**Zeitschrift:** Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz = Matériaux pour la flore

cryptogamique suisse = Contributi per lo studio della flora crittogama

svizzera

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

**Band:** 6 (1924)

Heft: 2

**Artikel:** Bryogéographie de la Suisse

Autor: Amann, J.

**Kapitel:** Répartition altitudinale (verticale) des espèces

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-821079

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF: 23.11.2025** 

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

# Répartition altitudinale (verticale) des espèces

Les facteurs écologiques du climat, du sol et de la concurrence vitale diffèrent avec l'altitude. Il en résulte des différences marquées dans la composition de la flore bryologique des différentes zones. Les changements que l'on observe dans la flore des mousses, à mesure que l'on s'élève, ne sont pas moins accusés que pour les phanérogames: aux limites altitudinales des plantes caractéristiques: vigne, hêtre, conifères, etc., correspondent aussi des limites bien tranchées pour beaucoup d'espèces de mousses.

L'altitude la plus basse du territoire Suisse se trouve à 197 m. s. m. au Lac majeur. La plus élevée où ces cryptogames ont été observés est à la Dufourspitze du Mont-Rose, 4638 m. (L. Vaccari, 1911). Dans son travail, l'auteur indique:

Mousses et Hépatiques observées

```
à 3500 m., 25 espèces à 3800 m., 3 espèces 

" 3570 " 5 " " 4231 " 3 " 

" 3630 " 3 " " 4459 " 2 " 

" 3647 " 4 " " 4638 " 1 (Grimmia sp.)
```

Quelques mousses ont été notées par E. Frey au sommet du Finsteraarhorn (4225 m.), Amphidium lapponicum à 4200 m., au Matterhorn, par Weilenmann, les Grimmia incurva, elongata et subsulcata au Gletscherhorn à 3980 m.

Moi-même ai fait le relevé de la florule culmino-pariétale du Combin de Corbassière, 3600—3700 m., comprenant 21 mousses (16 acrocarpes et 5 pleurocarpes) et une Hépatique (Bulletin Murithienne 1916—1918, p. 65).

Il va de soi que les limites d'altitude qu'atteignent les espèces, sont, comme pour les plantes supérieures, sujettes à des variations considérables d'une contrée à l'autre, suivant les conditions locales, stationnelles, l'exposition, etc.

Nous distinguons, en Suisse, les zones suivantes:1

1° zone inférieure, de la vigne, du châtaignier, de 200 à 550 m. environ dans la Suisse septentrionale, jusqu'à 700 m. au Tessin, jusqu'à 800 m. en Valais. (Quelques localités isolées très basses du Tessin pourraient, à la rigueur, rentrer dans la zone de l'olivier.)

 $2^{\circ}$  zone moyenne ou montane, des forêts d'arbres feuillus jus-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> La désignation proposée d'étage au lieu de zone, présente l'inconvénient qu'il n'y a pas, en français, pour ce substantif, l'adjectif usuel correspondant à zonal. J'emploie ici cette désignation d'étage pour les subdivisions des zones.

qu'à la limite du hêtre. De 700 à 1350 m. au nord des Alpes, 1500 m. au Tessin: espèces montanes.

- 3° zone subalpine ou zone des conifères jusqu'à la limite des forêts à 1800 m. dans la Suisse septentrionale, 1900 m. au Tessin, et 2250 m. en Valais et Engadine: espèces subalpines.
- $4^{\circ}$  zone alpine, au-dessus de la limite des forêts: espèces alpines.

On peut distinguer plusieurs étages dans ces zones principales: ces subdivisions ont peu d'importance en ce qui concerne les mousses des zones inférieure, moyenne et subalpine; dans la zone alpine, par contre, il peut être utile de distinguer, avec W. Peffer (1871) et J. Braun:

a) l'étage alpin proprement dit, avec des arbustes ligneux formant des buissons nains:

marche inférieure des forêts naines 1830 (2100) — 1970 (2230) m. marche moyenne des vacciniées 1970 (2230) — 2230 (2400) m. marche supérieure des saules nains 2230 (2430) — 2500 (2600) m.

b) l'étage subnival, sans buissons nains; compris entre le bord supérieur de la prairie alpine et la limite des neiges persistantes. Celle-ci se trouve, d'après C. Schröter (1906) à 700-1000 m. (en moyenne 850 m.) plus haut que celle des forêts.

marche inférieure des gazons colonisateurs, marche moyenne des plantes saxicoles en coussinets, marche supérieure des thallophytes (lichens saxicoles).

A la limite de la zone des forêts (zone subalpine), se trouve la zone de combat où les arbres pionniers, sous des formes réduites couchées ou rampantes, montent à l'assaut des pentes qu'occupaient autrefois la forêt alpine, qui, par l'action de l'homme, a reculé, dans la plupart des cas, de 100 à 200 m. (IMHOF). Les mousses silvicoles ont pu persister, dans beaucoup de localités où la forêt a disparu, à l'abri des arbres isolés, des arbrissaux, des rochers surplombants, etc.¹

Comme on peut observer, en maintes localités, des témoins (troncs d'arbres ensevelis, etc.) de la limite naturelle primitive de la forêt, on observe aussi certaines colonies ou sociétés de mousses silvicoles qui ont persisté et dont la signification est analogue à celle de ces témoins. Ces mousses silvicoles peuvent d'ailleurs s'élever très haut dans l'étage alpin, à l'abri des buissons nains ou dans les stations où elles trouvent une protection suffisante analogue à celle de la forêt.<sup>2</sup>

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Selon C. Schröter (1906), la limite des arbres se trouve à 80—100 m. au dessus de celle des forêts; et la limite des arbrissaux à 50 m. au dessus de celle des arbres.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Dans certaines parties de nos montagnes, les arbrissaux tendent à reconquérir le terrain sur les prairies et les pâturages: ainsi le rhododendron dans l'Oberland St-Gallois où les propriétaires de bétail doivent faire des corvées

Le tableau ci-après de la distribution verticale de la végétation en Suisse, donné par Paul Jaccard dans le Dictionnaire géographique suisse (t. v, p. 169), récapitule les données ci-dessus.

Il ne paraît pas utile d'insister ici sur les particularités qui caractérisent le climat des différentes zones dans notre pays, l'étude en ayant été faite avec soin, et ses résultats pouvant être supposés connus. Il suffira de noter quelques considérations relatives aux conditions écologiques générales propres à chacune de ces zones et intéressant spécialement les mousses.

Le facteur climatique principal, dont les différences caractérisent ces zones altitudinales, est la pression atmosphérique, d'où dépendent directement les autres facteurs: chaleur, lumière, et hydrométéores.

On sait que, dans les Alpes, à une élévation de 100 m., correspond une dépression de la température annuelle de  $0.59^{\circ}$  en moyenne. Cette dépression est, d'après Schimper (l. c.), de  $0.45^{\circ}$  en hiver,  $0.67^{\circ}$  au printemps,  $0.70^{\circ}$  en été,  $0.53^{\circ}$  en automne; ce qui correspond à une dépression de la température moyenne de  $1^{\circ}$  par 130 m. d'ascension en été, et 180 m. en hiver.

Ces moyennes doivent être modifiées, suivant les stations, par des corrections additives ou soustractives provenant de l'exposition,¹ des conditions topographiques, et d'autres facteurs encore. En outre des facteurs écologiques d'ordre climatique, ceux d'ordre édaphiques et biotique peuvent, eux aussi, être différents suivant l'altitude.

La zone inférieure est par excellence celle des cultures; elle présente, au point de vue climatique, le maximum de chaleur évaluée en calories-heures, les variations diurnes-nocturnes et saisonnières du facteur thermique y sont moins étendues que dans les zones supérieures. Le gel n'est ni fréquent, ni durable pendant la période d'activité de la végétation.

annuelles pour l'extirper. A l'alpe de Chalavornaire (Valais), cette corvée est d'une journée par vache et ½ journée par génisse. Les mousses silvicoles suivent les péripéties de cette lutte, dans laquelle l'homme n'a pas toujours le dessus.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> C. Schröter (1906) constate que, pour les massifs élevés, les limites sont plus hautes. Elles sont plus élevées de 800 m. en Valais et en Engadine que dans les Préalpes.

En ce qui concerne l'influence de l'exposition, C. Schröter (l. c.) constate qu'en Suisse, la limite des forêts est de 100 m. plus élevée à l'exposition SW qu'au NE; et que la limite des arbres est plus élevée sur les pentes qu'au fond des vallées. Au droit et au revers, la florule des mousses est différente.

Les limites orographiques des plantes peuvent être du reste déterminées par la configuration du sol: parois abruptes, etc.; d'autres, comme la limite supérieure des forêts, sont d'ordre économiques dues à l'action de l'homme.

	Zone inférieure	Zone moyenne	Zone subalpine	Zone a	Zone alpine eur Etage nival
Massif du Säntis	jusqu'à 550	550—1300	1300—1650 (min. 1560)	1650—2450	> 2450
Alpes septentrionales	550 (max. 700)	550—1350	1350—1800	1800—2500	2500—2600
Oberland bernois		jusqu'à 1300	1300—1880 (max. 1980)	1900—2800	2800—2900
Tessin	jusqu'à 700 (châtaignier 1000)	700—1500	1500—1960 (max. 2050)	1960—2050 (max. 2800)	2700—2800
Valais	800 (max. 1210)	800 - 1263	1263—2150 (forêts 2270)	2150—3050 (max. 3200)	>3000 (max. 3200)
Engadine		jusqu'à 1200	1200—2275 (max. 2400) (forêts 2200)	2275—2900 (max. 3000)	> 2900 - 3000

157

Les conditions édaphiques sont moins variées dans cette zone, que dans les supérieures. La concurrence vitale y est très notablement plus forte: l'intervention humaine s'y manifeste beaucoup plus activement, soit pour supprimer certaines catégories de stations (marécages, forêts, buissons, etc.), soit pour en créer d'autres (murs, fossés, chemins, etc.).

Les nappes d'eau étendues des lacs, dans cette zone, créent des conditions climatiques et stationnelles spéciales, dont nous parlerons à propos des mousses du Plateau suisse.

Dans la *zone moyenne* de notre pays, le développement et l'étendue des forêts d'arbres feuillus représente un facteur important, favorisant les mousses silvicoles.

La zone subalpine est caractérisée principalement par ses forêts de conifères. Il lui manque beaucoup de mousses propres aux forêts de feuillus; ceux-ci n'étant plus représentés que par des arbres isolés ou en groupes restreints (érables, ormes, aunes, frênes, bouleaux, etc.),

C'est dans cette zone que la diversité des stations paraît atteindre son maximum, avec la diversité considérable des conditions topographiques, la fréquence des cours d'eau très accidentés, etc. L'étendue des surfaces cultivées y est moindre, par rapport à la surface totale, que dans les zones inférieures.

Dans la *zone alpine*, enfin, la forêt n'est plus représentée que par des arbres nains, couchés ou rampants, qui ne peuvent fournir aux mousses des forêts qu'un abri précaire et en général insuffisant: il en résulte une modification très marquée dans la flore muscinale.

A l'étage inférieur surtout de cette zone, l'élevage du bétail représente aussi un facteur restrictif pour la végétation des mousses; cet élevage crée, cependant, des stations spéciales qui ne conviennent qu'à un nombre très restreint de mousses fimicoles (Splachnacées).

# Conditions climatiques de la zone alpine

Le facteur général qui détermine les caractères principaux du climat alpin, est la raréfaction de l'air. L'atmosphère, aux hautes altitudes, absorbe beaucoup moins de chaleur et d'humidité que ce n'est le cas plus bas. Grâce à cette absorption réduite, la radiation qui parvient au sol et aux plantes qui le recouvrent, est plus considérable.<sup>1</sup>

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> L'atmosphère terrestre agit comme un transformateur sur la radiation solaire, qui est d'ordre électromagnétique. Le taux de cette transformation partielle, en chaleur, diminue avec la raréfaction de l'air: elle est d'autant moindre que l'air est plus pur, c'est-à-dire qu'il contient moins de matières, poussières et eau, en suspension.

L'air ne s'échauffe guère par l'action directe des rayons solaires qui le traversent, mais bien plutôt par le rayonnement du terrain.

D'autre part, sol et plantes sont exposés à une perte de chaleur par rayonnement nocturne beaucoup plus considérable qu'à la plaine.<sup>1</sup>

Il résulte de ceci que, par les temps clairs, l'air des hautes régions est frais et sec, tandis que le sol s'échauffe notablement. La différence entre la température du sol et celle de l'air s'accentue avec l'altitude; d'après C. Schröter (l. c.), elle est de 1,5° à 1000 m., de 2,4° à 1600 m., de 3,6° à 2200 m. Kerner von Marilaun a trouvé, à 3200 m., dans le Tirol, que la température du sol est 3,6 fois plus élevée que celle de l'air (moyenne annuelle).

Cette différence est sans doute l'un des facteurs principaux qui permettent aux mousses de s'élever très haut dans la zone alpine et d'y prendre un développement considérable, car, pour les mousses qui vivent sur le sol, en contact plus direct avec lui que ce n'est le cas pour les phanérogames, le climat du sol entre seul en considération.

Pendant la nuit, et surtout vers la fin de celle-ci, le sol et la couche d'air adjacente subissent un refroidissement tel que la gelée survient fréquemment, même en été. Puis, aux rayons du soleil, le sol s'échauffe à nouveau et sa température peut monter à  $20^{\circ}$  et plus.

Ce sont surtout les mousses saxicoles qui sont exposées à ces variations quotidiennes, dont l'étendue est caractéristique pour le climat alpin, tandis que les mousses terricoles, protégées dans une certaine mesure par les plantes vasculaires, le sont moins. Ces variations sont du reste atténuées par le brouillard, la pluie et la neige, si fréquents dans les hautes régions.

Une autre particularité du climat alpin est celle-ci que, dans les stations élevées, la différence de la température du sol, au soleil et à l'ombre, est considérable. Suivant leur exposition, le climat local de stations très rapprochées, peut être très différent sous le rapport thermique aussi bien qu'en ce qui concerne la lumière.

Ceci explique pourquoi les limites des zones présentent, en général, une élévation plus ou moins sensible sur les versants S et W, et une dépression sur ceux N et E. Ce déplacement est d'autant plus accusé que la pente est plus forte. Dans les vallées étroites, les gorges, les stations encaissées et abritées, les différences de température et d'humidité s'atténuent notablement, mais ces stations présentent une dépression parfois considérable de la température

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> D'après Hann, le rayonnement nocturne est, au Faulhorn (2110 m.) de 37 % plus élevé qu'à Brienz (570 m.).

moyenne estivale, qui se manifeste par la présence de mousses des zones supérieures.

L'humidité absolue diminue rapidement avec l'altitude: selon C. Schröter (l. c.), elle représente: jusqu'à 2000 m. un demi, jusqu'à 2400 m. un quart, jusqu'à 2500 m. un dixième du contenu total de l'air en eau. L'humidité relative est très variable: air saturé ou très sec. L'humidité du sol est souvent considérable (neige fondante, rosée, pluie).

Les limites supérieures des mousses sont dues, d'une manière générale, et spécialement aux hautes altitudes, d'une part à l'action positive du froid qui exclut les espèces ne supportant pas le gel, d'autre part à l'action négative du déficit de chaleur, c.-à-d. à l'insuffisance des calories-heures nécessaires pour l'accomplissement du cycle physiologique fonctionnel. C. Schröter (l. c.) récapitule comme suit les facteurs dont dépendent les limites climatériques des plantes dans les Alpes:

- a) température basse,
- b) période de végétation trop courte,
- c) gels tardifs avec défaut de la protection de la neige,
- d) dessication par l'action forte du vent,
- e) forme des précipitations atmosphériques.

En ce qui concerne la période de végétation, comprise entre la libération du sol par fusion de la neige et le réenneigement, elle varie, dans la zone alpine, de cinq mois à six semaines.

Selon Brunies (1906), la libération du sol subit un retard de 7 à 8 jours, en moyenne, pour 100 m. d'élévation; tandis que le réenneigement présente une avance de 3 à 4 jours. La période durant laquelle le terrain demeure libre de neige est ainsi raccourcie de 11 à 11,5 jours par 100 m. d'élévation.

Pour la plupart des espèces alpines, la période de végétation commence en juin ou juillet, époque des longs jours. A la fonte de la neige, la température de l'air étant déjà élevée, les plantes peuvent se développer immédiatement (C. Schröter l. c.).

Au Gd. St-Bernard, p. ex. (2500 m.), la fonte des neiges a lieu en juin (température moyenne  $-3,2^{\circ}$ ); l'été dure jusqu'à la mi-août (t. =  $5,8^{\circ}$ ); puis vient une période automnale de sécheresse jusqu'en septembre (t. =  $-0,5^{\circ}$ ); l'hiver commence fin septembre et dure jusqu'à fin mai (t. =  $-8^{\circ}$ ).

Pendant la période de végétation, les gels et la neige sont fréquents, au Säntis, à 2500 m., jusqu'à 10 fois par mois en juillet et août, au Gd. St-Bernard, à peu près chaque jour.

Pour les bryophytes aussi, la vie accélérée est favorisée par l'élévation de la température sitôt après la fonte de la neige. Ces végétaux supportent bien les chûtes de neige tardives, très fréquentes dans les hautes régions, et accompagnées de froids parfois très vifs. Les jeunes sporogones des mousses sont cependant souvent gelés par ces retours du froid après une période de chaleur.

Les réservoirs alimentaires où sont accumulées les réserves nécessaires pour cette vie accélérée du printemps, et qui, chez les plantes vasculaires, sont représentés par les organes souterrains, paraissent faire défaut aux mousses. Il est probable, cependant, que ces réserves s'accumulent, chez elles, dans les cellules de certains tissus (feuille, tige).

Pour les mousses, la fin de la période de végetation estivale est souvent fort retardée dans la zone alpine, et se prolonge fréquemment jusqu'en novembre ou décembre. Certaines espèces (*Anomobryum julaceum* p. ex.) ne mûrissent leur capsule qu'à cette époque.

Pour les mousses saxicoles, dont le substrat peut s'échauffer considérablement aux rayons solaires, en hiver aussi, cette saison n'est pas une période de repos et d'arrêt complet de la végétation: celle-ci reprend et se poursuit dès que les conditions de chaleur et d'humidité le permettent. Il en est de même, du reste, dans toutes les zones.

La pérennité est, chez les mousses aussi, une des principales adaptations à la brièveté de la période de végétation: la règle que le nombre des espèces annuelles diminue rapidement avec l'altitude (Rikli), se vérifie, pour ces végétaux, encore plus complètement que pour les phanérogames. Alors que, pour celles-ci, les espèces annuelles représentent le 4 % de la flore alpine (et le 3,8 % de la flore nivale), il n'y a, pour ainsi dire, pas de mousses annuelles dans ces zones supérieures.

# Mesures de températures

Hiver: 27 janvier; Chalet de Soladier, 1551 m.,  $10\frac{1}{2}-13\frac{1}{2}$  h. Air  $8^{\circ}$ ; mur du chalet, au soleil, à 12 h., exposition S., dans une touffe de *Tortula muralis*  $26^{\circ}$ .

25~I~20; Sonchaux, 1000~m., 11~h. 45. Air  $10^{\circ}$ ; touffe de *Brachythecium populeum* au niveau du sol, sur bloc calcaire, au soleil,  $17^{\circ}$ .

15 II 20; Arête de Naye, 1850 m., 15 h. Air  $5^{\circ}$ ; touffe de *Tortella tortuosa* et *Schistidium apocarpum* sur bloc calcaire, au niveau du sol, au soleil (exposition S. E.)  $19^{\circ}$ .

Printemps: 25 V 1919; Sommet du Rocher du Midi (Alpes de Château d'Oex), 2100 m. 10—11 h. Air 12°.

Touffe de  $Tortella\ tortuosa$  dans une cavité sous la neige, à l'ombre, à environ 50 cm. du bord du névé:  $5^\circ$ .

Sol sous la neige et en contact avec celle-ci, à l'ombre: 1°.

De même, mais au soleil, à l'extrémité du névé: 3,5°.

Touffe de *Pseudoleskea atrovirens*, sur le sol sec, au soleil, à 40 cm. devant la neige: 16°.

De même, à 80 cm. de la neige, au soleil, à 1 cm. de profondeur: 18.5°.

Touffe de la même mousse, sur pierre calcaire grise, sèche, au soleil: 22°.

19 V 18; Sommet du Rübli, 2380 m. Air 16°. Touffe de Tortella tortuosa et Distichium capillaceum:  $20^{\circ}$ .

Eté: 14 VIII: Sommet de la Croix-de-fer sur le Col de Balme (2340 m.), 10-12 h., au soleil. Air  $14^\circ$ 

touffe d'Hypnumsp. de la florule pariéto-culminale, exposition N. à 5 cm. de profondeur:  $9^{\circ}$ 

touffe de *Ditrichum flexicaule* var. *condensatum*, expos. S. au soleil: 26°, même mousse, sur le faîte (florule culminale): 19°.

Rochers sous la Croix-de-fer (2100 m.) Air 17°,

touffe de Hypnum uncinatum, à l'ombre: 14°.

Bryum Schleicheri, touffe sèche, au soleil: 17°.

Mousses amphibies: à 3 m. de la neige fondante, dans l'eau à 14°: touffe de *Pohlia cucullata*: 19°; touffe de *Polytrichum septentrionale*: 20°.

Source, eau à 3°: Hypnum virescens 3°, Bryum Schleicheri 5°.

Source, eau à 5°: Hypnum falcatum 10°.

Rochers de gneiss à 1200 m. sur Tête-noire: au soleil, Air 25,5°:

touffe de Hypnum cupressiforme au soleil 26°

touffe de Bryum alpinum mouillé: 28°.

Alpe de Lavarraz, 1700 m., 13—14 h. Air 20°. Sur le calcaire crétacique; touffe de *Eurynchium cirrhosum* + *Pseudoleskea atrovirens*, dans un creux ombragé entre les blocs: 9°

touffe de Tortella tortuosa, au soleil, sur le roc, orientation S: 39°

touffe de la même mousse, à l'ombre: 20°.

Col de Fenêtre (2500 m.). Air 11°. Sur quartzite: touffe de *Polytrichum septentrionale* au soleil: 16°.

Col de Fenêtre (2600 m.). Air 8°. Sur quartzite: Grimmia mollis: 15°

touffe d'un Grimmia noirci: 17°

touffe de Pohlia gracilis, ombragée: 20°

touffe de la même espèce, au soleil, sur quartzite blanche: 24°

touffe de Andreaea nivalis sur schiste: 18°.

Alpe La Baux, Gd. St-Bernard, 2400 m., Air 15°. Sur quartzite blanche, au soleil: touffe de *Andreaea alpestris*: 16,5°

touffe de Dicranum longifolium: 15°

touffe de Rhacomitrium lanuginosum noirci: 20°.

Sommet de la Chenalette (2880 m), par brouillard; schistes quartzeux: Air  $7^{\circ}$ . Touffe de Syntrichia montana:  $10^{\circ}$ .

touffe de Syntrichia ruralis, exposition W: 15°

touffe de Polytrichum juniperinum, sur le sol humide: 14°

touffe de Rhacomitrium canescens, à 10 cm du précédent: 13°

touffe de Grimmia sessitana sur le roc: 12°

touffe de Dicranoweisia crispula dans les fentes ombragées, au N.: 10°.

Glacier du Trient (1500-1800 m.). Air 18°:

touffe de Grimmia obtusa sur le gneiss, au soleil: 23°

touffe noircie de Polytrichum piliferum (air 20°): 34°

touffe blanche de Rhacomitrium canescens, à côté: 28°

touffe noircie de Grimmia sp.: 30°

touffe de Tortula ruralis brunie: 20°.

Sur l'Hospitalet, Vallée d'Entremont (2200 m.). Mousses amphibies: Eau 13° touffe verte de  $Hyphum\ vernicosum$ :  $12^\circ$ 

touffe rougie du même: 16°.

Automne: Sur la Cabane du Mountet, Vallée d'Anniviers (3000 m.): 15 h. Air 11°: touffe de *Rhacomitrium lanuginosum*, sur le sol, au soleil: 21° à la surface; 9° à 5 cm de profondeur.

A titre provisoire, je crois qu'on peut tirer de ces mesures, encore peu nombreuses, les conclusions suivantes:

- 1° Dans la zone alpine, surtout, le climat local de stations très rapprochées (et du reste comparables) peut présenter souvent des différences considérables sous le rapport thermique.
- $2^{\circ}$  C'est surtout par temps clair, au soleil, que ces différences sont le plus accusées.
- $3^{\circ}$  La température prise dans les touffes de mousses saxicoles, au soleil, est, dans la règle, notablement plus élevée que celle de l'air.
- 4° Cette température des touffes, placées dans les mêmes conditions, peut être différente suivant l'espèce (coloration, densité, humidité, etc.).

#### Lumière

Pour les radiations lumineuses aussi, l'absorption par l'atmosphère des hautes régions étant considérablement réduite, la quantité d'énergie actinique qui arrive au sol et aux végétaux est notablement plus considérable qu'à la plaine.

En outre, la lumière, dans ces régions, présente une composition différente: elle est plus riche en rayons bleus, violets et ultraviolets, à courte longueur d'onde.<sup>1</sup>

En outre de l'action directe de ces radiations chimiques sur les processus physiologiques, il faut tenir compte encore de l'action ionisante sur l'air, plus forte dans la zone alpine. Il est probable que, pour les mousses aussi, et dans certaines conditions, cette action favorise l'assimilation de l'acide carbonique.

On peut admettre ainsi que, pour les mousses alpines, le déficit thermique, à certaines saisons, est compensé partiellement par l'insolation si intense dans les régions supérieures. On sait que l'élaboration des matériaux constructifs de la plante, sous l'action de la lumière (assimilation), peut s'effectuer même à des températures très basses ( $-40^{\circ}$ ). Il est très probable que, chez bon nombre de mousses alpines, l'activité créatrice ne cesse pas complètement en

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Je ne sais si la radiation ultraviolette qui favorise la formation des fleurs des phanérogames, a une influence correspondante sur les mousses.

hiver. Celles mêmes qui sont recouvertes de neige ne sont pas entièrement privées de lumière.<sup>1</sup>

La maturation du sporogone, chez certaines espèces, se poursuit, en effet, sous la neige. G. Senn (1922, p. 154) fait ressortir que ce qui importe pour les plantes alpines en général, n'est pas seulement la quantité totale de lumière qu'elles reçoivent, mais plutôt l'intensité de cette lumière.

La radiation intense par réflexion sur les névés et les glaciers, contribue, dans certaines stations, à augmenter l'action de la lumière.

Les mousses sciaphiles, peu représentées dans la zone alpine, habitent dans les anfractuosités, les cavités et sur les parois et les pentes tournées au Nord ou très ombragées. Herzog (1926, p. 22) note que sur 105 espèces de mousses haut-alpines 57 (soit le 54 %) sont des photophiles.

#### Vent

L'atmosphère des hautes régions est constamment en mouvement. La vitesse du vent, et par conséquent son action sur les végétaux, augmente avec l'altitude. Les vitesses moyennes sont d'après J. Maurer

```
vers 400 m. 3,5 m. à la seconde,
2100 m. 6 m.
2500 m. 7,7 m.
3100 m. 9,3 m.
```

C'est au printemps et en été que soufflent les vents violents. Au printemps, alors que le vent souffle par des températures basses, le risque de dessication est considérable dans les stations non abritées. Selon Kihlmann, c'est à ce facteur qu'il faut attribuer la netteté avec laquelle la forêt s'arrête dans les Alpes. Mais R. Chodat remarque que l'insolation très forte au printemps, à un moment où le sol est encore gelé, active beaucoup la dessication dans les Alpes, et suffirait à expliquer la destruction des arbres.

En ce qui concerne l'action mécanique du vent, il faut remarquer que les mousses croissant au niveau du sol où la force du vent est diminuée, et jouissant en général de la protection d'autres plantes, et des inégalités du terrain, sont moins exposées à l'action érodante

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> RÜBEL, Acta S. N. G. St. Gallen 1906, p. 68.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> J.-B. Schnetzler, Procès verbal Soc. vaudoise Sc. nat. 6 mars 1878: «Venance Payot est disposé à croire que ces mousses (*Dicranella squarrosa* et *Mnium rostratum*) fructifient sous la neige.»

du vent qui charrie, en été, souvent du sable, en hiver, des cristaux de glace.<sup>1</sup>

La croissance en touffes ou en gazons denses et serrés de beaucoup d'espèces alpines, surtout des saxicoles, constitue du reste une protection efficace contre l'action nocive du vent. L'une des mousses les plus résistantes à cette action est le *Rhacomitrium lanuginosum*, qui habite les stations les plus exposées, et que l'on peut qualifier de mousse aquilonaire.

Les stations exposées aux vents dominants et celles abritées de ces vents, présentent, dans la règle, des florules muscinales différentes, les espèces apénémophiles recherchant les stations abritées.

#### Humidité et sécheresse

La caractéristique de l'état hygrométrique, pour les hautes altitudes, réside dans ses variations rapides et fréquentes et ses extrêmes très écartés: une saturation complète de l'air pouvant alterner avec une sécheresse presque parfaite. La rapidité de l'évaporation est augmentée par suite de la diminution de la pression atmosphérique.

D'une manière générale, les chaînes de montagne agissent comme des condensateurs de la vapeur d'eau atmosphérique: leur climat est notablement plus humide que celui de la plaine: la fréquence des précipitations et la quantité d'eau tombée augmente avec l'altitude.

En outre, l'époque du maximum des précipitations, qui est en hiver au pied des montagnes, s'observe au contraire en été (juillet) pour les stations élevées. Les totalisateurs Mougin donnent des chiffres très élevés, atteignant et dépassant 4 m. pour les précipitations dans la zone nivale.

Le nombre des jours pluvieux, qui, pour les mousses, a plus d'importance que la quantité d'eau tombée, est notablement plus considérable en été qu'en hiver; celui-ci est la saison claire et sèche pour les hauteurs.

Dans les zones élevées, les nuages à pluie (nimbus) sont souvent en contact avec le sol et ils s'y condensent sous la forme de gouttelettes d'eau. Le nombre des journées de brouillard augmente avec l'altitude:

stations des vallées profondes du versant N 19,6 jours par an " à 1000 m. 61 " " " " des sommets et des cols élevés 160 " " "

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Il se peut même que l'eau à l'état vésiculaire (gouttelettes) charriée par le vent, exerce une action érodante lorsqu'il atteint une certaine vitesse.

165

D'autre part, la zone alpine offre des contrastes très marqués de stations très sèches à côté de très humides (bords des névés, des ruisseaux, vallécules et combes à neige, etc.). Dans cette zone, c'est surtout dans les stations humides et fraîches que les mousses s'établissent et se développent le plus.

Mais la basse température de l'eau est cause que, même dans ces stations, les mousses présentent des caractères xérophytiques accusés. La station sur le sable et le gravier arrosés d'eau glaciaire, quoique très humide, est physiologiquement sèche. De même dans les ruisseaux des hautes régions, les mousses sont exposées souvent à la disette d'eau, soit par le tarissement périodique ou accidentel, soit par le gel.

Les stations où la neige s'accumule en hiver, par suite de glissements, avalanches, etc., sont très humides et même inondées lorsque la neige fond au printemps et au commencement de l'été. Plus tard, en été et en automne, ces mêmes stations peuvent devenir très sèches. Les mousses qui les habitent sont des hydrotropophytes: hydrophytes au printemps, xérophytes en été (exemple: *Bryum ventricosum* et *B. neodamense* sur la grève du Lac Lioson).

Pour la plupart de ces espèces qui habitent les fossés et les marécages sujets à la dessication périodique, il existe des formes saisonnières différentes: hygromorphoses et xéromorphoses. La fécondation des archégones s'accomplit sur les formes hygrophytiques, la maturation du sporogone et la sporose sur les formes xérophytiques.

Malgré l'humidité du climat de la zone alpine, la végétation des bryophytes de cette zone est caractérisée par un facies xérophytique accusé, qui se remarque même chez des espèces hydrophiles et aquatiques (*Grimmia mollis* p. ex.). Le caractère xérophytique de la végétation des moraines, des rochers émergeant des névés, au bord des glaciers, etc. correspond à l'action desséchante considérable qu'exercent en été, sur l'atmosphère, les glaciers et les névés.

Selon G. Senn (1922, p. 154), la majorité des plantes alpines ne peuvent pas être regardées comme des xérophytes. Les caractères morphologiques et anatomiques que l'on a considérés comme xérophytiques, ne sont pas des adaptations écologiques, mais sont des suites nécessaires de la basse température de l'atmosphère et de l'intensité lumineuse élevée. Ce sont ces facteurs, et non pas la sécheresse, qui conditionnent leur mode de croissance et leur forme. Autant que je puis en juger, cette manière de voir se vérifie pleinement pour les mousses aussi.

#### Neige

Ce facteur prend, à mesure que l'on s'élève, une importance de plus en plus considérable pour la végétation muscinale. Pour les mousses aussi, la neige agit comme agent protecteur, et cela de plusieurs façons. D'abord contre les variations brusques et étendues de la température et de l'humidité, contre l'action du vent, en hiver, puis en empêchant le réveil printanier prématuré, accompagné de risques de gel, comme source d'humidité au printemps et en été (10 cm. neige correspondent à environ 0,8 cm. de pluie), et enfin comme agent mécanique capable de modifier la surface du sol.

Les mousses résistent fort bien, en général, à la persistance du recouvrement par la neige: la durée de cette couverture exerce une influence très marquée sur la végétation muscinale. Pour certaines stations où une couche de neige d'épaisseur considérable a été accumulée par le vent, les glissements, les avalanches, etc., la période pendant laquelle le terrain est découvert, peut être réduite à quelques semaines ou à quelques jours. La quantité de neige tombée en hiver importe, pour les mousses, en ceci principalement qu'elle détermine, dans une certaine mesure, la durée de la période de végétation et le degré d'humidité à l'époque de la fonte des neiges.

Selon J. Maurer (Schneegrenze... etc. Jahrbuch des schweiz. Skiverbandes 1910, p. 78) la proportion de la neige, dans la précipitation totale, est, pour les Alpes suisses, aux différentes altitudes:

à 400 n	n. 10 %	à 1400	m. 38 %	à 2400	m. 74 %
600	15	1600	45	2600	80
800	20	1800	52	2800	85
1000	26	2000	60	3000	90
1200	32	2200	66	3200	95

Nous verrons, en étudiant l'écologie des sociétés de mousses, que les combes et vallécules nivales possèdent une florule spéciale, composée d'espèces psychrophiles.

# Facteurs biotiques, concurrence vitale et symbiose dans la zone alpine

Avec l'altitude, la concurrence des végétaux supérieurs va en diminuant pour les bryophytes, et leur proportion relative dans la végétation augmente; ce qui a valu aux hautes régions l'appellation de région des mousses.

A l'étage inférieur, un certain nombre de mousses des forêts accompagnent les pionniers de la végétation arborescente jusqu'à la limite extrême de leur ascension, se contentant de l'abri précaire et souvent à peine suffisant des forêts d'arbustes en miniature (Hylocomium spp.). Ces arbustes couchés (Pinus pumilio, Juniperus, Alnus, Rhododendron, etc.), et, plus haut, les graminées et Caricées hautalpines représentent, pour les mousses, une protection efficace contre

le glissement des neiges et la désaggrégation superficielle du terrain, particulièrement actifs au printemps.

Dans les pâturages et les prairies, la place laissée libre sur le sol par les phanérogames est très réduite: les mousses n'y peuvent occuper que certaines stations spéciales: creux du terrain, blocs et rochers.

Avec les gazons continus disparaissent les concurrents principaux des mousses, ce qui permet à celles-ci de se développer et de s'étendre autant que le permettent les conditions écologiques. Mais, avec les phanérogames disparaît aussi la protection qu'ils représentent pour les espèces muscinales qui vivent à leur abri.

A l'étage supérieur de la zone alpine, la végétation des mousses est encore riche et bien développée partout où les conditions d'humidité et de stabilité du terrain le permettent. A l'étage nival, les concurrents principaux des mousses, spécialement pour les espèces saxicoles, sont les lichens.

En ce qui concerne les conditions édaphiques, il y a lieu de noter que, dans les zones élevées, la diversité des stations, avec celle dans la configuration topographique, est très grande; les surfaces libres des rochers y sont considérables. Cette diversité diminue cependant notablement à l'étage nival.

Dans les hautes régions, l'instabilité du terrain, par suite du ruissellement de l'eau, du glissement des neiges, de l'éboulement par le gel et le dégel, etc., est le facteur principal qui limite l'occupation par les mousses. Cette instabilité augmente avec l'altitude: elle est très marquée à l'étage nival. Ce ne sont pas surtout les facteurs climatiques qui font que les mousses deviennent rares aux hautes altitudes, mais bien plutôt le défaut de substrats appropriés: humus, terre, etc. En effet, sur les roches eugéogènes (schistes, etc.), les mousses montent notablement plus haut que sur les formations dysgéogènes.

La comparaison de la florule relativement riche du Combin de Corbassière (schistes micacés) avec celle d'un sommet de protogine de la chaîne du Mont-Blanc de même altitude, fournit un exemple typique de cette règle.

Un certain nombre de mousses jouent le rôle de pionniers, de fixateurs et consolidateurs du terrain dans les hautes régions: je mentionnerai comme telles les suivantes:

Dicranum spp.
Campylopus Schimperi
Ditrichum flexicaule var.
Philonotis alpicola
Oligotrichum

Pohlia cucullata
— commutata
— gracilis
Tetraplodon urceolatus
Diphyscium

Pogonatum piliferum Polytrichum spp. Oreas Conostomum

Bartramia ithyphylla

— subulata, etc.

L'observation notée plus haut du *Dicranum falcatum*, au Col de Fenêtre, dont les touffes fixent le terreau dans les creux à neige, depuis plus de 50 ans, est un exemple typique de ce phénomène qui, dans certains cas, peut se poursuivre très longtemps.

J'ai signalé le fait qu'aux hautes altitudes, dans les stations favorables, l'utilisation du terrain par les mousses atteint son degré maximum. Je rappellerai à ce sujet les observations consignées dans mes «Additions à la Flore des Mousses de la Suisse» (Bull. Murithienne XL 1916—1918, p. 55). Comme exemple de l'utilisation intensive du terrain, dans les petites stations abritées où les mousses peuvent végéter à ces hautes altitudes, je relèverai le fait qu'une seule touffe, occupant 2 cm² environ de surface, était composée de 8 espèces différentes, dont 6 mousses (appartenant à 6 genres différents), une hépatique et un lichen.

Le nombre des espèces rapporté à l'unité de surface de la station où elles vivent, fournit une évaluation intéressante de cette utilisation (coefficient d'utilisation). Dans les petites stations privilégiées des hautes régions, elle paraît être d'autant plus intensive que les conditions générales du climat et du sol se font plus rudes et moins favorables.

Un autre exemple de l'utilisation intensive de la surface du sol par les mousses, dans la haute zone alpine, est l'observation suivante:

Tour d'Aï; Nardaie à N. stricta, sur 1 dm<sup>2</sup>: Dicranum neglectum, Distichium capillaceum, Bryum capillare, Mnium orthorrhynchum, Timmia bavarica, Myurella julacea, Isopterygium pulchellum, Hypnum chrysophyllum, H. uncinatum, Marchantia polymorpha, Cephaloziella grimsulana, Cetraria islandica et Cladonia sp.

# **Oréomorphoses**

Sous cette appellation, je comprends toutes les biomorphoses que l'on peut considérer comme résultant de l'adaptation des mousses aux conditions écologiques spéciales présentes à la montagne, et plus particulièrement dans la zone alpine. Ces *oréomorphoses* sont, dans certains cas, très semblables aux *arctomorphoses* produites par le climat arctique et subarctique.

Beaucoup de ces modifications se sont fixées au cours des temps et ont donné naissance à des types considérés comme espèces distinctes.

Nous pouvons distinguer *a priori* deux catégories d'oréomorphoses: les unes d'origine climatique sont sous la dépendance des

facteurs combinés sécheresse, radiation lumineuse, conditions thermiques, etc. Les autres dépendent plutôt de conditions stationnelles particulières aux zones élevées, telles p. ex. que: sables et limons glaciaires, eaux glaciaires à température très basse, toits des chalets recouverts d'humus, etc. etc.

Les caractères généraux propres aux oréomorphoses d'origine climatique, sont surtout ceux en relation avec la sécheresse physiologique du substrat et la radiation actinique et thermique considérable auxquelles les mousses alpines sont exposées. Malgré l'humidité généralement élevée du climat alpin, le facies xérophytique domine, comme nous l'avons déjà remarqué, chez les mousses des régions élevées. Il se manifeste principalement par les caractères suivants: croissance en touffes serrées ou en coussinets denses (compactaria alpina de Loeske), réduction de la taille et de la surface foliaire (ex. Dicranum pumilum, Meesea minor, Neckera jurassica, etc.), concavité et imbrication des feuilles, chez les pleurocarpes surtout;

Aulacomnium palustre var. alpestre Schimp.

Philonotis fontana var. borealis Hagen

Orthothecium chryseum dérivé de O. rufescens

Ptychodium plicatum var. hyperboreum et var. erectum Culm.

Brachythecium albicans var. alpinum

B. salebrosum var. arcticum Berggr., B. turgidum

B. collinum var. subjulaceum Pfeffer

E. strigosum var. praecox

Plagiothecium Roeseanum var. subjulaceum Meylan

P. Ruthei var. imbricatum Meylan, P. obtusifolium

Isopterygium Muellerianum var. myurum Pfeffer

Hygroamblystegium curvicaule dérivé de H. filicinum

Drepanocladus uncinatus var. subjulaceus Schimp.

Drepanium Vaucheri var. coelophyllum Mol.

D. revolutum var. Molendoanum Schimp.

Rhytidium rugosum var. subjulaceum Meylan et var. boreale Lange. (Pl. XXVII 1), etc. etc.

Certaines formes haut-alpines sont identiques à d'autres désertiques ou tropicales: ainsi *Bryum argenteum* var. *lanatum*.

Les pigments foncés protecteurs contre l'excès de lumière s'observent fréquemment chez les mousses alpines, surtout chez les saxicoles: dans la règle, les mousses habitant sur les roches de couleurs les plus claires, sont elles-mêmes les plus foncées. Ex. *Andreaea* spp.,

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Cette tendance des Hypnacées à devenir «straminoïdes» dans les hautes régions, a été déjà signalée par Berggren (1875)) pour les mousses des régions polaires.

Dicranoweisia crispula var. atrata, D. cirrata var. atrata Amann, Dicranum Bonjeani var. atratum Pfeffer, etc.

Certaines espèces présentent des formes vernales rougies (par formation d'anthocyane probablement): Bryum turbinatum, B. Harrimani, B. Schleicheri, Pohlia Ludwigii, etc.). Cette pigmentation rouge est caractéristique pour Drepanocladus sarmentosus, D. purpurascens, D. Rotae.

En ce qui concerne le sporophyte, l'effet des conditions écologiques haut-alpines se manifeste, pour beaucoup d'espèces, par la stérilité habituelle ou constante; ces espèces sont réduites à la reproduction végétative.

Espèces constamment stériles de la zone alpine (en Suisse):

Sphagnum compactum Campylopus Schwarzii

— Schimperi
Ditrichum zonatum
Didymodon rufus
Grimmia torquata

— atrata Merceya Bryum oeneum

Mnium hymenophylloides

- nivale

— cinclidioides Aulacomnium turgidum Diphyscium var. alpinum Orthothecium chryseum

— rubellum
Neckera jurassica
Myurella apiculata
Brachythecium latifolium
Hygroamblystegium curvicaule
Drepanium procerrimum

Bambergeri

— revolutum ¹

— Vaucheri

Hygrohpnum Goulardi

— norvegicum

— polare

Rhytidium rugosum

L'action sur le sporophyte se traduit par la réduction du seta: les mousses à seta très long sont rares ou nulles dans la zone alpine. L'opercule est raccourci (pas d'opercule rostré: *Eurynchium cirrhosum* p. ex. a un bec court).

Le péristome est, en général, moins développé: il se réduit et se simplifie par disparition des cils (Bryum sp., Bartramia subulata, etc.). Les mousses gymnostomes sont cependant rares ou nulles dans la zone alpine.

Parmi les oréomorphoses stationnelles, nous pouvons distinguer: des *oréo-hydromorphoses* sur le limon, le sable et le gravier glaciaire:

Rhacomitrium mollissimum, R. glaciale, Ptychodium trisulcatum, Pohlia cucullata, P. commutata, P. gracilis, etc.

des oréo-pélomorphoses des eaux froides et très froides:

Diobelon var. frigidus, Bryum Schleicheri var. latifolium et var. rosaceum (Pl. III 2), B. Harrimani, B. ventricosum var. obtusifolium,

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> D. revolutum fructifie bien dans les montagnes du Turkestan.

B. turgens, B. neodamense var. ovatum, Mniobryum albicans var. glaciale, Brachythecium turgidum, B. latifolium, etc.

Les variétés que l'on doit considérer comme des oréomorphoses, sont trop nombreuses pour être énumérées ici. Par contre, il paraît intéressant d'indiquer un certain nombre d'oréomorphoses fixées, qui ont été distinguées comme espèces ou sous-espèces autonomes:

ete distinguees comme	esp	ece	S	ou sous-especes autonomes
$Esp\`eces$				dérivées du type:
Andreaea alpestris				A. petrophila
A. sparsifolia				— (cryptomorphose)
				A. Rothii (hygromorphose)
Hymenostomum Meylani				
Molendoa tenuinervis				
Dicranum latifolium Aman				
D. neglectum				
D brevifolium	2			D. Mühlenbeckii
D. groenlandicum			. )	D. elongatum (arctomorphose)
D. Sendtneri			)	D. etongatum (arctomorphose)
Campylopus Schimperi .				C. subulatus
$Dicranodontium\ alpinum$ .				
Ceratodon dimorphus				
C. crassinervis Amann .				C. purpureus
C. mollis Amann			. )	
Ditrichum nivale				D. vaginans
Didymodon alpigena			. }	D. rubellus
D. ruber			. ,	
$Leptodontium\ styriacum$ .				L. flexifolium
Streblotrichum flavipes .				S. convolutum
Tortella fragilis			. }	T. tortuosa
T. Fleischeri			. }	<ul><li>— (hélomorphose)</li></ul>
Barbula rufa				B. reflexa
B. poenina Amann			•	B. spadicea
B. icmadophila				B. gracilis
B. Kneuckeri				B. fallax
Aloina brevirostris				$A. \ rigida$
Desmatodon suberectus .				D. latifolius
Tortula obtusifolia				T. atrovirens
Syntrichia gelida Amann	•			S. montana
Trichostomum muticum .				T. crispulum
Schistidium confertum .			. ]	Sanocarnum
S. atrofuscum			Ì	S. apocarpum
Grimmia triformis				G. Doniana (sec. Loeske)
G. $Hagenii$				G. incurva
G. andreaeoides Limpr				G. torquata (sec. Loeske)
G. calvescens Kindb				G. funalis
Dryptodon anomalus				D. Hartmani
Rhacomitrium mollissimum				R. canescens
Orthotrichum juranum			.]	O. cupulatum
O. sardagnanum			. }	o. capatatam
O. Killiasii				O. speciosum

O. Sturmii	. O. rupestre
O. Arnellii	$\cdot$ O. pallens
O. paradoxum	.) o. patiens
Funaria microstoma	
Mielichhoferia elongata	. M. nitida
Pohlia carinata	. P. commutata
P. Berniae Herzog	. P. nutans
$Bryum\ compactum\ .\ .\ .\ .\ .$	. B. pendulum
B. inflatum	$\cdot$ $B.$ arcticum
B. micans	.) B. arcticum
B. fallax	• )
B. versisporum	. D nallone
$B.\ callicarpum$	B. pallens
B. helveticum	.)
B. sagittaefolium	. B. Duvalii
B. Schleicheri	· ] p
B. Harrimani	.) B. turbinatum
R Villiagii	R archanaelieum
B. languardicum	.] , , , ,
B. microlacustre Amann	B. lacustre
B. Kaurinianum	.)
B. Graefianum	. R inclinatum
B. pseudo-Graefianum Amann .	
B. bernense	.)
B. bimoideum	. )
B. pedemontanum	
B. percomatum Amann	
B. Reyeri	
B. arctogaeum	~ )
B. albulanum Amann	D intermedium
B. juranum Amann	B. intermeatum
B. fuscum	B. caespiticium
B. microcaespiticium Amann	
	. B. pallescens
B. veronense	
B. Mühlenbeckii	
B. Britaniae Amann	
B. elegans	B. capillare
Mnium pseudo-Blyttii Amann	M. orthorrhunchum
M. subglobosum	
Bartramia subulata	
Philonotis Tomentella	
Neckera jurassica Amann	-
N. Besseri	. N. complanata
	. 11. compunuu
Lesquereuxia saxicola	L. striata
L. glacialis Amann	· J
Pseudoleskea radicosa	· P. filamentosa
$P. decipiens \dots \dots \dots$	. ]

Pseudoleskeella ambigua	P. catenulata
Orthothecium strictum	
$O. \ binervulum \ . \ . \ . \ .$	
Ptychodium affine	
P. hyperboreum	
P. pallescens	
P. abbreviatum	
Brachythecium tauriscorum	R alargosum
B. turgidum	R salahrasum
B. latifolium	
B. Starkei	B. curtum (see Leedte)
B. micropus	B. cartam (sec. Loeske)
B. tromsöense	R reflexim
B. dovrense	B. reflexam
B. gelidum	R alacialo
B. trachypodium	B. giaciate
B. Payotianum	D. molutinum
B. Rübelii	B. vetutinum
Eurynchium cirrosum	F Vauchori (Dl. VII 1)
E. diversifolium	E. strigosum
Plagiothecium laetum	P. dontionlature
P. pseudolaetum	
Amblystegium ursorum Amann	
Hygroamblystegium curvicaule	
Cratoneurum sulcatum	
C. ptychodioides	C. falcatum
Drepanocladus purpurascens	D. exannulatum
D. Schulzei	D. fluitans
D. pseudostramineum	· • J ·
Ctenidium subplumiferum	
Drepanium dolomiticum	
D. orthocarpum Amann	• • ]
D. Vaucheri	D. cupressiforme
Calliergon Richardsoni	
C. nivale	
Hylocomium alaskanum	
H. calvescens	H. squarrosum, etc.

Il faut remarquer que chez certaines de ces oréomorphoses, l'inflorescence est devenue synoïque par régression, alors que, chez le type, elle est dioïque ou autoïque.

# Étude statistique de la répartition zonale des mousses suisses Limites altitudinales

Il y a, d'une manière générale, pour l'aire de répansion verticale de chaque espèce de mousses, des limites d'altitude inférieure et supérieure qu'elle ne dépasse qu'exceptionnellement ou pas du tout. Les indications de ces limites sont relativement faciles à donner lorsqu'on considère des territoires d'étendue restreinte. A mesure que le territoire considéré est plus étendu, il devient plus malaisé de fixer ces limites d'une manière absolue, et il faut se contenter d'indiquer dans quelle zone a lieu le maximum de développement et de répansion de l'espèce considérée, ou, autrement dit, le centre de gravité de l'aire de répansion verticale de l'espèce.

Suivant que l'on considère la fréquence, le développement général ou la fructification des espèces, ce centre de gravité peut ne pas se trouver dans la même zone. C'est le centre de gravité par rapport à la fréquence de l'espèce que nous considérons ici.

La situation du centre de gravité peut être, pour certaines espèces, différente en Suisse, de ce qu'elle est dans les pays environnants. Cela tient p. ex. au fait que certaines mousses ne trouvent pas chez nous, dans les zones inférieures, des stations où leurs exigences édaphiques sont satisfaites, et qu'elles sont réduites à habiter les zones supérieures où ces stations sont plus fréquentes.

Exemples: Andreaea petrophila (stations achaliciques) rare dans la zone inférieure, Desmatodon cernuus subalpin en Suisse, à 15 m. d'altitude près d'Anvers, Dryptodon atratus et Grimmia arenaria, alpins en Suisse, etc.

C'est à des faits de cet ordre qu'est due la fréquence relative des espèces achalicicoles dans la zone inférieure de la région insubrienne.

En ce qui concerne la répartition des espèces entre les différentes zones, nous pouvons distinguer les catégories suivantes:

- 1° espèces habitant une seule zone à l'exclusion des autres (où elles ne se trouvent qu'accidentellement ou pas du tout). Ces espèces exclusives forment *l'élément monozonal*,
  - 2° espèces habitant dans deux zones adjacentes: élément dizonal,
  - $3^{\circ}$  espèces se trouvant dans trois zones: élément trizonal,
- 4° espèces se trouvant dans les quatre zones, c.-à-d. indifférentes à l'altitude ou hypso-adiaphores (höhenvag), comme je les ai nommées autre part. (Ex. Schistidium apocarpum, Rhacomitrium lanuginosum, etc.). (Amann J. 1922, p. 55.)

Les éléments monozonal et dizonal peuvent être réunis sous la désignation d'éléments éclectiques, par opposition aux éléments indifférents qui comprennent les éléments trizonal et tétrazonal.

La florule de chaque zone est composée d'éléments appartenant à ces quatre catégories. En outre de l'élément monozonal exclusif et caractéristique, cette florule comprend aussi des espèces immigrées de zones inférieures ou supérieures, où se trouve leur centre

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Comme l'ont fait p. ex. Molendo pour les Tauern, Pfeffer pour les Alpes grisonnes, Röse pour la Thuringe, etc.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> C'est pour cette raison que je renonce, ici, à tenir compte, pour cette étude statistique, des subdivisions des différentes zones proposées par divers auteurs.

de gravité, puis des éléments émigrants dont le centre de gravité se trouve dans cette zone, mais qui, de là, passent dans les zones supérieures ou inférieures.

A ce propos, nous remarquerons que la nature physique et chimique du terrain influe sur la migration des mousses. C'est ainsi que la remarque de Thurmann (1849), que la masse des espèces communes s'élève plus haut dans les montagnes à roches eugéogènes que dans les dysgéogènes, s'applique aussi aux bryophytes. La végétation muscinale des montagnes à roches dysgéogènes diffère davantage de celle des plaines que ce n'est le cas pour les eugéogènes.

D'une façon générale, il est manifeste que les terrains calcaires, plus secs et plus chauds, favorisent l'ascension des espèces des zones inférieures; tandis que, sur les terrains siliceux, plus humides et plus froids, on observe une descente des mousses des zones supérieures.

La dépression de la limite du gazon continu, que l'on observe sur les calcaires (2650—2700 m), par rapport à l'altitude où elle se trouve sur les gneiss p. ex. (2800—2850 m.), se manifeste très nettement aussi pour les mousses.

Les mousses hydrophiles et amphibies montent très haut dans la zone alpine; beaucoup de ces espèces rentrent dans la catégorie des mousses indifférentes à l'altitude. C'est principalement le cas pour les calciphiles et pour les indifférentes sous le rapport chimique.

On observe, dans certaines stations particulières des zones inférieure, moyenne et subalpine, telles p. ex. que les environs immédiats des cascades et des chûtes d'eau considérables, une fréquence souvent remarquable de colonies erratiques descendues des zones supérieures.

Observations: Bryum Schleicheri descend jusqu'au Rhône en suivant l'Avançon de Morcles, Hygroamblystegium curvicaule, jusqu'à Ardon dans la Lizerne, Hygrohypnum dilatatum près Evionnaz (500 m.), etc.

Molendoa Sendtneriana descend dans les gorges de l'Aar, près Meiringen, et dans celles de l'Eau Noire au-dessus d'Aigle, à 600 m. env., etc.

Les facteurs principaux auxquels il faut attribuer ce fait, sont:

1° la dépression de la température, l'humidité constante et très forte,

2° la formation d'humus considérable.

En outre de l'immigration récente par les cours d'eau, ces colonies de mousses alpines peuvent être considérées parfois comme des reliquats de l'époque glaciaire.

Sur le Plateau suisse et dans les vallées du Rhin et du Rhône, nous retrouvons un certain nombre d'exemples caractéristiques de colonies erratiques de mousses subalpines et alpines, telle par ex.:

Dicranowisia crispula sur l'erratique du Plateau

Dicranum Mühlenbeckii et D. fuscescens dans les forêts du Plateau Aongstroemia près Altdorf et dans la vallée du Rhône, à 800 m.

Schistidium confertum sur l'erratique du Plateau

Timmia austriaca: vallées du Rhône et du Rhin (400 m.)

T. norvegica: vallée du Rhin (400 m.)

Myurella julacea: vallée du Rhin (400 m.)

M. apiculata: à Chippis, vallée du Rhône (540 m.), etc.

Grimmia alpestris descend à 800 m. dans la vallée de la Reuss.

#### Remarque

En ce qui concerne la répartition des espèces dans les différentes zones, ainsi que la fixation de leur centre de gravité de répansion, il y a lieu de remarquer que ces attributions, telles que je les donne dans les tableaux ci-après, ont un caractère souvent approximatif et parfois quelque peu arbitraire. Elles résultent d'un matériel très considérable de données et d'observations faites sur le terrain, mais pourront être modifiées ensuite de recherches subséquentes.

#### Elément monozonal I

# Espèces exclusives et caractéristiques de la zone inférieure

Sphagnum balticum, rufescens Ephemerum cohaerens, sessile Acaulon piligerum Phascum Floerkeanum, curvicollum, rectumAschisma carniolicum Hymenostomum squarrosum Weisia gymnostoma, rutilans, Ganderi Eucladium verbanum Dicranum spurium Campylopus Mildei, polytrichoides, brevipilus Leucobryum albidum Fissidens Arnoldi, Bambergeri, cyprius, rivularis, minutulus, Mildeanus, rufulus, grandifrons Octodiceras Julianus Trochobryum carniolicum Pterigoneurum subsessile, lamellatum Pottia Starkeana, mutica Didymodon luridus, cordatus, ligulifolius, riparius Trichostomum caespitosum, triumphans, Baurianum, nitidum Hyophila riparia Hudrogonium Ehrenbergii Timmiella anomala, T. Barbula Tortella caespitosa Pleurochaete squarrosa Barbula valida, sinuosa, Hornschuchiana, revoluta Aloina aloides Crossidium squamiferum

Tortula Fiorii, cuneifolia, canescens Syntrichia latifolia, laevipila, pagorum Dialytrichia Brebissoni Grimmia crinita, Lisae Brachysteleum incurvum Orthotrichum microcarpum, Shawii Pyramidula tetragona Physcomitrium acuminatum Enthostodon Templetoni, fascicularis Funaria dentata, mediterranea Anomobryum juliforme Epipterygium Tozeri Bryum Geheebii, Gerwigii, bicolor, versicolor, arenarium, Klinggraeffii, murale, gemmiparum, torquescens, HaistiiPhilonotis rigida, marchica, laxa Fontinalis arvernica, Kindbergii Cryphaea heteromalla Neckera pennata Fabronia pusilla Habrodon Notarisii Anomodon tristis, rostratus Pseudoleskea Artariaei Thuidium pulchellum, punctulatum Cylindrothecium cladorhisans Brachythecium Rotaeanum Eurynchium speciosum, Stokesii, meridionale Rhynchostegiella curviseta, Teesdalei, pallidisetaRhychostegium megapolitanum, rotundifolium

Raphidostegium demissum Thamnium Lemani Hygroamblystegium fluviatile Drepanium resupinatum Heterophyllum Haldanianum

# Récapitulation

Acrocarpes 84Pleurocarpes 26 110

#### Elément monozonal M

# Espèces exclusives de la zone moyenne

Sphagnum Dusenii, fallax, riparium, fimbriatum, crassicladum Ditrichum vaginans Ulota Drummondii Orthotrichum callistomum

Pohlia bulbifera Mniobryum calcareum Catharinea tenella Plagiothecium latebricola Hygrohypnum subenerve

# Récapitulation

 $\begin{array}{cc} \text{Acrocarpes} & 6 \\ \text{Pleurocarpes} & \underline{2} \\ \hline 8 \end{array}$ 

#### Elément monozonal S

#### Espèces exclusives de la zone subalpine

Sphagnum auriculatum
Andreaea Huntii
Pleuroweisia Schliephackei
Dicranoweisia intermedia
Cynodontium schisti
Dicranodontium circinatum
Ceratodon mollis, crassinervis
Tortella Fleischeri
Schistidium lineare
Orthotrichum paradoxum, Arnellii
Tayloria tenuis, acuminata, splachnoides, Rudolphiana
Tetraplodon mnioides
Funaria microstoma
Merceya ligulata

Pohlia ambigua, Rothii, pulchella
Bryum versisporum, pycnodermum,
Kaurinianum, percomatum, clathratum
Mnium lycopodioides, amblystegium,
medium, rugicum, subglobosum
Thuidium Blandowii
Ptychodium affine
Brachythecium erythrorhizon
Plagiothecium piliferum
Amblystegium compactum
Chrysohypnum decursivulum
Drepanocladus contiguus, orthophyllus
Drepanium pallescens, recurvatum,
orthocarpum

#### Récapitulation

Acrocarpes 30Pleurocarpes 11 41

#### Elément monozonal A

#### Espèces exclusives de la zone alpine

Andreaea angustata, frigida, sparsifo-Plagiobryum demissum lia (n), alpestris (n), nivalis (n) Pohlia rubella, Ludwigii Voitia splachnoides Bryum compactum (n), arcticum (n), Molendoa Hornschuchiana, tenuineracutum, archangelicum, languardicum, Killiasii, mamillatum, pseuvis (n) Dicranoweisia compacta (n) do-Graefianum, bernense, subex-Oreas Martiana (n) currens, Baurii arctogaeum, albu-Oreoweisia serrulata lanum, juranum, subcirratum, limosum, subglobosum, pseudo-Kun-Cynodontium alpestre Dicranum fulvellum (n), falcatum (n), zei, microcaespiticium, subrotunpumilum (n), groenlandicum (n), dum, valesiacum, Dixoni (n), arlatifolium, brevifolium, Sendtneri duum (n), perlimbatum (n) Trematodon brevicollis (n) Mnium nivale, cinclidioides Barbula rufa (n), poenina, gelida (n) Bartramia subulata (n) Steblotrichum bicolor Conostomum boreale (n) Desmatodon systylius (n), suberectus Timmia comata (n), spelaeus, Wilczekii, Laureri Polytrichum sexangulare (n) Grimmia triformis (n), apiculata (n), Orthothecium strictum, chryseum Holleri (n), incurva (n), elongata Lesquereuxia glacialis (n) (n), caespiticia (n), mollis (n), Pseudoleskea ambigua (n) Ptychodium trisulcatum, abbreviatum Limprichtii Schistidium papillosum (n) Brachythecium Payotianum (n), tau-Dryptodon atratus (n), anomalus riscorum, turgidum, latifolium Rhacomitrium mollissimum Eurynchium nivium (n) Orthotrichum Limprichtii (n), Amblystegium ursorum, pachyrrhizon Killiasii (n) Hygrohypnum styriacum, arcticum, Encalypta commutata (n) norvegicum Dissodon Froelichianus (n), splach-Calliergon nivale (n) noides Hylocomium alaskanum Tetraplodon urceolatus

(Les espèces marquées (n) montent jusqu'à l'étage nival)

#### Récapitulation

Acrocarpes 80Pleurocarpes 18 98

#### Elément dizonal I M

# Espèces communes aux zones inférieure et moyenne

a) Centre de gravité dans la zone inférieure (i)

Archidium phascoides
Ephemerum serratum
Ephemerella recurvifolia
Physcomitrella patens
Acaulon muticum, triquetrum

Phascum cuspidatum, mitraeforme,
piliferum
Mildeella bryoides
Astomum crispum
Pleuridium nitidum

Sporledera palustris Hymenostomum tortile, microstomum Dicranoweisia cirrata Fissidens incurvus, crassipes Pottia minutula, truncatula, intermedia, lanceolata Trichostomum Bambergeri Barbula vinealis Tortula aestiva Cinclidatus riparius, aquaticus Schistidium brunnescens Grimmia tergestina, leucophaea, orbicularis, trichophylla Brachysteleum polyphyllum Braunia sciuroides Orthotrichum diaphanum, patens, Braunii, Schimperi, Rogeri, tenellum

Mniobryum carneum Bryum Funkii Mnium hornum Catharinea angustata Leptodon Smithii Fabronia octoblepharis Pterogonium gracile Pseudoleskeella tectorum Cylindrothecium Schleicheri Eurynchium striatulum Rhynchostegiella tenella, Jacquinii Rhynchostegium confertum Amblystegium hygrophilum, kanum, riparium, trichopodium Hygroamblystegium irriguum Chrysohypnum elodes, polygamum Drepanocladus hamifolius

#### b) Centre de gravité dans la zone moyenne (m)

Sphagnum papillosum, cuspidatum Pleuridium alternifolium, subulatum Gyroweisia tenuis, acutifolia Eucladium verticillatum Oreoweisia Bruntoni Dicranella Schreberi, rufescens Dicranum undulatum, fulvum Fissidens pusillus, exilis Campylosteleum saxicola Ditrichum pallidum Trichostomum viridulum, mutabile Cinclidatus fontinalaides Zygodon viridissimus Ulota Ludwigii, Bruchii, crispa, intermedia, crispula Orthotrichum Lyellii Splachnum ampullaceum Physcomitrium sphaericum, eurystomumEntosthodon ericetorum

Mnium undulatum Meesea longiseta Aulacomnium androgynum Breutelia arcuata Pogonatum nanum Buxbaumia aphylla Neckera Besseri Homalia trichomanoides Pterigophyllum lucens Anacamptodon splachnoides Leskea polycarpa Anomodon attenuatus, longifolius Brachythecium laetum Eurynchium velutinoides Rhynchostegium rusciforme Thamnium alopecurum Isopterygium depressum, elegans Drepanocladus lycopodioides, pseudofluitans Calliergon turgescens Hylocomium brevirostre

# Récapitulation

#### Acrocarpes:

Pohlia grandiflora, lutescens

Bryum pallido-cuspidatum

Centre de gravité dans la zone i 45 } 82

#### Pleurocarpes:

Centre de gravité dans la zone i 17 , , , , , , m 17 116

#### Elément dizonal M S

# Espèces communes aux zones moyenne et subalpine

a) Centre de gravité dans la zone moyenne

Campylopus turfaceus Seligeria erecta Blindia trichodes Streblotrichum flavipes Zygodon gracilis Tetrodontium repandum Mnium spinulosum, stellare Buxbaumia indusiata Anomodon apiculatus Drepanium fertile, reptile Calliergon cordifolium

b) Centre de gravité dans la zone subalpine (s)

Sphagnum inundatum
Dicranella crispa
Dicranum majus
Seligeria calcarea
Dryptodon patens
Rhacomitrium fasciculare, affine, heterostichum
Orthotrichum sardagnanum, urnigerum, leucomitrium
Pohlia sphagnicola
Paludella squarrosa

Neckera turgida
Isothecium myosuroides
Camptothecium Geheebii
Brachythecium curtum
Plagiothecium undulatum, neckeroideum, laetum, Ruthei
Drepanium Sauteri
Calliergon Richardsoni
Hylocomium umbratum, loreum, calvescens

## R'ecapitulation

Acrocarpes:

Centre de gravité dans la zone m 9 21

" " " " " " " 12 1

Pleurocarpes:

Centre de gravité dans la zone m 4 1 17

#### Elément dizonal S A

# Espèces communes aux zones subalpine et alpine

(Les espèces (n) montent jusque dans l'étage nival)

a) Centre de gravité dans la zone subalpine (s)

Hymenostomum Meylani
Anoectangium compactum
Cynodontium gracilescens, fallax, torquescens
Dicranodontium aristatum
Blindia acuta (n)
Ceratodon dimorphus
Ditrichum zonatum
Leptodontium styriacum

Barbula icmadophila
Tortella fragilis (n)
Schistidium sphaericum (n)
Coscinodon humilis
Rhacomitrium aciculare, protensum,
microcarpum
Amphidium lapponicum (n), Mougeotii (n)
Ulota curvifolia

Orthotrichum alpestre (n), Schubartianum
Tayloria serrata
Tetraplodon angustatus
Splachnum sphaericum
Mielichhoferia nitida (n), elongata (n)
Anomobryum filiforme
Pohlia polymorpha (n), acuminata
Bryum appendiculatum, microlacustre,
Sauteri
Cinclidium stygium
Amblyodon dealbatus
Timmia norvegica (n)

Fontinalis squammosa
Lesquereuxia striata, saxicola (n)
Pseudoleskea radicosa
Heterocladium squarrosulum
Brachythecium trachypodium (n),
densum
Eurynchium cirrosum (n), diversifolium (n)
Plagiothecium striatellum
Hygrohypnum molle, dilatatum, ochraceum
Drepanium dolomiticum (n)

#### b) Centre de gravité dans la zone alpine (a)

Andreaea crassinervia (n) Weisia Wimmeriana Dichodontium flavescens Aongstroemia longipes Oncophorus Wahlenbergii Dicranella Grevilleana Dicranum Blyttii, Starkii (n), neglectum (n), elongatum (n), albicans (n) Metzleria alpina Campylopus Schwarzii Ditrichum nivale Pottia latifolia (n) Aloina brevirostris Desmatodon latifolius (n) Syntrichia aciphylla (n) Schistidium atrofuscum Grimmia arenaria, Doniana (n), unicolor (n), sessitana (n), alpestris, torquata Orthotrichum juranum Encalypta longicolla, apophysata (n)

Mniobryum vexans Pohlia commutata (n), cucullata (n), gracilis (n) Bryum helveticum, Graefianum, microstegium, Culmanni, veronense. Muehlenbeckii, Blindii, Britanniae (n) Mnium hymenophylloides Philonotis seriata, alpicola Oligotrichum hercynicum Pseudoleskea patens Ptychodium decipiens, pallescens Brachythecium glaciale (n) Hygroamblystegium curvicaule Ctenidium subplumiferum, procerrimum (n) Drepanocladus purpurascens (n), Rotae (n) Drepanium hamulosum, Bambergeri (n), revolutum (n) Hygrohypnum cochlearifolium, alpinum Calliergon sarmentosum

109

# Récapitulation

# Acrocarpes: Centre de gravité dans la zone s 36 """""""a 44 Pleurocarpes: Centre de gravité dans la zone s 14 """"""""a 15

#### Elément trizonal I M S

# Espèces communes aux zones inférieure, moyenne et subalpine

#### a) Centre de gravité dans la zone inférieure (i)

Gymnostomum calcareum Pterygoneurum cavifolium Didymodon tophaceus Aloina rigida, ambigua Syntrichia papillosa Physcomitrium piriforme Bryum erythrocarpum Homalothecium fallax

#### b) Centre de gravité dans la zone moyenne (m)

Weisia crispata Dicranella heteromalla Dicranum montanum, flagellare, viride Fissidens taxifolius Seligeria Doniana, pusilla Brachydontium trichodes Ditrichum tortile, homomallum Pottia Heimii Trichostomum cylindricum Barbula spadicea Ulota americana Orthotrichum stramineum, pumilum, affine, fastigiatum, leiocarpum, obtusifolium Georgia pellucida Pohlia proligera Mnium rostratum, cuspidatum, affine, Seligeri, punctatum Meesea triquetra

Catharinea undulata Polytrichum formosum Fontinalis antipyretica Neckera pumila, complanata Anomodon viticulosus Thuidium tamariscinum Platygyrium repens Pylaisia polyantha Camptothecium lutescens Brachythecium campestre Eurynchium crassinervium, Vaucheri, piliferum, praelongum, striatum Rhynchostegium murale Isopterygium silesiacum Amblystegium confervoides, varium Chrysohypnum Sommerfeltii Drepanocladus Cossoni, Sendtneri, aquaticus, Kneiffii

#### c) Centre de gravité dans la zone subalpine (s)

Sphagnum subbicolor, recurvum, parvifolium, quinquefarium laricinum Dicranum Sauteri Schistidium teretinerve

Orthotrichum nudum, cupulatum, pallens Brachythecium Mildeanum Drepanium imponens

#### Récapitulation

#### Acrocarpes:

> Centre de gravité dans la zone i 1 " " " " " " " " 23 " " " " " 5 2

#### Elément trizonal M S A

# Espèces communes aux zones moyenne, subalpine et alpine

a) Centre de gravité dans la zone moyenne (m)

Campylopus subulatus, flexuosus Seligeria brevifolia

Leskeella nervosa Amblystegium Sprucei

Orthothecium intricatum (n)

b) Centre de gravité dans la zone subalpine (s)

Sphagnum teres, Girgensohnii, Russowii, fuscum, Warnstorfii, platy-

phyllum

Rhabdoweisia fugax, denticulata

Oncophorus virens (n)

Cynodontium polycarpum

Diobelon squarrosus Dicranella curvata

Dicranum congestum, fucescens, stric-

tum

Stylostegium caespiticium

Distichium inclinatum (n)

Didymodon alpigena, ruber

Tortula obtusifolia

Syntrichia mucronifolia (n)

Schistidium alpicola (n)

Grimmia Muehlenbeckii, funalis (n)

Rhacomitrium sudeticum

Encalypta ciliata (n), rhabdocarpa (n)

Plagiobryum Zierii

Pohlia elongata, longicolla, cruda (n)

Bryum Schleicheri (n), Duvalii, sagittae folium

Mnium spinosum

Catoscopium nigritum

Bartramia ithyphylla (n), Halleriana

Plagiopus Oederi Timmia bavarica

Polytrichum alpinum (n)

Myurella julacea (n)

Pseudoleskea filamentosa (n)

Camptothecium nitens

Ptychodium plicatum (n)

Brachythecium reflexum, plumosum,

Starkei (n)

Plagiothecium Roeseanum

Isopterygium pulchellum (n), Muellerianum

Cratoneurum decipiens, irrigatum, sulcatum (n)

Chrysohypnum Halleri

Drepanocladus uncinatus (n), revolvens

Ptilium crista-castrensis

Drepanium arcuatum, callichroum (n)

Hylocomium Oakesii

c) Centre de gravité dans la zone alpine (a)

Andreaea petrophila (n)

Molendoa Sendtneriana

Campylopus Schimperi (n)

Grimmia andreaeoides

Myurella apiculata

#### Récapitulation

Acrocarpes:

Dicranum Bergeri, Muehlenbeckii (n)

Centre de gravité dans la zone m 35  $\mathbf{S}$ 6 a

Pleurocarpes:

Centre de gravité dans la zone m 24 20  $\mathbf{S}$ 1 a 68

#### Elément tétrazonal I M S A

Espèces indifférentes (hypso-adiaphores), communes aux zones inférieure, moyenne, subalpine et alpine

(Les espèces (n) montent jusque dans l'étage nival)

a) Centre de gravité dans la zone inférieure (i)

Barbula gracilis Tortula atrovirens, muralis Syntrichia inermis, alpina Grimmia tergestinoides Bryum argenteum Homalothecium sericeum, Philippeanum

b) Centre de gravité dans la zone moyenne (m)

Sphagnum cymbifolium, squarrosum, molluscum Hymenostylium curvirostre Weisia viridula Dicranella varia, cerviculata Campylopus fragilis Leucobryum glaucum Fissidens bryoides, adiantoides, decipiens Seligeria recurvata, tristicha Ceratodon purpureus (n), conicus Ditrichum flexicaule (n) Didymodon rubellus (n) Trichostomum crispulum Tortella tortuosa (n), inclinata Barbula unguiculata, fallax, reflexa, rigidula Streblotrichum paludosum Syntrichia ruralis (n), montana Schistidium apocarpum (n) Coscinodon cribrosus (n) Grimmia anodon, commutata, decipiens, pulvinata (n) Rhacomitrium canescens (n) Hedwigia ciliata Orthotrichum anomalum, Sturmii, speciosum Encalypta vulgaris, streptocarpa Funaria hygrometrica Bryum turbinatum, pallens (n), bimum, affine, caespiticium, Kunzei (n), comense, Mildeanum, capillare Rhodobryum roseum Mnium serratum

Bartramia pomiformis

Philonotis calcarea, caespitosa Diphyscium sessile Pogonatum aloides, urnigerum Polytrichum piliferum (n), juniperinum (n), gracile, strictum, commune Leucodon sciuroides Antitrichia curtipendula Neckera crispa Thuidium delicatulum, Philiberti, recognitum, abietinum (n) Orthothecium rufescens Cylindrothecium orthocarpum Climacium dendroides Isothecium myurum Brachythecium albicans (n), glareosum (n), salebrosum (n), rutabulum, rivulare, populeum, velutinum Scleropodium purum Plagiothecium silvaticum Amblystegium subtile, serpens Hygroamblystegium filicinum Chrysohypnum protensum (n), stellatum (n), chrysophyllum Cratoneurum commutatum Drepanocladus Wilsoni, aduncus, tenuis, polycarpus, fluitans Ctenidium molluscum Homomallium incurvatum Drepanium cupressiforme (n) Hygrohypnum palustre Acrocladium cuspidatum Scorpidium sorpidioides Hylocomium squarrosum Rhytidium rugosum (n)

#### a) Centre de gravité dans la zone subalpine (s)

Sphagnum medium, rubellum, acutifolium, subnitens, subsecundum Gymnostomum rupestre (n) Dichodontium pellucidum Dicranella subulata Dicranum Bonjeani, scoparium, longifolium Campylopus atrovirens Dicranodontium longirostre Trematodon ambiguus Fissidens osmundoides Trichodon cylindricus Ditrichum glaucescens Distichium capillaceum (n) Barbula gigantea Streblotrichum convolutum Desmatodon cernuus Syntrichia subulata Coscinodon cribrosus Grimmia ovata (n), elatior, montana Dryptodon Hartmani Orthotrichum rupestre (n) Schistostega osmundacea Leptobryum piriforme

Anomobryum concinnatum Mniobryum albicans (n) Bryum pendulum, fallax, inclinatum, pallescens, ventricosum (n), neodamense (n), badium, alpinum Mnium orthorhynchum (n) Meesea trichodes (n) Aulacomnium palustre (n) Philonotis fontana Timmia austriaca Pterigynandrum filiforme Heterocladium heteropterum Pseudoleskea catenulata (n) Eurynchium strigosum Plagiothecium denticulatum Cratoneurum falcatum Drepanocladus vernicosus, intermedius, exanullatus Drepanium pratense, fastigiatum (n), Calliergon giganteum, stramineum, trifarium Hylocomium Schreberi, triquetrum, splendens (n)

#### d) Centre de gravité dans la zone alpine (a)

Dicranoweisia crispula (n)		
Schistidium confertum (n)		
Rhacomitrium lanuginosum (	(n)	

Bryum cirratum (n), elegans (n) Brachythecium collinum (n) Drepanium Vaucheri (n)

#### Récapitulation

#### Acrocarpes;

	7)	i	zone	la	dans	gravité	de	Centre
113	60 L	m	"	"	"	"	"	"
113	41	$\mathbf{s}$	"	"	"	"	"	n
	<b>5</b> J	a	"	"	"	"	"	"

#### Pleurocarpes:

	2	i	zone	la	dans	gravité	de	Centre
61	<b>4</b> 0	m	"	"	"	"	"	**
01	17	$\mathbf{s}$	"	"	"	"	"	"
	$_2$	a	"	"	"	77	"	"
174								

#### Remarques générales

J'ai admis, pour cette statistique, que le centre de gravité de répansion verticale se trouve, pour chaque espèce, dans l'une des quatre zones. Mais il se pourrait que, pour certaines espèces, ce centre de gravité se trouvât dans deux zones adjacentes, dans lesquelles l'espèce fût également répandue.

On pourrait supposer, d'autre part, que certaines espèces, véritablement indifférentes et ubiquistes, se trouveraient à peu près également répandues dans toutes les zones, et que leur aire de répansion ne présenterait ainsi pas de centre de gravité.

Il me paraît que, sinon pour la totalité, du moins pour la très grande majorité des espèces de mousses, en Suisse, ces cas théoriques sont très exceptionnels ou même ne se présentent pas; et qu'il est possible de situer le centre de gravité de chaque espèce dans l'une des zones, ceci pour toute l'étendue de notre territoire.

Je n'ai pas fait rentrer les Sphaignes dans les résultats numériques de cette statistique, parce que leur répartition zonale n'a pas été suffisamment étudiée.

Il serait grandement désirable de pouvoir tenir compte, dans cette statistique, non seulement de la présence des espèces dans les différentes zones et de leur maximum de fréquence (c. de g.), mais aussi de leur quantité et de leur masse relative (fréquence  $\times$  quantité), comme je l'ai fait pour les mousses du vignoble de Lavaux.

Mais les données dont je dispose sont loin d'être suffisantes pour permettre de tenter cette évaluation, qui exigerait un travail de recherches et d'observations quantitatives de longue haleine, dans chacune des zones et pour les différentes régions de notre pays.

#### Conclusions statistiques

La répartition pourcentale des centres de gravité de répansion verticale, dans les différentes zones, est la suivante:

Zone inférieure 22,7 % moyenne 28,2 % subalpine 28,5 % alpine 20,6 % (à l'étage nival 17,0 %)

Ces proportions diffèrent peu d'une zone à l'autre; ce sont les zones intermédiaires: moyenne et subalpine, qui possèdent le plus de centres de gravité.

En ce qui concerne les proportions respectives des Acrocarpes et des Pleurocarpes, correspondant à ces c. de g., dans les différentes zones, elles sont:

	Acrocarpes	Pleurocarpes
Zone inférieure %	75,6	24,4
moyenne	65,5	34,5
subalpine	67,5	32,5
alpine	78,3	21,7

La proportion des Pleurocarpes est plus forte dans les zones intermédiaires; elle est plus faible dans les zones extrêmes (inférieure et alpine); c'est dans cette dernière qu'elle est la plus faible.

Quant aux proportions relatives des Acrocarpes et des Pleurocarpes chez les différents éléments, nous avons:

		Acrocarpes	Pleurocarpes
Elément	monozonal %	77,5	$22,\!5$
	dizonal	69,5	30,5
	trizonal	63,5	36,5
	tétrazonal	65,0	35,0
Eléments	éclectiques	73,5	26,5
	indifférents	$64,\!5$	35,5

La proportion relative des Pleurocarpes augmente à mesure que les espèces sont plus indifférentes: elle est notablement plus forte chez les éléments indifférents que chez les éclectiques.

La répartition des c. de g. des espèces sur les différents éléments, est la suivante:

		$^{\mathrm{o}}/_{\mathrm{o}}$ c.	de g.	
Elément	monozonal	I	13,2)	
		M	0,9 (	20.0 %
		S	4,9	29,9 %
		$\mathbf{A}$	10,9	
"	dizonal	IM	14,0	•
		MS	4,6	31,7 %
		SA	13,1	
"	trizonal	IMS	8,4	1619
		MSA	8,0	16,4 %
"	tétrazonal	<b>IMSA</b>	21,0	

De la totalité des c. de g., les éléments éclectiques représentent le 61,6 %, et les éléments indifférents 37,4 %.

C'est dans les zones extrêmes que l'élément monozonal est le plus représenté.

Relativement à la proportion des différents éléments dans les différentes zones (par rapport au nombre total des c. de g. dans chaque zone), nous avons:

Répartition des centres de gravités sur les différents éléments pour les différentes zones TABLEAU I

Totaux	189	$143 + 46^{\star}$ $22,7$	235	$140 \pm 89^{\circ}$ $28,2$	237	28,5	171	$134 \pm 37$ $20,6$	(87)	(10,5)	$832 \\ 583 + 249*$
IMSA	6	4,8	100	42,6	28	24,5	2	4,1	(9)	(6,9)	$174 \\ 113 + 61 \\ 21,0$
MSA		1	9	2,6	55	23,2	9	3,5	(3)	(3,6)	67 43 + 24 8,0
IMS	∞	4,3	54	23,0	8	3,5		1	1		$\frac{70}{44 + 26}$
SA	Ĺ	1		1	50	21,0	59	34,5	(37)	(42,5)	$109 \\ 80 + 29 \\ 13,1$
MS	Ţ	I	13	5,4	25	10,5		I			$\frac{38}{21+17}$
IM	62	32,8	54	23,0				1	ſ	1	116 $82 + 34$ $14,0$
А		1	1	1			66	6,73	(41)	(47,0)	$99 \\ 80 + 19 \\ 10,9$
w	1	1	1		41	17,3		1			$\begin{vmatrix} 41\\ 30 + 11\\ 4,9 \end{vmatrix}$
M	1	1	∞	3,4				Ī			$\begin{matrix} 8 \\ 6+2 \\ 0,9 \end{matrix}$
I	110	58,1									$   \begin{array}{c}     110 \\     84 + 26 \\     13,2   \end{array} $
C. de g. dans la zone:	inférieure	0/0	moyenne	0/0	subalpine	0/0	alpine	0/0	(Etage nival)	0/0	Totaux

\* Acrocarpes + Pleurocarpes

	Zones:	inférieure	moyenne	subalpine	alpine
Elément	monozonal %	58,1	3,4	17,3	57,9
	dizonal	32,8	28,4	31,5	$34,\!5$
	trizonal	4,3	25,6	26,7	3,5
	tétrazonal	4,8	42,6	24,5	4,1
Eléments	éclectiques	90,0	31,8	48,8	$92,\!4$
	indifférents	9,1	68,2	51,2	7,6

L'élément monozonal comprend ainsi plus de la moitié des espèces qui ont leur c. de g. dans la zone inférieure; il en est de même pour la zone alpine. Par contre, la proportion de cet élément est très faible dans la zone moyenne et faible dans la zone subalpine.

Les proportions pour l'élément dizonal sont peu différentes d'une zone à l'autre.

Pour les éléments indifférents (trizonal et tétrazonal), les conditions sont inverses de ce qu'elles sont pour les éléments éclectiques: les premiers, en très faible minorité dans les zones extrêmes, sont en majorité dans les zones intermédiaires. Les seconds, en minorité dans les zones intermédiaires, sont en très forte majorité dans les zones extrêmes.

Il est facile de se rendre compte du pourquoi de ces faits. Les espèces plus ou moins exclusives des éléments éclectiques sont adaptées à des conditions climatiques spéciales qu'elles ne trouvent réalisées que dans leurs zones. Or ce sont précisément les zones extrêmes, inférieure et alpine, qui présentent le plus de ces conditions spéciales.

Les espèces indifférentes, par contre, adaptées à des conditions moyennes — ce qui leur permet d'habiter plusieurs zones — ont leur c. de g. de dispersion dans les zones intermédiaires où les stations sont très nombreuses qui présentent des conditions climatiques moyennes; alors que les extrêmes des zones inférieure et alpine leur sont défavorables.

Quant aux proportions relatives des Acrocarpes et des Pleurocarpes chez les différents éléments, nous avons:

		Acrocarpes	Pleurocarpes
Elément	monozonal	% 77,7	22,3
	dizonal	69,6	30,4
	trizonal	63,5	$36,\!5$
	tétrazonal	65,0	35,0
Eléments	éclectiques	73,7	26,3
	indifférents	64,3	35,7

La proportion relative des Pleurocarpes augmente en même temps que les espèces deviennent moins exclusives et que leur aire de dispersion verticale s'étend d'une à plusieurs zones. La prédominance des Acrocarpes, dont beaucoup sont adaptées à des conditions climatiques extrêmes, s'atténue dans les zones moyennes.

Nous retrouvons le même fait que nous avons constaté pour les espèces qui ont leur c. de g. dans la zone, à propos du nombre total des espèces qui l'habitent:

Zo	nes:	inférieure	moyenne	subalpine	alpine
Elément monozonal	%	23,4	1,7	$8,\!2$	22,0
dizonal		24,7	$32,\!5$	$29,\!5$	24,2
trizonal		14,9	29,0	27,4	15,0
tétrazonal		37,0	<b>36,</b> 8	34,9	38,8
Eléments éclectiques		48,1	$34,\!2$	37,7	<b>46</b> ,2
indifférent	$\mathbf{s}$	51,9	65,8	62,3	53,8

L'élément monozonal est peu représenté dans les zones intermédiaires, notablement plus dans les zones extrêmes.

Par contre, la répartition des espèces appartenant aux éléments indifférents et habitant la zone, est différente de ce qu'elle était pour les espèces dont le c. de g. se trouve dans celle-ci. Les éléments indifférents représentent à peu près la moitié du nombre total de ces espèces dans les zones extrêmes, et près des deux tiers dans les zones intermédiaires.

Les éléments éclectiques sont en plus forte proportion dans les zones extrêmes.

Le nombre total des espèces, pour chaque zone, diffère du reste assez peu.

Il est intéressant de comparer ces proportions des espèces représentées dans chaque zone, par rapport à la totalité des espèces, à celles que donne C. Meylan pour les Hépatiques de la Suisse (l. c., p. 50):

			Mousses	Hépatiques
Zone	inférieure	%	$56,\!5$	70
	moyenne		57,0	85
	alpine		55,0	55
	subalpine		60,0	99

On voit que la proportion des espèces qui habitent la zone inférieure est relativement plus faible pour les mousses que pour les hépatiques. La différence est encore plus accusée pour la zone moyenne.

Par contre, pour les zones supérieures (subalpine et alpine), la

TABLEAU II

Nombre des espèces de chaque élément et total des espèces dans chaque zone

		-					cood o o	dum dum	and and		
Zone:	Ι	M	S	A	IM	MS	SA	IMS	MSA	IMSA	Totaux et % du nombre total des espèces
inférieure	110	1	1	1	116		[	20		174	470
0/0	23,4		1	ĺ	24,7		ĺ	14,9	.	37,0	525 + 147 $56,5$
moyenne		8			116	38		02	29	174	473
0/0		1,7		1	24,5	8,0	I	14,8	14,2	36,8	$509 \pm 104^{\circ}$ $57,0$
subalpine	1	I	41	l	ľ	38	109	70	29	174	499
0/0	١.		8,3			9,2	21,9	14,0	13,7	34,9	60,0
alpine	1	I		66			109		- 67	174	449
0/0		1 2	[.	22,0			24,2		15,0	38,8	$316 + 133^{\circ}$ 55,0
(Etage nival)	[	[	[	(41)			(37)		(23)	(40)	(141)
0/0	1		l	(29,1)	I	1	(26,2)		(16,6)	(28,4)	$(103 + 38)^{+}$ (17,0)

 $^*$  Acrocarpes + Pleurocarpes

proportion des espèces est notablement supérieure pour les mousses à ce qu'elle est pour les hépatiques.

Le caractère archaïque de ces dernières se traduit nettement par leur préférence pour les conditions climatériques des zones inférieures.

Quant aux proportions relatives des Acrocarpes et Pleurocarpes, pour la totalité des espèces, nous avons:

Zones:	inférieure	moyenne	subalpine	alpine	pour les 4	zones
Acrocarpes %	<b>6</b> 8, <b>5</b>	65,0	$67,\!5$	70,0	70,0	)
Pleurocarpes	31,5	35,0	$32,\!5$	30,0	30,0	)

La prédominance des Acrocarpes est accusée dans les zones extrêmes; elle s'atténue un peu dans les intermédiaires. Elle est exactement la même dans la zone alpine que pour la totalité des espèces dans les 4 zones.

TABLEAU III
Répartition des espèces habitant chaque zone, suivant la situation de leur centre de gravité

Espèces	don	t le cen	tre de	gravite	se tro	ouve da	ns la z	one:	Totaux
de la zone:	infér	rieure	moy	enne	suba	lpine	alp	ine	Totaux
		<b>o</b> / <sub>o</sub>		0/0		°/o		0/0	
inféri <b>e</b> ure	189	40,2	208	44,3	66	14,0	7	1,5	470
moyenne	79	16,7	235	49,6	146	30,9	13	2,8	473
subalpine	17	3,4	173	34,7	237	47,6	72	14,3	499
alpine	9	2,0	106	23,6	163	36,3	171	38,1	449

Si nous admettons — ce qui est plausible — que les espèces autochtones, dans chaque zone, sont celles qui y ont leur centre de gravité, tandis que celles qui ont leur c. de g. dans d'autres zones sont des espèces immigrées, nous voyons que les proportions des espèces autochtones et immigrées, soit montées des zones plus basses, soit descendues des zones plus élevées, sont les suivantes:

		Espèce	s immigrées
H	Espèces autochtones	montées	descendues
Zone inférieure %	$40,\!2$		59,8
moyenne	49,6	16,7	33,7
subalpine	47,6	38,1	14,3
alpine	38.1	61.9	-

La proportion des espèces autochtones est plus faible dans les zones extrêmes, inférieure et alpine que dans les intermédiaires, moyenne et subalpine.

Pour la zone moyenne, les espèces immigrées descendues sont en proportion double de celles montées.

Ce rapport se renverse pour la zone subalpine où les espèces montées sont deux fois plus nombreuses que celles descendues.

Il faut attribuer ces faits à ce que, dans les zones moyenne et subalpine de notre pays, les forêts occupent une surface considérable et abritent une quantité d'espèces silvicoles qui peuvent passer d'une zone à l'autre.

Le Tableau IV nous renseigne sur le groupement des limites inférieures et supérieures des espèces habitant chaque zone. Les pourcents sont calculés sur le nombre total des espèces dans chaque zone.

 Limites
 Z. inférieure
 Z. moyenne
 Z. subalpine
 Z. alpine

 inférieures
 323 + 147 = 470 70 + 43 = 113 23.9 110 + 40 = 150 28.9 80 + 19 = 99 22.0 

 supérieures
 84 + 26 = 110 23.4 88 + 36 = 124 26.2 95 + 54 = 149 30.6 316 + 133 = 449 100

TABLEAU IV

(Acrocarpes + Pleurocarpes)

Le Tableau V montre la répartition des espèces de chaque zone entre les différentes catégories histologiques: Microdictyées, Sténodictyées, Eurydictyées, que j'ai distinguées dans la Flore des Mousses de la Suisse (je laisse de côté, pour des raisons pratiques, la catégorie des Hétérodictyées *Sphagnum* et *Leucobryum*).

	Z. inf	érieure	Z. mo	yenne	Z. sub	alpine	Z. a	lpine	(Etage	enival)
Microdictyées	264	°/ <sub>0</sub> 56,4	247	$^{0}/_{0}$ 52,3	234	°/ <sub>0</sub> 46,9	213	0/ <sub>0</sub> 46,3	(78)	°/ <sub>0</sub> (57,0)
Sténodictyées	131	28,0	165	34,9	182	36,5	148	32,2	(40)	(29,3)
Rhombodictyées Platydictyées	53 20	11,3 4,3	40 20	8,5 4,3	54 28	11,0 5,6	85 14	18,5 3,0	(19)	(13,7)
Total	468		472		498		460		(137)	

TABLEAU V

Pour l'ensemble des espèces habitant les quatre zones, les proportions sont les suivantes:

	Microdictyées	<b>50,0</b> %
	Sténodictyées	30,6
Eumodiatoria	Platydictyées	2,9
Eurydictyées	Rhombodictyées	16,5

La proportion des Microdictyées va en diminuant à mesure que l'on s'élève. A l'étage nival, cependant, elle atteint un maximum.

La proportion des Sténodictyées est minimum dans la zone inférieure; elle augmente de là à la zone subalpine, pour diminuer un peu dans la zone alpine.

Les Rhombodictyées ont leur minimum dans la zone moyenne; elles augmentent dans les zones supérieures et atteignent leur maximum dans la zone alpine (nombre considérable des *Bryum* alpins). Leur proportion, à l'étage nival, est relativement faible.

Les Platydictyées ont leur maximum dans la zone subalpine (Splachnacées et Mniacées), leur minimum dans la zone alpine.

Dans le Tableau VI, je donne la répartition zonale des trois grandes divisions des mousses d'après la structure anatomique du péristome, telle qu'elle est utilisée actuellement pour la classification générale de ces cryptogames, soit les *Aplolépidées*, les *Diplolépidées*, et les *Nématodontées*:

	Z. infé	rieure	Z. mo	yenne	Z. sub	alpine	Z. a	lpine	A 201	ans zones
Aplolépidées	164	°/ <sub>0</sub> 38,1	149	°/ <sub>0</sub> 33,6	151	°/ <sub>0</sub> 31,8	157	°/ <sub>0</sub> 36,4	281	°/ <sub>0</sub> 36,2
Diplolépidées	251	58,6	274	62,1	308	64,9	264	61,1	475	61,1
Nématodontées	14	3,3	19	4,3	16	3,3	11	2,5	21	2,7
Total	429		442		475		432		777	

TABLEAU VI

En comparant ces résultats à ceux obtenus pour la répartition des Acrocarpes et Pleurocarpes, on remarque une coïncidence à peu près complète en ce qui concerne les Aplolépidées et les Acrocarpes, ainsi que les Diplolépidées et les Pleurocarpes. Les proportions sont, ici aussi, les mêmes dans la zone alpine que pour la totalité des espèces dans les quatre zones; d'autre part, la proportion relative des Aplolépidées (comme celle des Acrocarpes) est plus forte dans les zones extrêmes que dans les intermédiaires. C'est dans la zone in-

férieure que se trouve la proportion maximale des Aplolépidées et le minimum des Diplolépidées. Dans la zone subalpine, la proportion des Aplolépidées devient minimale et celle des Diplolépidées maximale.

Le maximum pour les Nématodontées est dans la zone moyenne, le minimum dans la zone alpine.

Nous avons ainsi cette constatation remarquable: en ce qui concerne les facteurs d'ordres interne et externe qui déterminent la répartition zonale (altitudinale), les catégories Acrocarpes et Aplolépidées sont équivalentes; il en est de même pour les Pleurocarpes et les Diplolépidées.

J'ai indiqué (p. 17) la répartition zonale des espèces thermophiles. De ces espèces qui habitent la zone inférieure, la plupart rentrent dans l'élément monozonal I.

Passons maintenant en revue ces données statistiques pour chaque zone en particulier.

Zone inférieure. Tableau I: Les espèces qui ont leur c. de g. de répansion verticale dans la zone inférieure, au nombre de 189, représentent le 22,7 % du nombre total des espèces considérées de la flore des quatre zones.

Les proportions relatives des Acrocarpes et Pleurocarpes, pour ces espèces, sont 75,7 et 24,3 %.

Parmi ces espèces, l'élément monozonal représente le 58,1 %, les éléments éclectiques le 90,9 %, ceux indifférents le 9,1 %.

Tableau II: Le nombre total des espèces qui se trouvent dans cette zone est de 470, dont 323 (63,5 %) Acrocarpes et 147 (31,5 %) Pleurocarpes. Ce nombre représente le 56,5 % environ des espèces de la flore.

Les différents éléments se répartissent, dans ce nombre total, comme suit:

Elément	monozonal	23,4%
Eléments	éclectiques	48,1
	indifférents	51,9

Tableau III: Sur ces 470 espèces,

le	40,2 %	ont	leur	c.	de	g.	dans	la	zone	inférieure
	44,3									moyenne
	14,0									subalpine
	1,5									alpine

Il s'en suit que 281 espèces, soit le 59,8 %, peuvent être considérées comme immigrées, c.-à-d. descendues des zones plus élevées.

Tableau IV: 110 espèces (23,4 %) sur les 470 de la florule totale, atteignent, dans cette zone, leur limite supérieure, c.-à-d. ne la dépassent pas.

Tableau V: La répartition des espèces habitant la zone inférieure, sur les trois catégories histologiques principales, est la suivante:

264 (56,4 %) microdictyées 131 (28,0 %) sténodictyées 73 (15,6 %) eurydictyées

Tableau VI: Dans la florule totale, les Aplolépidées, au nombre de 164, représentent le 38,1 % du nombre total des espèces considérées, les Diplolépidées 251, le 58,6 %, et les Nématodontées 14, le 3,3 %.

Zone moyenne. Tableau I: 235 espèces ont leur c. de g. dans cette zone, soit le 28,2 % du nombre total pour les quatre zones.

146 Acrocarpes (62,2 %) 89 Pleurocarpes (37,8 %)

Les différents éléments se répartissent dans ce nombre comme suit:

Elément monozonal 3,4 % Eléments éclectiques 31,8 indifférents 63,2

Tableau II: Nombre total des espèces dans cette zone 473, dont 309 Acrocarpes (65,0 %) et 164 Pleurocarpes (35,0 %). 57 % environ des espèces de la flore.

Répartition des éléments:

Elément monozonal 1,7 % Eléments éclectiques 34,2 indifférents 42.6

Tableau III: Sur ces 473 espèces,

79 (16,7 %) ont leur c. de g. dans la zone inférieure 235 (16,7 %) moyenne 146 (30,9 %) subalpine 13 (2,8 %) alpine

Alors que 79 (16,7 %) sont montées de la zone inférieure, 159 espèces (33,7 %) sont descendues des zones supérieures; les espèces autochtones, au nombre de 235, représentent près de la moitié de la florule.

Tableau IV: 113 espèces (23,9 % de la florule totale) atteignent, dans cette zone, leur limite inférieure; 124 espèces (26,2 %) leur limite supérieure.

Tableau V: Les espèces habitant cette zone se répartissent comme suit:

	Microdictyées	247	(52,3%)
	Sténodictyées	165	(34,9%)
Funnidiatriána	Rhombodictyées	20	(4,3%)
Eurydictyées	Platydictyées	40	(8,5%)

Tableau VI: Dans la florule totale:

Aplolépidées	149 (33,6%)
Diplolépidées	274 (62,1 %)
Nématodontées	19 (4,3%)

Zone subalpine. Tableau I: Espèces ayant leur c. de g. dans cette zone: 237, soit le 28,5 % du nombre total des espèces pour les quatre zones. 160 Acrocarpes (67,3 %), et 77 Pleurocarpes (32,7 %).

Ces espèces se répartissent comme suit sur les différents éléments:

Elément	monozonal	17,3 %
Eléments	éclectiques	48,8
	indifférents	51.2

Tableau II: Nombre total des espèces dans cette zone: 499, dont Acrocarpes 331 (67,5 %), et Pleurocarpes 168 (32,5 %). 60 % environ des espèces de la flore.

## Répartition par éléments:

Elément	monozonal	8,2%
Eléments	éclectiques	37,7
	indifférents	62,3

## Tableau III: Sur ces 499 espèces:

17	( 3.4	%)	ont	leur	c.	de	g.	dans	la	zone	inférieure
173	(34,7)	%)									moyenne
237	(47,6)	%)									subalpine
72	(14,3)	%)									alpine

Les espèces autochtones (237) représentent donc un peu moins de la moitié du nombre total. Les espèces montées des zones inférieure et moyenne sont au nombre de 190 (38,1 %); les espèces descendues de la zone alpine, au nombre de 72 (14,3 %).

La proportion relativement faible des espèces descendues de la zone alpine, et celle relativement forte des espèces montées des zones plus basses, s'expliquent par l'étendue des forêts dans la zone subalpine, qui abritent beaucoup d'espèces silvicoles faisant défaut à la zone alpine. Tableau IV: 150 espèces (28,9 %) ont leur limite inférieure dans la zone subalpine. 149 espèces (30,6 %) y ont leur limite supérieure.

Tableau V:	Microdictyées	234	(46,9%)
	Sténodictyées	182	(36,5%)
Eurydictyées {	Platydictyées	28	(5,6%)
Eurydictyees	Rhombodictyées	54	(11,0%)
Tableau VI:	Aplolépidées	151	(31,8%)
	Diplolépidées	308	(64,9%)
	Nématodontées	16	(3,3%)

Zone alpine. Tableau I: Espèces ayant leur c. de g. dans cette zone: 171, soit le 20,6 %, du nombre total des espèces pour les quatre zones, Acrocarpes 134 (78,5 %), Pleurocarpes 37 (21,5 %). La proportion des Pleurocarpes est ici minimum.

Répartition de ces espèces sur les différents éléments:

Elément	monozonal	57,9~%
Eléments	éclectiques	$92,\!4$
	indifférents	7,6

Tableau II: Nombre total des espèces dans la zone alpine 449, dont 316 Acrocarpes (70 %), 133 Pleurocarpes (30,0 %). Ce nombre représente le 55,0 % environ du nombre total des espèces de la flore.

Les différents éléments se répartissent dans ce nombre comme suit:

```
Elément monozonal 22,0 %
Eléments éclectiques 46,2
indifférents 53,8
```

Tableau III: Sur ces 449 espèces,

9	(2,0)	%)	ont	leur	c.	de	g.	dans	la	zone	inférieure
106	(23,6)	%)									moyenne
163	(36,3)	%)									subalpine
171	(38,1)	%)									alpine

donc, près de 62 % des espèces de la zone alpine doivent être considérées comme immigrées, montées des zones plus basses.

Tableau IV: 99 des espèces (22,0 %) habitant la zone alpine, y ont leur limite inférieure, c.-à-d. n'en descendent pas.

Tableau V: Dans la zone alpine, la répartition est la suivante:

	Microdictyées	<b>46,3</b> %
	Sténodictyées	32,2
Enmediate for	Rhombodictyées	18,5
Eurydictyées	Platydictyées	3,0

Tableau VI: Aplolépidées 36,4 %, Diplolépidées 61,1 %, Nématodontées 2,5 %.

Etage nival. Le nombre des espèces de mousses qui se trouvent encore à cet étage, représente environ 17 % du nombre total de la flore, soit un pourcentage sensiblement supérieur à ce qu'il est pour les phanérogames. (C. Schröter, l. c., compte environ 300 plantes phanérogames à l'étage nival.)

Tableau I: Les espèces ayant leur c. de g. dans cet étage, sont au nombre de 17, soit environ 10 % des espèces dont le c. de g. est dans la zone alpine.

Tableau II: Total des espèces dans l'étage nival 141, soit 31,4 % du nombre total des espèces de la zone alpine:

103 Acrocarpes (73,0 %) et 38 Pleurocarpes (27,0 %)

Elément monozal (alpin) 29,1 %

Eléments éclectiques 55,3 indifférents 44,4

Tableau V: Microdictyées

78 (57,0 %)

Sténodictyées

40 (29,3 %)

Eurydictyées (Rhombodictyées + Platydict.) 19 (13,7 %)

## Limites boréales des Mousses des Alpes de la Suisse

(D'après les données de BERGGREN, BRYHN, BROTHERUS, etc.)

Sphagnum squarrosum 80° 30'

— Girgensohnii 79°

 $And reae a\ sparsifolia\ 67^{\circ}$ 

— alpestris 65°

— crassinervia 70°

— nivalis 70° 25'

Pleuridium alternifolium 63° 27'

- subulatum 60° 24'

- nitidum 59° 46′

Voitia nivalis (v. hyperborea) 76° Gymnostomum rupestre 70°

Anoectangium compactum 70° Dicranoweisia crispula 80° 40'

Oreoweisia Bruntoni 63° 27'

Rhabdoweisia fugax 70° 25′ — denticulata 70°

Cynodontium schisti 70°

— alpestre 70°

- gracilescens 62° 50'

— fallax 62° 33′

- polycarpum 80° 40'

Cynodontium strumiferum  $70^{\circ}$ 

Dichodontium pellucidum 70° 25'

Oncophorus virens 80° 30' Dicranella squarrosa 71°

- Grevilleana 76°

- rufescens 67° 20'

- varia 76°

- crispa 76°

— cerviculata 70° 25′

- subulata 76°

Aongstroemia longipes 70° Dicranum fulvellum 80° 40'

— falcatum 80° 25′

— Blyttii 79° 45′

- spurium  $70^{\circ}$ 

- undulatum 70°

- majus 71°

- scoparium 80° 40'

— Muehlenbeckii 79° 45'

- fuscescens 80° 20'

Sendtneri 76° 30′

Dicranum elongatum 80° 40' Grimmia torquata 76° groenlandicum 76° 50' subsulcata 70° montanum 70° commutata 67° 17' flagellare 64° 30' leucophaea 61° 26' fulvum 61° 50' montana 69° 25' longifolium 70° 40' elongata 69° 40' — Bergeri 70° ovata 71° Campylopus Schimperi 69° 47' Muehlenbeckii 63° 27' Schwarzii 62° 45' — trichophylla 63° 28′ subulatus 62° 31' pulvinata 63° 28' fragilis 62° 40' mollis 70° - atrovirens 65° 6' Dryptodon patens 69° 40' brevipilus 63° 52' Hartmani 69° 40' Dicranodontium longirostre 67° 40' atratus 62° 24' - aristatum 62° 30' Rhacomitrium protensum 64° 35' circinatum 61° 53' obtusum 69° 33' Metzleria alpina 60° 10' affine  $69^{\circ} 10'$ Trematodon brevicollis 70° fasciculare 80° 30' Leucobryum glaucum 66° 1' microcarpum 70° 25' Fissidens bryoides 70° 25' — heterostichum 69° 30′ — adiantoides 70°′ sudeticum 70° 25' Seligeria Doniana 69° 20' canescens 80° 40' - recurvata 69° 54' lanuginosum 80° 40' Blindia acuta 79° 50' Hedwigia ciliata 71° Ceratodon purpureus 80° 40' Amphoridium Mougeotii 70° 25' Ditrichum homomallum 60° 40' Zygodon viridissimus 67° 17' - vaginans 63° 27' conoideus 61° 37′ — tortile 69° 40′ Ulota americana 70° 25' - flexicaule 80° 40' Bruchii 69° 40' Distichium capillaceum 80° 30' crispula 68° 8' Pottia Heimii (v. arctica) 70° intermedia 66° crispa 62° 13' Didymodon rufus 70° Desmatodon latifolius 79° 45' Orthotrichum anomalum 67° obliquus 70° urnigerum 62° 35' systylius 79° 45' fastigiatum 63° 30' — Laureri 70° - leiocarpum 70° Barbula unguiculata 67° 20' — Killiasii 70° - fallax 70° pallens 63° 32' stramineum 68° 7' Aloina brevirostris 70° Syntrichia subulata 70° 20' alpestre 70° 25' - mucronifolia 80° 20' Philiberti 61° 50' — montana 70° 25′ — Schimperi 62° 31′ — ruralis 80° 40′ - tenellum  $58^{\circ} 58'$ Schistidium apocarpum 80° 40' Rogeri 63° - Lyellii  $62^{\circ}$  45'alpicola 76°

angustum 70°

decipiens 63° 27'

— gracilis 76°
 Grimmia elatior 70°

anomala 71°

obtusifolium 69° 23′
 Brachysteleum polyphyllum 62° 2′
 Encalypta rhabdocarpa (v. arctica) 80
 streptocarpa 70°

diaphanum 60° 25'

Dissodon Froehlichianus 69° 46' Meesea longiseta 70° - splachnoides 70° 40' Paludella squarrosa 76° Tayloria tenuis 70° 45' Catoscopium 79° 45' Tetraplodon angustatus 70° 40' Aulacomnium palustre 80° 40' Splachnum ampullaceum 63° 47' Bartramia crispa 70° 25' Funaria hygrometrica (v. arctica) 70° - ithyphylla 80° 40' Schistostega osmundacea 66° 17' Conostomum boreale 80° 30' Anomobryum filiforme 67° Breutelia 62° 44' Philonotis seriata 70° — concinnatum 70° Plagiobryum Zierii 76° — fontana 80° 20′ — demissum 70° — calcarea 68° 47′ Pohlia annotina 80° 30' Timmia austriaca 76° pulchella 70° 30' bavarica 70° 25' cucullata 76° norvegica 79° 45′ — Ludwigii 80° 40′ Tetrodontium 69° 25' — commutata 76° Catharinea tenella 66° 24' acuminata 76° - undulata 69° 10' longicolla 70° — Hausknechtii 60° 10′ nutans 80° 40' Oligotrichum hercynicum 70° 40' cruda 80° 40' Pogonatum alpinum 80° 40' Mniobryum albicans 70° 25' aloides 64° 30′ Bryum arcticum 80° 20' nanum 62° 30' pendulum 80° 30' Polytrichum piliferum 80° 40' inclinatum 76° gracile 70° 25' oeneum 80° 30' formosum  $62^{\circ} 52'$ obtusifolium 80° 40' — commune 79° 50′ pallescens 79° 45' strictum 80° 40′ microstegium  $70^{\circ}$ Buxbaumia aphylla 70° -- Culmannii 65° Diphyscium 70° Schleicheri v. latifolium 70° 25' Fontinalis antipyretica 70° 25' — squamosa 67° 56′ alpinum 65° 57' Muehlenbeckii 68° 13' Leucodon sciuroides 63° Antitrichia 71° Mildeanum 65° 57' Pterogonium 63° Stirtoni 65° Neckera pennata 60° 9' argenteum 80° 20' crispa 63° veronense 65° complanata 69° Rhodobryum roseum 69° 47' Homalia 69° 30' Mnium affine 79° 45' Pterygophyllum 63° — medium 70° 15′ Myurella apiculata 76° cuspidatum 70° 30' Pterygynandrum filiforme 80° 40' orthorrhynchum 76° Leskea polycarpa 61° 50' — Blyttii 76° Anomodon viticulosus 67° 18' - hornum 71°' apiculatus 67° spinosum  $69^{\circ} 42'$ attenuatus 63° 45' stellare 70° 25' - longifolius 69° 10' hymenophylloides 70° Pseudoleskeella catenulata 79° 45' subglobosum 70° 25' - tectorum 79° 45' undulatum 67° 15' Pseudoleskea atrovirens 70° 25' Amblyodon dealbatus 70°

— patens 70°

Meesea triquetra 76°

Heterocladium squarrosulum 68° Hygroamblystegium filicinum 76° Thuidium abietinum 69° Cratoneurum commutatum 70° 40' heteropterum 68° 12' decipiens 70° 10' tamariscinum 63° 28' falcatum 70° Philiberti 69° 18′ irrigatum 70° 10' recognitum 68° 24' Campylium Halleri 70° 15' delicatulum 62° 25' - chrysophyllum 70° 15' Helodium lanatum 70° 30' stellatum 76° Pylaisia polyantha 70° polygamum 76° Orthothecium rufescens 70° Drepanocladus exannulatus 79° 50' chryseum 79° 45' Kneiffii 80° 20' binervulum 70° revolvens 80° 30' strictum 80° 40' uncinatus 80° 40' Entodon orthocarpus 69° 40' Homomallium incurvatum 68° 47' Isothecium myurum 67° 17' Drepanium fastigiatum 69° 40' - myosuroides 67° 17' Sauteri 67° 18′ Homalothecium sericeum 70° 20' hamulosum 76° Camptothecium nitens 76° — callichroum 80° 40′ Ptychodium plicatum 70° 25' revolutum 80° 30' Brachythecium albicans 71° - cupressiforme 70° 10' — glareosum 70° 30′ — imponens 67° 17′ salebrosum 80° 40' Vaucheri 70° 25' velutinum 70° 15′ Bambergeri 76° trachypodium 80° 20' pratense 76° collinum 74° Ctenidium procerrimum 76° 30' Starkii 70° 25′ Hygrohypnum ochraceum 76° glaciale 70° 25' — arcticum 70° 40′ — populeum 71° Goulardi 70° - plumosum 76° molle 79° 45' rutabulum 70° 5' alpinum 70° -- rivulare 70° 20' norvegicum 70° Acrocladium 70° 15' Eurynchium cirrosum 76° piliferum 69° 47′ Calliergon scorpioides 71° — strigosum 67° - turgescens 79° 50' diversifolium 76° stramineum 80° 30' striatum 65° 57' sarmentosum 80° 30' Rhynchostegium murale 67° 20' — giganteum 76° cordifolium 80° 20' Plagiothecium denticulatum 80° 40' silvaticum 71° Hylocomium Schreberi 79° 45' - silesiacum 69° 58 loreum 71° 10' piliferum 70° triquetrum 70° striatellum 71° — squarrosum 76° Isopterygium elegans 66° 50' splendens 80° 40' umbratum 69° 40' - depressum 66° 10' - pulchellum 80° 30' brevirostre 62° 11' Amblystegium serpens 70° 20' pyrenaicum 70°

Parmi les Mousses de la Flore suisse, nous trouvons ainsi 102 espèces circumpolaires-alpines; ce qui représente plus de 10 % du

— Sprucei 80° 30′

Rhytidium 70°

nombre total des espèces de la Flore, et près de 50 % des espèces rentrant dans l'élément boréal- et subarctique-alpin.

Rapporté à la florule de la zone alpine, le nombre des espèces circumpolaires représente 20 % environ.

De ces 102 espèces circumpolaires alpines, 50, soit la moitié environ, dépassent le  $80^{\rm eme}$  degré lat. N.

A titre de comparaison, je rappellerai que R. Chodat (Bull. Soc. botan. de France 1894) indique 120 espèces de phanérogames circumpolaires-alpines, soit une proportion de beaucoup inférieure.

De même, selon Rikli (1917), les plantes vasculaires qui atteignent ou dépassent le 80<sup>ème</sup> degré lat. N., sont au nombre de 112 espèces, dont 41 se retrouvent dans les Alpes.