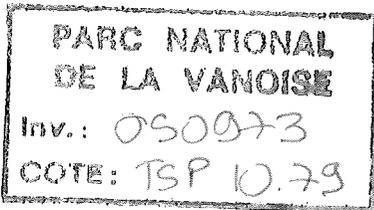


MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT
ET DU CADRE DE VIE
DIRECTION
DE LA PROTECTION DE LA NATURE

Travaux Scientifiques du Parc National de la Vanoise



Recueillis et publiés sous la direction de
C. PAIRAUDEAU
Directeur du Parc National
et P. OZENDA
Correspondant de l'Institut
Professeur à l'Université de Grenoble

Tome X

1979

Cahiers du Parc National de la Vanoise
135, rue du Docteur-Julliand
B.P. 105, 73003 CHAMBÉRY (France)

SOMMAIRE

COMPOSITION DU COMITÉ SCIENTIFIQUE.....	5
LISTE DES COLLABORATEURS.....	7
G. NEHL. - <i>Les gravures rupestres de Haute-Maurienne. Parc National de la Vanoise et zone périphérique</i>	9
F. ELLENBERGER et J.F. RAOULT. - <i>Les enseignements géologiques des rochers de la Loze à Pralognan. (massif de la Vanoise, Savoie)</i>	37
J.P. RAMPNOUX et G. NICOUD. - <i>Les circulations souterraines entre le Col de la Vanoise et Pralognan. (massif de la Vanoise, Savoie)</i>	71
H. TOURNIER, Ph. LEBRETON, D. MAGNOULOUX et M. BETHMONT. - <i>Etude de l'avifaune du Parc National de la Vanoise. VII. - L'avifaune des pessières savoyardes</i>	83
P. GENSAC. - <i>Les pelouses supraforestières du massif de la Vanoise. Contribution à l'inventaire et à l'étude écologique des groupements végétaux du Parc National de la Vanoise</i>	111

ABSTRACT

MEMBERS OF THE SCIENTIFIC COMMITTEE	5
LIST OF CONTRIBUTORS	7
G. NEHL. - <i>Rock engravings of the Upper-Maurienne. Vanoise National Park (Savoy) and surrounding area.</i>	9
F. ELLENBERGER et J.F. RAOULT. - <i>Geological informations from the "rochers de la Loze" in Pralognan. (Vanoise massif, Savoy)</i>	37
J.P. RAMPNOUX et G. NICOUD. - <i>Subterranean water systems between Vanoise Pass and Pralognan. (Vanoise range, Savoy)</i>	71
H. TOURNIER, Ph. LEBRETON, D. MAGNOULOUX et M. BETHMONT. - <i>A study of the bird populations in Vanoise National Park. VII. - The birds of the Savoy spruce forest</i>	83
P. GENSAC. - <i>The grasslands above the forest of the Vanoise range. A contribution to the inventory and ecological study of the plants communities in Vanoise National Park</i>	111

COMPOSITION DU COMITÉ SCIENTIFIQUE DU PARC NATIONAL DE LA VANOISE

Président honoraire :

M. Paul VAYSSIÈRE, Professeur honoraire au Museum National d'Histoire Naturelle.

Président :

M. Philippe TRAYNARD, Président de l'Institut National Polytechnique de Grenoble.

Vice-Président :

M. Denys PRADELLE, Architecte-Urbaniste, Chambéry.

Secrétaire :

M. Paul OZENDA, Correspondant de l'Institut, Professeur à l'Université de Grenoble.

Membres du Comité :

M. Jean AUBERT, Conservateur des Musées d'Art et d'Histoire de Chambéry.

M. Maurice BARDEL, Ancien Directeur du Parc National de la Vanoise, Ingénieur général du G.R.E.F.

M. Paul BARRUEL, Attaché au Museum National d'Histoire Naturelle.

M. Jean BOURGOGNE, Sous-Directeur au Museum National d'Histoire Naturelle, Paris.

† M. Clément BRESSOU, Membre de l'Institut, Président du Comité Permanent du Conseil National de la Protection de la Nature.

M^{lle} Camille BULARD, Professeur à l'Université de Nice.

M. Roger BUVAT, Membre de l'Institut, Professeur à l'Université de Marseille-Luminy.

M. Louis de CRÉCY, Ingénieur en chef du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Chef de la Division Nivologie au C.T.G.R.E.F., Grenoble.

M. Charles DEGRANGE, Professeur à l'Université de Grenoble.

M. René DELPECH, Professeur à l'Institut National Agronomique, Paris-Grignon.

- M. Philippe DREUX, Professeur à l'Ecole Normale Supérieure, Paris.
- M. François ELLENBERGER, Professeur à l'Université de Paris-Orsay.
- M. René FONTAINE, Ingénieur général honoraire du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Evian.
- M. R.P. FRITSCH, Président de la Société d'Histoire Naturelle de la Savoie.
- M. Pierre GENSAC, Professeur à l'Université de Savoie, Chambéry.
- M. Paul GIDON, Professeur à l'Université de Savoie, Chambéry.
- M. Alain GILLE, Coordonnateur des Bureaux Régionaux de Science et de Technologie à l'UNESCO.
- M. Jean GOGUEL, Directeur du Bureau de Recherches Géologiques et Minières.
- M. Marcel JAIL, Ingénieur de Recherche à l'Institut de Géographie alpine, Grenoble.
- M. Louis JOUBERT, Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon.
- M. Robert KÜHNER, Correspondant de l'Institut, Professeur à l'Université de Lyon-I.
- M. Philippe LEBRETON, Professeur à l'Université de Lyon-I.
- M. Claude LEVI, Directeur adjoint du C.N.R.S., Professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.
- M. Louis LLIBOUTRY, Professeur à l'Université de Grenoble.
- M. Charles-Pierre PEGUY, Directeur de Recherche au C.N.R.S., Grenoble.
- M. Maurice REYDELLET, Vétérinaire Inspecteur en chef, Gap.
- M. Paul VEYRET, Professeur à l'Institut de Géographie alpine, Grenoble.

LISTE DES COLLABORATEURS DU VOLUME

- M. BETHMONT, Professeur de Sciences naturelles à Cognin, Savoie.*
F. ELLENBERGER, Professeur au laboratoire de Géologie structurale, Orsay.
P. GENSAC, Professeur à l'Université de Savoie, Chambéry.
Ph. LEBRETON, Professeur à l'Université Claude Bernard, Lyon-I.
D. MAGNOULOUX, Cadre technique (cabinet d'ingénieur conseil).
G. NEHL, Vice-Président du Groupe d'Etudes, de Recherches et de Sauvegarde de l'Art Rupestre.
G. NICOUD, Assistant à l'Université de Savoie, Chambéry.
J.F. RAOULT, Maître-Assistant au laboratoire de Géologie structurale, Université de Paris-VI.
J.P. RAMPNOUX, Professeur à l'Université de Savoie, Chambéry.
H. TOURNIER, Assistant à l'Université de Savoie, Chambéry.

. . .

Le recueil et la coordination des articles ont été assurés par J.P. MARTINOT, Attaché Scientifique au Parc National de la Vanoise.

La présentation du volume a été réalisée par M.C. NEUBURGER, Assistante de Recherche à l'Université Scientifique et Médicale de Grenoble.

LES GRAVURES RUPESTRES DE HAUTE-MAURIENNE PARC NATIONAL DE LA VANOISE ET ZONE PÉRIPHÉRIQUE

par Georges NELH (1)

I. - L'art rupestre de Haute-Maurienne	11
II. - Méthodes d'étude	13
III. - Etude des sites à gravures	14
IV. - Corpus des peintures et gravures	18
Conclusion	34
Bibliographie	34

Résumé. - Cinq ans de recherches permettent d'analyser maintenant l'ensemble des gravures rupestres de Haute-Maurienne, qui s'étend sur les deux versants de la vallée et la partie sud du Parc National de la Vanoise. La répartition des rochers gravés semble avoir été plus influencée par des facteurs physiques tels que la géologie et le relief que par des facteurs humains. Si des gravures rupestres se trouvent dans la vallée, à basse altitude, les groupes les plus intéressants de celles-ci sont situés à haute altitude, jusqu'à 2 800 m, dans des zones herbeuses plates.

Ces gravures sont, en majeure partie, des représentations schématiques. Les cupules et empreintes de pieds très nombreuses, les spirales et les serpentiformes, quelques cercles concentriques sont le trait d'originalité de la Haute-Maurienne. Plus classiques sont les symboles circulaires avec traits rayonnants et différentes formes de symboles rectangulaires. Dans un secteur caractéristique du Parc National ont aussi été découvertes des scènes figuratives de batailles et des représentations de guerriers et d'épées attribuables à une période moyenâgeuse.

Mots clés : *France - Alpes de Savoie - Parc National de la Vanoise - Art rupestre - Pré et Protohistoire - Epoque moyenâgeuse.*

Summary. - ROCK ENGRAVINGS OF THE UPPER-MAURIENNE. VANOISE NATIONAL PARK (SAVOY) AND SURROUNDING AREA.

Five years of investigations give now the possibility to analyse the complex of rock-engravings of the Upper Maurienne, which covers both sides of this valley and the south part of the Vanoise National Park. The repartition of the engraved rocks seems to

(1) G.E.R.S.A.R. : Groupe d'Etudes, de Recherches et de Sauvegarde de l'Art Rupestre, 91490 Mairie de Milly-la-Forêt.

have been influenced more by physical factors such as geology and relief, than by human factors. Rock-engravings can be found at low altitude, in the valley, but the most interesting groups are situated at high altitude, up to 2 800 m, on flat grassy zones.

The greatest part of these engravings are schematic figures. Cup-marks and footprints in great number, spirals and meanders, a few concentric circles are the feature of originality of the Upper Maurienne. More classical are the circular symbols with radiating rays and several forms of square symbols. In one characteristic area of the National Park were also discovered figurative scenes of battles and representations of warriors and swords, corresponding to a middle-age period.

Key words : *France – Alps of Savoy – Vanoise National Park – Rock art – Pre- and Protohistory – Middle age period.*

Depuis la création du Parc National de la Vanoise de nombreuses études ont été consacrées aux relations entre l'homme et son milieu montagnard, aussi bien dans le domaine classique de ses activités agricoles et pastorales que, plus récemment, dans son exploitation touristique et hivernale de cette zone de la haute vallée de l'Arc. Un sujet qui n'a pas encore été abordé est celui de l'histoire de l'occupation de ce territoire par l'homme antique. Depuis quelle époque celui-ci y a-t-il vécu de façon permanente ? Comment a-t-il marqué de sa présence cette région de haute montagne ? Quelles ont été sa vie et ses préoccupations premières au bon gré d'un torrent de fond de vallée, le « Maurian », le mauvais ruisseau, origine toponymique vraisemblable de la Maurienne étant donné d'autres similitudes, notamment en Oisans ?

Les moyens classiques de détection d'une occupation humaine sont tout d'abord les traces d'habitats anciens, ensuite les découvertes d'inhumations avec leur mobilier funéraire habituel : poteries, bijoux, armes, etc. Or, dans ces régions de haute altitude, malgré les variations connues des climats au cours des temps, les hivers sont rudes et la neige apporte ses sédiments. Les possibilités de découvertes fortuites de surface sont donc très réduites et les zones d'habitats détruits sont rapidement recouvertes. Les inhumations ne sont mises au jour que très rarement à l'occasion de travaux qui, contrairement à ceux des zones urbanisées, sont relativement de peu d'importance. Il ne reste alors pour partir sur les traces de ces populations successives que les manifestations d'art rupestre, peintures ou gravures, seuls témoins de cette occupation ancienne, qui représentent une forme d'expression matérielle, donc de communication, de certains concepts spirituels.

Notre premier contact avec l'art rupestre de Haute-Maurienne, qui n'avait pour but que de comparer les gravures de quelques sites signalés dans la bibliographie avec d'autres en cours d'étude dans la région des grès stampiens du Bassin Parisien, nous a révélé, à notre grande surprise, un ensemble de rochers gravés d'une importance telle, par leur nombre et leur variété, que nous en avons fait immédiatement le pôle de nos recherches en période estivale, la plupart de ces sites n'étant accessibles que deux ou trois mois par an.

Réparti sur les deux versants de la vallée de l'Arc, entre 1 500 et 2 900 mètres d'altitude, notamment sur le territoire des communes de Lanslevillard et de Termignon, cet ensemble d'art rupestre de la Haute-Maurienne est situé

en partie dans le Parc National de la Vanoise et en partie dans sa zone périphérique. Son étude présente l'intérêt d'apporter une contribution à la connaissance des gravures schématiques, dont certaines se retrouvent dans tout l'arc alpin ainsi que dans d'autres régions d'Europe occidentale, et de constituer un témoignage écrit des éléments qui, en ce domaine, risquent d'être aveuglément détruits par l'implantation croissante des remontées mécaniques et l'aménagement des pistes de ski dans la zone périphérique, ou, dans le Parc même, par l'érosion due aux agents atmosphériques.

I. - L'ART RUPESTRE DE HAUTE-MAURIENNE

Il convient tout d'abord de donner un bref aperçu de ces manifestations d'art rupestre en ce qui concerne leur inspiration, leur technique d'exécution et les supports sur lesquels elles sont tracées, avant d'examiner les recherches antérieures dont elles ont fait l'objet depuis le début de leur découverte et de situer les problèmes que pose leur étude.

A) CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES.

La Haute-Maurienne comprend à la fois des gravures et des peintures. Ces dernières ne se trouvent que dans un seul site, en dehors du contexte des gravures, et présentent deux thèmes associés de figurations naturalistes, en l'occurrence un groupe de cerfs, et de figurations schématiques en tracés digitaux exécutés à l'ocre rouge sur une paroi verticale. Les peintures ne représentent cependant qu'une infime partie de cet ensemble composé, pour l'essentiel, de gravures exécutées en technique piquetée sur des surfaces planes, la plupart du temps voisines de l'horizontale.

De même que pour les peintures, les gravures peuvent être divisées en plusieurs groupes qui présentent souvent des interpénétrations. Le premier groupe, le plus répandu, est celui des gravures schématiques et géométriques telles que cupules, pieds, spirales, serpentiformes, marelles, triples-enceintes et rouelles. Le deuxième groupe, concentré dans certaines zones et formant la décoration principale de rochers ou de grandes dalles que nous appellerons « pierres historiées », comprend des figurations naturalistes de guerriers armés, de cavaliers, de tours et d'armes blanches (poignards, épées) dénotant une certaine volonté de témoignage historique dans leurs thèmes. Le troisième groupe, enfin, est constitué par des gravures modernes, souvent datées, très abondantes du début du XVII^e siècle à la fin du XIX^e siècle, dont les sujets essentiels sont des croix de types divers accompagnées de nombreuses initiales.

B) LES RECHERCHES ANTÉRIEURES

C'est dans le dernier quart du XIX^e siècle que l'attention des chercheurs s'est portée sur les témoins les plus visibles des gravures rupestres de Maurienne, en l'occurrence les grandes pierres à cupules et bassins dénommées alors pierres à godets et pierres à écuelles. Nous en trouvons la trace dans diverses communications des années 1879 et 1880, notamment celles de Florimond TRUCHET aux Congrès des Sociétés Savantes de Savoie. Il faudra cependant attendre le début du XX^e siècle pour qu'un chercheur infatigable, Louis SCHAUDEL, entreprenne une étude plus poussée surtout en Haute-Maurienne. Dans ses divers écrits, de 1901 à 1912, il situera et décrira de façon assez précise la plupart des grands sites maintenant bien connus (Pierre aux Pieds, Pierre de Chantelouve, Arcelle Neuve).

Après la première guerre mondiale, et c'est là un point commun à toutes les régions à gravures rupestres, l'engouement pour ce genre d'étude disparaît. Ce n'est qu'en 1940 que Jean BELLET sortira de l'oubli les gravures de Maurienne en publiant tout d'abord un résumé des connaissances en ce domaine; puis inlassablement, de 1945 jusqu'à sa mort en 1978, il présentera dans diverses publications, souvent en collaboration avec Jean PRIEUR, les découvertes récentes de rochers gravés.

Signalons enfin que la création du Parc National de la Vanoise a permis, grâce à son parcours régulier par les gardes, de localiser un certain nombre de sites inconnus jusqu'alors, en particulier la grande dalle historiée du Vallonnet.

Un examen critique de ces recherches, dans la limite où elles ont été portées à la connaissance du public, montre que L. SCHAUDEL a effectué un choix a priori parmi toutes les gravures qu'il a certainement dû voir. Ses théories de datation et de signification ne reposent que sur les cupules, les pieds et les cercles concentriques réputés être d'origine préhistorique, les autres gravures étant considérées comme modernes ou tracées par des « bergers ». Ces théories ont pratiquement été admises par tous les chercheurs qui lui ont succédé bien que rien, à l'heure actuelle, ne puisse les confirmer ou les infirmer, faute de preuves suffisantes.

C) LES PROBLÈMES POSÉS

Le premier problème posé par la recherche des gravures rupestres en haute altitude est celui de leur découverte ou plutôt celui de leur « lecture ». Souvent très effacées et tracées sur un support clair et miroitant au soleil, elles ne sont visibles, généralement, que sous un éclairage rasant qui se présente une à deux heures par jour seulement, et encore pour un œil exercé, ce qui explique qu'elles aient échappé, dans la plupart des cas, à un examen superficiel des rochers.

Un autre problème posé par toute région à gravures rupestres est celui de la datation, étant donné le conservatisme ou la persistance des traditions d'expression graphique de ses habitants. Ce problème est d'autant plus aigu que ces régions sont restées en dehors des grandes voies de communication commerciales internationales, ce qui est le cas présent, car la partie de la Haute-Maurienne, de Termignon à Bonneval-sur-Arc, est demeurée, jusqu'au tracé actuel de la route du Mont Cenis, en marge des grands itinéraires protohistoriques, romains ou carolingiens vers l'Italie. Certes peu coupée de l'Italie ou de la Tarentaise par des cols faciles à franchir, col d'Arnés à l'époque romaine et col de l'Autaret vers l'Italie, cols de la Vanoise, de la Leisse, de la Rocheure et de l'Iseran vers la Tarentaise, cette région a dû néanmoins vivre pratiquement en vase clos de ses ressources agricoles et pastorales jusqu'à une époque très récente. Il n'est donc pas étonnant que nous y retrouvions cette persistance évoquée, au cours de laquelle chaque génération y apporte ses propres figurations, son style de gravure ou même la retouche de gravures antérieures sur des rochers découverts depuis des siècles. Ce phénomène s'étalant sur de nombreuses centaines d'années, rend le problème de leur datation encore plus complexe.

Le troisième problème est celui de la signification des gravures rupestres. Si, en règle générale, il est acquis que cette signification doit se rechercher dans le domaine des croyances ou des rites culturels des populations successives, il n'est pas exclu que les motivations de ces représentations aient évolué au cours des siècles, le même symbole pouvant représenter des concepts différents.

Le dernier problème, enfin, est celui de la sauvegarde de ces gravures. Si, dans le périmètre du Parc National de la Vanoise, leur sauvegarde est assurée par l'arrêt d'une exploitation quelconque du terrain, encore qu'elles ne soient pas à l'abri d'un vandalisme volontaire ou involontaire, il convient d'attirer l'attention des municipalités des communes de la zone périphérique sur l'intérêt de conserver en place ces rochers gravés lors de travaux d'aménagement ou de les transférer en lieu sûr si leur poids ne représente pas un obstacle insurmontable.

II. - MÉTHODES D'ÉTUDE

La finalité de cette étude étant une tentative de datation et d'explication de la signification des gravures de Haute-Maurienne, nous avons opté, en l'absence de toute stratigraphie possible comme ce pourrait être le cas pour des gravures en grotte, pour une exploitation statistique portant sur la répartition géographique des sites, sur la répartition des gravures dans ces différents sites ainsi que sur le style des diverses gravures.

Une exploitation statistique ne pouvant être basée que sur un échantillonnage suffisant de gravures de même type, la première phase des recherches a donc été la saisie des données sous la forme d'un inventaire avec relevés

intégraux de toutes les gravures schématiques et naturalistes, les initiales ne faisant l'objet que d'un simple répertoire manuscrit.

La méthode de relevés la plus adaptée à la difficulté de lecture des gravures s'est révélée être la suivante : la surface de la dalle gravée est humectée au moyen d'une éponge synthétique à faces planes imbibée d'eau, les gravures apparaissant alors en clair sur la surface mouillée plus foncée de la roche ; le contour de ces gravures est alors tracé à la craie ; après séchage ce tracé est reporté, au moyen d'un marqueur indélébile, sur une feuille de plastique transparent appliquée sur la surface du rocher, non sans y avoir indiqué la direction du nord magnétique et le pendage à toutes fins utiles. Ce tracé, constituant un brouillon de travail, est alors reporté sur calque pour le stockage en archives. Les réductions à une échelle uniforme du 1/10 sont ensuite effectuées par procédé manuel ou photographique afin de constituer la base de l'exploitation statistique ou de publications éventuelles.

III. - ÉTUDE DES SITES À GRAVURES

La répartition des sites dont la carte (fig. 1) donne une vue d'ensemble peut paraître de prime abord anarchique. Il n'en est rien car l'examen sur le terrain montre qu'elle résulte de choix bien précis selon des critères tenant compte de facteurs physiques et de facteurs humains.

A) INFLUENCE DES FACTEURS PHYSIQUES

Ces facteurs physiques sont ceux qui donnent le caractère particulier de chaque région, c'est-à-dire la nature du terrain, le relief et l'organisation du paysage.

1. La géologie

C'est, de loin, le facteur le plus important car il ne faut pas oublier, bien que cette constatation puisse paraître l'expression d'une pure évidence, que l'existence d'une région à gravures rupestres résulte du contact permanent de populations désireuses de matérialiser leurs concepts spirituels sous une forme graphique avec un support capable de recevoir facilement et surtout de conserver ce témoignage.

Dans le cas de la Haute-Maurienne ce support propice est essentiellement constitué par les nombreux rochers erratiques de la nappe allochtone des

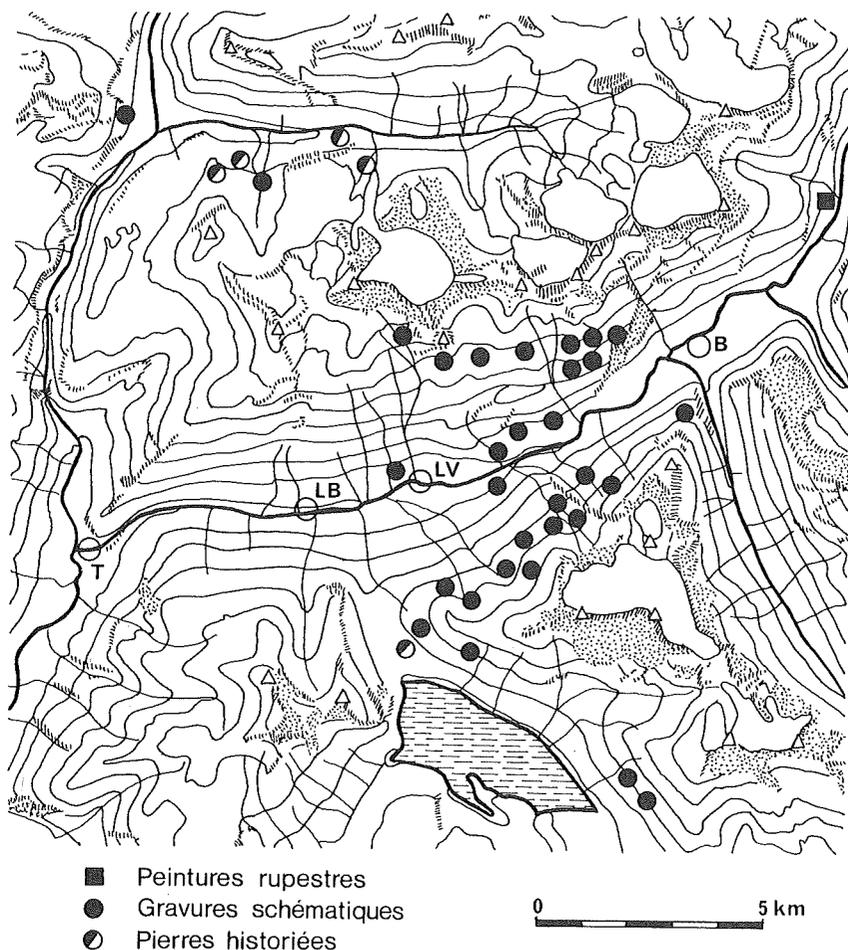


FIG. 1. - Carte de répartition des sites d'art rupestre en Haute-Maurienne.

- Equidistance des courbes de niveau : 200 mètres.
 - T : Termignon. - LB : Lanslebourg Mont-Cenis. - LV : Lanslevillard. - B : Bessans.

schistes lustrés recouvrant la majeure partie de la Vanoise orientale. Cette roche, improprement appelée ainsi car il s'agit en fait de schistes calcaires ou calcaires phylliteux gréseux, présente une dureté moyenne, une bonne cohésion et se laisser piquer sans éclater, permettant ainsi la représentation de traits parfois extrêmement rapprochés. De couleur superficielle gris sombre à gris-beige, souvent même beige clair avec un aspect soyeux ou légèrement granu-

leux, cette roche a la propriété de se cliver suivant des surfaces planes formant ainsi un support idéal pour le tracé des gravures.

Un simple coup d'œil sur une carte géologique montre que l'ensemble des sites ne débordent pas de la zone des schistes lustrés. La répartition géographique de ces sites est donc liée au contexte géologique, ce qui explique la concentration des gravures dans le vallon de la Rocheure et dans la vallée de l'Arc, de Termignon aux abords de Bessans. Elles deviennent extrêmement rares ou inexistantes dès que l'on franchit en aval la zone des cargneules et des gypses, ou que l'on pénètre, vers Bonneval-sur-Arc, dans la zone des gneiss difficiles à piquer. Les seules exceptions se trouvent dans le site à peintures de Bessans où le support est une paroi de serpentine et dans le site du Vallonet constitué par l'affleurement d'un large banc calcaire avec filonnets de calcite.

2. Le relief

Le relief de la Haute-Maurienne a ceci de particulier qu'à des replats de peu d'importance occupant le fond de vallée succèdent brutalement des pentes raides de 300 à 500 mètres de hauteur donnant accès à des gradins successifs, en faible pente et de plus ou moins grande étendue, jusqu'au pied des éboulis provenant des sommets constituant les lignes de crête.

Sur ces replats, soit en fond de vallée soit à haute altitude, sont répartis les sites à gravures. Les rochers y sont rassemblés en groupes souvent constitués par un rocher principal abondamment couvert de gravures et entouré de rochers satellites à décoration beaucoup plus pauvre. L'emplacement de ces groupes dans des zones herbeuses relativement plates, à l'abri des éboulements rocheux possibles et à proximité de la rupture de pente, dénote bien un choix délibéré qui contraste avec le vide dont témoignent les pentes raides intermédiaires.

La notion de relief nous conduit ici à introduire la notion d'altitude relative qui met mieux en évidence les deux bandes parallèles formées par l'ensemble des sites à gravures de la vallée de l'Arc : la traînée des sites de fond de vallée et l'alignement des sites de haute altitude dominant celle-ci de quelque 500 à 1 300 mètres.

Cette analyse, essentiellement valable pour les deux versants de la vallée de l'Arc qui présentent des gravures schématiques, ne semble pas applicable au vallon de la Rocheure comportant en majeure partie des pierres historiées situées au niveau même du fond du vallon ou à un niveau supérieur peu élevé.

3. Le paysage

Le paysage a joué également un rôle prépondérant dans le choix de l'emplacement des rochers gravés surtout pour un certain nombre d'entre eux. C'est ainsi que la majorité des grands rochers ornés de cupules ou de pieds se trouvent en position dominante avec des vues très dégagées sur la vallée ou sur des sommets enneigés lointains.

D'autres éléments du paysage, sommet rapproché dominant le site, gros rocher ou bec caractéristique sur une ligne de crête apparente, sont en relation directe avec l'orientation de certaines gravures, notamment des empreintes de pieds.

Ces particularités de situation sont un des éléments importants de l'étude de la signification des gravures.

B) INFLUENCE DES FACTEURS HUMAINS

L'homme ayant toujours dû s'adapter aux contraintes du milieu physique dans lequel il avait choisi de se fixer, il faut donc examiner si sa façon de se déplacer, de vivre et d'inhumer ses morts a joué un rôle quelconque dans la répartition des sites à gravures de cette région.

1. Les voies de communication

Cette partie de la Haute-Maurienne étant restée à l'écart des grandes voies de communication, il vaudrait mieux parler ici de sentiers muletiers et de voies de cheminement, d'après les quelques vestiges que l'on peut encore y observer à l'heure actuelle.

Les sites de fond de vallée sont effectivement alignés le long ou aux alentours des deux sentiers muletiers empruntant l'une ou l'autre rive de l'Arc. Certains sites de haute altitude sont également situés sur des voies de cheminement obligatoires car imposées par le relief. D'autres, en revanche, sont totalement isolées en dehors de tout lieu de passage logique. Ce sont pourtant ceux-là qui sont les plus riches en gravures. Il faut donc en conclure que l'influence des voies de cheminement a été peu déterminante dans le choix des sites gravés, ce qui semble confirmé par l'absence totale de gravures dans les zones de transition entre le fond de vallée et les hauts sites, qui étaient, elles aussi, des zones de cheminement inévitables.

2. Les activités agro-pastorales

Depuis la première occupation de la région par des populations sédentaires, ces dernières n'ont pu y mener, pour subvenir à leurs besoins, qu'une vie agro-pastorale qui s'est prolongée jusqu'à une époque très récente pouvant être évaluée à moins d'un siècle.

Ce rythme de vie, régi par l'alternance des saisons, pourrait expliquer la plus forte proportion de rochers gravés dans les sites de haute altitude occupés plus longtemps lors des activités pastorales d'été, alors que les zones inférieures du fond de vallée ne servaient que de pacage de printemps, les travaux de réparation des habitats après l'hiver absorbant à ce moment toutes les activités de leurs habitants.

3. Le contexte archéologique des inhumations

Les trois sites anciens d'inhumations découverts jusqu'à présent à Lanslevillard : l'Adroit, Le Mas et Les Sarrasins sont situés, quant aux deux derniers, à proximité de zones à gravures assez pauvres. Il est donc impossible d'en tirer une conclusion formelle mais il semble bien qu'il n'y ait pas de relation directe des gravures avec un quelconque rite d'inhumation ou de culte des morts.

IV. - CORPUS DES PEINTURES ET GRAVURES

Dans ce corpus, priorité est donnée à l'illustration, c'est-à-dire aux relevés effectués dans les différents sites étudiés. Il s'agit d'un choix de figurations caractéristiques assorties de quelques commentaires permettant de mieux saisir les multiples aspects de l'art rupestre de Haute-Maurienne.

A) LES PEINTURES

Un seul site connu à ce jour dans une zone totalement dépourvue de gravures, à Bessans. Tracées à l'ocre rouge au pied d'une grande paroi verticale polie par l'érosion glaciaire, ces peintures sont de deux styles différents : une grande composition de huit cerfs (fig. 2-1), dont certains sont effacés partiellement ou recouverts de calcite, et une série de tracés digitaux (fig. 2-2 et 2-3) répartis sur 70 mètres de longueur. Quelques anchoriformes (fig. 2-4) sont comparables, par leur tracé et leurs dimensions, à ceux déjà trouvés au Trou de la Féclaz à Saint-Jean d'Arvey près de Chambéry.

B) LES GRAVURES SCHÉMATIQUES

1. Cupules et réseaux de rigoles

Présentes dans la plupart des sites, les cupules peuvent se classer en trois groupes principaux selon leurs dimensions et l'utilisation qui en a été faite dans la décoration des rochers. Le premier groupe est celui des cupules dont le diamètre moyen est supérieur à 50 mm et des bassins pouvant atteindre un diamètre de 250 mm, qui forment la décoration principale de la surface de gros



FIG. 2. - Peintures du Rocher du Château à Bessans.

1. Le grand panneau des cervidés. - 2 et 3. Tracés digitaux de la paroi amont. - 4. Anchoriformes de la paroi amont.



FIG. 3. - Cupules et réseaux de rigoles.

1. Pré Clos. - 2. Le Rafour. - 3. Le Châtelard. - 4. La Loza. - 5. Arcelle Neuve. -
6. Trou du Chaudron. - 7. Le Mas. - 8. La Berche.

rochers; elles sont souvent associées aux empreintes de pieds. Le deuxième groupe est celui des cupules de taille beaucoup plus petite, 20 à 50 mm, formant la décoration exclusive de rochers jalonnant souvent les anciens chemins muletiers. Le troisième groupe, enfin, est celui des petites cupules faisant partie intégrante ou intimement associées aux gravures schématiques.

L'organisation géométrique des cupules ne semble pas obéir à des règles précises, sauf dans le premier groupe où se remarque une tendance à des alignements sur des proéminences linéaires ou les bords des rochers et, dans le second groupe, où l'on trouve parfois des organisations de forme rectangulaire (fig. 3-6) ou circulaire autour d'une cupule centrale (fig. 3-7).

Aussi bien dans le premier que dans le deuxième groupe, les cupules sont parfois reliées entre elles par des rigoles dont la signification a toujours été très controversée : on trouve ainsi des cupules reliées deux à deux ou en chapelet (fig. 3-2), en grappe (fig. 3-1 et 3-5) ou même, cas assez rare, en interconnexion totale (fig. 3-8). Une autre forme caractéristique est celle des cupules de grande taille auxquelles aboutissent une ou deux très longues rigoles (fig. 3-3 et 3-4).

2. Figurations de pieds et de mains

Les « pierres aux pieds » (*photo 1*) ne sont pas rares car elles se retrouvent en Maurienne dans tous les sites importants de haute altitude depuis Saint-



PHOTO. 1. - La Pierre aux Pieds de Pisselerand (2 740 m).

Bloc erratique de 6 mètres de diamètre dominant la vallée de l'Arc de quelque 1 300 mètres.

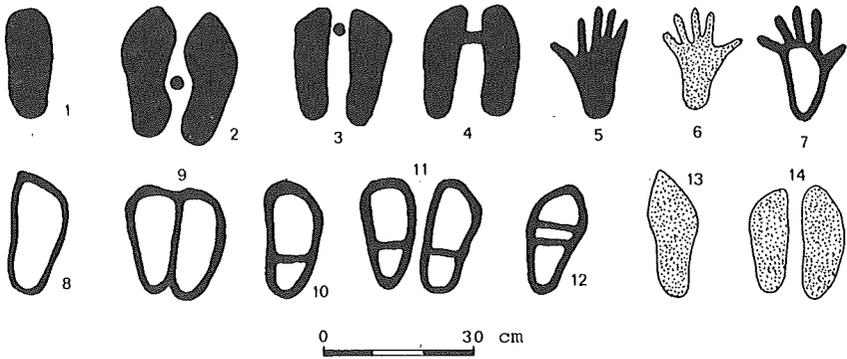


FIG. 4. - Figurations de pieds et de mains.

1-2-3-4-14. Pisselerand. - 5-6-7-13. Lac de l'Arcelle Neuve. - 8-9. Plan Bouchet. - 10-11. Combes du Glacier. - 12. Plan Cardinal.

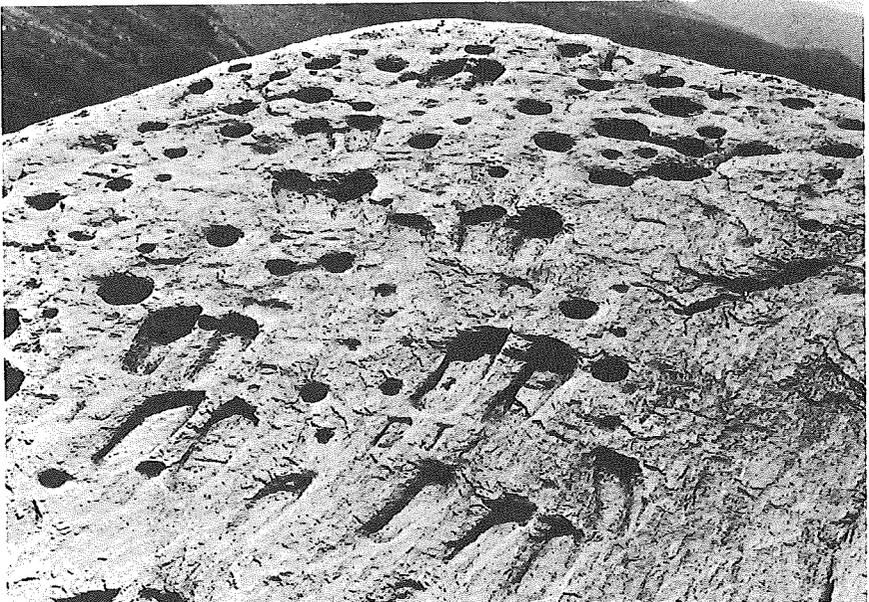


PHOTO. 2. - Partie supérieure de la Pierre aux Pieds.

On distingue nettement au centre quatre paires de pieds avec une barette reliant le pied gauche au pied droit à la partie antérieure.

Michel-de-Maurienne jusqu'à Lanslevillard. Il n'en va pas de même pour les figurations de mains qui sont beaucoup plus rares (8 exemplaires inventoriés contre près de 250 pour les pieds). En général groupées sur un seul rocher par site, les figurations de pieds se présentent sous trois factures différentes : profondément piquetées en creux jusqu'à une profondeur pouvant atteindre 25 mm, simplement piquetées à fleur de rocher sans profondeur mesurable ou tracées au contour comme les autres gravures. Les pieds sont représentés isolés, pied gauche ou pied droit, ou par paires. De taille moyenne beaucoup plus petite que celle du pied d'un adulte de l'époque actuelle, elles présentent certaines particularités dans leur style. C'est ainsi que les paires de pieds en creux sont souvent accompagnées d'une cupule ou d'une barrette au milieu ou à la partie antérieure des pieds (fig. 4-2 à 4-4). Les pieds au contour sont parfois ornés d'une sangle marquant le talon (fig. 4-10 et 4-11) ou d'une double sangle (fig. 4-12). Certaines paires de pieds au contour peuvent même être accolées (fig. 4-9). Une importante remarque est à faire sur l'association des pieds et des cupules : les pieds en creux sont toujours accompagnés de grosses cupules (*photo 2*) alors qu'il en est très rarement ainsi pour les pieds à fleur de rocher ou au contour.

3. Spirales

Les spirales sont un des traits dominants de l'ensemble des gravures de la région. Leur état de conservation est souvent très mauvais car la profondeur du piquetage est en général très faible. Le pas des spires est relativement petit, la partie pleine entre chaque spire étant du même ordre de grandeur que la largeur de la partie gravée ; c'est pourquoi elles ont souvent été lues comme des cercles concentriques. Le tracé des spirales commence dans la majorité des cas par une petite cupule. Le sens de rotation de l'enroulement semble être indifférent. Après quelques spires régulières on peut observer un certain nombre de variantes qui caractérisent ce genre de gravures : des intercommunications entre spires (fig. 5-1), des reprises de tracé (fig. 5-4 et 5-7), des changements de sens de rotation (fig. 5-11) aboutissant à la figure caractéristique du labyrinthe (fig. 5-9), des ornements (fig. 5-6), des terminaisons en boucle (fig. 5-5), en spirale de rotation inverse (fig. 5-1), en figure subrectangulaire (fig. 5-10) et enfin en tracés ondes s'apparentant à ceux des serpentiformes (fig. 5-2 et 5-11).

4. Serpentiformes et méandriformes

Il s'agit là d'un autre groupe de gravures bien particulières à la Haute-Maurienne, notamment dans la partie située à l'intérieur du Parc de la Vanoise. Ces tracés ondes, souvent associés et apparentés aux spirales, dénotent parfois une création artistique certaine et une maîtrise absolue de l'art de graver la pierre. On y trouve parfois aussi, sous une forme moins symbolique, des représentations naturalistes de serpents vus par-dessus ou de côté comme dans la partie droite de la figure 5-12 et que reconnaîtront aisément ceux qui ont eu affaire aux vipères de la région. Cette recherche symbolique ou décora-

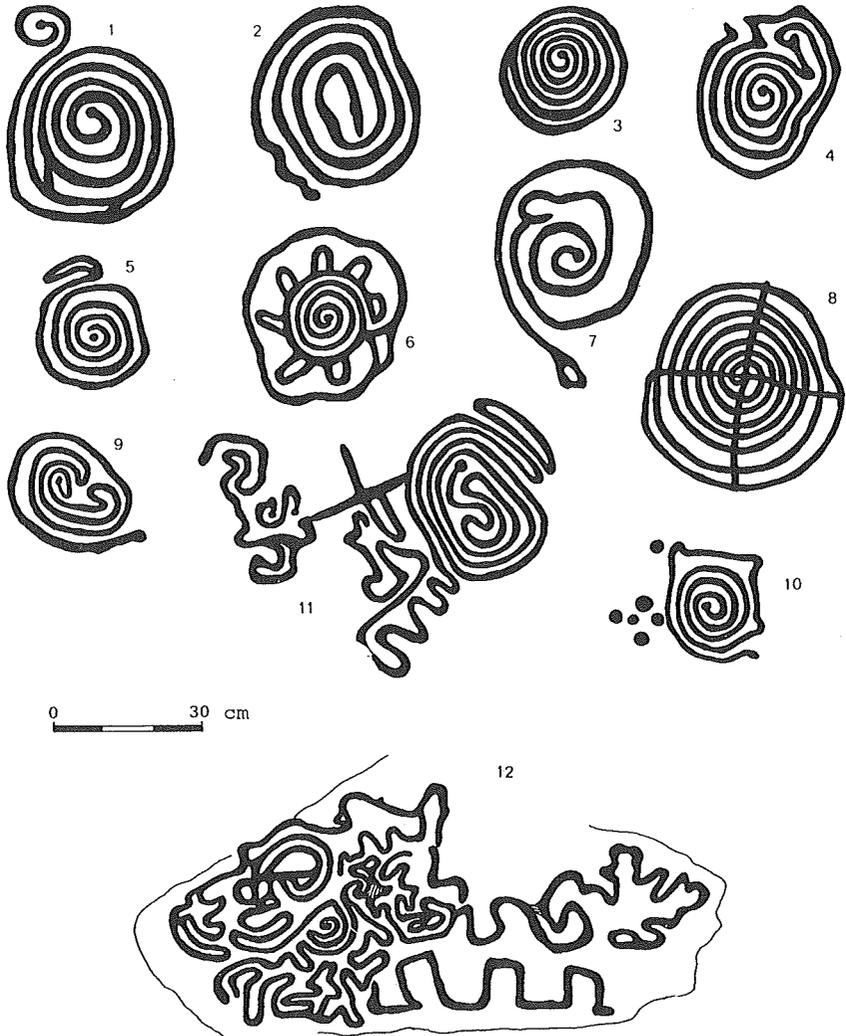


FIG. 5. - Spirales et serpentiformes.

1-2-4-6-7. Arcelle Neuve. - 2. Les Sarrasins. - 5. Le Bas du Vallonnet. - 8. Plan de l'Ouille. - 9. Pisselerand. - 10. Plan Vert. - 11-12. Plan des Glières.



FIG. 6. - Serpentiformes et méandriques.

1. La Loza. - 2. Le Bas du Vallonet. - 3. Plan Vert. - 4. Plan des Glières.

tive des serpentiformes aboutit dans certains cas à des tracés de composition circulaire de petites dimensions (fig. 6-2) ou de dimensions très importantes avec enchevêtrement de deux serpentiformes commençant chacun par une cupule, comme c'est le cas à La Loza (fig. 6-1).

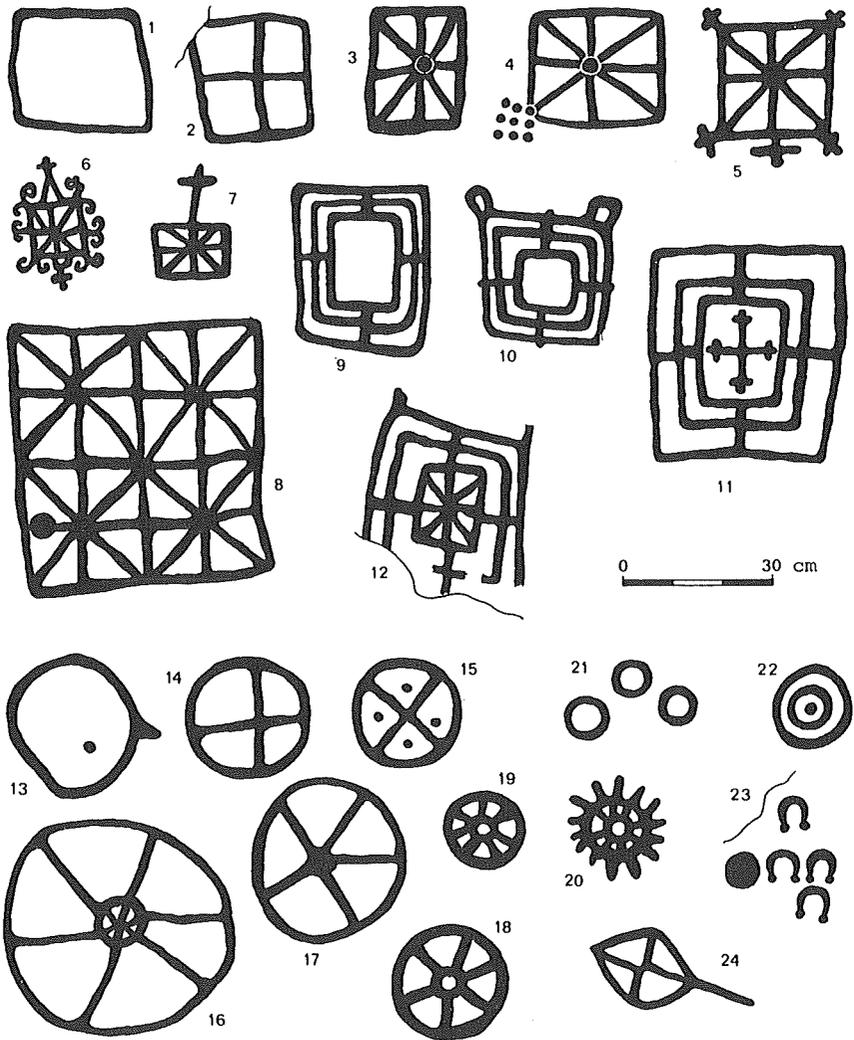


FIG. 7. - Figurations rectangulaires et circulaires.

1-21. Plan des Glières. - 2. Les Sarrasins. - 3-10-18. Arcelle Neuve. - 4-7. La Berche. - 5-17. La Balme. - 6-23. Trou du Chaudron. - 8-12-19. Lac de l'Arcelle Neuve. - 9-22. Les Prés de l'Ane. - 11. Côte du Glacier. - 13-14-15-16-20-24. Plan Cardinal.

Les méandriformes présentent pour leur part une imbrication de courbes sans intention apparente de composition si ce n'est celle de couvrir la plus petite surface possible avec le plus grand nombre de traits (fig. 6-3 et 6-4).

5. Figurations rectangulaires

Essentiellement basées sur le carré avec ses médianes et ses diagonales, les figurations rectangulaires relèvent du classicisme le plus absolu, car elles sont présentes dans la plupart des régions d'art rupestre. Le carré simple ou complété de ses médianes est assez rare, ce qui pourrait peut-être laisser supposer une exécution inachevée de la marelle (fig. 7-3) qui se présente soit pure, soit munie de compléments tels que des cupules (fig. 7-4) ou des croix (fig. 7-5 à 7-7). Dans plusieurs cas des croix latines ont manifestement été exécutées postérieurement au tracé principal. Assez courante la figure des quatre marelles accolées (fig. 7-8) est associée dans plusieurs sites à la triple-enceinte. Cette dernière figuration, trois carrés concentriques avec médianes s'arrêtant au carré intérieur, se trouve également soit pure (fig. 7-9), soit avec compléments extérieurs ou intérieurs dans le carré central (fig. 7-10 à 7-12).

6. Figurations circulaires

Très abondantes aussi dans toutes les régions d'art rupestre, les figurations circulaires sont généralement considérées comme des symboles solaires. Le cercle simple (fig. 7-13) est rare, de même que les petits cercles groupés (fig. 7-21) ou les cercles concentriques (fig. 7-22). La forme la plus courante est le cercle à quatre rayons (fig. 7-14) dont les quadrants ainsi formés sont parfois décorés d'une cupule (fig. 7-15). De ce tracé de base découlent les différentes rouelles à 5, 6, 7, 8 ou 10 rayons partant d'un centre ponctuel ou d'un cercle de petit diamètre (fig. 7-16 à 7-19). On trouve également quelques rouelles avec pourtour orné de traits rayonnants les transformant en « soleil » (fig. 7-20). Il faut enfin signaler deux autres formes subcirculaires de gravure, qui sont le losange à contour curviligne avec une des diagonales prolongée d'un seul côté (fig. 7-24) et les figurations en fer à cheval avec cupules terminales (fig. 7-23).

7. Signes en phi, croix et autels

Les signes en phi proprement dits, composés d'un cercle et d'un trait vertical le recoupant, sont très rares (fig. 8-4). La forme la plus courante est celle en « arbalète » (fig. 8-1) dont la tête peut prendre toutes les formes entre le demi-cercle et le triangle équilatéral. De dimensions extrêmement différentes, ces gravures en arbalète présentent des variantes de tracé dans la barre verticale qui ne rejoint pas toujours la partie supérieure du cercle (fig. 8-3) ou qui se termine parfois à sa partie inférieure par deux branches (fig. 8-2), un triangle (fig. 8-5) ou une cupule (fig. 8-9). Certaines possèdent même des ornements (fig. 8-6 et 8-7).

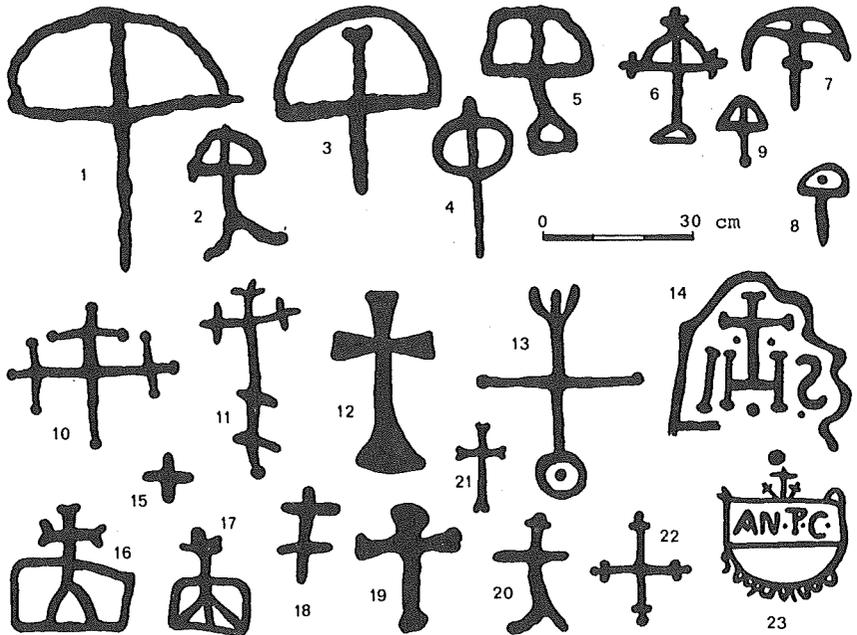


FIG. 8. - Signes en phi, croix et autels.

1-5-21. Le Mas. - 2-20. La Margerie. - 3. La Loza. - 4-8-10. Pisselerand. - 6-23. La Balme. - 7-14-16-17. La Berche. - 9-15. Arcelle Neuve. - 11-18-19. Le Bas du Vallonnet. - 12-13. Col du Mont Cenis. - 22. Pré Clos.

Les différents types de croix présentes dans tous les sites, et plus particulièrement dans ceux fréquentés aux XVII^e et XVIII^e siècles, sont reproduites à la figure 8. Elles se différencient par leurs formes qui vont de la croix à branches égales (fig. 8-15) ou à double recouplement (fig. 8-18) tracées en traits simples, à la croix potencée boulée ou non (fig. 8-10 et 8-11) ou la croix tréflée (fig. 8-22). Cette dernière, ainsi que la croix malhabilement tracée, à renflements indéfinis, (fig. 8-19) constituent la majeure partie de ce genre de gravures. Trouvées à un petit nombre d'exemplaires, nous signalerons les croix composites à socle rectangulaire (fig. 8-16 et 8-17), ainsi que celles en association avec des gravures à caractère héraldique (fig. 8-12 et 8-13).

Les autels, figures que nous avons baptisées ainsi car composées d'un cartouche avec des initiales ou les lettres IHS surmontées d'une croix (fig. 8-14 et 8-23), sont très nombreux et peuvent utilement servir d'éléments de datation absolue s'ils comportent une date ou de datation relative s'ils sont d'un style caractéristique qui se retrouve dans les gravures schématiques.

8. Figurations humaines

Localisées dans un seul site, ces figurations humaines de grande taille, 1,20 m à 1,50 m de long, sont accompagnées de gravures schématiques comportant essentiellement des marelles, des rouelles et de multiples initiales. La série commence au-dessus des chalets de l'Arcelle Neuve pour se terminer à la base des éboulis issus du Signal du Grand Mont Cenis. Sept dalles comportent de telles gravures. La figure 9 représente celle qui a été signalée par F. BOURDIER en 1952. L'intérêt de cette composition réside dans la présence d'une silhouette sexée, à bras terminés par des mains à trois doigts, figuration se retrouvant couramment, avec des dimensions plus petites, parmi les gravures des grès stampiens du Bassin Parisien.

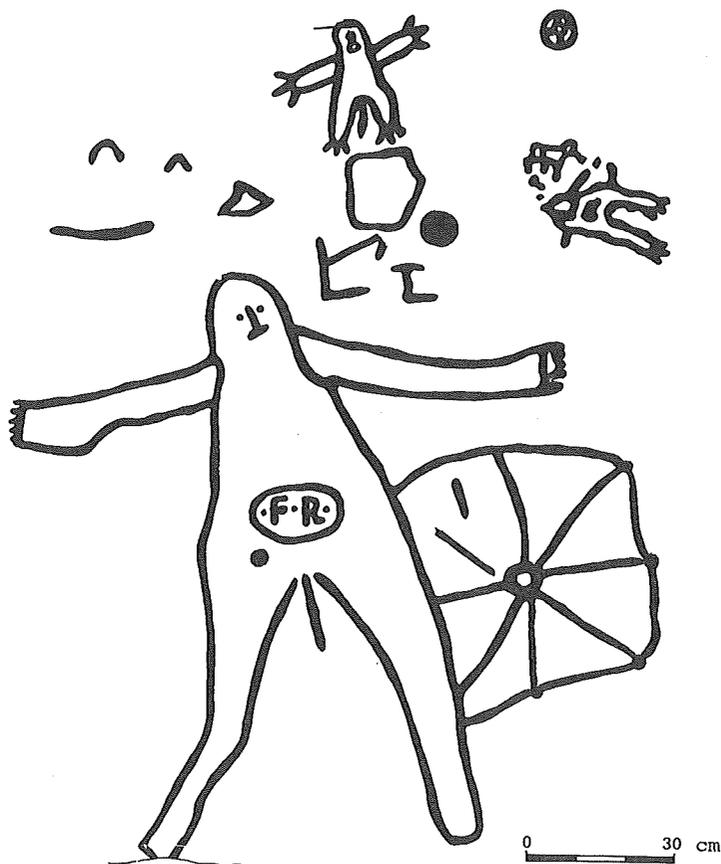


FIG. 9. - Figuration humaine du Plan Cardinal.

C) LES GRAVURES DES PIERRES HISTORIÉES

Les pierres historiées comportent des gravures relatant des faits historiques avec, comme intention finale, celle de porter un témoignage d'événements vécus par ceux qui les ont tracées. Une autre série de ces gravures est celle représentant des armoiries ou des symboles relevant de l'héraldique. Ces pierres historiées se trouvent dans deux zones bien caractérisées : le vallon de la Rocheure et le col du Mont Cenis, avec rares débordements sur d'autres sites. Ces zones comportent cependant des gravures schématiques dont l'association avec les gravures de ces pierres historiées peut être un élément de datation important.

1. Scènes de bataille et armes

Un examen de toutes les gravures de ce genre, trouvées presque exclusivement dans le vallon de la Rocheure, tend à prouver qu'elles ont été



FIG. 10. - Grande dalle du Vallonet.

inspirées par un même évènement historique. La relation de cet évènement commence par la grande scène de combat du Vallonnet (fig. 10) d'environ 5 mètres de longueur. Armures, cottes de mailles, chevaux caparaçonnés et armes blanches y sont parfaitement dessinés et l'ensemble paraît avoir été gravé de la même main, avec une bonne maîtrise de la perspective dans la composition et une facture pleine de réalisme dans le mouvement des chevaux et des personnages. Les deux tours, d'architecture lombarde, symbolisant chacun des deux camps, sont à l'origine d'un thème de décoration qui se trouve sur plusieurs autres rochers; isolées ou par paires, parfois représentées tête-bêche, elles sont souvent accompagnées de cavaliers et de guerriers (fig. 11-4).

En liaison avec cette bataille se trouvent également des scènes d'exode, personnage portant un sac sur l'épaule (fig. 11-1), bétail conduit en lieu sûr (fig. 11-2) et une scène de mise à sac dont est extrait le cavalier brandissant une torche enflammée (fig. 11-3), auquel s'oppose symboliquement une épée. D'autres rochers montrent des guerriers armés d'une lance, dans l'attitude de la sentinelle (fig. 11-5).

Les figurations d'armes, non tenues par des personnages, font partie intégrante de certaines scènes, ou se trouvent isolément sur des rochers épars. Elles sont également de grande taille (fig. 11-6 à 11-10), sans que l'on puisse dire si elles ont été tracées à leur grandeur réelle.

D'époque vraisemblablement moyenâgeuse, comme tendrait à le prouver la seule présence d'armes blanches, ces gravures suggèrent une utilisation du vallon de la Rocheure comme zone-refuge, au cours de périodes troublées que l'on n'a pu, jusqu'à présent, relier à un épisode précis de l'histoire de la Savoie.

2. Gravures à caractère héraldique

A part l'aigle de Maurienne (fig. 12-5) et le « nœud de Savoie » (fig. 12-6) trouvés en plusieurs exemplaires, ces gravures sont assez rares et situées dans la vallée (fig. 12-1) ou sur l'ancien chemin menant du col du Mont-Cenis à l'Hospice aujourd'hui détruit (fig. 12-2 à 12-4). Une gravure de vase (fig. 12-7) est associée au grand écusson dans ce même site.

D) LES INITIALES ET LES GRAVURES UTILITAIRES

Bien que ne semblant pas devoir offrir un quelconque intérêt archéologique, au sens donné généralement à ce mot, l'étude des initiales, noms et dates que l'on trouve dans la plupart des sites débouche cependant sur trois facteurs intéressants pour l'étude des autres gravures :

- celui de la datation, car ces noms sont tracés en grande majorité dans des cartouches, dont les divers ornements donnent des exemples de styles et de factures que l'on retrouve dans certaines gravures schématiques. La présence d'une date dans ces cartouches permet alors de constituer des classes chronologiques de styles;



FIG. 11. - Scènes guerrières et armes.

1-2. Le Vallonnet. - 3-4-5-7-9. Le Bas du Vallonnet. - 6-10. Trou du Chaudron. - 8. Pisselerand.

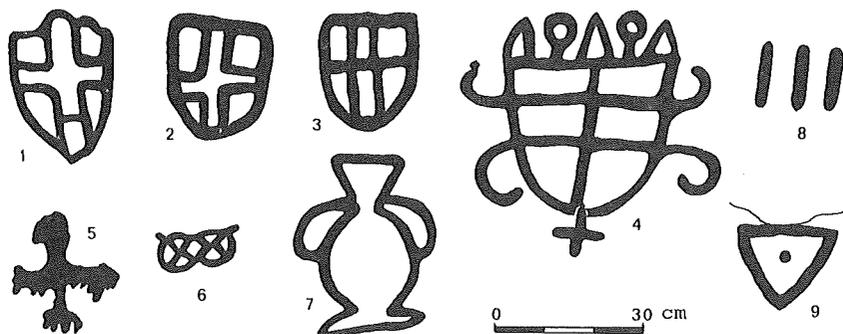


FIG. 12. — Gravures à caractère héraldique et gravures utilitaires.

1. Les Sarrasins. — 2-3-4-7. Col du Mont-Cenis. — 5. Le Bas du Vallonnet. — 6-8. Le Mas. — 9. La Loza.

- celui d'une meilleure compréhension de la vie en Haute-Maurienne au cours des trois ou quatre derniers siècles : mêmes groupes familiaux, mêmes patronymes, évolution de la fréquentation des alpages des deux versants de la vallée pendant cette période ;
- celui d'une meilleure compréhension, également, de certains concepts relatifs à ce genre de gravures comme, par exemple, celui constaté lors de la découverte de ce que nous avons appelé les « pierres votives » : il s'agit de petits blocs plats gravés chacun d'initiales et d'une croix latine, dont l'ancienneté ne doit certainement pas dépasser deux ou trois siècles, mais disposés, face contre terre, autour d'une grande pierre à cupules bien connue.

Il faut enfin signaler les gravures utilitaires qui sont de deux sortes dans la région : les traits isolés ou groupés parallèlement par deux ou trois, appelés « onches », qui marquent les limites cadastrales de parcelles dans la commune de Lanslevillard (fig. 12-8), et les classiques triangles géodésiques avec point central (fig. 12-9) présents un peu partout à la suite de nombreux travaux de captage des eaux effectués par l'Electricité de France dans ce massif montagneux.

N'ont été prises en compte dans ce corpus des gravures que celles tracées sur des rochers. Il en existe d'autres, souvent identiques, effectuées sur des pierres d'églises ou de chapelles dont la date d'édification est parfaitement connue. Ces gravures pourront donc également servir d'élément de datation.

CONCLUSION

Ce rapport ne constitue que la première partie de l'étude des gravures rupestres de Haute-Maurienne, celle concernant la répartition des sites et le corpus des gravures. La seconde partie aura pour objet l'étude de la répartition des gravures dans les différents sites et une analyse statistique pouvant éventuellement conduire à la datation et à la signification de ces gravures.

Nous concluons donc provisoirement par un examen comparatif de l'art rupestre de cette zone des Alpes de Savoie avec celui d'autres régions. Le faciès le plus caractéristique de l'ensemble des gravures et celui qui forme donc son originalité est constitué par les nombreuses pierres à cupules et à bassins, les empreintes pédiformes en quantité importante et les figurations abondantes de spirales et de serpentiformes aux formes exubérantes. L'aspect classique d'un art géométrique rigide ayant le carré pour base, comme la marelle ou la triple-enceinte, l'apparente plutôt aux ensembles de gravures d'inspiration plus septentrionale, que l'on retrouve d'ailleurs dans d'autres parties de l'arc alpin, mais surtout dans l'art rupestre des grès stampiens et auversiens du Bassin Parisien.

BIBLIOGRAPHIE

Cette bibliographie, non exhaustive, comprend les publications essentielles concernant les gravures rupestres de la vallée de la Maurienne en général, mais plus particulièrement celles de la Haute-Maurienne.

- AYROLES (P.) et PORTE (J.L.) 1972. - Nouvel abri à peintures de l'âge des Métaux, le Trou de la Féclaz. *Bull. Soc. Préh. de l'Ardèche, Etudes Préhistoriques*, n° 3, 12-19.
- BELLET (J.) 1940. - Notes sur la préhistoire de Lanslevillard. *Bull. S.H.A.M.*, 2^e série, IX, 1^{re} partie, 52-69.
- BELLET (J.) 1945. - Le dolmen du Thyl et roches à cupules. *Bull. S.H.A.M.*, 2^e série, X, 1^{re} partie, 170-174.
- BELLET (J.) 1963. - Répertoire de la Préhistoire et de la Protohistoire de la vallée de la Maurienne. *Rhodania*, fasc. 2, 1-35.
- BELLET (J.) 1964. - Préhistoire et Protohistoire de la vallée de la Maurienne et leurs relations avec les vallées voisines. *Actes Congrès Soc. Sav. de Savoie*, Moûtiers, 12-24.
- BELLET (J.) et PRIEUR (J.) 1968. - Le mégalithique de Maurienne. *Actes Congrès Soc. Sav. de Savoie*, St-Jean-de-Maurienne. S.H.A.M., 91-93.

- BLANCHARD (J.), CUNISSET (P.) et GONNET (G.) 1952. — Roches gravées en Haute-Maurienne (prise de date). *Bull. Soc. Préh. Franç.*, **XLIX**, 111-112.
- BOURDIER (F.) 1952. — Haute-Maurienne : gravures rupestres de l'Arcelle Neuve. *Gallia*, **10**, 83-84.
- NELH (G.) 1975. — Les gravures rupestres de Lanslevillard (Savoie). *Bull. Et. Préh. Alpines*, Aoste, **VII**, 63-86.
- NELH (G.) 1976. — Peintures rupestres de Haute-Maurienne. *Bull. Inf. G.E.R.S.A.R.*, n° 3, 71-76.
- NELH (G.) 1977. — Spirales et serpentiformes de Haute-Maurienne. *Bull. Inf. G.E.R.S.A.R.*, n° 6, 67-72.
- NELH (G.) 1978. — Les gravures rupestres du lac de l'Arcelle Neuve. *Bull. Inf. G.E.R.S.A.R.*, n° 9, 99-104.
- PRIEUR (J.) 1956. — La Maurienne à l'époque préhistorique et gallo-romaine : état des questions. *Bull. S.H.A.M.*, 2^e série, **XII**, 17-23.
- PRIEUR (J.) 1968. — La province romaine des Alpes Cottiennes. Gauthier, Villeurbanne, 29-36.
- PRIEUR (J.) 1971. — Rochers à cupules et gravures rupestres de la Maurienne. *Bull. Et. Préh. Alpines*, Aoste, **III**, 141-152.
- SCHAUDEL (L.) 1902. — Les pierres à cupules et bassins de Savoie. *Bull. Soc. Hist. et Arch.*, **XLIII**, 43-64.
- SCHAUDEL (L.) 1903. — Les pierres à cupules et à bassins de la Savoie. *Bull. Soc. Sav. Hist. et Arch.*, **14**, 43-64.
- SCHAUDEL (L.) 1904a. — Pierres à cupules de Savoie. *C.R. Congrès A.F.A.S.*, Chambéry, **I**, 282; **II**, 1127.
- SCHAUDEL (L.) 1904b. — Les pierres à sculptures préhistoriques de Savoie. *Bull. Soc. Hist. Nat. de Savoie*.
- SCHAUDEL (L.) 1904c. — Les pierres à sculptures préhistoriques de Savoie. *Bull. Soc. Préh. Franç.*, 246-252, 272-278.
- SCHAUDEL (L.) 1905a. — Les sculptures préhistoriques de Savoie. *C.R. Congrès Préh. France*, Périgueux.
- SCHAUDEL (L.) 1905b. — Les roches à cupules et gravures préhistoriques de Savoie. *C.R. Congrès Soc. Sav. de Savoie*, Aix-les-Bains.
- SCHAUDEL (L.) 1907. — Contribution à l'étude des lieux de culte préhistoriques dans les Alpes de Savoie. *C.R. Congrès Préh. France*, Autun, 423-437.
- SCHAUDEL (L.) 1908. — Les blocs à gravures de Savoie. *La Savoie littéraire et scientifique*, Chambéry, 97-113.
- SCHAUDEL (L.) 1909. — Les blocs à gravures de Savoie. *C.R. Congrès Préh. France*, 4^e session, Chambéry, 56 et 425-433.
- SCHAUDEL (L.) 1912. — L'origine et la signification des pierres à cupules, écuellés et bassins. *Congrès Int. d'Anthrop. et d'Arch. Préh.*, C.R. XIV^e session, Genève, 263-277.
- TRUCHET (F.) 1879. — Pierres à godets de Montdenis. *C.R. Congrès Soc. Sav. de Savoie*, St-Jean-de-Maurienne.
- TRUCHET (F.) 1880. — Pierres à écuellés et polissoir de Comborcière. *C.R. Congrès Soc. Sav. de Savoie*, Chambéry.
- VUARNET (E.) 1909. — Les pierres à sculptures préhistoriques de Savoie. *C.R. Congrès Préh. France*, 4^e session, Chambéry, 434-438.

LES ENSEIGNEMENTS GÉOLOGIQUES DES ROCHERS DE LA LOZE À PRALOGNAN (MASSIF DE LA VANOISE, SAVOIE)

par François ELLENBERGER (1)
et Jean-François RAOULT (2)

Introduction	38
I. - Analyse stratigraphique	42
II. - Analyse tectonique et microtectonique	45
III. - Récapitulation de l'histoire microtectonique et tectonique	61
IV. - Les inscriptions des Rochers de la Loze	62
V. - Épilogue	63

Résumé. - Situés au cœur de la station de Pralognan, les roches moutonnées dites de la Loze (ou Louza) forment un remarquable musée géologique naturel, qui fait ici pour la première fois l'objet d'une étude détaillée. Au point de vue stratigraphique, le fait marquant est l'existence, presque unique jusqu'ici en Vanoise, d'une double série de marbres chloriteux, les uns à microfaune néocrétacée, les autres débutant par un hard-ground à microfaune du Paléocène supérieur. - Les faits structuraux complexes ne sont pas moins intéressants, et fournissent une histoire microtectonique locale, la plus complète du genre à ce jour pour la région. Six phases de déformation ont pu être distinguées; les trois premières sont « pénétratives » (genèse de trois foliations schisteuses successives), les trois suivantes sont rupturales. Il y a eu de plus torsion interne et basculement. - On discute enfin du taux séculaire de dissolution par les intempéries, enregistré par les noms gravés sur le rocher.

La présente monographie pourra aussi servir d'initiation à la géologie alpine pour des non-spécialistes en séjour à Pralognan.

Mots clés : *Alpes - Vanoise - Stratigraphie - Marbre - Crétacé - Paléocène - Hard-ground - Microtectonique - Schistosité.*

(1) Professeur au Laboratoire de Géologie structurale, Université Paris-Sud-Orsay, 91405 Orsay.

(2) Maître-assistant au Laboratoire de Géologie structurale, Université Paris VI, 4 place Jussieu, 75230 Paris Cedex 05.

Summary. - GEOLOGICAL INFORMATIONS FROM THE « ROCHERS DE LA LOZE » IN PRALOGNAN (VANOISE MASSIF, SAVOY).

Outcropping in the center of Pralognan mountain resort, the glaciated Rochers de la Loze are indeed an outstanding outdoor natural geological museum, whose first thorough description is given herein. An unusual stratigraphical sequence of late Cretaceous chloritic marble (with *Globotruncana* remnants) is overlain by a second unit of similar marble beginning with a late Paleocene pelagic hard-ground (yielding good Foraminifera). - The small-scale tectonic structures show some striking features which enable the reconstitution of a complex and complete local mechanical history: three penetrative phases are first deduced, each of which is characterised by a specific phyllitic foliation. The deformation and rotation of the latest (S_3) together with the coexistent lineation (L_3) are indicative of later global torsions. Three non-penetrative, ruptural phases are enumerated, the first of which induces conjugate shear-planes with fine échelon calcitic sigmoidal veins. - The presence of carved names enables a rough estimation of the rate of weathering.

It is expected that the present monograph will interest both alpine geologists and laymen of goodwill visiting the Vanoise National Park.

Key words: *Alps - Vanoise - Stratigraphy - Marble - Cretaceous - Paleocene - Hard-ground - Petrofabric - Schistosity.*

INTRODUCTION

Quiconque prend intérêt à la Géologie et vient à cette fin visiter les grandioses architectures alpines du massif de Vanoise est confronté d'emblée à plusieurs difficultés. L'une d'elles est l'extrême complexité des structures, ou de l'architecture interne des montagnes. L'agencement géométrique actuel des masses minérales qui les composent - à l'origine, disposées en couches sédimentaires horizontales - résulte en effet de plusieurs événements tectoniques successifs dont les effets se sont cumulés; à chaque fois l'ordre primitif a été un peu plus bouleversé. Aussi, l'impression ressentie est celle d'un immense et décourageant chaos. Comme, de plus, les sédiments jadis déposés, au cours des âges, dans les mers d'autrefois, ont recristallisé durant l'orogénèse alpine, la Vanoise a longtemps défié les efforts des géologues ayant essayé d'en comprendre la constitution et l'histoire.

Il existe heureusement quelques coupes privilégiées où l'on perçoit encore dans leur ordre de dépôt la suite naturelle des couches lentement sédimentées au cours du temps. On déchiffre là comme l'alphabet des strates (3), et dès lors on est armé pour analyser le reste, par le fait d'y retrouver des fragments

(3) Selon une comparaison qui remonte au naturaliste anglais WHITEHURST (1786).

caractéristiques de la séquence-clef. Précisons toutefois qu'en aucun lieu il n'est possible d'observer d'un seul tenant la série stratigraphique complète de Vanoise, du Primaire au Tertiaire, par suite d'une désolidarisation générale de tout le haut de ladite série : cette « série calcaire » (Trias moyen-Eocène) s'est décollée de la « série siliceuse » sous-jacente (Primaire-Trias inférieur) et plissée à part.

Or, les quelques coupes pédagogiques dans la « série calcaire » (qui est la plus intéressante) sont rarement accessibles sans marches longues et pénibles (ainsi la belle série du Roc de la Pêche). Il importe donc de signaler et de mettre en valeur les quelques bons affleurements aisément accessibles à tous aux abords des routes et des stations. L'objet de la présente note est d'étudier en détail l'un de ces musées naturels de plein air, on ne peut mieux situé, puisqu'il est au cœur même du village de Pralognan. Il s'agit des coupes rocheuses, dites rochers de la Loze (ou mieux Louza), proches de l'église, avec au NE la Grande Louza, au SE la Petite Louza surbaissée (voir fig. 1 et 6).

Ces dômes rocheux, contrefort du Mont Bochor, émergent tout juste de l'épaisse nappe de cailloutis sableux fluvio-glaciaires et morainiques qui forme la plaine de Pralognan. Ils ont été façonnés par le frottement des glaces à l'époque où le glacier de la Grande Casse descendait au-delà de Pralognan (processus encore en cours il y a moins de 15 000 ans), d'où l'acquisition d'un modelé typique de roches moutonnées. Comme toujours en pareil cas, les faces amont sont arrondies en pentes douces convexes, et les faces aval montrent des abrupts d'arrachement (paroi d'escalade de la Grande Loze). Le fin détail du façonnement glaciaire avec les stries caractéristiques (indiquant la direction de fluage de la glace armée de cailloux durs) n'est visible que là où la roche était encore protégée des intempéries jusqu'à une date récente (fig. 1). Les stries relevées témoignent d'un mouvement du glacier vers le NW, variant selon les points du 322° au 350° (4), car la glace fluait quelque peu autour des convexités du fond rocheux.

Là où la roche est restée exposée après le départ des glaces, la dissolution a fait son œuvre sur ce matériel calcaire. Elle peut être légère (Petite Loze) en mettant finement en relief les impuretés du calcaire, dont la nature et la disposition sont riches d'informations pour le géologue. Elle peut être plus importante (déclivité SE de la Grande Loze) et elle se manifeste par des rainures et cavités de dissolution (lapiaz). Le tout donne quelque idée de la vitesse séculaire de dissolution. Pour le dernier siècle écoulé, l'examen des inscriptions gravées permet de préciser cette estimation. Fort variable d'un site à l'autre, on peut l'évaluer à un ou deux millimètres par siècle en moyenne.

Les deux rochers ont été exploités de façon artisanale (absence de trous de mines) depuis plusieurs siècles (patine de dissolution) pour les pierres de constructions et les lauzes (dalles pour escaliers et toitures). Les différentes

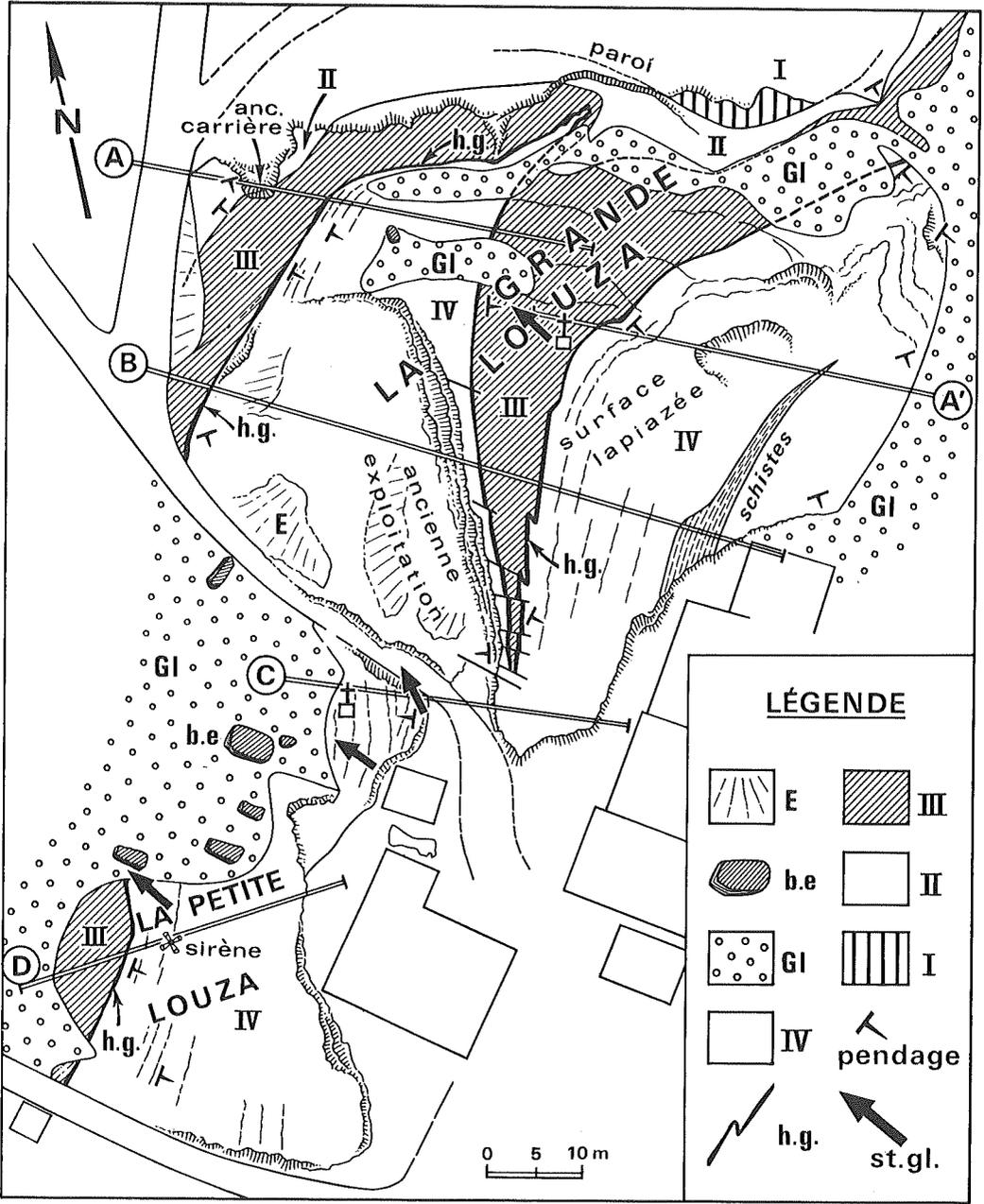
(4) Dans ce qui suit, « au 350° » signifie : direction (azimut) de la graduation 350°, dans le sens horaire, sur une boussole orientée par rapport au Nord géographique (360°). — « 35° au 350° » signifie : inclinaison (pendage d'une surface ou plongement d'un axe) de 35° en direction du 350°.

petites exploitations (fig. 1) ont l'avantage de mettre en évidence dans les trois dimensions maints détails de structures dont les polis glaciaires offrent en complément de belles coupes obliques.

Signalons également l'existence de plusieurs *blocs erratiques* de faible ou moyenne dimensions (fig. 1, b.e., fig. 6 et 7), posés non pas directement sur les surfaces moutonnées, mais sur une certaine épaisseur de moraine (G1). Tous sont formés d'un même matériel, à savoir un marbre saccharoïde blanc, semblable à maints affleurements du Jurassique supérieur (Malm) du chaînon du Bochor. Ces blocs aux angles vifs peuvent représenter les restes d'une chute de pierres sur le glacier en retrait qui, en fondant, les aurait abandonnés au hasard.

FIG. 1. — Carte géologique

- E : éboulis superficiels.
 b.e. : blocs erratiques, souvent de plusieurs mètres cubes, aux angles vifs, abandonnés au hasard par les dernières langues glaciaires. Les blocs sont essentiellement des marbres blancs du Jurassique supérieur.
 G1 : formations morainiques.
- La série stratigraphique proprement dite comporte de haut en bas :
- IV : Marbres chloriteux, ex-calcschistes planctoniques, d'un Paléocène élevé au Cuiso-Lutétien probablement, donnant des dalles de teinte verte, dont le tissu calcitique est cloisonné par un système complexe de feuillettes fins et de trabécules de minéraux métamorphiques : chlorites abondantes, micas blancs (phengites plus ou moins paragonitiques), quartz et albites en petits grains, etc.
 L'intercalation plus schisteuse visible au SE annonce les faciès du sommet de ces marbres, qui sont normalement surmontés par les « Schistes de Pralognan », non visibles ici (voir Rocher de la Fraîche).
 La base de ces marbres IV montre des teintes violacées au voisinage du niveau suivant.
- h.g. : hard-ground : niveau de 1 à 3 cm, violet sombre à vert noirâtre, riche en oxydes de fer et manganèse, et en phosphates; sa surface montre de nombreuses chlorites. La microfaune conservée en silhouettes indique un âge probablement paléocène supérieur. (voir détails pl. I,2). Ce niveau est parfaitement collé sur III.
- III : Marbre blanchâtre à ocre clair, à fines veines irrégulières verdâtres. A sa base, passage progressif, avec alternances de faciès, à II. La présence de « fantômes » de *Globotruncana* conduit à en faire du Sénonien.
- II : Marbre vieux rose à rouge clair, d'aspect finement grumeleux, à horizons plus gris, mis en léger relief par l'érosion et soulignant l'ancienne stratification (S_{0-1}). La présence de *Globotruncana* bicarénées (voir pl. I,1) indique le Crétacé supérieur (Turonien, ou plutôt Sénonien).
- I : Marbre massif, blanc, ocre ou jaune clair, à taches rosées dans le contact avec II. Ce niveau est attribué au Malm par comparaison avec d'autres coupes.
- Les pendages indiqués sont ceux de la stratification S_0 .
 - st.gl. : stries glaciaires caractéristiques du sens d'écoulement de la glace.
 - A-A', B, C, D : traces des coupes de la figure 2.



I. - ANALYSE STRATIGRAPHIQUE

A) TYPES LITHOLOGIQUES

En parcourant les rochers, on peut distinguer quatre types de marbres (calcaires métamorphisés) dont les limites d'affleurement sont représentées par des contours sur la carte géologique (fig. 1), à savoir :

- I : marbre blanc à blanc jaunâtre, massif;
- II : marbre vieux rose, finement micacé, à pigment d'hématite (Fe_2O_3);
- III : marbre blanchâtre massif, à veines irrégulières vert pâle;
- IV : marbre verdâtre fissile, violacé vers la base, dit marbre chloriteux (faciès caractéristique dont c'est ici la localité type), où le métamorphisme a développé divers minéraux : mica blanc, chlorite, quartz, albite, tourmaline, etc., mis en relief par la dissolution;
- *h.g.* : entre les niveaux III et IV existe un *hard-ground* sous forme d'un horizon très mince (1 à 3 cm), violet sombre à vert noirâtre car riche en oxydes de fer (hématite) et de manganèse, chlorite, phosphates, etc. Son tracé (*h.g.* sur la fig. 1) est assez complexe mais aide à déchiffrer la structure de notre bâti local (voir le croquis fig. 7, les coupes fig. 2, et la fig. 3 pour la position des plans axiaux).

Cette structure se ramène à :

- un anticlinal dont le cœur sous la croix de la Grande Loze est formé par les marbres blancs veinés de vert (III);
- un synclinal, immédiatement à l'Ouest, à cœur de marbre chloriteux (IV).

Le *hard-ground* souligne, au Nord de la Grande Loze, la terminaison périclinale couchée, aiguë, secondairement replissée (sommet du rocher d'escalade) et au Sud (entre les coupes B et C), la terminaison périanticlinale (dénivelée par de petites failles). - Le double pli est déversé vers le NW ou WNW, avec un assez fort plongement axial au SSW.

On note au sein du marbre chloriteux IV des lits de schiste violacé ou vert clair (dont une lentille est figurée sur la fig. 1), qui matérialisent le litage sédimentaire initial (S_0).

B) ÂGE DES COUCHES

Les niveaux I à IV sont solidaires les uns des autres et constituent ainsi une série stratigraphique claire (encore que partielle), ce qui n'est pas si fréquent dans ces montagnes où des contacts mécaniques (contacts anormaux) très nombreux rendent très souvent suspecte la liaison entre telle ou telle couche.

Ici la succession est assurée; il nous reste à dater chaque couche, ou au moins certaines d'entre elles, et à établir la polarité stratigraphique réelle, sachant que dans la Vanoise, beaucoup de coupes montrent des séries renversées. Une distinction s'impose cependant: l'aspect actuel de chaque type de roche est dû, d'une part, au faciès originel du dépôt, et d'autre part, aux transformations physiques et parfois chimiques subies lors du métamorphisme alpin, ici probablement il y a 37 à 40 millions d'années (fin de l'Eocène). À ce métamorphisme sont liées la recristallisation générale de la calcite (d'où l'aspect de marbre), les diverses néoformations minérales, leur disposition selon des surfaces (foliations) de schistosité obliques au litage sédimentaire premier. L'aspect originel des calcaires stratifiés, probablement sub-crayeux, à minces interlits argileux et marneux (dans II et IV en particulier) a donc été profondément modifié. Les fossiles et microfossiles (notamment Foraminifères), dont les tests et sections permettent ailleurs d'établir l'âge des sédiments, auront *ipso facto* été anéantis, comme il est de règle dans les zones internes et profondes des chaînes de montagnes.

Néanmoins, des recherches attentives nous ont permis de retrouver dans les rochers de la Loze quelques restes reconnaissables de ces microfossiles (uniquement visibles au microscope) (5) (voir pl. I et II). Outre l'intérêt pédagogique d'un site daté paléontologiquement (cas encore rare en Vanoise) et de plus accessible à tous, ces trouvailles apportent quelques faits scientifiques nouveaux non dénués d'intérêt général.

- Les marbres vieux roses (II) de l'ancienne petite carrière (fig. 1; extrémité W de la coupe A, fig. 2) ont fourni des sections isolées de *Globotruncana gr. linneiana* (pl. I, 1).

- Les marbres blancs veinés de verts du niveau III offrent des fantômes de sections pouvant être rapportés à la même forme ou à d'autres formes, monocarénées.

Ces deux couches sont ainsi datées, par ces Foraminifères pélagiques, du Crétacé supérieur; plus précisément elles peuvent dater, tout ou partie, du Turonien et/ou du Sénonien, soit de 90 à 65 m.a. (millions d'années) environ. C'est l'âge le plus fréquent des marbres chloriteux roses qui ont pu être datés ailleurs en Vanoise.

- Le hard-ground fournit quelques bonnes préparations microscopiques, où les sections de microorganismes se présentent en « négatif » sur un fond opaque. Sa base même montre des débris évoquant des *Globotruncana* crétacées, dont on ne sait si elles sont remaniées ou non. Mais surtout, le hard-ground contient, bien reconnaissable, toute une microfaune d'âge plus récent (voir pl. II et III) comprenant, outre les Foraminifères encroûtants (et des encroûtements algaires stromatolitiques), de belles sections de grosses Globigérines, et des *Globorotalia* à rapporter au genre *Morozovella* (pl. III, 1). Cette dernière

(5) Les premiers Foraminifères crétacés et tertiaires dans les roches métamorphiques de Vanoise ont été décrits par E. RAGUIN en 1930 (Haute-Tarentaise et Haute-Maurienne (Alpes de Savoie). - *Mémoires du Service de la Carte géologique de la France*, 1930, 108 p., 7 pl. - F. ELLENBERGER a étendu ces découvertes à tout le pays de Vanoise en précisant les datations avec l'aide de J. SIGAL (*Étude géologique du pays de Vanoise*. - *Ibid.*, 1958, 561 p., 50 pl.; spécialement p. 311-324).

forme est connue du Paléocène supérieur au Lutétien moyen (entre 60 et 45 m.a. environ). Il est possible que les quelques 3 cm d'épaisseur du hard-ground représentent, sous une forme très condensée, les dépôts de toute cette tranche de temps. Cela par comparaison avec des croûtes de même nature, connues actuellement sur certaines plates-formes continentales et certains fonds océaniques, et dont le taux d'accroissement par siècle est infime.

— Les autres niveaux n'ont pas livré de microfaune et leurs âges ne peuvent être établis, approximativement, que par comparaison avec des couches de même aspect et situation, datées en d'autres points de la Vanoise et du Briançonnais, ce qui nous conduit à proposer la succession suivante :

- I : marbre du Jurassique supérieur (Malm; 160 à 140 m.a.);
- II et III : Crétacé supérieur (Turonien et Sénonien); hard-ground : Paléocène supérieur (et Lutétien *pro parte* ?);
- IV : Eocène inférieur et/ou Lutétien (selon l'âge exact attribué au hard-ground).

Si l'on admet ces datations, on doit souligner l'importance des lacunes par non-dépôt, avec l'absence, d'une part, du Crétacé inférieur et du Cénomaniens, et d'autre part, du Crétacé terminal probable et du Paléocène inférieur et moyen.

Notons encore le fait que nous n'avons ici à l'affleurement qu'une petite partie des séries visibles autour de Pralognan. En effet, nous ne voyons dans nos rochers ni les termes les plus récents (les schistes de Pralognan gris sombre), ni les termes plus anciens (Jurassique moyen, Trias moyen et supérieur avec ses puissantes barres dolomitiques).

C) CONCLUSION DE L'ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE

La coupe précitée est d'un type exceptionnel en Vanoise par l'existence affirmée d'une double série de marbres chloriteux, les uns crétacés, les autres tertiaires, *tous deux datés*, cas jusqu'à présent unique. En général, on voit reposer sur le Malm, avec ou sans hard-ground de base, une seule série, rose puis verte, qui selon les coupes (lorsque des microfossiles ont pu être trouvés) est soit d'âge crétacé, soit d'âge paléocène. Par contre, une telle dualité était déjà connue dans le Briançonnais et les Préalpes médianes suisses.

Un autre fait nouveau pour la Vanoise est le rajeunissement plausible de la limite supérieure du faciès des calcschistes pélagiques devenus ici marbres chloriteux, puisqu'elle pourrait comme on l'a vu monter jusque dans l'Eocène moyen (on rappelle que les schistes de Pralognan, le plus récent dépôt de la série de Vanoise, ne sont pas datés).

Enfin, en confirmation formelle et palpable de toutes les données déjà acquises, la coupe des rochers de la Loze démontre l'inexistence de toute phase tectonique, même modeste, d'âge fini-crétacé en Vanoise. La plate-forme briançonnaise devenue pélagique après le Jurassique moyen (ou supérieur, selon les opinions) se contente d'enregistrer l'effet à distance de tels mouvements par une longue lacune de non-dépôt en eau profonde.

II. - ANALYSE TECTONIQUE ET MICROTTECTONIQUE

La structure d'ensemble a été décrite plus haut (voir coupes, fig. 2, et croquis fig. 7). Dans ce qui suit, on fera souvent référence à la position des objets mineurs par rapport aux deux plans axiaux majeurs (fig. 3); dans la Grande Loze, la *Zone Est* sera le flanc normal de l'anticlinal, la *Zone Ouest* groupera le flanc inverse et le flanc normal du synclinal.

La qualité exceptionnelle de l'affleurement et son accès aisé font de ce site un « musée microtectonique » d'un très grand intérêt, qui mérite une analyse poussée. — Par opposition à la tectonique tout court, qui étudie à l'échelle des montagnes les déformations mécaniques issues de l'orogénèse, on sait que la microtectonique examine les structures tectoniques à l'échelle d'un affleurement local, d'un échantillon, et enfin des préparations microscopiques. C'est l'enregistrement en chaque point, et jusque dans le tissu cristallin, de la réponse de la matière aux états successifs des contraintes. D'où des déformations superposées dont le déchiffrement aboutit à une histoire mécanique locale. L'expérience montre qu'assez souvent on retrouve d'un lieu à un autre du bâti une suite similaire de déformations, du moins dans un type donné de roche. Tout en se gardant de généralisations hâtives, on peut poser qu'une histoire microtectonique locale correctement démêlée a valeur d'exemple général, digne de guider ailleurs la suite des recherches. La chose s'explique si l'on considère que même au travers d'un ensemble déjà complexe, il s'établit des champs de contraintes successifs relativement homogènes, dès que la profondeur devient notable (ce qui est le cas ici).

En principe, chaque nouvelle étape dans les contraintes induit donc des déformations spécifiques dont la symétrie sera orientée en tout point parallèlement à elle-même. Mais ce parallélisme sera détruit si des torsions ultérieures interviennent, en petit ou en grand. Nous verrons un exemple d'une telle torsion déviant les structures de la Petite Loze par rapport au gros de l'affleurement, et nous admettrons la grande probabilité d'un basculement global tardif lui-même composite. D'où la signification toute relative des orientations données ci-dessous (6).

(6) Comme il est d'usage constant dans les études microtectoniques, les directions d'éléments linéaires (axes de plis, linéations, etc.) d'abord mesurées en azimut (direction sur la rose des vents graduée de 0° à 360°) et site (inclinaison sous l'horizon) sont figurées chacune par un point sur un canevas qui est la projection stéréographique sur un plan horizontal de l'hémisphère inférieur de l'espace. Les plans sont soit figurés par des grands cercles, soit plus commodément par le point représentatif de la droite normale au plan, dit pôle du plan. Dès que nous disposons d'une famille suffisante de mesures d'éléments homologues, le nuage obtenu de points correspondants prend valeur statistique : selon les cas, on aura un nuage centré aléatoirement autour d'une direction moyenne idéale, ou un nuage de points dispersés par exemple sur un arc de grand cercle, ou de petit cercle, etc. — D'où, dans ce qui suit, les diagrammes circulaires, immédiatement lisibles par les lecteurs spécialistes (fig. 5, B, C).

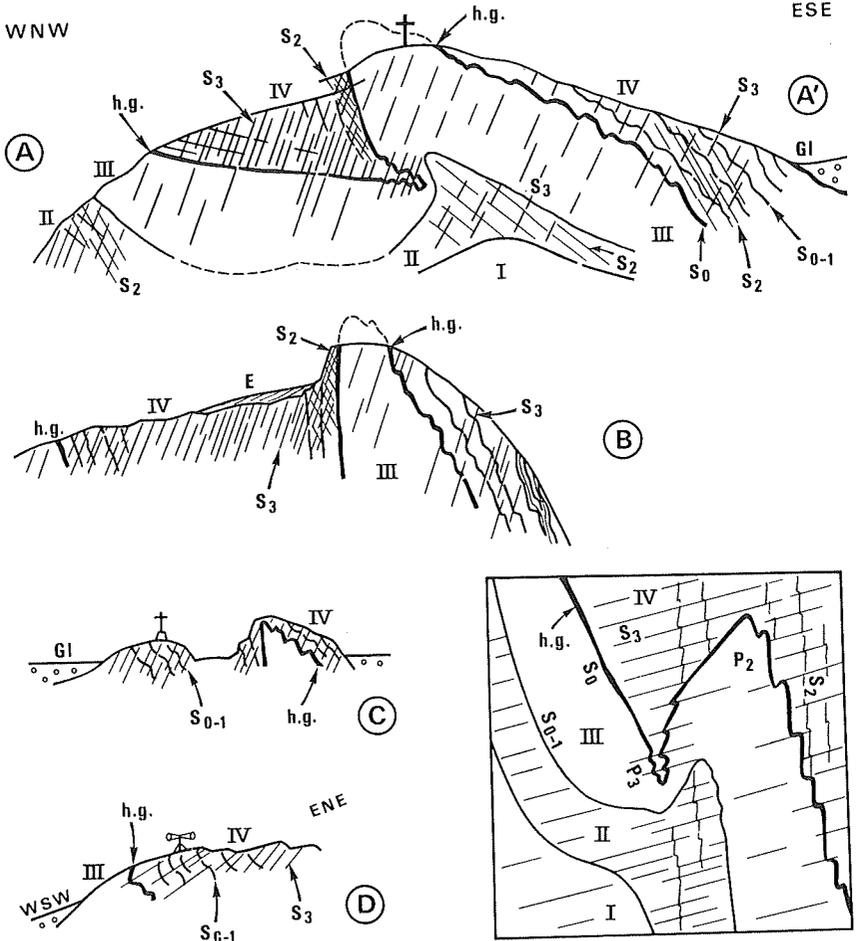


FIG. 2. - Coupes géologiques

Leur position est indiquée sur la figure 1.

On relèvera en particulier les faits suivants :

Sur la coupe A-A' on a d'Ouest en Est un synclinal déversé vers l'W se raccordant à un anticlinal dont la charnière est bien marquée dans les niveaux III, IV et h.g., mais beaucoup moins dans I et II (dysharmonie de plissement). Il s'agit là d'un plissement de phase P₂. Dans le flanc inverse à l'W immédiat de la croix, on note des restes bien visibles de la schistosité S₂, reprise par la schistosité S₃ très développée. Dans le flanc normal E, S₃ est peu développée, et S₂ est très visible dans la base du niveau IV (en réalité ondulée).

- Le schéma, en bas à droite, montre la stratification S₀, souvent confondue avec une première schistosité plate S₁ (d'où la notation S₀₋₁), puis les deux phases successives de plis P₂ et P₃ avec les schistosités S₂ et S₃ qui leur sont liées. On a replacé la structure dans la position qu'elle devait occuper avant les basculements tardifs.

Les éléments structuraux microtectoniques utilisés ici sont indiqués, pour l'essentiel, sur les figures 3 et 4, et sur les diagrammes de la figure 5. Ce sont des éléments qui existent normalement dans toutes les roches métamorphiques :

- a) les uns relèvent d'une anisotropie *planaire* du tissu minéral; ce sont des « surfaces S » surtout définies par la disposition statistiquement parallèle des minéraux phylliteux (ici, mica blanc et chlorite) et leur regroupement en feuillets distincts (*foliation*, issue de la minéralisation d'un *clivage schisteux* né, en principe, perpendiculairement à la plus forte contrainte);

- b) les autres relèvent d'une anisotropie *linéaire*: on voit une *linéation*, qui peut être définie par une orientation préférentielle, comme « fibreuse », au sein du tissu cristallin, par allongement et alignement de certains minéraux (*linéation minérale*); ce peut être aussi un très fin microplissement en fronces ou cannelures des feuillets phylliteux préexistants (*linéation de microplis*, pl. V). L'une et l'autre coïncident en général avec l'intersection géométrique de deux familles de surfaces S lorsqu'elles existent.

L'analyse microtectonique considère de plus à une échelle un peu plus grande (mésoscopique) d'autres éléments, non plus « pénétratifs » comme les précédents, mais rupturés et discontinus: ce seront des familles de cisaillements conjugués (microfailles inverses, ou simples flexures), des fentes répétées baillantes à remplissage de minéraux néoformés, et de simples diaclases sans glissement ni remplissage.

1) ÉTUDE DE LA LINÉATION

Surtout nette dans les formations II et IV, elle se manifeste donc soit comme microplis minuscules, soit par l'orientation des minéraux au sein du marbre, bien mise en évidence alors par la dissolution de la calcite. La figure 4 donne l'orientation de l'un et l'autre type de linéation, mesurée sur le terrain préalablement à toute interprétation (chaque flèche peut regrouper plusieurs mesures identiques).

Le diagramme C de la figure 5 récapitule le tout sous forme statistique. On constate un groupement serré des linéations tant minérales que de microplis au sein d'un nuage centré selon un axe unique plongeant de 33° au 209° (= SSW), correspondant aux mesures faites dans l'ensemble de la Grande Loze, indépendamment de leur localisation dans l'édifice (fig. 5, C, à gauche). Chose plus curieuse, cet axe statistique ne coïncide pas avec l'axe de la charnière anticlinale, et ce seul fait amène à suspecter que la linéation date d'une phase plus récente que le pli majeur. C'est ce qu'achève de démontrer un autre fait, décisif: la linéation considérée est contenue dans le plan d'une schistosité S_3 décrite plus loin, manifestement postérieure au pli. Elle est par contre associée à quelques plis d'échelle décimétrique formés lors de cette phase 3 en se superposant au système anticlinal et synclinal dès lors désigné P_2 . A ce dernier a dû être associée une linéation L_2 , mais elle n'est visible que très localement.

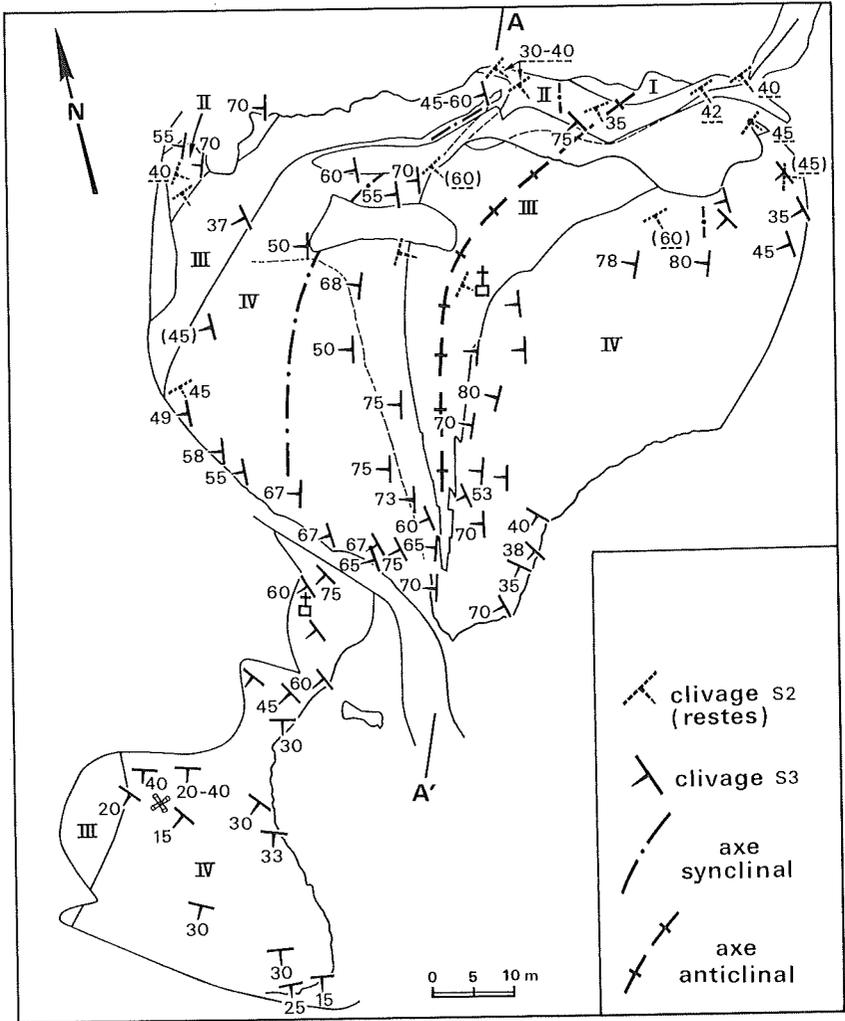


FIG. 3. - Carte des mesures de pendages des schistosités

- Quelques mesures des vestiges de S_2 .
- 64 mesures de pendage du clivage schisteux S_3 , surtout développé à l'W de la ligne A-A' (noter la rotation dans la partie sud).
- Tracé des axes anticlinal et synclinal du plissement P_2 , tordus en plan (comparer avec fig. 2, et fig. 5, A).

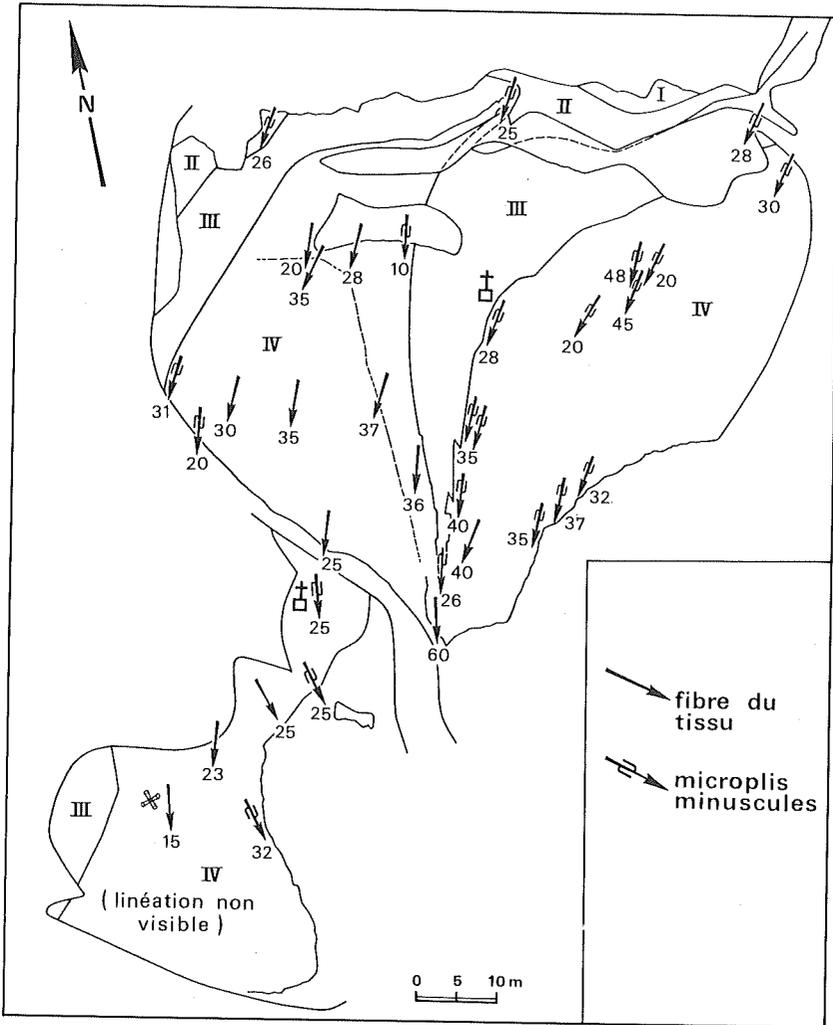


FIG. 4. - Carte des mesures de la linéation L_3 .

- La valeur du plongement est indiquée en degrés. Noter l'orientation commune, qu'il s'agisse de fins microplis ou de la structuration « fibreuse » du tissu calcaire lui-même. Noter aussi la torsion dans la partie sud (voir fig. 5, C).

Ainsi, contrairement à une disposition fréquente, la linéation principale (L_3) des rochers de la Loze n'a aucun rapport avec le principal plissement visible. Il n'y a pas ici d'homothétie entre microplis et plis majeurs, et se trouve vérifiée une règle, parfois méconnue, qui interdit en géologie structurale d'extrapoler d'un niveau dimensionnel donné à un niveau supérieur.

Les quelques mesures faites dans la Petite Loze (où la linéation est peu distincte) tendent à se grouper autour d'un axe plongeant de 23° au 178° (=Sud) : tout se passe comme si la matière avait globalement tourné de quelque 27° autour d'un axe grossièrement vertical : c'est ce que l'étude de la schistosité va confirmer.

Par ailleurs, on admet en général que la linéation naît horizontale, dans la mesure même où elle résulte d'un champ de contraintes dont la symétrie orthorhombique comporte deux composantes elles-mêmes horizontales (la linéation peut correspondre à l'une ou l'autre des deux contraintes principales σ_2 ou σ_3 (moyenne et maximale). — S'il en est ainsi, il nous faut donc, de plus, invoquer un pivotement de la linéation, après la phase P_3 , dans le secteur SSW ou SW (voir plus loin).

2) ÉTUDE DE LA SCHISTOSITÉ PRINCIPALE

C'est plus précisément une foliation phyllitisée, très apparente, contrairement à L_3 (sauf dans la zone est de la Grande Loze). Elle saute aux yeux sur les surfaces d'exfoliation où le marbre chloriteux IV a été exploité. Sa nature de clivage schisteux sécant aux structures et foliations antérieures apparaît à un examen attentif des surfaces moutonnées de la Petite Loze : elle se présente comme un train de lignes foncées parallèles, en léger relief, alignées en gros du NW au SE, qui intersectent d'autres lignes, ou zones floues, courbes, dessinant localement des plis ogivaux, héritage du rubannement stratigraphique (S_{0-1}). Localement, des exsudats de calcite soulignent cette première foliation et sont plissés par des plis mineurs P_3 dont notre schistosité principale phylliteuse est le plan axial (fig. 8). Ces petits plis ne sont pas les satellites d'un plissement majeur concomitant, du moins visible dans notre affleurement, et notamment n'ont rien à voir avec le double pli anticlinal et synclinal décrit plus haut (fig. 2, A). D'une part, l'inclinaison de la schistosité (que nous nommerons S_3) est très éloignée de celle des plans axiaux de ladite structure (voir fig. 5, en comparant les diagrammes A et B), argument déjà suffisant, de plus, la dalle horizontale formant le sommet de la paroi d'escalade au Nord de la Grande Loze montre la fermeture de la charnière synclinale au niveau du hard-ground : elle se présente comme un pli couché plat P_2 , modérément mais fort nettement replissé par des plis décimétriques P_3 . Ceux-ci sont accompagnés d'une jolie linéation de microplis L_3 et d'un clivage S_3 , ici fruste, mais l'une et l'autre orientés en conformité avec leurs homologues décrits plus haut.

Ainsi donc, la schistosité principale des rochers de la Loze, tout comme la linéation principale, est indépendante de la structure plissée majeure (P_2) et seulement associée à un plissement mineur qui localement en « frisotte » les flancs. Dans toute la zone ouest de la Grande Loze et dans la Petite Loze, cette

schistosité tardive S_3 a presque totalement réorganisé à son profit le marbre chloriteux IV, au point de faire disparaître plus ou moins complètement les structures antérieures. C'est là une propriété spécifique de ce type de roche que cette extrême susceptibilité aux efforts tendant à une reconstruction planaire. Les autres types de roche ont moins réagi.

Mais le fait le plus singulier est que, dès que l'on franchit le plan axial anticlinal pour entrer dans la zone est, ce même marbre chloriteux IV est brusquement considérablement moins affecté par le clivage S_3 , qui se montre fruste, gauche, espacé, embryonnaire (fig. 9). Il y a là un paradoxe, qui doit servir de leçon à quiconque serait trop pressé d'identifier à distance les phases microtectoniques par le seul aspect des structures. — Pourtant il s'agit bien dans les deux zones d'une seule et même phase, comme le prouvent divers arguments. Le principal est la coïncidence des orientations respectives (fig. 5, B et fig. 2, coupe A).

Indépendamment de leur localisation par rapport au plan axial anticlinal P_2 , les feuillettes de schistosité S_3 ont une inclinaison et une direction assez variable (fig. 3). Reportés par leurs pôles sur un diagramme stéréographique (fig. 5, B), ils se répartissent, pour la Grande Loze, selon un arc de grand cercle, dont le centre correspond précisément avec l'axe de linéation L_3 (comparer fig. 5, B et C). Tous se passe donc comme si la schistosité S_3 formait un éventail de 55° d'ouverture en tournant autour de L_3 comme axe de rotation. Or, les linéations de microplis L_3 sont parfois nettement postérieures à la naissance de S_3 , qu'elles déforment. La phase P_3 a donc débuté par la formation du clivage S_3 et s'est achevée par une certaine rotation de la matière autour de L_3 (non figurée sur la coupe AA' fig. 2), accentuant de façon posthume le déversement de l'anticlinal P_2 .

Les points représentatifs de la schistosité S_3 dans la Petite Loze (et l'extrême Sud de la Grande Loze) se groupent sur un autre arc de grand cercle (fig. 5, B), dont le centre correspond lui aussi à l'axe moyen de la linéation pour la même zone. Tout redevient normal si l'on admet ici aussi une rotation de cette portion du bâti, de 30° environ autour d'un axe, incliné d'environ 58° au 50° (= NE) selon le diagramme (fig. 5, B). C'est le point A1 du diagramme F.

Si l'on remet vertical cet axe de rotation, par un pivotement de 32° au 211° , *ipso facto* les axes de linéations respectifs de la Grande et de la Petite Loze deviennent horizontaux. Ce même diagramme F, (fig. 5), montre donc clairement la suite des événements : 1) schistogenèse S_3 , parallèle; — 2) rotation de S_3 autour de L_3 horizontale; — 3) torsion du tout autour d'un axe de rotation vertical qui dévie la Petite Loze par rapport à la Grande Loze; — 4) basculement apparent au SSW.

3) LA SCHISTOSITÉ S_2

Elle aussi foliation phyllitisée par les mêmes minéraux que S_3 , elle survit à l'état de reliques dans la zone ouest, où la phase 3 l'a presque partout détruite. Toutefois, on peut observer clairement cette schistosité plus ancienne

FIG. 5. — Diagrammes statistiques des mesures de linéation, schistosité, etc. (projection stéréographique sur diagramme de Wulff, hémisphère inférieur)

A — Plans axiaux des grands plis P_2 et mesures de schistosité S_2

Dans ce qui suit, les plans sont figurés soit sous forme d'arcs de grands cercles, soit par leurs pôles (point figuratif de leur normale).

- 1 : pôle calculé du plan axial de l'anticlinal, partie nord.
- 2 : pôle calculé du plan axial du synclinal, partie nord.
- 3 : pôle calculé du plan axial de l'anticlinal, partie sud.
- 4 : pôles de S_2 du flanc normal ouest et du flanc inverse.
- 5 : pôles de S_2 du flanc normal est.

S_2 est visible en quelques points de la zone ouest mais y est le plus souvent oblitérée par S_3 ; elle est mieux visible dans la partie NE du rocher (voir fig. 9). En grand, elle plonge vers l'ESE ou le SE et le groupement des pôles de S_2 avec ceux des plans axiaux des grands plis conduit à lier les deux phénomènes, les grands plis étant donc désignés P_2 (voir fig. 2, schéma en bas à droite).

B — Pôles de la schistosité S_3

- 1 : Petite Louza (ou Loze) (P.L.).
- 2 : Grande Louza (G.L.), partie sud.
- 3 : G.L., flanc normal ouest et flanc inverse.
- 4 : G.L., flanc normal est.
- 5 : S_{3b} , clivage de strain-slip distinct de S_3 , localisé dans un « couloir » dans la croupe d'accès NE de G.L.

Les schistosités S_3 peuvent être regroupées en deux surfaces représentatives, ellipses de dispersion autour de deux arcs de grands cercles de 55° chacun, correspondant respectivement à G.L. et à P.L. (plus le sud de G.L.). Chaque arc est centré sur un axe de rotation qui se trouve sensiblement coïncider avec l'un des deux axes moyens de la linéation L_3 (voir diagramme C) : l'on passe donc très simplement de la disposition G.L. à celle de P.L. par une torsion autour d'un pivot fortement incliné.

C — Position statistique de la linéation L_3

- 1 : G.L., linéations de microplis de la zone est.
- 2 : G.L., linéations de microplis de la zone ouest.
- 3 : linéations minérales de la zone est.
- 4 : linéations minérales de la zone ouest.
- 5 : P.L., linéations principalement de microplis.

On note le bon groupement des points figuratifs dans deux surfaces voisines mais distinctes, dont les centres (points moyens) sont ceux reportés sur le diagramme B. — L'étroite coïncidence directionnelle des deux types de linéations atteste qu'il s'agit de deux manifestations d'une seule déformation globale de la matière lors de la phase P_3 .

D — Diagramme schématique relatif aux surfaces de cisaillement (phase 4).

- 1 : stries sur les surfaces dextres.
- 2 : stries sur les surfaces senestres.
- A : direction approchée de l'arête d'intersection (dièdres) des surfaces conjuguées striées.

p.b.m. : plan bissecteur moyen calculé.

E — diagramme de la pseudo-schistosité S_D (phase 5).

- 1 : dièdres (« linéation ») d'intersection de S_3 et S_D .
- 2 : G.L., pôles de S_D dans l'ancienne exploitation (voir fig. 1).
- 3 : P.L., pôles de S_D .

Les orientations de S_D sont proches de celles de S_3 dans la zone intéressée (diagramme B, 3), d'où le recouvrement sous un angle faible.

F — Basculement de la structure au SSE et restitution.

A_1 : axe de rotation (torsion) actuel de P.L. par rapport à G.L. (figuré par erreur légèrement à gauche de sa position réelle).

A_2 : sa position primitive verticale restituée.

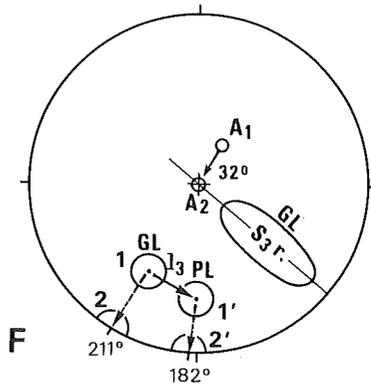
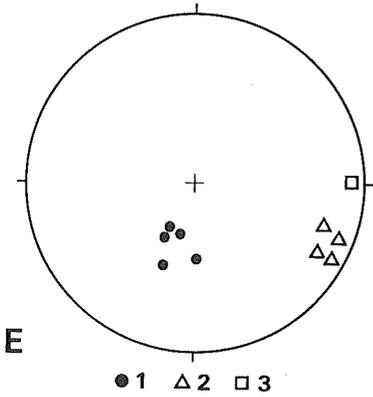
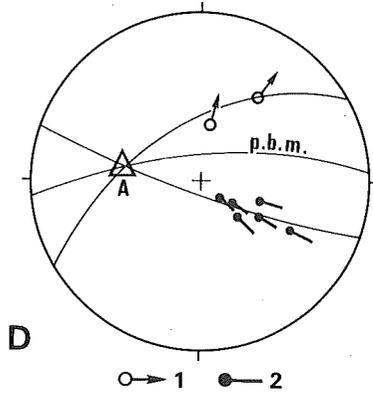
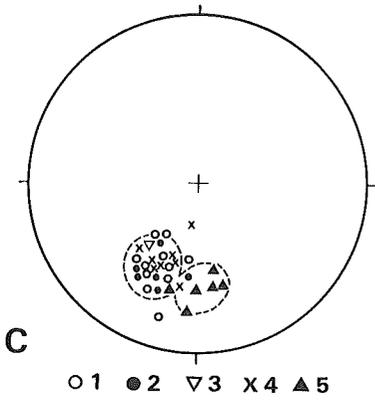
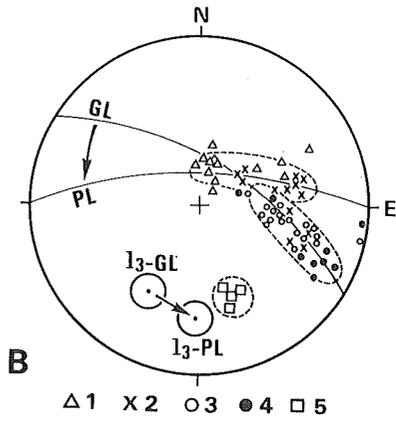
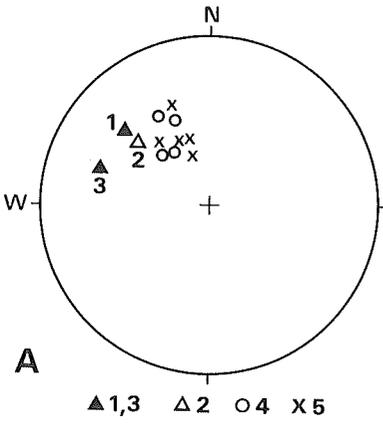
S_{3r} : ellipse de dispersion restituée de la schistosité S_3 pour G.L., selon un éventail d'arête horizontale.

1 et 1' : positions actuelles de la linéation L_3 pour G.L. et P.L.

2 et 2' : positions primitives restituées (L_3 devient horizontale).

N.B. : il faut de plus admettre un autre basculement (ou plutôt composante de basculement) pour remettre horizontaux les dièdres A du diagramme D.

ROCHERS DE LA LOZE À PRALOGNAN



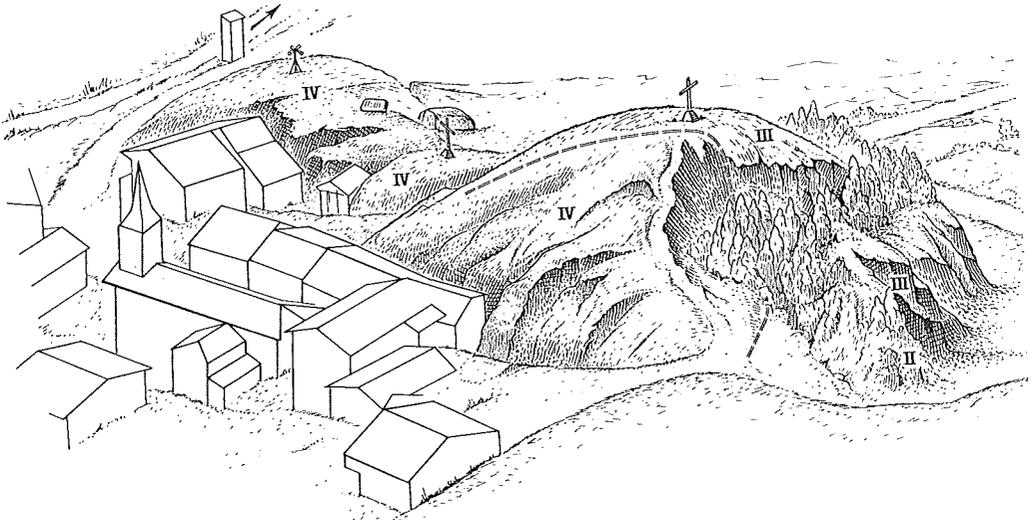


FIG. 6. - Vue plongeante sur les Rochers de la Loze depuis le téléphérique du Mont Bochor (d'après une photographie)
Comparer avec la figure 1.

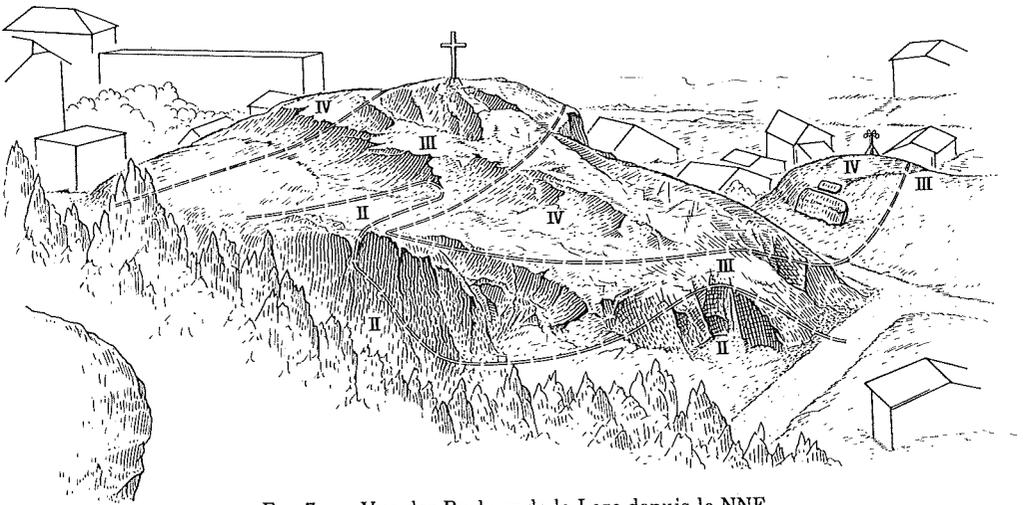


FIG. 7. - Vue des Rochers de la Loze depuis le NNE (contreforts du Mont Bochor)
(d'après une photographie, végétation supprimée)

La structure est ici vue presque « en bout » et le tracé apparent des niveaux stratigraphiques II - IV vus en perspective est proche d'une coupe transversale (comparer aux fig. 1 et fig. 2, A).

que S_3 (puisque dérangée par elle selon des microflexures), dans la base stratigraphique de IV au long du flanc inverse, notamment en contre-bas NW et NNW de la croix de la Grande Loze (pl. IV, 2). Elle y est oblique au rubanement stratigraphique S_{0-1} , et pend vers le SE ou l'ESE, tout comme le plan axial de l'anticlinal P_2 (fig. 3; fig. 5,A), dont elle est congénitale. Localement, de petits plis P_3 dont S_3 est plan axial, reprennent S_2 et la brouillent.

Sur la croupe NE de la Grande Loze, cette même partie basale du marbre chloriteux IV, ici peu schistosée par S_3 comme on l'a dit plus haut, montre la schistosité S_2 fort bien conservée (fig. 9) au point d'être ici, localement, la schistosité principale. Elle intersecte le rubanement stratigraphique S_{0-1} comme il convient pour un clivage associé génétiquement au grand pli P_2 . Contrairement à ce qu'indique la coupe A de la figure 2, S_2 est fortement ondulée, localement plissée par de petits plis P_3 : voir figure 9, qui montre un pli mineur P_2 , en section horizontale très oblique, secondairement déformé.

La schistosité S_2 est très bien conservée également dans le marbre phylliteux rose II au NE de la croix de la Grande Loze, situé dans le cœur évasé de l'anticlinal.

Ainsi donc, la schistosité « principale », c'est-à-dire celle qui structure principalement la roche, est S_2 dans l'Est de notre rocher, S_3 dans l'Ouest, belle leçon supplémentaire de prudence en matière de synthèses microtectoniques. Un terrain plus morcelé, une étude plus hâtive auraient pu aisément induire à identifier toutes deux comme produit allégué d'une seule phase.

4) LA FOLIATION S_1

Pourquoi nommer S_2 (et non S_1) cette schistosité relique, puisqu'en apparence elle ne recoupe que le simple rubanement stratigraphique originel (S_0) ? Il y a à cela deux raisons : la première, est que ce dernier n'est pas seulement un litage rubané, mais une foliation phylliteuse, avec réorganisation planaire du tissu métamorphique (Pl. V, 2) et exsudats cristallins (fig. 8 et 9) ; la seconde raison est que, même si dans notre affleurement cette foliation S_1 coïncide avec le rubanement S_0 ($S_1 = S_0$), en d'autres lieux proches de Pralognan, ainsi sous le sommet du Mont Bochor, il existe de grands plis en biseaux plats aigus nés d'une première phase tectonique. Au voisinage de leur charnière effilée, l'ancien rubanement stratigraphique est intersecté angulairement par une foliation très marquée, qui l'efface presque complètement. En s'éloignant de la charnière, l'un et l'autre deviennent sub-parallèles. Lorsque le matériel est un schiste, cette foliation S_1 demeure souvent la principale. Dans les marbres chloriteux, elle ne survit que très localement : ici dans les interlits schisteux de IV voisins du hard-ground (fig. 9). Nulle part dans nos deux rochers il n'a été possible d'observer de plis mineurs en biseaux datant de la phase P_1 . Mais l'expérience montre dans les montagnes de Pralognan, où existent de spectaculaires plis plats P_1 (Grand Marchet, Bochor, etc.), que ces structures déca-héométriques s'embarassent rarement de replis satellites mineurs, du moins dans les calcaires.

FIG. 8. - Exsudat de calcite formé dans la première foliation S_1 et plissé lors de la phase P_3

Le plissement P_3 est accompagné ici (zone ouest de la structure) d'une intense schistogénèse S_3 qui a transposé presque totalement les microstructures antérieures en les effaçant. Marbres chloriteux IV, 10 m à l'Est de la petite croix.

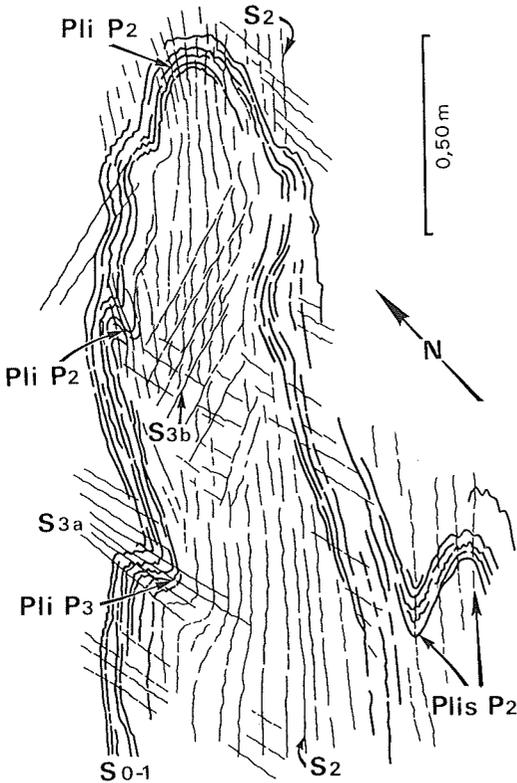
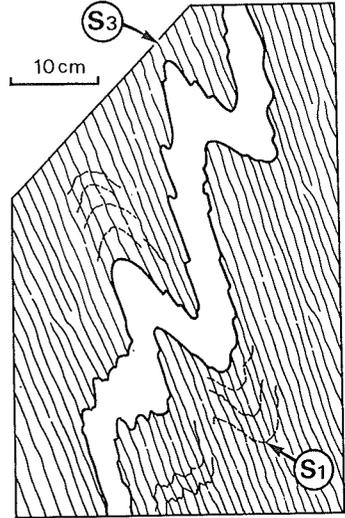


FIG. 9. - Croquis d'un pli mineur P_2 , peu repris par P_3
Pli métrique synclinal intersecté très obliquement par la surface topographique (dalles 20 m à l'Est de la grande croix). Noter les plis mineurs P_2 et la bonne survivance de la fine schistosité phylliteuse S_2 . - Faible développement de S_3 (ici, S_{3a}) localement associée à un pli mineur P_3 tordant S_2 . - Présence d'un clivage supplémentaire S_{3b} par microflexures (strain-slip) déformant S_2 et S_{3a} . - Noter enfin la bonne préservation de S_{0-1} , uniquement dans une bande schisteuse héritée de la stratification S_0 .

Plus curieuse est ici la très faible expression de la linéation L_1 , pourtant linéation principale habituelle dans beaucoup de types de roches du voisinage. (Voir cependant Pl. V, 2).

5) LA SCHISTOSITÉ S_{3b}

Sur une surface restreinte de la croupe NE de la Grande Loze, on observe, conjointement à la schistosité S_3 (ici fruste) un autre clivage du même style microflexuré (« strain-slip »), postérieur et orienté autrement (en gros, il pend de 55 à 70° au N ou NNW) (voir fig. 9). Ce clivage phyllitisé supplémentaire, localisé dans un « couloir » de quelques mètres de largeur, suppose une rotation relative des contraintes en fin de phase 3; c'est le dernier événement pénétratif (voir fig. 5, B, points figuratifs 5).

La figure 9 montre distinctement les quatre schistosités S_1 , S_2 , S_{3a} et S_{3b} : c'est là un cas privilégié, à peu près unique dans tous les affleurements étudiés en Vanoise, où il est rare de retrouver l'enregistrement de plus de deux phases microtectoniques.

6) LES RUPTURES CISAILLANTES CONJUGUÉES

Les trois épisodes précédents de déformations (phases 1, 2 et 3), dits pénétratifs puisqu'ils affectent dans son intimité la totalité de la masse, se sont tous trois déroulés durant l'apogée du métamorphisme alpin, dans des conditions thermo-dynamiques sensiblement comparables (pression de 3 kilobars ou plus, température d'au moins 350°): d'où la similarité des néoformations cristallines définissant les trois foliations successives S_1 , S_2 et S_3 (a et b).

L'événement microtectonique qui survient ensuite (phase 4) se caractérise par une réponse non plus diffuse de la matière, mais cassante et discontinue. Sans qu'on puisse donner de précisions chiffrées, la pression a dû s'abaisser, et en tout cas la température. Toutefois, il circule encore suffisamment de fluides actifs pour que des minéraux (calcite et quartz) cristallisent dans les vides nés de la rupture. Les structures les plus spectaculaires nées de cette phase 4 sont des systèmes de *fentes en échelon* (pl. IV, 1); elles sont notamment bien visibles sur le dos de la Petite Loze près de la croix. Leur section horizontale est en forme de S fusiforme, formée de calcite blanche. L'examen des lamelles de la foliation S_3 montre une torsion du tissu, senestre dans le cas présent (chaque compartiment a coulissé vers la gauche, vu du dessus, par rapport à l'autre). Les fentes, d'abord droites, se sont elles-mêmes courbées en S tout en se dilatant, pendant la poursuite de la torsion cisailante. Souvent la roche a fini par casser, en une mini-faille de décrochement senestre.

En moins grand nombre, on observe sur les mêmes dalles d'autres systèmes identiques, à ceci près qu'ils sont symétriques des précédents par

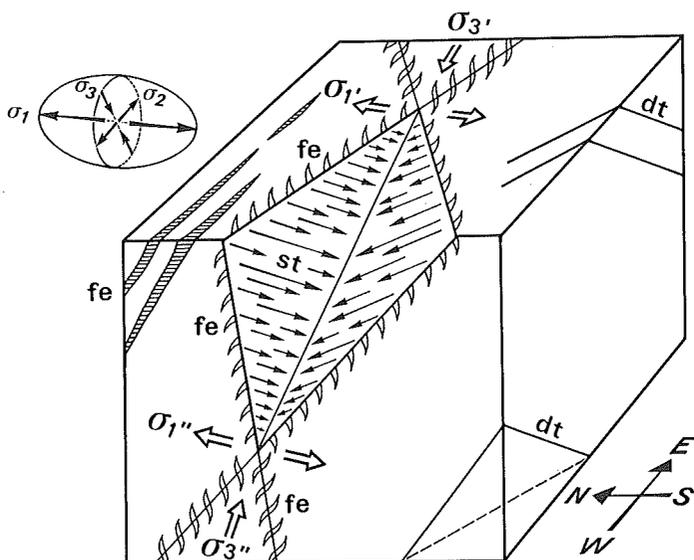


FIG. 10. - Schéma relatif aux phases 4 et 6 (voir texte).

Le schéma montre comment se présente, sur des surfaces d'affleurement respectivement horizontales et verticales méridiennes, le système des surfaces de cisaillement conjuguées débutant par la genèse de fentes en échelon (voir pl. IV, 1) (*fe*), puis pouvant se rompre en microfailles normales. Celles-ci, dégagées, se présentent comme des surfaces à enduits de calcite striée, ces stries (*st*) précisant le sens du mouvement relatif. D'où la position probable restituée du champ des contraintes lors de la rupture, figuré dans l'absolu à gauche en haut (ellipsoïde de déformation), et en projection sur les faces du cube. σ_3 est la plus forte contrainte, σ_1 est la plus faible.

On a figuré de plus la disposition des fentes à remplissage de calcite fibreuse (*fc*), autre manifestation de la phase 4 (désigné par erreur par *fe*, à gauche du cube).

Enfin le schéma figure (*dt*) l'orientation moyenne des diaclases transverses sans remplissage (phase 6), manifestement étrangères au champ de contraintes de la phase 4.

rapport à un plan subvertical (donc les torsions sont dextres). Plus exactement, les bandes respectives de cisaillement senestres et dextres sont en gros orientées WNW-ESE et WSW-ENE (voir fig. 10), et entrent dans la catégorie bien connue des surfaces de rupture conjuguées. Dès lors, on en déduit la direction des contraintes principales responsables du cisaillement, ou du moins de leur projection sur les surfaces d'observation horizontales. La plus forte contrainte σ_3 était orientée *grosso modo* Est-Ouest et Ouest-Est (fig. 10).

Mais il importe de voir les choses dans les trois dimensions. Des apparences semblables se voient sur des coupes verticales nord-sud comme si, maintenant, σ_3 était subverticale. Il ne s'agit nullement d'un autre système de cisaillements conjugués mais d'un seul et même dispositif coupé obliquement de deux façons différentes. Sur les coupes verticales, les cisaillements senestres de

tout-à-l'heure se présentent comme des mini-failles ou flexures normales, subverticales, à regard sud, et les cisaillements dextres comme des failles ou flexures également normales, à regard nord, inclinées au Nord. — En fait les plans de mouvement se recoupent selon des dièdres dont l'arête plonge en moyenne de 35 à 40° au 280° (entre Ouest et WNW) (fig. 5, D). Ces surfaces une fois mises à nu se montrent tapissées de calcite et fortement striées mécaniquement. L'imbrication des lamelles de calcite confirme le sens du glissement. Bien que les mesures témoignent d'une notable dispersion (plongement des stries de 45 à 70° vers le 100 à 120° pour les microfailles senestres, de 30 à 40° probablement, au NNE, pour les conjuguées dextres peu nombreuses), on peut dès lors reconstituer comme suit la disposition des contraintes dans l'espace : σ_3 s'exerçait selon un axe plongeant de 50 à 55° à l'ENE, tandis que la plus faible contrainte σ_1 était orientée selon un axe plongeant de 20 à 25° au sud ou SSW (la contrainte moyenne étant par définition parallèle à l'arête des dièdres).

Une telle disposition oblique sur l'horizon de la symétrie des contraintes est peu vraisemblable. Plus probablement c'est le bâti qui a secondairement pivoté. L'axe σ_1 redevient horizontal dès lors que nous remettons également horizontale la linéation L_3 , comme vu plus haut (fig. 5, F). Un autre pivotement est de plus nécessaire pour remettre à l'horizontale l'arête des dièdres. Il ne s'agit probablement que des deux composantes d'une *unique basculement de 40° au 250°* (= WSW). Théoriquement, on pourrait tout aussi légitimement remettre cet axe des dièdres d'intersection des surfaces conjuguées dans une position verticale, mais la première restitution est plus probable pour diverses raisons, notamment la disposition des microfailles conjuguées homologues bien visibles dans le haut des gorges de la Pontille à Champagny.

Faute d'un nombre suffisant de mesures, il n'a pas été possible de dater la torsion Petite Loze — Grande Loze par rapport à la phase 4.

7) LES FENTES À REMPLISSAGE DE CALCITE FIBREUSE

Il s'agit également de fentes de distension, mais longues, droites et sans relation génétique nette avec le système des ruptures conjuguées. Elles sont en gros orientées du 90°-270° (= E-W) au 110°-290°, avec une inclinaison de 45 à 85° N à NNE. Cette orientation n'est pas très éloignée de celle du plan bissecteur des dièdres aigus précités, et l'ouverture des fentes paraît être un événement peu éloigné dans le temps de la phase de rupture conjuguée, et reflétant un champ de contraintes assez voisin. Aussi nous en ferons un autre aspect de la phase 4.

Larges de 0,5 à 3 cm, ces fentes ont vu leurs lèvres s'écarter très lentement, presque sans coulissement, tandis que le vide naissant se comblait au fur et à mesure par l'allongement de fibres de calcite et, localement, de lamelles de quartz (pl. V, 1). Ces lamelles sont en général très inclinées vers l'Est donc proches du plan supputé contenant σ_1 et σ_3 . Leur raison d'être nous échappe.

8) MICRODISTENSION DES FEUILLETS CHLORITEUX S_3

Une troisième manifestation possible de la phase 4 (ou un peu antérieure ?) est le très fin système de déchirures sub-parallèles affectant en certains points les membranes formées de minéraux phylliteux imbriqués-articulés de la foliation S_3 (pl. V, 1). Cicatrisées par de la calcite (dissoute par les intempéries sur maintes surfaces exposées), elles sont, en un sens, l'homologue minuscule des fentes à calcite fibreuse précédentes. Mais ici on avait un allongement d'ensemble subméri dien du matériel de marbre chloriteux, plastique dans les lits marmoréens, ruptuel dans les feuillets phylliteux. C'est donc une déformation formant relai entre les phases pénétratives 1, 2, 3 et les phases cassantes ultérieures.

9) LA PSEUDO-SCHISTOSITÉ S_D

Sur le bord est de la Petite Loze et dans tout le domaine de l'ancienne exploitation (fig. 1) de la Grande Loze, on observe un curieux débit plat par des fentes parallèles serrées, exemptes de toute cicatrisation. Nulle torsion ne se voit sur leurs lèvres, ni aucune striation mécanique. Leur orientation est proche de celle de la foliation S_3 dont l'inclinaison est un peu plus faible (fig. 5, comparer B et E). L'intersection de ces fentes (que nous nommerons S_D) et de S_3 se présente sous forme de cannelures en dièdres obtus, très visibles dans le fond de l'ancienne exploitation; cette sorte de linéation d'intersection plonge de 35 à 50° au 202 - 206° (= SSW) (fig. 5, E). C'est du reste la présence de ce débit S_D qui a très probablement déterminé l'implantation de l'exploitation de lauzes, l'ouverture de la roche en dalles se faisant tantôt selon S_D , tantôt selon S_3 .

L'absence de tout remplissage situe cet épisode S_D après la phase 4, et nous la rattacherons à une *phase 5* ultérieure (toutefois le débit S_D ne clive pas les fentes à remplissage de calcite fibreuse).

10) DIACLASES TRANSVERSES SANS REMPLISSAGE

Vu de l'Ouest, l'abrupt précité de la Grande Loze montre distinctement tout un train de grandes cassures planes à fort pendage au NE (dt, fig. 10). Elles croisent toutes les fentes précédentes tant à stries qu'à fibres, ainsi que le débit S_D . Nous en ferons donc un dernier événement tectonique (*phase 6*). Restées vides, sans remplissage aucun, ni mouvement des lèvres, ces fentes ont servi, et servent encore de voies de circulation aux eaux d'infiltration, qui tendent à les élargir lentement. Sur le dos des rochers, elles ont été à l'origine de certain lapiaz (microkarst).

Les plans de ces cassures vigoureuses sont approximativement orthogonaux à la linéation L_3 , à 10 ou 15° près. Elles rentrent donc assez bien dans la catégorie des *Quer-Klüfte* de B. SANDER, cassures qui se forment en fin de course, plus ou moins orthogonalement à l'axe d'allongement général de la matière et des structures.

Il serait tentant de postuler que, nées verticales, elles auraient basculé avec le reste, ce qui ferait de ce basculement l'événement ultime, probablement néogène et contemporain de la courbure posthume des structures vers l'ombilic de Pralognan, manifestée dans la tectonique majeure.

III. - RÉCAPITULATION DE L'HISTOIRE MICROTTECTONIQUE ET CORRÉLATIONS

Ainsi il nous a été possible de dénombrer dix types de structures microtectoniques, formées durant six phases distinctes. Une telle analyse est à ce jour unique en Vanoise et justifie le terme de « musée microtectonique » avancé au début de la présente enquête descriptive.

Nous avons distingué les événements suivants :

- *phase 1* : genèse d'une première foliation S_1 , ici selon le rubanement stratigraphique ($S_1 = S_0$); exsudats de calcite en lentilles;

- *phase 2* : plissement dysharmonique d'échelle décamétrique, accompagné d'une schistosité (foliation) S_2 de plan axial;

- *phase 3* : plissement mineur (centi-décimétrique) accompagné d'une linéation L_3 et d'une schistosité (foliation) S_3 très marquées (sauf pour S_3 dans la zone est de la Grande Loze); effacement souvent poussé de S_1 et S_2 . - S'achève par la rotation de S_3 en éventail.

- *phase 4* : cisaillements conjugués avec fentes en échelon et surfaces de calcite striées; - fentes à calcite et quartz fibreux; - microdéchirures de S_3 par allongement du marbre;

- *phase 5* : genèse locale d'un débit pseudo-schisteux non cicatrisé S_D ;

- *phase 6* : genèse des diaclases transverses ouvertes.

- il y a eu de plus *torsion interne* de la structure, et d'autre part *basculement* apparemment très tardif.

Si maintenant nous voulons hasarder une corrélation entre cette histoire de déformations superposées et le reste du bâti de Vanoise, il faut commencer par remettre par la pensée la structure dans sa position probable d'avant le basculement : cela donne la disposition figurée à droite et en bas sur la figure 2.

- Peut-être est-ce un hasard, mais alors la position subverticale, orientée en gros NNE à NE, de S_2 et des plans axiaux de P_2 , et la position faiblement

inclinée au NW de S_3 , correspondent de façon frappante à ce que l'on peut observer en certains points de la Vanoise, notamment dans la haute vallée de Champagny. On y voit un clivage tardif presque plat, plan axial de grands plis en genou déversés au SE (phase du Laisonnay) reprendre localement un clivage subvertical en microlithons associé à des plis serrés orientés au NNE, tous deux postérieurs à la phase 1 génératrice des grands plis plats en biseau typiques à Pramecou.

Aux environs immédiats de Pralognan, ces deux événements tardifs se confondent en général en une seule phase de plis serrés plus ou moins redressés (phase 2 de B. GOFFÉ). Le seul point où nous ayons jusqu'ici vu trois phases nettes de plissements mineurs successifs est dans le Permien du cirque de la Vuzelle. Les rochers de la Loze en sont désormais un second exemple irréfutable, même si la phase 1 ne s'y exprime pas par des plis.

Les cisaillements conjugués de la phase 4 n'ont pas été observés ailleurs avec cette netteté (sauf, sans exsudats cicatriciels, aux gorges de la Pontille). Ce que l'on voit plutôt bien souvent, ce sont des bandes de kinks (torsion angulaire locale des couches). Or, à la Grande Loze, il arrive que les cisaillements senestres (qui sont dominants) s'expriment précisément sous forme de kinks : ainsi au pied SW de la croix. Toutefois peu de recherches ont jusqu'ici été faites en Vanoise pour analyser la microtectonique cassante.

Un dernier point à noter est que, si notre assimilation est fondée entre S_3 et la phase du Laisonnay, ainsi qu'entre les deux localités mentionnées offrant des cisaillements conjugués (la Loze et la Pontille), l'intensité des cristallisations cicatricielles est incomparablement plus grande à Pralognan que dans la vallée de Champagny. Ce peut être question de matériel (les marbres chloriteux ont une propension particulière à recristalliser, à la différence du Paléozoïque de Vanoise septentrionale), mais aussi, probablement de conditions thermodynamiques plus « profondes » à Pralognan.

IV. - LES INSCRIPTIONS DES ROCHERS DE LA LOZE

Il ne s'agit certes pas ici de gravures proto-historiques comme celles de Maurienne, mais de noms ou initiales assez prosaïques. Néanmoins, il est important de recenser systématiquement en Vanoise tous ces noms que l'on observe souvent gravés, d'une écriture parfois admirable, dans les roches des alpages, certains datant du XVIII^e siècle. Ce sont les émouvants témoins de toute une vie pastorale désormais révolue. Leur intérêt est de plus géologique, en permettant d'estimer le taux séculaire de dissolution des calcaires.

Nous avons donc relevé avec soin les inscriptions des rochers de la Loze. Aucune ne semble faite par des bergers, ce qui est naturel dans un lieu de prairies de fauche.

Bien visible tout d'abord près de la croix de la Petite Loze est l'inscription, profondément gravée de main sûre : *L. (D ?) A.M.D/1841* peut-être liée à un événement paroissial local (?).

Puis viennent toute une série de noms de soldats venus en manœuvre à Pralognan dans les années 1895 à 1907 : citons les noms de FORESTIER, V. SARE, MARTIN, COIGNET (pl. VI,3), MICHOUX, BISOLIE, BROMMERT, SORTAISE, GAY, AMIER, CHALLAND, FABRE Abel, FARGEAS, auquel s'ajoute COLLOMB en 1926. Aucun apparemment n'est un patronyme local.

Enfin il s'y ajoute quelques initiales datant de 1946 et 1949, c'est-à-dire du temps des grands travaux d'aménagement hydro-électriques de la Chute de Pralognan, ainsi que deux noms de fils du pays. L'intérêt géologique de certains de ces noms est de dater la dénudation locale du poli glaciaire, encore très frais après 40 ans d'exposition : on mesure combien il a fallu ailleurs d'années aux intempéries pour effacer les stries glaciaires.

Notons encore que le blanchiment dû au martelage ou à une rayure en force met en général plus de 50 ans à cesser d'être visible. On mesure ainsi la fragilité d'un site comme celui que nous venons de décrire, aussi vulnérable au vandalisme inconscient des ignorants qu'à des tentatives futures d'échantillonnage scientifique inconsidéré. Toute la valeur de cet affleurement est dans la vision des choses qu'offre la lente préparation acquise au long des millénaires. C'est ce surfaçage irremplaçable qu'il importera de préserver. Partout, la nature est fragile.

V. - EPILOGUE

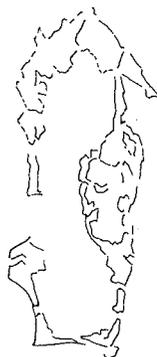
Voici terminé cet exposé sur les rochers de Pralognan. Leur apparente immuabilité contraste avec l'agitation de la ville toute proche, mais ils racontent cependant une longue histoire mouvementée.

Ces roches disent la lointaine pluie des particules et du plancton au fond d'un océan disparu. Leurs structures enchevêtrées ont fixé les phases de l'aventure du plissement alpin, lent ouragan de vagues de pierres entassées sur des milliers de mètres, les roches étant étirées, ployées, brisées et subissant de profondes métamorphoses. L'empilement géant s'est élevé centimètre par centimètre pour être aussitôt attaqué par l'érosion, et il a donné les cimes alpines que les glaciers ont burinées.

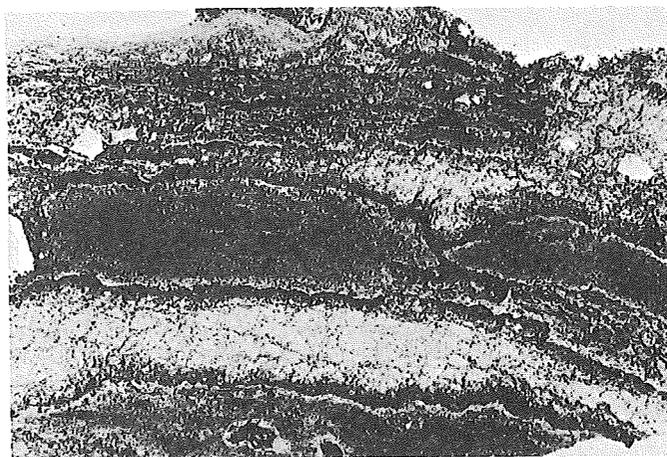
Et, dès que la glace a reculé, l'homme est monté à Pralognan, le Pré lointain.



1



1'

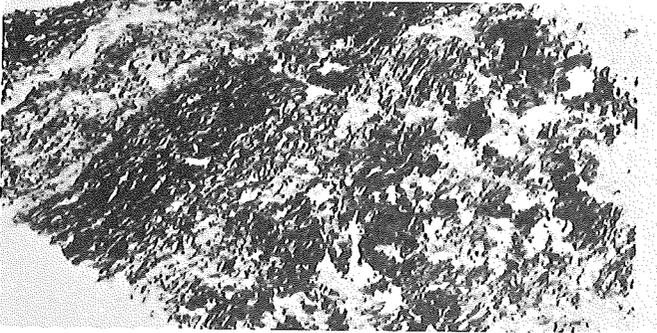


2

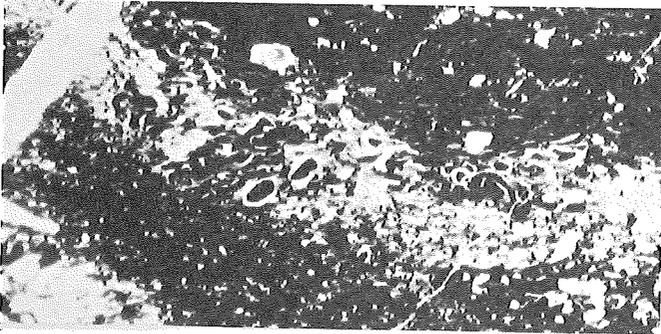
PLANCHE I

1. - Silhouette de *Globotruncana bicarénée* (gr. *linneiana*) visible en lame mince dans les marbres roses de l'ancienne exploitation au Nord de la Grande Loze (éch. F.E. 2925). ($\times 100$) - 1' précise la silhouette.

2. - Aspect général en lame mince du « hard ground » h.g. ($\times 3$). - Les zones noires correspondent à des nodules plus ou moins étirés dont l'étude aux rayons X (faite par A. PERSON) montre qu'il s'agit d'hématite Fe_2O_3 avec localement enrichissement en manganèse (tendance à une bixbyite $(Mn, Fe)_2O_3$ riche en fer). Les zones claires sont essentiellement constituées de calcite spathique avec des minéraux phylliteux (phengites, chlorites). Certaines zones grisées d'aspect finement ponctué sont en grande partie formées de phosphate (fluor-apatite probablement).



1



2



3

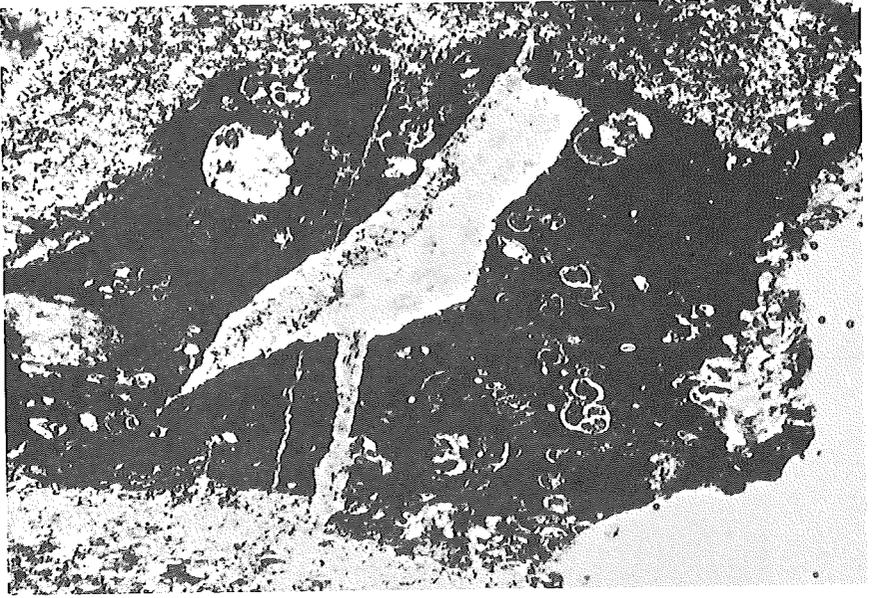
PLANCHE II

1. - Plaque mince dans le hard-ground montrant de minces feuillets minéralisés correspondant à une ancienne disposition algale de type stromatolitique. Champ : 2 cm en largeur.

2. - Sections de tubes calcitiques moulés par les oxydes métalliques opaques, correspondant à des Foraminifères encroûtants que l'on peut rapporter à des nubéculars ou à des *Placopsilina* ($\times 5$).

3. - Lamelle mince taillée en travers du hard-ground, montrant la succession de bas en haut d'un horizon stromatolitique (microplissé), de quelques tubes encroûtants, puis de Foraminifères planctoniques (peu visibles ici). ($\times 4$).

Ce type d'association est connu sur des nodules actuels des fonds de l'Atlantique nord (A. SCHAAP *et al.*, *C.R. Ac. Sc.*, 1977, t. 284, sér. D, pp. 1705-1708).



1



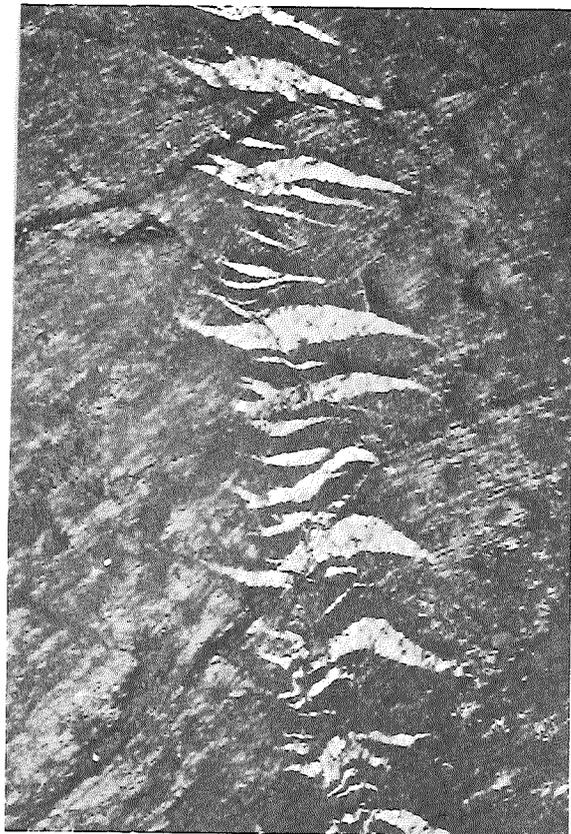
2

PLANCHE III

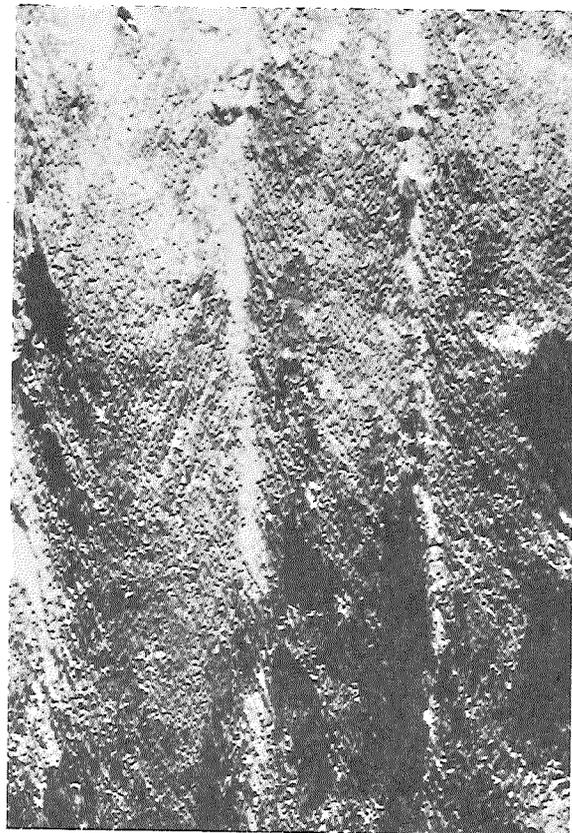
1. - Microforaminifères planctoniques moulés dans un ciment ferrugineux qui les a protégés du métamorphisme. On distingue des Globigérines globuleuses et quelques sections plus anguleuses à rapporter (selon M^{me} G. GLAÇON) au genre *Morozovella* ($\times 25$).

2. - Autre Globigérine à test épais et largement perforé (formes que l'on trouve surtout dans le Paléocène) ($\times 25$).

Deux gisements seulement avaient jusqu'ici fourni des microfaunes paléocènes dans la région de Pralognan : paroi au Nord des chalets de la Glière (éboulis) et col du Mone. Celui des Rochers de la Loze s'y ajoute et précise la datation.



1



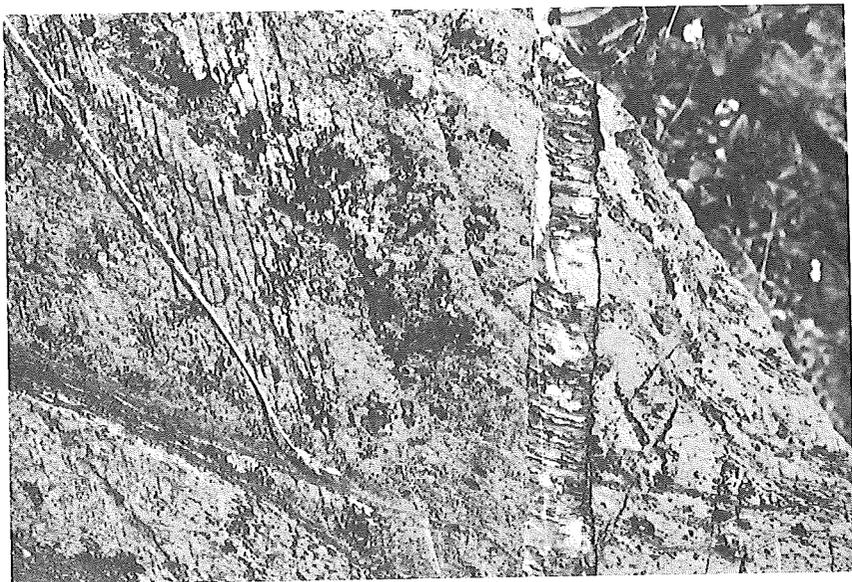
2

PLANCHE IV

1. - Marbres chloriteux de la Petite Loze, vers la croix. Double système de fentes en échelon, engendrées successivement par un effort de cisaillement senestre (noter la déflexion des lamelles du clivage S_3). Les fentes en cours d'ouverture ont été elles-mêmes tordues au cours du mouvement, ici sans rupture. Les fentes lenticulaires mineures sont les plus récentes ($\times 1/3$).

2. - Base des marbres chloriteux IV en contre-bas NNE de la croix de la Grande Loze. - Les arêtes verticales (en réalité inclinées de 70° vers la gauche) sont un héritage de la stratigraphie S_0 . - Le clivage schisteux S_2 est encore localement visible, incliné vers la gauche. On voit surtout le clivage S_3 , incliné vers la droite.

Petite paroi vue en regardant au SW; comparer avec fig. 2, A-A', supposée retournée. Largeur du champ : 40 cm.



1



2

PLANCHE V

1. - A droite, fente de distension à remplissage de calcite fibreuse, avec lamelles de quartz mises en relief par la dissolution. - Au centre et à gauche en haut, microdéchirures parallèles dans une surface phylliteuse matérialisant S_3 . - Juste à gauche de la fente à calcite fibreuse, on devine la fine organisation anisotrope comme « fibreuse » du tissu à dominante calcitique des interlits calcaires de S_3 . - Photo prise vers l'Est, face au clivage S_3 ; $\times 2/3$; 20 m au NW de la grande croix.

2. - Surface uniformément phyllitisée du clivage-foliation S_{0-1} dans la charnière synclinale de plis métriques en genoux amples, vers la base de IV au pied SE de la Grande Loze. Plis centimétriques en chevrons évasés et microplis millimétriques définissant ici la linéation L_3 , coaxiale des plis métriques. La tranche de la roche montrerait de plus (non visible ici) le clivage S_3 qui s'appuie sur l'axe L_3 . - On devine une linéation d'intersection antérieure, vestige possible de L_1 . - Vue face à l'WNW, $\times 2/3$.



1



2



3

PLANCHE VI

1. - Poli glaciaire 10 m au SE de la petite croix, dégagé plus récemment que le reste du rocher (mais avant 1949), d'où la conservation des stries glaciaires (raies sombres, un peu obliques à la trace du clivage S_3). Noter la veine de calcite blanche exsudée dans S_{0-1} ici disparue et plissotée par P_3 (voir fig. 8). Vue face à l'Ouest, $\times 1/8$.

2. - Même site, un peu plus haut : la dissolution a déjà ici complètement effacé le poli glaciaire et les stries. Elle a mis en valeur en léger relief les feuillettes phylliteux parallèles du clivage S_3 qui a complètement réorganisé la roche (marbre chloriteux IV) à son profit. Dernière en date, cette schistosité est restée plane. Sans un fâcheux grattage récent, on verrait que 138 ans de dissolution par la pluie et la neige ont eu déjà le temps de mettre en relief les lamelles phylliteuses dans l'entaille des chiffres, sur un millimètre et plus. - Vue face au NW, $\times 1/8$ environ.

3. - Nom gravé vers 1900 (probablement de militaire en manœuvre), dans le marbre rose II du rocher d'escalade. Face verticale protégée de la dissolution, encroûtements de lichens. - Vue face au Sud, $\times 1/4$.

LES CIRCULATIONS SOUTERRAINES ENTRE LE COL DE LA VANOISE ET PRALOGNAN (MASSIF DE LA VANOISE, SAVOIE)

par Jean-Paul RAMPNOUX et Gérard NICOUD (1)

I. - Localisation des sources du Creuset et de la Mousse. Délimitation du bassin versant géographique associé	72
II. - Esquisse géologique	74
III. - Analyses bactériologiques et observations sur les captages	77
Conclusion	81
Bibliographie	82

Résumé. - Une étude de la pollution des sources captées de Pralognan la Vanoise et du contexte géologique régional, a permis aux auteurs de situer le bassin versant hydrogéologique de ces sources en direction du Col de la Vanoise. Un traçage à la fluorescéine a confirmé ce résultat en même temps qu'il a apporté des données hydrodynamiques précises sur les circulations dans un milieu carbonaté karstifié de haute altitude.

Mots clés : *Pollution - Karst - Traçage - Bassin versant hydrogéologique - Col de la Vanoise.*

Summary. - SUBTERRANEAN WATER SYSTEMS BETWEEN VANOISE PASS AND PRALOGNAN (VANOISE RANGE, SAVOY).

Study of pollution of the springs used for the water supply at Pralognan la Vanoise and of the regional geological context allowed the authors to locate the hydrogeological catchment basin of these springs towards the Vanoise pass. This result has been confirmed by a fluorescein test which also brought some precise hydrogeological data about water circulation in a high altitude carbonate karst environment.

Key words : *Pollution - Karst - Fluorescein test - Hydrogeological catchment basin - Vanoise pass.*

(1) Laboratoire des Sciences de la Terre, Université de Savoie, BP 143, 73011 Chambéry Cedex.

Pralognan la Vanoise est un important centre touristique, tant hivernal qu'estival. Il est le point de départ des nombreuses randonnées pédestres en Vanoise. L'une des excursions conduit, en quelques heures, les promeneurs de Pralognan (1 420 m) au Col de la Vanoise (2 515 m) où ils peuvent séjourner dans le refuge Félix-Faure, avant de se diriger vers Termignon. Soixante mille randonneurs transitent ainsi chaque année par ce refuge et occasionnent un flux polluant d'eaux usées et d'eaux vannes durant les mois d'ouverture de l'établissement, pour l'essentiel de juillet à septembre.

Concomitamment, pour son alimentation en eau potable, la commune de Pralognan capte, loin à l'aval, les sources du Creuset et de la Mousse.

Ces sources ayant été l'objet, ces dernières années, de graves contaminations d'origine fécale, on a soupçonné une relation entre cette pollution des sources et le fonctionnement du refuge.

I. - LOCALISATION DES SOURCES DU CREUSET ET DE LA MOUSSE

DÉLIMITATION DU BASSIN VERSANT GÉOGRAPHIQUE ASSOCIÉ

(fig. 1)

1. Les sources captées.

- a) *La source du Creuset dite encore « des Fontanettes »*
(X = 944,8 ; Y = 351,4 ; Z = 1 710 m)

Elle comprend en réalité quatre émergences dont trois captées. Celles-ci sont situées dans la forêt communale du Creuset, en rive gauche du Doron de la Glière, dans les premiers contreforts du versant Nord, très abrupt, du Grand Marchet. Le débit global varie énormément, de quelques litres par seconde, à l'étiage d'hiver, à plus de 30 litres par seconde en hautes eaux, à la fonte des neiges.

- b) *La source de la Mousse, dite encore « de la cascade de La Fraîche »*
(X = 944 ; Y = 351,16 ; Z = 1 480 m)

Elle émerge elle aussi en forêt, à la base du Creux des Lanches, entre le Doron de la Glière, au Nord et le ruisseau d'Isertan, au Sud. Le débit, très important, descend rarement au-dessous de 20 litres par seconde.

2. Leur bassin versant géographique

Celui de la source du Creuset recouvre une superficie de 0,6 km². Il englobe le Bois du Creuset et une partie des parois à regard Nord du Grand Marchet.

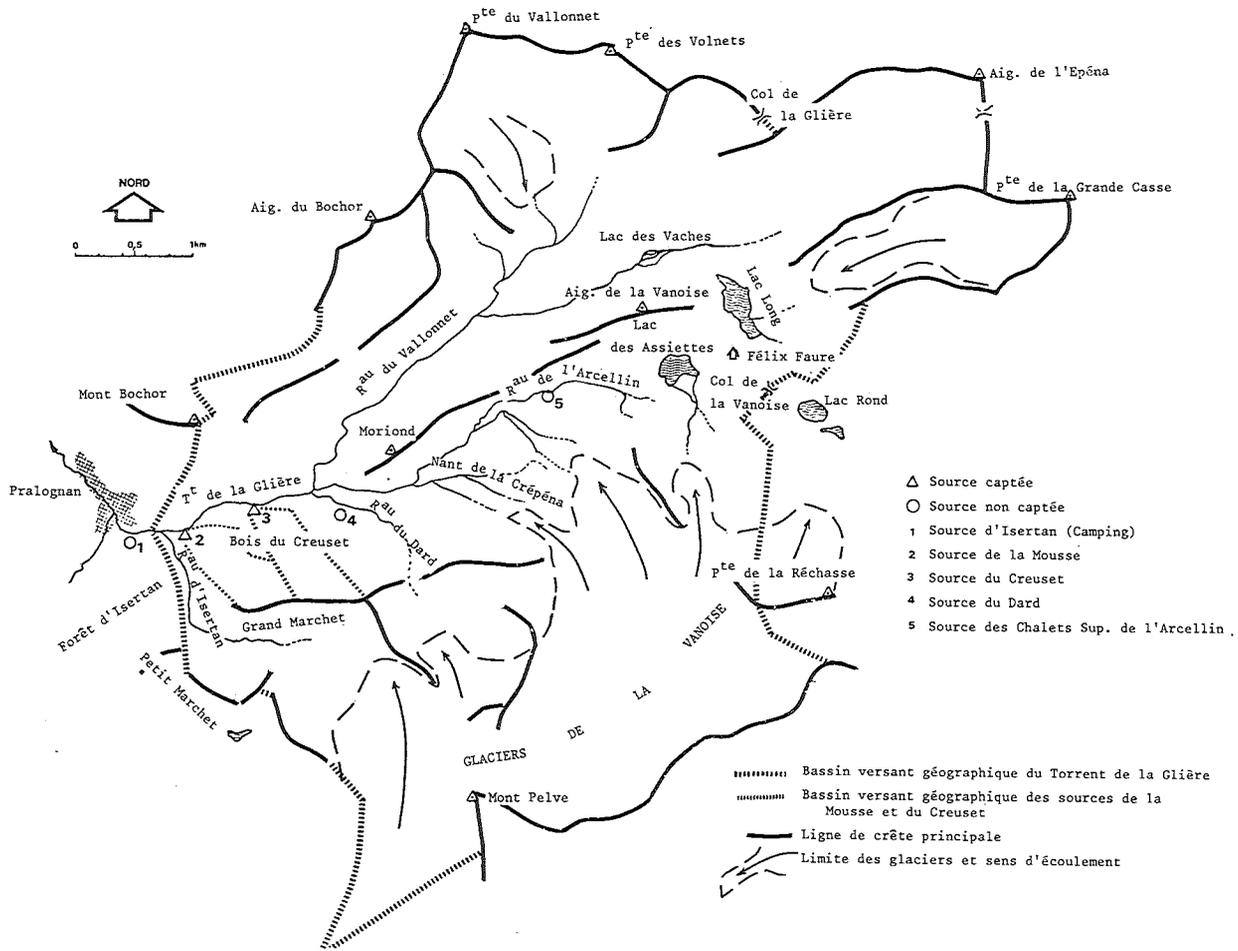


FIG. 1. - Schéma orohydrographique du bassin versant du torrent de la Glière

Le bassin versant géographique de la source de la Mousse ne dépasse pas 0,5 km² et s'étend en rive droite du ruisseau d'Isertan jusqu'à la pointe Ouest du Grand Marchet.

Ces bassins versants de surface ne sont pas en rapport avec l'importance des débits fournis par les sources. Nous sommes donc amenés à considérer les émergences de la Mousse et du Creuset comme les exutoires d'un bassin versant géologique plus vaste, incluant au moins une partie du bassin versant géographique du Doron de la Glière. Dans les séries carbonatées qui couvrent ce secteur, des phénomènes karstiques (dolines, crevasses, pertes, etc.) sont en effet visibles, en particulier au voisinage du Col de la Vanoise et dans le Grand Marchet. Nous citerons notamment la perte d'Isertan, à proximité du refuge de la Valette, et sa résurgence dans les parois du Grand Marchet, sous la Cascade d'Isertan (coordonnées Lambert II : 944,16 ; 350,5 ; 1 780 m).

II. - ESQUISSE GÉOLOGIQUE

Le secteur considéré appartient à la zone Vanoise - Mont Pourri, rattachée paléogéographiquement au domaine briançonnais. Cette zone a fait l'objet d'études fondamentales et détaillées de la part de F. ELLENBERGER (1958).

1. Stratigraphie

Très schématiquement, nous rappellerons que cette zone Vanoise-Mont Pourri qui a subi le métamorphisme alpin est représentée :

a) *par un socle paléozoïque comprenant :*

- une série permo-carbonifère où dominent des micaschistes et des schistes bleus albitiques ;
- une série néo-permienne à poudingues, schistes et quartzites argentés passant insensiblement au Werfénien constitué de quartzites blancs.

b) *par une couverture mésozoïque carbonatée comprenant :*

- un Jurassique peu puissant où ont été caractérisés, localement, le Lias, plus généralement, le Dogger et le Malm. Des brèches et des phénomènes de réduction de séries, avec exondation, hard-grounds, faciès noduleux, sont très courants ;
- un Crétacé supérieur représenté par les « marbres chloriteux », assez minces, passant lentement au « flysch » noir du Paléocène (schistes de Pralognan).

D'importantes formations quaternaires détritiques recouvrent les terrains précédemment décrits.

Nous citerons les épaisses moraines très fraîches qui tapissent le fond de vallée à l'aval des Chalets de l'Arcellin et du Col de la Vanoise, vers le lac Long et le lac des Vaches. Ces moraines marquent les différents stades de stationnement des glaciers de la Vanoise et de la Grande Casse, au cours de la régression glaciaire.

De vastes éboulis, à granulométrie grossière, drapent, par ailleurs, le pied des falaises, recouvrant aussi bien le substratum rocheux que les moraines. Enfin des alluvions fluvio-glaciaires sont décelables dans l'ombilic de Pralognan même, où elles forment des pseudo-terrasses argilo-graveleuses.

2. Tectonique (fig. 2)

Nous conserverons la terminologie de F. ELLENBERGER. En suivant cet auteur, nous pouvons rattacher la zone comprise entre le Col de la Vanoise, à l'Est, et Pralognan, à l'Ouest, au « Synclinal transverse du Col de la Vanoise ou Vanoise Médiane ».

Cette structure qui disparaît à l'Est sous la klippe de la Grande Motte (massif de la Grande Casse), à Lias prépiémontais, s'achève à l'Ouest dans l'ombilic de Pralognan où elle rejoint les écailles mésozoïques, noyées dans les gypses et cargneules, du « Synclinorium séparateur » de Modane-Champagny, zone de contact des zones Vanoise-Mont Pourri et Houillère.

Plus précisément, ce synclinal transverse du Col de la Vanoise constitue une zone synclinoriale complexe où la couverture mésozoïque, désolidarisée de son substratum, est conservée entre le Dôme de Chasseforêt s.l., au Sud, et celui du Grand Bec, au Nord.

Ainsi, en versant Sud du Doron de la Glière, on observe, sur le Néopermien et les quartzites werféniens, toute une série de replis laminaires et d'écailles dessinés dans les calcaires mésozoïques (La Réchasse, Rochers du Génépy, Pointe du Dard, Aiguilles d'Arcellin, Aiguille de la Vanoise, Grand Marchet, etc.).

Ces structures, souvent à têtes plongeantes et synclinaux renversés vers le N-NW, s'abaissent, de façon plus ou moins accentuée, vers la « cicatrice » du Doron de la Glière où affleurent épisodiquement des cargneules. Plus au Nord, un faisceau de replis dans les calcaires secondaires s'enfonce, à son tour, sous les quartzites de la Pointe de Creux noir.

Enfin, toute une série de failles SW-NE, à plongement NW, découpe l'ensemble.

En définitive, cette esquisse tectonique montre :

— D'une part et malgré la complexité structurale, *une continuité*, aux failles près, *des ensembles carbonatés depuis le Col de la Vanoise jusqu'au Grand Marchet* ;

— D'autre part, un plongement axial vers l'W-SW, en direction de Pralognan. Nous verrons plus loin que c'est ce dispositif, plus que le pendage des couches vers le N-NW, qui dirige le drainage souterrain.

III. - ANALYSES BACTÉRIOLOGIQUES ET OBSERVATIONS SUR LES CAPTAGES

Les contrôles sanitaires, régulièrement entrepris par les Services de l'Hygiène du Milieu de l'Action Sanitaire de la Savoie ont montré que depuis 1973 les sources du Creuset et de la Mousse étaient impropres à la consommation humaine, sans traitement préalable, durant la période estivale. C'est à partir de ces résultats que nous avons recherché les causes de pollution.

1. Caractéristiques de la pollution enregistrée

a) *Une origine fécale*

Les germes pathogènes découverts sont des bactéries coliformes, des *Eschérichia Coli* et des *Streptocoques fécaux*, indices d'une pollution fécale d'origine humaine ou animale.

b) *Une pollution estivale*

Dans les eaux analysées, la présence des germes pathogènes n'a été détectée que de fin juillet à fin septembre, et ce, depuis 1973.

c) *Une pollution continue*

Durant la période estivale, les analyses sont constamment défavorables, traduisant une pollution continue et, par conséquent, non accidentelle : l'agent polluant est permanent.

2. Caractéristiques des captages et des émergences

a) *Les sources du Creuset*

Elles émergent à la base d'éboulis calcaires du pied du Grand Marchet. Ces éboulis recouvrent le substratum calcaire, par là, les vrais griffons. La présence, à l'amont des captages, d'une forêt boisée, dominée par les hautes parois du Grand Marchet, et la très faible activité humaine dans le secteur font que l'on peut considérer la protection immédiate des captages comme satisfaisante. Les chambres de captages sont, par ailleurs, bétonnées et hermétiquement closes.

b) *La source de la Mousse*

Elle émerge de gros blocs éboulés, masquant, là encore, les venues au rocher, dans des conditions très comparables à celles que nous venons de décrire pour la source du Creuset. La protection immédiate nous semble ici encore fort convenable du fait de l'absence de toute activité polluante à l'amont immédiat.

Dans tous ces captages, nous avons rencontré des sables siliceux micacés ayant pour origine soit directement le socle de Chasseforêt soit les moraines du secteur.

En définitive, *l'hypothèse de pollutions immédiates, permanentes, intéressant toutes les sources à la fois, est à écarter*. Il faut donc rechercher les causes beaucoup plus loin à l'amont, en direction du Col de la Vanoise, en suivant les données structurales et lithologiques.

3. Origines possibles des pollutions

a) *Les troupeaux en alpages*

A l'heure actuelle, il n'existe pratiquement plus de troupeaux dans la Combe de l'Arcellin. Seul subsiste un peu de bétail vers les chalets de la Glière, au Nord de Moriend.

De plus, vers les années 1950-1960, lorsque l'alpagisme était intensif dans le secteur, aucune pollution n'avait été enregistrée dans les sources du Creuset et de la Mousse.

Nous pensons donc que les quelques troupeaux pâturant actuellement à l'amont de captages ne peuvent à eux seuls être à l'origine de la contamination des sources captées.

b) *Les touristes en excursion dans le parc*

La densité des promeneurs est toujours très faible, eu égard à la superficie, et n'explique pas le flux polluant permanent. Par conséquent, cette hypothèse est également à éliminer.

c) *Le refuge Félix-Faure*

Il est installé au Col de la Vanoise et se compose de trois bâtiments, dont les deux derniers ont été mis en service durant l'été 1973, en complément de l'ancien refuge. Il héberge en pleine saison (de juillet à septembre) plus de 300 personnes par jour. Les eaux usées et les effluents sont rejetés dans une fissure karstique qui affecte les calcaires crétacés, au SW d'une zone marécageuse et au-dessus du lac temporaire des Assiettes. Une autre fissure ne sert plus aujourd'hui qu'épisodiquement.

Les pollutions constatées dans les eaux du Creuset et de la Mousse suivent de peu l'ouverture estivale du refuge.

Dès lors, c'est à bon droit que des forts soupçons pesaient sur le refuge de Félix-Faure. Le réseau karstique, nous l'avons vu, pouvait fort bien propager la contamination loin à l'aval.

Des colorations s'imposaient donc pour confirmer ou infirmer cette hypothèse.

4. Colorations par traceurs fluorescents (fig. 3)

Elles ont été financées par la commune de Pralognan et suivies par le Ministère de la Qualité de la Vie, par l'Action Sanitaire et Sociale de Savoie et par le Club Alpin Français.

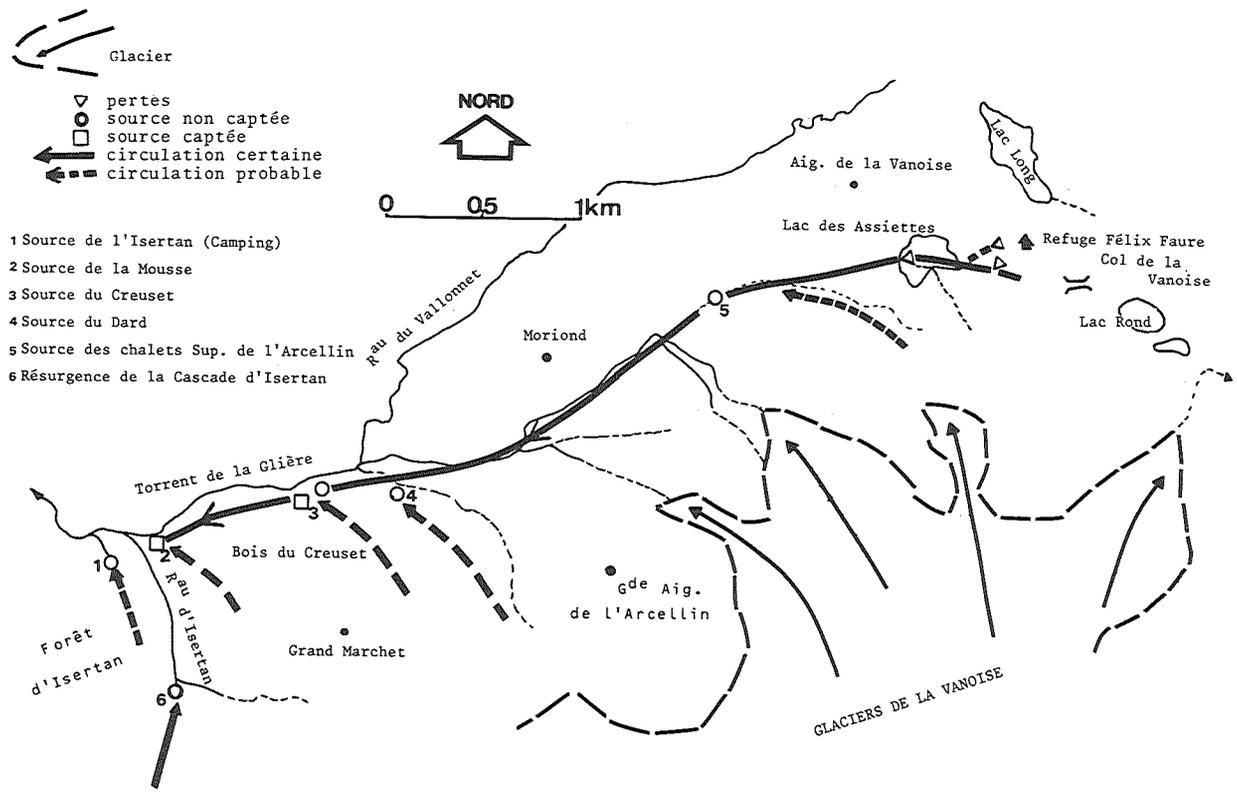


FIG. 3. - Les circulations karstiques entre le Col de la Vanoise et Pralognan

CIRCULATIONS SOUTERRAINES

L'injection de 10 kg de fluorescéine poudre, diluée dans 200 l d'eau et entraînée par 12 à 15 m³ d'eau, a été effectuée dans la fissure située au SW du refuge qui fait actuellement office d'égoût. Elle est repérable sur la carte Modane n° 2 au 1/20 000 par les coordonnées Lambert II suivantes : X = 948,5 ; Y = 352,8 ; Z = 2 512 m.

L'injection a eu lieu le 6 juillet 1976 vers 7 heures du matin et le colorant est apparu dans les sources du Creuset et de la Mousse le 7 juillet 1976 vers 5 heures du matin. Le flux coloré n'a pas duré plus de 6 heures. Le ruisseau de la Crépéna et la source du Chalet supérieur de l'Arcellin ont aussi été colorés. Ces résultats montrent des communications karstiques directes entre le Col de la Vanoise et les émergences de la Forêt du Creuset, distantes de 4,2 km. La rapidité de propagation du traceur, de l'ordre de 180 m/h et la faible dilution à l'aval, soulignent la forte taille des réseaux karstiques et, par conséquent, le très faible pouvoir filtrant des masses carbonatées.

Ce traçage a donc confirmé les hypothèses avancées quant à l'origine des contaminations et l'extension de la zone d'alimentation (bassin versant hydrogéologique) des sources du Creuset et de la Mousse.

5. Incidences des circulations de type karstique sur les paramètres physico-chimiques des sources du Creuset et de la Mousse

L'expérience de traçage du Col de la Vanoise a démontré que, dans le vallon de l'Arcellin, à allure globalement synclinale, le drainage souterrain se fait grosso-modo d'Est en Ouest, dans la direction axiale des structures (2).

Les émergences du Creuset et de la Mousse, exutoires bas du système karstique, présentent les caractéristiques physico-chimiques suivantes :

- importantes variations de débits entre la période de basses eaux (ici automne-hiver) et la période de hautes eaux (printemps-été) de fonte des neiges et des glaces ;
- variations saisonnières concomitantes des paramètres chimiques, tels que la dureté et la teneur en sulfates (3).

Ainsi la dureté moyenne (minéralisation carbonatée et sulfatée) passe de 10 °F en été à 23 °F en hiver, les eaux restant toutefois dans les normes françaises pour la consommation humaine. La teneur en sulfates quant à elle

(2) Cette remarque semble pouvoir s'appliquer à d'autres ensembles carbonatés de Savoie. C'est ainsi que, dans la partie externe des Bauges, le drainage karstique dans les calcaires urgoniens et valanginiens se fait à partir du Revard préférentiellement à la fois vers le Nord (Chéran) et vers le Sud (Leysse), vers les zones d'abaissement axial des structures et non vers l'Est, dans le sens de plongement des couches, vers le synclinal de Plaimpalais. Il y a peut être là matière à réflexion pour l'étude des circulations karstiques en pays plissés.

(3) D'après les analyses de la source du Creuset, effectuées depuis 1964 par le Laboratoire Départemental d'Analyses de la Savoie qui nous ont été aimablement fournies par le Service de l'Hygiène du Milieu de la Direction Départementale de l'Action Sanitaire et Sociale.

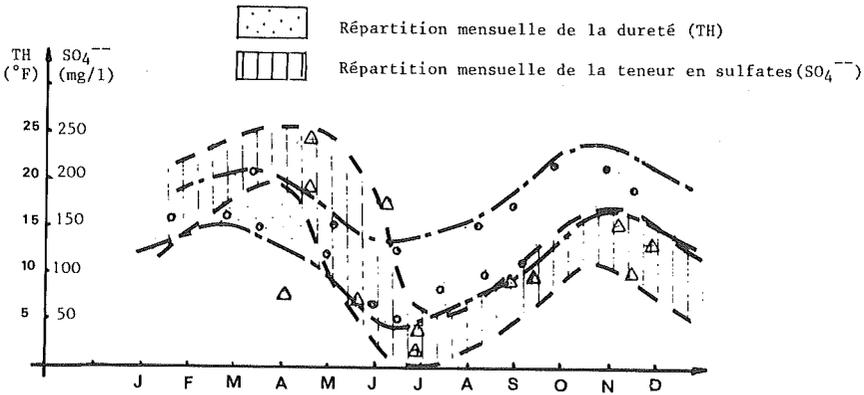


FIG. 4. — Source du Creuset :
répartition mensuelle de la dureté et de la teneur en sulfates

varie de 10 mg/l en juillet (1976) à 235 mg/l en mars (1972), ceci en raison inverse des débits.

Les faibles concentrations estivales, s'expliquent classiquement par la forte dilution due aux apports d'eau superficielle de fonte des neiges et des glaces et par les rapides transferts souterrains grâce aux *gros chenaux*.

Par contre, en hiver, les apports par la surface sont bien plus modestes, voir nuls. Seules les *fissures* débitent et les concentrations en sels sont alors bien plus importantes.

La teneur notable en sulfates semble impliquer, par ailleurs, qu'une partie de l'alimentation permanente provient de l'axe de la dépression menant au Col par le Doron de la Glière : c'est en effet là que se localisent apparemment les gypses et cargneules.

CONCLUSION

Cette étude des circulations entre le Col de la Vanoise et les sources captées du Creuset et de la Mousse nous a permis de mettre en évidence un vaste système karstique, d'orientation NE-SW, conforme aux données géologiques structurales.

La source de la Mousse, située la plus à l'aval, est l'exutoire extrême du réseau karstique. C'est pourquoi cette source garde en permanence un débit relativement soutenu.

Toutes les autres sources du Vallon, et notamment les sources du Creuset, n'en sont que des exutoires hauts, à fortes variations de débits.

Le traçage d'une partie du réseau karstique, à l'aide de fluorescéine, a précisé certains paramètres hydrodynamiques de l'aquifère calcaire, en particulier une vitesse moyenne de transit de l'ordre de 180 m/h, en période de moyennes eaux (été 1976) et un parcours de plus de 4,2 km à vol d'oiseau.

BIBLIOGRAPHIE

- ELLENBERGER (F.) 1958. — *Etude géologique du Pays de Vanoise*. Imprimerie Nationale, Paris, 561 p.
- DEBELMAS (J.) 1970. — *Guides géologiques régionaux. Alpes, Savoie et Dauphiné*. Ed; Masson, Paris, 213 p.
- RAMPNOUX (J.P.) 1974-1976. — *Rapports géologiques sur les sources du Creuset et de la Cascade de la Mousse. Commune de Pralognan la Vanoise*. Inédits.
- REVUE DU CLUB ALPIN FRANÇAIS. — 1976, 12-14.

ÉTUDE DE L'AVIFAUNE DU PARC NATIONAL DE LA VANOISE

VII. - L'AVIFAUNE DES PESSIÈRES SAVOYARDES

par Hubert TOURNIER (1), Philippe LEBRETON (2),
Denis MAGNOULOUX (1) et Marc BETHMONT (1)
(Centre Ornithologique Rhône-Alpes)

Travail dédié à la Province de Savoie

Introduction	85
I. - Milieu et techniques d'études	86
II. - Hiérarchisation des milieux et de leur avifaune	91
III. - Relations avifaune-végétation	99
IV. - Les Pessières, milieu pour l'avifaune	104
V. - Conclusions générales	107
VI. - Bibliographie	108

Résumé. - L'Epicéa *Picea excelsa* Link. est l'essence forestière dominante des Savoie, du sous-étage montagnard supérieur à l'étage subalpin (1 100 à 1 900 m d'altitude environ). Une étude a donc été conduite de l'avifaune des pessières savoyardes, 68 stations ayant été choisies dans 5 sites différents, avec le concours de 3 observateurs; en outre, comparaison a été faite avec des pessières des Alpes suisses et du Jura franco-suisse, étudiées par d'autres ornithologues.

Tant par le nombre des espèces que par celui des individus (variété, diversité, densité, biomasse, etc.), la pessièrre est un milieu relativement riche, comparée aux autres formations forestières d'altitude. Le Pinson des arbres *Fringilla coelebs*, les Mésanges huppée, boréale et noire *Parus cristatus*, *P. montanus*, *P. ater*, le Roitelet huppé *R. regulus*, etc., sont les principales espèces dominantes, accompagnées de divers Turdidés (Merles, Grives).

(1) Groupe Ornithologique Savoyard, et Université de Savoie, Jacob-Bellecombe, F 73011 Chambéry.

(2) Groupe Ornithologique de l'Ain, et Université Claude Bernard, F 69622 Villeurbanne.

Bien des nuances sont nécessaires, relatives notamment à :

- la variabilité ornithologique des pessières pures, surtout sensible au plan quantitatif (du Jura aux Alpes suisses, la biomasse varie ainsi du simple au triple); le déterminisme de telles différences est certainement complexe, difficile à préciser en l'état actuel de nos connaissances;
- l'influence manifeste des feuillus, révélée par l'étude de la formation mixte de la hêtraie-pessière (Haute-Savoie), sensible aux plans qualitatif et quantitatif. Le Merle noir *Turdus merula* est le vicariant montagnard du Merle à plastron *Turdus torquatus* subalpin; Mésange charbonnière *Parus major* et Mésange bleue *P. caeruleus* sont présentes tandis que Sizerin *Carduelis flammea* et Venturon *Carduelis citrinella* sont absents; la Sittelle *Sitta europaea* constitue une différentielle hautement constante, donc particulièrement caractéristique.

Il existe un parallélisme étroit entre diversifications et richesses végétales et aviennes, les présents résultats constituant ainsi une contribution complémentaire à la connaissance des relations végétation-avifaune, et de l'organisation des écosystèmes forestiers.

Mots clés : *Ornithologie - Alpes de Savoies - Epicéa - Relations Avifaune - Végétation.*

Summary. - A STUDY OF THE BIRD POPULATIONS IN VANOISE NATIONAL PARK. VII. - THE BIRDS OF THE SAVOY SPRUCE FORESTS.

The Spruce *Picea excelsa* Link. is the most widely spread tree species in the Savoies region, from the upper mountainous zone to the subalpine zone (from about 1 100 m to about 1 900 m). In order to study the avifauna of the Savoies Spruce forests, 68 points were sampled in 5 sites, by 3 ornithologists. Moreover a comparison was made with Spruce forests in the Swiss Alps and in the Jura range which were studied by other ornithologists.

Both in species and individuals numbers (variety, diversity, density, biomass, etc.), Spruce forests are rather rich when compared with other high elevation forests. The Chaffinch *Fringilla coelebs*, the Crested, Willow, and Coal Tits *Parus cristatus*, *P. montanus*, *P. ater*, the Goldcrest *R. regulus*, are the main dominant species together with various Turdidæ (Blackbird, Ring Ouzel, Thrushes).

However there are many shades, particularly relative :

- to the avifaunal variability of Spruce forests, mostly from the quantitative point of view (between the Jura and the Swiss Alps, bird biomass is in the ratio one to three). The reasons for such differences are certainly complex, and difficult to account for in the present state of our knowledge;
- to the obvious influence of deciduous trees, as shown by the study of the mixed Spruce/Beech forest (Haute-Savoie), both from the qualitative and quantitative points of view. The Blackbird *Turdus merula* is the mountainous vicariant of the subalpine Ring Ouzel *Turdus torquatus*. The Great and Blue Tits *Parus major* and *P. caeruleus* are present whereas the Redpoll *Carduelis flammea* and the Citril Finch *Carduelis citrinella* are not. The Nuthatch *Sitta europaea* is a highly constant differential species and is thus particularly characteristic.

Diversity and richness of vegetation and avifauna are closely linked. So that our results are a further contribution to the knowledge of the vegetation-avifauna relationships and of the organization of forest ecosystems.

Key Words : *Ornithology - Alps of Savoy - Spruce - Avifauna - Vegetation relationships.*

Zusammenfassung. – STUDIUM DER AVIFAUNA DES PARC NATIONAL DE LA VANOISE. VII. – DIE AVIFAUNA DER SAVOYISCHEN FICHTENWÄLDER.

Die Fichte *Picea excelsa* Link ist die vorherrschende Holzart des beiden Departements von Savoyen, von der oberen Montanunterstufe bis zur subalpinen Stufe (1 100 bis 1 900 m Höhe ungefähr). Die Avifauna der Savoyischen Fichtenwälder wurde erforscht, dafür wurden 68 Standorte in 5 verschiedenen gegenden gewählt, 3 Beobachter arbeiteten dabei mit. Ausserdem wurden Vergleiche mit Fichtenwäldern der Schweizer Alpen und des Französisch-Schweizerischen Jura gemacht- die bereits von anderen Ornithologen erforscht worden sind.

Sowohl durch die Zahl der Arten als auch durch die Zahl der einzelnen Vögel (Verschiedenheit, Vielfältigkeit, Dichte, Biomasse...) ist der Fichtenwald ein reicher Lebensraum, wenn man ihn mit anderen hochgelegenen Waldformationen vergleicht.

Der Buchfink *Fringilla coelebs*, die Hauben-, Weiden-, Tannenmeise *Parus cristatus*, *P. montanus*, *P. ater*, das Wintergoldhähnchen *R. regulus* sind zusammen mit verschiedenen Drosselarten (Amsel, Drossel) die vorherrschenden Arten.

Es ist nötig, Unterschiede zu machen, insbesondere auf :

– die ornithologische Veränderlichkeit der reinen Fichtenwälder, besonders was das Vorkommen betrifft (vom Jura bis zu den Schweizer Alpen schwankt die Biomasse von 1 bis 3). Die Ursache für solche Unterschiede ist sicher komplex und bei dem heutigen Stand unserer Kenntnisse schwer zu bestimmen.

– den offensichtlichen Einfluss der Laubbäume, der sich durch die Studie des Mischwaldes (Buchen und Fichten) in Hochsavoyen bewiesen hat, sowohl in der Quantität als auch in der Qualität. Die Amsel *Turdus merula* (Montanstufe) und die Ringamsel *Turdus torquatus* (subalpine Stufe) sind vikariierende Vögel. Die Kohlmeise *Parus major* und die Blaumeise *Parus caeruleus* sind vorhanden, während der Birkenzeisig *Carduelis flamma* und der Zitronenzeisig (*Carduelis citrinella*) fehlen. Der Kleiber *Sitta europaea* findet sich als sehr typisch und immer « anwesend » dies ist also ein besonders charakteristisches Merkmal.

Es besteht ein enger Parallelismus zwischen Pflanzen – und Vogelartenreichtum. Die hier aufgezeigten Ergebnisse bilden so einen ergänzenden Beitrag zur Kenntnis der Beziehungen zwischen Vegetation und Avifauna und der Organisation der Waldökosysteme.

Schlüsselwörter : Ornithologie die Alpen der Savoie- Fichte – Beziehungen zwischen der Vegetation und der Avifauna.

INTRODUCTION

Dans un précédent travail (LEBRETON *et al.*, 1976), deux d'entre nous ont rendu compte des résultats d'une étude concernant l'avifaune de 8 formations boisées de Maurienne; nous présentons ici de nouvelles données, qui restreignent et élargissent à la fois le champ de nos recherches d'ornithologie alpestre. En effet, si seules les pessières – pures ou mêlées, mais où l'épicéa *Picea excelsa* Link. demeure l'essence dominante – font l'objet de la présente communication, de nouvelles stations ont été étudiées en Tarentaise (Vanoise),

en Arve-Giffre et dans le Chablais, couvrant ainsi l'ensemble des deux départements de Savoie, avec une extension en latitude de 110 km (soit un degré).

Le choix de l'épicéa résulte de son importance dans le domaine considéré : alors qu'il couvre en France moins d'un pour cent du territoire (environ 3 % des boisements), ce résineux représente 37 % des boisements du département de la Savoie (dont il couvre plus de 10 % de la surface totale); en Haute-Savoie, l'épicéa est, plus solidement encore, installé au tout premier rang des espèces ligneuses, tenant en quelque sorte dans les Alpes du Nord le rôle joué par le mélèze dans les Alpes du Sud. Rappelons que nous devons à BARTOLI, 1966, et à GENSAC, 1967, des mémoires respectivement consacrés aux boisements de Maurienne et de Tarentaise, le second insistant tout particulièrement sur l'épicéa.

I. - MILIEU ET TECHNIQUES D'ÉTUDE

A) MILIEU D'ÉTUDE

La carte et le schéma 1 permettent de localiser les 5 zones d'étude, où un ensemble de 68 stations a été défini. Trois observateurs se sont partagé la tâche des dénombrements, respectivement en Maurienne (H.T., 1971-1973), Taren-

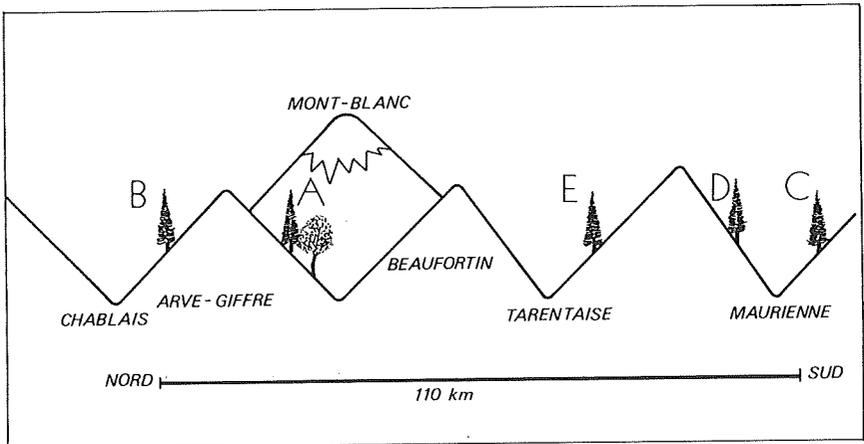
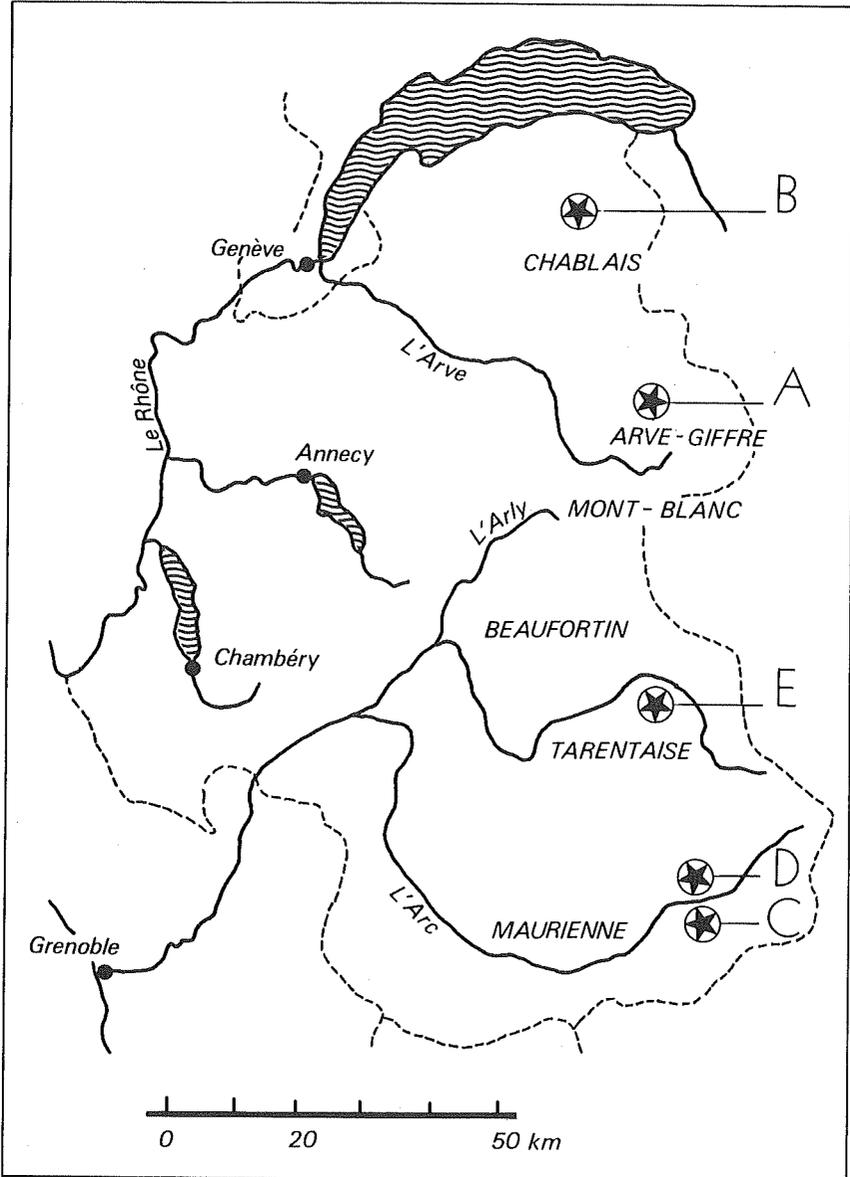


SCHÉMA 1
Localisation des zones d'étude



CARTE
Localisation des zones d'étude

taise (M.B., 1974) et Haute-Savoie (D.M., 1975-1976). Plus généralement, nous renvoyons le lecteur à l'Atlas Ornithologique Rhône-Alpes (C.O.R.A., 1977) en ce qui concerne les caractéristiques générales des quatre « districts naturels » de Maurienne, Tarentaise, Arve-Giffre et Chablais. Outre que ce dernier ressortit aux Préalpes et s'oppose ainsi surtout aux deux districts de Vanoise, la différence la plus nette porte sur la pluviosité : en cela diffèrent les deux

TABLEAU I
Caractéristiques éco-géographiques des zones d'étude

	Chablais	Arve-Giffre	Tarentaise	Maurienne
Minimum janvier	- 6,5 °C	- 8,5 °C	- 6,8 °C	- 6,7 °C
Maximum janvier	+ 1,2 °C	+ 0,0 °C	+ 2,3 °C	+ 0,9 °C
Moyenne janvier	- 2,7 °C	- 4,3 °C	- 2,2 °C	- 5,2 °C
Minimum juillet	+ 9,7 °C	+ 8,7 °C	+ 8,8 °C	+ 9,5 °C
Maximum juillet	+ 23,0 °C	+ 22,1 °C	+ 21,5 °C	+ 22,8 °C
Moyenne juillet	+ 16,4 °C	+ 15,4 °C	+ 15,2 °C	+ 14,9 °C
Pluies janvier	131 mm	113 mm	100 mm	75 mm
Pluies juillet	139 mm	146 mm	85 mm	38 mm
Pluies annuelles	1596 mm	1736 mm	978 mm	784 mm
Jours de pluie	175 jours	155 jours	142 jours	107 jours
P/t	8,5	9,5	5,6	2,6
Insolation	1950 heures	1975 heures	2125 heures	2175 heures
Coeff. pluviosaisonnier	0,94	0,77	1,18	1,12
Moyenne annuelle	+ 6,8 °C	+ 5,5 °C	+ 6,5 °C	+ 4,9 °C

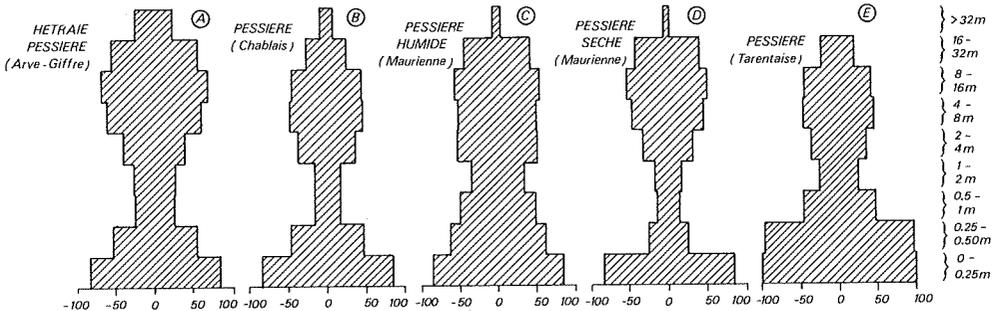


SCHÉMA 2
Profils stratigraphiques des formations étudiées

départements savoyards. On comparera aussi utilement les durées d'insolation et les coefficients pluviométriques de juillet, plus significatifs que les valeurs strictement thermiques pour apprécier le gradient climatique méridien (tabl. I).

Le tableau II donne diverses informations sur la localisation, la nature et la structure des pessières étudiées; le point essentiel est que les formations d'Arve-Giffre sont des hêtraies-pessières, ressortissant à l'étage montagnard, alors que les quatre autres formations (B, C, D et E) sont essentiellement pures

TABLEAU II
Caractéristiques écologiques des formations étudiées

Formation :	A - Hêtraie-Pessière		B - Pessière		C - Pessière humide		D - Pessière sèche		E - Pessière tarine		
District :	Arve-Giffre		<u>Chablais</u>		<u>Maurienne</u>		<u>Maurienne</u>		<u>Tarentaise</u>		
Commune :	Cluses-Samoins		Le Biot		Lanslevillard		Modane (Saint-André)		Bourg-Saint-Maurice		
Lieu-dit :	Le Cricu		Pointe du Mont		Forêt d'Arc		Buis de Saint-André et l'Orgère		Malgovert		
Altitude :	1100 m		1430 m		1800 (1700-2050)m		1850 (1750-1980)m		1800 m		
Exposition :	Sud-Ouest		Toutes orientations		Nord		Sud		Nord-Est		
Pente :	Très forte (≈ 65 %)		Très forte (≈ 70 %)		Forte (≈ 50 %)		Très forte (≈ 65 %)		Assez faible (≈ 15 %)		
Substrat :	Calcaire		Calcaire		Acide		Acide		Acide		
Climatologie :	Humide		Mésophyrophile		Mésophyrophile		Sec		Humide		
Etage :	Montagnard		Subalpin (inférieur)		Subalpin (moyen)		Subalpin (moyen)		Subalpin		
Stratification :	Recvt%	Volume m ³	Recvt.%	Volume m ³	Recvt%	Volume m ³	Recvt%	Volume m ³	Recvt%	Volume m ³	
h	0-0,05	85	0,04	91	0,05	84	0,04	84	0,04	100	0,05
	0,05-0,25	81	0,16	77	0,15	84	0,17	84	0,17	99	0,20
	0,25-0,50	54	0,14	47	0,12	62	0,15	25	0,05	97	0,24
b	0,50-1	26	0,13	18	0,09	49	0,25	15	0,07	47	0,24
	1-2	27	0,27	18	0,18	35	0,35	17	0,17	26	0,26
a	2-4	39	0,78	37	0,74	52	1,04	32	0,65	36	0,72
	4-8	60	2,40	47	1,88	51	2,04	46	1,84	45	1,80
A	8-16	68	5,44	45	3,60	55	4,40	52	4,19	43	3,44
	16-32	55	8,80	26	4,16	43	6,90	41	6,54	22	3,52
	>32	24	-	8	-	5	-	4	-	0	-
Σ V (xx phytomasse)	≈ 20 m ³		≈ 12 m ³		≈ 16 m ³		≈ 14,5 m ³		≈ 10,5 m ³		
N° strates (voir texte)	7,5		7,0		8,5		7,0		7,0		
D _v	86,3		83,2		86,3		79,1		76,1		
Productivité (m ³ /ha/an)	4,5		6		4		3		1,5		
Nombre troncs/ha	-		2058		1550		1500		1950		

(ou, du moins, fondamentalement résineuses), et situées pour l'essentiel dans l'étage subalpin. On notera aussi les altitudes et l'exposition des diverses formations, paramètres retentissant sur le climat local. Quant au schéma 2, il reproduit le « profil stratigraphique » des formations, tel que permet de l'évoquer le taux de recouvrement mesuré dans les diverses strates de végétation.

B) TECHNIQUES D'ÉTUDE

Comme dans notre précédent travail, auquel nous renvoyons le lecteur pour tout détail opportun, nous avons utilisé la technique des I.P.A. (= Indices Ponctuels d'Abondance, selon BLONDEL) pour dénombrer les populations nidifi-

TABLEAU III
Coordonnées A.F.C. des formations et des oiseaux

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Corrélation canonique	0,477	0,341	0,305	0,285
Pourcentage de l'information globale	20,4 %	10,5 %	8,4 %	7,3 %
<hr/>				
<u>Ordonnées moyennes des formations :</u>				
Hétraie - Pessièrre A	<u>+ 0,78</u>	+ 0,11	- 0,05	0,00
Pessièrre Chablais B	- 0,05	<u>- 0,40</u>	+ 0,04	<u>- 0,22</u>
P. Maurienne humide C	- 0,35	+ 0,03	<u>- 0,34</u>	+ 0,05
P. Maurienne sèche D	<u>- 0,39</u>	<u>+ 0,29</u>	<u>+ 0,27</u>	- 0,16
P. Tarentaise E	- 0,08	- 0,08	+ 0,26	<u>+ 0,45</u>
<hr/>				
<u>Ordonnées moyennes des espèces :</u>				
Mésange noire	- 0,09	- 0,13	+ 0,14	+ 0,35
Mésange boréale	- 0,26	- 0,02	0,00	- 0,18
Mésange huppée	+ 0,05	- 0,51	+ 0,37	- 0,17
Sittelle	<u>+ 1,84</u>	+ 0,43	- 0,19	- 0,21
Grimpereau des bois	+ 0,46	- 0,27	+ 0,05	- 0,01
Merle noir	+ 1,23	+ 0,79	- 0,05	- 0,30
Merle à plastron	- 0,47	- 0,35	- 0,01	- 0,47
Accenteur mouchet	- 0,40	- 0,06	- 0,20	- 0,16
Fauvette à tête noire	+ 0,76	<u>- 0,63</u>	- 0,07	<u>- 0,97</u>
Pouillot véloce	- 0,09	- 0,05	- 0,78	+ 0,12
Pouillot de Bonelli	<u>- 0,99</u>	+ 1,55	<u>- 1,50</u>	- 0,08
Roitelet triple-bandeau	+ 0,49	+ 0,08	+ 0,02	+ 0,06
Venturon	- 0,86	<u>+ 1,72</u>	<u>+ 1,36</u>	- 0,66
Sizerin	- 0,47	+ 0,49	- 0,99	<u>+ 2,33</u>
Cassenoix	+ 0,07	- 0,07	+ 0,20	- 0,07

(les espèces "extrêmes" ont leurs ordonnées factorielles soulignées)

catrices : un coefficient spécifique permet d'accéder ainsi à la densité, exprimée en couples/10 ha.

De même avons-nous employé, pour le traitement de la matrice de données (29 espèces \times 68 stations) (3), une méthode désormais classique d'analyse multivariée : l'Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C.), combinée à d'autres techniques telles que TACO (Taxonomie des Correspondances) et la recherche de corrélations, le tout programmé par les soins du Laboratoire de Biométrie de l'U.E.R. des Sciences de la Nature de l'Université Claude Bernard, et réalisé au C.C.I.L.S. (Centre de Calcul Interuniversitaire Lyon-Saint-Etienne). Le tableau III fournit les barycentres des 5 formations et les coordonnées des principales espèces aviennes sur les 4 premiers axes factoriels.

D'une manière générale, les symboles, notations et abréviations ici utilisés sont ceux définis dans notre précédent travail (*Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, VII, 1976, p. 169).

II. - HIÉRARCHISATION DES MILIEUX ET DE LEUR AVIFAUNE

A) PRINCIPAUX RÉSULTATS

Le tableau IV traduit les valeurs moyennes d'I.P.A. dans les 5 formations; figurent également les fréquences centésimales des espèces sur l'ensemble des stations, ainsi que le nombre total et moyen d'espèces (Gallinacés, Rapaces et Beccroisé exclus).

Le tableau V traduit ces données en termes de densités, fournissant en outre des informations relatives à la part prise par les gros Turdidés (Merles et Grives) et par les Paridés (Mésanges) dans les peuplements; on trouve également une répartition de l'avifaune en catégories écologiques de nidification (espèces nichant respectivement dans les cavités, dans le feuillage, et au sol); de même en ce qui concerne l'indice de sédentarité, calculé par rapport aux espèces ou aux individus.

Des densités, il est aisé de passer aux biomasses totales, connaissant les biomasses individuelles moyennes, tirées de GEROUDET, ce que résume le tableau VI pour les 5 premières espèces, les gros Turdidés, les Mésanges et l'ensemble du peuplement moyen de chaque formation. Le tableau VII reprend certaines de ces données et y ajoute le nombre d'espèces dominantes ($d \geq 2 \bar{d}$),

(3) Trop volumineux pour être reproduits ici, cette matrice et le « listing » d'ordinateur sont déposés au Siège du C.O.R.A., Université Claude Bernard.

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

TABLEAU IV
Valeurs moyennes des I.P.A. aviens

	Avre-Giffre (11 stat.) A-I	Chablais (12 stat.) B-I	Maurienne (15 stat.) C-II	Maurienne (15 stat.) D-II	Tarentaise (15 stat.) E-III
1 Pic noir	0,18 (27 %)	0,25 (25 %)	-	-	0,13 (13 %)
2 Pic épeïche	0,05 (9 %)	-	0,50 (73 %)	0,77 (67 %)	0,40 (47 %)
3 Troglodyte	3,50 (100 %)	2,29 (100 %)	2,10 (100 %)	0,67 (53 %)	0,80 (73 %)
4 Acc. mouchet	1,09 (55 %)	1,83 (92 %)	2,67 (100 %)	1,90 (93 %)	0,47 (40 %)
5 Rougegorge	3,14 (100 %)	1,63 (100 %)	1,47 (87 %)	1,27 (87 %)	2,07 (100 %)
6 Merle à plastron	0,18 (18 %)	3,71 (100 %)	2,17 (100 %)	2,03 (87 %)	0,20 (20 %)
7 Merle noir	1,86 (73 %)	0,17 (17 %)	0,17 (27 %)	0,33 (40 %)	-
8 Grive musicienne	1,00 (64 %)	0,25 (17 %)	0,47 (47 %)	0,27 (27 %)	0,47 (40 %)
9 Grive drainée	1,68 (100 %)	0,17 (17 %)	0,07 (7 %)	0,13 (13 %)	-
10 Fauvette des jardins	0,18 (9 %)	0,25 (25 %)	1,00 (53 %)	-	-
11 Fauvette tête noire	0,55 (36 %)	0,83 (50 %)	-	-	-
12 Fauvette babillarde	-	-	0,07 (7 %)	0,07 (7 %)	-
13 Pouillot véloce	0,55 (45 %)	0,42 (25 %)	1,07 (87 %)	0,07 (7 %)	0,07 (7 %)
14 Pouillot Bonelli	-	-	0,53 (33 %)	0,20 (20 %)	-
15 Roitelet huppé	3,05 (100 %)	2,33 (92 %)	1,07 (80 %)	0,77 (73 %)	0,90 (67 %)
16 Roitelet triple band.	2,09 (82 %)	0,67 (50 %)	0,33 (33 %)	0,67 (60 %)	0,57 (53 %)
17 Mésange boréale	1,05 (55 %)	1,75 (92 %)	1,83 (100 %)	1,63 (100 %)	0,60 (53 %)
18 Mésange huppée	1,32 (91 %)	2,08 (75 %)	0,33 (33 %)	0,87 (67 %)	0,90 (80 %)
19 Mésange noire	3,27 (100 %)	3,67 (92 %)	3,33 (100 %)	2,07 (100 %)	4,20 (100 %)
20 Mésange charbonnière	0,45 (27 %)	-	-	-	-
21 Mésange bleue	0,18 (18 %)	-	-	-	-
22 Grimp. bois	1,95 (91 %)	1,29 (83 %)	0,50 (47 %)	0,20 (20 %)	0,47 (53 %)
23 Sittelle	2,32 (100 %)	-	-	-	-
24 Pinson	3,64 (100 %)	3,50 (100 %)	6,30 (100 %)	5,77 (100 %)	3,27 (100 %)
25 Sizerin	-	-	0,20 (13 %)	-	0,07 (13 %)
26 Venturon	-	-	0,20 (20 %)	1,07 (73 %)	0,13 (13 %)
27 Bouvreuil	1,23 (91 %)	1,58 (100 %)	1,07 (93 %)	0,70 (93 %)	1,03 (60 %)
28 Geai	-	-	0,07 (13 %)	0,03 (7 %)	0,07 (13 %)
29 Cassenoix	0,59 (50 %)	0,46 (50 %)	0,20 (33 %)	0,47 (80 %)	0,20 (27 %)
Nombre total d'espèces St	24	20	24	22	20
Nombre moyen d'espèces S	15,9 ± 1,4	13,6 ± 1,8	14,6 ± 1,4	13,3 ± 1,8	9,7 ± 1,9

subdominantes ..., ainsi que la diversité H' et l'équitabilité E (calculées selon SHANNON et WEAWER); des moyennes sont présentées, concernant les 4 formations pures d'épicéas.

B) DISCUSSION DES RÉSULTATS

Selon F_1 , l'A.F.C. sépare nettement les stations de hêtraie-pessière de toutes les autres stations, correspondant aux pessières pures. Cette distinction

AVIFAUNE DES PESSIÈRES SAVOYARDES

TABLEAU V
Conversion des I.P.A. en densités (c/10 ha)

	Hâtraie-Pessière A	Chablais B	Maurienne "humide" C	Maurienne sèche D	Tarentaise E	Moyenne B-C-D-E
1 Pinson	7,3 (5ème)	7,0 (4ème)	12,6 (1er)	11,5 (1er)	6,5 (2ème)	9,4 (± 32 %)
2 Mésange noire	5,9 (7ème)	6,6 (5ème)	6,0 (3ème)	3,7 (4ème)	7,6 (1ère)	6,0 (± 35 %)
3 Roitelet huppé	12,2 (1er)	9,3 (1er)	4,3 (7ème)	3,1 (6ème)	3,6 (5ème)	5,1 (± 50 %)
4 Bouvreuil	5,5 (8ème)	7,1 (3ème)	4,8 (5ème)	3,1 (6ème)	4,6 (3ème)	4,9 (± 40 %)
5 Mésange boréale	3,2 (11ème)	5,3 (6ème)	5,5 (4ème)	4,9 (2ème)	1,8 (9ème)	4,4
6 Acc. Mouchet	2,7 (13ème)	4,6 (9ème)	6,7 (2ème)	4,7 (3ème)	1,2 (11ème)	4,3
7 Mésange huppée	5,3 (9ème)	8,3 (2ème)	1,3 (12ème)	3,5 (5ème)	3,6 (5ème)	4,2
8 Rougegorge	6,9 (6ème)	3,6 (11ème)	3,2 (8ème)	2,8 (8ème)	4,5 (4ème)	3,5 (± 28 %)
9 Troglodyte	7,7 (4ème)	5,0 (8ème)	4,6 (6ème)	1,5 (12ème)	1,8 (9ème)	3,2
10 Grimp. Bois	7,8 (3ème)	5,2 (7ème)	2,0 (11ème)	0,80	1,9 (8ème)	2,5
11 Roit. triple baud	8,4 (2ème)	2,7 (12ème)	1,3 (12ème)	2,7 (9ème)	2,3 (7ème)	2,2
12 Merle plastron	0,18	3,7 (10ème)	2,2 (10ème)	2,0 (11ème)	0,20	2,0
13 Pouillot véloce	1,3 (15ème)	1,0 (13ème)	2,5 (9ème)	0,17	0,17	0,96
14 Venturon	-	-	0,40	2,1 (10ème)	0,26	0,69
15 Pic épeiche	0,05	-	0,52	0,80	0,42	0,44
16 Grive musicienne	1,2 (16ème)	0,29	0,55	0,31	0,55	0,43
17 Pouillot Bonelli	-	-	1,1 (14ème)	0,40	-	0,38
18 Cassenoix	0,59	0,46	0,20	0,47	0,20	0,33 (± 40 %)
19 Fauvette Jardins	0,18	0,25	1,0 (15ème)	-	-	0,31
20 Merle noir	2,9 (12ème)	0,27	0,27	0,52	-	0,27
21 Fauvette tête noire	0,55	0,83	-	-	-	0,21
22 Pic noir	0,36	0,50	-	-	0,26	0,19
23 Sizerin	-	-	0,40	-	0,14	0,14
24 Grive draine	1,3 (14ème)	0,14	0,06	0,10	-	0,08
25 Fauv. babillarde	-	-	0,14	0,14	-	0,07
26 Geai	-	-	0,07	0,03	0,07	0,04
27 Sittelle	3,3 (10ème)	-	-	-	-	-
28 Mésange charbon.	0,77	-	-	-	-	-
29 Mésange bleue	0,72	-	-	-	-	-
TOTAUX :	86,3 c/10 ha	72,1	61,7	49,3	41,7	(56 c/10 ha)
Gros Turdidés	5,6 (6,5 %)	4,4 (6,1 %)	3,1 (5,0 %)	2,9 (5,9 %)	0,75 (1,8 %)	2,8 (5 %)
Mésanges	15,8 (18,3 %)	20,2 (28,0 %)	12,8 (20,7 %)	12,1 (24,5 %)	13,0 (31,2 %)	14,5 (26 %) ± 5
Cavernicoles % :	32	36	25	28	37	31 %
Arboricoles % :	51	52	61	63	48	56 %
"terricoles" % :	17	12	14	9	15	13 %
Indice de sédentarité: par/individus	66 %	67 %	58 %	59 %	63 %	62 %
par/espèces	54 %	50 %	50 %	50 %	62 %	53 %

TABLEAU VI
Principales biomasses aviennes

	A	B	C	D	E	B-C-D-E
1 Pinson	319 g (9,1 %) 3ème	307 (9,4 %) 3ème	552 (20,9 %) 1er	504 (21,6 %) 1er	285 (17,1 %) 2ème	412 (17 %)
2 Merle plastron		816 (25,0 %) 1er	484 (18,4 %) 2ème	440 (18,9 %) 2ème		446 (17 %)
3 Bouvreuil	354 (10,0 %) 2ème	455 (13,9 %) 2ème	307 (11,7 %) 3ème	198 (8,5 %) 3ème	294 (17,7 %) 1er	314 (13 %)
4 Acc. Mouchet			261 (9,9 %) 4ème	183 (7,9 %) 4ème		167 (6,5 %)
5 Mésange noire			144 (5,5 %) 5ème		182 (11,0 %) 3ème	144 (6 %)
Cassenoix				165 (7,1 %) 5ème		
Pic noir		280 (8,6 %) 4ème			146 (8,8 %) 5ème	
Rougegorge	249 (7,1 %) 4ème				162 (9,7 %) 4ème	
Mésange huppée		183 (5,6 %) 5ème				
Grive draine	248 (7,1 %) 5ème					
Merle noir	516 (14,7 %) 1er					
5 premières espèces	1686 g (48,5 %)	62,5 %	66,4 %	64,0 %	64,3 %	66 ± 2 %
Gros Turbidés	979 (27,9 %)	932 (28,5 %)	625 (23,7 %)	596 (25,6 %)	127 (7,6 %)	570 (21,4 %)
Mésanges	362 (10,3 %)	468 (14,3 %)	305 (11,6 %)	283 (12,2 %)	305 (18,3 %)	340 (14,1 %)
B_i , biomasse du peuplement	3508 g	3268 g	2636 g	2329 g	1663 g	2475 g

TABLEAU VII
Principales caractéristiques des avifaunes

Variable Formation	S _t	\bar{s}	$d \geq 0,5$ Ppales	$d \geq 2\bar{d}$ Dom.	$d \geq \bar{d}$ Sub.Dom.	d c/10ha	B _i g/10ha	H' bits	E %	B _i g
A. Hêtraie-Pessièrre	24	15,5 + 1,4	20	5	9	86,4	3535	3,95	86,4	20,5
B. Chablais	20	13,0 + 1,8	15	2	10	72,1	3268	3,75	86,9	22,7
C. Maurienne humide	24	13,9 + 1,4	17	4	8	61,7	2636	3,77	82,5	21,4
D. Maurienne sèche	23	12,8 + 1,7	15	3	9	49,4	2341	3,70	82,9	23,7
E. Tarentaise Malgovert	20	9,7 + 1,9	12	4	7	41,7	1663	3,53	81,7	18,5
<u>Moyennes</u> (sur B-C-D-E) Pessièrres pures	Total (26)	12,4	(14)	(5)	(11)	56 (+ 26%)	2480 (+ 32%)	3,69 (+ 0,10)	83,5 (+ 3%)	21,6 (+ 12%)

est confirmée par TACO, qui isole 10 des 11 stations de hêtraie-pessière (exception : station n° 7), sur la base des données ornithologiques suivantes : présence de la Sittelle, des Mésanges charbonnière et bleue; plus grandes densités et fréquences de gros Turdidés (Merle noir, Grives draine et musicienne).

Nous aurions d'autres arguments pour distinguer hêtraie-pessière et pessière pures, mais la question à poser ici est la suivante : cette coupure ornithologique est-elle due à la présence de feuillus, ou à la situation montagneuse des formations mixtes (encore que les deux termes de l'alternative soient corrélés, et celle-ci, par le fait, délicate à résoudre)? Nous inclinons plutôt pour la première interprétation, car la césure sur F_1 est nette entre les hêtraies-pessières d'Arve-Giffre et les pessières pures du Chablais, dont les

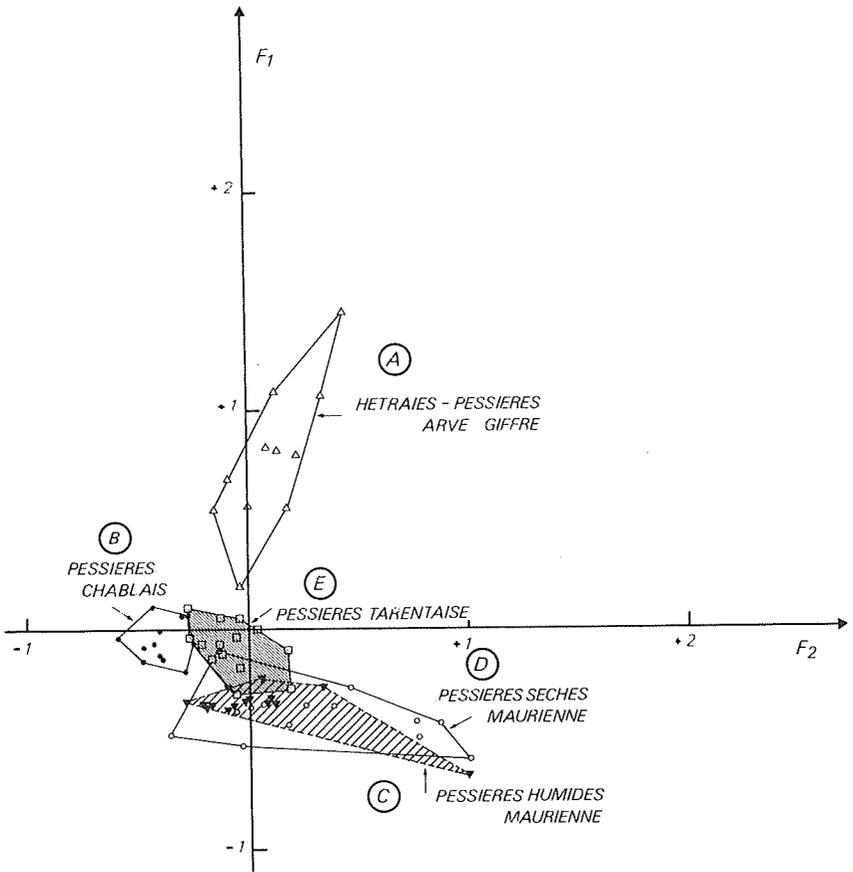


FIG. 1. - Etalement des formations dans le plan F_1 - F_2 de l'A.F.C.

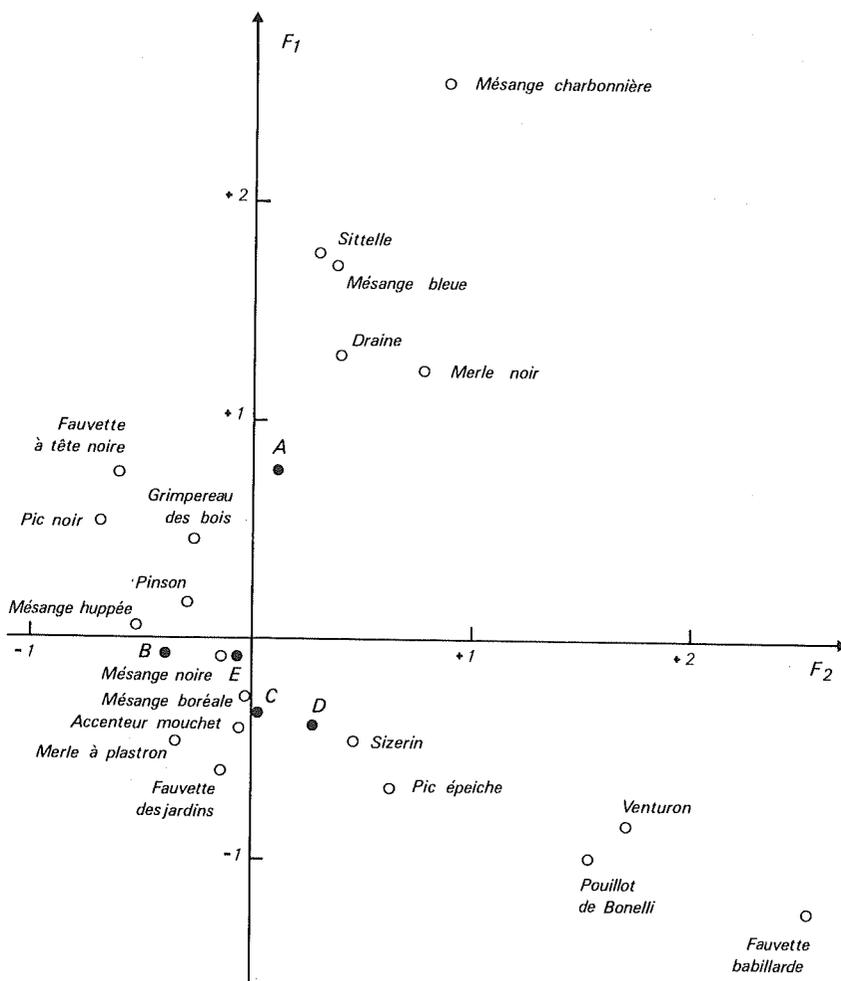


FIG. 2. - Etalement des oiseaux dans le plan F_1 - F_2 de l'A.F.C.

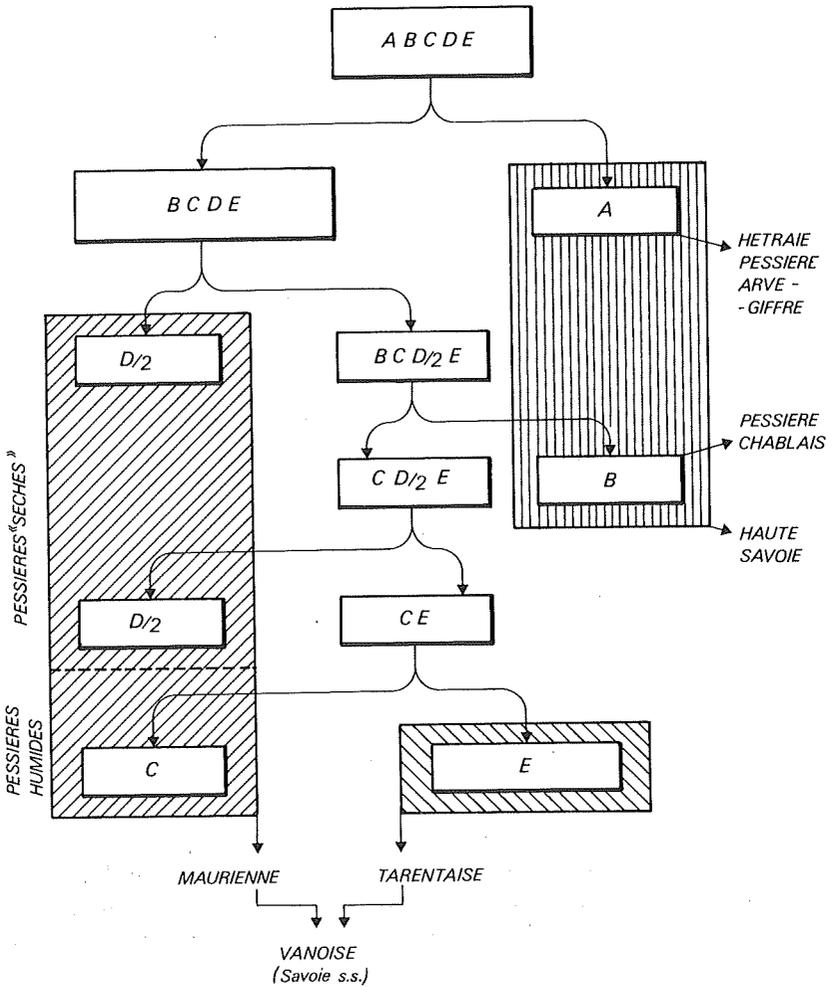
altitudes sont relativement proches : 1 100 et 1 430 m, alors que les pessières de Savoie se situent autour de 1 800 m, franchement dans le subalpin (4).

Sans résoudre parfaitement l'ambiguïté - pour les mêmes raisons -, le rôle joué dans la séparation des formations par des espèces comme les Mésanges

(4) Soulignons que la dérive climatique réduit (d'une bonne centaine de mètres) les écarts d'altitude entre les formations septentrionales et méridionales de la région.

charbonnière et bleue et par le Merle noir va également dans le sens d'une interprétation d'ordre *physionomique* (= rôle des feuillus) plus que *climatique* (notion d'étage au sens restreint du terme).

Cette première séparation faite, les quatre pessières pures restent relativement confuses selon F_1 mais l'étalement des formations et des principales espèces aviennes dans le plan F_1 - F_2 (fig. 1 et 2) permet de poursuivre l'analyse du système-pessière. Ainsi les deux formations de Maurienne (C et D) sont-elles



SCHEMA 3

Dichotomie automatique (TACO) des formations à partir de leur avifaune

relativement proches, alors que la Tarentaise (E) tend à cet égard vers le Chablais (B); Fauvette babillarde et Fauvette à tête noire occupent corrélativement des positions extrêmes, alors que la Fauvette des jardins est en situation intermédiaire. On pourrait aussi évoquer d'autres espèces, comme Pic noir et Pouillot de Bonelli respectivement.

Plus précisément encore, une projection des 5 barycentres A, B, E, C et D sur la seconde diagonale des axes F_1 - F_2 ordonne formations et oiseaux en évoquant un rôle du facteur hydrique; effectivement, une excellente corrélation ($r = +0,962$; $p < 1\%$) existe entre l'ordonnée des barycentres projetés sur la diagonale, et la pluviométrie annuelle correspondante. Quant à F_3 , il oppose surtout les deux types de pessières de Maurienne, séparation dont notre précédent travail a montré qu'elle s'opérait grâce à des espèces comme le Pouillot véloce, le Sizerin et la Fauvette des jardins.

L'analyse TACO déjà évoquée autorise des dichotomies successives (en négligeant quelques coupures mineures, bien que précoces):

- la quatrième coupure (sur la base du Venturon) isole 8 des 15 stations de Maurienne sèche (toutes à ordonnée *positive* selon F_2);

- la coupure suivante (acquise surtout par le Merle à plastron, le Pic noir, la Fauvette à tête noire) isole - accompagnées de 3 stations de Vanoise - 10 des 12 stations de pessières du Chablais;

- la sixième coupure (basée sur le Pic épeiche, opposé au Troglodyte) isole cette fois les 6 stations de Maurienne sèche à ordonnée *négative* sur F_2 ;

- la septième - et dernière utilisable - coupure fait ressortir 13 des 15 stations tarines (en raison de la faiblesse de l'Accenteur mouchet et du Merle à plastron en Tarentaise);

- reste sensiblement le type des pessières « humides » de Maurienne, du moins pour 10 des 15 stations étudiées.

Le schéma 3 résume cette analyse, révélant à concurrence du plan F_1 - F_2 les interrelations des diverses pessières, pures ou mêlées, du montagnard au subalpin, du nord au sud, sinon de l'humide au sec.

III. - RELATIONS AVIFAUNE - VÉGÉTATION

Les précédents résultats nous amènent à traiter séparément des hêtraies-pessières d'une part, des pessières pures de l'autre. Une première étape est de comparer les avifaunes respectives des formations pour mieux comprendre l'organisation de celles-là, à mettre elle-même en relation avec la végétation dans une seconde étape.

A) STRUCTURE DE L'AVIFAUNE

L'avifaune des hêtraies-pessières est plus diverse (qu'elle soit mesurée par S , \bar{S} ou H' ; voir tabl. IV et VII) que celle des pessières pures. Parmi ces dernières, les formations de Tarentaise sont les plus pauvres, ce que dénonce particulièrement la variété moyenne \bar{S} : moins de 10 espèces contre 14 ailleurs. On pourrait songer à un éventuel « effet-observateur », mais l'absence du Merle noir et de la Grive draine (et celle des Sylviidés) est certainement significative.

Au plan de l'abondance, la conclusion est identique (5), qui place Arve-Giffre (86 c/10 ha) et Tarentaise (42 c/10 ha) aux deux bouts de l'échelle, encore que les pessières pures, étudiées par les 3 observateurs, ne s'écartent que relativement peu d'une moyenne égale à 56 c/10 ha ($\pm 25\%$). La biomasse individuelle moyenne \bar{B}_i des pessières de Tarentaise est plus faible qu'ailleurs, fait dû à la pauvreté en gros Turdidés, ce que confirme le tableau VI : moins de 8 % de la biomasse totale ΣB , alors que cette grandeur atteint $26 \pm 2\%$ chez les quatre autres formations, hêtraies-pessières y compris. Le seul paramètre écologique pouvant distinguer les pessières de Tarentaise des autres formations est leur faible pente favorisant peut-être un micro-climat plus sévèrement venté.

Inversement, les Paridés ont en Tarentaise un « poids » relatif plus important qu'en Arve-Giffre — ou qu'ailleurs —, essentiellement grâce à la Mésange noire. Comme à propos de la densité totale Σd , la hêtraie-sapinière l'emporte largement en biomasse totale, la valeur de 3 535 g/10 ha n'étant approchée que par la pessièrre chablaisienne (3 268 g/10 ha), arrosée et tempérée, donc favorable à plusieurs titres.

Des relations existent entre biomasse et variété aviennes : alors que la somme des biomasses des 5 premières espèces (en poids) atteint régulièrement les deux tiers de la biomasse totale dans les pessières pures, elle n'en représente pas la moitié dans les hêtraies-pessières, ce qui — comme H' — témoigne d'une plus grande diversité chez ces dernières. Corrélativement, alors que le peuplement avien du mélèzein (voir Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise, VII, 1976, p 238) révélait une structure conforme à la loi de Motomura, la courbe représentant le logarithme de la densité avienne en fonction du rang des espèces présente pour la hêtraie-pessièrre une concavité vers le bas (voir fig. 3), témoignant d'une nomocénose particulière (cf. DAGET *et al.*, 1972).

Des relations de proportionnalité existent entre densité (ou biomasse) et variété (ou diversité) aviennes; la meilleure d'entre elles existe entre H' et Σd , avec $r = +0,927$ (d'où risque statistique p inférieur à 1 %).

En ce qui concerne les catégories écologiques (voir tabl. V), on peut noter une légère supériorité des espèces « terricoles » (= nichant au sol) dans les hêtraies-pessières, alors que les pessières de Maurienne se démarquent des autres formations par une proportion plus élevée de nidificateurs « arboricoles »

(5) Une hêtraie-sapinière suisse (Sempach, LU; 580 m) abritait une trentaine d'espèces et 126 couples sur 10 hectares (GLUTZ VON BLOTZHEIM, 1962).

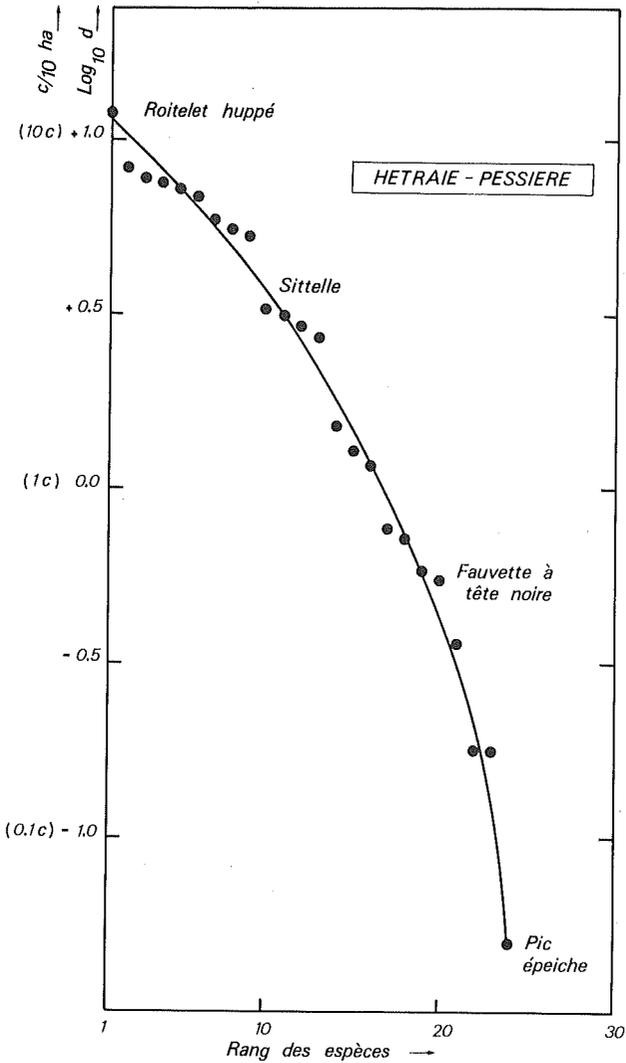


FIG. 3. - Structure d'un peuplement :
la hêtre-pessière analysée comme nomocénose

(62 % contre 50 % des individus) et, corrélativement, par une moindre importance des cavernicoles (26 % contre 35 %) : la responsabilité en revient à une relative pauvreté des Mésanges, notable pour les densités ($\Sigma d = 12-13$ c/10 ha, contre 13-20 c/10 ha, pour les 3 espèces adeptes des résineux : Mésanges noire, alpestre et huppée), comme pour les biomasses (voir tabl. VI).

Bien qu'une des formations échappe à l'étage subalpin, les indices de sédentarité (calculés sur le nombre d'espèces, ou d'après les densités; voir tabl. V) restent du même ordre pour toutes les formations (6); on notera tout au plus un indice spécifique légèrement plus élevé pour les pessières tarines, fait dû à l'absence d'espèces notoirement migratrices dans le contexte: Merle noir, plusieurs Sylviidés (Fauvettes, Pouillot de Bonelli).

B) RELATIONS VÉGÉTATION-AVIFAUNE

De même, d'étroites corrélations – dont le principe a été énoncé par ailleurs (BLONDEL, FERRY et FROCHOT, 1973) – existent-elles entre les diverses expressions quali-quantitatives de structure de la végétation et de l'avifaune, celle-là conditionnant celle-ci à titre d'habitat et/ou de nourriture.

La somme des recouvrements dans les diverses strates permet d'accéder aux volumes (voir tabl. II) soit, à un facteur près – du même ordre de grandeur pour les présentes formations – aux phytomasses (= biomasses végétales). Quant à la diversité végétale, elle peut être formulée de plusieurs façons; de la plus simple à la plus sophistiquée, on peut envisager: le nombre total de strates N (ou, ce qui revient au même, le rang de la strate-toit); le nombre de strates « effectives » N' (7); une formule combinatoire empruntée à BLONDEL *et al.*, 1973, $D_v = \log_2 C_R^N$ où N est le nombre total de strates (multiplié par 10) et R la somme des recouvrements, exprimés ici en fractions décimales (8).

En ce qui concerne les relations de diversité végétation-avifaune, la meilleure corrélation linéaire est obtenue entre D_v et H' , avec $r = +0,882$ (risque statistique voisin de 3 %) (voir tabl. VIII); une légère amélioration ($r = +0,908$) est obtenue en remplaçant H' par $\log_2 \bar{S}$, mais la notion de strate est peu explicite dans le cas présent.

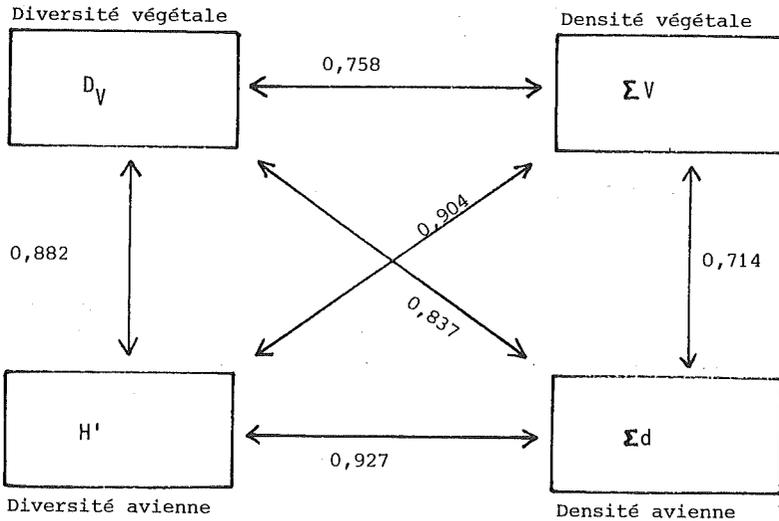
La relation est moins bonne entre densités végétale et avienne ($\Sigma d = f(\Sigma V)$: $r = +0,714$; $p \sim 10$ %) qu'elle ne l'est entre diversité avienne et densité végétale ($H' = f(\Sigma V)$: $r = +0,904$; $p \sim 1$ %), ou même entre densité avienne et diversité végétale ($\Sigma d = f(D_v)$: $r = +0,837$; $p \sim 4$ %). Ceci tendrait à prouver que le facteur trophique est ici moins déterminant que le facteur

(6) La hêtraie-pessière est peut-être plus clémente en mauvaise saison, vu sa moindre altitude, mais la chute des feuilles vient sans doute y contre-balancer cet avantage.

(7) Somme des strates décomptées comme suit: 0 pour une strate totalement vide; 0,5 pour une strate dont le recouvrement est compris entre 0 et 30 %; 1 au-delà de 30 %.

(8) Ainsi, pour la hêtraie-pessière, a-t-on $N = 90$ et $R = 44$ ($8 + 5 + 3 + 3 + 4 + 6 + 2$); $\log_{10} C_{44}^{90} = 26,01$, d'où $\log_2 C_{44}^{90} = 86,3$. La formulation décimale, accessible à partir des tables et des calculatrices usuelles, a été préférée à l'expression centésimale, dont la précision ne doit pas faire illusion.

TABLEAU VIII
Corrélations végétation-avifaune



(n = 5, v = 4)

{	r = 0,729	0,811	0,917
{	p = 10 %	5 %	1 %

habitat pour conditionner le nombre d'espèces et d'individus aviens (9); il n'en demeure pas moins qu'une certaine relation de proportionnalité relie entre elles diversité et densité végétales ($\Sigma V = f(D_V) = +0,758$; $p \sim 8\%$). Le tableau VIII résume l'ensemble des corrélations entre variables végétales et aviennes.

Si nous recherchons maintenant des relations entre variables aviennes et climatiques (densité et biomasse; précipitations annuelles et température moyenne calculée), la meilleure relation linéaire est obtenue entre densité avienne et pluviosité ($\Sigma d = f(P_{mm})$; $r = +0,862$; $p \sim 3\%$).

Quoi qu'il en soit de ces diverses relations, directes ou indirectes, nous pouvons affirmer que la hêtraie-pessière est un milieu dont l'avifaune est qualitativement plus riche que celle des pessières pures; les feuillus - et les conditions climatiques - sont en effet des éléments de diversification et d'enrichissement dont bénéficient simultanément espèces et individus aviens. Entre pessières, une relation du même ordre, évidemment plus nuancée, relie l'avifaune à la végétation: le milieu le plus pauvre, climatiquement et botani-

(9) Bien qu'il existe une très forte liaison ($r = +0,972$) entre densité et biomasse totales aviennes, le remplacement de la densité Σd par la biomasse ΣB n'améliore pas les présentes corrélations.

quement parlant (formation E, Tarentaise), est également le moins accueillant pour l'avifaune. Entre les pessières de Maurienne (voir notre précédent travail, *loc. cit.*), physionomiquement proches malgré certaines différences au niveau de la strate buissonnante, l'exposition d'adret (sécheresse...) constitue le facteur limitant prépondérant.

IV. - LES PESSIÈRES, MILIEU POUR L'AVIFAUNE

Nous nous proposons de dresser ici le profil moyen des pessières *pures*, et de leurs propriétés écologiques à l'égard de l'avifaune; une première synthèse sera faite au niveau des formations savoyardes (voir tabl. II, V, VI et VII), ultérieurement comparées à d'autres boisements homologues, des Alpes ou du Jura.

A) PESSIÈRES SAVOYARDES

Localisée dans le subalpin (entre 1 400 et 1 900 m), « la » pessière savoyarde compte en moyenne 12,4 espèces aviennes nidificatrices, 26 au total (10), dont 5 dominantes ($d \geq 2\bar{d}$): Pinson, Mésange noire, Roitelet huppé, Bouvreuil et Mésange boréale. Sur ce total, 17 espèces sont régulières ($F \geq 25\%$) et 9 sont constantes ($F \geq 75\%$). La diversité (H') et l'équitabilité (E) valent en moyenne respectivement 3,7 et 83,5 %.

La densité moyenne est de 56 c/10 ha ($\pm 25\%$), dont les Turdidés représentent le vingtième, et les Paridés le quart. En ce qui concerne les biomasses, Pinson et Merle à plastron (11) apportent la plus forte contribution spécifique (environ 17 %), alors que les Mésanges sont responsables de 14 (± 3) % de la biomasse totale, qui vaut 2 500 (± 800) g/10 ha. Cinq espèces contribuent à elles-seules aux deux tiers de cette biomasse: il s'agit donc d'un peuplement relativement simple, phénomène attribuable à la fois à la rigueur de l'étage bioclimatique et au caractère lui-même relativement « simplifié » de la végétation (12).

Les espèces cavernicoles constituent près du tiers ($31 \pm 6\%$) des individus nicheurs; les arboricoles plus de la moitié ($56 \pm 7\%$), les « terricoles » 13 % environ. L'indice de sédentarité vaut 62 (± 4) % calculé sur les individus, 53 % environ calculé sur les espèces.

(10) Gallinacés, Rapaces et Beccroisé exclus, rappelons-le.

(11) Les pessières tarines font exception pour les gros Turdidés.

(12) D'autant que nous avons volontairement localisé les stations d'étude dans des milieux résineux aussi monospécifiques que possible.

B) AUTRES PESSIÈRES

En restant dans le cadre de l'Europe occidentale moyenne (car les données provenant de Tchécoslovaquie ou de Scandinavie font intervenir d'autres conditions climatiques et biogéographiques), nous disposons de renseignements obtenus dans le Jura français (FROCHOT, 1971) et dans les Alpes suisses (GLUTZ VON BLOTZHEIM, 1962), transcrits dans le tableau IX. Nous envisagerons successivement les points communs, puis les différences existant entre les formations B-C-D-E d'une part, G et H de l'autre.

Le nombre total d'espèces (19), le rôle tenu par le Pinson, les Mésanges huppée et noire, le Roitelet huppé, sont d'autant d'éléments similaires, que complètent l'importance du Pinson et du Merle à plastron dans les biomasses, et la diversité calculée selon SHANON et WEAVER ($3,70 \pm 0,06$). Mais les différences sont au moins du même ordre, d'autant que les deux pessières non-savoysardes semblent encadrer celles de la présente étude.

Ainsi, la biomasse totale de la pessière d'Uri est-elle plus élevée (4 500 g/10 ha) que celle même des formations haut-savoysardes, les plus denses. La responsabilité d'un tel état de fait est double, tenant d'une part à une densité très élevée du Pinson des arbres, de l'autre à un rang et à une densité très honorables du Merle à plastron (oiseau de biomasse individuelle élevée (110 g)) : à lui seul, cet oiseau contribue pour près de 45 % à la biomasse du peuplement !

Inversement, la pessière jurassienne (et la sapinière-pessière présente le même profil) est peu fournie, la biomasse de son avifaune ne dépassant pas 1 530 g/10 ha, nettement au dessous de la pessière tarine. Le fait est dû, non seulement à une moindre importance des gros Turdidés (qui constituent néanmoins près de 42 % de la biomasse totale), mais surtout à une densité remarquablement faible : 34 c/10 ha (71 c/10 ha dans la pessière suisse). Bien que les techniques de dénombrement soient différentes dans les trois cas (I.P.A. en Savoie, I.K.A. dans le Jura, quadrats en Suisse), l'importance des écarts est telle que le phénomène ne peut être mis en doute et mérite un essai d'explication.

Nous n'avons que peu d'informations écologiques sur la pessière d'Uri (si ce n'est qu'il s'agit d'une formation d'altitude, à sous-bois de *Vaccinium myrtillus* et *Rhododendron*, ce qui ne semble pas fondamentalement différent des pessières d'ubac de Vanoise), un peu plus sur la pessière jurassienne : ni son étage bioclimatique (température moyenne, enneigement), ni sa physionomie (futaie régulière et sous-bois d'airelles ; productivité annuelle égale à 3-4 m³/ha) ne semblent pouvoir justifier une telle « infériorité » (13) ; bien plus, la différence la plus marquée est celle d'une abondante pluviosité (2 200 mm/an) dont

(13) Une influence du milieu est néanmoins soupçonnable en constatant la richesse des espèces arboricoles (Pinson, gros Turdidés, etc.) dans la pessière suisse et, corrélativement, la faiblesse relative des cavernicoles. La pessière jurassienne, par contre, est conforme à cet égard à la moyenne savoysarde.

TABLEAU IX

Caractéristiques (calculées par nos soins) de l'avifaune de pessières non-savoyardes

	F (*) Sapinière-Pessière du Jura	G (*) Pessière du Jura	H (**) Pessière des Alpes d'Uri (Suisse)
	(800-1100 m) P = 1800 mm m = 7°C	(1200-1250 m) P = 2200 mm m = 5-6°C	(1850 m)
1 Pinson	8,5 (1er)	7,4 (1er)	19 (1er)
2 Mésange noire	3,8 (5ème)	3,2 (3ème)	3 (7ème)
3 Roitelet huppé	4,5 (2ème)	2,6 (4ème)	3 (7ème)
4 Bouvreuil	1,6 (9ème)	1,6 (8ème)	-
5 Mésange boréale	0,4	1,2 (12ème)	1 (15ème)
6 Acc. mouchet	0,7	0,8	4 (4ème)
7 Mésange huppée	4,2 (3ème)	3,4 (2ème)	4 (4ème)
8 Rougegorge	3,8 (5ème)	1,9 (7ème)	4 (4ème)
9 Troglodyte	4,1 (4ème)	2,6 (4ème)	1 (15ème)
10 Grimp. bois	2,3 (8ème)	1,4 (10ème)	2 (11ème)
11 Roitelet 3 B	2,9 (7ème)	2,2 (6ème)	3 (7ème)
12 Merle plastron	-	1,4 (10ème)	9 (2ème)
13 Pouillot véloce	0,5	0,8	-
14 Venturon	-	0,2	7 (3ème)
15 Pic épeiche	0,2	-	-
16 Gr. musicienne	1,0 (11ème)	1,6 (8ème)	2 (11ème)
17 Pouillot Bonelli	-	-	-
18 Cassenoix	-	-	-
19 Fauvette des Jardins	-	-	-
20 Merle noir	0,6	-	-
21 Fauvette Tête Noire	1,4 (10ème)	0,8	-
22 Pic noir	-	-	-
23 Sizerin	-	-	2 (11ème)
24 Grive draine	0,6	0,4	2 (11ème)
25 Fauvette babillarde	-	-	1 (15ème)
26 Geai	0,1	-	-
27 Sittelle	0,6	-	-
28 Mésange Charbonnière	-	-	-
29 Mésange bleue	0,3	-	-
30 Mésange nonnette	0,4	-	-
31 RQFB	0,1	0,5	-
32 Chardonneret	0,5	0,1	-
33 RQN	-	-	3 (7ème)
34 Tarin	-	-	1 (15ème)
35 Pipit des arbres	-	-	0,5
Nombre Espèces S _t	23	19	19
Σ d c/10 he	43,1	34,1	71,5
Σ d Gros Turdidés	2,2 (5,1 %)	3,4 (10,0 %)	13 (18,2 %)
Σ d Mésanges	9,1 (21,1 %)	7,8 (22,9 %)	8 (11,2 %)
d ≥ 1	11	12	18
d ≥ ā	8	7	6
d ≥ 2 ā	6	1	2
Σ B _i	1581 g.	1500 g.	4489 g.
Σ d Gros Turdidés	366 (23,1 %)	548 (36,5 %)	2580 (57,5 %)
Σ d Mésanges	210 (13,3 %)	180 (12,0 %)	184 (4,1 %)
1ère Biomasse	Pinson 372 g (23,6 %)	Pinson 324 (21,6 %)	Merle plas. 1980 (44,1%)
2ème Biomasse	Musicienne 150 (9,5 %)	Merle plas. 308 (20,5%)	Pinson 832 (18,5 %)
3ème Biomasse	Rougeg. 137 (8,7 %)	Musicienne 240 (16,0%)	Musicienne 300 (6,7%)
4ème Biomasse	Draine 111 (7,0 %)	Bouvreuil 102 (6,8 %)	Draine 300 (6,7 %)
5ème Biomasse	Merle noir 105 (6,7 %)	Més. noire 77 (5,1 %)	Venturon 175 (3,9 %)
Σ 5 premières B _i	875 (55,3 %)	1051 (70,0 %)	3587 (79,9 %)
Σ H'	3,77	3,76	3,64
$\frac{E}{B_i}$	83,3 %	88,6 %	85,8 %
	18,3 g.	22,0 g.	31,4 g. (Merle plastron 1)

(*) Dénombrements par IKA

(**) Dénombrements par cantons.

on penserait plutôt a priori qu'elle soit de nature à favoriser la biomasse, si ce n'est la diversité spécifique.

Outre des variables climatiques très particulières (persistance locale de la neige; voir FROCHOT, *loc. cit.*, p. 56-57), on peut sans doute avancer l'influence de facteurs d'ordre biogéographique : le Jura n'est qu'un massif marginal, quasi insulaire, alors que les Alpes de Savoie et de Suisse sont plus favorablement situées à cet égard.

Post scriptum : ce travail achevé nous parvenait le manuscrit d'une étude de F. CATZEFELIS, conduite dans une pessière du Jura suisse, à moins de 9 km de la forêt étudiée par B. FROCHOT. Bien qu'ait été employée une technique différente (quadrats), les résultats numériques confirment très nettement, bien au delà des écarts éventuellement dûs aux expérimentateurs, la pauvreté avifaunistique de la pessière jurassienne : si 21 espèces d'oiseaux sont présentes (Grand Tétrás, Pigeon ramier et Beccroisé inclus, il est vrai), leur densité totale n'est que de 22,9 c/10 ha. L'auteur cite en outre un travail comparable conduit en Bavière (VIDAL, 1975), ayant permis de dénombrer 59 c/10 ha de pessière, avec 22 espèces d'oiseaux. De telles données sont pratiquement identiques à celles obtenues en Savoie.

V. - CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Tout en laissant ici de côté la généralisation des présentes relations structurelles végétation-avifaune, nous sommes en mesure de décrire les propriétés du milieu pessière à l'égard de l'avifaune nidificatrice.

Comparée aux autres formations forestières d'altitude (voir LEBRETON et *al.*, 1976), la pessière n'est pas la plus riche - qualité à laquelle peut prétendre le mélézin, voire la sapinière -, mais elle est loin d'être la plus pauvre - dépassant ainsi les diverses pinèdes - ; témoignent du fait les diversités totale et moyenne (19.24 et 12,8 espèces), l'indice de SHANON et l'équitabilité (3,7 et 85 ± 3 %), la densité et la biomasse totale d'adultes nicheurs (55 ± 20 c/10 ha; 3 000 ± 1 500 g/10 ha).

Le Pinson (11 ± 5 c/10 ha), le Roitelet huppé (4,3 ± 2,5 c/10 ha), la Mésange noire (5,0 ± 2,0 c/10 ha), la Mésange huppée (4,0 ± 2,3 c/10 ha), voire le Merle à plastron sont les principales espèces dominantes. Alors que l'indice de sédentarité est de l'ordre de 53 et 62 % (calculé respectivement sur les espèces et les individus), on observe la répartition écologique suivante pour les niches : arboricoles 55-60 %, cavernicoles 30 % environ, terricoles 13 %.

Des variations existent autour de ce profil moyen, qui ne mettent pas seulement en cause les techniques d'observation (et les observateurs eux-mêmes...), mais relèvent d'un déterminisme plus subtil, délicat à préciser ne

serait-ce qu'en raison des difficultés de description des milieux. S'agit-il de différences d'ordre climatique, physiologique, ou même biogéographique, il serait imprudent d'en trancher ici en l'état actuel de nos connaissances, et des interactions de facteurs.

Bien plus net est par contre le rôle tenu par les feuillus et, plus indirectement, par le climat montagnard, comme permet de l'affirmer l'étude comparative de la hêtraie-pessière : le milieu s'enrichit, qualitativement ($S_i = 24$; $\bar{S} = 16$; $H' = 3,95$; $E = 86,4\%$) et quantitativement ($\Sigma d = 86\text{ c}/10\text{ ha}$; $\Sigma B_i = 3\,508\text{ g}/10\text{ ha}$). Non seulement le Merle noir joue le rôle précédemment tenu par le Merle à plastron (14), mais une tendance analogue semble se dégager pour la Mésange huppée et la Mésange boréale, respectivement. Mais les oiseaux les plus caractéristiques de la hêtraie-pessière montagnarde sont les Mésanges charbonnière et bleue et, surtout, la Sittelle. Inversement, Sizerin et Venturon ne sont cités que des pessières subalpines.

Ainsi, et comme l'ont déjà montré d'autres études, conduites ou non dans le biome d'altitude, la physiologie végétale apparaît comme l'élément écologique déterminant pour l'oiseau : à la diversification du milieu correspond ainsi une diversification, et un enrichissement corrélatifs de l'avifaune. Inversement, celle-ci peut être considérée, une fois encore, comme l'un des meilleurs indicateurs accessibles de la richesse de l'environnement.

En faudrait-il davantage pour comprendre la sensibilisation générale des ornithologues à l'égard des problèmes de protection de la nature, et la prévention qu'ils manifestent tout aussi généralement envers les abus simplificateurs et mutilants des aménageurs du milieu ambiant, milieu boisé singulièrement.

VI. - BIBLIOGRAPHIE

- BARTOLI (Ch.) 1966. - Etudes écologiques sur les associations forestières de la Haute-Maurienne. *Ann. Sci. Forest.*, **XXIII**, fasc. 3, 1-321.
- BLONDEL (J.), FERRY (C.) et FROCHOT (B.) 1970. - La méthode des Indices ponctuels d'abondance (IPA) ou des relevés d'avifaune par « stations d'écoute ». *Alauda*, **XXXVIII**, 55-71.
- BLONDEL (J.), FERRY (C.) et FROCHOT (B.) 1973. - Avifaune et Végétation. Essai d'analyse de la diversité. *Alauda*, **XLI**, 63-84.
- BOUROCHE (J.M.) et SAPORTA (G.) 1978. - L'analyse des données. *Pour la Science*, n° 5, 23-35.
- CATZEFELIS (F.) 1979. - Étude qualitative et quantitative de l'avifaune de la pessière jurassienne du Chalet à Roch, Vaud. *Nos Ois. Suisse*, **35**, 75-84.

(14) D'accidentel, le Merle noir devient sensiblement constant, et réciproquement pour le Merle à plastron (limites respectives de fréquence : 25 et 75 %).

- C.O.R.A. (Centre Ornithologique Rhône-Alpes) 1977. - Atlas Ornithologique Rhône-Alpes. *C.O.R.A. Edit.*, 354 p.
- DAGET (J.), LECORDIER (C.) et LÉVÊQUE (C.) 1972. - Notion de nomocénose : ses applications en écologie. *Bull. Soc. Ecol.*, **III**, 448-462.
- FROCHOT (B.) 1971. - Ecologie des Oiseaux forestiers de Bourgogne et du Jura. *Thèse Doct. Sci. Univers. Dijon*, n° C.N.R.S., A.O. 5264, 144 p.
- GENSAC (P.) 1967. - Les forêts d'Epicéa de Tarentaise. Recherche des différents types de Pessière. *Rev. gén. Botan.*, **74**, 425-528.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM (U.) 1962. - Die Brutvögel der Schweiz. *Aargauer Tagblatt Edit.*, 648 p.
- LEBRETON (Ph.), TOURNIER (H.) et LEBRETON (J.D.) 1976. - Etude de l'avifaune du Parc National de la Vanoise. VI. - Recherches d'ordre quantitatif sur les oiseaux forestiers de Vanoise. *Trav. Sci. Parc Nat. Vanoise*, **VII**, 163-243.
- SABO (S.R.) et WHITTAKER (R.H.) 1979. - Bird niches in a subalpine forest : An indirect ordination. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **76**, n° 3, 1 338-1 342.
- VIDAL (A.) 1975. - Oekologisch-faunistische Untersuchungen der Vogelwelt einiger Waldflächen im Raum Regensburg. *Anz. Orn. Ges. Bayern*, **14**, 181-195.

LES PELOUSES SUPRAFORESTIÈRES
DU MASSIF DE LA VANOISE

CONTRIBUTION
À L'INVENTAIRE ET À L'ÉTUDE ÉCOLOGIQUE
DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX
DU PARC NATIONAL DE LA VANOISE

par
Pierre GENSAC (1)

Préliminaire	120
I. - Inventaire des pelouses	123
A) Méthode de définition des associations végétales.....	124
B) Mode de présentation de l'inventaire.....	126
C) Inventaire proprement dit.....	132
II. - Essai de synthèse	208
A) Les combinaisons de groupes socio-écologiques	208
B) Les combinaisons de groupes chorologiques	210
C) La répartition écologique des associations	214
D) La comparaison des différents sols	220
1. Sols sur substrat riche en silice	221
2. Sols sur substrat riche en carbonates.....	224
3. Sols sur schistes lustrés	226
E) La comparaison des groupements par l'utilisation des techniques numériques.....	229
1. Analyse différentielle de CZEKANOWSKI.....	230
2. Analyse hiérarchique	231
III. - Conclusions	233
Index bibliographique général.....	242

(1) Département d'Ecologie, Université de Savoie, BP. 143, 73011 Chambéry-Cedex et Laboratoire associé au C.N.R.S., n° 242 : « Ecologie et Biogéographie des grands systèmes montagneux » (responsable : P. OZENDA).

Résumé. — Après avoir rappelé les grands traits des conditions de milieu, l'inventaire des pelouses est abordé. La méthode de définition des associations est basée sur la « Steten Kombination » avec mise en œuvre des moyens de l'informatique qui, grâce à 3 approximations successives, permettent une caractérisation floristique de l'association. L'inventaire est ensuite présenté. Pour chaque association, ou sous-association, sont rassemblés : la combinaison des fréquentes, les caractères physico-chimiques de l'horizon superficiel, le climato-écogramme (relations humidité - pH), l'analyse détaillée d'un sol. Cet inventaire comporte 38 groupements allant des combes à neige aux marais en passant par les pelouses acidophiles, thermophiles et baso-neutrophiles. Dans une deuxième partie, des comparaisons sont abordées. Les groupements étudiés peuvent être définis par la combinaison des groupes socio-écologiques et des groupes chorologiques (les espèces des montagnes du Centre et Sud-Europe jouant le rôle principal, l'abondance des arctico-alpines caractérisant les groupements de combe à neige et les *Elynetum*). Les associations correspondent à une situation écologique définie suivant les types de substrat et les étages de végétation. Chacun des substrats correspond à des séquences différentes d'associations dans les divers sous-étages. La comparaison des édapho-écogrammes est ensuite établie ainsi que celle des différents types de sols. A chaque catégorie de substrat correspond une pédogenèse différente. Deux grands ensembles sont ainsi définis : ranker sur sol riche en silice ou silicates, sol humifère calcique sur substrat carbonaté sans qu'une totale analogie des horizons superficiels soit possible. Les techniques numériques sont enfin utilisées pour classer les différents groupements en 5 grands ensembles : associations chionophiles, acido-mésophiles, thermophiles, baso-neutrophiles, et associations des marais. En conclusion, un schéma de l'organisation des deux grandes séries dynamiques de l'étage alpin est proposé ainsi qu'un élargissement du concept de série de végétation. Cette individualisation de deux séries alpines aboutit à la suppression du mythe « *Curvuletum*, climax unique de l'étage alpin » déjà dénoncé depuis longtemps par ELLENBERG (1953). Une nouvelle classification des pelouses supraforestières est enfin proposée.

Mots clés : *Alpes - Vanoise - Pelouses - Alpin - Subalpin - Phytosociologie - Ecologie - Pédologie.*

Summary. — THE GRASSLANDS ABOVE THE FOREST OF THE VANOISE RANGE. A CONTRIBUTION TO THE INVENTORY AND ECOLOGICAL STUDY OF THE PLANTS COMMUNITIES IN VANOISE NATIONAL PARK.

The environmental conditions are first recalled then the grass-lands inventory is taken up. The method to define the associations is based on the « Steten Kombination » : thanks to three continual approach, the information processings allow a floristic characterizing of the association. Afterwards, the inventory is presented. For each association or sub-association the following informations are collected : the frequencies arrangement, the physical and chemical characters of the superficial level, the connections between moisture and pH, the detailed soil analysis. This inventory contains 38 plants communities in snow-combe, marsh, acidophile, thermophile and baso-neutrophile grasslands. In a second part, different comparisons are taken up. The various communities are defined by the arrangement of the socio-ecological groups presented under various types. An arrangement of chorological groups is also defined : the mountain species of Central and South-Europe play the main part, the great number of the arctico-alpine species characterizes the snow-combe groupings and the *Elynetum*. The associations correspond to an ecological situation which is defined according to the various soil types and the vegetation levels. Each substratum is in connection with different association sequences in the various sub-levels. Then a comparison of the edapho-ecograms and the various soil types is drawn up. Each substratum category is in connection with a different pedogenesis, leading to different soils. Two main unities are defined : ranker

on siliceous soil and humus - bearing calcic soil on carbonate substratum; a complete analogy of the superficial levels is not possible. The numerical technics are used to classify the different groups into 5 main unities : chionophile, acido-mesophile, thermophile, baso-thermophile and marsh-associations. In short, a structural schema of the two main dynamic series of the alpine level is proposed and the concept of vegetation series is enlarged. This individualization of two alpine series leads to the suppression of the myth « Curvuletum, simple climax in the alpine level ». At last, a new classification of the supraforest grass-lands is proposed.

Key words : *Alps - Vanoise - Grasslands - Alpine level - Subalpine level - Phytosociology - Ecology - Pedology.*

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE DES TRAVAUX PHYTOSOCIOLOGIQUES SUR LES ÉTAGES SUPRAFORESTIERS DES ALPES OCCIDENTALES

1. AUBERT (G.), BOREL (L.), LAVAGNE (A.) et MOUTTE (P.) 1965. - Feuille d'Embrun Est (XXXV-39). Elaboration d'une carte à moyenne échelle (1/50 000) à partir de levés exécutés à grande échelle (1/20 000). *Doc. Cart. Vég. Alpes*, III, 61-86.
2. BARBERO (M.) 1972. - *Etudes phytosociologiques et écologiques comparées des végétations orophiles, subalpines et mésogéennes des Alpes maritimes et ligures*. Thèse, Marseille. 418 p. dact.
3. BEGUIN (C.), MATHIEU (D.) et RITTER (J.) 1975. - Remarques sur la végétation de l'étage alpin de la Haute-Ubaye (Alpes méridionales). *Bull. Soc. Neuchat. Sc. Nat.*, 98, 89-112.
4. BRAUN-BLANQUET (J.) 1948-1950. - Uebersicht der Pflanzengesellschaften Rätians. *Vegetatio*, I et II.
5. BRAUN-BLANQUET (J.) 1954. - La végétation alpine et nivale des Alpes françaises. Etude botanique de l'étage alpin. *3^e Congrès Int. Bot. Paris*, 26-96.
6. BRAUN-BLANQUET (J.) 1969. - *Die Pflanzengesellschaften der rätischen Alpen im Rahmen ihrer Gesamtverbreitung*. Bischofberger, Chur. 100 p.
7. BRAUN-BLANQUET (J.), JENNY (H.) 1926. - Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen (Klimaxgebiet des *Caricion curvulae*). *Denkschr. Schweiz. naturf. Gesellsch.*, 63 (2), 183-349.
8. CAMPPELL (E.), TREPP (W.) 1968. - Vegetationskarte des schweizerischen Nationalparks. *Erg. wiss. Unters. schweiz. Nat. park*, II, NF 58, 42 p.
9. CHARPIN (A.) 1968. - Le *Carex firma* Host. et le *Caricetum firmae* Br. - Bl. dans les Préalpes des Bornes (Haute-Savoie). *Candollea*, 23, 1, 121-130.
10. CREDARO (V.) et PIROLA (A.) 1975. - *La vegetazione della provincia di Sondrio*. Ed. Administr. Prov. de Sondrio, 103 p.
11. DALMAS (J.P.) 1972. - *Etude phytosociologique et écologique de l'étage alpin des Alpes sud-occidentales françaises et plus particulièrement de la région de Vars-Ecrins (H.-A.)*. Thèse de spécialité, Marseille. 173 p. dact.

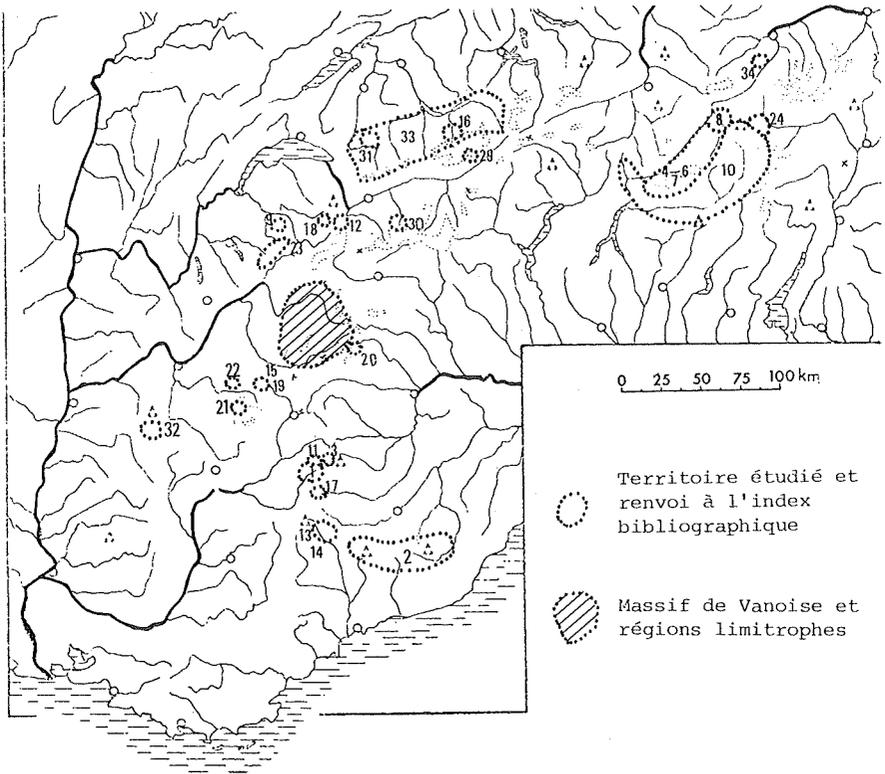


FIG. 1. - Localisation des travaux phytosociologiques sur les étages supraforestiers dans les Alpes occidentales.

12. DALMAS (J.P.), 1975. - Les associations végétales de la région du col de Balme et de la région de Vallorcine. *Ann. C.U.S.*, tome spécial, 141-153.
13. GUINOCHET (M.), 1938. - *Études sur la végétation de l'étage alpin dans le Bassin supérieur de la Tinée (Alpes-Maritimes)*. Lyon. Thèse, 458 p.
14. LACOSTE (A.), 1975. - La végétation de l'étage subalpin du bassin supérieur de la Tinée (Alpes-Maritimes). *Phytocoenologia*, 3, 83-345.
15. LIPPMAA (T.), 1933. - Aperçu général sur la végétation autochtone du Lautaret (Hautes-Alpes). *Acta Inst. Horti. Bota. Univ. Tartu.*, 3, 3, 1-104.
16. LÜDI (W.), 1921. - Die Pflanzengesellschaften des Lauterbrunnentales und ihre Sukzession. *Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz*, 9, 350 p.
17. LAVAGNE (A.), 1962. - Contribution à la connaissance de la végétation rupicole des hautes vallées de l'Ubaye et de l'Ubayette (Alpes cottiennes). *Vegetatio*, 11, 353-371.

18. MADRE (J.F.), 1975. - Les associations végétales des étages subalpins et alpins (massif du Buet). *Ann. C.U.S.*, tome spécial, 207-214.
19. MOLINIER (R.), PONS (A.), CHAIX (G.) et LAVAGNE (A.), 1956. - *Col du Lautaret et versant S. du Grand Galibier au 1/20 000*, 36 × 52, notice de 8 p.
20. MONDINO (G.P.), 1966. - Cenosi a « *Carex curvula* » All. in alta Val d'Ala (Valli di Lanzo - Alpi Graie). *Allionia*, **12**, 103-117.
21. NEGRE (R.), 1950. - Contribution à l'étude phytosociologique de l'Oisans; la Haute Vallée du Vénéon (Massif Meije - Écrins - Pelvoux). *Phyton*, **2**, 1-3, 23-50.
22. NETIEN (G.) et QUANTIN (A.), 1939-1942. - Écologie des associations végétales de l'étage alpin des Alpes de l'Oisans (Plateau d'Emparis). *Bull. Soc. linn. Lyon*, **8**, 4-5; 10, 5; 11, 3-4.
23. PAIRAUDEAU (C.), 1966. - Contribution à l'étude des principales associations végétales de l'étage alpin dans la chaîne des Aravis (Haute-Savoie). *Ann. sc. forest.*, **23**, 2, 275-424.
24. PEDROTTI (F.), ORSOMANDO (E.) et CORTINI PEDROTTI (C.), 1974. - *Carta della vegetazione del Parco Nazionale dello Stelvio*. Ed. Administr. Parco. Naz. Stryvio, Bormio, 87 p.
25. QUANTIN (A.) et NETIEN (G.), 1938. - Aperçu sur quelques associations végétales des Alpes de l'Oisans. *Bull. Soc. bot. Fr.* **85**, 3-4, 160-165.
26. QUANTIN (A.) et NETIEN (G.), 1940. - Les associations végétales de l'étage alpin des Alpes de l'Oisans. *Bull. Soc. bot. Fr.* **87**, 27-47.
27. QUANTIN (A.) et NETIEN (G.), 1951. - Contribution à l'étude des associations végétales des Alpes de l'Oisans. *Bull. Soc. Hist. nat. Doubs*, **55**, 94-137.
28. QUANTIN (A.) et NETIEN (G.), 1953. - Contribution à l'étude des associations végétales des Alpes de l'Oisans. *Ann. Sc. Univ. Besançon*, **8**, 2, 94-155.
29. RICHARD (J.L.), 1968. - Les groupements végétaux de la réserve d'Aletsch. *Beitr. geobot. Landesaufn. Schweiz*, **51**, 48 p.
30. RICHARD (J.L.), 1975. - Première approche de la végétation de l'étage alpin du Val d'Anniviers (Alpes valaisannes. Suisse). *Doc. phytosociol.* Lille, **3**, 14, 223-235.
31. RICHARD (J.L.), 1977. - La végétation du Vanil noir et du Vallon des Morteys (Préalpes de la Suisse occidentale). *Bull. Soc. Frib. Sc. Nat.*, **66**, 1, 1-52.
32. RITTER (J.), 1969. - *Les groupements végétaux des étages subalpin et alpin du Vercors méridional. Essai d'interprétation statistique*. Thèse spécialité, Paris-Orsay, 126 p. dact.
33. SCHWEINGRUBER (F.H.), 1972. - Die subalpinen Zwergstrauchgesellschaften im Einzugsgebiet der Aare. *Mém. Inst. suisse rech. forest.*, **48**, 195-504.
34. WAGNER (H.), 1965. - Die Pflanzendecke der Komperdellalm in Tirol. *Doc. Carte Vég. Alpes*, **3**, 7-59.

Dans les Alpes occidentales, les groupements végétaux situés au-dessus de la limite supérieure de la forêt sont connus depuis longtemps grâce aux importants travaux de BRAUN-BLANQUET (1926, 1950) dans les Alpes rhétiques et de GUINOCHE (1938) pour les Alpes maritimes. Entre ces deux régions, une multitude d'études locales ont confirmé les résultats des deux auteurs précédents. La figure 1 donne la localisation des zones étudiées en dehors de la Vanoise et l'index joint essaie d'établir leur liste exhaustive pour les Alpes occidentales. En 1954, BRAUN-BLANQUET a publié une synthèse pour les Alpes françaises. Aussi peut-on s'interroger sur l'utilité de nouvelles recherches concernant les étages subalpin supérieur et alpin de ces régions où de réelles découvertes semblent bien improbables.

Cependant, les résultats de travaux récents (LACOSTE, 1975, BARBERO, 1972, J.L. RICHARD, diverses publications) infirment cette opinion et il apparaît bien maintenant que la végétation des étages supraforestiers peut encore fournir le sujet de nouvelles recherches. Depuis 1967, nous avons parcouru en Vanoise de nombreux itinéraires en effectuant plus de 500 relevés phytosociologiques et en multipliant les profils pédologiques, encouragé en cela par le Comité Scientifique du Parc de la Vanoise qui a subventionné ces travaux et a permis la publication de résultats partiels dans les différents volumes des « Travaux du Parc ». Il nous a semblé indispensable après douze ans de recherches de tenter une synthèse, de rassembler nos diverses observations dans le but d'établir un inventaire le plus complet possible des pelouses, tout en essayant d'expliquer leur répartition à la lumière d'une comparaison avec les végétations analogues des autres régions des Alpes.

Le massif de Vanoise et ses régions limitrophes constituent une zone privilégiée pour une telle étude. Située approximativement à égale distance des zones étudiées en détail (Alpes rhétiques, Alpes maritimes), la Vanoise se trouve en plein cœur des Alpes occidentales et peut servir de terme de comparaison. L'extension des surfaces supérieures à 2 000 m et de pente faible, ce qui permet l'établissement de vastes pelouses supraforestières, est vraisemblablement, plus importante que dans n'importe quelle autre partie des Alpes occidentales. Plusieurs vallées profondes pénètrent le massif et le compartimentent, créant ainsi une grande variété de conditions topographiques et climatiques. Le substrat géologique extrêmement contrasté induit une diversité accrue des conditions édaphiques. Les facettes écologiques sont donc très nombreuses et, de ce fait, la végétation s'y trouve d'une grande richesse. Si le massif de la Vanoise ne comporte pas d'espèces endémiques, ce qui peut être paradoxalement considéré comme un avantage dans la définition d'associations végétales, il comble très facilement ce handicap par la variété des groupements végétaux qu'on y rencontre et on ne peut que se féliciter qu'une telle zone ait été le siège de l'installation du premier parc national français. Ce dernier point, d'ailleurs, justifie pleinement la nécessité actuelle d'un inventaire, car il convient de déterminer rapidement dans le Parc les territoires les plus riches et éventuellement, s'ils se révèlent sensibles à une fréquentation humaine accrue, de les protéger plus étroitement par la création de réserves intégrales comme il est prévu dans les textes législatifs. Cet inventaire 1979 pourra être utilisé par la suite comme point de repère pour juger de la transformation provoquée par la mise en réserve. L'étude de la végétation du massif de Vanoise s'impose aussi

du fait qu'elle n'a été jusqu'ici que très rapidement abordée. La figure 2 et l'index bibliographique joints font l'état actuel des recherches phytosociologiques et phytogéographiques ayant été effectuées sur ce territoire.

En fait, ce mémoire n'a pu être réalisé que grâce au concours de nombreuses personnes parmi lesquelles il faut citer en premier lieu, M. le P^r WAGNER, avec qui j'ai établi mes premiers relevés dans les étages alpin et subalpin, qui m'a ensuite conseillé et a accepté de lire mon manuscrit avant sa rédaction définitive ce qui m'a permis d'utiles corrections. Je lui exprime ma profonde gratitude. Mes remerciements vont également à M. le P^r J.L. RICHARD avec qui j'ai longuement correspondu et qui m'a fait part de ses propres observations sur le territoire voisin du Valais. J'ai également pu bénéficier de l'appui et des remarques de nombreux membres du laboratoire de Biologie végétale de l'Université scientifique et médicale de Grenoble dirigé par M. le P^r OZENDA. Qu'ils soient tous remerciés et qu'ils sachent combien je suis heureux de pouvoir collaborer avec eux dans le cadre du Laboratoire associé n° 242. Ma reconnaissance va également à ceux qui m'ont aidé sur le terrain, soit en collaborant directement par leurs études détaillées comme Messieurs CLAUDIN et ROTHE ainsi que M^{me} GAUTIER, soit en m'accompagnant dans mes sorties comme M. TROTÉREAU, la famille BAILLY et plus particulièrement mon épouse qui a su supporter de longues marches entrecoupées de pauses interminables. J'ai toujours rencontré auprès du personnel du Parc une parfaite compréhension et j'ai pu bénéficier de sa part d'un certain nombre d'observations. Je remercie également M^{me} VINEL à laquelle je dois la plus grande partie des analyses pédologiques figurant dans ce domaine. J'exprime ma reconnaissance à M. DUPORT qui m'a permis d'utiliser sa grande compétence dans l'établissement de la base de données indispensable à l'inventaire et qui a su comprendre mes intentions quant à l'exploitation informatique, si bien que les longs tâtonnements phytosociologiques habituels ont été remplacés par une rapide analyse par ordinateur. Sans son intervention, des résultats moins précis n'auraient pu apparaître qu'à la suite de fastidieuses manipulations. L'aide de M^{lle} IDEE m'a été également très utile car elle m'a permis d'utiliser les techniques d'analyse numérique lors des comparaisons entre groupements, qu'elle en soit donc remerciée ainsi que M^{me} MIEUSSET qui a perforé les nombreuses cartes indispensables et rassemblé les résultats des ordinateurs. Enfin, la réalisation pratique du mémoire n'a pu s'effectuer que grâce au concours de M^{me} BEAUQUIS qui en a assuré la frappe et a réalisé de nombreuses figures et tableaux, aide technique dans laquelle sont également intervenus M^{mes} HIVERT et NEUBURGER, MM. GUICHARD et LAMBEDAT, je leur exprime toute ma gratitude.

Bien que la longueur du présent mémoire excède très sensiblement les normes admises pour notre bulletin, la parution en a été, à titre exceptionnel, acceptée par décision du Comité Scientifique du Parc, en raison de l'importance des questions traitées.

**INDEX BIBLIOGRAPHIQUE
DES TRAVAUX PHYTOSOCIOLOGIQUES
ET PHYTOGÉOGRAPHIQUES
SUR LES GROUPEMENTS SUPRAFORESTIERS
DU MASSIF DE LA VANOISE**

1. AMANDIER (L.) et GASQUEZ (J.), 1978. - Contribution à l'étude phyto-écologique et floristique du vallon de la Rocheure (Parc National de la Vanoise). *Boisseria*, **27**, 153 p.
2. BARRY (J.P.), 1960. - Contribution à la phytogéographie du massif de la Vanoise (Savoie). *Rev. Gén. Bot.*, **67**, 257-297.
3. CLAUDIN (J.), 1970. - *Sol et végétation de l'étage alpin sur roche-mère acide dans la région du col de Chavière*. Thèse de spécialité, Grenoble, 104 p. dact.
4. CLAUDIN (J.) et GENSAC (P.), 1973. - Carte de la végétation et conditions écologiques de la région du col de Chavière. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, **3**, 27-41.
5. DELPECH (R.), 1970. - Contribution à l'étude de quelques prairies et alpages du massif de la Vanoise. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, **1**, 39-74.
6. DELPECH (R.), 1971. - Observations expérimentales sur l'évolution de la végétation de trois types de pelouses subalpines sous l'influence de facteurs anthropogènes. *Ann. Univ. Besançon*, **125**, 63-80.
7. DELPECH (R.), 1972. - Recherches poursuivies en 1970 sur les alpages du versant sud du Massif de la Vanoise. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, **2**, 187-203.
8. DELPECH (R.), 1973. - Recherches effectuées en 1971 sur les alpages de Haute-Maurienne. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, **3**, 53-64.
9. DELPECH (R.), 1975. - Observations préliminaires sur les conséquences écologiques de l'abandon de l'exploitation pastorale. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, **6**, 69-88.
10. GAPILLOUT (A.), 1975. - Carte écologique du bassin de Bourg Saint Maurice. *Doc. Cart. Eco.*, **15**, 41-58.
11. GENSAC (P.), 1972. - Notice de la carte écologique Moûtiers - Parc National de la Vanoise au 1 : 100 000. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, **2**, 49-72.
12. GENSAC (P.), 1972. - Les pelouses alpines du Parc National de la Vanoise. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, **2**, 35-48.
13. GENSAC (P.), 1974. - Catalogue écologique des plantes vasculaires du Parc National de la Vanoise et des régions limitrophes. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, **4**, 232 p.
14. GENSAC (P.), 1976. - Végétation des milieux humides de la vallée supérieure du Ponturin. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, **7**, 59-68.
15. GENSAC (P.), 1977. - Sols et groupements végétaux de la zone des schistes lustrés dans l'étage alpin (Combe de l'Iseran - Val Prariond). *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, **8**, 29-40.
16. GENSAC (P.), 1977. - Les groupements végétaux à *Carex curvula* All. dans le massif de la Vanoise. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, **8**, 67-94.
17. GENSAC (P.), 1978. - Les marais baso-neutrophiles (*Caricetalia davallianae* Br. - B1, 1949) du Massif de la Vanoise. *Saussurea*, **9**, 143-158.
18. GENSAC (P.) et ROTHE (B.), 1974. - Carte de la végétation de la réserve de la Grande Sassièrre. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, **5**, 77-104.

PRÉLIMINAIRE

La présentation de la région étudiée n'est plus à faire, de nombreuses publications, et plus particulièrement, celles parues dans les « Travaux Scientifiques du Parc National de la Vanoise », fournissent en détail ses caractères particuliers. On peut regrouper les principaux travaux en rubriques spécialisées :

Géographie physique, climat :

ONDE (H.), 1938. — *La Maurienne et la Tarentaise. Étude de géographie physique*. Grenoble, Arthaud, 623 p.

Géologie :

ELLENBERGER (F.), 1958. — Étude géologique du pays de Vanoise. *Mém. expl. Carte. Geol. Fr.*, 561 p.

FABRE (J.), 1958. — Contribution à l'étude de la « zone houillère » en Maurienne et en Tarentaise (Alpes de Savoie). *Mém. B.R.G.M.*

La lithologie a été cartographiée par :

GENSAC (P.), 1970. — Carte lithomorphologique du Parc National de la Vanoise (Feuille de Moûtiers 1/100 000). *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, 1, 13-24.

Flore :

PERRIER DE LA BATHIE (E.), 1928. — *Catalogue raisonné des plantes vasculaires de Savoie*. Klincksieck, Paris.

EVARD (F.) et CHERMEZON (H.), 1917-1918. — Sur la flore de la Haute-Tarentaise. *Bull. Soc. Bot. Fr.* 64, 163-202 et 65, 153-209.

GENSAC (P.), 1974. — Catalogue écologique des plantes vasculaires du Parc National de la Vanoise et des régions limitrophes. *Trav. Sc. Parc Nat. Vanoise*, 4, 232 p.

Végétation : en dehors des travaux sur les étages supraforestiers mentionnés fig. 2, les forêts des deux vallées principales ont été étudiées par :

BARTOLI (Ch.), 1966. — *Etudes écologiques sur les associations forestières de la Haute-Maurienne*. Thèse, Montpellier, 321 p.

GENSAC (P.), 1967. — *Les forêts d'épicéa de Tarentaise*. Thèse, Grenoble, 190 p.

Les roches-mères de la Vanoise peuvent être regroupées en trois grands ensembles (fig. 3) :

- roches riches en silice donnant des sols acides (« cristallin »)
 Quartzites francs
 Schistes et grès du Houiller
 Micascistes, gneiss de Vanoise et du Grand Paradis.
- roches carbonatées à l'origine de sols alcalins, neutres ou peu acides (« calcaire »)
 Gypse et cargneules
 Calcaires de la Vanoise
- roches à caractères intermédiaires
 Schistes lustrés
 (les roches vertes ne possédant pas de grands affleurements n'ont pas été étudiées spécialement).

La végétation supraforestière se situe dans la partie supérieure de l'étage subalpin, l'étage alpin, subdivisé en alpin inférieur et supérieur et l'étage nival où les pelouses sont très fragmentaires. Comme définitions de ces différents étages, nous avons adopté celles qui ont cours dans l'école grenobloise et qui sont confirmées par WAGNER (1970). La partie supérieure de l'étage subalpin est marquée par la présence des landes fermées à *Ericacées* et genévrier nain, elle comprend tous les pâturages qui se trouvent à la même altitude (cas des zones calcaires). L'alpin est l'étage des pelouses, dans lesquelles peuvent pénétrer les arbrisseaux nains, *Vaccinium uliginosum* en particulier, mais alors ceux-ci sont toujours épars. L'alpin inférieur comprend des pelouses fermées suffisamment productives pour permettre le pâturage des jeunes bovins. L'alpin supérieur est marqué par des pelouses généralement ouvertes qui ne peuvent

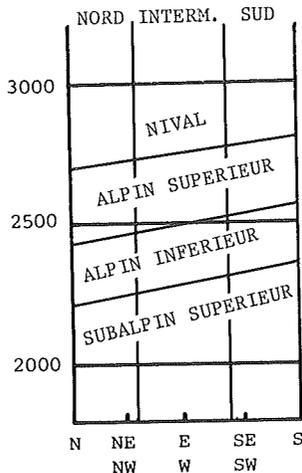


FIG. 4. - Etages de végétation et subdivisions en fonction de l'altitude et de l'exposition.

servir qu'occasionnellement de pâturage aux ovins. Le nival est lié à la présence de névés permanents, les pelouses y sont très ouvertes et la végétation phanéro-gamique est représentée essentiellement par la flore des rochers et des éboulis. Ces subdivisions parallèles aux variations du climat sont liées à l'altitude et à l'exposition. La figure 4 donne pour la Vanoise les grandes lignes de leur situation relative.

Dans l'exposé des résultats de nos travaux, une première partie analysera les différents groupements de pelouse sous la forme d'un inventaire, une seconde partie rassemblera les données pour en dégager les faits écologiques principaux.

I. - INVENTAIRE DES PELOUSES

Le groupement végétal existant dans une station est déterminé par l'action conjuguée des facteurs du milieu, du moins pour sa plus grande partie. En effet, si souvent on peut négliger les conséquences de l'évolution paléohistorique, évolution qui, pour une région déterminée, est identique dans les différents sites, les facteurs écologiques sont les agents actifs de la sélection des espèces, interdisant le développement des plantules de celles qui génétiquement ne peuvent répondre aux agressions du milieu et, au contraire, favorisant le développement et la croissance des espèces « adaptées ». Ces facteurs interviennent donc sur la composition spécifique de la biocénose, mais aussi sur la structure ou mode d'occupation spatio-temporel. Mais le nombre des facteurs écologiques qui interviennent est très grand, leur mode d'action est varié et souvent inconnu, si bien que l'installation des espèces paraît être, dans la plupart des cas, un phénomène aléatoire. Un élément du biotope n'intervient jamais seul et l'analyse de l'action d'une combinaison de facteurs est toujours très délicate. Néanmoins, si l'on s'en tient à un faible nombre de données ayant un pouvoir d'intégration élevé, une explication, provisoire vraisemblablement, peut apparaître.

La haute montagne constitue un terrain de choix dans ce domaine et c'est pourquoi de nombreux travaux lui ont été consacrés. L'existence de ce pôle d'attraction est due, pour sa plus grande part, au fait que les difficultés d'exploitation y réduisent considérablement les activités humaines. Le facteur humain est en effet capital dans l'évolution des paysages végétaux : « Die Eingriffe des Menschens sind also der Faktor, der in erster Linie die Zusammensetzung der Pflanzengemeinschaften bestimmt » (WALTER, 1973). Ici, seul le pâturage subsiste et on connaît par ailleurs son rapide déclin dans les dernières décennies. D'où une simplification évidente et une réduction de l'étude à entreprendre aux seuls facteurs « naturels » de l'environnement. En montagne, le climat, la température surtout, détermine les grandes unités ou étages de végétations. Très difficiles à connaître dans leurs détails, les principa-

les données sont intégrées, pour la majeure partie, dans l'altitude et l'exposition, éléments directement accessibles. La pente intervient fortement dans l'érosion due aux eaux de précipitation. Ces trois éléments topographiques seront par la suite figurés dans un *climato-écogramme* accompagnant l'analyse de chaque groupement.

À l'intérieur des étages de végétation, les différents groupements sont induits principalement par le sol dont le mode d'intervention est complexe. Suivant le modèle proposé par ELLENBERG (1963), nous avons choisi comme éléments intégrateurs intervenant dans la physiologie des plantes et donc dans la composition des communautés végétales, d'une part le pH, en relation directe avec la plus ou moins grande richesse en cations échangeables, d'autre part la teneur en eau. Ces éléments figurent dans un *édapho-écogramme*, ils ont été tirés de mesures effectives de pH et de taux d'humidité de l'horizon superficiel.

Quant à la composition de la phytocénose, elle a été déterminée par la méthode du relevé phytosociologique qu'il n'est plus besoin d'exposer. La principale difficulté est alors constituée par la mise en évidence des types de phytocénoses, les associations végétales.

A) MÉTHODE DE DÉFINITION DES ASSOCIATIONS VÉGÉTALES.

Les difficultés rencontrées dans l'établissement des groupements ont été tout particulièrement soulignées par GUINOCHET (1973) qui a bien montré l'importance de *toutes* les espèces constituant *l'ensemble spécifique normal*, espèces caractéristiques et compagnes formant une combinaison originale définissant une association. Ces difficultés semblent accrues dans les groupements de grande extension, particulièrement dans les groupements climaciques, forêts des étages inférieurs, landes de l'étage subalpin, pelouses de l'étage alpin. On ne trouve pas alors d'espèces caractéristiques des associations (MOOR, 1952, KUOCH, 1954, etc.) elles sont donc définies par une combinaison des compagnes. ELLENBERG et KLOTZLI (1972) pour les forêts suisses ont édifié un système basé sur la « *Steten-Kombination* » combinaison des espèces présentes dans plus de 50 % des stations (traduction du texte allemand) qui ne peuvent être qualifiées de constantes, ce terme étant traditionnellement réservé aux espèces présentes dans plus de 80 % des relevés, et que nous appellerons *fréquentes*.

Pour les groupements supraforestiers du massif de la Vanoise, nous disposons de plus de 500 relevés recueillis depuis dix années, aussi nous avons essayé, à partir du système employé dans les forêts suisses, de mettre en œuvre des techniques numériques.

Dans un premier temps, nous avons donc considéré la présence-absence d'*espèces trouvées dans plus de 10 % de l'ensemble des relevés* (160 en tout).

Les observations sur le terrain permettent de dégager un certain nombre de groupes élémentaires des relevés A (constitués par les relevés $a_1, a_2, a_3 \dots$), B, C, ... constituant l'ensemble G. Dans chacun des groupes de relevés, on

détermine d'abord les fréquentes F_a pour A, F_b pour B, ... En possession de ces différentes listes, on recherche les relevés comprenant au moins les 2/3 des fréquentes d'une liste F. On détermine alors de nouveaux éléments A' , B' , C' ... où chacun des relevés comprend au moins les 2/3 de F_a , F_b , F_c ..., A' étant différent de A par suppression des relevés ne comprenant pas les 2/3 des espèces fréquentes, par addition de relevés les comprenant. Un relevé pourrait de ce fait appartenir à plusieurs groupes élémentaires A' , B' , C' ... mais on observe dans ce cas que les pourcentages de fréquentes sont le plus souvent très différents d'une part, et que, d'autre part, le pourcentage le plus élevé se détache nettement des autres, on peut donc rattacher ce relevé à un groupe élémentaire, dans le doute, ce relevé est momentanément retiré des calculs. Un nouvel ensemble G' formé de A' , B' , C' ... est alors constitué.

On répète l'opération précédente en déterminant les fréquentes de A' , B' , C' ... on recherche les relevés comprenant au moins les 2/3 de F' et, de la même façon, on détermine A'' , B'' , C'' , constituant l'ensemble G'' .

Les groupes élémentaires A'' , B'' , C'' sont alors assimilés à des associations végétales et on peut établir un tableau de relevés classiques avec la totalité des espèces. En dehors des 160 espèces considérées auparavant comme les plus fréquemment rencontrées, des espèces accidentelles viennent s'intégrer à la liste des fréquentes d'une association et ainsi améliorer sa définition par une combinaison de fréquentes plus nombreuses.

Une association est alors définie par une combinaison de fréquentes, présentes dans plus de la moitié des relevés correspondants, chacun des relevés comportant plus des 2/3 de ces fréquentes, avec un pourcentage nettement supérieur à celui rencontré dans les autres associations.

Il restait à définir les associations des unes par rapport aux autres. Nous avons considéré que deux associations étaient distinctes l'une de l'autre quand la somme des espèces différentielles était supérieure à la somme des espèces communes ($\Sigma \text{diff. } A/B + \text{diff. } B/A > \Sigma \text{ communes } AB$). Dans le cas contraire, si les différences sont néanmoins nettes, les deux groupements représentent des sous-associations différentes de la même association.

Comme dans la méthode « sigmatiste » nos associations sont donc bien basées sur la seule présence-absence des espèces, mais l'accent est mis ici sur les espèces compagnes et non sur les espèces caractéristiques. Les deux types d'association sont bien homologues, et ceci est confirmé par le fait que souvent les associations que nous avons définies sont très voisines de celles reconnues antérieurement par la méthode zuricho-montpelliéraine. Ces similitudes seront signalées lors de chaque étude particulière. Notre méthode, mise au point d'après les travaux précédemment cités d'ELLENBERG et KLOTZLI, a de plus l'avantage de s'appuyer, comme le font remarquer ces auteurs, sur des espèces communes dont la reconnaissance est facile, ce qui doit permettre une détermination plus rapide par un plus grand nombre de botanistes. Il s'agit donc de reconnaître les espèces, de les compter pour ranger chaque relevé dans une association, de mesurer les paramètres écologiques pour établir la correspondance phytocénose-biotope et tenter d'expliquer d'une façon cohérente les structures observées.

en bas de casse : espèce présente (selon GUINOCHET)

MAJUSCULES : classe

italiques : ordre

minuscules : alliance

Espèces rares : espèces dont la présence peut être considérée comme rare en Vanoise (nombre de stations peu élevé).

Matériel : « r » nombre de relevés dus à l'auteur et ayant servi à la distinction des différents groupements; Substrat : nature du substrat géologique (roche-mère), cristallin, calcaire ou schistes lustrés.

« p » nombre de profils pédologiques analysés.

Analyse de l'horizon superficiel

Valeurs minimales, moyennes, maximales

pH ... méthode électrométrique, dilution à l'eau

tf ... % de terre fine après tamisage à 2 mm

T ... classe de texture suivant diagramme de texture DUCHAUFOR (voir tableau d'abréviations)

Eu ... eau utilisable, différence entre eau à la capacité au champ (pF 2,5) et eau au point de flétrissement (pF 4,2)

C ... % de C organique (méthode Anne)

N ... % d'azote total (méthode Kjeldhal)

C/N .. rapport C/N

Ca²⁺ .. calcium échangeable après percolation à l'acétate d'ammonium à pH 7

V ... coefficient de saturation du complexe absorbant à pH 7.

	min	Moy	Max
pH			
tf			
T			
Eu			
C			
N			
C/N			
Ca ²⁺			
V			

Climato-écogramme

Chaque symbole représente la situation d'un relevé :

en ordonnée .. altitude en m

en abscisse ... exposition suivant un gradient NS, ce qui entraîne les correspondances NE-NW, E-W, SE-SW.

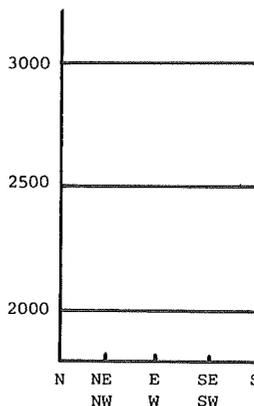
Le symbole représente la pente :

— pente nulle, d'où absence d'exposition, le symbole figure alors en E-W

—•— pente très faible, entre 0 et 10 %

—•— pente faible, entre 10 et 50 %

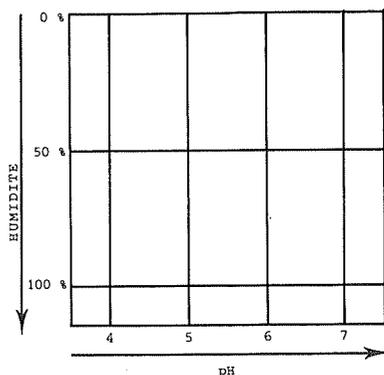
—•— pente forte, supérieure à 50 % (pour une pelouse ne dépasse jamais 100 % soit 45°).



Edapho-écogramme

Limites édaphiques de l'horizon superficiel :

- en abscisse :
pH (on retrouve les valeurs minimales et maximales de l'analyse précédente).
- en ordonnée :
humidité, les valeurs limites sont celles trouvées sur des échantillons d'horizon superficiel en % du poids sec du sol, au-dessus de 100 % le sol peut être considéré comme saturé.



2. Page de droite

Observations sur le groupement :

- Composition floristique suivant les groupes écologiques du tableau II général des groupements, considération sur le nombre spécifique.
- Comparaison avec groupement précédemment décrits dans les Alpes occidentales.
- Situation topographique, étage de végétation.
- Pédologie, nature du substrat, pH, matière organique, texture, teneur en eau, complexe absorbant, type de sol.

Tableau d'analyses pédologiques d'un profil caractéristique

Hor.	principaux horizons reconnus
ep.	épaisseur
Tf.	% de terre fine
A.L.S.	% argile, % limon, % sable
Text.	classe de texture
H. eq.	% d'eau à l'humidité équivalente (pF 2,5)
H. 4,2	% d'eau au point de flétrissement (pF 4,2) méthode RICHARD
Complexe absorbant :	cations échangeables cf. Ca ²⁺
S.	somme des cations échangeables à pH 7
T.	capacité totale d'échange à pH 7
V = $\frac{S}{T} \times 100$:	coefficient de saturation du complexe absorbant
Carb.	carbonate de calcium en % .

3. Abréviations phytosociologiques

CC	<i>Caricetea curvulae</i>	SC	<i>Scheuchzerio-Caricetea fuscae</i>
Cc	<i>Caricetalia curvulae</i>	Cf	<i>Caricetalia fuscae</i>
na	<i>Nardion</i>	cf	<i>Caricion fuscae</i>

fv	<i>Festucion variae</i>	Cd	<i>Caricetalia davallianae</i>
cc	<i>Caricion curvulae</i>	cd	<i>Caricion davallianae</i>
SH	<i>Salicetea herbaceae</i>	cb	<i>Caricion bicoloris-atrofuscae</i>
Sh	<i>Salicetalia herbaceae</i>	MC	<i>Montio-Cardaminetea</i>
sh	<i>Salicion herbaceae</i>	Mc	<i>Montio-Cardaminetalia</i>
Ac	<i>Arabidetalia caeruleae</i>	cm	<i>Cardamino-Montion</i>
ac	<i>Arabidion caeruleae</i>	c	<i>Cratoneurion commutati</i>
ES	<i>Elyno-Seslerietea</i>	VP	<i>Vaccinio-Piceetea</i>
Sv	<i>Seslerietalia variae</i>	Vp	<i>Vaccinio-Piceetalia</i>
sv	<i>Seslerion variae</i>	vp	<i>Vaccinio-Piceion</i>
cfe	<i>Caricion ferrugineae</i>	jn	<i>Juniperion nanae</i>
oe	<i>Oxytropo-Elynion</i>	lv	<i>Loiseleurio-Vaccinion</i>
AR	<i>Asplenetalia rupestris</i>	TR	<i>Thlaspietea rotundifolii</i>
Pc	<i>Potentilletalia caulescentis</i>	Tr	<i>Thlaspietalia rotundifolii</i>
pc	<i>Potentillion caulescentis</i>	tr	<i>Thlaspion rotundifolii</i>
Av	<i>Androsacetalia vandellii</i>	Aa	<i>Androsacetalia alpinae</i>
av	<i>Androsacion vandellii</i>	aa	<i>Androsacion alpinae</i>
BA	<i>Betulo-Adenostyletea</i>	tp	<i>Trisetio-Polygonion</i>
ad	<i>Adenostylion</i>	cs	<i>Chenopodion subalpinum</i>

4. Ordres des unités

La figure 5 inspirée d'ELLENBERG (1963), présente les groupements supraforestiers selon les subdivisions phytosociologiques généralement admises en France (GUINOCHET, 1970). Nous suivrons les grandes lignes de cette classification en traitant successivement des combes à neige, des pelouses à durée d'enneigement modérée, acidophiles d'abord, puis basoneutrophiles. Ce n'est qu'après ces dernières que nous évoquerons le cas des pierriers calcaires longuement enneigés (*Arabidetalia caeruleae*) ce dont nous nous expliquerons par la suite. Enfin en dernier lieu sera examiné le cas des marais. Le tableau I récapitule, dans l'ordre adopté par l'inventaire, les différentes unités phytosociologiques intéressées. Le tableau II fournit pour chaque groupement les fréquentes correspondantes.

Si, pour faciliter la présentation de nos différents groupements, nous avons choisi de suivre l'ordre habituel de la classification phytosociologique dont les unités nous servent de référence, il n'en demeure pas moins que nous sommes persuadés qu'en aucun cas cette classification traduit la réalité des structures existant au niveau de l'étage alpin. Nous partageons donc entièrement le point de vue de WAGNER (com. verb.) quand il dénonce le caractère artificiel des classes *Salicetea herbaceae*, *Asplenetalia rupestris*, *Thlaspietea rotundifolii* où les groupements calcicoles, d'une part, et silicoles, d'autre part, ne possèdent pratiquement pas d'espèces communes pour constituer les classes des combes à neige, des rochers et des éboulis dans les étages supérieurs. Il conviendrait donc alors de ne considérer que les ordres et d'établir au niveau de

PARC NATIONAL DE LA VANOISE

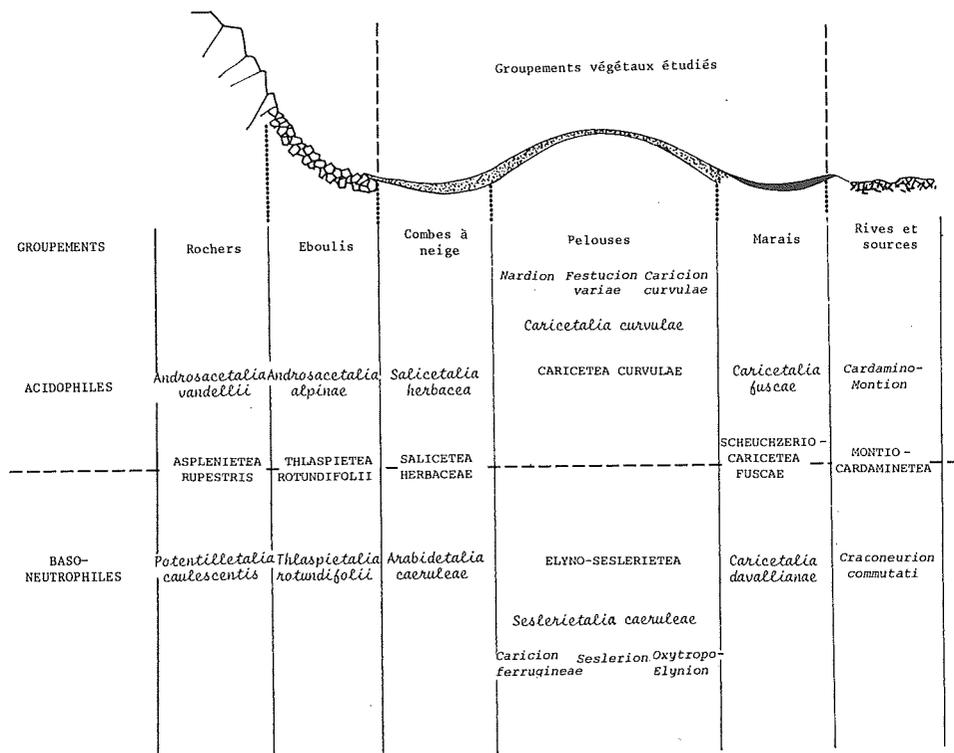


FIG. 5. - Les principales subdivisions phytosociologiques des groupements supra-forestiers.

ces groupements spécialisés la même distinction existant au niveau des pelouses, *Caricetea curvulae* et *Elyno-Seslerietea*. Il est vraisemblable d'ailleurs que pour les marais la seule classe des *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* soit insuffisante bien que l'hydromorphie puisse entraîner des conséquences telles que le caractère édaphique initial, calcicole ou silicole, soit en grande partie masqué.

5. Nomenclature des espèces végétales

Cette nomenclature étant en perpétuelle évolution, nous nous en tiendrons par souci d'homogénéité à celle adoptée dans le « Catalogue écologique des plantes vasculaires du Parc National de la Vanoise et des régions limitrophes » tout en sachant qu'elle est imparfaite et en regrettant que les différents auteurs travaillant sur la végétation du Parc ne l'ait pas adoptée. Ces espèces sont rassemblés suivant des groupes socio-écologiques qui nous ont semblé les plus évidents (tabl. II)

TABLEAU I

Ordre de présentation des groupements et classification phytosociologique
(selon GUINOCHET)

SALICETEA HERBACEA I	Salicetalia herbacea	Salicion herbaceae	1 <i>Salicetum herbaceae sibiraldictosum</i> 2 <i>Salicetum herbaceae poctosum</i> 3 <i>Salicetum herbaceae caricetosum parviflorae</i> 4 <i>Salici-Alopecuretum</i>
CARICETEA CURVULAE I	Caricetalia curvulae I	Nardion I	5 <i>Ranunculo-Alopecuretum</i> 6 <i>Pocto-Alopecuretum</i>
		Caricion curvulae	7 <i>Tanaceto-Curvuletum</i> 8 <i>Festuco-Curvuletum junceetosum</i> 9 <i>Festuco-Curvuletum nardetosum</i>
VACCINIO-PICEETEA	Vaccinio-Piceetalia	Vaccinio-Piceion	10 <i>Elyno-Avonochloetum</i> 11 <i>Nardo-Vaccinietum</i>
		Loiseleurio-Vaccinion	12 <i>Cetrario-Loiseleurietum</i>
CARICETEA CURVULAE II	Caricetalia curvulae II	Nardion II	13 <i>Nardo-Trifolietum festucetosum</i> 14 <i>Nardo-Trifolietum gentianeetosum</i>
			Festucion variaae
		Seslerion variaae I	
			Seslerion variaae II
ELYNO-SESLERIETEA	Seslerietalia variaae	Seslerion variaae II	26 <i>Semperviro-Seslerietum</i> 27 <i>Helianthero-Seslerietum</i> 28 <i>Rosaeo-Seslerietum</i> 29 <i>Bellidastro-Seslerietum</i>
			Oxytropo-Elyinion
		SALICETEA HERBACEAE II	Arabidetalia caeruleae
SCHEUCHZERIO-CARICETEA FUSCAE	Caricetalia davallianae	Caricion davallianae	37 <i>Caricetum davallianae nigretosum</i>
		Caricion bicoloris-atrofuscae	38 <i>Salici-Caricetum bicoloris</i>

6. Nomenclature des unités phytosociologiques

Les règles de dénomination des unités phytosociologiques n'ont pas encore fait l'objet d'une définition précise, si bien qu'un certain désordre règne en ce domaine. Nous avons adopté les principes de BACH et coll. (1962) dans leurs grandes lignes, avec comme seule exception l'emploi des noms d'espèces : *Curvuletum*, *Semperviro*-, *Bellidastro*-, *Rosaeo*-, dans le but de ne pas alourdir la nomenclature. Nous avons toujours suivi, sauf pour le *Salicetum herbaceae*, une nomenclature binômiale, le nom placé en seconde position correspondant à l'espèce la plus importante du binôme et pouvant se retrouver dans plusieurs associations voisines, exemples : *Minuartio-Elynetum*, *Seslerio-Elynetum*, *Rosaeo-Elynetum*, *Cetrario-Elynetum*, ensemble des *Elynetum*. Cela nous a conduit à transformer le *Seslerio-Semperviretum* en *Semperviro-Seslerietum*, *Carex sempervirens* étant peu caractéristique de l'association et *Sesleria varia* pouvant servir d'espèce commune à plusieurs associations proches l'une de l'autre, comme plusieurs *Seslerietum* peuvent ainsi exister et, malgré l'usage très répandu de la dénomination « *Seslerio-Semperviretum* », il ne nous a pas paru possible de la conserver en « *nomen reservandum* ».

C) INVENTAIRE PROPREMENT DIT

1 *Salicetum herbaceae sibbaldietosum*

Groupement à saule herbacé riche en sibbaldie couchée

A : *Salicion herbaceae* O : *Salicetalia herbaceae* C : *Salicetea herbaceae*

Nombre spécifique : 15,2 (11-19)

Recouvrement : 8 (6-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (13)

CONSTANTES (6)

ALCHEMILLA PENTAPHYLLEA
GNAPHALIUM SUPINUM
PLANTAGO ALPINA
Poa alpina
SALIX HERBACEA
SIBBALDIA PROCUMBENS

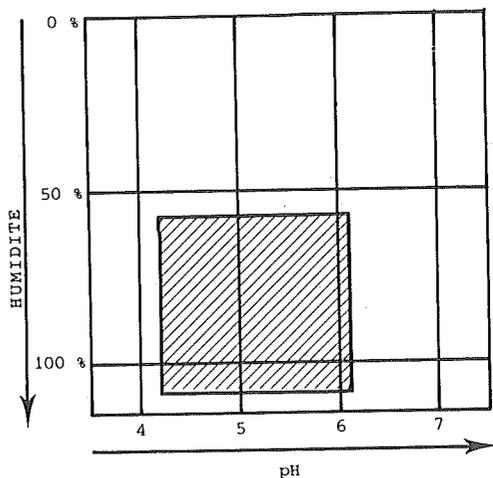
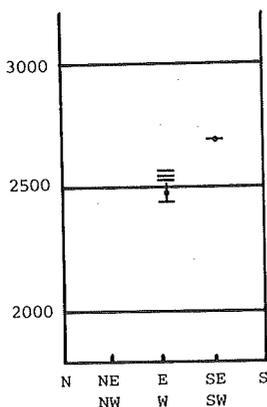
AUTRES FRÉQUENTES (7)

sh	<i>Carex foetida</i>	SH
SH	<i>Euphrasia minima</i>	CC
na	<i>Gentiana bavarica</i>	ac
	<i>Geum montanum</i>	CC
sh	<i>Polygonum viviparum</i>	na
SH	<i>Tanacetum alpinum</i>	sh
	<i>Taraxacum alpinum</i>	ac

Matériel : 6r, 6p.

Substrat : varié, alluvions, colluvions.

	min	Moy	Max
pH	4,2	5,5	6,2
tf	75	84	94
T	-	La	-
Eu	-	-	-
C	4,6	13,4	28,4
N	0,27	0,90	1,81
C/N	10,8	14,7	17,2
Ca ²⁺	11,0	17,5	29
v	23	38	53



Le groupement est dominé par les espèces chionophiles à l'exclusion de tout autre groupe, les mésophiles mises à part. Corrélativement le nombre spécifique moyen est très faible, il s'agit d'un groupement pauvre, mais très homogène puisque possédant 13 fréquentes dont 6 constantes.

Par rapport aux Alpes centrales, il manque les 4 caractéristiques de classe, mais celles d'ordre et d'alliance sont bien représentées, il pourrait s'agir d'un groupement voisin de la sous-ass. *cariceto-alchemilletosum* (BR-BL, 1949).

Le plus fréquemment situé en position horizontale, en fond de cuvette, le groupement est principalement rencontré dans l'alpin moyen. Il peut se trouver sur la surface de comblement d'un lac ou en bordure des eaux à l'extérieur de la ceinture à *Eriophorum scheuchzeri*.

Très richement alimenté en eau par la fonte des neiges, le sol est le plus souvent saturé dès la surface. Installé sur des substrats géologiques variés, recouverts de dépôts alluviaux ou colluviaux, il possède un pH nettement acide mais dont la gamme est assez étendue, reflétant ainsi cette variété. Plus que la nature de la roche-mère, c'est la morphologie provoquant un long temps d'enneigement qui doit être tenue comme responsable de l'installation du groupement. Le taux de matière organique, toujours supérieur à 10 % peut atteindre des valeurs élevées, mais elle est toujours très transformée et la litière bien visible au moment de la fonte des neiges, sa couleur brune foncée contraste alors avec celle des groupements voisins à déneigement plus précoce et déjà verts disparaît rapidement. Cette matière organique est bien transformée, la minéralisation étant relativement active. La texture argileuse en surface, devient plus grossière en profondeur où progressivement les traces d'engorgement apparaissent : tâches rouille sur fond beige puis teintes gris bleutées. Ce profil correspond bien à un sol à stagnogley initial (DUCHAUFOR, 1977).

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H.éq.	H 4,2	E.ut.	pH
A ₁	3	100	34	31	34	La				4,2
A _{1g}	3	100	9	51	41	LF				4,4
Bg	12	100	4	24	72	Sl				4,6

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	14,5	1,0	14,5	11,0	3,9		14,9	39,2	38	
A _{1g}	5,5	0,45	12,2	3,0	0,6		3,6	14,6	24	
Bg	2,1	0,28	14,0	3,7	0,4		4,1	10,0	41	

DEA Monique GAUTIER 1978

2 *Salicetum herbaceae poetosum*

Groupement à saule herbacé riche en paturin alpin

A : *Salicion herbaceae* O : *Salicetalia herbaceae* C : *Salicetea herbaceae*

Nombre d'espèces : 22,1 (16-31)

Recouvrement : 9 (9-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (15)

CONSTANTES (5)

ALCHEMILLA PENTAPHYLLEA
GNAPHALIUM SUPINUM
PLANTAGO ALPINA
POA ALPINA
SALIX HERBACEA

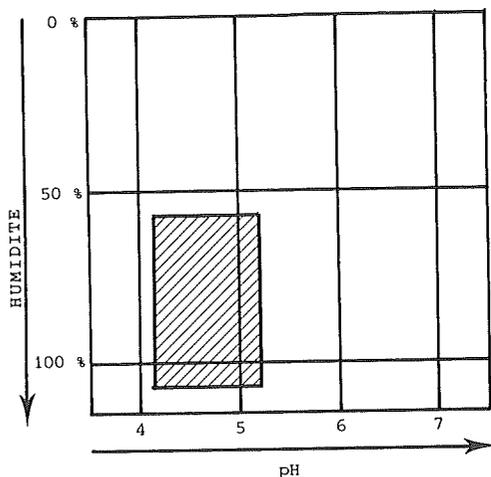
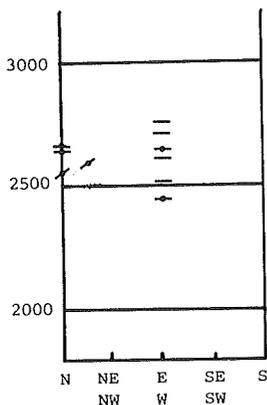
AUTRES FRÉQUENTES (10)

sh	<i>Alopecurus gerardi</i>	na
SH	<i>Androsace obtusifolia</i>	cc
na	<i>CAREX FOETIDA</i>	SH
	<i>Festuca halleri</i>	cc
sh	<i>Geum montanum</i>	CC
	<i>Ligusticum mutellinoides</i>	oe
	<i>Polygonum viviparum</i>	na
	<i>Sibbaldia procumbens</i>	SH
	<i>Tanacetum alpinum</i>	sh
	<i>Veronica alpina</i>	SH

Matériel : 10r, 5p.

Substrat : surtout schistes lustrés, mais parfois cristallin.

	min	Moy	Max
pH	3,6	4,5	5,2
tf	24	50	76
T		Las	L
Eu	23	27	29
C	3,4	5,0	8,5
N	0,22	0,41	0,56
C/N	10,2	11,9	15,1
Ca ²⁺	1,9	6,4	11,3
v	12	31	41



Aux espèces chionophiles de 1, viennent s'ajouter des espèces fréquentes dans les groupements d'ubac, *Poa alpina* jouant souvent un rôle important. De ce fait, le nombre spécifique moyen augmente, mais le taux de constante diminue, le groupement est donc moins homogène que le précédent.

Les mêmes caractéristiques d'ordre et d'alliance sont présentes. Nous n'avons pas trouvé dans les travaux antérieurs, de groupement homologue.

Si la plupart des stations reconnues sont horizontales en fond de cuvette, un certain nombre ont des pentes supérieures à 5 %, mais alors l'exposition est toujours N. Les stations sont également situées dans l'alpin moyen.

Le substrat principal est constitué par les schistes lustrés, ces combes à neige ayant été surtout rencontrées dans la combe de l'Iseran. La nature physique de ce substrat particulièrement délittable favorise les phénomènes périglaciaires : buttes de cryoturbation sur terrain plat, loupes de solifluxion sur pente. Ces phénomènes expliquent la diminution de l'homogénéité, les conditions physico-chimiques variant rapidement d'un point à l'autre des stations, les parties en relief étant occupées par la flore typique des combes à neige alors que les parties en creux abritent des espèces plus banales de pelouse. Les buttes ou loupes ont des dimensions en plan de 1 à 2 m, tandis que les dénivelés sont de l'ordre de 20 à 40 cm. Cette morphologie entraîne de grandes variations pédologiques d'un point à l'autre : épaisseur des horizons, texture, pH, teneur en matière organique. Sur schistes lustrés, le pH est très acide (4,4-5,2), la matière organique suffisamment abondante (10 %) en surface favorisant une décarbonatation rapide suivie d'une décalcification modérée. Sur roches métamorphiques, le pH est toujours extrêmement acide. Cette matière organique a subi généralement une bonne minéralisation malgré les conditions climatiques. Les organismes transformateurs sont abondants comme l'a révélé l'étude de EYNARD (1976) portant sur les champignons de 2 stations correspondant à ce type de combe à neige.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H.équ.	H 4,2	E.ut.	pH
A ₁	3		22	21	56	Las	35	0,9	26	4,8

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	5,2	5,0	10,2	11	0,6	0,2	12,3	25,6	41	

3 *Salicetum herbaceae caricetosum parviflorae*
Groupement à saule herbacé riche en carex à petites fleurs

A : *Salicion herbaceae* O : *Salicetalia herbaceae* C : *Salicetea herbaceae*

Nombre d'espèces : 25,6 (24-27)

Recouvrement : 9 (7-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (21)

CONSTANTES (7)

ALCHEMILLA PENTAPHYLLEA
CAREX FOETIDA
Carex parviflora
GNAPHALIUM SUPINUM
POA ALPINA
SIBBALDIA PROCUMBENS
Veronica alpina

Espèces rares : *Potentilla brauniana*,
Saxifraga muscoides

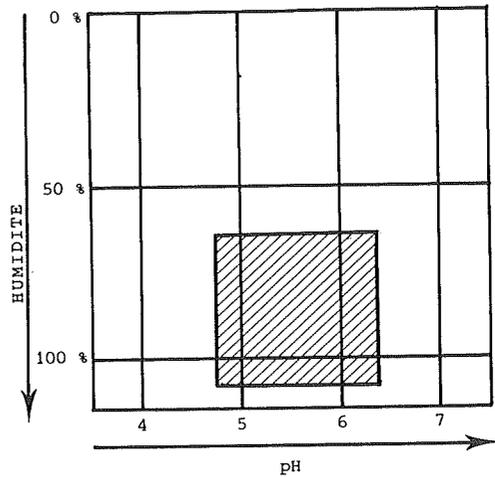
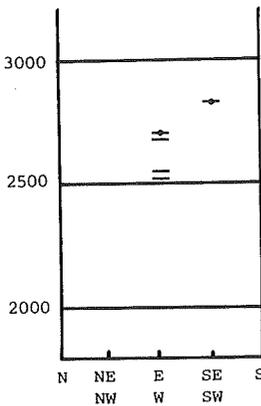
Matériel : 5r, 2p.

AUTRES FRÉQUENTES (14)

sh	<i>ALOPECURUS GERARDI</i>	na
SH	<i>Androsace obtusifolia</i>	cc
ac	<i>Cardamine alpina</i>	Sh
SH	<i>Cerastium arvense</i>	fc
	<i>Cerastium cerastioides</i>	SH
SH	<i>Geum montanum</i>	CC
SH	<i>Ligusticum mutellinoides</i>	oe
	<i>Minuartia sedoides</i>	CC
	<i>PLANTAGO ALPINA</i>	na
	<i>Sagina saginoides</i>	SH
	<i>SALIX HERBACEA</i>	sh
	<i>Saxifraga oppositifolia</i>	tr
	<i>Tanacetum alpinum</i>	sh
	<i>Taraxacum alpinum</i>	ac

	min	Moy	Max
pH	4,8	5,8	6,4
tf	-	76	-
T	-	Las	-
Eu	-	19	-
C	2,1	4,3	6,5
N	0,20	0,38	0,56
C/N	10,5	10,7	10,9
Ca ²⁺	7,5	12,2	16,9
v	78	88	97

Substrat : schistes lustrés et calcaires.



Par rapport aux groupements précédents, on constate encore une augmentation du nombre spécifique ainsi que de celui des fréquentes. Cette augmentation porte sur les espèces de fraîcheur ainsi que sur certaines caractéristiques de classe qui manquaient précédemment (*Veronica alpina* constante, *Cerastium cerastioides* et *Sagina saginoides* fréquentes). L'abondance de *Carex parviflora* provient de la nature plus ou moins carbonatée de substrat. Il s'agit donc de combes à neige sur calcaire ou calcschistes qui, malgré l'évolution du sol, gardent l'empreinte du substrat dans sa composition floristique, mais insuffisamment pour constituer une association indépendante des autres combes à neige et donc encore moins appartenir à une alliance ou un ordre différent.

Les stations sont généralement horizontales, en fond de combe et sont également situées dans l'alpin moyen.

Les caractères pédologiques sont bien marqués par la nature du substrat. Il s'agit des combes à neige les moins acides avec un taux élevé de saturation en bases échangeables. La matière organique est moins abondante et la minéralisation est très active. Mais aussi il faut signaler que souvent la cryoturbation intervient fortement en surface, entraînant l'existence d'un renouvellement constant et donc d'un sol calcaire très peu évolué.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁	3		23	19	58	Las	28	9	19	6,3

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	2,1	2,0	10,5	7,5	2,5	0,1	10,1	14,4	70	

4 *Salici-Alopecuretum*

Groupement à vulpin de Gérard et saule herbacé

A : *Salicion herbaceae* O : *Salicetalia herbaceae* C : *Salicetea herbaceae*

Nombre d'espèces : 34,3 (28-42)

Recouvrement : 9 (7-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (36)

CONSTANTES (18)

Agrostis rupestris
ALCHEMILLA PENTAPHYLLEA
Alopecurus gerardi
Avenochloa versicolor
Campanula scheuchzeri
Euphrasia minima
Geum montanum
JUNCUS JACQUINI
Leontodon helveticus
Minuartia sedoides
Myosotis alpestris
Phyteuma pauciflorum
PLANTAGO ALPINA
POA ALPINA
Potentilla aurea
SALIX HERBACEA
Sibbaldia procumbens
Silene exscapa

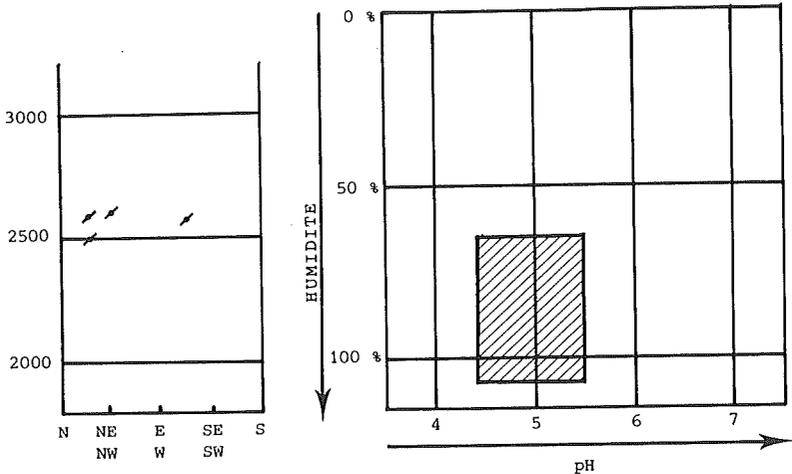
Matériel : 4r, 4p.

AUTRES FRÉQUENTES (18)

CC *Androsace obtusifolia* cc
sh *Bartsia alpina* Sv
na *Carex foetida* SH
Cc *Carex parviflora* ac
na *Carex rosae*
CC *Draba aizoides* **ES**
CC *Festuca violacea* **cfe**
na *Gentiana brachyphylla* oe
CC *Gentiana nivalis* na
CC *Gnaphalium supinum* **SH**
Sv *Homogyne alpina* na
cc *Ligusticum mutellinoides* oe
na *Luzula spicata* **CC**
POLYGONUM VIVIPARUM na
na *Ranunculus montanus*
sh *Tanacetum alpinum* sh
SH *Veronica alpina* sh
aa *Veronica bellidioides* **CC**

Substrat : schistes lustrés.

	min	Moy	Max
pH	4,4	4,9	5,5
tf	-	77	-
T	-	Las	-
Eu	22	31	40
C	5,3	6,7	10,7
N	0,45	0,55	0,78
C/N	10,5	11,9	13,7
Ca ²⁺	7,5	10,2	13,8
V	38	45	54



Cette association semble servir de transition avec les groupements suivants. En effet, à côté des espèces chionophiles rencontrées antérieurement, mais ici avec une moindre fréquence, on peut constater un brutal enrichissement en espèces des *Caricetea curvulae*, et plus particulièrement du *Nardion*, ce qui se traduit pour les groupes distingués en une participation importante des espèces d'ubac et des espèces mésophiles. Ce mélange aboutit à une augmentation très nette du nombre spécifique moyen, alors que parallèlement le nombre des constantes et des fréquentes est très élevé.

Ce groupement semble correspondre à l'*Alopecureto-Caricetum foetidae* décrit par BRAUN-BLANQUET (1954). Il est riche en *Juncus jacquini*, mais cette espèce est présente dans plusieurs associations très différentes, si bien qu'il n'est pas possible de la retenir pour la caractérisation et la dénomination.

Contrairement aux groupements précédents, les stations présentent une pente modérée le plus souvent en exposition du secteur N, ce qui leur vaut encore un enneigement prolongé. Ces stations sont également installées au niveau de l'alpin moyen.

Du point de vue pédologique, ce sont encore les schistes lustrés qui servent de substrat à cette association. Il s'agit aussi de sols humifères, la matière organique dépassant 10 %, la minéralisation est toujours active malgré un état de saturation en eau pratiquement permanent. Les particules fines sont abondantes, la texture étant limono-argilo-sableuse. La grande richesse en calcium s'explique par la nature du substrat et la matière organique abondante offrant une capacité d'échange plus élevée. Par rapport à 3, association la plus voisine au point de vue floristique se développant sur le même substrat, il s'agit de sols nettement plus acides, car vraisemblablement moins affectés par la cryoturbation.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H.ég.	H 4,2	E.ut.	pH
A ₁	2	77	32	9	59	Las	51	10	41	4,8
B	8	74	35	16	49	Las	69	6	63	4,0

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	10,7	0,78	13,7	12,6	0,2	0,9	13,7	25,3	54	
B	4,4									

5 *Ranunculo-Alopecuretum*

Groupement à vulpin de Gérard et renoncules

A : *Nardion*

O : *Caricetalia curvulae*

C : *Caricetea curvulae*

Nombre d'espèces : 28,0 (23-35)

Recouvrement : 9 (8-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (20)

CONSTANTES (7)

ALOPECURUS GERARDI

Geum montanum

Myosotis alpestris

Plantago alpina

RANUNCULUS MONTANUS

Soldanella alpina

Viola calcarata

Espèce rare : *Potentilla brauniana*

AUTRES FRÉQUENTES (13)

na *Alchemilla pentaphyllea* sh

CC *Anthoxanthum alpinum* CC

Sv *Cirsium spinosissimum*

na *Festuca halleri* cc

Leontodon helveticus CC

MINUARTIA SEDOIDES CC

Plantago atrata ac

Poa alpina

Potentilla aurea na

RANUNCULUS PYRENAEUS CC

Sempervivum montanum Cc

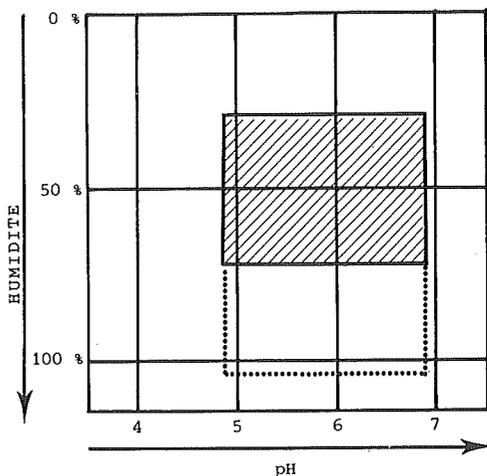
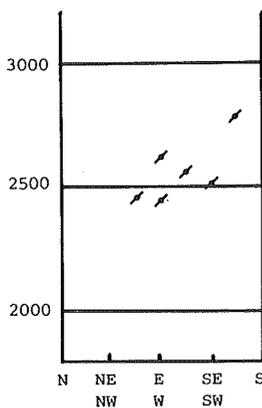
Sibbaldia procumbens SH

Silene exscapa aa

Substrat varié.

Matériel : 6 r, 5 p.

	min	Moy	Max
pH	4,8	5,5	6,9
t.f	63	78	96
T	-	Las	-
Eu	20	31	43
C	5,2	11,1	17,7
N	0,40	0,71	1,16
C/N	13,1	16,3	25,4
Ca ²⁺	1,3	7,8	10,8
V	21	47	69



Les espèces chionophiles sont toujours présentes, mais en moindre proportion (fréquence et dominance) par rapport aux groupements précédents, seule *Alopecurus gerardi* est constante et dominante. Dans la constitution floristique, un rôle important est joué par les acidophiles donc par les espèces caractérisant les *Caricetea curvulae*. Le nombre spécifique par relevé est moyen.

Ce groupement est semblable à l'association à *Alopecurus gerardi* et *Ranunculus pyrenaicus* décrite par GUINOCHET : toutes les caractéristiques d'association sont présentes, sauf *Trifolium alpinum* et *Phyteuma michelii* (sous-esp : ?), mais il faut néanmoins signaler l'absence en Vanoise d'espèces communes dans le groupement de Tinée (*Nardus stricta*, *Carex sempervirens*, *Plantago serpentina*), absence pouvant être attribuée à une plus grande altitude. On peut tirer les mêmes conclusions de la comparaison avec l'association décrite par BARBERO (1970).

En effet, les stations de Vanoise ne sont jamais inférieures à 2 450 m, ce qui correspond aux altitudes les plus élevées de Tinée, notre association est nettement alpine alors que celle de GUINOCHET correspond à l'alpin inférieur. Les expositions sont intermédiaires avec prédominance du secteur S, néanmoins la topographie en creux permet à la neige de séjourner pendant de longues durées, la pente n'étant jamais très accentuée.

L'association correspond à des substrats variés où le colluvionnement joue un grand rôle. En conséquence, si le pH est toujours acide, sa fourchette est étendue. Le sol est assez grossier, le squelette est plus ou moins abondant dès la surface, la texture est limono-argilo-sableuse. La matière organique est toujours abondante, les taux sont supérieurs à 10 %, mais elle manifeste une vitesse de minéralisation très moyenne, le C/N étant supérieur à 15. Ce fait peut s'expliquer vraisemblablement par une productivité aérienne importante qui laisse chaque année une litière abondante et donc plus lente à se décomposer entièrement. La richesse en cation est faible ce qui est à mettre en parallèle avec l'évolution modérée de la matière organique. On note fréquemment des traces d'hydromorphie en profondeur qui sont liées à une nappe temporaire. Il s'agit donc de sols peu évolués à pseudogley profond.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H.éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁₁	2	96	29	17	54	Las	54	18	32	5,0
A _{1g}	2	74	24	25	51	Las	30	04	26	4,0
Bg	10	88	28	18	55	Las	31	05	26	4,5

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁₁	17,7	1,06	16,7	8,8	0,4	0,7	9,9	20	50	
A _{1g}	5,4									
Bg	3,7									

6 *Poeto-Alopecuretum*

Groupement à vulpin de Gérard et paturin des Alpes

A : *Nardion*

O : *Caricetalia curvulae*

C : *Caricetea curvulae*

Nombre d'espèces : 41,5 (33-51)

Recouvrement : 10 (9-10)

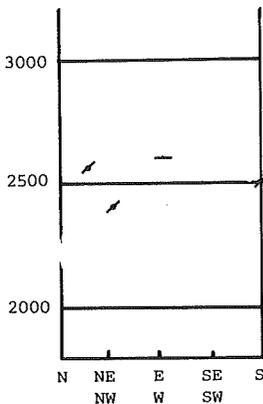
COMBINAISON DES FRÉQUENTES (20)

CONSTANTES (16)

ALOPECURUS GERARDI
Avenochloa versicolor
Carex parviflora
Euphrasia minima
Geum montanum
Lotus alpinus
Myosotis alpestris
PLANTAGO ALPINA
Plantago atrata
POA ALPINA
POTENTILLA AUREA
RANUNCULUS MONTANUS
Sempervivum montanum
Soldanella alpina
Veronica alpina
Viola calcarata

Matériel : 4 r, 4 p.

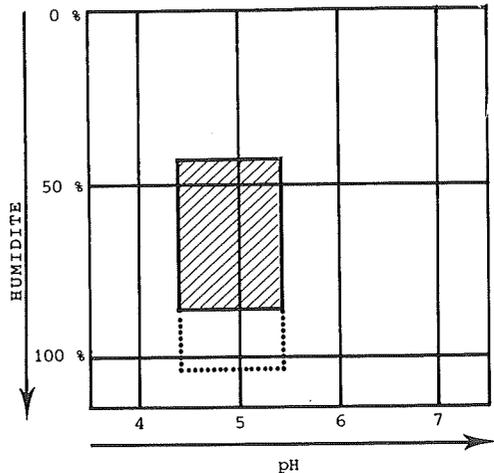
	min	Moy	Max
pH	4,9	5,4	5,9
tf	96	98	100
T	-	Las	-
Eu	25	31	39
C	4,1	14,6	27,5
N	0,35	1,09	1,61
C/N	9,5	12,6	17,1
Ca ²⁺	8,1	24,8	60,8
V	12	52	100



AUTRES FRÉQUENTES (22)

na	<i>Agrostis rupestris</i>	CC
Cc	<i>Alchemilla pentaphyllea</i>	sh
Ac	<i>Androsace obtusifolia</i>	
CC	<i>Bartsia alpina</i>	Sv
CC	<i>Carex foetida</i>	SH
Sv	<i>Cerastium arvense</i>	fv
Sv	<i>Erigeron uniflorus</i>	oe
na	<i>Festuca halleri</i>	cc
ac	<i>Galium pusillum</i>	Sv
	<i>Gentiana bavarica</i>	Ac
na	<i>Gentiana nivalis</i>	na
	<i>Gentiana verna</i>	ES
Cc	<i>Gnaphalium supinum</i>	SH
	<i>Ligusticum mutellinoides</i>	oe
SH	<i>Luzula lutea</i>	cc
	<i>Luzula spicata</i>	CC
	<i>Minuartia sedoides</i>	CC
	<i>Pedicularis verticillata</i>	Sv
	<i>Phleum alpinum</i>	cf
	<i>Ranunculus pyrenaicus</i>	CC
	<i>Saxifraga androsacea</i>	Ac
	<i>Sibbaldia procumbens</i>	SH

Substrat : calcaire.



Dans cette association, on constate une grande fréquence de chionophiles, plus abondantes que dans 5, ainsi qu'une fréquence des espèces acidophiles, la constitution phytosociologique y est donc pratiquement semblable, viennent s'ajouter cependant quelques espèces d'adret et des neutrophiles dont la présence peut s'expliquer facilement par les conditions écologiques. Il s'agit donc d'une association voisine de la précédente mais enrichie vers le pôle neutrophile. De ce fait, le nombre de fréquentes se trouve beaucoup plus élevé ainsi que le nombre spécifique moyen.

Un tel groupement n'a pas été décrit précédemment, l'importance des chionophiles nous le fait placer à l'intérieur des *Salicetea herbacea*, dans un nouvel ordre *Alopecuretalia* qui réunit sur notre territoire les associations 4, 5 et 6 que nous séparons ainsi du *Nardion* et donc des *Caricetea curvulea*. Nous ne suivons pas en cela également les conclusions de BARBERO (1970) qui rangerait ces associations dans les *Nardetea*. L'association semble se localiser à des altitudes plus basses que 5, et se situe donc dans l'alpin inférieur. Les expositions sont variées et les pentes ordinairement faibles. La durée de l'enneigement assez longue est liée à la situation topographique.

Les sols présentent un pH légèrement plus acide qu'en 5 alors que le substrat est calcaire. La teneur en squelette est plus faible, la texture restant limono-argilo-sableuse. Le taux de carbone est plus élevé, mais la minéralisation semble plus active. La nature de la roche-mère provoque une grande richesse en calcaire bien que le taux de saturation soit moyen, la formation d'un humus acide à partir d'une litière abondante favorisant une décarbonatation rapide ainsi qu'une décalcification. Il se constitue donc des sols humifères calciques peu évolués proches d'une rendzine.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁	2	97	27	18	56	Las	102	63	39	5,5
A ₁ /C	8	87	29	22	49	Las	32	14	18	5,5

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	27,5	1,61	17,1	60,8	0,4	2,0	63,2	64	100	
A ₁ /C	5,8									

7 *Tanaceto-Curvuletum*

Groupement à carex courbé et tanaïsie alpine

A : *Caricion curvulae*

O : *Caricetalia curvulae*

C : *Caricetea curvulae*

Nombre d'espèces : 25,6 (23-27)

Recouvrement : 9 (7-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (23)

CONSTANTES (7)

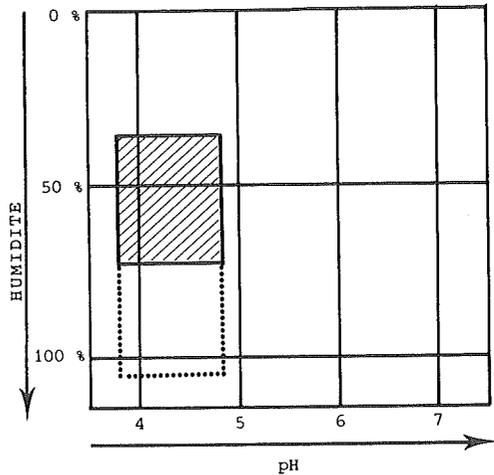
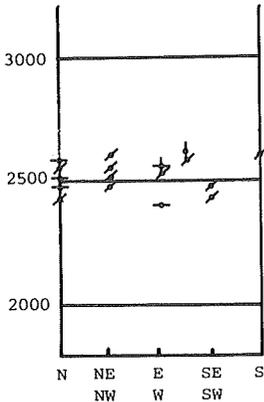
CAREX CURVULA
Homogyne alpina
LEONTODON HELVETICUS
NARDUS STRICTA
PLANTAGO ALPINA
POA ALPINA
TANACETUM ALPINUM
 Espèce rare : *Gentiana alpina*

AUTRES FRÉQUENTES (16)

cc	<i>Agrostis rupestris</i>	cc
na	ALCHEMILLA PENTAPHYLLEA	sh
CC	<i>Anthoxanthum alpinum</i>	CC
na	<i>Avenochloa versicolor</i>	Cc
na	<i>Euphrasia minima</i>	CC
	<i>Gnaphalium supinum</i>	SH
sh	<i>Geum montanum</i>	CC
	<i>Polygonum viviparum</i>	na
	POTENTILLA AUREA	na
	SALIX HERBACEA	sh
	<i>Sempervivum montanum</i>	Cc
	<i>Senecio incanus</i>	Cc
	<i>Sibbaldia procumbens</i>	SH
	TRIFOLIUM ALPINUM	na
	<i>Veronica bellidioides</i>	CC
	<i>Viola calcarata</i>	

Matériel : 17 r, 8 p.

	min	Moy	Max
pH	3,8	4,4	4,8
tf	63	88	98
T	As	A	Læs
Eu	18	28	52
C	2,6	12,2	19,9
N	0,23	0,99	1,48
C/N	11,2	13,8	17,9
Ca ²⁺	0,8	4,1	5,6
v	4	20	26



La composition floristique du groupement montre vis à vis des associations précédentes une stabilité relative des chionophiles qui, toujours présentes, n'en jouent pas moins un rôle plus réduit. Elles cèdent la place aux acidophiles d'ubac et aux acidophiles donc aux espèces communes aux *Caricetea curvulae*. Les espèces répandues sur tous les ubacs sont, au contraire, en nombre réduit. Le nombre spécifique par station a une valeur moyenne.

La comparaison avec le *Caricetum curvulae* ne permet pas d'établir une complète homologie entre les deux groupements. Par rapport à l'association définie par BRAUN-BLANQUET (1950, 1969) on constate que les caractéristiques sont pour la plupart absentes ou peu fréquentes : *Oreochloa disticha* est complètement absente de la région, de même *Senecio carniolicus* qui peut cependant être considéré comme remplacé par *S. eu-incanus*, de même absence de *Hieracium glanduliferum* faiblement compensée par une fréquence faible de *H. subnivale*, faible fréquence de *Gentiana punctata* et *Phyteuma pauciflorum*. On observe également une réduction des caractéristiques d'alliance : *Luzula lutea*, *Festuca halleri*, *Minuartia sedoides*, *Silene exscapa*, qui ne jouent qu'un rôle réduit. Les mêmes conclusions s'imposent vis à vis du *Caricetum curvulae alpinum* de GUINCHET (1938) : *Pedicularis rhaetica*, pourtant présente dans la région, ne se retrouve pas dans notre groupement. C'est pourquoi nous proposons une association nouvelle qui n'a peut-être d'équivalent que la sous-association *hygrocurvuletosum* (BRAUN-BLANQUET, 1950). Le groupement est installé dans l'alpin supérieur, sur une pente nulle ou faible. Il est présent dans toutes les expositions, mais on peut noter cependant une préférence pour celles du secteur N, l'enneigement est donc généralement prolongé.

Le substrat est toujours représenté par une roche acide : quartzite, schistes et grès du houiller, gneiss et micaschistes, parfois roches vertes. Dans ces conditions, le pH du sol ne peut être que très acide. Si le squelette est souvent abondant, la terre fine présente la plupart du temps une texture argileuse. Les profils sont très humifères en surface puisque le taux de carbone y dépasse 10 %, la matière organique est donc abondante, elle conserve néanmoins une vitesse de minéralisation élevée. Il en résulte une bonne alimentation en eau. Les cations échangeables sont peu abondants et le taux de saturation est faible. Le sol correspond à un ranker alpin évoluant vers les sols ocres humifères.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H.éq.	H 4,2	E.ut.	pH
A ₁₁	10		43	9	46	As				4,0
A ₁₂	10		8	30	61	Ls				4,4
B	20		5	39	55	Ls				4,5

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁₁	12,0	0,75	16	6,7	1,2	0,4	8,3	26,2	32	
A ₁₂	5,0	0,40	12,5	4,9	0,6	0,1	5,6	24,4	23	
B	0,2	0,15	-	2,7	0,1	-	2,8	16,8	17	

DEA M. GAUTIER, 1978.

8 Festuco- Curvuletum juncetosum trifidi
Groupement à carex courbé et fétuque de Haller
riche en jonc trifide

A : *Caricion curvulae* O : *Caricetalia curvulae* C : *Caricetea curvulae*

Nombre d'espèces : 23,5 (17-30)

Recouvrement : 8 (6-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (16)

CONSTANTES (8)

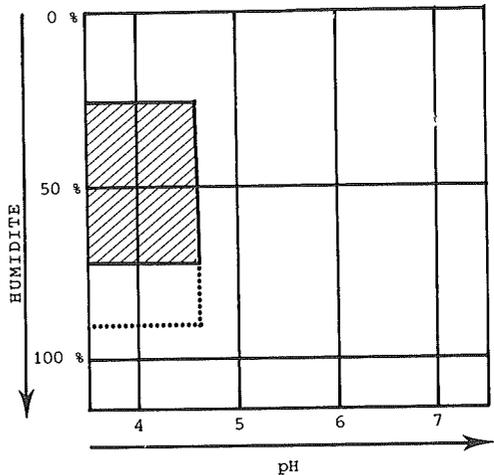
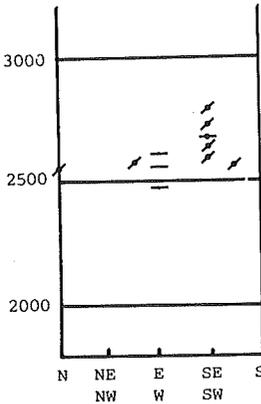
AVENOCHLOA VERSICOLOR
CAREX CURVULA
FESTUCA HALLERI
Leontodon helveticus
Potentilla aurea
Sempervivum montanum
TRIFOLIUM ALPINUM
Veronica bellidioides
 Espèce rare : *Valeriana celtica*
 Matériel : 11 r, 4 p.

AUTRES FRÉQUENTES (8)

Cc	Agrostis rupestris	cc
cc	Antennaria dioica	na
cc	Hieracium subnivale	
CC	Juncus trifidus	CC
na	Luzula lutea	cc
Cc	Phyteuma hemisphaericum	CC
na	Sibbaldia procumbens	SH
CC	Tanacetum alpinum	sh

Substrat : quartzite et cristallin,
 rarement schistes lustrés.

	min	Moy	Max
pH	3,5	4,0	4,6
tf	73	87	97
T	-	As	-
Eu	22	28	35
C	7,7	13,7	17,7
N	0,88	0,97	1,16
C/N	13,5	15,6	16,7
Ca ²⁺	3,1	6,8	12,0
V	11	23	44



Le trait le plus frappant, vis à vis des groupements précédents, est l'absence pratiquement complète des chionophiles. Il en sera ainsi pour toutes les associations qui viendront par la suite. Cette disparition est donc brutale et correspond à une rupture écologique majeure. Les acidophiles d'ubac et les acidophiles de grande amplitude climatique jouent un rôle le plus important, elles comptent 6 constantes dont 3 dominantes. A l'opposé, les espèces d'ubac à grande amplitude édaphique et les mésophiles ne jouent qu'un rôle minime. Le nombre spécifique est faible ce qui se traduit par un faible nombre des fréquentes, fait à mettre en parallèle avec le degré de couverture des stations qui est également faible et la présence d'espèces à multiplication végétative très active, donc à pouvoir concurrentiel élevé.

On peut tirer les mêmes conclusions que dans le cas de 7 de la comparaison avec le *Caricetum curvulae* défini par BRAUN-BLANQUET (1950, 1969), absence ou rareté des caractéristiques, tout en remarquant que celles d'alliance sont plus abondantes et permettent donc le rattachement au *Caricion curvulae*. La constance de *Festuca halleri* impose une comparaison avec le *Festucetum halleri* habituellement décrit. Par rapport à l'association des Grisons, on constate l'absence complète des *Hieracium* caractéristiques, on peut cependant noter l'existence d'une variante à *Juncus trifidus* où nos fréquentes sont généralement bien représentées. Par rapport aux groupements de Tinée (GUINOCHET, 1938) la seule caractéristique présente en Vanoise est *Agrostis rupestris* et on ne peut constater que « l'infidélité » de cette espèce à notre association, tout en relevant que la sous-association à *Festuca laevis* var. *scardica* possède *Juncus trifidus* comme espèce différentielle. Les mêmes conclusions se tirent d'une comparaison avec les travaux de BARBERO (1970). Pour 8, on est donc bien obligé de constater qu'il n'existe pas d'homologie complète soit avec le *Caricetum curvulae*, soit avec le *Festucetum halleri*.

Les stations sont situées dans l'alpin supérieur où elles occupent des sommets de croupe ou de faible pente, dans ce dernier cas on note une nette préférence pour les expositions S. A remarquer également, que la plupart du temps, le substrat géologique compact affleure très largement, et que le sol est donc alors très superficiel.

La roche-mère est acide sauf dans le cas très exceptionnel d'une installation sur schistes lustrés alors complètement décalcifiés en surface. Le pH est donc très acide et peut atteindre la valeur extrême de 3,5. La proximité du substrat réduit la teneur en terre fine, le sol est donc grossier et l'altération physique conduit à une teneur argilo-sableuse en surface. La teneur en carbone est très élevée, la matière organique dépassant souvent 30 %, mais celle-ci subit néanmoins une minéralisation assez active. Ces caractères conduisent à une bonne capacité en eau, mais les prélèvements in situ montrent que l'humidité est très variable et que bien souvent le milieu est sec. Roche-mère et pH sont les causes d'une grande pauvreté en cations échangeables avec de très faibles taux de saturation.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H.éq.	H 4,2	E.ut.	pH
A ₁₁	3	87	39	14	47	As	39	-	-	3,9
A ₁₂	4	75	37	27	36	La	29	-	-	3,7
A ₁ /C	30	43	24	26	50	Las	25	-	-	4,1

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁₁	16,5	0,99	16,7	3,1	1,9	0,6	5,7	33,8	17	
A ₁₂	6,3	0,45	14	1,3	1,9	0,2	3,5	25,0	14	
A ₁ /C	2,5	0,22	11,4	0,6	2,5	0,1	3,2	16,3	20	

9 *Festuco- Curvuletum nardetosum*

Groupement à carex courbé et fétuque de Haller
riche en nard

A : *Caricion curvulae* O : *Caricetalia curvulae* C : *Caricetea curvulae*

Nombre d'espèces : 26,6 (23-35)

Recouvrement : 9 (5-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (18)

CONSTANTES (8)

AVENOCHLOA VERSICOLOR

CAREX CURVULA

FESTUCA HALLERI

NARDUS STRICTA

Phyteuma hemisphaericum

POA ALPINA

Potentilla aurea

Tanacetum alpinum

TRIFOLIUM ALPINUM

Veronica bellidioides

Espèces rares : *Senecio uniflorus*,

Valeriana celtica

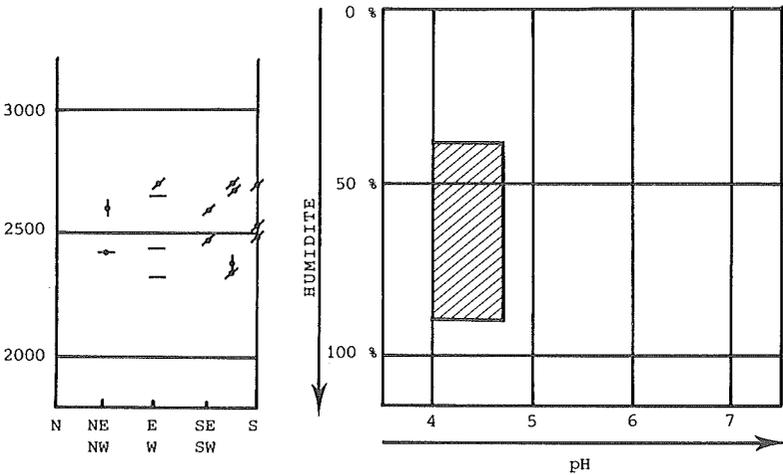
AUTRES FRÉQUENTES (8)

Cc	<i>Agrostis rupestris</i>	cc
cc	<i>Antennaria dioica</i>	na
cc	<i>ANTHOXANTHUM ALPINUM</i>	CC
na	<i>CAREX SEMPERVIRENS</i>	
CC	<i>Geum montanum</i>	CC
	<i>Hieracium subnivale</i>	
na	<i>Leontodon helveticus</i>	CC
sh	<i>Sempervivum montanum</i>	Cc
na		
CC		

Matériel : 14 r, 7 p.

Substrat : cristallin.

	min	Moy	Max
pH	4,0	4,3	4,7
t.f	68	86	97
T	-	A	La
Eu	12	20	28
C	10,9	15,4	24,0
N	0,78	1,08	1,71
C/N	12,3	14,2	17,2
Ca ²⁺	0,6	5,3	19,6
V	9	26	71



Cette sous-association ne se distingue de la précédente que par l'importance prise par *Nardus stricta*, *Carex sempervirens* et *Poa alpina*. Les mêmes remarques s'imposent donc quant à la composition et à la comparaison avec les groupements des autres auteurs.

GUINOCHET distingue bien dans son *Festucetum halleri* une association à *Carex sempervirens* mais sont absentes en Vanoise les caractéristiques d'associations et les différentielles, tout en remarquant que dans les groupements de Tinée, *Nardus stricta* joue un rôle plus important comme d'ailleurs dans les relevés de BARBERO (1970) dans les Alpes maritimes italiennes.

L'association couvre tout le domaine de l'étage alpin, de 2 300 à 2 700 m. Elle se situe comme précédemment en sommet de croupe, ou sur des pentes faibles, parfois sur de fortes pentes, mais on note toujours une très nette prédominance des expositions du secteur S. Un autre fait semble constant : la sous-association est établie sur d'anciens pâturages ce qui explique l'importance des espèces différentielles que nous avons signalées.

Toujours installé sur roche-mère acide affleurant très souvent sur de larges surfaces, le sol possède un pH très acide, sans toutefois atteindre les valeurs extrêmes observées chez 8. Le sol est encore grossier, mais la texture de la terre fine est argileuse en surface. La matière organique est très abondante, elle peut atteindre même 50 %, mais se trouve toujours bien minéralisée. Les cations échangeables sont toujours en faible quantité, ce qui est donc constant pour les sols correspondant au *Caricion curvulae*. Très généralement les sols paraissent secs en été, tout en révélant des taux d'humidité supérieurs au groupement 8, mais l'eau utile se trouve en faible quantité.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁	5	97	49	26	26	A	41	-	-	4,1
A ₂	4	98	30	35	35	La	34	-	-	4,1
B	20	88	36	34	31	La	28	-	-	4,5

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	17,0	1,09	15,6	5,0	4,4	0,8	10,3	43,8	24	
A ₂	6,2	0,48	12,9	0,6	1,9	0,1	2,5	32,5	8	
B	3,2	0,25	12,9	3,8	2,5	0,1	6,4	26,3	27	

10 *Elyno-Avenochloetum*

Groupement à avoine versicolore et élyne queue de souris

A : *Caricion curvulae*

O : *Caricetalia curvulae*

C : *Caricetea curvulae*

Nombre d'espèces : 33,1 (24-44)

Recouvrement : 8 (6-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (12)

CONSTANTES (6)

Agrostis rupestris
Antennaria dioica
AVENOCHLOA VERSICOLOR
Campanula scheuchzeri
ELYNA MYOSUROIDES
Euphrasia minima
FESTUCA HALLERI
Ligusticum mutellinoides
Polygonum viviparum
Silene exscapa
Trifolium alpinum
Veronica bellidioides

Espèce rare : *Achillea moschata*

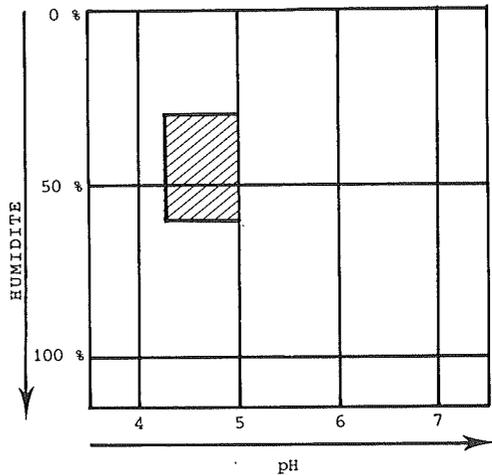
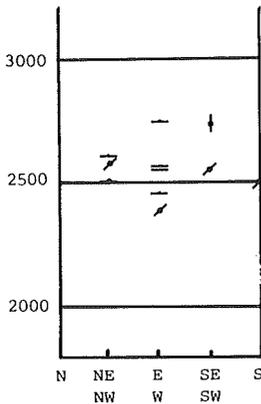
Matériel : 11 r, 4 p.

AUTRES FRÉQUENTES (6)

CC	<i>Aster alpinus</i>	ES
na	<i>Gentiana nivalis</i>	na
Cc	<i>Gentianella campestris</i>	ES
na	<i>Luzula lutea</i>	cc
oe	<i>Phyteuma pauciflorum</i>	cc
CC	<i>Sempervivum montanum</i>	Cc
cc		
oe		
na		
aa		
na		
CC		

Roche-mère : cristallin surtout, parfois calcaire.

	min	Moy	Max
pH	4,5	4,8	5,0
tf	68	89	100
T	-	A	La
Eu	30	42	56
C	7,7	12,4	14,7
N	0,81	1,03	1,18
C/N	9,5	11,9	13,1
Ca ²⁺	10,2	14,0	20,0
V	30	43	49



Dans cette association, on retrouve les mêmes groupes que dans le *Festuco-Curvuletum* mais une espèce est très abondante, *Elyna myosuroides*, conférant au groupement une physionomie particulière accentuée par la présence de lichens (différents *Cetraria* et *Alectoria ochroleuca*). Plusieurs espèces sont particulièrement abondantes alors qu'elles ont habituellement un rôle réduit dans les groupements acidophiles. Ce sont *Polygonum viviparum* qui est ici constante, ainsi que *Ligusticum mutellinoides* (dont la constitution écologique paraît très voisine de celle d'*Elyna myosuroides*), *Gentianella campestris* ainsi qu'*Aster alpinus*. Le nombre spécifique est assez élevé malgré le degré d'ouverture et la présence d'espèces à fort pouvoir colonisateur.

Ce groupement a été décrit en détail pour la Vanoise par CLAUDIN (1970) dans son étude de la région du col de Chavière. BRAUN-BLANQUET a décrit un groupement très voisin dans les Grisons (1926) sous le nom de *Curvuletum elynetosum* où également *Carex curvula* est pratiquement remplacé par *Elyna myosuroides*. On retrouve également ce rôle d'*Elyna* dans le *Caricetum curvulae cetrarietosum* (BRAUN-BLANQUET, 1970). Il s'agit donc d'une association bien connue, mais à distinguer du *Curvuletum elynetosum* décrit en Tinée par GUINOCHET (1938) riche en transgressives de l'*Oxytropo-Elynion*, groupement à rapprocher de 32.

Cette association se trouve dans tout l'étage alpin sauf dans sa partie inférieure. Elle pénètre dans le nival jusqu'à 2 900 m selon CLAUDIN. Elle occupe des sommets de croupe ou de faibles pentes dans les expositions intermédiaires NW et NE, donc soumises à des vents violents en hiver et par cela dégagées de neige. Très fréquemment, on peut signaler la proximité des reposoirs à moutons correspondant à 25.

Le substrat est constitué par des roches-mères acides, parfois par des schistes lustrés. Le pH est généralement moins acide que dans les groupements précédents. Ce sol est également moins grossier en surface, la terre fine est abondante, la protection des lichens devant jouer face à la violence des vents. La matière organique est abondante et présente un bon état de minéralisation. La capacité en eau est grande, mais le sol est souvent sec, recouvert de lichens déshydratés et ce, malgré l'humidité relative élevée que CLAUDIN a mesurée. Par rapport aux *Curvuletum*, les cations biogènes sont plus abondants avec un taux de saturation plus élevé.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁	5,5	100	41	18	41	A	68	29	39	4,5
A ₁ /C	10	90	35	22	43	La	59	15	44	4,6

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	14,7	1,12	13,1	10,2	0,4	0,8	11,4	38	30	
A ₁ /C	10,8	-	-	-	-	-	-	-	-	

11 Nardo-Vaccinietum
Groupement à airelle des marais et nard

A : Vaccinio-Piceion O : Vaccinio-Piceetalia C : Vaccinio-Piceetea
 Nombre d'espèces : 29,1 (19-49) Recouvrement : 9 (6-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (25)

CONSTANTES (10)

ANTHOXANTHUM ALPINUM
Campanula scheuchzeri
Euphrasia minima
Geum montanum
LEONTODON HELVETICUS
LUZULA LUTEA
NARDUS STRICTA
Potentilla aurea
Sempervivum montanum
VACCINIUM ULIGINOSUM

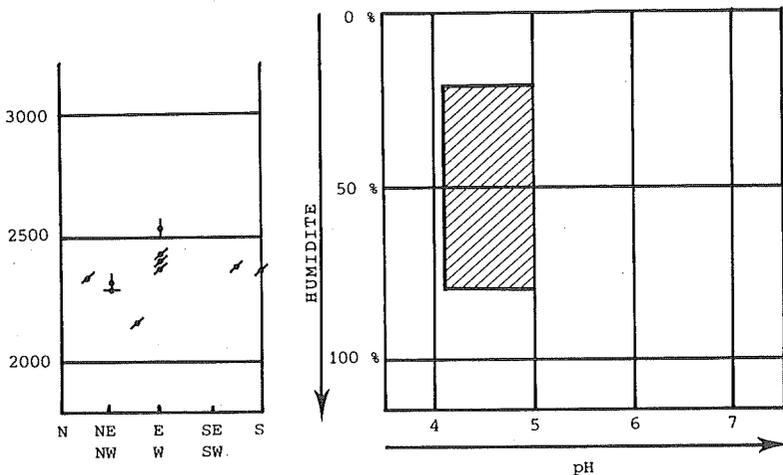
AUTRES FRÉQUENTES (15)

CC	AVENELLA FLEXUOSA	VP
na	AVENOCHLOA VERSICOLOR	Cc
CC	CAREX CURVULA	cc
CC	Homogyne alpina	na
CC	JUNIPERUS NANA	jn
cc	Pedicularis cenisia	
na	Phyteuma hemisphaericum	CC
na	Plantago alpina	na
Cc	Poa alpina	
VP	Ranunculus montanus	
	Senecio incanus	Cc
	Tanacetum alpinum	sh
	TRIFOLIUM ALPINUM	na
	Vaccinium myrtillus	VP
	Veronica bellidioides	CC

Matériel : 10r, 3p.

	min	Moy	Max
pH	4,2	4,5	5,0
tf	64	87	100
T	-	Ls	-
Eu	18	20	22
C	7,9	8,4	9,0
N	0,42	0,50	0,55
C/N	15,5	16,9	18,8
Ca ²⁺	3,8	9,2	18,8
V	40	49	65

Substrat : quartzite et cristallin.



Dans cette association, les sous-arbrisseaux, *Vaccinium uliginosum* et *Juniperus nana* ont un recouvrement important vis à vis des espèces de pelouse qui correspondent à des acidophiles d'ubac et à des acidophiles indépendantes de l'exposition, alors que les espèces d'ubac indépendantes du substrat sont rares. Il s'agit donc pour les espèces de pelouse d'une association voisine des groupements précédents 7, 8, 9 et 10 mais surtout montrant de fortes affinités avec le groupement 14. Le plus souvent d'ailleurs, notre groupement riche en sous-arbrisseaux se trouve en mosaïque avec 14. Le nombre spécifique est moyen, en relation avec le degré d'ouverture du groupement et le recouvrement des sous-arbrisseaux qui laissent peu de champ libre aux plantes herbacées.

L'abondance de *Vaccinium uliginosum* amène naturellement une comparaison avec l'*Empetretum-Vaccinietum* décrit par BRAUN BLANQUET, PALLMAN et BACH (1954), plus particulièrement avec la sous-association *ceptrietosum* partie alpine de l'association. On constate qu'*Empetrum hermaphroditum* ne joue qu'un rôle réduit dans notre association puisque présent dans 3 relevés seulement sur 10, de même que *Loiseleuria procumbens*. *Lycopodium alpinum* est complètement absent. Donc il existe de grandes différences entre les 2 associations. De la même façon, les travaux de SCHWEINGRUBER (1972) montrent bien que l'*Empetretum-Vaccinietum* est une association subalpine. Notre groupement présente d'ailleurs peu d'affinités avec ceux des *Vaccinio-Piceetea*, aussi nous préférons le rattacher aux pelouses acides des *Caricetea curvulae*.

Cette association est située dans la partie inférieure de l'étage alpin entre 2 300 m et 2 500 m sur des pentes faibles à fortes en exposition intermédiaire, principalement du secteur N. Fréquemment, elle occupe d'anciens pâturages pour ovins et elle témoigne donc d'une reconquête par la végétation ligneuse. Elle est installée uniquement sur les roches acides ce qui explique les valeurs du pH toujours inférieures à 5,0. La richesse en squelette devient rapidement élevée en profondeur, les horizons superficiels ayant une texture limoneuse, où sables et argiles peuvent tour à tour devenir plus importants. Généralement la teneur en C est relativement faible pour l'alpin puisqu'inférieure à 10 et la minéralisation est ralentie. La richesse en cations est faible malgré un taux de saturation relativement élevé.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H.ég.	H 4,2	E.ut.	pH
A ₁	2	100	29	33	38	La	33	11	22	5,0
A ₁ /C	5	78	29	39	33	La	31	8	23	5,0

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	9,0	0,55	16,4	18,8	2,5	0,6	22,1	33,8	65	
A ₁ /C	7,0	0,46	15,2	11,2	1,3	0,3	13,0	25,0	52	

12 *Cetrario-Loiseleurietum*

A : *Loiseleurio-Vaccinion* O : *Vaccinio-Piceetalia* C : *Vaccinio-Piceetea*

Nombre d'espèces : 25,1 (17-29)

Recouvrement : 8 (5-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (15)

CONSTANTES (1)

LOISELEURIA PROCUMBENS

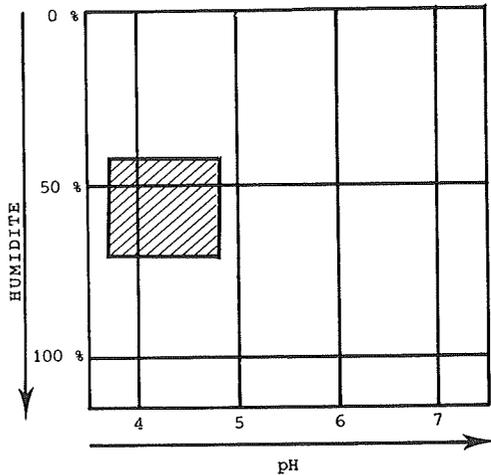
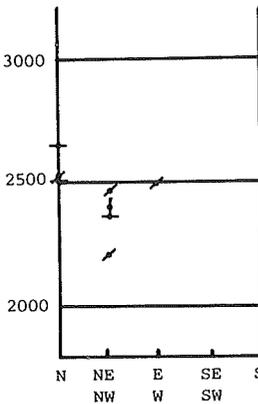
Espèce rare : *Valeriana celtica*
Matériel : 8r, 4p.

AUTRES FRÉQUENTES (14)

lv	<i>AVENOCHLOA VERSICOLOR</i>	Cc
	<i>CAREX CURVULA</i>	cc
	<i>Empetrum hermaphroditum</i>	VP
	<i>Homogyne alpina</i>	na
	<i>Leontodon helveticus</i>	CC
	<i>Luzula lutea</i>	cc
	<i>Minuartia sedoides</i>	CC
	<i>Poa alpina</i>	
	<i>Polygonum viviparum</i>	na
	<i>Potentilla aurea</i>	na
	<i>Salix herbacea</i>	sh
	<i>Sempervivum montanum</i>	Cc
	<i>Tanacetum alpinum</i>	sh
	<i>VACCINIUM ULIGINOSUM</i>	VP

Substrat : quartzite et cristallin.

	min	Moy	Max
pH	3,7	4,4	4,8
tf	32	79	94
T	-	Las	-
Eu	20	24	30
C	7,0	9,3	15,1
N	0,45	0,51	0,60
C/N	13,1	17,3	22,9
Ca ²⁺	1,9	8,7	13,8
v	13	31	58



Cette association ne possède qu'un lot réduit de fréquentes et une seule constante : *Loiseleuria procumbens*, cette espèce conférant au groupement sa physionomie particulière car elle est, le plus souvent, très largement dominante. Parmi les fréquentes, ce sont surtout les acidophiles d'ubac et acidophiles qui prédominent alors que, comme dans 11, les espèces d'ubac sont pratiquement absentes. Il s'agit d'un groupement généralement ouvert ne possédant qu'un nombre spécifique faible.

Il correspond au *Loiseleurieto-Cetrarietum* habituellement décrit qui, à part les lichens, ne possède également comme caractéristique que *Loiseleuria procumbens*, alors que les caractéristiques d'alliance et d'ordre sont rares. Dans le lot des compagnes, les relevés de BRAUN-BLANQUET comportent un grand nombre de transgressives appartenant aux *Caricetea curvulae*, espèces présentes dans notre groupement. SCHWEINGRUBER a fourni (1972) une revue de cette association et ses relevés sont pour la plupart subalpins, les seuls susceptibles d'appartenir à l'étage alpin proviennent de la sous-association *alectorietosum*, variante à *Silene acaulis* qui représente un faciès calcicole. Le grand nombre d'espèces des *Caricetea curvulae* alors que les *Vaccinio-Piceetea* ne sont que faiblement représentés, nous incline comme pour l'association précédente au rattachement à la classe des pelouses alpines acidiphiles. Les groupements calcicoles riches en *Loiseleuria procumbens* sont rattachés à 36.

Nos relevés, compris entre 2 200 m et 2 700 m, appartiennent dans leur grande majorité à l'étage alpin inférieur. Ils sont installés sur des pentes faibles principalement de secteur N ainsi qu'en exposition intermédiaire. Ces pentes sont généralement déneigées en hiver, car fortement exposées au vent qui, par érosion, ouvre largement le groupement.

Le substrat étant toujours constitué soit par des roches cristallines, soit par des quartzites, le sol est obligatoirement très acide et peut atteindre des pH de 3,7. La teneur en graviers est très élevée en surface et la texture de la terre fine est limoneuse avec une riche teneur en sable. Le taux de carbone de l'ordre de 10 n'est jamais très élevé. Il s'agit d'un sol humifère où la minéralisation s'effectue lentement en liaison avec la nature ligneuse d'une grande partie de la litière. L'eau disponible dans le sol est généralement faible, de même les cations échangeables sont en quantité réduite à cause de la faible valeur du taux de saturation.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁	5	87	19	41	40	L	32	12	20	4,1
A ₁ /C	6	83	22	41	37	L	28	7	21	4,3

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	10,3	0,45	22,9	6,9	1,2	0,4	8,7	27,5	32	
A ₁ /C	6,6	0,34	19,4	3,8	1,3	0,2	5,3	26,9	20	

13 *Nardo-Trifolietum festucetosum rubrae*
Groupement à trèfle alpin et nard riche en fétuque rouge

A : *Nardion*

O : *Caricetalia curvulae*

C : *Caricetea curvulae*

Nombre d'espèces : 38,6 (30-48)

Recouvrement : 10

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (21)

CONSTANTES (13)

ANTHOXANTHUM ALPINUM
AVENOCHLOA VERSICOLOR
Campanula scheuchzeri
Carex sempervirens
Euphrasia minima
FESTUCA RUBRA
Geum montanum
Homogyne alpina
NARDUS STRICTA
Phyteuma hemisphaericum
POA ALPINA
TRIFOLIUM ALPINUM
Vaccinium uliginosum

Espèce rare : *Gentiana alpina*

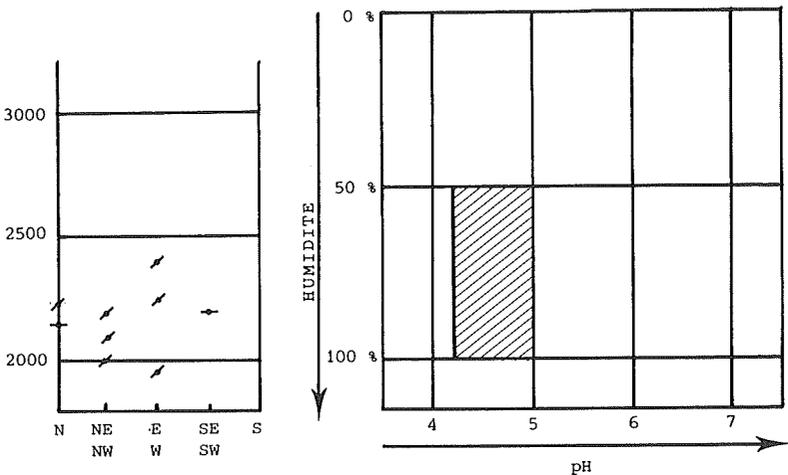
Matériel : 9r, 2p.

AUTRES FRÉQUENTES (8)

CC	<i>Arnica montana</i>	na
Cc	LEONTODON HELVETICUS	CC
na	<i>Lotus alpinus</i>	Sv
	<i>Luzula lutea</i>	cc
CC	<i>Phleum alpinum</i>	ef
na	<i>Polygonum viviparum</i>	na
CC	<i>Potentilla aurea</i>	na
na	<i>Ranunculus montanus</i>	
na		
CC		
na		
VP		

Substrat : cristallin

	min	Moy	Max
pH	4,9	5,1	5,3
tf	84	92	100
T	-	La	-
Eu	45	47	48
C	13,2	14,9	16,5
N	0,95	0,96	0,97
C/N	13,9	15,5	17,0
Ca ²⁺	17,5	19,4	21,3
V	51	59	66



Le *Nardo-Trifolietum* (13 et 14) est assez homogène, les seules variations enregistrées se situant au niveau des groupes d'espèces. On y remarque la rareté des espèces acidophiles d'ubac et l'importance des acidophiles indifférentes à l'exposition. En dehors de l'abondance des mésophiles, on note la fréquence élevée de *Vaccinium uliginosum*, *Homogyne alpina* et *Arnica montana*. Les espèces neutrophiles sont absentes et parmi les espèces d'adret, seul *Carex sempervirens* joue un rôle important. La sous-association 13 est bien individualisée par l'abondance de *Phyteuma hemisphaericum* et surtout de *Festuca rubra*. C'est un groupement à nombre spécifique élevé, le recouvrement étant total dans toutes les stations.

La comparaison avec le *Nardetum alpinum* de BRAUN-BLANQUET (1949) s'impose étant donnée la composition floristique. Cette association ne comporte qu'un petit nombre de caractéristiques dont *Nardus stricta* de faible valeur indicatrice. C'est au niveau des caractéristiques d'alliance que le rapprochement s'opère plus étroitement, les fréquentes étant identiques. Le *Nardo-Trifolietum* pourrait être rapproché à bien des égards de la sous-association *caricetosum sempervirentis* variante à *Trifolium alpinum*. Dans les Alpes maritimes, LACOSTE (1975) a décrit une sous-association à *Pedicularis incarnata* (= *P. rostrato-spicata*) du *Nardetum alpigenum*. Cette sous-association présente plusieurs points communs avec la nôtre, mais elle en diffère car se situant à des altitudes inférieures et sur substrat calcaire. Proche également, mais aussi dans les mêmes conditions, le *Nigritello-Nardetum* de BARBERO (1970) que cet auteur range dans le *Nardo-Trifolion alpini* (*Nardetalia*, *Nardetea stricta*). Les points communs avec les groupements des *Caricetea curvulae* nous amène plutôt à adopter la classification phytosociologique de BRAUN-BLANQUET reprise par GUINOCHET.

La sous-association à *Festuca rubra* située de 1 800 à 2 400 m est donc principalement subalpine. Elle est installée sur des pentes faibles dont les expositions appartiennent surtout au secteur N. On y note des traces de pâturage dues à des bovins, pâturage souvent précoce dans la saison et s'effectuant lors de la montée dans les « montagnes ».

La surface est marquée par la présence de nombreux blocs de roches cristallines. Le sol a un pH très acide. Il comporte un abondant squelette et sa texture est limono-argileuse. La quantité de matière organique est élevée et la minéralisation paraît assez lente. L'humidité disponible est importante ceci étant due tant aux caractères physico-chimiques du sol qu'à la nature de l'exposition. La richesse en cations échangeables est élevée, le taux de saturation étant remarquablement fort, malgré la valeur du pH.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁	2	84	29	26	46	La	60	12	48	4,9
A ₁ /C	5	42	21	53	25	Lf	45	8	27	4,4

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	13,2	0,95	13,9	17,5	1,3	1,2	20,2	40,0	51	
A ₁ /C	7,7	0,53	14,5	7,5	7,5	0,4	15,5	23,8	65	

14 *Nardo-Trifolietum gentianetosum kochianae*
Groupement à trèfle alpin et nard riche en gentiane de Koch

A : *Nardion*

O : *Caricetalia curvulae*

C : *Caricetea curvulae*

Nombre d'espèces : 34,1 (27-45)

Recouvrement : 10 (7-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (23)

CONSTANTES (15)

Anthoxanthum alpinum
AVENOCHLOA VERSICOLOR
Campanula scheuchzeri
Carex sempervirens
Euphrasia minima
Gentiana kochiana
Geum montanum
Homogyne alpina
Luzula spicata
NARDUS STRICTA
PLANTAGO ALPINA
POA ALPINA
Potentilla aurea
Ranunculus montanus
TRIFOLIUM ALPINUM

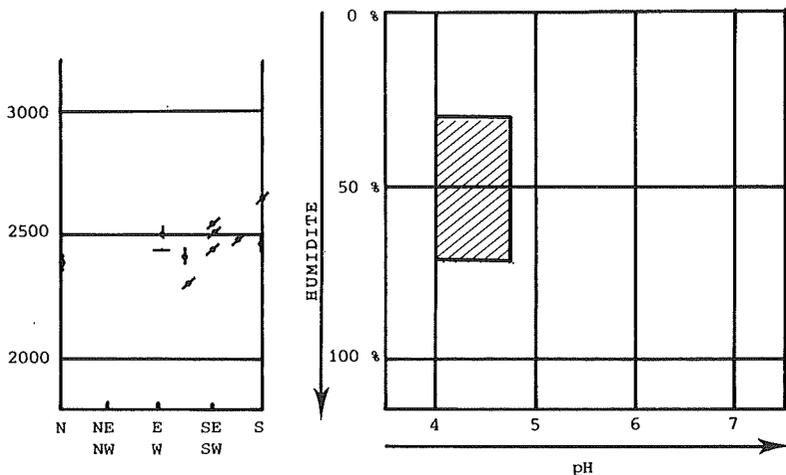
Matériel : 11r, 4p.

AUTRES FRÉQUENTES (8)

CC	<i>Antennaria dioica</i>	na
Cc	<i>Arnica montana</i>	na
na	<i>Avenella flexuosa</i>	VP
	<i>Leontodon helveticus</i>	CC
CC	<i>Luzula lutea</i>	cc
na	<i>Polygonum viviparum</i>	na
CC	<i>Sempervivum montanum</i>	Cc
na	<i>Vaccinium uliginosum</i>	VP
CC		
na		

Substrat : quartzite et cristallin.

	min	Moy	Max
pH	4,3	4,7	5,0
tf	67	84	97
T	-	A	-
Bu	29	31	32
C	8,4	12,7	19,8
N	0,62	0,97	1,31
C/N	11,4	12,9	14,7
Ca ²⁺	1,9	4,8	7,3
V	13	26	38



PELOUSES SUPRAFORESTIÈRES

La composition floristique est très voisine de celle de 13 et vis à vis de cette dernière, seuls *Plantago alpina*, *Gentiana kochiana* et *Luzula spicata* ont valeur d'espèces différentielles. Le nombre spécifique est légèrement inférieur, en accord avec une fréquente ouverture de la pelouse.

Les comparaisons possibles sont identiques, il s'agit donc d'un groupement voisin du *Nardetum alpigenum*.

Les conditions climatiques sont cependant sensiblement différentes puisqu'il s'agit de pelouses nettement alpines, elles sont en effet installées de 2 400 à 2 750 m la plupart au voisinage de 2 500 m. Leur pente est faible à forte, et les expositions principalement de secteur S. Ces deux éléments vont dans le même sens en compensation de l'élévation en altitude et permettant donc la montée de l'association dans l'étage alpin.

Le substrat, cristallin ou quartzitique provoque l'acidité marquée des sols. La richesse en squelette est souvent élevée dès la surface, mais la terre fine possède néanmoins une texture argileuse qui jointe à une forte teneur en matière organique assurera des disponibilités en eau relativement élevées. Le taux de carbone est important et la richesse de minéralisation est plus rapide qu'en 13, en relation vraisemblablement avec la température plus élevée. Au contraire de 13, il s'agit de sols oligotrophes, les cations échangeables se trouvant en quantité réduite.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁	4	75	49	14	37	A	47	18	29	4,6
A ₁ /C	5	55	50	16	34	A	43	13	30	4,5

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	9,6	0,78	12,3	7,3	1,5	1,1	9,9	25,8	38	
A ₁ /C	6,1	5,6	10,9	3,5	0,5	0,3	4,3	22,2	19	

15 *Plantago-Trifolietum juncetosum jacquini*

Groupement à trèfle alpin et plantain alpin riche en jonc de Jacquin

A : *Nardion*

O : *Caricetalia curvulae*

C : *Caricetea curvulae*

Nombre d'espèces : 31,6 (28-38)

Recouvrement : 9 (7-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (25)

CONSTANTES (13)

Agrostis rupestris
Anthoxanthum alpinum
AVENOCHLOA VERSICOLOR
Campanula scheuchzeri
Euphrasia minima
Geum montanum
JUNCUS JACQUINI
PLANTAGO ALPINA
Poa alpina
Potentilla aurea
Sempervivum montanum
Tanacetum alpinum
Veronica bellidioides

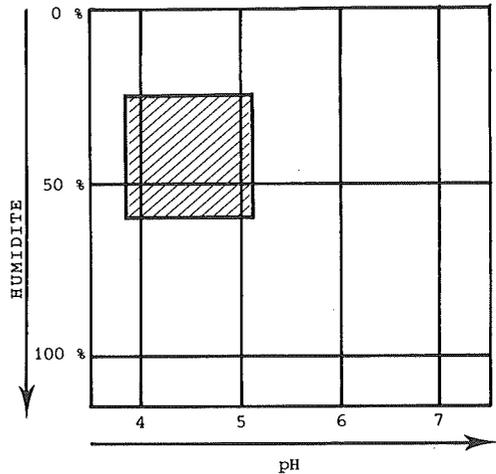
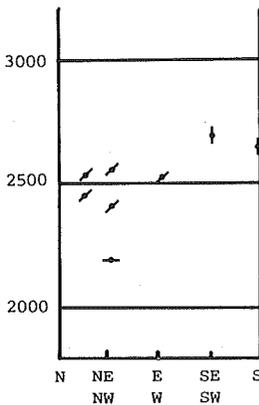
AUTRES FRÉQUENTES (12)

CC	<i>Carex foetida</i>	SH
CC	<i>Homogyne alpina</i>	na
<i>Cc</i>	<i>Leontodon helveticus</i>	CC
na	<i>Ligusticum mutellinoides</i>	oe
CC	<i>Myosotis alpestris</i>	<i>Sv</i>
CC	<i>Phleum alpinum</i>	cfe
na	<i>Phyteuma pauciflorum</i>	cc
na	<i>Ranunculus montanus</i>	
	<i>Sibbaldia procumbens</i>	SH
na	<i>Silene exscapa</i>	aa
<i>Cc</i>	<i>Soldanella alpina</i>	
sh	TRIFOLIUM ALPINUM	na
CC		

Matériel : 8r, 5p.

Substrat : schistes lustrés.

	min	Moy	Max
pH	3,9	4,5	5,1
tf	92	98	100
T	Las	A	La
Eu	15	33	50
C	9,9	13,0	16,1
N	0,73	0,92	1,15
C/N	13,0	14,1	16,8
Ca ²⁺	6,2	11,9	18,2
v	25	40	59



Le *Plantago-Trifolietum* bien que très proche floristiquement de l'association précédente s'en distingue par un certain nombre de différentielles et une physionomie particulière. Dans toute l'association (15 et 16), les espèces acidophiles d'ubac sont particulièrement nombreuses, *Plantago alpina*, *Tanacetum alpinum*, *Agrostis rupestris* étant constantes. Le rôle des acidophiles indifférentes à l'exposition est semblable. Les groupes des acidophiles d'ubac et des mésophiles sont très fournis. L'abondance de *Juncus jacquini* jointe à celle d'*Avenochloa versicolor* confère une physionomie particulière à 15. Le nombre d'espèces par relevé est moyen, le groupement étant fréquemment largement ouvert, les espaces libres pouvant être occupés par des lichens (*Stereocaulon sp.*, *Solorina crocea*).

Les comparaisons avec des associations déjà décrites semblent délicates pour plusieurs raisons. La faiblesse du nombre de caractéristiques rend difficile l'individualisation de tels groupements, l'abondance en espèces banales masquant la combinaison que représente le lot spécifique normal, si bien qu'il est hasardeux de conclure à l'absence de notre association dans une région déjà étudiée. Le rôle de certaines espèces comme *Phleum alpinum*, *Plantago alpina*, *Nardus stricta*, l'abondance des espèces des *Caricetea curvulae* permettent de rapprocher le *Plantago-Trifolietum* de la variante riche en *Trifolium alpinum* de la sous-association *nardetosum* du *Festucetum halleri*, ainsi que du *Trifolio-Nardetum* décrit par WAGNER (1965) dans le Tyrol. Néanmoins 15 et 16 se distinguent nettement des groupements précédents par l'abondance des espèces d'ubac indifférentes au substrat, aussi nous préférons un rapprochement avec le *Nardion*.

La sous-association à *Juncus jacquini* est nettement alpine. Elle est installée soit sur des pentes faibles en exposition N, soit sur des pentes plus fortes en exposition S. Elle occupe souvent des positions au voisinage des sommets de croupe. On y note des traces de pâturage.

Le substrat est le plus souvent constitué par les schistes lustrés, mais ceux-ci, à la suite d'une rapide décarbonatation, subissent une décalcification intense si bien que le pH du sol est très acide. Les horizons superficiels possèdent une terre fine abondante dont la texture est argileuse. Les teneurs en carbone organique sont élevées et la minéralisation est assurée avec une vitesse moyenne. On constate également une grande pauvreté en cations échangeables, avec cependant un taux de saturation élevé.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁	2	100	40	20	40	A	52	9	43	3,9
A ₁ /C	5	46	36	23	41	La	35	4	31	3,7

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	12,3	0,73	16,8	6,2	0,2	0,7	7,1	25,6	27,9	
A ₁ /C	6,9	-	-	-	-	-	-	-	-	

16 *Plantago-Trifolietum geotosum*
Groupement à trèfle alpin et plantain alpin
riche en benoite des montagnes

A : *Nardion*

O : *Caricetalia curvulae*

C : *Caricetea curvulae*

Nombre d'espèces : 38,0 (26-47)

Recouvrement : 10 (8-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (26)

CONSTANTES (12)

Agrostis rupestris
Anthoxanthum alpinum
AVENOCHLOA VERSICOLOR
Campanula scheuchzeri
Euphrasia minima
GEUM MONTANUM
Plantago alpina
POA ALPINA
Potentilla aurea
Ranunculus montanus
Sempervivum montanum
Trifolium alpinum

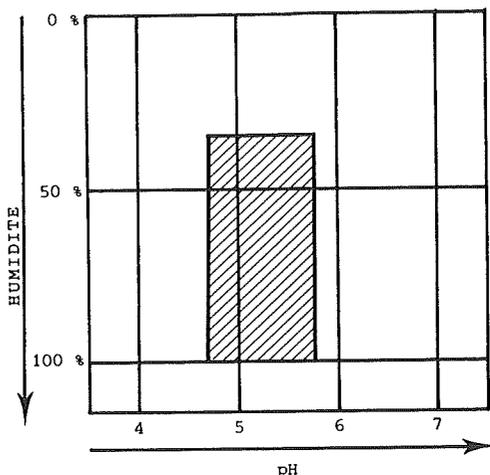
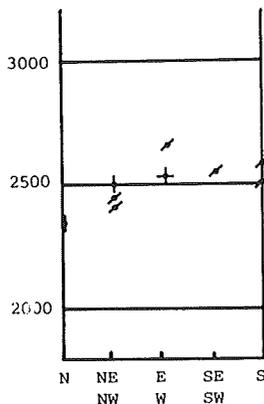
AUTRES FRÉQUENCES (14)

CC	<i>Alchemilla pentaphyllea</i>	sh
CC	<i>Cerastium arvense</i>	fv
<i>Cc</i>	<i>Gentiana nivalis</i>	na
na	<i>Homogyne alpina</i>	na
CC	<i>Leontodon helveticus</i>	CC
CC	<i>Ligusticum mutellinoides</i>	oe
na	<i>Lotus alpinus</i>	Sv
	<i>Luzula spicata</i>	CC
na	<i>Myosotis alpestris</i>	Sv
	NARDUS STRICTA	na
<i>Cc</i>	<i>Phleum alpinum</i>	cfe
na	<i>Soldanella alpina</i>	
	<i>Tanacetum alpinum</i>	sh
	<i>Veronica bellidoides</i>	CC

Matériel : 11 r, 5 p.

Substrat : schistes lustrés et calcaires.

	min	Moy	Max
pH	4,7	5,0	5,6
tf	56	74	100
T	-	As	-
Eu	20	35	69
C	6,3	13,9	23,4
N	0,58	0,94	1,35
C/N	10,9	14,2	17,7
Ca ²⁺	6,3	12,9	24,0
V	24	46	98



La composition de la sous-association riche en *Geum montanum* est très voisine de celle de 15, on y constate cependant la présence d'espèces d'adret qui jouent le rôle de différentielles ainsi qu'une plus grande abondance de *Nardus stricta*. Le nombre spécifique est plus élevé, la pelouse étant plus dense.

Les mêmes possibilités de comparaison existent, bien que l'appartenance au *Nardion* soit ici plus nette.

C'est un groupement de l'étage alpin, surtout rencontré au-delà de 2 500 m. On remarque qu'en s'élevant en altitude, on passe progressivement d'expositions du secteur N à celles du secteur S. Le groupement est pâturé par les moutons.

Le substrat est généralement calcaire ou constitué par des schistes lustrés, mais le sol ne comporte plus de traces de carbonate, il n'en demeure néanmoins que moyennement acide. En surface, le squelette est plus abondant et la texture est argilo-sableuse. Le carbone se trouve en quantité équivalente par rapport à 15 avec une vitesse de minéralisation comparable, néanmoins une certaine accumulation de matière organique peut avoir lieu. Le sol est assez pauvre en cations échangeables, le taux de saturation du complexe absorbant restant moyen.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁	1,5	100	42	12	47	As	93	24	69	5,0
A ₁ /C	5	83	41	15	44	As	43	9	34	4,4

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	23,4	1,32	17,7	19,0	0,9	1,6	21,4	52,0	41	
A ₁ /C	7,9	-	-	-	-	-	-	-	-	

17 *Potentillo-Festucetum*

Groupement à fétuque violacée et à potentille dorée

A : *Nardion*

O : *Caricetalia curvulae*

C : *Caricetea curvulae*

Nombre moyen d'espèces : 36,3 (25-48)

Recouvrement : 8 (3,5-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (30)

CONSTANTES (11)

Campanula scheuchzeri
Erigeron uniflorus
FESTUCA VIOLACEA
Galium pusillum
Gentiana verna
GEUM MONTANUM
LOTUS ALPINUS
Myosotis alpestris
POA ALPINA
POTENTILLA AUREA
Sempervivum montanum

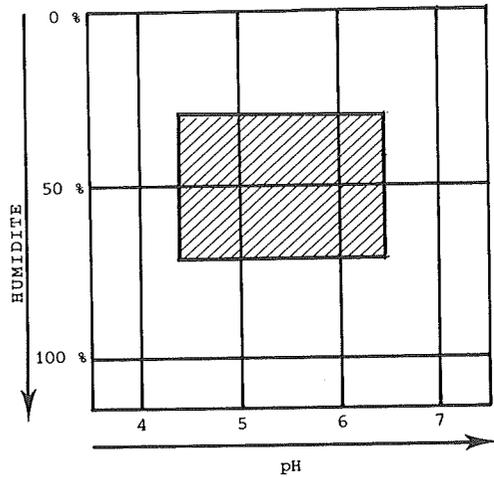
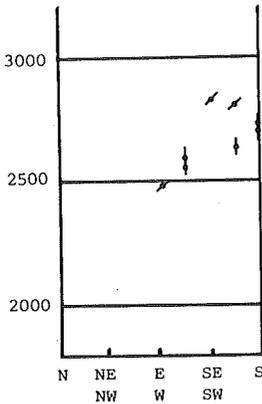
AUTRES FRÉQUENTES (19)

na	<i>Agrostis rupestris</i>	CC
oe	<i>Anthoxanthum alpinum</i>	CC
cfe	<i>Botrychium lunaria</i>	Sv
Sv	<i>Carex parviflora</i>	ac
ES	CAREX ROSAE	
CC	<i>Cerastium arvense</i>	fv
Sv	<i>Euphrasia minima</i>	CC
Sv	<i>Festuca halleri</i>	cc
	<i>Gentiana nivalis</i>	na
na	JUNCUS JACQUINI	na
Cc	<i>Leontodon helveticus</i>	CC
	<i>Ligusticum mutellinoides</i>	oe
	<i>Luzula spicata</i>	CC
	<i>Minuartia sedoides</i>	CC
	PLANTAGO ALPINA	na
	<i>Ranunculus montanus</i>	
	<i>Sibbaldia procumbens</i>	SH
	<i>Veronica bellidioides</i>	CC

Matériel : 8 r, 5 p.

	min	Moy	Max
pH	4,4	5,6	6,5
tf	50	74	94
T	-	-	-
Eu	15	25	34
C	3,7	6,3	9,1
N	0,37	0,51	0,66
C/N	10,0	12,3	17,1
Ca ²⁺	7,6	15,6	32,0
V	37	53	68

Substrat : surtout schistes lustrés.



Le *Potentillo-Festucetum* comporte un grand nombre d'espèces acidophiles, des espèces mésophiles et un mélange d'espèces d'adret, qui apparaissent ici en nombre et d'espèces d'ubac dont la présence s'explique par l'altitude élevée des stations. Quelques espèces neutrophiles sont également présentes. Le nombre spécifique moyen est élevé, mais la fourchette est très large, le groupement pouvant être très ouvert à complètement fermé. Néanmoins, il s'agit d'un groupement homogène, car il est riche en fréquentes et présente une combinaison assez originale d'espèces.

Les études antérieures ne paraissent pas fournir des éléments de comparaison. Un certain rapprochement pourrait s'effectuer avec le *Festuco-Trifolietum thalii* décrit tout le long de la chaîne des alpes (BRAUN-BLANQUET, 1970, GUINOCHET, 1938, etc...) mais les espèces des *Elyno-Seslerietea* ne jouent ici qu'un rôle sporadique, alors que celles des *Caricetea curvulae* sont très fréquentes, le rattachement au *Nardion* est alors plus vraisemblable. Il faut toutefois signaler que dans l'association de BRAUN-BLANQUET (1970) 6 des 32 fréquentes sont des acidiphiles appartenant aux *Caricetalia curvulae* que l'on peut opposer à 6 fréquentes seulement des *Seslerietalia*. Il s'agit donc bien d'une association à parenté phytosociologique « douteuse » et pouvant très bien être considérée comme intermédiaire entre les deux grandes classes de pelouses alpines. En Vanoise, le substrat peu carbonaté des schistes lustrés étant rapidement décalcifié, le *Festuco-Trifolietum thalii* pencherait davantage vers le pôle acidophile et notre *Potentillo-Festucetum* en serait l'expression locale.

Le groupement est localisé dans l'étage alpin supérieur sur de fortes pentes d'exposition S principalement. Ce sont des conditions rigoureuses de xéricité. Il n'existe généralement pas sur des roches en place mais sur des éboulis fixés, des colluviums ou des moraines dont le matériel originel est le plus souvent constitué par les schistes lustrés.

La variété des substrats provoque une grande variété dans les caractères physico-chimiques des sols comme en témoigne la large bande de pH correspondante, se situant toujours dans le domaine acide. Les horizons superficiels sont grossiers et comme la matière organique est relativement faible, la xéricité climatique est renforcée par une xéricité édaphique. La minéralisation est bonne, la quantité de cations échangeables étant moyenne.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H.égq.	H 4,2	E.ut.	pH
A ₁	4	50	-	-	-	-	22	7	15	6,0

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	5,1	0,5	10,3	8,8	1,3	0,2	10,4	18,1	57	

18 *Gentianello-Festucetum*

Groupement à fétuque violacée et gentiane des champs

A : *Festucion variae*

O : *Caricetalia curvulae*

C : *Caricetea curvulae*

Nombre moyen d'espèces : 38,3 (30-50)

Recouvrement : 10 (8-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (24)

CONSTANTES (9)

Anthoxanthum alpinum
Botrychium lunaria
Euphrasia minima
FESTUCA VIOLACEA
Gentianella campestris
GEUM MONTANUM
Poa alpina
Sempervivum montanum
Trifolium pratense

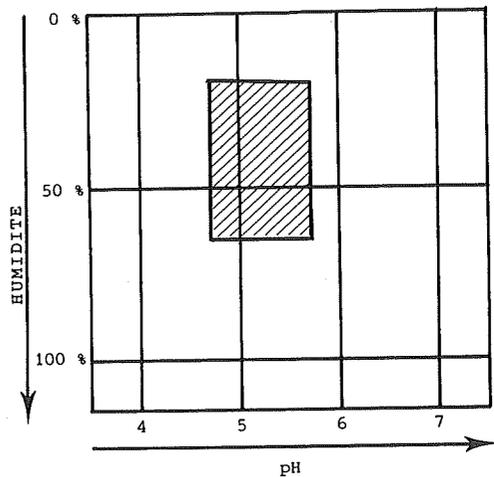
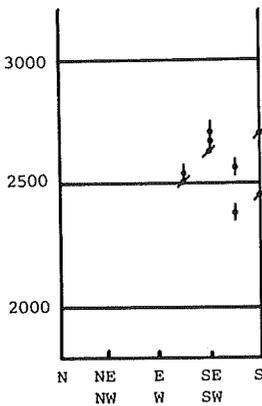
Matériel : 9r, 4p.

AUTRES FRÉQUENTES (15)

CC *Betonica hirsuta*
 Sv *Campanula scheuchzeri* na
 CC *Carex sempervirens*
 cfe *Cerastium arvense* fv
 ES *Festuca halleri* cc
 CC *Galium pusillum* Sv
 Gentiana nivalis na
 Cc **JUNCUS JACQUINI** na
 ES *Luzula spicata* CC
 Myosotis alpestris Sv
 Phleum alpinum cfe
 Plantago alpina na
 Potentilla aurea na
 POTENTILLA GRANDIFLORA fv
 Ranunculus montanus

Substrat : cristallin, schistes lustrés et calcaire.

	min	Moy	Max
pH	5,1	5,4	5,5
tf	47	73	80
T	-	-	-
Eu	17	22	24
C	3,7	10,0	15,8
N	0,34	0,78	1,07
C/N	10,7	12,5	15,5
Ca ²⁺	6,8	14,5	30,4
V	29	50	76



Dans le *Gentianello-Festucetum*, les espèces acidophiles sont présentes et on peut remarquer l'absence complète des espèces d'ubac indifférentes au substrat alors que les espèces d'adret jouent un rôle très important puisqu'on y rencontre pas moins de 4 constantes. Les espèces neutrophiles sont complètement absentes ce qui constitue également une différence avec 17. Le nombre spécifique moyen est élevé bien que très fluctuant d'une station à l'autre. Le groupement est fermé.

La rencontre d'espèces thermophiles et d'espèces acidophiles amène à établir une comparaison avec l'alliance *Festucion variae*, mais les caractéristiques sont peu nombreuses et seule *Potentilla grandiflora* peut prétendre à ce titre. De même quand on passe au stade association, on ne trouve alors aucun groupement équivalent dans les Grisons ou dans les Alpes maritimes. Il s'agit donc d'un groupement original certainement répandu hors de la Vanoise.

Les stations se situent intégralement dans l'étage alpin sur des pentes faibles à fortes, uniquement de secteur S. Les conditions climatiques sont donc très xériques. Les traces de pâture sont généralement abondantes, la passage du bétail étant facilité par des gradins.

Le substrat est très varié, mais même sur les schistes métamorphiques, le pH du sol est moyennement acide. Sur roche-mère carbonatée, la décalcification est accentuée et le pH inférieur à 6,0. Le squelette est abondant dès les horizons superficiels et donc le sol très grossier, ce qui accentue la xéricité des stations. La quantité de matière organique étant modérée pour des sols de l'étage alpin, on s'explique facilement les faibles possibilités d'alimentation en eau exprimées par la mesure de l'eau utile. La minéralisation est assez rapide. Du fait de la nature variée du substrat, la teneur en cations échangeables subit de fortes fluctuations, mais le taux de saturation reste toujours moyen, les conditions de nutrition minérale étant mésotrophes.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁	10	80	-	-	-	-	34	11	23	5,2

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	11,0	0,81	12,5	7,5	3,8	0,3	11,6	25	46	

19 *Semperviro-Trifolietum*

Groupement à trèfle alpin et carex toujours vert

A : *Festucion variae* O : *Caricetalia curvulae* C : *Caricetea curvulae*

Nombre moyen d'espèces : 40,7 (27-54)

Recouvrement : 9 (5-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (31)

CONSTANTES (7)

ANTHOXANTHUM ALPINUM
Avenochloa versicolor
CAREX SEMPERVIRENS
Festuca violacea
Geum montanum
Potentilla grandiflora
TRIFOLIUM ALPINUM

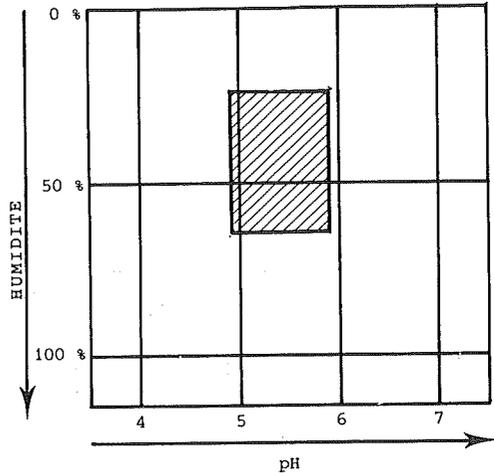
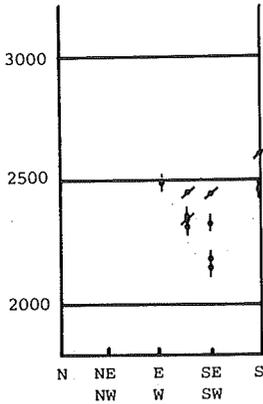
Espèce rare : *Achillea moschata*
 Matériel : 11r, 3p.

AUTRES FRÉQUENTES (24)

CC	<i>Arnica montana</i>	na
Cc	<i>Avenella flexuosa</i>	VP
	<i>Campanula barbata</i>	na
cfe	<i>Campanula scheuchzeri</i>	na
CC	<i>Ceratium arvense</i>	fv
fv	<i>Cirsium acaulon</i>	sv
na	<i>Euphrasia minima</i>	CC
	<i>Galium pusillum</i>	Sv
	<i>Gentiana kochiana</i>	na
	<i>Juniperus nana</i>	jn
	<i>Lotus alpinus</i>	Sv
	<i>Luzula lutea</i>	cc
	<i>Myosotis alpestris</i>	Sv
	NARDUS STRICTA	na
	<i>Nigritella nigra</i>	Sv
	<i>Pedicularis rostrato-spicata</i>	cfe
	<i>Poa alpina</i>	
	<i>Potentilla aurea</i>	na
	<i>Ranunculus montanus</i>	
	<i>Sempervivum montanum</i>	Cc
	<i>Senecio doronicum</i>	fv
	<i>Silene nutans</i>	fv
	<i>Thymus serpyllum</i>	
	<i>Trifolium pratense</i>	ES

Substrat : cristallin surtout, parfois calcaire.

	min	Moy	Max
pH	4,9	5,2	5,8
tf	57	73	97
T	-	La	-
Eu	17	28	38
C	7,6	9,9	11,1
N	0,35	0,53	0,66
C/N	16,8	19,2	21,8
Ca ²⁺	4,4	8,6	11,9
V	39	42	44



Les espèces acidophiles jouent un rôle important dans le *Sempervivo-Trifolietum* avec plusieurs constantes et ceci, tout particulièrement pour les « subalpines » qui sont toutes fréquentes. Quelques acidophiles d'adret dont *Potentilla grandiflora*, sont constantes traduisant bien l'écologie des stations. Les espèces d'ubac sont remarquablement absentes alors que les mésophiles n'interviennent que très peu. Les espèces d'adret indifférentes au substrat possèdent un grand degré de fréquence. Il s'agit donc encore d'un groupement acide et xérique. Le nombre spécifique moyen est élevé mais aussi très fluctuant comme d'ailleurs le recouvrement.

Par rapport au groupement précédent, les espèces du *Festucion variae* augmentent ainsi que celles du *Nardion* alors que celles qui caractérisent les *Caricetea curvulae* sont en régression. La comparaison avec le *Festucetum variae* semble plus facile, surtout avec la sous-association *caricetosum sempervirentis* que BRAUN-BLANQUET (1950) signale là où *Festuca varia* est absente, ce qui est le cas en Vanoise où cette espèce est très rare. Le relevé donné dans les Grisons comporte pas moins de 17 espèces fréquentes dans notre association.

Cette association se situe de 2 200 m à 2 600 m sur des pentes faibles à fortes, l'exposition étant exclusivement de secteur S. Il s'agit donc d'un groupement thermophile correspondant au subalpin supérieur et à l'alpin inférieur. Les traces de pâturage sont également très fréquentes ainsi que l'existence de gradins.

Le substrat étant principalement constitué par des gneiss et des micaschistes, le pH du sol est naturellement acide, bien que très moyennement. Là aussi le squelette est abondant dès la surface, la texture de la terre fine étant limono-argileuse. La matière organique est encore relativement peu abondante avec des taux de carbone de 10 % en moyenne, mais ici la minéralisation semble particulièrement lente dans la grande majorité des cas. La faible épaisseur du sol, l'abondance du squelette, la matière organique en faible quantité contribuent à la xéricité des stations. Le substrat acide ne libère que peu de cations échangeables les conditions restant pendant mésotrophes.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁	2,5	66	36	31	33	La	50	13	37	4,9
A ₁ /C	4,5	71	35	32	33	La	41	13	28	5,1

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	10,9	0,57	19,1	9,4	0,6	0,6	10,7	27,5	39	
A ₁ /C	7,1	0,48	16,9	6,3	0,6	0,4	7,4	22,5	33	

20 Campanulo-Festucetum paniculatae
Groupe ment à fétuque paniculée et campanule barbue

A : *Festucion variae* O : *Caricetalia curvulae* C : *Caricetea curvulae*

Nombre moyen d'espèces : 40,8 (40-44)

Recouvrement : 10

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (32)

CONSTANTES (9)

Anthoxanthum alpinum
AVENELLA FLEXUOSA
Betonica hirsuta
Campanula barbata
FESTUCA PANICULATA
HELIANTHEMUM GRANDIFLORUM
HELICTOTRICHON PARLATOREI
Leucanthemum vulgare
POTENTILLA GRANDIFLORA

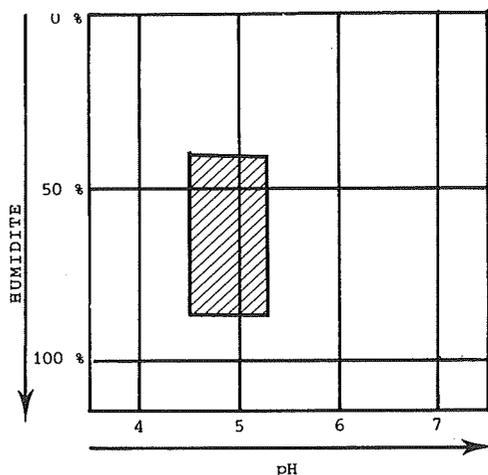
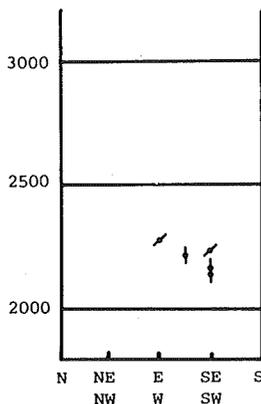
AUTRES FRÉQUENTES (23)

CC **ARNICA MONTANA** na
 VP *Carex sempervirens*
Centaurea uniflora fv
 na *Cirsium acaulon* sv
 fv *Erigeron alpinus* cfe
 ES *Galium pusillum* Sv
 sv *Gentiana kochiana* na
Gentianella campestris ES
 fv *Geum montanum* CC
Hieracium auricula na
Juniperus nana jn
LASERPITIUM HALLERI fv
Leontodon hispidus
Lotus alpinus Sv
Nigritella nigra Sv
Pedicularis rostrato-spicata cfe
Polygonum viviparum na
Pulsatilla alpina CC
Ranunculus montanus
Senecio doronicum fv
Thymus serpyllum
Trifolium alpinum na
Trifolium pratense

Matériel : 5r, 2p.

	min	Moy	Max
pH	4,8	5,1	5,3
t f	-	100	-
T	-	L	-
Eu	18	25	32
C	10,6	12,7	14,8
N	0,66	0,74	0,81
C/N	13,1	17,8	22,4
Ca ²⁺	20,8	23,9	26,9
V	84	85	86

Substrat : cristallin.



A partir de 20, les acidophiles alpines ont un rôle réduit. Dans cette association, seule *Anthoxanthum alpinum* reste constante. Au contraire, toutes les acidophiles subalpines sont fréquentes, certaines étant constantes, tout ce groupe étant différentiel vis-à-vis de 21 où *Festuca paniculata* joue également un rôle dominant. Les acidophiles d'adret sont également toutes présentes et comprennent 4 constantes dont 3 dominantes. A l'opposé, les mésophiles habituellement très répandues sont ici très secondaires (2 fréquentes seulement). Les espèces d'adret indifférentes au substrat sont présentes sans que toutefois aucune d'entre elles soit constante. Il s'agit donc de par sa composition floristique d'un groupement acido-thermophile. Le nombre spécifique est remarquablement élevé et ceci de façon constante étant donnée l'étroitesse de la fourchette. Le recouvrement est total, la strate herbacée pouvant elle-même se subdiviser en différentes couches dont les supérieures recouvrent largement les inférieures. C'est un groupement exubérant et d'une très grande richesse floristique.

A. LACOSTE (1975) a fourni récemment une étude complète du *Festucetum spadicea* dans le bassin de la Tinée (Alpes maritimes). On ne retrouve ici que 3 caractéristiques d'association, alors que le nombre de caractéristiques d'alliance (*Festucion variae*) est nul, ce qui s'est déjà produit pour 18 et 19. Au contraire, les caractéristiques d'ordre et de classe sont plus abondantes. La constante et dominance d'*Helictotrichon parlatorei* conduisent à un parallèle avec la sous-association *avenetosum* où l'on retrouve également le rôle important de *Juniperus nana*, *Avenella flexuosa* et *Cirsium acaulon*. Le substrat est également semblable. Néanmoins l'absence d'un grand nombre d'espèces interdit une complète homologation, il s'agirait donc plutôt d'un vicariant géographique nord-occidental. La comparaison avec les travaux de BARBERO (1970) n'apporte aucun complément, les caractéristiques sont toujours absentes, seule *Senecio doronicum* est présent parmi celles des *Festucetalia spadiceae*.

L'association se situe dans le subalpin supérieur aux expositions intermédiaires de secteur S et très généralement sur de fortes pentes.

Le substrat cristallin produit des sols moyennement acides. En surface, le squelette est complètement absent et la texture limoneuse. La quantité de matière organique est relativement faible si l'on considère l'importance de la phytomasse et pourtant la minéralisation semble très ralentie. L'alimentation en eau est assez faible. Le sol est riche en cations échangeables et son taux de saturation est très élevé en regard de la nature du substrat.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H.égq.	H 4,2	E.ut.	pH
A ₁	2	100	24	30	46	L	34	16	18	4,8
A ₁ /C	3,5	90	29	22	49	Las	26	12	14	4,7

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	14,8	0,66	22,4	26,9	5,6	0,9	33,5	40,0	84	
A ₁ /C	8,0	0,52	15,4	12,5	2,5	0,4	15,5	25,0	62	

21 *Polygono-Festucetum paniculatae*

Groupement à fétuque paniculée et renouée bistorte

A : *Festucion variae*

O : *Caricetalia curvulae*

C : *Caricetea curvulae*

Nombre moyen d'espèces : 42,8 (35-56)

Recouvrement : 10

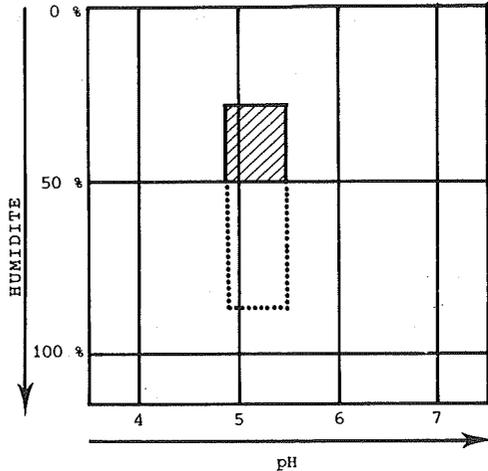
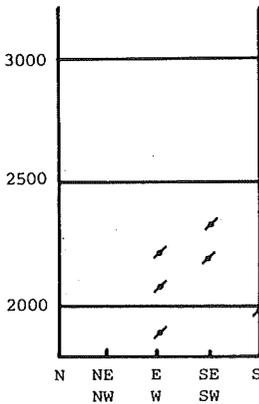
COMBINAISON DES FRÉQUENTES (35)

CONSTANTES (14)

Anthyllis alpestris
Anthoxanthum alpinum
Biscutella laevigata
FESTUCA PANICULATA
FESTUCA RUBRA
Galium pusillum
HELIANTHEMUM GRANDIFLORUM
Leontodon hispidus
Leucanthemum vulgare
Lotus alpinus
Plantago serpentina
Polygonum bistorta
Rhinanthus subalpinus
Trifolium pratense

Matériel : 6r, 3p.

	min	Moy	Max
pH	4,9	5,3	5,5
tf	84	94	100
T	-	A	La
Eu	22	31	48
C	7,6	8,8	13,0
N	0,40	0,66	1,00
C/N	12,9	13,7	15,1
Ca ²⁺	11,5	17,0	21,6
v	51	70	87



AUTRES FRÉQUENTES (21)

ES *Arnica montana* na
CC *Betonica hirsuta*
sv *Botrychium lunaria* Sv
fv *Campanula scheuchzeri* na
na *Carduus defloratus* Sv
Sv *Centaurea uniflora* fv
ES *Chaerophyllum villarsii* ad
Gentianella campestris ES
Geranium sylvaticum BA
Sv *Helictrichon parlatorei* sv
Myosotis alpestris Sv
tp *Phleum alpinum* cfe
Phyteuma orbiculare ES
Poa alpina
Polygonum viviparum na
Potentilla grandiflora fv
Pulsatilla alpina CC
Rumex acetosella
Sempervivum montanum
Silene nutans fv
Thymus serpyllum

Substrat : varié (cristallin, quartzite, calcaire, cargneules).

Comme pour 20, on assiste à une disparition quasi totale des espèces acidophiles où seule *Anthoxanthum alpinum* reste constante. Les acidophiles subalpines sont complètement absentes, mais, à l'opposé, les acidophiles d'adret sont très abondantes. Les espèces subalpines indifférentes au substrat jouent un rôle important, en particulier *Festuca rubra*. De même, les espèces mésophiles sont restreintes et les espèces d'adret abondantes, avec plusieurs constantes. Vis-à-vis de 20, on peut considérer comme différentielles *Polygonum bistorta*, qui traduit une humidité supérieure et les espèces neutrophiles d'adret, *Helianthemum grandiflorum*, *Carduus defloratus*, *Anthyllis alpestris*. Le nombre spécifique est encore plus élevé que dans 20, le recouvrement pluristratifié est complet et les espèces fréquentes sont très nombreuses.

Comme pour l'association précédente, il n'y a que très peu de caractéristiques d'association et d'alliance du *Festucetum spadiceae* de Tinée, mais l'abondance plus grande des espèces du *Polygono-Trisetion* et des *Arrhenatheretea* nous incline à un parallèle avec la sous-association *centauretosum* bien que soit encore interdite la complète homologation. Contrairement aux études antérieures, nous sommes amenés à distinguer deux associations différentes dans les groupements dominés par *Festuca paniculata*. Par leur composition floristique (17 espèces fréquentes communes mais 33 fréquentes différentes dans l'ensemble) il n'est pas possible d'envisager une association unique, cette différence floristique traduisant des écologies différentes.

Le *Polygono-Festucetum paniculatae* se situe bien encore dans des expositions du secteur S, mais très généralement, les pentes sont plus faibles que dans 21 et ne dépassent pas 50 %. Les stations à la base des versants sont fréquentes, ce qui provoque un enrichissement du sol en particules fines et donc une humidité conséquente. Les altitudes, de 1900 à 2300, sont inférieures à celles de 20, l'association occupant le subalpin moyen et supérieur.

Le substrat est beaucoup plus varié et souvent carbonaté, ce qui explique un pH du sol moins acide en moyenne. En surface, la terre fine est encore abondante. Le taux de carbone organique est moins grand, la minéralisation étant nettement plus active. La superposition de ces différents éléments amène une teneur en eau utile plus importante. La richesse en cations échangeables est élevée ainsi que le taux de saturation, il s'agit de sols eutrophes.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁₁	4	98	41	17	42	A	36	13	23	5,5
A ₁₂	7	99	44	15	41	A	32	11	21	5,3

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁₁	5,9	0,39	15,1	11,5	3,5	0,4	15,4	21	73	
A ₁₂	4,0	0,31	12,9	7,9	2,5	0,2	10,6	19	56	

22 Anthyllido-Poetum

Groupement à paturin alpin et anthyllide alpestre

A : *Caricion ferrugineae* O : *Seslerietalia varia* C : *Elyno-Seslerietea*

Nombre moyen d'espèces : 45,1 (37-53)

Recouvrement : 9 (7-10)

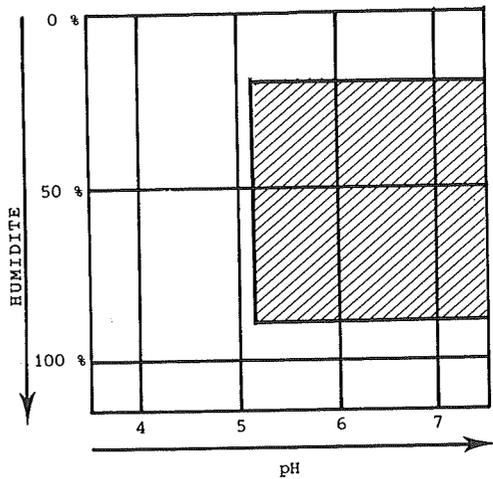
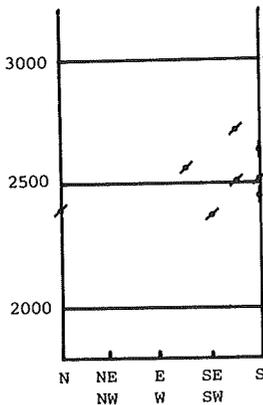
COMBINAISON DES FRÉQUENTES (37)

CONSTANTES (12)

Anthyllis alpestris
ANTHOXANTHUM ALPINUM
AVENOCHLOA VERSICOLOR
Cerastium arvense
Euphrasia minima
FESTUCA VIOLACEA
Galium pusillum
GEUM MONTANUM
Myosotis alpestris
POA ALPINA
POTENTILLA AUREA
Thymus serpyllum

Matériel : 8r, 5p.

	min	Moy	Max
pH	5,2	6,1	7,5
tf	68	84	92
T	-	-	-
Eu	17	28	49
C	9,2	14,5	22,8
N	0,69	1,23	2,10
C/N	10,8	12,2	13,3
Ca ²⁺	3,8	19,4	50,6
V	.28	61	96



AUTRES FRÉQUENTES (25)

ES	<i>Alchemilla hoppeana</i>	cfe
CC	<i>Antennaria dioica</i>	na
Cc	<i>Botrychium lunaria</i>	Sv
fv	<i>Campanula scheuchzeri</i>	na
CC	CAREX SEMPERVIRENS	
cfe	<i>Cirsium acaulon</i>	sv
Sv	ELYNA MYOSUROIDES	oe
CC	<i>Erigeron uniflorus</i>	oe
Sv	<i>Gentiana nivalis</i>	na
	<i>Gentianella campestris</i>	ES
na	<i>Helianthemum alpestre</i>	sv
	<i>Lotus alpinus</i>	Sv
	<i>Luzula spicata</i>	CC
	<i>Nigritella nigra</i>	Sv
	<i>Phleum alpinum</i>	cfe
	<i>Plantago alpina</i>	na
	<i>Polygala alpestris</i>	ES
	<i>Polygonum viviparum</i>	na
	<i>Potentilla grandiflora</i>	fv
	<i>Primula farinosa</i>	Sv
	<i>Pulsatilla alpina</i>	CC
	<i>Sempervivum montanum</i>	Cc
	<i>Trifolium badium</i>	cfe
	<i>Trifolium pratense</i>	ES
	<i>Veronica bellidioides</i>	CC

Substrat : calcaire.

L'*Anthyllido-Poetum* comporte encore un certain nombre d'acidophiles indifférentes au substrat parmi les espèces, mais tous les autres groupes sont pratiquement absents. Les espèces mésophiles revêtent une grande importance (4 constantes), mais le rôle principal est joué par les espèces d'adret, toutes présentes sauf une et comportant parmi elles 5 constantes. Pour la première fois les espèces neutrophiles d'adret, dont *Anthyllis alpestris*, espèce constante, apparaissent en grand nombre. L'association se présente donc comme un groupement thermo-neutrophile à affinités acidiphiles. Le nombre spécifique par relevé est très élevé, le recouvrement étant variable, mais le plus souvent presque total.

La composition floristique fait pencher vers l'appartenance aux *Elyno-Seslerietea*, plus spécialement à l'alliance *Caricion ferrugineae*. En fait, la comparaison avec le *Festuco-Trifolietum thalii* s'impose car si l'on analyse l'association des Grisons (BRAUN-BLANQUET, 1970) on retrouve parmi les fréquentes 4 caractéristiques d'association et 2 d'alliance, ainsi que de nombreuses espèces des *Seslerietalia variae*. L'association décrite par GUINOCHET (1938) est semblable, il manque seulement en Vanoise les espèces à affinités méridionales. Notre groupement est donc assez proche de cette association, mais la rareté de *Trifolium thalii* nous oblige à un changement de dénomination.

Il s'agit d'un groupement de l'étage alpin, atteignant la partie supérieure de celui-ci (2 700 m). Les pentes rencontrées sont faibles à fortes dont l'exposition est de secteur S prédominant. Les conditions climatiques sont donc xériques et thermophiles.

Le substrat étant constitué par les calcaires triasiques, parfois par les schistes lustrés, ne peut produire que des sols faiblement acides, voire alcalins. La pente généralement forte favorise la richesse en squelette mais l'eau utile se trouve quand même en assez grande quantité, ce qui indique une prédominance de l'action thermique vis-à-vis de la sécheresse. La matière organique est abondante manifestant une minéralisation rapide. La richesse en cations échangeables est élevée, le taux de saturation parvenant parfois à son maximum. Il s'agit la plupart du temps de rendzines initiales devenant humifères.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H.éq.	H 4,2	E.ut.	pH
A ₁	2	92	-	-	-	-	36	9	27	5,8

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	11,7	0,90	12,9	8,8	2,5	0,2	11,5	25,6	45	

23 *Helianthemo-Festucetum rubrae*

Groupement à fétuque rouge et hélianthème à grande fleur

A : O : *Seslerietalia variae* C : *Elyno-Seslerietea*

Nombre moyen d'espèces : 46,6 (39-62)

Recouvrement : 10 (9-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (29)

CONSTANTES (15)

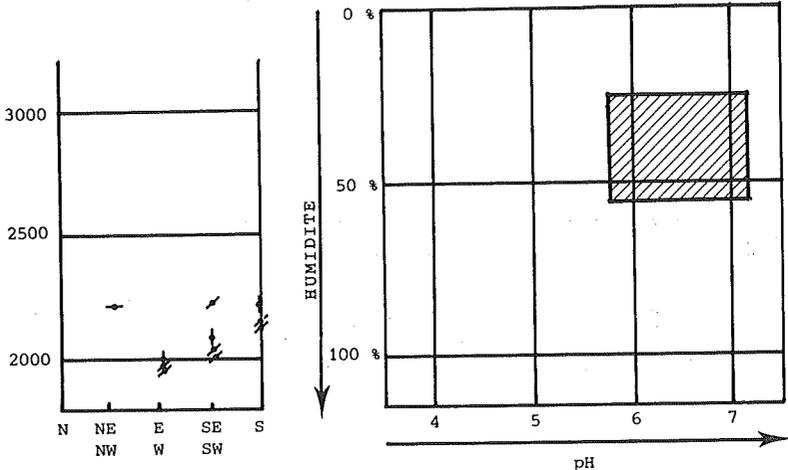
Alchemilla hoppeana
Anthyllis alpestris
Anthoxanthum alpinum
Briza media
CAREX SEMPERVIRENS
FESTUCA RUBRA
Galium pusillum
HELIANTHEMUM GRANDIFLORUM
LEUCANTHEMUM VULGARE
Lotus alpinus
Plantago atrata
Plantago serpentina
Polygonum viviparum
Thymus serpyllum
Trifolium pratense
 Matériel : 11r, 5p.

AUTRES FRÉQUENTES (14)

cfe	ARNICA MONTANA	na
ES	AVENOCHLOA VERSICOLOR	Cc
CC	Calamintha alpina	Sv
Ar	Campanula scheuchzeri	na
	Carduus defloratus	Sv
na	Cirsium acaulon	sv
Sv	Erigeron alpinus	cfe
ES	Gentiana kochiana	na
Ar	Nigritella nigra	Sv
Sv	Pedicularis cenisia	
ac	POA ALPINA	
	Scabiosa lucida	ES
na	SESLERIA VARIA	sv
	Thesium alpinum	Sv
ES		

Substrat : calcaire et gypse - cargneule.

	min	Moy	Max
pH	5,8	6,4	7,2
tf	82	91	100
T	-	A	La
Eu	25	37	62
C	2,9	8,0	20,4
N	0,43	0,78	1,48
C/N	8,4	11,7	13,8
Ca ²⁺	14,1	35,1	55,6
V	79	88	100



Les acidophiles indifférentes à l'exposition sont désormais pratiquement absentes. Ce n'est qu'au niveau des espèces subalpines que l'on peut en rencontrer. D'ailleurs les espèces abondantes dans cet étage jouent ici un rôle important. Les mésophiles sont peu fréquentes mais, comme dans le groupement précédent, les espèces d'adret, indifférentes au substrat et neutrophiles forment le fond de la végétation : 5 espèces constantes pour les premières, 3 pour les secondes avec 4 fréquentes. C'est donc du point de vue floristique une association neutro-thermophile subalpine. Le nombre spécifique moyen est très élevé, le recouvrement étant pratiquement total. En absence de pâturage, la végétation herbacée est exubérante.

Le rattachement de cette association aux unités phytosociologiques paraît délicat car un certain mélange y apparaît. Si les espèces des *Elyno-Seslerietea* et des *Seslerietalia* prédominent, on trouve à côté des espèces du *Caricion ferrugineae*, du *Nardion* et même des *Arrhenatheretalia*. Il s'agit d'un groupement en limite de plusieurs unités qui ne semble posséder aucun équivalent dans les Grisons, ou les Alpes maritimes.

L'association se situe dans la partie supérieure de l'étage subalpin, jusqu'à 2 300 m d'altitude, sur des pentes faibles à fortes en exposition de secteur S. C'est un lieu de prédilection pour le pâturage des vaches.

Le substrat carbonaté induit des sols faiblement acides en surface. La terre fine est très abondante sur tout le profil, la texture argileuse devient limoneuse en profondeur. Les teneurs en carbone sont relativement modérées et la matière organique subit une minéralisation active. L'eau se trouve en quantité relativement réduite, mais l'eau utile disponible est suffisante pour maintenir un groupement végétal dense. La richesse en cations échangeables est bonne. Sur la roche en place, le sol est une rendzine alors qu'avec le colluvionement s'installent des sols bruns calciques à mull eutrophe.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H.éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁	5	100	47	21	32	A	-	-	-	6,6
B	25	-	44	20	36	A	-	-	-	6,8
B/C	-	-	19	40	40	L	-	-	-	7,9

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	7,5	0,63	12	28,0	5,5	0,2	33,7	-	Sat	0
B	2,8	0,28	10	15,0	9,0	-	24	-	Sat	0,2
B/C	0,6	0,07	-	39,0	2,0	-	41	-	Sat	8,4

DEA, A. VINEL, 1978

24 *Trifolio-Poetum*

Groupement à paturin alpin et trèfles

A : *Caricion ferrugineae* O : *Seslerietalia variae* C : *Elyno-Seslerietea*

Nombre moyen d'espèces : 46,8 (34-48)

Recouvrement : 10 (8-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (24)

CONSTANTES (9)

Cerastium arvense
FESTUCA VIOLACEA
Galium pusillum
Gentiana verna
Lotus alpinus
Myosotis alpestris
POA ALPINA
Trifolium badium
TRIFOLIUM PRATENSE

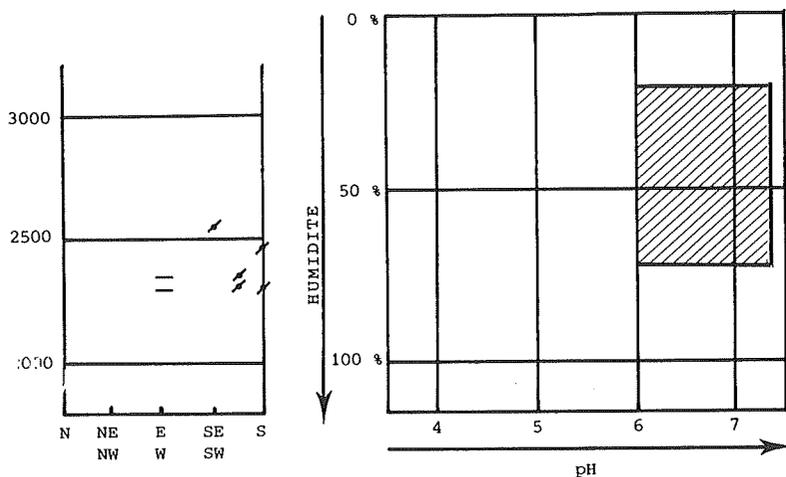
AUTRES FRÉQUENTES (15)

fv	<i>Achillea millefolium</i>	AR
cfe	<i>Agrostis rupestris</i>	CC
Sv	<i>Calamintha alpina</i>	Sv
ES	<i>Campanula scheuchzeri</i>	na
Sv	<i>Carex sempervirens</i>	
Sv	<i>Cirsium acaulon</i>	sv
	<i>Erysimum helveticum</i>	
cfe	<i>Euphrasia minima</i>	CC
ES	<i>Helianthemum grandiflorum</i>	ES
	<i>Oxytropis gaudini</i>	oe
	<i>Plantago atrata</i>	ac
	<i>Potentilla grandiflora</i>	fv
	<i>Sesleria varia</i>	sv
	<i>Taraxacum alpinum</i>	ac
	<i>Thymus serpyllum</i>	

Matériel : 7r, 5p.

	min	Moy	Max
pH	6,0	6,7	7,3
tf	-	-	-
T	-	-	-
Eu	28	32	45
C	4,8	8,8	14,0
N	0,57	0,88	1,23
C/N	8,3	9,8	11,4
Ca ²⁺	15,4	38,3	54,1
V	41	72	100

Substrat : schistes lustrés.



Dans cette association, les espèces acidophiles et celles d'ubac sont pratiquement absentes. Les mésophiles jouent un rôle réduit, *Poa alpina* mise à part comme espèce constante et dominante. Ce sont les espèces d'adret qui l'emportent en tant que richesse en espèces et en individus : 6 espèces constantes. Le rôle des neutrophiles d'adret est moins grand que pour 22 et 23. Il s'agit donc d'un groupement thermophile, faiblement neutrophile. Le nombre est très élevé et le recouvrement le plus souvent total.

L'analyse, espèce par espèce, nous indique un mélange entre *Caricetea curvulae* et *Elyno-Seslerietea* néanmoins cette dernière classe domine largement. Là encore, c'est le *Festuco-Trifolietum thalii* décrit dans les Grisons qui semble le groupement le plus proche : 4 fréquentes sont caractéristiques dans cette association, *Trifolium thalii* est présent plusieurs fois, la seule différence importante réside en l'absence des acidiphiles trouvées en 22. La sous-association *plantaginetosum* paraît la plus voisine de notre association, tout en signalant le remplacement de *Plantago alpina*, pourtant si fréquent ailleurs, par *P. serpentina*. L'association décrite en Tinée par GUINOCHET (1938) paraît plus éloignée.

Le groupement est installé dans des stations horizontales ou en faible pente dont l'exposition est alors de secteur S, ce qui explique la prédominance des espèces d'adret. Il est localisé dans la partie inférieure de l'étage alpin entre 2 300 et 2 500 m. Les surfaces planes sont très largement pâturées.

Le substrat est constitué par les schistes lustrés qui ne subissent que lentement la décarbonatation et produisent des sols alcalins à faiblement acides. Ces sols sont très superficiels, riches en cailloux, en pente, ils sont renouvelés par la solifluxion. La matière organique se trouve en quantité relativement faible et présente une vitesse de minéralisation assez rapide. Les cations échangeables sont en grande quantité.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H.ég.	H 4,2	E.ut.	pH
A ₁	4	-	-	-	-	-	46	15	31	

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	14,0	1,23	11,4	51,3	1,9	0,3	53,6	65	82	

25 *Taraxaco-Poetum*

Groupement à paturin alpin et pissenlit des Alpes

A : *Chenopodium subalpinum* O : *Onopordetalia* C : *Onopordetea*

Nombre moyen d'espèces : 23,5 (19-29)

Recouvrement : 10 (9-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (17)

CONSTANTES (3)

Arabis alpina
 POA ALPINA
 TARAXACUM ALPINUM

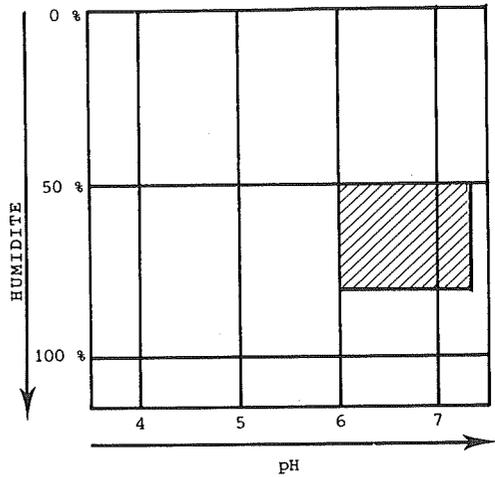
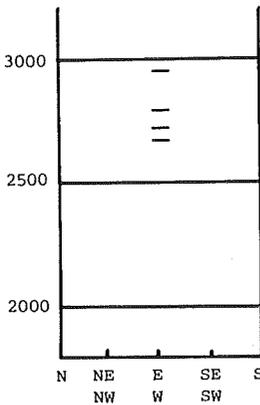
AUTRES FRÉQUENTES (14)

Tr	<i>Achillea nana</i>	aa
	<i>Carex foetida</i>	SN
ac	<i>Cerastium arvense</i>	fv
	<i>Chenopodium bonus-henricus</i>	cs
	<i>Draba aizoides</i>	ES
	<i>Erigeron uniflorus</i>	oe
	<i>Festuca violacea</i>	cfe
	<i>Galium pusillum</i>	Sv
	<i>Geum montanum</i>	CC
	<i>Hutchinsia alpina</i>	tr
	<i>Ligusticum mutellinoides</i>	oe
	<i>Minuartia sedoides</i>	CC
	<i>Myosotis alpestris</i>	Sv
	<i>Polygonum viviparum</i>	na

Matériel : 4r, 2p.

	min	Moy	Max
pH	6,6	7,0	7,3
tf	-	77	-
T	-	L	-
Eu	26	35	44
C	7,7	9,6	11,5
N	0,52	0,93	1,33
C/N	8,7	11,8	14,8
Ca ²⁺	-	18,9	-
V	-	95	-

Substrat : schistes lustrés et calcaire.



Les reposoirs à moutons ou à chamois permettent l'installation d'une végétation exubérante à très haute altitude. *Poa alpina* y atteint une très grande densité avec une taille supérieure à celle atteinte dans les autres groupements, si bien que l'association peut se repérer à grande distance, surtout à la fin de l'été quand le paturin a pris une teinte roussâtre. Les espèces acidophiles sont complètement absentes, et les mésophiles, *Poa alpina* et *Taraxacum alpinum* mises à part, ont un rôle restreint. Quelques espèces d'adret et 2 neutrophiles sont fréquentes. *Arabis alpina*, *Achillea nana*, *Hutchinsia alpina* s'y ajoutent assez régulièrement provenant des proches éboulis. Le nombre spécifique est faible alors que le développement de *Poa alpina* provoque un recouvrement quasi total.

Bien qu'une seule espèce caractéristique soit présente, *Chenopodium bonus-henricus*, ce groupement est à rapprocher du *Chenopodietum subalpinum* dont BRAUN-BLANQUET (1954) signale la possible montée en altitude en fournissant un relevé assez semblables aux nôtres, mais il paraît difficile (WAGNER, com. verb.) de rattacher cette association au *Chenopodion* et encore moins à l'ordre *Onopordetalia*.

Le groupement est installé le plus souvent dans des stations planes et horizontales sur les sommets arrondis correspondant à la partie supérieure de l'étage alpin et au nival.

Le substrat carbonaté produit un sol voisin de la neutralité, très peu évolué. Il s'agit d'un sol grossier, riche en squelette avec une teneur en carbone relativement modéré si l'on tient compte de l'importance de la phytomasse et de l'apport des déjections animales. La minéralisation est assez bonne, vraisemblablement activée par le transit intestinal. Malgré la grossièreté du sol, la teneur en eau de la terre fine est élevée, ce qui permet l'implantation d'une puissante végétation isolée au milieu des déserts pierreux. Les cations échangeables se trouvent en grande quantité, la saturation du complexe absorbant étant presque atteinte.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁₁	1	77	19	34	47	L	38	12	26	
A ₁₂	1	73	24	29	47	Las	31	4	27	
A ₁ /C	4	76	27	21	52	Las	32	6	26	

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁₁	7,7	0,52	14,8	18,9	1,0	0,8	20,6	21,7	95	
A ₁₂	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	
A ₁ /C	4,3	-	-	-	-	-	-	-	-	

26 *Semperviro-Seslerietum*

Groupement à *Seslérie bleuâtre* et *Carex toujours vert*

A : *Seslerion variaie*

O : *Seslerietalia variaie*

C : *Elyno-Seslerietea*

Nombre moyen d'espèces : 38,7 (28-56)

Recouvrement : 8 (5-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (28)

CONSTANTES (10)

ANTHYLLIS ALPESTRIS
Bartsia alpina
Campanula scheuchzeri
CAREX SEMPERVIRENS
FESTUCA VIOLACEA
HELIANTHEMUM GRANDIFLORUM
Pedicularis verticillata
Poa alpina
Polygonum viviparum
SESLERIA VARIA

Espèce rare : *Gentiana clusii*.

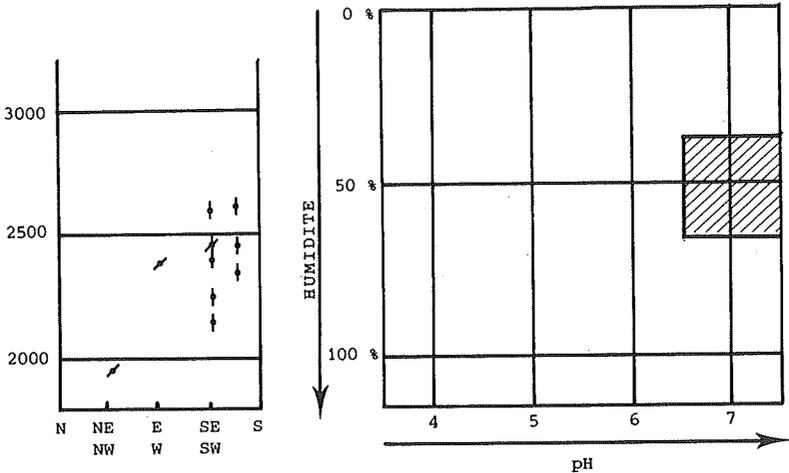
Matériel : 11 r, 4 p.

AUTRES FRÉQUENTES (18)

ES *Alchemilla hoppeana*
Sv *Aster alpinus* **ES**
na *Cirsium acaulon* **sv**
Euphrasia minima **CC**
cfe **FESTUCA PUMILA** **Sv**
ES *Galium pusillum* **Sv**
Sv *Gentiana verna* **ES**
Gentianella campestris **ES**
na *Leucanthemum vulgare* **Ar**
sv *Lotus alpinus* **Sv**
Myosotis alpestris **Sv**
Nigritella nigra **Sv**
Oxytropis campestris **ES**
Polygala alpestris **ES**
Scabiosa lucida **ES**
Senecio doricum **fv**
Thymus serpyllum
Trifolium pratense **ES**

Substrat : calcaire.

	min	Moy	Max
pH	6,7	7,0	7,4
t.f	96	98	99
T	-	A	La
Eu	26	47	67
C	5,8	9,4	15,1
N	0,48	0,77	1,20
C/N	8,8	12,1	14,7
Ca ²⁺	16,4	36,1	60,6
V	55	81	100



Cette association correspond au *Seslerio-Semperviretum* habituellement décrit, nous avons préféré, pour la correction de la nomenclature, inverser le binôme afin de faire mieux ressortir le rôle important de la séslerie. Dans ce groupement, les espèces acidophiles sont complètement absentes, sauf *Senecio doronicum* et *Leucanthemum vulgare* acidophiles d'adret, mais qui se rencontrent également sur sol neutre (pour *Leucanthemum vulgare*, il s'agit vraisemblablement dans ce cas, d'après WAGNER, de *L. maximum*, espèce des *Seslerieta-lia*). Comme dans tous les groupements thermophiles, les mésophiles sont réduites. Ce sont surtout les espèces d'adret dont presque toutes sont fréquentes qui dominent ainsi que les neutrophiles d'adret. A la différence des groupements précédents, les espèces neutrophiles indifférentes à l'exposition sont fréquentes. Il s'agit donc, par son cortège floristique, d'une association thermo-neutrophile. Le nombre spécifique est élevé, mais assez variable comme d'ailleurs le recouvrement, le groupement pouvant être très ouvert.

Le rapprochement avec le *Seslerio-Semperviretum* décrit par BRAUN-BLANQUET (1970) s'impose. Notre groupement est voisin de la sous-association *typicum* mais on observe que, parmi les caractéristiques d'association, 3 seulement sont présentes en Vanoise, ce sont d'ailleurs celles dont la fréquence est la plus élevée dans les Grisons; il en est de même pour les caractéristiques d'alliance. Dans les Alpes méridionales, cette association est remplacée par le *Seslerio-Avenetum montanae* (GUINOCHET, 1938, DALMAS, 1972), groupement vicariant caractérisé par des espèces supplémentaires d'affinité méridionale. La limite septentrionale de cette association se situe au Lautaret (LIPPMAN, 1933).

Il s'agit d'une association dont le siège principal se situe dans l'étage alpin, mais qui peut néanmoins descendre dans le subalpin où alors s'effectue un mélange avec les espèces des pelouses inférieures. Elle est installée sur des pentes fortes, les espèces colonisatrices présentes jouant alors un rôle très important dans la stabilité des versants. Ces pentes se trouvent principalement dans les expositions intermédiaires du secteur S. Les faciès les plus inférieurs sont horizontaux et quelques arbres (mélèzes) peuvent s'y installer. Les faciès supérieurs garnissent des versants à solifluxion entravée (terrassettes) ou participent à la stabilisation d'éboulis fins.

Provenant de l'évolution de roches très carbonatées, les sols ont superficiellement un pH alcalin ou voisin de la neutralité. Ces horizons superficiels sont généralement assez fins et la terre fine de texture argileuse. Les quantités d'eau disponible sont assez élevées car la matière organique est abondante. La vitesse de minéralisation est toujours assez rapide. Les cations échangeables sont abondants, la saturation étant pratiquement atteinte. Les sols sont de type rendzine, les horizons superficiels faisant l'objet de remaniements fréquents.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁	3	99	29	31	40	La	57	10	47	6,7

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	10,7	0,73	14,7	16,4	1,2	0,3	17,9	32,6	55	-

27 *Helianthemo-Seslerietum*

Groupement à séslerie bleuâtre et hélianthème alpestre

A : *Seslerion varia* O : *Seslerietalia varia* C : *Elyno-Seslerietea*

Nombre moyen d'espèces : 33,9 (44-24)

Récouvrement : 8 (5-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (32)

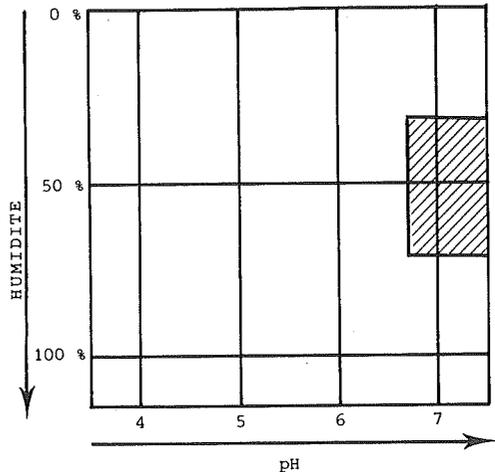
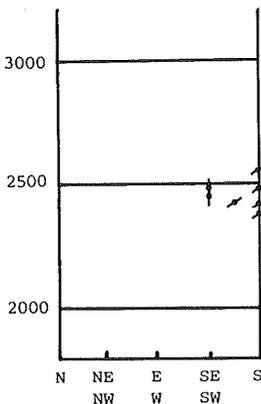
CONSTANTES (10)

CAREX SEMPERVIRENS
ELYNA MYOSUROIDES
Erigeron uniflorus
Galium pusillum
Gentiana verna
HELIANTHEMUM ALPESTRE
Minuartia verna
OXYTROPIS CAMPESTRIS
Sempervivum arachnoideum
Thymus serpyllum

Espèce rare : *Campanula alpestris*

Matériel : 8 r, 1 p.

	min	Moy	Max
pH		7,3	
tf		78	
T		La	
Eu			
C		9,0	
N		0,53	
C/N		17	
Ca ²⁺		19,3	
V		95	



AUTRES FRÉQUENTES (22)

Agrostis rupestris **CC**
oe *Anthyllis alpestris* **ES**
 oe *Antennaria dioica* na
Sv *Bupleurum ranunculoides* **ES**
ES *Calamintha alpina* *Sv*
sv *Campanula scheuchzeri* na
ES *Cerastium arvense* **fv**
ES *Erysimum helveticum*
Cc *Euphrasia minima* **CC**
Festuca pumila *Sv*
Festuca violacea **cfe**
Helianthemum grandiflorum **ES**
Hieracium pilosella
Lotus alpinus *Sv*
Minuartia sedoides **CC**
Oxytropis gaudini **CC**
Poa alpina cc
Polygonum viviparum na
Saxifraga paniculata **TR**
SESLERIA VARIA **sv**
Trifolium pratense **ES**
Veronica allioni **fv**

Substrat : schistes lustrés.

Par rapport à 26, *Agrostis rupestris*, acidophile, et *Minuartia sedoides*, espèce d'ubac, jouent le rôle de différentielles. Les mêmes espèces mésophiles sont présentes. Dans les espèces d'adret, *Nigritella nigra* et *Gentianella campensis* sont fréquentes, de même que *Helianthemum alpestre* dans les neutrophiles, sont des différentielles. Les espèces neutrophiles indifférentes à l'exposition, dont 4 constantes jouent un rôle nettement plus important. Seule parmi les neutrophiles d'ubac, *Elyna myosuroides* est fréquente et constante. Il s'agit donc d'une association très différente de 26, et apparemment plus mésophile. Le nombre spécifique est moyen mais sujet à d'importantes variations à mettre en parallèle avec les variations du recouvrement.

Les différences par rapport à 26 éloignent notre association du *Seslerio-Semperviretum* car les espèces de l'*Oxytropo-Elynon* sont plus abondantes, ainsi que celles du *Festucion variae* et des *Caricetea curvulae*. Cela se traduit par la présence parmi les fréquentes de 15 espèces communes avec le *Semperviro-Seslerietum*, mais aussi de 30 espèces différentielles pour l'ensemble de deux groupements. L'*Helianthemo-Seslerietum* ne semble pas avoir été décrit antérieurement.

Il s'agit d'un groupement de l'étage alpin inférieur, installé sur des pentes moyennes en exposition S, les pentes étant plus fortes en exposition intermédiaire où la constitution de terrassettes est fréquente.

Le substrat constitué par les schistes lustrés est constamment renouvelé par l'érosion ce qui se traduit par un sol très superficiel à pH alcalin. Le profil devient très rapidement grossier avec la profondeur alors que la terre fine garde une texture limono-argileuse. La matière organique est abondante en surface avec un C/N relativement élevé. Les cations échangeables sont abondants et le complexe absorbant pratiquement saturé. Malgré la pauvreté en carbonates de la roche-mère, ceux-ci par le remaniement continu sont présents dès la surface.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁₁	3	78	37	20	43	La	-	-	-	7,3
A ₁₂	4	66	32	29	39	La	-	-	-	7,4

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	v	Carb.
A ₁₁	9,0	0,53	17	19,3	1,36	0,12	20,9	22	95	0,8
A ₁₂	7,3	0,52	14	19,5	1,16	0,10	20,9	-	100	0,8

28 *Rosaeo-Seslerietum*

Groupement à séslerie bleuâtre et carex de Rosa

A : O : *Seslerietalia varia* C : *Elyno-Seslerietea*

Nombre moyen d'espèces : 38,8 (34-49)

Recouvrement : 10 (9-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (37)

CONSTANTES (19)

Antennaria dioica
Aster alpinus
AVENOCHLOA VERSICOLOR
Campanula scheuchzeri
CAREX ROSAE
ELYNA MYOSUROIDES
Erigeron uniflorus
Euphrasia minima
FESTUCA PUMILA
Galium pusillum
Gentianella campestris
Leontopodium alpinum
Ligusticum mutellinoides
Minuartia verna
Oxytropis campestris
Pedicularis verticillata
Sempervivum montanum
SESLERIA VARIA
Soldanella alpina

AUTRES FRÉQUENTES (18)

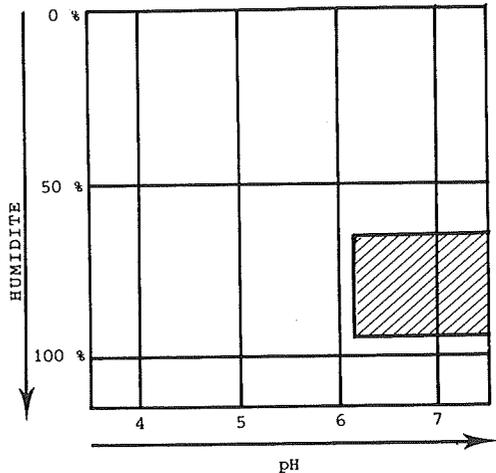
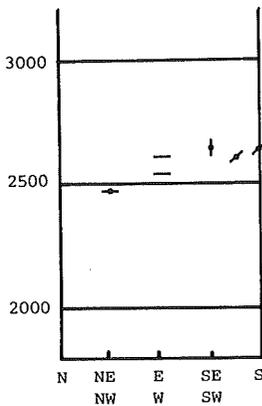
na	<i>Agrostis rupestris</i>	CC
ES	<i>Anthyllis alpestris</i>	ES
Cc	<i>Bartsia alpina</i>	Sv
na	<i>Botrychium lunaria</i>	Sv
	<i>Carex sempervirens</i>	
oe	<i>Gentiana nivalis</i>	na
oe	<i>Geum montanum</i>	CC
CC	<i>Helianthemum alpestre</i>	sv
Sv	<i>Hieracium villosum</i>	Sv
Sv	<i>Poa alpina</i>	
ES	<i>Polygonum viviparum</i>	na
sv	<i>Primula farinosa</i>	Sv
oe	<i>Saxifraga moschata</i>	Sv
ES	<i>Saxifraga paniculata</i>	TR
ES	<i>Sedum atratum</i>	ES
Sv	<i>Silene exscapa</i>	aa
Cc	<i>Thymus serpyllum</i>	
sv	<i>Veronica bellidioides</i>	CC

Espèce rare : *Chamorchis alpina*

Matériel : 6 r, 2 p.

Substrat : calcaire.

	min	Moy	Max
pH		7,3	
tf		52	
T		A	
Eu		-	
C		17,2	
N		1,32	
C/N		13	
Ca ²⁺		55	
V		100	



La composition floristique de ce groupement comporte quelques acidophiles et la constance de 2 espèces d'ubac. Les mésophiles jouent un rôle important, *Avenochloa versicolor* étant constante et dominante. Par rapport à 26 et 27, les espèces d'adret, indifférentes au substrat et neutrophiles, ont un rôle réduit alors que les neutrophiles indifférentes à l'exposition avec 9 espèces constantes sont prédominantes. *Elyna myosuroides* est la seule neutrophile d'ubac à être constante. Le nombre spécifique est toujours élevé, le recouvrement étant pratiquement total.

Le statut phytosociologique de cette association est difficile à définir. Le rattachement aux *Elyno-Seslerietea* est évident, les espèces des *Caricetea curvulae* ne jouant qu'un rôle restreint, mais à l'intérieur des *Seslerietalia*, il semble difficile de trancher entre *Seslerion* et *Oxytropo-Elynon*, le nombre d'arctico-alpines présentes pouvant faire pencher en faveur de cette dernière alliance.

Cette association est cantonnée dans la partie supérieure de l'étage alpin dans les stations dont la pente est variable et dans des expositions se situant plutôt dans le secteur S.

L'association est généralement installée sur des éboulis calcaires consolidés si bien que dès les horizons superficiels la richesse en squelette est élevée, et les carbonates présents dans la terre fine. Le pH est donc alcalin sur tout le profil et augmente en profondeur. La terre fine a superficiellement une texture argileuse. La matière organique est très abondante en surface et présente un bon état de minéralisation dû vraisemblablement à l'abondance du Ca^{2+} et à l'activité bactérienne, le C/N étant faible malgré cette richesse. La teneur en eau utilisable est donc bonne. Le sol étant saturé dès la surface, les cations échangeables sont abondants. Il s'agit d'un sol lithocalcique humifère où malgré la présence d'argile et l'abondance de cations floculants, il n'y a pas constitution de grumeaux avec la matière organique, on pourrait donc parler ici d'un moder calcaire.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁₁	3	52	49	11	40	A	-	-	-	7,3
A ₁₂	4	35	37	18	45	La	-	-	-	7,9

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁₁	17,2	1,32	13	55	1,1	0,2	56	-	100	30
A ₁₂	12,3	0,92	13	50	0,8	0,1	51	-	100	54

29 *Bellidiastro-Seslerietum*

Groupement à *seslérie bleuâtre* et *aster fausse-pâquerette*

A :

O : *Seslerietalia variae*

C : *Elyno-Seslerietea*

Nombre moyen d'espèces : 40,8 (33-46)

Recouvrement : 10

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (27)

CONSTANTES (9)

Anthyllis alpestris
Aster bellidiastrum
Bartsia alpina
Dryas octopetala
FESTUCA VIOLACEA
Homogyne alpina
Polygonum viviparum
SESLERIA VARIA
Soldanella alpina

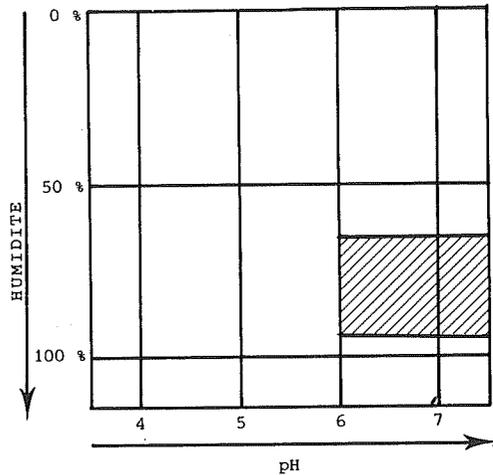
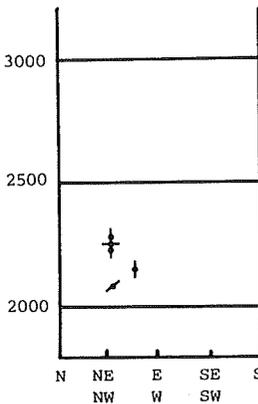
Matériel : 5r, 4p.

AUTRES FRÉQUENTES (18)

ES *Avenochloa versicolor* Cc
cco *Campanula scheuchzeri* na
Sv **CAREX SEMPERVIRENS**
TR *Elyna myosuroides* oe
cfe *Euphrasia minima* CC
na *Festuca pumila* Sv
na *Gentiana verna* ES
sv **HELIANthemum GRANDIFLORUM** ES
Lotus alpinus Sv
Myosotis alpestris Sv
Nigritella nigra Sv
Pedicularis verticillata Sv
POA ALPINA
Polygala alpestris ES
Salix reticulata Ac
Salix retusa Ac
Scabiosa lucida ES
Selaginella selaginoides sv

Substrat : calcaire, gypse et cargneule.

	min	Moy	Max
pH	6,1	6,8	7,3
tf	93	96	100
T	-	Ls	-
Eu	22	36	50
C	9,2	12,5	15,7
N	0,78	1,05	1,18
C/N	7,8	12,2	15,1
Ca ²⁺	32,0	44,4	60,0
V	-	100	-



Le *Bellidiastro-Seslerietum* a lui aussi une composition floristique particulière dans les groupements dominés par *Sesleria varia*. Les espèces acidophiles sont complètement absentes alors que les espèces d'ubac indifférentes au substrat ne sont que 2 mais constantes. Les mésophiles sont moyennement représentées, alors que les espèces d'adret et les neutrophiles indifférentes à l'exposition sont moins nombreuses que dans 28. Ce sont les neutrophiles d'ubac, toutes fréquentes sauf 1, qui sont prépondérantes et caractérisent bien le groupement. Le nombre d'espèces par relevé est élevé, le recouvrement étant total.

Là encore, il s'agit d'un groupement dont la place dans la classification actuelle n'est pas précisément définie. Si le rattachement aux *Seslerietalia* paraît évident, les affinités pour une alliance particulière ne sont pas claires, la fréquence de *Salix reticulata* et de *S. retusa* impliquant également des relations avec l'*Arabidion caeruleae*. De telles pelouses fraîches à séslerie ne paraissent pas avoir été décrites, elles constitueraient donc un élément original de la végétation de Vanoise.

C'est une association que l'on rencontre dans la partie supérieure de l'étage subalpin et dans l'alpin inférieur. Les pentes sont généralement fortes dans des expositions intermédiaires de secteur N. Les phénomènes de cryoturba-tion y jouent un rôle fondamental, des décrochements en motte du tapis herbacé et de son support étant fréquents sur ces pentes fortes imprégnées d'eau à la fonte des neiges.

Le substrat carbonaté, particulièrement riche en calcium et magnésium provoque la constitution de sols dont le pH des horizons superficiels est alcalin ou voisin de la neutralité, la décarbonatation n'étant jamais accentuée. En surface, la terre fine est abondante, mais rapidement les cailloux prédominent. Les teneurs en eau sont élevées, la matière organique étant abondante. La vitesse de minéralisation est relativement élevée. La richesse en cations échangeables est grande, le complexe absorbant étant le plus souvent saturé.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁₁	10	100	19	20	60	Ls	36	13	23	7,0
A ₁₂	10	-	18	12	70	Ls	27	9	18	7,3
A ₁ /C	15	40	11	15	72	Ls	-	-	-	7,8

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁₁	9,2	1,18	7,8	57,0	1,9	0,2	59,1	-	100	2,8
A ₁₂	5,1	0,50	10,0	55,0	2,1	0,1	57,2	-	100	6,8
A ₁ /C	1,7	-	-	38,0	1,1	0	39,2	-	100	12,0

30 *Seslerio-Elynetum*

Groupement à élyne queue de souris et séslerie bleuâtre

A : O : *Seslerietalia variae* C : *Elyno-Seslerietea*

Nombre moyen d'espèces : 38,5 (30-52)

Recouvrement : 10 (8-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (27)

CONSTANTES (12)

Carex parviflora
ELYNA MYOSUROIDES
Erigeron uniflorus
Euphrasia minima
Galium pusillum
Gentiana verna
Geum montanum
Ligusticum mutellinoïdes
Myosotis alpestris
Polygonum viviparum
Potentilla aurea
SESLERIA VARIA
 Espèce rare : *Chamorchis alpina*.

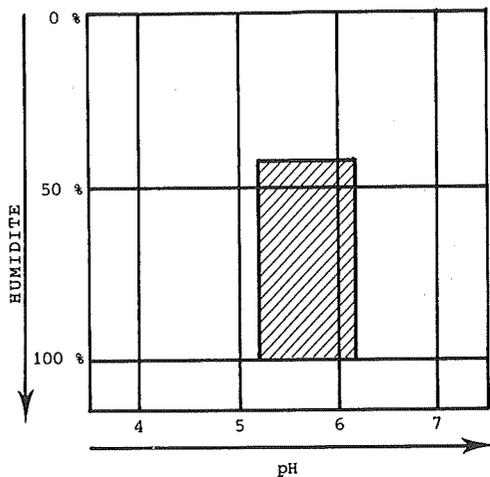
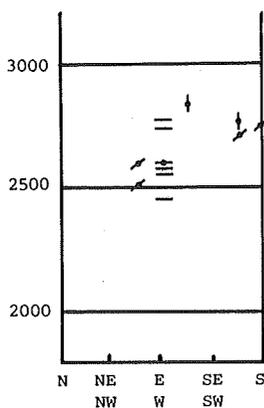
AUTRES FRÉQUENTES (15)

ac *Antennaria dioica* na
 oe *Avenochloa versicolor* Cc
 oe *Botrychium lunaria* Sv
 CC *Campanula scheuchzeri* na
 Sv *Draba aizoides* ES
 ES **FESTUCA PUMILA** Sv
 CC *Festuca violacea* cfe
 oe *Leontopodium alpinum* sv
 Sv *Luzula spicata* CC
 na *Poa alpina*
 na *Saxifraga moschata* Sv
 sv *Sempervivum montanum* Cc
Silene exscapa aa
Veronica bellidioides CC
Viola calcarata

Matériel : 12r, 1p.

Substrat : schistes lustrés et calcaire.

	min	Moy	Max
pH		5,3	
tf		92	
T		LA	
Eu		-	
C		13,5	
N		0,81	
C/N		17	
Ca ²⁺		16,3	
V		72	



Les fréquentes du *Seslerio-Elynetum* ne comportent que 3 acidophiles, les espèces d'ubac ne jouant qu'un rôle réduit. Au contraire, les mésophiles sont pratiquement toutes fréquentes et comportent 3 constantes. Quelques espèces d'adret indifférentes au substrat sont encore présentes, mais les neutrophiles d'adret sont complètement absentes comme dans les groupements suivants. Les espèces neutrophiles sont les plus abondantes et seule *Elyna myosuroides* représente les neutrophiles d'ubac. La combinaison des fréquentes est donc bien différente de celle des *Seslerietum*. Le nombre spécifique moyen est élevé, le recouvrement étant pratiquement total.

La dominance de *Elyna* incite à une comparaison avec l'*Elynetum* décrit par BRAUN-BLANQUET. Parmi les caractéristiques de cette association seules 5 sont présentes dans 30 mais 2 parmi elles sont constantes. L'*Oxytropo-Elynetum* ne comporte qu'une seule caractéristique, *Elyna*. Le *Seslerio-Elynetum* semble donc différent de l'*Elynetum* habituellement décrit, pourtant les conditions écologiques sont très voisines.

C'est une association que l'on rencontre exclusivement dans l'étage alpin. Très généralement, les stations se situent en sommet de croupes allongées ce qui favorise l'action des vents au sol et empêche un enneigement important, si bien que le tapis herbacé doit supporter intégralement les températures hivernales rigoureuses. De même en été, le dessèchement est accentué. Ces conditions permettent un grand développement des lichens que l'on retrouvera encore accentué en 32. Cet *Elynetum* peut également se trouver sur des pentes moyennes à fortes en exposition S prédominante. Ces deux types de station expliquent la présence des espèces d'adret.

Le substrat carbonaté subit une décarbonatation assez profonde favorisée par la position topographique subhorizontale qui permet également une certaine accumulation de terre fine en surface. Le pH est donc acide dès A₁ mais cette acidité paraît compensée par l'abondance de Ca²⁺ si bien que le sol est largement pourvu en cet élément ce qui explique la fréquence de certaines espèces neutro-basophiles. En profondeur, le squelette devient progressivement plus abondant mais la texture de la terre fine reste limono-argileuse. Les horizons superficiels sont riches en matière organique, celle-ci présentant une minéralisation relativement lente.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁	2	92	31	32	37	La	-	-	-	5,3
A ₁ /C	5	79	25	28	47	La	-	-	-	5,2

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	13,9	0,81	17	16,3	3,2	0,4	20,0	27,6	72	-
A ₁ /C	4,1	0,28	15	6,4	0,8	-	7,4	10,0	74	-

31 *Minuartio-Elynetum*

Groupement à élyne queue de souris et minuartie printanière

A : *Oxytropo-Elynon* O : *Seslerietalia variae* C : *Elyno-Seslerietea*

Nombre moyen d'espèces : 34,1 (24-46)

Recouvrement : 9 (7-10)

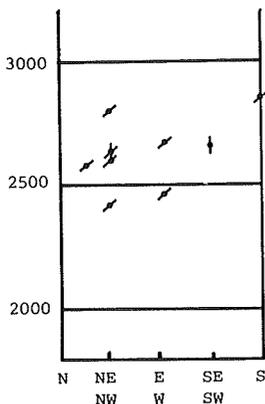
COMBINAISON DES FRÉQUENTES (29)

CONSTANTES (7)

Carex parviflora
ELYNA MYOSUROIDES
Ligusticum mutellinoides
Minuartia verna
Pedicularis verticillata
Polygonum viviparum
Silene exscapa
 Espèces rares : *Chamorchis alpina*
 Saxifraga muscoides

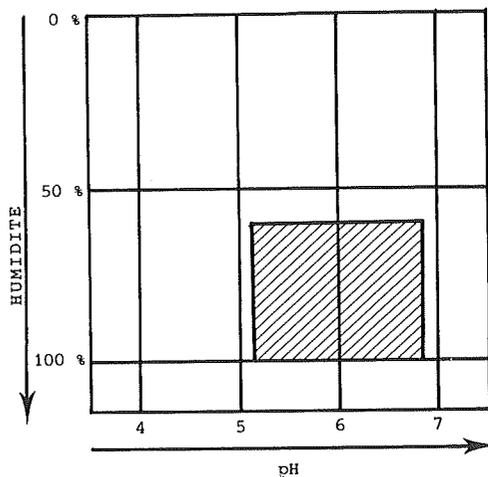
Matériel : 10r, 6p.

	min	Moy	Max
pH	5,2	6,2	6,8
t.f	70	86	98
T	-	Las	Ls
Eu	15	27	40
C	8,4	12,6	20,4
N	0,78	0,96	1,65
C/N	11,4	13,3	15,8
Ca ²⁺	27,2	40,2	61,9
V	41	75	98



AUTRES FRÉQUENTES (22)		
ac	<i>Antennaria carpatica</i>	oe
oe	<i>Antennaria dioica</i>	na
oe	AVENOCHLOA VERSICOLOR	Cc
ES	<i>Bartsia alpina</i>	Sv
Sv	<i>Campanula scheuchzeri</i>	na
na	<i>Carex rosae</i>	
aa	<i>Erigeron uniflorus</i>	oe
	<i>Festuca pumila</i>	Sv
	<i>Galium pusillum</i>	sv
	<i>Gentiana verna</i>	ES
	<i>Helianthemum alpestre</i>	sv
	<i>Homogyne alpina</i>	na
	<i>Luzula spicata</i>	CC
	<i>Minuartia sedoides</i>	CC
	<i>Oxytropis campestris</i>	ES
	<i>Poa alpina</i>	
	<i>Salix serpyllifolia</i>	
	<i>Saxifraga oppositifolia</i>	tr
	<i>Selaginella selaginoides</i>	sv
	SESLERIA VARIA	sv
	<i>Soldanella alpina</i>	Ac
	<i>Veronica bellidioides</i>	CC

Substrat : schistes lustrés et calcaires.



Dans le *Minuartio-Elynetum*, les fréquentes ne comprennent pas d'acidophiles alors qu'à l'opposé toutes les espèces d'ubac indifférentes au substrat sont là, d'ailleurs constantes pour 3 d'entre elles. Les mésophiles n'ont qu'un rôle médiocre et l'absence des espèces d'adret, indifférentes et neutrophiles, est pratiquement complète. Les neutrophiles indifférentes à l'exposition sont nombreuses. Parmi les neutrophiles d'ubac, seule *Elyna myosuroides* est prédominante. Nous sommes donc en présence d'un groupement neutrophile et frais. Le nombre spécifique est moyen et souvent le groupement est faiblement ouvert.

Les mêmes comparaisons que pour 30 peuvent être faites, les mêmes caractéristiques de l'*Elynetum* sont présentes, mais les deux associations sont néanmoins distinctes car, si parmi les fréquentes 16 espèces sont communes aux deux, 28 sont différentes. Il s'agit donc d'un nouvel *Elynetum* installé dans d'autres conditions.

Cette association se rencontre dans l'étage alpin et peut monter jusqu'au nival (2 840 m). Contrairement à 30, les stations subhorizontales ne sont pas propices à son établissement. Elle se trouve ordinairement sur des pentes faibles, parfois fortes et préférentiellement dans des expositions de secteur N ce qui explique le rôle joué par les espèces d'ubac. L'altitude aidant, ces pentes humides sont le siège de phénomènes de cryoturbation importants.

Le substrat plus ou moins carbonaté donne des sols qui subissent toujours une totale décarbonatation en surface et présente ainsi un pH faiblement acide. Très souvent, le squelette est abondant dès les horizons superficiels et la terre fine est riche en sable. La teneur en eau utile est néanmoins assez élevée grâce à un taux de carbone relativement grand alors que la vitesse de minéralisation est rapide. La richesse en calcium échangeable est importante et le taux de saturation élevé. Il s'agit de sol brun calcique peu évolué étant données les conditions d'installation.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁	6	70	24	16	58	Las	66	43	23	5,7
(B)	14	-	16	27	55	Ls	-	-	-	5,7
B/C	25	-	12	23	64	Ls	-	-	-	6,0

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	14,5	1,0	14,5	18,0	2,2	0,5	19,7	26,6	74	
(B)	2,4	-	-	9,0	0,5	0	-	-	-	
B/C	1,3	-	-	10,0	0,6	0	-	-	-	

32 *Cetrario-Elynetum*

Groupement à élyne queue de souris et cêtrarie

A : *Oxytropo-Elynon*

O : *Seslerietalia varia*

C : *Elyno-Seslerietea*

Nombre moyen d'espèces : 20,8 (12-27)

Recouvrement : 9 (8-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (16)

CONSTANTES (1)

ELYNA MYOSUROIDES

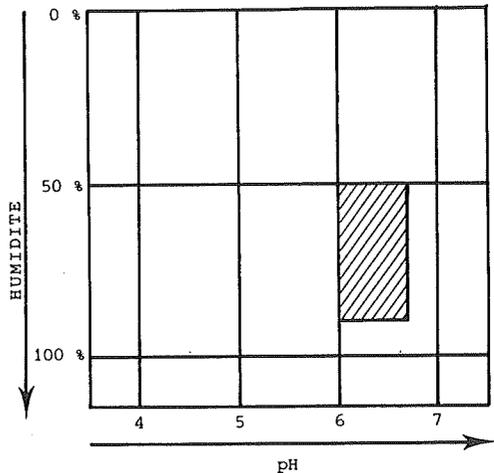
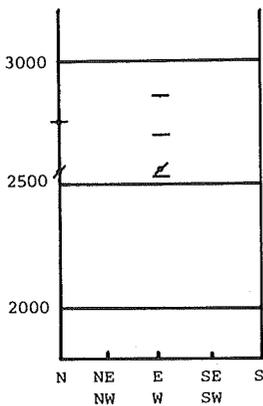
Matériel : 6r, 3p.

AUTRES FRÉQUENTES (15)

oe	<i>Campanula scheuchzeri</i>	na
	<i>Carex parviflora</i>	ac
	<i>Carex rosae</i>	
	<i>Erigeron uniflorus</i>	oe
	<i>Geum montanum</i>	CC
	<i>Oxytropis campestris</i>	ES
	POA ALPINA	
	<i>Polygonum viviparum</i>	na
	<i>Salix retusa</i>	Ac
	<i>Saxifraga moschata</i>	Sv
	<i>Saxifraga oppositifolia</i>	tr
	<i>Sedum atratum</i>	ES
	<i>Sempervivum montanum</i>	Cc
	<i>Sesleria varia</i>	sv
	<i>Silene exscapa</i>	aa

Substrat : gypse, cargneule et calcaire.

	min	Moy	Max
pH	6,0	6,2	6,7
t.f	85	91	97
T	-	-	-
Eu	-	-	-
C	7,1	14,2	25,8
N	0,67	1,02	1,64
C/N	10,5	13,0	15,7
Ca ²⁺	-	-	-
V	-	-	-



Le *Cetrario-Elynetum* comporte peu d'espèces fréquentes, il ne correspond cependant pas à un *Elynetum* appauvri. Les espèces d'ubac y sont faiblement représentées de même les mésophiles. On note également une complète absence des espèces d'adret et des neutrophiles d'adret. Le rôle le plus important est joué par les espèces neutrophiles indifférentes à l'exposition dont aucune cependant n'est constante. Parmi les neutrophiles d'ubac, *Elyna myosuroides* garde toujours la même importance. Le nombre spécifique est extrêmement réduit, mais le recouvrement est cependant total, cela est dû à la forte dominance d'*Elyna*. Les lichens alpins des lieux exposés au vent possèdent un fort degré de recouvrement.

Si l'on compare 32 aux groupements précédents (30 et 31), on constate que 11 fréquentes sont à chaque fois communes avec l'un de ces deux groupements, il n'y aurait donc pas de rapprochement statistiquement possible avec l'un ou l'autre. L'abondance des lichens est comparable à celle que l'on trouve dans la variante à *Cetraria* de l'*Elynetum* (BRAUN-BLANQUET, 1950). De même, cette abondance lichénique et celle d'*Elyna*, amène à comparer 32 à 10, *Elyno-Avenochloetum* qui occupe les croupes acidophiles ventées : seules 4 espèces phanérogamiques fréquentes sont communes ! L'abondance d'*Elyna* ne justifie donc en rien un rapprochement floristique étroit, la similitude de certaines conditions écologiques n'est pas suffisante pour que les deux groupements installés sur roches-mères opposées soient semblables.

Il s'agit d'une association de l'étage alpin supérieur qui peut atteindre le nival. On y observe une prédominance de pentes subhorizontales dues à une position en sommet de croupe, bien que les pentes faibles puissent servir de support, toujours en exposition N, mais le plus souvent au voisinage d'un col.

Malgré la richesse en carbonate du substrat, les horizons superficiels sont presque complètement décarbonatés et le pH légèrement acide. La terre fine est abondante en surface, mais très rapidement le sol devient grossier. La matière organique est abondante, atteignant parfois de très fortes proportions. La vitesse de minéralisation est rapide. Les teneurs en calcium échangeables sont très variables suivant le type de substrat.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁	15	97	-	-	-	-	-	-	-	6,0
A ₁ /C	25	29	-	-	-	-	-	-	-	7,8

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	7,1	0,67	10,5	12,7	0,5	0,1	13,3	58,0	23	0,6
A ₁ /C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,8

33 *Rosaeo-Elynetum*

Groupement à élyne queue de souris et carex de Rosa

A : *Oxytropo-Elynetion*

O : *Seslerietalia variae*

C : *Elyno-Seslerietea*

Nombre moyen d'espèces : 29,3 (17-48)

Recouvrement : 8 (4-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (22)

CONSTANTES (8)

Carex parviflora
CAREX ROSAE
ELYNA MYOSUROIDES
FESTUCA HALLERI
Minuartia sedoides
Poa alpina
POLYGONUM VIVIPARUM
Silene exscapa

Espèces rares : *Carex juncifolia*,
Saxifraga muscoides.

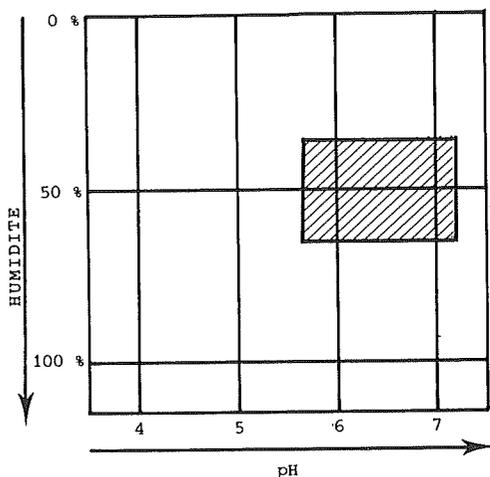
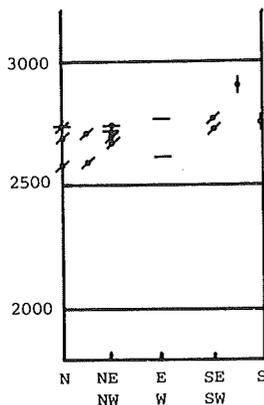
Matériel : 18r, 13p.

AUTRES FRÉQUENTES (14)

ac	<i>Androsace obtusifolia</i>	cc
	<i>Bartsia alpina</i>	Sv
oe	<i>Campanula scheuchzeri</i>	na
cc	<i>Draba aizoides</i>	ES
CC	<i>Erigeron uniflorus</i>	oe
	<i>Ligusticum mutellinoides</i>	oe
na	<i>Minuartia verna</i>	ES
aa	<i>Myosotis alpestris</i>	Sv
	<i>Oxytropis campestris</i>	ES
	<i>Oxytropis gaudini</i>	oe
	<i>Pedicularis verticillata</i>	Sv
	SALIX HERBACEA	sh
	<i>Saxifraga moschata</i>	Sv
	<i>Saxifraga oppositifolia</i>	tr

Substrat : schistes lustrés.

	min	Moy	Max
pH	5,7	6,5	7,2
tf	73	81	92
T	A	Las	-
Eu	19	32	75
C	2,3	9,9	22,9
N	0,21	0,85	1,86
C/N	8,9	11,8	13,0
Ca ²⁺	15,0	40,3	56,9
v	67	92	100



Un troisième type d'*Elynetum* est très fréquent, c'est celui où *Carex rosae* (*Carex curvula* ssp. *rosae*) est constamment présent, souvent avec une forte dominance. Il faut souligner dans ce groupement la fréquence de *Salix herbacea* et la constance et dominance de *Festuca halleri*, mais ce sont les seules acidophiles qui y participent. Les espèces d'ubac avec 3 constantes sont bien représentées, alors que les mésophiles sont peu nombreuses, seule *Polygonum viviparum* jouant un rôle important. Les espèces d'adret et neutrophiles d'adret sont complètement absentes. Les neutrophiles indifférentes à l'exposition ont un fort degré de présence alors que chez les neutrophiles d'ubac seule *Elyna* est constante et dominante. Le nombre spécifique est moyen alors que le recouvrement est très variable, le groupement étant généralement ouvert.

L'étude comparative a déjà été menée (GENSAC, 1977). Notre association a été décrite plusieurs fois, comme *Elynetum* par LIPPMAN (1933), comme *Curvuletum elynotosum* par GUINOCHE (1938), BRAUN-BLANQUET (1970), BARBERO (1970), DALMAS (1972), BEGUIN et coll. (1975), ces derniers émettant cependant quelques réserves. En fait, comme il a été dit précédemment le *Curvuletum elynotosum* décrit pour la première fois par BRAUN-BLANQUET et JENNY (1926) correspond à l'*Elyno-Avenochloetum* (10), association appartenant au *Caricion curvulae* alors que l'*Elynetum* à *Carex rosae* appartient à l'*Oxytropo-Elynion*. Nous rejoignons ainsi le point de vue de LIPPMAN.

Le *Rosaeo-Elynetum* est établi dans l'étage alpin supérieur, au-dessus de 2 600 m et pénètre dans le nival jusqu'à 2 900 m. Les stations sont souvent subhorizontales, en sommet de croupe, ou en faible pente avec alors une nette préférence pour les expositions N. Les stations exposées dans le secteur S sont sur de fortes pentes. Le terrain le plus favorable dans le massif se trouve dans l'ample combe de l'Iseran.

Les schistes lustrés forment le substrat unique de cette association. En surface, la décarbonatation est parfois incomplète, si bien que le pH très généralement acide mais supérieur à 5,7, peut être très voisin de la neutralité. Les horizons superficiels sont grossiers et la terre fine y possède une texture limono-argilo-sableuse. La teneur en carbone est très variable et en relation avec le degré d'ouverture du groupement, mais elle est toujours assez forte. La vitesse de minéralisation est toujours rapide. Le calcium échangeable est toujours abondant et le taux de saturation élevé. Les caractères édaphiques confirment donc bien l'analyse floristique, ils rentrent en contradiction complète avec la possibilité de considérer le *Curvuletum* comme groupement climax de l'étage alpin !

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁	5	80	36	13	50	As	50	31	19	6,5

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	10,0	0,81	12,3	36,9	0,6	0,4	38,1	42,5	90	

34 *Elyno-Salicetum soldanelletosum*

Groupement à saule rétuse et élyne queue de souris riche en soldanelle alpine

A : O : *Seslerietala varia* C : *Elyno-Seslerietea*

Nombre moyen d'espèces : 33,0 (26-43) Recouvrement : 9 (4-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (22)

CONSTANTES (6)

Bartsia alpina
Campanula scheuchzeri
ELYNA MYOSUROIDES
Polygonum viviparum
Selaginella selaginoides
Soldanella alpina

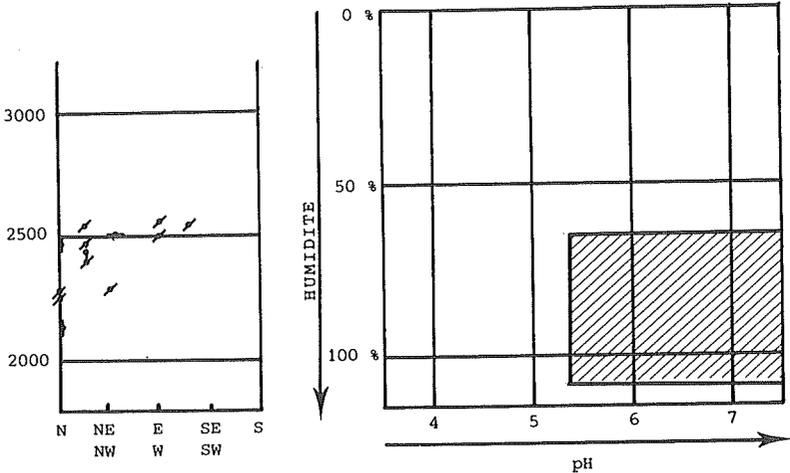
AUTRES FRÉQUENTES (16)

Sv Androsace obtusifolia cc
na Anthyllis alpestris ES
oe Carex parviflora ac
na CAREX ROSAE
sv Festuca pumila Sv
Gentiana verna ES
Gentianella campestris ES
Homogyne alpina na
Ligusticum mutellinoides oe
Minuartia sedoides CC
Myosotis alpestris Sv
Pedicularis verticillata Sv
POA ALPINA
Salix retusa Ac
SESLERIA VARIA sv
Silene longiscapa ES

Matériel : 13r, 8p.

	min	Moy	Max
pH	5,4	6,4	7,4
tf	70	91	100
T	Laf	A	La
Eu	30	47	59
C	9,8	15,9	35,2
N	0,62	1,21	2,50
C/N	9,6	13,5	18,2
Ca ²⁺	11,3	37,6	100,0
V	61	76	100

Substrat : calcaire et schistes lustrés.



L'*Elyno-Salicetum soldanelletosum* est caractérisé par l'absence complète des espèces acidophiles alors que les espèces d'ubac jouent un rôle très important. Parmi les mésophiles, seule *Polygonum viviparum* est constante comme dans la plupart des *Elynetum*. Les espèces d'adret et les neutrophiles d'adret sont complètement absentes, les espèces neutrophiles indifférentes à l'exposition étant réduites ce qui constitue une différence nette avec le *Bellidiasstro-Seslerietum* (29) car, comme dans cette association, les neutrophiles d'ubac possèdent un haut degré de fréquence. Il s'agit donc d'un groupement frais et neutrophile. Le nombre spécifique est moyen, le recouvrement étant soumis à de fortes variations.

La plupart des fréquentes de notre sous-association à *Soldanella alpina* se trouvaient déjà dans les *Elynetum* précédents car seules *Silene longiscapa*, *Anthyllis alpestris* et *Gentianella campestris* sont nouvelles. Le rapprochement avec les *Elynetum* s'impose donc, bien qu'il ne soit pas possible de retrouver dans les travaux antérieurs des variantes ou sous-associations semblables dans l'*Oxytropo-Elynion*.

Cette sous-association se rencontre dans tout l'étage alpin sur des pentes moyennes d'exposition N, la plupart comprise dans le secteur NNE-NNW donc les plus froides. Le sol humide est le siège d'une solifluxion intense d'où la présence, en surface, de nombreux blocs. C'est un groupement où l'instabilité est la règle, ce qui amène un constant renouvellement des horizons superficiels.

Le substrat carbonaté est donc prépondérant dans l'établissement des caractères physico-chimiques du sol. En surface, le pH est faiblement acide à alcalin. Le squelette est partout présent dès les horizons superficiels. La texture est riche en limon. La quantité de matière organique est élevée et peut atteindre de très forts pourcentages. La minéralisation est rapide sauf dans les cas extrêmes. L'eau disponible est toujours abondante. Les cations échangeables sont abondants, le complexe absorbant étant saturé ou proche de la saturation.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₁₁	10	100	26	65	9	Lfa	98	49	49	6,5
A ₁₂	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A ₁ /C	25	40	13	63	24	Lf	-	-	-	7,7

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁₁	18,0	1,4	12,9	63,0	7,8	0,4	71,2	-	100	0,4
A ₁₂	5,5	0,5	11,0	37,0	4,5	0	41,5	-	100	7,8
A ₁ /C	1,3	-	-	34,0	0,6	0	34,6	-	100	50,0

DEA, M. GAUTIER, 1978

35 *Elyno-Salicetum reticuletosum*

Groupement à élyne queue de souris et saule rétuse riche en saule réticulé

A : *Oxytropo-Elynion*

O : *Seslerietalia varia*

C : *Elyno-Seslerietea*

Nombre moyen d'espèces : 33,0 (40-20)

Recouvrement : 7 (5-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (21)

CONSTANTES (7)

Bartsia alpina
Campanula scheuchzeri
Homogyne alpina
POLYGONUM VIVIPARUM
SALIX RETICULATA
Saxifraga oppositifolia
Silene longiscapa

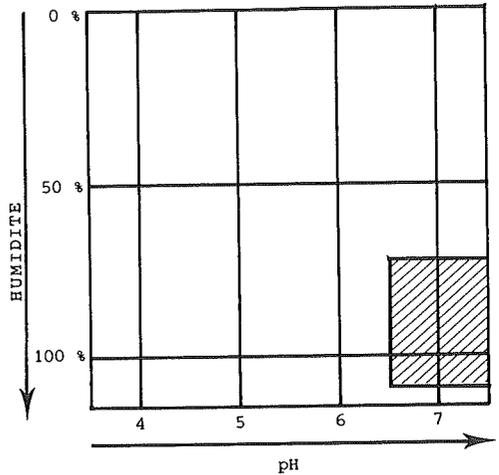
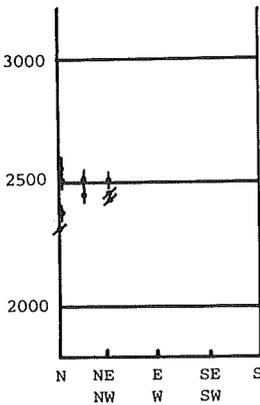
Espèce rare : *Carex ornithopodioides*

Matériel : 9r, 3p.

AUTRES FRÉQUENTES (14)

Sv *Aster bellidiastrum* c co
na *Carex parviflora* ac
na **CAREX ROSAE**
na *Cerastium arvense* fv
Ac *Elyna myosuroides* oe
tr *Festuca halleri* cc
ES *Ligusticum mutellinoides* oe
Myosotis alpestris Sv
Pedicularis verticillata Sv
Poa alpina
SALIX RETUSA Ac
Saxifraga androsacea Ac
Selaginella selaginoides sv
SESLERIA VARIA sv
Soldanella alpina
 Substrat : calcaire.

	min	Moy	Max
pH	6,6	7,0	7,4
tf	68	72	75
T	-	Ls	-
Eu	-	-	-
C	9,1	14,5	20,5
N	0,64	0,98	1,60
C/N	14,2	16,2	19,9
Ca ²⁺	38	48	67
v	100	100	100



L'*Elyno-Salicetum reticuletosum* est une des associations les plus remarquables sur le terrain par sa physionomie et sa composition floristique. Cette dernière ne comporte pas d'espèces acidophiles, alors que les espèces d'ubac indifférentes au substrat jouent un rôle fondamental. Comme dans 34, les mésophiles, *Polygonum viviparum* mise à part, sont en nombre réduit. Les espèces d'adret et les neutrophiles d'adret n'ont aucun rôle, il en est de même des neutrophiles indépendantes à l'exposition. Au contraire, les neutrophiles d'ubac sont toutes présentes et parmi elles *Salix reticulata* est constante et dominante, *Elyna myosuroides* voyant son importance décroître. Il s'agit donc encore d'un groupement très frais et neutrophile voisin du groupement précédent car possédant avec lui 16 espèces communes, fréquentes d'ailleurs dans les *Elynetum*, alors que seulement 12 espèces fréquentes sont différentielles dans l'ensemble. Le nombre spécifique est assez élevé, bien que très variable comme l'est aussi le recouvrement.

Vue l'importance de *Salix reticulata* et *S. retusa* une comparaison avec le *Salicetum retuso-reticulatae* s'impose, la similitude des conditions écologiques pouvant renforcer une homologation possible. Dans l'association décrite par BRAUN-BLANQUET (1950), les 2 *Salix* sont bien caractéristiques avec *Carex ornithopodioides*, espèce très rare pour les Alpes françaises et dont les seules stations que nous avons reconnues se situent bien dans 35. Notre groupement est cependant distinct par l'absence de *Ranunculus alpestris*, pratiquement absente dans notre région et celle des espèces des *Salicetea herbacea* ce qui interdit de rattacher notre groupement à cette classe. J.L. RICHARD (1977) a décrit dans les Préalpes de la Suisse occidentale, une association, l'*Arenario-Salicetum reticulatae* qui présente beaucoup de points communs avec notre groupement surtout pour la sous-ass. à *Saxifraga androsacea* et nous suivrons cet auteur quand il la rattache à l'*Oxytropo-Elynion*.

C'est une association de tout l'étage alpin, installée sur des pentes fortes, supérieures à 100 % dans des expositions limitées strictement au secteur NW-NE, dans des limites plus étroites que 34. On remarque également la similitude avec les conditions décrites par BRAUN-BLANQUET, car il s'agit bien de pierriers calcaires longuement enneigés, les gros blocs ayant un recouvrement supérieur à 10 %.

L'association est installée sur calcaire ce qui explique le pH alcalin ou voisin de la neutralité des horizons superficiels du sol. Dès la surface, les graviers et cailloux sont nombreux, la texture limono-sableuse mais l'abondante matière organique assure la présence d'une eau utile abondante. La vitesse de minéralisation est lente, conséquence de la composition riche en lignine de débris végétaux et des températures peu clémentes. La richesse en calcium échangeable est très élevée, la capacité totale d'échange étant très grande. Le sol est de type litho-calcaïque humifère à moder calcaïque.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H. éq.	H 4,2	E. ut.	pH
A ₀ A ₁	20	68	17	19	63	Ls	125	24	101	6,1
A ₁₂	10	-	15	15	68	Ls	84	16	68	7,8
A ₁ /C	30	40	10	19	70	Ls	-	-	-	8

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₀ A ₁	13,8	0,7	19,9	60,0	1,4	2,3	63,7	-	100	0,2
A ₁₂	3,1	0,2	15,0	34,0	0,5	0	34,6	-	100	2,8
A ₁ /C	1,7	-	-	30,0	0,5	0	30,5	-	100	3,6

36 *Loiseleurio-Dryadetum*

Groupement à dryade à huit pétales et loiseleurie couchée

A :

O :

C :

Nombre moyen d'espèces : 28,2 (20-35)

Recouvrement : 7

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (21)

CONSTANTES (4)

Dryas octopetala
Ligusticum mutellinoides
LOISELEURIA PROCUMBENS
VACCINIUM ULIGINOSUM

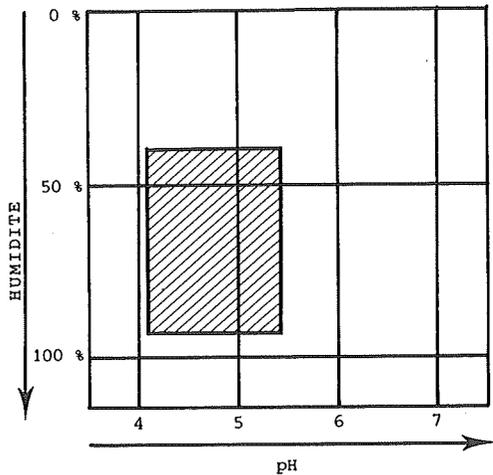
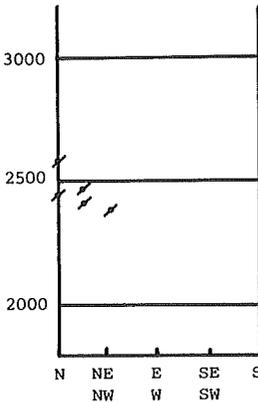
Matériel : 5r, 2p.

AUTRES FRÉQUENTES (17)

Tr	AVENOCHLOA VERSICOLOR	Cc
oe	<i>Campanula scheuchzeri</i>	na
lv	<i>Carex parviflora</i>	ac
VP	CAREX ROSAE	
	<i>Carex sempervirens</i>	
	<i>Elyna myosuroides</i>	oe
	<i>Euphrasia minima</i>	CC
	<i>Festuca pumila</i>	Sv
	<i>Homogyne alpina</i>	na
	<i>Luzula lutea</i>	cc
	<i>Minuartia sedoides</i>	CC
	<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	CC
	<i>Polygonum viviparum</i>	na
	<i>Rhododendron ferrugineum</i>	Vp
	<i>Salix reticulata</i>	Ac
	<i>Silene excapa</i>	aa
	<i>Veronica bellidioides</i>	CC

Substrat : calcaire et moraine.

	min	Moy	Max
pH	5,2	5,3	5,4
t.f	91	96	100
T	-	A	-
Eu	-	91	-
C	9,3	15,1	20,9
N	0,81	0,97	1,12
C/N	11,5	15,6	18,7
Ca ²⁺	16,7	29,9	43,0
V	27	50	73



Cette association dominée par *Loiseleuria procumbens* ne comporte que très peu d'acidophiles parmi lesquelles seule *Vaccinium uliginosum* est constante et dominante. On y trouve pratiquement toutes les espèces d'ubac et seulement quelques mésophiles, une espèce d'adret, *Carex sempervirens*, deux neutrophiles, *Carex rosae* et *Festuca pumila*, deux neutrophiles d'ubac, *Elyna myosuroides* et *Salix reticulata*. Il faut noter également la constance de *Dryas octopetala*, neutrophile ayant un rôle de pionnier, et la fréquence de *Rhododendron ferrugineum*. Le nombre d'espèces par relevé est très variable, le groupement est généralement ouvert.

La comparaison avec le *Cetrario-Loiseleurietum* (12) s'impose. Entre les deux associations, il n'existe que 7 espèces communes, alors que 12 possède 7 espèces absentes dans 36, et 36, 14 espèces absentes dans 12 soit en tout 21 espèces différentielles, il s'agirait donc bien de deux associations très différentes bien que dominées par la même espèce. BRAUN-BLANQUET (1950) n'introduit pas de sous-association neutrophile au *Loiseleurio-Cetrarietum*. J.L. RICHARD (1977) décrit un *Arctostaphylo-Loiseleurietum* présentant un certain nombre d'espèces neutrophiles en commun avec notre association comme *Salix reticulata*, *Dryas octopetala* et *Festuca pumila*, mais il rattache cette association au *Rhododendro-Vaccinion*.

Le *Loiseleurio-Dryadetum* est localisé à la partie inférieure de l'étage alpin entre 2 400 et 2 600 m, sur des pentes moyennes du secteur NW-NE donc dans des conditions assez comparables à celles du *Cetrario-Loiseleurietum*, les facteurs édaphiques étant déterminants.

Le substrat carbonaté subit une décarbonatation très prononcée, si bien que les pH du sol dans les horizons superficiels sont toujours acides, tout en restant supérieurs à 5. La terre fine est abondante en surface, mais très rapidement le sol devient grossier. La texture des horizons superficiels est riche en éléments fins, ce qui assure une teneur en eau élevée d'autant plus que la matière organique est toujours abondante et peut atteindre des taux très élevés. La vitesse de minéralisation est très variable, mais elle semble très généralement assez lente. Les cations échangeables sont toujours abondants, la décalcification est donc loin d'être totale, le taux de saturation est relativement élevé. Le sol est de type lithosol humifère calcique à moder ou à mor.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H.ég.	H 4,2	E.ut.	pH
A ₁	7	100	59	20	21	A	127	36	91	5,4
A ₁ /C	5	80	62	18	21	A	94	15	69	6,6

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	20,9	1,12	18,7	43,0	2,0	0,7	45,7	62,6	73	
A ₁ /C	12,1	1,02	11,9	56,7	1,5	0,2	59,3	-	100	

37 *Caricetum davallianae nigretosum*

Groupement à carex de Daval riche en carex noir

A : *Caricion davallianae* O : *Caricetalia davallianae* C : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*

Nombre moyen d'espèces : 19,3 (15-33)

Recouvrement : 9 (5-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (12)

CONSTANTES (3)

CAREX DAVALLIANA
CAREX NIGRA
Equisetum variegatum

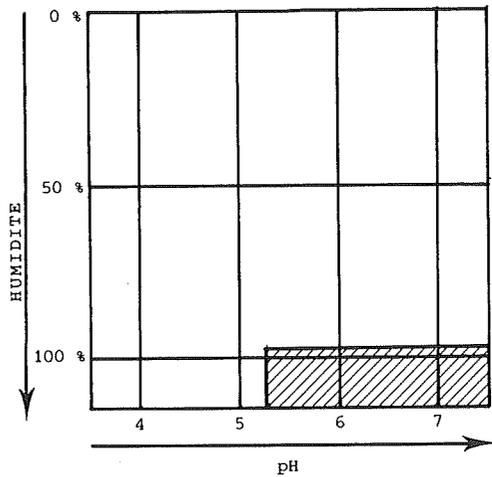
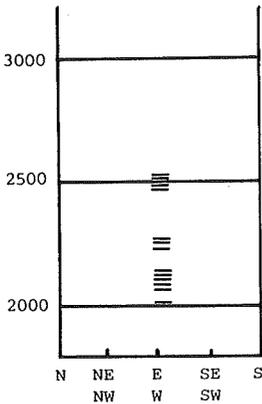
AUTRES FRÉQUENTES (9)

cd	<i>Aster bellidiastrum</i>	cd
Cf	<i>Bartsia alpina</i>	Sv
Cd	<i>Carex flava</i>	cd
	<i>Gentiana bavarica</i>	Ac
	<i>Juncus triglumis</i>	SC
	<i>Polygonum viviparum</i>	na
	<i>Primula farinosa</i>	Cd
	<i>Salix reticulata</i>	Ac
	TRICHOPHORUM CESPITOSUM	Cf

Matériel : 16r, 6p.

Substrat : alluvions calcaires.

	min	Moy	Max
pH	5,3	6,7	7,6
tF	96	99	100
T	-	A	Ls
Eu	9	38	61
C	1,7	15,7	31,2
N	0,08	1,04	2,07
C/N	13,6	16,7	21,3
Ca ²⁺	14,8	35,1	53,8
V	52	82	100



Les marais ne présentent que très peu d'espèces fréquentes communes avec les groupements précédents. Pour le *Caricetum davallianae nigretosum*, on ne trouve qu'une acidiphile, une mésophile, et quelques neutrophiles d'ubac. Les espèces des marais neutrophiles caractérisent bien ce groupement ainsi que la fréquence de certaines espèces de marais plus acides comme *Carex nigra* et *Trichophorum cespitosum* qui peuvent atteindre des recouvrements élevés. Le nombre spécifique est généralement faible et le recouvrement fort, bien qu'assez variable.

Une étude précédente (GENSAC, 1978) a montré les points communs de ce groupement avec le *Caricetum davallianae*, les particularités floristiques permettant de créer une sous-association nouvelle « *nigretosum* » dans laquelle on peut distinguer 2 faciès, un faciès appauvri, d'une part, où domine plus particulièrement une espèce très coloniale, un faciès type d'autre part, plus riche en espèces.

Le faciès type se rencontre dans l'étage subalpin, les conditions rigoureuses de l'étage alpin provoquent l'appauvrissement constaté dans les faciès particuliers. Les stations sont plates et horizontales et correspondent aux parties mal drainées des ombilics glaciaires remblayés.

Les alluvions riches en carbonates sont à l'origine de sol dont le pH est en surface voisin de la neutralité, mais très généralement décarbonaté. Les horizons superficiels sont pauvres en squelette et leur texture souvent riche en particules fines est argileuse, parfois limono-sableuse. La saturation en eau est pratiquement constante au voisinage de la surface. La teneur en carbone est extrêmement variable ce qui indique qu'elle n'est pas déterminante dans l'établissement du groupement. Dans les groupements pionniers elle est très faible, mais peut atteindre des taux très élevés par accumulation des débris provenant d'une phytomasse abondante. La vitesse de minéralisation est réduite à cause de l'hydromorphie. Les quantités de calcium échangeables sont assez élevées, le taux de saturation du complexe absorbant étant supérieur à 50. Il s'agit donc la plupart du temps de sols alluviaux, brunifiés calciques parfois carbonatés en surface.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H.ég.	H 4,2	E.ut.	pH
A ₁	5	100	20	14	14	A	97	36	61	6,1
(B)	4	100	14	29	15	L	67	30	37	6,3
(B)G	20	100	16	20	51	Ls	32	4	28	7,6

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	20,5	1,51	13,6	28,1	3,8	1,5	33,5	40,6	83	-
(B)	14,5	1,18	12,3	30,6	4,8	0,1	35,6	45,0	79	-
(B)G	2,0	0,14	14,3	9,4	1,3	0,1	10,9	12,5	87	4,4

38 *Salici-Caricetum bicoloris*
Groupement à carex bicolor et saule réticulé

A : *Caricion bicoloris-atrofuscae* O : *Caricetalia davallianae* C : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*

Nombre moyen d'espèces : 37,5 (32-50)

Recouvrement : 9 (6-10)

COMBINAISON DES FRÉQUENTES (29)

CONSTANTES (6)

Carex bicolor
CAREX FRIGIDA
Equisetum variegatum
Polygonum viviparum
SALIX RETICULATA
Sesleria varia

Espèces rares : *Carex atrofusca*, *C. microglochin*, *Chamorchis alpina*, *Tofieldia pusilla*.

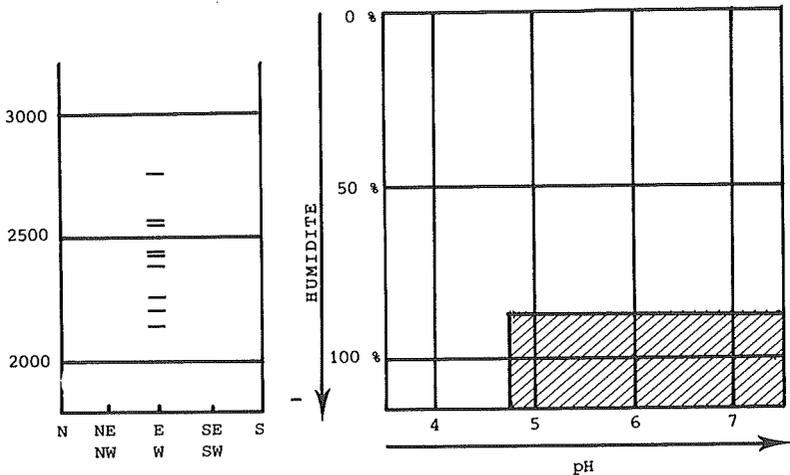
Matériel : 9r, 3p.

AUTRES FRÉQUENTES (23)

oba *Aster bellidiastrum* cd
cba *Bartsia alpina* Sv
Cd *Carex capillaris* Cd
na **CAREX DAVALLIANA** cd
Ac *Carex flava* Cd
sv *Carex parviflora* Ac
Carex rosae
Cirsium spinosissimum MC
Deschampsia cespitosa CC
Euphrasia minima ac
Gentiana bavarica SC
Juncus triglumis SC
Pedicularis kernerii cc
Pinguicula alpina cd
Plantago alpina na
Poa alpina
Primula farinosa Cd
Salix foetida
Salix retusa Ac
Saxifraga aizoides cco
Selaginella selaginoides sv
Silene longiscapa ES
Soldanella alpina Ac

Substrat : alluvions calcaires.

	min	Moy	Max
pH	5,3	6,5	7,5
tf	87	92	96
T	-	Ls	-
Eu	5	12	19
C	1,0	5,4	7,7
N	0,13	0,55	0,94
C/N	7,7	9,6	12,9
Ca ²⁺	3,4	8,9	14,4
V	86	93	100



Le *Salici-Caricetum bicoloris* constitue une association fondamentalement intéressante par son appartenance au *Caricion bicoloris-atrofuscae*. Nous l'avons déjà présentée dans des travaux antérieurs (GENSAC, 1978). Comme le groupement précédent, on ne trouve ici que très peu d'espèces d'ubac, de mésophiles, de neutrophiles d'ubac, mais ce sont surtout les arctico-alpines qui dominent. Le nombre spécifique moyen est très élevé, ce qui établit une très nette différence avec le groupement précédent, le recouvrement est en moyenne fort, bien qu'encore très variable.

La composition floristique particulière conduit à établir des comparaisons avec les groupements du *Caricion bicoloris-atrofuscae*. Cependant les associations décrites antérieurement (BRAUN-BLANQUET, 1950, J.L. RICHARD, 1975) ne correspondent pas à notre groupement, et, en particulier, ne présente pas l'abondance si caractéristique de *Salix reticulata*, aussi s'agit-il d'une association nouvelle. On peut donc penser que les groupements du *Caricion bicoloris-atrofuscae* très isolés les uns des autres, ont pu évoluer de façon différente en divers points de la chaîne des Alpes.

L'association occupe une position moyenne dans l'étage alpin, les stations se situant soit au voisinage des torrents dans les parties les plus fines des glières, soit dans les parties supérieures des atterrissements lacustres au voisinage des deltas torrentiels. Dans tous les cas, les stations subissent un assèchement superficiel en été.

Les sols provenant de l'évolution d'alluvions carbonatées ont des horizons de surface à pH moyennement acide à alcalin. La richesse en terre fine est grande, mais sa granulométrie est grossière si bien que la texture est limono-sableuse. La saturation étant fréquente, le déficit hydrique est rarement atteint bien que les quantités d'eau utile soient faibles. Les quantités de matière organique sont peu importantes, ce qui est à mettre en parallèle avec la faible évolution du sol, la minéralisation semblant assez rapide. Les taux de calcium sont peu élevés, bien que la saturation du complexe absorbant soit pratiquement atteinte. Il s'agit des sols gris alluviaux calciques ou carbonatés.

Hor.	ep.	Tf	A	L	S	Text.	H.ég.	H 4,2	E.ut.	pH
A ₁	4	96	12	23	66	Ls	30	11	19	5,3
A ₁ /C	6	97	6	24	69	Ls	20	3	18	5,5

Hor.	C	N	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	Carb.
A ₁	7,6	5,9	12,9	14,4	1,0	0,1	15,0	189	86	
A ₁ /C	2,1	1,8	11,7	5,9	0,5	0	6,4	-	100	

II. - ESSAI DE SYNTHÈSE

Pour autant utile que soit un inventaire, une analyse, si ce travail souvent fastidieux ne débouchait pas sur une tentative d'explication globale, sur une synthèse, il aurait manqué son but scientifique. A quelque niveau d'intégration que ce soit, il est nécessaire de sortir des détails de structure pour essayer de déceler l'organisation générale des différents éléments, cela devant amener à construire de nouveaux concepts ou plus modestement, et c'est le cas ici, à préciser les anciens. En possession des éléments précédents, nous avons donc essayé de déceler les articulations qui existent entre eux : combinaison des espèces au sein des groupements par les principaux procédés d'analyse numérique, combinaison des groupes écologiques, combinaison des groupes chorologiques, les espèces étant alors regroupées suivant leur origine, relations entre phytocénose et biotope, étude complétée par une synthèse pédologique. A l'issue de toutes ces études comparatives, nous proposerons un nouveau schéma d'organisation des groupements végétaux supraforestiers tant au point de vue phytosociologique qu'au point de vue biocénotique.

A) LES COMBINAISONS DE GROUPES SOCIO-ÉCOLOGIQUES.

Les groupes socio-écologiques que nous avons définis de façon empirique et qui se sont montrés très utiles lors de la description du contenu floristique des associations, forment au niveau des fréquentes, des combinaisons caractéristiques de chacune des associations. Néanmoins, ces combinaisons appartiennent à un certain nombre de types, ce qui permet de dégager des ensembles de groupements. ces combinaisons sont résumées dans la figure 6 qui donne l'ensemble des **spectres socio-écologiques** des différentes associations. L'établissement de tels diagrammes se heurte tout d'abord aux petites inégalités qui existent dans le nombre des espèces, constituant les groupes, c'est pourquoi nous avons tout d'abord transformé dans chaque association le nombre de fréquentes d'un groupe proportionnellement au total du groupe. Ces nombres corrigés d'espèces sont ensuite additionnés, on peut en tirer l'importance relative de chaque groupe dans la combinaison spécifique de l'association et la représenter suivant un spectre circulaire.

Un premier type de spectre socio-écologique peut s'isoler facilement ; c'est celui où un **groupe socio-écologique domine** dans l'ensemble des fréquentes de l'association, la participation de ce groupe s'établissant entre 25 et 50 % du total. C'est le cas des groupements 1, 2, 3, que nous avons rangé dans une association unique, le *Salicetum herbaceae*, chacun des groupements appar-

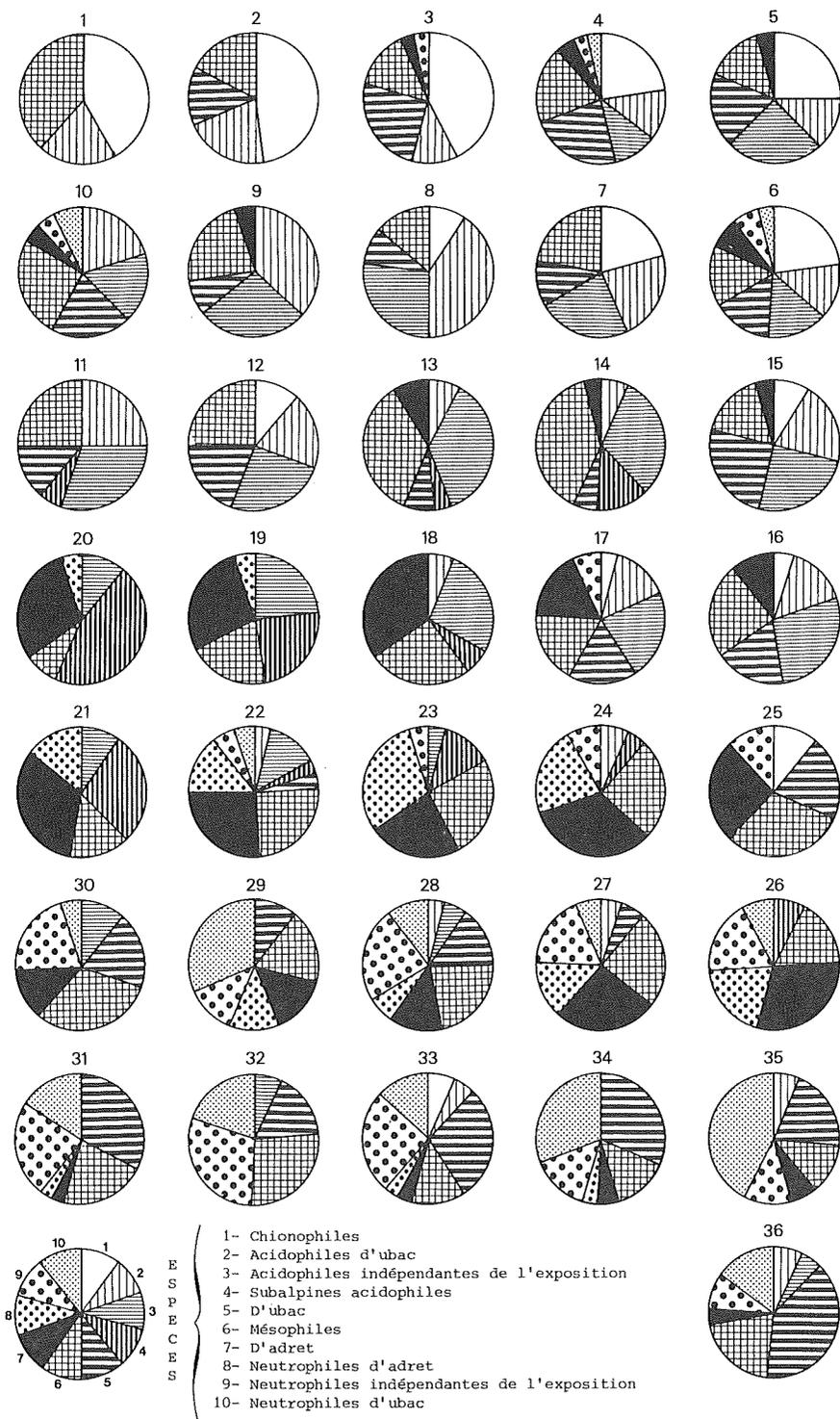


FIG. 6. - Spectres socio-écologiques des différents groupements.

tenant à des sous-associations différentes avec la prédominance des espèces **chionophiles**. Dans les groupements 8 et 9, ce sont les **acidophiles d'ubac** qui caractérisent par leur dominance, les 2 sous-associations du *Festuco-Curvuletum*. Pour le *Nardo-Trifolietum* (13) ce sont les **acidophiles** alors que les deux associations où *Festuca paniculata* (20 et 21) joue un rôle principal, peuvent être définies par les subalpines acidophiles auxquelles s'associent à un moindre degré les espèces d'adret. Dans le *Loiseleurio-Dryadetum* (36) ce sont les **espèces d'ubac** alors que les **mésophiles** caractérisent le *Nardo-Trifolietum gentianetosum* (14) et le *Seslerio-Elynetum* (30). Les **espèces d'adret** dominent dans le *Gentianello-Festucetum* (18), le *Trifolio-Poetum* (24) et le *Semperviro-Seslerietum* (26). Les groupements 29 (*Bellidiastro-Seslerietum*) et 35 (*Elyno-Salicetum reticuletosum*) sont caractérisés par les espèces **neutrophiles d'ubac**.

Dans un deuxième type de spectre, l'absence d'un groupe prédominant est accompagné par l'**équivalence numérique de plusieurs**. c'est ainsi que l'on peut rapprocher le *Poeto-Alopecuretum* (6), le *Plantago-Trifolietum geotosum* (16) et le *Potentillo-Festucetum* (17) où se retrouvent les acidophiles d'ubac, les acidophiles indépendantes à l'exposition, les espèces d'ubac indépendantes au substrat et les mésophiles en quantité sensiblement égales. De même le *Rosaeo-Seslerietum* (28) et le *Minuartio-Elynetum* (31) présentent une équivalence des espèces d'ubac, des mésophiles et des neutrophiles indépendantes à l'exposition.

Ces comparaisons pourraient être poursuivies, mais en dehors des exemples précédents qui apparaissent nettement, il faudrait s'assurer d'une façon plus précise des groupes distingués et pour cela recourir aux méthodes préconisées par GOUNOT (1969) ce qui permettrait vraisemblablement de parvenir à une classification des associations.

B) LES COMBINAISONS DE GROUPES CHOROLOGIQUES.

Les espèces fréquentes qui participent à la définition des associations sont d'origine géographique différente. On peut les répartir en **groupes chorologiques** en s'appuyant sur l'excellente flore de Suisse de HESS et LANDOLT (tabl. III). On distingue ainsi par ordre d'extension et d'éloignement constant :

- des espèces ouest-alpines localisées aux Alpes occidentales (20 espèces).
- des espèces alpines endémiques du massif alpin (14 espèces) parfois communes avec les Pyrénées.
- des espèces des montagnes de l'Europe moyenne et méridionale, le plus fort contingent (61 espèces).
- des espèces européennes et euro-sibériennes (32 espèces).
- des espèces européennes et nord-américaines (15 espèces).
- des espèces arctico-alpines (29 espèces).

L'histogramme de la figure 7 a été dressé en fonction des proportions dans lesquelles chaque groupe participe au lot des fréquentes des associations ou sous-associations, le groupe des montagnes de l'Europe moyenne et méridionale étant mis à part du fait de son importance vis-à-vis des autres.

TABLEAU III

Répartition des espèces en groupes chorologiques

Ouest Alpines (20)

<i>Achillea nana</i>	<i>Alochemilla hoppeana</i>	<i>Alochemilla pentaphylla</i>
<i>Androsace obtusifolia</i>	<i>Carex foetida</i>	<i>Galium pusillum</i>
<i>Hieracium subnivale</i>	<i>Oxytropis gaudini</i>	<i>Pedicularis censusia</i>
<i>Phyteuma pauciflorum</i>	<i>Senecio incanus</i>	<i>Silene exscapa</i>
<i>Silene exscapa</i>	<i>Tanacetum alpinum</i>	<i>Veronica allionii</i>
<i>Viola calcarata</i>		

Alpines (14)

<i>Cardamine alpina</i>	<i>Gentiana bavarica</i>	<i>Helictotrichon parlatoresi</i>
<i>Laserpitium halleri</i>	<i>Ligusticum mtellinoides</i>	<i>Pedicularis kernerii</i>
<i>Pedicularis rostrato-spicata</i>	<i>Potentilla grandiflora</i>	<i>Ranunculus montanus</i>
<i>Salix foetida</i>	<i>Cirsium spinosissimum</i>	

Montagnes centre et sud-européennes (61)

<i>Agrostis rupestris</i>	<i>Alopecurus gerardi</i>	<i>Anthyllis alpestris</i>
<i>Avenochloa versicolor</i>	<i>Betonica hirsuta</i>	<i>Biscutella laevigata</i>
<i>Eupatorium ranunculoides</i>	<i>Calamintha alpina</i>	<i>Campanula scheuchzeri</i>
<i>Carduus defloratus</i>	<i>Carex curvula</i>	<i>Carex parviflora</i>
<i>Carex rosae</i>	<i>Carex sempervirens</i>	<i>Cerastium arvense</i>
<i>Draba aizoides</i>	<i>Erigeron alpinus</i>	<i>Erysimum helveticum</i>
<i>Euphrasia minima</i>	<i>Festuca halleri</i>	<i>Festuca paniculata</i>
<i>Festuca pumila</i>	<i>Festuca violacea</i>	<i>Gentiana kochiana</i>
<i>Gentiana verna</i>	<i>Geum montanum</i>	<i>Helianthemum alpestre</i>
<i>Helianthemum grandiflorum</i>	<i>Hieracium villosum</i>	<i>Homogyne alpina</i>
<i>Hutchinsia alpina</i>	<i>Juncus jacquini</i>	<i>Leontopodium alpinum</i>
<i>Leontodon helveticus</i>	<i>Lotus alpinus</i>	<i>Luzula lutea</i>
<i>Minuartia sedoides</i>	<i>Myosotis alpestris</i>	<i>Phleum alpinum</i>
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	<i>Plantago alpina</i>	<i>Plantago atrata</i>
<i>Plantago serpentina</i>	<i>Potentilla aurea</i>	<i>Polygala alpestre</i>
<i>Pulsatilla alpina</i>	<i>Ranunculus pyreneus</i>	<i>Rhododendron ferrugineum</i>
<i>Saxifraga moschata</i>	<i>Scabiosa lucida</i>	<i>Sedum atratum</i>
<i>Sempervivum arachnoides</i>	<i>Sempervivum montanum</i>	<i>Senecio doronicum</i>
<i>Soldanella alpina</i>	<i>Soldanella alpina</i>	<i>Taraxacum alpinum</i>
<i>Trifolium alpinum</i>	<i>Trifolium badium</i>	<i>Trifolium pratense</i>
<i>Veronica bellidioides</i>		

Européennes et Euro-sibériennes (32)

<i>Achillea millefolium</i>	<i>Antennaria dioica</i>	<i>Arnica montana</i>
<i>Briosa media</i>	<i>Campanula barbata</i>	<i>Carex davalliana</i>
<i>Carex flava</i>	<i>Cirsium acaulon</i>	<i>Chenopodium bonus henricus</i>
<i>Gentianella campestris</i>	<i>Geranium sylvaticum</i>	<i>Hieracium auricula</i>
<i>Hieracium pilosella</i>	<i>Minuartia verna</i>	<i>Leontodon hispidus</i>
<i>Nardus stricta</i>	<i>Nigritella nigra</i>	<i>Phyteuma orbiculare</i>
<i>Polygonum bistorta</i>	<i>Saxifraga paniculata</i>	<i>Sesleria varia</i>
<i>Silene nutans</i>	<i>Thesium alpinum</i>	<i>Vaccinium myrtillus</i>

Européennes et Nord-américaines (15)

<i>Carex capillaris</i>	<i>Carex nigra</i>	<i>Equisetum variegatum</i>
<i>Festuca rubra</i>	<i>Juniperus nana</i>	<i>Loiseleuria procumbens</i>
<i>Poa alpina</i>	<i>Saxifraga androsacea</i>	<i>Selaginella selaginoides</i>
<i>Trichophorum cespitosum</i>	<i>Vaccinium uliginosum</i>	

Arctico-alpines (29)

<i>Anthoxanthum alpinum</i>	<i>Antennaria carpatica</i>	<i>Arabis alpina</i>
<i>Aster alpinus</i>	<i>Bartsia alpina</i>	<i>Carex bicolor</i>
<i>Cerastium cerastioides</i>	<i>Dryas octopetala</i>	<i>Elyna myosuroides</i>
<i>Erigeron uniflorus</i>	<i>Gentiana nivalis</i>	<i>Gnaphalium supinum</i>
<i>Juncus trifidus</i>	<i>Juncus triglumis</i>	<i>Luzula spicata</i>
<i>Oxytropis campestris</i>	<i>Pedicularis verticillata</i>	<i>Pinguicula alpina</i>
<i>Polygonum viviparum</i>	<i>Primula farinosa</i>	<i>Salix herbacea</i>
<i>Salix reticulata</i>	<i>Sagina saginoides</i>	<i>Saxifraga aizoides</i>
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	<i>Sibbaldia procumbens</i>	<i>Silene longiscapa</i>
<i>Silene longiscapa</i>	<i>Veronica alpina</i>	

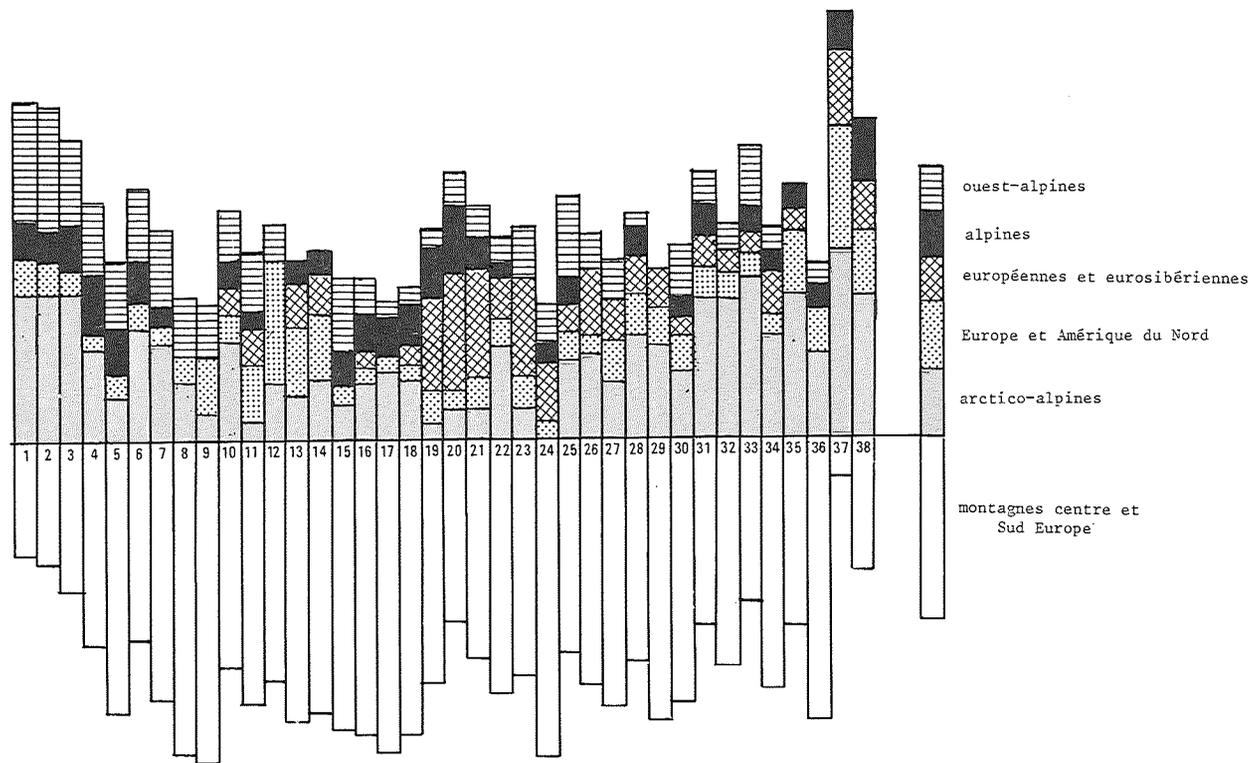


FIG. 7. - Histogramme de la répartition des groupes chorologiques dans les groupements végétaux.

L'étude de cet histogramme fait ressortir un certain nombre de combinaisons des groupes chorologiques en mettant en évidence des groupes qui atteignent des proportions élevées dans certaines associations et des groupes absents, ou pratiquement absents.

C'est ainsi que les **espèces des montagnes du centre et sud-Europe** dépassent ou atteignent les 70 % dans la composition des fréquentes des deux sous-associations du *Festuco-Curvuletum* (8, 9), le *Potentillo-Festucetum* (17) et le *Trifolio-Poetum* (24). Dans 9 autres groupements, elles dépassent les 60 %, en particulier dans toutes les associations du *Nardion* (13, 14, 15, 16, 17) dont l'enneigement est de durée relativement courte (*Nardion II* du tableau de classification phytosociologique). A l'opposé, ce groupe chorologique ne joue qu'un rôle minime, proportion inférieure ou égale à 30 %, dans les 3 sous-associations du *Salicetum herbaceae* et dans les groupements hydromorphes (37, 38) des *Caricetalia davallianae*. Le diagramme fait aussi clairement ressortir le comportement de ce groupe vis-à-vis du sol : dans la partie gauche, les groupements chionophiles mis à part, les espèces des montagnes du centre et du sud de l'Europe atteignent et dépassent les 50 % pratiquement partout, or cette partie correspond aux sols acides ; dans la partie droite, sols neutres ou légèrement acides, la participation du groupe est souvent inférieure à 50 %. Le groupe chorologique des espèces des montagnes de l'Europe centrale et méridionale possède donc son maximum de développement sur terrain riche en silice d'une part, et terrains décarbonatés d'autre part, dans des conditions climatiques moyennes, on pourrait ainsi le qualifier de climatique ce qui correspond bien à sa large répartition géographique dans la zone alpine considérée.

Les **espèces arctico-alpines** représentent le second groupe chorologique par l'importance qu'il prend dans les associations supraforestières de Vanoise. Sa proportion est supérieure à 30 % dans les 3 sous-associations du *Salicetum herbaceae* (1, 2, 3) et pratiquement dans tous les *Elynetum* suivis en cela par l'*Elyno-Salicetum reticuletosum*. Les arctico-alpines qui participent à ces deux groupes d'association sont d'ailleurs très différentes, une distinction devrait donc s'établir dans ce groupe chorologique entre espèces chionophiles et espèces des pelouses dont l'enneigement est, à l'opposé, généralement bref. Ce dernier sous-groupe permet de bien distinguer l'*Oxytropo-Elynion* du *Seslerion varia*, distinction qui devrait s'établir de ce fait au niveau de l'ordre *Elynetalia* et non de l'alliance, comme l'a d'ailleurs proposé J.L. RICHARD (1977). Un seul groupement, le *Trifolio-Poetum* (22) est caractérisé par l'absence totale d'arctico-alpines parmi les fréquentes, alors que le *Festuco-Curvuletum juncetosum* (8), le *Nardo-Vaccinietum* (11), le *Plantago-Trifolietum juncetosum* (15), le *Sempervivo-Trifolietum*, les 2 *Festucetum paniculatae* (20, 21), l'*Helianthemo-Festucetum rubrae* (23) n'en possèdent que moins de 10 %. Remarquons que la plupart de ces groupements sont thermophiles ou subalpins ce qui explique facilement l'absence des arctico-alpines.

Les **espèces ouest-alpines** dont le nombre total est plus faible que celui du groupe précédent, obtiennent une proportion supérieure à 15 % dans tous les groupements où la neige persiste longtemps au sol : *Salicetum herbaceae* (1, 2, 3), *Alopecuretum* (4, 5, 6), *Tanaceto-Curvuletum* (7) ainsi que le *Taraxaco-Poetum* (25). Elles ont également de l'importance dans *Plantago-Trifolietum juncetosum* (15) principalement localisée en exposition N et le *Rosaeo-Elyne-*

tum (33), groupement de la partie supérieure de l'étage alpin des expositions fraîches également, En Vanoise, les espèces ouest-alpines se trouvent donc surtout dans des groupements longuement enneigés ou frais. Il faut peut-être voir là un effet de la concurrence des espèces des montagnes centre et sud-européennes qui ont refoulé les éléments endémiques dans les stations les moins propices.

Les **espèces européennes et euro-sibériennes**, plus nombreuses dans l'ensemble, participent cependant à un degré moindre aux lots des fréquentes de nos groupements. La plupart d'entre elles se situent plus volontiers dans les associations subalpines ce qui explique leur préférence pour les groupements supraforestiers les plus thermophiles. C'est ainsi que leur proportion est supérieure à 15 % dans le *Semperviro-Trifolietum* (19), les 2 *Festucetum paniculatae* (20, 21), l'*Helianthemo-Festucetum rubrae* (23) et le *Semperviro-Seslerietum* (26). A l'inverse, elles sont complètement absentes des groupements à long temps d'enneigement (1, 2, 3, 4, 5, 6), du *Festuco-Curvuletum* (8, 9), du *Cetrario-Loiseleurietum* (12), du *Potentillo-Festucetum* (17) ainsi que du *Loiseleurio-Dryadetum* (36).

Enfin, les **espèces européennes et nord-américaines** jouent un rôle important, leur proportion dépassant également les 15 %, dans les groupements acidophiles, subalpins, *Nardo-Trifolietum* (13, 14), dans le *Cetrario-Loiseleurietum* (12), le *Loiseleurio-Dryadetum* (35), et les marais baso-neutrophiles (37, 38). On peut remarquer que parallèlement au développement de ce groupe chorologique, on assiste dans les mêmes groupements à une réduction ou à une absence complète des espèces ouest-alpines.

Ainsi, quand on compare les origines des différentes espèces fréquentes, on peut esquisser des rapprochements entre les divers groupements par la combinaison des groupes chorologiques. Les groupements chionophiles sont caractérisés par la rareté des espèces des montagnes de l'Europe centrale et méridionale, et, au contraire, par l'abondance des arctico-alpines et des ouest-alpines. On retrouve ces mêmes caractères dans le *Taraxaco-Poetum* (25) que nous n'avons pu classer dans la classification phytosociologique habituellement admise. Les groupements acidophiles sont dominés par les espèces des montagnes centre et sud-européennes; parmi eux les groupements les plus thermophiles présentent un grand développement des européennes et euro-sibériennes. Parmi les groupements baso-neutrophiles, nous avons vu comment pouvaient se séparer ceux des « *Seslerietalia variae* » et ceux des « *Oxytropo-Elynion* », les arctico-alpines jouant un rôle important dans les seconds.

C) LA RÉPARTITION ÉCOLOGIQUE DES ASSOCIATIONS.

Les associations se répartissent sur le terrain suivant des critères écologiques où l'altitude, dont l'expression est l'étage de végétation (fig. 4), l'exposition et la roche-mère, correspondant à l'un des 3 grands types définis antérieurement (fig. 3), jouent les rôles principaux. C'est pourquoi nous avons rassem-

blé les différentes associations définies en Vanoise en 3 tableaux, IV, V, VI, comprenant 9 cases. Chacun des tableaux correspond à un type de substrat, les rangées horizontales aux étages dont les limites sont définies par la figure 4, les colonnes à l'exposition dominante. A l'intérieur de chaque case il ne faut pas prendre en compte la position relative des associations, mais considérer que chaque groupement figuré peut occuper la case dans son intégralité. Certaines associations sont exclusives d'un type de substrat, elles figurent alors en majuscule. Quatre groupements peuvent se rencontrer sur les 3 types de substrat, ils figurent en minuscule, il s'agit du *Salicetum herbaceae sibbaldietosum*, du *Ranunculo-Alopecuretum*, du *Gentianello-Festucetum* et du *Polygono-Festucetum*, soit 2 groupements liés à un enneigement prolongé et 2 groupements liés à un fort ensoleillement, donc des associations placées dans des conditions climatiques extrêmes ce qui paraît les rendre indépendantes de la nature du substrat.

Sur roches riches en silice (tabl. IV), le subalpin supérieur qui a été très pâturé, est principalement occupé pour le secteur nord par le *Nardo-Trifolietum*

TABLEAU IV
Situation des associations sur roches riches en silice

ETAGE		EXPOSITION		
		NORD	INTERMEDIAIRE	SUD
ALPIN	SUPERIEUR	TANACETO-CURVULETUM	FESTUCO-CURVULETUM JUNCETOSUM	
	INFERIEUR	CETRARIO-LOISELEURIETUM	Salicetum herbaceae sibbaldietosum	Ranunculo Alopecuretum
	NARDO-VACCINIETUM		FESTUCO-CURVULETUM NARDETOSUM	Gentianello-Festucetum
SUPERIEUR	INFERIEUR	NARDO-TRIFOLIETUM GENTIANETOSUM		
		SEMPERVIRO-TRIFOLIETUM		
SUPERIEUR	INFERIEUR	NARDO-TRIFOLIETUM FESTUCETOSUM	CAMPANULO-FESTUCETUM P.	
			Polygono-Festucetum p.	

festucetosum, pour le secteur sud par le *Semperviro-Trifolietum* qui pénètre dans l'étage alpin. Le *Campanulo-Festucetum*, cantonné également dans le secteur sud se trouve sur des sols plus frais et plus riches en cations. Il est remplacé sur les pentes plus faibles et généralement à des altitudes moindres par le *Polygono-Festucetum*. L'alpin inférieur, également très pâturé, est dominé par les nardaies. Le *Nardo-Vaccinietum* des expositions fraîches envahit toutes les expositions chaudes où un moindre pâturage favorise dans la partie inférieure le *Semperviro-Trifolietum*, dans la partie supérieure le *Festuco-Curvuletum nardetosum*. Les situations extrêmes sont occupées par des associations spécialisées : croupes ventées d'exposition générale du secteur nord par le *Cetrario-Loiseleurietum*, sommets de croupe à sol superficiel par l'*Elyno-Avenochloetum*, combes et pentes longuement enneigées par le *Salicetum herbaceae sibbaldietosum* et le *Ranunculo-Alopecuretum*, fortes pentes en exposition sud par le *Gentianello-Festucetum*. Tous ces groupements spécialisés se retrouvant d'ail-

TABLEAU V
Situation des associations sur roches riches en carbonates

		EXPOSITION			
		NORD	INTERMEDIAIRE	SUD	
ETAGE	ALPIN	SUPERIEUR	Cetrario-Elynetum		Gentianello-Festucetum v.
			Seslerio-Elynetum		
	INFERIEUR	ELYNO-SALICETUM RETICULETOSUM	Minuartio-Elynetum	ROSAEO-SESLERIETUM	
Elyno-Salicetum herba. caricetosum			Ranunculo-Alopecuretum		
SUBALPIN	SUPERIEUR	ELYNO-SALICETUM SOLDANELLETOSUM		ANTHYLLIDIC-POETUM	
		Plantago-Trifolietum geotos.	Salicetum herbaceae sib.	SEMPERVIRO-SESLERIETUM	
		BELLIDIASTRO-SESLERIETUM	HELIANTHEMO-FESTUCETUM R.	Polygono-Festucetum p.	

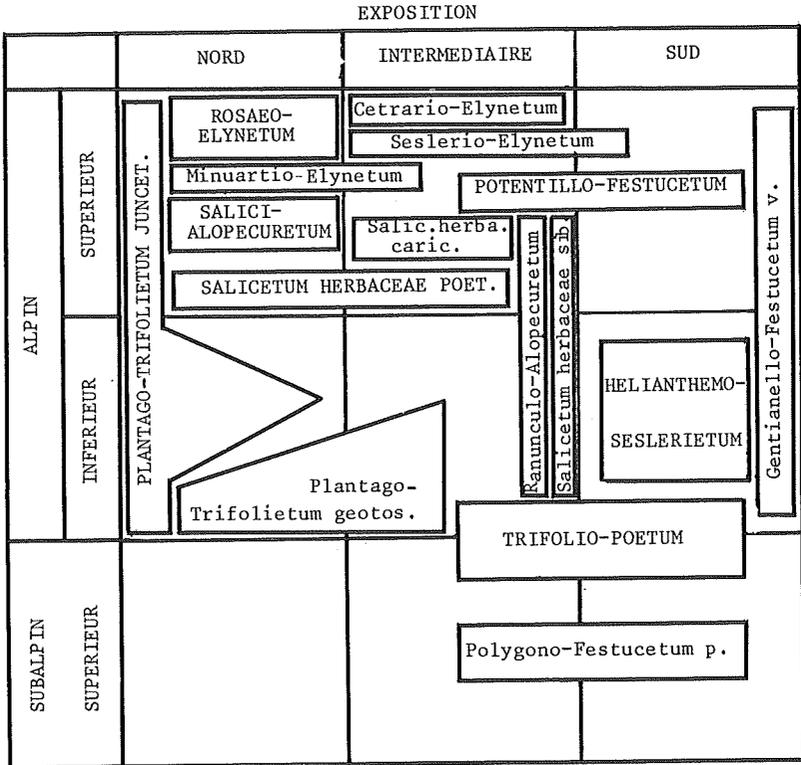
leurs à des altitudes plus élevées. L'alpin supérieur est marqué par une moindre fréquence du pâturage qui intéresse seulement les stations chaudes occupées par le *Festuco-Curvuletum juncetosum* à sol superficiel. Aux expositions fraîches, domine le *Tanaceto-Curvuletum* riche en espèces chionophiles.

Sur **roches riches en carbonates** (tabl. V), le subalpin inférieur est le lieu d'installation des gras pâturages, surtout dans les expositions les plus chaudes occupées par l'*Helianthemo-Festucetum*, auquel peut se substituer, dans les parties les moins déclives, le *Polygono-Festucetum* qui représente les prairies de fauche les plus élevées, du moins jusqu'à la première moitié du XX^e siècle. Sur les pentes plus fortes est installé en exposition sud le *Semperviro-Seslerietum* alors qu'en exposition nord nous avons pu différencier le *Bellidiasstro-Seslerietum*. Le *Semperviro-Seslerietum* peuple encore les pentes ensoleillées de l'alpin inférieur, alors que les parties moins déclives sont le siège de l'*Anthylido-Poetum* dû au pâturage. Sur les pentes les plus fortes, en exposition sud, on retrouve le *Gentianello-Festucetum*. Dans les expositions intermédiaires et nord sont installés des pâturages maigres à moutons représentés par le *Plantago-Trifolietum geotosum*, alors que les parties non pâturées sont occupées par l'*Elyno-Salicetum soldanelletosum*. Sur les pentes les plus fortes en exposition nord se situe l'*Elyno-Salicetum reticuletosum* qui pénètre très largement dans l'alpin supérieur. Dans celui-ci, les expositions fraîches sont le siège du *Minuartio-Elynetum* que l'on trouve également sur schistes lustrés, alors que les parties planes ou en faible pente en expositions intermédiaires ou sud sont occupées par le *Rosaeo-Seslerietum*. Comme associations spécialisées on retrouve dans l'alpin supérieur : le *Ranunculo-Alopecuretum* et le *Salicetum herbaceae sibbaldietosum* respectivement sur les bords et dans le fond des combes à neige, le *Seslerio-Elynetum* sur le sommet des croupes alors que dans les conditions extrêmes de ce type peut s'installer le *Cetrario-Elynetum*, dans les expositions les plus chaudes, le *Gentianello-Festucetum*.

Le cas des **schistes lustrés** (tabl. VI) peut être considéré en première analyse comme intermédiaire entre les deux cas précédents. Dans l'étage subalpin, le pâturage peut se développer librement sur les amples surfaces peu déclives, c'est le siège d'élection du *Trifolio-Poetum* auquel se substitue le *Polygono-Festucetum* dans les expositions chaudes inférieures. L'alpin inférieur est encore largement pâturé, dans les expositions fraîches, il est occupé par le *Plantago-Trifolietum* alors que sur les versants exposés au sud persiste le *Trifolium-Poetum*. Sur les pentes plus accentuées, on trouve l'*Helianthemo-Seslerietum*, correspondant au *Semperviro-Seslerietum* des terrains calcaires. L'alpin supérieur est très diversifié, dans les expositions fraîches, le *Rosaeo-Elynetum* domine avec le *Minuartio-Elynetum* tandis que sur les adrets on trouve le *Potentillo-Festucetum* et le *Seslerio-Elynetum*. Les pelouses longuement enneigées sont représentées par le *Salicetum herbaceae caricetosum*, le *Salici-Alopecuretum* et le *Salicetum herbaceae poetosum*, ce dernier traduisant les possibilités de pâturage qui persistent à ce niveau. Donc, s'il y a en partie similitude avec les groupements calcicoles, plusieurs associations sont caractéristiques des schistes lustrés et traduisent les potentialités différentes de la roche-mère, sans que toutefois il y ait une totale convergence avec les associations acidophiles.

On peut donc conclure provisoirement que sur les trois grands types de substrat sont installés trois séquences différentes d'associations végétales, que

TABLEAU VI
Situations des associations sur schistes lustrés



si les liens entre association sur calcaire et association sur schistes lustrés sont nombreux, on n'observe pas une convergence étroite avec les groupements sur substrat riche en silice et qu'on ne peut conclure à l'existence d'une série unique au niveau de l'étage alpin, celle qui conduirait à un *Caricetum curvulae* climacique.

Si les 3 tableaux précédents correspondaient aux climato-écogrammes, on peut également tirer d'utiles conclusions en comparant les différents édapho-écogrammes. Sur la figure 8 chacun des groupements est symbolisé par le point moyen de son édapho-écogramme. Cette simplification permet de situer rapidement les groupements les uns par rapport aux autres et n'a qu'une valeur comparative. Dans certaines associations, en effet comme le *Trifolio-Poetum* (22) correspondant à une vaste surface, le point moyen n'a que peu de signification. Les associations peuvent être regroupées suivant leur composition floristique dans une enveloppe commune.

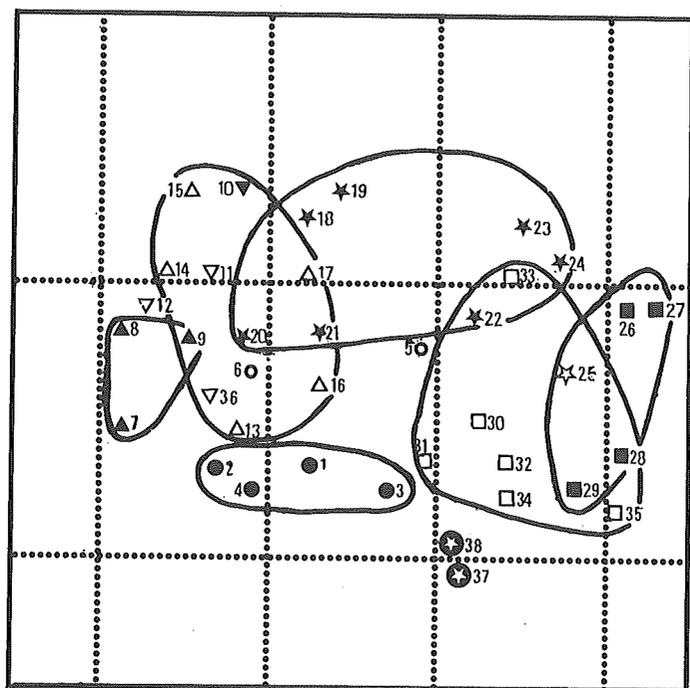


FIG. 8. — Situation des associations sur édapho-écogramme.

Suivant l'axe des pH, les groupements acidophiles des *Curvuletea* sont nettement séparés de ceux des *Elyno-Seslerietea* à droite, car pratiquement aucun groupement de ces deux catégories n'a son point moyen situé entre les valeurs 5 et 6. Il n'existerait donc pas de transition entre ces deux catégories comme cela serait dans le cas d'un climax unique.

La zone des pH comprise entre 5 et 6 est occupée dans la partie inférieure correspondant aux fortes humidités par les groupements chionophiles, les 3 *Salicetum herbaceae* et les 3 *Alopecuretum*, dans la partie supérieure par les groupements thermophiles. Comme nous l'avons déjà signalé les groupements liés soit à la neige, soit aux fortes températures manifesterait donc une relative indifférence dans leur ensemble vis-à-vis du pH du sol; dans les groupements thermophiles, ce sont ceux qui sont les moins acidophiles sur roche riche en silice, les moins basophiles sur roche carbonatée : les conditions extrêmes vis-à-vis d'un facteur climatique engendreraient donc quant aux pH, une convergence des horizons superficiels. Les positions relatives et les intersections des enveloppes regroupant les associations à composition floristique voisine permettent d'établir des rapprochements écologiques entre groupements floristiquement distincts. Pour les groupements neutro-basophiles, les *Seslerietum* se situent plus à droite (alcalinité) que les *Elynetum*, vraisemblablement à

cause d'une pédogenèse moins avancée due à leur pente accentuée. Parmi les *Seslerietum*, le *Rosaeo-Seslerietum* (28) et le *Bellidiastro-Seslerietum* (29), groupement les plus humides, sont très proches écologiquement des *Elynetum*. Le *Rosaeo-Elynetum* (33) dont les stations se trouvent à proximité des sommets de croupe sur schistes lustrés montre des affinités écologiques avec les groupements thermophiles. Pour les groupements acidophiles, les *Curvuletum* sont localisés plus à gauche (acidité) que les *Trifolietum*, le *Festuco-Curvuletum nardetosum* (9) occupant une position intermédiaire. Le *Poeto-Alopecuretum* (6) se situe dans l'aire des *Trifolietum*, ce qui est bien en accord avec le rapprochement de cette association avec les groupements du *Nardion*. Les *Festucetum paniculatae* (20 et 21), groupements les plus humides du *Festucion variae* montrent également des affinités avec le *Nardion*. L'exploitation des édaphogrammes se révèle donc très utile dans les comparaisons entre groupement.

D) LA COMPARAISON DES DIFFÉRENTS SOLS.

Les sols évolués (profil ABC) sont rares sous les pelouses supraforestières. Le plus souvent, en étudiant un profil, on distingue l'existence de deux horizons : A_1 , humifère, riche en racines et autres parties souterraines des plantes vasculaires, A/C, passage progressif à la roche-mère par disparition de la matière organique et enrichissement en squelette. Sont donc absents la litière et l'horizon d'accumulation. Si à la fonte des neiges, un horizon A_{00} peut exister, on peut l'observer dans les *Salicetum herbaceae* par exemple, il disparaît rapidement au cours de la saison de végétation, ceci étant dû principalement à la nature du matériel végétal aérien peu lignifié et à sa faible biomasse. La matière organique de A_1 provient surtout des parties souterraines qui s'intègrent donc directement à la matière minérale. La richesse en rhizome de la partie la plus superficielle, alors que les racines plus éparses pénètrent plus profondément, rend souvent possible une subdivision en un A_{11} riche en matière organique et un A_{12} plus pauvre. L'horizon d'humus correspond à ce qu'on appelle habituellement un moder alpin, nous continuerons à le désigner ainsi, mais peut-on continuer à employer cette nomenclature alors que nous sommes en présence d'un humus sans litière, à pH le plus souvent très modérément acide, à C/N compris entre 10 et 15. Sous cet horizon organique, il ne paraît pas possible, la plupart du temps, de distinguer morphologiquement et par analyse un horizon B d'accumulation.

La morphologie des profils est donc semblable, c'est pourquoi nous n'avons tenu compte uniquement, lors de notre description des différents groupements que de l'horizon superficiel, et en ne donnant que des exemples d'organisation pédologique. Néanmoins, il nous paraît indispensable d'étudier plus profondément les types de pédogenèse suivant les substrats et de déterminer leur répercussion sur les groupements végétaux et leur évolution.

1. Sols sur substrat riche en silice.

Bien que l'ensemble des propriétés physico-chimiques de ces roches soient différentes, les sols qui en dérivent ne sont affectés dans leur pédogenèse, en ne considérant que les étages supraforestiers, que par la plus ou moins grande richesse en silice. Une gradation peut s'établir depuis la silice pure des quartzites en passant par les gneiss du Grand Paradis, les gneiss et micaschistes du « Houiller métamorphique », les grès et schistes silicatés du Houiller jusqu'aux roches plus riches en calcium comme les roches vertes accompagnant le cortège des schistes lustrés. Quelles sont les répercussions de cette composition sur la pédogenèse et sur la végétation ? Il y a là un sujet d'étude que nous n'avons pu qu'aborder et qui mérite vraisemblablement des approfondissements. Ce n'est que globalement que l'évolution des sols sur roche acide a pu être ici envisagée dans ses relations avec la végétation.

Le pH des sols est toujours compris dans ce cas entre 3,7 et 5,8, donc, pour ce qui concerne les sols, depuis des conditions très acides jusqu'à des conditions modérément acides sans que la nature de la roche-mère semble jouer un rôle car, quelle que soit celle-ci, la moyenne des pH se situe vers 4,5. Le groupement végétal, et donc les conditions climatiques, peuvent intervenir plus efficacement, semble-t-il, dans le pH. En effet, celui-ci est plus élevé sous les groupements pâturés des *Trifolietum* et *Festucetum paniculatae* tout en remarquant que sous les associations de landines, plus riches en lignine, il reste à 4,5. L'altitude semble être déterminante : jusqu'à 2 300 m, sous les groupements herbacés, les pH ne sont jamais inférieurs à 4,8 alors, qu'on assiste (fig. 9) à une apparition brutale de pH plus acides avec aggravation de ce

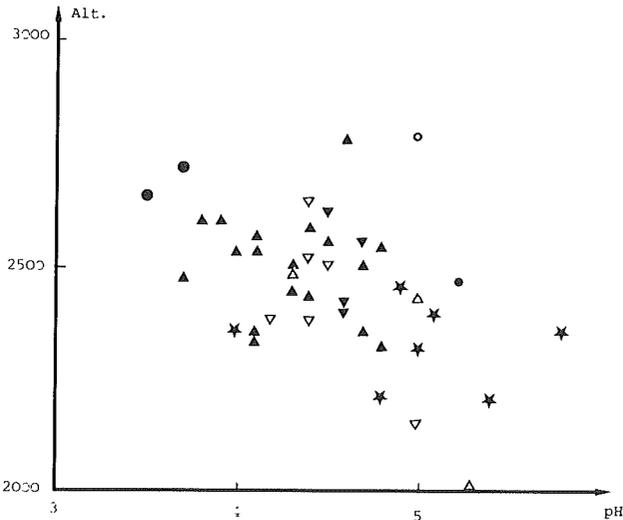


FIG. 9. — Relation pH altitude sur cristallin (mêmes symboles que fig. 8).

phénomène au fur et à mesure que l'on s'élève au-delà de cette altitude. Le passage de l'étage subalpin à l'étage alpin est donc marqué dans les groupements acidophiles par une acidité plus grande. L'exposition joue également un rôle, car, globalement, quand on passe des expositions nord aux expositions sud, on assiste à un relèvement des pH.

La teneur en carbone est très variable : elle passe de 2 % dans les protorankers à 24 % dans les sols à horizons superficiels organiques. La moyenne se situe à 11 %, il s'agit donc de sols très humifères, la matière organique étant complètement incorporée à la matière minérale. Les plus faibles pourcentages se situent sur les quartzites où les biomasses sont réduites, mais, très généralement, on ne peut conclure à une relation entre biomasse et teneur en matière organique du sol. C'est ainsi que le *Tanaceto-Curvuletum* (7) présente une faible biomasse, mais une teneur en matière organique moyenne à forte, alors que le *Nardo-Trifolietum festucetosum* (13) dans l'étage subalpin forme une biomasse importante et correspond à des sols riches en matière organique. Cette teneur ne paraît liée ni à l'altitude, ni à l'exposition, cependant, on peut constater que les groupements de pelouse alpine possèdent une biomasse assez faible avec de forts taux de carbone dans le sol alors qu'au

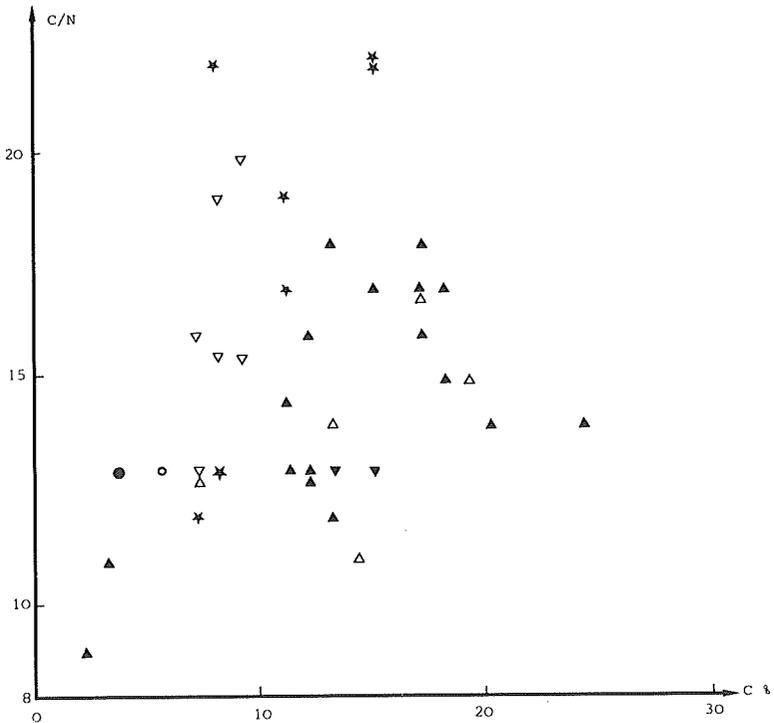


FIG. 10. - Relation C-C/N sur cristallin (mêmes symboles que fig. 8).

niveau du subalpin les biomasses sont généralement élevées, mais le carbone du sol très variable.

Le rapport C/N est, lui aussi, très variable puisqu'il est compris entre 9 et 22, la moitié des valeurs se situant entre 12,5 et 16,5. Seules 4 valeurs sont supérieures à 18 et elles correspondent à des sols subalpins. Ce rapport est très variable à l'intérieur d'une association, bien que sous l'étroite dépendance du matériel végétal. On constate de fortes valeurs pour le *Nardo-Vaccinietum* (11) où les débris végétaux sont riches en lignine ainsi que pour le *Sempervivo-Trifolietum* (19). Si l'on compare (fig. 10) le rapport C/N dans les horizons superficiels d'un sol et la teneur de celui-ci en carbone (C %), on observe que les plus fortes valeurs du C/N ne correspondent pas aux plus fortes valeurs de C. L'incorporation de grandes quantités de matière organique s'accompagne donc d'une transformation, et il ne s'agirait vraisemblablement pas seulement d'humine héritée comme le signale LABROUE (1977). Une analyse fine de cette matière organique est donc nécessaire, les processus de formation paraissant différents de ceux existant à des altitudes inférieures. La somme des cations échangeables (S) est faible dans la plupart des cas puisque plus des 3/4 des valeurs se trouvent inférieures à 15 meq/100 g de sol. Ces faibles valeurs sont surtout remarquables pour les *Curvuletum*, le *Tanaceto-Curvuletum* ne dépassant jamais 8 meq et les *Festuco-Curvuletum* ne dépassant pas 10 et pourtant dans ces groupements la matière organique est abondante. Ces groupements étant très acides et les cations échangeables étant ici classiquement mesurés par percolation d'une solution à pH 7, d'autres cations peuvent jouer un rôle important comme Al^{3+} non mesurables dans ces conditions; il faudrait donc obligatoirement opérer dans ce cas avec une solution au pH du sol. On peut néanmoins remarquer que toutes les valeurs de S supérieures à 20 se situent dans l'étage subalpin, des valeurs particulièrement élevées pouvant être atteintes pour le *Nardo-Trifolietum*, le *Sempervivo-Trifolietum* et les *Festucetum paniculatae*.

Le taux de saturation est faible puisqu'il se situe, le plus souvent, au voisinage de 20. Il s'agit donc, du moins pour l'étage alpin, de sols oligotrophes. Pour le subalpin, les valeurs peuvent augmenter considérablement puisque dans des sols correspondants aux *Festucetum paniculatae*, ce taux dépasse 80.

L'accumulation de matériel migré en profondeur n'est observable que dans des stations horizontales comme sous le *Tanaceto-Curvuletum* (voir inventaire) où la couleur ocre de l'horizon profond (20-40 cm) traduit un léger enrichissement en fer alors que l'aluminium libre correspond au double des horizons superficiels. Par extension à ce qui se produit aux étages inférieurs (montagnard) on peut considérer qu'il s'agit d'un sol ocreux humifère. Mais, la plupart du temps, on est en présence de ranker.

Sous l'horizon de surface, des horizons A_{12} ou A_1/C , que l'on distingue par leur richesse en matière organique (A_{12} a un taux inférieur mais voisin de A_{11} , tandis que A_1/C a un faible taux, très différent de A_1) permettent un passage progressif au substrat et ne sont que faiblement colonisés par les racines. Leur pH reste toujours très acide, mais on constate dans plus de la moitié des cas qu'il est inférieur à celui de l'horizon superficiel. Paradoxalement, la matière organique d'origine herbacée ne provoque pas d'une façon

obligatoire l'acidification du substrat, mais au contraire, semble ici le neutraliser très partiellement. On peut donc en conclure que dans l'étage alpin, sur substrat riche en silice, il n'y a pas, dans la majorité des sols, une acidification et si une convergence entre les sols peut s'établir, elle n'est pas seulement due à l'évolution des sols calcaires par décarbonatation et acidification, mais aussi à une faible neutralisation des sols sur « cristallin ».

2. Sols sur substrat riche en carbonates.

La nomenclature des sols supraforestiers sur roches carbonatées reste à préciser comme d'ailleurs celle des types d'humus. Dans l'attente d'une étude approfondie, nous les classerons dans les sols calcimagnésiques très humifères (DUCHAUFOR, 1977), donc de profil AC en remarquant que leur morphologie est très différente suivant qu'ils sont constitués à partir d'une roche finement broyée sous l'effet de la gélifraction, d'un transport, ou directement sur la roche en place et grossièrement désagrégée.

L'horizon superficiel est caractérisé par l'absence de litière, les débris végétaux aériens étant rapidement incorporés en début de la saison de végétation. On n'observe pas de structure granuleuse sauf dans certaines pelouses subalpines, il n'y a donc pas de constitution de complexe argilo-humique, il ne peut s'agir d'un mull, la structure est là aussi particulière. Cet horizon est mince, de l'ordre de 5 cm mais peut atteindre une vingtaine de cm, il est alors très riche en matière organique. Sa couleur est variable, brune, elle devient noire dans le cas d'une forte accumulation.

Les valeurs du pH sont comprises entre 4,9 et 7,5 et dans plus des 3/4 des cas supérieures à 6,0. Donc, la majeure partie des sols de pelouses, sur roches carbonatées, est faiblement acide à faiblement alcaline. Ceci est particulièrement vérifié dans le cas des pelouses alpines. Sur calcaire, les *Seslerietum* ont un pH supérieur à 6,1 (*Bellidiastro-Seslerietum*, 29) avec une moyenne à 7,0, les *Elynetum* un pH supérieur à 5,4, avec une moyenne supérieure à 6,0. En rappelant que le pH le plus élevé que nous ayons pu mesurer sous un *Curvuletum* est de 4,8 (*Tanaceto-Curvuletum*, 7) le passage sur sol calcaire à une telle acidité paraît exclu, et par là-même se trouve exclue la possibilité d'un climax unique dans l'étage alpin. Les plus faibles valeurs du pH sur calcaire sont atteintes pour le *Loiseleurio-Dryadetum* (36), où les débris lignifiés se trouvent en grande quantité, pour le *Gentianello-Festucetum* (18) et le *Poeto-Alopecuretum* (6) donc dans des associations spécialisées. L'altitude ne paraît pas influencer le pH et, en particulier, on n'assiste pas, en s'élevant, à une tendance plus marquée à l'acidification, mais il faut souligner que les phénomènes périglaciaires interviennent alors fortement. De même, l'exposition n'intervient pas sur les valeurs du pH alors que, d'une façon très générale, les fortes pentes sont caractérisées par des pH élevés.

La matière organique se trouve à des taux très variables, le pourcentage de carbone passant de 3 à 35, cette dernière valeur étant relevée dans un *Elyno-Salicetum soldanelletosum* (34). Il s'agit alors d'un tangel pour employer la nomenclature de KUBIENA. Il ne s'établit pas de rapport entre la plus ou moins grande abondance de matière organique et le pH. A des teneurs élevées peuvent

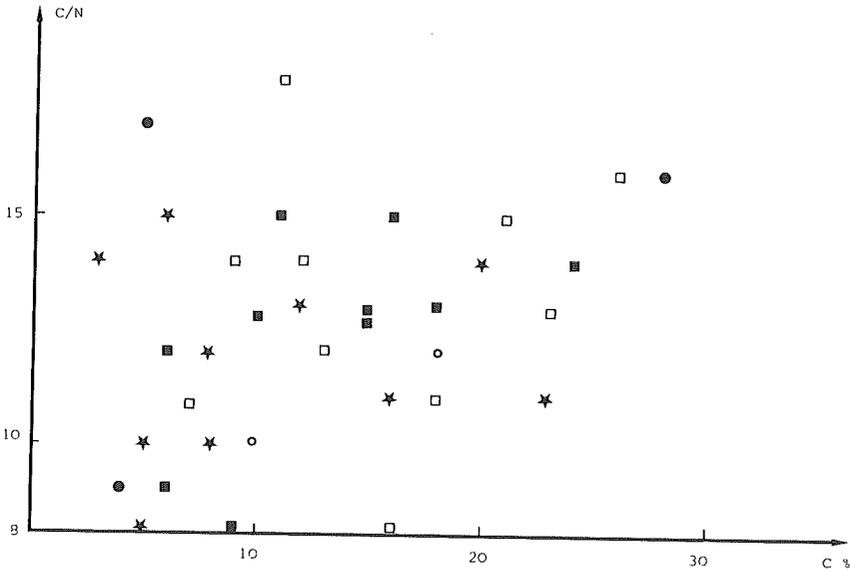


FIG. 11. — Relation C-C/N sur calcaire.

correspondre des pH élevés comme dans le *Rosaeo-Seslerietum* (28) et les *Elyno-Salicetum* (34 et 35), à des teneurs faibles peuvent correspondre des faibles valeurs du pH. La matière organique n'est donc pas le seul moteur de la décarbonatation et de l'acidification. Le nombre insuffisant de mesures de biomasse ne nous permet pas de conclure à une relation avec la quantité de matière organique du sol.

Le rapport C/N varie entre 8 et 19 avec une très grande majorité des valeurs comprises entre 10 et 15, ce rapport est donc en moyenne nettement inférieur à celui sur substrat riche en silice. Il y a donc minéralisation rapide malgré les basses températures et ceci, même dans le cas de fortes accumulations. La figure 11 donne les valeurs du C/N en fonction du C %. Comme pour les sols sur « cristallin », il n'y a pas de corrélation : on trouve de fortes valeurs avec des taux élevés, tout en remarquant que les très faibles valeurs (entre 8 et 10) sont beaucoup plus fréquentes que dans le cas précédent.

La somme des cations échangeables (S) varie énormément d'un sol à l'autre, mais elle se trouve toujours supérieure à 10 meq pour 100 g de sol et le plus grand nombre de valeurs sont supérieures à 20. Il y a donc encore là une différence importante avec les sols sur silice. Les groupements sur roches carbonatées sont toujours bien alimentés en Ca^{2+} , parfois en Mg^{2+} dans leurs horizons superficiels. Sur la figure 12, donnant les valeurs de S en fonction de C %, on peut déceler une faible corrélation positive.

Le taux de saturation de la capacité totale d'échange est très généralement élevé. La très grande majorité des valeurs se situent au-dessus de 40, la

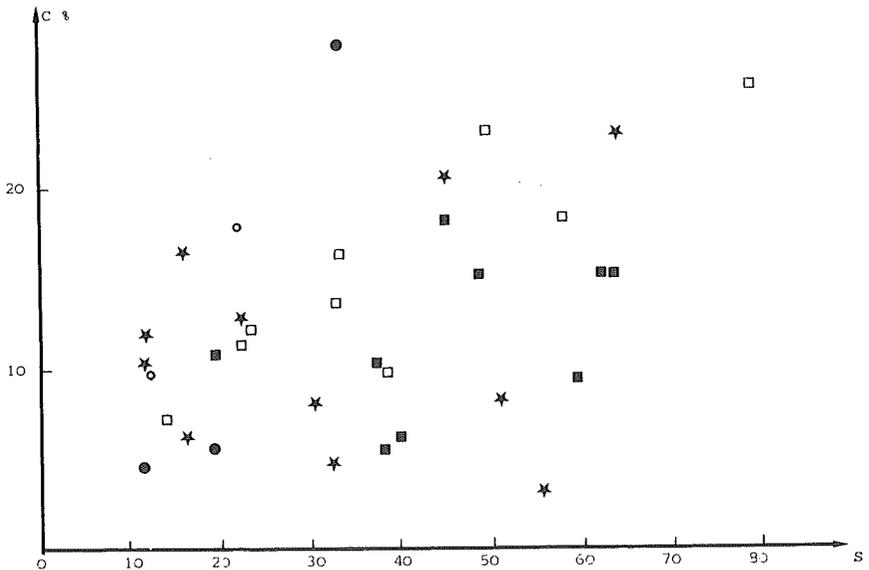


FIG. 12. - Relation S-C % sur calcaire (mêmes symboles que fig. 8).

saturation étant souvent atteinte. Seuls les groupements longuement enneigés affichent des valeurs inférieures à 30.

La texture est fine puisque pour la terre fine elle se range dans la classe des argiles ou des limons argileux; ce n'est donc pas ici l'absence de colloïdes qui se trouve à l'origine de la structure particulaire.

Quand le substrat est finement désagrégé, on passe en profondeur à un horizon de transition A_1/C , pauvre en matière organique et plus grossier. Le pH de cet horizon est en général plus alcalin que celui de l'horizon superficiel, il y a donc bien acidification superficielle dans le cas des sols sur substrat riche en carbonates, mais celle-ci ne dépasse jamais le seuil de 4,8. Les carbonates sont souvent présents en plus grande quantité qu'en surface, mais il est très difficile de délimiter un front de décarbonatation précis (BOTNER, 1972) vraisemblablement à cause de la cryoturbation, celle-ci ayant même pour effet de provoquer la présence de particules carbonatées dans les A_1 acides. Donc, si l'on assiste bien à une acidification du sol sur roche calcaire au niveau de l'étage alpin, les phénomènes périglaciaires la modèrent fortement et interdisent une totale convergence avec les sols sur roche riche en silice.

3. Sols sur schistes lustrés.

Par leur composition, les schistes lustrés qui appartiennent à la catégorie des calschistes forment des roches intermédiaires entre les deux groupes précé-

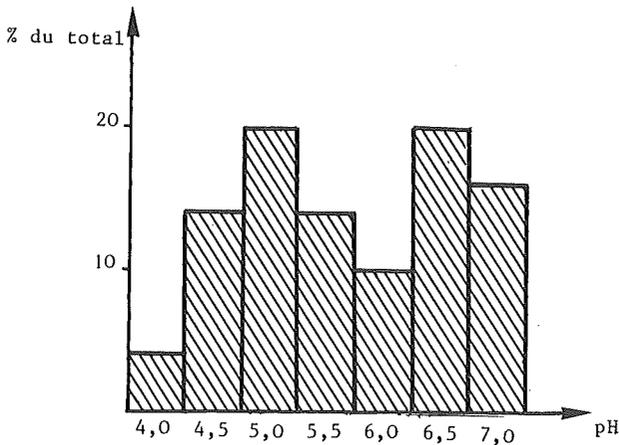


FIG. 13. - Histogramme des pH de l'horizon superficiel du sol sur schistes lustrés.

dents. La pédogenèse sur ce type de substrat présente un très grand intérêt à plusieurs titres. Comme la Vanoise est certainement le massif où les affleurements dans l'étage alpin sont les plus vastes, nous avons porté une grande partie de nos efforts à préciser les groupements végétaux et types de sol qui s'y établissent (GENSAC, 1977). Tous les profils étudiés sont situés au-dessus de 2 400 m, donc dans l'étage alpin.

Comme précédemment, les profils sont de type AC, mais la situation topographique, le couvert végétal, les propriétés physico-chimiques du sol conduisent à établir d'emblée deux grandes subdivisions : une première série dans les combes, avec des associations chionophiles, sur des rankers de colluvionnement silicaté ; une deuxième série, sur les reliefs, avec des associations xérophiles soumises à l'action du vent, sur des sols calciques humifères.

La litière est également absente. L'horizon superficiel A_1 possède une structure particulière, parfois grumeleuse dans les parties en relief. Cet horizon a une épaisseur qui peut aller de 5 cm dans les combes jusqu'à 20 cm sur les crêtes.

La répartition des pH se fait également en deux grands groupes comme le montre l'histogramme de la figure 13. Deux modes, l'un à 5,0, l'autre à 6,5, traduisent l'existence de deux ensembles, un premier acidophile comprenant les groupements jusqu'au *Potentillo-Festucetum* (17), l'autre neutro-basophile et thermophile à partir du *Gentianello-Festucetum* (18). L'altitude a peu d'effet sur la valeur du pH, cependant on peut noter un léger relèvement de celui-ci quand on passe dans l'alpin supérieur et le nival, dû vraisemblablement à une cryoturbation plus intense amenant des particules carbonatées en surface. Le taux de matière organique ne semble pas avoir d'influence sur le pH ; aux taux les plus élevés correspondent soit des pH acides, soit des pH neutro-basophiles suivant le type de groupement. Le pH paraît donc plutôt lié à la nature du matériel sous-jacent aux horizons organiques.

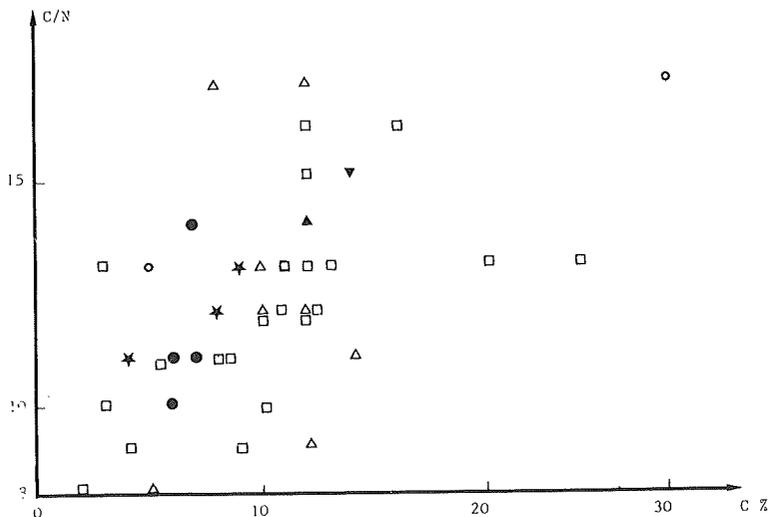


FIG. 14. - Relation C-C/N sur schistes lustrés (mêmes symboles que fig. 8).

Comme dans les cas précédents, la matière organique se trouve en quantité variable, le taux de C se situant entre 2 et 15 % sur les rankers de colluvionnement et atteint 24 % dans le *Rosaeo-Elynetum*. On peut d'ailleurs remarquer qu'il y a une plus grande fréquence des taux élevés pour les pH supérieurs à 5,5. Là encore il y a constitution d'un humus de type tangel. Les variations du taux de matière organique ne sont pas en relation avec l'altitude ou l'exposition.

Les plus fortes valeurs du rapport C/N se trouvent dans la première partie des associations, il atteint alors facilement la valeur de 17, mais, dans le plus grand nombre de cas, il est compris entre 10 et 15, donc dans des valeurs basses comme pour les sols constitués sur substrat riche en carbonates. La répartition des valeurs en fonction de la teneur en matière organique (fig. 14) est semblable à celle établie pour les sols riches en carbonates. L'accumulation de matière organique n'est pas suivie obligatoirement d'une augmentation du C/N qui dans les *Elynetum* se limite à 13 pour des taux de carbone supérieur à 20 %.

La somme des cations échangeables est très variable, très faible avec des valeurs de l'ordre de 10 meq pour 100 g de sol dans la première partie des associations et particulièrement dans les groupements longuement enneigés, elle atteint des valeurs très élevées dans les *Seslerietum* et *Elynetum*.

Le taux de saturation atteint, en général, des valeurs moyennes et fortes allant jusqu'à la saturation dans les *Rosaeo-Elynetum* ce qui montre alors un comportement totalement différent vis-à-vis des sols de *Curvuletum*. Les différences floristiques et sociologiques qui ont été relevées dans l'inventaire s'ac-

compagnent donc bien de différences fondamentales au niveau du sol et on peut en conclure qu'il n'y a pas convergence entre les deux catégories de groupement. La texture argileuse ou limono-argilo-sableuse montre une bonne richesse en colloïdes minéraux, mais il n'y a pas floculation avec la matière organique, cependant abondante, on est donc dans le cas d'un tangel.

Sous cet horizon supérieur, on passe progressivement au substrat par un horizon intermédiaire A_1/C . Dans la première partie des relevés, sur ranker de colluvionnement, on assiste à une diminution du pH avec la profondeur comme dans le cas des sols installés sur substrat riche en silice, alors que dans la deuxième partie, sur sol calcique humifère il y a, au contraire, augmentation semblable à celle qu'on observe sur les roches-mères riches en carbonates. Il y a donc bien encore sur schistes lustrés, une acidification pour les sols les plus riches en carbonates au départ, mais celle-ci ne dépasse pas le pH 5,2 ce qui interdit une similitude totale avec les sols sur substrat riche en silice.

La comparaison des sols suivant les grands types de substrat permet de distinguer deux grands ensembles :

- un premier ensemble regroupant les sols sur substrat riche en silice et ceux dus au colluvionnement sur schistes lustrés. Ce sont des sols de type ranker avec un humus de type moder alpin ;

- un deuxième ensemble correspondant aux sols sur substrat riche en carbonates et aux sols installés directement sur schistes lustrés, sans que ceux-ci aient fait l'objet d'un transport. Ce sont des sols de type sol humifère calcique avec un humus de type tangel.

La seule convergence paraissant exister consiste dans l'établissement d'une structure particulière, tous les autres caractères ne manifestant pas une tendance vers un pédoclimax unique. Il semble bien que, là encore, on ne puisse appuyer la thèse du climax unique et que la subdivision en deux séries de l'étage alpin (OZENDA et WAGNER, 1975, GENSAC, 1977) soit particulièrement bien fondée.

E) LA COMPARAISON DES GROUPEMENTS PAR L'UTILISATION DES TECHNIQUES NUMÉRIQUES.

Les groupements ayant été définis grâce à la « combinaison des fréquentes » à partir d'une banque de données ne portant que sur 160 espèces, il nous est apparu utile d'employer des méthodes numériques simples pour essayer d'étudier les rapports existant entre les groupements en comparant leur combinaison de fréquentes et en ne considérant toujours que les mêmes 160 espèces. Les distances entre les groupements, pris 2 à 2, ont donc été calculées en utilisant l'indice de Jaccard et ce sont ces distances qui ont permis de mettre en jeu les techniques numériques.

1. Analyse différentielle de Czekanowski.

La présentation de la matrice où lignes et colonnes figurent, les groupements et les intersections, les distances, est une méthode rapide de comparaison et de regroupement des associations. Nous avons donc suivi la méthode préconisée par GUINOCHET (1973) pour les relevés, mais nous n'avons pas eu besoin de « diagonaliser » la matrice, car la succession que nous avons choisi dans l'inventaire représentait approximativement un tableau ordonné (fig. 15).

Ce tableau permet d'isoler :

- les groupements chionophiles de 1 à 7;
- les groupements acidophiles de 7 à 17;
- les groupements thermophiles de 17 à 24;
- les groupements baso-neutrophiles de 26 à 36.

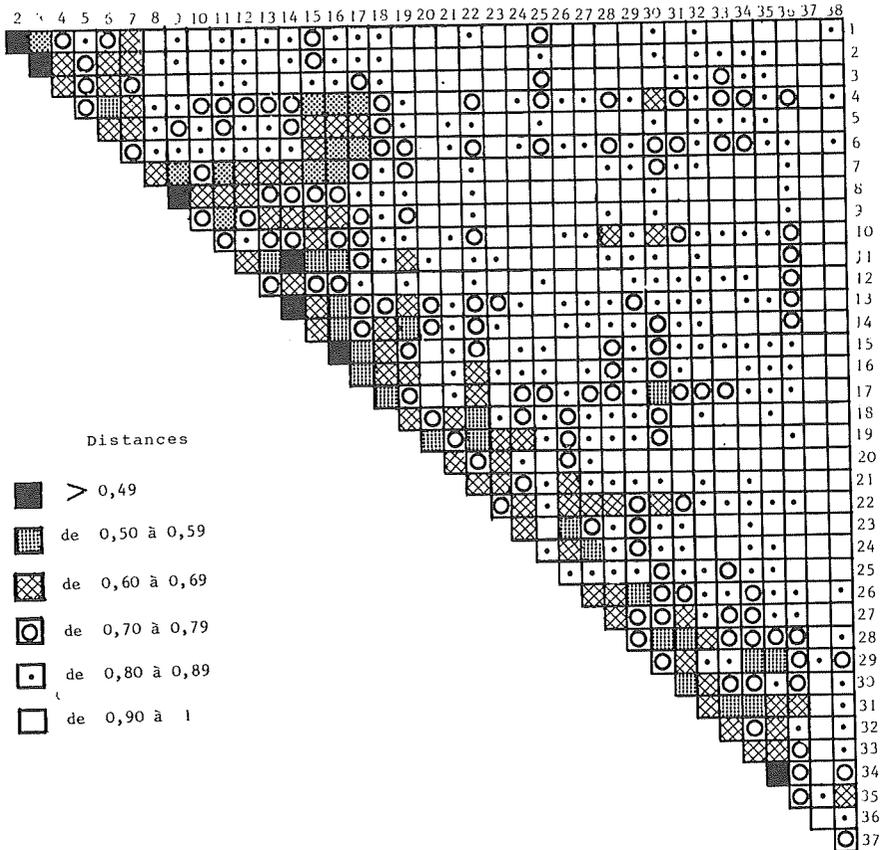


FIG. 15. - Tableau de CZEKANOWSKI des distances entre groupements calculés suivant l'indice de Jaccard.

Il met bien en évidence les affinités des groupements 4, 5, 6 (*Alopecuretum*) avec les groupements acidophiles et, en particulier, ceux du *Nardion* (15, 16, 17). Peuvent également se rapprocher les *Seslerietum* (26, 27, 28, 29) et les groupements thermophiles. Les groupements de marais sont bien différenciés avec la nette tendance baso-neutrophile du *Salici-Caricetum bicoloris* (38). Les groupements particuliers comme le *Taraxaco-Poetum* (25) s'individualisent nettement, alors que leurs affinités sont soulignées, ici, avec les groupements chionophiles. Un déplacement des lignes et colonnes pourrait améliorer le tableau, mais cela exigerait une manipulation relativement longue, si bien que d'autres techniques numériques paraissent plus appropriées.

2. Analyse hiérarchique.

Une hiérarchie des associations peut être bâtie également à partir des indices de Jaccard, l'agrégation des groupes étant réalisée par l'emploi de la demi-somme des distances. Le résultat de cette classification peut être exprimée sous forme de dendrites comme dans la figure 16 où les longueurs sont proportionnelles aux distances.

Cette classification n'est pas entièrement conforme à l'ordre adopté. Le *Taraxaco-Poetum* vient se placer à côté des groupements chionophiles, *Salicetum herbaceae* et *Alopecuretum* alors que le *Potentillo-Festucetum* (17) manifeste des affinités avec ces derniers dont nous connaissons par ailleurs les relations avec les groupements du *Nardion*.

Un deuxième ensemble paraît bien défini, c'est celui des pelouses méso-acidophiles correspondant à la classe *Caricetea curvulae*, le *Tanaceto-Curvuletum* (7) faisant la liaison avec le *Festuco-Curvuletum* (8 et 9) alors que les groupements acidophiles influencés par le vent, 12, 10 et même 36 (*Loiseleurio-Dryadetum*) viennent s'intégrer à ce complexe.

Les groupements thermophiles s'agrègent en un troisième ensemble sans constituer des sous-groupes bien caractérisés. L'*Anthyllido-Poetum* (22), pâturage neutrophile vient s'associer au *Gentianello-Festucetum* (18). Les pâturages acidophiles du *Semperviro-Trifolietum* (19) s'unissent à *Campanulo-Festucetum paniculatae* (20) séparé ainsi du *Polygono-Festucetum paniculatae* (21) qui contracte lui des relations avec l'*Helianthemo-Festucetum rubrae* (23). Viennent s'intégrer également à l'ensemble thermophile, deux groupements sur schistes lustrés, le *Trifolio-Poetum* (24) et l'*Helianthemo-Seslerietum* (27).

En liaison éloignée avec l'ensemble thermophile, apparaît le groupe des associations typiquement baso-neutrophiles. Le *Semperviro-* et le *Bellidiastro-Seslerietum* (26 et 29) sont ainsi réunis bien que de conditions climatiques fort différentes. Puis ce sont les *Elyno-Salicetum retusae* (34 et 35) qui marquent alors plus d'affinités pour les *Seslerietum* que pour les *Elynetum* et, enfin, le groupe de ces derniers auquel vient s'adjoindre le *Rosaeo-Seslerietum* (28), occupant ainsi une place semblable à celle trouvée lors de la définition de sa situation écologique (tabl. V). La distance qui sépare les *Elynetum* des *Seslerietum* est particulièrement élevée, si bien, qu'il ne semble pas possible de les réunir dans le même ordre phytosociologique.

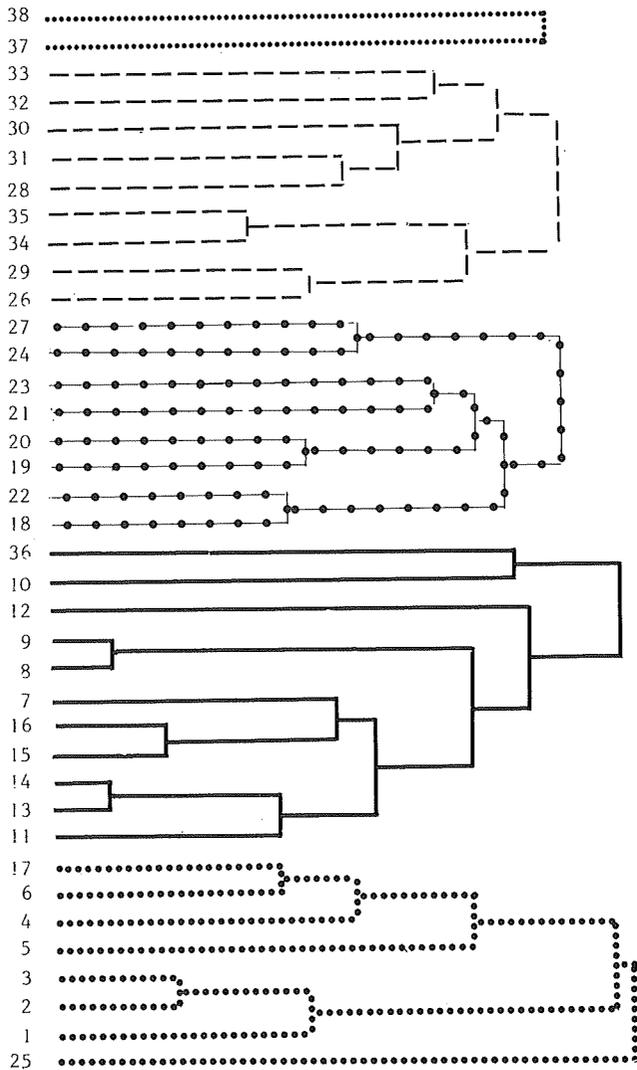


FIG. 16. - Dendrogramme de classification hiérarchique des associations.

Enfin, les groupements des marais neutro-basophiles (37 et 38) s'isolent à l'extrémité du tableau en relation lointaine avec les groupements précédents et plus particulièrement les *Elyno-Salicetum*.

Les techniques d'analyse numérique se révèlent donc fort utiles dans l'élaboration d'une classification phytosociologique. Le manque de temps ne

nous a pas permis d'utiliser des techniques plus élaborées comme celles de l'analyse factorielle qui nous fourniraient vraisemblablement des arguments plus sûrs pour étayer une conception sur la structure que présente le complexe multidimensionnel des groupements de pelouses supra-forestières en Vanoise.

L'ensemble de ces éléments fournit une base solide à une classification des groupements végétaux des niveaux altitudinaux supérieurs. Cette classification est confirmée, si au lieu de considérer les groupes socio-écologiques du tableau II, on se réfère aux caractéristiques d'alliance et d'ordre et l'on dresse un nouveau tableau (non publié) comme l'a fait H. WAGNER à partir de nos données. Avec cet auteur, on peut observer un certain parallélisme entre les unités que nous avons définies et celles qui auraient pu être établies à partir de ces caractéristiques. Les espèces des *Salicetalia herbacea* se trouvent dans les groupements 1, 2, 3, 4, 6, ainsi qu'à moindre degré dans le groupement 7. Les espèces des *Caricetea* (et *-etalia*) *curvulae* à partir du groupement 4 jusqu'au groupement 22, elles jouent également un certain rôle en 30 et 31 (*Minuartio* et *Seslerio-Elynetum*) alors que celles du *Caricion curvulae* sont davantage centrées sur les *Caricetum curvulae* (*Tanaceto-* et *Festuco*). Les espèces du Nardion, *Polygonum viviparum* et *Campanula scheuchzeri* mises à part à cause de leur très large répartition, se rencontrent principalement dans les *Alopecuretum* et les *Trifolietum*. Les espèces du *Festucion variae* se trouvent en 19, 20, 21. Pour les *Seslerietalia* (et *etea*), on peut souligner la fidélité de leurs espèces caractéristiques pour les groupements de 21 à 30 c'est-à-dire les plus calcicoles, celles de l'*Oxytropo-Elyinion* se regroupant à partir de 27. Ainsi la méthode phytosociologique permet d'établir une structure voisine de celle du tableau XII.

III. - CONCLUSIONS

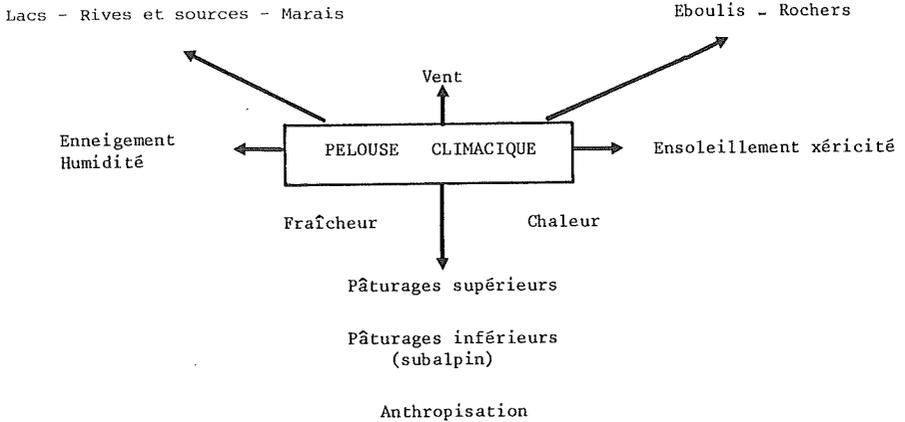
L'étude comparative des différents groupements a révélé l'existence de deux grands ensembles d'associations suivant les deux principaux types de substrat (silice et calcaire) ce qui correspond bien aux deux séries distinguées dans l'étage alpin (OZENDA et WAGNER, 1975).

Ces deux séries sont organisées de la façon suivante (tabl. VII) :

- les stations à conditions écologiques moyennes, où aucun des facteurs ne devient prédominant et qui, de ce fait, sont occupées par une pelouse avec végétation, sol, climat, semblant en équilibre, correspondent au climax et sont occupées par des associations climaciques. L'action des facteurs climatiques, et plus spécialement celle de la température (fraîcheur-chaleur), permet d'y reconnaître deux pôles occupés par deux associations différentes.

TABLEAU VII

Organisation générale des séries de végétation au niveau de l'étage alpin



• autour de ces pelouses, la primauté d'un facteur écologique par rapport aux autres détermine l'installation d'une association spécialisée, ce facteur provoquant une très forte sélection parmi les espèces. De tels facteurs peuvent être liés à la nature physique du substrat : rochers, éboulis, marais, rives et lacs, ou être de nature climatique : neige, vent, soleil.

• enfin, l'intervention humaine, ici le pâturage, dégrade les associations climaciques, les transformant en associations anthropisées. Dans le cas de l'étage alpin, l'anthropisation s'effectue de bas en haut, son action décroît donc progressivement avec l'altitude; l'alpin inférieur est davantage modifié que l'alpin supérieur. Au niveau du subalpin supérieur, où le climax est ligneux (landes à *Ericacées*), les pelouses correspondent obligatoirement (sauf rares exceptions) à des associations anthropisées.

Les tableaux VIII et IX ont été dressés en suivant ce schéma, et en négligeant les associations spécialisées édaphiques que nous n'avons pas examinées dans cet inventaire. Pour la série baso-neutrophile, les schistes lustrés possèdent des affleurements suffisamment vastes pour que des associations particulières puissent s'y développer. C'est pourquoi les associations climaciques sont différentes, et il y aurait donc dans ce cas un « essaim de climax » sans que l'on puisse définir de séries distinctes. En aucun cas, le faciès calcschiste ne peut être considéré comme un faciès transitoire vers le climax acidiphile à *Carex curvula*. Dans ce faciès, le taux de carbonate et surtout la teneur en Ca^{2+} restent constamment supérieurs à un seuil qui interdit une évolution vers le pôle acide que représente la série de *Carex curvula*.

Les associations spécialisées, qui occupent de très vastes surfaces dans l'étage alpin sont souvent très voisines dans les deux séries. Pour les combes à neige, elles appartiennent toutes au *Salicetum herbaceae* et les différentes sous-associations distinguées peuvent évoluer vers la sous-association *sibbaldietosum*

TABLEAU VIII
 Organisation de la série acidiphile de *Carex curvula*

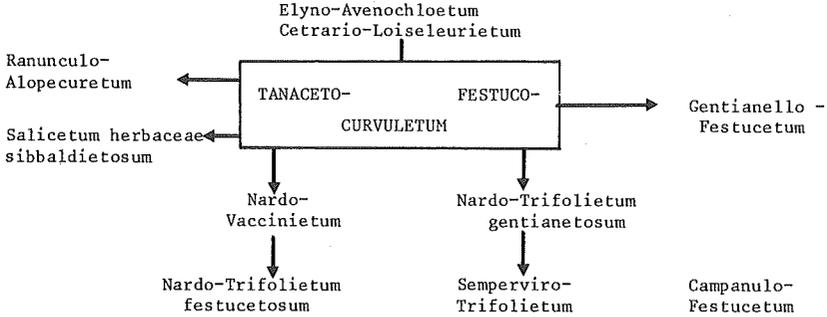
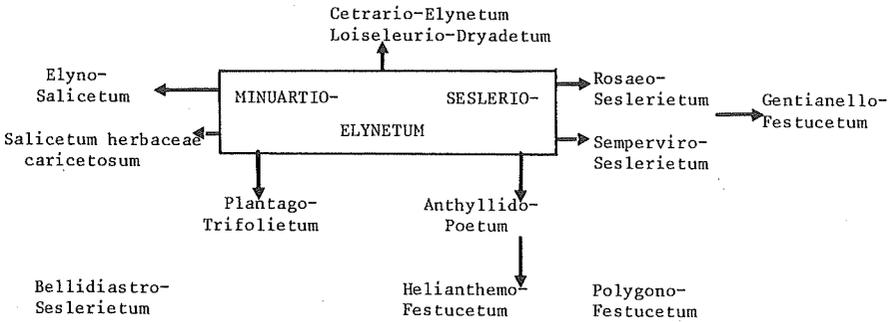
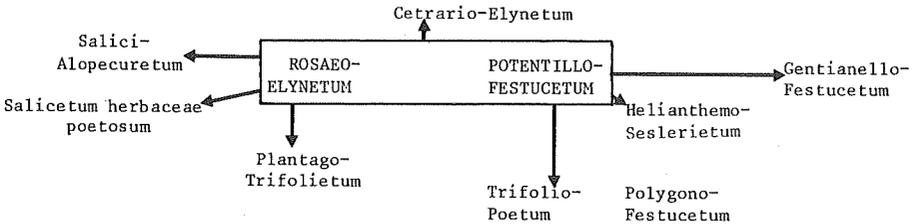


TABLEAU IX
 Organisation de la série baso-neutrophile de *Elyna myosuroides*

1) faciès principal



2) faciès sur calcschistes



quelle que soit la nature du substrat. L'action du vent se montre également sélective, par le manque d'enneigement permettant au froid hivernal d'agir au niveau végétal, et par une évaporation intense, si bien que 3 éléments dominent les groupements végétaux qui y sont soumis : *Loiseleuria procumbens*, *Elyna myosuroides*, et les lichens typiques des stations ventées ; les groupements sont donc assez voisins. La chaleur, la forte pente déterminent l'installation du *Gentianello-Festucetum* sur tous les types de substrat. On peut conclure de l'étude des associations spécialisées liées aux facteurs climatiques, que la prédominance d'un de ces facteurs dirige l'évolution de la végétation vers un terme indépendant du substrat.

Les associations anthropisées possèdent toujours un très fort lot d'espèces banales, communes aux deux séries. Néanmoins, malgré une profonde dégradation de la végétation, les associations qui leur correspondent portent toujours l'empreinte du groupement climacique dont elles dérivent. Grossièrement, on peut les caractériser par *Nardus stricta* dans la série silicicole et par *Poa alpina* dans la série calcicole.

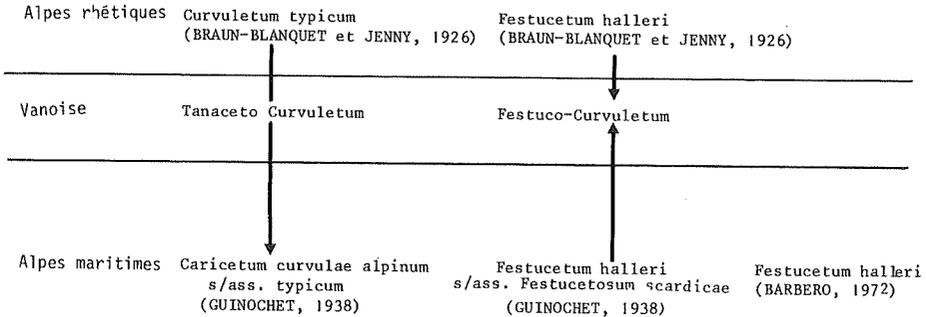
Au niveau de l'étage alpin, à la notion de dynamisme de la végétation, « transformation spontanée et lente au cours de laquelle des groupements végétaux différents se succèdent en chaque point » « lorsque la végétation d'une région échappe à l'action humaine » (OZENDA, 1963) revêt un aspect particulier, lié à l'impossibilité d'une végétation arborescente et arbustive. La série dynamique se réduit donc au climax herbacé et à ses formes de dégradation. Le rattachement à cette série, d'associations spécialisées propres semble possible, comme nous l'avons vu, dans les différents schémas. Bien que ne pouvant évoluer vers le climax à cause de la prépondérance d'un facteur écologique particulier, les associations spécialisées se regroupent autour du groupement climacique, car elles possèdent en commun avec lui tous les autres facteurs. Ce fait est particulièrement évident dans l'étage alpin où les groupements permanents couvrent de vastes surfaces. Il pourrait en être de même à des niveaux plus inférieurs : par exemple, l'érablaie à scolopendre (*Phyllitido-Aceretum*) est intimement liée à la série calcicole de la hêtraie-sapinière, la sapinière à myrtille (*Myrtillo-Abietetum*) à la série silicicole. Ces exemples peuvent être multipliés facilement. La série ne serait alors composée que par le climax, les groupements qui le précèdent et ceux qui en découlent, mais comporterait également ceux qui, installés dans son domaine, ne peuvent évoluer vers le climax parce qu'une des conditions écologiques seulement n'est pas remplie. Le concept de série recouvrirait alors une entité géographique sans lacune où l'ensemble des conditions se trouverait inclus dans un intervalle de variation assez large, un facteur de l'environnement pouvant cependant y prendre une importance prépondérante provoquant l'installation d'un groupement permanent.

Cet élargissement de la série de végétation paraît particulièrement bien adapté à l'étage alpin. Il permet d'intégrer la notion de gradation de LAVAGNE et coll. (1965) qui ne visait que l'orientation des groupements végétaux suivant deux gradients, température et enneigement, ce qui correspond seulement à la ligne horizontale de notre schéma, ligne où se situe le groupement climacique. Cette simplification dans la structure de l'étage alpin ne peut couvrir l'ensemble des groupements. Ici, peut-être plus qu'ailleurs, et cela explique l'intérêt

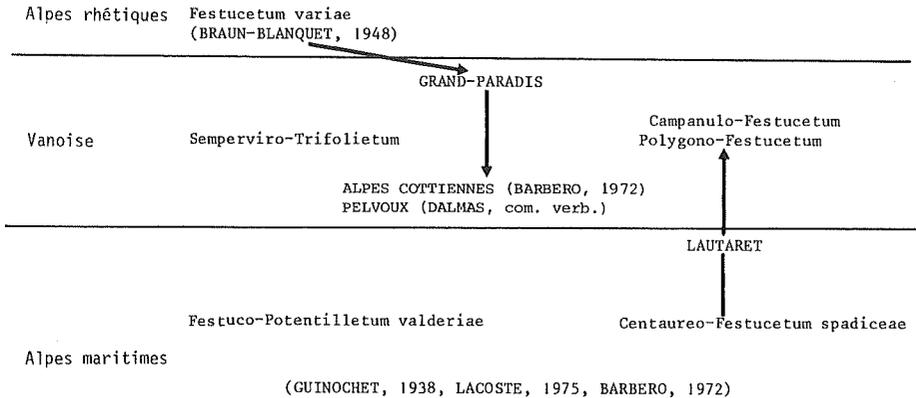
TABLEAU X

Les associations des *Caricetea curvulae* dans les Alpes occidentales

CARICION CURVULAE



FESTUCION VARIAE



des études botaniques qui concerne cet étage, l'écologie est multidimensionnelle et toute réduction à un schéma simple est entachée de nombreuses erreurs.

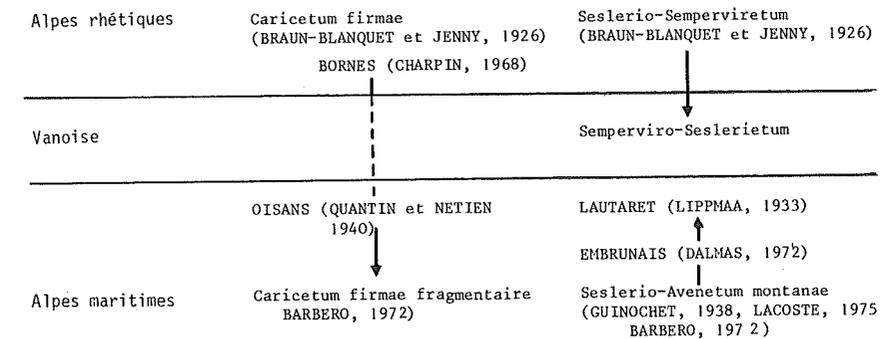
Le massif de la Vanoise s'intègre dans l'ensemble des Alpes en occupant géographiquement une situation intermédiaire entre les deux grands centres d'étude de l'étage alpin, Alpes rhétiques, Alpes maritimes où ont été définies antérieurement les unités phytosociologiques fondamentales. Comment cette insertion est-elle réalisée ? Les tableaux X et XI essaient de résumer les relations existant entre les différents groupements dans les Alpes occidentales.

Pour la classe *Caricetea curvulae*, le *Caricetum typicum* des Alpes rhétiques s'étend largement en Vanoise sous la forme *Tanaceto-Curvuletum* alors

qu'il se réduit vers le sud pour devenir très fragmentaire dans le bassin de la Tinée. Le cas du *Festucetum halleri* semble différent, alors qu'il est très précisément défini dans la partie orientale par un lot d'épervières, celles-ci ne se rencontrent pas en dehors du domaine helvétique, si bien que dans les Alpes maritimes un autre *Festucetum halleri* a été isolé, caractérisé par d'autres espèces. S'agit-il de la même association, le seul point commun étant la fréquence de *Festuca halleri*? Pour notre part, nous avons préféré pour l'association de Vanoise la distinction d'un *Festuco-Curvuletum*. Pour le *Festucion variae*, les comparaisons se révèlent plus difficiles. *Festuca varia* manque en Vanoise comme dans le sud des Alpes françaises. Pourtant cette espèce et le

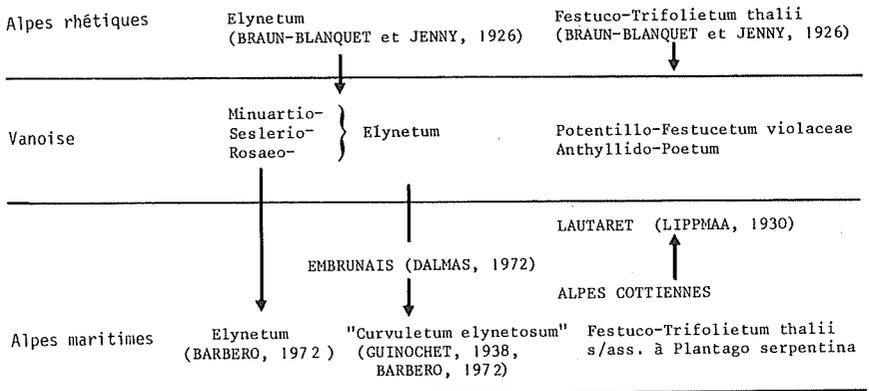
TABLEAU XI
Les associations des Elyno-Seslerietea dans les Alpes occidentales

SESLERION VARIAE



OXYTROPO- ELYNION

CARICION FERRUGINEAE



Varietum sont fréquents dans le proche massif du Grand Paradis où nous les avons observé, ainsi que, d'après BARBERO, dans les Alpes cottiennes italiennes, leur limite méridionale. En Vanoise, c'est le *Semperviro-Trifolietum* qui prend place, association vraisemblablement homologue du *Festucetum variae*, sous-association *caricetosum sempervirentis*, alors que dans les Alpes maritimes s'installe le *Festuco-Potentilletum valderiae*. Appartiennent classiquement à cette alliance les associations à *Festuca paniculata* ou *Festucetum spadiceae*. Très bien étudiées dans les Alpes maritimes, elles se retrouvent intégralement jusqu'au Lautaret; en Vanoise nous avons reconnu 2 associations différentes, mais celles-ci disparaissent complètement vers le nord, quand on franchit les crêtes qui bordent le versant droit de la Tarentaise. La Vanoise constitue donc la limite nord de ce type de groupement. Il paraît bien difficile de réunir dans une même alliance, le *Varietum* qui a pour centre de dispersion les Alpes suisses et les groupements à *Festuca paniculata* d'origine méridionale. BARBERO en affectant ces derniers à un nouvel ordre *Festucetalia spadiceae* qui correspond aux pelouses écorchées acidophiles a résolu en partie le problème, mais leur rattachement à la super-classe des *Curvulo-Nardetales* semble très hypothétique.

Le tableau XI indique les relations pour les associations baso-neutrophiles des *Elyno-Seslerietea*. Le *Caricetum firmae* des Alpes suisses paraît s'arrêter définitivement dans les Bornes, il est absent en Vanoise et ne se trouve que de façon très fragmentaire en Oisans et dans les Alpes ligures. Le *Seslerio-Semperviretum* se retrouve intégralement dans notre *Semperviro-Seslerietum* auquel se substitue immédiatement au sud le *Seslerio-Avenetum montanae*. La Vanoise joue donc là le rôle de limite méridionale. L'*Oxytropo-Elynon* est plus constant sur l'ensemble des Alpes et la Vanoise paraît bien être un centre de diversification de différentes associations. Le *Caricion ferrugineae* se résume à l'évolution du *Festuco-Trifolietum thalii*, très bien défini dans les Alpes suisses et se trouvant sous une forme vicariante dans les Alpes maritimes; en Vanoise, la faible fréquence de *Trifolium thalii* ne permet pas une bonne individualisation d'une association identique.

La classification phytosociologique devant refléter, autant que possible les filiations entre associations et groupes d'associations, alliance, ordre, classe, ne peut être basée sur l'unique composition floristique qui ne constitue que l'un des éléments rentrant en ligne de compte. L'écologie des associations, la chorologie des espèces qui les définissent, la répartition des groupements appartenant à d'autres régions et leur composition, le dynamisme manifesté au niveau des séries de végétation doivent être associés pour parvenir à une définition des structures (tabl. XII).

Les **groupements à longs enneigements**, en faible pente, se différencient facilement des autres pelouses et correspondent à la classe *Salicetea herbacea* Br.-Bl. 1926. Ils ne comprennent pas l'ordre *Arabidetalia caeruleae* Rüb 1933, baso-neutrophile qui présente davantage de liens avec la classe *Elyno-Seslerietea* Br.-Bl. 1948 et qui ne peut évoluer vers les groupements de l'alliance *Salicetalia herbacea* Br.-Bl. 1926 comme l'ont prétendu de nombreux auteurs. A côté de cette dernière alliance, principalement composée en Vanoise par différentes sous-associations du *Salicetum herbaceae* (Rübel, 1912) Br.-Bl. 1913, par leur composition floristique et leur écologie, viennent se situer les

TABLEAU XII
Classification phytosociologique proposée

SALICETEA HERBACEAE	Salicetalia herbaceae	Salicion herbaceae	25 Taraxaco-Poetum	
			1 Salicetum herbaceae poetosum 2 Salicetum herbaceae poetosum 3 Salicetum herbaceae caricetosum	
	Alopecuretalia	Alopecurion	4 Salici-Alopecuretum 5 Ranunculo-Alopecuretum 6 Poeto-Alopecuretum	
CARICETEA CURVULAE	Curvuletalia	Curvulion	7 Tanaceto-Curvuletum 8 Festuco-Curvuletum juncetosum 9 Festuco-Curvuletum nardetosum	
	Nardetalia	Nardion	11 Nardo-Vaccinietum 13 Nardo-Trifolietum festucetosum 14 Nardo-Trifolietum gentianetosum 15 Plantago-Trifolietum juncetosum 16 Plantago-Trifolietum geotosum	
	Loiseleurietalia	Loiseleurion	17 Potentillo-Festucetum violaceae 10 Elyno-Avenochloetum 12 Cetrario-Loiselaurietum 36 Loiseleurio-Dryadetum	
	Festucetalia variaae	Potentillion grandiflorae	18 Gentianello-Festucetum violaceae 19 Semperviro-Trifolietum	
		Festucion paniculatae	20 Campanulo-Festucetum paniculatae 21 Polygono-Festucetum paniculatae	
	Semperviro-Poetalia	Semperviro-Poion	22 Anthyllido-Poetum 23 Helianthemo-Festucetum rubrae 24 Trifolio-Poetum	
	ELYNO-SESLERIETEA	Seslerietalia	Seslerion	27 Helianthemo-Seslerietum 26 Semperviro-Seslerietum 29 Bellidiasiro-Seslerietum
Elynetalia		Oxytropo-Elynyon	28 Rosaeo-Seslerietum 31 Minuartio-Elynetum 30 Seslerio-Elynetum 33 Rosaeo-Elynetum	
		Salicion retusae	32 Cetrario Elynetum 34 Elyno-Salicetum soldanelletosum 35 Elyno-Salicetum reticulatosum	
SCHEUCHZERIO-CARICETEA FUSCAE		Caricetalia davallianae	Caricion davallianae	37 Caricetum davallianae nigretosum
		Caricetalia fuscae	Caricion bicoloris-atrofuscae	38 Salici-Caricetum bicoloris

groupements à *Alopecurus gerardi*, habituellement placés dans le *Nardion* Br.-Bl. 1926 mais que nous préférons rassembler dans un ordre *Alopecuretalia* appartenant aux *Salicetea herbaceae*.

Les **pelouses acidophiles** dont l'enneigement est de plus courte durée constituent la classe *Caricetea curvulae* Br.-Bl. 1948. C'est un ensemble complexe où l'on peut distinguer en Vanoise, quatre ordres. Les *Curvuletalia*, ne comprenant que les pelouses où *Carex curvula* est présent et les groupements affines, se distinguent donc nettement de l'ordre *Caricetalia curvulae* Br.-Bl. 1926. Les *Nardetalia*, correspondant au *Nardion* Br.-Bl. 1926 amputé des *Alopecuretalia* précédemment définis, sont constitués par les pâturages acido-

philes, mésophiles, plus ou moins dégradés et dont certains peuvent être envahis par les sous-arbrisseaux, l'homologie avec l'ordre des *Nardetalia strictae* Prsg. 1943 n'est donc pas complète. N'ayant étudié ici que les pelouses supraforestières, nous avons conclu pour de tels groupements à des liens qu'avec la seule classe *Caricetea curvulae*, mais, comme nous l'a suggéré WAGNER (com. verb.), les pelouses secondaires des étages montagnard et subalpin pourraient présenter avec eux davantage d'affinités, si bien qu'ils pourraient figurer de préférence dans une classe *Nardo-Callunetea*. Les *Loiseleurietalia*, groupements acidophiles des croupes soumises aux vents violents, ne bénéficient donc pas en hiver de la protection du manteau neigeux et ont à supporter des froids intenses sélectionnant les espèces très endurcies, alors qu'en été l'évaporation y est intense. La plupart de ces groupements appartiennent au *Loiseleurio-Vaccinion* Br.-Bl. 1926, alliance des *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. 1939, mais cette classe rassemble des forêts résineuses, des landes mésophiles et thermophiles, les landines alpines et paraît trop hétérogène. L'ordre *Festucetalia varia*, correspond au *Festucion varia* Br.-Bl. 1926; il regroupe les pelouses acidophiles thermophiles, l'absence pratiquement complète de *Festuca varia* et d'autres espèces caractéristiques permettant la définition dans les Alpes françaises d'une alliance *Potentillion grandiflorae*. Quant à l'alliance *Festucion paniculatae*, on connaît le volume des discussions qu'ont entraîné les groupements à *Festuca paniculata* (= *F. spadicea*). Cette espèce des montagnes sud-européennes est en Vanoise à sa limite septentrionale pour les Alpes occidentales, mais elle pénètre encore profondément dans les Alpes orientales jusqu'au massif du Gross Glogner (HOFBAUER, 1977). Pour notre part, il semble préférable de regrouper ces groupements dans une alliance plutôt que dans un ordre *Festucetalia spadicea* (BARBERO, 1970).

L'ensemble des **pelouses baso-neutrophiles** constitue la classe *Elyno-Seslerietea* Br.-Bl. 1948 dont la richesse floristique est incomparablement plus grande que celle des pelouses acidophiles, la diversification étant de ce fait facilitée. Les groupements pâturés héliophiles peuvent être rassemblés dans l'ordre *Semperviro-Poetalia*. Les pelouses à fortes pentes installées sur un substrat grossier forment l'ordre *Seslerietalia* correspondant aux *Seslerietalia varia* Br.-Bl. 1926 amputées de l'*Oxytro-Elynion* Br.-Bl. 1948. Le *Rosaeo-Seslerietum*, installé aux altitudes les plus élevées, se trouve en transition avec l'ordre *Elynetalia* dont J.L. RICHARD (1977) préconise la création. Le *Cetrario-Elynetum* des croupes ventées baso-neutrophiles présente davantage d'affinités avec cet ordre qu'avec celui des *Loiseleurietalia* acidophiles. Aux *Elynetalia*, sont rattachés les groupements des pierriers calcaires longuement enneigés, *Arabidetalia caeruleae* Rüb. 1933, que nous rassemblons dans le *Salicion retusae*, cette alliance homogène montrant davantage d'affinités floristiques et écologiques avec les *Elynetum* en relation topographique directe qu'avec les groupements des combes à neige des *Salicetea herbaceae*.

Les **pelouses marécageuses** forment la classe *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* Nordh 1936 pour laquelle nous ne proposons aucun changement. La pauvreté des marais de l'ordre *Caricetalia fuscae* Koch 1926 n'a pu permettre jusqu'ici une étude approfondie de ceux-ci en Vanoise.

En Vanoise, la richesse en groupements végétaux nous a permis d'établir un inventaire phytosociologique très complet, en liaison avec la très grande

diversité des conditions écologiques. A la suite des comparaisons, une hiérarchie des associations débouchant sur leur classification a permis d'établir les grandes unités structurales de la végétation dans l'étage alpin et le subalpin supérieur et leur répartition en fonction des facteurs du milieu. Il semble dès maintenant possible d'appliquer les méthodes employées à des ensembles géographiques plus vastes, massif alpin par exemple et d'étendre cette étude à d'autres étages. Ainsi, à partir des études locales actuellement disponibles, pourrait être sérieusement envisagée une rapide progression des connaissances sur la biogéographie des grands systèmes montagneux.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE GÉNÉRAL

- BACH (R.), KUOCH (R.) et MOOR (M.) 1962. - Die Nomenklatur der Pflanzengesellschaften. *Mitt. flor. soziol. Arb'gemeinschaft.*, **9**, 301-308.
- BOTTNER (P.) 1972. - *Evolution des sols en milieu décarbonaté*. Thèse Doct. Sc. Nat., Montpellier, 156 p.
- BRAUN-BLANQUET (J.), PALLMANN (H.) et BACH (R.) 1954. - Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Nationalpark und seine Nachbargebieten. Vegetation und Böden der Wald- und Zwergstrauchgesellschaften (*Vaccinio-Piceetalia*). *Res. des rech. Scient. entr. au Parc Nat. Suisse*, **4**, 200 p.
- DUCHAUFOUR (Ph.) 1960, 1965. - *Précis de Pédologie*, Paris, Masson Ed., 438 p.
- DUCHAUFOUR (Ph.) 1977. - *Pédologie 1. Pédogenèse et classification*. Paris, Masson Ed., 477 p.
- ELLENBERG (H.) 1953. - Führt die alpine Vegetations- und Bodenentwicklung auch reinen Karbonatsteinen zum Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*). *Ber. deutschen Bota. Gesell.*, **66**, 241-246.
- ELLENBERG (H.) 1963. - *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. Stuttgart, Ulmer Ed., 943 p.
- ELLENBERG (H.) et KLÖTZLI (F.) 1972. - Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. *Schw. Anstalt. für die Forst. Versuch.*, **48**, 4, 587-930.
- EYNARD (M.) 1977. - *Contribution à l'étude écologique des Agaricales des groupements à Salix herbacea*. Thèse spécialisé, Lyon, 203 p.
- GENSAC (P.) 1977. - Sols et séries de végétation dans les Alpes nord occidentales (partie française). *Doc. Cartogr. Ecol.*, **19**, 21-44.
- GOUNOT (M.) 1969. - *Méthode d'étude quantitative de la végétation*. Paris, Masson Ed., 314 p.
- GUINOCHET (M.) 1970. - Clé des classes, ordres et alliances phytosociologiques de la France. *Natur. monspel., sci. Bot.*, **21**, 79-119.
- GUINOCHET (M.) 1973. - *Phytosociologie*. Paris, Masson Ed., 227 p.
- HESS (H.E.), LANDOLT (E.) et HIRZEL (R.) 1967. - *Flora des Schweiz*, 3 vol. Basel et Stuttgart, Birkhäuser ed.

- HOFBAUER (M.) 1977. - *Vegetationskartierung im Glocknergebiet als Grundlage für die Anwertung von Falscharbenbildern*. Thèse, Salzburg.
- KUOCH (R.) 1954. - *Wälder der schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weisstanne*. *Ann. Inst. Fed. de Rech. forestières*, **30**, 131-260.
- LABROUE (L.) 1976. - *Etude écologique des sols alpins du Pic du Midi de Bigorre*. Thèse Doct. Sc. Nat., Toulouse, 230 p.
- LABROUE (L.) et TOSCA (C.) 1977. - *Dynamique de la matière organique dans les sols alpins*. *Bull. Ecol.*, **8**, 3, 289-298.
- MOOR (M.) 1952. - *Die Fagion-Gesellschaften im schweizer Jura*. *Beit. zur geobot. Landesaufnahme der Schweiz*, **31**, 201 p.
- OZENDA (P.) 1963. - *Principes et objectifs d'une cartographie de la végétation des Alpes à moyenne échelle*. *Doc. Carte Vég. Alpes*, **1**, 5-18.
- OZENDA (P.) et WAGNER (H.) 1975. - *Les séries de végétation de la chaîne alpine et leurs équivalences dans les autres systèmes phytogéographiques*. *Doc. Cartogr. Ecol.*, **16**, 49-64.
- WAGNER (H.) 1970. - *Zur Abgrenzung der subalpen gegen die alpine Stufe*. *Mittl. Ostalp. din. Gesell. für Vegetkde*, **11**, 225-234.
- WALTER (H.) 1973. - *Allgemeine Geobotanik*. Stuttgart, Ulmer Ed., 256 p.

IMPRIMERIE LOUIS-JEAN

Publications scientifiques et littéraires

TYPO - OFFSET

05002 GAP - Téléphone 51 35 23 -

Dépôt légal 107-1980