



Analyse de la Flore des Alpes. 2: Biodiversité et Chorologie

Authors: Aeschimann, David, Rasolofo, Nathalie, and Theurillat, Jean-Paul

Source: Candollea, 66(2) : 225-253

Published By: The Conservatory and Botanical Garden of the City of Geneva (CJBG)

URL: <https://doi.org/10.15553/c2011v662a1>

BioOne Complete (complete.BioOne.org) is a full-text database of 200 subscribed and open-access titles in the biological, ecological, and environmental sciences published by nonprofit societies, associations, museums, institutions, and presses.

Your use of this PDF, the BioOne Complete website, and all posted and associated content indicates your acceptance of BioOne's Terms of Use, available at www.bioone.org/terms-of-use.

Usage of BioOne Complete content is strictly limited to personal, educational, and non - commercial use. Commercial inquiries or rights and permissions requests should be directed to the individual publisher as copyright holder.

BioOne sees sustainable scholarly publishing as an inherently collaborative enterprise connecting authors, nonprofit publishers, academic institutions, research libraries, and research funders in the common goal of maximizing access to critical research.

Analyse de la flore des Alpes. 2: biodiversité et chorologie

David Aeschimann, Nathalie Rasolofo & Jean-Paul Theurillat

Abstract

AESCHIMANN, D., N. RASOLOFO & J.-P. THEURILLAT (2011). Analysis of the flora of the Alps. 2: biodiversity and chorology. *Candollea* 66: 225-253. In French, English and French abstracts.

The second in a series, this paper continues the statistical analysis of the data published in «Flora alpina». The characterization of biodiversity encompasses the altitudinal and worldwide distribution of the taxa. For each vegetation belt, the following results are provided: the numbers of families and genera, as well as lists of the most important ones, characteristic ones, and ones richest in endemics; the number of taxa that are present or exclusive; the rate of endemism; a cartographic pattern of endemism; and the number of taxa from each floristic contingent. Comparisons are made between the western and the eastern Alps, showing that the bicentrism is more pronounced in the lower belts. The relative weight of each floristic contingent is provided for the total flora and for the xenophytes, as well as being presented in the form of cartographic patterns for the main contingents. With almost a third of the taxa, the South-European montane contingent is the most important one. It is demonstrated that in the Alps, taxonomic richness is positively correlated with the relative weight of the Mediterranean contingent. The families and genera characterizing South-European montane and Arctic-Alpine contingents are listed.

Key-words

Flora of the Alps – Alpine arc – Floristics – Biodiversity – Vegetation belts – Orophytes – Endemism – Chorology – Alpine orosystem

Adresses des auteurs: DA: Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, Laboratoire universitaire de Systématique végétale et Biodiversité, case postale 60, CH-1292 Chambésy, Switzerland. Email: david.aeschimann@ville-ge.ch

NR: Planta 47, CH-1223 Cologny, Switzerland

JPT: Fondation J.-M. Aubert, case postale 71, CH-1938 Champex-Lac, Switzerland / Laboratoire de Biogéographie, Section de Biologie, Université de Genève, case postale 60, CH-1292 Chambésy, Switzerland

Soumis le 27 janvier 2011. Accepté le 29 mars 2011.

Edité par P. Bungener

Introduction

Dans le premier article de cette série (AESCHIMANN & al., 2011) consacrée à l'analyse statistique des données publiées dans le «Flora alpina» (AESCHIMANN & al., 2004), les questions relatives à la nomenclature et à la chorologie dans les Alpes ont été traitées. Un historique a été dressé et la biodiversité des plantes vasculaires de l'arc alpin a été quantifiée et caractérisée, notamment en termes de richesse aréale et d'endémisme. Les patrons cartographiques obtenus confirment les différences floristiques entre les Alpes occidentales et orientales, mettant en évidence le bicentrisme évoqué récemment par OZENDA (2009: 1097). Ce deuxième article aborde les rubriques 17 et 20 des fiches du «Flora alpina» (1: 28, 34-35), qui concernent la distribution mondiale et altitudinale de chaque taxon. Les autres données (biologie, phénologie, écologie, milieux et phytosociologie), soit celles des rubriques 10, 11, 12, 14, 18, 19, 21 et 22 des fiches du «Flora alpina» seront analysées dans les prochains articles de cette série (en préparation).

Le présent travail poursuit la caractérisation et la quantification de la biodiversité, mais en introduisant d'une part une troisième dimension, les étages de végétation, et d'autre part en s'intéressant à la chorologie au niveau mondial. L'objectif est de répondre à diverses questions, regroupées ci-dessous en trois sections reprises dans les chapitres suivants.

Biodiversité par étage de végétation

1. Combien de familles sont-elles représentées à chaque étage de végétation? Quelles sont, par étage, les familles les plus importantes (nombres de taxons, %)? Comment les proportions des familles varient-elles en fonction de l'altitude?
2. Combien de familles comportant au moins un taxon endémique sont-elles représentées à chaque étage? Quelles sont, par étage, les familles les plus riches en taxons endémiques? Comment les taux d'endémiques des familles varient-ils en fonction de l'altitude?
3. Combien de genres sont-ils représentés à chaque étage? Quelles sont, par étage, les genres les plus importants (nombres de taxons, %)? Comment les proportions des genres varient-elles en fonction de l'altitude?
4. Combien de genres comportant au moins un taxon endémique sont-ils représentés à chaque étage? Quels sont, par étage, les genres les plus riches en taxons endémiques? Comment les taux d'endémiques des genres varient-ils en fonction de l'altitude?
5. Combien de taxons (endémiques, indigènes, xénophytes) sont-ils recensés dans chaque étage? Comment le taux d'endémisme varie-t-il en fonction de l'altitude?
6. Combien de taxons sont-ils exclusifs de chaque étage et quelles sont les proportions d'endémiques parmi ces taxons?

Alpes occidentales et orientales

1. Combien de taxons sont-ils recensés dans les deux parties principales de l'arc alpin (Alpes occidentales et orientales) et comment expliquer les éventuelles différences?
2. Combien de taxons indigènes non endémiques sont-ils recensés à chaque étage dans les deux parties principales de l'arc alpin et comment expliquer les éventuelles différences? Quelle est, pour ce groupe de taxons, globalement et par étage, la similarité floristique entre les Alpes occidentales et orientales?
3. Combien de taxons endémiques sont-ils recensés à chaque étage dans les deux parties principales de l'arc alpin et comment expliquer les éventuelles différences? Quelle est, pour ce groupe de taxons, globalement et par étage, la similarité floristique entre les Alpes occidentales et orientales? Quels sont, globalement et par étage, les taux d'endémisme dans les Alpes occidentales et orientales? Des patrons cartographiques d'endémisme propres à certains étages peuvent-ils être mis en évidence?

Distributions mondiales

1. Quels sont les poids relatifs des divers contingents floristiques dans les Alpes (distributions mondiales des taxons)?
2. Quelles sont les provenances géographiques des xénophytes recensés dans les Alpes?
3. Quels sont les principaux contingents floristiques à chaque étage de végétation?
4. Des patrons cartographiques du poids relatif de certains contingents floristiques peuvent-ils être mis en évidence? Une corrélation peut-elle être établie entre l'un des ces patrons et celui déjà dressé pour la richesse aréale (AESCHIMANN & al., 2011: 46)?
5. Quels sont les genres et les familles caractéristiques des cortèges floristiques sud-européen-montagnard et arctico-alpin?

Matériel et méthodes

Les informations générales concernant cette série d'analyses de la Flore des Alpes ont été fournies précédemment (AESCHIMANN & al., 2011: 28-31), soit celles traitant de la dition, de ses cinq secteurs et de ses 29 divisions administratives, ainsi que celles relatives aux taxons considérés, aux indications chorologiques et à la base de données. Seuls les renseignements spécifiques à ce deuxième article sont donnés ci-après.

Etages de végétation

Cinq étages de végétation sont traditionnellement reconnus dans les Alpes: collinéen, montagnard, subalpin, alpin et nival.

Dans le «Flora alpina» (1 : 34-35), les indications de présence d'un taxon dans chacun des étages sont données en précisant si le taxon est régulièrement présent dans l'étage (bleu foncé) ou si sa présence y est faible, voire occasionnelle (bleu clair). Cette distinction n'est toutefois pas retenue pour les présentes analyses statistiques, un taxon étant alors soit absent, soit présent dans un étage de végétation (quel que soit son degré de présence). Les résultats sont complétés par un décompte des taxons exclusifs de chaque étage, c'est-à-dire des taxons dont la présence est limitée à un seul étage. On répond ainsi au souhait exprimé par OZENDA (1985 : 234) concernant l'évaluation numérique de la flore de l'étage alpin.

Quatre regroupements d'étages sont de plus établis, afin de fournir des résultats relatifs à des tranches altitudinales correspondant à des critères plus larges : collinéen-montagnard (étages des forêts feuillues caducifoliées), collinéen-montagnard-subalpin (étages situés sous la limite altitudinale des forêts), sub-alpin-alpin-nival (étages d'altitude, domaine des orophytes «au sens large»), alpin-nival (étages de haute altitude, situés au-dessus de la limite altitudinale des forêts et domaine des orophytes «au sens strict»). Etant donné que la notion d'orophyte n'est pas définie de manière exacte et univoque (voir notamment FAVARGER (1972a, b, 1995), KÖRNER (1995), OZENDA (1985, 2009), OZENDA & BOREL (2003), PAWLOWSKI (1970), THEURILLAT (1995), THEURILLAT & GUISAN (2001) et THEURILLAT & al. (1998)), le lecteur trouvera plus bas selon ses propres critères les chiffres qu'il recherche, par étage ou regroupement d'étages.

Alpes occidentales et orientales

Toute comparaison floristique chiffrée des deux parties de la chaîne des Alpes implique le choix d'une limite géographique. Comme relevé précédemment (AESCHIMANN & al., 2011 : 29), la question de savoir où placer cette limite entre les Alpes occidentales et orientales retient l'attention des phytogéographes et des floristes depuis longtemps. Dans un exposé des faits, FAVARGER (1972b : 194 ; 1995 : I : 34) précise qu'un choix est difficile entre la limite allant du lac de Constance au lac de Côme (CHODAT & PAMPANINI, 1902 ; PAMPANINI, 1903) et celle qui va du lac Léman au lac Majeur (MERXMÜLLER, 1952). Toutefois, dans l'un de ses travaux, FAVARGER (1972a) retient la limite proposée par MERXMÜLLER (1952). Une majorité d'auteurs (voir AESCHIMANN & al., 2011 : 29) adoptent néanmoins la limite Bregenz-Côme, devenue classique et autour de laquelle un consensus se dessine aujourd'hui (OZENDA & BOREL, 2006 : 3-4). C'est la limite utilisée dans ce travail pour séparer les Alpes occidentales et orientales. Autrement dit, pour ces analyses, les Alpes occidentales se composent de trois secteurs géographiques précédemment établis, soit les Alpes sud-occidentales, nord-occidentales et centrales (voir AESCHIMANN & al., 2011 : 29-30), alors que les Alpes orientales réunissent les deux secteurs des Alpes ouest- et est-orientales.

Pour calculer la similarité floristique entre les Alpes occidentales et orientales, le coefficient de JACCARD (1900, 1901a, b, 1902, 1908) est retenu, soit :

$$cJ = (\text{com} / \text{occ} + \text{or} + \text{com}) \times 100$$

où «com» est le nombre de taxons communs aux deux parties des Alpes, alors que «occ» et «or» sont les nombres de taxons propres aux Alpes occidentales et orientales respectivement. A noter que Jaccard a introduit ce coefficient de similarité floristique dans cinq publications, mais ce n'est que dans celle de 1902 (p. 72) qu'il est formellement établi, sous le nom de «coefficient de communauté florale».

Distributions mondiales

La distribution mondiale de chaque taxon est indiquée de manière simplifiée dans le «Flora alpina» (1 : 28), au moyen de 31 abréviations souvent combinées par le signe «/». Sur un total de 178 possibilités que recèlent les fiches de l'ouvrage, 21 groupes principaux sont constitués pour les présentes analyses, chacun des 4485 taxons traités (AESCHIMANN & al., 2011 : 30) étant attribué à l'un des 21 contingents floristiques suivants :

Am.	=	américain
Arct.-Alp.	=	arctico-alpin
Asiat.	=	asiatique
Austr.	=	australien
Cosmop.	=	cosmopolite
Eur.	=	européen
Eur./N-Am.	=	européen/nord-américain
Eur.-Mont.	=	européen-montagnard
Eurasiat.	=	eurasiatique
Eurasiat./Afr.	=	eurasiatique/africain
Eurasiat./Am.	=	eurasiatique/américain
Eurosib.	=	eurosibérien
Eurosib./N-Am.	=	eurosibérien/nord-américain
Médit.	=	méditerranéen
Médit.-Mont.	=	méditerranéen-montagnard
Pyr.	=	pyrénéen
S-Afr.	=	sud-africain
S-Eur.-Mont.	=	sud-européen-montagnard
Trop.	=	tropical
W-Eur./Médit.	=	ouest-européen/méditerranéen
?	=	distribution non ou mal connue

Le contingent sud-européen-montagnard (S-Eur.-Mont.) regroupe des taxons dont l'aire de distribution est comprise dans le «domaine des hautes montagnes européennes» au sens de GAUSSEN (1954) ou «Florengebiet der mittel- und süd-europäischen Gebirge» de HESS & al. (1976-1980). Ce «domaine floristique des montagnes d'Europe centrale et méridionale» (LANDOLT & AESCHIMANN, 2005) est celui d'un important cortège de taxons endémiques qui occupe une série de chaînes de montagnes, dont l'ensemble constitue ce qu'OZENDA (1985, 1995, 2009) appelle le «système alpin» ou «orosystème alpin» (OZENDA, 1997, 2009). Outre les Alpes, les chaînes principales de ce domaine sont l'Apennin septentrional et central, les Carpates, les Dinarides et les Pyrénées. Pour plus de détails, voir le «Flora alpina» (1: 17-18).

Certains des 21 contingents précités sont fragmentés pour détailler les origines des xénophytes. Pour cette analyse uniquement, les cinq contingents américain, asiatique, eurasiatique, méditerranéen et tropical se décomposent ainsi en sous-contingents :

Am.	=	américain
N-Am.	=	nord-américain
S-Am.	=	sud-américain
Asiat.	=	asiatique
E-Asiat.	=	est-asiatique
W-Asiat.	=	ouest-asiatique
Cauc.	=	caucasien
Eurasiat.	=	eurasiatique
Eur./W-Asiat.	=	européen/ouest-asiatique
Médit.	=	méditerranéen
Médit./Asiat.	=	méditerranéen/asiatique
Pantrop.	=	pantropical
Néotrop.	=	néotropical
Paléotrop.	=	paléotropical

Résultats et discussions

Biodiversité par étage de végétation

1. Familles

Les familles les plus vastes sont listées dans le tableau 1, qui mentionne aussi le nombre total de familles représentées à chaque étage de végétation. On recense 147 familles à l'étage collinéen, sur les 148 que compte la flore des Alpes selon AESCHIMANN & al. (2004, 2011). Les *Empetraceae* sont en effet absentes de cet étage inférieur, car présentes seulement aux étages montagnard, subalpin et alpin. Vingt-cinq familles sont exclusives de l'étage collinéen (p. ex. les *Elatinaceae*, les *Najadaceae* et les *Staphyleaceae*), sans toutefois être listées en bas de ce premier tableau, car trop faiblement représentées dans les Alpes. Le nombre de familles présentes décroît en fonction de l'altitude, mais 95 sont encore recensées à l'étage subalpin, soit 64%. A l'étage alpin, seules 60 familles sont dénombrées et l'on en déduit que 88 familles (presque 60%) sont exclusives du regroupement des trois étages inférieurs, ne franchissant donc pas la limite altitudinale des forêts (p. ex. les *Alismataceae*, les *Malvaceae* et les *Resedaceae*). On ne compte plus que 21 familles (14%) à l'étage nival, où cinq d'entre elles, les *Asteraceae*, *Poaceae*, *Saxifragaceae*, *Brassicaceae* et *Caryophyllaceae*, réunissent près de 62% des taxons, ce qui corrobore les conclusions d'études locales, comme celle de REISIGL & PITSCHMANN (1958). D'autre part, on constate que les *Asteraceae* et les *Poaceae* sont les deux familles les mieux représentées à chaque étage et que leur pourcentage de taxons augmente même un peu dans les étages supérieurs. Ainsi, elles rassemblent près de 31% des taxons de l'étage nival, contre seulement 20,3% à l'étage collinéen. Relevée notamment par KÖRNER (2003: 14), la position dominante de ces deux familles en altitude est confirmée. Quelques familles occupent des rangs assez stables dans le haut du classement, comme les *Brassicaceae* et les *Caryophyllaceae*. Cependant, de manière générale, les rangs des familles de même que leurs nombres et pourcentages de taxons varient énormément d'un étage à l'autre, comme le mentionnent OZENDA (1985: 234) et OZENDA & BOREL (2003: 59). Ainsi, certaines familles voient leur rang régresser lorsqu'on s'élève dans les étages de végétation, notamment les *Apiaceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Liliaceae*, *Orchidaceae*, *Rubiaceae* et *Euphorbiaceae*. Pour les *Fabaceae* et les *Lamiaceae* (en gras sur le tableau 1), la chute de représentation est importante. En effet, les *Fabaceae* comptent 239 taxons (6,8% et 3^e rang) à l'étage collinéen, mais plus que 3 (2% et 10^e rang) à l'étage nival. Un constat comparable est fait en Corse par JEANMONOD & al. (2011: 13-15). On dénombre 130 taxons chez les *Lamiaceae* au collinéen (3,7% et 9^e rang), mais seulement 11 (1% et 22^e rang) à l'étage alpin et plus aucun à l'étage nival. Le classement d'autres familles progresse en revanche en fonction de l'altitude, par exemple celui des *Campanulaceae*, *Gentianaceae*, *Primulaceae*, *Salicaceae* et *Saxifragaceae*.

Tableau 1. – Nombre de taxons présents par famille dans chaque étage de végétation (classement décroissant) et pourcentage sur le total de taxons recensés dans l'étage. La flore totale (endémiques, indigènes et xénophytes) est considérée. La dernière ligne donne le nombre de familles présentes par étage et le pourcentage sur les 148 familles de la dition. Quatre familles dont la variation de représentation au fil des étages est très forte sont indiquées en gras (voir le texte). Les 35 familles réunissant chacune plus de 20 taxons à l'étage collinéen déterminent le nombre de lignes du tableau.

Collinéen	Nb.	%	Montagnard	Nb.	%	Subalpin	Nb.	%	Alpin	Nb.	%	Nival	Nb.	%
Asteraceae	421	12,0	Asteraceae	414	12,5	Asteraceae	315	13,1	Asteraceae	146	13,3	Asteraceae	25	16,4
Poaceae	293	8,3	Poaceae	258	7,8	Poaceae	194	8,1	Poaceae	107	9,7	Poaceae	22	14,5
Fabaceae	239	6,8	Fabaceae	200	6,0	Brassicaceae	141	5,9	Brassicaceae	78	7,1	Saxifragaceae	20	13,2
Brassicaceae	191	5,4	Brassicaceae	196	5,9	Fabaceae	139	5,8	Caryophyllaceae	63	5,7	Brassicaceae	14	9,2
Rosaceae	143	4,1	Caryophyllaceae	153	4,6	Caryophyllaceae	133	5,5	Scrophulariaceae	56	5,1	Caryophyllaceae	13	8,6
Scrophulariaceae	140	4,0	Scrophulariaceae	150	4,5	Scrophulariaceae	120	5,0	Cyperaceae	54	4,9	Primulaceae	8	5,3
Caryophyllaceae	136	3,9	Rosaceae	139	4,2	Cyperaceae	99	4,1	Saxifragaceae	50	4,5	Rosaceae	8	5,3
Apiaceae	133	3,8	Apiaceae	131	3,9	Ranunculaceae	88	3,7	Ranunculaceae	48	4,4	Crassulaceae	6	3,9
Lamiaceae	130	3,7	Lamiaceae	121	3,6	Rosaceae	87	3,6	Fabaceae	47	4,3	Campanulaceae	5	3,3
Cyperaceae	127	3,6	Cyperaceae	119	3,6	Apiaceae	80	3,3	Primulaceae	41	3,7	Gentianaceae	5	3,3
Liliaceae	96	2,7	Ranunculaceae	112	3,4	Lamiaceae	77	3,2	Gentianaceae	37	3,4	Juncaceae	5	3,3
Ranunculaceae	94	2,7	Liliaceae	83	2,5	Saxifragaceae	59	2,5	Rosaceae	37	3,4	Scrophulariaceae	5	3,3
Orchidaceae	80	2,3	Orchidaceae	74	2,2	Campanulaceae	57	2,4	Apiaceae	25	2,3	Salicaceae	4	2,6
Boraginaceae	69	2,0	Boraginaceae	64	1,9	Primulaceae	53	2,2	Campanulaceae	24	2,2	Cyperaceae	3	2,0
Polypodiaceae	58	1,7	Campanulaceae	62	1,9	Orchidaceae	51	2,1	Polypodiaceae	23	2,1	Fabaceae	3	2,0
Rubiaceae	56	1,6	Polypodiaceae	57	1,7	Liliaceae	50	2,1	Juncaceae	22	2,0	Apiaceae	1	0,7
Campanulaceae	53	1,5	Rubiaceae	54	1,6	Polypodiaceae	48	2,0	Orchidaceae	20	1,8	Boraginaceae	1	0,7
Euphorbiaceae	43	1,2	Primulaceae	44	1,3	Gentianaceae	44	1,8	Liliaceae	19	1,7	Liliaceae	1	0,7
Polygonaceae	42	1,2	Polygonaceae	42	1,3	Crassulaceae	37	1,5	Crassulaceae	18	1,6	Onagraceae	1	0,7
Chenopodiaceae	32	0,9	Crassulaceae	40	1,2	Rubiaceae	37	1,5	Violaceae	16	1,5	Polygonaceae	1	0,7
Dipsacaceae	31	0,9	Dipsacaceae	40	1,2	Juncaceae	36	1,5	Salicaceae	13	1,2	Ranunculaceae	1	0,7
Juncaceae	31	0,9	Juncaceae	39	1,2	Boraginaceae	34	1,4	Boraginaceae	12	1,1	-	-	-
Saxifragaceae	31	0,9	Saxifragaceae	39	1,2	Salicaceae	31	1,3	Ericaceae	11	1,0	-	-	-
Crassulaceae	30	0,9	Euphorbiaceae	36	1,1	Violaceae	29	1,2	Lamiaceae	11	1,0	-	-	-
Primulaceae	30	0,9	Gentianaceae	35	1,1	Polygonaceae	24	1,0	Rubiaceae	10	0,9	-	-	-
Geraniaceae	27	0,8	Salicaceae	31	0,9	Dipsacaceae	21	0,9	Valerianaceae	9	0,8	-	-	-
Orobanchaceae	27	0,8	Violaceae	30	0,9	Valerianaceae	16	0,7	Papaveraceae	8	0,7	-	-	-
Violaceae	27	0,8	Geraniaceae	26	0,8	Onagraceae	15	0,6	Onagraceae	7	0,6	-	-	-
Iridaceae	26	0,7	Orobanchaceae	25	0,8	Ericaceae	14	0,6	Polygonaceae	7	0,6	-	-	-
Solanaceae	26	0,7	Iridaceae	22	0,7	Euphorbiaceae	13	0,5	Lycopodiaceae	6	0,5	-	-	-
Valerianaceae	24	0,7	Onagraceae	22	0,7	Orobanchaceae	13	0,5	Plantaginaceae	6	0,5	-	-	-
Onagraceae	23	0,7	Valerianaceae	21	0,6	Potamogetonaceae	13	0,5	Dipsacaceae	5	0,5	-	-	-
Salicaceae	23	0,7	Cistaceae	19	0,6	Geraniaceae	12	0,5	Geraniaceae	4	0,4	-	-	-
Gentianaceae	22	0,6	Potamogetonaceae	18	0,5	Papaveraceae	11	0,5	Leptilariaceae	4	0,4	-	-	-
Potamogetonaceae	22	0,6	Ericaceae	17	0,5	Polygalaceae	11	0,5	Thymelaeaceae	4	0,4	-	-	-
Autres	539	15,3	Autres	392	11,8	Autres	198	8,2	Autres	51	4,6	Autres	-	-
Total	3515	100,0	Total	3325	100,0	Total	2400	100,0	Total	1099	100,0	Total	152	100,0
Nb. familles	147	99,3	Nb. familles	123	83,1	Nb. familles	95	64,2	Nb. familles	60	40,5	Nb. familles	21	14,2

Pour les *Saxifragaceae* et les *Primulaceae* (en gras sur le tableau 1), la progression est très forte. Ainsi, avec 31 taxons (0,9%), les *Saxifragaceae* n'occupent que le 21^e rang à l'étage collinéen, mais elles rassemblent 59 taxons (2,5%) à l'étage subalpin, ce qui les place au 12^e rang de cet étage, et elles passent au 3^e rang à l'étage nival, avec encore 20 taxons (13,2%). Quant aux *Primulaceae*, elles sont au 22^e rang à l'étage collinéen (30 taxons, 0,9%), mais elles passent au 14^e rang dans le subalpin (53 taxons, 2,2%) et se retrouvent au 6^e rang à l'étage nival, avec encore 8 taxons (5,3%). En chiffres absolus, de nombreuses familles comptent un maximum de taxons dans les étages inférieurs, notamment les *Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae* et *Rosaceae*. En revanche, les *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae* et *Campanulaceae* par exemple comptent un nombre maximal de taxons à l'étage montagnard. Les *Salicaceae* rassemblent le plus de taxons aux étages montagnard et subalpin (chaque fois 31 taxons). Enfin, les *Gentianaceae*, *Primulaceae* et *Saxifragaceae* montrent clairement un maximum de taxons au subalpin.

2. Endémiques par famille

Le tableau 2 liste toutes les familles qui comportent au moins un taxon endémique dans un étage, par ordre décroissant du pourcentage d'endémiques. A l'étage collinéen, 32 familles sur 147 sont concernées (pourcentage en figure 1) et le taux d'endémiques par famille ne dépasse pas 34% (*Campanulaceae*); pour 6 familles seulement ce taux est $\geq 10\%$. A l'étage montagnard, 36 familles sur 123 sont concernées et le taux d'endémiques par famille atteint au maximum 43,5% (*Campanulaceae*). C'est à l'étage subalpin que le nombre de familles comportant au moins un taxon endémique est le plus élevé, soit 38 sur 95, et le taux maximal d'endémiques par famille atteint 47,4% (*Campanulaceae*); pour 28 familles ce taux est $\geq 10\%$. A l'étage subalpin également, le plus grand nombre de taxons endémiques par famille est atteint, soit 55 chez les *Asteraceae*. D'autres familles comme les *Saxifragaceae*, *Primulaceae*, *Violaceae*, *Gentianaceae*, *Caryophyllaceae*, *Rubiaceae* et *Poaceae* comptent aussi un maximum d'endémiques au subalpin. Les 295 taxons endémiques recensés à l'étage alpin se répartissent sur 30 familles et 12 d'entre elles y ont un taux d'endémiques $\geq 33,3\%$, le maximum étant de 70% (*Rubiaceae*); pour 27 familles sur 30 ce taux est $\geq 10,8\%$. C'est à l'étage alpin que le plus grand pourcentage de familles comportant au moins un taxon endémique est atteint, soit 50%, avec 30 familles sur 60 (fig. 1). A l'étage nival, 10 familles sur 21 réunissent les 46 endémiques recensés et toutes y ont un taux d'endémiques compris entre 16,7% et 55%. A chacun des cinq étages, le taux d'endémiques des *Campanulaceae* est très élevé (34-54%) et cette famille occupe le haut du classement (1^{er}-4^e rang). C'est aux étages montagnard et subalpin qu'on dénombre le plus de *Campanulaceae* endémiques (27), comme entre autres chez les *Crassulaceae*,

Ranunculaceae et *Apiaceae*. Le taux d'endémiques des *Dipsacaceae* augmente régulièrement de l'étage collinéen (19,4%) à l'étage alpin (60%) et elles passent du 3^e au 2^e rang, mais comptent un maximum d'endémiques au montagnard (15). Les taux d'endémiques des *Saxifragaceae* et *Primulaceae* augmentent aussi et ces familles atteignent l'étage nival où elles occupent respectivement le 1^{er} et le 2^e rang, avec 55% et 50% d'endémiques. Le nombre total de *Rubiaceae* diminue régulièrement au fil des étages, alors que leur taux d'endémiques augmente fortement, jusqu'à 70% à l'étage alpin (1^{er} rang), mais elles disparaissent ensuite à l'étage nival. Les nombres d'*Orchidaceae* suivent une évolution comparable à ceux des *Rubiaceae*. Les deux plus importantes familles de la flore des Alpes, les *Asteraceae* et les *Poaceae*, ont aussi un nombre de taxons qui décline et un taux d'endémiques qui augmente en fonction de l'altitude, si bien qu'à l'étage nival on retrouve ces deux familles au 3^e et 6^e rang, avec respectivement 44% et 31,8% d'endémiques. Les *Asteraceae*, *Campanulaceae*, *Dipsacaceae*, *Orchidaceae*, *Poaceae*, *Primulaceae*, *Rubiaceae* et *Saxifragaceae* figurent en gras sur le tableau 2.

3. Genres

Les genres les plus vastes sont listés dans le tableau 3, qui mentionne aussi le nombre total de genres représentés à chaque étage de végétation. On recense 891 genres à l'étage collinéen, sur les 932 que compte la flore des Alpes selon AESCHIMANN & al. (2004, 2011), soit 95,6%. Le nombre de genres présents décroît en fonction de l'altitude, mais 533 sont encore représentés à l'étage subalpin, soit plus de la moitié d'entre eux (57%). A l'étage alpin, seulement 271 genres sont recensés, soit moins de 30%. On ne compte plus que 62 genres (6,7%) à l'étage nival, où les *Saxifraga*, *Draba* et *Androsace* réunissent ensemble près de 22% des taxons. D'autre part, on constate que le genre *Carex*, le plus vaste de la flore des Alpes avec 115 taxons (AESCHIMANN & al., 2011 : 39), occupe le 1^{er} rang aux étages collinéen, montagnard et subalpin, mais le 2^e rang à l'étage alpin et seulement le 7^e à l'étage nival. En revanche, le genre *Festuca*, second de la flore des Alpes avec 70 taxons, occupe ce 2^e rang du collinéen au subalpin, mais encore le 3^e rang aux étages alpin et nival. Certains genres voient leur rang régresser lorsqu'on s'élève dans les étages de végétation, notamment les *Allium*, *Bromus*, *Centaurea*, *Crepis*, *Euphorbia*, *Galium*, *Geranium*, *Lathyrus*, *Orobanche*, *Potamogeton*, *Rumex* et *Vicia*. Pour les genres *Galium*, *Euphorbia* et *Centaurea* (en gras sur le tableau 3), la chute de représentation est importante. Les *Galium* comptent en effet 40 taxons (3^e rang) à l'étage collinéen, mais plus que 10 à l'étage alpin (15^e rang) et disparaissent à l'étage nival. Les *Euphorbia* sont au nombre de 39 (4^e rang) à l'étage collinéen, 33 au montagnard (8^e rang), 11 au subalpin (24^e rang), 1 à l'étage alpin (24^e rang) et ce genre disparaît à l'étage nival. On dénombre 35 *Centaurea* au collinéen (6^e rang) et même 40 au montagnard

Tableau 2. – Nombre de taxons présents et endémiques de la dition, par famille et dans chaque étage de végétation, avec le pourcentage de taxons endémiques sur le total de taxons recensés par famille dans l'étage (première clé de tri: classement décroissant selon le pourcentage de taxons endémiques; seconde clé de tri: classement décroissant selon le nombre de taxons endémiques). La flore totale (endémiques, indigènes et xénophytes) est considérée. Huit familles faisant l'objet de commentaires dans le texte sont indiquées en gras. Toutes les familles réunissant au moins un taxon endémique dans un étage figurent dans ce tableau.

Collinéen	Nb.	End.	%	Montagnard	Nb.	End.	%	Subalpin	Nb.	End.	%	Alpin	Nb.	End.	%	Nival	Nb.	End.	%
Campanulaceae	53	18	34,0	Campanulaceae	62	27	43,5	Campanulaceae	57	27	47,4	Rubiaceae	10	7	70,0	Saxifragaceae	20	11	55,0
Thymelaeaceae	10	2	20,0	Dipsacaceae	40	15	37,5	Dipsacaceae	21	9	42,9	Dipsacaceae	5	3	60,0	Primulaceae	8	4	50,0
Dipsacaceae	31	6	19,4	Saxifragaceae	39	12	30,8	Saxifragaceae	59	25	42,4	Campanulaceae	24	13	54,2	Asteraceae	25	11	44,0
Saxifragaceae	31	5	16,1	Primulaceae	44	11	25,0	Primulaceae	53	22	41,5	Papaveraceae	8	4	50,0	Campanulaceae	5	2	40,0
Primulaceae	30	4	13,3	Crassulaceae	40	10	25,0	Thymelaeaceae	6	2	33,3	Thymelaeaceae	4	2	50,0	Brassicaceae	14	5	35,7
Crassulaceae	30	3	10,0	Caryophyllaceae	153	33	21,6	Viola	29	9	31,0	Primulaceae	41	20	48,8	Poaceae	22	7	31,8
Caryophyllaceae	136	13	9,6	Viola	30	6	20,0	Genitianeae	44	13	29,5	Saxifragaceae	50	24	48,0	Caryophyllaceae	13	3	23,1
Lenibulariaceae	11	1	9,1	Euphorbiaceae	36	6	16,7	Caryophyllaceae	133	37	27,8	Viola	16	7	43,8	Genitianeae	5	1	20,0
Polygalaceae	13	1	7,7	Ranunculaceae	112	17	15,2	Crassulaceae	37	10	27,0	Brassicaceae	78	32	41,0	Scrophulariaceae	5	1	20,0
Rubiaceae	56	4	7,1	Genitianeae	35	5	14,3	Rubiaceae	37	10	27,0	Caryophyllaceae	63	23	36,5	Crassulaceae	6	1	16,7
Euphorbiaceae	43	3	7,0	Rubiaceae	54	7	13,0	Valerianeae	16	4	25,0	Orchidaceae	20	7	35,0	-	-	-	
Fumariaceae	15	1	6,7	Ericaceae	17	2	11,8	Lenibulariaceae	8	2	25,0	Valerianeae	9	3	33,3	-	-	-	
Cistaceae	18	1	5,6	Thymelaeaceae	9	1	11,1	Iridaceae	4	1	25,0	Fabaceae	47	14	29,8	-	-	-	
Ranunculaceae	94	5	5,3	Brassicaceae	196	20	10,2	Euphorbiaceae	13	3	23,1	Genitianeae	37	11	29,7	-	-	-	
Polyodiaceae	58	3	5,2	Scrophulariaceae	150	15	10,0	Brassicaceae	141	32	22,7	Poaceae	107	31	29,0	-	-	-	
Scrophulariaceae	140	7	5,0	Apiaceae	131	13	9,9	Ranunculaceae	88	17	19,3	Asteraceae	146	42	28,8	-	-	-	
Asteraceae	421	20	4,8	Asteraceae	414	38	9,2	Scrophulariaceae	120	23	19,2	Scrophulariaceae	56	15	26,8	-	-	-	
Brassicaceae	191	9	4,7	Poaceae	258	22	8,5	Papaveraceae	11	2	18,2	Geraniaceae	4	1	25,0	-	-	-	
Onagraceae	23	1	4,3	Liliaceae	83	7	8,4	Asteraceae	315	55	17,5	Lenibulariaceae	4	1	25,0	-	-	-	
Fabaceae	239	9	3,8	Fumariaceae	12	1	8,3	Poaceae	194	32	16,5	Crassulaceae	18	4	22,2	-	-	-	
Lamiaceae	130	5	3,8	Polygalaceae	12	1	8,3	Apiaceae	80	13	16,3	Liliaceae	19	4	21,1	-	-	-	
Iridaceae	26	1	3,8	Fabaceae	200	15	7,5	Salicaceae	31	5	16,1	Ranunculaceae	48	10	20,8	-	-	-	
Geraniaceae	27	1	3,7	Lenibulariaceae	14	1	7,1	Ericaceae	14	2	14,3	Ericaceae	11	2	18,2	-	-	-	
Orobanchaceae	27	1	3,7	Salicaceae	31	2	6,5	Orchidaceae	51	7	13,7	Apiaceae	25	4	16,0	-	-	-	
Viola	27	1	3,7	Boraginaceae	64	4	6,3	Fabaceae	139	18	12,9	Salicaceae	13	2	15,4	-	-	-	
Poaceae	293	10	3,4	Cistaceae	19	1	5,3	Fumariaceae	8	1	12,5	Onagraceae	7	1	14,3	-	-	-	
Liliaceae	96	3	3,1	Rosaceae	139	7	5,0	Liliaceae	50	5	10,0	Rosaceae	37	4	10,8	-	-	-	
Boraginaceae	69	2	2,9	Lamiaceae	121	6	5,0	Cistaceae	10	1	10,0	Boraginaceae	12	1	8,3	-	-	-	
Rosaceae	143	4	2,8	Valerianeae	21	1	4,8	Polygalaceae	11	1	9,1	Juncaceae	22	1	4,5	-	-	-	
Cyperaceae	127	2	1,6	Iridaceae	22	1	4,5	Boraginaceae	34	3	8,8	Cyperaceae	54	2	3,7	-	-	-	
Apiaceae	133	2	1,5	Onagraceae	22	1	4,5	Geraniaceae	12	1	8,3	-	-	-	-	-	-		
Orchidaceae	80	1	1,3	Orobanchaceae	25	1	4,0	Rosaceae	87	7	8,0	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	Geraniaceae	26	1	3,8	Orobanchaceae	13	1	7,7	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	Polyodiaceae	57	2	3,5	Onagraceae	15	1	6,7	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	Orchidaceae	74	2	2,7	Polyodiaceae	48	2	4,2	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	Cyperaceae	119	3	2,5	Cyperaceae	99	4	4,0	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	Lamiaceae	77	3	3,9	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	Juncaceae	36	1	2,8	-	-	-	-	-	-		

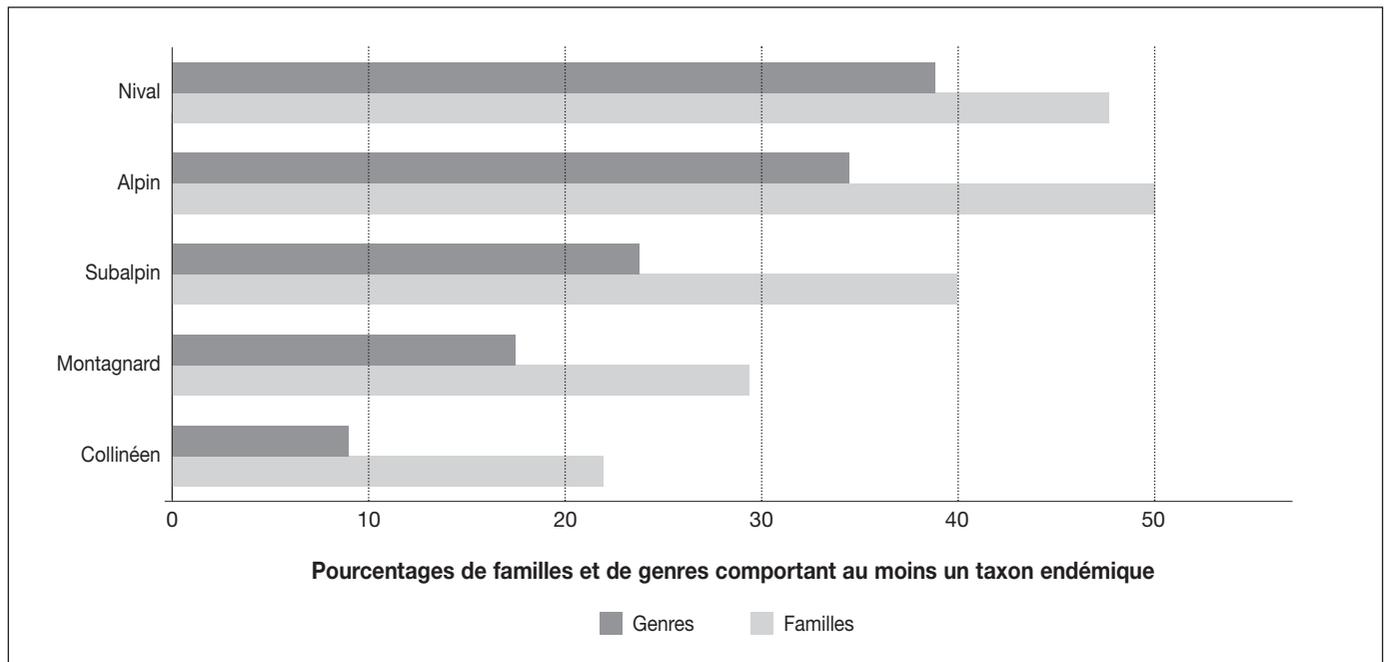


Fig. 1. – Pourcentages de familles et de genres comportant au moins un taxon endémique, dans chacun des cinq étages de végétation (% sur le nombre de familles ou le nombre de genres recensés dans l'étage).

(4^e rang), mais seulement 18 au subalpin (17^e rang) et plus que 4 à l'étage alpin (21^e rang), ce genre disparaissant aussi à l'étage nival. Le classement d'autres genres progresse en revanche en fonction de l'altitude, par exemple celui des *Achillea*, *Androsace*, *Artemisia*, *Cerastium*, *Draba*, *Gentiana*, *Luzula*, *Minuartia*, *Poa*, *Primula*, *Salix*, *Saxifraga* et *Semprevivum*. Pour les genres *Saxifraga*, *Draba* et *Androsace* (en gras sur le tableau 3), la progression est très forte. Avec 20 taxons (0,6%), les *Saxifraga* n'occupent en effet que le 16^e rang à l'étage collinéen, mais rassemblent déjà 31 taxons au montagnard (9^e rang), 51 taxons au subalpin (3^e rang), puis 47 et 20 taxons aux étages alpin et nival, respectivement 4,3% et 13,2% (1^{er} rang à chacun de ces deux étages). Les *Draba* ne comptent que 3 taxons au collinéen, 6 au montagnard, 11 au subalpin (24^e rang), 15 à l'étage alpin (10^e rang) et encore 7 (4,6%) à l'étage nival où ce genre occupe le 2^e rang. Quant aux *Androsace*, on en dénombre 3 au collinéen, 7 au montagnard, 18 au subalpin (17^e rang), 17 à l'étage alpin (8^e rang) et encore 6 (3,9%) à l'étage nival où ce genre occupe le 3^e rang *ex aequo* avec les *Festuca*. Ainsi, les quatre genres *Saxifraga*, *Draba*, *Androsace* et *Festuca* rassemblent plus du quart des taxons de l'étage nival (25,6%). Il faut encore noter que dans le tableau 3, certains genres ne figurent qu'à l'étage nival: *Agrostis*, *Alchemilla*, *Arenaria*, *Braya*, *Doronicum*, *Oreochloa*, *Pritzelago*, *Saussurea*, *Sesleria* et *Trisetum*. Ils ne sont toutefois pas exclusifs de l'étage nival et occupent aux autres étages des lignes inférieures non publiées sur ce troisième tableau.

En revanche, le genre *Oreochloa*, ainsi que onze autres genres, soit monospécifiques, soit ne comprenant qu'une seule espèce dans les Alpes, sont exclusifs du regroupement des étages subalpin, alpin et nival: *Braya*, *Chamorchis*, *Eritrichium*, *Huguénia*, *Lloydia*, *Loiseleuria*, *Murbeckiella*, *Oxyria*, *Petrocallis*, *Rhizobotrya* et *Wulfenia*. Seul le genre *Braya* est exclusif du regroupement des étages alpin et nival.

4. Endémiques par genre

Le tableau 4 liste par étage les genres dont les nombres de taxons endémiques sont les plus élevés. A l'étage collinéen, 80 genres sur 891 (53 listés) comportent au moins un taxon endémique (pourcentage en figure 1). C'est à l'étage montagnard qu'un maximum de genres est concerné: 128 sur 735. Au subalpin, étage où le plus grand nombre de taxons endémiques par genre est atteint (25 *Saxifraga*), 126 genres sur 533 comprennent des endémiques. A l'étage alpin, 93 genres sur 271 comptent au moins un taxon endémique. A l'étage nival, ce sont 24 genres sur 62, soit le pourcentage maximal de 38,7% (fig.1), et les taux d'endémiques par genre y varient de 20% à 100% (moyenne à 56% et six genres \geq 75%). A chacun des cinq étages, le nombre de *Saxifraga* endémiques est très élevé (de 5 à 25 taxons) et ce genre occupe le haut du classement (1^{er}-3^e rang). Les *Campanula* comptent un nombre maximal de taxons endémiques (18) à l'étage montagnard, mais leur taux d'endémiques est maximal aux étages alpin et nival (50%). Les *Festuca* comptent un nombre maximal de taxons

Tableau 3. – Nombre de taxons présents par genre dans chaque étage de végétation (classement décroissant) et pourcentage sur le total de taxons recensés dans l'étage. La flore totale (endémiques, indigènes et xénophytes) est considérée. La dernière ligne donne le nombre de genres présents par étage et le pourcentage sur les 932 genres de la région. Six genres dont la variation de représentation au fil des étages est très forte sont indiqués en gras (voir le texte). Les 40 genres réunissant chacun plus de 15 taxons à l'étage collinéen déterminent le nombre de lignes du tableau. Pour l'étage nival, seulement 4 genres sont listés sur les 26 qui ne comptent qu'un seul taxon (critère de choix: taxon endémique).

Collinéen	Nb.	%	Montagnard	Nb.	%	Subalpin	Nb.	%	Alpin	Nb.	%	Nival	Nb.	%
<i>Carex</i>	86	2,4	<i>Carex</i>	90	2,7	<i>Carex</i>	77	3,2	Saxifraga	47	4,3	Saxifraga	20	13,2
<i>Festuca</i>	43	1,2	<i>Festuca</i>	53	1,6	<i>Festuca</i>	54	2,3	<i>Carex</i>	43	3,9	Draba	7	4,6
Galium	40	1,1	<i>Campanula</i>	43	1,3	Saxifraga	51	2,1	<i>Festuca</i>	37	3,4	Androsace	6	3,9
Euphorbia	39	1,1	Centaurea	40	1,2	<i>Gentiana</i>	42	1,8	<i>Gentiana</i>	35	3,2	<i>Festuca</i>	6	3,9
<i>Ranunculus</i>	38	1,1	<i>Ranunculus</i>	40	1,2	<i>Campanula</i>	34	1,4	<i>Ranunculus</i>	23	2,1	<i>Gentiana</i>	5	3,3
<i>Campanula</i>	35	1,0	Galium	39	1,2	<i>Hieracium</i>	33	1,4	<i>Hieracium</i>	22	2,0	<i>Minuartia</i>	5	3,3
Centaurea	35	1,0	<i>Hieracium</i>	38	1,1	<i>Ranunculus</i>	32	1,3	<i>Pedicularis</i>	20	1,8	<i>Poa</i>	5	3,3
<i>Hieracium</i>	31	0,9	<i>Rosa</i>	36	1,1	Galium	30	1,3	<i>Primula</i>	20	1,8	<i>Achillea</i>	4	2,6
<i>Trifolium</i>	31	0,9	<i>Veronica</i>	36	1,1	<i>Salix</i>	30	1,3	Androsace	17	1,5	<i>Artemisia</i>	4	2,6
<i>Veronica</i>	31	0,9	Euphorbia	33	1,0	<i>Viola</i>	29	1,2	<i>Potentilla</i>	16	1,5	<i>Potentilla</i>	4	2,6
<i>Rosa</i>	30	0,9	Saxifraga	31	0,9	<i>Veronica</i>	28	1,2	<i>Viola</i>	16	1,5	<i>Salix</i>	4	2,6
<i>Vicia</i>	29	0,8	<i>Silene</i>	30	0,9	<i>Silene</i>	25	1,0	Draba	15	1,4	<i>Cerastium</i>	3	2,0
<i>Allium</i>	28	0,8	<i>Viola</i>	30	0,9	<i>Trifolium</i>	25	1,0	<i>Poa</i>	15	1,4	<i>Luzula</i>	3	2,0
<i>Potentilla</i>	28	0,8	<i>Potentilla</i>	29	0,9	<i>Potentilla</i>	24	1,0	<i>Campanula</i>	14	1,3	<i>Phyteuma</i>	3	2,0
<i>Bromus</i>	27	0,8	<i>Trifolium</i>	29	0,9	<i>Primula</i>	24	1,0	<i>Cerastium</i>	13	1,2	<i>Sedum</i>	3	2,0
<i>Lathyrus</i>	27	0,8	<i>Gentiana</i>	28	0,8	<i>Pedicularis</i>	22	0,9	<i>Salix</i>	13	1,2	<i>Sempervivum</i>	3	2,0
<i>Orobanche</i>	27	0,8	<i>Senecio</i>	27	0,8	<i>Poa</i>	21	0,9	<i>Luzula</i>	12	1,1	<i>Senecio</i>	3	2,0
<i>Viola</i>	27	0,8	<i>Salix</i>	26	0,8	<i>Senecio</i>	21	0,9	<i>Minuartia</i>	12	1,1	<i>Agrostis</i>	2	1,3
<i>Silene</i>	26	0,7	<i>Allium</i>	25	0,8	<i>Astragalus</i>	20	0,8	<i>Oxytropis</i>	12	1,1	<i>Alchemilla</i>	2	1,3
<i>Asplenium</i>	24	0,7	<i>Dianthus</i>	25	0,8	<i>Phyteuma</i>	20	0,8	<i>Silene</i>	12	1,1	<i>Arabis</i>	2	1,3
<i>Sedum</i>	22	0,6	<i>Orobanche</i>	25	0,8	<i>Rosa</i>	20	0,8	<i>Taraxacum</i>	12	1,1	<i>Arenaria</i>	2	1,3
<i>Crepis</i>	21	0,6	<i>Vicia</i>	25	0,8	<i>Sedum</i>	20	0,8	<i>Achillea</i>	11	1,0	<i>Campanula</i>	2	1,3
<i>Potamogeton</i>	21	0,6	<i>Bromus</i>	24	0,7	<i>Asplenium</i>	19	0,8	<i>Nigritella</i>	11	1,0	<i>Carex</i>	2	1,3
<i>Rumex</i>	21	0,6	<i>Poa</i>	24	0,7	<i>Dianthus</i>	19	0,8	<i>Veronica</i>	11	1,0	<i>Doronicum</i>	2	1,3
<i>Senecio</i>	21	0,6	<i>Crepis</i>	23	0,7	<i>Luzula</i>	19	0,8	<i>Arabis</i>	10	0,9	<i>Hieracium</i>	2	1,3
Saxifraga	20	0,6	<i>Lathyrus</i>	23	0,7	Androsace	18	0,8	<i>Astragalus</i>	10	0,9	<i>Juncus</i>	2	1,3
<i>Geranium</i>	19	0,5	<i>Sedum</i>	23	0,7	Centaurea	18	0,8	<i>Euphrasia</i>	10	0,9	<i>Leontodon</i>	2	1,3
<i>Juncus</i>	19	0,5	<i>Asplenium</i>	22	0,7	<i>Cerastium</i>	18	0,8	Galium	10	0,9	<i>Oreochloa</i>	2	1,3
<i>Poa</i>	19	0,5	<i>Astragalus</i>	21	0,6	<i>Crepis</i>	18	0,8	<i>Helictotrichon</i>	10	0,9	<i>Pedicularis</i>	2	1,3
<i>Cardamine</i>	18	0,5	<i>Juncus</i>	21	0,6	<i>Euphrasia</i>	18	0,8	<i>Juncus</i>	10	0,9	<i>Primula</i>	2	1,3
<i>Cirsium</i>	18	0,5	<i>Cerastium</i>	20	0,6	<i>Juncus</i>	17	0,7	<i>Phyteuma</i>	10	0,9	<i>Pritzelago</i>	2	1,3
<i>Dianthus</i>	18	0,5	<i>Geranium</i>	20	0,6	<i>Vicia</i>	17	0,7	<i>Thlaspi</i>	10	0,9	<i>Sesleria</i>	2	1,3
<i>Salix</i>	18	0,5	<i>Rumex</i>	20	0,6	<i>Achillea</i>	16	0,7	<i>Artemisia</i>	9	0,8	<i>Silene</i>	2	1,3
<i>Hypericum</i>	17	0,5	<i>Arabis</i>	19	0,6	<i>Arabis</i>	16	0,7	<i>Crepis</i>	9	0,8	<i>Taraxacum</i>	2	1,3
<i>Orchis</i>	17	0,5	<i>Carduus</i>	19	0,6	<i>Cardamine</i>	16	0,7	<i>Pulsatilla</i>	9	0,8	<i>Trifolium</i>	2	1,3
<i>Achillea</i>	16	0,5	<i>Cirsium</i>	19	0,6	<i>Cirsium</i>	16	0,7	<i>Sempervivum</i>	9	0,8	<i>Trisetum</i>	2	1,3
<i>Astragalus</i>	16	0,5	<i>Epilobium</i>	19	0,6	<i>Bromus</i>	15	0,6	<i>Senecio</i>	9	0,8	<i>Braya</i>	1	0,7
<i>Carduus</i>	16	0,5	<i>Knautia</i>	19	0,6	<i>Carduus</i>	15	0,6	<i>Trifolium</i>	9	0,8	<i>Crepis</i>	1	0,7
<i>Cerastium</i>	16	0,5	<i>Primula</i>	19	0,6	<i>Minuartia</i>	15	0,6	<i>Valeriana</i>	9	0,8	<i>Koeleria</i>	1	0,7
<i>Verbascum</i>	16	0,5	<i>Cardamine</i>	18	0,5	<i>Valeriana</i>	15	0,6	<i>Papaver</i>	8	0,7	<i>Saussurea</i>	1	0,7
Autres	2464	70,1	Autres	2174	65,4	Autres	1413	58,9	Autres	489	44,5	Autres	22	14,5
Total	3515	100,0	Total	3325	100,0	Total	2400	100,0	Total	1099	100,0	Total	152	100,0
Nb. genres	891	95,6	Nb. genres	735	78,9	Nb. genres	533	57,2	Nb. genres	271	29,1	Nb. genres	62	6,7

Tableau 4. – Nombre de taxons présents et endémiques de la dition, par genre et dans chaque étage de végétation, avec le pourcentage de taxons endémiques sur le total de taxons recensés par genre dans l'étage (première clé de tri : classement décroissant selon le nombre de taxons endémiques ; seconde clé de tri : classement décroissant selon le pourcentage de taxons endémiques). La flore totale (endémiques, indigènes et xénophytes) est considérée. Quinze genres faisant l'objet de commentaires dans le texte sont indiqués en gras. Les 53 genres réunissant chacun au moins deux taxons endémiques à l'étage alpin déterminent le nombre de lignes du tableau. Pour l'étage collinéen, les genres réunissant au moins un taxon endémique et un pourcentage > 14% sont listés. Pour les étages montagnard et subalpin, les genres réunissant au moins deux taxons endémiques et des pourcentages respectifs > 10% et ≥ 40% sont listés. Tous les genres réunissant au moins un taxon endémique à l'étage nival sont listés.

Collinéen	Nb.	End.	%	Montagnard			Subalpin			Alpin			Nival	Nb.	End.	%
				Nb.	End.	%	Nb.	End.	%	Nb.	End.	%				
<i>Campanula</i>	35	12	34,3	43	18	41,9	51	25	49,0	47	24	51,1	<i>Saxifraga</i>	20	11	55,0
<i>Moehringia</i>	10	7	70,0	31	12	38,7	54	20	37,0	37	19	51,4	<i>Achillea</i>	4	4	100,0
<i>Festuca</i>	43	7	16,3	19	11	57,9	34	15	44,1	35	11	31,4	<i>Artemisia</i>	4	3	75,0
<i>Phyteuma</i>	11	5	45,5	53	11	20,8	42	13	31,0	17	9	52,9	<i>Androsace</i>	6	3	50,0
<i>Saxifraga</i>	20	5	25,0	12	8	66,7	20	11	55,0	20	9	45,0	<i>Festuca</i>	6	3	50,0
<i>Knautia</i>	11	4	36,4	15	8	53,3	24	11	45,8	20	8	40,0	<i>Draba</i>	7	3	42,9
<i>Leucanthemum</i>	11	4	36,4	19	8	42,1	18	9	50,0	10	7	70,0	<i>Minuartia</i>	5	2	40,0
<i>Erysimum</i>	14	4	28,6	25	7	28,0	29	9	31,0	10	7	70,0	Braya	1	1	100,0
<i>Carduus</i>	16	4	25,0	30	7	23,3	30	9	30,0	11	7	63,6	Crepis	1	1	100,0
<i>Aquilegia</i>	7	3	42,9	40	7	17,5	19	8	42,1	11	7	63,6	Koeleria	1	1	100,0
<i>Cytisus</i>	7	3	42,9	12	6	50,0	22	8	36,4	12	7	58,3	Saussurea	1	1	100,0
<i>Primula</i>	11	3	27,3	14	6	42,9	25	8	32,0	14	7	50,0	Arabis	2	1	50,0
<i>Euphrasia</i>	14	3	21,4	30	6	20,0	11	7	63,6	16	7	43,8	Campanula	2	1	50,0
<i>Asplenium</i>	24	3	12,5	33	6	18,2	11	7	63,6	10	6	60,0	Doronicum	2	1	50,0
<i>Centaurea</i>	35	3	8,6	12	5	41,7	11	7	63,6	10	6	60,0	Oreochloa	2	1	50,0
<i>Euphorbia</i>	39	3	7,7	13	5	38,5	12	7	58,3	12	6	50,0	Pedicularis	2	1	50,0
<i>Arenaria</i>	5	2	40,0	19	5	26,3	16	7	43,8	12	6	46,2	Primula	2	1	50,0
<i>Oxytropis</i>	5	2	40,0	28	5	17,9	12	6	50,0	12	6	40,0	Sesleria	2	1	50,0
<i>Alyssum</i>	7	2	28,6	39	5	12,8	12	6	50,0	9	5	55,6	Cerastium	3	1	33,3
<i>Daphne</i>	7	2	28,6	14	4	28,6	15	6	40,0	6	4	66,7	Phyteuma	3	1	33,3
<i>Asperula</i>	8	2	25,0	20	4	20,0	18	6	33,3	7	4	57,1	Sempervivum	3	1	33,3
<i>Brassica</i>	9	2	22,2	25	4	16,0	18	6	33,3	7	4	57,1	Senecio	3	1	33,3
<i>Spiraea</i>	9	2	22,2	4	3	75,0	9	5	55,6	8	4	50,0	Gentiana	5	1	20,0
<i>Leontodon</i>	10	2	20,0	6	3	50,0	12	5	41,7	9	4	44,4	Poa	5	1	20,0
<i>Scabiosa</i>	10	2	20,0	7	3	42,9	15	5	33,3	9	4	44,4	-	-	-	
<i>Sedum</i>	22	2	9,1	7	3	42,9	30	5	16,7	23	4	17,4	-	-	-	
Galium	40	2	5,0	7	3	42,9	4	4	100,0	4	3	75,0	-	-	-	
Carex	86	2	2,3	8	3	37,5	7	4	57,1	4	3	75,0	-	-	-	
<i>Physoplexis</i>	1	1	100,0	8	3	37,5	8	4	50,0	5	3	60,0	-	-	-	
<i>Hemerocallis</i>	2	1	50,0	12	3	25,0	9	4	44,4	6	3	50,0	-	-	-	
<i>Holosteum</i>	2	1	50,0	13	3	23,1	10	4	40,0	9	3	33,3	-	-	-	
<i>Micromeria</i>	2	1	50,0	13	3	23,1	13	4	30,8	10	3	30,0	-	-	-	
<i>Paederota</i>	2	1	50,0	14	3	21,4	14	4	28,6	12	3	25,0	-	-	-	
<i>Telekia</i>	2	1	50,0	15	3	20,0	15	4	26,7	12	3	25,0	-	-	-	
Androsace	3	1	33,3	17	3	17,6	32	4	12,5	16	3	18,8	-	-	-	
<i>Althamanta</i>	3	1	33,3	40	3	7,5	77	4	5,2	2	2	100,0	-	-	-	
<i>Ballota</i>	3	1	33,3	90	3	3,3	4	3	75,0	3	2	66,7	-	-	-	

Collinéen		Montagnard		Subalpin		Alpin		Nival	
Nb.	End.	Nb.	End.	Nb.	End.	Nb.	End.	Nb.	End.
	%		%		%		%		%
Trisetum	33,3	Stemmacantha	100,0	Delphinium	75,0	Iberis	66,7	-	-
Fritillaria	25,0	Delphinium	50,0	Hedysarum	75,0	Biscutella	50,0	-	-
Gypsophila	25,0	Hedysarum	50,0	Jovibarba	75,0	Daphne	50,0	-	-
Pinguicula	25,0	Soldanella	50,0	Heracleum	42,9	Sesleria	50,0	-	-
Aconitum	20,0	Spiraea	40,0	Alyssum	37,5	Soldanella	50,0	-	-
Helictotrichon	20,0	Arenaria	33,3	Draba	27,3	Allium	40,0	-	-
Onosma	20,0	Draba	33,3	Euphorbia	27,3	Koeleria	33,3	-	-
Biscutella	16,7	Laserpitium	25,0	Allium	21,4	Erigeron	28,6	-	-
Helleborus	16,7	Leontodon	25,0	Arabis	18,8	Rhinanthus	25,0	-	-
Odonites	16,7	Tephrosieris	25,0	Centaurea	16,7	Crepis	22,2	-	-
Onobrychis	16,7	Asperula	22,2	Crepis	16,7	Senecio	22,2	-	-
Sempervivum	16,7	Artemisia	16,7	Potentilla	12,5	Asiragalus	20,0	-	-
Tephrosieris	16,7	Aconitum	15,4	Callianthemum	66,7	Euphrasia	20,0	-	-
Anthyllis	14,3	Bupleurum	13,3	Iberis	50,0	Salix	15,4	-	-
Corydalis	14,3	Achillea	11,8	Daphne	40,0	Hieracium	9,1	-	-
Laserpitium	14,3	Arabis	10,5	Soldanella	40,0	Carex	4,7	-	-

endémiques au subalpin (20), mais leur taux d'endémiques est maximal à l'étage alpin (51,4%). La situation des *Gentiana* et des *Phyteuma* est similaire: 13 (31%) et 11 (55%) endémiques respectivement au subalpin, et 11 (31,4%) et 10 (60%) à l'étage alpin. En revanche, le vaste genre *Carex* ne montre que peu d'endémiques et donc des taux très bas ($\leq 5,2\%$). Les genres *Androsace*, *Artemisia*, *Draba* et *Minuartia* sont bien classés tant à l'étage alpin qu'au nival. Les *Moehringia* comptent un nombre maximal de taxons endémiques au montagnard (8), mais leur taux d'endémiques est maximal à l'étage alpin (75%) et très élevé à l'étage collinéen (70%). Les *Achillea* comptent un nombre maximal de taxons endémiques aux étages subalpin et alpin (7), mais leur taux d'endémiques est maximal à l'étage nival (100%). Quant aux *Primula*, c'est à l'étage subalpin qu'elles comptent un nombre maximal de taxons endémiques (11) et un taux maximal d'endémiques (45,8%). Il en va de même pour les *Salix*: 5 taxons endémiques à l'étage subalpin, soit 16,7%, ce genre ne faisant donc pas partie de ceux dont «la proportion d'endémiques est particulièrement élevée», comme l'affirment OZENDA (1985: 59) et OZENDA & BOREL (2003: 58). Enfin, même si le nombre total de *Galium* diminue régulièrement au fil des étages, leur taux d'endémiques augmente par contre fortement, passant de 5% au collinéen à 70% à l'étage alpin, mais ce genre disparaît ensuite à l'étage nival. Les genres *Achillea*, *Androsace*, *Artemisia*, *Campanula*, *Carex*, *Draba*, *Festuca*, *Galium*, *Gentiana*, *Minuartia*, *Moehringia*, *Phyteuma*, *Primula*, *Salix* et *Saxifraga* figurent en gras sur le tableau 4.

5. Taxons présents

Le tableau 5 regroupe les nombres et pourcentages de taxons présents à chacun des cinq étages de végétation, ainsi que dans quatre regroupements d'étages. C'est à l'étage collinéen qu'on dénombre le plus de taxons, soit 3515, représentant 78,4% des 4485 taxons traités dans ces analyses. Le nombre de taxons décroît en fonction de l'altitude, mais 2400 sont encore représentés à l'étage subalpin, soit plus de la moitié d'entre eux (53,5%). A l'étage alpin, on compte encore 1099 taxons (24,5%), ce qui corrobore l'évaluation de FAVARGER (1972a) à 1049 taxons, reprise notamment par THEURILLAT (1995), THEURILLAT & al. (1998) et OZENDA & BOREL (2003), puis affinée par OZENDA & BOREL (2006: 6) qui dénombrent 1092 taxons sur la base du «Flora alpina». Seuls 152 taxons subsistent en revanche à l'étage nival (3,4%), un nombre conforme à celui donné par OZENDA (1985: 235). N'étant pas relatifs à une superficie de référence, ces nombres de taxons par étage n'informent pas sur la richesse aréale en fonction de l'altitude et ne permettent donc pas de vérifier directement que cette richesse atteigne «un léger maximum dans l'étage subalpin», comme l'affirment OZENDA & BOREL (2006: 6). Le regroupement des étages subalpin, alpin et nival compte 2433 taxons (54,2%), alors que celui des étages collinéen,

Tableau 5. – Nombre et % de taxons présents par étage de végétation, ainsi que les nombres de taxons endémiques de la dition (% sur le total des taxons de l'étage, % sur les endémiques+indigènes de l'étage et % sur 501), indigènes, endémiques+indigènes (= flore indigène totale) et xénophytes (% sur le total des taxons de l'étage). Le bas du tableau donne les valeurs par regroupement d'étages et la dernière ligne correspond à la flore totale, tous étages confondus (voir aussi AESCHIMANN & al., 2011: 39).

Etage(s)	Taxons	% sur 4485	Endémiques	% end. sur taxons étage(s)	% end. sur end.+ind. étage(s)	% end. sur 501	Indigènes	Endémiques+indigènes	Xénophytes	% xén. sur taxons étage(s)
Nival	152	3,4	46	30,3	30,3	9,2	106	152	0	0,0
Alpin	1099	24,5	295	26,9	26,9	58,9	803	1098	1	0,1
Subalpin	2400	53,5	411	17,1	17,5	82,0	1937	2348	52	2,2
Montagnard	3325	74,1	318	9,6	10,3	63,5	2766	3084	241	7,2
Collinéen	3515	78,4	150	4,3	5,0	29,9	2871	3021	494	14,1
A-N	1099	24,5	295	26,8	26,9	58,9	803	1098	1	0,1
S-A-N	2433	54,2	431	17,7	18,1	86,0	1950	2381	52	2,1
C-M-S	4452	99,3	481	10,8	12,2	96,0	3469	3950	502	11,3
C-M	4103	91,5	328	8,0	9,1	65,5	3274	3602	501	12,2
C-M-S-A-N	4485	100,0	501	11,2	12,6	100,0	3482	3983	502	11,2

Tableau 6. – Nombre de taxons exclusifs par étage de végétation (% sur le total des taxons de l'étage, voir le tableau 5), ainsi que les nombres de taxons endémiques exclusifs (% sur les endémiques de l'étage), indigènes exclusifs (% sur les indigènes de l'étage), endémiques+indigènes exclusifs (% sur les endémiques+indigènes de l'étage) et xénophytes exclusifs (% sur les xénophytes de l'étage). Le bas du tableau donne les valeurs par regroupement d'étages et la dernière ligne correspond à la flore totale, tous étages confondus.

Etage(s)	Taxons exclusifs	% sur total étage(s)	Endémiques exclusifs	% end. excl. sur end. étage(s)	Indigènes exclusifs	% ind. excl. sur ind. étage(s)	Endémiques +indigènes exclusifs	% end.+ind. excl. sur end.+ind. étage(s)	Xénophytes exclusifs	% xén. excl. sur xén. étage(s)
Nival	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Alpin	20	1,8	9	3,1	11	1,4	20	1,8	0	0,0
Subalpin	23	1,0	7	1,7	15	0,8	22	0,9	1	1,9
Montagnard	36	1,1	21	6,6	12	0,4	33	1,1	3	1,2
Collinéen	778	22,1	10	6,7	508	17,7	518	17,1	260	52,6
A-N	33	3,0	20	6,8	13	1,6	33	3,0	0	0,0
S-A-N	382	15,7	173	40,1	208	10,7	381	16,0	1	1,9
C-M-S	3386	76,1	206	42,8	2679	77,2	2885	73,0	501	99,8
C-M	2052	50,0	70	21,3	1532	46,8	1602	44,5	450	89,8
C-M-S-A-N	4485	100,0	501	100,0	3482	100,0	3983	100,0	502	100,0

montagnard et subalpin en compte 4452 (99,3%). Contrairement au nombre total de taxons, celui des endémiques présents s'accroît du collinéen au subalpin, pour atteindre un maximum de 411 à l'étage subalpin (sur 501 recensés dans la dition, soit 82%), une tendance comparable à celles observées en Autriche par ESSL & al. (2009: 2552-2553), dans le sud-est de la France par MÉDAIL & VERLAQUE (1997: 274, 276), et dans les Alpes maritimes italiennes par CASAZZA & al. (2005: 367). On compte encore 295 endémiques à l'étage alpin (59%) et même 46 à l'étage nival. Ces résultats confirment les pourcentages d'orophytes parmi les endémiques évalués à 60% au moins par PAWLOWSKI (1970: 210-211) pour l'arc alpin et à 69% par TRIBSCH & SCHÖNSWETTER (2003: 483-484) pour les Alpes orientales, ainsi que la proportion d'environ deux tiers mentionnée par OZENDA & BOREL (2003: 58). En revanche, le comptage de 265 endémiques à l'étage alpin effectué par OZENDA & BOREL (2006: 7) sur la base du «Flora alpina» n'est pas conforme. Les xénophytes sont surtout présents au collinéen, soit 494 (sur 502 recensés dans la dition), et l'on en compte 241 au montagnard, l'étage où la flore indigène totale est la plus diversifiée, avec 3084 taxons. On ne dénombre plus que 52 xénophytes au subalpin et un seul à l'étage alpin.

Tous étages confondus, le taux d'endémisme pour les Alpes est de 11,2% (tableau 5, ligne C-M-S-A-N), si l'on se réfère au nombre total de taxons recensés, soit 4485 (y compris les xénophytes); mais ce taux monte à 12,6% si l'on compare le nombre d'endémiques au nombre total de taxons indigènes uniquement, soit 3983 (= endémiques+indigènes, xénophytes exclus). Ces résultats sont donc supérieurs à l'estimation de 7 à 8% effectuée par OZENDA (1985: 59). Le taux d'endémisme varie énormément d'un étage à l'autre et s'accroît régulièrement en fonction de l'altitude (fig. 2). En effet, ce taux n'est

que de 4,3% (5% de la flore indigène totale) à l'étage collinéen, mais il passe à 17,1% (17,5%) au subalpin, puis à 26,8% (26,9%) à l'étage alpin et atteint son maximum de 30,3% à l'étage nival, soit un pourcentage six fois plus élevé qu'au collinéen. Ce résultat infirme la remarque d'OZENDA (1985: 62) selon laquelle «curieusement, l'étage nival est pauvre en endémiques», ainsi que celle de KÖRNER (2003: 17): «endemic species [...] are usually less frequent in the summit floras». Au-dessus de la limite altitudinale des forêts (regroupement des étages alpin et nival), on peut considérer qu'un peu plus du quart des taxons présents sont endémiques des Alpes, ce qui confirme l'évaluation de FAVARGER (1972a).

6. Taxons exclusifs

Le tableau 6 regroupe les nombres et pourcentages de taxons exclusifs de chacun des cinq étages de végétation, ainsi que des quatre regroupements d'étages. Seul l'étage collinéen compte un nombre élevé de taxons exclusifs, soit 778 (22,1%), dont 260 xénophytes (plus de la moitié de ceux dénombrés à cet étage). Parmi les endémiques, c'est toutefois à l'étage montagnard que les exclusifs sont les plus nombreux, soit 21, ce qui représente plus de 58% des taxons exclusifs de l'étage, avec par exemple *Alyssum wulfenianum*, *Hesperis inodora*, *Knautia carinthiaca* et *Saxifraga paradoxa*. Neuf taxons sur les 20 exclusifs de l'étage alpin sont des endémiques, soit 45%, avec par exemple *Androsace wulfeniana*, *Papaver sendtneri* et *Soldanella austriaca*. Aucun taxon n'est exclusif de l'étage nival. Concernant les orophytes, on note encore que 20 taxons sur 33 exclusifs du regroupement des étages alpin et nival sont endémiques, soit plus de 60%! Le nombre de 644 «alpines strictes» (limitées aux étages alpin et nival) avancé par OZENDA

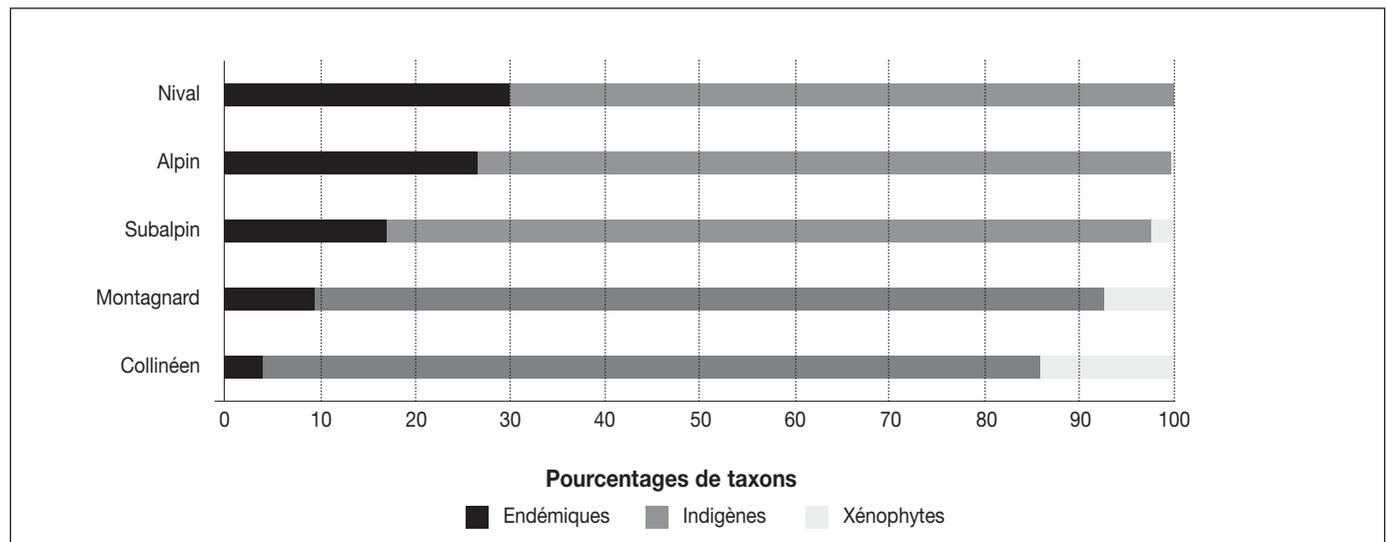


Fig. 2. – Pourcentages de taxons endémiques, indigènes et xénophytes, dans chacun des cinq étages de végétation (% sur le nombre de taxons recensés dans l'étage).

& BOREL (2006: 6) demeure inexplicable. Dans le regroupement des étages subalpin, alpin et nival, 173 taxons sur 382 exclusifs sont endémiques, soit 45,3%. Le regroupement des étages montagnard, subalpin, alpin et nival (non figuré sur le tableau 6) compte 970 taxons exclusifs (sur 3707), dont 351 endémiques, soit 36,2%. Sur 491 endémiques recensés dans ce regroupement, 71,5% en sont donc exclusifs.

Alpes occidentales et orientales

1. Généralités

Le tableau 7 regroupe les nombres de taxons présents dans chacune des deux parties de la chaîne des Alpes. Malgré leur superficie inférieure (43% de la dition), les Alpes occidentales hébergent 3076 taxons indigènes (non endémiques), soit 151 de plus que les Alpes orientales. Ce résultat confirme la mise en évidence d'une richesse aréale généralement plus grande des Alpes occidentales, surtout à leur extrémité méridionale (AESCHIMANN & al., 2011: 41-42, 46). Pour plus de 95%, la différence est le fait de taxons appartenant aux contingents floristiques méditerranéen, méditerranéen-montagnard et ouest-européen/méditerranéen. En revanche, les Alpes orientales hébergent 337 endémiques de la dition, soit 49 de plus que les Alpes occidentales, car les foyers d'endémisme sont plus vastes et plus diversifiés dans les Alpes orientales (AESCHIMANN & al., 2011: 50, 52). Les Alpes occidentales ont toutefois une superficie qui n'atteint que le 75% de celle des Alpes orientales, alors qu'elles hébergent un nombre d'endémiques (288) égal au 85,5% de celui de ces dernières (337).

2. Taxons indigènes, non endémiques

Pour les 3482 taxons indigènes (non endémiques) uniquement, le tableau 8 dresse un comparatif des Alpes occidentales et orientales, par étage de végétation ainsi que pour les quatre regroupements d'étages. C'est à l'étage collinéen que l'écart de biodiversité entre les deux parties des Alpes est le plus élevé, soit 177 taxons de plus dans les Alpes occidentales, appartenant pour plus de 96% aux contingents méditerranéens précités. Aux étages montagnard et subalpin, les nombres de taxons indigènes demeurent plus élevés dans les Alpes occidentales, mais la différence se comble rapidement avec l'altitude (écarts de 60 et 22 taxons respectivement). En effet, dès l'étage montagnard les pourcentages de taxons méditerranéens diminuent fortement (voir plus bas sous «Distributions mondiales: 3. Etages de végétation»). A l'étage alpin, on compte en revanche 16 taxons de plus dans les Alpes orientales et à l'étage nival les valeurs s'égalisent. Tous étages confondus, les Alpes occidentales et orientales partagent un nombre élevé de taxons indigènes, soit 2519. On calcule un fort coefficient de similarité floristique de Jaccard (72,3%), 557 taxons étant propres aux Alpes occidentales (16%), alors que les Alpes orientales n'en comptent que 406

(11,7%). De l'étage collinéen à l'étage nival, le coefficient de similarité augmente régulièrement et passe de 72,7% à 92,5% (facteur 1,3). Ces coefficients sont plus élevés que ceux calculés par OZENDA & BOREL (2006: 5-7) pour le regroupement de tous les étages (56%) et celui des étages alpin et nival (56,5%), ainsi que le coefficient présenté par FAVARGER (1972a: 195) pour les étages supérieurs (76%). En effet, ces auteurs comptent parmi les taxons des Alpes orientales également certains dont l'aire de distribution dépasse un peu vers l'ouest la limite entre les deux parties des Alpes (et réciproquement pour des taxons des Alpes occidentales dont l'aire dépasse un peu cette limite vers l'est), sans toutefois mentionner les critères d'appréciation. De ce fait, leurs résultats sont partiellement aléatoires et ne peuvent être vérifiés. Ainsi, les nombres de taxons propres aux deux parties de l'arc alpin sont plus élevés dans les calculs de ces auteurs, si bien que leurs coefficients de similarité sont plus bas. Etant issus de requêtes informatiques, les résultats présentés dans ce travail sont vérifiables et reproductibles. Les nombres de taxons propres aux Alpes occidentales d'une part et aux Alpes orientales d'autre part correspondent exclusivement à des taxons dont l'aire ne dépasse pas la limite entre les deux parties des Alpes. Dès lors, des comparaisons avec les travaux précités ne sont pas appropriées. De plus, les nombres présentés par OZENDA & BOREL (2006: 5-7) correspondent à la flore indigène totale, alors que le tableau 8 ne réunit que les indigènes non endémiques. On peut toutefois obtenir des nombres correspondant à la flore totale par additions entre les tableaux 8 et 9.

3. Taxons endémiques

Le tableau 9 dresse un comparatif similaire au précédent, mais pour les 501 taxons endémiques. De l'étage collinéen à l'étage alpin, contrairement à l'évolution observée chez les indigènes, la différence de nombre d'endémiques entre les Alpes occidentales et orientales augmente, passant de 4 à 36 taxons. Les nombres d'endémiques plus élevés dans les Alpes orientales confirment les valeurs du tableau 7. A l'étage nival, comme pour les indigènes, les nombres d'endémiques sont similaires dans les deux parties des Alpes. Tous étages confondus, les Alpes occidentales et orientales ne partagent qu'un nombre restreint de taxons endémiques de la dition, soit 124. Il en découle un faible coefficient de similarité floristique de Jaccard (24,8%), les endémiques stricts des Alpes occidentales étant 164 (32,7%), alors que les Alpes orientales en comptent même 213 (42,5%). C'est à l'étage montagnard que le pourcentage d'endémiques stricts des Alpes orientales est le plus élevé, soit 42,8%. Contrairement aux indigènes où dominent les taxons communs aux deux parties des Alpes, les endémiques sont donc majoritairement confinés soit dans les Alpes occidentales, soit dans les orientales. Ces résultats expriment le bicornisme en matière de taxons endémiques de l'arc alpin (à ce sujet, voir entre autres PAWLOWSKI (1970), FAVARGER

Tableau 7. – Nombre et % de taxons présents dans les Alpes occidentales et orientales (superficies en km² et %), ainsi que les nombres de taxons endémiques de la diiton, indigènes, endémiques+indigènes (= flore indigène totale) et xénophytes. Les valeurs plus élevées dans l'une ou l'autre partie des Alpes sont indiquées en gras.

Alpes	Superficie	%	Taxons	% sur 4485	Endémiques	% sur 501	Indigènes	Endémiques+indigènes	Xénophytes
occidentales	73342	42,9	3763	83,9	288	57,5	3076	3364	399
orientales	97618	57,1	3720	82,9	337	67,3	2925	3262	458

Tableau 8. – Nombres et % de taxons indigènes (non endémiques) par étage de végétation, dans les Alpes occidentales et orientales (parties latérales), ainsi que les valeurs communes et le coefficient de similarité (partie centrale). La somme des indigènes communs et des indigènes propres à l'une des parties donne le nombre des indigènes présents dans cette partie et vice versa. La somme des indigènes communs et des indigènes propres aux deux parties donne le nombre total des indigènes dans la diiton (colonne centrale du tableau 8 = colonne indigènes du tableau 5). Le coefficient de Jaccard (cJ, exprimé en %) est le quotient «indigènes communs / indigènes Alpes» (voir «Matériel et méthodes»). La somme des pourcentages d'indigènes propres et du coefficient de Jaccard égale 100. Les valeurs plus élevées dans l'une ou l'autre partie des Alpes, ainsi que celles du coefficient de Jaccard, sont indiquées en gras. Le bas du tableau donne les valeurs par regroupement d'étages et la dernière ligne correspond à la flore totale, tous étages confondus.

Etage(s)	Alpes occidentales			Communauté et similarité			Alpes orientales		
	Indigènes propres	% sur ind. Alpes	Indigènes présents	Indigènes communs	Indigènes Alpes (diiton)	cJ	Indigènes propres	% sur ind. Alpes	Indigènes présents
Nival	4	3,8	102	98	106	92,5	4	3,8	102
Alpin	52	6,5	735	683	803	85,1	68	8,5	751
Subalpin	176	9,1	1783	1607	1937	83,0	154	8,0	1761
Montagnard	334	12,1	2492	2158	2766	78,0	274	9,9	2432
Collinéen	481	16,8	2567	2086	2871	72,7	304	10,6	2390
A-N	52	6,5	735	683	803	85,1	68	8,5	751
S-A-N	177	9,1	1787	1610	1950	82,6	163	8,4	1773
C-M-S	556	16,0	3072	2516	3469	72,5	397	11,4	2913
C-M	529	16,2	2908	2379	3274	72,7	366	11,2	2745
C-M-S-A-N	557	16,0	3076	2519	3482	72,3	406	11,7	2925

(1972a), OZENDA (2009: 1097) et AESCHIMANN & al. (2011: 49, 51)). Cependant, le coefficient de similarité augmente régulièrement de l'étage collinéen à l'étage nival et passe ainsi de 21,3% à 56,5% (facteur 2,7). Pour les endémiques comme pour les indigènes, on ne saurait comparer les coefficients de Jaccard présentés dans ce travail avec ceux calculés par FAVARGER (1972a: 195) et OZENDA & BOREL (2006: 7), en raison des motifs évoqués plus haut. Le tableau 9 liste également les taux d'endémisme (ici calculés sur la flore indigène totale). Tous étages confondus, le taux d'endémisme des Alpes occidentales est de 4,9%, alors qu'il atteint 6,5% dans les Alpes orientales. Ces taux augmentent de l'étage collinéen à l'étage alpin, pour atteindre 9,1% dans les Alpes occidentales et 12,4% dans les orientales, une différence conforme aux conclusions de FAVARGER (1972a: 193) et OZENDA & BOREL (2006: 7), bien que les valeurs respectives des présentes analyses soient évidemment inférieures à celles présentées par ces auteurs. A l'étage nival, le taux est de 7,2% dans les deux parties des Alpes.

En s'appuyant sur les 29 divisions administratives établies (AESCHIMANN & al., 2011: 29), l'«endémisme local» par étage de végétation fait l'objet des figures 3-6 où, pour chaque division, sont indiqués les nombres de taxons n'occupant que 1 à 3 divisions administratives. Comme pour l'«endémisme global» (tab. 5), un maximum de taxons est recensé au subalpin (fig. 5). Le patron cartographique de l'étage collinéen (fig. 3) montre le bicentrisme le plus accusé et les nombres d'endémiques locaux par division sont très similaires dans les deux foyers, localisés sur la bordure méridionale de la chaîne. Cela corrobore les résultats du tableau 9: un coefficient de similarité le plus faible au collinéen et des nombres d'endémiques comparables dans les deux parties des Alpes. Parmi les taxons exclusifs de l'étage collinéen, des endémiques locaux de l'extrémité sud-occidentale des Alpes sont par exemple *Asplenium jahandiezii* et *Erodium rodiei*, alors que *Gypsophila papillosa* et *Moehringia markgrafii* sont des exemples d'endémiques locaux des Alpes sud-orientales. A l'étage montagnard (fig. 4), l'endémisme local couvre toute la bordure méridionale et orientale des Alpes orientales et les nombres d'endémiques par division demeurent

Tableau 9. – Nombres et % de taxons endémiques par étage de végétation, dans les Alpes occidentales et orientales (parties latérales), ainsi que les valeurs communes et le coefficient de similarité (partie centrale). La somme des endémiques communs et des endémiques stricts d'une des parties donne le nombre des endémiques présents dans cette partie et vice versa. La somme des endémiques communs et des endémiques stricts des deux parties donne le nombre total d'endémiques de la ditton (colonne centrale du tableau 9 = colonne endémiques du tableau 5). Le coefficient de Jaccard (c), exprimé en %, est le quotient «endémiques communs / endémiques Alpes» (voir «Matériel et méthodes»). La somme des pourcentages d'endémiques stricts et du coefficient de Jaccard égale 100. Pour chacune des deux parties des Alpes, les taux d'endémiques sont également listés (% du nombre d'endémiques stricts sur le nombre d'endémiques+indigènes présents (= flore indigène totale, en italiques)). Les valeurs plus élevées dans l'une ou l'autre partie des Alpes, ainsi que celles du coefficient de Jaccard, sont indiquées en gras. Le bas du tableau donne les valeurs par regroupement d'étages et la dernière ligne correspond à la flore totale, tous étages confondus.

Etage(s)	Alpes occidentales				Communauté et similarité		Alpes orientales			
	Endémiques stricts	% sur end. Alpes	Endémiques présents	Taux d'endémisme (%)	Endémiques communs	Endémiques Alpes (ditton)	Endémiques stricts	% sur end. Alpes	Endémiques présents	Taux d'endémisme (%)
Nival	10	21,7	36	7,2	26	46	10	21,7	36	7,2
Alpin	83	28,1	176	9,1	93	295	119	40,3	212	12,4
Subalpin	132	32,1	247	6,5	115	411	164	39,9	279	8,0
Montagnard	113	35,5	182	4,2	69	318	136	42,8	205	5,2
Collinéen	57	38,0	89	2,1	32	150	61	40,7	93	2,5
AN	83	28,1	176	9,1	93	295	119	40,3	212	12,4
S-AN	137	31,8	256	6,7	119	431	175	40,6	294	8,5
C-M-S	159	33,1	279	4,7	120	481	202	42,0	322	6,2
C-M	116	35,4	185	3,8	69	328	143	43,6	212	4,8
C-M-S-AN	164	32,7	288	4,9	124	501	213	42,5	337	6,5

comparables dans les Alpes occidentales et orientales. Le nombre relativement élevé de taxons recensés dans la division 27 (Styrie) ne s'explique sans doute pas que par sa grande superficie (la plus vaste avec plus de 13 000 km²), mais aussi par l'existence d'importants refuges glaciaires à cet étage de végétation dans le nord-est des Alpes (NIKLFIELD, 1972). Parmi les taxons exclusifs de l'étage montagnard, des endémiques locaux de cette région sont par exemple *Campanula praesignis*, *Euphorbia saxatilis*, *Sempervivum pittonii* et *Thymus widderi*. Pour les Alpes orientales, le patron cartographique de l'étage montagnard concorde bien avec celui présenté par TRIBSCH & SCHÖNSWETTER (2003: 484). Parmi les taxons exclusifs du regroupement des étages collinéen et montagnard, des endémiques locaux de l'extrémité sud-occidentale des Alpes sont par exemple *Arenaria cinerea*, *Ballota frutescens*, *Campanula albicans*, *Campanula fritschii*, *Centaurea jordaniana* (quatre sous-espèces) et *Potentilla saxifraga*, alors que *Festuca eggleri*, *Knautia ressmannii*, *Leontodon berinii*, *Pinguicula poldinii*, *Stipa styriaca* et *Tephrosia serpentina* sont des exemples d'endémiques locaux des Alpes est-orientales.

En raison du grand nombre d'endémiques présents au subalpin, le patron cartographique de cet étage (fig. 5) est prépondérant et c'est lui qui montre la plus grande similarité avec celui précédemment dressé pour tous les étages confondus (AESCHIMANN & al., 2011: 52). Au subalpin, les nombres d'endémiques locaux par division commencent à diminuer à l'extrémité sud-occidentale des Alpes, ce qui n'est pas le cas dans les Alpes orientales. Parmi les taxons exclusifs du regroupement des étages subalpin, alpin et nival, des endémiques locaux de l'extrémité sud-occidentale des Alpes sont par exemple *Potentilla valderia*, *Saxifraga florulenta*, *Saxifraga pedemontana* et *Stemmacantha helenifolia* subsp. *bicknellii*, alors que *Callianthemum kernerianum*, *Galium montis-arerae*, *Linaria tonzigii* et *Saxifraga presolanensis* sont des exemples d'endémiques locaux des Alpes sud-orientales et qu'*Achillea clusiana*, *Cerastium julicum*, *Papaver alpinum* et *Saxifraga hohenwartii* sont des exemples d'endémiques locaux des Alpes est-orientales. Dans le regroupement des étages alpin et nival (fig. 6), les nombres d'endémiques locaux diminuent dans toutes les divisions, mais de manière plus accusée dans les Alpes sud-occidentales, ce qui concorde avec les nombres du tableau 9, où les Alpes occidentales comptent 36 endémiques stricts de moins que les orientales. Parmi les 33 taxons exclusifs de ce regroupement des étages alpin et nival, des endémiques locaux de certaines régions des Alpes orientales sont par exemple *Braya alpina*, *Draba stellata*, *Oxytropis triflora*, *Saxifraga facchinii* et *Taraxacum handelii*, alors qu'aucun exemple de l'extrémité des Alpes sud-occidentales ne peut être cité. De manière générale, les quatre patrons cartographiques des figures 3-6 coïncident avec la carte des divers foyers locaux d'endémisme dans les Alpes orientales dressée par TRIBSCH (2004: 755).

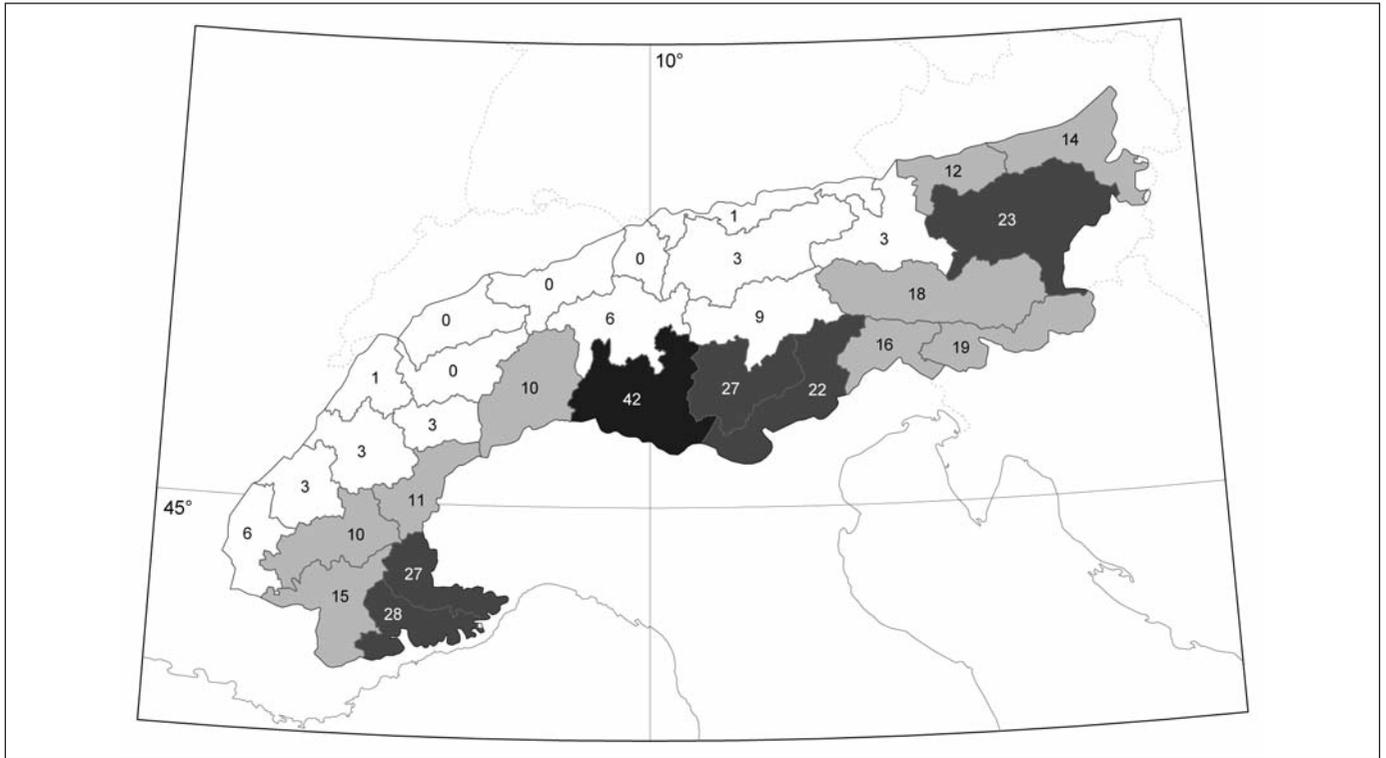


Fig. 5. – Carte de la répartition avec, par division administrative, le nombre de taxons endémiques occupant à l'étage subalpin un nombre de divisions ≤ 3 . Quatre classes d'endémisme local sont définies : blanc : 0-9 taxons ; gris clair : 10-19 taxons ; gris foncé : 20-39 taxons ; noir : ≥ 40 taxons.

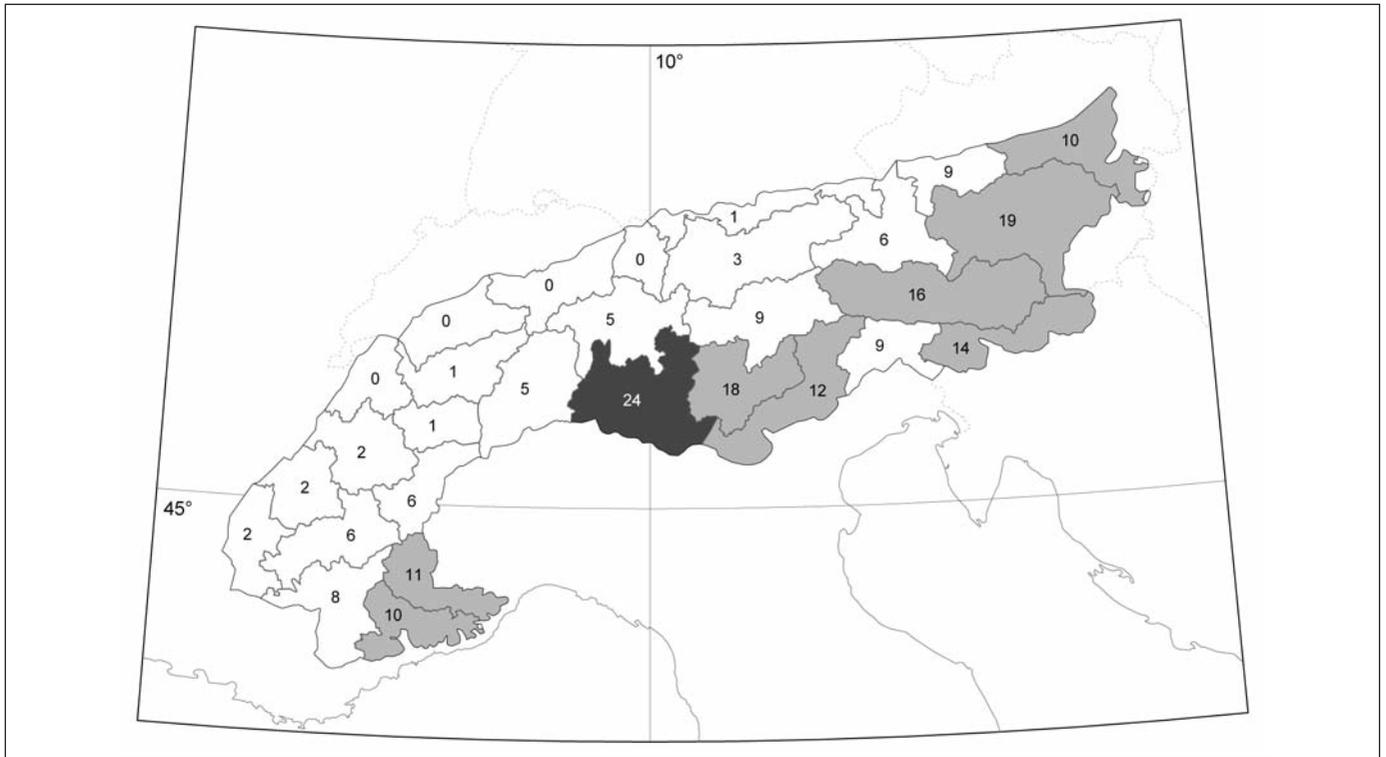


Fig. 6. – Carte de la répartition avec, par division administrative, le nombre de taxons endémiques occupant dans le regroupement des étages alpin et nival un nombre de divisions ≤ 3 . Trois classes d'endémisme local sont définies : blanc : 0-9 taxons ; gris clair : 10-19 taxons ; gris foncé : ≥ 20 taxons.

Distributions mondiales

1. Totalité des taxons

Le nombre de taxons constituant chacun des 21 contingents floristiques établis est donné sur l'histogramme de la figure 7. Pour l'ensemble de la chaîne alpine, la part relative de chaque contingent peut ainsi être évaluée, ce qui comble une importante lacune soulignée par OZENDA (1985: 54). Avec 1262 taxons, le cortège floristique sud-européen-montagnard regroupe 28,1% des 4485 taxons recensés dans la dition (près de 32% des 3983 taxons endémiques+indigènes) et occupe de ce fait le premier rang. Dans les Alpes, les 501 endémiques de la dition forment le noyau de ce cortège floristique (40%). D'autre part, 227 taxons sur 1262 (18%) montrent une aire de distribution chevauchant les Alpes et une seule des principales chaînes de ce domaine floristique. Ainsi, les Alpes ont 77 taxons en commun avec les Dinarides, 66 avec l'Apennin, 44 avec les Pyrénées et 40 avec les Carpates. La contiguïté des Alpes avec les Dinarides et l'Apennin transparaît dans ces chiffres. Les 534 autres taxons du cortège floristique sud-européen-montagnard (42%) montrent diverses distributions dans le système alpin, soit assez larges (64%), soit plutôt centrées à l'est (20%) ou à l'ouest (16%).

Le second rang revient au cortège floristique méditerranéen, qui compte 779 taxons. En y ajoutant les 63 taxons méditerranéens-montagnards, cela donne un total de 842 taxons (18,8%). Le contingent européen occupe le troisième rang, avec 759 taxons auxquels peuvent s'ajouter les 41 taxons européens-montagnards, soit un total de 800 taxons (17,8%). Ces trois premiers contingents réunissent près de 65% des taxons recensés dans les Alpes. En y ajoutant les 62 taxons ouest-européens/méditerranéens (1,4%), environ deux tiers des taxons sont alors concernés. Un pourcentage supérieur à 82% est atteint lorsqu'on ajoute le contingent eurasiatique complet, au total 726 taxons (4^e rang), soit 16,2% (631 taxons eurasiatiques, 85 taxons eurasiatiques/américains et 10 taxons eurasiatiques/africains).

2. Xénophytes

Avec 123 taxons, soit 24,5%, le contingent floristique américain est le plus représenté parmi les 502 xénophytes (figure 8) et le sous-contingent nord-américain domine nettement (98 taxons). Au second rang vient le contingent asiatique avec 116 taxons, soit 23,1%, où le sous-contingent est-asiatique est le plus important (53 taxons). Le troisième rang revient au contingent méditerranéen avec 112 taxons (y compris cinq taxons méditerranéens-montagnards), soit 22,3%. Viennent ensuite les contingents eurasiatique (46 taxons, 9,2%), européen (34 taxons, 6,8%) et tropical (30 taxons, 6%, où domine le sous-contingent néotropical avec 15 taxons). Les trois xénophytes du contingent sud-européen-montagnard sont *Alchemilla mollis*, *Campanula ramosissima* et *Telekia speciosa*.

3. Etages de végétation

Le tableau 10 donne par étage de végétation le nombre de taxons de chaque contingent floristique. L'histogramme de la figure 9 exprime pour chaque étage les pourcentages des deux plus importants contingents de la dition (sud-européen-montagnard et méditerranéen, cf. fig. 7), ainsi que ceux du contingent arctico-alpin, qui occupe le second rang aux étages alpin et nival. Au collinéen, le cortège méditerranéen devance le cortège sud-européen-montagnard, qui occupe seulement le 4^e rang, après les contingents européen et eurasiatique; ces quatre contingents réunissent 75,3% des taxons. Au montagnard, le cortège sud-européen-montagnard est le plus important et le méditerranéen se trouve relégué au 4^e rang; les quatre premiers contingents réunissent 77,6% des taxons. C'est à l'étage montagnard que les contingents méditerranéen-montagnard et européen-montagnard comptent le plus de taxons (52 et 40 respectivement). Il en va de même pour les contingents eurosibérien et eurosibérien/nord-américain, qui réunissent 259 taxons au total (7,8%), parmi lesquels beaucoup d'éléments du cortège floristique boréal. Dès l'étage subalpin, le cortège sud-européen-montagnard prend une position dominante avec 1076 taxons, soit 44,8%. Les trois premiers contingents réunissent 71,9% des taxons et le cortège méditerranéen n'en compte plus que 145, soit 6%. En revanche, c'est au subalpin que le cortège arctico-alpin compte le plus de taxons, soit 97 (4%), si bien qu'il y occupe le 7^e rang. A l'étage alpin, les deux cortèges sud-européen-montagnard et arctico-alpin réunissent 74,3% des taxons et le cortège méditerranéen n'occupe plus que le 10^e rang, avec 10 taxons (0,9%). Au nival, sept contingents seulement sont représentés et les deux cortèges sud-européen-montagnard et arctico-alpin réunissent 92,8% des taxons.

Sur les 2433 taxons du regroupement des étages subalpin, alpin et nival (tab. 5), 1103 font partie du cortège sud-européen-montagnard, soit 45,3%, et 102 appartiennent au cortège arctico-alpin, soit 4,2%. C'est dire que ces deux cortèges constituent près de 50% de la flore de ce regroupement d'étages et sur les 382 taxons qui lui sont exclusifs (tab. 6), 307 sont sud-européen-montagnards (80,4%) et 52 arctico-alpins (13,6%). Ces deux cortèges réunissent donc 94% des taxons exclusifs du regroupement d'étages. Une comparaison détaillée avec les nombres réunis par JEROSCH (1903) pour 420 espèces de la flore d'altitude des Alpes helvétiques est inopportune, notamment par le fait que les territoires considérés ne sont pas identiques. Cependant, la présente analyse et celle de cette auteure montrent toutes les deux le poids très important des deux cortèges précités aux étages subalpin, alpin et nival.

4. Divisions administratives

Les cartes des figures 10 et 11 donnent respectivement par division les pourcentages de taxons des cortèges sud-européen-montagnard et arctico-alpin. C'est sur la bordure méridionale des Alpes orientales et l'extrémité sud-occidentale des Alpes que le cortège sud-européen-montagnard est le mieux représenté (fig. 10). Ce résultat est conforme avec les patrons cartographiques des figures 3-6, ainsi qu'avec les cartes d'endémisme précédemment dressées (AESCHIMANN & al., 2011 : 51-53). Dans le sud-ouest des Alpes françaises, le poids relatif du cortège sud-européen-montagnard est moindre en raison de la part importante prise par le cortège méditerranéen (fig. 12). Dans le nord-est des Alpes autrichiennes, c'est en revanche surtout le contingent eurasiatique (fig. 13) qui joue ce rôle de contrepoids. Le patron cartographique de la figure 11 montre que la proportion du cortège floristique arctico-alpin est la plus forte dans les deux régions caractérisées par des altitudes élevées et/ou celles où la représentation du cortège méditerranéen est la plus faible (Alpes pennines, bernoises et rhétiques, Tirol et nord-ouest des Alpes orientales). Le cortège

arctico-alpin est le plus faiblement représenté dans les régions dont les altitudes sont moindres et à la fois où les poids des cortèges méditerranéen ou eurasiatique sont forts : divisions 3 (Alpes-de-Haute-Provence et Var), 4 (Drôme et Vaucluse) et 29 (Basse-Autriche et Burgenland). Les patrons cartographiques des figures 12 et 13 sont complémentaires. Les Alpes sud-occidentales et sud-ouest-orientales sont celles où le cortège méditerranéen est le mieux représenté, alors que son poids est faible dans les Alpes nord-orientales, à l'exception de la division 29. En revanche, le nord-est des Alpes autrichiennes montre une forte proportion de taxons à distribution eurasiatique, le pourcentage de ce contingent étant maximal dans la division 29, soit 25,7% (fig. 13). En effet, de nombreux taxons des régions à climat continental atteignent les Alpes dans cette zone, parmi lesquels les exemples suivants sont très caractéristiques : *Atriplex oblongifolia*, *Bupleurum affine*, *Conringia austriaca*, *Euphorbia nicaeensis* subsp. *glareosa*, *Hieracium echioides*, *Inula oculus-christi*, *Iris pumila*, *Polygala major*, *Scorzonera cana*, *Thesium arvense*, *Verbascum speciosum* et *Viola ambigua*. Le climat sec de cette bordure nord-est des Alpes (voir le «Flora alpina»: 1 : 44) convient aussi à certains

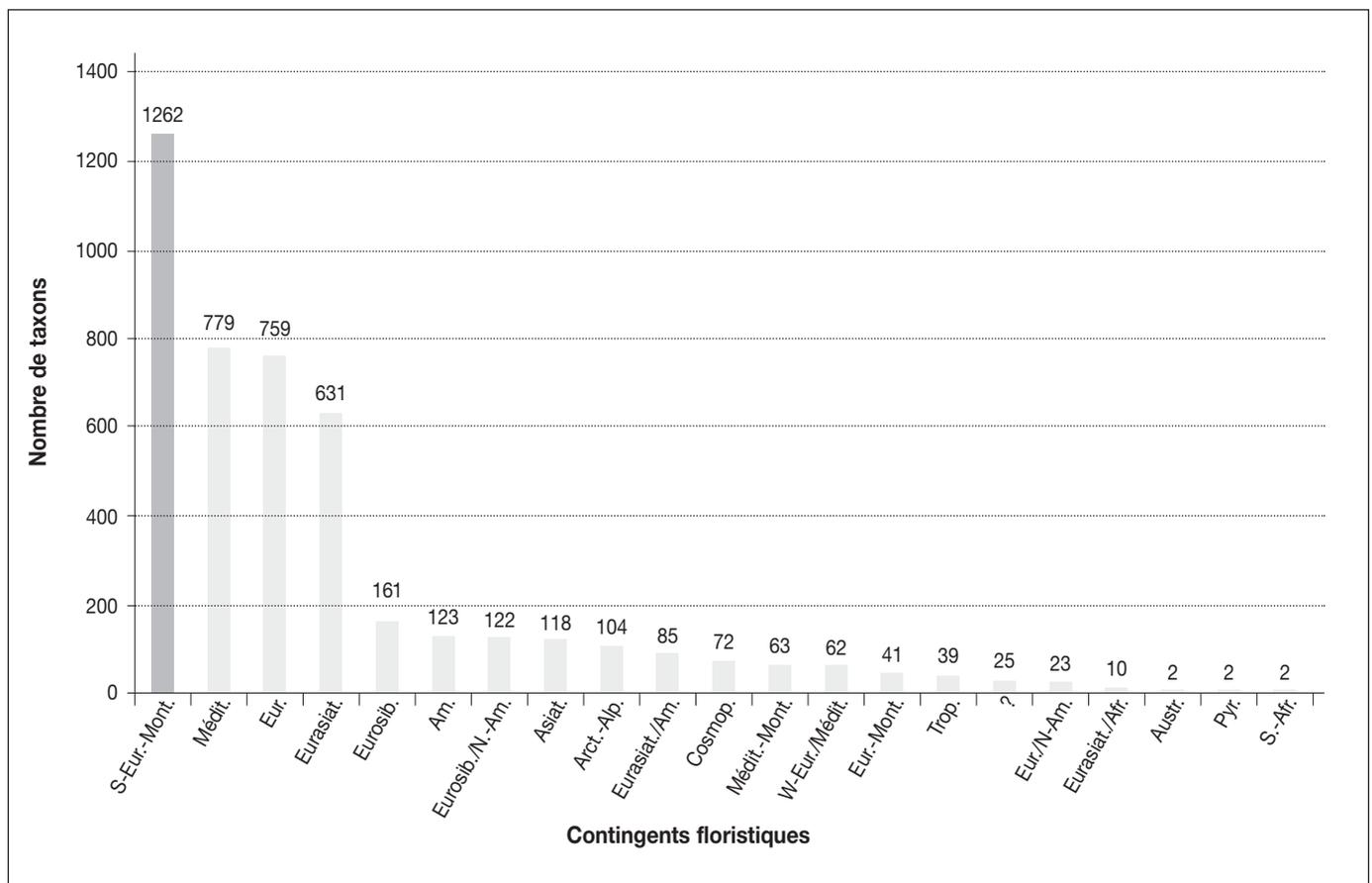


Fig. 7. – Nombre de taxons constituant chacun des 21 contingents floristiques établis. En gris foncé le cortège floristique sud-européen-montagnard, le plus important des Alpes. Total : 4485 taxons.

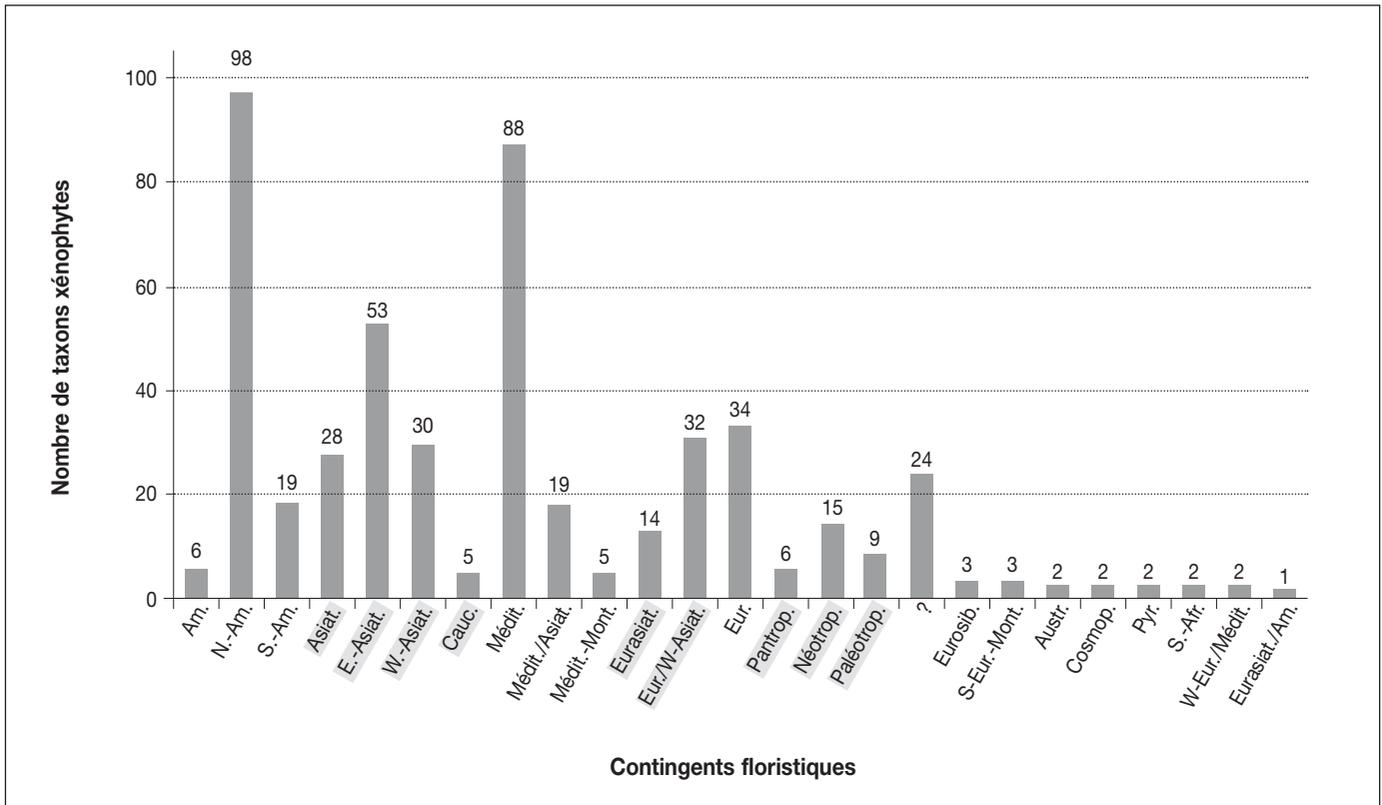


Fig. 8. – Nombre de taxons xénophytes présents dans 25 contingents ou sous-contingents floristiques. Les contingents américain, asiatique, méditerranéen, eurasiatique, européen et tropical sont distingués par une alternance des fonds d'étiquettes de sous-contingents, blancs ou gris. Total : 502 taxons.

taxons méditerranéens (fig. 12), ce qui explique le taux de 9,1% dans la division 29. Le patron cartographique de la figure 13 montre que le poids du contingent eurasiatique diminue du nord-est au sud-ouest des Alpes.

Une corrélation positive (figure 14, $R^2 = 0,78$) peut être établie entre le poids relatif du cortège floristique méditerranéen (patron cartographique de la figure 12) et la richesse aréale dans chaque division administrative (AESCHIMANN & al., 2011 : 46). D'autres cortèges jouent également un rôle, comme le sud-européen-montagnard, dont le pourcentage maximal dans la division 21 (Trento) par exemple permet d'y expliquer la richesse aréale élevée. Il en va de même pour le contingent eurasiatique dans la division 29. Cependant, la richesse aréale est aussi influencée par d'autres facteurs en interaction : diversité des substrats et des milieux, topographie, conditions climatiques et vicissitudes du passé comme les glaciations (secteurs refuges périphériques : voir les diverses cartes d'endémisme précitées).

5. Familles et genres

Le tableau 11 liste les neuf familles qui comportent dans les Alpes plus de 50% de taxons appartenant au cortège floristique sud-européen-montagnard. Parmi ces familles, sept montrent un taux d'endémiques de la dition dépassant 20% (AESCHIMANN & al., 2011 : 47), ce sont les *Campanulaceae*, *Crassulaceae*, *Dipsacaceae*, *Gentianaceae*, *Primulaceae*, *Saxifragaceae* et *Thymelaeaceae*. Parmi les 56 genres dont l'ensemble des taxons recensés dans les Alpes font partie du cortège floristique sud-européen-montagnard, 19 sont endémiques ou subendémiques du système alpin, soit 33,9%, ce sont : *Adenostyles*, *Aposeris*, *Berardia*, *Grafia*, *Hacquetia*, *Homogyne*, *Horminum*, *Hugueninia*, *Laburnum*, *Molopospermum*, *Myrrhis*, *Oreochloa*, *Paederota*, *Physoplexis*, *Pritzelago*, *Rhizobotrya*, *Soldanella*, *Tozzia* et *Trochiscanthes*. Cette liste peut être sujette à discussions au gré de l'évolution des conceptions génériques. Pour obtenir une liste complète des genres endémiques du système alpin, il conviendrait d'y ajouter ceux qui sont endémiques d'une ou plusieurs autres chaînes de montagnes du système.

Tableau 10. – Nombre de taxons appartenant à chacun des 21 contingents floristiques, par étage de végétation. L'ordre des contingents est celui de la figure 7 (flore totale, tous étages confondus). Les trois cortèges documentés en figure 9 sont indiqués en gras.

Contingent	Collinéen	Montagnard	Subalpin	Alpin	Nival
S-Eur.-Mont.	519	937	1076	721	116
Médit.	775	447	145	10	0
Eur.	742	662	327	58	3
Eurasiat.	610	535	322	63	3
Eurosib.	142	150	111	34	0
Am.	123	52	6	0	0
Eurosib./N-Am.	95	109	104	47	1
Asiat.	114	55	16	1	0
Arct.-Alp.	16	52	97	96	25
Eurasiat./Am.	82	80	62	22	0
Cosmop.	71	55	36	12	1
Médit.-Mont.	49	52	26	5	0
WEur./Médit.	62	39	7	0	0
Eur.-Mont.	20	40	39	22	3
Trop.	39	8	0	0	0
?	24	19	6	0	0
Eur./N-Am.	18	22	13	7	0
Eurasiat./Afr.	10	8	5	1	0
Austr.	2	0	0	0	0
Pyr.	0	2	2	0	0
S-Afr.	2	1	0	0	0
Total	3515	3325	2400	1099	152

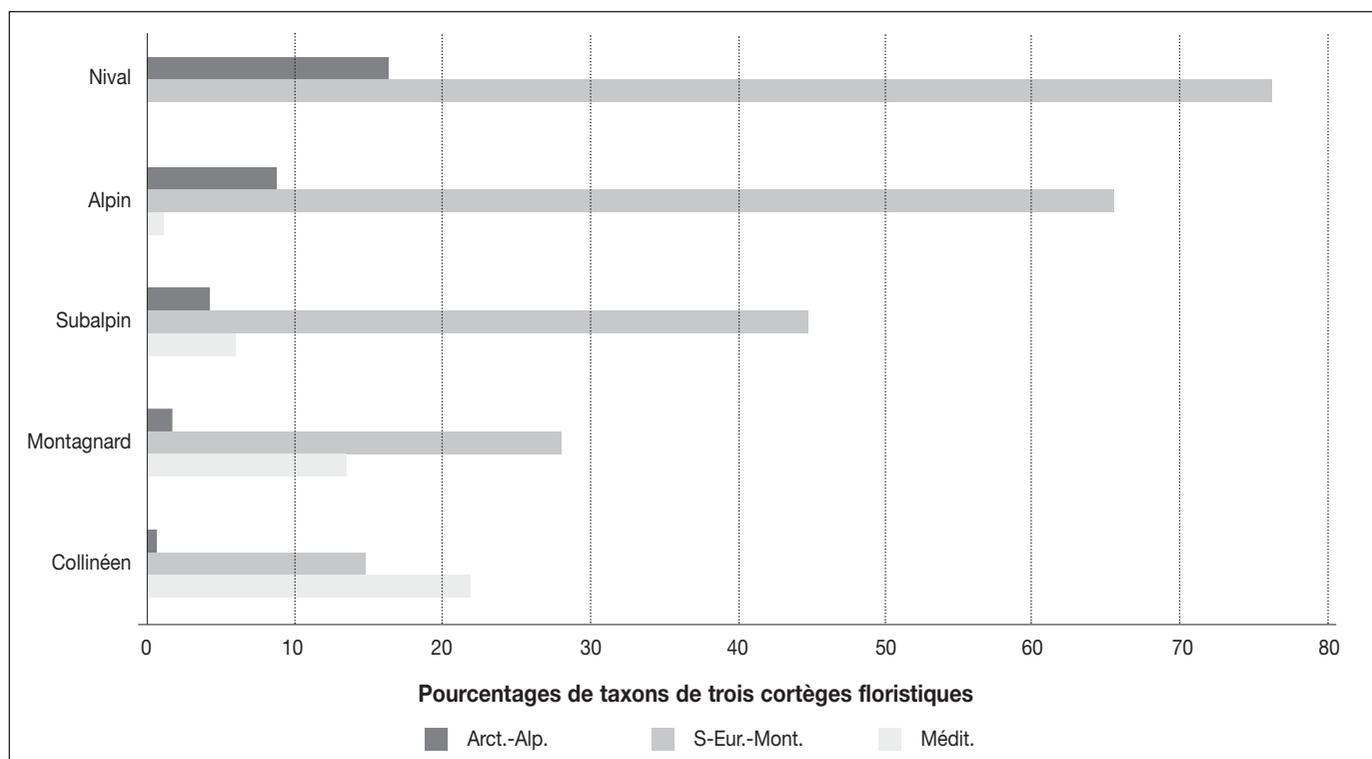


Fig. 9. – Pourcentages de taxons appartenant aux trois cortèges floristiques méditerranéen, sud-européen-montagnard et artico-alpin, dans chacun des cinq étages de végétation (% sur le nombre total de taxons recensés dans l'étage).

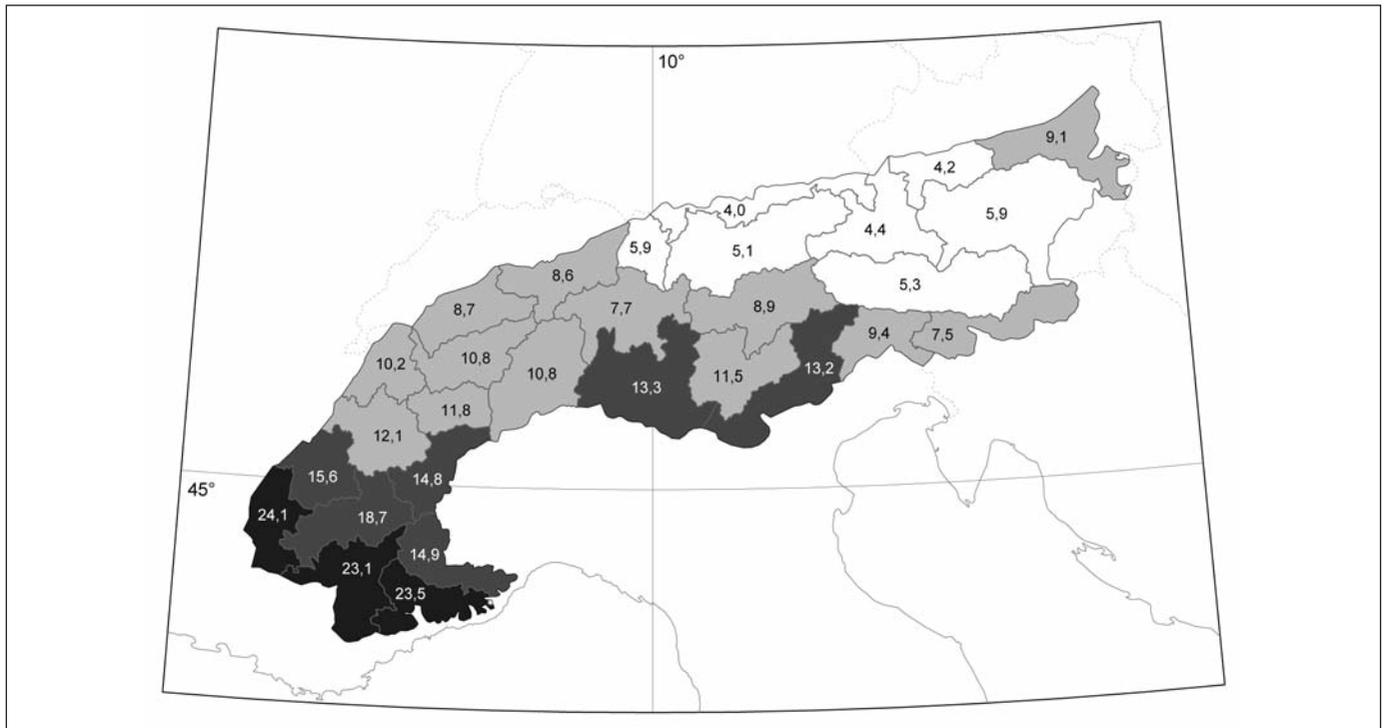


Fig. 12. – Carte de la dition avec, par division administrative, le pourcentage de taxons appartenant au cortège floristique méditerranéen (% sur le nombre de taxons recensés dans la division, seule la flore indigène totale étant ici considérée (= endémiques+indigènes), xénophytes exclus). Quatre classes sont définies : blanc : $\leq 6,9\%$; gris clair : 7-12,9%; gris foncé : 13-18,9%; noir : $\geq 19\%$.

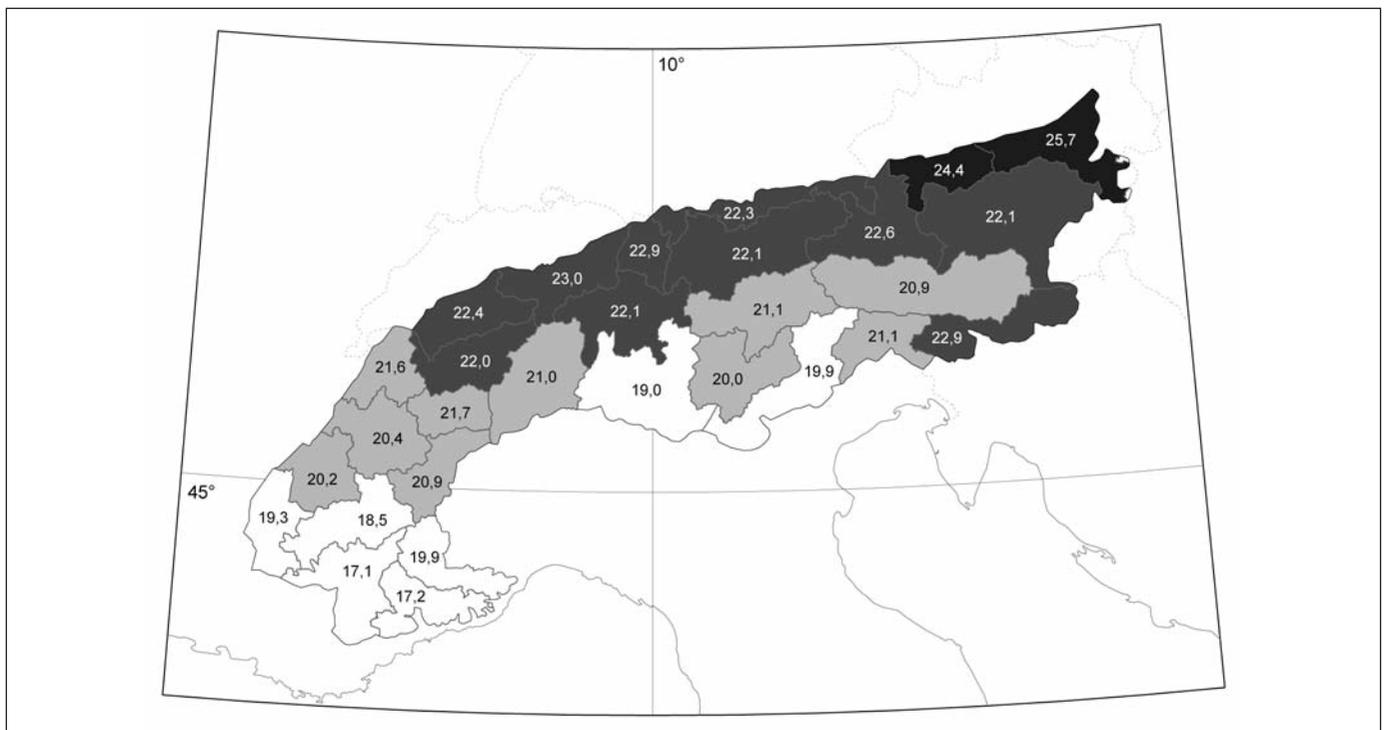


Fig. 13. – Carte de la dition avec, par division administrative, le pourcentage de taxons appartenant au contingent floristique eurasiatique (% sur le nombre de taxons recensés dans la division, seule la flore indigène totale étant ici considérée (= endémiques+indigènes), xénophytes exclus). Quatre classes sont définies : blanc : $\leq 19,9\%$; gris clair : 20-21,9%; gris foncé : 22-23,9%; noir : $\geq 24\%$.

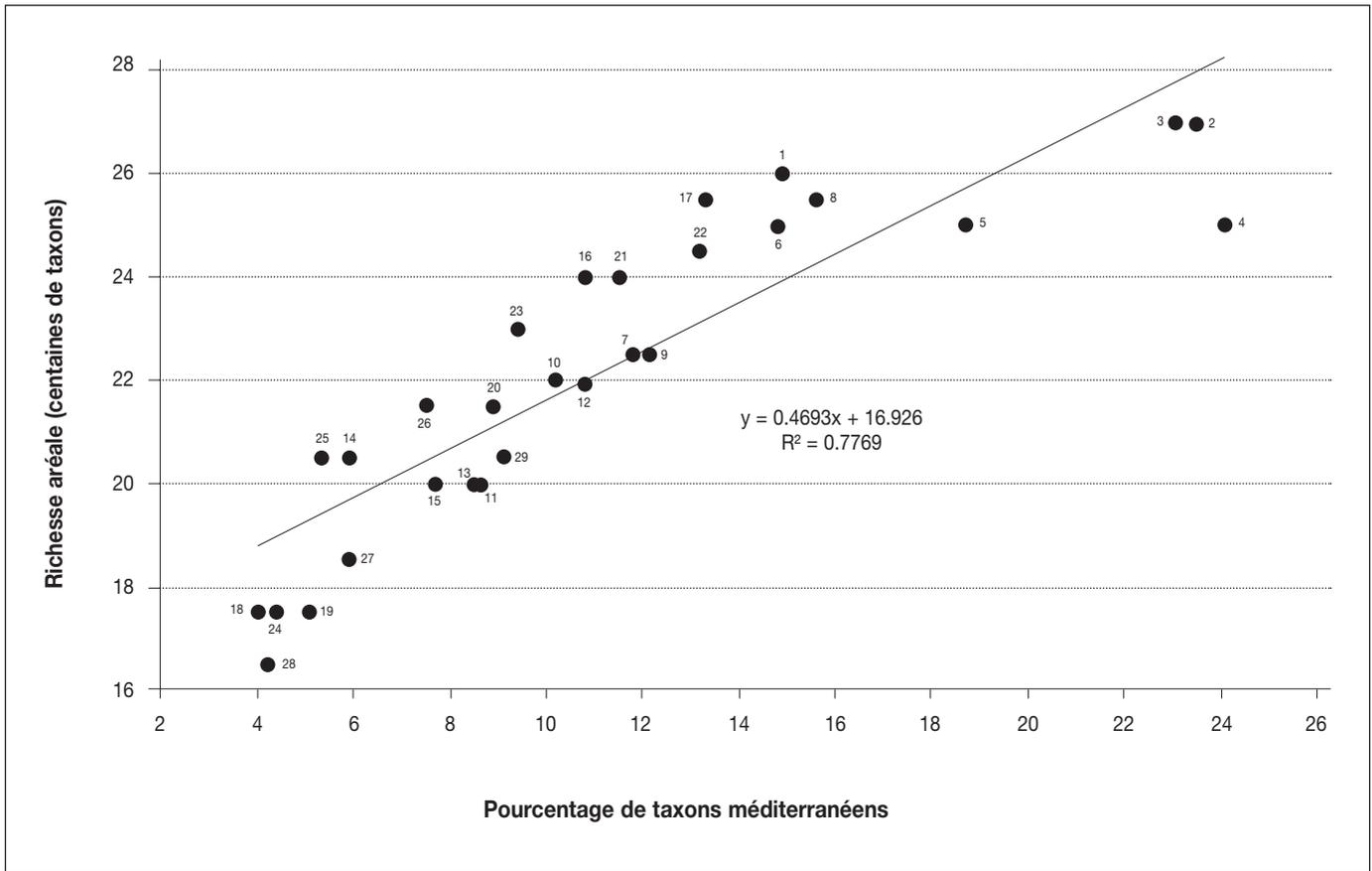


Fig. 14. – Corrélation entre le pourcentage de taxons méditerranéens (fig. 12) et la richesse aréale (en centaines de taxons) dans chacune des 29 divisions administratives de la dition (voir AESCHIMANN & al., 2011: 46). Seule la flore indigène totale est ici considérée (= endémiques+indigènes), xénophytes exclus.

Tableau 11. – Nombre total de taxons, nombre de taxons appartenant au cortège floristique sud-européen-montagnard et % dans les neuf familles qui comportent dans les Alpes plus de 50% de taxons appartenant à ce cortège.

Famille	Taxons	Taxons sud-européens-montagnards	%
<i>Paeoniaceae</i>	2	2	100,0
<i>Campanulaceae</i>	78	52	66,7
<i>Primulaceae</i>	70	46	65,7
<i>Saxifragaceae</i>	70	45	64,3
<i>Dipsacaceae</i>	44	28	63,6
<i>Gentianaceae</i>	54	34	63,0
<i>Globulariaceae</i>	5	3	60,0
<i>Crassulaceae</i>	46	26	56,5
<i>Thymelaeaceae</i>	11	6	54,5

Le tableau 12 liste les 27 familles qui comportent dans les Alpes au moins un taxon appartenant au cortège arctico-alpin. Seules les *Cyperaceae* réunissent plus de dix taxons de ce cortège. Parmi les 63 genres comptant au moins un taxon arctico-alpin dans la dition, les neuf suivants se composent à 100% de taxons de ce cortège: *Bartsia*, *Chamorchis*, *Dryas*, *Elyna*, *Kobresia*, *Lloydia*, *Oxyria*, *Rhodiola* et *Sibbaldia*. Pour *Arctostaphylos* et *Tofieldia*, ce taux est de 50%.

Tableau 12. – Nombre total de taxons, nombre de taxons appartenant au cortège floristique arctico-alpin et % dans les 27 familles qui comportent dans les Alpes au moins un taxon appartenant à ce cortège.

Famille	Taxons	Taxons arctico-alpins	%
<i>Lycopodiaceae</i>	11	2	18,2
<i>Ophioglossaceae</i>	7	1	14,3
<i>Sparganiaceae</i>	7	1	14,3
<i>Juncaceae</i>	51	6	11,8
<i>Saxifragaceae</i>	70	7	10,0
<i>Ericaceae</i>	21	2	9,5
<i>Cyperaceae</i>	160	13	8,1
<i>Gentianaceae</i>	54	4	7,4
<i>Onagraceae</i>	27	2	7,4
<i>Salicaceae</i>	42	3	7,1
<i>Lentibulariaceae</i>	16	1	6,3
<i>Caprifoliaceae</i>	19	1	5,3
<i>Crassulaceae</i>	46	2	4,3
<i>Polygonaceae</i>	51	2	3,9
<i>Rosaceae</i>	181	7	3,9
<i>Caryophyllaceae</i>	210	8	3,8
<i>Scrophulariaceae</i>	190	7	3,7
<i>Ranunculaceae</i>	144	5	3,5
<i>Primulaceae</i>	70	2	2,9
<i>Violaceae</i>	42	1	2,4
<i>Brassicaceae</i>	264	6	2,3
<i>Orchidaceae</i>	96	2	2,1
<i>Liliaceae</i>	109	2	1,8
<i>Asteraceae</i>	557	8	1,4
<i>Fabaceae</i>	280	4	1,4
<i>Boraginaceae</i>	80	1	1,3
<i>Poaceae</i>	359	4	1,1

Conclusions

Biodiversité par étage de végétation

1. Environ 60% des familles ne sont pas représentées au-dessus de la limite altitudinale des forêts. Malgré la décroissance du nombre de familles en fonction de l'altitude, près des deux tiers d'entre elles comptent encore des taxons à l'étage subalpin. Seulement 14% des familles subsistent à l'étage nival, où cinq d'entre elles réunissent près de 62% des taxons (*Asteraceae*, *Poaceae*, *Saxifragaceae*, *Brassicaceae* et *Caryophyllaceae*). Les deux familles les plus vastes, soit les *Asteraceae* et les *Poaceae*, occupent les rangs dominants à tous les étages de végétation et rassemblent près de 31% des taxons de l'étage nival. Parmi les familles dont la proportion varie le plus en fonction de l'altitude, celles des *Fabaceae* et des *Lamiaceae* régressent de manière importante alors qu'à l'inverse celles des *Saxifragaceae* et des *Primulaceae* progressent de façon très forte.
2. Le nombre de familles comportant au moins un taxon endémique est maximal au subalpin, soit 38, alors que le pourcentage le plus élevé est atteint à l'étage alpin, soit 50%. A tous les étages, le taux d'endémiques des *Campanulaceae* est très élevé et compris entre 34% et 54%. Le plus fort taux d'endémiques d'une famille est atteint par les *Rubiaceae*, soit 70% à l'étage alpin, leur nombre total de taxons diminuant beaucoup avec l'altitude. De l'étage collinéen à l'étage nival, les taux d'endémiques des *Saxifragaceae* et *Primulaceae* augmentent régulièrement, pour atteindre 55% et 50% respectivement à l'étage nival.
3. Environ 70% des genres ne sont pas représentés au-dessus de la limite altitudinale des forêts. Malgré la décroissance du nombre de genres en fonction de l'altitude, plus de la moitié d'entre eux (57%) comptent encore des taxons à l'étage subalpin. Seulement 6,7% des genres subsistent à l'étage nival, où trois d'entre eux réunissent près de 22% des taxons (*Saxifraga*, *Draba* et *Androsace*). Le genre le plus vaste, *Carex*, occupe le premier rang au collinéen, le 2^e à l'étage alpin, mais seulement le 7^e à l'étage nival, alors que le genre *Festuca*, second de la flore des Alpes, occupe ce 2^e rang du collinéen au subalpin, mais encore le 3^e aux étages alpin et nival. Parmi les genres dont la proportion varie le plus en fonction de l'altitude, celles des *Galium*, *Euphorbia* et *Centaurea* régressent de manière importante alors qu'à l'inverse celles des *Saxifraga*, *Draba* et *Androsace* progressent de façon très forte.
4. Le nombre de genres comportant au moins un taxon endémique est maximal à l'étage montagnard, soit 128, alors que le pourcentage le plus élevé est atteint à l'étage nival, soit 38,7%. A tous les étages, les taux d'endémiques des *Saxifraga* et des *Campanula* sont très élevés et compris entre 25% et 55%, ainsi qu'entre 34% et 50% respectivement. Le genre *Carex* ne compte que peu d'endémiques et donc des taux très bas, $\leq 5,2\%$, alors que les *Festuca* comptent plus de 50% d'endémiques à l'étage alpin.
5. Le nombre global de taxons décroît régulièrement en fonction de l'altitude, mais plus de la moitié d'entre eux sont encore représentés à l'étage subalpin, soit 2400. A l'étage alpin, on compte encore 1099 taxons, soit près d'un quart. Seulement 152 taxons subsistent à l'étage nival, dont aucun n'est exclusif. Le nombre de taxons endémiques s'accroît du collinéen au subalpin, pour atteindre un maximum de 411 à l'étage subalpin, et l'on en compte encore 295 à l'étage alpin, ainsi que 46 au nival. Tous étages confondus, le taux d'endémisme est d'environ 12% dans les Alpes. Calculé sur la flore indigène totale (xénophytes exclus), ce taux passe de 5% à 27% de l'étage collinéen à l'étage alpin, pour dépasser légèrement 30% au nival. Autrement dit, au-dessus de la limite altitudinale des forêts, un peu plus du quart des

taxons recensés dans les Alpes en sont endémiques. Les xénophytes sont surtout présents à l'étage collinéen, soit 494, et l'on en dénombre plus que 52 au subalpin et un seul à l'étage alpin.

6. Seul l'étage collinéen compte un nombre élevé de taxons exclusifs, soit 778 (22,1%). Sur 2433 taxons présents dans le regroupement des étages subalpin, alpin et nival, 382 en sont exclusifs, soit près de 16%. Aucun taxon n'est exclusif de l'étage nival. Plus de 58% des taxons exclusifs de l'étage montagnard sont des endémiques et ce pourcentage dépasse 60% parmi les taxons exclusifs du regroupement des étages alpin et nival.

Alpes occidentales et orientales

1. Malgré leur superficie inférieure, les Alpes occidentales comptent 151 taxons indigènes (non endémiques) de plus que les orientales, essentiellement par l'apport du cortège floristique méditerranéen dans les Alpes sud-occidentales. Les Alpes orientales comptent en revanche 49 taxons endémiques de plus que les occidentales, en raison de foyers d'endémisme plus vastes et diversifiés.
2. Pour les taxons indigènes (non endémiques), c'est à l'étage collinéen que l'écart de biodiversité entre les Alpes occidentales et orientales est le plus important. La différence se comble en fonction de l'altitude, de manière inversement proportionnelle à la diminution du pourcentage de taxons méditerranéens au fil des étages. A l'étage alpin, on compte ainsi 16 taxons indigènes de plus dans les Alpes orientales. L'augmentation du coefficient de similarité floristique de Jaccard entre les deux parties des Alpes, qui passe de 72% au collinéen à 92% à l'étage nival, s'explique aussi principalement par la diminution du poids relatif du cortège floristique méditerranéen en fonction de l'altitude.
3. Pour les taxons endémiques, c'est à l'étage alpin que la différence de nombre d'endémiques entre les Alpes occidentales et orientales est la plus importante, la diminution étant plus forte à cet étage dans les Alpes occidentales. Tous étages confondus, les deux parties des Alpes ne partagent que le quart des taxons endémiques, qui sont donc majoritairement confinés dans l'une et l'autre partie. Cependant, le coefficient de similarité floristique de Jaccard passant de 21% au collinéen à 56% à l'étage nival, le bicentrisme est plus accusé dans les étages inférieurs, une conclusion corroborée par les patrons cartographiques d'endémisme local. Les taux d'endémisme augmentent de l'étage collinéen à l'étage alpin, passant de 2,1% à 9,1% dans les Alpes occidentales et de 2,5% à 12,4% dans les Alpes orientales.

Distributions mondiales

1. Avec 1262 taxons, soit environ 30%, le cortège floristique sud-européen-montagnard est le plus important des Alpes, situées au cœur du domaine des montagnes d'Europe centrale et méridionale. Près d'un tiers des taxons indigènes recensés dans les Alpes peuvent donc être considérés comme endémiques ou subendémiques de l'«archipel de montagnes» du système alpin. Un taux d'endémisme comparable à celui de l'archipel des Canaries (SCHÖNFELDER, 1997: 7). Au second rang vient le cortège floristique méditerranéen, avec près de 20% des taxons, suivi des contingents européen (17%) et eurasiatique (16%).
2. Parmi les xénophytes, le contingent floristique américain est le mieux représenté, réunissant près du quart de ces taxons; il est suivi par les contingents asiatique (23%) et méditerranéen (22%).
3. A l'étage collinéen, le cortège méditerranéen est le mieux représenté, réunissant plus de 20% des taxons. De l'étage montagnard au nival, c'est en revanche le cortège sud-européen-montagnard qui est le plus important, réunissant 66% des taxons à l'étage alpin et même 76% au nival. Dans le regroupement des étages subalpin, alpin et nival, les deux cortèges sud-européen-montagnard et arctico-alpin constituent ensemble près de 50% de la flore et réunissent 94% des taxons exclusifs du regroupement d'étages.
4. La richesse aréale est positivement corrélée avec le poids relatif du cortège floristique méditerranéen ($R^2 = 0,78$). Autrement dit, comme les Alpes se trouvent à l'interface entre les biomes tempéré (ou néomoral) et méditerranéen, la biodiversité est plus élevée dans les régions de cette chaîne où les éléments méditerranéens enrichissent une flore essentiellement composée de taxons à distribution tempérée.
5. Neuf familles comportent dans les Alpes plus de 50% de taxons appartenant au cortège floristique sud-européen-montagnard, dont les *Campanulaceae* qui comptent deux tiers de taxons de ce cortège et montrent le taux d'endémiques de la dition le plus élevé, soit 42,3% (AESCHIMANN & al., 2011: 47). Dix-neuf genres sont endémiques ou subendémiques du domaine des montagnes d'Europe centrale et méridionale. Seules les *Cyperaceae* réunissent plus de dix taxons du cortège floristique arctico-alpin. Onze genres montrent une proportion de taxons arctico-alpins supérieure ou égale à 50%.

Remerciements

Nous remercions le Fonds National Suisse de la recherche scientifique (FNS) de son soutien au projet «Contribution à l'étude synthétique de la diversité floristique des Alpes» (n° 31-31244.91 et 3100-031244), ainsi que toutes les personnes ayant collaboré au projet pour une Flore des Alpes. Nos remerciements vont également à Nicolas Wyler pour la production des cartes des Alpes par SIG, ainsi qu'à Pascal Martin et Yves Rasolofoa pour leurs conseils et expertises informatiques.

Références

- AESCHIMANN, D., K. LAUBER, D. M. MOSER & J.-P. THEURILLAT (2004). *Flora alpina*. Haupt, Belin & Zanichelli.
- AESCHIMANN, D., N. RASOLOFO & J.-P. THEURILLAT (2011). Analyse de la flore des Alpes. 1 : historique et biodiversité. *Candollea* 66: 27-55.
- CASAZZA, C., G. BARBERIS & L. MINUTO (2005). Ecological characteristics and rarity of endemic plants of the Italian Maritime Alps. *Biol. Conservation* 123: 361-371.
- CHODAT, R. & R. PAMPANINI (1902). Sur la distribution des plantes des Alpes austro-orientales et plus particulièrement d'un choix de plantes des Alpes cadoriques et vénitiennes. *Globe (Geneva)* 41: 63-132.
- ESSL, F., M. STAUDINGER, O. STÖHR, L. SCHRATT-EHRENDORFER, W. RABITSCH & H. NIKLFELD (2009). Distribution patterns, range size and niche breadth of Austrian endemic plants. *Biol. Conservation* 142: 2547-2558.
- FAVARGER, C. (1972a). Endemism in the Montane Floras of Europe. In: VALENTINE, D. H. (ed.), *Taxonomy, Phytogeography and Evolution*: 191-204. Academic Press.
- FAVARGER, C. (1972b). La Flore. In: SCHAER, J.-P., P. VEYRET, C. FAVARGER, G. du CHATENET, R. HAINARD & O. PACCAUD (ed.), *Guide du Naturaliste dans les Alpes*: 131-203. Delachaux & Niestlé.
- FAVARGER, C. (1995). *Flore et végétation des Alpes*. Ed. 3. Delachaux & Niestlé.
- GAUSSEN, H. (1954). *Géographie des plantes*. Ed. 2. Armand Colin, Paris.
- HESS, H. E., E. LANDOLT & R. HIRZEL (1976-1980). *Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete*. Ed. 2. Birkhäuser.
- JACCARD, P. (1900). Contribution au problème de l'immigration post-glaciaire de la flore alpine. Etude comparative de la flore alpine du massif du Wildhorn, du haut bassin du Trient et de la haute vallée de Bagnes. *Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat.* 36: 87-130.
- JACCARD, P. (1901a). Distribution de la flore alpine dans le bassin des Dranses et dans quelques régions voisines. *Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat.* 37: 239-272.
- JACCARD, P. (1901b). Etude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et du Jura. *Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat.* 37: 547-579.
- JACCARD, P. (1902). Lois de distribution florale dans la zone alpine. *Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat.* 38: 69-130.
- JACCARD, P. (1908). Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat.* 44: 223-270.
- JEANMONOD, D., A. SCHLÜSSEL & J. GAMISANS (2011). Analyse de la flore Corse. Aspects biologiques. *Candollea* 66: 5-25.
- JEROSCH, M. (1903). *Geschichte und Herkunft der schweizerischen Alpenflora*. Engelmann, Leipzig.
- KÖRNER, C. (1995). Alpine plant diversity: a global survey and functional interpretations. In: CHAPIN III, F. S. & C. KÖRNER (ed.), *Arctic and alpine biodiversity. Ecological Studies* 113: 45-62.
- KÖRNER, C. (2003). *Alpine Plant Life*. Ed. 2. Springer.
- LANDOLT, E. & D. AESCHIMANN (2005). *Notre flore alpine*. Ed. 4. CAS, Berne.
- MÉDAIL, F. & R. VERLAQUE (1997). Ecological characteristics and rarity of endemic plants from southeast France and Corsica: implications for biodiversity conservation. *Biol. Conservation* 80: 269-281.
- MERXMÜLLER, H. (1952). *Untersuchungen zur Sippengliederung und Arealbildung in den Alpen*. Verein zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere, München.
- NIKLFELD, H. (1972). Der niederösterreichische Alpenstrand – ein Glazialrefugium montaner Pflanzensippen. *Jahrb. Vereins Schutze Alpenpfl. Alpentiere* 37: 42-94.
- OZENDA, P. (1985). *La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen*. Masson.
- OZENDA, P. (1995). L'endémisme au niveau de l'ensemble du Système alpin. *Acta Bot. Gallica* 142: 753-762.
- OZENDA, P. (1997). Le concept géobiologique d'orosystème. *Rev. Ecol. Alpine* 4: 65-106.
- OZENDA, P. (2009). On the genesis of the plant population in the Alps: New or critical aspects. *Comp. Rend. Biol.* 332: 1092-1103.
- OZENDA, P. & J.-L. BOREL (2003). The Alpine Vegetation of the Alps. In: NAGY, L., G. GRABHERR, C. KÖRNER & D. B. A. THOMPSON (ed.), *Alpine Biodiversity in Europe. Ecological Studies* 167: 53-64.
- OZENDA, P. & J.-L. BOREL (2006). La végétation des Alpes occidentales. Un sommet de la biodiversité. *Braun-Blanquetia* 41: 1-45.
- PAMPANINI, R. (1903). *Essai sur la géographie botanique des Alpes et en particulier des Alpes sud-orientales*. Fragnière, Fribourg.
- PAWLOWSKI, B. (1970). Remarques sur l'endémisme dans la flore des Alpes et des Carpates. *Vegetatio* 21: 181-243.
- REISIGL, H. & H. PITSCHMANN (1958). Obere Grenzen von Flora und Vegetation in der Nivalstufe der zentralen Ötztaler Alpen (Tirol). *Vegetatio* 8: 93-129.
- SCHÖNFELDER, P. & I. (1997). *Die Kosmos- Kanarenflora*. Kosmos.
- THEURILLAT, J.-P. (1995). Climate change and the alpine flora: some perspectives. In: GUIGAN, A., J. I. HOLTEN, R. SPICIGER & L. TESSIER (ed.), *Potential ecological impacts of climate change in the Alps and Fennoscandian mountains*: 121-127. Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève.

- THEURILLAT, J.-P., F. FELBER, P. GEISSLER, J.-M. GOBAT, M. FIERZ, A. FISCHLIN, P. KÜPFER, A. SCHLÜSSEL, C. VELLUTI, G.-F. ZHAO & J. WILLIAMS (1998). Sensitivity of plant and soil ecosystems of the Alps to climate change. *In*: CEBON, P., U. DAHINDEN, H. C. DAVIES, D. M. IMBODEN & C. C. JÄGER (ed.), *Views from the Alps. Regional perspectives on climate change*: 225-308. MIT Press.
- THEURILLAT, J.-P. & A. GUISAN (2001). Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: a review. *Climatic Change* 50: 77-109; 53: 529-530.
- TRIBSCH, A. (2004). Areas of endemism of vascular plants in the Eastern Alps in relation to Pleistocene glaciation. *J. Biogeogr.* 31: 747-760.
- TRIBSCH, A. & P. SCHÖNSWETTER (2003). Patterns of endemism and comparative phylogeography confirm palaeo-environmental evidence for Pleistocene refugia in the Eastern Alps. *Taxon* 52: 477-497.