisé dans les années 1920/1930 par un élève de l'Institution Agricole de Vals-près-le-Puy est décrit. Ce petit herbier de 43 planches rassemble des plantes collectées autour de l'institution et montre ce qu'un élève devait connaître en floristique lors de ses études. Ces petites collections, souvent négligées, sont des témoins de la flore banale du début du 20<sup>ème</sup> siècle en Haute-Loire et du matériel biologique qui pourra être utilisé pour l'avenir.

### Abstract

A herbarium produced in the 1920s/1930s by a student from the Agricultural Institution of Vals-près-le-Puy is described. This small herbarium of 43 sheets brings together plants collected around the institution and shows what a student should know in floristics during his studies. These small, often neglected collections bear witness to the banal flora of the early 20<sup>th</sup> century in Haute-Loire and to biological material that could be used for the future.

## Introduction

Un petit herbier a été acquis au « Quai aux Livres » de Strasbourg du 30 août 2020. Il s'agit d'une collection réalisée par un élève de l'Institution Agricole de Vals-près-le-Puy probablement dans les années 1920/1930.

## Description de l'herbier

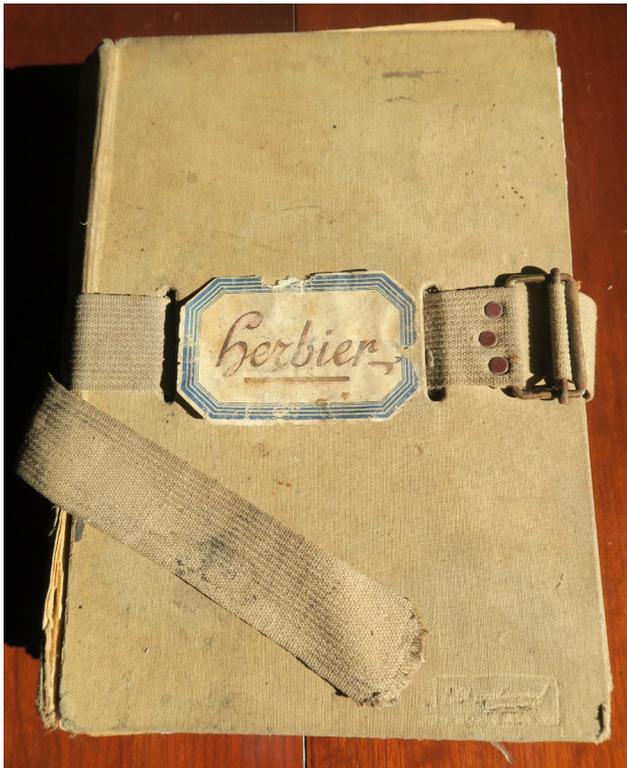


Figure 1 – Le dossier de l'herbier de Vals-près-le-Puy.

L'herbier se présente sous la forme d'une liasse de 43 spécimens dans un dossier sanglé (Fig. 1). La seule information disponible est un cachet au dos des feuilles avec les informations suivantes (Fig. 2) :

INSTITUTION AGRICOLE  
-----  
VALS  
  
près LE-PUY (Hte-Loire)

Sur certaines feuilles, n'est indiqué de manière manuscrite que I.A.V. (Institution Agricole Vals).

Le dossier sanglé mesure 25 x 16,5 x 4 cm. Il contient 43 feuilles de papier brun de 25 x 16 cm. Sur chaque feuille un spécimen de plante est fixé par des petites languettes de papier collant.



Figure 2 – Le cachet de l'Institution Agricole de Vals-près-le-Puy.

Les parts d'herbier sont séparées par des feuilles de papier buvard rose de 22 x 14 cm.

Une étiquette pré-imprimée, de 9 x 6 cm, est collée, souvent en bas à gauche, avec les informations suivantes (Fig. 3) :

Famille  
Nom latin  
Nom vulgaire  
Lieux  
Propriétés

Ce type d'étiquette était disponible dès les années 1920/1930 (en se référant à d'autres collections datées via les Herbonautes notamment).

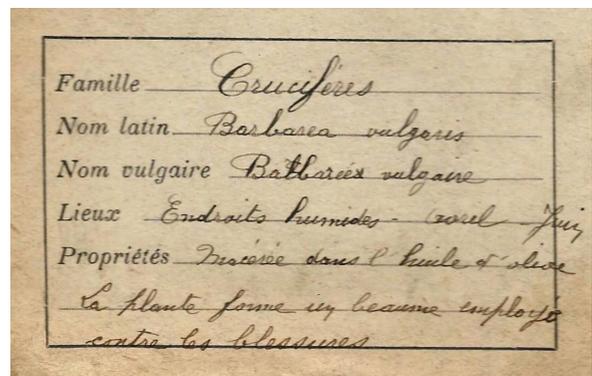
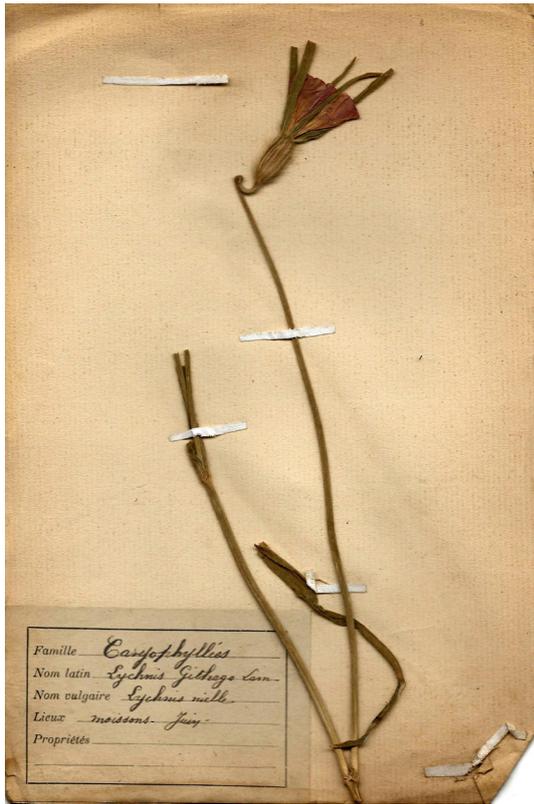


Figure 3 – Une étiquette complète de l'herbier.

Sur trente-trois étiquettes les informations Famille, Nom latin, Nom vulgaire et Lieux sont renseignées. Sur la ligne Lieux ne sont indiqués que l'habitat et les mois de floraison (avril-mai par exemple). Sur la ligne Propriétés sont indiquées des informations d'ordre médical ou agricole (émolliente est employée contre la toux pour *Pulmonaria angustifolia* ; résolutive - entre dans la composition du thé Suisse - bon fourrage pour *Anthyllis vulneraria* ; bois employé par les tourneurs pour *Cytisus laburnum* - *Laburnum anagyroides*). Sur 10 étiquettes, il n'y a aucune information.

L'herbier rassemble quarante-trois planches (Fig. 4) et quarante-deux taxons, certains spécimens indéterminés ont été identifiés lors de cette étude. La liste des taxons est donnée en annexe. La nomenclature des taxons suit l'index TAXREF\_v13 (inpn.mnh.fr) et Flora Gallica (Tison & Foucault 2014).



*Agrostemma githago* L., 1753



*Anemone pulsatilla* L., 1753



*Hesperis matronalis* L., 1753



*Pulmonaria angustifolia* L., 1753

Figure 4 - Quelques spécimens de l'herbier de Vals-près-le-Puy.

Deux spécimens sont en très mauvais état, mais les quarante et un autres spécimens sont déterminables bien que de petite taille.

Note : L'Institution Agricole de Vals se nomme maintenant « L'Institut des Sciences de la Vie et de la Terre La Salle ». L'ISVT est un Lycée d'Enseignement Technologique et Professionnel Agricole Privé sous contrat avec le Ministère de l'Agriculture (Fig. 5).

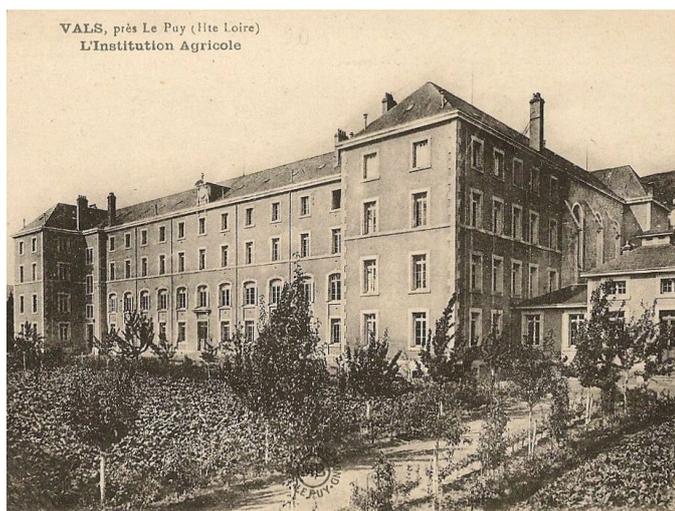


Figure 5 - Carte postale de l'Institution Agricole de Vals-près-le-Puy (Haute-Loire).

L'herbier est catalogué sous la côte de HSBA\_19\_IAVals dans les Herbiers de la Société Botanique d'Alsace et peut être consulté dans les locaux de l'Association (7, place du Marché-aux-Choux, F-67600 Sélestat).

## Discussion

Les « petits herbiers », notamment les collections réalisées par des élèves durant leur scolarité, sont souvent négligés par les grandes institutions botaniques. Ces herbiers ne rassemblent le plus souvent que des plantes banales avec peu d'informations. Mais parfois des stations nouvelles ou originales peuvent être trouvées, comme pour les espèces suivantes : *Agrostemma githago* (dernière citation 1891 pour Vals-près-le-Puy), *Anemone pulsatilla* (pas de citation pour Vals-près-le-Puy), *Barbarea vulgaris* (dernière citation 1816 pour Vals-près-le-Puy), *Cotoneaster integerrimus* (cité à Courbon, commune voisine) et *Pulmonaria angustifolia* (pas de citation pour Vals-près-le-Puy). Sources : Atlas de la flore de France du portail des Conservatoires Botaniques Nationaux et Inventaire National du Patrimoine Naturel.

Les espèces collectées sont essentiellement des plantes des prairies et des friches locales. On note l'absence d'arbres, d'espèces horticoles et de plantes montagnardes. Le même type d'herbier d'un élève d'une École d'agriculture de Fribourg en Suisse a été décrit (Hoff et al. 2020) ainsi que celui d'un lycéen du Lycée agricole de Nancy-Pixérécourt (Hoff & Frommelt 2018). Cependant ces deux herbiers rassemblent plus d'une centaine d'échantillons et les espèces fourragères (*Poaceae* et *Fabaceae*) sont bien représentées. L'herbier d'un élève de l'École d'agriculture d'Objat-Voutezac est plus varié car il comprend notamment des

*Orchidaceae* (Hoff & Valet 2020). Les Mines de Potasse d'Alsace ont diffusé un « kit » pour les élèves des écoles d'agriculture (Hoff & Royer 2017) avec des illustrations et des descriptions des espèces fourragères, des espèces de grandes cultures et des « mauvaises herbes ». Ces collections de plantes diffèrent des herbiers des étudiants en pharmacie ou en sciences naturelles, comme l'herbier de Saint-Privat-d'Allier (Zuschlag & Hoff 2016) qui est plus varié et regroupe plus d'espèces remarquables.

## Conclusion

Les herbiers des élèves, des lycéens et des étudiants sont nombreux chez les particuliers. Ils sont souvent négligés par les institutions botaniques. Or ces herbiers rassemblent du matériel biologique banal mais qui pourra être étudié dans des dizaines d'années ou plus, aussi bien au niveau de la chorologie que de l'information génétique de leur ADN. Ils apportent aussi des informations sur l'enseignement de la botanique et sur les plantes que devaient connaître les élèves à différentes époques. Cette note a notamment pour but d'alerter les grands Herbiers sur l'intérêt de conserver et d'étudier ces centaines ou milliers de « petites collections botaniques ».

Cet herbier va être catalogué dans le programme Collections en Ligne (CoEL) animé par ReColNat et par Tela-Botanica.

## Références

- Hoff M. & Royer H., 2017. L'Herbier des Potasses d'Alsace. Un « kit » herbier des plantes des prairies pour les jeunes agriculteurs. *Bulletin de Liaison de la Société Botanique d'Alsace* 37 : 45-56.
- Hoff M. & Frommelt A., 2018. L'Herbier d'un lycéen du Lycée agricole de Nancy-Pixérécourt, l'herbier Bernard Jacquot (1961). Floraine, Association des botanistes lorrain. *Willemetia* : 9 p. <http://www.floraine.net/>
- Hoff M. & Vallet S., 2020. Recensement des Herbiers de France : l'Herbier de René Vallet, élève de l'École d'horticulture d'Objat-Voutezac (Corrèze) en 1947. *Annales Scientifiques du Limousin* 29 : 42-56.
- Hoff M., Brahy Y. & Desalme C., 2020. Recensement des Herbiers de Lorraine. Deux anciens herbiers de famille à Epinal (Vosges). *Bulletin de Liaison de la Société Botanique d'Alsace* 39 : 51-67.
- Tison J.-M. & Foucault B. (de), 2014. *Flora Gallica*. Editions Biotope. Mèze. 1196 p.
- Zuschlag C. & Hoff M., 2016. Un Herbier d'étudiant de Saint-Privat d'Allier, réalisé en 1942. *Digitalis* 12 : 14-24. Association Botanique Digitalis, Le Puy-en-Velay.

## Sites internet

Atlas de la flore de France du portail des Conservatoires Botaniques Nationaux : <http://www.fcbn.fr/>  
 Infrastructure ReColNat : <https://www.recolnat.org/fr/>  
 Inventaire National du Patrimoine Naturel : <https://inpn.mnhn.fr/>  
 Les Herbonautes : <http://lesherbonautes.mnhn.fr/>

## Liste des taxons de l'herbier

*Agrostemma githago* L., 1753  
*Ajuga reptans* L., 1753  
*Anemone nemorosa* L., 1753  
*Anemone pulsatilla* L., 1753  
*Anthyllis vulneraria* L., 1753  
*Barbarea vulgaris* W.T. Aiton, 1812  
*Bellis perennis* L., 1753  
*Bistorta officinalis* Delarbre, 1800  
*Boraginaceae* Juss., 1789  
*Brassicaceae* Burnett, 1835  
*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., 1792  
*Cardamine pratensis* L., 1753  
*Cotoneaster integerrimus* Medik., 1793  
*Cytisus oromediterraneus* Rivas Mart. et al., 1984 (douteux)  
*Echium vulgare* L., 1753  
*Equisetum arvense* L., 1753  
*Glechoma hederacea* L., 1753  
*Hesperis matronalis* L., 1753  
Indéterminée  
*Laburnum anagyroides* Medik., 1787  
*Lamium album* L., 1753  
*Lamium galeobdolon* (L.) L., 1759  
*Lathyrus aphaca* L., 1753  
*Medicago lupulina* L., 1753  
*Melittis melissophyllum* L., 1753  
*Muscari neglectum* Guss. ex Ten., 1842  
*Myosotis ramosissima* Rochel, 1814  
*Onobrychis viciifolia* Scop., 1772  
*Plantago arenaria* Waldst. & Kit., 1802  
*Polygala* L., 1753  
*Polygala vulgaris* L., 1753  
*Potentilla verna* L., 1753  
*Primula veris* L., 1753  
*Pulmonaria angustifolia* L., 1753  
*Ranunculus acris* L., 1753  
*Saponaria ocymoides* L., 1753  
*Saxifraga granulata* L., 1753  
*Saxifraga tridactylites* L., 1753  
*Sinapis arvensis* L., 1753  
*Stellaria holostea* L., 1753  
*Trifolium incarnatum* L., 1753  
*Veronica* L., 1753

# La Laïche de Host (*Carex hostiana* DC.) et son hybride *Carex ×fulva* en Aveyron

Lucas Biais<sup>1</sup> & Mario Kleszczewski<sup>2</sup>

<sup>1</sup>32 Rue de Montcalm, 12 000 RODEZ - [biaislucas@hotmail.com](mailto:biaislucas@hotmail.com)

<sup>2</sup>Conservatoire d'espaces naturels d'Occitanie, Immeuble Le Thèbes, 26, allée de Mycènes, 34000 Montpellier - [mario.kleszczewski@cen-occitanie.org](mailto:mario.kleszczewski@cen-occitanie.org)

Soumis le 29 décembre 2020

Accepté le 25 avril 2021

Publié le 1 juin 2021

## Mots-clés

*Carex demissa* × *hostiana*  
Hybride  
Zones humides  
Massif central

## Keywords

*Carex demissa* × *hostiana*  
Hybrid  
Wetlands  
Massif central

## Résumé

Notre article présente un inventaire actualisé de la Laïche de Host (*Carex hostiana* DC.) et de son hybride *Carex ×fulva* en Aveyron. Leur synonymie est clarifiée et la cartographie des stations aveyronnaises est mise à jour. Quelques stations sont décrites plus précisément à l'aide de relevés phytosociologiques accompagnés de mesures du pH. Des critères d'identification hiérarchisés sont proposés à partir d'une synthèse bibliographique et d'une comparaison biométrique des deux taxons.

## Abstract

This article presents an up to date inventory of the Tawny sedge (*Carex hostiana* DC.) and its hybrid *Carex ×fulva* in Aveyron, France. Their synonymy is clarified, and their population's locations in Aveyron are updated. A few locations are described in detail using phytosociological surveys and pH measurements. Hierarchical identification criteria are proposed based on bibliographical studies and biometric comparisons of both taxa.

« ...A systematist must know the hybrids in order to know the species well enough to provide a comprehensive classification. »

(Cayouette & Catling 1992, p. 353)

## Introduction

Lors d'une journée de prospections botaniques le 20 juin 2020 sur le Lévezou (Aveyron, Occitanie), nous avons rencontré la Laïche de Host (*Carex hostiana* DC., photo 1) et son hybride avec la Laïche vert jaunâtre (*Carex demissa* Hornem., photo 2).

Lors de recherches dans les bases de données en ligne (INPN, SILENE, SIFlore) afin de confirmer nos observations, il est apparu que les données disponibles étaient non seulement incomplètes, mais aussi partiellement erronées pour cause de confusions de synonymes. Ces erreurs de synonymie concernent d'ailleurs aussi bien les espèces que leur hybride.

De ce fait, il nous a paru intéressant d'actualiser et de cartographier les données disponibles pour ces deux taxons dans le département de l'Aveyron. Nous proposons par ailleurs des critères d'identification hiérarchisés, élaborés grâce à une analyse biométrique réalisée sur des échantillons locaux et récents.



Photos 1&2 - Allure de terrain de *Carex hostiana* DC. (en haut) et de *Carex xfulva* (en bas).

## Tentative de clarification taxonomique

La taxonomie du groupe des « laïches fauves » est confuse depuis la description originelle de *Carex fulva* Gooden. Ce taxon, décrit par Goodenough (1794 : 177) comme proche de *Carex flava* L., a été repris par les auteurs des différentes œuvres sur les Cypéracées publiées au début du XIX<sup>ème</sup> siècle. Dans ce contexte sont notamment à signaler les livres superbement illustrés de Schkuhr (1801) sur les laïches d'Europe centrale et celui de Host (1809) sur les Poacées et Cypéracées d'Autriche. Schkuhr (1801 : 101), tout comme Host (1809 : 53), reprend le nom *Carex fulva* de Goodenough (1794) mais décrit, sans le savoir, un taxon jusque-là inconnu. Quatre ans plus tard, de Candolle distingue de *C. fulva* Gooden. la plante décrite sous ce nom par Host. Il considère celle-ci comme une espèce différente et nouvelle qu'il nomme *Carex hostiana* DC. ['*Carex Hostiana*']. À noter que Host (1809) attribue bien dans le protologue *Carex fulva* à Goodenough et que d'un point de vue nomenclatural, il s'agit ici d'un mésusage qui devrait se traiter comme *Carex fulva sensu* Host (1809) non Gooden. (1794).

Hoppe (1824 : 593) compare les descriptions de *Carex fulva* par Goodenough et Schkuhr et conclut également qu'il doit s'agir de taxons différents. Ne connaissant probablement pas la description de *Carex hostiana* par de Candolle parue 11 ans plus tôt, il décrit ce taxon sous le nom de *Carex hornsuschiana* Hoppe. Ce binôme a été longtemps employé avant d'être reconnu comme synonyme postérieur à la description publiée par de Candolle.

Peu après, des auteurs consciencieux examinent les fruits de *Carex fulva* Gooden. et constatent l'absence ou presque d'akènes correctement formés.

Dans leur paragraphe concernant *Carex hornsuschiana*, Grenier & Godron (1855 : 425) donnent une description intéressante d'une « forme constamment stérile et qui se distingue du type par ses utricules du double plus gros, plus enflés et pour cela plus divergents, ne renfermant pas d'akène ; par sa teinte d'un vert plus pâle ; c'est le *C. fulva* [...] — Est peut-être une hybride [...] ».

Dès le début du XX<sup>ème</sup> siècle, le statut d'hybride de *Carex fulva* Gooden. paraît communément accepté (voir aussi Kükenhals 1905 ; Kiffe 2001, 2004 ; Stace 1975). Par contre, les noms des taxons du groupe de *Carex flava* vont souvent changer, et il est compliqué de savoir quel taxon aujourd'hui accepté dans ce groupe est précisément visé par chaque auteur. Toutefois, les ouvrages les plus récents comme *Carex Europaea* (Koopman 2011), *Flora Gallica* (Tison & de Foucault 2014) ainsi que la liste de référence mondiale pour les Cypéracées (Govaerts et al. 2020) adoptent un traitement taxonomique concordant et retiennent la formule suivante :

*Carex xfulva* Gooden. = *C. demissa* Hornem. × *C. hostiana* DC.

Sur la base des éléments énumérés ci-dessus, nous suivons par la suite la synonymie suivante (les références complètes sont détaillées en bibliographie) :

*Carex hostiana* DC.

Description originale : de Candolle (1813), Cat. Pl. Horti Monsp. : 88

Lectotypus désigné par Charpin & Luceño (1993 : 465) : planche 95 dans Host (1809) (Fig. 1)

Appartient à la section *Ceratocystis* Dumort. (Chater 1980 ; Jiménez-Mejías et al. 2012 ; Koopman & Więclaw 2019).

= *Carex hornschurchiana* Hoppe 1824 (voir aussi Hoppe & Sturm 1835)

= « *Carex fulva* Schkuhr 1801 » (voir aussi Rouy 1912 : 479 ; Fournier 1947 ; Guinochet & Vilmorin 1975 : 1081)

= « *Carex fulva* Host 1809 »

= « *Carex fulva* Schr. » sensu Chassagne 1956

= *Carex biformis* var. *fertilis* F.W. Schultz 1841

Crins & Ball (1987) mettent en évidence les critères spécifiques à *Carex hostiana* au sein de la section *Ceratocystis* : rhizomes courts bien développés ; épis courtement cylindriques et nettement pédonculés ; utricules antrorses ; écailles « femelles » d'un brun foncé, obtuses à marge hyaline relativement large



Figure 1 - Illustration de *Carex hostiana* (planche 95 dans Host 1809), désignée comme lectotype par Charpin & Luceño (1993). Image mise à disposition par Biodiversity Heritage Library. Contribution par le Missouri Botanical Garden, Peter H. Raven Library. www.biodiversitylibrary.org.

### *Carex ×fulva* Gooden.

Description originale : Goodenough (1794), Trans. Linn. Soc. London 2 : 177 (& Tab. 20 fig. 6) (Fig. 2)

Formule d'hybride : *Carex demissa* Hornem. × *Carex hostiana* DC.

= *Carex fulva* Gooden. 1794

= *Carex fulva* Hoppe (sensu Godron 1857 : 376)

= *Carex biformis* β *sterilis* Schultz 1841

La synonymie est de toute évidence essentielle puisqu'elle est à l'origine d'erreurs d'inventaires et de cartographies. Par exemple, Duhamel (1998 : 71) et Bernard (2005 : 209) retiennent non seulement *Carex hornschurchiana* Hoppe comme synonyme de *C. hostiana* DC., mais aussi *C. fulva* Gooden. Par ailleurs, l'INPN accepte comme nom valide *Carex ×fulva* Gooden. 1794, mais donne en synonymie « *Carex fulva* Schkuhr » ce qui est également erroné. De ce fait, il est fortement probable que la cartographie de l'INPN ait intégré des données faussement attribuées, elle devrait donc être actualisée.



Figure 2 - *Carex ×fulva* (planche 20 figure 6 dans Goodenough 1794). Image mise à disposition par Biodiversity Heritage Library. Contribution par le Missouri Botanical Garden, Peter H. Raven Library. www.biodiversitylibrary.org.

## Matériel et méthodes

### Recherche de données historiques

#### Recherches bibliographiques

Nous avons tenté de rassembler les données disponibles concernant les deux *Carex*, à travers une recherche bibliographique visant aussi bien les documents imprimés (catalogues de la flore de l'Aveyron) que les bases de données en ligne (INPN, SIFlore, SILENE).

#### Recherches de parts d'herbiers

Des échantillons aveyronnais ont été cherchés aux herbiers de Montpellier (MPU), et plus particulièrement dans l'herbier général et celui de l'abbé Hippolyte Coste. Nous avons par ailleurs mené des recherches au sein d'herbiers numérisés, notamment sur la plateforme e-ReColNat et dans l'herbier du Dr. Antoine Bras. Cet herbier a été intégré à celui de l'Université de Palermo, il est désormais digitalisé et accessible en ligne ([http://147.163.105.223/herbarium\\_vadv\\_en.asp](http://147.163.105.223/herbarium_vadv_en.asp)).

Malheureusement, aucun échantillon de *Carex* n'y est recensé.

### Étude des stations actuelles

#### Relevés phytosociologiques

18 relevés phytosociologiques ont pu être mobilisés (supplément 1) : 2 comprenant à la fois *Carex xfulva* et *C. hostiana*, et 16 autres ne comprenant que *C. hostiana*. Les relevés incluant *C. xfulva* ont été réalisés dans le cadre de la présente étude. Quant aux relevés comprenant *C. hostiana* uniquement, un d'entre eux a été effectué dans le cadre du suivi des habitats naturels du site de la tourbière des Rauzes (propriété du Conseil départemental de l'Aveyron), tandis que les 15 autres ont été réalisés dans le contexte de l'animation du site Natura 2000 FR7300870 « Tourbières du Lézou ».

Les relevés sont répartis de la façon suivante (Tab. 1) :

Tourbière	Commune	Site Natura 2000	Nombre de relevés
Rauzes	Saint-Léons	oui	7
Douzes de Mauriac	Saint-Laurent-de-Lévézou	oui	4
Rébouols	Vézins-de-Lévézou	oui	1
Violettes	Curan	oui	1
Pomayrols	Saint-Léons	oui	1
Broustiès	Salles-Curan	oui	1
Bouloc	Salles-Curan	non	1
Saint-Jean-le-Froid	Salles-Curan	non	1
Pendariès	Canet-de-Salars	non	1

Les relevés ont été effectués selon la méthode sigmatiste, à savoir l'inventaire exhaustif des espèces végétales par strate, avec coefficient d'abondance-dominance, sur une surface échantillon représentative d'une communauté végétale homogène.

Ces 18 relevés phytosociologiques ont été triés d'après leur affinité écologique résumée par Julve (1998) sous forme de syntaxons optimaux pour chaque taxon.

#### Mesures du pH

Des mesures de pH ont été réalisées sur le terrain, à l'aide de bandelettes de test pH (marque Johnson) dont la précision est estimée à  $\pm 0,5$  unité près. Trois sites ont fait l'objet de mesures au niveau de l'eau affleurant le sol : les deux stations avec *Carex xfulva* et la tourbière des Rauzes.

#### Valences écologiques

En complément des mesures directes, nous avons tenté de caractériser les conditions stationnelles à travers le calcul des moyennes des valences écologiques des espèces présentes dans chacun des relevés. Les moyennes des valences ont été calculées

pour la réaction du sol (pH), le niveau trophique et l'humidité édaphique, d'après le référentiel de Julve (1998).

#### Collecte des échantillons et mesures biométriques

Pour l'analyse biométrique des différents taxons, 50 individus ont été prélevés : 18 individus de *Carex demissa* Hornem., 19 individus de *C. hostiana* DC. et 13 individus de *C. xfulva* Gooden. Tous ont été prélevés sur le site de la tourbière des Douzes de Mauriac (lieu-dit Mauriac, commune de Saint-Laurent-de-Lévézou), mis à part 3 individus de *C. demissa* Hornem. qui ont été prélevés sur le mont Aigoual (Gard).

Le choix des traits morphologiques étudiés s'est fait à partir du travail de Więclaw & Koopman (2013), qui met en évidence les traits morphologiques les plus discriminants entre les hybrides de *Carex hostiana* avec les espèces de la section *Ceratocystis* et leurs parents. Le croisement de ces résultats avec nos observations de terrain a permis de choisir 9 traits morphologiques à mesurer :

UL (Utricle length) = Longueur des utricules

CH (Stem height) = Longueur de la tige, inflorescence comprise

MSL (Male spike length) = Longueur de l'épi mâle

MSPL (Male spike peduncle length) = Longueur du pédoncule de l'épi mâle

DLFS (Distance between female spikes) = Distance entre les deux épis femelles inférieurs

LFSBL (Lowest female spike bract length) = Longueur de la bractée de l'épi femelle inférieur

LFSL (Lowest female spike length) = Longueur de l'épi femelle inférieur

LFSPL (Lowest female spike peduncle length) = Longueur du pédoncule de l'épi femelle inférieur

Ces traits ont été mesurés avec une précision de 0,1 mm à l'aide d'une règle décimétrique. Pour l'estimation de la longueur des utricules, 5 utricules ont été prélevés de la partie moyenne de l'épi femelle inférieur de chaque individu pour être mesurés séparément. Pour les autres traits morphologiques, chaque individu échantillonné a fait l'objet d'une seule mesure. Notons enfin que certaines parties de quelques échantillons (épis notamment) se sont parfois révélées trop abîmées et n'ont de ce fait pas été mesurées (valeurs classées en « NA » pour « non available » = non disponible).

#### Analyses statistiques

L'ensemble des analyses statistiques a été effectué grâce aux logiciels R et R studio. Les résultats des mesures ont tout d'abord fait l'objet d'analyses standard (moyenne, écart-type). Puis, des tests de comparaison de moyennes ont été effectués afin de comparer les différents traits morphologiques entre les trois taxons. Pour chaque trait morphologique étudié et chaque taxon, l'homogénéité des variances (à l'aide de tests de Bartlett) et la normalité des résidus des modèles (à l'aide de tests de Shapiro-Wilk) ont été testés afin de valider ou infirmer l'utilisation de tests paramétriques. Dans le cas où les conditions d'homogénéité des variances et normalité des résidus étaient vérifiées (en l'occurrence uniquement pour la longueur de l'épi mâle), nous avons effectué une analyse de la variance (ANOVA) suivie de tests *post hoc* de comparaisons des moyennes deux à deux (tests de Tukey). Dans le

cas où ces conditions n'étaient pas vérifiées, nous avons appliqué des tests non paramétriques (tests de Kruskal-Wallis) suivis de tests *post hoc* de comparaison des moyennes deux à deux (tests de Dunn). Afin de limiter les erreurs de type I (« faux positifs »), le seuil de significativité utilisé pour ces tests *post hoc* a été fixé à  $\alpha = 0,025$ . Enfin, les comparaisons de moyennes de longueur d'utricules ont été effectuées à l'aide d'un modèle linéaire mixte afin de prendre en compte la pseudo-réplication liée au fait que 5 utricules ont été mesurés pour chaque individu. Suite à ce modèle linéaire mixte, les intervalles de confiance à 95 % des moyennes de longueur d'utricules ont été comparés pour évaluer quels taxons étaient significativement différents.

## Résultats

### Synthèse des données de *Carex hostiana* et de *Carex xfulva* en Aveyron

#### Données historiques

##### *Carex hostiana*

La base de données SILENE des Conservatoires botaniques n'affiche en Occitanie que quatre mailles avec présence de *Carex hostiana* : deux avec données récentes, dans l'Aude, et deux autres avec données datant d'avant 1990, dans l'Aude et l'Ariège. Il existe pourtant des données historiques connues dans les catalogues de la flore de l'Aveyron. Dans son excellent « Catalogue des plantes vasculaires du département de l'Aveyron », Bras (1877 : 484) signale *C. hostiana* (sub « *Carex Hornschuchiana* Hoppe ») dans les « prés de St. Joseph près de Rodez ». À notre connaissance, il s'agit là de la première donnée du taxon pour l'Aveyron. Un siècle plus tard, Terré (1955-1979) estime « *Carex fulva* Schkuhr » comme étant « assez rare » et énumère les stations aveyronnaises suivantes :

- Le Carladez : Trionne ; Peyrat (Abbé Soulié) ;
- Vallée de la Rance : Balaguier, prairie de Lacaze (Abbé H. Coste) ;
- Rodez, à Saint-Joseph (Aével et Abbé H. Coste).

À signaler que Terré omet de citer les localités indiquées par Bras (1877).

L'herbier Hippolyte Coste renferme plusieurs échantillons de *Carex hostiana* en provenance de l'Aveyron. Ci-dessous la retranscription des étiquettes, par ordre chronologique de date de leur récolte :

##### *Carex hornsouchiana* Hoppe

Rodez dans les prés de St. Joseph.

Juin 1883

Société des Lettres de l'Aveyron, N°SLA030262.

##### *Carex Hornschuchiana* Hop.

29 mai 1899 [ ? ]

St. Joseph, à l'ouest de Rodez, pré humide, non loin du vivier.

Société des Lettres de l'Aveyron, N°SLA030261.

Abbé Joseph Morel [ ? ]

##### *Carex Hornschuchiana* Hoppe

Aveyron : Peyrat, prés marécageux, vers Courbelimagne, sol siliceux, 650 m.

14 juin 1915, J. Soulié.

Société des Lettres de l'Aveyron, N°SLA030259.

##### *Carex Hornschuchiana* Hoppe

Peyrat à Courbelimagne, pré de Jannot, sol siliceux, 650 m.

30 mai 1916, J. Soulié.

Société des Lettres de l'Aveyron, N°SLA030260.

##### *Carex xfulva*

Pour l'Aveyron, le Dr. Bras (1877 : 484) est découvreur non seulement de *Carex hostiana*, mais aussi de son hybride *xfulva*. Il signale cet hybride dans les prairies tourbeuses de Salles-Courbatès au nord de Villefranche-de-Rouergue. D'après nos recherches, il s'agit de la première et unique donnée historique de l'hybride pour l'Aveyron.

#### Stations actuelles

La base de données SILENE des CBN n'affiche actuellement aucune donnée pour *Carex hostiana*. Pour *C. xfulva*, un seul point « non revu depuis 1990 » est signalé, il s'agit de la donnée de H. Coste à Balaguier-sur-Rance. De toute évidence, il s'agit là d'une erreur de référentiel qui met en synonymie « *Carex fulva* Schkuhr » (= *Carex hostiana* DC.) et *Carex xfulva* Gooden. (interprétation confirmée par C. Bernard, *comm. pers.*).

La base SIFlore indique en Aveyron pour *Carex xfulva* une seule donnée de Soulié issue du catalogue de la flore d'Auvergne de Chassagne (1956 : 131). Cette donnée correspond à la planche d'herbier de *Carex hostiana* N°SLA030259 présentée plus haut. Là encore, il s'agit d'une confusion liée à la synonymie.

Pour *Carex hostiana*, SIFlore cite une seule référence relativement récente qui concerne la « Tourbière des Rauzes » (Deschâtres 1983). C'est sur cette propriété du département de l'Aveyron, classée en Espace Naturel Sensible et intégrée au réseau Natura 2000, que nous avons réalisé une partie de nos relevés avec *C. hostiana*. La Laïche de Host est d'ailleurs citée comme espèces d'intérêt « assez rare » dans le document d'objectifs du site (ADASEA 2005 : 50). L'autre partie de nos relevés contenant *C. hostiana* provient de la tourbière des Douzes de Mauriac, où a également été identifié *C. xfulva*, et des sept autres tourbières listées en tableau 1. À noter que nos données proviennent de prospections aléatoires, nous n'avons pas encore revisité les stations historiques.

Bernard (2012) considère *Carex hostiana* comme rare en Aveyron et signale sa présence dans les régions naturelles suivantes : « VAC » (Viadène, Aubrac, Carladez), « ODM » (Pays d'Olt, bassin houiller de Decazeville et « rougier » de Marcillac), « SLP » (Ségala, Lévézou et Palanges) et « BCL » (Bassin du Camarès et Monts de Lacaune).

### Synthèse des données de répartition

La figure 3 présente les données historiques et actuelles confirmées pour *Carex hostiana* et *Carex xfulva*. La plupart des stations historiques de ces deux taxons restent à retrouver, mais plusieurs stations jusqu'alors inconnues ont pu être mises en évidence. Par ailleurs, il nous paraît probable que ces deux taxons

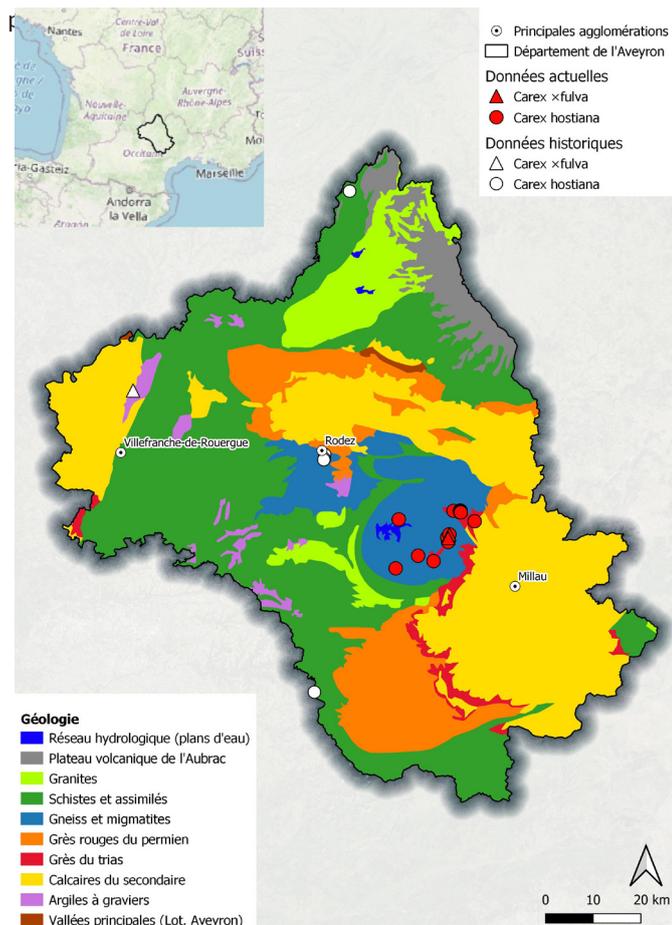


Figure 3 - Localisation des données de *Carex hostiana* et *Carex xfulva* en Aveyron avec géochimie des sols (Sources : IGN et OpenStreetMap).

À signaler que *Carex hostiana* est un taxon rare dans la partie sud et sud-ouest de la France : l'espèce est notamment absente des Causses (Bernard & Fabre 1996) et des Pyrénées-Orientales (SILENE, @2), très rare en Auvergne (Antonetti et al. 2006), dans le Gard (Tison et al. 2014, non revue), en Lozère (Macqueron 2009 ; SIFlore, @3), dans l'Aude (Plassart et al. 2016) et en Corrèze (Brunerye 1980).

Pour résumer, il est évident que la Laïche de Host est un taxon très rare à l'échelle du Massif central, avec des distances notables entre les différentes stations connues.

### Contexte stationnel actuel

Les 18 relevés comprenant *Carex hostiana*, et plus rarement *C. xfulva*, sont détaillés dans le Supplément 1. Les espèces avec

présence dans au moins 25 % des relevés sont représentées dans le tableau, tandis que les espèces présentes dans moins de 25 % des relevés sont indiquées dans la légende. Avec plus de 25 espèces présentes en moyenne, les groupements sont relativement diversifiés (exemple en photo 8).

Les moyennes des valences écologiques des espèces calculées pour chaque relevé (Tab. 2) mettent en relief des valeurs d'humidité édaphique comprises entre 6,1 et 8,5, avec une moyenne correspondant à la catégorie « végétations hygrophiles (courtes herbes à floraison précoce) ». Les moyennes des valences écologiques pour l'ensemble des relevés phytosociologiques d'après le référentiel de Julve (1998).

	Moyenne	Écart-type
Humidité édaphique	7,13	0,73
Réaction du sol (pH)	4,7	0,44
Niveau trophique	3,4	0,65

Les valences pour la réaction du sol se situent entre 3,9 et 5,7 et leur moyenne est qualifiée d'« acidocline ». Cette caractérisation de la réaction du sol est confirmée par nos relevés de terrain : les tests de pH *in situ* affichent 4,5 et 5 sur le site de la tourbière de Mauriac et 6 sur le site de la tourbière des Rauzes.

Enfin, les valeurs de niveau trophique sont comprises entre 2,4 et 5,2, leur moyenne est équivalente à des conditions « oligotrophes à méso-oligotrophes ».

### Mise en évidence de critères de distinction

#### Analyses biométriques

Les variations morphologiques (moyennes et écarts-types) pour chaque taxon peuvent être appréciées dans le tableau 3. Les figures 4 et 5 représentent graphiquement les médianes et quartiles des différentes variables morphologiques par taxon, ainsi que les résultats des tests de comparaison de moyennes associées.

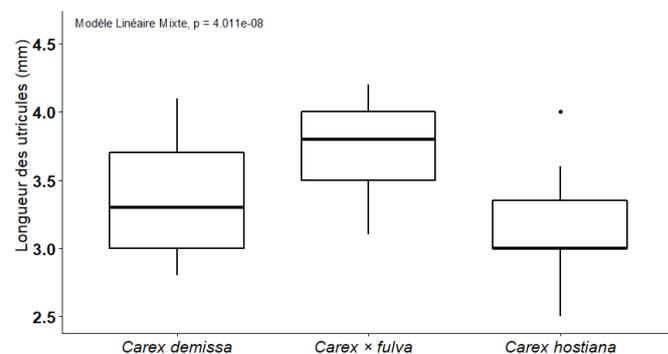


Figure 4 - Boîte à moustaches de la longueur des utricules par taxon.

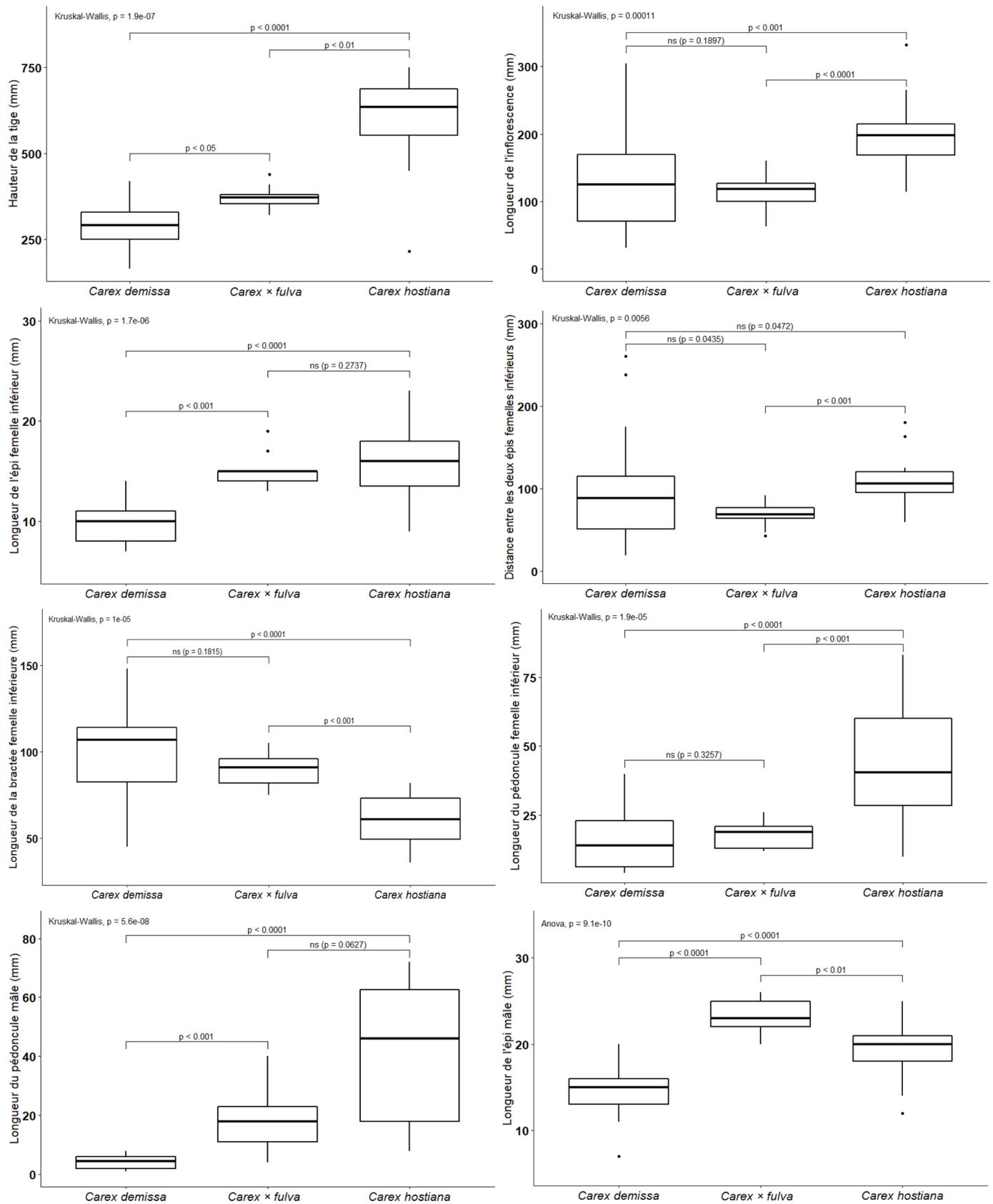


Figure 5 - Boîtes à moustaches des différentes mesures biométriques (hors utricules) par taxon.

Tableau 3 - Variation morphologique entre *Carex hostiana*, *Carex xfulva* et *Carex demissa*. Symboles et abréviations : x = moyenne, sd = écart-type. Rappel : UL = Longueur des utricules, CH = Longueur de la tige, MSL = Longueur de l'épi mâle, MSPL = Longueur du pédoncule mâle, IL = Longueur de l'inflorescence, DLFS = Distance entre les deux épis femelles inférieurs, LFSBL = Longueur de la bractée femelle inférieure, LFSL = Longueur de l'épi femelle inférieur, LFSPL = Longueur du pédoncule femelle inférieur.

	UL (mm)		CH (mm)		MSL (mm)		MSPL (mm)		IL (mm)		DLFS (mm)		LFSBL (mm)		LFSL (mm)		LFSPL (mm)	
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd
<i>Carex hostiana</i>	3,12	0,12	606,44	127,25	19,5	3,26	40,61	24,11	197,06	48,03	108,94	28,82	60,5	14,26	15,83	3,45	44,67	20,59
<i>Carex xfulva</i>	3,67	0,14	371,54	30,63	23,08	1,93	18,92	9,74	112,92	28,3	69,25	14,73	89,38	9,18	14,92	1,66	18	4,58
<i>Carex demissa</i>	3,35	0,12	293,39	66,14	14,44	2,97	4,19	2,52	130,06	71,06	101,56	69,52	102,75	29,66	9,88	2	16,22	11,15

L'ANOVA sur la longueur de l'épi mâle montre que cette variable est significativement différente entre les taxons ( $F = 34,255$ ,  $p = 9,099 \times 10^{-10}$ ). Ensuite, les tests de Tukey ont mis en évidence les différences significatives, pour ce critère entre *C. demissa* et *C. hostiana* ( $p < 0,0001^{***}$ ), entre *C. demissa* et *C. xfulva* ( $p < 0,0001^{***}$ ) et entre *C. hostiana* et *C. xfulva* ( $p < 0,01^*$ ).

Au sujet de la taille des utricules, le modèle linéaire mixte a prouvé la variation significative entre les taxons ( $p < 0,0001^{***}$ ). L'intervalle de confiance à 95 % de la moyenne de la taille de l'utricule de l'hybride ne chevauche pas celle de ses parents, et les intervalles de confiance des taxons parents ne se recoupent que très légèrement. Nous en concluons que la différence de longueur d'utricules entre chaque paire de taxons est significative.

Les résultats des tests de Kruskal-Wallis et des tests *post hoc* associés (tests de Dunn) concernant les autres variables morphologiques sont affichés de manière synthétique dans le tableau 4.

Ces tests mettent en exergue les différences majeures suivantes : l'hybride *Carex xfulva* se démarque de ses parents avant tout par des utricules, un pédoncule femelle inférieur et un épi mâle plus longs. Il présente des caractères intermédiaires pour la longueur de tige, et la longueur du pédoncule mâle. En outre, il se distingue de *C. hostiana* par une moindre distance entre les deux épis femelles inférieurs et – dans une moindre mesure – une inflorescence plus courte, ainsi que par une bractée femelle inférieure plus longue (Photo 3). D'autre part, il se distingue de *C. demissa* par un épi femelle inférieur plus long.



Photo 3 - Inflorescence de *Carex xfulva*.

Tableau 4 - Résultats des tests de comparaison de moyennes (tests non paramétriques de Kruskal-Wallis) et tests *post hoc* associés (tests de Dunn).

Variables	Tests de Kruskal-Wallis		Tests <i>post-hoc</i> (tests de Dunn)		
	$\chi^2$	p	<i>C. demissa</i> et <i>C. hostiana</i>	<i>C. demissa</i> et <i>C. xfulva</i>	<i>C. hostiana</i> et <i>C. xfulva</i>
CH	30,92	0,00	$P < 0,0001$	$P < 0,05$	$P < 0,01$
MSPL	33,41	0,00	$P < 0,0001$	$P < 0,001$	ns ( $p = 0,0627$ )
IL	18,24	0,00	$P < 0,001$	ns ( $p = 0,1897$ )	$P < 0,0001$
DLFS	10,36	0,01	ns ( $p = 0,0472$ )	ns ( $p = 0,0435$ )	$P < 0,001$
LFSBL	23,00	0,00	$P < 0,0001$	ns ( $p = 0,1815$ )	$P < 0,001$
LFSL	26,63	0,00	$P < 0,0001$	$P < 0,001$	ns ( $p = 0,2737$ )
LFSPL	21,72	0,00	$P < 0,0001$	ns ( $p = 0,3257$ )	$P < 0,001$

### Autres critères

Kiffe (1993) signale la persistance notable des utricules stériles de *Carex xfulva*, ainsi l'hybride resterait repérable jusqu'au mois de septembre (NB : dans les parcelles ni fauchées ni pâturées). Ce critère de terrain nous paraît effectivement tout à fait pertinent (Photos 4 & 5).



Photos 4 & 5 - Épis femelles de *Carex xfulva* au mois de juin (à gauche) et d'octobre (à droite).

Kiffe (2001 : 63) souligne par ailleurs les différences de couleur des feuilles. Pour cet auteur, *Carex hostiana* est caractérisée par une couleur foliaire grise à bleuâtre, les feuilles des hybrides étant d'un vert franc à sombre (vert clair pour Koopman et al. 2019). Il nous semble pouvoir confirmer cette observation, à partir des photos 6 et 7 (photographies prises au même moment et sous conditions identiques : matériel cultivé). L'hybride semble en effet avoir une couleur intermédiaire entre le vert glauque de *C.*



Photos 6 & 7 - Comparaison des couleurs de feuilles : à gauche *Carex hostiana*, à droite *Carex xfulva*. Photos prises le 21/10/20 en conditions identiques.

## Discussion

### Écologie de *Carex hostiana*

Avec des valeurs de pH situées entre 3,9 et 6 (4,7 en moyenne), nos résultats confirment la capacité de la Laïche de Host à coloniser des substrats nettement acides. Les valeurs d'humidité édaphique, comprises quant à elles entre 6,1 et 8,5 (7,1 en moyenne), montrent que ce taxon se développe dans des conditions méso-hygrophiles à hydrophiles (situations courtement à longuement inondables). En guise de conclusion au sujet de la gamme stationnelle favorable à ce taxon, le niveau trophique faible du substrat, dont les valences sont situées entre 2,4 et 5,2 (3,4 en moyenne) nous paraît nettement plus déterminant que sa

teneur en bases.

Enfin, les calculs de valences écologiques des deux relevés accueillant *Carex xfulva* suggèrent que les conditions de développement de ce taxon sont similaires à celles de *Carex hostiana*, les valeurs calculées étant très proches de celles des 16 autres relevés.

### Distinction des taxons

Il nous a paru intéressant de mettre en évidence les critères de reconnaissance les plus opérationnels sur le terrain. À cette fin, nous avons hiérarchisé l'ensemble des critères disponibles issus de nos analyses biométriques complétés par d'autres éléments indiqués en bibliographie. Il convient dans ce contexte de souligner la pertinence des travaux de Karl Kiffe, botaniste allemand ayant mené des travaux approfondis sur les hybrides de *Carex*, aussi bien dans de nombreux herbiers que par des recherches de terrain à travers l'Europe et la mise en culture de laïches supposées hybridées. Les travaux de Kiffe (2001) et de Koopman et al. (2019) sur la section *Ceratocystis* mettent en évidence des critères de terrain pour la reconnaissance des hybrides.

Comme Kiffe (2001), nous attirons l'attention d'abord sur les tiges fleuries. La couleur fauve à brune des épis femelle est facilement détectable, et ces épis ont une structure moins dense que ceux des espèces parents (Schmid 1980 : 315). Les utricules sont toujours stériles, donc vides et facilement compressibles. La première approche terrain devrait par conséquent consister à écraser un épi femelle entre deux doigts.

Nos analyses biométriques ont pu mettre en évidence divers traits morphologiques significativement différents entre les taxons. Certaines plages de valeurs de ces traits se chevauchent d'un taxon à l'autre, rendant leur utilisation sur le terrain délicate, tandis que d'autres sont suffisamment éloignées pour en faire des critères d'identification pertinents. L'utilisation conjointe de plusieurs critères choisis (Tab. 5) pourrait permettre de différencier efficacement les trois taxons.

Il est intéressant d'observer que l'hybride présente des caractères plus ou moins intermédiaires entre ses deux parents pour la plupart des traits morphologiques étudiés, en particulier pour la longueur du pédoncule mâle, les longueurs de l'épi femelle inférieur et de son pédoncule, la hauteur de la tige, sans compter d'autres critères visuels comme la couleur et la densité des touffes. Ceci peut s'expliquer par le contraste entre la morphologie « élancée » de *Carex hostiana* et la morphologie « trapue » de *C. demissa*, l'hybride héritant à parts semblables des traits de chacun. Cette morphologie intermédiaire a également été mise en évidence par Więćław et Koopman (2013). D'autres critères, comme la distance entre les épis femelles inférieurs, la longueur de l'inflorescence, les longueurs de la bractée et du pédoncule femelles inférieurs ainsi que la longueur de l'épi mâle ne sont au contraire que peu ou pas intermédiaires entre les deux parents. Tout particulièrement, on notera que Więćław et Koopman (2013) ont calculé une longueur de l'épi mâle intermédiaire pour l'hybride (2,01 cm en moyenne, celle de *C. hostiana* étant de 2,25 cm et celle de *C. demissa* de 1,50 cm), alors que nos calculs ont mis en évidence un épi mâle

Tableau 5 - Critères distinctifs les plus pertinents pour l'identification des taxons.

	<i>Carex demissa</i>	<i>Carex ×fulva</i>	<i>Carex hostiana</i>
Couleur des épis femelles	Vert clair	Jaune à brun clair	Vert
Utricules	Pleins, non compressibles	Vides, facilement compressibles	Pleins, non compressibles
Hauteur de la tige	15 – 40 cm	30 – 40 cm	> 50 cm
Couleur écailles femelles	Brun clair, sans marge hyaline	Brun clair, avec marge hyaline	Brun foncé, avec marge hyaline
Couleur feuilles	Vert clair	Vert franc	Vert glauque
Touffes	Petites, denses	Moyennes, un peu lâches	Moyennes, lâches
Longueur du pédoncule mâle	< 10 mm	15 – 25 (40) mm	(15) 20 – 60 (70) mm
Longueur du pédoncule femelle inférieur	5 – 15 mm	15 – 20 mm	(10) 15 – 25 mm
Densité des épis femelles	Forte	Moyenne	Forte
Persistence des épis femelles	Courte	Très longue (octobre)	Courte

plus long pour l'hybride (2,3 cm en moyenne pour ce dernier, 1,95 cm pour *C. hostiana* et 1,44 cm pour *C. demissa*).

La taille des utricules de l'hybride, elle aussi, est supérieure à celle de ses parents. D'après Kiffe (2001), la longueur des utricules de *Carex ×fulva* était de 3,5 – 4,5 mm, et d'après Więclaw et Koopman (2013) elle était de 3,13 – 4,10 mm. Ces résultats concordent avec nos valeurs, se situant entre 3,1 et 4,2 mm. Toujours par rapport à l'étude de Więclaw et Koopman (2013), nous constatons des valeurs de traits morphologiques globalement similaires à celles que nous avons calculées, bien que certaines différences puissent être mises en relief. En effet, pour *C. hostiana*, la taille de la tige calculée par les auteurs se situait autour de 50 cm (60 cm dans notre étude), la longueur du pédoncule mâle autour de 2 cm (ici 4 cm), la longueur de l'inflorescence de 12 cm de haut (20 cm), et le pédoncule femelle inférieur d'environ 1 cm de long (4,5 cm). Cela suggère - nonobstant le fait que ces mesures morphologiques présentent des écarts-types importants, souvent équivalents ou supérieurs à 50% de la moyenne - que nos individus de *C. hostiana* étaient globalement de plus grandes dimensions que les leurs.

Pour ce qui est de *Carex ×fulva*, les ressemblances entre nos valeurs et celles des auteurs sont notables, bien que l'on note des moyennes légèrement plus élevées chez nos individus concernant la taille de la tige (37 cm en moyenne contre 33 dans leur étude), la longueur de l'inflorescence (11 cm contre 9 cm), la longueur de la bractée femelle inférieure (9,4 cm contre 6,7 cm) et la longueur du pédoncule femelle inférieur (1,8 cm contre 0,5 cm). Dans les deux cas, c'est surtout la longueur du pédoncule femelle inférieur qui était particulièrement plus longue pour nos spécimens que pour ceux étudiés ailleurs.

Cette variabilité suggère une certaine prudence dans l'utilisation de ces critères dans différents territoires d'étude. En effet, bien que certaines tendances soient confirmées, les valeurs moyennes diffèrent de manière non négligeable. En corollaire, ceci tendrait à montrer que les traits morphologiques les plus « stables » d'un territoire à un autre seraient : la taille des utricules, la longueur de l'épi mâle, la distance entre épis femelles inférieurs, la longueur de l'épi femelle inférieur et de sa bractée pour *C. hostiana* ; la taille des utricules, la longueur de l'épi mâle et la distance entre épis femelles inférieurs pour *C. ×fulva*. Dans ce cadre, il serait intéressant d'en savoir plus sur l'ampleur de cette variabilité en étudiant des populations d'autres pays ou d'autres régions de France.

Enfin, d'après Schmid (1980 : 315), la longueur de l'épi mâle

est avancée comme critère général pour l'identification des hybrides du groupe *flava*. Nos mesures ont montré qu'il s'agissait en effet d'un critère possible, de par des différences de moyennes significatives entre les taxons. Toutefois, compte tenu des chevauchements possibles de ce trait morphologique selon les spécimens étudiés (voir Fig. 5), ce critère devrait être utilisé conjointement à d'autres pour une identification certaine.

## Perspectives

### Prise en compte des hybrides dans les flores

De manière générale, il nous paraît logique de conclure que les connaissances très fragmentaires et parfois contestées sur les hybrides de *Carex* en France pourraient être améliorées en incluant les nothotaxons connus dans les clés du genre proposées dans les ouvrages de référence. Cette même proposition avait déjà été formulée par Kiffe (2004) pour les flores en Allemagne, au sujet des hybrides de *Carex* fréquents et qui forment parfois d'importantes populations.

L'actualisation des données à partir d'outils de détermination complets et partagés permettrait en outre la mise à jour des cartographies de répartition de l'ensemble des (notho-) taxons présents en France.

### Conservation des stations connues

L'importance des hybrides et des milieux qui les accueillent commence à être reconnue aussi bien par le monde scientifique que par les gestionnaires d'espaces naturels. Thompson *et al.* (2017) par exemple estiment qu'une stratégie de gestion conservatoire d'espèces patrimoniales devrait inclure des sites avec présence de populations hybridées qui représentent des sources de variation génétique pour l'évolution future (voir aussi Ennos *et al.* 2005).

À ce titre, et au vu de l'intensification très marquée de l'agriculture sur le plateau du Lévezou, il est important que le site de la « Tourbière des Rauzes » soit devenu propriété du département de l'Aveyron (@4). Ce site accueille - entre autres - d'importantes populations de la Laïche de Host. Conscient des enjeux forts qu'abrite le site, le département y met en œuvre une gestion conservatoire favorable à la biodiversité dont le résultat se voit sous forme d'habitats naturels et de populations d'espèces

en très bon état sur le site.

Il nous paraît primordial que des actions de gestion idoines voire une veille foncière soient mises en place pour d'autres parcelles de zones humides connues, par exemple celle des « Douzes de Mauriac » qui abrite la prairie humide à *Carex hostiana* et *Carex xfulva* (Photo 8).



Photo 8 - Prairie humide de la tourbière des « Douzes de Mauriac », abritant aussi bien *Carex hostiana* que son hybride *Carex xfulva*.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Mme Caroline Loup, Responsable de l'herbier MPU, pour sa disponibilité et son aide précieuse lors des recherches d'échantillons dans les herbiers de Montpellier, M. Christian Bernard pour ses informations sur ses observations personnelles, ainsi que Jacob Koopman pour les échanges enrichissants sur la taxonomie du genre *Carex*. Nous remercions également Baptiste Charlot et Jan Perret pour leurs conseils en analyses statistiques, Nathalie Blondel-Baur et René Mignon pour leurs conseils en géologie, et Clément Decaux de l'Établissement Public d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin du Vaur pour la mise à disposition des relevés phytosociologiques. Un grand merci à Elodie Kleszczewski et Baptiste Charlot pour leur relecture du manuscrit. Enfin, nous remercions les relecteurs anonymes pour leurs remarques pertinentes ayant permis la finalisation de l'article.

## Références

- ADASEA, 2015. Réseau NATURA 2000 – Document d'objectifs de la zone spéciale de conservation Tourbières du Lévezou Fr7300870, Département de l'Aveyron. Document de synthèse validé en comité de pilotage le 27 janvier 2004. Rapport ADASEA, Préfecture de l'Aveyron, Direction Régionale de l'Environnement Midi-Pyrénées, Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt de l'Aveyron, 299 p.
- Antonetti P., Brugel E., Kessler F., Barbe J.P. & Tort M., 2006. *Atlas de la flore d'Auvergne*. Conservatoire botanique national du Massif central, 984 p.
- Bernard C., 2005. *L'Aveyron en fleurs*. Ed. du Rouergue, 255 p.
- Bernard C., 2012. *Petite Flore portative de l'Aveyron*. Bulletin de la Société botanique du Centre-Ouest, N. S., N° spécial 37 : 1-545.
- Bernard C. & Fabre G., 1996. *Flore des Causses, hautes terres, gorges, vallées et vallons (Aveyron, Lozère, Hérault et Gard)*, seconde édition. Bulletin de la Société botanique du Centre-Ouest, N. S., N° spécial 31 : 1-705.
- Bras A., 1877. *Catalogue des plantes vasculaires du département de l'Aveyron*. Ed. Cestan, Villefranche, 553 p.
- Brunerye L., 1980. Végétation des affleurements de serpentine du département de la Corrèze. Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, 4ème série, section B, 2 : 49-78.
- Candolle A.P. de, 1813. *Catalogus plantarum horti botanici monspeliensis, addito observationum circa species novas aut non satis cognitatas fasciculo*. Ed. Martel, Montpellier, 155 p.
- Cayouette J. & Catling P.M., 1992. Hybridization in the genus *Carex* with special reference to North America. *Botanical Review* 58(4) : 351-438. <https://www.jstor.org/stable/4354195>
- Charpin A. & Luceño M., 1993. Typification de quelques *Carex* des herbiers de Genève. *Candollea* 48 : 465-468.
- Chassagne M., 1956. *Inventaire analytique de la flore d'Auvergne et contrées limitrophes des départements voisins*. Tome 1. Ed. Lechevalier, Paris, 458 p.
- Chater A.O., 1980. *Carex*. In : Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M. & Webb D.A. (eds.). *Flora Europaea. Volume 5. Alismataceae to Orchidaceae (Monocotyledones)*. Cambridge University Press : 290-323.
- Crins W.J. & Ball P.W., 1987. Variation in *Carex hostiana*. *Rhodora* 89 : 247-259.
- Deschâtres R., 1983. Sixième journée : samedi 10 juillet : Causse de Séverac et Lévezou. Bulletin de la Société botanique du Centre-Ouest, N.S., 14 : 133-140.
- Duhamel G., 1998. *Flore et cartographie des Carex de France*, 2ème édition. – Ed. Boubée, Paris, 296 p.
- Ennos R.A., French G.C. & Hollingsworth P.M., 2005. Conserving taxonomic complexity. *Trends in Ecology and Evolution* 20(4) : 164-168. DOI: [10.1016/j.tree.2005.01.012](https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.01.012)
- Fournier P., 1947. *Les quatre flores de France. Corse comprise. (Générale, Alpine, Méditerranéenne, Littorale)*. Ed. Lechevalier, 1103 p.
- Goodenough S., 1794. Observations on the British Species of *Carex*. 126-211. *Transactions of the Linnean Society of London* 2(1) : 126-211. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1794.tb00250.x>, <https://www.biodiversitylibrary.org/item/13712#page/151/mode/1up>
- Govaerts R., Jiménez-Mejías P., Koopman J., Simpson D., Goetghebeur P., Wilson K., Egovora T.V., Bruhl J. Continuously updated. *World checklist of Cyperaceae*. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. Now incorporated in the World Checklist of Selected Plant Families (WCSP). <https://wcp.science.kew.org/>. Consulté le 26/09/2020.
- Grenier M. & Godron M., 1855. *Flore de France ou description des plantes qui croissent naturellement en France et en Corse. Tome troisième, première partie*. Ed. Baillière, Paris, 659 p.
- Guinochet M. & Vilmorin R. de, 1975. *Flore de France. Fascicule 3*. – Ed. C.N.R.S. Paris : pp. 819-1199.
- Hoppe D.H., 1824. Über einige *Carex*-Arten. *Flora oder Botanische Zeitung* 7(2) : 593-598.
- Hoppe D.H. & Sturm J., 1835. *Caricologia Germanica oder Beschreibungen und Abbildungen aller in Deutschland*

- wildwachsenden Seggen. Ed. Sturm, Nürnberg, 238 p.
- Host N.T., 1809. *Icones et Descriptiones Graminum Austriacorum*. Vol. IV. Ed. Schmidt, Wien, 58 p. & annexes. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/9922#page/6/mode/1up>
- Jiménez-Mejías P., Martín-Bravo S. & Luceño M., 2012. Systematics and taxonomy of *Carex* sect. *Ceratocystis* (Cyperaceae) in Europe: A molecular and cytogenetic approach. *Systematic Botany* **37**(2) : 382-398.
- Julve P., 1998. *Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France*. Version : "31/10/2020". <http://philippe.julve.pagesperso-orange.fr/catminat.htm>
- Kiffe K., 1993. Ein Erstnachweis von *Carex hostiana* De Candolle x *C. demissa* Hornemann in Mitteleuropa - Veröffentlichung der Arbeitsgemeinschaft für biologisch-ökologische Landesforschung ABÖL, Nr. 96, Münster. *Decheniana* **146** : 132.
- Kiffe K., 2001. Die Hybriden zwischen *Carex hostiana* und den Arten der *Carex flava*-Gruppe in Nordrhein-Westfalen. *Floristische Rundbriefe* **35**(1/2) : 61-71.
- Kiffe K., 2004. *Carex*-Hybriden in Hessen. *Botanik und Naturschutz in Hessen* **17** : 77-86.
- Koopman J., 2011. *Carex Europaea. The genus Carex L. (Cyperaceae) in Europe*, 1. Margraf Publishers, Weikersheim, 726 p.
- Koopman J., Timmerman A., Hoeser U. & Więclaw H., 2019. Distribution, ecology and morphology of three *Ceratocystis* hybrids in the Province of Fryslân, the Netherlands (*Carex*, Cyperaceae). *Gorteria - Dutch Botanical Archives* **41** : 14-20. <http://natuurtijdschriften.nl/download?type=document&docid=685231>
- Koopman J. & Więclaw H., 2019. The section *Ceratocystis* (*Carex*, Cyperaceae) in the Netherlands. *Gorteria - Dutch Botanical Archives* **41** : 1-13. <http://natuurtijdschriften.nl/download?type=document&docid=685230>
- Kükenthal G., 1905. *Carex fulva* Good. und *Carex echinata* Murr. *Allgemeine botanische Zeitschrift für Systematik, Floristik, Pflanzengeographie* **11** : 45 - 46.
- Macqueron G., 2009. Compte rendu de sortie de la section botanique en cause Méjean, dans les Cévennes et au Mont Lozère, du 26 au 30 mai 2007. *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon* **78**(1-2) : 5-10.
- Plassart C., Barreau D. & Andrieu F. (coords.), 2016. *Atlas de la flore patrimoniale de l'Aude*. Ed. Biotope, Mèze, 432 p.
- Rouy G., 1912. *Flore de France ou description des plantes qui croissent spontanément en France, en Corse et en Alsace-Lorraine*. Tome XIII. Ed. Deyrolle, Paris, 548 p.
- Schkuhr C., 1801. *Beschreibung und Abbildung der theils bekannten, theils noch nicht beschriebenen Arten von Riedgräsern, nach eigenen Beobachtungen und vergrößerter Darstellung der kleinsten Theile*. Wittenberg : 128 p. & 286 planches en annexes. <https://ia802702.us.archive.org/24/items/beschreibungunda01schk/beschreibungunda01schk.pdf>
- Schmid B., 1980. *Carex flava* L. s.l. im Lichte der r-Selektion. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der philosophischen Doktorwürde vorgelegt der Philosophischen Fakultät II der Universität Zürich, 360 p.
- Stace C.A. (ed.), 1975. *Hybridization and the Flora of the British Isles*. Ed. Academic Press, London, 626 p.
- Terré J., 1955-1979. *Catalogue des plantes de l'Aveyron d'après les notes laissées par le Chanoine H. Coste, l'herbier Fourès, de Millau, et les observations de l'auteur*. Publié par J. Terré, avec la collaboration de Christian Bernard et Gabriel Fabre, 302 p.
- Thompson J.D., Gauthier P., Papuga G., Pons V., Debussche M. & Farris E., 2017. The conservation significance of natural hybridisation in Mediterranean plants : from a case study on *Cyclamen* (Primulaceae) to a general perspective. *Plant Biology* **20** (Suppl. 1) : 128-138. <https://doi.org/10.1111/plb.12595>
- Tison J.-M. & de Foucault B. (coords.), 2014. *Flora Gallica - Flore de France*. - Biotope éditions, Mèze, xx + 1196 p.
- Tison J.-M., Jauzein P. & Michaud H., 2014. *Flore de la France méditerranéenne continentale*. Naturalia Publications, 2078 p.
- Więclaw H. & Koopman J., 2013. Numerical analysis of morphology of natural hybrids between *Carex hostiana* and the members of *Carex flava* agg. (Cyperaceae). *Nordic Journal of Botany* **31** : 464-472. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2013.00095.x>
- Sites internet
- @1 : Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2003-2020. *Inventaire National du Patrimoine Naturel*, Site web : <https://inpn.mnhn.fr/> (23/09/2020)
- @2 : CBN méditerranéen de Porquerolles, CBN alpin, CBN des Pyrénées et de Midi Pyrénées. *SILENE Flore*. <http://flore.silene.eu/index.php?cont=accueil> (29/10/2020)
- @3 : Fédération des CBN. *SI Observation Flore*. [http://siflore.fcbn.fr/?cd\\_ref=&r=metro](http://siflore.fcbn.fr/?cd_ref=&r=metro) (28/10/2020)
- @4 : Conseil départemental de l'Aveyron. Site protégé de la « Tourbière des Rauzes ». <https://espacenature.aveyron.fr/ens/tourbiere-des-rauzes> (30/10/2020)
- Référence taxonomique (sauf exceptions concernant les *Carex* citées dans le texte) :
- Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2003-2020. *Inventaire National du Patrimoine Naturel*, Site web : <https://inpn.mnhn.fr/accueil/index> (29/11/2020)

# SurVegE-logiciel pour le suivi de la végétation en parcelles permanentes

Camille Roux<sup>1</sup> & Gilles Thébaud<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Clermont Auvergne, UniVegE, F-63000 Clermont-Ferrand - [camille.roux@uca.fr](mailto:camille.roux@uca.fr)

<sup>1</sup>Université Clermont Auvergne, UniVegE, F-63000 Clermont-Ferrand - [gilles.thebaud@uca.fr](mailto:gilles.thebaud@uca.fr)

Soumis le 22 février 2021

Accepté le 3 avril 2021

Publié le 1 juin 2021

## Résumé

UniVegE, Université Clermont Auvergne, conduit des recherches qui ont trait à la caractérisation des habitats naturels et anthropisés, à partir des bio-indicateurs végétaux, dans une finalité de gestion et de conservation. Depuis 2005, ces travaux ont été complétés par des recherches et expertises portant sur le diagnostic et le suivi d'espaces naturels sur des parcelles permanentes et le long de transects, pour le compte de partenaires de l'environnement : Parcs naturels régionaux, Espaces Naturels Sensibles du département 63, Clermont-Auvergne métropole... Dans ce cadre 51 parcelles permanentes ont été mises en place dans des espaces naturels du Massif central, territoires de collectivités territoriales et/ou aires protégées. Cette expérience a permis de tester de nouvelles méthodes de suivi pour répondre concrètement aux questionnements des gestionnaires et déboucher sur l'élaboration du logiciel SurVegE.

SurVegE (SURveillance VEGétation Écologie) est un logiciel d'assistance à l'opérateur gestionnaire d'espaces naturels. Il permet, à partir de relevés floristiques effectués sur des parcelles permanentes bornées et géoréférencées, de caractériser les changements floristiques et écologiques intervenus entre plusieurs années. L'analyse des données, intégrée dans le logiciel et basée sur des valeurs d'indices de référence affectés aux espèces végétales, fournit directement les résultats comparatifs chiffrés et illustrés, sous forme de diagrammes, figures et tableaux.

Nous allons présenter ici certaines fonctionnalités du logiciel en prenant comme exemple des cas concrets d'études menées sur le terrain. Les sites sélectionnés correspondent à différents types d'habitats et ont fait l'objet soit d'états initiaux, soit d'analyses diachroniques comparatives.

## Abstract

UniVegE, Clermont Auvergne University, conducts research relating to the characterization of natural and anthropized habitats, from plant bio-indicators, for the purpose of management and conservation. Since 2005, this work has been supplemented by research and expertise relating to the diagnosis and monitoring of natural areas on permanent plots and along transects, on behalf of environmental partners: Regional nature parks, Espaces Naturels Sensibles of the departement 63, Clermont-Auvergne metropole ... In this context 51 permanent plots have been set up in natural areas of the Massif central, territories of local authorities and/or protected areas. This experience made it possible to test new monitoring methods to concretely respond to managers' questions and lead to the development of the SurVegE software.

SurVegE (SURvey VEGetation Ecology) is an assistance software for the operator who manages natural areas. It allows, from floristic surveys carried out on bounded and georeferenced permanent plots, to characterize the floristic and ecological changes occurring between several years. The data analysis, integrated into the software and based on the values of benchmarks assigned to plant species, directly provides the comparative results quantified and illustrated, in the form of diagrams, figures and tables.

We will present here some features of the software, taking as an example concrete cases of studies carried out in the field. The sites selected correspond to different types of habitats and have been the subject of either initial reports or comparative diachronic analyses.

### Mots-clés

Bio-indicateur

Suivi

Espaces naturels

Étude diachronique

Gestion

### Keywords

Bio-indicator

Monitoring

Natural areas

Diachronic study

Management

## Introduction

Afin d'arrêter ou de limiter le processus d'érosion de la biodiversité, de nombreux acteurs se sont mobilisés pour mettre en place des procédures adaptées. En Europe cette dynamique a débouché sur un plan d'action pour la protection de la diversité biologique et paysagère, avec la mise en place de la directive habitats. 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. L'union européenne procède ainsi à une évaluation tous les six ans de l'application de la directive « habitats faune-flore » de 1992 (Directive n° 92/43/CEE) (DHFF), sous forme de rapports demandés aux états membres, sur l'état de conservation des habitats et des espèces (Bensettiti et al. 2009, 2015). Pour chaque site local impliqué dans ces programmes européens de la DHFF, des documents d'objectifs, comprenant une évaluation de la biodiversité actuelle, des menaces associées et des lignes directrices pour la gestion locale, sont produits à intervalles réguliers pour améliorer la gestion des espaces naturels concernés.

En France, de nombreux programmes ou procédures concernant la préservation de la biodiversité, des habitats et des espaces naturels sont portés par différents acteurs : parcs nationaux, réserves naturelles nationales, réserves naturelles régionales (conseils régionaux), Espaces Naturels Sensibles (départements), acquisition foncière et gestion conservatoire (conservatoires d'espaces naturels, parcs naturels régionaux, conservatoires botaniques nationaux...). Ces espaces naturels requièrent également une surveillance temporelle assidue et afin de les gérer au mieux, des méthodes et outils de suivi et d'évaluation de l'évolution de la biodiversité sont mis en place (Daget & Poissonnet 2010).

Pour apprécier la dynamique de la biodiversité et les variations quantitatives et qualitatives des espèces végétales et de leurs habitats, il est nécessaire de mettre en place des méthodes de suivi diachroniques sur des parcelles permanentes (Chytrý et al. 2009). Plusieurs techniques sont utilisées pour effectuer les relevés sur ces parcelles : relevés floristiques, relevés phytosociologiques (Braun-Blanquet 1932, 1964), quadrats... Celles-ci peuvent être couplées avec l'utilisation de bio-indicateurs : indices écologiques (Ellenberg et al. 1992), indice de valeur fourragère (Daget & Poissonnet 1972), groupes écologiques (Duvigneaud 1946) et beaucoup de travaux sont développés dans ce sens depuis de nombreuses années (Hawkes et al. 1997 ; Bartoli et al. 2000 ; Gégout et al. 2005 ; Hill & Carey 2009 ; Gaudin 2012).

C'est dans un objectif d'intégration et d'automatisation de ces méthodes, largement partagées, qu'a été réalisé le logiciel SurVegE, afin d'apporter pour les suivis de végétation un diagnostic et une analyse comparative diachronique et multifactorielle au moyen des bio-indicateurs végétaux.

C'est un outil qui donne rapidement, à partir des relevés réalisés, des résultats phyto-écologiques variés permettant d'apporter assistance et conseil aux gestionnaires et conservateurs d'espaces et de milieux naturels ou anthropisés. Sa mise en œuvre nécessite des opérateurs de terrain compétents en botanique. Il a été réalisé par UniVegE, de l'Université Clermont Auvergne et est le

fruit de recherches conduites sur le terrain depuis 2005 (Thébaud et al. 2012 ; Roux 2017). SurVegE est un outil qui permet à la fois le diagnostic phyto-écologique et le suivi diachronique. Il peut n'être utilisé que dans la première perspective. Mais son intérêt essentiel est de regrouper les deux.

Depuis 15 ans, 69 parcelles permanentes ont été mises en place dans 53 sites (Supplément 1) localisés dans plusieurs départements du Massif central (Puy-de-Dôme, Cantal, Haute-Loire, Loire et Nièvre). Plusieurs types d'habitats sont concernés : tourbières, marais, landes et pelouses submontagnardes et montagnardes, prairies, coteaux xériques de plaines, bords d'étangs/lacs, végétations alluviales et forêts. Ces parcelles se trouvent dans des espaces naturels, territoires de collectivités territoriales (parcs naturels, départements) et/ou aires protégées (réserves naturelles régionales/nationales, arrêtés de protection de biotope...). Ces zones ont fait l'objet d'un diagnostic phyto-écologique dans le cadre d'états initiaux : caractérisation des communautés végétales et des habitats, leur enveloppe écologique, recensement des espèces à statut patrimonial, usages et gestion. Et depuis 2012, des analyses diachroniques comparatives ont été effectuées sur certains sites, détaillées dans différents rapports d'études. Un article méthodologique présentant le logiciel est en cours de publication (Roux & Thébaud, soumis).

Nous allons voir dans ce présent article différentes applications proposées par le logiciel au travers de cas concrets. Les données obtenues lors d'études concernant plusieurs sites et habitats, sont analysées et la démarche pour obtenir le diagnostic fourni aux gestionnaires des sites est expliquée.

## Méthodologie

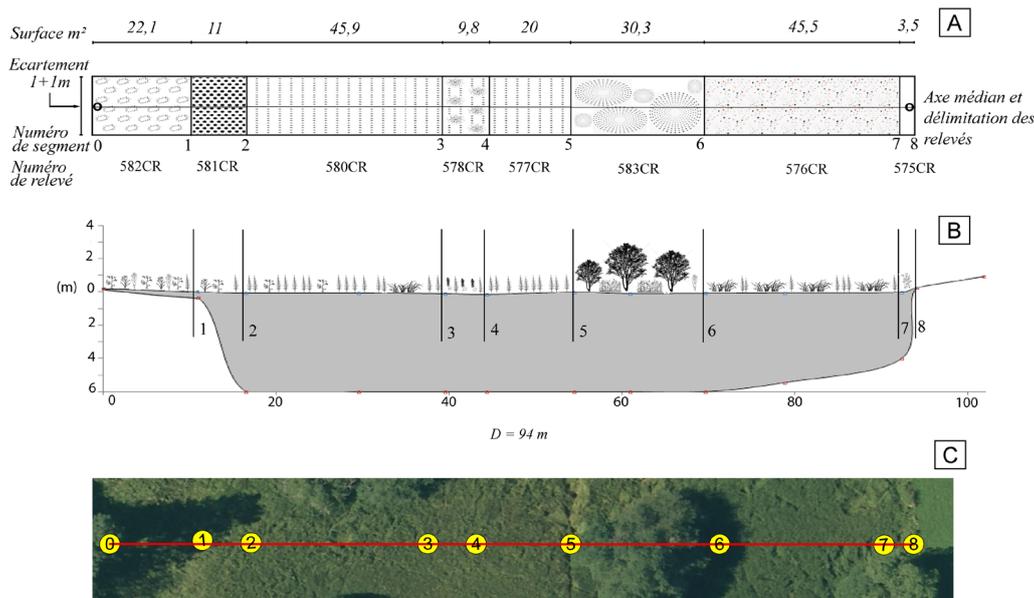
### Structure générale du logiciel

La base de données actuellement intégrée au logiciel est formée à partir du référentiel taxonomique TaxRef v.12 (Gargominy et al. 2018) complété par les valeurs des indices d'Ellenberg (1992) et, pour les taxons non renseignés, les indices écologiques de Julve (2017) sont adoptés, sauf exceptions qui sont alors documentées par UniVegE. Certaines bryophytes, notamment turficoles, sont documentées par des valeurs d'indices calculés par UniVegE à partir de Dierssen (2001). Pour les taxons des milieux agropastoraux les indices spécifiques des valeurs fourragères proviennent de Daget & Poissonnet (2010). Tous les taxons n'ont pas forcément des valeurs d'indices renseignés mais le logiciel permet de compléter celles-ci.

SurVegE fonctionne sur Windows (à partir de Windows 7) et Linux, en local. Le logiciel exporte les illustrations aux formats bitmap et vectorisé afin de pouvoir les retravailler, si besoin, sur des logiciels spécialisés. Et les tableaux sont exportés au format csv.

Les relevés floristiques sont saisis directement dans le logiciel, mais il est possible de les importer de Turboveg (SDF formatted database) (Hennekens & Schaminée 2001).

Les explications détaillées du logiciel sont fournies dans un guide d'utilisation.



### Mise en place de parcelles permanentes

La méthode consiste en la mise en place sur le terrain d'un PSET (profil socio-écologique temporel ; Fig. 1), séquence permanente composée de plusieurs segments, correspondant à une surface donnée, bornés et géoréférencés, dans lesquels sont effectués des relevés de végétation au cours du temps. Dans le cas de la réalisation de levées topographiques le long du PSET on utilise un appareil de type tachéomètre. On mesure ainsi à la mire la hauteur de chaque point séparant les segments de végétation et leur distance horizontale par rapport au point zéro où sera placé le tachéomètre. Des mesures complémentaires peuvent être effectuées (profondeur de la tourbe par exemple...) que SurVegE permet d'illustrer.

Dans le cas où l'on ne réalise pas de profil topographique, il faudra néanmoins mesurer la distance au sol, par rapport au point zéro, entre les différents points de séparation des segments de végétation.

La réalisation d'un PSET est la méthode recommandée pour une utilisation optimale du logiciel SurVegE. Mais le logiciel est aussi adapté pour le suivi de simples relevés de végétation sur des parcelles isolées ou d'espèces végétales particulières.

Que les parcelles soient sous forme de transects linéaires ou de relevés non contigus, elles devront être géoréférencées par GPS et bornés par une borne métallique (ou aimant) enfoncée dans le sol. Il est impératif de pouvoir, plusieurs années plus tard, retrouver très exactement ces points pour effectuer de nouveaux relevés dans les mêmes segments.

### Relevés de végétation

Le logiciel est compatible avec plusieurs types de relevés de végétation, réalisés le long du PSET ou sur une parcelle permanente

isolée : relevés phytosociologiques (Braun-Blanquet) ; relevés sur des points quadrats ; relevés phyto-écologiques de bio-indicateurs ; relevés d'espèces individuellement.

Pour chaque relevé, en plus de l'identification taxonomique de toutes les espèces présentes, on relèvera les % de couverture totale de la végétation, de chaque strate de végétation, de la litière, du sol nu et des blocs rocheux affleurants ; ainsi que les données stationnelles (altitude, exposition, pente...).

Pour renseigner l'abondance de chaque espèce, SurVegE propose plusieurs options : on peut noter le % exact d'abondance, ou affecter un coefficient d'abondance selon Braun-Blanquet qui correspond à une classe d'abondance dont la valeur est estimée par rapport à la surface totale du relevé, variant de r à 5. Ici encore le logiciel propose plusieurs options concernant les classes d'abondance : « Braun-Blanquet old », « Braun-Blanquet new » et « Braun-Blanquet extend » ; chacune déterminant un degré de précision de plus en plus fin des classes d'abondance (Tab. 1). Lors de la réalisation du relevé, la dominance peut-être notée, mais celle-ci ne sera pas renseignée dans le logiciel car elle n'intervient pas dans les calculs.

Tableau 1 - Choix des classes d'abondance proposées dans SurVegE.

Braun-Blanquet old Classe	%	Moy	Braun-Blanquet new Classe	%	Moy	Braun-Blanquet extend Classe	%	Moy
5	[75-100]	87.5	5	[75-100]	87.5	5b	[87.5-100]	93.75
4	[50-75]	62.5	4	[50-75]	62.5	5a	[75-87.5]	81.25
3	[25-50]	37.5	3	[25-50]	37.5	4b	[62.5-75]	68.75
2	[5-25]	15	2b	[15-25]	20	4a	[50-62.5]	56.25
1	[1-5]	3	2a	[5-15]	10	3b	[37.5-50]	43.75
+	0.5	0.5	1	[1-5]	3	3a	[25-37.5]	31.25
r	0.1	0.1	+	0.5	0.5	2b	[15-25]	20
			r	0.1	0.1	2a	[5-15]	10
						1	[1-5]	3
						+	0.5	0.5
						r	0.1	0.1

Les relevés effectués selon la méthode de Braun-Blanquet, c'est-à-dire en classes d'abondance, sont moins précis que les relevés d'abondance en valeur absolue. Mais les premiers ne nécessitent qu'un tiers à un cinquième du temps de terrain requis pour les seconds et fournissent des données de base suffisamment précises pour permettre l'évaluation de l'impact sur l'environnement (Wikum & Shanholtzer 1978). Ils permettent également une identification directe de la communauté végétale concernée selon le synsystème européen (Mucina et al. 2016) ou selon le prodrome des végétations de France (PVF1/Bardat et al. 2004 et PVF2/Société Française de Phytosociologie). Ainsi qu'une caractérisation de l'habitat et de son affiliation à des directives communautaires ou des conventions internationales en utilisant par exemple HABREF qui regroupe les typologies de référence de chaque territoire (Clair et al. 2019).

### Utilisation de bio-indicateurs végétaux

Les bio-indicateurs végétaux permettent, à partir des données floristiques collectées sur le terrain, de fournir des indications d'ordre écologique permettant le diagnostic de l'état initial et de l'évolution du site étudié. Chaque taxon possède une valeur d'indice et pour un relevé, le logiciel calcule la moyenne des valeurs des indices (lumière, humidité, température, pH, nutriments, salinité et continentalité) pondérées par l'abondance des taxons. C'est pourquoi il est très important d'être particulièrement rigoureux lorsque l'on réalise un relevé par classes d'abondance, sous peine d'obtenir des résultats biaisés, voire incohérents.

### Saisie des données dans SurVegE

Pour que le logiciel fonctionne il suffit de saisir les relevés de végétation effectués sur le terrain. Il faut tout d'abord renseigner l'année de l'étude et le premier segment de la séquence, ensuite choisir la méthode retenue pour calculer l'abondance des taxons. Puis remplir les données de têtes du relevé de végétation : n° de relevé, données stationnelles, recouvrement, écartement, surface, géologie... On peut alors saisir le relevé, en précisant pour chaque taxon sa strate et son abondance. Pour chaque taxon saisi, on peut visionner les indices écologiques et les indices spécifiques de valeur fourragère qui lui correspondent et les compléter si nécessaire.

Dans le cas de la réalisation d'un PSET, on peut rentrer également la topographie du transect effectué sur le terrain. On renseigne l'altitude du premier point de la séquence, la localité, la commune, l'orientation générale de la séquence (liste déroulante) et le système de coordonnées utilisé (liste déroulante). Il faut ensuite noter le numéro de point (en débutant par le point 0, début du transect et en terminant par le dernier point) ; la hauteur relative en mètre renseignée pour chaque point est celle du point zéro (position du tachéomètre) soustraite (pente descendante) ou augmentée (pente montante) de la différence topographique observée grâce à la mire ; la distance cumulée à partir du point 0 est notée en mètre jusqu'au dernier point, on obtient ainsi la longueur totale de la séquence ; ces données sont complétées par les coordonnées X et Y de chaque segment/relevé et éventuellement par la profondeur mesurée (sol, tourbe, eau) en mètre (Fig. 2).

Il n'est pas nécessaire d'effectuer de mesures de topographie pour les différentes applications du logiciel, mais si l'on choisit la mise en place d'un transect, c'est-à-dire d'une séquence continue de plusieurs relevés, il faut néanmoins mesurer la distance au sol, par rapport au point zéro, entre les différents points de séparation des segments de végétation, afin d'obtenir la surface du relevé.



Figure 2 – Mise en place d'un PSET sur le terrain. De gauche à droite : niveau laser pour mesurer la distance entre chaque segment ; mire à code barre pour mesurer la hauteur et perche métallique graduée pour mesurer la profondeur de tourbe ; corde matérialisant la toposéquence au sol.

### Description des applications du logiciel à partir des résultats obtenus sur des sites de suivi

SurVegE est utilisable pour tous types de milieux ; aussi avons-nous choisi comme exemples, pour présenter les fonctionnalités, des sites variés abritant divers habitats :

- Une tourbière acide à sphaignes, la tourbière de la Prénarde (Saint-Jean-Soleymieux, 42 ; ZNIEFF I n° 820032401), fait l'objet d'un suivi sous la forme d'une toposéquence de 172 m. qui a été mis en place en 2008 par UniVegE, afin d'analyser la libre évolution de la végétation après abandon du pâturage ; depuis la même période elle est étudiée sur les plans hydro-écologique et paléo-environnemental par le laboratoire ISTHME de l'université de Saint-Etienne.

- Un marais submontagnard, le marais de Fontfreyde (Saint-Genès-Champanelle, 63 ; site UNESCO FR7100006), situé dans le Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne (PNRVA), a été identifié comme zone humide prioritaire sur le territoire de Clermont Auvergne Métropole, et celle-ci a confié une étude phyto-écologique et paléo-environnementale depuis 2012, aux universités de Clermont-Ferrand (UniVegE) et de Saint-Etienne (ISTHME) ; le suivi permanent correspond à une toposéquence de 102 m.

- Une lande pastorale de lisière subalpine, sur la montagne de Monthallier (Job, 63 ; ENS, NATURA 2000 FR8301030 ; ZNIEFF I n°830005443 ; site classé du « Haut-Forez central »), située dans le Parc Naturel Régional du Livradois-Forez. Le Conseil départemental du Puy-de-Dôme a labellisé le site en Espace Naturel Sensible et a confié en 2012 à UniVegE un suivi afin d'y observer la dynamique de la végétation. Celui-ci correspond à une toposéquence de 45 m.

- Une pelouse pastorale submontagnarde sur le puy de la

Combegrasse (Aydat, 63 ; site UNESCO FR7100006 ; site classé de la « chaîne des Puys », située dans le Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne, dans la chaîne des Puys. Une étude a été commanditée à UniVegE par le PNRVA, en 2015 afin de suivre l'évolution de ces estives suite à un défrichage conduit par le Syndicat Mixte de Gestion Forestière d'Aydat. Ce suivi est réalisé sous la forme d'une toposéquence de 95 m.

- Un coteau xéothermique calcaire de Limagne de haut intérêt botanique, puy Long (Clermont-Ferrand, 63 ; ZNIEFF I n°830005667) situé sur le territoire de Clermont Auvergne Métropole. Celle-ci, dans le cadre du Plan biodiversité, a confié à UniVegE un suivi de la végétation depuis 2012 ; il correspond à une toposéquence de 56 m.

- Un secteur de grèves de la rivière Allier, au lieu-dit « Les Boires » (Pont-du-Château, 63 ; NATURA 2000 FR8301038, ZNIEFF I n° 830000178). La métropole a confié à UniVegE un suivi depuis 2013 afin d'observer la libre évolution du lit mineur. Celui-ci correspond à une toposéquence de 190 m.

Ces sites présentent un gradient de pression anthropique variable. Certains sont en libre évolution depuis plus de 50 ans (Prénarde, Fontfreyde, les Boires) ; d'autres sont soumis à un pâturage extensif (Combegrasse, Monthallier) ; le dernier site, en raison de sa proximité avec la métropole de Clermont-Ferrand,

subit des impacts plus importants : fréquentation régulière de promeneurs, d'engins motorisés, proximité immédiate d'un ancien centre d'enfouissement technique, d'une déchetterie et d'une casse.

### Applications liées aux analyses phyto-écologiques

#### Production automatique d'un diagramme de répartition floristique

SurVegE atteint son utilisation optimale dans le cas de la mise en place d'un profil de type PSET ; le logiciel fournit alors automatiquement un diagramme complet du transect de végétation (Fig. 3), avec en lignes, les taxons et en colonnes les différents relevés correspondant aux segments de la toposéquence, en respectant les proportions de distances. Il permet ainsi de donner un diagnostic de l'état initial et de mettre en évidence indirectement, par le biais des taxons, des gradients écologiques, des successions dynamiques ou de rendre compte des contacts et transitions entre communautés. SurVegE permet aussi de modifier de manière automatique l'ordre des taxons qui apparaissent dans le diagramme selon leur valeur d'indice écologique ou en les classant manuellement, en déplaçant

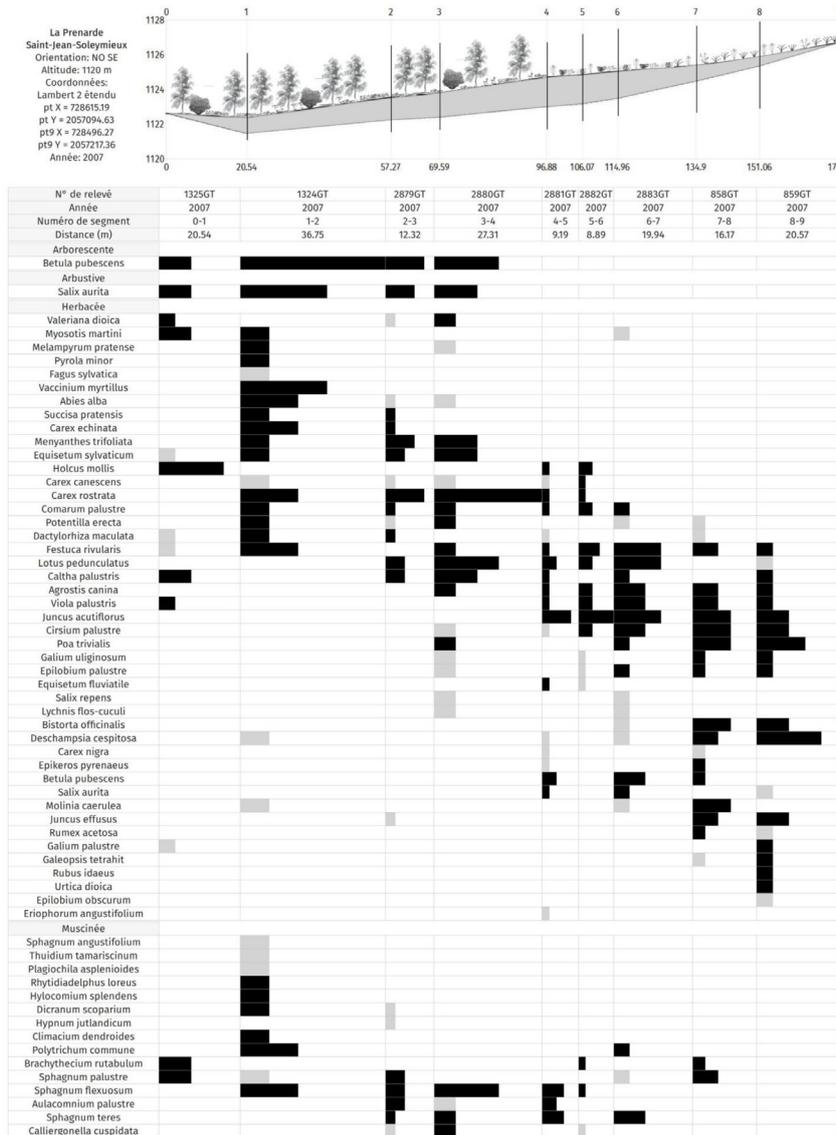


Figure 3 - Exemple d'un diagramme d'état initial de PSET effectué lors de l'année 2007 dans la tourbière de la Prénarde (Saint-Jean-Soleymieux, 42). Profil topographique et profil de profondeur de tourbe. De 0 à 9 : différents segments du profil où sont effectués les relevés de végétation, situés chacun entre 2 points topographiques. Les espèces sont classées de manière à obtenir un gradient écologique, ici un gradient d'humidité décroissant de 2 à 9. Les illustrations du profil ne sont pas incorporées dans le logiciel mais rajoutées après exportation en .jpg ou .svg.

les lignes correspondantes, de façon à produire un tableau diagonalisé des taxons.

Le diagramme de la figure 3, réalisé dans la tourbière de la Prénarde, exprime après classement des taxons un gradient d'humidité décroissant de 2 à 9. Il permet aussi de mettre en évidence deux compartiments fonctionnels et une succession dynamique. Un premier compartiment en amont (de 6 à 9), sur sols organo-minéral, sous l'influence du versant, mésotrophe et asséché en été, est formé de jonçaias à *Juncus acutiflorus* Ehrh. ex Hoffm. et prairies à *Deschampsia cespitosa* (L.) P.Beauv. (habitat d'intérêt communautaire UE 6410), mésohygrophiles, et un deuxième compartiment (de 1 à 6), plus régulièrement inondé, turfigène, riche en sphaignes et taxons hydrophiles, est occupé par des communautés de type bas-marais. Ce dernier est le siège d'une succession dynamique secondaire qui conduit, depuis les stades pionniers (3-4) à un stade plus mûr de la Boulaie (1-2). Il conduira à une tête de série forestière turficole de type sapinière à bouleaux pubescents (*Betulo pubescentis-Abietetum albae* Lemée 1995, habitat d'intérêt communautaire UE 91D0), qui n'est pas encore pleinement réalisée sur ce profil ; déjà un certain assèchement en 1-2 est observable, qui s'accroîtra lors de la croissance des sapins.

### Production automatique de résultats comparatifs quantitatifs à partir des valeurs d'indices

L'emploi des indices écologiques dans le cadre de SurVegE permet d'obtenir deux types principaux d'informations :

- Comparaison phyto-écologique, pour une même année, entre chaque segment d'une toposéquence ou entre plusieurs relevés non contigus ;
- Comparaison diachronique à partir des changements de végétation observés.

SurVegE permet ainsi d'obtenir directement des résultats comparatifs pour chacun des indices sous forme de différentes illustrations et tableaux de valeurs associés. Nous développons brièvement ci-dessous trois exemples pour illustrer quelques types de résultats produits par le logiciel.

Exemple d'analyse diachronique sur le site de puy Long. Ce coteau pépéritique de Limagne est principalement occupé par des communautés de pelouses xérotrophiques oligotrophiques, plus ou moins ouvertes (habitats d'intérêt communautaire UE 6110 et 6210). L'analyse diachronique (2012-2019) a permis de constater une augmentation des occurrences et abondances de plantes nitrophiles et donc de l'indice des nutriments (N) dans la majeure partie du transect (Fig. 4).

Seuls les segments 4-5 et 5-6 situés sur la pente sud, ont des valeurs d'indice moins importantes qu'en 2012, conséquence d'une érosion régulière du sol à cet endroit de forte pente. Cette augmentation de la teneur en nutriments le long du profil est peut-être une conséquence de retombées probables de composés organiques azotés, provenant de l'ancien centre d'enfouissement technique adjacent au site.

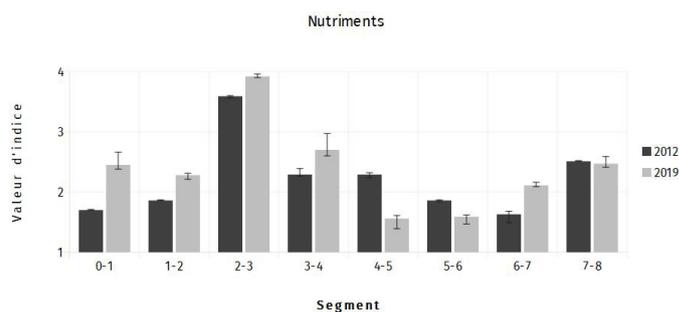


Figure 4 – Figure directement produite par le logiciel, correspondant à des histogrammes avec barres d'erreurs. Ils présentent la variation des moyennes des valeurs de l'indice des nutriments, entre 2012 et 2019, pour chacun des segments d'une toposéquence effectuée sur le site de puy Long (Clermont-Ferrand, 63). La barre d'erreur est obtenue en calculant l'IE du relevé avec le % d'abondance maximale et minimale de la classe d'abondance.

Exemple d'analyse diachronique du marais de Fontfreyde. La figure 5 montre la variation des valeurs de l'indice de température (T), entre 2012 et 2019, dans ce marais. On remarque dans cet exemple que cette augmentation est générale dans tous les segments. Le segment 3-4, au centre du marais, est le plus impacté, et c'est au niveau de la saulaie (5-6), milieu ombragé et tamponné, que le changement est le moins important. En étudiant plus précisément la composition floristique des segments (cf. paragraphe : *Variations par taxon*) nous avons constaté une disparition des espèces mésocryophiles montagnardes et une augmentation des espèces mésothermophiles submontagnardes à collinéennes, éléments qui viennent conforter et expliquer l'augmentation de l'indice T observée.

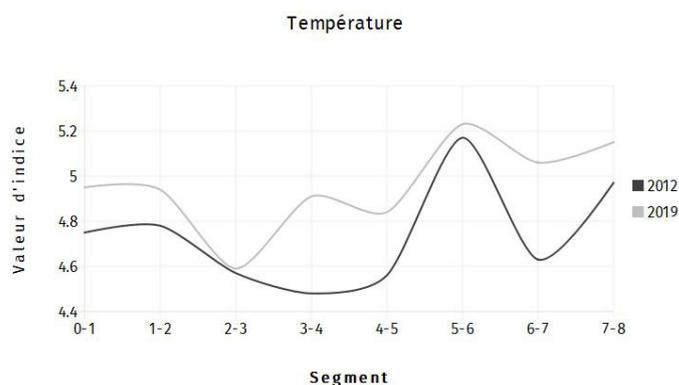


Figure 5 – Figure directement produite par le logiciel correspondant à des courbes présentant la variation des moyennes des valeurs de l'indice de température, entre 2012 et 2019, pour chacun des segments d'une toposéquence effectuée sur le marais de Fontfreyde. Ici l'axe des ordonnées est dynamique, mais il peut être exporté en échelle globale, c'est-à-dire qu'il affiche tous les indices présents pour une variable écologique, l'écart visuel entre les courbes devient donc moins prononcé.

Exemple de comparaison phyto-écologique de landes du Massif central. Dans cet exemple le logiciel permet de comparer plusieurs variables sur une même illustration et de donner directement, sous forme de figures en radar, le spectre écologique de quatre relevés effectués dans des situations stationnelles variées, éloignés les uns des autres, afin de mettre en évidence leurs différences. La figure 6 donne les profils effectués dans ces landes basses acidiphiles du Massif central (habitats d'intérêt communautaire

UE 4030 et 4060). Les 3 premiers ont été réalisés dans l'étage subalpin, à des expositions différentes (deux dans les monts Dore et un dans les monts du Cantal) et le quatrième dans le Limousin à l'étage submontagnard.

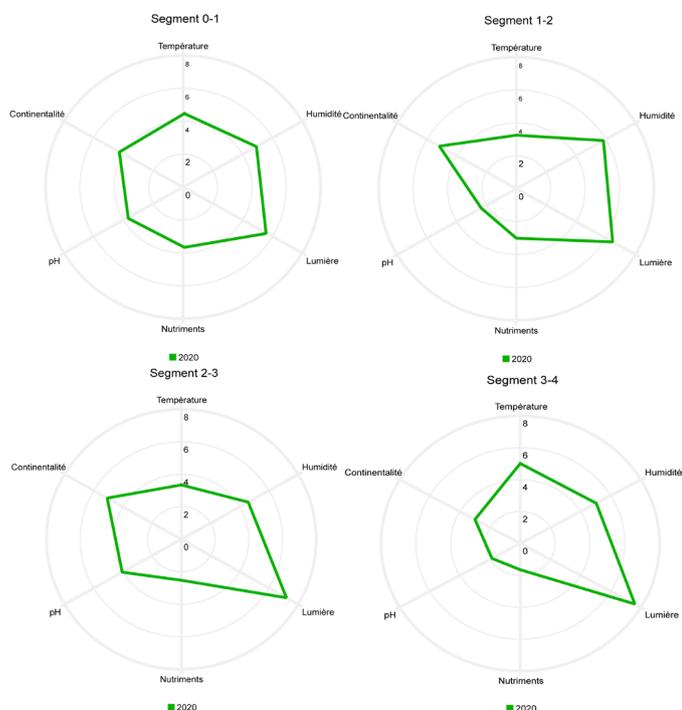


Figure 6 – Radars représentant les valeurs des indices écologiques (température, humidité, lumière, teneur en nutriments, réaction du sol et continentalité) de 4 landes situées dans le Massif central : 0-1 : lande chionophile subalpine des monts Dore ; 1-2 : lande cryosciaphile subalpine d'ubac des monts Dore ; 2-3 : lande hélioxérophile subalpine sommitale des monts du Cantal ; 4-5 : lande de basse altitude, humide et atlantique du Limousin.

En complément à ces résultats et illustrations, le logiciel SurVegE fournit le tableau des valeurs brutes des indices écologiques de la lumière, humidité, température, pH, nutriments, salinité et continentalité, ainsi que les valeurs des indices de richesse spécifique, de Shannon et de régularité sous forme de tableau exportable depuis le logiciel (Tab. 2).

### Production de résultats sous forme de classes d'indice

Cette fonctionnalité de SurVegE permet de regrouper les taxons de chaque segment selon leur classe d'indice (affinité écologique), pour chaque paramètre écologique. Il apporte une aide à la compréhension et à l'interprétation des variations des valeurs des indices d'Ellenberg observées parallèlement dans un site donné.

On donne ici l'exemple du suivi de la toposéquence du marais de Fontfreyde. Le logiciel analyse la composition floristique de chaque segment, en classant les espèces selon leur affinité écologique pour le paramètre « humidité ». Il fournit directement la répartition de chacune des classes d'indice, des plus sèches aux plus humides, le long de la toposéquence. La figure 7 montre les résultats, sous forme de courbes, pour les espèces de la classe d'indice 8 (mésohygrophiles à hygrophiles) et pour la classe d'indice 10 (héliophytes).

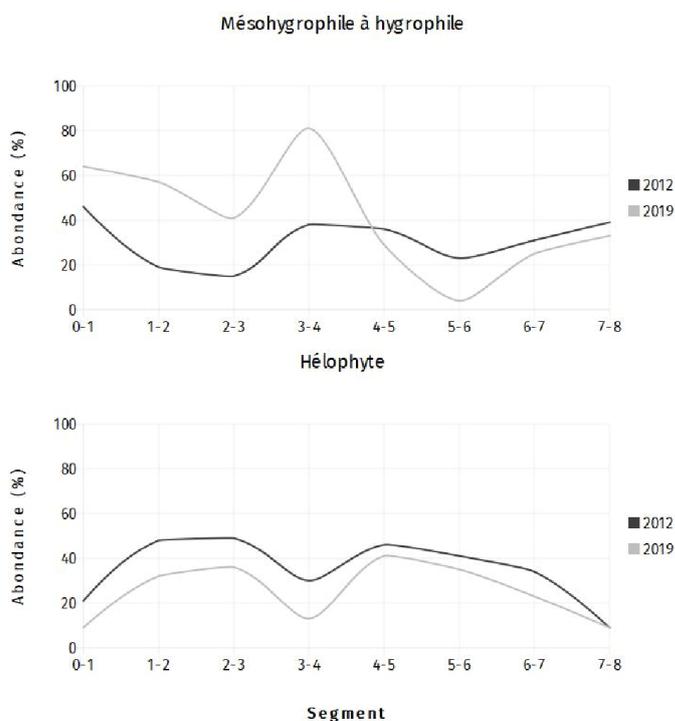


Figure 7 – Somme des abondances, en pourcentage, des taxons réunis par classe d'indice d'Ellenberg pour la variable « humidité » et par segment. Ici la comparaison des pourcentages d'abondance des taxons mésohygrophiles à hygrophiles (classe 8) et des héliophytes (classe 10) entre 2012 et 2019 au marais de Fontfreyde.

Tableau 2 – Exemple de tableau, directement produit par SurVegE, donnant les résultats des calculs sous forme des valeurs des indices écologiques ainsi que celles de l'indice de Shannon, la richesse spécifique et régularité, pour chaque segment/relevé.

N° de relevé	Année	Segment	Shannon-Wiener	Richesse	Régularité	Lumière	Température	Continentalité	Humidité	pH	Nutriments
582CR	2019	0-1	1.64	17	0.58	7.04	4.95	4.94	7.97	5.21	4.92
581CR	2019	1-2	1.7	12	0.69	7.2	4.94	4.67	8.68	5.43	5.34
580CR	2019	2-3	1.87	20	0.62	7.6	4.59	4.5	8.83	4.66	4.14
578CR	2019	3-4	1.33	11	0.55	7.65	4.91	3.88	8.32	4.13	3.47
577CR	2019	4-5	1.88	16	0.68	7.63	4.84	4.57	9.05	5.4	4.81
576CR	2019	5-6	0.94	13	0.37	7.36	5.23	3.77	7.52	4.97	4.91
575CR	2019	6-7	1.69	14	0.64	7.07	5.06	4.73	8.96	6.28	5.85
579CR	2019	7-8	2.1	16	0.76	6.43	5.15	3.81	7.65	5.55	5.78

En 7 ans on constate dans le marais de Fontfreyde une baisse générale des valeurs de l'indice « humidité ». La figure 7 montre en 2019 une augmentation du pourcentage des espèces de classe 8 (mésohygrophiles à hygrophiles, irrégulièrement inondées) dans les 5 premiers segments de la séquence et parallèlement une diminution de celles de classe 10 (hélrophytes, inondées en permanence). Ces résultats ont permis d'en déduire que la baisse générale de l'humidité observée était liée à une réduction de la période d'inondation du marais. Ceci entraîne un changement dans la composition de la végétation avec la mise en place d'une mégaphorbiaie à *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., avec *Persicaria lapathifolia* (L.) Delarbre (habitat UE 6430) au détriment de tremblants à *Carex nigra* (L.) Reichard et *Equisetum fluviatile* (habitat UE 7140), taxons dont les variations individuelles sont suivies par ailleurs (§ Variations par taxon).

### Production de résultats par strates et couvertures de végétation

Cette application permet d'afficher l'abondance en pourcentage des couvertures végétales pour chacune des strates: arborescente, arbustive, herbacée et muscinale, pour le sol nu, la litière et les affleurements minéraux (rochers ...). En comparant plusieurs années on peut ainsi observer les changements structuraux de la végétation et de la surface recouverte.

On donne ici l'exemple d'une toposéquence effectuée en milieu alluvial, au bord de l'Allier au lieu-dit « Les Boires » (Pont-du-Château, 63). Elle se compose d'un ancien étang comblé récemment, d'ourlets forestiers, d'une forêt alluviale et de grèves exondées. Le suivi a été effectué sur un pas de temps de 6 ans (2013-2019) ; la figure 8 montre les changements structuraux observés, sous forme d'histogrammes affichant les valeurs de couvertures en % pour chaque segment de la toposéquence en 2013 et 2019.

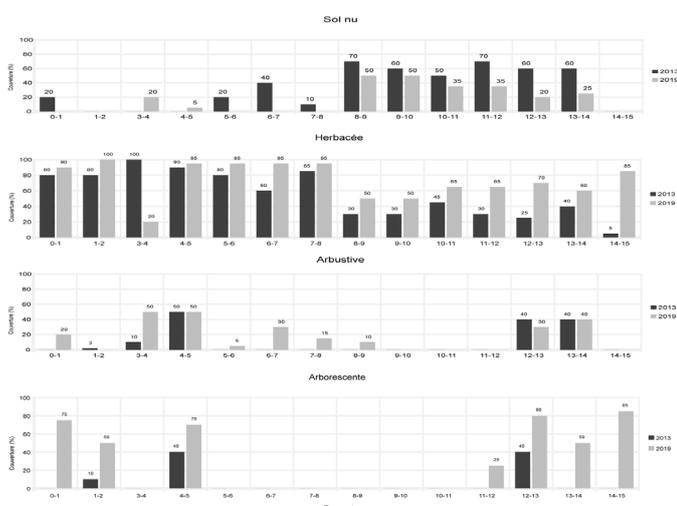


Figure 8 – Abondance de la couverture, en pourcentage, pour la strate arborescente, arbustive, herbacée et le sol nu, pour les années 2013 (noir) et 2019 (gris), dans un site alluvial (Les Boires, Pont-du-Château). Au-dessus de chaque colonne est affiché le pourcentage de la strate.

La strate arborescente est présente aux deux extrémités du transect (secteur de la boire puis forêt alluviale et secteur des rives de l'Allier). Au niveau de la végétation rivulaire (12-13, 13-14, 14-15), on peut noter l'existence d'une strate arborescente qui n'était pas présente en 2013 (due à l'implantation d'une peupleraie pionnière) ; le segment 4-5 montre une augmentation de la couverture arborescente (traduisant la maturation d'une frênaie-ormie déjà en place en 2013 ; habitat d'intérêt communautaire UE 91F0). Le développement de la strate arbustive en 2019 s'observe principalement au niveau des segments 6-7, 7-8, 8-9 (grèves colonisées par de jeunes pousses de *Populus nigra* L.). Elle traduit une dynamique vers la saulaie-peupleraie (éloignement de la nappe suite au déplacement de la rivière Allier). On constate aussi sur les grèves une augmentation nette de la couverture de la strate herbacée entre 2013 et 2019 (surtout segments 8-9 à 14-15) ; cela se fait au dépend du sol nu.

On observe aussi que dans la boire asséchée (segment 0-1) la dynamique de la végétation est très rapide puisque qu'en l'espace de 7 ans se sont développés arbres et arbustes au détriment du sol nu.

Les informations sur les couvertures fournies par le logiciel permettent donc d'effectuer un suivi précis de la dynamique de la végétation.

### Fourniture d'un bilan taxonomique qualitatif entre différentes années

Le logiciel fournit automatiquement un bilan taxonomique qualitatif entre plusieurs années, dans un même relevé ou dans chacun des segments d'une séquence. Cela permet de mieux comprendre les changements des valeurs des indices d'Ellenberg entre ces années.

Pour illustrer cette fonctionnalité on donne ici l'exemple du site de Monthiallier. Il s'agit de landes subalpines de lisières (habitats d'intérêt communautaire UE 4030) et d'une hêtraie dite « subalpine » (habitat d'intérêt communautaire UE 9140). Le tableau 3 donne les espèces qui étaient présentes seulement en 2012 et celles seulement en 2019.

Tableau 3 – Liste des taxons « apparus » ou « disparus » dans la toposéquence mise en place à Monthiallier, entre 2012 et 2019.

2012
<i>Betula pendula</i> Roth
<i>Bistorta officinalis</i> Delarbre
<i>Campanula rotundifolia</i> L.
<i>Dianthus seguieri</i> Vill. subsp. <i>pseudocollinus</i> (P.Fourn.) Jauzein
<i>Dryopteris x deweveri</i> (J.T.Jansen) J.T.Jansen & Wacht.
<i>Hieracium</i> sp. L.
<i>Knautia basaltica</i> Chass. & Szabó var. <i>foreziensis</i> (Chass. & Szabó) Breton-Sintès
<i>Lactuca plumieri</i> (L.) Gren. & Godr.
<i>Luzula multiflora</i> (Thuill.) Arcang.
<i>Narcissus pseudonarcissus</i> (L.) Rouy
<i>Oxalis acetosella</i> L.
<i>Ranunculus platanifolius</i> L.
<i>Rubus idaeus</i> L.
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.
<i>Senecio cacaliaster</i> Lam.
<i>Serratula tinctoria</i> L. subsp. <i>monticola</i> (Boreau) Berher
<i>Solidago virgaurea</i> L.
<i>Thesium alpinum</i> L.
<i>Veratrum album</i> L.
2019
<i>Carex umbrosa</i> Host
<i>Hypochaeris maculata</i> L.
<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz

On observe une « disparition » globale très importante de taxons en 2019 par rapport à 2012 (Tab. 3). En effet 18 taxons, présents en 2012, n'ont pas été revus en 2019. Inversement seulement 3 taxons, vus en 2019, ne l'avaient pas été en 2012. Parmi les taxons disparus, on compte de nombreuses espèces hygrocliclophiles, comme *Bistorta officinalis*, *Narcissus pseudonarcissus*, *Sanguisorba officinalis*, *Luzula multiflora* et des taxons mésotrophiles de la classe phytosociologique des *Mulgedio-Aconitetea* Hadač & Klika 1944, classe des hautes herbes subalpines, adeptes des sols profonds ou humides, relativement riches en nutriments, comme *Lactuca plumieri*, *Ranunculus platanifolius*, *Senecio cacaliaster* et *Veratrum album*. Une déduction possible de ces observations est qu'on assiste à une réduction naturelle de la congère (diminution de la durée et de l'épaisseur du manteau) provoquant la diminution ou la disparition de ces taxons. Le logiciel peut donc ainsi permettre de mettre en évidence des changements de végétation dus à des facteurs climatiques plus généraux.

### Variations par taxon

La figure 9 montre par exemple l'évolution de l'abondance de la Ligulaire de Sibérie, dans la toposéquence permanente de suivi mise en place dans le marais de Fontfreyde, pour les années 2012 et 2019. Cette espèce est une relictte glaciaire en régression, elle est inscrite dans la Directive « Habitats-Faune-Flore » : annexes II et IV ; la Convention de Berne : annexe I ; c'est une espèce protégée au niveau national en France (annexe I) et est coté à l'UICN pour la France comme vulnérable.

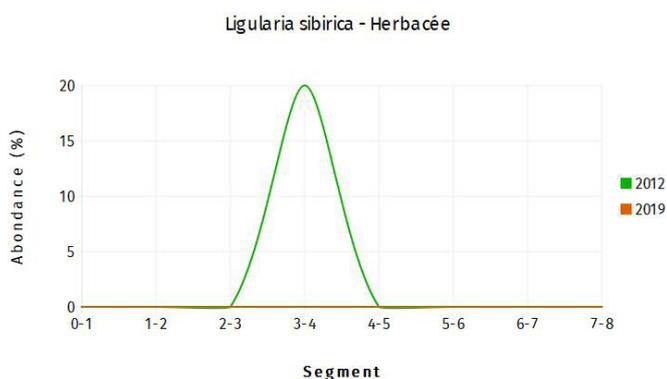


Figure 9 – Abondance, en pourcentage, de *Ligularia sibirica* (L.) Cass. Le long de la toposéquence. On constate que ce taxon n'était présent que dans le segment 3-4 en 2012 (20%) et a complètement disparu de la séquence en 2019.

Les observations ont permis de constater sa disparition en 2019. La réduction de la période d'inondation du marais (paragraphe classe d'indice), a un impact négatif fort sur le développement et le maintien de la population. Ce facteur couplé à l'augmentation des valeurs de l'indice des températures (paragraphe valeurs d'indice), à la disparition d'autres espèces montagnardes (non présentée ici), et à une augmentation des valeurs de l'indice des nutriments (non présentée ici) le tout entraînant une compétition avec les hautes herbes de la mégaphorbiaie (Heinken-Šmidová & Münzbergová 2012 ; Cislariu et al. 2018), laisse à penser que la station de Ligulaire est en péril dans le marais de Fontfreyde.

A partir de cette observation, il a été décidé d'effectuer un comptage précis des pieds de Ligulaire dans l'ensemble du marais de Fontfreyde afin de pouvoir suivre, au plus juste, l'évolution de la population dans les années à venir. Un nouveau suivi de la toposéquence est prévu en 2024 afin de constater si les tendances de l'assèchement du marais et de l'augmentation des températures se confirment.

### Applications liées aux analyses agropastorales

Un module agro-écologique complète le logiciel SurVegE. Pour chacun des segments du profil (ou des relevés isolés) il permet de calculer la valeur pastorale (VP) rapportée au % de la strate herbacée, à partir des valeurs d'un indice spécifique de qualité fourragère (IS) attribuées à chaque taxon et de la fréquence spécifique de ceux-ci (FS). On peut ainsi en déduire le chargement en bétail adapté par hectare pour une période donnée (Loiseau 1989) et ainsi fournir cette référence de base pour la conduite du troupeau. L'indice spécifique de qualité fourragère (Daget & Poissonet 1972, 2010) varie de 0 à 5, avec 0 : espèce non fourragère (*Thesium humifusum* DC.) et 5 : très bonne fourragère (*Dactylis glomerata* L.). SurVegE fournit, dans ce module, les valeurs pastorales, un histogramme classant par affinité fourragère les taxons et il donne la possibilité de suivre la fréquence spécifique d'un taxon donné au cours du temps.

Une telle étude a été réalisée sur le puy de la Combegrasse. Ce puy était recouvert par une Pinède qui a été défrichée afin de remettre la mise en estive de la pelouse. Depuis 2014 un troupeau d'ovins pâture ces pelouses. La parcelle de suivi permanente a été mise en place en 2015 et le suivi a été effectué en 2020.

Le résultat principal est l'apparition d'espèces « bonnes fourragères » (IS=4 et 5, *Dactylis glomerata* L., *Lotus corniculatus* L., *Poa pratensis* L., etc.) et l'augmentation des valeurs de pourcentage des « moyennes fourragères » en 2020 par rapport à 2015 (IS= 1 à 3) (Fig. 10A). On remarque aussi que les pourcentages de terre nue/litière ont beaucoup diminué entre 2015 et 2020. Confirmant ces tendances, la valeur pastorale augmente nettement en 2020 (Fig. 10B). Du point de vue de la valeur pastorale de ce parcours, on constate une amélioration de la qualité, on peut donc conclure à l'effet bénéfique général des pratiques pastorales actuelles.

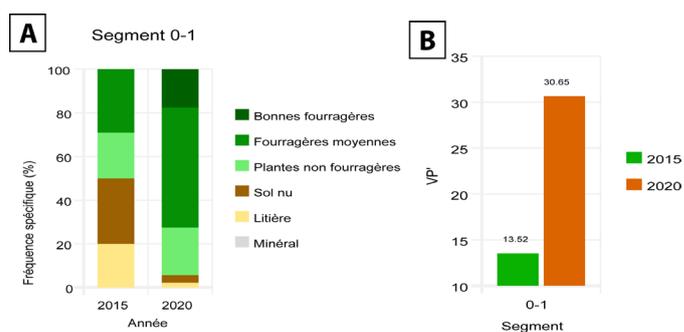


Figure 10 – A) Histogrammes comparatifs entre les années 2015 et 2020, des contributions spécifiques de chaque groupe d'espèces et terre nue/litière ; B) histogramme représentant les valeurs pastorales déterminées pour chaque année.

Cette étude sera poursuivie dans les années à venir, une attention particulière sera apportée aux signes d'un surpâturage avec apparition d'un phénomène d'érosion et donc d'augmentation des pourcentages de terre nue/litière ou au contraire d'un sous-pâturage avec apparition de ligneux colonisateurs.

## Conclusion

SurVegE n'a pas pour objectif de définir de nouvelles méthodes d'analyse de la végétation, par contre il a l'avantage d'intégrer des outils largement utilisés dans une même application. Il permet ainsi d'obtenir automatiquement, à partir des relevés effectués sur le terrain, les résultats relatifs au diagnostic et aux changements de végétation, sous forme de tableaux et illustrations. L'utilisateur peut ainsi exploiter facilement les résultats liés aux variables écologiques et manipuler un grand nombre de paramètres, tout en évitant des calculs fastidieux, permettant ainsi un gain de temps lors de l'exploitation des données.

L'utilisation des bio-indicateurs végétaux dans l'analyse comparative diachronique permet d'observer les changements intervenus au sein de la végétation. Avec cette approche même les faibles variations sont observables en l'espace de quelques années (Combegrasse 5 ans ; Les Boires 6 ans ; Fonfreyde, Monthiallier et puy Long 7 ans). Dans beaucoup d'exemples cités dans cet article, les segments des toposéquences permanentes étaient toujours rattachés au même habitat (ou à la même association végétale) lors du suivi, alors qu'on a pu constater des modifications de celui-ci. Cette approche permet donc de mettre en place rapidement une gestion fine et adaptée à chaque site.

Afin de pouvoir observer les variations de végétation, liées aux changements climatiques ou à la dynamique, il est nécessaire de suivre les parcelles pendant plusieurs dizaines d'années. Il est donc primordial de les border et géolocaliser rigoureusement car la comparaison diachronique ne fournira des résultats utilisables que si l'on suit exactement les mêmes segments au cours du temps. Si d'anciennes parcelles de suivis ont été bornées, géocalisées et que l'abondance des taxons présents a été relevée, il est tout à fait possible de rentrer les informations dans SurVegE afin de pouvoir continuer les suivis antérieurs. L'analyse des changements de végétation pourra alors s'effectuer à partir de la date de mise en place de ces parcelles permanentes et permettre ainsi de ne pas perdre les données collectées tout en poursuivant le suivi avec l'appui du logiciel.

On sait que, d'une manière générale, les résultats d'une comparaison diachronique entre les végétations observées sur une même parcelle peuvent dépendre beaucoup de l'observateur. On recommande donc une grande rigueur pour effectuer les relevés et attribuer la classe d'abondance la plus proche de la réalité, le guide d'utilisation du logiciel fournit d'ailleurs les précautions à prendre dans ce cas.

L'analyse des changements de végétation est un processus complexe et doit prendre en compte de nombreux facteurs ; en aucun cas SurVegE ne donne d'interprétation. Il ne faut pas l'utiliser de manière simpliste en limitant la réflexion à l'observation d'un seul paramètre et pendant une période trop courte. Une telle approche pourrait s'avérer négative et par conséquent donner

lieu à une gestion inappropriée.

SurVegE étant un logiciel évolutif, il pourra dans l'avenir être complété et amélioré par de nouveaux modules. Pour se procurer le logiciel il faut se rendre sur le site d'UniVegE (<https://herbiers.uca.fr/version-francaise/survege>) pour obtenir les modalités d'achat d'une clé de licence avec laquelle sera fourni le guide d'utilisation. Une formation sur la mise en place des parcelles permanentes sur le terrain et l'utilisation du logiciel en salle, sera également proposée.

## Remerciements

SurVegE a été mis au point et testé sur plusieurs parcelles permanentes de différentes collectivités territoriales : le Conseil départemental du Puy-de-Dôme, Clermont Auvergne Métropole et le Parc des Volcans d'Auvergne, que nous tenons à remercier ici.

La mise au point du logiciel a bénéficié du soutien financier du ministère de la transition écologique et solidaire, de la fédération de recherche en environnement de l'université Clermont Auvergne et de l'initiative du gouvernement français IDEX-ISITE 16-IDEX-0001 (CAP 20-25) attribué au pôle universitaire de Clermont-Ferrand.

## Références

- Bardat J., Bioret F., Botineau M., Boulet 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.
- Bartoli M., Tran-Ha M., Largier G., Dumé, G. & Larrieu L., 2000. Écoflore, un logiciel simple de diagnostic écologique. *Revue forestière française*, t. LII, n°6 : 530-547.
- Bensettiti F. & Trouvilliez J., 2009. *Rapport synthétique des résultats de la France sur l'état de conservation des habitats et des espèces conformément à l'article 17 de la directive habitats*. Rapport SPN 2009/12, MNHN-DEGB-SPN, Paris. <https://inpn.mnhn.fr/telechargement/documentation/rapportage-directives-nature-16/11/2020>
- Bensettiti F. & Puissauve R., 2015. *Résultats de l'état de conservation des habitats et des espèces dans le cadre de la directive Habitats-Faune-Flore en France. Rapportage «Article 17». Période 2007-2012*. Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle, Paris. <https://inpn.mnhn.fr/telechargement/documentation/rapportage-directives-nature-16/11/2020>
- Braun-Blanquet J., 1932. *Plant sociology, the study of plant communities*. Transl. G.D. Fuller & H.S. Conard. McGraw-Hill, New York : 476 p.
- Braun-Blanquet J., 1964. *Pflanzensoziologie Gründzuge der Vegetationskunde*. Springer 3rd ed. Vienna, 865 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-7091-8110-2>
- Cîșlariu A., Mânzu C. & Zamfirache M., 2018. Habitat requirements and germination performance of some relict populations of *Ligularia sibirica* (Asteraceae) from Romania. *Plant Ecology and Evolution*, 151(3) : 314-326. <https://doi.org/10.5091/plecevo.2018.1422>.
- Clair M., Gaudillat V., Michez N. & Poncet R., 2019. *HABREF v5.0*, 60

- référentiel des typologies d'habitats et de végétation pour la France - Guide méthodologique. UMS PatriNat, AFB-CNRS-MNHNI, 95p.
- Chytrý M., Hejcman M., Hennekens S. & Schellberg J., 2009. Changes in vegetation types and Ellenberg indicator values after 65 years of fertilizer application in the Rengen Grassland Experiment, Germany. *Applied Vegetation Science* **12** : 167-176. <https://doi-org.ezproxy.uca.fr/10.1111/j.1654-109X.2009.01011.x>
- Daget P. & Poissonet J., 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des pâturages. *Fourrages*, **49** : 31-39.
- Daget P. & Poissonet J., 2010. *Prairies et pâturages ; Méthodes d'étude de terrain et interprétations*. CNRS/Cirad 955 p. <https://umr-selmet.cirad.fr/publications-et-ressources/documents-techniques>
- Dierssen K., 2001. Distribution, ecological amplitude and phytosociological characterisation of European bryophytes. *Bryophytorum Bibliotheca* **56** : 1-289.
- Duvigneaud P., 1946. La variabilité des associations végétales. *Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique*, **78** : 107-134.
- Ellenberg H., Weber H. E., Düll R., Wirth V., Werner W., & Paulißen D., 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica*, **18** : 1-258.
- Gargominy O., Terceire S., Régner C., Ramage T., Dupont P., Vandel E. et al., 2018. TAXREF v12.0, référentiel taxonomique pour la France. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. <https://inpn.mnhn.fr/telechargement/referentielEspece/taxref/12.0/menu>
- Gaudin S., 2012. Apports des bases de données de valeurs indicatrices pour la validation et l'amélioration de groupes d'espèces indicatrices forestières. *Bulletin de la Société d'Étude des Sciences Naturelles de Reims*, **26** : 3-16.
- Gégout J.-C., Coudun C., Bailly G. & Jabiol B., 2005. EcoPlant: a forest site database linking floristic data with soil and climate variables. *Journal of Vegetation Science*, **16**(2) : 257-260.
- Hawkes J., Pyatt D. & White I., 1997. Using Ellenberg indicator values to assess soil quality in British forests from ground vegetation: A Pilot Study. *Journal of Applied Ecology*, **34**(2) : 375-387. <https://doi.org/10.2307/2404883>
- Heinken-Šmídová A. & Münzbergová Z., 2012. Population dynamics of the endangered, long-lived perennial species, *Ligularia sibirica*. *Folia Geobotanica*, **47**(2) : 193-214.
- Hennekens S.M. & Schaminée J.H.J., 2001. TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science*, **12** : 589-591.
- Hill M.O. & Carey P.D., 2009. Prediction of yield in the Rothamsted Park Grass Experiment by Ellenberg indicator values. *Journal of Vegetation Science*, **8**(4) : 579-586. <https://doi-org.ezproxy.uca.fr/10.2307/3237210>
- Julve Ph., 2017. Baseflor. <http://philippe.julve.pagesperso-orange.fr/catminat.htm>
- Loiseau P., 1989. Signification et limite de l'indice de valeur pastorale pour le diagnostic de la valeur agricole des pâturages en moyenne montagne humide. *Colloque Phytosociologique XVI, «Phytosociologie et pastoralisme»*, Paris 1988 : 411-428.
- Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J.-P., Raus T., Čarni A. et al., 2016. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Applied Vegetation Science*, **19** (Suppl. 1) : 3-264.
- Société française de Phytosociologie. [http://www.phytosocio.org/#/pvf2\\_06/04/2021](http://www.phytosocio.org/#/pvf2_06/04/2021)
- Roux C., 2017. *De la Limagne à la chaîne des Puys – Approche analytique intégrative pour l'étude des végétations actuelles et potentielles en moyenne montagne tempérée*. Editions Revoir, thèse d'université Clermont Auvergne, 339 p. + Annexes. HAL Id : tel-02151595, version 1
- Thébaud G., Roux C., Delcoigne A. & Petel G., 2012. Contribution à une révision des bas marais acides d'Europe tempérée occidentale. *Phytocoenologia*, **42**(1-2) : 67-98.
- Wikum D.A. & Shanholtzer G.F., 1978. Application of the Braun-Blanquet cover-abundance scale for vegetation analysis in land development studies. *Environmental Management* **2** : 323-329. <https://doi.org/10.1007/BF01866672>

# Contribution to the survey of the heathlands of the french Massif central (habitats 4030 and 4060): analysis of phytosociological data

Gilles Thébaud<sup>1</sup>, Guillaume Choisnet<sup>2</sup> & Camille Roux<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université Clermont Auvergne, UniVegE-Herbiers CLF, F-63000 Clermont-Ferrand - [gilles.thebaud@uca.fr](mailto:gilles.thebaud@uca.fr) and [camille.roux@uca.fr](mailto:camille.roux@uca.fr)

<sup>2</sup> Université de Brest, EA 7462 Géoarchitecture, F-29200 Brest et Coenose, F-43230 Couteuges - [coenose@outlook.fr](mailto:coenose@outlook.fr)

Submit 5 january 2021

Accepted 27 april 2021

Edit 1 june 2021

## Abstract

Based on a sample of 990 relevés of heathlands from the French Massif central, taken from the bibliography and from recent surveys in the field, the authors carry out a global analyses in MTC, CCA and DCA, then focus partial analyses on 675 relevés concerning montane and subalpine belt. The results of this revision lead to the characterization of 16 plant associations, including 5 new ones and 47 sub-units. The south and east of the Massif central, Cévennes, Vivarais, Margeride, until now less well known, bring the largest batch of phytosociological novelties. These plant communities belong to 2 phytosociological classes (*Loiseleurio procumbentis-Vaccinieta microphylli* and *Calluno vulgaris-Ulicetea minoris*) and 3 alliances including a new one, *Genisto pilosae-Empetrium hermaphroditi all. nov.* and *Genisto pilosae-Vaccinion* Braun-Blanq. 1926. The nomenclature and syntaxonomy of this last alliance are discussed and modified and a new suballiance is created inside it (*Vaccinienion myrtillo-uliginosi suball. nov.*). The studied communities differ mainly according to the climatic disparity, the altitudinal gradient, the geological substrate and the topography. They can be stable or be included in dynamic successions leading to wooded stages. The characterization of these communities contributes to the knowledge of the biogeographic and bioclimatic compartmentalization of the Massif central; it reflects differences linked to the importance of summer rainfall, between northwestern volcanic mountains under oceanic influence, internal massifs with a subcontinental character and southern border under mediterranean influence. Likewise an upper subalpine belt is confirmed in the few mountains which exceed 1600 m. The hierarchy of discriminating ecological variables for these communities, the description of their station conditions and their dynamic characterization within sylvo-pastoral spaces, provide elements for the management and conservation of the corresponding habitats of European interest, especially number 4030 and 4060.

### Keywords

Low mountain range

Dwarf-heath

Syntaxa

Digital analyzis

## Résumé

À partir d'un échantillonnage initial de 990 relevés de landes du Massif central français, issu de la bibliographie et de recherches récentes sur le terrain, les auteurs réalisent une analyse globale puis des analyses partielles en MTC, CCA et DCA sur 675 relevés concernant les étages montagnard moyen et subalpin. Les résultats de cette révision conduisent à la caractérisation de seize associations végétales dont cinq nouvelles et quarante-sept sous-unités. Le sud et l'est du Massif central, Cévennes, Vivarais, Margeride, jusqu'ici moins bien connus, apportent le plus grand lot de nouveautés phytosociologiques. Ces communautés appartiennent à 2 classes phytosociologiques (*Loiseleurio procumbentis-Vaccinieta microphylli* et *Calluno vulgaris-Ulicetea minoris*) et 3 alliances dont le *Genisto pilosae-Empetrium hermaphroditi all. nov.* et le *Genisto pilosae-Vaccinion* Braun-Blanq. 1926. La nomenclature et la syntaxonomie de cette dernière alliance sont discutées et modifiées et une sous-alliance nouvelle y est créée (*Vaccinienion myrtillo-uliginosi suball. nov.*). Les communautés étudiées se différencient principalement en fonction de la disparité climatique du Massif, le gradient altitudinal, le substrat géologique et la topographie. Elles peuvent constituer des végétations stables ou entrent dans des successions dynamiques conduisant à des stades boisés. Leur caractérisation contribue à la connaissance de la compartimentation biogéographique et bioclimatique du Massif central, en rapport notamment avec les différences liées à la pluviométrie estivale, entre montagnes volcaniques nord-occidentales sous influence océanique, massifs internes au caractère subcontinental et bordure méridionale sous influence méditerranéenne. De même les végétations étudiées confirment un étage subalpin supérieur dans les quelques massifs qui dépassent 1600 m. La hiérarchisation des variables écologiques discriminantes pour ces végétations, la description de leurs conditions stationnelles et leur caractérisation dynamique au sein des espaces sylvo-pastoraux, donnent des éléments pour la gestion et la conservation des habitats d'intérêt européens correspondants, en particulier 4030 and 4060.

### Mots-clés

Moyenne montagne

Landes basses

Syntaxons

Analyses numériques

## Introduction

In the French Massif central, the heathland vegetation shows a great extension and is very diverse (Schaminée et al. 1993; Thébaud et al. 2014). It has a great heritage interest, particularly as European interest habitats (European Directive «habitats»: n° 4030 and 4060) mentioned and described in the habitat books (Bensettiti et al. 2001) and are abundantly represented in many protected sites and Natura 2000 areas. They also occupy a decisive position at the heart of extensive grazing systems (Loiseau & Merle 1981; Michalet et al. 1989; Etlicher et al. 1993). Conservative management of these habitats and the corresponding plant communities requires a deepening of knowledge through their phytosociological characterization and their ecogeographical contextualization. These aspects still present major gaps in the Massif central and our study aims to help fill them within the framework of a general syntaxonomic revision including the groupings already described by previous authors. The data being insufficient concerning the low altitude regions we decided to concentrate on the upper vegetation, from the middle montane belt to subalpine. To do this, we analyzed 990 relevés from the Massif central, from previous publications or unpublished, or produced by us in the field on this occasion. We have specially carried out surveys on major massifs which until now were not sufficiently documented: Margeride, monts du Cantal, mont Lozère, mont Aigoual. Thus, our results should make possible to confirm or not communities already individualized by previous authors, to possibly characterize new ones, to highlight the main discriminating variables for them as well as their contribution to a bio-ecogeographical compartmentalisation of the territory.

Another collaborative article about the same subject but on the whole French territory is underway within the framework of the "Prodrome des végétations de France" (PVF2, Boulet et al. to be published). It concerns the phytosociological declination up to the level of the plant association of subatlantic to continental heathlands plain to montane belt (*Vaccinio myrtilli-Genistetalia pilosae* Rivas Mart. 1979). The results, presented here about the Massif central, will be included.

### Biogeography

The Massif central represents the largest mountainous area in France: it occupies an area of approximately 80.000 km<sup>2</sup>, corresponding to one seventh of the metropolitan area, including 30.000 km<sup>2</sup> above 1000 m (Ozenda 1985). It is made up of a multitude of sub-regions and small massifs, each with a strong differentiation, a consequence of its geological, climatic, altitudinal and agro-sylvo-pastoral diversity (Fig. 1). It is the most atlantic massif, the most extensive and the highest of the European low mountains ranges of the Hercynian Arc, together located north-west of the Alps (Fig. 2). Its maximum altitude is 1886 m at puy de Sancy in Auvergne. Its latitude is between 47.43° north and 43.30° south, its longitude between 4.77° east and 0.6° west, that is to say more than 4° of difference. Most of it is in the Eurosiberian biogeographic region, Alpine-Caucasian sub-region, Pyrenean-Cévenole province, Arverno-Cévenole sub-province (Rivas-Martínez 2007). The southern fringe belongs to the Mediterranean region. Thébaud & Roux (2018) proposed for

the highest areas of the Massif central a delimitation into eight main biogeographic subdivisions based on the chorology of taxa, altitude, type of geological substrate and climatic types taken from thermal and rainfall diagrams (Fig. 3 and 4). We are aware this is a limited approach: indeed the Massif central is known as a «crossroads of influences» and the different biogeographical areas delimited in figure 3 are subject to climatic influences which collide. It would also be necessary to better express in our territorialization and in the factors of climatic influence selected, the water continentality and the Mediterranean aridity, using, for example, the Gams index as in Pache et al. (1996) and Michalet et al. (2021) which would make possible to provide more details in the correlation between types of vegetation and bioclimates. Unfortunately, in the context of this study, we were unable to produce a more relevant bioclimatic pattern.

### Human influence and ecology

In the Massif central, as in the whole of the European Holarctic region, there are several physiognomic types of heaths. They are mainly structured by chamaephytic or nanochamaephytic plants of the *Ericaceae* or *Fabaceae* families with among the most common, *Calluna vulgaris*, *Erica cinerea*, *E. tetralix*, *Genista pilosa*, *G. anglica*, *G. sagittalis*, *Ulex minor*, *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum* s. *microphyllum* and s. *uliginosum*, *V. vitis-idaea*. Others are rarer or more circumscribed such as *Genista germanica*, *Cytisus decumbens*, *Empetrum nigrum* s. *nigrum* and s. *hermaphroditum*, *Erica vagans*, *Arctostaphylos uva-ursi*. There are also broomy heaths and forest mantles with *Erica scoparia*, *Ulex europaeus*, *Cytisus scoparius* and *C. oromediterraneus*. Some, in stations with strong ecological constraints, such as in rocky environments or in the subalpine belt, can constitute more or less stable vegetation, not or only slightly colonized by phanerophytes, considered to be climax; this is the case in monts Dore (Coquillard 1993; Coquillard et al. 1994; Michalet & Philippe 1996), monts du Forez (Thébaud 2004). But many, in the montane belt, fall into plant successions, where they succeed herbaceous formations and lead to forest stages; for example in the chaîne des Puys (Prevosto & Coquillard 2001; Roux 2017), Aubrac (Doche 1986), Haut-Lanquedoc (Baudière 1970). Their maintenance is then linked to extensive grazing practices, such as guarding, mowing of heather, post-winter burning, and low loads of livestock. These less intense practices lead to physiognomic and quantitative changes in these heaths in the form of more or less fleeting herbaceous facies, but do not fundamentally modify the floristic composition of the vegetation (Thébaud 1988). The latter is the result of several variables, chorological, ecological, dynamic and anthropogenic, and we will endeavor to take this into account in the interpretations proposed below, by addressing these causalities for each individualized plant community.

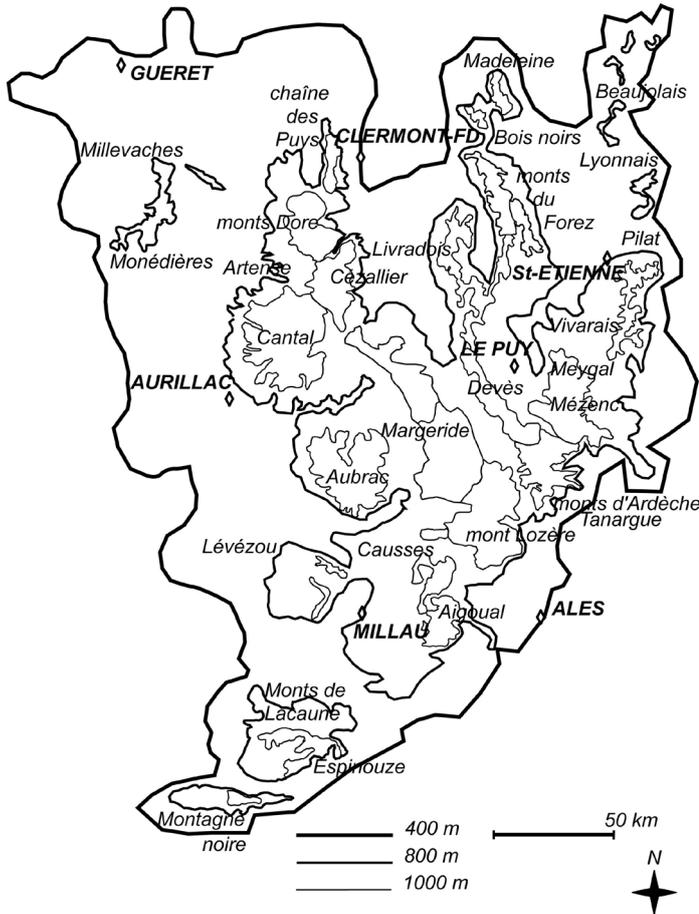


Figure 1 - Location of the mountainous regions of the French Massif central.

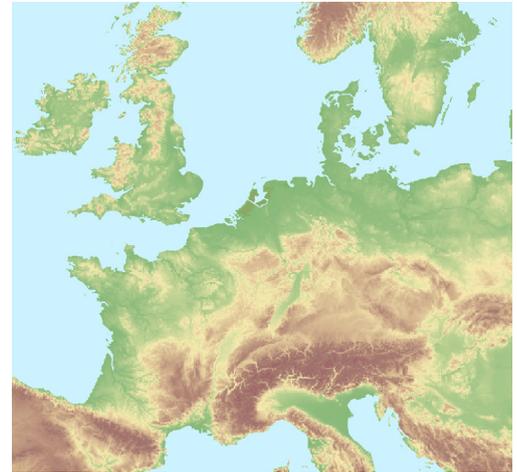


Figure 2 - The French Massif central in the European mountain area.

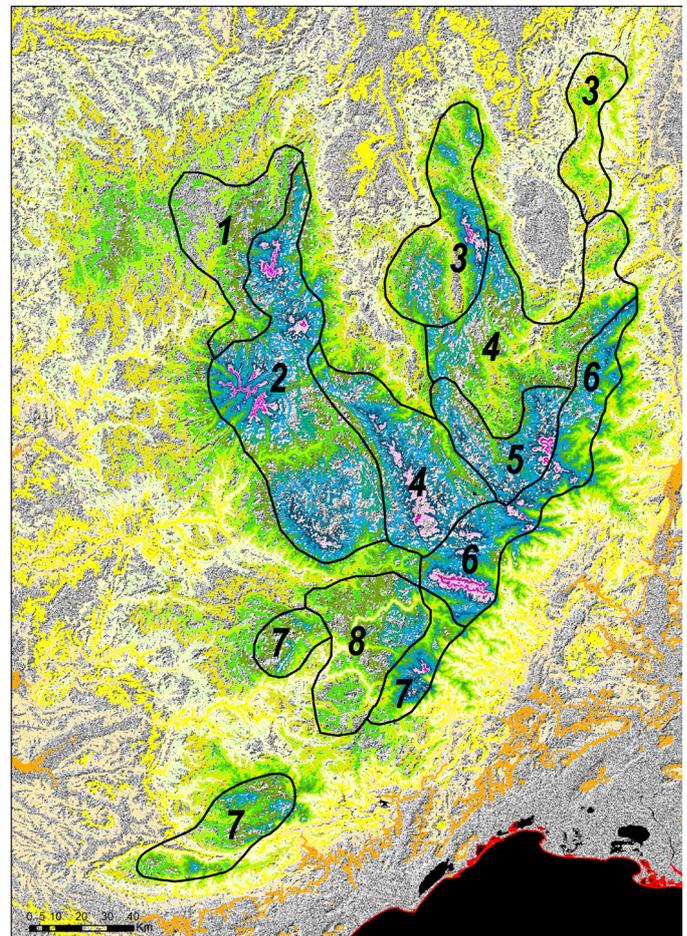
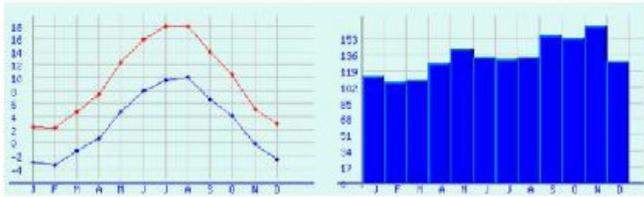
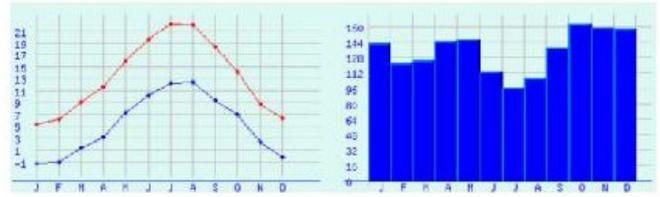
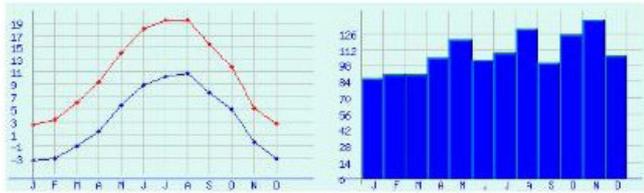
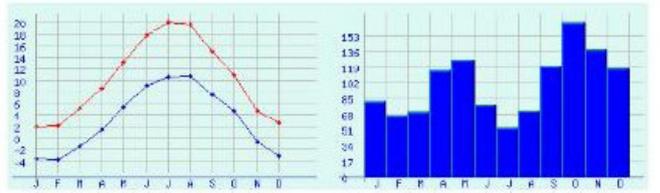
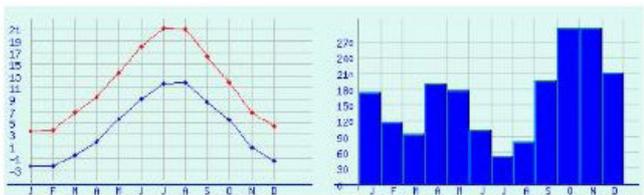
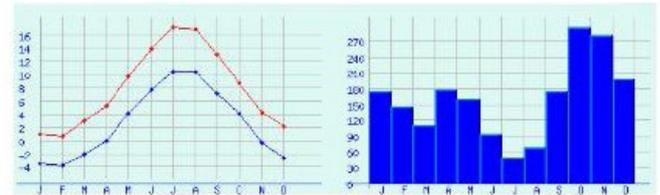
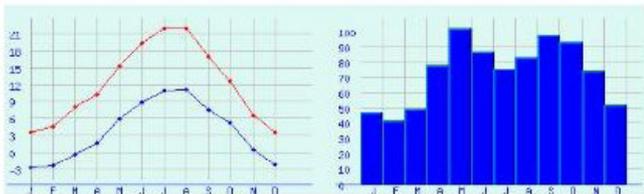
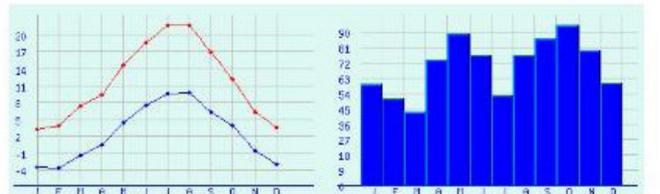


Figure 3 - Biogeographical sketch of the mountains of the French Massif central (Thébaud & Roux 2018); in blue and pink are shown the areas of higher altitudes (source Earth Explorer). 1- zone of oceanic influence on crystalline substrate; 2- zone of oceanic influence on volcanic substrate; 3- zones of attenuated oceanic influence on crystalline substrate; 4- subcontinental internal zone on crystalline substrate; 5- subcontinental internal zone on volcanic substrate; 6- zone of attenuated Mediterranean influence, on crystalline substrate; 7- zone of accentuated Mediterranean influence on crystalline substrate; 8- zone of Mediterranean influence on limestone substrate.

**Chastreix (2; 1385m; T 6.1°; P1600mm; Pe 398mm)**

**Salers (2; 945 m; T 9.3°; P 1617 mm; Pe 316mm)**

**Col de la Loge (3; 1261m; T 7°; P 1305mm ; Pe 342mm)**

**Le Bleymard (6 ; 1418m; T 6.7°; P 1210mm; Pe 204mm)**

**Loubaresse (6 ; 1220 m; T 7.7°; P 1990 mm; Pe 234mm)**

**Mont Aigoual (7 ; 1567 m; T 5.3°; P 1931; Pe 209mm)**

**Fix-St-Geney (4; 1102 m; T 7.9°; P 880 mm; Pe 245mm)**

**Grandrieu (4; 1220 m; T 7.1°; P 841 mm; Pe 205mm)**

**St-Paul-de-Tartas (5 ; 1146 m; T 7°; P 762 mm; Pe 180mm)**

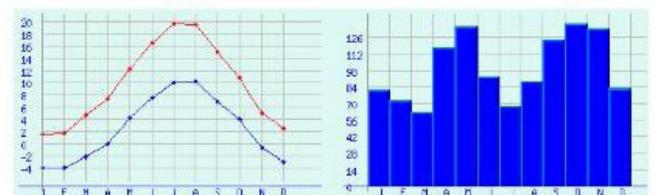
**Les Estables (5; 1486 m ; T 6.1° ; P 1198 mm ; Pe 249mm)**


Figure 4 - Thermal and rainfall diagrams of montane localities in the Massif central according to Thébaud & Roux (2018, modified), over the period 1981-2010 (sources Météo-France, Météociel site). Next to each station, are given in order: the biogeographic zone number (see Fig. 3), altitude, average annual temperature T, sum of average monthly rainfall, P; sum of average summer rainfall, Pe (June, July, August); these data do not take into account the altitudinal differences between localities. These data and the rainfall patterns (histogram of average monthly rainfall in blue) reflect three main climate trends:

- low contrast rainfall patterns at high P and Pe (300 < Pe < 400 mm), Atlantic type: Chastreix (monts Dore); Salers (Cantal); col de la Loge (Forez);
- rainfall patterns with autumnal maximum and summer minimum (Pe < 250 mm), Mediterranean type. These localities also have the highest P values, due to very rainy winters: Le Bleymard (Cévennes-mont Lozère); Loubaresse (mountains of Ardèche); mont Aigoual (southern Cévennes);
- contrasting rainfall patterns between winters and spring / summer, with winter minimum and low P values, continental type; Pe also exhibits low values (< 250 mm). For the last 3 stations, we see in the histogram a pronounced summer hollowing out, which reflects the dual influence, continental and Mediterranean: Fix-St-Geney (Sud-Livradois); Grandrieu (Sud-Margeride); St-Paul de Tartas (Sud-Velay); Les Estables (Velay-Mézenc).

## Material and method

### Dataset and sampling

We limit ourselves here to the study of short heathlands, dominated by chamaephytes, representing more than 50 % of the cover of the herbaceous layer. The broomy scrubs, and forest mantle with nano-phanerophytes have not been analyzed nor the peaty moors, formed on histosol or organomineral soil (*Oxycocco-Sphagnetea*).

990 relevés were used here, all carried out according to the method of Braun-Blanquet (1932) or similar. Their surface, slightly variable according to the authors, is between 10 and 50 m<sup>2</sup>; the minimum area retained for this type of acid moor, tested in the Massif central, is generally between 10 and 20 m<sup>2</sup> (Thébaud 1988). Some older relevés of a larger area (Quézel & Rioux 1954; Braun 1915...), in particular type relevés, have been kept. The characterization of the plant associations used here meets the criteria of floristic, physiognomic, synecological and chorological homogeneity (Géhu & Rivas-Martínez 1981; Géhu 2006; Willner 2006); they correspond to an original and repetitive floristic combination (Guinochet 1973) including diagnostic species, with a significant fidelity (Chytrý et al. 2002).

The records have different origins. 165 recent relevés were carried out during this study by G. Thébaud or C. Roux from the UniVegE laboratory at the University of Clermont-Ferrand. Others are from previous phytosociological publications; others, unpublished, were communicated to us by F. Billy for Auvergne, or by A.-M. Mollet from Delpech & Mollet for Haute-Ardèche, of which we have the field notebooks. Some others by J. Schaminée & S. Hennekens (in Thébaud 1988). Other relevés are given to us by the Conservatoire d'espaces naturels Languedoc-Roussillon (Barret & Kleczewski 2006) and by the Conservatoire botanique national du Massif central (Choisnet & Mulot 2008). The numbers of relevés by geographic region appear in Table 1. Details of the sources for the 675 higher altitude relevés are given below in the descriptive part.

### Data storage and analyses

Relevés were entered in the TURBOVEG database (Hennekens & Shaminée 2001), in a version adapted to French standards. They were exported into the JUICE software (Tichý 2002) to be processed in tabular form and by digital analyses. They were analyzed by hierarchical ascending classification (Modified twinspan classification, Roleček et al. 2009), in presence-absence,

using total inertia as an index of dissimilarity.

We thus obtained a clustering of the data, constitutive basis for the characterization of the different plant associations, subassociations and variants. These analyses were supplemented by ordination analyses on MVSP software (Kovach 2010, version 3.22), detrended correspondence analyses type (DCA; Hill & Gauch 1980) and canonical correspondence analyses (CCA; Ter Braak 1986) which allowed to improve the positioning of certain relevés and to highlight the relationships and correspondences between ecological variables, taxa and plant associations. The CCA was carried out using as quantitative values those of the indices of bio-indicator taxa (Ellenberg et al. 1992 or failing that Julve 1997); this method, which has the advantage of clearly visualizing the correspondence in the form of vectorized arrows between ecological variables and readings by amplifying the differences, however has the disadvantage of creating redundancy because the values of Ellenberg are dependent on the species. Quantitative data climatic, geographic or edaphic, independent of the species, would have been preferable but, in the context of this study, we unfortunately came up against the limits of our sampling for which a lot of data is lacking concerning the bibliographical relevés.

The selection of characteristic or differential species of plant associations was carried out by combining data from the bibliography and the results of analyses by calculating a fidelity index, the coefficient Phi (Chytrý et al. 2002) making it possible to determine so-called «diagnostic» species showing a certain level of fidelity to a given set of relevés. These values are given in brackets next to the taxa in the description of the floristic composition of the plant associations. The global analysis of the French heathlands, in progress as part of the PVF2 (Boullet et al.), helped us to compare and distinguish the different plant associations thanks to a larger sample spanning the national territory. The final results are expressed in a synoptic table (n° 2) and full tables, showing the individual associations based on single relevés (n° 4 to 11).

### Syntaxonomy and nomenclature

The nomenclature of the syntaxa respects the international code of phytosociological nomenclature (ICPN 4th ed. Theurillat et al. 2020). The higher hierarchical units mainly refer to the “prodrome des végétations de France”, PVF1, first version, up to the alliance level (Bardat et al. 2004) and PVF2 (French Society of Phytosociology 2021) and to the European classification (Mucina et al. 2016), the latter specially for the vegetation of *Juncetea trifidi* Hadač in Klika & Hadač 1944 and *Loiseleurio-Vaccinietea* Egger ex Schubert 1960.

Table 1 - Distribution of the number of relevés by region (in blue the highest regions where the middle montane belt is extended; in green the lower regions where this belt is absent or not extended; upper lign: altitude; lower lign: number of relevés).

Mountains	Chaîne des Puy	Combraille Artense	Montagne limousine	Haut-Languedoc	Limagnes, haut-Aillier et bordures	Livradois-Forez Bois Noirs	Boutière Pilat	Vivarais Mézenc Tanargues Ardèche	Mont Lozère Bougès	Vallées cévenoles	Aigoual	Margeride	Aubrac	monts du Cantal	Cézallier	monts Dore	non classés autres
Alt. max. m	1465	1066	977	1259	<1000	1640	1430	1747	1699	< 1400	1565	1551	1469	1856	1551	1886	
num. rel. (total: 990)	116	4	55	70	14	104	4	125	51	67	7	22	19	101	4	203	24

The taxonomic nomenclature adopted for vascular plants is TAXREF v. 5.0 (National Museum of Natural History). Plant samples, collected during our surveys, specially concerning difficult genera, were deposited in the University of Clermont-Ferrand Herbarium (CLF).

For digital processing, to avoid bias due to different levels of identification according to the authors, we had to group together taxa in the genera *Festuca*, *Thymus*, *Alchemilla*, *Hieracium*, *Vaccinium* and *Empetrum*. *Vaccinium uliginosum* subsp. *microphyllum* is widespread in the subalpine heathlands of the Massif central (Tison & de Foucault 2014), and subsp. *uliginosum* also exists in more humid areas. *Empetrum nigrum* subsp. *hermaphroditum* and subsp. *nigrum* have also been confirmed, the first in subalpine heaths, the second in peatlands. *Festuca* samples from our recent relevés have been verified by R. Portal; *F. nigrescens* subsp. *microphylla* and subsp. *nigrescens*, *F. rubra* subsp. *rubra* and subsp. *fallax*, for the *rubra* group and *F. billyi*, *F. arvernensis* subsp. *costei*, *F. ovina* subsp. *guestfalica*, *F. filiformis*, *F. lemanii* and *Festuca airoides* are the most common taxa, the last collected in our study area in 2018, was confirmed as well as its diploidy by Boeuf et al. (2021). Bryophytes in our surveys were determined by R. Skrzypczak.

The definitions relating to the dynamics of vegetation, series, curtaseries, permaserie, climatophilous, edaphophilous, etc. are those corresponding to the vegetation series concept given in Bioret et al. (2019). However, we believe it useful to broaden the set of definitions given by these authors: we can indeed distinguish between “climatoxerophilous” series, marked by a deficit of precipitation during the growing season (Mediterranean climate, etc.), the “climatohygrophilous” series, showing an excess of precipitation during the growing season (atlantic climate...) and the “edaphochionophilous” permaserie, typical of long snow-covered areas in the subalpine and alpine belts.

The layering phytogeographic model for mountain vegetation adopted here is that of Ozenda (1985, 2002), defined as an «alpine system» generalized to adjacent mountains including the low mountain ranges of the Hercynian arc and the Massif central. For the upper zones of temperate Europe, it designates, from bottom to top, a lower montane belt (or submontane), a middle montane belt and an upper montane belt (delimited by the upper beech timberline), and for subalpine belt, a lower subalpine, a middle subalpine and an upper subalpine. In the Massif central, subalpine belt is not, however, sufficiently developed to express these last three sub-belts. It only develops two sub-belts, called here for convenience, «lower subalpine» and «upper subalpine» but not really corresponding to their equivalents of the Alps.

## Results

The different stages of analyses have led us to distinguish 17 plant communities and 47 sub-units, for the montane and subalpine heathlands of the Massif central, 16 of which have the rank of plant association grouped together in three phytosociological alliances. They are presented in detail as follows.

### Results of classification analyses

A preliminary global MTC classification focused on 990 relevés from all regions and all altitudes; the results appear in [supplement 1](#). It allowed us to rule out 295 relevés corresponding to the most thermophilous formations, which did not fall within our priorities, because for this low altitude vegetations our data were not complete. In particular, we lack relevés of Morvan (Robbe 1993) and Limousin (Botineau et al. 1986).

After this selection, 695 relevés of higher altitude heathlands were then subjected to a second MTC, in presence-absence (Fig. 5). Among the 30 individualized clusters we observe a first differentiation into 3 main sets.

Group A (clusters 1 to 6): group of cryophilous, oligotrophilous communities from the subalpine belt; these are relevés of the monts Dore, monts du Cantal, Mézenc et Cévennes (mont Lozère and mont Aigoual). Two sub-groups stand out: A1 (clusters 1 to 3), corresponding to the more xerophilous heathlands of the Cévennes summits and the monts du Cantal, and A2 (clusters 4 to 6), bringing together the communities more chionophilous and mesophilous of the monts Dore and monts du Cantal.

Group B (clusters 7 to 21): group of thermoxerophilous and montane communities. It breaks down into 3 sub-groups: B1 (clusters 7 to 10), dry, acidiphilous and oligotrophilous heathlands, paucispecific, from the lower mountain level to the middle mountain level, present in crystalline mountains of the north of Massif central, and also on acidic volcanic rocks, in chaîne des Puys and Ardèche; B2 (clusters 11 to 16): mesophilous, acidiphilous, oligotrophilous and paucispecific heaths, from the middle montane belt to the upper montane belt, located more in the central and southern part of the Massif central; B3 (cluster 17 to 21), containing neutro-acidiphilous communities, mainly present on more basic substrates.

Group C (Clusters 22 to 30): group of mesophilous communities of upper montane belt and lower subalpine belt formed by communities close to the upper forest edge. They mainly come from the north of the Massif central, volcanic Auvergne, monts du Forez, as far as mont Mézenc. A C1 sub-group (clusters 22 to 24), very well individualized, corresponds to mesotrophilous heaths rich in taxa, of monts Dore and monts du Cantal; C2, corresponds to a more impoverished sub-group.

This clustering analyses forms the basis for the differentiation of plant associations and their sub-units, with which they are mapped (Fig. 5).

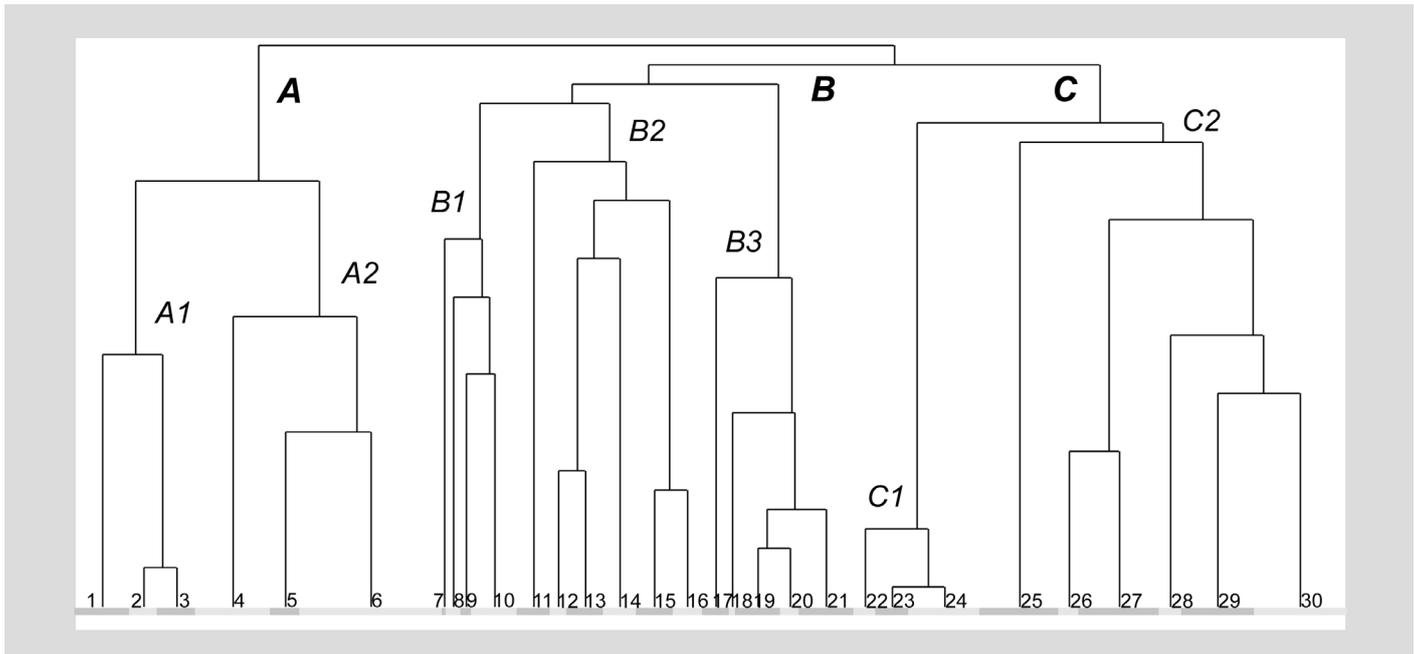


Figure 5 - Dendrogram resulting from the MTC, relating to 695 surveys of middle montane and subalpine heathlands and 319 species (Presence-absence analysis; 30 clusters requested: species present less than 2 times subtracted from the analysis ; dissimilarity index = «total inertia»). The correspondence between the clusters and the individualized plant associations is as follows. **Group A:** **A1** *Phyteumo hemisphaerici-Callunetum vulgaris* (1); *Pulsatillo vernalis-Cytisetum decumbentis* (2); *Biscutello arvernensis-Arcostaphyletum uvae-ursi* (3); **A2** *Racomitrio lanuginosi-Empetretum nigri* (4); *Vaccinietum myrtillo-uliginosi*, *Jasione laevis-Callunetum vulgaris* and *Carici vaginatae-Callunetum vulgaris* (5, 6); **Group B:** **B1** *Teucro scorodoniae-Callunetum vulgaris* ; **B2** *Pulsatillo vernalis-Cytisetum scabietosum* pp (11), *Vaccinio vitis idaeae-Genistetum pilosae* (12 to 15); **B3** *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli* (17 to 21). **Group C:** **C1** *Euphorbio hybernae-Vaccinietum myrtilli* (22 to 24); **C2** *Centaureo pectinatae-Juniperetum nanae* (25); *Patzkeo paniculatae-Vaccinietum myrtilli* (26, 27 pp); *vaccinietosum uliginosi* subassociation of *Allio victorialis-Vaccinietum myrtilli* (27 pp); *Vaccinio myrtilli-Genistetum pilosae* (clusters 28 to 30 pp); *Alchemillo saxatilis-Vaccinietum uliginosi* (27 pp, 29 pp) *Allio victorialis-Vaccinietum myrtilli*, other subassociations (30 pp); *Euphorbia hyberna- Calluna vulgaris* community (30 pp). Clusters 11, 16 and 18 correspond to intermediate situations.

### Results of ordination analyses; correspondence between communities and ecological variables

Several DCA and CCA were carried out in order to specify the groups obtained by MTC and to put in correspondence relevés with plant associations and with ecological variables. They also made it possible to reject 20 relevés that were too different and caused a distortion. A first analysis focused on the totality of the remaining 675 relevés. Then various partial analyses were made on the subsets.

Global analyses were carried out in DCA (Fig. 6a) and in CCA (Fig. 6b); the different individualized plant associations are attached to 3 alliances, delimited in Fig. 6a. The differentiation of these last three does not result directly from our statistical results on the Massif central but from a larger national sample (Boullet et al. forthcoming) analyzed as part of the PVF2. Alliance 1: *Genisto pilosae-Empetrium hermaphroditi* all. nov., cryophilous alliance from the upper subalpine belt of Massif central, belonging to the alpine class *Loiseleurio procumbentis-Vaccinietea microphylli*; Alliance 2: *Genisto pilosae-Vaccinion* Braun-Blanq. 1926, alliance

of the montane and subalpine levels of the middle subatlantic mountains, itself divided into three sub-alliances. *Carici piluliferae-Vaccinienion* Schaminée et al. 1993, mesophilic sub-alliance, montane to lower subalpine, mainly in crystalline mountain, *Vaccinienion myrtillo-uliginosi* suball. nov., mesophilic, upper subalpine and cryophilic sub-alliance of volcanic mountains and *Eu-Genisto pilosae-Vaccinienion* Schaminée et al. 1993, xerophilic sub-alliance, upper montane to subalpine. Alliance 3: *Diantho hyssopifolii-Vaccinion myrtilli* Boullet et al. ad interim, a southwestern thermoxerophilic montane alliance present mainly in the Massif central and the Pyrénées (Boullet et al. submitted).

On axis 1, the vegetation is differentiated according to a temperature gradient: the most thermophilous communities, 15 and 16, (*Galio saxatilis-Vaccinietum* and *Teucro scorodoniae-Callunetum*) opposed to the most cryophilous, 1 and 2 (*Carici vaginatae-Callunetum* and *Racomitrio lanuginosi-Empetretum*). Axis 2 corresponds mainly to a nutrient gradient with a mesotrophilous community, 4 (*Euphorbio hybernae-Vaccinietum*), opposing the more oligotrophilous, 13 (*Phyteumo hemisphaerici-Callunetum*). The moisture gradient also plays a role, but more limited. Among the driest communities are 13 and 14 (*Vaccinio vitis-idaeae-Genistetum*), 15 and 16; among the wettest, 2, 3 (*Vaccinietum myrtillo-uliginosi*) and 4. The acid-base reaction is less

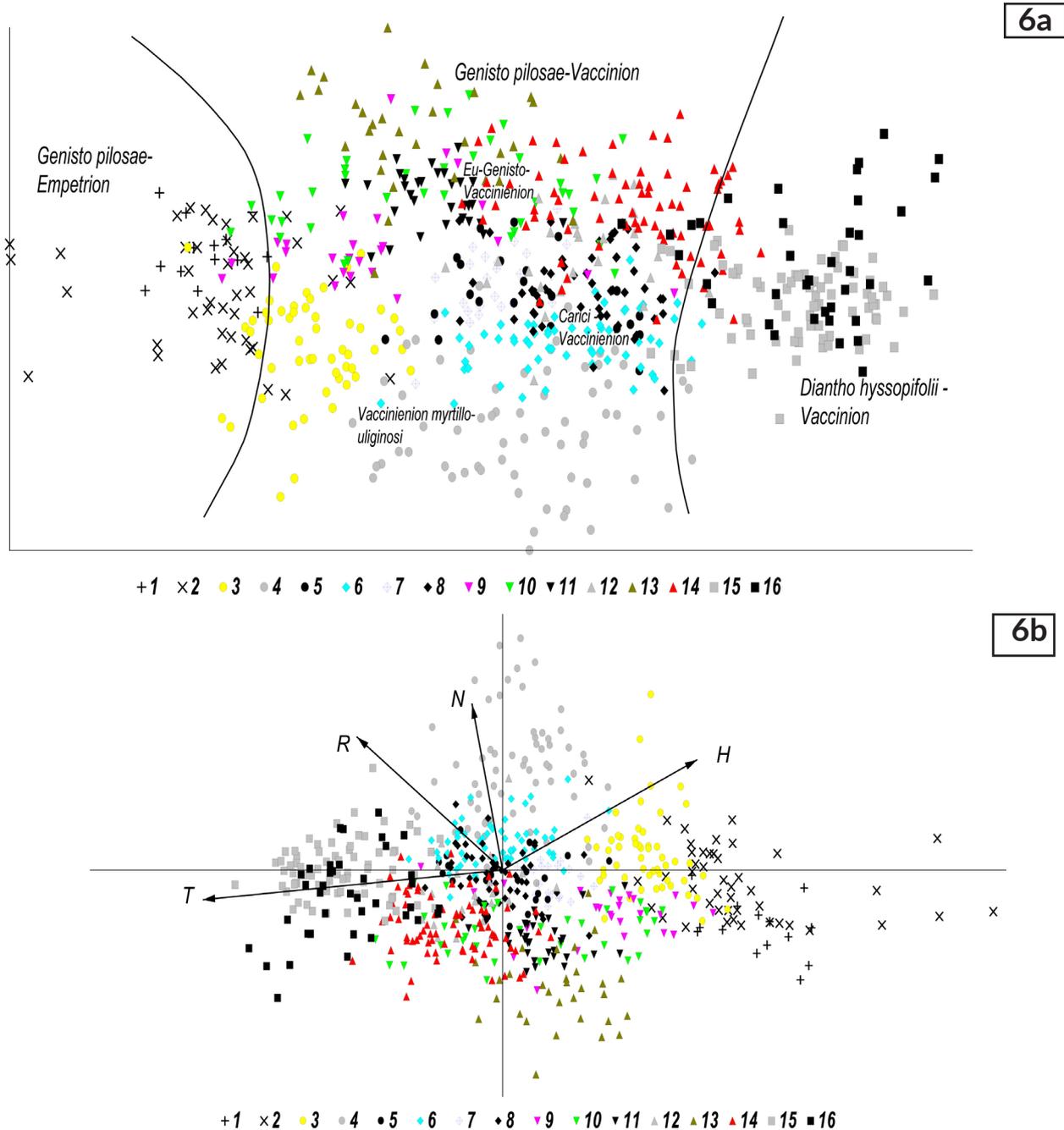


Figure 6 - Global ordination analyses carried out on 675 surveys and 315 taxa, in presence-absence, presenting the projection on the factorial plane of the points-relevés according to the first two axes. **6a**: DCA (eigenvalues of axes 1 and 2 respectively 0.398 and 0.344); Figure 6a delimits the 3 alliances on each side of the two main lines and the three sub-alliances globally positioned within the *Genisto-Vaccinien*. **6b**: CCA (eigenvalues of axes 1 and 2 respectively 0.334 and 0.267) presenting the main ecological variables, in the form of vector arrows, temperature (T), acid-base reaction (R), nutrients (N), soil moisture (H). The records are grouped by plant associations according to the numbers: 1, *Carici vaginatae-Callunetum*; 2, *Racomitrio lanuginosi-Empetretum*; 3, *Vaccinietum myrtillo-uliginosi*; 4, *Euphorbio hybernae-Vaccinietum*; 5, *Patzkeo paniculatae-Vaccinietum*; 6, *Allio victorialis-Vaccinietum*; 7, *Alchemillo saxatilis-Vaccinietum*; 8, *Vaccinio myrtilli-Genistetum*; 9, *Jasione laevis-Callunetum*; 10, *Pulsatillo vernalis-Cytisetum*; 11, *Biscutello arvernensis-Arctostaphyletum*; 12, *Centaureo pectinatae-Juniperetum*; 13, *Phyteumo hemisphaerici-Callunetum*; 14, *Vaccinio vitis idaeae-Genistetum*; 15, *Gallo saxatilis-Vaccinietum*; 16, *Teucro scorodoniae-Callunetum*.

discriminating.

Several partial DCA and CCA analyses were then carried out on more limited sets of readings to refine the results and their visibility. An initial analysis concerned the most cryophilic and high-altitude groups, 1 to 5, corresponding to the alliance of

*Genisto pilosae-Empetrium* and those of the suballiance *Vaccinien myrtillo-uliginosi*. A second analysis was done on the records of xerophilic and thermophilic communities, 9 to 16, of the *Diantho hyssopifolii-Vaccinien* alliance and the *Eu-Genisto pilosae-Vaccinien* suballiance. Finally a third, 6 to 8, was carried out, on the records of the suballiance of *Carici piluliferae-Vaccinien*. The

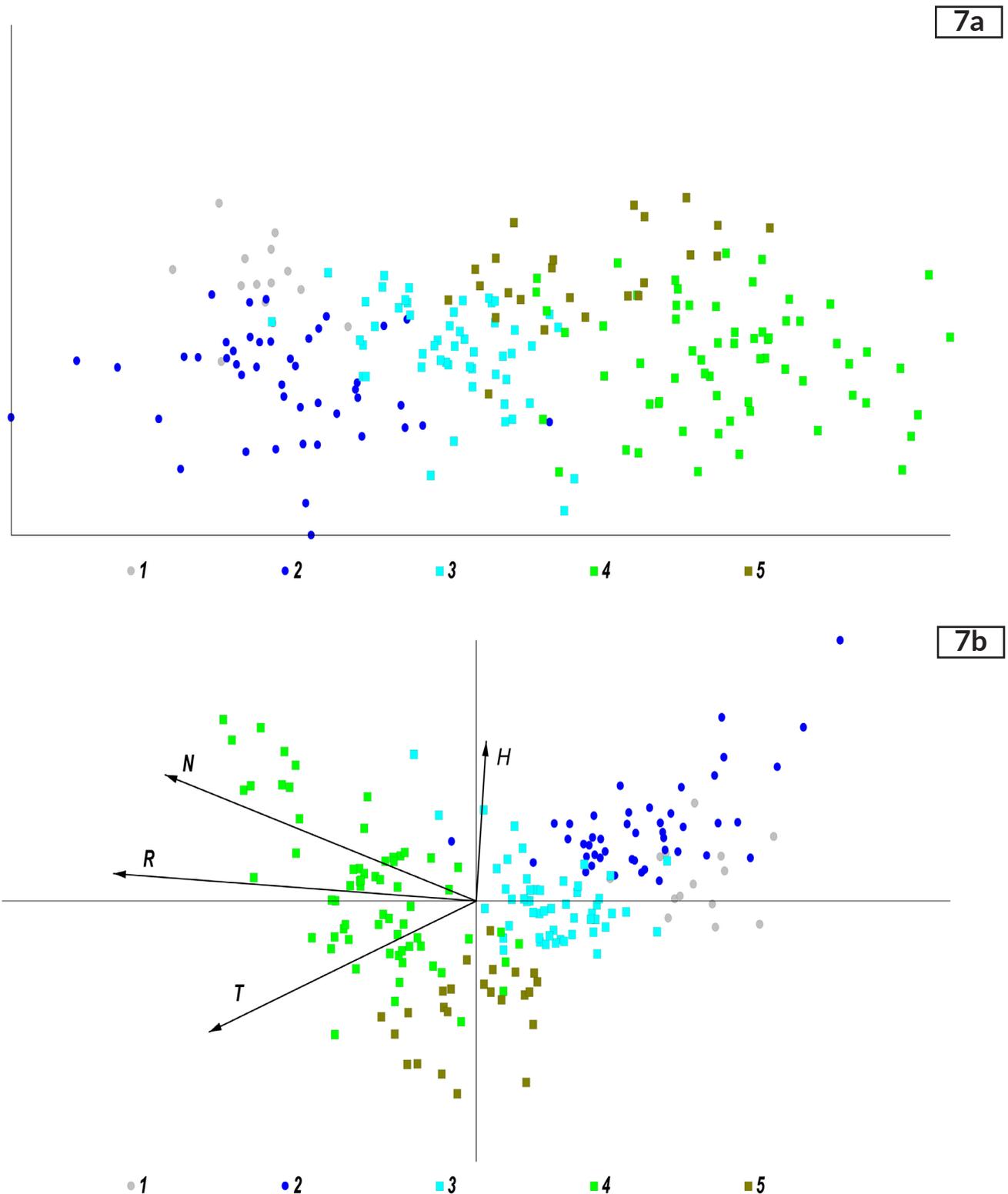


Figure 7- Partial ordination analyses of cryophylous subalpine communities 1 to 5 of *Genisto pilosae-Empetrium* and *Vacciniunion myrtillo-uliginosi* from the Massif central, carried out on 200 relevés and 229 taxa, in presence-absence, presenting the projection on the factorial plane of the points-relevés according to the first two axes. **7a**: DCA (eigenvalues of axes 1 and 2 respectively 0.459 and 0.253); **7b**: CCA (eigenvalues of axes 1 and 2 respectively 0.389 and 0.207), presenting the main ecological variables, in the form of vector arrows, temperature (T), acid-base reaction (R), nutrients (N), soil moisture (H). The relevés are grouped by plant associations according to the following numbers: alliance *Genisto pilosae-Empetrium*: 1, *Carici vaginatae-Callunetum*; 2, *Racomitrio lanuginosi-Empetretum*; suballiance *Vacciniunion myrtillo-uliginosi*; 3, *Vaccinietum myrtillo-uliginosi*, 4, *Euphorbio hybernae-Vaccinietum*; 5, *Patzkeo paniculatae-Vaccinietum*.

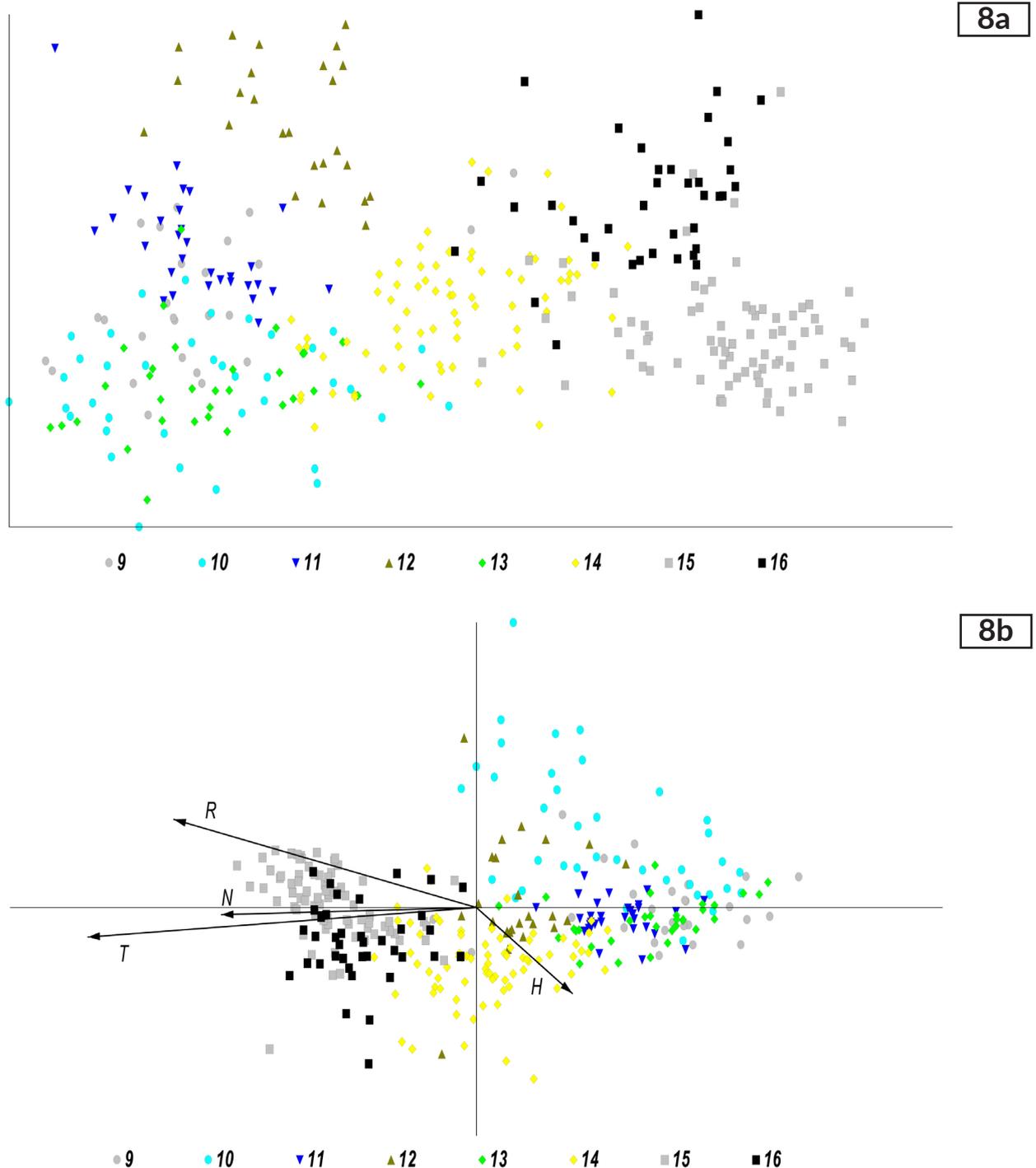


Figure 8 - Partial ordination analyses of xerophilous and/or thermophilous communities 9 to 16 of sub-alliance *Eu-Genisto-pilosa*-*Vaccinienion* and montanous alliance *Diantho hyssopifolii*-*Vaccinienion* from the Massif central, carried out on 341 relevés and 264 taxa, in presence-absence presenting the projection of the points-relevés along the first two axes. **8a** DCA (eigenvalues respectively 0,439 and 0,306); **8b** CCA (eigenvalues respectively 0,341 and 0,175) ; the main ecological variables are represented by vector arrows, temperature (T), acid-base reaction (R), nutrients (N), soil moisture (H). The relevés are grouped into 8 plant associations according to the following numbers: 9, *Jasione laevis*-*Callunetum*; 10, *Pulsatillo vernalis*-*Cytisetum*; 11, *Biscutello arvernensis*-*Arctostaphyletum*; 12, *Centaureo pectinatae*-*Juniperetum*; 13, *Phyteumo hemisphaerici*-*Callunetum*; 14, *Vaccinio vitis-idaeae*-*Genistetum*; 15, *Galio saxatilis*-*Vaccinietum*; 16, *Teucrio scorodoniae*-*Callunetum*.

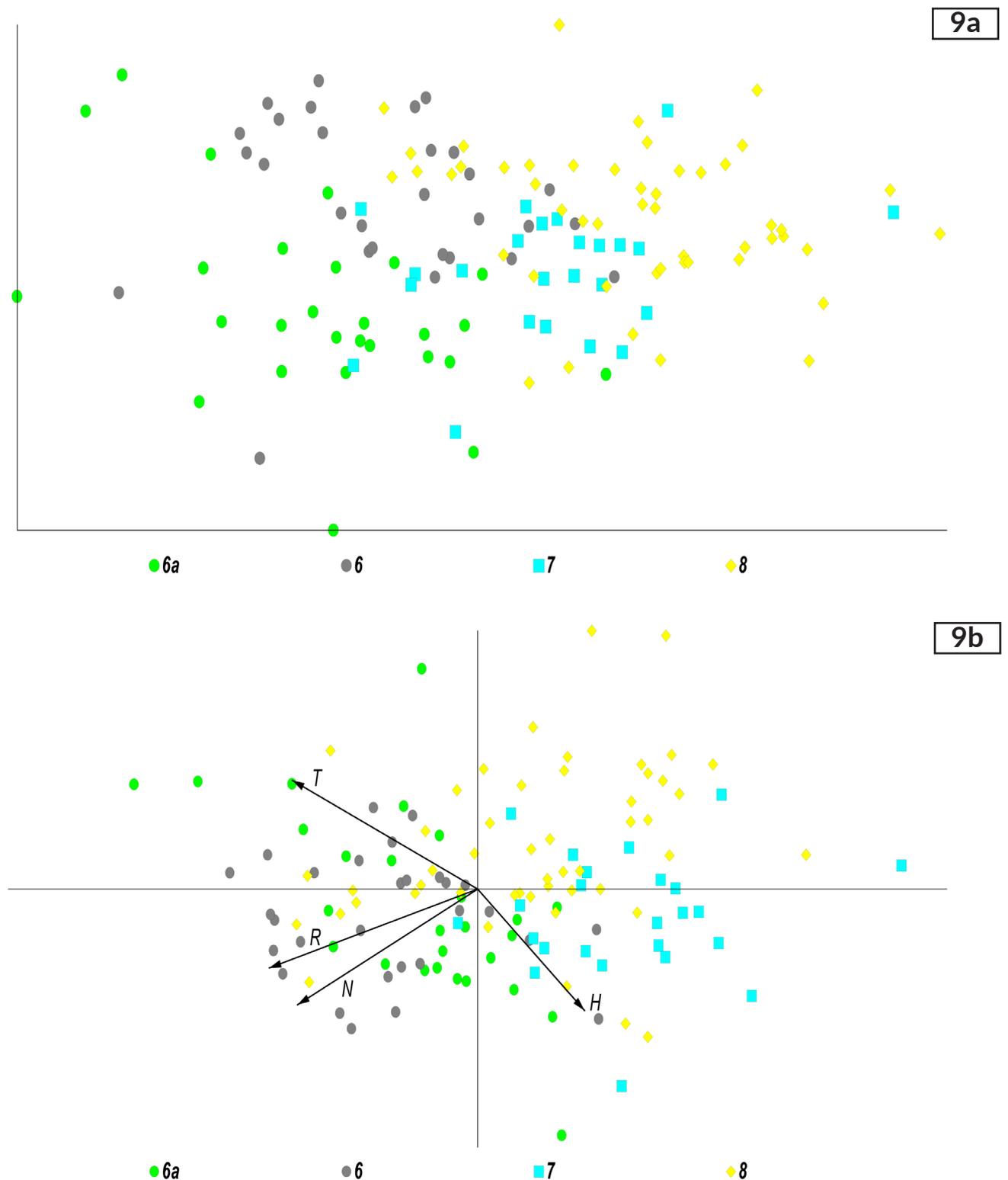


Figure 9 - Partial ordination analyses of mesophilous communities to suballiance of montane to lower subalpine belt *Carici piluliferae-Vaccinienion* of the Massif central, carried out 130 relevés and 154 taxa, in presence-absence, presenting the projection of the points-relevés according to the first two axes. **9a**: DCA (eigenvalues respectively 0,225 and 0,191); **9b**: DCA (eigenvalues respectively 0.157 and 0.102) the main ecological variables are represented by vector arrows, temperature (T), acid-base reaction (R), nutrients (N), soil moisture (H). The relevés are grouped into 3 plant associations according to the following numbers: 6a, *Allio victorialis-Vaccinietum vaccinietosum uliginosi*; 6, *Allio victorialis-Vaccinietum* others sub-associations; 7, *Alchemillo saxatilis-Vaccinietum*; 8, *Vaccinio myrtilli-Genistetum*.

results are shown in figures 7, 8 and 9.

The partial analyses of the relevés of cryophilic communities 1 to 5, carried out in DCA and CCA (Fig. 7a and 7b) shows that they are discriminated on axis 1 by multiple factors, mainly nutrients and acid-base reaction which appear correlated, and temperature. The more cryophilic communities of *Genisto pilosae-Empetrium*, 1 and 2 (*Carici vaginatae-Callunetum* and *Racomitrio lanuginosi-Empetretum*) are opposed to the other three of the *Vaccinienion myrtillo-uliginosi* sub-alliance. Community 4 (*Euphorbia hybernae-Vaccinietum*) appears to be the most eutrophilous and neutroclinophilous. Axis 2 reflects a water gradient, with 5 (*Patzkeo paniculatae-Vaccinietum*) as the driest heathland of well-exposed slopes.

The partial analyses of the relevés of xerophilous and/or thermophilous communities 9 to 16, carried out in DCA and CCA (Fig. 8) shows that they are discriminated on axis 1 by multiple factors, mainly temperature, with the acid-base reaction and nutrients. Within these communities stands out a thermophilic set, 15 and 16 (*Galio saxatilis-Vaccinietum* and *Teucro scorodoniae-Callunetum*) opposing a cryophilic set, 9, 10, 11 and 13 (*Jasione laevis-Callunetum*, *Pulsatillo vernalis-Cytisetum*, *Biscutello arvernensis-Arctostaphyletum* and *Phyteumo hemisphaerici-Callunetum*). Community 15 is the most neutrophilous. Axis 2 does not show a clear differentiation according to humidity which, here, is not a discriminating factor but which is however weakly correlated to the axis.

The partial analyses within communities 6 to 8 (*Carici piluliferae-Vaccinienion*), carried out in DCA and CCA (Fig. 9; the DCA), concludes with fairly poorly discriminated vegetations, with large overlapping areas. The CCA shows that on axis 1 the readings are discriminated according to several variables. Communities 6 and 6a (*Allio victorialis-Vaccinietum*) appear to be more eutrophilous and neutrophilous (due to their more chionophilic stationary situation). *Alchemillo saxatilis-Vaccinietum*, 7, is the most cryophilous (given its top and windy location).

### Comparison of communities by analyses of ecological indices

The 17 characterized communities are compared using their average values of the Ellenberg indices according to the five main

ecological variables (Fig. 10).

The temperature curve shows a large difference (1.69) and the low values globally reflect communities in cold mountain climates. The index opposes the most cryophilic communities, 1 (*Carici vaginatae-Callunetum*), 2 (*Racomitrio lanuginosi-Empetretum*) and 3 (*Vaccinietum myrtillo-uliginosi*) to the most thermophilic, 14 (*Vaccinio vitis idaeae-Genistetum*), 15 (*Galio saxatilis-Vaccinietum*), 16 (*Teucro scorodoniae-Callunetum*) and 17 (*Euphorbia hybernae* and *Calluna* community).

The humidity curve shows a smaller gap (0.84) and overall mesophilous communities. However, there is a clear opposition between mesophilous communities in an atlantic climate, 1 to 9, corresponding to those of *Genisto pilosae-Empetrium*, *Vaccinienion myrtillo-uliginosi* and *Carici piluliferae-Vaccinienion* located exclusively in the north of the Massif central and dry communities, i.e. edaphoxerophilous, or climatoxerophilous, from 10 to 17, corresponding to those of *Eu-Genisto pilosae-Vaccinienion* and *Diantho hyssopifolii-Vaccinienion*.

The curve of the acid-base reaction reflects communities on globally acidic soils but showing a significant difference (1.85); 4 (*Euphorbia hybernae-Vaccinietum*) and 15 (*Galio saxatilis-Vaccinietum*), acidophilic to neutroclinophilic communities, are distinguished from the others which remain frankly acidiphilic, in particular 13 (*Phyteumo hemisphaerici-Callunetum*) and 1 (*Carici vaginatae-Callunetum*) which present the lowest values.

The nutrients curve presents globally low values reflecting globally oligotrophilous communities. But important gaps exist (1.45): in particular 4 (*Euphorbia hybernae-Vaccinietum*), 6 (*Allio victorialis-Vaccinietum*) and 15 (*Galio saxatilis-Vaccinietum*) have higher values, with a more oligomesotrophic character. Here again 1 (*Carici vaginatae-Callunetum*) and 13 (*Phyteumo hemisphaerici-Callunetum*) stand out as the most oligotrophilous.

All these communities are heliophilic as shown by the light curve with strong index values, and there is a small gap (0.91). However communities 4 (*Euphorbia hybernae-Vaccinietum*), 6 (*Allio victorialis-Vaccinietum*), 8 (*Vaccinio myrtilli-Genistetum*), 12 (*Centaureo pectinatae-Juniperetum*), 17 (*Euphorbia hybernae-Calluna* community) at lower values, reflect more shaded, due to their

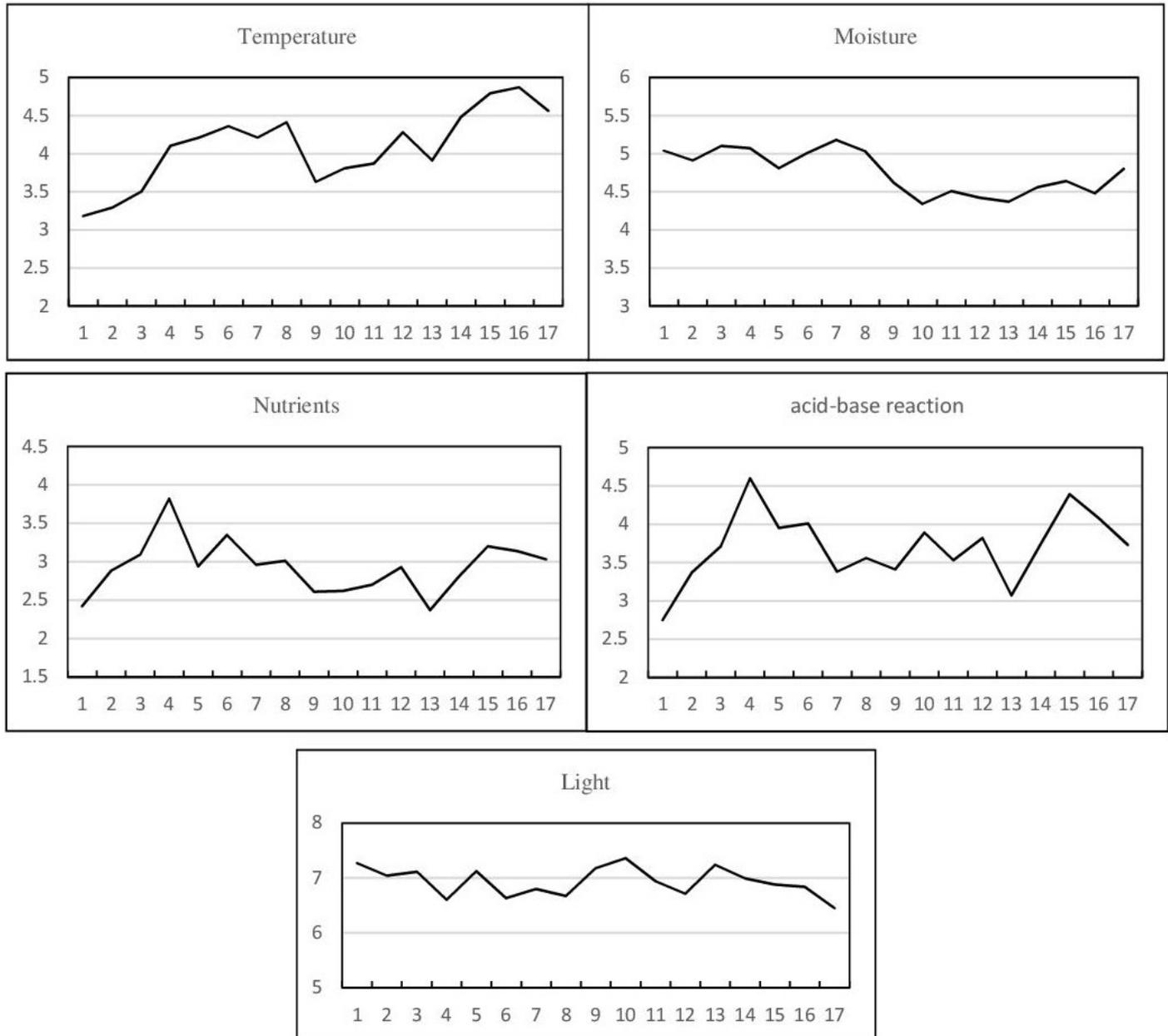


Figure 10 - The average values of the ecological index (Ellenberg et al. 1992) calculated for each of the 17 communities. The values are weighted by the frequency of the taxon in the community. **1**, *Carici vaginatae-Callunetum*; **2**, *Racomitrio lanuginosi-Empetretum*; **3**, *Vaccinietum myrtillo-uliginosi*; **4**, *Euphorbio hybernae-Vaccinietum*; **5**, *Patzkeo paniculatae-Vaccinietum*; **6**, *Allio victorialis-Vaccinietum*; **7**, *Alchemillo saxatilis-Vaccinietum*; **8**, *Vaccinio myrtilli-Genistetum*; **9**, *Jasione laevis-Callunetum*; **10**, *Pulsatillo vernalis-Cytisetum*; **11**, *Biscutello arvernensis-Arctostaphyletum*; **12**, *Centaureo pectinatae-Juniperetum*; **13**, *Phyteumo hemisphaerici-Callunetum*; **14**, *Vaccinio vitis idaeae-Genistetum*; **15**, *Galio saxatilis-Vaccinietum*; **16**, *Teucrio scorodoniae-Callunetum*; **17**, *Euphorbia hyberna-Calluna* community.

topographic conditions or their forest dynamics in the montane belt.

### Presentation and characterization of communities

The seventeen plant communities described below are presented according to their membership in 3 alliances and three suballiances which do not all result directly from our statistical

results on the Massif central but from a larger national sample (Boullet et al. forthcoming) analyzed as part of the PVF2. The floristic composition of these communities is given in synoptic table n° 2. Figures 11a and 11b show their distribution in the Massif central. A complete table of all relevés is given in supplement 2. Phytosociological tables 4 to 11, give details of the relevés for new associations or subassociations. For others, the reader will refer to the work of the original authors cited in the







bibliography. Photographs corresponding to precise statements are given for each community.

**Communities of the alliance *Genista pilosae*-*Empetrium hermaphroditum*** *all. nov.* (class of *Loiseleurio-Vaccinietea* Eggler ex Schubert 1960); cryophilous dwarf-heath of upper subalpine belt of Massif central under the influence of oceanic climate.

Characteristics of Alliance: *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* (= *Anemone scherfelii* subsp. *scherfelii*), *Genista pilosa*, *Empetrum nigrum* subsp. *hermaphroditum*. Differential: *Luzula desvauxii*, *Persicaria bistorta*, *Huperzia selago*, *Gentiana lutea*. We note the absence of some orophytes present in the Alps and the Pyrénées. The other taxa of the class (or of the affine class of *Juncetea trifidi*) are: *Vaccinium uliginosum* subsp. *microphyllum*, *Cerastium alpinum*, *Avenula versicolor*, *Agrostis rupestris*, *Euphrasia minima*, *Pulsatilla alpina* subsp. *apiifolia*, *Phyteuma hemisphaericum*, *Melampyrum sylvaticum*, *Solidago virgaurea* subsp. *alpestris*, *Festuca airoides* as well as *Mutellina adonidifolia*, *Diphysastrum alpinum* and *Trifolium alpinum*. Taxa frequent in *Genista*-*Vaccinion*, such as *Arnica montana*, *Nardus stricta*, *Galium saxatile*, *Festuca rubra*, *Potentilla erecta*, *Agrostis capillaris*..., are rare or absent.

*Holotypus hoc loco*: "association with *Empetrum nigrum* and *Racomitrium lanuginosum* Luquet 1926" (Luquet 1926, *essai sur la géographie botanique de l'Auvergne. Les associations végétales du massif des monts Dore*. Brulliard, Saint-Dizier. Thèse de l'université de Paris, tableau XIX, p. 157 et 158). *Genista pilosa* L. and *Empetrum nigrum* subsp. *hermaphroditum* (Hagerup) Böcher, accepted names in all recent flora, have been used for the name of this new alliance and to show the double character subalpine and atlantic.

**1 - *Carici vaginatae-Callunetum vulgaris*** R.Michalet & Philippe ex Thébaud et al. 2014. Table 2, n° 1.

Material: 14 rel. including 10 rel. of Michalet & Philippe (1996), 4 rel. ined. of Thébaud (1999).

*Lectotypus* of the association in Thébaud et al. (2014).

*Lectotypus* of *genistetosum pilosae hoc loco*, rel. 32, table 6, p. 468 in Michalet & Philippe (1996).

These are paucispecific dwarf heath dominated by *Calluna* with *Vaccinium uliginosum*. Its species combination is as follows:

Characteristic: *Carex vaginata* (77.1), *C. curvula* (36.9), *Pulsatilla alpina* s. *alba* (53.8) (= *Anemone scherfelii*), *Huperzia selago* (42.7);

Differential: *Agrostis rupestris* (42.9), *Euphrasia minima*, *Trifolium alpinum*, *Mutellina adonidifolia*;

Absence or low frequency of *Meum athamanticum*, *Poa chaixii*, *Arnica montana* and of certain chionophilous (*Luzula desvauxii*, *Potentilla aurea*);

Absence of xero-acidiphilous, *Luzula spicata*, *Alchemilla saxatilis* and *Jasione laevis*.

It is a mesophilous association, the most cryophilous in the Massif central, located on the gentle slopes of ubac between the puy de Sancy and the puy de la Perdrix above 1800 m, endemic community of monts Dore (Photo 1). It represents a climatophilous permaserie of the cold summits of the upper subalpine belt.

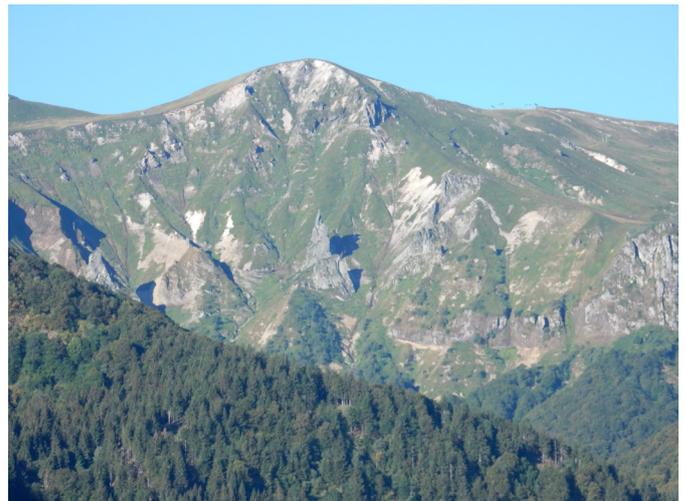


Photo 1 - Puy Ferrand (1856 m): the ridges are home to the *Carici vaginatae-Callunetum vulgaris*.

Two subassociations stand out:

**1.1. *genistetosum pilosae*** R. Michalet & Philippe *subass. nov. ex hoc loco*, with *Genista pilosa*, dominated by dwarf shrubs.

**1.2. *typicum*** (= *agrostietosum rupestris* R.Michalet & Philippe 1996), more open and more snowy with a higher proportion of herbaceous species and *Trifolium alpinum*, *Euphrasia minima*, *Agrostis rupestris*.

The association and its two subassociations have been described in detail by Michalet & Philippe (1996).

**2 - *Racomitrio lanuginosi-Empetretum nigri*** Luquet 1926 *nom. invers. hoc loco* (art. 42), table 2, n° 2 and table 4.

Material: 45 relevés including 22 from Michalet & Philippe (1996), 13 unpubl. from Thébaud (1992 to 2019), 2 from Thébaud (1988), 1 unpubl. from Delpech & Mollet (1980), 1 unpubl. by Billy, 2. from Luquet (1926), 4 from Quézel & Rioux (1954).

*Lectotypus* of the association *hoc loco*: rel. A1 table XIX, p.157-158 in Luquet 1926 (= rel. 234 tab. 4); The *lectotypus* of subassociations 1, 3 and 4 are given in Thébaud et al., 2014.

*Holotypus* subassociation *huperzietosum hoc loco* rel. n° 355, tab. 4.

Its physiognomy is that of an open shaved dwarf-hearth with *Empetrum*, *Vaccinium uliginosum* and cryptogams, the latter often occupying the place of senescent dwarf-shrubs due to frost, paucispecific for vascular plants. Its species combination is as follows:

Characteristic: *Empetrum nigrum* subsp. *hermaphroditum* (70.6), *Huperzia selago* (41.6), *Cerastium alpinum* (40.3), *Solidago virgaurea* subsp. *alpestris*, *Salix herbacea* (32.5), *S. bicolor* (38.8), *Vaccinium uliginosum* subsp. *microphyllum*;

Differential: *Luzula desvauxii*, *Alchemilla transiens*, *Festuca airoides*;

*Genista pilosa* and the *Nardetalia* taxa are rare;

Cryptogams numerous and abundant, specially the bryophytes: *Racomitrium lanuginosum*, *Ptilidium ciliare*, *Rhytidiadelphus loreus*, *R. triquetrus*, *Lophozia ventricosa*, *Hylocomnium splendens*, *Sphagnum*, as well as *Cetraria islandica*, constant and various *Cladonia*.

This association is cryophilous, oligotrophilous and more

sciaphilous and chionophilous than the previous one; it is located on steep and rocky slopes facing north on volcanic rock, undergoing wind erosion, often in difficult to access conditions. It is mainly present above 1600 m in the upper subalpine belt of monts Dore and monts du Cantal, very rare in mont Mézenc and in monts du Forez. It represents an edaphophilous permaseseries.

It includes several subassociations:

**2.1. *salicetosum herbaceae*** R. Michalet & Philippe ex Thébaud et al. 2014 *subass. nov. hoc loco* (= *Empetro hermaphroditi-Vaccinietum uliginosi sensu* Michalet & Philippe 1996 *non* Braun-Blanquet & Jenny 1926 *salicetosum herbaceae*; *lectotypus* rel. 3, tab. 6 p. 468 in Michalet & Philippe, 1996), with *Salix herbacea*, with low woody cover.

**2.2. *huperzietosum selaginis*** *subass. nov. hoc loco*; *Huperzia selago* constant and abundant, *Alchemilla transiens* (= *basaltica*), *Agrostis rupestris*, seldom *Empetrum*; it is represented by a typical variant, abundant in monts du Cantal (Photo 2) and an impoverished variant of monts du Forez (= *Huperzio selaginis-Callunetum sensu* Thébaud 1988).



Photo 2 - Short dwarf-heath with cryptogams *Racomitrium lanuginosi-Empetretum nigri huperzietosum* Peyre Arse, monts du Cantal.

**2.3. *typicum*** subassociation [= *valerianetosum trypteridis* R. Michalet & Philippe ex Thébaud et al. 2014) with *Valeriana tripteris*, *Luzula desvauxii*, *Anthoxanthum odoratum*, *Cerastium alpinum*; richer in species, located on the more rocky convexities.

**2.4. *salicetosum bicoloris*** R. Michalet & Philippe ex Thébaud et al. 2014 *subass. nov. hoc loco* (= *Empetro hermaphroditi-Vaccinietum uliginosi sensu* Michalet & Philippe 1996 *non* Braun-Blanquet & Jenny 1926 *salicetosum bicoloris*; *lectotypus* rel. 8, tab. 6 p. 468 in Michalet & Philippe, 1996), *Salix bicolor*, more hygrophilous.

The association was originally described by Luquet (1926) and validly published under the name «association à *Empetrum nigrum* L. et à *Racomitrium lanuginosum* Brid.»; then by Quézel & Rioux (1954) in Cantal and by Michalet & Philippe (1996) who linked it to the association described by Braun-Blanquet & Jenny in the Giant Mountains. The name given by these authors is a pseudonym (*Empetro hermaphroditi-Vaccinietum uliginosi sensu auct. non* Braun-Blanquet & Jenny 1926; art. 39c and rec. 46j). Although we have indicated *Empetrum nigrum* subsp. *hermaphroditum* as a characteristic of the association, one cannot choose this infraspecific epithet to name the association because Luquet (1926) did not indicate anything on this subject (art. 45).

### Communities of the suballiance *Vaccinienion myrtillo-uliginosi*

*subass. nov. hoc loco* (class *Calluno vulgaris-Ulicetea minoris* Braun-Blanq. & Tüxen ex Klika in Klika & Hadač 1944, order *Vaccinio myrtilli-Genistetalia pilosae* Schubert ex Passarge 1964, alliance *Genisto pilosae-Vaccinienion* Braun-Blanq. 1926).

Mesophilic to chionophilic, cryophilic, upper subalpine heathlands, mainly located in the volcanic mountains of the Massif central.

Characteristic taxa: *Knautia basaltica*, *Vaccinium myrtillus* (opt.) and *Vaccinium uliginosum* (opt., subsp. *uliginosum* and subsp. *microphyllum*). The subalpine orophytes *Pulsatilla alpina* subsp. *apiifolia* and subsp. *alpina*, *Melampyrum sylvaticum*, *Knautia basaltica*, *Campanula scheuchzeri*, *Phyteuma hemisphaericum*, *Geum montanum*, *Potentilla aurea*, *Festuca paniculata* subsp. *paniculata* allow them to be differentiated from the lower altitude sub-alliance *Carici piluliferae-Vaccinienion* and the mesophilic mountain orophytes such as *Trollius europaeus*, *Geranium sylvaticum*, *Phyteuma spicatum*, *Poa chaixii*, *Hyperichum maculatum*, from the more xerophilic sub-alliance of *Eu-Genisto pilosae-Vaccinienion*. Some other taxa of *Loiseleurio-Vaccinietea* and *Juncetea trifidi*, appear there and the forest montane taxa are less frequent (group II of table 2).

*Holotypus hoc loco*: «association with *Vaccinium uliginosum* and *V. myrtillus* Braun-Blanq. 1926» (Braun-Blanquet, 1926: le climax complexe des landes alpines (*Genisteto-Vaccinienion* du Cantal). *Arvernica* 2; table n° 2 p. 44).

**3 - *Vaccinietum myrtillo-uliginosi*** Braun-Blanq. 1926 *nom. invers. hoc loco*. Table 2, n° 3.

Material: 52 relevés including 33 from Michalet & Philippe (1996), 11 from Quézel & Rioux (1954), 4 from Braun-Blanquet (1926), 4 ined. from Thébaud (1991 to 2016).

*Lectotypus* of the *typicum* association and subassociation designated in Schaminée et al., 1993: rel. 4 of table 2 p. 44 in Braun-Blanquet (1926); *lectotypus* of the subassociations designated by Thébaud et al. 2014 in Michalet & Philippe (1996).

The physiognomy of this plant association is that of a dwarf-heath dominated by *Vaccinium uliginosum* and *V. myrtillus* with *Calluna vulgaris*. Its species combination is as follows:

Characteristic: *Mutellina adonidifolia* (49.8), *Melampyrum sylvaticum*, *Avenula versicolor* (51), *Gentiana lutea*, *Vaccinium uliginosum* subsp. *microphyllum*;

Differential: *Potentilla aurea* (40), *Euphrasia minima*, *Trifolium alpinum*, *Poa chaixii*, *Scorzonera pyrenaica*, *Persicaria bistorta*, *Anthoxanthum odoratum*, *Arnica montana*, *Campanula scheuchzeri*, *Trollius europaeus* (33.7).

This plant association is cryophilous, mesophilous and has a hygrophilous tendency; it is localized on the gentle high slopes around the peaks, under an oceanic climate watered in spring and summer. It is generalized in the upper subalpine belt of monts Dore (Photo 3) and monts du Cantal on volcanic rock, basalt, trachyandesite, andesitic breccias. It corresponds to a subalpine climatophilous permaseseries in an oceanic climate.



Photo 3 - *Vaccinietum myrtillo-uliginosi*, summit of Paillaret, monts Dore.

Four subassociations are described:

**3.1. *trifolietosum alpini*** R. Michalet & Philippe ex Thébaud et al. 2014 with *Trifolium alpinum*, *Euphrasia minima*, *Luzula desvauxii*, more chionophilous.

**3.2. *typicum*** (Braun-Blanquet 1926) *subass. nov. hoc loco* with *Pulsatilla alpina* subsp. *apiifolia*, *Pedicularis comosa*, lacking *Pulsatilla alpina* subsp. *alba*; chionophilous grassy heathland on slopes with unfavorable exposure in the subalpine level of the monts du Cantal.

**3.3. *festucetosum lemanii*** R. Michalet & Philippe ex Thébaud et al. 2014, with *Festuca billyi*; the most abundant and the least mesophilous. The name «*festucetosum billyi*» would probably be more appropriate, *F. billyi* replacing *F. lemanii* in the subalpine belt.

**3.4. *geranietosum sylvatici*** R. Michalet & Philippe ex Thébaud et al. 2014 with *Luzula desvauxii*, *Adenostyles alliariae*, *Geranium sylvaticum*, steep concave slopes exposed to the N-W.

Braun-Blanquet (1926) described it initially under the name of «association à *Vaccinium uliginosum* and *myrtillosum*»; then under that of «*Vaccinieto-Gentianetum lutae*» Braun-Blanquet, Sissingh & Vlieger (1939) *nom. superfl.* Luquet (1926) described the same community in the monts Dore under the name of «Association with *Vaccinium myrtillosum* and *V. uliginosum*» which is a homonym published the same year as the name given by Braun-Blanquet without being able to define the anteriority between the two and therefore which name is valid. Michalet & Philippe have described in detail the subassociations 8.1, 8.2 and 8.4. Schaminée et al. (1993) corrected the initial name (art. 41b) spelling as «*Vaccinietum uliginoso-myrtillosum*» and they lectotypified it. However, in the *typus*, *Vaccinium uliginosum* is more covering than *V. myrtillosum* (3 against 2). The name must therefore be reversed (art. 10b and 42) in the form «*Vaccinietum myrtillo-uliginosum* Braun-Blanq. 1926 *nom. invers.*»

**4 - *Euphorbio hybernae-Vaccinietum myrtillosum*** Coquillard ex Thébaud et al. 2014. Table 2, n° 4.

Material: 65 relevés including 32 from Coquillard (1993), 20 from Michalet & Philippe (1996), 6 ined. from Thébaud (2015 to 2017), 2 from Quézel & Rioux (1954), 1 ined. from Roux (2017), 1 ined. from Billy, 1 from Delpech & Mollet (2008), 1 from Schaminée

& Hennekens (in Thébaud 1988), 1 from Braun-Blanquet (1926). *Lectotypus* of the association and sub-associations in Thébaud et al. 2014.

It takes the form of heathland dominated by *Vaccinium* with many herbaceous plants. Its species combination is as follows:

Characteristic: *Silene vulgaris* (47.8), *Euphorbia hyberna*, *Pulsatilla alpina* subsp. *apiifolia*, *Campanula scheuchzeri*;

Differential: *Senecio doronicum* (42.9), *S. cacaliaster* (46.8), *Lactuca plumieri* (42), *Calamagrostis arundinacea* (31.1), *Trollius europaeus* (35.6), *Hieracium prenanthoides* (33.3), *Luzula sylvatica* (36.5), *Geranium sylvaticum* (67.6), *Astrancina major* (39.9), *Lilium martagon* (40), *Ranunculus platanifolius* (35.3);

It is rich in *Mulgedio-Aconitetea* species and in mesotrophilous grasslands;

The absence of oligotrophilous is observed as well as the low frequencies of *Genista pilosa* and *Calluna vulgaris*;

*Meum athamanticum*, *Agrostis capillaris*, *Persicaria bistorta*, *Arnica montana*, *Potentilla erecta* are constant or frequent.

This plant association is mesophilous or mesohygrophilous, chionophilous, occupying well-drained snowy slopes and often in a situation of concavities or edges, on deep soils and volcanic rock. It develops from the upper montane belt, generalized in the heavily watered volcanic mountains under oceanic influence, monts Dore and monts du Cantal. It is to be found in Cézallier and Aubrac around the highest summits. Intermediate forms with *Allio victorialis-Vaccinietum myrtillosum*, depleted in atlantic taxa, are found in mont Mézenc (Roche de Cuzet...). It can fit into a dynamic edaphochionophilous series of the beech-Maple forest (*Doronico austriaci-Fagetum sylvaticae* Seytre in Renaux et al. 2019) of the upper montane belt of the western volcanic mountains.

Three main subassociations have been described:

**4.1. *senecietosum doronici*** R. Michalet & Philippe ex Thébaud et al. 2014, differentiated by *Geum montanum*, *Senecio doronicum*, *Ranunculus platanifolius*, *Knautia basaltica*, *Pedicularis foliosa*; Hemmed grassy blueberry in transition with the *Calamagrostion*; mesotrophilous, mesophilous, with thermophilous tendency, and chionophilous on steep slopes, deep soils and volcanic substrate; monts Dore and monts du Cantal.

**4.2. *luzuletosum desvauxii*** Coquillard ex Thébaud et al. 2014; differentiated by *Luzula desvauxii*, *Polygonatum verticillatum*, *Lactuca plumieri*, *Ranunculus aconitifolius*, *Doronium austriacum*, *Athyrium filix-femina*, *Conopodium majus*, *Rosa pendulina*; sometimes hemmed, herbaceous plants and *Vaccinium* mixed in the cover; intermediate conditions with those of the *Adenostyilion*; mesotrophilous, mesohygrophilous, chionophilous on deep soil and volcanic substrate; monts Dore; present in rare stations in Mézenc, in an impoverished form without atlantic taxa.

**4.3. *typicum*** Coquillard ex Thébaud et al. 2014; the taxa of *Mulgedio-Aconitetea* are less numerous than in the other subassociations; differentiated by *Dianthus seguieri* subsp. *pseudocollinus*, *Achillea millefolium*, *Galium verum*, oligomesotrophilous; mesophilous subassociation on deep soils and on volcanic rock, monts Dore and monts du Cantal (Photo 4).



Photo 4 - Rich herbaceous heathland *Euphorbio hybernae-Vaccinietum myrtilli*, Pas de Peyrol, monts du Cantal (rel. 2092GT).

The association was initially described by Coquillard (1993) and validated by Thébaud et al. (2014). Its syntaxonomic place is intermediate between the two suballiances *Vaccinienion myrtillo-uliginosi* and *Carici piluliferae-Vaccinienion*.

**5 - *Patzkeo paniculatae-Vaccinietum myrtilli* ass. nov.** Tableau 2, n°5 et tableau 5.

Material: 24 relevés including 8 ined. from Thébaud (1987 à 2017), 6 from Coquillard (1993), 4 from Schaminée & Hennekens (in Thébaud, 1988), 2 from Michalet & Philippe (1996), 2 from Delpech & Mollet (2008), 1 from Roux (2017), 1 from Quézel & Rioux (1954).

**Holotypus of association hoc loco, rel. 507 tab. 5; holotypus of subassociation *crepidetosum conyzifoliae* hoc loco : rel. 376 tab. 5.**

The physiognomy of this plant association is that of an often open heathland, with *Patzkea paniculata* subsp. *paniculata*, *Genista pilosa*, *Vaccinium uliginosum* and *V. myrtillus*, *Festuca billyi*, or more rarely dominated by *Festuca* with a dense sub-layer of chamaephytes; community fairly rich in taxa. Its species combination is as follows:

Characteristic: *Patzkea paniculata* subsp. *paniculata* (23.5), *Jacobaea adonidifolia* (24.1), *Jasione laevis* (26.7), *Thesium alpinum*, *Crepis conyzifolia* (31);

Differential: *Serratula tinctoria* subsp. *monticola* (33), *Centaurea nigra*, *Dianthus seguieri* subsp. *pseudocollinus* (30), *Arnica montana*, *Festuca billyi*;

Numerous taxa of oligotrophic lawns of *Nardetalia*; in monts Dore and monts du Cantal; comes into contact with the *Festucion variae* (*Arnica montanae-Festucetum paniculatae* R.Michalet & Philippe ex Thébaud et al. 2014). The most common cryptogams are *Cetraria islandica*, *Cladonia furcata*, *Hylocomium splendens* and

*Rhytidiadelphus triquetrus*.

The association is helioxerophilous, oligotrophilous, with a thermophilous tendency, on shallow or eroded soil; it is most often localized on steep slopes, exposed to the south, convex, but less slightly inclined than those of the *Festucion variae* associations, mainly on volcanic substrate. It can be found on the upper montane and lower subalpine belts of monts Dore, monts du Cantal and mont Mézenc; rarer in the monts du Forez. To look for further south, monts d'Ardèche, Tanargue, Mont Lozère (Photo 5) ... Its dynamic is difficult to specify: it can correspond to curtaseries with *Sorbus* or to series with a variant of the beech-Maple forest *Doronico austriaci-Fagetum sylvaticae* Seytre in Renaux et al. 2019.



Photo 5 - Edaphoxerophilous subalpine heathland cf *Patzkeo paniculatae-Vaccinietum myrtilli*, rel. 2655GT, cirque du rocher de l'Aigle, mont Lozère.

Two subassociations are individualized:

**5.1. *crepidetosum conyzifoliae* subass. nov.**, richer in species, more mesophilous and mesotrophilous and closer to *Euphorbio hybernae-Vaccinietum typicum*, with *Crepis conyzifolia*, *Stachys officinalis*, *Centaurea nigra*, *Campanula scheuchzeri* subsp. *lanceolata*;

**5.2. *typicum* subass. nov.**, depleted, with *Campanula rotundifolia*, *Carex caryophyllea*, *Hieracium praecox*, more acidiphilous and oligotrophilous.

Some relevés of *Carici piluliferae-Callunetum vulgaris* Coquillard 1993 nom. inval. are similar to the association. The syntaxonomic place of *Patzkeo paniculatae-Vaccinietum* is intermediate between the two suballiances *Vaccinienion myrtillo-uliginosi* and *Carici piluliferae-Vaccinienion*. The subspecies *Patzkea paniculata* subsp. *paniculata* was chosen as the name giving taxon of this plant association (art. 10a, note 2).

**Communities of the suballiance *Carici piluliferae-Vaccinienion*** Schaminée & Hennekens in Schaminée Hennekens & Thébaud 1993 (class *Calluno vulgaris-Ulicetetea minoris* Braun-Blanq. & Tüxen ex Klika in Klika & Hadač 1944, order *Vaccinio myrtilli-Genistetalia pilosae* Schubert ex Passarge 1964, alliance *Genisto pilosae-Vaccinion* Braun-Blanq. 1926).

Mesophilous communities of the montane and lower subalpine belts of the northern Massif central and middle mountains of the Hercynian arc, Vosges, Black Forest, around the timberline, mainly on crystalline or acide rocks.

They are distinguished by forest or upper forest edge taxa such as *Anemone nemorosa*, *Melampyrum pratense*, *Allium victorialis*, *Maianthemum bifolium*, *Sorbus aucuparia*, *Convallaria majalis* and *Calamagrostis arundinacea* as well as *Carex pilulifera*, *Potentilla erecta*. The orophytes of *Loiseleurio-Vaccinietea* and *Juncetea trifidi* are rare or absent.

**6 - *Allio victorialis-Vaccinietum myrtilli*** Schaminée & Hennekens ex Thébaud et al. 2014 emend. hoc loco. Table 2, n°6.

Material: 61 relevés including 21 from Thébaud (1988), 16 unpubl. from Thébaud (1987 to 2019), 11 from Coquillard (1993), 9 from Michalet & Philippe (1996), 2 unpubl. from Delcoigne (2019), 1 from Schaminée & Hennekens (in Thébaud, 1988), 1 from Delpech & Mollet (2008).

*Lectotypus* designated by Thébaud et al. (2014) in Schaminée & Hennekens (1992) for the association, the *stachyetosum* and *veratretosum* subassociations and in Michalet & Philippe (1996), for the *vaccinietosum uliginosi* subassociation (*lectotypus* n° 26 table 5 p. 466).

This plant association takes the form of an herbaceous heathland dominated by *Vaccinium myrtillus* or *V. uliginosum*, rich in herbaceous taxa. Its species combination is as follows:

Characteristic: *Stachys officinalis*, *Allium victorialis* (33.7), *Convallaria majalis* (35.8), *Hypericum maculatum* (36.5), *Veratrum album* (40.9), *Ajuga reptans* (38.4), *Maianthemum bifolium*;

Differential: *Sorbus aucuparia* (32.9), *Vaccinium myrtillus*, *Poa chaixii*, *Sanguisorba officinalis*, *Stellaria holostea*, *Melampyrum pratense* (31.5);

Includes many mesotrophilous grassland taxa and also oligotrophilous and acidiphilous taxa of *Nardetalia*, *Nardus stricta*, *Carex pilulifera*, *Anthoxanthum odoratum*, *Scorzoneroideis pyrenaica*, *Galium saxatile*.

Other constant or frequent taxa: *Festuca nigrescens* subsp. *nigrescens*, *Gentiana lutea*, *Agrostis capillaris*, *Persicaria bistorta*, *Calamagrostis arundinacea*, etc.

It is an oligomesotrophilous, mesophilous or with mesohydrophilous tendency, chionophilous plant association; mainly on crystalline substrate where it often occupies slope breaks or snow-covered basins on the slopes or in an upper edge situation; it develops in the upper montane and lower subalpine belts in the north-east of the Massif central, mainly the monts du Forez, but also occasionally in the north of Margeride (Truc de la Garde...) and mont Mézenc. It has dynamic affinities with beech-maple forests of *Acerion pseudoplatani*, *Aceri pseudoplatani-Fagetum sylvaticae* J. & M. Bartsch 1940 for the *stachyetosum officinalis* and *veratretosum* subassociations in the monts du Forez, and with *Doronico austriaci-Fagetum sylvaticae* Seytre in Renaux et al. 2019 for the *vaccinietosum uliginosi* subassociation in monts Dore and Cézallier.

Four subassociations stand out:

**6.1. *vaccinietosum uliginosi*** (R. Michalet et al. 1989) Thébaud et al. 2014 comb. nov. hoc loco [sub *Vaccinietum uliginoso-myrtilli vaccinietosum uliginosi* (R. Michalet et al. 1989) Thébaud et al.

2014], *Vaccinium uliginosum*, *Festuca billyi*, *Luzula multiflora*, *Dianthus seguieri* subsp. *pseudocollinus*, widespread on basalt where it replaces *Vaccinietum uliginoso-myrtilli* at lower altitude, in monts Dore and monts du Cantal (Elancèze...), in Cézallier (Signal du Luguët, Photo 6), on the puy de Dôme on trachyte and more



Photo 6 - Rich herbaceous heathland *Allio victorialis-Vaccinietum myrtilli* subassociation *vaccinietosum uliginosi*, Signal du Luguët (rel. 2803GT, monts du Cézallier).

rarely on phonoliths;

**6.2. *stachyetosum officinalis*** Schaminée & Hennekens ex Thébaud et al. 2014, *Stachys officinalis*, *Linaria repens*, *Campanula scheuchzeri*, *Ajuga reptans*, more thermophilic, with east orientations, sheltered from winds or snow accumulation;

**6.3. *veratretosum albi*** Schaminée & Hennekens ex Thébaud et al. 2014, *Veratrum album*, *Sanguisorba officinalis*, at snowdrifts and with an hygrophilous character;

**6.4. *typicum***, with *Potentilla aurea*, especially in monts du Forez (Photo 7).



Photo 7 - Rich herbaceous heathland *Allio victorialis-Vaccinietum myrtilli* subassociation *typicum* at the edge of *Aceri pseudoplatani-Fagetum*, monts du Forez, montagne de Monthiallier.

The *vaccinietosum uliginosi* subassociation was initially described under the name of *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli vaccinietosum uliginosi* R. Michalet & Philippe 1996, under that of *Vaccinietum uliginosi-myrtilli vaccinietosum uliginosi* Thébaud et al. 2014; the *Carici piluliferae-Callunetum vulgaris* Coquillard 1993 nom. inval.

is partly related to it. The *stachyetosum officinalis* subassociation corresponds to *Stachyo officinalis-Vaccinietum myrtilli* Thébaud 1988 nom. inval.

**7 - *Alchemillo saxatilis-Vaccinietum uliginosi*** Thébaud ex Schaminée et al. 1993. Table 2, n°7.

Material: 24 relevés including 16 from Thébaud (1988), 4 from Hennekens & Schaminée (in Thébaud 1988), 2 ined. from Thébaud (1995, 2014), 1 from Michalet & Philippe (1996) and 1 ined. from Roux (2019).

*Lectotypus* designated by Thébaud et al. 2014 in Schaminée & Hennekens (1992).

Its physiognomy is that of a heathland dominated by *Vaccinium uliginosum* or *V. myrtillus* or more open and rich in cryptogam, dominated by *Calluna*. It is little differentiated compared to other associations except its floristic impoverishment. Its species combination is as follows:

Characteristic: *Trifolium alpinum* (21.4), *Alchemilla saxatilis*, *Vaccinium uliginosum*, *Luzula sudetica* (20.8), *Epikeros pyrenaicus* (21.2), *Lycopodium clavatum* (22.4);

Differential: *Luzula multiflora*, *Carex pilulifera*, *Nardus stricta*, *Anemone nemorosa* (27).

The association is oligotrophilous, mesophilous, on crystalline or acidic volcanic rock in low snow conditions. The *typicum* subassociation is cryo-anemophilous and topoxerophilous.

It grows on the upper montane and lower subalpine belts of the mountains of the north-eastern Massif central, mainly monts du Forez. It also exists, more localized in mont Mézenc (Delpech & Mollet 2008) up to the monts d'Ardèche. It corresponds to a climatophilous permaserie of the lower subalpine belt in the north-eastern crystalline Massif central. It also exists in the form of edaphoxerophilous permaserie in other mountains on trachytes (puy de Dôme) or phonoliths (Mézenc).

Two subassociations are differentiated:

**7.1. *polygonetosum bistortae*** (Schaminée & Hennekens) Thébaud et al. 2014, *Persicaria bistorta*, *Epikeros pyrenaicus*, *Luzula sudetica*, lower subalpine stage, mesophilous.

**7.2. *typicum***, depleted in phanerogams and enriched in cryptogams including *Polytrichum piliferum*, *Pleurozium schreberi*, *Cetraria islandica*, *Cladonia furcata*, *C. grayi*, *C. arbuscula*; xerophilous and open, cryo-anemophilous, in lower subalpine belt.

This association was initially described as *Alchemillo saxatilis-Vaccinietum uliginosi* Thébaud 1988 nom. inval.

**8 - *Vaccinio myrtilli-Genistetum pilosae*** Schaminée & Hennekens ex Thébaud et al. 2014. Table 2, n° 8.

Material: 50 relevés including 32 from Thébaud (1988), 6 ined. from Thébaud (from 1987 to 2000), 6 ined. from Billy, 5 from Coquillard (1993), 1 ined. from Bernard (2015).

*Lectotypus* of the association and of the subassociations designated by Thébaud et al. 2014 in Schaminée & Hennekens (1992).

This plant association comes in the form of paucispecific heathland dominated by *Calluna*, *Genista pilosa* or *Vaccinium*

*myrtillus*. Its species combination is as follows:

Characteristic: *Sorbus aria*, *Carex pilulifera* (23.2), *Genista pilosa*, *Narcissus pseudonarcissus* (30.5), *Hieracium umbellatum* subsp. *monticola* (26.6), *Melampyrum pratense*;

Differential: *Pinus sylvestris*, *Sorbus aucuparia*, *Molinia caerulea* (41.7), *Abies alba*, *Calamagrostis arundinacea*;

*Arnica montana*, *Festuca nigrescens*, *Persicaria bistorta*, *Gentiana lutea*, *Potentilla erecta* (24.7), *Galium saxatilis* are constant or frequent.

It is mesophilous, on crystalline rock and shallow slopes, widespread in the middle montane to upper montane belts of the crystalline mountains of the north of the Massif central in an attenuated oceanic climate (Photo 8): Livradois-Forez, monts de la Madeleine, Pilat. It also exists more rarely in Artense and in monts Dore on acidic volcanic rocks, trachytes and trachyandesites. It corresponds to a subatlantic climatophilous dynamic series of montane belt leading to an acidiphilous *Abies alba/Fagus sylvatica* forest (*Dryopterido dilatatae-Abietetum albae* Thébaud et al. 2014) or an acidiphilous beech-abies tree (*Solidago virgaureae-Fagetum sylvaticae* Renaux et al. 2019).



Photo 8 - *Vaccinio myrtilli-Genistetum pilosae* montane heathland of north-eastern Massif central on crystalline rock.

Four subassociations have been described:

**8.1. *molinetosum caeruleae*** Schaminée & Hennekens ex Thébaud et al. 2014 mesohygrophilous hydro-alternating, paucispecific, with *Molinia caerulea*. It is composed of two variants: poor variant with *Juniperus communis* subsp. *nana* and *Gentiana pneumonanthe*, in monts Dore (montagne de Bozat...); typical variant dominated by *Molinia caerulea*, on flat tops or weak slopes with poor drainage;

**8.2. *typicum***, mixed *Genista-Calluna-Vaccinium myrtillus* mesophilous heathland; it includes the subassociation *hylocomnietosum splendentis* Thébaud 1988;

**8.3. *calamagrostietosum arundinaceae*** Schaminée & Hennekens ex Thébaud et al. 2014, *Calamagrostis arundinacea*, at the top of montane belt, in edges sheltered from winds.

The association was initially described under the name *Vaccinio myrtilli-Genistetum pilosae* Thébaud 1988 nom. inval.



*Carici vaginatae-  
Callunetum vulgaris*



*Racomitrio lanuginosi-  
Empetretum nigri*



*Vaccinietum myrtillo-uliginosi*



*Euphorbio hybernae-  
Vaccinietum myrtilli*



*Patzkeo paniculatae-  
Vaccinietum myrtilli*



*Allio victorialis-Vaccinietum typicum,  
veratretosum, stachyetosum*



*Allio victorialis-Vaccinietum  
vaccinietosum uliginosi*



*Alchemillo saxatilis-  
Vaccinietum uliginosi*



*Vaccinio myrtilli-Genistetum  
pilosae*

Figure 11a - Distribution of heathland associations in the mountains of the French Massif central. For the boundaries, refer to figure 1. In black, the main presence; in gray: occasional or probable presence.

**Communities of suballiance *Eu-Genisto pilosae-Vaccinienion*** (= *Phyteumo hemisphaerici-Vaccinienion* Schaminée & Hennekens in Schaminée Hennekens & Thébaud 1993 pp; class *Calluno vulgaris-Ulicetea minoris* Braun-Blanq. & Tüxen ex Klika in Klika & Hadač 1944, order *Vaccinio myrtilli-Genistetalia pilosae* Schubert ex Passarge 1964, alliance *Genisto pilosae-Vaccinienion* Braun-Blanq. 1926).

Xerophilous heathlands, with cryophilous or thermophilous characters, from upper montane to upper subalpine belt of Massif central.

Characteristic: *Pulsatilla vernalis*, *Festuca airoides*, *Biscutella arvernensis*.

Differential: *Antennaria dioica*, *Luzula spicata* and taxa of *Juniperion nanae* such as *Juniperus communis* subsp. *nana*, *Arctostaphylos uva-ursi* and *Cotoneaster integerrimus*.

Taxa with mesophilic or with an hygrophilic character, common everywhere else, are rare or absent such as *Persicaria bistorta*, *Luzula multiflora*, *Potentilla aurea*, *Poa chaixii*, *Hyperichum maculatum*...

Lectotypus of the suballiance: *Pulsatilla vernalis-Genistetum* Quézel & Rioux 1954, given in Schaminée et al. (1993).

**9 - *Jasione laevis-Callunetum vulgaris*** R. Michalet & Philippe ex Thébaud et al. 2014; Table 2, n° 9.

Material: 26 relevés including 15 from Michalet & Philippe (1996), 3 ined. from Roux (2017), 1 Bernard (in Roux 2017), 4 ined. from Thébaud (2014 to 2017), 1 ined. de Billy, 1 de Delpech & Mollet (2008), 1 de Braun-Blanquet (1926).

Lectotypus designated by Thébaud et al. (2014) in Michalet & Philippe (1996).

These are open dwarf-heath with *Calluna* or dwarf *Juniperus* with *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus* and *Genista pilosa*, paucispecific. Its species combination is as follows: it has few differentials compared to other communities:

Characteristic: *Jasione laevis*, *Juniperus communis* subsp. *nana*, *Pulsatilla alpina* subsp. *alba* (27) (= *Anemone scherfelii*);

Differential: *Calluna vulgaris*, *Alchemilla saxatilis*;

*Phyteuma hemisphaericum* (21,5), *Deschampsia flexuosa*, *Gentiana lutea*, *Scorzoneroidea pyrenaica*, *Alchemilla transiens* and *Carex caryophyllea* are constant or frequent.

This plant association is xerophilous, oligotrophilous and cryophilous on volcanic rocks under an oceanic climate watered in spring and summer. It is localized on dry and windy summits and high slopes of the upper subalpine belt of monts Dore. It is more rarely present in other volcanic mountains of the Massif central: Cantal and Mézenc (subassociation *juniperetosum nanae*), puy de Dôme, in intermediate or impoverished forms. It corresponds to an edaphoxerophilous permaseries.

Several subassociations have been described:

**9.1. *juniperetosum nanae*** R. Michalet & Philippe ex Thébaud et al. 2014 with *Juniperus communis* subsp. *nana*; particularly impoverished dwarf juniper, present mainly on acid lava and phonolith in the monts Dore, the monts du Cantal (Griou...; Photo 9), more rarely in the mont Mézenc;

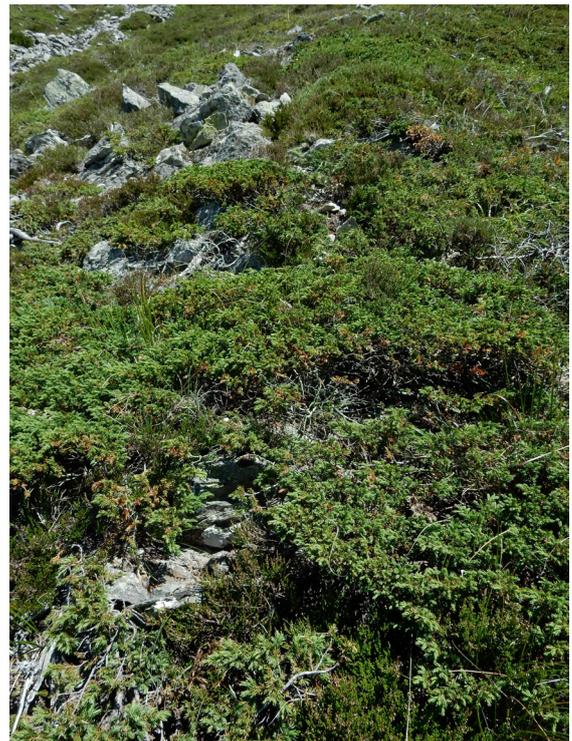


Photo 9 - *Jasione laevis-Callunetum vulgaris juniperetosum nanae*, Puy Griou, monts du Cantal (rel. 1982GT).

**9.2. *typicum*** (= *trifolietosum alpini* R. Michalet & Philippe 1995), present in monts Dore. The subassociation *vaccinietosum uliginosi* R. Michalet & Philippe ex Thébaud et al. 2014 is poorly individualized by our analyses and appears mixed within the *typicum*. The subassociation *juniperetosum nanae*, due to its poor floristic level, is strongly individualized.

A relevé of Luquet (1926), under the name of «callunaie alpine» comes under this association, described in detail by Michalet & Philippe (1996). This association has an intermediate position between *Vaccinienion myrtillo-uliginosi* and *Eu-Genisto pilosae-Vaccinienion*.

**10 - *Pulsatilla vernalis-Cytisetum decumbentis*** Quézel & Rioux 1954 nom. mut. nov. hoc loco. Table 2, n° 10 and table 8.

Material: 38 relevés including 5 from Quézel & Rioux (1954), 1 from Braun-Blanquet (1926), 2 from Michalet & Philippe (1996), 29 unpubl. from Thébaud, 1 unpubl. from Roux.

Lectotypus of the association and of *typicum* designated by Schaminée et al. (1993): rel. 1 of table 2 p. 44 in Braun-Blanquet, 1926 (= rel. 227 tab. 5);

**Holotypus of *scabiosetosum columbariae hoc loco*: n° 523 tab. 6.**

The typical plant association has the appearance of an open, shaved dwarf-heath, with dominant *Genista pilosa* and *Vaccinium uliginosum* with cryptogams and more rarely with *Juniperus communis* subsp. *nana* and *Arctostaphylos uva-ursi*. Its species combination is as follows:

Characteristic: *Cytisus decumbens* (31.1), *Silene ciliata* (43.5), *Pedicularis comosa* (49.3), *Pulsatilla vernalis* (30), *Scabiosa columbaria* var. *spretta* Jord. (51.2), *Androsace halleri* (34.3);

Differential: *Calluna vulgaris*, *Pulsatilla alpina* subsp. *apiifolia*,

*Festuca arvernensis* subsp. *costei* (48.2), *Hieracium glaucinum*;

Presence of cryptogams: *Cetraria islandica*, *C. cuculata*, *Cladonia rangiferina*, *Polytrichastrum alpinum*, *Polytrichum piliferum*, *Rhytidium rugosum*.

It is a cryo-anemophilous and xerophilous community that takes place on volcanic rocks, trachyandesite or basalt, in an oceanic climate context with marked spring and summer rainfall. It constitutes an endemic community of the subalpine belt of monts du Cantal where it is mainly represented in Plomb du Cantal range. It is an edaphoxerophilous permaseries.

Two subassociations stand out:

**10.1. *typicum* subass. nov. hoc loco**: upper subalpine belt; includes a cryo-anemophilous variant with *Androsace halleri* with abundant *Luzula spicata* and *Antennaria dioica*, on rocky convexities, richer



Photo 10 - *Pulsatillo vernalis*-*Cytisetum decumbentis* of monts du Cantal: typical subassociation (rel. 2442GT, north of col de Chèvre).

in herbaceous plants (Photo 10).

**10.2. *scabietosum columbariae* subass. nov. hoc loco** differentiated by *Scabiosa columbaria*, *Festuca paniculata* subsp. *paniculata*, *Dianthus hyssopifolius* subsp. *hyssopifolius*, *Hieracium pilosella*; depleted in cryophilous as *Phyteuma hemisphaericum*, *Agrostis rupestris*, *Pedicularis comosa*, localized in the summits of warm and sunny slopes or in the lower subalpine belt (Photo 11). Contains a variant with *Potentilla erecta*, enriched with oligotrophilous lown plants and a typical variant, more thermophilous which presents a facies with *Arctostaphylos uva-ursi*.

These two subassociations show a lot of differences between them, which was confirmed by the statistical analyses. The *scabietosum* subassociation is similar to the more thermophilous heathlands of the montane belt.

Braun-Blanquet (1926) made a relevé of this association under the name of «association with *Genista pilosa* and *Calluna*» nom. ambig.; Quézel & Rioux (1954) described it in detail and named it *Genisteto-Pulsatilletum vernalis*.

This last valid name was chosen by Schaminée et al. (1993) to replace the ambiguous name «Association with *Genista pilosa* and

*Calluna* Braun-Blanq. 1926» nom. ambig. given by Braun-Blanquet; these authors have reversed it (nom. invers. art. 10b and 42) in the form of «*Pulsatillo vernalis*-*Genistetum*». Although not using a specific epithet in the first name of the plant association, Quézel & Rioux quote «*Genista pedunculata* L'Herit.» (p. 369) as an elective characteristic of the association. This taxon, synonymous of *Cytisus decumbens* (Durande) Spach (taxon accepted in *Flora gallica*, the plant list, POWO, IPNI) is present in the *typus* of the association. On the one hand in the name given here the specific epithet is therefore added (rec. 10c) and on the other hand it is replaced by the valid name accepted today (nom. mut. mov. Art. 45) under the name «*Pulsatillo vernalis*-*Cytisetum decumbentis* Quézel & Rioux 1954 nom. mut. nov.».

It represents the southern vicariant of *Jasione laevis*-*Callunetum*



Photo 11 - *Pulsatillo vernalis*-*Cytisetum decumbentis* subassociation *scabietosum columbariae* (rel. 1903GT Brèche d'Enfloquet).

Michalet & Philippe 1996 of monts Dore.

**11 - *Biscutello arvernensis*-*Arctostaphyletum uvae-ursi* ass. nov. hoc loco**; table 2, n° 11 and table 7.

Material: 23 relevés including 7 from Schaminée & Hennekens (in Thébaud 1988), 2 from Lemée (1953), 4 from Thébaud & Roux (2017), 2 from Thébaud (2019), 2 from Delpéch & Mollet (2008), 6 ined. from Delpéch (1980).

**Holotypus of association hoc loco**: rel. 1 tab. p. 68 (= rel. 746 tab. 7) in Lemée [1953: Observations sur la végétation actuelle et son évolution postglaciaire dans le massif du Mézenc. in 80<sup>e</sup> session extraordinaire (1952) dans les Cévennes et dans les Causses. *Bull. Soc. Bot. France* 100(10)];

**Holotypus of anemonetosum nemorosae**: rel.19 tab. 1 p. 40 à 42 in Delpéch & Mollet (2008, essai de typification de quelques végétations landicoles du Vivarais (Ardèche, France). *Acta Bot.*

*Gallica*, 155(1) (= rel. 883 tab. 7).

Its physiognomy is that of a very short, shaved dwarf-heath with *Juniperus communis* subsp. *nana* and *Arctostaphylos uva-ursi* or *Calluna* or more rarely *Vaccinium uliginosum* (Photos 12 & 13). Its species combination is as follows:

Characteristic: *Arctostaphylos uva-ursi* (55.1), *Juniperus communis* subsp. *nana* (42.1), *Cotoneaster integerrimus*, *Pulsatilla vernalis* (74.1), *Biscutella arvernensis* (50.8) and *Agrostis marysae-tortiae*;

Differential: *Calluna vulgaris*, *Festuca nigrescens* subsp. *microphylla*;

*Phyteuma hemisphaericum*, *Meum athamanticum*, *Arnica montana*, *Carex caryophyllea*, *Cetraria islandica*, *Cladonia furcata* are constant or frequent.

The association is cryoxerophilous and cryo-anemophilous on windy summits, mainly above 1600 m, on volcanic rock, phonolith, trachyte. It develops in the upper subalpine belt of the mont Mézenc, of which it is endemic, in the context of a subcontinental climate in internal area of the Massif central, with strong thermal contrasts and deficit of precipitation. It is a



Photos 12 & 13 - *Biscutello arvernensis*-*Arctostaphyletum uvae-ursi* of mont Mézenc ; above: northeast slope under the summit ; below : rel. 2312GT, Roche Chaulet.

subalpine climatoxerophilous permaseries of windy summits and slopes.

Several sub-units are differentiated:

**11.1. *typicum***, with *Biscutella arvernensis*, *Antennaria dioica*,

*Agrostis rupestris*, on snow-cleared and windy summits, of the upper subalpine, especially around the top of Mézenc; prone to wind erosion;

**11.2. *anemonetosum nemorosae*** Thébaud and C. Roux *subass. nov. hoc loco*, differentiated by *Anemone nemorosa*, *Scorzoneroides pyrenaica*, *Potentilla erecta*, depleted in cryophilous, on poorly exposed high slopes where snow remains longer;

**11.3. *poor sub-unit***, more thermophilous and lower altitude than the type, on rocks or large boulder scree; it is located on neighboring summits of mont Mézenc (Taupernas Photo 14), Montfol, etc.) with an intermediate floristic composition with *Centaureo pectinatae*-*Juniperetum nanae*, dominated by



Photo 14 - *Biscutello arvernensis*-*Arctostaphyletum uvae-ursi* poor sub-unit, rel. 2302 GT; Suc de Taupernas.

*Arctostaphylos uva-ursi*, differentiated by *Festuca paniculata* subsp. *paniculata*, *Cotoneaster integerrimus*, *Calamagrostis arundinacea*.

This plant community was initially described by means of two relevés by Lemée (1953), and by Delpech & Mollet (2008). These three authors linked it to an association of Pyrénées (= *Genisto purgantis*-*Arctostaphyletum uvae-ursi sensu auct. non Braun-Blanq., G.Sissingh & Vlieger 1939*). Schaminée et al. (1993) affiliated their Mézenc relevés with the the previous association (*Pulsatillo vernalis*-*Genistetum sensu Schaminée et al. (1993) non Quézel & Rioux 1954*). Our study shows, on the contrary, the originality of this plant association. These last two association names are pseudonyms and a new association is published here (art. 39c). Its name is formed from the taxon «*Biscutella arvernensis* Jord.», which is valid and accepted (*Flora gallica*, the plant list, POWO, IPNI). It corresponds to the «*Anemone vernalis*-*Calluna*-groupement» by Choisnet & Mulot (2008).

**12- *Centaureo pectinatae*-*Juniperetum nanae*** Choisnet & Mulot *ass. nov. hoc loco*; table 2, n° 12 and table 8.

Material: 26 records including 25 from the National Botanical Conservatory of the Massif Central (16 from Bertran, 2 from Choisnet, 2 from Ménard, 4 from Mulot, 1 from Seytre) and 1 from Delpech & Mollet (2008).

**Holotypus of the association *hoc loco***: n° 7528 tab. 8 (= 518066 CBNMC).

**Holotypus of *vaccinietosum uliginosi hoc loco***: n° 7515 tab. 8 (= 518126 CBNMC).

Its physiognomy is that of chamephytic heathland with

scattered small shrubs, dominated by *Juniperus communis* subsp. *nana*, *Calluna vulgaris* and *Arctostaphylos uva-ursi*. Its species combination is as follows:

Characteristic: *Centaurea pectinata* (64.8) (Photo 15), *Sorbus mougeotii* (52.9), *Juniperus communis* subsp. *nana* (47.7), *Cotoneaster integerrimus* (53.5), *Arctostaphylos uva-ursi* (56.4);

Differential: *Calamagrostis arundinacea* (36.3), *Lilium martagon*, *Rosa pendulina* (34.9), *Polygonatum odoratum*;



Photo 15 - *Centaurea pectinata* L., eastern side of Taupernas.

Subalpine cryophilous taxa are rare; presence of forest edge and hem taxa.

This plant association is located in sunny biotopes, sheltered from the winds, often not far from the upper forest edge, in the upper montane and subalpine belts of the massif du Mézenc (Photo 16), on phonolith, between 1300 and 1700 m. The floristic composition marked by a few mesophilous mesotrophilous taxa of *Mulgedio-Aconitetea* seems to reflect a certain snow cover. It can correspond to an edaphophilous permaseries or be part of a



Photo 16 - *Centaureo pectinatae-Juniperetum nanae* rel. 2303GT in mountain of Mézenc, Suc de Taupernas.

curtaseries, in more or less pronounced dynamics with shrubby coats.

Two subassociations are described:

**12.1. *vaccinietosum uliginosi* subass. nov.** Choisnet & Mulot, more cryophilous than the type; located on the slopes in favorable exposures of the subalpine belt, between 1500 and 1740 m.

**12.2. *typicum* subass. nov.** Choisnet & Mulot: grows on the upper mountain level between 1300 and 1500 m; it includes a very poor variant on boulder scree.

This plant association was initially described by Choisnet & Mulot (2008) under the names "*Cotoneaster integerrimus-*

*Juniperus sibirica*-Groupement" (= *vaccinietosum uliginosi*) and "Arctostaphylos-Juniperus sibirica-Groupement" (= *typicum*). The name of the association is formed from the taxa «*Centaurea pectinata* L.» (accepted in *Flora gallica*, the plant list, POWO, IPNI) and «*Juniperus communis* subsp. *nana* (Hook) Syme» [= *Juniperus nana* Willd., accepted in *Flora gallica* and Taxref V. 14 (Gargominy et al. 2020)].

**13 - *Phyteumo hemisphaerici-Callunetum vulgaris*** (Braun-Blanq. 1953) ass. nov. hoc loco; table 2, n° 13 and table 9.

Material: 32 relevés including 24 unpubl. by Thébaud and 8 unpubl. by Roux.

**Holotypus hoc loco: rel. n° 627 tab. 9.**

Its physiognomy is that of a very short, shaved, often open, dwarf-earth (boulders, wind or agro-pastoral erosion...), mainly dominated by *Calluna vulgaris* and *Vaccinium uliginosum*, more rarely by *Genista pilosa* or *Juncus trifidus*. It is paucispecific. Its species combination is as follows:

Characteristic: *Juncus trifidus* (45.7), *Hieracium schmidtii* (72.8), *Festuca airoides* (49.3), *Sesamoides pygmaea* (32.5), *Phyteuma hemisphaericum* (opt.), *Calluna vulgaris* (opt.);

Differential: *Antennaria dioica* (41.2), *Plantago holosteam* (35.3), *Vaccinium vitis-idaea*, *Calluna vulgaris*, *Juniperus communis* subsp. *nana*;

Lacking the procession of mesophilous and mesotrophilous taxa like *Gentiana lutea*, *Meum athamanticum*, *Persicaria bistorta*, etc.

The association is cryo-anemophilous, oligotrophilous, xerophilous, and grows on crystalline rock on the high slopes and summits of mont Lozère and mont Aigoual. It is marked by the summer drought of the Mediterranean climatic and has a clear antheromeric character, resulting from old intensive sheep overgrazing ("drailles" and "transhumance"). It is an endemic plant association of Cévennes, a subalpine climatophilous permaseries of this region.

It has three variants:



Photo 17 - *Phyteumo hemisphaerici-Callunetum* variant with *Juncus trifidus* (near rel. 600CR, pic de la Fageolle, mont Aigoual).

**13.1. with *Juncus trifidus***, cryo-anemophilous, present in mont Lozère and mont Aigoual (Photo 17);

**13.2. with *Sesamoides pygmaea***, on flat, eroded and windy tops, with sandy accumulation, paucispecific; it presents a strong floristic individuality (Photo 18).



Photo 18 - *Phyteumo hemisphaerici-Callunetum vulgaris* eroded v. with *Sesamoides pygmaea* (rel. 2624GT, mont Lozère, around grand Clapier).

### 13.3. typical, in the form of *calluna-Vaccinium* heath, on summits



Photo 19 - *Phyteumo hemisphaerici-Callunetum typical* v. (rel. 2610GT, mont Lozère, summit of Finiels).

and high slopes; it can be more or less enriched in herbaceous taxa of *Nardetalia* (Photo 19).

It has been described under the name of «lande primitive» at Mont Lozère by one relevé of Braun-Blanquet (1953).

### 14 - *Vaccinio vitis idaeae-Genistetum pilosae* ass. nov. *hoc loco*. Table 2, n° 14 and table 10.

Material: 56 relevés including 16 unpubl. from Thébaud (2002 to 2018), 13 unpubl. from Roux (2019), 6 from Thébaud (1988), 6 from Barret & Kluszczewski (2006), 6 by de Foucault (2017), 3 by Delpech & Mollet (2008), 2 unpubl. from Delpech & Mollet (1979), 3 unpubl. from Billy, 1 from Braun (1915).

**Holotypus of association and subassociation *typicum hoc loco*:** rel. 975 table 10;

**Holotypus of subassociation *cytisetosum oreomediterranei*:** rel. 3 table 9 p. 352 in B. Foucault [2017, données phytosociologiques nouvelles sur la végétation des Cévennes occidentales (Lozère) et

du Haut-Languedoc (département de l'Hérault). *Bull. Soc. Bot. du Centre-Ouest N.S.* 48];

**Holotypus *hoc loco* of subassociation *meetosum*:** rel. 599 table 10.

The physiognomy of this plant association is that of a paucispecific heathland dominated by *Calluna vulgaris*, *Genista pilosa* or *Vaccinium myrtillus*, with sometime *V. vitis-idaea* and *Genista anglica*. Its species combination is as follows:

Characteristic: *Vaccinium vitis idaea* (33.4), *Galium saxatile*, *Alchemilla saxatilis*, *Hypochaeris maculata* (11.7), *Diphasiastrum tristachyum* (20);

Differential: *Nardus stricta*, *Genista anglica* (24.6), *Festuca airoides*, *Luzula campestris* (24.6), *Cytisus oromediterraneus* (20.6), *Jacobaea adonidifolia*;

*Deschampsia flexuosa*, *Calluna vulgaris*, *Genista pilosa* and *Vaccinium myrtillus* are constant or very frequent;

Many subalpine orophytes are missing, as well as low-altitude thermophilous taxa and mesophilous ones abundant in the heathlands of the northern Massif central, *Gentiana lutea*, *Persicaria bistorta*, *Anemone nemorosa*.

It is oligotrophilous, mesophilous or mesoxerophilous, tends to thermophilous and is localized on crystalline rock. It develops under a climate of hot summers and a lack of summer rainfall, in the middle montane and upper montane belts, mainly in the southern and central eastern area of the Massif central: south of Margeride, Cévennes, mont Lozère, monts d'Ardèche, mont Aigoual; it reaches the warm slopes of the lower subalpine of mont Lozère and exists in intermediate forms in the north of the Massif central, in a subcontinental sheltered climate. The association belongs to acidiphilous climatophilous dynamic series of montane belt including beech forest (*Deschampsio-Fagetum* Lemée, = *Solidago virgaureae-Deschampsietum flexuosae* Renaux et al. 2019) preceded by transient stages of *Pinus sylvestris* (*Teucrio scorodoniae-Pinetum sylvestris* Billy ex Thébaud et al. 2014...).

Three subassociations are differentiated:

**14.1. *cytisetosum oreomediterranei*** (B. Foucault) *stat. nov.* and *comb. nov. hoc loco* [*sub Cytiso oreomediterranei-Vaccinietum myrtilli*, from de Foucault (2017) p. 339 et tab. 9 p. 352 : données phytosociologiques nouvelles sur la végétation des Cévennes occidentales (Lozère) et du Haut-Languedoc (département de l'Hérault). *Bull. Soc. Bot. du Centre-Ouest N.S.* 48]; differentials taxa are *Cytisus oromediterraneus* and *Jacobaea adonidifolia*; it is more xerothermophilous and localized in the middle to upper mountane level of the Cévennes, south of Margeride, Tanargue, and the monts d'Ardèche (Photo 20). It is made up of three very distinct variants: a typical variant, acidiphilous, a variant with *Galium verum*, *Genista sagittalis*, *Sorbus aria*, topothermophilous and less acidiphilous, often on rock richer in bases, gneiss, volcanic rocks, present on the slopes at favorable exposure of Tanargue and mont Lozère. A third variant, more oligotrophilous and impoverished, without *Vaccinium vitis-idaea* can be distinguished in monts d'Ardèche (Choisnet & Mulet 2008), not presented here.



Photo 20 - *Vaccinio vitis-idaeae-Genistetum pilosae* subassociation *cytisetosum oromediterranei*, Signal de Randon, Margeride.

**14.2. *typicum*** *subass. nov. hoc loco*, paucispecific with *Vaccinium vitis-idaea*, *Pinus sylvestris*, *Campanula rotundifolia*; mesophilous taxa are missing; the most oligotrophilous taxa of *Nardetalia* are well represented; on flat or low slopes, edaphomesophilous and climatoxerophilous, oligotrophilous, on crystalline rock, in the upper montane belt of Margeride (Photo 21) and mont Lozère; also present in the south-east of the monts du Forez in a sheltered climate. Two variants can be distinguished: a variant with *Potentilla erecta* enriched in taxa of the *nardetalia*, more



Photo 21 - *Vaccinio vitis-idaeae-Genistetum pilosae typicum*, rel. 594CR, Truc de Fortunio Margeride.

grazed, and a typical variant.

**14.3. *meetosum athamantici*** *subass. nov. hoc loco*, richer in species, *Meum athamanticum*, *Persicaria bistorta*, *Achillea millefolium*, *Poa chaixii*, *Dianthus seguieri* and poor lawn species; blueberries are often dominating; confined to deep soils, often



Photo 22 - *Vaccinio vitis-idaeae-Genistetum pilosae* subassociation *meetosum athamantici*, cirque at the west of Signal des Laubies, rel. 2619GT, mont Lozère.

linked to a topography favoring a longer snowfall; it is present on the upper montane and lower subalpine belts in Margeride, Cévennes, mont Lozère (Photo 22), Aigoual, Tanargue. Two variants are distinguished, a typical variant and a more mesoxerophilous variant.

The *cytisetosum oromediterranei* subassociation is resulting here from a downgrading of the *Cytiso oromediterranei-Vaccinietum myrtilli* B. Foucault 2017 (art. 27c *stat. nov.*) into a subassociation, then from its recombination (art. 26. *comb. nov.*) into *Vaccinio vitis-idaeae-Genistetum pilosae*. This subassociation includes the “*Leontodon pyrenaicus-Vaccinium myrtillus-Groupement*” from Choisnet & Mulot (2008), the “blueberry heathland” from Barret & Kleszczewski (2006). The *typicum* subassociation includes the «*Diphasiastrum* community» described in crystalline Aubrac by de Foucault (1987).

**Communities of alliance *Diantho hyssopifolii-Vaccinion myrtilli*** Boulet et al. *ad interim*. (class *Calluno vulgaris-Ulicetea minoris* Braun-Blanq. & Tüxen ex Klika in Klika & Hadač 1944; Order *Vaccinio myrtilli-Genistetalia pilosae* Schubert ex Passarge 1964).

Communities with a mesoxerophilous character, more thermophilous than all the previous communities here described and at lower altitude up to montane belt. It includes acidiphilous communities or with neutrophilous character. The alliance is centered on south-western Europe, present to the Pyrénées and the Massif central.

Its characteristic plants are *Jacobaea adonidifolia* and *Dianthus hyssopifolius* subsp. *hyssopifolius*, thermophilous orophytes of southern Europe. These communities are differentiated from other alliances of the Class by mesoxerophilous taxa of *Festuco-Brometea*, *Achillea millefolium*, *Genista sagittalis*, *Galium verum*, *Thymus pulegioides*, *Hieracium pilosella*, *Helianthemum nummularium* and *Brachypodium rupestre*. In addition, compared to *Genisto pilosae-*

Vaccinon, many orophytes are missing. From *Calluno vulgaris-Genistion pilosae* P.Duvign. 1945, alliance of lower altitude, orophytes as *Centaurea nigra*, *Jasione laevis* occur. For a more complete diagnosis and validation of the alliance see Boulet et al. (forthcoming).

**15 - *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli*** R.Michalet, Coquillard & Gueugnot 1989. Table 2, n° 15.

Material: 71 relevés including 39 from Michalet et al. (1989), 17.unpubl. from Roux (2017), 8 unpubl. from Billy, 2 from Doche (1986), 1 from Braun (1915), 1 from Roux (2019), 1 unpubl. from Thébaud (2018), 1 from Delpech & Mollet (2008), 1 from Thébaud (1988).

Holotypus in Michalet et al., 1989.

Lectotypus of the *festucetosum filiformis* subassociation in Thébaud et al. 2014.

Its physiognomy is that of a grassy heathland, rich in species. Its species combination is as follows:

Characteristic: *Ranunculus tuberosus* (42), *Viola canina* (44), *Stellaria graminea* (38.7), *Avenula pratensis* (60.2);

Differential: *Brachypodium pinnatum* coll. (47.7), *Genista sagittalis*, *Galium verum* (55.7), *Achillea millefolium* (46.1), *Stachys officinalis* (36), *Lathyrus linifolius* subsp. *montanus* (37.8), *Festuca lemanii*, *Centaurea jacea* (45.6), *Pimpinella saxifraga* (33.7).

This plant association is mesoxerophilous, oligomesotrophilous and tends to neutrophilous, mainly on volcanic rocks, slag and unconsolidated trachyandesitic, trachytic or basaltic covers. It develops in the middle montane level of chaîne des Puys, monts Dore, monts d'Aubrac. Also exists in monts d'Ardèche (Choisnet & Mulot 2008), in basaltic Velay, in monts du Forez (Pierre Bazanne) or mont Aigoual, on volcanic rocks, schists or mica schists. In chaîne des Puys, Roux (2017) has shown that it enters



Photo 23 - *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli*, Clierzou (chaîne des Puys), in dynamic succession towards the beech forest *Luzulo sylvaticae-Fagetum*.

a climatophilous dynamic series leading to a slightly acidiphilous beech forest (*Luzulo sylvaticae-Fagetum sylvaticae* Cusset 1963; Photo 23).

Four subassociations have been described by Michalet et al. (1989):

**15.1. *festucetosum filiformis*** R. Michalet et al. ex Thébaud et al. 2014 (? = «xero-acidiphile» Michalet et al. 1989), impoverished, chaîne des Puys, Aubrac, basaltic Velay, monts Dore;

**15.2. *typicum*** R. Michalet et al. 1989 (= *salicetosum capreolae*



Photo 24 - *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli* typicum, north slope of the puy de Dôme.

Michalet et al., 1989) (Photo 24);

**15.3. *nardetosum strictae*** R. Michalet et al. 1989 with *Hieracium pilosella*, *Danthonia decumbens*, *Nardus stricta*, in a context of overgrazing.

**15.4. *dianthetosum monspessulani*** R. Michalet et al. 1989, mesophilous and mesotrophilous, concavities on the ubacs of the cones of chaîne des Puys.

The *senecietosum adonidifolii* subassociation is elevated here to association status under the name *Teucrio scorodoniae-Callunetum vulgaris* stat nov. (see below, ass. 16). The subassociation *vaccinietosum uliginosi* Michalet & Philippe 1996 was recombined under the name *Vaccinietum uliginoso-myrtilli* *vaccinietosum myrtilli* by Thébaud et al. (2014), then here under the name *Allio victorialis-Vaccinietum myrtilli* *vaccinietosum uliginosi* (comb. nov.).

**16 - *Teucrio scorodoniae-Callunetum vulgaris*** (R. Michalet, Coquillard & Gueugnot) stat. nov. hoc loco [sub. «*Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli* *senecietosum adonidifolii*»: Michalet et al. 1989: landes et herbages des édifices volcaniques de la chaîne des Puys (Massif central français). I-Synsystème, Coll. Phytosoc. XVI, Paris 1988: holotypus rel. 58 tabl. 1p 664]. Table 2, n° 16 and table 11.

Material: 35 relevés including 12 from Roux (2017), 12 unpubl. from Billy, 10 from Michalet et al. (1989), 1 unpubl. by Thébaud (2015).

**Holotypus subassociation *juniperetosum communis* hoc loco: rel. 827 tab. 11 hoc loco**, (= rel. H472 tab. XI, manuscripts of F. Billy).

This plant association appears as paucispecific heathland dominated by *Calluna* or less often by *Vaccinium myrtillus*, with the presence of phanerophytes or nanophanerophytes and hem plants. Its species combination is as follows:

Characteristic: *Teucrium scorodonia* (64.2), *Jacobaea adonidifolia* (16.2), *Cytisus scoparius* (47.7), *Calluna vulgaris* (opt.);

Differential: *Pinus sylvestris* (27.7), *Sorbus aria* (20.5), *Betula pendula*, *Corylus avellana* (42.7), *Brachypodium pinnatum* coll. (*Brachypodium rupestre* subsp. *rupestre*) (29), *Festuca filiformis* (19), *F. ovina* subsp. *guestfalica*, *Digitalis purpurea* (26).

It is xerophilous, acidiphilous and tends to thermophilous, often around rocky outcrops and ridges of trachytic domes or crystalline rocks. It develops mainly from the submontane belt to the middle montane belt, everywhere in Massif central but especially in the northeastern area, under an attenuated oceanic to subcontinental climate: chaîne des Puys and surrounding crystalline plateaus in a sheltered climate, as far as Haut-Allier and Nord-Margeride, Livradois-Forez, Meygal and low area of Mézenc; it is present as far as the Lacaune mountains. The presence of deciduous trees could suggest a fleeting stage of recolonization; in reality these dense, very xeric heathlands can represent slow dynamic steps towards a stationary pine forest; according to Roux (2017), in chaîne des Puys, they are a stage in an edaphoxerophilous series leading to the pine forest of *Teucro scorodoniae-Pinetum sylvestris vaccinietosum myrtilli* Billy ex Thébaud et al. 2014. But it probably fits into the composition of other dynamic mountain series.

Two subassociations are defined:

**16.1. typicum**, very well differentiated by montane orophytes, *Vaccinium myrtillus*, *Sorbus aucuparia*, *Rubus idaeus*, *Dianthus hyssopifolius* and by *Corylus avellana*, *Solidago virgaurea* subsp. *virgaurea*, *Potentilla erecta*. These are dominated by *Calluna* and *Genista pilosa*, taking place in the montane belt, in transition towards the edge communities, on thin soils and acid rocks, trachytes or granites. We can distinguish a typical variant (16.1.1) enriched with hem plants and *Nardetalia* taxa, on the trachytic domes of chaîne des Puys, a depleted variant (16.1.2; Photo 24 & 25), where blueberries can be abundant, on granite and trachyte. Michalet et al. (1989) also mentioned this depleted variant with



Photo 24 - *Teucro scorodoniae-Callunetum vulgaris typicum*, on trachytic rocks of Grand Sarcoui, chaîne des Puys.

a very dense low woody cover. A third variant with *Cotoneaster integerrimus* (grouped with 16.1.2 in tab. 2) is present only on the puy de Dôme. The whole is relatively heterogeneous.

**16.2. juniperetosum communis** with *Juniperus communis* subsp. *communis*, *Genista sagittalis*, *Cytisus oromediterraneus*, *Silene nutans*, taxa of *Sedo-Scleranthetea*; more thermophilous because at lower altitudes, and very xerophilous, developed in the upper hill or submontane belt, on crystalline base. It is impoverished in montane orophytes compared to the previous subassociation. Its relationship with lower elevation heathlands of *Calluno-Genistion* and with *Festuco filiformis-Callunetum* R.Michalet et al. are to be deepened.



Photo 25 - *Teucro scorodoniae-Callunetum vulgaris typicum*, on trachytic rocks of Petit Suchet, chaîne des Puys.

The *typicum* subassociation corresponds to *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli senecietosum adonidifolii* R. Michalet et al. 1989a which is here reclassified to the status of association (art. 27d, *stat. nov.*), in agreement with the authors who underlined its strong floristic individuality. It includes the “*Senecio adonidifolius-Vaccinium myrtillus-Groupement*” Choynet & Mulot 2008 *pp.* A relevé of Braun (1915), carried out at mont Aigoual, under the name of *Genista pilosae-Callunetum vulgaris* Braun-Blanq. 1915 (*nom. amb.* art. 36) belongs to this association.

**17- *Euphorbia hyberna-Calluna vulgaris*** community (Doche 1986). Tableau 2, n°17.

Material: 8 relevés including 7 from Doche (1986) and 1 unpubl. from F. Billy.

It is a heathland dominated by *Calluna* or *Vaccinium myrtillus*, hemmed and penetrated by shrubs, with *Euphorbia hyberna*, paucispecific. Its species combination is as follows:

Characteristic: *Euphorbia hyberna* (58.4);

Differential: *Fagus sylvatica* (59.9), *Sorbus aria* (41.2), *Campanula scheuchzeri* (30.3) *Genista anglica* (53.7), *Galium verum* (48.4), *Poa pratensis* (51.1);

Absence of common subalpin plants like *Vaccinium uliginosum*, *Scorzoneroideis pyrenaica*.

It is a mesophilous with a neutrophilous tendency, on basalt, between 1150 and 1430 m, under an oceanic climate, on the montane belt in Aubrac, on basaltic rocks. It occurs also west of monts Dore and it can be looked for in the west of monts du Cantal; It is part of a dynamic climatophilous series of atlantic montane belt, step leading to the neutrophilous beech forest (*Euphorbia hybernae-Fagetum sylvaticae* Billy ex Thébaud et al. 2014) studied by Doche (1986).

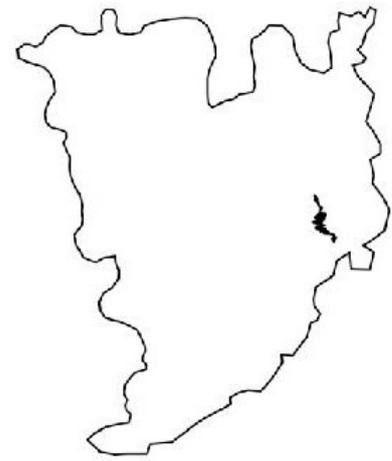
This community results from Doche surveys, established in a dynamic study perspective; it needs to be deepened in particular in its relations with the other heathlands described in western volcanic mountains such as *Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli* of which it may represent a depleted and hemmed stage.



*Jasiono laevis-Callunetum vulgaris*



*Pulsatillo vernalis-Cytisetum decumbentis*



*Biscutello arvernensis-Arctostaphyletum uvae-ursi*



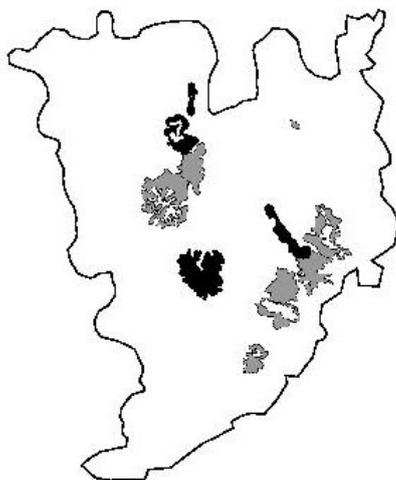
*Centaureo pectinatae-Juniperetum nanae*



*Phyteumo hemisphaerici-Callunetum vulgaris*



*Vaccinio vitis-idaeae-Genistetum pilosae*



*Galio saxatilis-Vaccinietum myrtilli*



*Teucrio scorodoniae-Callunetum vulgaris*

Figure 11b - Distribution of heathland associations in the mountains of the French Massif central (continued). For the boundaries, refer to figure 1. In black, the main presence; in gray: occasional or probable presence.

## Discussion and conclusions

### General syntaxonomic aspects

The heathlands of the French Massif central are classified in several phytosociological units. Outside the Atlantic domain, where they belong to the class *Calluno vulgaris-Ulicetea minoris* Braun-Blanq. & Tüxen ex Klika & Hadač 1944, they mainly belong to *Genisto pilosae-Callunetea vulgaris* Boulet, Choisnet & Thébaud *ad interim*, that includes subatlantic to subcontinental communities. In the mountains of Auvergne, Braun-Blanquet (1926), defined an alliance of subatlantic distribution, dedicated to the western mountains, *Genisto pilosae-Vaccinion* Braun-Blanq. 1926, which he describes as vicariant of *Rhododendro-Vaccinion* present further east in the Alps. This alliance has since been accepted and taken up by all authors until the most recent (Michalet & Philippe 1996; Bardat et al. 2004; Thébaud et al. 2014; Mucina et al. 2016). Schaminée et al. (1993) subdivided *Genisto pilosae-Vaccinion* into two suballiances, the *Phyteumo hemisphaerici-Vaccinienion*, for the upper subalpine belt, above 1650 m and the *Carici piluliferae-Vaccinienion*, below this altitude, which brings together several associations from the Massif central and Vosges (Carbiener 1966). From the plains to the hilltop level in north-western Europe, the heathlands belong to a second alliance, retained in the European classification (Mucina et al. 2016), the *Calluno-Genistion pilosae* PA.Duvign. 1945 (= *Genistion tinctorio-germanicae* B. Foucault 1990 *pp nom. nud.* in the PVF1). PVF1 also cites a third alliance, more xerothermophilic and southern European, present especially in the Pyrénées, under study, called *Calluno vulgaris-Arctostaphyilion uvae-ursi* Preising 1949 *nom. nud.*

Another class cited in the Massif central, that of the arctico-alpine and subarctico-subalpine dwarf-hearth *Loiseleurio procumbentis-Vaccinietea microphylli* Egger ex R.Schub. 1960. Michalet & Philippe (1996) affects it, and the subalpine-alpine acidiphilous alliance *Loiseleurio procumbentis-Vaccinion microphylli* Braun-Blanq. in Braun-Blanq. & H. Jenny 1926, two associations of monts Dore: *Empetro hermaphroditii-Vaccinietum uliginosi* Braun-Blanq. in Braun-Blanq. & H.Jenny 1926 and *Carici vaginatae-Callunetum vulgaris* R.Michalet & Philippe 1996. In this same class is defined *Juniperion nanae* Braun-Blanq. in Braun-Blanq. et al. 1939, alliance of dry or hot asylvatic and acidic heathland present in the upper subalpine belt of the Alps and the Pyrénées. This latter is recognized in Mézenc (Lemée 1953) and in mont Lozère, by Braun-Blanquet (1953).

The plant communities that we have described in this article in the Massif central have been compared with the other French heathlands in a forthcoming publication written in collaboration within the framework of the prodrome des végétations de France (PVF2, Boulet et al.). This led us to revise the hierarchical units of the classification of montane and subalpine heathlands of the Massif central. The results confirm for the Massif central this overall classification. The presence of the *Loiseleurio procumbentis-Vaccinietea* class, is confirmed, thus underlining the climatic harshness of certain summits mainly monts Dore, but also monts

du Cantal and mont Mézenc. Our results even allow us to go further and, in relation to the declination of PVF2 in progress, to describe and validate a new alliance *Genisto pilosae-Empetrium hermaphroditii all. nov. hoc loco*, of subatlantic acidiphilic dwarf-heath of the upper subalpine level of the Massif central.

However, the presence of *Juniperion nanae* is not confirmed, due to a large number of taxa of *Genisto pilosae-Vaccinion* in the affected vegetation.

Besides, we confirm the existence of a montane xerothermic alliance, within which several associations of the Massif central can be placed. The name of *Calluno vulgaris-Arctostaphyilion uvae-ursi* not being able to be retained (Bardat et al. 2004), and *Euphorbio-Callunion vulgaris* Schubert 1960 being a continental alliance according to Mucina et al. (2016), the PVF2 proposes to create a new alliance common to the Massif central and the Pyrénées, named *Diantho hyssopifolii-Vaccinion myrtilli* Boulet et al. *ad interim*.

Our results also confirm the statistical validity of most of the plant associations previously described. Only a few subassociations, discussed in the previous section, are not. However, certain associations appear to be poor in characteristic taxa, with large overlapping ranges, sometimes making it difficult to diagnose certain relevés. This is the case of *Jasiono laevis-Callunetum vulgaris*, of the monts Dore, and associations 6, 7 and 8 of the monts du Forez (Fig. 8).

We also underline the strong individualization, within their clusters, of *Pulsatillo vernalis-Cytisetum decumbentis scabietosum* in Cantal and of *Centaureo pectinatae-Juniperetum nanae* in Ardèche, which led us to bring them closer to vegetations of other clusters (Fig. 5).

In addition, we were led to describe five new associations: *Phyteumo hemisphaerici-Callunetum vulgaris* from the upper Cévennes in mont Lozère and Aigoual, *Vaccinio vitis-idaea-Genistetum pilosae* from Margeride, Cévennes and southern Ardèche, *Biscutello arvernensis-Arctostaphyletum uvae-ursi* and *Centaureo pectinatae-Juniperetum nanae* from Mézenc, *Patzkeo paniculatae-Vaccinietum myrtilli* from subalpine warm and dry slopes from the entire Massif central. *Teucrio scorodoniae-Callunetum stat. nov.* corresponds to a subassociation raised to the rank of association. *Racomitrio lanuginosi-Empetretum nigri* Luquet 1926 is rehabilitated when the previous authors had assigned it to an association described in the Sudeten mountains.

### Subdivisions and lectotypification into *Genisto pilosae-Vaccinion* Braun-Blanq. 1926

Since the study of Schaminée & Hennekens (1992) and Schaminée et al. (1993) relating to the *Genisto pilosae-Vaccinion* of middle western European mountains, a great deal of phytosociological research has been carried out in the Massif central. Doche (1986) in Aubrac, Michalet et al. (1989) in chaîne des Puys had not been taken into account by these authors. Coquillard (1993), Michalet & Philippe (1996) in monts Dore supplemented the data with new associations of heathland. Delpech & Mollet (2008) in the Vivarais, Roux (2017) on the puy de Dôme, de Foucault (2017)

in the Cévennes, provided additional information as well as numerous unpublished relevés from Billy of Basse-Auvergne, from Choynet & Mulot (2008) of Ardèche, from Barret & Kleszczewski (2006) of Cévennes. The surveys carried out as part of this work concerning other major massifs, such as monts du Cantal, mont Lozère and mont Aigoual, Margeride, Mézenc. To carry out this study, we therefore used a much more complete sampling of the Massif central: that is, 990 relevés for all the heathlands and 675 relevés for the mountainous part, against 178 in the study by Schaminée et al. of 1993. These considerations explain that, for the Massif central, we obtained more complete results than these authors with 16 plant associations in total and more specifically 9 plant associations for *Genisto pilosae-Vaccinion*, against only 5 individualized by Schaminée et al.

Braun-Blanquet (1926) published the *Genisteto-Vaccinion* on the basis of two associations: «association à *Genista pilosa* et *Calluna*», and «association à *Vaccinium uliginosum* and *V. myrtillus*». These two syntaxons constitute the original diagnosis usually retained since as the first effective publication of the alliance (art. 1). Braun-Blanquet did not holotypify the alliance.

Schaminée et al. (1993) divide it into two suballiances. The first is the *Phyteumo hemisphaerici-Vaccinienion*, which includes the two associations of the initial Braun-Blanquet diagnosis. Thus they consider the *Phyteumo-Vaccinienion* to be the typical suballiance of the alliance. They holotypify this suballiance by the *Pulsatillo vernalis-Genistetum* Quézel & Rioux 1954, a name chosen to replace that «association with *Genista pilosa* and *Calluna*», considered as *nomen ambiguum* and to be rejected. The *Pulsatillo vernalis-Genistetum* Quézel & Rioux 1954 is thus the lectotypus of the alliance and article 24b concerning autonyms applies: the *Phyteumo hemisphaerici-Vaccinienion* Schaminée & Hennekens in Schaminée et al. 1993 becomes *Eu-Genisto-pilosae-Vaccinienion*.

The second suballiance is the *Carici piluliferae-Vaccinienion* Schaminée & Hennekens in Schaminée et al. 1993, holotypified by *Allio victorialis-Vaccinietum*, an association described later in the Forez mountains (Schaminée & Hennekens 1992).

A third suballiance is published here: the *Vaccinienion myrtillo-uliginosi suball. nov. hoc loco*, typified by association with *Vaccinium uliginosum* and *V. myrtillus* Braun-Blanquet. 1926.

On the synecological and synchorological levels, the three previous suballiances are defined as follows. *Eu-Genisto pilosae-Vaccinienion* gathers subalpine xerophilous communities of the Massif central, in transition with *Juniperion nanae*, climatoxerophilous (eg *Biscutello arvernensis-Arctostaphyletum* from Mézenc) or edaphoxerophilous (eg *Pulsatillo vernalis-Cytisetum decumbentis*). The *Carici piluliferae-Vaccinienion* Schaminée et al. 1993 is unchanged. It includes the mesophilous communities from the montane belt to the lower subalpine belt of the crystalline subatlantic middle mountains, Massif central, Vosges, Black Forest... *Vaccinienion myrtillo-uliginosi* corresponds to the mesophilous communities of the subalpine level of the Massif central on volcanic rocks, mainly in the western mountains in an Atlantic climate. In fact our results show, in addition to the differentiation by altitude, already demonstrated by Schaminée et al., an important discrimination according to humidity, a gradient

which was already clearly demonstrated by Braun-Blanquet (1926, p.46, §2) between the two initial associations of *Genisto pilosae-Vaccinion*.

### *Contribution of climatophilous heathland communities to the biogeographical and bioclimatical knowledge of the Massif central*

The discrimination of heathland vegetation of the French Massif central is primarily linked to a thermal gradient, itself a function of altitude. Communities of plains to submontane belt, are strictly followed by communities of montane belt, then communities located in the area of the upper forest edge, in 1450 and 1600 m. The most cryophilous communities are located above 1600 m, primarily in monts Dore, monts du Cantal, mont Lozère and mont Mézenc. Mont Aigoual, of lower altitude under 1565 m, is, in the lot, an exceptional figure, probably testifying to an increased wind action limiting the average summer temperature. The existence of this major cut in the subalpine belt had already been pointed out: Thébaud (1988), Thébaud et al. (1992) had deduced from it a scheme of vegetation layering on the highest mountains of the Massif central, in the form of two “sub-belts”, a lower subalpine belt and an upper subalpine one. Since these work this idea had been taken up and then integrated by several authors, Coquillard et al. 1994; Michalet & Philippe (1996). In monts Dore and monts du Cantal, this distinction is particularly evident, with a drop of 400 m; it is also, but less clearly, for Mézenc and mont Lozère. It is also compatible with the subdivisions given inside the subalpine belt by Ozenda (1985, 2002) which gives in the Alps 3 sub-belts for the subalpine along an altitudinal section of about 600 m: a lower subalpine belt, mainly formed by *Picea abies* and *Pinus uncinata* forests, a middle subalpine belt, mostly dominated by chamaephytes with specific phanerophytes such as *Pinus cembra* and *Larix decidua* and an upper belt formed by very short dwarf-heaths and more grassy communities in transition with the alpine belt. In the Massif central, none of these subalpine tree species is spontaneous, which helps to explain the presence on large areas at the top, despite modest altitudes, of numerous heathland permaseries. It is also evident that this distinction within the subalpine level of the Massif central is also due to the wind effect, very sensitive on the highest summits, in particular for the massifs subject to the atlantic influence and those close to the mediterranean: certain summits of modest altitude such as the puy de Dôme, from 1300 m (Roux 2017) or Aigoual, from 1310 m (Klewsczewski et al. 2020), which emerge only a little from the forest edge, yet shelter vegetation whose floristic composition and structure, are distinctly subalpine and asylvatic (Roux 2017; Kleszczewski et al. 2020).

The vegetation of the studied heathlands also reflects the climatic contrasts that exist within the Massif central, often highlighted by geographers and meteorologists (Estienne 1956; Suchel 1985; Etlicher 1986). But the new fact reflected in the vegetation is that this influence is also expressed on the highest summits: opposition between the mountains of the north and those of the south due to the influence of the Mediterranean climate marked by a strong summer drought; the floristic composition of the subalpine climatophilous heathlands of the south is marked by an almost complete extinction of the mesophilous or hygrophilous present in the north and, on the contrary, by many oroxerophilous taxa. This is particularly the

case with climatoxerophilous *Phyteumo hemisphaerici-Callunetum*, common to monts Lozère and Aigoual. Similarly, the existence of an «internal zone» within the Massif central (Ozenda 1985), grouping together the volcanic Velay (Mézensc...) or crystalline (south of the Margeride) corresponds to a drier subcontinental climate. This makes its effects felt as far as the subalpine vegetation where we can observe, on the massif du Mézenc, the heathlands of the Massif central that are floristically closest to the alliance of *Juniperion nanae*. Concerning the montane belt, the individualization of the climatoxerophilous association *Vaccinio vitis-idaea-Genistetum pilosae*, in the southern and central-eastern area of the Massif central, in opposition to the more northern or atlantic mountain heaths, is also, in this regard, revealing.

The biogeographic table of occurrence of plant communities (Tab. 3) highlights four major biogeographic and bioclimatic subdivisions for the highest ranges of Massif central. They partially confirm those highlighted by Thébaud & Roux (2018, Fig. 3) on the basis of ombrothermal diagrams. For each of them, the pairs of montane / subalpine climatophilous communities are differentiated below.

- Western volcanic chains under an oceanic climate (chaîne des Puys, monts Dore, Cézallier, monts du Cantal, Aubrac), with significant and well distributed rainfall, especially with high summer rainfall (> 400 mm for the localities indicated in figure 4): montane-subalpine climatophilous pair «*Galio saxatilis-Vaccinietum* / *Vaccinietum uliginoso-myrtilli*».

- North-eastern crystalline chain under an oceanic to suboceanic climate (Livradois-Forez, monts de la Madeleine, Pilat, crystalline north of Vivarais, north of the Margeride), with significant and well-distributed rainfall, also with high summer rainfall: climatophilous montane-subalpine pair «*Vaccinio myrtilli-Genistetum* / *Alchemillo saxatilis-Vaccinietum*».

- Eastern volcanic chains on phonoliths rocks with a subcontinental climate (Meygal, mont Mézenc, volcanic Vivarais) with a contrasted rainfall pattern with winter minima, lower global rainfall and clear summer deficit: mountain-subalpine climatophilous pair *Teucro scorodoniae-Callunetum typicum* (*Centaureo pectinatae-Juniperetum nanae*) / *Biscutello arvernensis-arctostaphyletum*.

- Southern crystalline chains under Mediterranean climatic influence (Cévennes, mont Lozère, mont Aigoual, south of Margeride, granitic Aubrac, south of Vivarais), with a clear summer deficit rainfall but which are the most important in the Massif central in autumn-winter (Pache et al. 1996): montane-subalpine climatophilous pair «*Vaccinio vitis-idaea-Genistetum* / *Phyteumo hemisphaerici-Callunetum*».

*Teucro scorodoniae-Callunetum* and *Galio saxatilis-Vaccinietum* are also fairly generalized plant associations in the mountain range, the first very xerophilic, especially on acid rock, granites, trachytes, phonoliths, the second on more basic rocks, basalts, trachyandesites, shale...

In conclusion, the heathlands of the Massif central are related to the great extent and the significant disparities of this mountain, especially climatic. They are good indicators, by their floristic variations which result in a large number of phytosociological units, plant associations and subassociations, well represented in the upper montane and subalpine belts. In this last belt, where chamephytes «are kings», the consequent altitudinal staggering

and the variety of topoclimatic conditions allow their optimal expression. Their great heritage interest, particularly as habitats of European interest (European directive «habitats»: n° 4030 and 4060) and their preponderant place at the heart of extensive sylvo-pastoral systems require sustained attention from natural space managers. Our contribution to the in-depth phytosociological and ecogeographical knowledge of these systems will hopefully help them in their task.

## Aknowledgment

The authors thank Augustin Chenut and Ida Delpy, bachelor's of sciences students at UCA for entering relevés, Robert Portal for verifying *Poaceae*, Christiane Chaffin for her help with the genus *Alchemilla*, Renée Skrzypczak, for identifying bryophytes, Yves Meinard and Sylvain Coq, for their help in the field, Mario Kleczewski from the Languedoc Roussillon Conservatory of Natural Areas for his reception and communication of relevés, Nicolas Guillerme for the communication of relevés from the National Botanical Conservatory of the Massif central and the two reviewers who significantly contributed to improving this article.

Table 3- Occurrence of plant associations by biogeographical groups of mountain ranges within the Massif central.

biogéographical regions/plant communities	Plateaux cristallins d'abri Artense Combrailles	Chaîne Puys Cézallier Aubrac monts Dore Cantal	Mézenc/meygal Velay basalt.	Livradois-Forez Pilat Nord Vivarais cristallin Montagne Bourbonnaise	MargerideNord	monts d'Ardeche Tarnagne Valadous margeride sud, Gardille	vallées cévenoles mont Lozère Aligoual	Haut-Languedoc
<i>Pulsatillo vernalis-Cytisetum typicum</i>	x							
<i>Pulsatillo vernalis-Cytisetum scabiosetosum</i>	x							
<i>Carici vaginatae-Callunetum genistetosum pilosae</i>		x						
<i>Carici vaginatae-Callunetum typicum</i>		x						
<i>Vaccinietum myrtillo-uliginosi trifolietosum</i>	x	x						
<i>Vaccinietum myrtillo-uliginosi festucetosum</i>	?	x						
<i>Vaccinietum myrtillo-uliginosi geranietosum</i>	?	x						
<i>Vaccinietum myrtillo-uliginosi typicum</i>	x	x						
<i>Groupement à Euphorbia hyberna et Calluna</i>	(x)	x						
<i>Racomitrio lanuginosi-Empetretum salicetosum bicoloris</i>	?	x						
<i>Racomitrio lanuginosi-Empetretum salicetosum herbaceae</i>		x						
<i>Racomitrio lanuginosi-Empetretum huperzietosum</i>	x	x						
<i>Racomitrio lanuginosi-Empetretum typicum</i>	x	x						
<i>Jasione laevis-Callunetum juniperetosum nanae</i>	x	x	(x)		x (x)			
<i>Jasione laevis-Callunetum typicum</i>		x			(x)			
<i>Biscutello arvernensis-Arctostaphyletum typicum</i>					x			
<i>Biscutello arvernensis-Arctostaphyletum anemonetosum</i>					x			
<i>Centaureo pectinatae-Juniperetum nanae typicum</i>					x			
<i>Centaureo pectinatae-Juniperetum nanae vacciniotosum uliginosi</i>					x			
<i>Euphorbio hybernae-Vaccinietum luzuletosum</i>		x			(x)			
<i>Euphorbio hybernae-Vaccinietum senecietosum</i>	x	x	?	?				
<i>Euphorbio hybernae-Vaccinietum typicum</i>	x	x	?	?				
<i>Patzkeo paniculatae-Vaccinietum</i>	x	x	?		x (x)			
<i>Galio saxatilis-Vaccinietum nardetosum</i>	?		(x)	x	?			
<i>Galio saxatilis-Vaccinietum dianthetosum</i>				x	?			
<i>Galio saxatilis-Vaccinietum typicum</i>	?	x	x	x	?	?		x
<i>Galio saxatilis-Vaccinietum festucetosum</i>		x	x	x	x	?	(x)	x
<i>Allio victoralis-Vaccinietum vacciniotosum uliginosi</i>	x	x	?	x	x		x	x (x)
<i>Allio victoralis-Vaccinietum veratretosum</i>					x			
<i>Allio victoralis-Vaccinietum stachyetosum</i>					x	?	(x)	
<i>Allio victoralis-Vaccinietum typicum</i>					x	?		
<i>Alchemillo saxatilis-Vaccinietum typicum</i>				x	x	x		(x)
<i>Alchemillo saxatilis-Vaccinietum polygonetosum</i>				x	x			
<i>Vaccinio myrtilli-Genistetum molinietosum</i>		x			x			
<i>Vaccinio myrtilli-Genistetum calamagrostietosum</i>		(x)			x	x	x (x)	
<i>Vaccinio myrtilli-Genistetum typicum</i>	(x)				x	x	?	(x)
<i>Teucro scorodoniae-Callunetum juniperetosum</i>	x			x	?	x	?	x
<i>Teucro scorodoniae-Callunetum typicum</i>				x	x	x	?	x
<i>Vaccinio vitis idaeae-Genistetum typicum</i>				x		x		?
<i>Vaccinio vitis idaeae-Genistetum cytisetosum</i>		(x)				x	x	?
<i>Vaccinio vitis idaeae-Genistetum meetosum</i>		(x)				x	x	x
<i>Phyteumo hemisphaerici-Callunetum var. typique</i>						(x)	x	x
<i>Phyteumo hemisphaerici-Callunetum var. Juncus trifidus</i>							x	x
<i>Phyteumo hemisphaerici-Callunetum var. Sesamoides</i>								x

## Phytosociological synopsis of the heathlands studied here

(In bold: new syntaxa; underlined: associations studied in this work)

**CALLUNO VULGARIS-ULICETEA MINORIS** Braun-Blanq. & Tüxen ex Klika in Klika & Hadač 1944

**VACCINIO MYRTILLI-GENISTETALIA PILOSAE** Schubert ex Passarge 1964

*Diantho hyssopifolii-Vaccinietum myrtilli* all. nov. Boulet et al. ad interim ( ?= *Calluno vulgaris-Arctostaphylyon uvae-ursi* Tüxen & Preising in Preising 1949 nom. nud.)

*Galio saxatilis-Vaccinium myrtillus* R.Michalet Coquillard & Gueugnot 1989

*Festuco filiformis-Callunetum vulgaris* R.Michalet Coquillard & Gueugnot 1989

*Teucrio scorodoniae-Callunetum vulgaris* (R. Michalet, Coquillard & Gueugnot) **stat.nov.**

***juniperetosum communis* subass. nov.**

Groupement à *Euphorbia hyberna* et *Calluna vulgaris* (Doche 1984)

*Cytiso oromediterranei-Ericetum cinereae* B. Foucault 2017

*Genisto pilosae-Vaccinietum* Braun-Blanq. 1926

***Vaccinietum myrtillo-uliginosi* suball. nov.**

*Vaccinietum myrtillo-uliginosi* Braun-Blanq. 1926 nom. invers.

*Euphorbio hybernae-Vaccinietum myrtilli* Coquillard ex Thébaud et al. 2014

***Patzkeo paniculatae-Vaccinium myrtilli* ass. nov.**

***crepidetosum conizifoliae* subass. nov.**

***typicum* subass. nov.**

***Eu-Genisto pilosae-Vaccinietum*** (autonym = *Phyteumo hemisphaerici-Vaccinietum* Schaminée & Hennekens in Schaminée et al. 1993)

*Jasione laevis-Callunetum vulgaris* Michalet & Philippe ex Thébaud et al. 2014

*Pulsatillo vernalis-Cytisetum decumbentis* Quézel & Rioux 1954 **nom. mut. nov.**

***scabietosum columbariae* subass. nov.**

***Biscutello arvernensis-Arctostaphyletum uvae-ursi* ass. nov.**

***typicum* subass. nov.**

***anemonetosum nemorosae* subass. nov.**

***Centaureo pectinatae-Juniperetum nanae*** Choisset & Mulot **ass. nov.**

***vaccinietosum uliginosi* subass. nov.**

***typicum* subass. nov.**

***Phyteumo hemisphaerici-Callunetum vulgaris* ass. nov.**

***Vaccinio vitis-idaeae-Genistetum pilosae* ass. nov.**

*cytisetosum oromediterranei* (B.Foucault) **stat. nov. et comb. nov.**

***typicum* subass. nov.**

***meetosum athamantici* subass. nov.**

*Carici piluliferae-Vaccinietum* Schaminée & Hennekens in Schaminée et al. 1993

*Allio victorialis-Vaccinietum myrtilli* Schaminée & Hennekens ex Thébaud et al. 2014

***vaccinietosum uliginosi* comb. nov.**

*Vaccinio myrtilli-Genistetum pilosae* Schaminée & Hennekens ex Thébaud et al. 2014

*Alchemillo saxatilis-Vaccinietum uliginosi* Thébaud ex Schaminée et al. 1993

**LOISELEURIO PROCUMBENTIS-VACCINIETEA MICROPHYLLI** Egger ex Schubert 1960

**RHODODENDRO FERRUGINEI-VACCINIETALIA MICROPHYLLI** Braun-Blanq. in Braun-Blanq. & Jenny 1926

***Genisto pilosae-Empetrium hermaphroditi* all. nov.**

*Carici vaginatae-Callunetum vulgaris* R.Michalet & Philippe ex Thébaud et al. 2014

*genistetosum pilosae* **subass. nov. ex hoc loco.**

*Racomitrio lanuginosi-Empetretum nigri* Luquet 1926

***huperzietosum selaginis* subass. nov.**

## Supplement 1

Global classification analysis (MTC) carried out on 995 relevés of heathland in the Massif central and selection of montane and subalpine for the second stage of analyses.

## Supplement 2a and 2b

Ordered final table of relevés of montane and subalpine heathlands and header data of tables 4 to 11.

## Supplement 3

Article translated in French. Please note, the article in French is not an effective publication. This is only a supplement (art. 1 ICPN).

## References

- Arnaud M.-T., Gamisans J. & Gruber M., 1983. Les groupements à *Cytisus purgans* (L.) Boiss. en Lozère (France) : étude phytosociologique. *Anales Jardín botánico de Madrid*, **40**(1) : 197-211.
- Bardat J., Bioret F., Botineau M., Boulet V., Delpech R., Géhu J.-M., Haury J., Lacoste A., Rameau J.-C., Royer J.M., Roux G. & Touffet J. 2004. *Prodrome des Végétations de France*. Museum National d'Histoire Naturelle, Paris : 171 p.
- Barret J. & Kleszczewski M., 2006. *Caractérisation phytosociologique des landes et maquis des vallées cévenoles*. Rapport Conservatoire des espaces naturels du Languedoc-Roussillon: 66 p.
- Beaudière A., 1970. *Recherches phytogéographiques sur la bordure méridionale du Massif central français (les monts de l'Espinouze)*. Thèse Université Montpellier : 567p.
- 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. <https://inpn.mnhn.fr/telechargement/documentation/natura2000/cahiers-habitats>
- Boeuf R., Hardion L. & Šmarda P., 2021 submitted. Contribution à l'étude taxinomique, phylogénétique et leur implication syntaxinomique de quelques fétuques de la section *Festuca*, considérées d'intérêt régional à européen (des Carpates aux Pyrénées, centré sur l'Alsace et les Vosges, en passant par le Massif central et la Rhénanie-Palatinat). *Botanique*.
- Botineau M., Descubes-Gouilly C., Ghestem A. & Vilks A., 1986. Les landes sèches acidiphiles du Limousin (Nord-Ouest du Massif central, France). *Documents Phytosociologiques N.S.*, **X**(1) : 97-107.
- Bioret F., Boulet V., Choynet G., Roux C., Thébaud G., Panaïotis C., Chalumeau A., Delbosc P., Demartini C., Gauberville C., Cianfaglione K., Bensettiti F. & Lalanne A., 2019. Landscape phytosociology concepts and definitions applied to serial and catenal vegetation mapping. *Contribuții Botanice LIV*: 47-53. <https://doi.org/10.24193/Contrib.Bot.54.3>
- Boulet V., Choynet G. & Thébaud G., to be published. Contribution au prodrome des végétations de France: les *Genisto pilosae-Callunetea vulgaris*. *Documents Phytosociologiques*.
- Braun J., 1915. *Les Cévennes méridionales (massif de l'Aigoual)*. Thèse université de Montpellier. 206 p.
- Braun-Blanquet J., 1926. Le climax complexe des landes alpines (*Genisteto-Vaccinion* du Cantal). *Arvernia* **2**: 1-48.
- Braun-Blanquet J., 1932. *Plant sociology, the study of plant communities*. Transl. G.D. Fuller & H.S. Conard. McGraw-Hill, New York: 476 p.
- Braun-Blanquet J., Sissingh G. & Vlieger J. 1939. *Klasse der Vaccinio-Piceetea*. Prodr. der Pflanzengesellschaften **6**, 123 p.
- Braun-Blanquet J., 1953. Essai sur la végétation du Mont Lozère comparée à celle de l'Aigoual. Extrait de la 80<sup>e</sup> session extraordinaire de la *Société botanique de France* **100** : 1-14.
- Carbiener R., 1966. *La végétation des Hautes-Vosges dans ses rapports avec les climats locaux. Les sols et la géomorphologie ; comparaison à la végétation d'autres massifs montagneux à climat « allochtone » d'Europe occidentale*. Thèse d'état université d'Orsay : 112 p.
- Choynet G. & Mulot P.-E., 2008. *Catalogue des végétations du Parc naturel régional des monts d'Ardèche*. Conservatoire botanique national du Massif central. 263p.
- Chytrý M., Tichý L., Holt J. & Botta-Dukát Z., 2002. Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. *Journal of Vegetation Science* **13** : 79-90. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02025.x>
- Coquillard P., 1993. *Dynamique des systèmes agro-pastoraux de l'étage montagnard du Massif du Sancy et de la chaîne des Puys : variations biologiques et fonctionnelles: ex. d'application au modèle à Calluna vulgaris*. Thèse Doct. Université UAM 3, Marseille St. Jérôme, 266 p.
- Coquillard P., Gueugnot J., Julve P., Michalet R. & Michelin Y., 1994. Carte écologique du Massif du Sancy au 1/25 000. *Ecologia mediterranea XX*(1/2) : 9-57.
- Delpech R. & Mollet A.-M., 2008. Essai de typification de quelques végétations landicoles du Vivarais (Ardèche, France). *Acta Botanica Gallica*, **155**(1) : 13-32.
- 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.
- Ellenberg H., Dull R., Wirth V., Werner W., Paulissen D., 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa [Indicator values of plants in Central Europe]. *Scripta Geobotanica* **18** : 1-248.
- Estienne P., 1956. *Recherches sur le climat du Massif central français*. Mémorial n° 43 de la météorologie nationale Paris : 242 p.
- Etllicher B., 1986. *Les massifs du Forez, du Pilat et du Vivarais. Régionalisation et dynamique des héritages glaciaires et périglaciaires en moyenne montagne cristalline*. Thèse d'état université de Saint-Etienne, centre d'études foreziennes : 681 p.
- Etllicher B., Bessenay C., Couhert J.-P., Fauray O., Francez A.J., Sourp E., Suchel J.B. & Thébaud G., 1993. Les Hautes-Chaumes du Forez : diagnostic écologique pour la gestion d'un espace sensible. *Revue d'Auvergne* **107**(1-2) : 159 p.
- Foucault B. de, 1987. Données phytosociologiques sur la végétation observée lors de la treizième session de la S.B.C.O. en Aubrac et Margeride. *Bulletin de la Société Botanique de*

- Centre-Ouest, N.S., **18** : 337-361.
- Foucault B. de, 2017. Données phytosociologiques nouvelles sur la végétation des Cévennes occidentales (Lozère) et du Haut-Languedoc (département de l'Hérault). *Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest*, N.S., **48** : 334-359.
- Gargominy O., Terceire S., Régnier C., Ramage T., Dupont P., Daszkiewicz P. & Poncet L., 2020. Taxref V. 14. *Référentiel taxonomique pour la France : méthodologie, mise en œuvre et diffusion*. Museum National d'Histoire naturelle Paris UMS PatriNat : 63 p. <https://inpn.mnhn.fr/telechargement/referentielEspece/taxref/14.0/menu>
- Géhu J.-M., 2006. *Dictionnaire de phytosociologie et synécologie végétale*. J. Cramer Berlin, Stuttgart : 889 p.
- 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.
- Guinochet M., 1973. *La phytosociologie*. Masson, Paris : 227 p.
- Hennekens S.M. & Schaminée J.H.J., 2001. TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science* **12**: 589-591. <https://doi.org/10.2307/3237010>
- Hill M.O. & Gauch H.G. Jr., 1980. Detrended correspondence analysis: An improved ordination technique. *Vegetatio* **42**: 47-58. <https://doi.org/10.1007/BF00048870>
- International Plant Name Index (IPNI) : <https://www.ipni.org/>
- Julve P., 2017. Baseflor, <http://philippe.julve.pagesperso-orange.fr/catminat.htm>.
- Kluszczewski M., Pouget L., Lecoq M., Oudot M., Bossaert M. & Kelian G., 2020. Contribution à la connaissance de l'étage subalpin dans le massif du Mont Aigoual (Gard, Lozère) : synthèse bibliographique, délimitation, caractérisation floristique et comparaison à l'échelle du Massif central. *BIOM* **1(1)** :49-68. <https://doi.org/10.18145/biom.v1i1.251>
- Kovach WL, 2010. MVSP - A MultiVariate Statistical Package for Windows, ver. 3.2. Kovach Computing Services, Pentraeth, UK, 112 p.
- Lemée G., 1953. Observations sur la végétation actuelle et son évolution postglaciaire dans le massif du Mézenc. in 80e session extraordinaire (1952) dans les Cévennes et dans les Causses. *Bulletin de la Société Botanique de France* **100(10)** : 67-77.
- 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.
- Luquet A., 1926. *Essai sur la géographie botanique de l'Auvergne. Les associations végétales du massif des monts Dore*. Brulliard, Saint-Dizier Thèse de l'université de Paris : 266 p.
- Michalet R., Choler P., Callaway RM. & Whitham TG., 2021. Rainfall continentality, via the winter Gams angle, provides a new dimension to biogeographical distributions in the western United States. *Global Ecology and Biogeography*, **30** : 384-397 <https://doi.org/10.1111/geb.13223>
- Michalet R., Coquillard P. & Gueugnot J., 1989. Landes et herbages des édifices volcaniques de la chaîne des Puys (Massif central français). I-Synsystème, *Colloques Phytosociologiques XVI*, Paris 1988 : 645-663.
- Michalet R. & Philippe T., 1996. Les landes et les pelouses acidiphiles de l'étage subalpin des monts Dore (Massif central français) : syntaxonomie et potentialités dynamiques. *Colloques Phytosociologiques XXIV*, Camerino 1995 : 433-479.
- 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. <https://doi.org/10.1111/avsc.12257>
- 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.
- Pache G., Michalet R. & Aïme S., 1996. A seasonal application of the Gams (1932) method, modified Michalet (1991) : the example of the distribution of some important forest species in the Alps. In «Volume jubilaire J.-L. Richard, Contribution à la flore et à la végétation des Alpes» édité par Vittoz P., Theurillat J.-P., Zimmermann K. & Gallandat J.-D., *Dissertationes Botanicae*, **258**: 31-54.
- Plant of the world online (POWO): <http://www.plantsoftheworldonline.org/>
- Prevosto B. & Coquillard P., 2001. Dynamique des boisements spontanés dans la chaîne des Puys : une approche par la modélisation. *Forêt méditerranéenne XXII(1)* : 29-36.
- Quézel P. & Rioux J., 1954. L'étage subalpin dans le Cantal (Massif central de France). *Vegetatio* **4(6)** : 345-378.
- Renaux B., Timbal J., Gauberville C. & Thébaud G., 2019. Contribution au prodrome des végétations de France les *Carpino betuli-Fagetea sylvaticae* Jakucs 1967. Documents phytosociologiques 11 Série 3: 423 p.
- Rivas-Martinez S., 2007. Mapa de series, geoseris y geopermaseries de vegetación de España. *Itinera Geobotanica* N.S. **17**: 435 p.
- Robbe G., 1993. *Les groupements végétaux du Morvan*. Ed. Société d'histoire naturelle d'Autun : 159 p.
- Roleček J., Tichý L., Zelený D. & Chytrý M., 2009. Modified Twinspan Classification in which the hierarchy respects cluster heterogeneity. *Journal of Vegetation Science* **120**: 596-602. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2009.01062.x>
- Roux C., 2017. *De la Limagne à la chaîne des puys. Approche analytique et intégrative pour l'étude des végétations actuelles et potentielles en moyenne montagne tempérée*. Thèse de l'université de Clermont-Ferrand, Ed. Revoir Riom : 339p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02151595>
- Schaminée J.H.J. & Hennekens S.M., 1992. Subalpine heathland communities of the monts du Forez. *Documents Phytosociologiques*, N.S., **XIV**: 387-420.
- Schaminée J.H.J., Hennekens S. & Thébaud G., 1993. A syntaxonomical study of subalpine heathland communities in west European low mountain ranges. *Journal of Vegetation Science* **4**: 125-134.
- Société française de Phytosociologie, 2021. Prodrome des végétations de France (PVF2): <http://www.phytosocio.org/#/pvf2>
- Suchel B., 1985. *Quelques données sur le climat de Pierre-sur-Haute, sommet des monts du Forez (Loire)*. Rapport université de Saint-Etienne : 9 p.

- Ter Braak C.J.F., 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* **67**: 1167-1179.
- Terrier-Berland C., 1984. *Contribution à l'étude des landes sèches (Nardo-Callunetea) d'un secteur de la Montagne limousine (pays de Vassivière, Plateaux de Gentioux et Féniers)*. Thèse de pharmacie université de Limoges : 116p.
- The Plant List: <http://www.theplantlist.org/>
- 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, Université de Clermont-Ferrand : 330 p.
- Thébaud G., 2004. Les sommets subalpins de Pierre-sur-Haute. *Journal de Botanique de la Société Botanique de France* **26** : 25-29.
- Thébaud G., Schaminée J.H.J. & Hennekens S.M., 1992. Contribution à l'étude de l'étage subalpin des moyennes montagnes ouest-européennes : quelques groupements végétaux foréziens comparés à leurs homologues d'autres massifs. *Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest*, N.S. **23** : 45-63.
- Thébaud G., Roux C., Bernard C.-E. & Delcoigne A., 2014. *Guide d'identification des végétations du nord du Massif central*. Presses universitaires Blaise Pascal université de Clermont-Ferrand : 274 p.
- Thébaud G. & Roux C., 2018. Végétations montagnardes et subalpines du Massif central français. *Botanique* **4** : 111-138.
- Theurillat J.-P., Willner W., Fernández-González F., Bültmann H., Čarni A., Gigante D., Mucina L. & Weber H., 2020. International code of phytosociological nomenclature. 4th edition. *Applied vegetation science* ; <https://doi.org/10.1111/avsc.12491>
- Tison J.-M. & Foucault B. de, 2014. *Flora Gallica Flore de France*. Biotope, Mèze : 1196 p.
- Tichý L., 2002. JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science* **13**: 451-453. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02069.x>
- Willner W., 2006. The association concept revisited. *Phytocoenologia* **36**(1): 67-76.



Table 5 - *Patzkeo paniculatae-Vaccinium myrtilli* ass. nov.

Association		<i>Patzkeo paniculatae-Vaccinietum myrtilli</i>																								
ordinal number		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
num. turboveg repository		1	1	8	6	5	5	1	1	5	5	1	5	8	3	2	9	9	9	9	9	9	3	3	0	
grey relevés = typus		2	1	8	4	2	7	0	2	3	0	2	0	8	7	5	6	6	6	6	5	4	7	5	8	
		5	9	9	4	2	1	4	4	0	3	6	7	8	5	1	8	5	1	2	8	3	6	3	8	
subassociations		typicum												crepidetosum conyzifoliae												
<i>Campanula rotundifolia</i> L.	la	D.s.ass.	+	+		+	+	+			1	+														
<i>Carex caryophylla</i> Latourr.		D.s.ass.			+	1	1		+		1	2	2	+		+	1									
<i>Persicaria bistorta</i> (L.) Samp.								1	+		1	+	+		+	+			+							
<i>Luzula multiflora</i> (Ehrh.) Lej.								1	1	+		+	+		+	+						+				
<i>Nardus stricta</i> L.												2	+	+	+	2	3			+	+					
<i>Galium saxatile</i> L.	lb											1	+			2	1	2	2	1	+					
<i>Agrostis capillaris</i> L.			+		+	1									+	+	+	+		+						
<i>Viola lutea s. lutea</i> Huds.			+				+					+				+	+	+	+	+						
<i>Stachys officinalis</i> (L.) Trévis		D.s.ass.															1	+	+	+	+					
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth			+																1	3	+	2	+	+	+	
<i>Crepis conyzifolia</i> (Gouan) A.Kern.		D.s.ass.																	+	+	1	+	1			
<i>Campanula scheuchzeri s. lanceolata</i> (Lapeyr.) J.M.Tison			+	+											+	+	+		+	+	1	1	+	1	+	
<i>Patzkea paniculata s. paniculata</i> (L.) G.H.Loos		C.ass.	+	4									+	+			+	1	+	3	3	2	1	1	1	
<i>Solidago virgaurea</i> L.	II							1							+	1		+	+	+	1	1	1	1	1	
<i>Jacobaea adonidifolia</i> (Loisel.) Mérat		C.ass.		+	+										+		+	+	+	+	+	1	+	1	1	
<i>Centaurea nigra</i> L.		D.s.ass.															+		+	+	+	+	1	+	+	
<i>Achillea millefolium</i> L.		D.s.ass.																		+	1	+	+			
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.		C.ass.	3	2	2	2	1	2	2	2	2	+	3	3	4	2	2	+	3	3	1	3	3	1	2	+
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull			+	2	2	4	3	3	3	1	1	3	3	3	2	2	1	3	1	+	2		+	4	3	3
<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin.			2	2	+	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	1	1	+	2	+		1	1	+	
<i>Genista pilosa</i> L.			1	+	2	2	+	1	2	+	1	+	2	+	+	+	+	1	2		+	1	2	+	+	
<i>Gentiana lutea</i> L.			+	2	1	2	+		+	1	2				+	2	+	+	2	2	+	+	2	+	+	
<i>Serratula tinctoria s. monticola</i> (Boreau) Berher		D.ass.	+	+		+	+		1	+	1		1	1	2	+	1	1	1	1	+	1	2	+	+	
<i>Arnica montana</i> L.		D.ass.	+	+	2	1		+	2	1	+	2		+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.			4	4	2	2	2	2	4	3	1	3	3	2	4	4				+	1	1	1	1	1	
<i>Potentilla erecta</i> L.			+	2	1				+	2	1	1	1	2	1	+	1	1		+	1	+	1	+	+	
<i>Meum athamanticum</i> Jacq.			1	1						+	1	+	1	1	2	+	2	+	+	+	+	+	1	+	+	
<i>Dianthus seguieri s. pseudocollinus</i> (P.Fourn.) Jauzein							+	1	+			+	1	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Festuca rubra</i> coll.			2	1	+				2	1	2	2	1	1	3	2	+					+	+	+	+	
<i>Scorzoneroides pyrenaica</i> (Gouan) Holub s. <i>pyrenaica</i>							+	+	1	+	1	+	1	1	1	+	+	1		+	1			+	+	
<i>Jasione laevis</i> Lam.		C.ass.				1		1	+		+						+	+	1	+	+		1	1	1	
<i>Festuca lemanii/billyi</i>								2	1		1		2				1	1	1	2		+			+	
<i>Thesium alpinum</i> L.										+			+					+	+	+					+	
<i>Hieracium praecox</i> Sch.Bip.						1		+			+													+	+	
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.																		+		+			+		+	
<i>Lathyrus linifolius s. montanus</i> (Bernh.) Bössler			+	+					+															+	+	
<i>Trifolium alpinum</i> L.						1							+		1				+					+	+	
<i>Succisa pratensis</i> Moench											1		+							+			+		+	
<i>Lotus corniculatus</i> L.			+							+		+			+										+	
<i>Sorbus aucuparia</i> L.						+	+															+			+	
<i>Hieracium murorum</i> L.			+							+	1										+				+	
<i>Phyteuma hemisphaericum</i> L.			+	+						1															+	
<i>Potentilla aurea</i> L.												+					+	+	+						+	
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.			+							+							1	+							+	
<i>Juniperus communis s. nana</i> (Hook.) Syme																		+							3	
<i>Pulsatilla alpina s. apiifolia</i> (Scop.) Nyman											2		+												+	
<i>Leucanthemum delarbrei</i> Timb.-Lagr. ex Lamotte																		1							+	
<i>Linaria repens</i> (L.) Mill.										+											+				1	
<i>Alchemilla alpina</i> coll.			+								1		+												1	
<i>Melampyrum sylvaticum</i> L.																		1	+						+	
<i>Carex umbrosa</i> Host									+	+									+						+	
<i>Alchemilla saxatilis</i> Buser																									1	
<i>Carex pilulifera</i> L.			1									2													+	

Companions taxa occurrence less than 3 :

*Sorbus aria* 958: +, 376: +; *Cytisus oromediterraneus* 965: +, 376: +; *Hieracium laevigatum* 961: +, 962: 1; *Rhinanthus minor* 571: +, 125: +; *Hieracium umbellatum* 571: +, 104: +; *Luzula sylvatica s. sylvatica* 353: +, 375: 2; *Silene nutans* 965: +, 962: +; *Hieracium lachenalii* 958: +, 943: +; *Hieracium pilosella* 965: +, 503: +; *Briza media* 968: +, 943: +; *Hieracium species* 888: +, 889: +; *Danthonia decumbens* 968: +, 503: 2; *Avenula* 251: +, 125: +; *Senecio doronicum* 965: +, 376: +; *Poa chaixii* 961: +, 888: +; *Alchemilla transiens* 522: 1, 571: 1; *Bartsia alpina* 251: +, 375: +; *Epikeros pyrenaicus* 251: +, 375: +; *Antennaria dioica* 522: +, 644: 1; *Leucanthemum vulgare* 943: +, 124: +; *Coincya cheiranthos* 251: +, 376: +; *Festuca airoides* 522: +, 530: 1; *Silene vulgaris* 353: +, 507: +; *Anemone nemorosa* 119: +, 124: +; *Galium mollugo s. erectum* 522: +, 530: 1; *Hypericum maculatum* 251: +, 968: +; *Myosotis alpestris* 530: +; *Gnaphalium sylvaticum* 962: +; *Leontodon hispidus* 943: +; *Geranium* 530: +; *Galium verum* 961: +; *Lactuca plumieri* 958: +; *Mutellina adonidifolia s.* 251: 1; *Conopodium majus* 962: +; *Luzula* 961: +; *Euphorbia* 119: +; *Cerastium arvense* 125: +; *Hypericum perforatum* 888: +; *Hieracium cantalicum* 376: 1; *Knautia* 251: +; *Genista* 968: 2; *Galium pumilum* 125: +; *Tephrosia helenitis s. arvernensis* 530: +; *Genista tinctoria s. delarbrei* 530: +; *Euphrasia micrantha* 353: 1; *Euphrasia minima* 124: +; *Phyteuma spicatum* 943: +; *Scorzoneria humilis* 888: +; *Rumex acetosa* 965: +; *Viola species* 376: +; *Pulsatilla alpina s. alba* 104: +; *Lilium martagon* 888: +; *Veronica officinalis* 968: +; *Rumex* 888: +; *Rubus* 889: +; *Sanguisorba minor* 943: +; *Thymus pulegioides s. pulegioides* 943: +; *Brachypodium pinnatum* 962: 2; *Agrostis rupestrus* 522: +; *Biscutella arvernensis* 353: +; *Gentiana pneumonanthe* 962: +; *Carex species* 125: +; *Melampyrum pratense* 251: +; *Cytisus decumbens* 126: +; *Euphorbia hyberna* 958: 2; *Thymus pulegioides s. chamaedrys* 353: +; *Narcissus pseudonarcissus* 961: +; *Cotoneaster integerrimus* 888: +; *Convallaria majalis* 376: 1; *Lycopodium clavatum* 251: +.

Table 5. Groups of differential taxa. I : oligotrophilous ; la : xerophilous ; lb : mesophilous to mesohygrophilous. II : mesotrophilous mesoxerophilous.



Table 7 - *Biscutello arvernensis-Arctostaphyletum uvae-ursi* ass. nov.

Association	ordinal number	<i>Biscutello arvernensis-Arctostaphyletum uvae-ursi</i>																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
	num. turboveg repository grey relevés = typus	9	8	1	1	1	1	1	1	7	5	7	1	1	8	9	8	1	5	9	9	5	8	5	
		0	8	1	1	1	1	1	1	4	2	4	1	1	7	0	8	0	2	1	1	2	8	2	
		3	0	1	4	3	8	5	6	7	9	6	2	7	9	1	3	8	8	3	1	6	1	5	
sub-units		typicum											anemonetosum sylvaticae					poor sub-unit							
<i>Agrostis rupestris</i> All.	D.s.ass.			1	1	1	1	2																	
<i>Leucanthemum vulgare/delarbrei</i>				+		+	+							+			1								
<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.	D.s.ass.	1	1	1	2	2						+	+	+	1	+	+								
<i>Biscutella arvernensis</i> Jord.	I C.ass.		+	1	1	+	+	+	1	1		+		+		+									
<i>Pulsatilla vernalis</i> (L.) Mill.	C.ass.	1	1	1	1	2	+	+	+	1	+	1	+	+		1	+	+	+						
<i>Phyteuma hemisphaericum</i> L.		+	+	+	2	2	+	1	2	1	+	1	1	2		1	1	1	1	+			+		
<i>Meum athamanticum</i> Jacq.					1	+	+	+	+	1		+			1	+	+	+	1	+			+		
<i>Arnica montana</i> L.				2	1		+		+	+	+	+	+		1	+	+	+	2				+		
<i>Anemone nemorosa</i> L.	II D.s.ass.											+				+	+	+	+	+			+		
<i>Scorzoneroideis pyrenaica</i> (Gouan) Holub s. <i>pyreaica</i>	D.s.ass.											+				+	+	+	+	1	+				
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Rausch.	D.s.ass.															+	+	+	+						
<i>Succisa pratensis</i> Moench																+	+	+							
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	D.Ass.	5	5	5	3	4	3	3	4	3	4	4	3	4	3	4	4	4	4	1	3	3	3	+	2
<i>Genista pilosa</i> L.		+	+	+	2	1	2	1	1		1	+	2	+	+	1	1	1	1	1	1	+	1	+	
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.		+	+	+	+	+	+					2	+	2	+	+	1	1	1	1	+	r	2	1	2
<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin.		+	+	+	1	2	+	2	+	1	2	1	2	2		+	+	+	+	2	2	1	1	1	1
<i>Juniperus communis s. nana</i> (Hook.) Syme	C.ass	1	1	1	r	+	1	2	2	2	1	2		2	2	3	3	3	1	2	3	2	3	3	
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> (L.) Spreng.	C.ass	2	2	2			5	5	3	3	3	3	4	2	2	+	+	+	+	2	3	2	4	2	
<i>Festuca nigrescens</i> Lam.		+	+	+	+	1	2	2	2	+	1	1	+	+	1				+				1	+	
<i>Gentiana lutea</i> L.					+	+	+	r	+		+				+	+	+	+		1		1		1	
<i>Carex caryophyllea</i> Latourr.		2	2	2	2				1	1	2			2		1	2	2	2			+	+		
<i>Vaccinium uliginosum/microphyllum</i>							2			1	2	1	2	+					3	2		3	3	2	
<i>Nardus stricta</i> L.		+	+	+	+	+		+							+	1	1	1							
<i>Cetraria sp.</i>		+	+	+	+	+						2	+			1	1	1	+						
<i>Viola lutea s. lutea</i> Huds				+	+	1	+				1				+	+									
<i>Serratula tinctoria</i> L.		+	+	+												1	+	1							
<i>Hieracium murorum</i> L.						+	1	+	r					+	+										
<i>Campanula rotundifolia</i> L.						+	+	1	+							+						r			
<i>Cladonia sp.</i>						+	+							2	+		+	+							
<i>Agrostis capillaris</i> L.		+	+	+												+								+	
<i>Festuca airoides</i> Lam.											2								+	1	2			+	
<i>Hieracium praecox</i> Sch.Bip.											+									+	r	+		+	
<i>Carex sp.</i>						2	1	2																	
<i>Carex pilulifera</i> L.															2					+	r				
<i>Thymus pulegioides</i> L.						+	+	+																	
<i>Euphrasia stricta</i> L.						1	+								+										
<i>Cotoneaster integerrimus</i> Medik.	C.ass.							+																1	
<i>Rosa pendulina</i> L.											+												+	+	
<i>Hieracium sp.</i>															+				+						
<i>Alchemilla saxatilis</i> Buser															+									+	
<i>Carex umbrosa</i> Host																			1	+	r				
<i>Pinus mugo s. uncinata</i> (Ramond ex DC.) Domin																+					r			2	
<i>Viola saxatilis</i> F.W.Schmidt		+															+								
<i>Festuca paniculata</i> (L.) Schinz & Thell. s. <i>paniculata</i>							+														r				
<i>Carex praecox</i> Schreb.										1	1														
<i>Alchemilla alpina coll.</i>							+												+						
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.												+		+											
<i>Viola sp.</i>					+														+						
<i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench		+																					+	+	
<i>Melampyrum sylvaticum</i> L.																						+		+	

Table 7. Companions present less than 2 times:

*Crocus vernus* 881: +; *Maianthemum bifolium* 528: +; *Persicaria bistorta* 528: +; *Picea abies* 526: +; *Centaurea pectinata* 118: 1; *Sorbus mougeotii* 525: +; *Luzula multiflora* 525: +; *Polygala vulgaris* 114: +; *Aquilegia vulgaris* 118: +; *Sanguisorba officinalis* 528: +; *Huperzia selago* 881: +; *Pinus sylvestris* 526: 1; *Allium victorialis* 881: +; *Agrostis species* 528: +; *Thymus polytrichus* 911: 1; *Biscutella laevigata s. laevigata* 903: 1; *Thesium alpinum* 114: +. *Calamagrostis arundinacea* 118: +.

Table 7. **Groups of differential taxa.** I: xerophilic subalpine orophytes; II: mesophilic and mesohygrophilic mountain orophytes.

Table 8 - *Centaureo pectinatae-Juniperetum nanae* Choiset & Mulot ass. nov.

Association ordinal number	num. turboveg repository	sub-units	<i>Centaureo pectinatae-Juniperetum nanae</i>																									
			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
			7512	7513	7511	7519	7514	7518	7516	7522	7521	7520	7517	7522	7515	7511	7526	7527	7523	7528	7524	7522	7520	7521	7525	7529	7533	882
			<i>vaccinietosum uliginosi</i>													<i>typicum</i>										<i>poor variant</i>		
<i>Serratula tinctoria s. monticola</i> (Boreau) Berher			+	+	+	+																						
<i>Solidago virgaurea</i> L.			+	+	+	+	+	+	1	+	+							+										
<i>Meum athamanticum</i> Jacq. I	D.s.ass.		+	+	1	+		+	1	+	+	+							+									
<i>Carex pilulifera</i> L.											+	1	+	1														
<i>Alchemilla alpina</i> coll.													2	+	+	+												
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	D.s.ass.					1		2	4	2	1	1	2	3	1	3												
<i>Rubus idaeus</i> L.				+	+		+	+			1							+									+	
<i>Centaurea pectinata</i> L.	C.ass.					1	1	1		+	+			1			2	+	+	+	1					2		
<i>Sorbus mougeotii</i> Soy.-Will. & Godr.	C.ass.						+											+	+	+	+	+						
<i>Cytisus oromediterraneus</i> Rivas Mart. & al.	D.s.ass.									+		+					+		2	1		1	2	1	3	+		
<i>Rosa pendulina</i> L.	D.s.ass.														+			+	1	+	+	+	+	1	1			
<i>Lilium martagon</i> L. II																			+				+					
<i>Betula pendula</i> Roth																				1	+	+						
<i>Polygonatum odoratum</i> (L.) All.																						+	+	+				
<i>Juniperus communis s.nana</i> (Hook.) Syme	C.ass.		3	3	2	2	2	2	1	1	4	1	1	4	3	3	3	+	2	3	2	3	2	2		1	3	
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	D.ass.		1	1		2	1	2	2	+	+			1	1	2		+	+	+	+	1	1		1	+	1	1
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull			3	3	5	3	4	4	2	4	2	3	2	3	1	3	1	1	2	2	2	2	2	2	3	4	3	2
<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin.			1	1	1		1	2	2	1	1	2	1	+	1	1	2	2	1	1	+				1	1	1	
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.			2	+	1	+	1	2	3	1	2	1	2	+	1	1	2	+	2	1	2		2		1	1	1	
<i>Genista pilosa</i> L.			+	+	2	1	1	2	1	3	1	2	3		+	+	1	+	1		1	2		+	+	+	+	
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> (L.) Spreng.			3	3		2	3	2			2	4	2		4		4	5	4	2	4	4	5	3	3	3	5	
<i>Gentiana lutea</i> L.			2	2	2	1		1							1	+	1					+	+			1		
<i>Festuca paniculata s. paniculata</i> (L.) Schinz & Thell.	D.ass.		1	1	2	3	+	3	+	1	2	+			2	1			+		+						1	
<i>Cotoneaster integerrimus</i> Medik.	C.ass.		+	+	+		+	+	+			+	+	+	+	+	1		1								+	
<i>Campanula rotundifolia</i> L.							+		+	+	+	+	+				+	+	+	+	+				+	+		
<i>Hieracium murorum</i> L.			+	+	+						+			+		+								+				
<i>Festuca nigrescens</i> Lam.			+	+																								+
<i>Festuca airoides/filiformis</i>											1	1	+															
<i>Nardus stricta</i> L.											1	2	2													+		
<i>Lathyrus linifolius v. montanus</i> (Bernh.) Bëssler							+					+											+	+				
<i>Galium saxatile</i> L.			+	+							+																	
<i>Hieracium glaucinum</i> Jord.			+	+							+																	
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Rausch.					1		+		1																			
<i>Dianthus seguieri s. pseudocolinus</i> (P.Fourn.) Jauzein										+			1	1														
<i>Arnica montana</i> L.										2						+												
<i>Jacobaea adonidifolia</i> (Loisel.) Mérat					1															+		+						
<i>Thymus polytrichus</i> A.Kern. ex Borbßs								+	+													+						
<i>Abies alba</i> Mill.												+							+			+						
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.			+	+																								
<i>Hypericum maculatum</i> Crantz						+			1																			
<i>Pinus cembra</i> L.								+			+																	
<i>Luzula multiflora</i> (Ehrh.) Lej.									+		+																	
<i>Polygonatum verticillatum</i> (L.) All.						+															+							
<i>Allium victorialis</i> L.																+	1											
<i>Teucrium scorodonia</i> L.																					2		1					
<i>Galium verum</i> L.																									+	+		
<i>Conopodium majus</i> (Gouan) Loret				+																								
<i>Hieracium schmidtii</i> Tausch						+																						
<i>Fagus sylvatica</i> L.						1																						
<i>Aquilegia vulgaris</i> L.								+																				
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.								+																				
<i>Thesium alpinum</i> L.								+																				
<i>Cryptogramma crispa</i> (L.) R. Br.									+																			
<i>Pinus sylvestris</i> L.									2																			
<i>Tanacetum vulgare</i> L.											+																	
<i>Polygala vulgaris</i> L.											+																	
<i>Lotus corniculatus</i> L.											+																	
<i>Succisa pratensis</i> Moench										+																		
<i>Poa chaixii</i> Vill.												+																
<i>Valeriana tripteris</i> L.																+												
<i>Phyteuma hemisphaericum</i> L.																	+											
<i>Corylus avellana</i> L.																			+									
<i>Prenanthes purpurea</i> L.																			+									
<i>Sorbus aucuparia</i> L.																			+									
<i>Rhamnus alpina</i> (L.) W. Vent																										+		
<i>Laserpitium latifolium</i> L.																										+		
<i>Amelanchier ovalis</i> Medik.																										2		
<i>Lonicera alpigena</i> L.																										1		
<i>Thymus pulegioides</i> L.																										1		
<i>Festuca ovina</i> coll.																											1	

Tableau 8. Groups of differential taxa. I : lawns and heathlands, montane and subalpine taxa ; II : taxa of montane hems and schrub-coats.

Table 9 - *Phyteumo hemisphaerici-Callunetum vulgaris* ass. nov.

Association		<i>Phyteumo hemisphaerici-Callunetum vulgaris</i>																																							
ordinal number		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								
num. turboveg repository grey relevé = typus		6	6	9	6	9	9	9	9	5	5	6	5	5	5	6	6	6	6	6	5	5	6	6	9	9	9	6	6	6	6	6	6	6							
		1	0	7	2	8	7	9	9	9	0	9	9	9	2	0	2	0	0	0	9	9	0	1	7	9	8	0	0	2	1	0	0								
		4	6	7	7	9	6	1	0	2	5	0	8	1	4	1	4	2	1	2	7	6	7	0	8	2	0	8	9	8	3	3	5								
Variants		v. à <i>Juncus trifidus</i>					typical variant																				<i>Sesamoides pygmaea</i> v.														
<i>Juncus trifidus</i> L.	C.ass.	+	1	3	2	1	+																													+					
<i>Luzula campestris</i> (L.) DC.						1	+	+	r																																
<i>Lotus corniculatus</i> L.							+	+	r				+													r															
<i>Agrostis capillaris</i> L. I							+	+	+																												1				
<i>Viola canina</i> L.							+	+																													r				
<i>Arnica montana</i> L. II	D.ass.		+				+																													1					
<i>Festuca billyi</i> Kerguelen & Plonka		+																																		r	+				
<i>Nardus stricta</i> L.	D.var.									1	1	+	1	1	1																						+	+			
<i>Trifolium alpinum</i> L.	D.var.									1		2	1	1	+																							1	+		
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L. III	D.ass.																																					1	+		
<i>Sesamoides pygmaea</i> (Scheele) Kuntze	C.ass.																																					1	+		
<i>Euphrasia cf. micrantha</i> Rchb.	C.ass.																																					1	+		
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	D.ass.	+	5	3	2	+	2	4	3	2	+	1	4	4	4	+	4	4																				1	+		
<i>Festuca airoides</i> Lam.	C.ass.	+	2	2	2		2	2	2	1	+	1	2	+	1																							2	+		
<i>Genista pilosa</i> L.			1	1	3	+	2	2	2	2	+	+	+	+	+																								2	+	
<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.	D.ass.			+	1		1	2	1	+																													1	+	
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.		2	+	1	1	4	3	2	1	3	1	1	2																										4	+	
<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin.		2		1	1	+	2	+	1	1	2	+	2																										2	+	
<i>Alchemilla saxatilis</i> Buser		+			+	1	2	3	1	1	2	2	+	1																									2	+	
<i>Carex caryophylla</i> Latourr.		+	1	1	1		2	1	2	2	2	1	2	+	1																								2	2	
<i>Hieracium schmidtii</i> Tausch	C.ass.	+	+	+	+		+																																1	+	
<i>Phyteuma hemisphaericum</i> L.	C.ass.	+	+	+	1		1	1																															+	+	
<i>Vaccinium uliginosum</i> L. s. <i>microphyllum</i>		3	1		1		1																																+	+	
<i>Luzula spicata</i> (L.) DC.			+	+	r																																		+	+	
<i>Pinus sylvestris</i> L.																																							1	+	
<i>Scorzoneroideis pyrenaica</i> (Gouan) Holub						1																																		2	+
<i>Jasione laevis</i> Lam.																																								+	+
<i>Plantago holostium</i> Scop. s. <i>holostium</i>	D.ass.			+			+	1	+																															1	+
<i>Juniperus communis</i> s. <i>nana</i> (Hook.) Syme	D.ass.	1	2																																					2	2
<i>Alchemilla transiens</i> (Buser) Buser				1	1	1																																		1	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.				+			+																																	+	+
<i>Agrostis rupestris</i> All.				+																																				+	+
<i>Festuca nigrescens</i> Lam.					+	+																																		1	+
<i>Sorbus aucuparia</i> L.			+		r	r																																		r	+
<i>Euphrasia</i> sp.				+																																				+	+
<i>Galium saxatile</i> L.						1																																		r	+
<i>Rumex acetosella</i> L.																																								1	+
<i>Pinus mugo</i> s. <i>uncinata</i> (Ramond ex DC.) Domin																																								+	+

Tableau 9. Companions species occurrence less than 3:

*Luzula nivea* 977: +, 989: 1; *Anemone nemorosa* 976: r, 990: r; *Carex pilulifera* 990: +, 991: 1; *Linaria repens* 603: +, 613: +; *Festuca paniculata* s. *paniculata* 989: +, 622: +; *Melampyrum pratense* 614: +, 602: 1; *Luzula multiflora* 977: +, 600: +; *Thymus polytrichus* s. *britannicus* 596: +, 597: +; *Cytisus oromediterraneus* [6] 613: +, 622: +; *Thymus polytrichus* s. *polytrichus* [6] 990: r, 991: +; *Hieracium praecox* 991: +, 992: 1; *Thymus species* 628: +, 592: +; *Hieracium pilosella* 991: 1, 594: +; *Cerastium arvense* 976: r; *Allium lusitanicum* 622: +; *Cerastium fontanum* 991: +; *Hypochoeris maculata* 991: +; *Festuca rubra* s. *rubra* 602: 1; *Juniperus communis* s. *communis* 980: 1; *Thymus pulegioides* s. *pulegioides* 627: 1; *Rosa pendulina* 614: 2; *Persicaria bistorta* 602: +; *Gentiana lutea* 614: +; *Epikeros pyrenaicus* 602: 1; *Euphrasia officinalis* s. *pratensis* 627: 1; *Dianthus hyssopifolius* 977: +; *Luzula sylvatica* s. *sylvatica* 614: 1; *Pulsatilla vernalis* 596: 1; *Galium mollugo* s. *erectum* 976: 1; *Succisa pratensis* 976: r; *Pinus species* 628: +; *Festuca arvernensis* s. *costei* 989: +; *Valeriana tripteris* 614: +; *Festuca ovina* 592: 2; *Veronica officinalis* 989: +; *Serratula tinctoria* 976: 1; *Polygonatum verticillatum* 614: 1; *Serratula tinctoria* s. *monticola* 622: 1; *Campanula rotundifolia* 992: +; *Meum athamanticum* 991: +; *Molopospermum peloponnesiacum* 614: +; *Galium pumilum* 976: +.

 Tableau 9. Groups of differential taxa. I : oligotrophilous mesophilous indifferent to altitude ; II : orophytes oligotrophilous méésophilous (*Nardetalia*) ; III orophytes with a xerophilous character.



Table 11 - *Teucrio scorodoniae-Callunetum vulgaris* (R. Michalet, Coquillard & Gueugnot) *stat.nov.*

Association		<i>Teucrio scorodoniae-Callunetum vulgaris</i>																																					
ordinal number		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			
num. turbeveg repository grey relevés = <i>typus</i>		8	8	8	3	8	8	8	8	5	5	6	8	8	8	8	5	5	5	0	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
subassociations		<i>juniperetosum communis</i>										<i>typicum</i>																											
variants												poor variant					v.PdD	typical v.																					
<i>Genista sagittalis</i> L.	D.s.ass.	+	+								1																												
<i>Cytisus oromediterraneus</i> Rivas-Mart. et al.	D.s.ass.		2	2																																			
<i>Rumex acetosella</i> L.		1			+	+						1																											
<i>Juniperus communis</i> L. s. <i>communis</i>	D.s.ass.	1	1			+	2		+	1	1			1																									
<i>Thymus pulegioides</i> L.	I	1	1							+	+															+										+	+		
<i>Sedum rupestre</i> L.	D.s.ass.					+				+																													
<i>Hieracium praecox</i> Sch.Bip.										+	+	+	+	1	+					1																			
<i>Hieracium pilosella</i> L.						+				+	+	+													3	1												+	
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	II	D.s.ass.											4	2	3	2	2	1	4		1	1	1																
<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) P.Beauv.	D.ass.					+	+																														3		
<i>Agrostis capillaris</i> L.		1																																			+	+	
<i>Corylus avellana</i> L.	III	D.s.ass.										2			1																							+	+
<i>Hieracium murorum</i> L.																																						+	+
<i>Viola canina</i> L.																																						+	+
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	D.s.ass.																																					+	
<i>Scorzoneroideis pyrenaica</i> (Gouan) Holub																																						+	
<i>Fagus sylvatica</i> L.	II																																					+	
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull		3	3	4	3	3	4	4	3	3			3	3	4	4	4	1		3	1		3	4	4	1	4	1	5	1	4	4	1	2	3	3	4	+	
<i>Genista pilosa</i> L.		2	1		3	1	1	1	3	3			1	3	2	1	2			2	1			+	3	1	1	2	1	2	+	1	1	+	2	1	3	3	+
<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin.		1	1	2	1	1	1	1	1	1			2	2	2	1	+	+		2	1	1			+	1	2	1	2	1	+	2	2	+	2	1	2	3	+
<i>Teucrium scorodonia</i> L.	C.ass.				+	+	1	+	+	1			1	1		+	1			1																		+	+
<i>Campanula rotundifolia</i> L.										+																												+	+
<i>Pinus sylvestris</i> L.	D.ass.				3	1	1	+	1	1																												+	+
<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz							+	+	1				2	1		1	1			1																		+	+
<i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link	D.ass.	1	2	1		3	1																															+	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.					+	2																																+	+
<i>Jacobaea adonidifolia</i> (Loisel.) Mérat		1																																				+	+
<i>Linaria repens</i> (L.) Mill.																																						+	+
<i>Festuca filiformis</i> Pourr.	D.ass.				2	1		1																														+	+
<i>Carex pilulifera</i> L.		1	+				+																															+	+
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	D.s.ass.																																					+	+
<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst.						+							2																									+	+
<i>Galium saxatile</i> L.																																						+	+
<i>Festuca rubra coll.</i>																																						+	+
<i>Gentiana lutea</i> L.	D.s.ass.																																					+	+
<i>Betula pendula</i> Roth																																						+	+
<i>Dianthus hyssopifolius</i> L. s. <i>hyssopifolius</i>																																						+	+
<i>Silene nutans</i> L.	C.ass.																																					+	+
<i>Solidago virgaurea</i> L.																																						+	+
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Rausch.																																						+	+
<i>Rubus idaeus</i> L.																																						+	+
<i>Quercus robur</i> L.																																						+	+
<i>Luzula campestris</i> (L.) DC.																																						+	+
<i>Festuca lemanii</i> Bastard																																						+	+
<i>Achillea millefolium</i> L.																																						+	+
<i>Salix caprea</i> L.																																						+	+
<i>Festuca sp.</i>		1		+																																		+	+
<i>Digitalis purpurea</i> L.																																						+	+
<i>Alchemilla alpina coll.</i>																																						+	+
<i>Stachys officinalis</i> (L.) Trévis.																																						+	+
<i>Nardus stricta</i> L.																																						+	+
<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.																																						+	+
<i>Galium pumilum</i> Murray						1	+																															+	+
<i>Quercus petraea</i> Liebl.																																						+	+
<i>Cotoneaster integerrimus</i> Medik.	D.var.																																					+	+
<i>Jasione laevis</i> Lam.																																						+	+
<i>Helianthemum nummularium</i> (L.) Mill.		1																																				+	+
<i>Festuca ovina coll.</i>																																						+	+
<i>Danthonia decumbens</i> (L.) DC.																																						+	+
<i>Hypericum pulchrum</i> L.																																						+	+

# Validation nomenclaturale de l'association bryophytique *Gymnomitrio coralloidis-Barbilophozietum sudeticae* ass. nov. décrite du puy de Dôme dans Hugonnot (2020)

Vincent Hugonnot

Le bourg 43 380 Blassac - [vincent.hugonnot@wanadoo.fr](mailto:vincent.hugonnot@wanadoo.fr)

Publié le 1 juin 2021

## Introduction

Le nom de l'association nouvelle décrite dans l'article d'Hugonnot (2020) n'est pas validement publiée car le code de nomenclature phytosociologique en cours jusqu'au 31 décembre 2020 (ICPN, Weber *et al.* 2000) ne permettait pas une validation nomenclaturale sous forme de publication numérique (art. 1). À partir du 1er janvier 2021 c'est le nouveau code (ICPN, Theurillat *et al.* 2020) qui est applicable. Il précise dans l'article 1 les modalités d'une publication numérique effective. Le présent article a donc pour but d'appliquer ces modalités et de valider, selon le nouveau code, le nom de l'association décrite dans Hugonnot (2020). On se référera à ce dernier article pour une description plus précise et une bibliographie plus complète.

## Validation et diagnose du *Gymnomitrio coralloidis-Barbilophozietum sudeticae* ass. nov.

### *Gymnomitrio coralloidis-Barbilophozietum sudeticae* ass. nov.

Holotypus hoc loco : rel.4, tableau 1 : puy de Dôme ; Ceysnat ; 2,960644 °E ; 45, 773847 °N ; 19/08/2019

### Composition floristique (tableau 1)

Cette nouvelle association est caractérisée par la présence de plusieurs espèces : *Gymnomitrium concinatum*, *Marsupella badensis*, *Barbilophozia sudetica*, *Ditrichum heteromallum* et *Gymnomitrium coralloides*. Elle est paucispécifique (moyenne du nombre de taxons : 6,7) à l'instar de nombreuses autres associations bryophytiques. Le nombre total de taxons est cependant variable d'un relevé à l'autre (de 4 à 8). Les hépatiques à feuilles dominent assez largement au plan numérique (total de 9 espèces). En ce qui concerne les recouvrements, ces hépatiques structurent littéralement le peuplement bryophytique. Les mousses pleurocarpes sont totalement absentes. Seules quelques rares acrocarpes sont présentes de manière éparse. Au final, le recouvrement moyen de cette association est élevé, dépassant fréquemment 70 % (65 % de moyenne).

### Syntaxonomie

Le *Gymnomitrio coralloidis-Barbilophozietum sudeticae* comporte plusieurs espèces de l'*Andreaeion petrophilae* Šm. 1944 : *Barbilophozia sudetica*, *Gymnomitrium adustum*, *G. coralloides*, *Marsupella sprucei* et *Racomitrium fasciculare*. L'attribution à cette alliance semble

évidente. L'architecture syntaxonomique suivante est proposée :

*Grimmieteae alpestris* Had. & Vondr. in Jež. & Vondr. 1962

*Grimmietalia alpestris* Šm. 1944

*Andreaeion petrophilae* Šm. 1944

*Gymnomitrio coralloidis-Barbilophozietum sudeticae* ass. nov.

### Distribution et affinités phytogéographiques

Le *Gymnomitrio coralloidis-Barbilophozietum sudeticae* est décrit du sommet du puy de Dôme, dans la chaîne des Puys (département du Puy-de-Dôme). Les caractéristiques climatiques de cet édifice volcanique, combinées à son altitude supérieure à tous les autres puys de la chaîne et à la présence d'une roche rare, la domite, rendent la présence de cette association sur d'autres puys à proximité peu probable.

Le *Gymnomitrio coralloidis-Barbilophozietum sudeticae* possède un caractère boréo-arctique-montagnard particulièrement tranché. Les océaniques tempérées à nordiques sont de surcroît bien représentées ce qui traduit de manière fidèle l'ambiance climatique du sommet du puy de Dôme.

## Références sommaire

- Hugonnot V., 2020. Une association bryophytique nouvelle, endémique du puy de Dôme (Puy-de-Dôme, Auvergne-Rhône-Alpes) : le *Gymnomitrio coralloidis-Barbilophozietum sudeticae*. *BIOM* 1 : 12-20. <https://doi.org/10.18145/biom.v1i1.247>
- Theurillat J.-P., Willner W., Fernández-González F., Bültmann H., Čarni A., Gigante D., Mucina L. & Weber H., 2020. International code of phytosociological nomenclature. 4th edition. *Applied Vegetation Science*. <https://doi.org/10.1111/avsc.12491>
- Weber H.E., Moravec J. & Theurillat J.-P. 2000. International Code of Phytosociological nomenclature. 3rd edition. *Journal of Vegetation Science* 11: 739-768.

Tableau 1 – Relevés bryosociologiques.

Numéro du relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Surface (cm <sup>2</sup> )	400	200	1000	300	400	500	800	400	500	600	100	250	900
Pente (deg.)	40	50	60	40	30	80	50	60	40	30	60	40	30
Recouvrement	95	80	70	65	70	60	80	30	40	50	70	70	70
Nombre de taxons	6	7	5	9	8	6	8	7	5	4	8	6	8
<b>Espèces caractéristiques</b>													
<i>Gymnomitrium coralloides</i> Nees	+	2.4	3.5	2.4	3.5	2.4	3.4	1.2	2.4	1.2	3.5	3.5	2.4
<i>Barbilophozia sudetica</i> (Nees & Huebener) L.Söderstr., De Roo & Hedd.	3.4	1.3	3.4	3.4	1.3	3.4	3.4		1.3	3.4	3.4		3.4
<i>Gymnomitrium concinnatum</i> (Lightf.) Corda	2.1	2.2	1.2	2.1	2.1	1.2	1.2	2,3	2.2	1.2	2.1	2.1	1.2
<i>Marsupella badensis</i> Schiffn.	5.5	4.5	2.4	3.4	3.4	2.4	3.4	+	1,2	+	3.4	3.4	3,4
<b>Autres espèces et compagnes</b>													
<i>Ditrichum heteromallum</i> (Hedw.) E.Britton	1.3			1.3	+		1.2				1.3	+	
<i>Racomitrium ericoides</i> (Brid.) Brid.		+		+			+						
<i>Oligotrichum hercynicum</i> (Hedw.) Lam. & DC.				+	+	+							
<i>Pogonatum urnigerum</i> (Hedw.) P.Beauv.		+		+							+		
<i>Pohlia cruda</i> (Hedw.) Lindb.		+				+					1,2		
<i>Marsupella emarginata</i> (Ehrh.) Dumort.					1.3							1,2	
<i>Andreaea rupestris</i> Hedw.	+							1,2					
<i>Anomobryum concinnatum</i> (Spruce) Lindb.			+										1,2
<i>Pohlia annotina</i> (Hedw.) Lindb.							+						1,2
<i>Polytrichastrum alpinum</i> (Hedw.) G.L.Sm.					+						+		
<i>Scapania scandica</i> (Arnell & H.Buch) Macvicar				1.3									
<i>Brachydontium trichodes</i> (F.Weber) Milde								+					
<i>Gymnomitrium adustum</i> Nees								+					
<i>Marsupella sprucei</i> (Limpr.) Bernet							+						
<i>Plagiochila porelloides</i> (Torr. ex Nees) Lindenb.									+				
<i>Racomitrium affine</i> (F.Weber & D.Mohr) Lindb.								+					
<i>Racomitrium fasciculare</i> (Hedw.) Brid.												1,2	
<i>Racomitrium lanuginosum</i> (Hedw.) Brid.													+
<i>Diplophyllum albicans</i> (L.) Dumort.													+