

LE GENTIANO-CARICETUM CURVULAE¹⁾ DANS LA RÉGION LUCHONAISE (Pyrénées centrales)

par

R. NEGRE

Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille

Il est courant, dans les Alpes, de faire débiter l'étage alpin supérieur à l'arrêt des landes à myrtilles (20) et de fixer ses limites supérieures à l'apparition des gazons pionniers de l'étage subnival (10). Cet étage alpin supérieur est ainsi le domaine des „grasheiden" à *Carex curvula* et *Elyna*. Dans la région de Luchon, les groupements à *Carex curvula* débutent à 2500 m, soit 200 m plus haut que la limite inférieure assignée par GAUSSEN (11) à l'étage alpin et ils dépassent 3000 m, pénétrant ainsi dans l'étage nival.

Ils côtoient plusieurs groupements d'éboulis qu'on pourrait inclure dans les „pionnier-rasen" et qui ont été précédemment décrits (17). En généralisant un peu, on peut dire que ces groupements à *Carex* appartiennent tous à la même association le Gentiano-Caricetum curvulae.

Celui-ci a été signalé pour la première fois au Portillon (16) autour duquel il prend une grande extension, de même qu'autour du Lac glacé, qu'au Seil-Grand et au Cirque des Crabioules. Son domaine altitudinal est plus restreint que celui de ses caractéristiques: *Carex curvula*, *Sibbaldia procumbens* peuvent descendre à 1900 m, *Trifolium alpinum* arrivant jusqu'à 1750 m.

I. FLORISTIQUE

I.a — COMPOSITION ET VARIATIONS

La composition floristique, telle qu'elle ressort du tableau, présente de grandes affinités avec celle du Curvuletum du massif de Néouvielle signalé par CHOUARD (6), la plupart des espèces indiquées en Pyrénées occidentales se retrouvent chez nous. Nombreuses sont aussi les parentés avec le Curvulo-Leontodetum décrit des Pyrénées orientales (3) mais ce dernier se distingue du nôtre par la présence de *Phyteuma pedemontanum*, *Luzula lutea*, *Gentiana*

¹⁾ Cette note fait suite à l'étude des rochers, des éboulis, des moraines du bassin versant de l'One, publiée dans *Port. Acta bot.* (17). L'One est un affluent de la Pique, celle-ci se jetant elle-même dans la Garonne à Mèrignac. La région qui nous intéresse ici est portée sur les deux cartes au 200000 Bagnères de Luchon no 6 et no 7; elle figure sur la carte Michelin au 200000 no 85 Biarritz-Luchon, au pli 19 et sur la carte Michelin au 1000000 au Sud de la route de Bagnères de Luchon — col de Peyresourde.

brachyphylla et une dizaine de caractéristiques du Festucion supinae (*Festuca supina*, *Erigeron aragonensis*, *Armeria mulleri*, etc.). Le Gentiano-Caricetum est aussi proche du Curvuletum alpin, avec lequel il a une quinzaine d'espèces communes dont les lichens, mais dont il diffère par l'absence de l'élément strictement alpin représenté, par exemple, par *Festuca halleri*, *Senecio carniolicus*, *Gentiana rotundifolia*, etc.

BRAUN-BLANQUET (3) distingue trois variantes: l'une à *Elyna myosuroides* sur terrains à acidité moyenne, l'autre à *Carex curvula* dans les parties élevées de la chaîne, l'autre à *Gentiana alpina* dans les dépressions „couvertes d'une abondante couche de neige". Cette dernière est probablement l'homologue, ou mieux l'expression orientale, de notre Gentiano-Caricetum. L'abondance de

Tableau n° 1 — Composition floristique du *Gentiano-Caricetum curvulae*

Numéro des relevés	226	242	243	244	204	218	219	220	221	222	229	231	232	233	234
Sous-Association	prisculetum				ranunculetum				sibbaldietum pur						
Caractéristiques d'association :															
<i>Carex curvula</i> All.	331	+	212	211	211	142	112	321	331	221	241	211	221	321	321
<i>Primula integrifolia</i> L.	211	211	332	321	332	+	+	431	212	121	221	224	+	211	221
<i>Gentiana alpina</i> L.	211	431	321	331	431	+	321	211	321	121	345	431	321	211	221
<i>Trifolium alpinum</i> L.	445	232	332	231	12	331	233	223	232	333	+	123	211	221	123
<i>Sibbaldia procumbens</i> L.	+	+									323	433	211	321	224
Différentielles des associations :															
<i>Primula integrifolia</i> L.	211	211	332	321	332	+	+	1	431	212	121	221	224	+	211
<i>Ranunculus pyrenaicus</i> L.							321	421	441	521	431				
<i>Senecio pyrenaicus</i> (L.) Gouan							+	+	124	114					
<i>Festuca eskia</i> Rem.							344	232		234					
<i>Arenaria purpurascens</i> Ram.							321	231	321	124	113				
<i>Gum montanum</i> L.							+	+	+	+					+
<i>Musa Athanasianus</i> Jacq.							+	+	+	213	2	1			
<i>Soldanella alpina</i> L.							+	+	112	+	3	231			
<i>Antennaria dioeca</i> (L.) Gaertn.		+	+		+				121			143	+	+	+
<i>Sibbaldia procumbens</i> L.		+			+							323	433	211	321
<i>Oreochloa disticha</i> Lam.		+	211	+				121	+	2	+	+	+	211	+
<i>Phyteuma hemisphaericum</i> L.		+	1	+	+	+								+	+
<i>Nardus stricta</i> L.		+												+	+
<i>Thymus nervosus</i> Gay										211					
<i>Sempervivum montanum</i> Jacq. var. <i>minimum</i> Timb.															
<i>Gentiana nivalis</i> L.															
<i>Thamnolia verticillaris</i> (Sw.) Ach.															
<i>Cetraria Friesii</i> Ach.															
<i>Cetraria islandica</i> (L.) Ach.															
<i>Cladonia impeha</i> Harm.															
<i>Salix herbacea</i> L.															
<i>Gnaphalium supinum</i> L.						241									
Caractéristiques d'ordre et de classe :															
<i>Leontodon pyrenaicus</i> Gouan	321	341	211	322	321	331	242	321	311	232				211	321
<i>Oreochloa disticha</i> Lam.		+	211	+	+	+	121	+	2	+	+	+	+	211	+
<i>Corynephorus alpinum</i> L.	+	3	+	+	1	1	+	+	+	+	1	+	+	+	+
<i>Phyteuma hemisphaericum</i> L.		+	1	+	+	+									+
<i>Agrostis rupestris</i> All.	3	2													+
<i>Arenaria alpina</i> Willd.			+	+	+	+						+	+	+	+
<i>Ranunculus pyrenaicus</i> L.							321	421	441	521	431				
<i>Androsace curvula</i> L. sp. <i>Laggeri</i> Huet et P.															
<i>Sempervivum montanum</i> Jacq. var. <i>minimum</i> Timb.															
<i>Jasione humilis</i> Lois.															
<i>Antennaria dioeca</i> (L.) Gaertn.		+	+		+			12	1			14	3	+	+
<i>Juncus trifidus</i> L.															
<i>Euphrasia minima</i> Jacq.															
Composées principales :															
<i>Sedum alpestre</i> Vill.		+	+	141	+	2							+		1
<i>Aletris Chertieri</i> Pencil.		+	+		+	+									
<i>Silene acaulis</i> L.		+	+	3		+						+			
<i>Poa alpina</i> L.							1	2	5						
<i>Luzula spicata</i> (L.) DC. var. <i>typica</i> Buch.								221	221						
<i>Erigeron uniflorus</i> L.															
<i>Cardamine resedifolia</i> L.								+	221	321			+	+	+
<i>Veronica alpina</i> L.	+	2	+					221	221						
<i>Lidaria alpina</i> (L.) Mill.				1	+	2	1	+							
<i>Agrostis Schleicheri</i> Jord. et Verl.					+	+									
<i>Festuca glacialis</i> Miég.												+	+	+	+

Espèces peu fréquentes et accidentelles : *Saxifraga roschata* Wulf. = 2.1.1 (204) ; 2.1.1 (217) ; + (196) ; 1.2.1 (212) ; 211 (236) ; + (25) ; 2.1.1 (211 a) ; 2.2.1 (211 b) ; *Vaccinium uliginosum* L. = 1.2 (204) ; + (222) ; + (238, 25, 385) ; 44 (400) ; + (430) ; *Vaccinium Myrtillus* L. = + (204) ; 220, 221, 500) ; *Polytrichum juniperinum* Willd. = + (361) ; 2.1 (292 b) ; + (291) ; 1.3 (292) ; *Carex pyrenaica* Wahlg. = + (500) ; 2.1.1 (503) ; 2+1 (470) ; + (430) ; *Loiseleuria procumbens* (L.) Desv. = 1.5 (204) ; +4 (238, 25) ; *Saxifraga bryoides* (L.) Engl. et I. = + (217, 236) ; *Potentilla nivalis* Lapeyr. = 2+1 (204) ; + (239) ; *Taraxacum officinale* R. = + (216) ; 21 (219) ; *Aronicum scorpioides* L. = 2.1.1 (212) ; + (467) .



1. La bancade des Spijoles, vue du haut Val d'Arrouge — Au fond et de gauche à droite: Pic Quayrat (3060 m), Pic Lézat (3102 m), Col de Litérole (2983 m), Pic Royo (3121 m); au second plan: la bancade avec *Gentiano-Curvuletum* sur les bosses, des groupements d'éboulis sous les taches de neige, le Seil de la Baque, en haut à droite; au premier plan à droite: rochers du Mail Mouillat à *Saxifrages*.

2. Seil Grand vu par l'Est — Au fond, les Pics d'Arrouge (2853 m) et de Nère (2794 m); au premier plan: *Gentiano-Caricetum* partout entre les blocs usés du verrou, *Salicetum herbaceae* dans la combe à neige, *Aronico-Luzuletum* dans les éboulis.

être fraudra-t-il ultérieurement redéfinir les caractères et les limites de celle-ci.

Comme ailleurs, l'association présente une foule de sous-associations, de variantes et de faciès. Le tableau synthétique I réunit cinq relevés de chacune des cinq sous-associations ou faciès les plus fréquents et choisis parmi les plus typiques de la centaine que nous possédons.

Les relevés du tableau ont été pris dans les stations suivantes:

- no 25 le Montségou, 2354 m, plat, 10 m², couv. 95 %.
- no 198 Seil Grand, 2660 m, N 1 %, 10 m², couv. 15 %.
- no 199 Seil Grand, 2690 m, N 5 %, 20 m², couv. 30 %.
- no 204 Seil Grand, 2500 m, N 3 %, 100 m², couv. 70 %.
- no 211a Tusse de Montarqué, 2890 m, plat, 10 m², couv. 30 %.
- no 211b Tusse de Montarqué, 2890 m, plat 3 m², couv. 35 %.
- no 212 Tusse de Montarqué, 2870 m, E 5 %, 100 m², couv. 20 %.
- no 217 Tusse de Montarqué, 2870 m, plat, 10 m², couv. 40 %.
- no 218 les Crabioules, 2540 m, N 1 %, 25 m², couv. 100 %.
- no 219 les Crabioules, 2540 m, N 1 %, 100 m², couv. 100 %.
- no 220 les Crabioules, 2550 m, S 1 %, 4 m², couv. 90 %.
- no 221 les Crabioules, 2570 m, N 2 %, 6 m², couv. 95 %.
- no 222 les Crabioules, 2585 m, N 15 %, 100 m², couv. 90 %.
- no 226 les Crabioules, 2650 m, E 5 %, 25 m², couv. 100 %.
- no 229 les Crabioules, 2700 m, S 1 %, 4 m², couv. 70 %.
- no 231 les Crabioules, 2750 m, E 1 %, 16 m², couv. 100 %.
- no 232 les Crabioules, 2710 m, E 2 %, 20 m², couv. 100 %.
- no 233 les Crabioules, 2710 m, NE 1 %, 15 m², couv. 100 %.
- no 234 les Crabioules, 2690 m, N 5 %, 10 m², couv. 100 %.
- no 238 Prat Long, 2541 m, NW 1 %, 10 m², couv. 100 %.
- no 240 Maupas, 2650 m, plat, 4 m², couv. 75 %.
- no 241 Maupas, 2600 m, plat, 4 m², couv. 100 %.
- no 242 Maupas, 2610 m, N 1 %, 4 m², couv. 100 %.
- no 243 Maupas, 2660 m, N 1 %, 4 m², couv. 100 %.
- no 244 Maupas, 2600 m, N 1 %, 4 m², couv. 100 %.
- no 290 Spijoles, 2680 m, plat, 4 m², couv. 75 %.
- no 291 Spijoles, 2600 m, N 5 %, 2 m², couv. 100 %.
- no 292 Spijoles, 2650 m, N 2 %, 4 m², couv. 100 %.
- no 292b Spijoles, 2550 m, plat, 6 m², couv. 100 %.
- no 381 Pic Gourdan, 2850 m, E 1 %, 3 m², couv. 100 %.
- no 383 Hounts Secs, 2830 m, plat, 4 m², couv. 100 %.
- no 397 Tusse de Montarqué, 2890m, N 3 %, 4 m², couv. 100 %.
- no 398 Tusse de Montarqué, 2820 m, plat, 4 m², couv. 95 %.
- no 400 Tusse de Montarqué, 2750 m, E 5 %, 4 m², couv. 85 %.
- no 402 Tusse de Montarqué, 2740 m, N 15 %, 100 m², couv. 100 %.
- no 467 Lac glacé, 2650 m, E 2 %, 4 m², couv. 100 %.

- no 470 Lac glacé, 2720 m, N 20 %, 100 m², couv. 90%.
 no 480 Lac glacé, 2750 m, S 2 %, 6 m², couv. 100 %.
 no 500 Lac du Portillon, 2610 m, SE 10 %, 2 m², couv. 100 %.
 no 503 Lac du Portillon, 2680 m, SSW 40 %, 2 m², couv. 100 %.

Les chiffres figurant dans chaque colonne appellent quelques commentaires. En haute altitude, en effet, les rythmes biologiques particuliers à chaque espèce, vivace ou non, ne permettent la comparaison objective des coefficients que lorsque toutes les espèces ont atteint leur plein développement. Au début de la bonne saison, il devient très difficile d'apprécier la dominance de *Sibbaldia*, sans feuilles, comparée à celle des gentianes toujours feuillées. Il est donc indispensable d'abandonner ici le coefficient d'abondance-dominance et de noter séparément l'abondance et la dominance, comme cela s'est avéré nécessaire pour les régions arides ou semi-arides. Mais cette manière de faire entraîne un inconvénient: celui de ne plus pouvoir utiliser le „deckungswert” pour comparer le degré de fidélité. Nous avons donc remplacé celui-ci par un coefficient synthétique d'abondance obtenu, pour chaque espèce, en faisant la somme de tous les coefficients d'abondance divisée par le nombre de relevés et multipliée par 100, la + comptant pour 0.1.

Le tableau condensé II, ci-dessous, établi suivant ce principe, permet d'apprécier l'importance relative des caractéristiques et différentielles dans les cinq sous-associations retenues.

La plus pauvre des sous-associations, mais en même temps la plus homogène, est marquée par l'abondance de *Primula integrifolia*. La plus riche est bien différenciée par l'importance de *Ranunculus pyrenaicus*, auquel se mêlent plusieurs espèces du Selino-Festucetum subalpin. A ces deux sous-associations, assez thermophiles, s'opposent les trois suivantes, mieux adaptées au froid: l'une à *Sibbaldia procumbens*, avec ou sans *Antennaria dioeca*, l'autre à *Salix herbacea* et plusieurs espèces fréquentes dans les endroits décapés ou meubles, la dernière enfin à *Oreochloa disticha* et *Phyteuma hemisphaericum*, avec ou sans nard et souvent enrichie de lichens nombreux. Cette dernière variante fait penser au *Curvuletum cetrarietosum* alpin, qui serait inconnu, d'après BRAUN-BLANQUET, en Pyrénées orientales. Des exemples de passage entre les trois dernières associations figurent également sur le tableau. Il aurait été possible de leur adjoindre toute la série des stades intermédiaires avec les associations d'éboulis, celles des rochers, celles des crêtes ventées et tous les stades initiaux conduisant du bombelement nu de granite à la pelouse continue. Il suffit de mentionner parmi ces derniers, les stades à polytrics, à *Carex*, à véronique, à gentiane, à saule nain, à chrysanthème, à *Poa alpina* vivant en populations pures, ou déjà structurées en début de groupement, tels

TABLEAU II

Coefficients synthétiques d'abondance dans le Gentiano-Curvuletum

Espèces	Sous-association	primu- letosum	ranuncu- letosum	sibbaldie- tosum		oreochle- tosum		sali- cetosum
				(anten.)	(nard.)	lichens		
<i>Carex curvula</i>		182	200	240	162	200	166	220
<i>Gentiana alpina</i>		320	182	280	320	260	170	300
<i>Trifolium alpinum</i>		240	240	122	82	280	—	40
<i>Primula integrifolia</i>		260	144	168	180	220	103	182
<i>Ranunculus pyrenaicus</i>		—	400	—	4	40	—	—
<i>Arenaria purpurascens</i>		—	200	—	—	—	—	—
<i>Festuca eskia</i>		—	140	—	—	60	—	—
<i>Meum athamanticum</i>		—	86	—	—	—	—	—
<i>Soldanella alpina</i>		—	64	—	—	—	—	—
<i>Selinum pyrenaicum</i>		—	44	—	—	82	—	—
<i>Geum montanum</i>		—	8	4	—	—	—	—
<i>Antennaria dioeca</i>		20	20	26	240	2	133	—
<i>Sibbaldia procumbens</i>		4	—	180	180	4	8	24
<i>Oreochloa disticha</i>		46	28	46	86	220	130	4
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>		26	—	4	102	180	203	82
<i>Nardus stricta</i>		2	—	4	—	120	3	—
<i>Cetraria tilesii</i>	}	—	—	—	—	—	366	—
<i>C. islandica</i>		—	—	—	—	—		—
<i>Thamnolia vermicularis</i>		—	—	—	—	—		—
<i>Thymus nervosus</i>		2	40	6	—	—	226	—
<i>Sempervivum montanum</i>		—	—	—	—	—	40	—
<i>Gentiana nivalis</i>		—	—	—	—	—	10	—
<i>Cladonia impexa</i>		—	—	—	—	—	10	—
<i>Salix herbacea</i>		—	—	—	—	20	—	320
<i>Gnaphalium supinum</i>		40	—	—	—	10	—	122

les stades à saule-gentiane ou gentiane — *Carex* sur lesquels on reviendra plus loin (cf. 3b).

Les sous-associations sont rangées dans le tableau dans un ordre dynamique: les deux premières correspondent à deux expressions de l'état final, climacique, très fermé et parfaitement stable, à aire minimale de un à un mètre cinquante carré: les suivantes marquent des stades d'évolution de moins en moins poussée.

Le G.-C. ¹⁾ sibbaldietosum comporte une dizaine d'espèces

¹⁾ dans la suite de l'article, l'abréviation G.—C. désignera le binôme Gentiano-Caricetum.



3. Gentiano-Caricetum des granites du Maupas — Au fond au centre: les Crabioules (3116 m).

édificatrices, le G.-C. oreochletosum une quinzaine et le G.-C. salicetosum un peu plus encore; en outre, ce dernier voit fréquemment l'abondance de *Linaria alpina*, *Armeria alpina*, *Luzula spicata* toutes très affines de terrains mouvants. Ici, *Salix herbacea* joue simplement un rôle de pionnier, mais sa présence ne signifie nullement que le groupement soit identique au Salicetum herbaceae des combes à neige. L'aire minimale y est d'ailleurs de 2 mètres carrés, contre moins de 1 mètre carré dans celles-ci.

Si le G.-C. oreochletosum se rapproche fortement dans son faciès à lichens et *Thymus nervosus* du Curvuletum cetrarietosum alpin, plusieurs autres de ses faciès, non portés sur le tableau, évoquent assez l'association à *Carex curvula*, *Leontodon pyrenaicus* *Thymus nervosus* des aires convexes non calcaires signalées par CHOUARD (6) du pays de Néouvielle, ou, de manière plus lointaine, le pelouse écorchée culminale que QUEZEL (19) décrivait en 1953 de la Sierra Nevada, les uns et les autres se rattachant au grand ensemble physiognomique connu depuis GAUSSEN (11), sous le nom de pelouse à *Carex curvula*.

Voici, par exemple, deux relevés pris dans des peuplements à couverture lâche: le no 290a provient de la Pointe Belloc, à 2680 m (couverture 75 %, hauteur de la végétation 7 cm); le no 485 (couverture 30 %, hauteur de la végétation 5 cm), provient des Spijoles.

no 290a 485	Caractéristiques d'association:	no 290a 485	Autres espèces:
321	322	Carex curvula	321 + <i>Phyteuma hemisphaericum</i>
221	+2	Primula integrifolia	321 + <i>Leontodon pyrenaicus</i>
221	113	Gentiana alpina	+ + <i>Chrysanthemum alpinum</i>
331	-	Trifolium alpinum	• + + <i>Armeria alpina</i>
331	-	Sibbaldia procumbens	411 - <i>Euphrasia minima</i>
		Graminées — Cypéracées:	2+1 - <i>Sedum alpestre</i>
321	311	Oreochloa disticha	2+1 - <i>Antennaria dioeca</i>
321	323	Agrostis rupestris	- + <i>Erigeron alpinus</i>
321	21+	Luzula spicata	+ - <i>Cardamine resedifolia</i>
211	211	Poa cf. laxa	- 123 <i>Silene acaulis</i>
+	11+	Festuca glacialis	- +2 <i>Alsine Cherleri</i>
+	+	Carex nigra (et C. pyrenaica)	- + <i>Thymus nervosus</i>
-	+	Poa alpina	- + <i>Viscaria alpina</i>

Dans ces groupements ouverts à large représentation de Graminées-Cypéracées, les plantes à rosettes sont en général peu abondantes: leurs feuilles et leur hampe florale sont réduites, comme celles des chasmophytes, *Phyteuma hemisphaericum* par exemple.

Ce faciès s'apparente aux formes du G.-C. oreochletosum du versant sud-pyrénéen dont voici trois exemples. Le no 546 a été pris à 2710 m d'altitude sur les granites du Lac de Gias couverts à 95 % et exposés au Sud: les no 549 et 550 proviennent des granites du Lac de Litérole couverts respectivement à 60 et 100 % et exposés au S SW, à 2703 m. Le premier relevé est une forme de sol constamment alimenté en graviers, le second est une forme jeune sur sol stable rocheux, le troisième représente le type fermé sur sol évolué.

546	549	550	Caractéristiques d'association:	Autres espèces:
331	331	442	Gentiana alpina	221 321 11 <i>Armeria alpina</i>
221	321	431	Carex curvula	1+ 221 121 <i>Alsine Cherleri</i>
+	1+1	221	Primula integrifolia	+ + 221 <i>Chrysanthemum alpinum</i>
			Graminées —	221 221 <i>Leontodon alpinum</i>
			Cypéracées:	221 + <i>Silene acaulis</i>
432	331	331	Oreochloa disticha	+ - + <i>Saxifraga aspera</i>
1+1	+2	211	Carex pyrenaica	+ - - <i>Viscaria alpina</i>
+	2+1	+	Agrostis rupestris	+ - - <i>Thamnotia vermicularis</i>
541	2+1	-	Luzula spadicca	- 2+1 - <i>Phyteuma hemisphaericum</i>
3+1	-	-	Poa alpina	+ <i>Pedicularis pyrenaica</i>

Bien qu'appartenant à trois formes différentes, ces trois relevés ont en commun la présence d'*Alsine*, l'abondance d'*Armeria*, l'absence de *Trifolium* et *Sibbaldia*: ce sont là les traits frappants du G.-C. oreochletosum méridional (il faut noter toutefois que les

deux dernières espèces peuvent être présentes mais sans jamais atteindre l'importance qu'on leur connaît au versant septentrional).

Au-dessus de 2750 m, l'association ne couvre plus que de petites surfaces et elle s'enrichit encore en espèces d'altitude. Parmi les nombreux passages aux associations rupicoles ou d'éboulis qu'on peut trouver, trois valent la peine d'être signalées. Lorsque *Silene acaulis*, *Alsine cherleri*, *Saxifraga oppositifolia*, *S. moschata*, *S. bryoides*, *Viscaria alpina* abondent, l'association passe à des faciès très proches du Saxifragetum Iratianaë. Sur les replats très ventés, comme au sommet de la Tusse de Montarqué, le Gentiano-Caricetum s'enrichit en espèces du Cerasti-Armerietum et ce mélange est toujours signalé par l'abondance de *Luzula glabrata* DESV. Le relevé suivant (no 215, 4 m² couverts à 90 %, légèrement incliné au Sud), en donne une idée:

Espèces du Gentiano-Caricetum:	Espèces du Cerasti-Armerietum:
3.2 <i>Trifolium alpinum</i>	3.2. <i>Chrysanthemum alpinum</i>
2.1 <i>Carex curvula</i>	1.4 <i>Sedum alpinum</i>
2.1 <i>Gentiana alpina</i>	1.1 <i>Armeria alpina</i>
1.3 <i>Oreochloa disticha</i>	1.+ <i>Linaria alpina</i>
Autres espèces:	
3.2. <i>Luzula glabrata</i>	+ <i>Androsace villosa</i>
2.1 <i>Leontodon pyrenaicus</i>	+ <i>Poa alpina</i>
2.+ <i>Cardamine alpina</i>	+ <i>Arenaria purpurascens</i>

Dès que la station jouit d'un microclimat plus chaud, et corrélativement plus sec, le Gentiano-Caricetum prend l'aspect de la Gispetière. Voici, par exemple, le relevé d'une vire située à 2700 m, inclinée de 25° au Sud, sur le verrou du Lac glacé, et couverte à 100 %.

342 <i>Trifolium alpinum</i>	+ <i>Carex curvula</i>
341 <i>Festuca eskia</i>	+ <i>Armeria alpina</i>
211 <i>Gentiana alpina</i>	+ <i>Euphrasia minima</i>
211 <i>Oreochloa disticha</i>	+ <i>Leontodon pyrenaicus</i>
211 <i>Phyteuma hemisphaericum</i>	+ <i>Chrysanthemum alpinum</i>

Bien qu'il en ait l'aspect, ce groupement ne se rattache pas au Selino-Festucetum, au contraire des groupements situés plus bas, par exemple entre 2500 et 2680 m sur les pentes tournées vers l'Ouest, au dessus du lac du Portillon. Dans ces deux cas toutefois, le microclimat relativement doux est commandé par la proximité des lacs: leur surface, enneigée ou pas, joue le rôle de réflecteur aussi bien lumineux que thermique: le rayonnement total atteint sur ces pentes les plus fortes valeurs connues; le 9 avril 1968, quelques roches étaient découvertes et les températures maximales étaient plus élevées qu'ailleurs (cf. 3a, p. 184).

1.b — SPECTRES GÉOGRAPHIQUES

Du point de vue des spectres géographiques globaux (tableau III), le Gentiano-Caricetum tranche sur les autres associations de de l'étage alpin par l'absence des orophytes méditerranéens et eurasiatiques, par son faible endémisme opposé à l'importance que revêt l'élément circumboréal. Le chiffre atteint par les orophytes SW européens le rapproche du Potentillo-Phyteumetum, comme d'ailleurs celui des orophytes alpino-pyrénéo-apennino-carpathiques. Le Gentiano-Caricetum se présente donc à nous comme la moins spécialisée, la plus nordique de nos associations montagnardes, mais une nordique atlantique et non médio-européenne, comme l'est par exemple le Sedo-Crepidetum. Et cela est certainement une raison de sa rareté en Pyrénées orientales.

Dans le détail, il est curieux de constater (tableau IV) combien les sous-associations diffèrent les unes des autres par leur spectre: le G.-C. salicetosum est le plus riche en orophytes arctico-alpins; le G.-C. oreochletosum porte une forte empreinte médio-européenne et alpine méridionale; le G.-C. primuletosum est marqué par l'importance des orophytes SW européens alors que le G.-C. ranunculetosum est nettement influencé par l'endémisme local. On pourrait donc s'attendre à retrouver la sous-association à *Oreochloa* dans les parties les plus xériques de la chaîne, celle à primevère devant s'étendre au contraire plus à l'Ouest, les deux associations à saule et à renoncule devant se cantonner aux parties centrales de la chaîne mais la première en milieu jeune, la seconde en milieu ancien où l'évolution a pu se poursuivre longtemps; la sous-association à lichens pouvant probablement se retrouver un peu partout en des lieux au sol mal développé.

TABLEAU III

Spectres géographiques des associations alpines en Pyrénées. (extr. de 17)

Associations Eléments	Saxi- fragetum Iratianae	Potentillo- Phyteu- metum	Cerasti- Armerie- tum	Sedo- Crepide- tum	Gentiano- Caricetum
Endémiques	16	6	14	17	4
Orophytes méditerranéens	5	6	—	—	—
Orophytes alpino-pyrénéo- apennino-carpathiques	27	32	22	17	32
Orophytes arctico-alpins	27	19	35	25	12
Orophytes SW européens	5	13	8	—	12
Orophytes médio-européens	10	6	8	25	16
Orophytes eurasiatiques	5	6	8	8	—
Circumboréal	5	6	5	8	20
Subcosmopolite	—	6	—	—	—

TABLEAU IV

Spectres géographiques des sous-associations du Gentiano-Caricetum

Sous-associations Eléments	primule- tosum	ranuncu- letosum	sibbal- dictosum	oreochle- tosum	Lichens	saliceto- sum
Endémiques	—	13	5	6	8	—
Orophytes alpino-pyrénéo- apennino-carpathiques	40	41	42	44	23	36
Orophytes arctico-alpins	18	5	12	6	14	22
Orophytes SW européens	19	12	15	13	15	16
Orophytes médio-européens	18	18	21	28	14	21
Circumboréaux	5	11	5	13	11	5
Subcosmopolites	—	—	—	—	15	—

2. BIOLOGIE

2.a — OBSERVATIONS SUR LES ESPÈCES

Tapis continu et d'une rare densité, le G.-C. ne renferme que des espèces acaules ou à très courte tige, et seules les hampes florales peuvent atteindre 10 cm de haut. Douées d'un grand pouvoir de concurrence, les caractéristiques ont une sociabilité spécifique très élevée et offrent une extraordinaire résistance à l'envahissement par les autres plantes d'altitude: on peut compter couramment 5 à 10 brins par centimètre carré à la surface du sol. Néanmoins, plusieurs vivaces peuvent pénétrer ce véritable bouclier: ce sont des graminées à fort système racinaire ou le saule herbacé dont la robustesse est bien connue. Participent au cortège, de rares annuelles telles *Euphrasia minima*, dont le cycle extrêmement court s'étale bien souvent sur huit à douze jours et permet de le ranger parmi les Tachythérophytes (NEGRE 15). La plante ayant besoin, semble-t-il, de beaucoup de chaleur pour germer, elle ne développe dans cette association ses plantules qu'à la mi-août et elle est déjà en graine à la fin du mois. Bien qu'elle puisse continuer à croître et à fleurir jusqu'à atteindre 20 cm, elle est déjà prête à se reproduire — ayant fleuri et formé une graine — lorsqu'elle ne mesure qu'un cm de haut et qu'elle n'offre encore qu'une seule paire de feuilles. On pourrait être tenté de lier la rapidité de son cycle biologique à la brièveté de la période favorable et de considérer le froid comme un facteur limitant. Il semble plutôt qu'il faille la mettre en rapport avec les propriétés des sols (forte teneur en matière organique, capacité de rétention élevée) et l'abondance des racines d'autres espèces, qui sont pour elles de redoutables concurrentes vis-à-vis de l'eau en période sèche occasionnelle. Si de telles périodes, durant trois ou

quatre semaines, ne sont pas très fréquentes dans nos montagnes, beaucoup peuvent durer quinze jours. A ce moment, l'horizon de surface peut être, vis-à-vis des annuelles, physiologiquement sec; celles-ci ne peuvent plus assurer leur équilibre hydrique. Leur comportement est donc réglé, ici en montagne froide, par le même facteur limitant qu'en régions arides. Si la convergence vaut d'être signalée, il faut tout de même songer que la présence de cet élément, dans le spectre, traduit, non une qualité macroclimatique, mais bien plutôt un aspect sociologique de la biosphère.

Un des caractères les plus frappants du groupement est sa densité qui contraste avec la dispersion de la végétation environnante. Cette densité est due au type biologique très spécial, chaméphyte en coussinet drageonnant, de quatre des caractéristiques.

Comme on l'a dit déjà (3, 16), la phénologie de l'association est marquée par un long repos à l'état de rosettes, suivi d'une phase, plus ou moins étalée, de développement des feuilles et une floraison presque simultanée de la majorité des espèces vivaces. Si toutes ces plantes sont effectivement vivaces — c'est-à-dire qu'elles possèdent une souche, souvent d'ailleurs constituée, comme chez la gentiane, d'une foule de fins rhizomes — et non simplement pérennantes, elles appartiennent à deux types très différents.

Les unes — gentianes, primevères — restent toute l'année à l'état de rosette, les autres perdent souvent entièrement leurs feuilles, trèfle et *Sibbaldia* par exemple.

Depuis 1958, l'étude des plantes vivantes en place, et celle de l'anatomie des tiges, ont montré que les premières ne forment que *très rarement* plus d'une paire de feuilles opposées chaque année.

La naissance des axes florifères a lieu à la fois sur le sol et dans le sol à partir des axes souterrains. Dans le cas général, chaque brin, terminant un axe issu d'un drageon, forme ainsi douze paires de feuilles avant de pousser sa hampe florale au milieu d'une treizième paire (fig. 1) celle-ci apparaissant d'ailleurs insérée sur la hampe. Dès que le bouton est prêt à s'épanouir, un bourgeon latéral, situé à la base de la hampe, entreprend la fabrication d'une nouvelle rosette, qui formera encore douze paires de feuilles avant de monter à fleur.

Gentiane et primevère sont en mesure, non seulement de rester vertes sous la neige, mais elles peuvent, lorsque le sol n'est pas gelé, continuer leur développement: le 9 avril, une touffe de gentiane mettait déjà ses premiers boutons sous 80 cm de neige en un tel endroit sur la Tusse de Montarqué.

Cette organisation aérienne se retrouve évidemment dans le sol, les axes naissant sympodialemeut, les uns des autres, mais sans cependant qu'il y ait un rapport direct entre le développement des rosettes et le leur. En général, les racines de premier ordre prennent

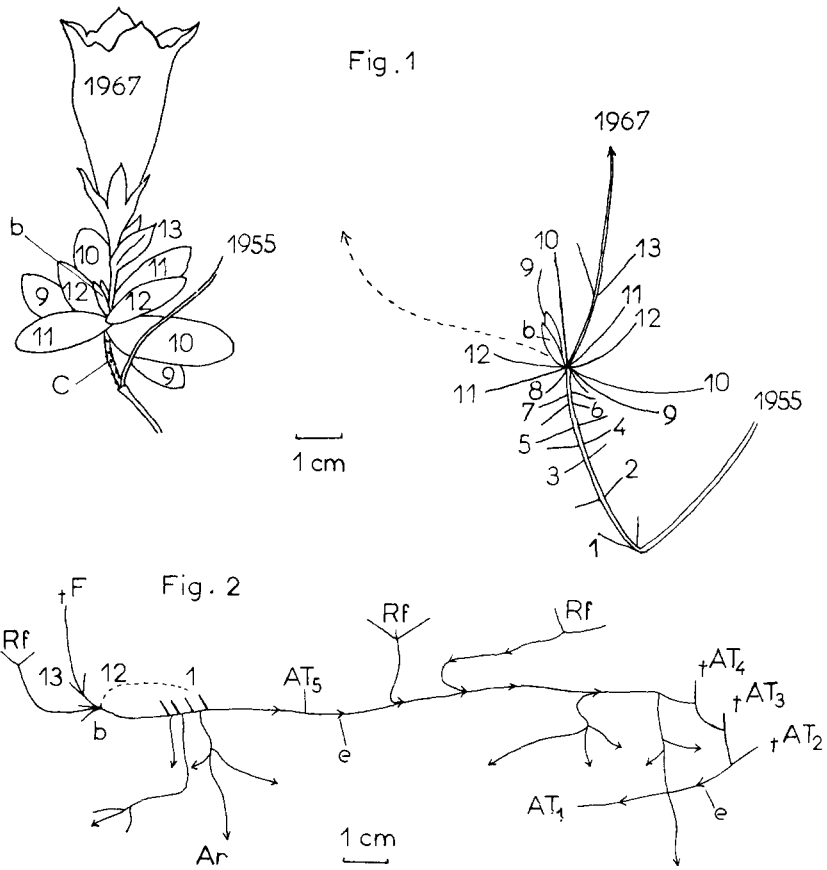


Fig. 1. *Gentiana alpina*: montée à fleur d'une tige aérienne — b: bourgeon axillaire; c: cicatrices (deux par an dans les plus mauvaises conditions).

Fig. 2. *Gentiana alpina*: ramification d'un axe souterrain — Ar: axe racine; AT 1, 2.: axe-tiges successifs; b: bourgeon axillaire; F: fleur sèche; e: écaille; Rf: rosette florifère en formation.

toujours naissance, soit à la base des trois premières paires de feuilles de la rosette, soit à l'aisselle des écailles axillaires (fig. 2). L'étude anatomique a montré que, dans quelques cas, ces racines naissent à partir de l'épiderme suivant un fonctionnement analogue à celui que CHAMPAGNAT a décrit à propos du cresson (5).

Il semble bien que tous les axes aériens et souterrains sont en mesure d'exprimer à la fois les deux potentialités caulinaire et radulaire. La plante possède de la sorte une extraordinaire faculté de développement végétatif combiné avec d'énormes possibilités de dissémination.

La rhizosphère constitue un véritable chevelu radulaire d'une incroyable abondance (en moyenne 300 brins par cm², mais pouvant

atteindre jusqu'à . . . 7 brins au mm^2) à l'intérieur duquel il est très difficile de reconnaître ce qui appartient à chacun des individus.

Au contraire des gentianes, la réglisse du chamois (*Trifolium alpinum*) perd ses feuilles dès la saison froide. Le bourgeon terminal reste fonctionnel et il passe la période froide enserré dans le manchon formé par la base des trois dernières feuilles (5, 6, 7, fig. 3) formées

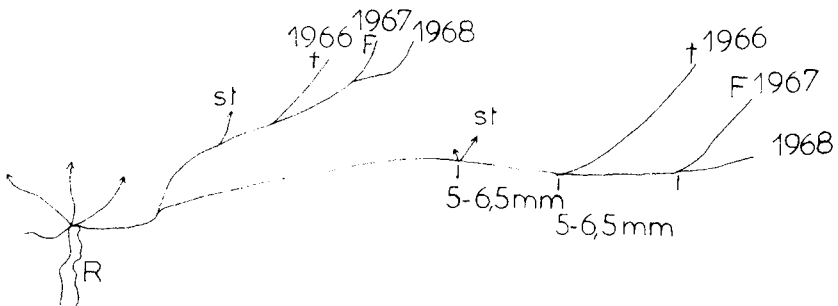
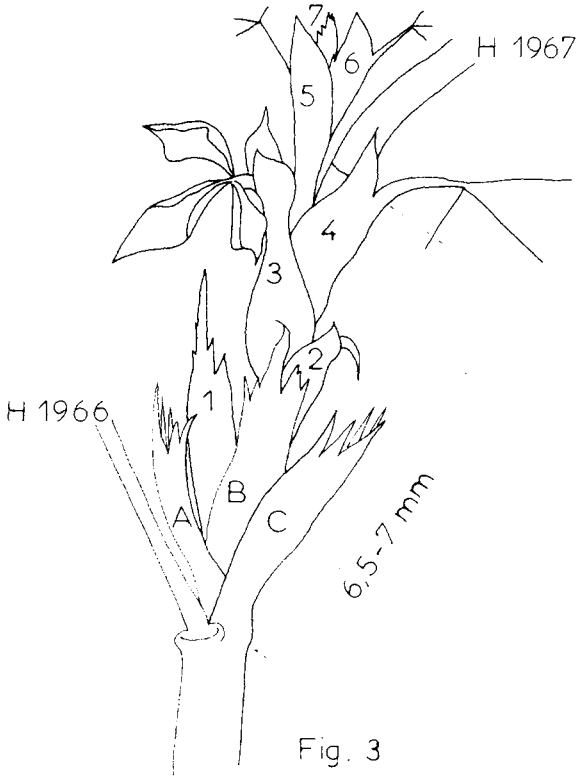


Fig. 3. *Trifolium alpinum*: en haut, extrémité d'un axe florifère — H 1966: hampe de l'année 1966; H 1967: hampe de l'année 1967; A, B, C: restes des dernières feuilles de 1966 ayant protégé le bourgeon en hiver 1966—1967. En bas, schéma de la ramification — F: tige florifère; R: racine; st: stolon.

au dessus de la hampe florale. La bonne saison revenue, deux feuilles (1, 2, id.) rudimentaires (deux grandes stipules embrassantes et limbe réduit à un ou deux très grands mucrons) se développent, puis deux autres (3, 4, id.) normales. A l'aisselle de la supérieure, apparait la hampe pendant que le méristème initie les trois dernières, qui vont jouer le rôle d'écailles protectrices au sein desquelles il passera l'hiver. Chaque axe ne produit ainsi que cinq feuilles normales par an. Il s'accroît en même temps de 5 à 6,5 mm au maximum. Lorsqu'il a fleuri deux fois, il engendre 5 à 6,5 mm au dessous de la première hampe, une ramification stérile, accompagnée à la base d'un ou deux bourgeons axillaires: les uns et les autres mettent plusieurs années pour fleurir à leur tour.

La croissance est toujours lente, et assez comparable à celle de la gentiane.

Les racines naissent, d'une façon endogène, toujours très bas sur les ramifications (les rameaux porteurs de racines ont rarement moins de 10 ans). La souche ligneuse est bien définie, ainsi que la rhizosphère, beaucoup moins importante, proportionnellement, que chez la gentiane. La chute des feuilles et la cortication du bourgeon terminal par leurs restes, traduit une adaptation au froid, mais surtout une plus grande fragilité de la plante, dont les premières fortes gelées d'automne „grillent" les organes verts. Il n'en est pas de même des gentianes qui supportent bien des froids infiniment plus accusés.

2.b — LES SPECTRES BIOLOGIQUES

Le spectre biologique global est dominé par les hémicryptophytes (52 %) et les chaméphytes (40 %); dans le détail, le type cespiteux l'emporte sur le type à rosette chez les hémicryptophytes, les coussinets chez les chaméphytes. Le G.-C. est aussi bien distinct d'une part des autres associations alpines d'éboulis caractérisées comme le montre le tableau V (extrait de 17) par l'importance des géophytes à rhizome, d'autre part des groupements rupicoles à gros pourcentages d'hémicryptophytes à rosettes et de chaméphytes en coussinet. L'originalité biologique du G.-C. est bien mise en évidence par l'apparition des tachythérophytes qu'on était loin de s'attendre à trouver ici (leur degré de fréquence n'est pas suffisant pour qu'ils soient pris en compte dans le calcul des pourcentages, mais leur abondance est telle dans certains faciès qu'il a paru utile de les faire figurer sur le tableau au moins par un signe ×).

Dans le détail, les sous-associations ont leurs particularités (tableau VI): le G.-C. primuletosum est le plus riche en chaméphytes à coussinets, au contraire du G.-C. ranunculetosum mieux fourni en hémicryptophytes à rosettes, riche en géophytes à rhizomes, dépourvu de succulents. Le G.-C. siboldietosum

TABLEAU V

Spectres biologiques des principales associations alpines en Pyrénées (le signe ×, indique une présence importante, cf. texte).

Types biologiques Associations	Hémicrypto- phytes			Chamé- phytes				Thérophytes	Géophytes à rhizome	Lichens	Mousses	Nbre. total d'espèces	Stations
	rosettes	cespiteux	couchés	tapis	succu- lents	rampants	coussinets						
Saxifragetum-Iratianae	11	18	—	—	—	6	42	—	—	23	—	17	Rochers
Potentillo-Phyteumetum	27	11	—	11	11	5	23	—	6	—	6	18	Rochers
Cerasti-Armerietum	18	15	4	—	4	7	22	—	30	—	—	27	Eboulis
Sedo-Crepidetum	8	8	17	—	8	9	—	—	50	—	—	12	Eboulis
Gentiano-Caricetum	12	36	4	8	4	—	28	×	8	×	—	25	Sols fixés

TABLEAU VI

Spectres biologiques des sous-associations du Gentiano-Caricetum.

Types biologiques Sous-associations	Hémicrypto- phytes			Chaméphytes				Thérophytes	Géophytes à rhizome	Lichens	Nbre. total d'espèces
	rosettes	cespiteux	couchés	tapis	succu- lents	rampants	coussinets				
primuletosum	18	30	5	5	5	—	36	1	—	—	17
ranunculetosum	24	23	5	5	—	—	18	—	24	—	17
sibbaldietosum	12	41	5	5	5	—	31	1	—	—	19
oreochletosum	13	47	—	6	6	—	21	1	6	—	15
lichens	11	33	4	4	8	4	22	—	—	14	27
salicetosum	16	31	5	10	5	—	31	2	—	—	19

peut être caractérisé par la co-dominance des coussinets et des cespiteux mais ces derniers sont toutefois moins abondants que dans le G.-C. oreochletosum faciès à *Nardus* inclus. Le G.-C. à lichens offre le spectre le plus étendu, en même temps que le nombre d'espèces le plus élevé, qui fait penser à une ouverture du milieu et peut-être à un stade de transition. Enfin, le G.-C. salicetosum contient plus de chaméphytes en tapis, à côté d'un fort pourcentage de coussinets et de quelques tachythérophytes.

3. ECOLOGIE

Du point de vue écologique, l'association se comporte comme le climax de l'étage alpin entre 2500 et 2900 m.

Les verrous et les bombements granitiques, fortement usés par les glaciers, les petites dépressions à fond incliné permettant un bon drainage, les replats entre les blocs ayant permis l'accumulation de poussières éoliennes constituent la station type, ainsi que toutes les pentes à sol bien stabilisé et les crêtes larges granitiques ou schisteuses; mais les cuvettes à fond plat, ou les dépressions mal drainées, ne lui conviennent pas et sont le domaine du *Salicetum herbaceae*.

3.a — MICROCLIMAT

Bien que l'ensemble du massif soit exposé au Nord, les stations peuvent être à toute exposition: il n'est pas rare de trouver de magnifiques individus de *Gentiano-Caricetum* au Sud, ou bien entre d'énormes blocs, jouant le rôle de réflecteur et créant un microclimat très chaud (dans le chaos granitique du Lac glacé, à l'Est du Signal des Mineur, on relève couramment, au sol et entre 11 et 15 heures, du 1^{er} au 15 août, des températures voisines de +50° C; maximum observé +63°, le minimum observé fin septembre étant de 0°, et de -10° début octobre juste avant la couverture de neige).

Au versant espagnol, dans le *G.-C. oreochletosum*, les deux maximums notés ont été de +69° et +69,5° C en Août 1968 à 13 h 30 (ajouté en cours d'impression).

À la surface de la neige, le minimum observé en février 1968 a été de -35° C, le maximum étant de -25° C; en mars on notait respectivement -35° C et 0°; le 9 avril 1968 -30° et +25°.

Les humidités relatives extrêmes de l'air notées à la surface du sol ont été de 89 % en juillet, à 14 heures, par ciel brumeux et vent d'Ouest; le 19 août 1966, elles se maintenaient à 50 %, avec un maximum à 65 %, ce qui est un peu supérieur à celles qu'on a relevées dans le *Cerasti-Armerietum* (R. NEGRE, 17). Les mesures effectuées en été dans le *G.-C. oreochletosum*, sur le versant Sud, ont fourni 60 % à 17 heures, pour des minimums de 38 % à 14 heures. Au versant Nord, à la surface de la neige, elle était de 35 % le 9 avril 1968 à 15 heures. Le rayonnement total atteint couramment en été 130000 lux; en hiver, par ciel clair, il peut atteindre la valeur limite de la constante solaire et même arrive jusqu'à 190000 lux dans les cuvettes exposées au sud, par suite de la réflexion (les mesures ont été faites au luxmètre, avec filtres, étalonné par rapport au pyranomètre des stations d'Esquierry).

L'enneigement est très variable, atteignant jusqu'à 3 m 50 sur le flanc Est de la Tusse de Montarqué ou sur les pentes du verrou du Lac glacé, il n'est jamais inférieur, entre novembre et avril, à 30 cm sur les plats de crêtes (sur les parties moins couvertes, l'association est remplacée par les groupements saxicoles).

Le pH de la neige tombée dans l'hiver 1967—1968 est resté com-

pris entre 5,2 et 5,6. Cette acidité est due essentiellement, semble-t-il, au gaz carbonique lié au calcium sous forme probable de bicarbonate, comme le montrent les analyses ci-dessous:

	mg/l		mg/l
Calcium ++	2,05	Bicarbonates	6,10
Magnésium ++	0	Sulfates	< 0,01
Sodium +	0,14	Chlorures	0,95
Potassium +	0,70		

Au cours des deux derniers hivers, la température du sol à 3 cm n'est descendue au dessous de moins 6° ni à la Tusse de Montarqué, ni au Portillon; à 15 cm de profondeur, elle n'a atteint que -3°. Ce minimum peut paraître élevé pour l'altitude; en fait, il est identique à celui que LABROUE (13) indique pour le Pic du Midi de Bigorre (bien que l'auteur ne signale pas avec précision les conditions stationnelles du lieu où il a fait ses mesures, on peut retenir la comparaison). Par contre, ces températures sont supérieures de 4° à celles enregistrées dans le sol du Cerasti-Armettum à 2700 m et de 7° au minimum noté dans le sol du Potentillo-Phyteumetum (17).

Bien qu'on ne puisse l'affirmer, il est très probable que ces minimums accusés ont été atteints alors que la pellicule de neige protectrice était trop peu épaisse, soit en fin d'automne, soit en fin de printemps. Les relevés de l'hiver 1967—1968 montrent en effet que, sous la neige, les sols *meubles* conservent la température acquise avant d'être recouverts.

Il ne paraît pas inutile de souligner que les premiers redoux de fin d'hiver, souvent très accusés (température de l'air à la surface de la neige +25° le 9 avril 1968 à 15 heures) déterminent des fontes partielles suivies d'une reprise en glace de la neige. Lorsque le phénomène est assez poussé, la glace ainsi produite se soude étroitement aux sols meubles gelés en profondeur, formant avec eux une véritable masse solide. Au contraire, les blocs de granite, qui ont conservé une température plus élevée tout l'hiver, sont nettement séparés de la carapace de glace et abritent des sols seulement gelés sur 3 à 5 cm. La végétation y commence déjà son développement (une gentiane en bouton notée le 9 avril, sous seulement 15 cm de poudreuse correspondant aux chutes des 5, 6 et 7 avril 1968).

Quoi qu'il en soit, ces différences importantes entre les associations interviennent dans la spécialisation des espèces végétales à l'un ou l'autre milieu. Elles ont certainement une incidence sur la pédogénèse, même si, et c'est évident, l'activité biologique est fortement réduite au dessous de +10° (18). Il est très possible, également, que ces différences de températures édaphiques interviennent aussi fortement sur la détermination des types biologiques morphologi-

ques que celles des températures aériennes dont les incidences ont été récemment soulignées par LASCOMBES (12). Si à la suite des comparaisons faites par ce dernier entre Betteraves cultivées en plaine et Betteraves cultivées au Pic du Midi de Bigorre, on peut admettre que „la morphologie alpine est bien associée au climat des hautes montagnes”, il faut maintenant aller plus avant. Nos premières études phytosociologiques montrent en effet que chaque association — et même chaque sous-association — possède un spectre biologique particulier. Il ne faut plus envisager seulement une „morphologie alpine” de la plante liée au régime thermique de la haute montagne, mais bien plus tôt *les morphologies des types biologiques reconnus* à l'étage alpin et liées aux multiples régimes thermiques (aérien et édaphique) de la haute montagne.

L'association prospère bien au Nord, où les températures sont plus basses mais où, par suite de la hauteur du soleil en été et de l'altitude élevée par rapport aux sommets voisins, l'ensoleillement est toujours à peu près du même ordre. Quoi qu'il en soit cette relative indifférence vis-à-vis de l'exposition est bien la marque d'un climax.

Ces caractères stationnels font du *Gentiano-Curvuletum* un groupement relativement thermophile, au moins dans ses sous-associations à primevère et à renoncule. La sous-association à *Oreochloa disticha*, elle, n'est pas thermophile mais elle est xérophile, préférant les parties plus ventées, alors que la sous-association à saule préfère les stations plus fraîches. A la sous-association à *Oreochloa*, il faut rattacher les faciès à Graminées-Cypéracées. Ceux-ci colonisent les parties les plus exposées aux vents, donc, à couverture de neige plus faible, à évaporation et à xéricité — au moins physiologique — plus marquée.

Cette omni-présence du vent se manifeste nettement par la réduction des organes foliaires déjà signalée, par la sécheresse des sols, par leurs températures toujours plus basses qu'ailleurs et le décapage des parties fines. Humidité et température dépendent ainsi très étroitement du vent.

Cette observation est en accord avec la position de JENIK (12) et celle de DUCHAUFOUR & GILOT (8) : elle ne s'oppose pas à l'affirmation de LASCOMBES (14) pour lequel „les vents froids même très secs de la haute altitude, ont sur la transpiration végétale, une action beaucoup moins importante que celle d'un vent chaud et sec de la plaine”.

Le vent se révèle être le facteur imposant à la végétation les plus grandes contraintes. A l'automne, par exemple, il „souffle” la première neige des crêtes au fur et à mesure qu'elle tombe et, bien souvent, il n'en reste plus assez pour que le rayonnement diurne fondant la surface, la „tôle”. Pour peu que, malgré le vent, la

température s'élève à 0° , la fonte s'amorce et le sol, déjà froid en surface, gèlera dès que l'insolation directe aura disparu.

Avec les extrémités des racines en sol encore humide, le reste et le collet enserrés dans le sol gelé, les parties aériennes exposées à l'air glacé, la végétation est soumise à de dures conditions. On peut dire que, sur ces crêtes, l'hiver commence plus tôt qu'ailleurs. En outre, il faut signaler que les mesures comparées d'humidité relative montrent toujours un abaissement nocturne à peine marqué dans la sous-association à primevère, non ventée, alors qu'il est très sensible sur les crêtes à *Oreochloa*. Cette observation cadre bien avec celle de LASCOMBES (14) qui signale aussi cette particularité, mais elle semble s'expliquer très facilement ici par l'action du vent qui accroît l'évaporation sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir, comme le fait cet auteur, une élévation de température, élévation que n'ont pas décelé nos mesures.

Il devient banal d'insister sur le rôle protecteur de la neige; cependant, on ne dispose pas jusqu'ici de données précises sur celui-ci. Aussi, a-t-on tenté quelques mesures.

Celles entreprises pendant les trois dernières „mauvaises saisons” montrent que la neige agit, dans cette association, comme une couverture isolante dès qu'elle atteint 5 cm d'épaisseur — c'est-à-dire souvent dès la fin septembre — et surtout si, après fonte très partielle et regel, une croûte de 2 cm s'est formée en surface: les températures de l'air peuvent alors atteindre moins 15° , sans que le minimum au sol descende au dessous de moins 1° ; trente centimètres peuvent déjà maintenir la surface du sol à ce minimum alors que l'air ambiant est à moins 30° . Par ailleurs, dès que la croûte superficielle est formée, le vent n'a plus de prise sur la couche de neige et celle-ci n'est plus érodée.

3.b — SOLS

Dans l'état actuel des analyses, on peut séparer les sols correspondant aux quatre premières sous-associations du tableau, de celui de la sous-association à *Salix herbacea*: ils paraissent en effet beaucoup plus évolués.

3.b — I — SOLS ÉVOLUÉS

Au maximum de leur développement, ces sols toujours développés sur roche dure, peuvent atteindre 60 cm d'épaisseur (fig. 4). Ils montrent quatre horizons A superposés à texture onctueuse au toucher. La structure est partout agrégée sur le sec, mais, à l'état humide, elle est agrégée-mottueuse en surface, motteuse fondue en profondeur. La couleur brun très noir au sommet du profil s'éclaircit régulièrement avec la profondeur. La matière organique, plus abondante en haut qu'en bas, est peu liée aux grains de quartz. Le

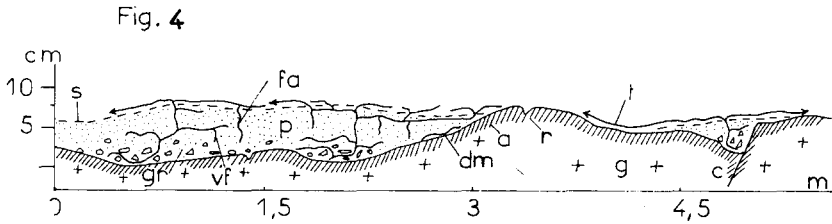


Fig. 4. Coupe du sol, transverse à la pente, dans une tâche de *Gentiano-Caricetum* établie sur dalle de granite au Pic Gourdon — a: couche arénisée; c: cassure; dm: drageon en voie de décomposition; fa: feutrage de racines actuelles; g: granite; gr: graviers; p: poussières; r: strie glaciaire; s: surface du sol; t: tiges vivantes; vf: ancien feutrage de racines, drageons et tiges mortes.

rapport C/N est de l'ordre de 14, traduisant une mauvaise décomposition; le taux d'humus total varie de 2—3 % à 1—1,5 %.

Il n'a pas été possible de rechercher systématiquement les taux d'acides humiques et fulviques: le tableau VI bis, ci-dessous, réunit les résultats obtenus pour les deux profils correspondant aux relevés 500 (sous association à *Oreochloa*) et 381 (sous-association à *Sibbaldia*). Il montre que les taux d'acides fulviques sont en général supérieurs à ceux des acides humiques, ce qui laisse penser que leur polymérisation est assez lente. En outre, il souligne qu'avec la profondeur, la proportion de ces derniers décroît: ce qui est probablement en relation avec un régime thermique plus constant et plus froid en profondeur. Enfin, il fait apparaître, dans chaque profil, une alternance entre deux horizons riches et deux horizons pauvres. Il faut sans doute voir là une séquence identique à celle que montre, pour les caractères physiques, le tableau VIII.

TABLEAU VI bis

Composant de la matière organique humifiée et minéraux argileux dans deux profils types.

No du profil	Matière humique totale	Acides humiques	Acides fulviques	Argiles
381 a	30.50	13.89	16.61	illite ouverte + traces kaolinite
381 b	27.38	10.94	16.44	id
381 c	31.24	10.46	20.78	illite + kaolinite
381 d	19.75	9.44	10.31	illite ouverte
500 a	33.29	13.72	19.57	—
500 a 1	27.26	10.17	17.09	illite ouverte
500 b	34.08	14.77	19.31	illite + vermiculite
500 c	19.32	6.96	12.36	vermiculite

Du point de vue des minéraux argileux, les analyses ne décèlent, dans tous les profils, que de l'illite ouverte ou non, de la vermiculite, et, dans les profils des sols orientés vers l'Est et le Sud, des traces de kaolinite et de montmorillonite. A part ces deux derniers, le matériel argileux est identique à celui qu'on retrouve partout dans la région ignée: il ne permet pas d'affirmer absolument qu'il provient de granites sous-jacents. Si on peut admettre que l'illite dérive par pédogénèse des micas et qu'elle a pu produire la vermiculite par l'action d'un long lessivage, la présence de kaolinite et sa localisation au Sud et à l'Est s'expliquent plus difficilement. On peut, bien sûr, invoquer une acidification de la vermiculite, mais on voit mal pourquoi les profils les plus évolués — comme celui du no 500 — n'en contiennent pas alors que d'autres plus primitifs — comme celui du no 381 — en possèdent. Il est alors possible d'envisager une transformation sur place, par lessivage, de traces de montmorillonite. Comme celle-ci ne peut prendre naissance à partir des roches ignées, et qu'elle ne peut venir du Nord ou de l'Ouest, où les schistes produisent surtout des chlorites, il faut envisager qu'elle a été apportée par les vents d'Autan à partir du versant „calcaire" espagnol. L'hypothèse, par ailleurs en cours de vérification, fournirait une explication plausible et renforcerait l'opinion que ces sols ont une origine allochtone.

Cette interprétation est confirmée par les coupes transversales à la pente pratiquées dans les individus du *Gentiano-Curvuletum*, toutes offrent un profil conforme à celui de la figure 5; la plus grande épaisseur se trouvant toujours au-dessus d'une accumulation de graviers, la plus faible à la périphérie.

Le dynamisme de l'association montre bien d'ailleurs que les taches progressent régulièrement par leurs bords et accumulent, peu à peu, la matière organique sur le granite, le système racinaire demeurant implanté dans les parties centrales, ou courant à la surface de la roche.

Les pH restent, dans l'ensemble des profils, inférieurs à 5. Les capacités de rétention à P.F. 2,8 et la perméabilité diminuent avec la profondeur.

Les limites, peu nettes, entre les quatre horizons correspondent morphologiquement à des différences dans les quantités de racines ou de rhizomes inclus dans le sol.

Le pourcentage de cailloux (5 à 8 %), tous amenés par ruissellement et de petite dimension (3—6 cm), est inférieur de moitié dans l'horizon de surface à ce qu'il est en profondeur, sauf dans le troisième horizon, où il est un peu plus élevé (maximum 28 % à 50 cm), les cailloux étant de dimensions plus grandes (7—10 cm) et à angles très vifs. Ce qui laisserait — entre autre — supposer que le sol se formait alors sous un climat où l'érosion — par le gel — devait

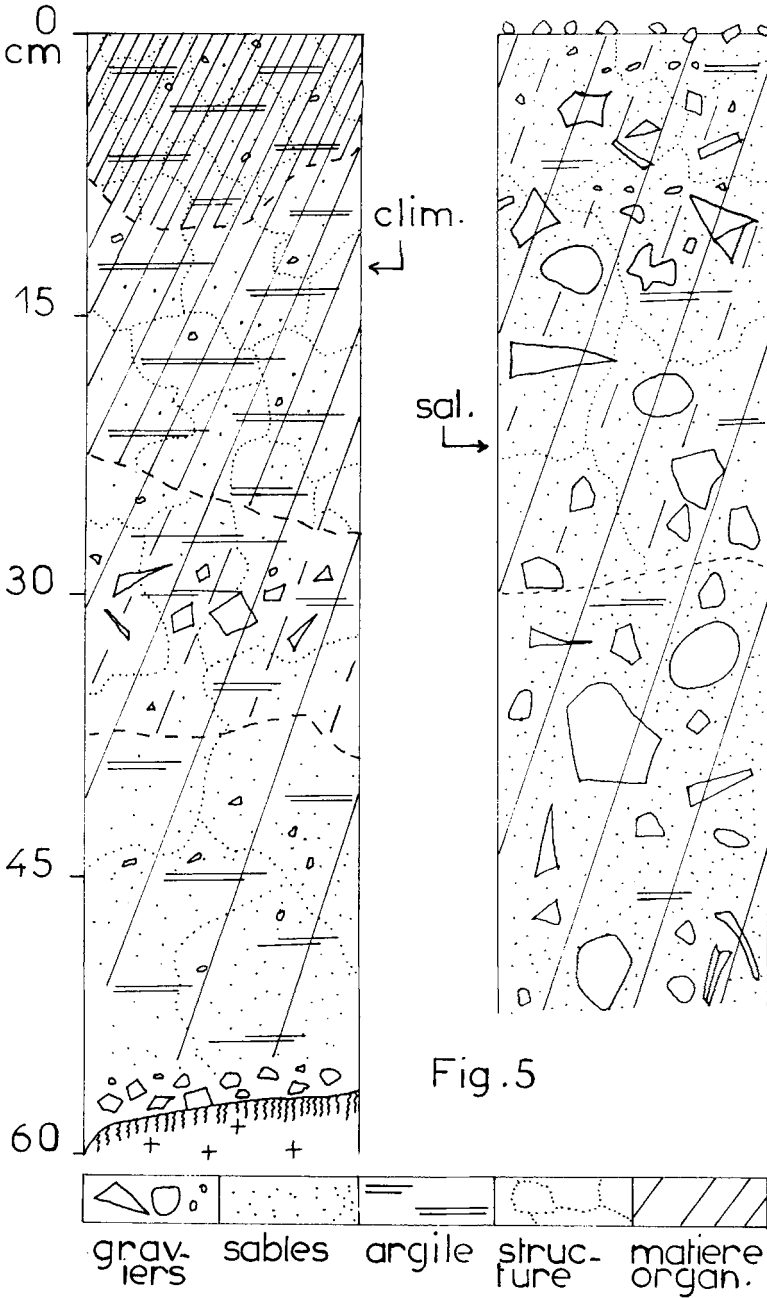


Fig. 5

Fig. 5. Profil moyen du sol climacique (clim.) et du sol correspondant au G.-C. salicetosum (sal.).

être plus intense qu'aux autres périodes et qu'aujourd'hui.

Du point de vue de la granulométrie, les deux horizons supérieurs sont pauvres en sables fins et limons grossiers mais sont riches en argiles et limons fins à peu près tous d'origine éolienne, et en sables grossiers résultant du ruissellement sur place. La faible proportion des classes intermédiaires montre que les processus d'attaque chimique ont une faible action. Au dessous, la fraction sableuse prend souvent plus d'importance. Dans tous les horizons, une partie des grains de quartz, petite mais néanmoins présente, est de type légèrement éolisé anguleux-émoussé. Il est important de noter que le contact entre le sol et la roche-mère s'effectue d'une manière généralement brutale, sans qu'il y ait un horizon de décomposition de celle-ci bien visible. Tout au plus, observe-t-on souvent un lit de gravier granitique à formes souvent émoussées, mais qui semble *posé* sur la roche en place. Après décapage total du sol, celle-ci montre une surface apparemment non attaquée, mais en fait elle est plus friable, et déjà arénisée dans la masse par le processus classique d'altération, sur 1 à 5 cm.

Si le drainage est bon, l'humidité reste importante dans tout le profil durant toute l'année: en fin d'été, après quatre jours de vent d'Otan, le 19 août 1967, elle était encore ¹⁾ de 24 % dans l'horizon de surface, sur le flanc SE du Pic Gourdan, à 2850 m. d'altitude. En début de saison, juste après la fonte des neiges (13 juillet 1966 et juillet 1967), le pH de l'eau suintant à travers le sol et au bas des taches, était à 3,4; en fin de saison (septembre 1966), 10 mesures ne donnaient plus que 3,9 de moyenne. Le pH de l'eau de pluie, prélevée en juillet 1966, était de 5,9 à son arrivée au sol.

Tels sont les caractères généraux du sol. Par rapport à eux, les profils des diverses sous-associations offrent quelques particularités résumées dans le tableau VII.

Le G.-C. primuletosum, assez riche en matière organique mal décomposée (C/N = 13), a un pH supérieur à 4,5. Il possède, entre les éléments fins allochtones et les sables grossiers, des classes intermédiaires. Si on ajoute la valeur de celles-ci aux teneurs en sable grossiers, on obtient à peu près les chiffres des sables du G.-C. sibbaldietosum, ce qui permet de conclure à une plus grande évolution du sol du G.-C. à primevère. Il n'y a pas, semble-t-il, de lessivage, au contraire de la sous-association suivante.

¹⁾ Les mesures ont d'abord été faites, par la méthode des pesées, bien que, pour des terres riches en matières organiques, les résultats soient approchés. Ultérieurement, elles ont été reprises à l'aide de capsules de Bouyoucos, installées à poste fixe et étalonnées à la fois par rapport au géohygromètre THIES à cheveux, et les sondes hygrométriques à neutrons des stations d'Esquierry. Les mesures ont toujours été faites après trois journées sans pluie pour permettre le ressuyage.

Le G.-C. *ranunculetosum*, avec un pH un peu plus bas, offre des taux élevés d'éléments fins dans tous les horizons, ce qui entraîne, malgré un taux de matière organique moyen, une plus forte capacité de rétention; les teneurs en argile plus élevées en profondeur, traduisent un lessivage plus marqué, d'ailleurs confirmé par une légère accumulation de fer dans le bas du profil. Le C/N voisin de 10, marque une bonne décomposition de la matière organique, donc, très certainement, une plus grande organisation de la biocénose, liée à une plus grande ancienneté: le sol du G.-C. à renoncules est sans doute le plus vieux de tous. Celle-ci se manifeste à la fois par la présence des classes intermédiaires, qui ont à peu près les mêmes valeurs que précédemment, et surtout par un accroissement notable de la fraction argileuse, dont une partie provient de l'altération pédogénétique des sables. Si les chiffres sont — un peu — comparables à ceux de la station 4 décrite par DUCHAUFOR & GILOT du Galibier (8), c'est, chez nous, un fait suffisamment remarquable pour qu'on y insiste: il est courant en effet de considérer que le climat est trop défavorable pour permettre, à ces altitudes, les processus chimiques et biologiques et qu'il donne la prééminence à l'altération mécanique. Les remarques précédentes montrent que si tel est le cas général, il existe en fait bien des points où la pédogénèse peut se dérouler normalement, même sur des pentes inclinées.

Le G.—C. *sibbaldietosum* voit des taux de graviers toujours élevés dans tous les horizons, une forte teneur en matière organique et une grande capacité de rétention, un C/N de 12 ce qui est assez bas pour l'altitude, mais marque tout de même une moins bonne décomposition que dans la sous-association à renoncule. La pédogénèse est ici vraiment peu évoluée avec l'opposition entre l'argile et la matière organique d'une part, les sables d'autre part, sans éléments intermédiaires. Des deux sous-associations précédentes, celle-ci est encore différente par la brusque diminution de matière organique dans le dernier horizon, et une faible perméabilité générale. Ces deux caractères vont se retrouver dans les deux sous-associations et faciès suivants, qui ont par ailleurs en commun une grande fraction sableuse à la base du dernier horizon, sans être pour cela identiques.

Le sol du G.-C. *oreochletosum* est beaucoup moins acide en surface (4,1 à 4,3) qu'en profondeur (3,9 à 4,1). Ces caractéristiques sont plus fortement marquées encore dans les sols du versant Sud. Le pH peut rester à 5,6 en surface et 5 en profondeur, pendant que la perméabilité est plus importante; l'hygrométrie du sol s'est maintenue durant toute la période estivale de végétation à 35 % à 15 cm de profondeur; les extrêmes de températures se situant à +4 et +27°. La proportion de graviers par rapport à la terre fine

a été de 40 % dans presque tous les profils examinés; la granulométrie de la terre fine se différenciant des autres par un peu plus de limons grossiers et de sables fins. Les grains ont tous des angles très arrondis; c'est certainement le signe d'une grande altération — avec processus chimiques — sous l'action des températures élevées. La différence avec le versant Nord, quoique compréhensible, valait d'être soulignée.

Dans le faciès à nard, la capacité de rétention suit la courbe des argiles au lieu de diminuer régulièrement. Une légère accumulation du fer et de l'aluminium à 15—20 cm, allant de pair avec l'augmentation du C/N, avec une faible perméabilité à ce niveau et l'acidification prononcée de la surface pourrait faire penser à un début de podzolisation. Ce serait, en tout cas, la marque d'une évolution pédogénétique intéressante et différente de celle qu'on signalait plus haut.

La sous-association à lichens n'a pas été suffisamment étudiée pour qu'on puisse valablement la comparer aux autres.

TABLEAU VII

Analyses édaphiques sommaires (moyennes de 5 profils), valeurs souvent arrondies à 1 ou 2 dixièmes près, (sauf pour le pH); les ? signalent des moyennes incluant certains chiffres douteux.

sous-asso- tiation	Profond. en cm.	capac. rét. à PF 2,8		Limons		Sables		C %	N ‰	C/N	MO %	pH	perméab. cm/h ss. 1 kg.
		argiles	PF 2,8	fins	gros.	fins	gros.						
<i>primula</i>	5—10	28	21?	23	10	6	27	10,5	7	15	13?	4,7	9
	15—20	30	19	18	4	10	28	8	6	13	21	4,6	13
	30—35	29	14	15	5	12	35	5,5	5	13	19	4,7	8
<i>ranunculus</i>	5—10	38	28	26	7	10	7	8,2	8	10,2	22	4,5	13,7
	15—20	34	27	25	10	9	11	5	4,9	10	18	4,3	9,3
	30—35	26	34	21	12	8	12	5,1	5	10,2	12	4,4	5,6
<i>sibbaldia</i>	5—10	44	12	1	5	0	58	8,4	7	12	24	4,5	8,3
	15—20	43	17	9	0	3	48	10,4?	8	13?	23	4?	7,8
	30—35	40	13	6	1	1	54	7,6	6,3	12	8	4,5	6,2
<i>oreochloa</i>	5—10	42	22	20	3	5	29	14,4	9	16	21	4,3	13
	15—20	30	20	19	1	8	36	13	8,7	15	16	4	7
	30—35	18	30	18	2	5	38	12	8	15	7	3,9	4
<i>nardus</i>	5—10	41	21	21	0	7	26	14	10	14	25	3,9	14
	15—20	44	30	25	0	8	17	11,2	7	16	20	4,2	5
	30—35	17	10	12	1	12	57	4,4	4,1	11	8	4,5	6,8

Restent à expliquer les différences relevées dans les pH des cinq groupements examinés: ce qui ne pourra être fait que par des analyses très poussées.

Par rapport à ces grands types d'organisation du sol, on peut reconnaître d'autres variations, par exemple celles qui correspondent aux divers stades de transitions vers les autres associations; leur description sera abordée à propos de ces dernières.

Les caractères indiqués ci-dessus permettent de classer ces divers types de sols dans le grand groupe des rankers de montagne; mais les différences relevées témoignant de la fine réactivité de la végétation, justifient qu'une étude d'ensemble très détaillée soit entreprise sur ce groupe, morphologiquement voisin des sols décrits à propos du *Saxifragetum Iratiana* et du *Curvuletum alpin*.

3.b — 2 — SOLS PEU ÉVOLUÉS

Les sols du G.-C. *salicetosum*, localisés sur des substrats meubles d'éboulis ou de moraine, offrent une plus grande hétérogénéité que les précédents (fig. 6); les variations d'un individu à

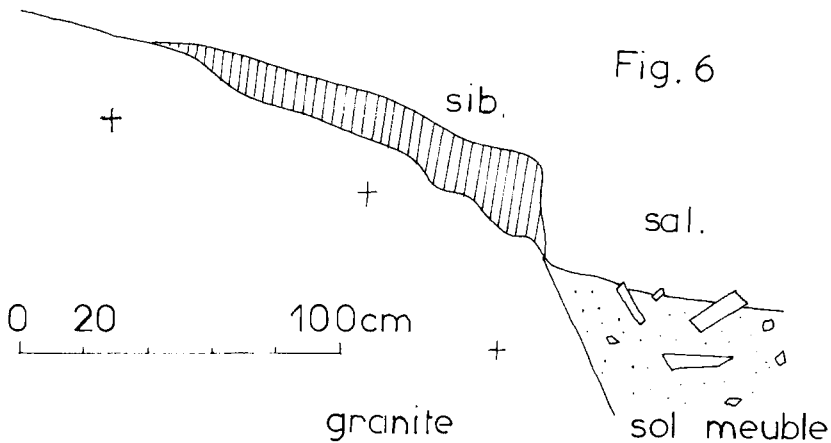


Fig. 6. Contact entre G.-C. *sibbaldietosum* et G.-C. *salicetosum*.

l'autre sont surtout marquées dans l'épaisseur de l'horizon superficiel.

En général, il est à peine différencié lorsque la couverture du saule ne dépasse pas 50 %; au dessus et avec le développement des espèces à forte sociabilité spécifique, la distinction de l'horizon A est plus nette; c'est seulement lorsque le recouvrement total atteint 90 % que celui-ci présente la couleur brun très noir, la structure et l'entrelacement des racines caractéristiques; la texture est onctueuse-sableuse au toucher.

Quelle que soit la forme sous laquelle se présente cet horizon A, le profil offre un aspect A — C à l'évolution plus ou moins avancée. Mais quel que soit le stade où celle-ci est parvenue, la teneur en cailloux et graviers de toute dimension est toujours supérieure à 40 % (contre 28 % au plus dans les sols évolués). Même quand le recouvrement total est de 100 %, la surface même du tapis végétal est toujours parsemée de graviers, souvent à angles vifs, donc très peu transportés et en tout cas gélivés de fraîche date.

La granulométrie accuse une teneur élevée en éléments grossiers, pour au plus 30 % de fins dont 8 à 15 % d'argile.

A partir de 35 cm, le sol reste meuble, mais est de moins en moins coloré; il n'a pas de structure bien nette des parties fines dont la proportion ne dépasse pas — du moins dans les profils examinés au revers du Lac glacé — 30 %, le reste étant formé de graviers et de cailloux, les uns et les autres peu altérés en surface.

La perméabilité est moyenne, le drainage et le lessivage importants. Les taux d'humidité sont variables d'un profil à l'autre, mais sont toujours inférieurs à ceux indiqués plus haut. Le pH semble légèrement supérieur à ce qu'il est dans les sols „typiques” (4,9—5,1 en surface à 4—4,2 en profondeur).

La matière organique (22—25 % en surface, 10 à 12 en profondeur) n'est jamais liée aux grains de quartz dont l'émoussé est à peine sensible; le taux d'humus est peu élevé (au plus 1,5 %).

Les C/N sont de l'ordre de 13 à 16, la capacité de rétention élevée (40 %).

Autant qu'on puisse en juger actuellement, ces derniers sols s'apparenteraient au grand groupe des rankers de pente à profil continuellement enrichi en apports de dimensions appréciables, au contraire des premiers décrits.

Il est intéressant de noter que les deux types de sols coexistent quelquefois sur de petites surfaces (fig. 6), par exemple lorsqu'un bombement granitique borde une pente fixée, mais il est très rare de voir des sols „épais” mordre sur un substrat mobile.

A côté du type général de ranker à *Salix* décrit plus haut, les profils montrent quelquefois une série d'horizons A superposés mais avec une alternance curieuse de variations: sur les pentes Nord du Lac glacé, on peut par exemple reconnaître trois séquences successives de 2 horizons chacune, visibles sur le tableau VIII, ci-dessous. Ces alternances concernant la terre fine, sont corrélatives d'une alternance dans la grosscur des cailloutis.

Il est certain que cette séquence ne correspond pas à une évolution sur place d'un seul et même profil mais à la superposition de trois phases successives de pédogénèse en période relativement stable, séparées par deux phases de recouvrement actif. Il n'est pas, pour l'instant, possible de préciser l'âge de ces phénomènes, mais

TABLEAU VIII
Succession de sols au Nord du Lac glacé

Profondeurs cm	Capacité de rétention % — PF 2,8	Argile	Limons		Sables		C%	N‰	C/N	MO%	pH	perméa- cm/h ss. 1 kg
			fins	gros.	fins	gros.						
5	45,8	15	16	3	6	37	13,6	8,8	16	23	4,9	7,8
20	24,5	8	17	5	16	43	6,5	4,7	14	11	4	8,6
30	38,2	21	16	5	10	31	10	7,6	13	13	4,2	5,2
45	22,5	9	16	7	15	45	5,5	5,3	11	8	3,9	7
55	37	22	15	5	5	35	13	7	18,6	18	4	8
70	21,1	8	19	9	17	47	6	4	15	10	3,9	9,7

on peut envisager, comme hypothèse de travail, qu'elles correspondent à deux pulsations au subactuel et à l'actuel.

Cependant, aucun de ces types ne montre de traces d'hydromorphie, au contraire de ce qu'on pouvait attendre, ce qui les sépare nettement des sols de combes à neige, auxquels on pourrait avoir tendance à les rattacher. On peut donc encore les inclure dans le groupe des rankers de montagne, mais plutôt à côté des protorankers, comme les sols du *Cerasti-Armerietum* déjà décrits (17). D'ailleurs, il semble possible de considérer la partie supérieure de certains de ces derniers comme identique, à peu de choses près, à l'horizon inférieur des sols considérés ici. Les sols du G.-C. *salicetosum* pourraient donc être regardés comme le point maximum actuellement atteint par la pédogénèse sur ce type de substrat.

3.b — 3 — SOLS DE PASSAGE: STADES INITIAUX ET DE CONTACT

On a vu, à propos des caractères généraux du sol de l'association, que celle-ci s'installait progressivement à partir d'une couche de graviers et de poussières accumulée par l'érosion. Il est facile de retrouver sur le terrain, les séries de passages entre la couche de graviers épaisse de un à quelques centimètres et le sol des sous-associations les moins évoluées. Parmi ces stades initiaux très divers porteurs de populations variables, comme on l'a vu plus haut (cf. 1, p. 000), les stades à *Salix herbacea* ont droit à une mention particulière. Ils ne sont jamais analogues au *Salicetum* des combes à neige, beaucoup plus structuré, ni à la sous-association à saule, établie comme on l'a vu, sur les sols meubles.

Le tableau IX, réunit les résultats d'analyses ¹⁾ de quinze prélè-

¹⁾ M. WARENBOURG s'est chargé, dans le cadre de ce travail d'ensemble, de prélever bon nombre d'échantillons de sols et a commencé à étudier le comportement du fer et de l'aluminium dans une vingtaine d'entre eux; je le remercie d'avoir bien voulu me communiquer les résultats qu'il a obtenus et qui sont intégrés dans le tableau d'analyse.

vements de sol effectués dans trois des stades les plus faciles à retrouver sur le terrain: ce sont, dans l'ordre d'évolution de plus en plus poussée: stade à *Salix* (un seul horizon visible de 7—12 cm d'épaisseur), stade à *Salix-Gentiana* (un horizon de 5 cm surmontant un de 10 environ), stade à *Gentiana-Carex* (deux horizons de 10 cm chacun environ), chaque fois dominant mais sans que le groupement atteigne la structure définitive de l'association. A côté de ces trois groupes de cinq profils, figurent dans la première colonne l'analyse d'un sol de *Salicetum herbaceae*, et dans la dernière, celle du premier horizon d'un *Gentiano-Caricetum* enrichi en *Vaccinium uliginosum* (le second horizon est très comparable à celui de la sous-association à renoncule décrit plus haut). Ce dernier stade s'installe, ça et là, contre de gros blocs ou sur des vires exposées au Nord-Est, sur des rochers en pente qui leur assure un bon drainage, mais où la neige demeure longtemps, ce qui assure à la station à la fois une certaine protection contre les froids tardifs et une humidité plus grande qu'ailleurs, sans que pour cela soient réalisées les conditions d'une combe à neige. L'évolution dépasse alors, si on peut dire, le stade climacique, et conduit vers la réalisation d'une lande rase, première amorce des landes subalpines.

TABLEAU IX

Analyse de quelques éléments des sols de passage vers le *Gentiano-Caricetum*: moyenne de cinq analyses, sauf pour la première (un seul échantillon) et la deuxième (deux échantillons) colonnes.

Elément	Stade	<i>Salicetum herbaceae</i>	<i>Salix</i>		<i>Gentiana-Carex</i>		<i>Gentiana-Vaccinium</i>		
			1r	2e	1r	2e	1r	2e	
									horiz.
Sable grossier		48	50	42,8	52	35	37,6	22	38,5
Sable fin		19	16,3	15	14,5	13,5	16	12	12
Limon grossier		3	11	7,4	11	8,5	14,3	7,5	12
Limon fin		13	11,3	14,8	9	16,4	12,6	18,5	14
Argile		11	1	6,2	1	7,8	6,5	12,5	9,5
pH		4,7	4,2	4,04	4,2	4,2	4,4	3,7	3,8
Al. total		—	13,23	11,37	—	11,2	13,2	11,4	12,3
Fer total		—	4,6	3,4	—	3,5	3,7	2,9	4,1
Mat. organiq.		6	8,6	14	8	18	12	27,5	13,5
C %		3,71	3,28	5,08	3,31	8,53	4,22	13,7	4,72
N % ₀₀		2,87	2,6	4,7	2,65	8,2	4	6	3,7
C/N		17	12,7	10,8	12,5	10,4	10,4	22,8	12,7

Dans les stades initiaux, et de gauche à droite, la teneur en sable, en aluminium et en fer, diminuent, la quantité d'argile augmente, les limons fins s'accroissent au détriment des grossiers; le taux de matière organique, de carbone et d'azote augmentent considérablement pendant que le rapport C/N diminue: la pédogénèse est de plus en plus sensible et elle atteste combien, pour être lente, l'action chimique n'en est pas moins efficace.

On remarquera par ailleurs que, à peu de choses près, le second horizon du stade à *Gentiana-Salix* présente les mêmes caractères que le sol du stade à *Salix*; le deuxième horizon du stade à *Gentiana-Carex* étant de son côté proche du premier horizon du stade à *Gentiana-Salix*, mais ayant encore quelques traits du sol à *Salix*.

Le sol du *Salicetum* se distingue des autres par son caractère de nette hydromorphie (faible teneur en matière organique, humus mal décomposé) et sa texture dominée par l'absence de limons fins et beaucoup d'argile arrivée là par ruissellement et non par action chimique.

A l'opposé, les horizons deux du sol à *Vaccinium* et à *Gentiana-Carex* sont encore proches; par contre, le premier horizon sous *Vaccinium* est nettement plus évolué: le taux d'argile est plus élevé, les classes granulométriques mieux réparties, avec une nette augmentation des fractions fines et de la matière organique; le rapport C/N élevé et le pH plus acide sont très certainement liés à la présence de la myrtille et marquent une première convergence avec les sols des Rhodoraies-Vacciniaies de nos régions. Si ce stade à gentiane-myrtille peut être interprété comme un stade de transition entre *Gentiano-Caricetum* et Rhodoraie, il correspond en fait à l'expression d'une potentiabilité climatique; il se développe au contact des deux étages alpin et subalpin: l'humidité atmosphérique y est déjà plus grande et la position topographique, au bord du verrou, y accroît les processus de lessivage.

Ces quelques remarques sont aussi valables par rapport aux sols de la sous-association à renoncule qui se place dans la série évolutive entre le stade à *Gentiana-Carex* et celui à *Vaccinium*.

Il est évident que la structure du sol s'organise parallèlement: les commentaires ci-dessus paraissent suffisamment démonstratifs pour que les autres caractères ne soient pas examinés.

CONCLUSIONS

Le *Gentiano-Caricetum* est, en Pyrénées centrales, le viciant du *Caricetum curvulae* alpin. Comme lui, il constitue le climax sur les replats et les bombements granitiques ou schisteux. Plusieurs sous-associations et un grand nombre de faciès peuvent y

être reconnus, qui correspondent soit à des stades d'évolution du sol, soit à des passages territoriaux vers des groupements climatiques alpins, par exemple établis sur rochers, ou vers des associations appartenant à l'étage subalpin ou nival.

Comme il fallait s'y attendre, le *Gentiano-Caricetum*, découvert trop récemment par les glaces, ne possède qu'un tout petit nombre d'endémiques, le spectre géographique étant surtout dominé par les orophytes alpino-pyrénéennes et l'élément circumboréal-arctico-alpin, ce qui le différencie de celui des autres associations voisines et l'intègre dans le grand groupe du cercle de végétation nord-européen. La sous-association à renoncule, la plus riche en endémiques est aussi la plus évoluée, ce qui ressort aussi du tableau des spectres biologiques. L'étude de la biologie des espèces a montré qu'elles se répartissent en deux groupes de chaméphytes en coussinet drageonnant: l'un à croissance extrêmement lente et restant vert tout l'hiver, l'autre à croissance plus rapide et perdant ses feuilles à l'automne.

L'étude écologique a mis à nouveau en évidence que la mauvaise saison n'était pas l'hiver, mais l'automne avec les minimums au sol les plus accusés, les minimums à l'air étant, bien entendu, atteints en hiver et de l'ordre de -35° C., en particulier sous l'action du vent, qui est ici omni-présent. La neige, acide comme la pluie d'été, a vu son rôle protecteur précisé mais il n'a pas encore été possible de réunir suffisamment de données microclimatiques aériennes et édaphiques sur chaque sous-association; cependant, l'étude de leur sol a permis d'entrevoir leur mode de formation, leur évolution, et d'y reconnaître plusieurs variantes intéressantes: le drainage étant partout assuré, aucun n'appartient au groupe des stano-gleys, même celui du *G.-C. salicetosum*, et tous prennent place parmi les rankers de haute montagne. A côté des „protorankers jeunes” du *Cerasti-Armerietum*, on pourrait aussi reconnaître des „protorankers évolués sur éboulis stabilisés” (*G.-C. salicetosum*, par exemple) et diverses formes de rankers alpin sur dalle granitique. Ces derniers paraissent, dans l'état actuel des recherches, se former sur la dalle, sans que celle-ci intervienne beaucoup.

On peut admettre, sans trop de risques d'erreurs, qu'ils correspondent au climax climatique au sens de DUCHAUFOR (7), à ceci près qu'ils paraissent d'origine surtout éolienne. Si, comme le pensent LE TACON & DUCHAUFOR (9), la formation de tels sols demande plusieurs milliers d'années, cela suppose que leurs stations sont restées hors de glace depuis bien longtemps. Reste à savoir où il faut situer l'émergence de celles-ci: au Préboréal, à l'optimum climatique de l'Atlantique ou au Subboréal. Il ne semble pas que les méthodes pédologiques puissent nous éclairer; par contre, la palynologie pourrait rendre des services, comme le laissent augurer

les premiers tests. Mais, ici, la plus grande prudence s'impose: à ces altitudes, en effet, les pollens sont peut être entraînés par les vents à partir de très lointaines contrées: une étude a été entreprise pour en déterminer les mécanismes de dépôt.

Quoi qu'il en soit, ce problème ne sera résolu probablement que par la conjonction des techniques les plus diverses, bactériologiques, géochimiques, géomorphologiques et sporo-palynologiques, entre autres.

Avant de terminer cet article, je voudrais dire un vif merci à tous ceux qui ont participé à sa préparation: MME DUTRIEU, M. M. LAPORTE et VIGNERON, de la C.N.B.R., M. TOUJAN, de la SOGREHA, qui ont assumé une grande partie des analyses physiques et chimiques des sols, M. M. DABIN et PINTA, tous deux de l'O.R.S.T.O.M. et auxquels on doit d'une part l'étude des complexes humiques, d'autre part celle des argiles. M. MERIGOUX enfin, qui a bien voulu charger Mlle COTTE des analyses d'eau. Bien entendu, ceux de l'„équipe" ont aussi leur part: MME HUBERT pour la préparation des échantillons, M. M. GESLOT et MAERO qui ont aidé, entre autres „lourdes" taches, à leur transport à dos d'homme et à l'établissement des spectres.

SUMMARY

The Gentiano-Caricetum in the central Pyrenees parallels the Caricetum curvulae in the Alps. As a climax of the granitic and schistic platforms it has some subassociations both at the north and the south slopes of the mountain.

By biological research of different kinds we found a new classification of the life-forms.

Though the soils occur in the large group of the Rankers, nevertheless they are also peculiar to each subassociation, belonging to the microclimate.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Gentiano-Caricetum der zentralen Pyrenäen entspricht in der alpinen Stufe dem Caricetum curvulae der Alpen. Als Klimaxgesellschaft der Granit- und Schieferhochplateaus weist diese Assoziation mehrere Subassoziationen auf, welche die südlichen und nördlichen Abhänge bewohnen.

Das biologische Studium der Arten ermöglicht eine neue Einteilung der Lebensformen.

Die Bodentypen können unter die Ranker eingereiht werden, aber mit gewissen Besonderheiten für jede Subassoziation, die wahrscheinlich zum Mikroklima in Beziehung stehen.

BIBLIOGRAPHIE

1. BARRY, J.-P. 1960 — Contribution à la phytogéographie du massif de la Vanoise (Savoie). *Rev. gen. Bot.*, 67: 257—297.
2. BRAUN-BLANQUET, J. & JENNY, H. 1926 — Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. *Schweiz. Nat. Ges.* LXIII, 2: 198—349.
3. BRAUN-BLANQUET, J. 1949 — Végétation alpine des Pyrénées orientales. *Mon. est. stud. pir.* Inst. esp. edaf., Barcelona.
4. BRAUN-BLANQUET, J. 1954 — cf. GAUSSEN, p. 24—96.
5. CHAMPAGNAT, M. & BLATTERON, S. 1966 — Ontogénie des organes axillaires du cresson. *Rev. gén. Bot.* no 861.
6. CHOUARD, P. 1949 — Coup d'oeil sur les groupements végétaux des Pyrénées centrales. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 76e session extr., 96: 145—149.
7. DUCHAUFOUR, PH. 1966 — Le problème du climax et l'évolution des sols. *Oec. Plant.*, 1: 165—194.
8. DUCHAUFOUR, PH. & GILOT, J. C. 1966 — Etude d'un chaîne de sols de l'étage alpin (Col du Galibier) et ses relations avec la végétation. *Oec. Plant.*, 1: 253—274.
9. DUCHAUFOUR, PH., BONNEAU, M. & LE TACON, F. 1967 — Réflexions sur l'importance du facteur temps dans l'évolution des sols. *Sci. Sol.* 2: 13—25.
10. FRIEDEL, H. 1956 — Die alpine Vegetation des obersten Mölltales. *Wis. Alpenvereins.* XVI.
11. GAUSSEN, H. 1954 — L'étage alpin. Etude botanique de l'étage alpin particulièrement en France, p. 5—8. *Mém. publié à l'occasion du 8ème Congr. Int. Bot.* — Bayeux.
12. JENIK, J. 1958 — Die Wind- und Schneewirkungen auf die Pflanzengesellschaften im Gebirge Belanske Tatry. *Vegetatio*, VIII, 3: 130—135.
13. LABROUE, L. 1962 — Vegetation et sols au sommet du Pic du Midi de Bigorre Thèse de 3ème cycle. Fac. Sci. Toulouse, ronéoté.
14. LASCOMBES, G. 1966 — Les facteurs de la morphologie végétale à haute altitude. *Oec. Plant.* 1: 275—300.
15. NEGRE, R. 1959 — Recherches phytogéographiques sur l'étage de végétation méditerranéenne aride (sous étage chaud) au Maroc occidental. *Trav. I.S.C., sér. bot.* no 13 — 385 p. Rabat.
16. NEGRE, R. 1968 — Course phytosociologique au Seil de la Baque. *Ann. Fac. Sci. Marseille.*, XXXXI: 149—155.
17. NEGRE, R. 1968 — La végétation du Bassin de l'One (Pyrénées centrales) — Portugal. *Act. biol.*, B, IX: 196—290.
18. POCHON, J. & BARJAC, H. DE 1958 — Traité de microbiologie des sols. Paris.
19. QUEZEL, P. 1953 — Contribution à l'étude phytosociologique et géobotanique de la Sierra Nevada. *Mém. Soc. Bot.*, IX, 77 p.

20. REISIGL, H. & PITSCHMANN, H. 1958 — Obere Grenze von Flora und Vegetation in der Nivalstufe der Zentralen Öztaler Alpen. *Vegetatio*, VIII, 3: 93—129.
21. RETZER, J. L. 1965 — Soil-forming factors and Processes in Arctic a. alpine regions. *Soil Science*,: 99 38—44.

Trebons de Luchon, mai 1968.