

**Zeitschrift:** Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich  
**Herausgeber:** Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)  
**Band:** 119 (1994)

**Artikel:** Compte rendu de la 2ème Excursion Internationale de Phytosociologie en Suisse (14-21 juillet 1991)  
**Autor:** Gallandat, Jean-Daniel / Landolt, Elias / Bettschart, A.  
**Kapitel:** 3: Végétation des lapiés du Muotatal  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-308983>

#### **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:** 07.01.2026

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

### 3. Végétation des lapiés du Muotatal

F. GILLET, J.-P. THEURILLAT, A. DUTOIT, E. HAVLICEK, M. BUECHE, A. BUTTLER

#### 3.1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE

(par Jean-Paul THEURILLAT)

##### 3.1.1. Situation géographique

Le Muotatal est situé dans le canton de Schwyz. Il tire son nom de la rivière Muota qui le parcourt, avant de se jeter dans le lac des Quatre-Cantons à Brunnen. La partie inférieure de la vallée, jusqu'à Hinterthal, est comprise entre 500 et 600 m d'altitude. On s'élève ensuite graduellement jusqu'à 1150 m, dans la partie supérieure, appelée Bisistal, près de la frontière avec le canton d'Uri.

La région est typique des Préalpes calcaires du nord. Elle possède un système karstique très étendu, le plus grand de Suisse, qui occupe la partie supérieure de la rive droite. En effet, de Hinterthal à la frontière uranaise, une vaste zone de lapiés s'étend vers l'est, jusqu'à la frontière glaronnaise. A ce système karstique est lié le célèbre réseau de gouffres et de galeries du Höllschloch, un des plus vastes connus en Europe.

Pour l'excursion, nous avons choisi d'étudier un transect dans la forêt subvierge de Bödmeren, sur karst.

##### 3.1.2. Géologie et géomorphologie

(par Annelise DUTOIT)

L'alpe et la forêt de Bödmeren occupent l'une des ramifications de la vallée de la Muota, le sillon du col du Pragel. A l'est culmine la coupole argentée de la Silbern, façonnée par le glacier dans le calcaire massif clair de l'Urgonien (Schrattenkalk), ce qui a laissé un karst nu! La région de la Silbern, où se trouve la forêt de Bödmeren, est avec la Charetalp le centre du plus vaste karst de Suisse (250 km<sup>2</sup>).

Le paysage karstique présente ici un aspect classique et complet: en surface rochers sculptés, rongés de lapiés (ensemble des arêtes vives, rigoles et trous dans la roche calcaire), terrain troué de trous profonds et miné de cavernes en profondeur. C'est ici même, à quelque 500 m sous la surface, que se trouve le Höllloch (découvert en 1875 par Aloïs ULRICH de Muotatal), vaste réseau de galeries (129.5 km en 1976) se ramifiant sur plusieurs niveaux (525 m entre le point le plus bas et le point le plus haut). Ces réseaux souterrains sont creusés par les eaux d'infiltration abondantes; en effet, on mesure 2500 mm de précipitations dans cette région et pourtant les sols sont relativement secs et pauvres, car la majorité de l'eau est drainée en profondeur.

Les strates calcaires de cette région, datant du Secondaire supérieur (Crétacé), appartiennent aux écailles de Silbern (Obere und Untere Silbern-Schuppe, HANTKE, 1982). L'alternance de couches de calcaire compact clair (Urgonien, Schrattenkalk) et de calcaire marneux sombre et faiblement siliceux, parfois un peu délité (cf. Drusberg et Altmann Schichten du Barrémien inférieur), crée un paysage "ridé" par les crêtes de calcaire, partiellement dénudées, séparées par des combes où s'accumule du matériau un peu argileux. Le dos des couches constitue souvent de grandes surfaces au sol peu profond (dipslope).

La diversité des lapiés est grande dans les Silbern: lapiés à cannelures ou à rigoles (rigoles provoquées uniquement par l'eau de pluie), lapiés à diaclases lorsque des fentes dans la roche sont élargies par la dissolution; les crevasses peuvent atteindre alors plusieurs mètres de profondeur. Mais dans la région de Bödmeren la majorité des lapiés sont ronds, ce qui signifie qu'une couche de sol les a longtemps recouverts, émoussant les arêtes. Dans le karst nu, ils témoignent d'une végétation antérieure détruite par le déboisement ou le passage des bêtes. Dans la forêt elle-même, les gradins rocheux sont plus hauts et les lapiés à diaclases profonds présentent souvent des puits rendant la progression difficile.

### 3.1.3. Climat

Le climat est typiquement subocéanique et les précipitations sont abondantes. On se trouve dans une des régions les plus arrosées de Suisse, avec plus de 2500 mm de précipitations à 1460 m (station de Hoch-Ybrig dans le Sihltal, à quelques kilomètres au nord; station de Bisistal, à 785 m: 2290 mm). Par comparaison, Einsiedeln, situé à 910 m, reçoit 1650 mm (avec une température moyenne annuelle de 5.7°C).

L'absence de chaînes de montagnes protectrices, à orientation sud-nord, détermine que la région est fortement ventée dans les hauteurs. Le foehn se fait encore un peu sentir dans la vallée.

### 3.1.4. Flore

La flore est typique des Préalpes calcaires. Elle renferme des éléments intéressants, comme *Nigritella nigra* subsp. *rubra*, *Daphne striata*, *Saxifraga aphylla*, *Rumex nivalis*, *Salix waldsteiniana*, *Primula integrifolia*, *Calyco-corsus stipitatus*, *Crepis terglouensis*, espèces des Alpes orientales dont les trois premières atteignent leur limite occidentale dans la région; *Arabis serpillifolia*, *Daphne alpina*, *Galeopsis speciosa*, espèces rares en Suisse; *Hypericum coris*, localisé en Suisse uniquement dans la vallée à foehn de la Suisse centrale; *Viola cenisia*, plus ou moins en limite nord-orientale (SUTTER et BETTSCHART, 1982; WELTEN et SUTTER, 1982).

### 3.1.5. Végétation

Le Muotatal passe de l'étage montagnard inférieur dans le fond de la vallée, à l'étage subnival vers ses plus hauts sommets (Bös Fulen, 2801 m; Höch Turm, 2666 m; Ortstock, 2521 m).

**L'étage montagnard** est le domaine du *Fagion* (*Cardamino-Fagetum*, *Carici-Fagetum*, *Abieti-Fagetum*) et des prés et pâturages de *l'Arrhenatherion*, du *Polygono-Trisetion* et du *Cynosurion*. On trouvera chez LIENERT (1982) des indications phytosociologiques sur l'étage montagnard aisément transposables au Muotatal.

**L'étage subalpin** (1200-1300 m à 1900-2000 m) occupe une grande partie du territoire. C'est le domaine de l'*Aceri-Fagetum* (peu) et des pessières subalpines, particulièrement la pessière à *Calamagrostis villosa* (*Sphagno-Piceetum* Kuoch 1954 *calamagrostietosum villosae* Ellenberg et Klötzli 1974), dominante, avec sur les endroits plus secs le *Veronico latifoliae-Piceetum* Ellenberg et Klötzli 1974, et dans les endroits les plus frais le *Piceo-Adenostyletum* Ellenberg et Klötzli 1974. Sur les croupes karstiques sèches, on rencontre également l'*Erico-Pinetum mugo* Braun-Blanquet 1939, et, à l'étage subalpin supérieur, des fragments du *Pinetum pumilionis* Beger 1922 (= *Rhododendro hirsuti-Pinetum mugo* Braun-Blanquet 1939). La forme couchée du pin de montagne, l'arole et le mélèze sont absents de la région (SUTTER et BETTSCHART, 1982). Dans les parties supérieures de l'étage, il faut

encore mentionner les brousses à *Alnus viridis*, *Salix appendiculata*, *S. waldsteiniana*, *Rhododendron hirsutum*, *R. ferrugineum*, etc. Les pâturages sont le domaine du *Cynosurion* et du *Poion alpinae*.

L'étage alpin regroupe la végétation classique des montagnes calcaires, avec principalement des pelouses du *Seslerion albicans* et du *Caricion ferruginea* dans les parties inférieures de l'étage, des combes à neige du *Salicion herbaceae* et de l'*Arabidion caeruleae* dans les parties supérieures, auxquelles s'ajoutent la végétation rupicole azonale du *Potentillon caulescens* et celle des éboulis des *Thlaspietalia*.

En ce qui concerne les travaux phytosociologiques selon la méthode sigmatische classique, les étages subalpin supérieur et alpin de la région ont été étudiés par SUTTER et BETTSCHART (1982), qui indiquent également quelques groupements de l'étage montagnard. On trouvera chez LIENERT (1982) des indications aisément transposables en ce qui concerne la végétation sur calcaire, pour les forêts, les prés et les pâturages. Aux groupements cités par SUTTER et BETTSCHART (1982), on peut en rajouter encore trois.

• Le *Dryopterido rigidae-Valerianetum montanae* Aichinger 1933 (*Petasition paradoxi*, *Thlaspietea rotundifolii*) correspond à la végétation des trous et des crevasses de dissolution du lapié de profondeur moyenne (30-60 cm), à longue durée d'enneigement et où s'accumule la terre fine (concordance écologique avec les éboulis grossiers). Le relevé suivant illustre ce type de végétation:

Alt. 2035 m, trous et fissures de dissolution de 30 à 60 cm de profondeur sur un lapié de pente 20-25°, orienté à l'ouest; superficie des trous et fissures relevée 3-4 m<sup>2</sup>, recouvrement de la végétation de 10-15%; 15.7.1989:

**Espèces caractéristiques et différentielles de l'alliance :**

1.2 *Dryopteris villarii*  
+.2m *Asplenium viride*  
+.2 *Polystichum lonchitis*

**Espèces caractéristiques et différentielles d'ordre :**

1.1m *Arabis alpina*  
+.2 *Arabis soyeri*  
r° *Adenostyles alliariae*  
r° *Peucedanum ostruthium*  
+.2° *Calamagrostis sp.*

+.2p *Doronicum grandiflorum*  
+.2 *Poa minor*

**Espèces caractéristiques et différentielles de classe :**

+.2 *Cystopteris alpina*  
+.2p *Asplenium trichomanes*

**Autres espèces :**

+.2 *Viola biflora*  
+.2° *Hieracium sylvaticum*  
(+.2) *Saxifraga rotundifolia*  
(+.2) *Diphagium alpinum*

• Le *Crepidio aureae-Festucetum commutatae* Lüdi 1948 (*Poion alpinae*, *Molinio-Arrhenatheretea*) correspond, sensu lato, aux pâturages gras subalpins (= *Poo-Prunelletum vulgaris* Oberdorfer 1950; *Trifolio thalii-Poetum alpinae* Dietl) et peut se présenter sous plusieurs formes (DIETL in LIENERT, 1982). Dans les Préalpes calcaires fribourgeoises, RICHARD (1977) fait remarquer que les pâturages du *Poion alpinae* présentent trois tendances, ce qui se vérifie ici également:

- tendance thermophile, avec des espèces des *Seslerietalia*;
- tendance acidophile, avec des espèces des *Nardetalia*;
- tendance fraîche, avec des espèces des *Salicetea herbaceae*.

Le relevé suivant est une variante maigre fauchée, penchant vers la tendance acidophile:

"Roggenstöckli", alt. 1630 m, orientation ESE, pente 35°, superficie relevée 50m<sup>2</sup>, recouvrement de la végétation de 100%; 15. 7. 1989

**Espèces caractéristiques et différentielles de l'alliance :**

2.2b	<i>Phleum alpinum</i>
1.2	<i>Poa alpina</i>
1.2	<i>Ranunculus montanus</i>
2.2a	<i>Crepis aurea</i>
1.2	<i>Trifolium badium</i>
+	<i>Veronica alpina</i>

**Espèces caractéristiques et différentielles d'ordre :**

2.2m	<i>Veronica chamaedrys</i>
2.2	<i>Alchemilla monticola</i>
+.2	<i>Dactylis glomerata</i>
+.2	<i>Heracleum sphondylium</i>
+	<i>Leontodon hispidus</i>

**Espèces caractéristiques et différentielles de classe :**

2.2b	<i>Festuca pratensis</i>
1.2	<i>Ranunculus acris</i> subsp. <i>frieseanus</i>
1.2	<i>Trifolium pratense</i>
2.2b	<i>T. repens</i>
1.1	<i>Taraxacum officinale</i>
+.2	<i>Plantago lanceolata</i>
+	<i>Prunella vulgaris</i>
+	<i>Cerastium fontanum</i> s. str.

**Autres espèces :**

2.2b	<i>Festuca nigrescens</i>
2.2a	<i>Anthoxanthum alpinum</i>
2.2b	<i>Agrostis capillaris</i>
2.3b	<i>Hypericum maculatum</i>
+	<i>Silene vulgaris</i>
+.2	<i>Plantago media</i>
1.2m	<i>Campanula rotundifolia</i>
+.2	<i>Potentilla aurea</i>
+.2	<i>Luzula multiflora</i>
r	<i>Botrychium lunaria</i>
+	<i>Galium pumilum</i>
2.1b	<i>Phyteuma spicatum</i>
2.2a	<i>Geranium sylvaticum</i>
1.2	<i>Trollius europaeus</i>
1.2	<i>Rumex alpestris</i>
1.2p	<i>R. alpinum</i>
1.2	<i>Alchemilla gr. glabra</i>
+.2	<i>Ranunculus aconitifolius</i>
+.2	<i>Silene dioica</i>
r°	<i>Senecio alpinus</i>
+.2	<i>Deschampsia caespitosa</i>
+	<i>Myosotis sylvatica</i>
+.2	<i>Lysimachia nemorum</i>
+.2	<i>Sagina linnaei</i>
+.2	<i>Bartsia alpina</i>
+	<i>Carduus defloratus</i> subsp. <i>defloratus</i>
+.2	<i>Alchemilla conjuncta</i>

• Le *Senecionion doronici-Caricetum sempervirentis* J.-L. Richard 1977 prov. (*Caricion ferrugineae*, *Elyno-Seslerietea*) correspond à l'aile thermophile du *Caricion ferrugineae*, faisant la transition vers le *Seslerion*, et particulièrement vers le *Seslerio-Caricetum sempervirentis*. Cependant, il lui manque les espèces caractéristiques du *Seslerion*, comme *Oxytropis jacquinii*, *Leontopodium alpinum*, *Gentiana brachyphylla* subsp. *favratii*. Les espèces de l'ordre et de la classe sont assez peu représentées et le groupement comprend plusieurs espèces mésophiles. Il s'agit d'une pelouse plus fermée que celle du *Seslerio-Caricetum*, dont le nombre spécifique moyen est plus élevé, et qui est encore pâturée par le bétail. Le groupement apparaît cependant moins mésophile dans le Muotatal que dans les Préalpes fribourgeoises. Voici un relevé de ce groupement:

"Chli Mälchäli", alt. 1980 m, exposition WSW, pente 25°, recouvrement de la végétation de 90%, superficie relevée de 15 m<sup>2</sup>, 15.7.1989

**Espèces caractéristiques et différentielles d'alliance :**

1.2	<i>Carex ferruginea</i>
1.2	<i>Festuca puccinellii</i>
1.2	<i>Molinia caerulea</i> subsp. <i>caerulea</i>
1.1	<i>Trollius europaeus</i>
1.1	<i>Ligusticum mutellina</i>
+	<i>Anemone narcissiflora</i>

**Espèces caractéristiques et différentielles d'ordre :**

2.2a	<i>Globularia nudicaulis</i>
1.2	<i>Leucanthemum adustum</i>
1.2	<i>Polygala alpestris</i>
+	<i>Galium anysophyllum</i>
+	<i>Thesium alpinum</i>
+.2	<i>Daphne striata</i>
+.2	<i>Anthyllis vulneraria</i> subsp. <i>alpestris</i>
+	<i>Pedicularis verticillata</i>
+.2	<i>Pulsatilla alpina</i> subsp. <i>alpina</i>
+	<i>Senecio doronicum</i>
+.2	<i>Scabiosa lucida</i>

**Espèces caractéristiques et différentielles de classe :**

1.2	<i>Sesleria albicans</i>
1.2	<i>Androsace chamaejasme</i>
+.2	<i>Dryas octopetala</i>
1.2	<i>Erica carnea</i>
+	<i>Phyteuma</i> cf. <i>orbiculare</i>
+	<i>Gentiana clusii</i>
+.2	<i>Helianthemum nummularium</i> subsp. <i>grandiflorum</i>

**Autres espèces :**

4.3b	<i>Carex sempervirens</i>
1.2	<i>Tofieldia calyculata</i>
1.2	<i>Selaginella selaginoides</i>
+.2	<i>Aster bellidiastrium</i>
+	<i>Pinguicula alpina</i>
1.2	<i>Soldanella alpina</i>
1.2	<i>Primula integrifolia</i>
1.2	<i>Polygala chamaebuxus</i>
1.2	<i>Agrostis alpina</i>
+.2	<i>Anthoxanthum alpinum</i>
+	<i>Lotus corniculatus</i>
+	<i>Ranunculus montanus</i>
1.2	<i>Nardus stricta</i>
+.2	<i>Potentilla erecta</i>
+.2	<i>Arnica montana</i>
+	<i>Leuchorchis albida</i>
r	<i>Gymnadenia conopsea</i>
+	<i>Polygonum viviparum</i>
r	<i>Leontodon helveticus</i>
+	<i>Gentianella cf. campestris</i>
+	<i>Campanula scheuchzeri</i>
+.2°	<i>Juniperus communis</i> subsp. <i>nana</i> (diff. ass.)
+.2°	<i>Calluna vulgaris</i>
+.2°	<i>Vaccinium myrtillus</i>
+.2°	<i>Vaccinium uliginosum</i> subsp. <i>microphyllum</i>
1.1	<i>Homogyne alpina</i>
+.2	<i>Huperzia selago</i>
+	<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>minuta</i>
+.2	<i>Hieracium</i> sp.
+	<i>Euphrasia</i> sp.

## 3.2. APPROCHE SYNUSIALE DE LA VÉGÉTATION DES LAPIÉS DE BÖDMEREN

(par François GILLET)

### 3.2.1. Méthodologie

L'approche synusiale intégrée est une nouvelle méthode phytosociologique dont les concepts ont été définis en détail par GILLET, JULVE et FOUCault (1991). Son principe repose sur la reconnaissance de plusieurs niveaux de description de l'organisation de la végétation, le niveau de base (celui de l'"individu d'association") étant la synusie végétale. Le passage d'un niveau à l'autre se fait par intégration des taxons phytosociologiques élémentaires, selon le modèle de la symphytosociologie.

Une **synusie** se définit comme un ensemble d'organismes, suffisamment proches par leur espace vital, leur comportement écologique et leur périodicité pour partager à un moment donné un même "microbiotope" à l'intérieur d'une biogéocénose. Une synusie végétale est caractérisée par une composition floristique homogène, ainsi que par la forte représentation d'une stratégie adaptive, d'un type morphologique végétatif et d'un type biologique déterminés.

À un niveau supérieur d'intégration, une **phytocénose** correspond à une communauté végétale formée d'un complexe de synusies végétales organisées spatialement (mosaïque, superposition), temporellement (phénophases) et fonctionnellement (cycles de régénération, création d'un milieu endogène, etc.) au sein d'une même biogéocénose, et présentant de fortes relations de dépendance écologique, dynamique et génétique.

Ainsi, selon cette approche, une phytocénose forestière sera décrite par une liste quantifiée de syntaxons élémentaires (types de synusies muscinales, herbacées, arbustives et arborescentes), plutôt que par une simple liste d'espèces (association forestière classique).

L'organisation spatio-temporelle d'une phytocénose pourra être représentée à l'aide d'un réseau systémique, dans lequel les composants du système (synusies végétales identifiées chacune à un syntaxon élémentaire) sont reliés par des flèches symbolisant la nature et le déterminisme principal des interrelations.

### 3.2.2. Situation des stations étudiées (fig. 3.1, p. 85ff.)

Lors des visites préliminaires, du 14 au 17 juillet 1939 et du 27 au 29 août 1990, la végétation et les sols de 4 stations (biogéocénoses) firent l'objet d'une description détaillée, dans le but de comprendre l'organisation synusiale de 4 phytocénoses complexes.

Ces stations visitées pendant l'excursion se situent toutes à l'intérieur de la Réserve de Bödmeren (commune de Muotatal), entre 1520 et 1600 m d'altitude, à l'étage subalpin.

La **station I** se trouve à l'ouest de la forêt de Bödmeren, dans une zone essentiellement asylvatique, vers 1580 m d'altitude, en bordure d'une vaste dépression (Tälti). La géomorphologie est celle d'un lapié relativement ouvert et irrégulier, laissant apparaître de fortes traces d'érosion (lapiés ronds, poches d'accumulation de matériaux d'altération). Les bancs calcaires présentent un léger pendage vers le nord-ouest.

La **station II**, à 200 m au nord-est de la précédente, est installée sur une crête boisée, dont les couches de calcaire dur sont très redressées et forment des reliefs arrondis entaillés par de profondes crevasses. L'altitude avoisine les 1600 m.

La **station III** se situe à plus d'un kilomètre au nord des deux précédentes, au cœur de la "forêt vierge" de Bödmeren. Elle occupe une crête de calcaire dur, le pendage des couches étant orienté vers le sud-sud-est. Il s'agit d'un lapié très fermé, les diaclases y étant peu fréquentes et très étroites. L'altitude s'élève à 1530 m.

La **station IV** jouxte la précédente vers le sud (altitude environ 1520 m). Elle correspond à une dépression dans laquelle on observe un lapié nettement plus ouvert (nombreuses et larges diaclases), laissant affleurer un calcaire marneux sombre et riche en silice. Cette station s'ouvre vers le sud-est sur une vaste clairière (mégaphorbiaie, cf. relevé 501).

### 3.2.3. Typologie des synusies végétales

#### *Echantillonnage et tri des relevés*

Les 57 relevés synusiaux effectués par les participants aux visites préliminaires ont été soumis à une procédure de classement automatique (clustering), à l'aide du programme Mulva-4 (WILDI et ORLOCI, 1990).

Sur la base de cet échantillonnage limité, nous avons ainsi pu reconnaître provisoirement 28 syntaxons élémentaires, que nous présentons ici dans 7

tableaux phytosociologiques élaborés (tab. 3.1 à 3.7, pp. 75-84).

Dans ce travail préliminaire, nous n'avons pas jugé opportun de désigner les syntaxons élémentaires selon la nomenclature phytosociologique; aucune association n'est donc définie ici validement. Chaque syntaxon élémentaire est désigné par un code formé d'une lettre symbolisant l'ensemble structurel et d'un numéro d'ordre par strate:

A	ensemble structurel arborescent supérieur
a	ensemble structurel arborescent inférieur
B	ensemble structurel arbustif supérieur
b	ensemble structurel arbustif inférieur
H	ensemble structurel herbacé supérieur
h	ensemble structurel herbacé inférieur
M	ensemble structurel muscinal supérieur
m	ensemble structurel muscinal inférieur

La nomenclature des idiotaxons se réfère à *Flora europaea* (TUTIN et al. 1964-1980) pour les Spermatophytes et les Ptéridophytes, et à GEISSLER et URMÍ (1984) pour les Bryophytes. La nomenclature des syntaxons herbacés, arbustifs et arborescents (classes, ordres et alliances) est largement inspirée du Synopsis phytosociologique de la France (JULVE 1991), qui nous a guidé dans le tri des espèces caractéristiques et différentielles (tab. 3.3 et 3.4).

## Catalogue des relevés synusiaux

(<sup>1</sup> Les numéros en caractères normaux désignent les relevés effectués entre le 14 et le 17 juillet 1989, tandis que les numéros en italiques désignent les relevés effectués entre le 27 et 29 août 1990.)

### Synusies arborescentes

N° relevés <sup>1</sup>

A1-a1	<i>Picea abies</i>	113 308 409
a2	<i>Pinus uncinata</i>	203

### Synusies arbustives

B1	<i>Pinus uncinata - Betula pubescens</i>	104 114
b2	<i>Sorbus chamaemespilus - Salix appendiculata</i>	103 115 601

### Synusies herbacées

h1	<i>Festuca pulchella - Carex ferruginea</i>	101 116
h2	<i>Carex ornithopoda - Dryas octopetala</i>	105 202 207
h3	<i>Carduus defloratus - Carex sempervirens</i>	209
H4	<i>Rhododendron hirsutum - Erica herbacea</i>	102 117 118 211
H5	<i>Empetrum nigrum hermaphroditum - Rhododendron ferrugineum</i>	132 204
H6	<i>Rhododendron ferrugineum - Molinia caerulea</i>	201
h7	<i>Saxifraga rotundifolia - Viola biflora</i>	119 302 402
h8	<i>Polystichum lonchitis - Dryopteris villarii</i>	215
h9	<i>Asplenium viride - Cystopteris fragilis</i>	205 403
h10	<i>Valeriana tripteris - Polystichum lonchitis</i>	110 206
h11	<i>Luzula luzulina - Vaccinium myrtillus</i>	301 309
H12	<i>Cicerbita alpina - Athyrium distentifolium</i>	401 501 701

### Synusies muscinales

m1	<i>Campylium halleri - Schistidium apocarpum</i>	106 210 307 406
m2	<i>Encalypta streptocarpa - Fissidens cristatus</i>	108
m3	<i>Tortella tortuosa - Ctenidium molluscum</i>	109 216 306
m4	<i>Ditrichum flexicaule</i>	107
m5	<i>Tortula norvegica - Tortella densa</i>	208
M6	<i>Pseudoleske plicata - Hylocomium pyrenaicum</i>	405
M7	<i>Barbilophozia lycopodioides</i>	111 212
M8	<i>Rhytidadelphus squarrosus calvescens - Brachythecium starkei curtum</i>	404
M9	<i>Ptilium crista-castrensis - Pleurozium schreberi</i>	112 213
M10	<i>Rhytidadelphus loreus - Hylocomium umbratum</i>	303
m11	<i>Cephalozia leucantha - Barbilophozia attenuata</i>	214 304 407
m12	<i>Ptilidium pulcherrimum - Dicranum montanum</i>	305 408

*Synopsis des syntaxons cités*

**CERATODONTO PURPUREI-POLYTRICHETEA PILIFERI** von  
Hübschmann 67

*POLYTRICHETALIA PILIFERI* von Hübschmann 67

*CERATODONTO PURPUREI-POLYTRICHION PILIFERI* (Waldheim 44)  
Smarda 47

**SCHISTIDIETEA APOCARPI** Jezek & Vondracek 62

*GRIMMIETALIA ANODONTIS* Smarda & Vanek in Smarda 47

*SCHISTIDION APOCARPI* Jezek & Vondracek 62 ..... **m1**

*CTENIDIETALIA MOLLUSCI* Hadac & Smarda 44

*FISSIDENTION PUSILLI* Neumayr 71 ..... **m2**

*CTENIDION MOLLUSCI* Stefureac 41 ..... **m3**

*PLEUROCHAETION SQUARROSAE* Neumayr 71 ..... **m4, m5**

**LEPIDOZIETEA REPTANTIS** (Hertel 74) Marstaller 84

*DICRANETALIA SCOPARII* Barkman 58

*DICRANO SCOPARII-HYPNION ANDOII* Barkman 58 ..... **m12**

*LOPHOCOLETALIA HETEROPHYLLAE* Barkman 58

*BLEPHAROSTOMION TRICHOPHYLLI* (Stefureac 41) Barkman 58

*TETRAPHIDO PELLUCIDAE-AULACOMNION ANDROGYNI* (von

Krusenstjerna 45) Barkman 58 ..... **m11**

**HYLOCOMIETEA SPLENDENTIS** Gillet 86

*HYLOCOMIETALIA SPLENDENTIS* Gillet 86 em.

*PLEUROZION SCHREBERI* von Krusenstjerna 45 ..... **M7, M9, M10**

*CIRRIPHYLLETALIA PILIFERI* Gillet prov.

*EURHYNCHION STRIATI* Waldheim 44 ..... **M6, M8**

**RHYNCHOSTEGIO RIPARIOIDIS-FONTINALIETEA ANTIPYRETIACE**

Philippi 56

*BRACHYTHECIETALIA PLUMOSI* Philippi 56

*PELLION EPIPHYLLAE* Marstaller 84

**MONTIO FONTANAE-CARDAMINETEA AMARAE** Braun-Blanquet & Tüxen 43

*MONTIO FONTANAE-CARDAMINETALIA AMARAE* Pawłowski in Pawłowski & al.

28 em. Maas 59

*CARDAMINION AMARAE* Maas 59 ..... **h7**

**ASPLENIETEA TRICHOMANIS** Braun-Blanquet in Meier & Braun-Blanquet 34

*POTENTILLETALIA CAULESCENTIS* Braun-Blanquet in Braun-Blanquet & Jenny 26

*CYSTOPTERIDION FRAGILIS* (Nordhagen 36) Richard 72 ..... **h9**

**THLASPIETEA ROTUNDIFOLII** Braun-Blanquet & al. 47

*THLASPIETALIA ROTUNDIFOLII* Braun-Blanquet in Braun-Blanquet & Jenny 26 em.

Seibert in Oberdorfer 77

*ARABIDION ALPINAE* Béguin 70 ..... **h8, h10**

**NARDETEA STRICTAE** Rivas-Goday & Borja-Carbonell 61

*NARDETALIA STRICTAE* Oberdorfer 49 em. Preising 49

*NARDION STRICTAE* Braun-Blanquet in Braun-Blanquet & Jenny 26

**SALICETEA HERBACEAE** Braun-Blanquet 47

*ARABIDETALIA CAERULEAE* Rübel 33

*ARABIDION CAERULEAE* Braun-Blanquet in Braun-Blanquet & Jenny 26

<b>SESLERIETEA ALBICANTIS</b> Braun-Blanquet 48 em. Oberdorfer 78	
<b>SESLERIETALIA ALBICANTIS</b> Braun-Blanquet in Braun-Blanquet & Jenny 26	
<b>SESLERION ALBICANTIS</b> Braun-Blanquet in Braun-Blanquet & Jenny 26.....h2, h3	
<b>CARICION FERRUGINEAE</b> Braun-Blanquet 31.....h1	
<b>CARICETEA NIGRAE</b> den Held & Westhoff in Westhoff & den Held 69 em. de Foucault 84	
<b>POLYGONO VIVIPARI-CARICENEA NIGRAE</b> de Foucault 84	
<b>JUNCO TRIGLUMIS-EQUISETALIA VARIEGATI</b> (Julve 83 em. de Foucault 84) Julve 91	
<b>CARICION MARITIMAE</b> (Braun-Blanquet ap. Volk 39) Braun-Blanquet 71	
<b>ANEMONO NEMOROSAE-CARICETEA SYLVATICA</b> Gillet 86 em. Julve 91	
<b>LUZULETALIA SILVATICA</b> Gillet 86	
<b>LUZULION LUZULOIDIS</b> Julve 91.....h11	
<b>CICERBITO ALPINAE-ACONITETEA NAPELLI</b> Hadac & Klika 44	
<b>ADENOSTYLETALIA ALLIARIAE</b> Braun-Blanquet 31	
<b>ADENOSTYLION ALLIARIAE</b> Braun-Blanquet 25.....H12	
<b>CALAMAGROSTION ARUNDINACEAE</b> (Luquet 26) Oberdorfer 57	
<b>CALLUNO VULGARIS-VACCINIETEA MYRTILLI</b> (Braun-Blanquet 39) de Foucault in press	
<b>EMPETRETALIA HERMAPHRODITI</b> Schubert 60	
<b>RHODODENDRO FERRUGINEI-VACCINION MYRTILLI</b> (Br.BI.26) Rivas-Martinez 68.....H5, H6	
<b>ERICION HERBACEAE</b> (Gams 36) Eggler 52.....H4	
<b>PINO MUGO-ALNETEA ALNOBETULAE</b> Eggler 33	
<b>PINO MUGO-ALNETALIA ALNOBETULAE</b> Braun-Blanquet 18	
<b>BETULO PUBESCENTISCARPATICA-ALNION ALNOBETULAE</b> Gams 36 B1, b2	
<b>PINO SYLVESTRIS-PICEETEA ABIETIS</b> Julve 91	
<b>PICEETALIA ABIETIS</b> Julve 91 prov.	
<b>PINO UNCINATAE-PICEION ABIETIS</b> Gillet prov. ....A1-a1, a2	

### 3.2.4. Typologie des sols

(par Elena HAVLICEK, Michel BUECHE et Alexandre BUTTLER)

Les sols des quatre stations étudiées se situent sur un vaste ensemble de roches sédimentaires, essentiellement calcaires (cf. chap. 3.1.2.). Pourtant la plupart des sols décrits ici ne subissent que de manière liminale l'influence des carbonates. L'action du climat (forte pluviosité et température annuelle relativement basse) et de la végétation (à litière acidifiante) est ici déterminante pour la pédogénèse. En effet, l'action conjuguée de ces facteurs empêche, dans la plupart des cas, l'expression du caractère calcaire du substrat. Le climat froid ralentit la décomposition des végétaux et contribue ainsi au développement d'un tapis d'humus brut isolant la végétation de la roche-mère

calcaire. La forte pluviosité, combinée au drainage naturel intense dans les calcaires fissurés, a pour effet l'entraînement vers le bas de certains composants du sol (carbonates, cations basiques, argiles) dont l'effet ne se fait sentir que dans le bas du profil pédologique, à proximité immédiate du substrat. En conséquence, une végétation acidophile s'installe dans ces milieux, contribuant elle-même, par sa litière acidifiante défavorable à l'activité biologique, au développement de l'humus brut (réaction positive).

Sur ces roches calcaires dures, nous sommes en présence de sols peu évolués (DUCHAUFFOUR, 1977) avec un profil du type AC. Ils sont caractérisés par un faible degré d'altération et, dans notre cas, d'une accumulation de matière dans l'horizon humifère. La série pédogénétique, corrélée à la distribution des synusies végétales, va du lithosol au sol lithocalcique humifère, avec toute la gradation génétique (lithocalcique à mor calcique, lithocalcique à mor légèrement acide, puis à mor acide). Ces sols sont caractérisés par un développement croissant des horizons holorganiques et dès que l'épaisseur de ces horizons dépasse quelques centimètres, la formation ultérieure du sol s'affranchit du contexte calcaire. Le pH, sous l'action de la pluie et de la végétation acidifiante baisse rapidement pour atteindre des valeurs de 4.0.

Des affleurements du Gault (Cénomanien-Aptien, grès à glauconie) ou du Kieselkalk (Hauterivien, calcaire siliceux sombre) permettent la formation de petites combes imperméables et l'accumulation de dépôts argileux et limoneux. Sur ce substrat se développent des sols plus profonds, hydromorphes (pseudogley) ou davantage drainés (sols bruns).

Là où l'accumulation de matériaux fins (argiles de décarbonatation, matériel glaciaire, loess?) est rendue possible par la géomorphologie (fissures du karst, situations de cuvette), on assiste également au développement de sols plus profonds.

Dans les deux cas, on observe la série des sols bruns (calcique et acide) où apparaissent l'horizon organo-minéral A1 et l'horizon d'altération ou structural (B). La situation surbaissée permet non seulement l'accumulation de matériaux fins favorables à la formation d'une structure (complexe argilo-humique) mais assure également, dans certains cas (fissures), un ruissellement continu d'eau calcique sur le profil (sols bruns calciques). Le pH de ces sols est sensiblement plus élevé que dans la série pédogénétique précédente.

Les relations sol-végétation dans cette situation suggèrent une dynamique complexe où interviennent probablement des phénomènes d'évolution régressive et d'érosion.

### 3.2.5. Structure et organisation des phytocénoses

Les quatre stations étudiées représentent autant d'exemples de phytocénoses complexes, pour la description desquelles l'approche synusiale est particulièrement mieux adaptée que l'approche sigmatiste classique.

Elle permet en effet de fournir une représentation détaillée de la structure architecturale de celles-ci, et de poser avec précision la question de leur statut dynamique.

Pour chaque station, nous présentons ci-dessous:

- un profil structurel, représentant de façon imagée la répartition spatiale des différentes synusies végétales qui composent la phytocénose (incluant un agrandissement réservé aux synusies muscinales), en fonction de la microtopographie et des types de sols (illustrés par les références des profils pédologiques);
- un réseau systémique, dans lequel sont schématisées les relations spatiales et temporelles observées ou supposées entre ces synusies; la comparaison de nombreux réseaux systémiques pourrait permettre de dégager des structures formelles (réseaux de relations invariantes entre des systèmes homologues);
- un relevé phytocénétique, dans lequel sont quantifiées l'abondance-dominance et l'agrégation des syntaxons élémentaires représentés dans la phytocénose étudiée; la comparaison de nombreux relevés phytocénétiques pourrait aboutir à une typologie des phytocénoses d'après leur composition synusiale.

## INTERVENTIONS

### J.-P. Theurillat: *Muotatal, station I*

Dans une situation telle que celle du karst de la région de Bödmeren, l'approche synusiale intégrée peut apparaître comme une solution idéale pour résoudre la problématique de l'analyse de la complexité du tapis végétal en mosaïque très fine. Toutefois, si les synusies distinguées ne sont pas à remettre en cause, leur intégration en une phytocoenose, unique selon le relevé de la station I, est discutable. En effet, les potentialités fondamentales du milieu représenté sont si diverses qu'il nous semble plus judicieux d'y voir plusieurs phytocoenoses fragmentaires juxtaposées. Ceci se confirme par l'analyse pédologique qui révèle pour le moins trois sols différents sous les synusies occupant les plus grandes superficies (P6, P8, P9). En supposant une extension un peu plus grande de ces endroits, on reconnaîtrait aisément trois phytocoenoses indépendantes juxtaposées. La délimitation nette des synusies appartenant au même ensemble structurel, sans transition entre elles, parle également dans ce sens. Ainsi, nous avons dans le cas présent une mosaïque de phytocoenoses plus ou moins fragmentaires, certaines monosynusiales (!), constituant un **complexe de végétation ou complexe de groupements** ("Gesellschaftskomplex"):

- groupement à *Betula pubescens* s. 1. et *Carex ferruginea* sur sol brun acide à pseudogley;
  - groupement à *Dryas octopetala* et *Sesleria* du *Drabo-Seslerion* sur sol lithocalcique à moder;
  - lande à *Rhododendron ferrugineum* et *Vaccinium* div. sp., sur sol lithocalcique humifère à moder acide,
- auxquels s'ajoutent des groupements fragmentaires de paroi rocheuse et d'éboulis dans les fissures plus ou moins profondes du lapiaz.

Malgré tout le soin apporté dans la délimitation des morceaux du puzzle végétal, il faut donc se garder de faire une intégration synusiale trop rapide, susceptible d'estomper la délimitation des potentialités phytocoenotiques. Pour cette raison, il vaut mieux rechercher d'abord les limites des phytocoénoses, même fragmentaires, et ensuite d'en faire l'analyse synusiale, plutôt que l'inverse, ce qu'avait déjà fait remarquer Gams.

La remarque s'applique également à la station II et, dans une certaine mesure, à la station IV.

#### **Remarque méthodologique générale:**

S'il est souvent nécessaire de procéder à un relevé éclaté des synusies au sein d'une même phytocoénose, cette procédure peut se révéler dangereuse si l'on ne délimite pas d'abord la phytocoénose selon des critères d'unipotentialité. Sinon on risque de mélanger dans un même relevé synusial deux "individus de synusie", voire davantage, ce qui n'est pas correct. Ceci est une deuxième raison pour rechercher d'abord les limites des phytocoénoses et d'en faire ensuite l'analyse synusiale, plutôt que de rechercher les synusies et de les intégrer en phytocoénoses.

#### **F.X. Habi�aremye: *Les applications de l'approche synusiale intégrée***

L'approche présente un grand intérêt pour le vaste champ d'action qu'est la végétation tropicale. Les techniques appliquées conviennent particulièrement pour solutionner le problème posé par les "écotones", qui dans le contexte phytosociologique classique sont toujours hors considération, eu égard au respect des principes d'homogénéité.

Les synusies épiphytiques, souvent évoquées passagèrement dans diverses études de la végétation tropicale et particulièrement abondantes dans les formations végétales des montagnes du Rwanda, peuvent désormais être analysées et classées d'après l'approche synusiale intégrée.

Par ailleurs, celle-ci permet, tout en restant dans le contexte classique, d'effectuer des relevés avec plus de détails sur les strates herbacées souvent analysées de façon tronquée quand on est en présence d'une végétation à surface minimale très grande (il n'est pas rare d'avoir des aires minimales supérieures à 1000 m<sup>2</sup> en Afrique).

Difficultés: L'approche synusiale se voulant très précise, son applicabilité n'est pas aisée en Afrique où il y a des formations végétales vastes et inexplorées. Il faut disposer de beaucoup de temps et travailler en équipe multidisciplinaire.

#### **F.X. Habi�aremye: *Végétation des lapiés du Muotatal (forêt à *Picea* et *Abies*)***

Le forestier signale qu'en dépit de la diversité des classes de circonférence, tous les arbres appartiennent à la même tranche d'âge.

C'est dire donc que les très jeunes individus, surtout localisés aux endroits surélevés (les moins enneigés pendant l'année), ne peuvent pas assurer de façon ininterrompue le remplacement des arbres sénescents ou renversés par les orages. En ces endroits, l'évolution régressive est donc déjà amorcée.

**Tab. 3.1.** Synusies arborescentes Muotatal.

SYNTAXON ELEMENTAIRE	a1	A1	A1	a2
RELEVE	113	409	308	203
Surface (m <sup>2</sup> )	2000	500	600	1000
Hauteur optimale (m)	18	30	30	15
Recouvrement (%)	5	40	70	30
Nombre d'idiotaxons élém.	1	1	1	1
<i>Picea abies</i>	+ 3.2	4.3	.	
<i>Pinus uncinata</i>	.	.	.	3.3

**Tab. 3.2.** Synusies arbustives Muotatal

SYNTAXON ELEMENTAIRE	B1	B1	b2	b2	b2
RELEVE	114	104	115	103	601
Surface (m <sup>2</sup> )	2000	300	1000	300	200
Hauteur optimale (dm)	45	40	15	20	15
Recouvrement (%)	10	30	30	40	60
Nombre d'idiotaxons élém.	3	3	4	7	6
<i>Betula pubescens B</i>	1.1	3.2	2.2	3.2	.
<i>Pinus uncinata B</i>	+	+	.	.	.
<i>Salix appendiculata</i>	.	+°	2.2	2.2	2.2
<i>Sorbus chamaemespilus</i>	.	.	1.2	+.2	2.3
<i>Picea abies B</i>	+	.	+	+	1.1
<i>Salix hastata</i>	.	.	.	1.2	.
<i>Rosa pendulina</i>	.	.	.	+.2	.
<i>Sorbus aria B</i>	.	.	.	+.2	.
<i>Sorbus aucuparia B</i>	.	.	.	.	1.2
<i>Acer pseudoplatanus B</i>	.	.	.	.	+
<i>Fagus sylvatica B</i>	.	.	.	.	+

**Tab. 3.3. Synusies herbacées Muotatal: pelouses et landes.**

Tab. 3.3. (continué)

Car. des <i>Empetretalia hermaphroditii</i> et des <i>Calluno-Vaccinietea</i>	h 1	h 1	h 2	h 2	h 2	h 3	H 4	H 4	H 4	H 4	H 5	H 5	H 6
<i>Vaccinium uliginosum microphyllum</i>	1.2°	.	.	+.2	.	.	2.3	2.2	3.4	2.3	3.3	+.3	+
<i>Vaccinium myrtillus</i>	1.2°	1.2°	.	+.2	+.°	.	.	+	1.2	1.2	2.3	3.4	+.2°
<i>Juniperus communis nana</i>	+.°	.	.	+	.	.	.	2.3	3.1	1.2	2.3	1.2	+.°
<i>Calluna vulgaris</i>	.	.	.	.	.	.	(+)	.	2.3	2.4	2.3	1.3	+.°
<i>Lycopodium annotinum</i>	.	.	.	.	.	.	1.2	1.3	.	+.3	1.4	+.2	+.2
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	.	.	.	.	+.°	.	.	+.2	1.2	+	2.2	3.3	.
<i>Huperzia selago</i>	+.2	.	.	.	.	.	.	.	+.2	1.2	.	.	.
Car. des <i>Nardetea strictae</i>													
<i>Homogyne alpina</i>	1.1	+	.	+	1.2	.	1.2	+	1.1	+	1.2	+	+
<i>Potentilla erecta</i>	2.3	1.2	.	+	+	.	2.2	2.2	2.2	1.2	2.2	.	1.2
<i>Luzula sylvatica</i>	+	+	.	.	+	.	1.2	1.2	1.2	.	1.2	.	+.3
<i>Arnica montana</i>	2.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pseudorchis alpina</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Festuca nigrescens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.
<i>Nardus stricta</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+.2	.	.	.
<i>Gentiana punctata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+.°
Car. des <i>Caricetea nigrae</i>													
<i>Selaginella selaginoides</i>	+	.	+.2	+.2	.	.	.	.	+	1.2	.	.	+.2
<i>Tofieldia calyculata</i>	1.2	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pinguicula alpina</i>	+.2	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bartsia alpina</i>	+.2	.	.	.	1.3	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Molinia caerulea</i>	3.3	.	.	+	°	.	.	.	.	.	.	.	4.5
<i>Polygonum viviparum</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Car. des <i>Salicetea herbaceae</i>													
<i>Soldanella alpina</i>	1.2	+	2.2	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Salix retusa</i>	.	.	.	.	+.3	.	.	.	.	.	.	.	.
Car. des <i>Cicerbito-Aconitetea (Calamagrostion arundinaceae)</i>													
<i>Calamagrostis villosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	+	.	.
<i>Lasertipium latifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.
<i>Trollius europaeus</i>	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Phanéroph. juvéniles													
<i>Sorbus chamaemespilus</i> H	+	.	.	.	.	.	1.1	1.2	+	1.2	+	1.2	+.2
<i>Salix appendiculata</i> H	+	.	.	.	.	+.°	2.1	+	+	.	+	.	.
<i>Picea abies</i> H	.	.	.	.	+	.	.	2.1	.	.	.	.	+
<i>Betula pubescens</i> H	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	+.2
<i>Rosa pendulina</i> H	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Salix hastata</i> H	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Pinus uncinata</i> H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.
<i>Sorbus aucuparia</i> H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Autres compagnes													
<i>Aster bellidiastrum</i>	+	+	+.°	1.2	1.2	.	+.°	.	.	.	.	.	.
<i>Galium pumilum</i>	.	+	+	+.2	+.2	+	+	+	.	.	.	.	.
<i>Anthoxanthum alpinum</i>	+	1.2	.	.	.	.	+	+	+	+	1.2	.	+
<i>Solidago virga-aurea</i>	+	.	.	.	.	.	1.1	+	1.1	+	+	.	.

Tab. 3.3. (continué)

Autres compagnes	h 1	h 1	h 2	h 2	h 2	h 3	H 4	H 4	H 4	H 4	H 5	H 5	H 6
<i>Valeriana tripteris</i>	.	+	.	.	.	.	+.2	1.1	.	+	.	.	.
<i>Dactylorhiza maculata</i>	1.1	.	.	.	+.2	.	+	.	+	.	.	.	+
<i>Knautia dipsacifolia</i>	+	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	+.2
<i>Melica nutans</i>	1.2	.	.	(+)	+.2	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Calamagrostis varia</i>	.	.	.	1.2	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hieracium murorum</i>	.	.	.	.	+.2	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Viola biflora</i>	+.2	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.
<i>Melampyrum pratense</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Geranium sylvaticum</i>	+.2	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Thymus praecox</i>	.	+.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Euphrasia minima</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ranunculus montanus</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Gentiana asclepiadea</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Alchemilla conjuncta</i>	.	.	.	.	+.2	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaerophyllum villarsii</i>	.	.	.	.	.	.	+.°	.	.	.	.	.	.
<i>Leontodon hispidus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.

**Tab. 3.4.** Synusies herbacées Muotatal: mégaphorbiaies et synusies sciaphiles

Tab. 3.4. (continué)

Car. du <i>Cystopteridion fragilis</i> et des <i>Asplenietea trichomanis</i>	h 7	h 7	h 7	h 9	h 9	h 10	h 10	h 8	h 11	h 11	H 12	H 12	H 12
<i>Asplenium viride</i>	.	.	.	+.2	2.2	1.1	1.2	.	.	.	.	.	.
<i>Cystopteris fragilis</i>	.	.	.	1.2	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Asplenium ruta-muraria</i>	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Asplenium trichomanes</i>	.	.	.	.	+.2	.	.	+.2	.	.	.	.	.
Car. de <i>l'Arabidion alpinae</i> et des <i>Thlaspietea rotundifolii</i>													
<i>Dryopteris villarii</i>	.	.	.	.	.	.	.	3.2	.	.	.	.	.
<i>Polystichum lonchitis</i>	.	.	.	.	+.2	1.2	2.2	1.2	.	.	.	.	+
<i>Valeriana triptera</i>	+.2	1.1	.	.	.	+	+.2	+	.	.	.	.	.
Car. et diff. du <i>Luzulion luzuloidis</i> et des <i>Luzuletalia sylvaticae</i>													
<i>Prenanthes purpurea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	+	.	.	.
<i>Luzula luzulina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+.2	+.2	.	.	.
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+.2	+	.	.	.
<i>Maianthemum bifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	1.2	.	.	.
<i>Oxalis acetosella</i>	.	+.2	.	.	.	.	.	.	1.3	+.2	.	.	.
<i>Veronica urticaefolia</i>	.	1.1	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
<i>Dryopteris dilatata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+.2	1.2	.	.	1.2
<i>Dryopteris assimilis</i>	+.2	.	.	.	.	.	.	.	1.3	.	1.2	.	.
<i>Listera cordata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+.2	.	.	.	.
<i>Thelypteris limbosperma</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Polygonatum verticillatum</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+ <sup>o</sup>	.	.	.
Car. des Anemono-Caricetea sylvaticae													
<i>Lamiastrum galeobdolon montanum</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1.2
<i>Milium effusum</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+.2	+	.
<i>Rubus saxatilis</i>	+	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Phyteuma spicatum</i>	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Paris quadrifolia</i>	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Melica nutans</i>	.	+.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dryopteris filix-mas</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Car. de <i>l'Adenostylion alliariae</i> et des <i>Cicerbito-Aconitetea</i>													
<i>Athyrium distentifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2 <sup>o</sup>	1.2	5.5	3.4	.
<i>Adenostyles alliariae</i>	.	.	.	.	.	.	.	+ <sup>o</sup>	.	3.3	+	2.2	.
<i>Cicerbita alpina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.3	+	1.2	.
<i>Chaerophyllum villarsii</i>	2.2	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2	+	1.2	.
<i>Rumex arifolius</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	1.1	.	.

Tab. 3.4. (continué)

	h 7	h 7	h 7	h 9	h 9	h 10	h 10	h 8	h 11	h 11	H 12	H 12	H 12
<i>Streptopus amplexifolius</i>	+°	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+.2
<i>Geum rivale</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1.2
<i>Ranunculus aconitifolius</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Rumex alpinus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.
<i>Veratrum album</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Crepis paludosa</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Crepis pyrenaica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2
<i>Peucedanum ostruthium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Epilobium alpestre</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	(+)
<i>Geranium sylvaticum</i>	.	+	.	.	.	.	.	+	+°	+	+	.	+
<i>Hieracium prenanthoides</i>	.	.	.	.	.	.	.	+.2	+	.	.	.	.
<i>Calamagrostis villosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1.2	.	.	.
<i>Knautia dipsacifolia</i>	+	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<b>Car. des Calluno- Vaccinietae</b>													
<i>Vaccinium myrtillus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2.3	3.3	.	.	.
<i>Lycopodium annotinum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.3	2.3	.	.	.
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	.	.	+.2	.	.	.	.	.	+.3	.	.	.	.
<i>Huperzia selago</i>	.	+.2	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Erica herbacea</i>	.	.	.	.	+°	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>Car. des Nardetea strictae</b>													
<i>Homogyne alpina</i>	1.2	1.2	.	.	.	.	.	.	2.1	2.2	.	.	.
<i>Hypericum maculatum</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Potentilla erecta</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<b>Phanérophytes juvéniles</b>													
<i>Lonicera nigra H</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
<i>Sorbus aucuparia H</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
<i>Picea abies H</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+.3	.	.	.	.
<b>Autres compagnes</b>													
<i>Aster bellidiastrum</i>	+.2	1.3	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fragaria vesca</i>	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Centaurea montana</i>	+	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Campanula rotundifolia</i>	+	+.2	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Poa alpina</i>	+.2	+.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Myosotis sylvatica</i>	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+.2	.	.
<i>Veronica alpina</i>	+.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Soldanella alpina</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Alchemilla conjuncta</i>	.	+.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Gentiana asclepiadea</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hieracium murorum</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	+.2	1.1	.	.	.
<i>Solidago virga-aurea</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.
<i>Leontodon hispidus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Anthoxanthum alpinum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Athyrium filix-femina</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	1.1
<i>Dryopteris borreri</i>	.	.	.	.	.	.	.	+.2	.	.	.	.	.

Tab. 3.4. (continué)

Autres compagnes	h 7	h 7	h 7	h 9	h 9	h 10	h 10	h 8	h 11	h 11	H 12	H 12	H 12
<i>Heracleum sphondylium</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Daphne mezereum</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Galium pumilum</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Silene dioica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+
<i>Caltha palustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2

Tab. 3.5. Synusies muscinales Muotatal: synusies épilithiques.

SYNTAXON ELEMENTAIRE	m1	m1	m1	m1	m1	m2	m3	m3	m3	m4	m5
RELEVE	2 1 0	1 0 6	3 0 7	4 0 6	1 0 8	2 1 6	1 0 9	3 0 6	1 0 7	2 0 8	
Surface (dm <sup>2</sup> )	5	7	8	10	10	5	8	20	8	10	
Hauteur optimale (mm)	5	5	5	7	7	8	10	10	8	10	
Recouvrement (%)	20	30	50	70	70	80	80	90	70	90	
Nombre d'idiotaxons élém.	3	4	8	9	7	6	8	12	6	5	
<b>Car. et diff. du <i>Schistidion apocarpi</i> et des <i>Grimmietalia anodontis</i></b>											
<i>Schistidium apocarpum</i>	1.1	2.2	1.2	1.2	.	.	.	.	.	.	
<i>Campylium halleri</i>	.	+	2.3	2.3	.	.	.	.	.	.	
<i>Pseudoleskeella catenulata</i>	+.2	.	1.2	.	.	.	.	.	.	.	
<b>Car. et diff. du <i>Fissidention pusilli</i></b>											
<i>Encalypta streptocarpa</i>	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	
<i>Scapania aequiloba</i>	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	
<i>Pedinophyllum interruptum</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	
<b>Car. et diff. du <i>Ctenidion mollusci</i></b>											
<i>Scapania aspera</i>	.	.	.	+.2	+.2	3.2	1.2	3.3	.	.	
<i>Ctenidium molluscum</i>	.	.	.	+.2	.	1.2	3.4	3.4	.	.	
<b>Car. et diff. des <i>Ctenidietalia mollusci</i></b>											
<i>Lophozia collaris</i>	.	.	.	.	+	+.2	+.2	.	.	.	
<i>Fissidens adiantoides cristatus</i>	.	.	2.2	.	3.2	2.2	.	+	.	.	
<i>Orthothecium intricatum</i>	.	.	.	.	.	.	+.2	.	.	.	
<b>Car. et diff. du <i>Pleurochaetion squarrosae</i></b>											
<i>Cladonia sp.</i>	.	.	.	.	.	.	.	3.3	.	.	
<i>Tortula norvegica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	

Tab. 3.5. (continué)

	m1	m1	m1	m1	m2	m3	m3	m3	m4	m5
<i>Tortella densa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	3.2
<i>Ditrichum flexicaule densum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2	1.2
<i>Bryum capillare elegans</i>	.	.	+	.	.	.	.	+	1.2	1.2
<b>Car. des Schistidietea apocarpi</b>										
<i>Tortella tortuosa</i>	.	1.2	1.2	1.2	2.2	3.2	1.3	1.2	2.2	3.3
<i>Pseudoleskea incurvata</i>	.	.	.	2.3	.	+.2	.	.	.	.
<i>Drepanocladus uncinatus</i>	.	.	.	1.2	.	.	.	+	.	.
<i>Rhynchostegium murale</i>	.	.	+.2	+	.	.	.	.	.	.
<b>Car. des Hylocomietea</b>										
<i>Pseudoleskea plicata</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Hylocomium splendens</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Thuidium tamariscinum</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Plagiochila asplenioides</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Mnium cf. spinosum</i>	.	.	.	.	.	.	.	+.2	.	.
<i>Hylocomium pyrenaicum</i>	.	.	.	.	.	.	.	+.2	.	.
<i>Barbilophozia lycopodioides</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<b>Autres compagnes</b>										
<i>Bryum argenteum</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Radula complanata</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hypnum sp.</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Rhizomnium punctatum</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Dicranum scoparium</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.

Tab. 3.6. Synusies muscinales Muotatal: synusies épigéiques.

SYNTAXON ELEMENTAIRE	M7	M7	M9	M9	M10	M6	M8
RELEVE	2	1	1	2	3	4	4
	1	1	1	1	0	0	0
	2	1	2	3	3	5	4
Surface (dm <sup>2</sup> )	20	50	100	20	50	60	30
Hauteur optimale (mm)	15	20	15	30	25	20	30
Recouvrement (%)	40	20	5	70	90	100	90
Nombre d'idiotaxons élém.	9	8	5	8	13	9	13
<b>Car. et diff. du Pleurozium schreberi</b>							
<i>Ptilidium ciliare</i>	.	+	.	.	.	.	.
<i>Cladonia sp.</i>	2.3	2.3	.	.	.	.	.
<i>Dicranum cf. spadiceum</i> *	.	.	.	1.3	.	.	.
<i>Cetraria islandica</i>	.	.	.	+.2	.	.	.
<i>Hylocomium umbratum</i>	.	.	.	.	2.3	.	.
<i>Rhytidiodelphus loreus</i>	.	.	.	.	1.3	.	.
<i>Plagiothecium undulatum</i>	.	.	.	.	+.3	.	.
<i>Pleurozium schreberi</i>	1.1	+.2	+	2.2	2.3	.	.
<i>Hylocomium splendens</i>	+	+	+	2.2	+.2	.	.
<i>Leucobryum glaucum</i>	+.2	.	.	1.3	.	.	.
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	.	.	.	1.2	1.2	.	.

**Tab. 3.6.** (continué)

(\* Echantillons déterminés par J. Bertram.)

Car. et diff. de <i>l'Eurhynchion striati</i>	M7	M7	M9	M9	M10	M6	M8
<i>Ctenidium molluscum</i>	.	.	.	.	.	3.3	.
<i>Pseudeoleskea plicata</i>	.	.	.	.	.	2.3	.
<i>Hylocomium pyrenaicum</i>	.	+	.	.	.	2.3	.
<i>Thuidium philibertii v. pseudotamariscinum</i>	.	.	.	.	.	1.1	.
<i>Brachythecium starkei curtum</i>	.	.	.	.	.	.	4.5
<i>Rhytidadelphus squarrosus calvescens</i>	.	.	.	.	.	.	2.2
<i>Cirriphyllum piliferum</i>	.	.	.	.	.	.	1.2
<i>Rhizomnium pseudopunctatum</i>	.	.	.	.	.	.	1.2
<i>Mnium marginatum</i>	.	.	.	.	.	+.2	+.2
<b>Car. des <i>Hylocomietea splendentis</i></b>							
<i>Dicranum scoparium</i>	1.3	1.2	+.2	3.4	2.2	+	+
<i>Barbilophozia lycopodioides</i>	1.1	2.2	+.2	1.1	+	1.2	+
<i>Plagiochila asplenioides</i>	.	.	.	.	1.1	2.2	+
<i>Rhytidadelphus triquetrus</i>	.	+.2	.	.	.	+	.
<b>Car. des <i>Ceratodont-Polytrichetea piliferi</i></b>							
<i>Polytrichum juniperinum</i>	+	.	.	.	.	.	.
<i>Barbilophozia floerkei</i>	+	.	.	.	.	.	.
<i>Racomitrium canescens</i>	.	.	+.2	.	.	.	.
<b>Car. des <i>Lepidozietae reptantis</i></b>							
<i>Dicranum fuscescens</i> *	1.2						
<i>Polytrichum formosum</i>	.	.	.	.	1.3	.	+
<i>Hypnum</i> sp.	.	.	.	.	+.2	.	.
<i>Lophocolea heterophylla</i>	.	.	.	.	(+)	.	.
<i>Calypogeja azurea</i>	.	.	.	.	(+)	.	.
<i>Plagiothecium</i> sp.	.	.	.	.	.	.	+
<b>Car. des <i>Rhynchostegio-Fontinalietea antipyreticae</i></b>							
<i>Conocephalum conicum</i>	.	.	.	.	.	.	+.2
<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	.	.	.	.	.	.	+
<i>Pellia neesiana</i>	.	.	.	.	.	.	+

**Tab. 3.7.** Synusies muscinales Muotatal: synusies épiphytiques et saprolignicoles.

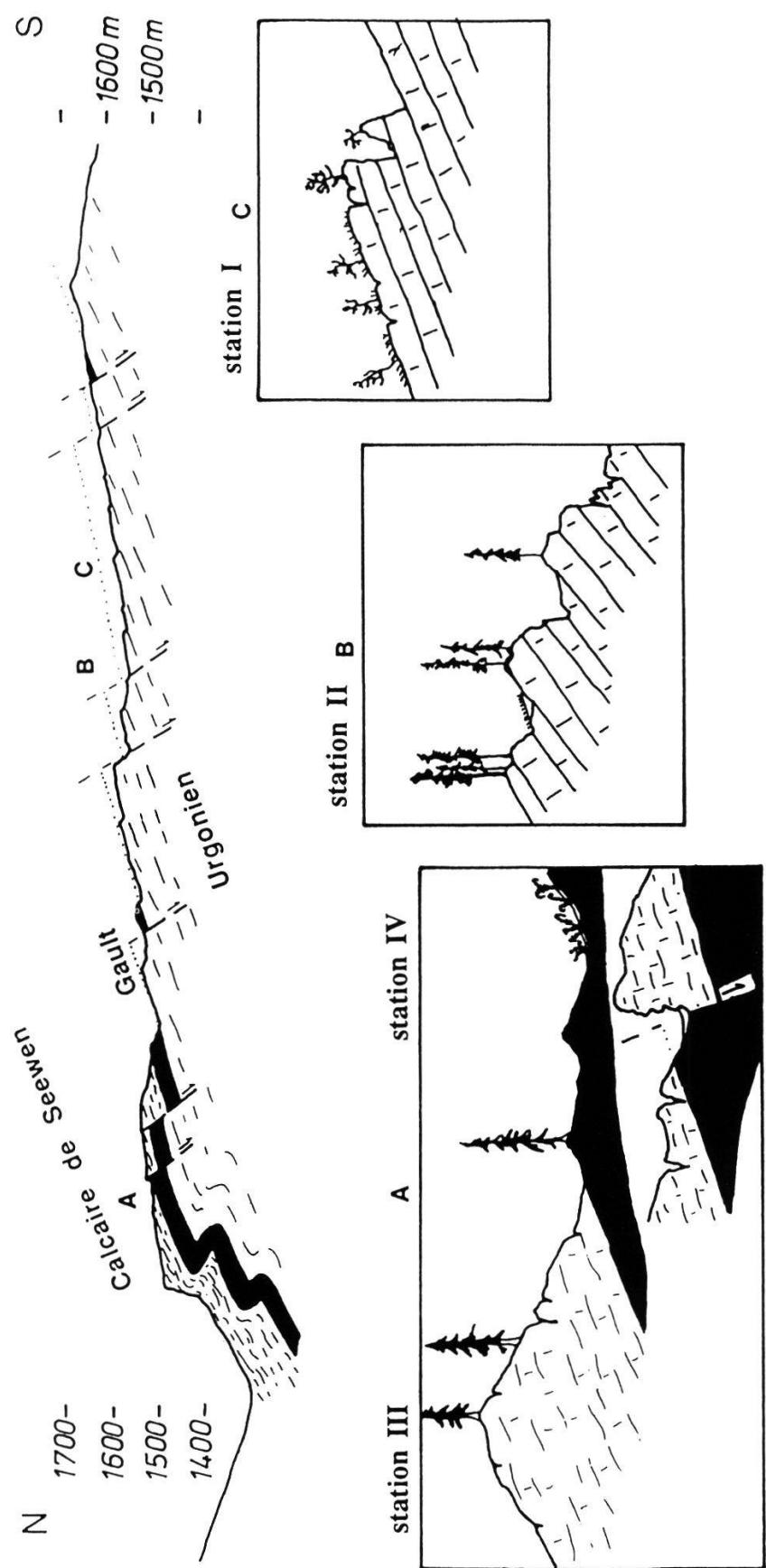
SYNTAXON ELEMENTAIRE	m12	m12	m11	m11	m11
RELEVE	4 0 8	3 0 5	4 0 7	3 0 4	2 1 4
Surface (dm <sup>2</sup> )	5	15	6	10	6
Hauteur optimale (mm)	5	5	5	5	5
Recouvrement (%)	20	70	90	90	70
Nombre d'idiotaxons élém.	7	8	10	8	6
<b>Car. du <i>Dicrano-Hypnion andoii</i> et des <i>Dicranetalia scopariae</i></b>					
<i>Hypnum cupressiforme filiforme</i>	1.2	.	.	.	.
<i>Dicranum scoparium</i>	+.2	.	.	.	+
<i>Ptilidium pulcherrimum</i>	.	1.2	.	.	.
<i>Cladonia coniocraea</i>	.	1.2	.	.	.
<i>Dicranum montanum</i>	1.2	3.3	.	.	.
<b>Car. du <i>Tetraphido-Aulacomnion androgyni</i> et des <i>Lophocoletalia heterophyllae</i></b>					
<i>Lophocolea heterophylla</i>	1.2	.	.	.	.
<i>Blepharostoma trichophyllum</i>	1.2	.	+.2	.	.
<i>Scapania umbrosa</i>	.	.	1.2	.	.
<i>Riccardia palmata</i>	.	.	1.3	.	.
<i>Cephalozia leucantha</i>	.	.	2.3	4.4	.
<i>Tetraphis pellucida</i>	.	2.3	3.4	1.2	.
<i>Barbilophozia attenuata</i>	.	+.2	1.2	2.2	2.3
<i>Dicranum fuscescens</i>	.	+.2	+.2	+	1.2
<i>Lepidozia reptans</i>	.	.	1.2	+	+.2
<i>Calypogeja neesiana</i>	.	.	+	.	1.1
<i>Dicranodontium denudatum</i>	.	.	.	2.2	1.2
<b>Car. des <i>Lepidozieta reptantis</i></b>					
<i>Lophozia ventricosa</i>	1.2	.	.	.	.
<i>Polytrichum formosum</i>	.	+	.	.	.
<i>Plagiothecium laetum</i>	.	1.3	.	.	.
<i>Plagiothecium curvifolium</i>	1.2	.	+	.	.
<i>Calypogeja azurea</i>	.	.	.	+.2	.
<i>Cephalozia bicuspidata</i>	.	.	.	+	.

Fig. 3.1. (par Martin Burkhard et Annelise Dutoit)

- a) Coupe générale (selon HANTKE, Féerie du monde des cavernes, Silva, p.15)
- b) Coupe détaillée N-S, Alpage de Bödmeren (écaillle du Silbern).  
Coupe géologique N-S à travers l'alpage de Bödmeren, construite selon OBERHOLZER (1933). Trois niveaux stratigraphiques sont à distinguer:
  - 1) Urgonien (crétacé inférieur): Calcaires massifs, gris, très purs, mal lités d'une épaisseur totale d'environ 200 m. Fort développement de karst.
  - 2) Gault (crétacé moyen): Grès fins massifs, noir à verdâtre. Cette couche contient des niveaux glauconieux et phosphatés - elle est dominée par du quartz et très pauvre en calcite. Les zones défrichées des alpages de Mittenwald correspondent à l'étendue principale de cette couche. En principe, cette couche gréseuse ne se prête pas à une karstification. Cependant, dû à sa faible épaisseur (moins de 50 m) et sa position intermédiaire entre deux calcaires fortement karstifiés, de nombreuses dolines percent cet intervalle "peu perméable".
  - 3) Calcaire de Seewen (crétacé supérieur): Calcaires fins, gris-beige à jaunâtre, assez purs, par endroit légèrement marneux. Ces calcaires sont un peu mieux lités que l'Urgonien, la stratification est soulignée par des stylolithes irréguliers, espacés de quelques centimètres. Comme l'Urgonien, cette couche est fortement karstifiée.

La structure générale (stratification) est donnée par un pendage régulier de 10 à 25° vers le NW. La dissolution/karstification suit deux directions principales: 1) Les rigoles NW-SE correspondent à la ligne de plus grande pente - donc la direction principale de l'écoulement, 2) un alignement de dolines, de petites crêtes et combes en direction NE-SW correspond à la présence de failles normales et de diaclases tectoniques.

Les lettres A, B, C correspondent à l'emplacement des stations des relevés.



## TRANSFORMATIONS TEMPORELLES

A — e → B remplacement progressif de A par B sous l'influence d'une contrainte écologique e :

- a → *assèchement du milieu*
- b → *humidification du milieu*
- @ → *acidification du milieu*
- + → *alcalinisation du milieu*
- # → *accumulation d'humus*
- \* → *eutrophisation du milieu*
- ÷ → *oligotrophisation du milieu*
- \$ → *érosion du sol*
- & → *approfondissement du sol*
- o → *éclaircissement*
- ø → *obscurcissement*

A - - - - > B développement de B après destruction de A (conséquence d'une perturbation)

A | → B développement en superposition de B sur A (stratification)

## RELATIONS SPATIALES

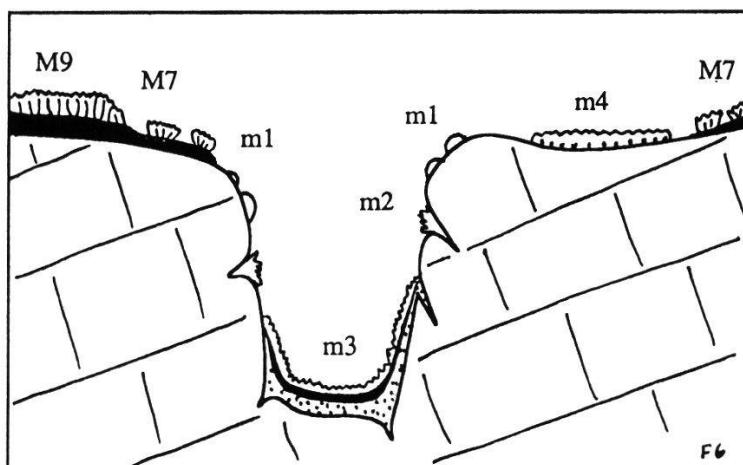
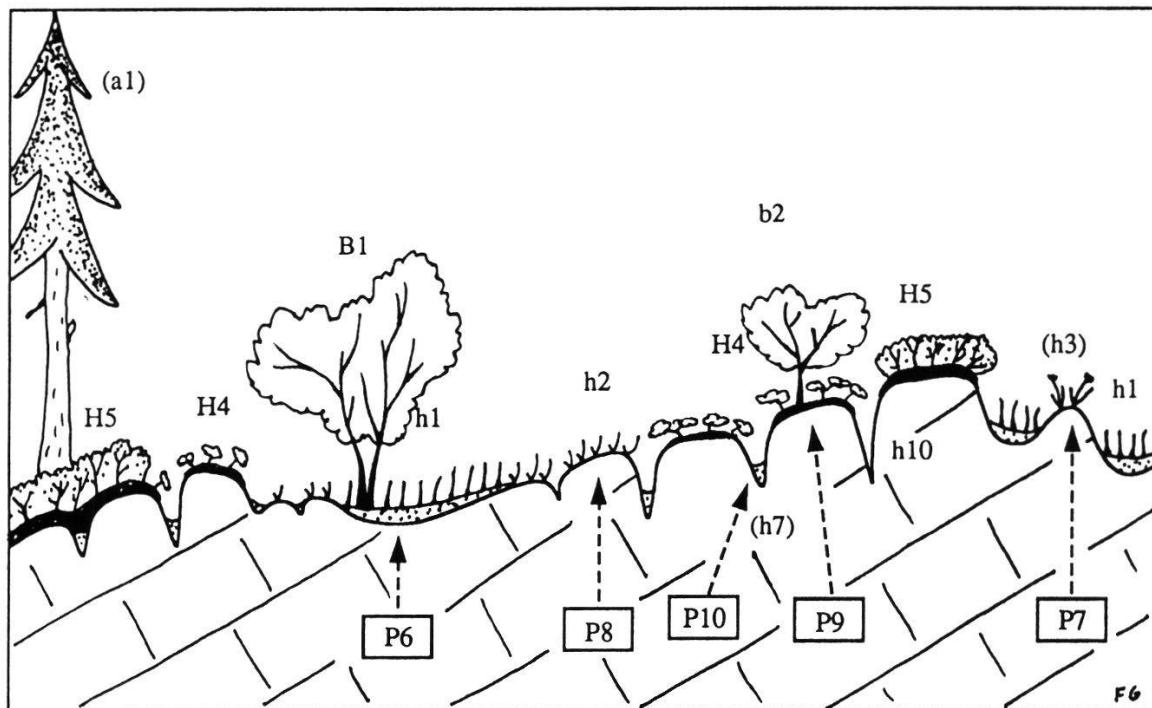
A ← → B juxtaposition de A et de B :

<i>sol plus superficiel</i>	← → \$ — & — →	<i>sol plus profond</i>
<i>sol plus sec</i>	← → a — b — →	<i>sol plus humide</i>
<i>sol plus acide</i>	← → @ — + — →	<i>sol moins acide</i>
<i>creux</i>	← → » — « — →	<i>buttes</i>
<i>milieu plus éclairé</i>	← → o — ø — →	<i>milieu plus ombragé</i>

A — — — → B superposition spatiale de A sur B avec subordination structurelle de B par rapport à A

STATION I

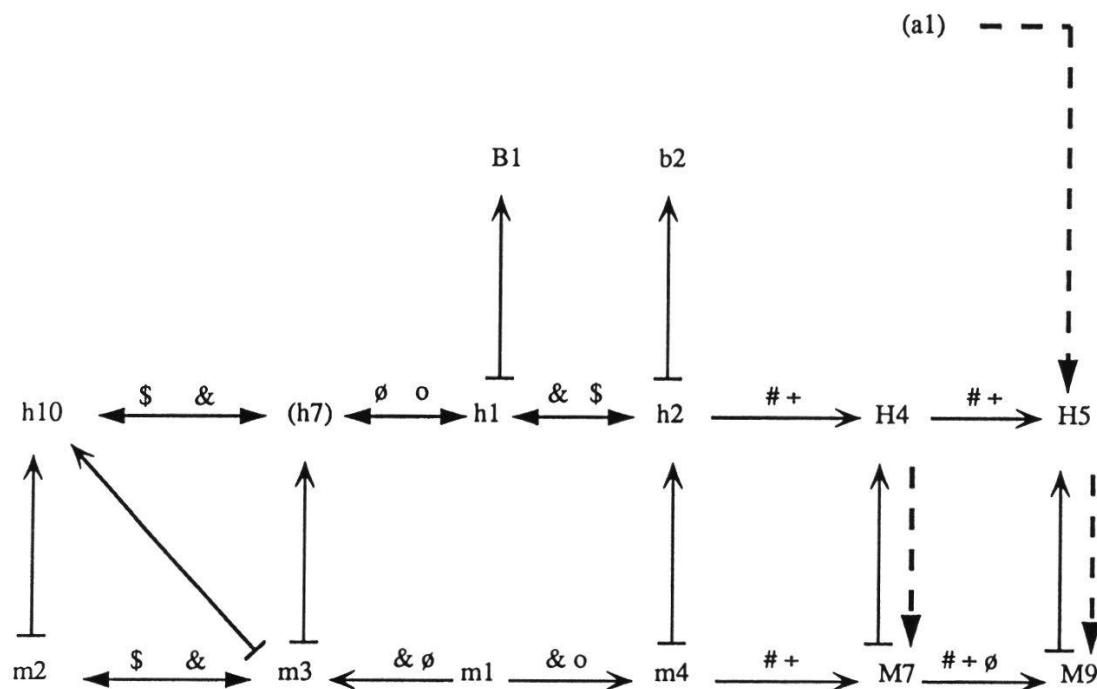
Profil structurel



- P6 = Sol brun acide légèrement lessivé à pseudogley et à mull-moder  
P7 = Lithosol  
P8 = Sol lithocalcique à mor légèrement acide  
P9 = Sol lithocalcique humifère à mor acide  
P10 = Sol brun calcique complexe légèrement hydromorphe

STATION I

Réseau systémique

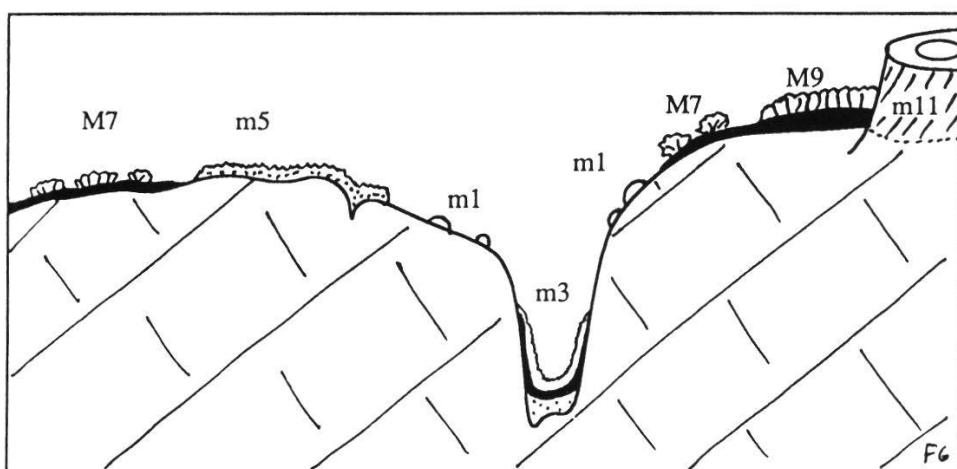
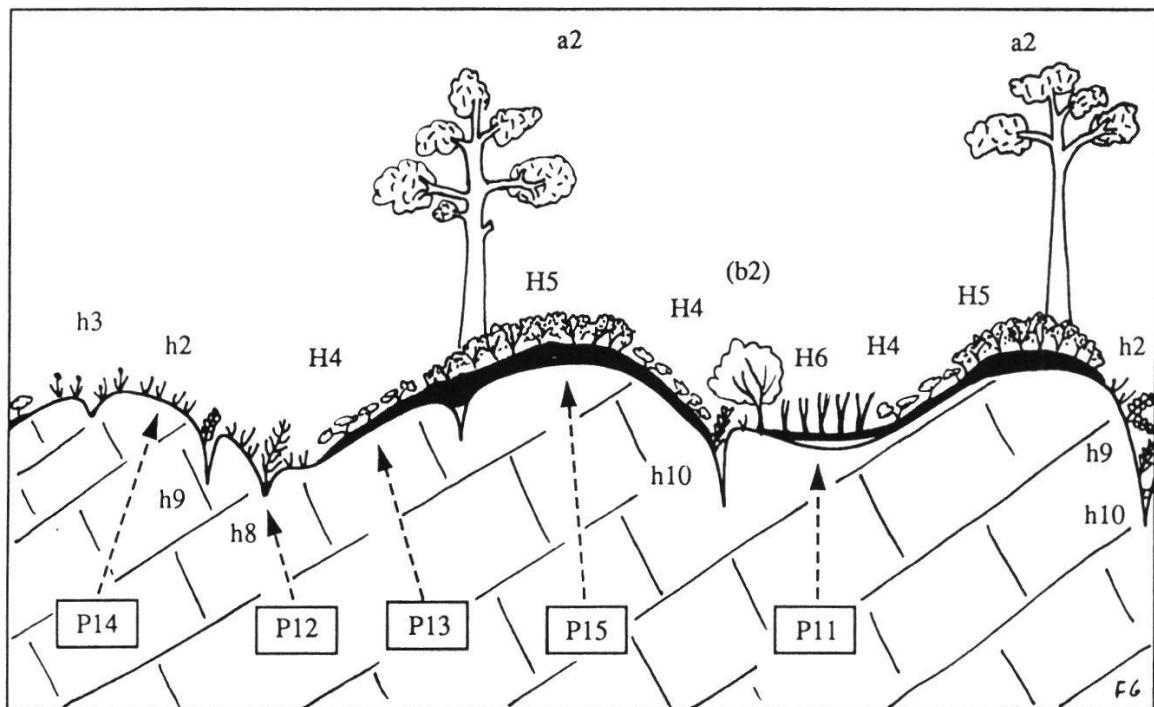


Relevé phytocénotique

Syntaxon synusal	Relevés	Espèces principales	Ab.-dom. & agr.
a1	113	<i>Picea abies</i>	+.1°
B1	104 114	<i>Betula pubescens</i>	1.2
b2	103 115	<i>Salix appendiculata, Sorbus chamaemespilus</i>	2.2
H4	102 117 118	<i>Rhododendron hirsutum, Erica herbacea, Vaccinium uliginosum microphyllum</i>	3.3
H5	132	<i>Rhododendron ferrugineum, Vaccinium myrtillus, Vaccinium vitis-idaea</i>	1.2
h1	101 116	<i>Carex ferruginea, Festuca pulchella, Sesleria albicans, (Molinia caerulea)</i>	2.4
h2	105	<i>Dryas octopetala, Carex sempervirens, Carex ornithopoda, Sesleria albicans</i>	1/2
h10	110	<i>Polystichum lonchitis, Valeriana tripteris, Asplenium viride, Viola biflora</i>	1.2
h7	119	<i>Viola biflora, Saxifraga rotundifolia</i>	+.2°
M7	111	<i>Barbilophozia lycopodioides, Dicranum scoparium, Ptilidium ciliare, Pleurozium schreberi</i>	3.2
M9	112	<i>Hylocomium splendens, Pleurozium schreberi</i>	1.2°
m2	108	<i>Encalypta streptocarpa, Fissidens adiantoides cristatus, Scapania aequiloba</i>	1.3
m3	109	<i>Ctenidium molluscum, Scapania aspera, Tortella tortuosa</i>	1.3
m1	106	<i>Campylium halleri, Schistidium apocarpum</i>	1.2
m4	107	<i>Tortella inclinata, Tortella tortuosa, Ditrichum flexicaule densum</i>	1.2

STATION II

Profil structurel



P11 = Sol lithocalcique humifère polycyclique à anmoor récent

P12 = Lithosol

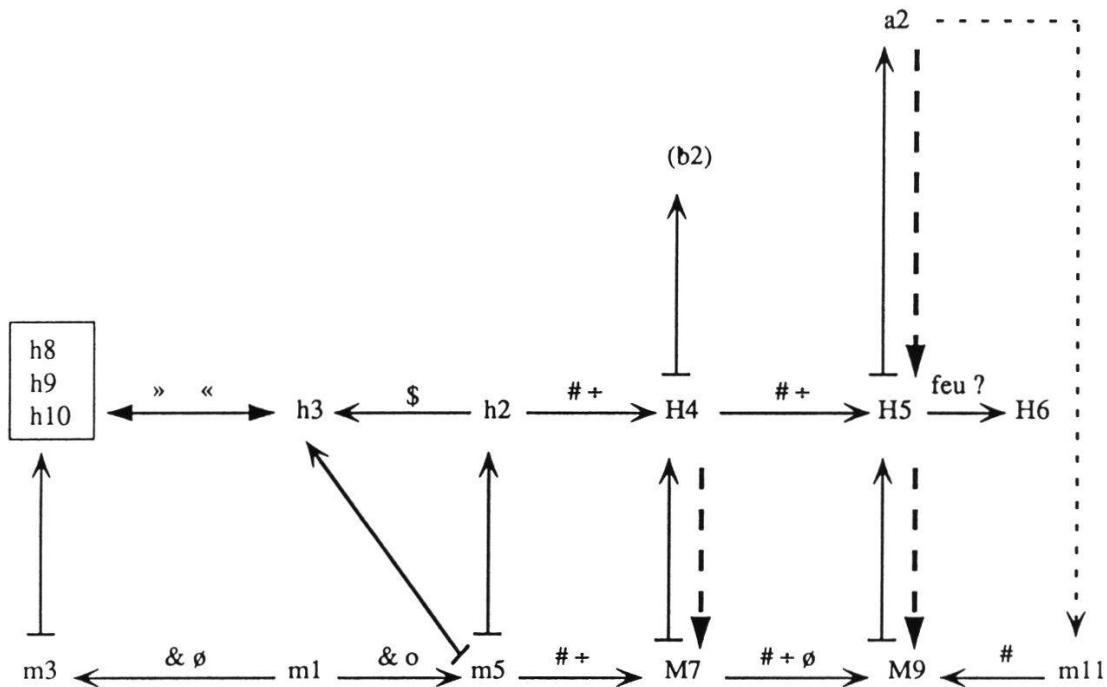
P13 = Sol lithocalcique à mor légèrement acide

P14 = Sol lithocalcique à mor légèrement acide

P15 = Sol lithocalcique humifère à mor acide

STATION II

Réseau systémique

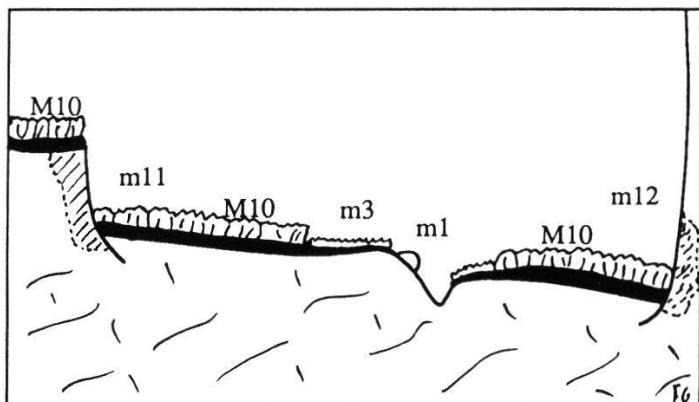
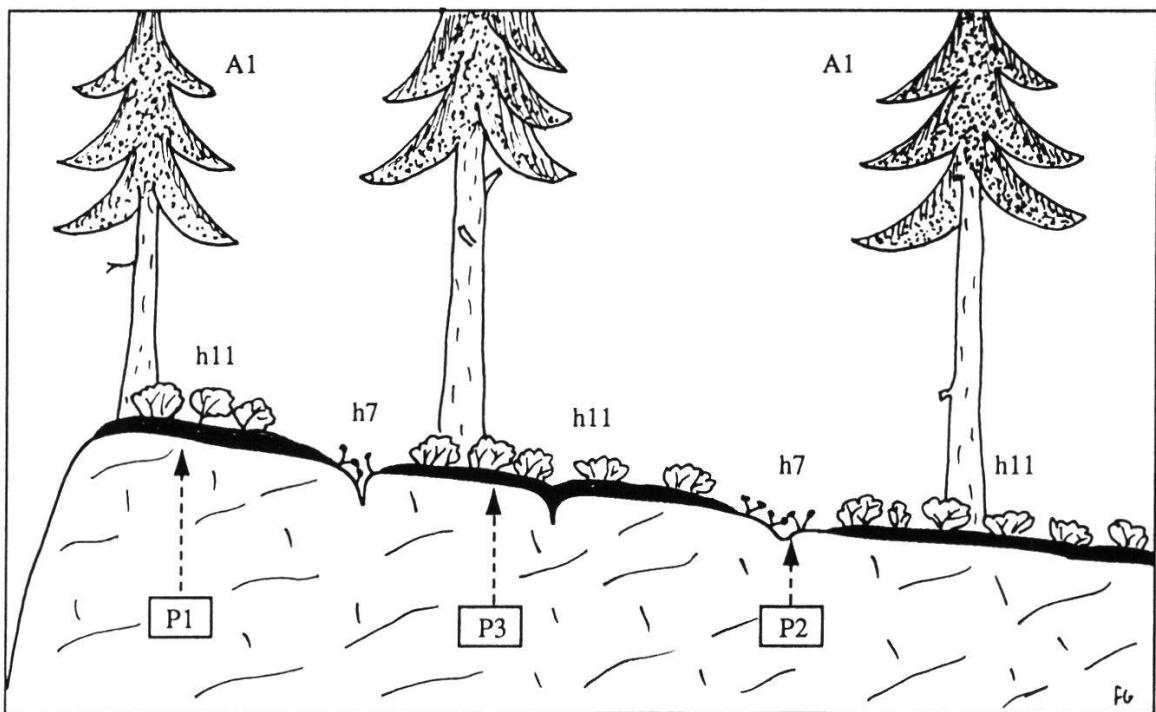


Relevé phytocénotique

Syntaxon synusal	Relevés	Espèces principales	Ab.-dom. & agr.
a2	203	<i>Pinus uncinata</i>	2.3
b2	-	<i>Salix appendiculata, Sorbus chamaemespilus</i>	+.1°
H5	204	<i>Rhododendron ferrugineum, Vaccinium myrtillus, Vaccinium vitis-idaea, Empetrum nigrum hermaphroditum</i>	3.3
H6	201	<i>Molinia caerulea, Rhododendron ferrugineum</i>	2.3
H4	211	<i>Rhododendron hirsutum, Erica herbacea, Vaccinium uli.ginosum microphyllum</i>	2.2
h2	202 207	<i>Dryas octopetala, Carex sempervirens, Carex ornithopoda, Sesleria albicans</i>	2.2
h3	209	<i>Sesleria albicans, Carduus defloratus, Carex sempervirens</i>	1/2
h9	205	<i>Asplenium viride, Cystopteris fragilis</i>	1/1
h10	206	<i>Polystichum lonchitis, Valeriana tripteris, Asplenium viride, Viola biflora</i>	1.1
h8	215	<i>Dryopteris villarii, Dryopteris borreri</i>	+.1
M9	213	<i>Hylocomium splendens, Pleurozium schreberi, Ptilium cristata, Dicranum majus</i>	2.3
M7	212	<i>Dicranum muhlenbeckii, Pleurozium schreberi, Barbilophozia lycopodioides</i>	2.2
m5	208	<i>Tortula norvegica, Tortella densa, Tortella tortuosa</i>	2.2
m3	216	<i>Ctenidium molluscum, Scapania aspera, Tortella tortuosa</i>	1/2
m11	214	<i>Barbilophozia attenuata, Dicranodontium denudatum, Dicranum fuscescens</i>	+.2
m1	210	<i>Schistidium apocarpum, Pseudoleskeella catenulata</i>	+.1

STATION III

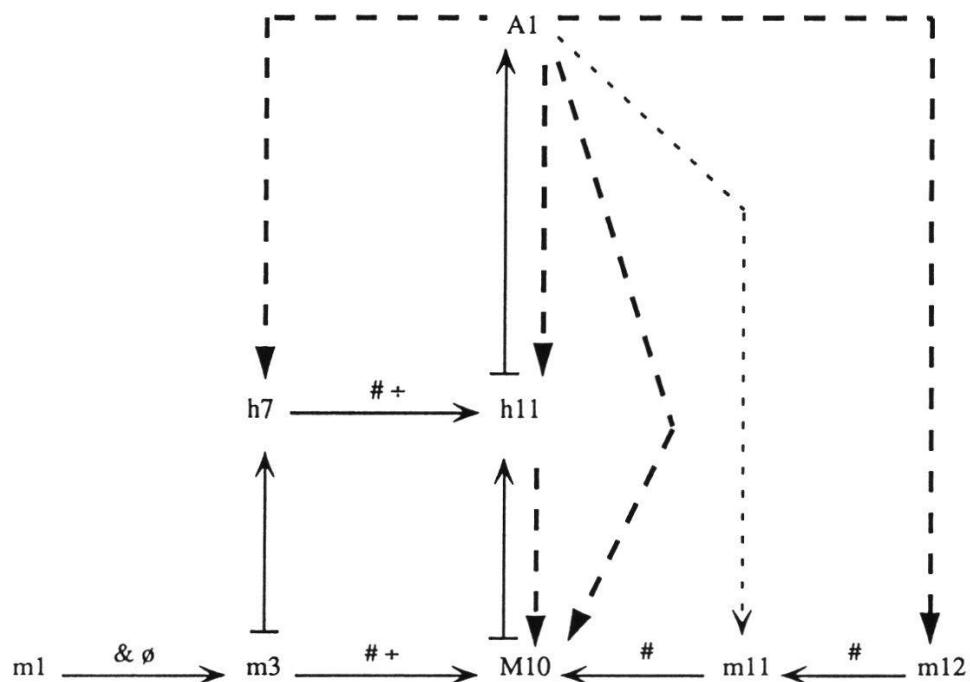
Profil structurel



P1 = Sol lithocalcique humifère à mor acide  
P2 = Sol lithocalcique à mor calcique  
P3 = Sol lithocalcique à mor acide

STATION III

Réseau systémique

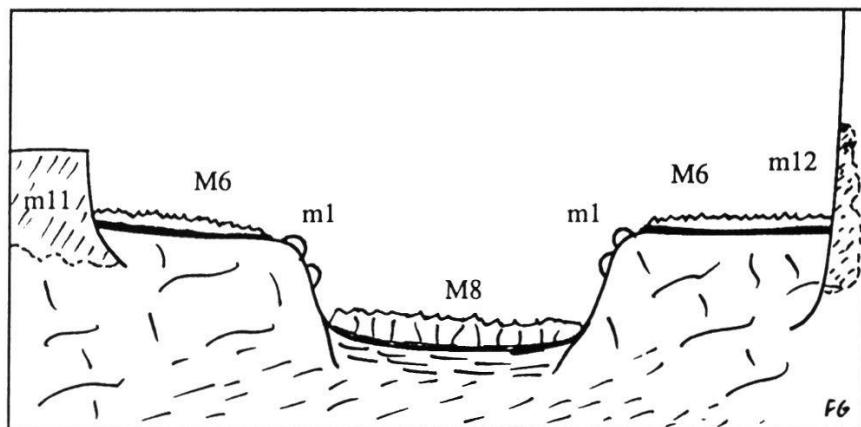
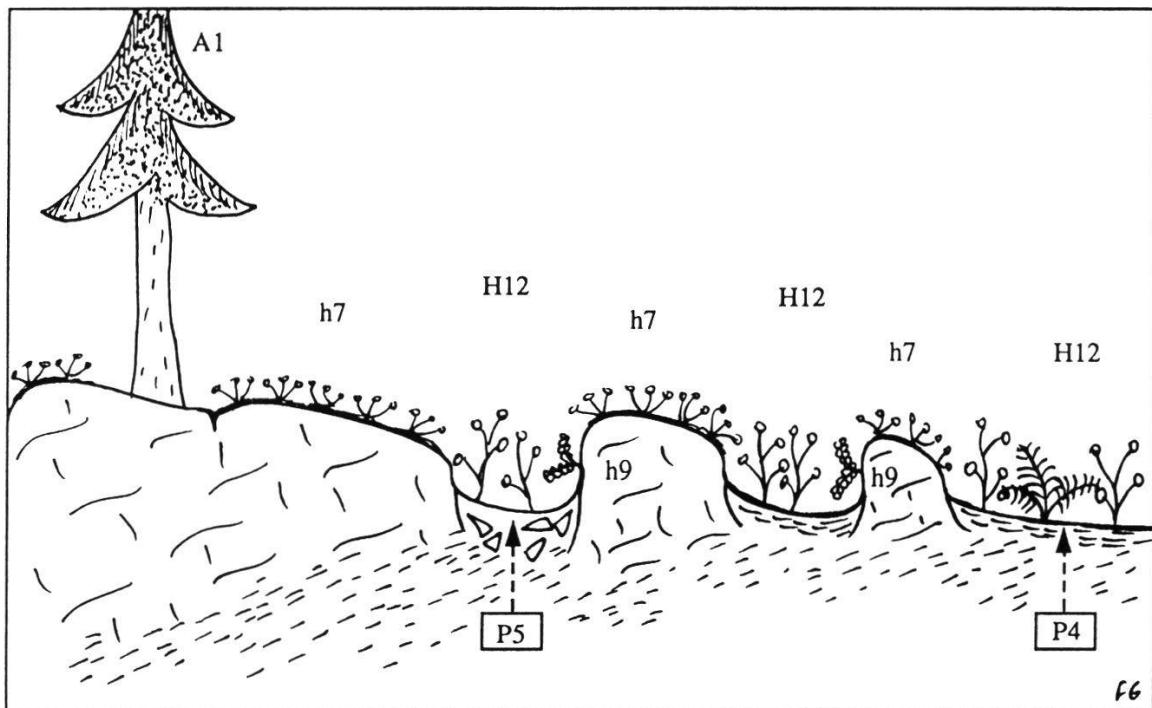


Relevé phytocénotique

Syntaxon synusial	Relevés	Espèces principales	Ab.-dom. & agr.
A1	308	<i>Picea abies</i>	3.3
h11	301 309	<i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Lycopodium annotinum</i> , <i>Luzula luzulina</i> , <i>Maianthemum bifolium</i> , <i>Dryopteris assimilis</i>	3.4
h7	302	<i>Viola biflora</i> , <i>Saxifraga rotundifolia</i> , <i>Aster bellidiastrium</i>	1.3
M10	303	<i>Rhytidadelphus loreus</i> , <i>Hylocomium umbratum</i> , <i>Pleurozium schreberi</i>	4.4
m3	306	<i>Ctenidium molluscum</i> , <i>Scapania aspera</i> , <i>Tortella tortuosa</i>	1.3
m11	304	<i>Cephalozia leucantha</i> , <i>Tetraphis pellucida</i> , <i>Barbilophozia attenuata</i> , <i>Dicranodontium denudatum</i>	1.2
m12	305	<i>Dicranum montanum</i> , <i>Ptilidium pulcherrimum</i>	1.2
m1	307	<i>Campylium halleri</i> , <i>Schistidium apocarpum</i> , <i>Pseudoleskeella catenulata</i>	+2

STATION IV

Profil structurel

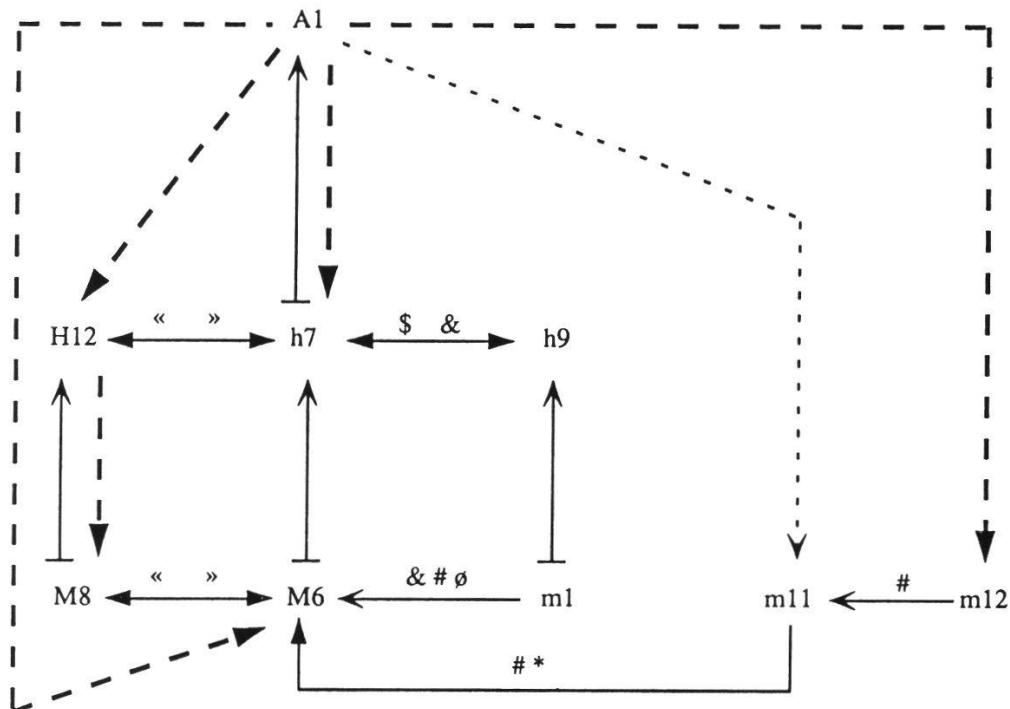


P4 = Pseudogley à moder

P5 = Sol brun acide complexe à moder et mélénisation de (B)

STATION IV

Réseau systémique

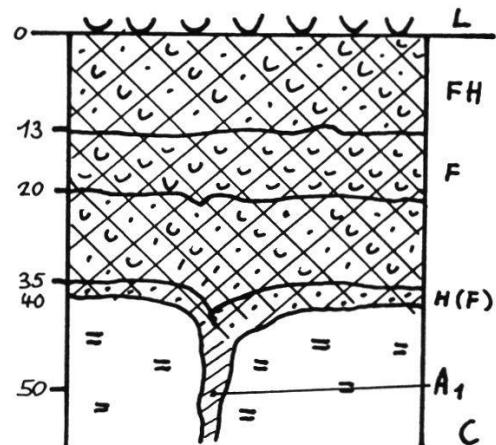


Relevé phytocénotique

Syntaxon synusial	Relevés	Espèces principales	Ab.-dom. & agr.
A1	409	<i>Picea abies</i>	1.1
H12	401	<i>Athyrium distentifolium, Cicerbita alpina</i>	3/3
h7	402	<i>Viola biflora, Saxifraga rotundifolia, Stellaria nemorum, Tozzia alpina, Chrysosplenium alternifolium</i>	3.3
h9	403	<i>Asplenium viride, Cystopteris fragilis</i>	1/1
M8	404	<i>Brachythecium starkei curtum, Rhytidadelphus squarrosus calvescens, Cirriphyllum piliferum</i>	3/3
M6	405	<i>Pseudoleske a plicata, Hylocomium pyrenaicum, Ctenidium molluscum</i>	2.2
m1	406	<i>Campylium halleri, Schistidium apocarpum, Pseudoleske a incurvata</i>	1.2
m11	407	<i>Cephalozia leucantha, Tetraphis pellucida, Barbilophozia attenuata</i>	+.2
m12	408	<i>Dicranum montanum, Hypnum cupressiforme filiforme</i>	+.2
m13	-	<i>Seligeria pusilla, Pedinophyllum interruptum</i>	+.3

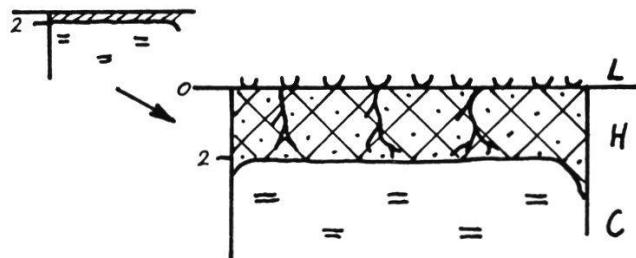
**P1 LITHOCALCIQUE HUMIFERE A MOR ACIDE**

- L** litière de résineux et d'éricacées
- FH** matière organique (= m.o.) peu humifiée, couleur: noir  
pH (5cm) = 4.0
- F** reste de tronc en décomposition, couleur: rouille, structure: fibreux  
pH (15cm) = 4.0, pH (32cm) = 4.0, pH (34cm) = 5.0
- H(F)** m.o. humifiée, couleur: brun foncé-noir, structure: microgrumeleux, pâteux  
pH (35cm) = 7.0  
HCl = 0  
perte au feu: 50%
- A1** horizon organo-minéral, couleur: noir-gris, structure: microgrumeleux  
perte au feu: 25%
- AC** roche-mère calcaire



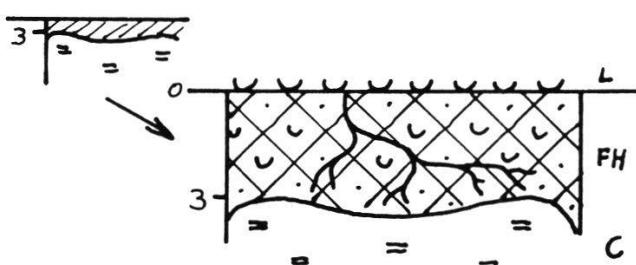
**P2 LITHOCALCIQUE A MOR CALCIQUE**

- L** litière de bryophytes
- H** horizon organique, couleur: noir, structure: microgrumeleux, feutrage de racines fines  
pH (0cm) = 6.0, pH (1cm) = 7.0, pH (contact roche) = 7.5  
HCl = 0
- C** roche-mère calcaire



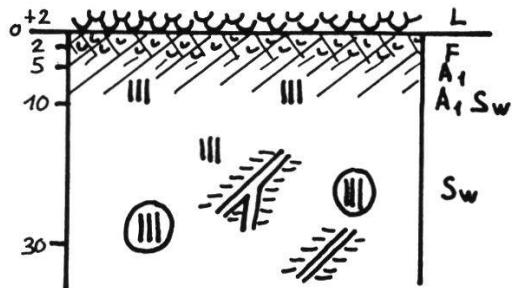
**P3 LITHOCALCIQUE A MOR ACIDE**

- L** litière de résineux et d'éricacées
- FH** horizon organique avec feutrage de racines, parfois racines d'arbres couleur: brun foncé-rouille  
pH (2cm) = 4.5, pH (3cm) = 5.5  
HCl = 0
- C** roche-mère calcaire



#### P4 PSEUDOOGLEY A MODER

- L** litière épaisse, mélange résineux, herbacées et fougères
- F** horizon organique de fermentation
- A1** horizon organo-minéral, couleur: noir, structure: microgrumeleux à pâteux, texture: argileux, pH = 6.5  
perte au feu = 25%
- A1Sw** horizon de transition, couleur: brun avec taches de rouille, structure: prismatique-pâteux, texture: argileux  
pH = 7.0
- Sw** zone marbrée rouge-bleu, traces de roches dégradées (non carbonatées), texture: localement sableux dans matrice argileuse, pH = 7.5, HCl = 0



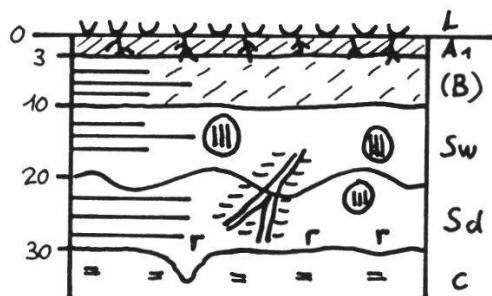
#### P5 BRUN ACIDE COMPLEXE A MODER ET MELANISATION DE (B)

- LF** horizon mince, litière mélangée à l'horizon de fermentation
- A1H** horizon mixte, couleur: noir, structure: grumeleux, grande densité de racines moyennes  
pH = 5.0  
perte au feu = 38%
- (B)** horizon structural, couleur: brun-noir avec zones de brun-rouille, structure: prismatique, texture: argilo-limoneux, présence d'un squelette de plus en plus dense vers le bas, pH = 5.5
- C1** roche carbonatée (calcaire assez pur, Urgonien ou Seewen)
- C2** roche non-carbonatée (soit couches du Hauerivien, calcaire siliceux, soit couches du Gault, grès à glauconie)



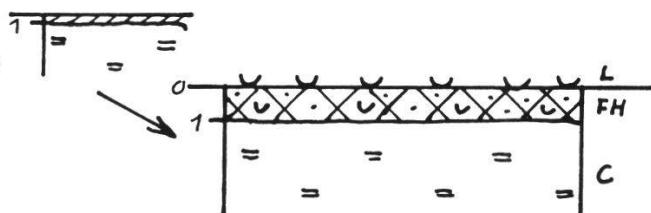
**P6 BRUN ACIDE LEGEREMENT LESSIVE A  
PSEUDOOGLEY,  
A MULL-MODER**

- L** gaines de molinie
- A<sub>1</sub>** horizon organo-minéral, couleur: noir, structure: grumeleux, fin chevelu racinaire, pH = 6.5  
perte au feu = 24%, C/N = 15
- (B)** horizon structural, couleur: brun, structure: grumeleux, texture: limono-argileux, pH = 5.5
- S<sub>w</sub>** zone de stagnation temporaire, couleur: rouille, structure: prismatique, texture: argilo-limoneux, pH = 5.5
- S<sub>d</sub>** zone de rétention, couleur: marmorisé rouille-grisâtre, texture: argileux, plus argileux et plus gris vers le bas, avec suintements d'eau, pH = 6.0  
HCl = 0
- C** roche en place calcaire  
HCl (contact roche) = ++



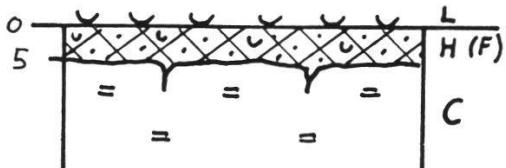
**P7 LITHOSOL**

- L** litière de feuilles et gaines de seslérie
- FH** horizon organique, couleur: brun-rouille, feutrage, pH = 7.5
- C** roche-mère calcaire



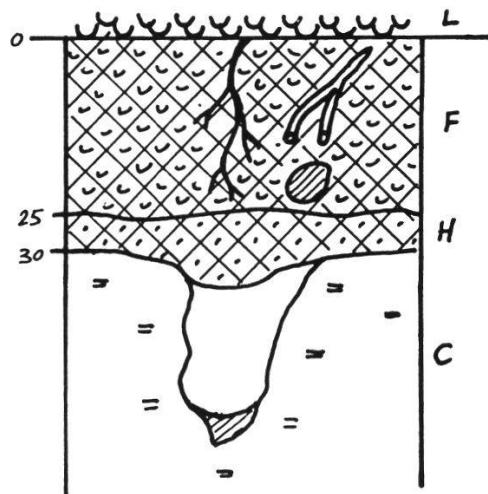
**P8 LITHOCALCIQUE A MOR LEGEREMENT  
ACIDE**

- L** litière de feuilles de dryade et de gaines de graminées
- H(F)** horizon d'humification avec lentilles de fermentation locales, couleur: noir, feutrage de racines  
pH (0cm) = 4.5, pH (4cm) = 5.5, pH (5cm) = 7.0, HCl = 0
- C** roche-mère calcaire



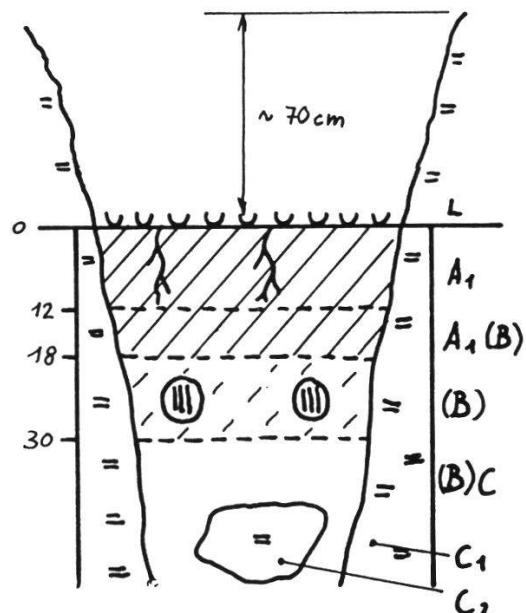
**P9 LITHOCALCIQUE HUMIFERE A MOR ACIDE**

- L** litière épaisse d'éricacées
- F** horizon de fermentation avec feutrage de racines et débris d'anciennes racines, couleur: noir-brunâtre, pH 0 5.0, perte au feu = 86%
- H** horizon d'humification, couleur: noir, structure: microgrumeleux, pH = 4.5, pH (contact roche) = 7.0, HCl = 0



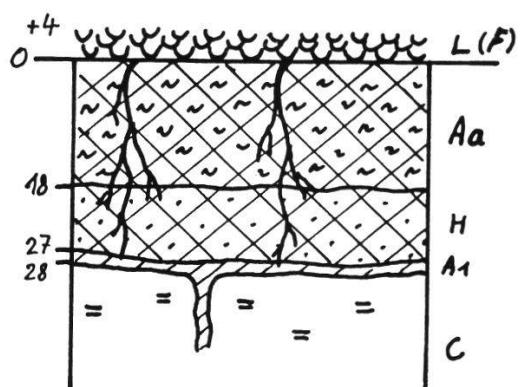
**P10 BRUN CALCIQUE COMPLEXE, LEGERE HYDROMORPHIE**

- L** litière mince, quelques feuilles de saule ou bouleau
- A1** horizon organo-minéral, couleur: brun foncé, structure: microgrumeleux, texture: limono-argileux, quelques racines pH = 7.5
- A1(B)** horizon de transition, couleur: brun-rouille-grisâtre, structure: microgrumeleux, prismatique, texture: limono-argileux, pH = 8.0
- (B)** couleur: brun rouille, structure: prismatique, texture: argilo-limoneux, pH = 7.5
- (B)C** horizon de transition, couleur: rouille-ocre, structure: prismatique, texture: argileux, concrétions de fer, pH = 6.0
- C1** roche calcaire
- C2** matériel fluvio-glaciaire (?)



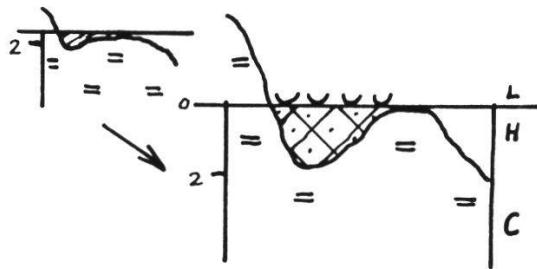
**P11 LITHOCALCIQUE HUMIFERE POLYCYLIQUE A ANMOOR RECENT, ISSU D'UN MOR ACIDE**

- L(F)** litière épaisse, constituée de gaines de molinie peu décomposées
- An** anmoor, horizon hémio-organique, développé à partir du mor acide se trouvant dessous, à la suite d'un changement des conditions du milieu, pH = 4.5, perte au feu = 21%
- H** ancien horizon holorganique, enfoui, pH = 6.5
- A1** mince horizon organo-minéral, couleur: noir-gris clair, structure: fondu, texture: argileux, pH = 7.0, HCl = ++



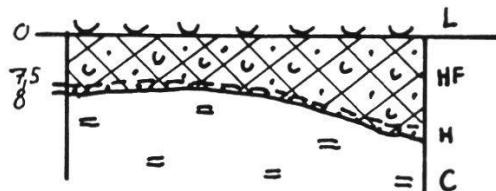
**P12 LITHOSOL**

- L** litière de gaines de fougère  
**H** mince horizon d'humification,  
couleur: noir



**P13 LITHOCALCIQUE A MOR  
LEGEREMENT ACIDE**

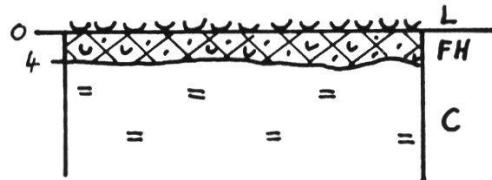
- L** litière d'aiguilles de pin, éricacées et éclats  
de bois  
**HF** horizon holorganique, couleur: brun  
foncé, structure: microgrumeleux, avec  
débris de végétation, pH (3cm) = 5.0, pH  
(6cm) = 5.0, pH (7cm) = 7.0, HCl = 0  
**H** horizon d'humification très mince,  
couleur: noir, pH (7.5cm) = 7.0, HCl = +  
**C** roche-mère calcaire



**P14 LITHOCALCIQUE A MOR  
LEGEREMENT ACIDE**

- L** litière de feuilles de dryade et gaines de  
graminées  
**FH** horizon holorganique, couleur: brun-noir,  
structure: microgrumeleux, pH (1cm) =  
4.0, pH (2cm) = 4.5, pH (3.5cm) = 5.5,  
pH (4cm) = 7.0, HCl = 0  
**C** roche-mère calcaire

**remarque:** la pente orientée au nord de environ 30°,  
permet le ruissellement, ce qui a pour conséquence  
d'abaisser le pH.



**P15 LITHOCALCIQUE HUMIFERE A MOR  
ACIDE**

- L** litière d'aiguilles de pin  
**F** horizon de fermentation, litière et feutrage  
de racines, couleur: brun-rouille  
**HF** horizon de transition, fragments de bois  
plus ou moins bien décomposés, couleur:  
brun sombre, pH = 4.0  
**H** horizon d'humification, couleur: brun-  
noir, structure: microgrumeleux,  
pH = 4.5, HCl = 0  
**C** roche calcaire

