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.

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: 26.08.2025

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

Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 119. Heft

Compte Rendu de la 2ème Excursion Internationale de Phytosociologie en Suisse (14-21 juillet 1991)

Rédigé par
Jean-Daniel GALLANDAT
et Elias LANDOLT

Association Suisse de Phytosociologie
Schweizerische Pflanzensoziologische Gesellschaft
Associazione Svizzera di Fitosociologia

700 Jahre/ans/anni/onns
Confœderatio Helvetica

1994

SOMMAIRE

Introduction:
- Comité d'organisation 5
- Liste des participants 5
- Programme de l'excursion 7
- Itinéraire de l'excursion 9
- Remerciements 12

1. Flore et végétation des Alpes suisses 13
E. LANDOLT (traduction française de J.-L. RICHARD)
1.1 Géographie et phytogéographie 13
1.2 Climat et géologie 18
1.3 Étages de végétation 26
1.4 Végétation 30

2. Bas-marais et prairies du flysch 35
A.BETTSCHART, B. BRESSOUD, W. DIETL, K. MARTI
2.1 Protection et gestion des marais en Suisse 35
2.2 Généralités sur la région de l´excursion 41
2.3 Présentation de l´itinéraire de la journée 47

3. Végétation des lapiés du Muotatal 60
F. GILLET, J.-P. THEURILLAT, A. DUTOIT, E. HAVLICEK, M. BUECHE, A. BUTTLER
3.1 Présentation générale (J.-P. THEURILLAT) 60
3.2 Approche synusiale de la végétation des lapiés de Bödmeren (F. GILLET) 66

4. Forêts thermophiles de la vallée supérieure de la Reuss 101
J.-P. THEURILLAT, M. BICHSEL, F. CLOT
4.1 Situation géographique 101
4.2 Géologie 101
4.3 Climat 102
4.4 Végétation 102
4.5 Les forêts thermophiles 103
4.6 Programme de la journée 109

5. Forêts insubriennes acidophiles et à essences laurophylles 115
G. CARRARO, P. GIANONI, G. GIANOLA, J.-D. GALLANDAT
5.1 Histoire homme-végétation 115
5.2 Les associations forestières 115
5.3 L´introduction d´espèces exotiques et leur extention 120

6. Forêts insubriennes sur calcaire 128
M. BICHSEL (traduction française de J.-L. RICHARD)
6.1 Géologie 128
6.2 Climat 129
6.3 Flore 129
6.4 Végétation forestière 130

7. Zones alluviales de la Valle Maggia (Someo et Riveo) 141
G. CARRARO, P. GIANONI, G. GIANOLA, J.-D. GALLANDAT
7.1 Introduction 141
7.2 Données climatiques 141
7.3 Données géologiques et pétrographiques 142
7.4 Données hydrologiques 142
7.5 Le transect d´étude de Someo 144

8. Synthèse 157
F. KLÖTZLI

Bibliographie 160

COMITÉ D'ORGANISATION

Présidence:	Jean-Daniel GALLANDAT
Secrétariat:	Elena HAVLICEK Béatrice WERFFELI
Finances:	Elisabeth FELDMEYER
Responsables de thèmes:	Jean-Louis RICHARD Karin MARTI Benoît BRESSOUD François GILLET Jean-Paul THEURILLAT Gabriele CARRARO Markus BICHSEL

LISTE DES PARTICIPANTS

ANDRES Franziska	Geobotanisches Institut ETH, Stiftung Rübel, Zürichbergstrasse 38, CH-8044 Zürich
ANTONIETTI Aldo	Mittelstrasse 16b, CH-3042 Ortschwaben
BALATOVA-TULACKOVA Emilie	Minska 14, CS-61600 Brno
BETTSCHART Aloïs	Schlapprig 12, CH-8847 Egg-Einsiedeln
BICHSEL Markus	Fajauna, CH-7226 Schiers-Stels
BOLLIGER Peter	ITR Ingenieurschule, Abt. Grünplanung, CH-8640 Rapperswil
BRESSOUD Benoît	Rue de Cordé, CH-1957 Ardon
BUECHE Michel	La Levrière 36, CH-2517 Diesse
BUTTLER Alexandre	Port-Roulant 6, CH-2003 Neuchâtel
CARRARO Gabriele	Dionea SA, CP 13, CH-6600 Locarno
CHARLIER Patrick	42, quai Ansermet, CH-1205 Genève
DELPECH René	1, rue Henriette, F-92140 Clamart
DEVORSINE Isabelle	Bureau Geogram, 15, bd. Foch, F-51100 Reims
FIERZU Marlyse	Vy d'Etra 50, CH-2000 Neuchâtel
GALLANDAT Jean-Daniel	Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie, Institut de Botanique, Université, Chantemerle 22, CH-2007 Neuchâtel
GIANONI Pipo	Dionea SA, CP 13, CH-6600 Locarno
GILLET François	Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie, Institut de Botanique, Université, Chantemerle 22, CH-2007 Neuchâtel
GOBAT Jean-Michel	Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie, Institut de Botanique, Université, Chantemerle 22, CH-2007 Neuchâtel
GUENAT Claire	Laboratoire de pédologie IATE/EPFL, CH-1024 Ecublens
GUILLY Mireille	14, rue Chénier, F-80000 Amiens
HABIYAREMYE Francois X.	Laboratoire de Botanique, Av. Paul Heger 28, B-1050 Bruxelles

HAVLICEK Elena	Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie, Institut de Botanique, Université, Chantemerle 22, CH-2007 Neuchâtel
IVANISHWILI Marina	Departement of Systematics and Plant Geography, Botanical Institute, Academy of Sciences of Georgia, URSS-380007 Tbilisi/Georgia
JULVE Philippe	59, rue Groote, F-59270 Bailleul
KLEIN Jean-Paul	Conservatoire des sites alsaciens, Ecomusée Ungersheim, F-68190 Einsisheim
KLÖTZLI Frank	Geobotanisches Institut ETH, Stiftung Rübel, Zürichbergstrasse 38, CH-8044 Zürich
KOROTKOV Konstantin	Lehreinheit Geobotanik, Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität München, Schelingstrasse 14, D-8000 München
KÜPFER Philippe	Laboratoire de Phanérogamie, Institut de Botanique, Université, Chantemerle 22, CH-2007 Neuchâtel
LANDOLT Elias	Geobotanisches Institut ETH, Stiftung Rübel, Zürichbergstrasse 38, CH-8044 Zürich
MARTI Karin	Topos, Idastrasse 23, CH-8004 Zürich
MAXIMOVA Svetlana.A.	Botanical Garden, The Seed Laboratory, Illich's avenue 110, URSS-340059 Donetsk
MLYSHEV Leonid	Laboratory for Systematics and Floristic Genesis, Siberian Central Botanical Garden, URSS-630090 Novosibirsk
MÜLLER Theo	Mörikerstrasse 23, D-7141 Steinheim
OGANESSIAN Marine	Institute of Botany of Armenian Academy, URSS-375063 Erevan/Armenia
PORTENIER Nikolaj	Komarov Botanical Institute, 2, Popov Street, URSS-197022 Saint-Petersbourg
ROULIER Christian	Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie, Institut de Botanique, Université, Chantemerle 22, CH-2007 Neuchâtel
SARTORI Francesco	Instituto de Botanica, Via S. Epifanio 14, I-27100 Pavia
SELLDORF Paolo	Via Campagna 19, Ch-6926 Montagnola
SORIANO Ignasi	Dpt. de Biología vegetal, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona, Diagonal 645, E-08028 Barcelona
TEUSCHER Franziska	Neubrückstrasse 114, CH-3012 Bern
THEURILLAT Jean-Paul	Conservatoire botanique, CP 60, CH-1292 Chambésy
THÉVENIN Stéphane	Bureau Geogram 15, bd. Foch, F-51100 Reims
VERTES Françoise	Station d'agronomie INRA, 4, rue Stang Vihan, F-29000 Quimper
VIGO Josep	Dpt. de Biología vegetal, Facultad de Biología, Universidád de Barcelona, Diagonal 645, E-08028 Barcelona
WERFFELI Béatrice	Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie, Institut de Botanique, Université, Chantemerle 22, CH-2007 Neuchâtel
YUAN Yong-Ming	Departement of Biology, Lanzhou University, 730000 Lanzhou/P.R. China

PROGRAMME DE L'EXCURSION

Dimanche 14 juillet
Rassemblement à Einsiedeln
Conférence d'introduction par le professeur Elias LANDOLT
(Institut de géobotanique de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich)
Logement et repas: Hôtel Bären à Einsiedeln

Lundi 15 juillet
Bas-marais et prairies du flysch
Thème: *Protection et gestion des marais*
Lieu: Rothenthurm, Sihlsee et Ybergeregg
Logement et repas: Hôtel Tell à Muotathal

Mardi 16 juillet
Végétation des lapiés du Muotatal
Thème: *Approche synusiale intégrée des forêts et des landes subalpines sur lapiés*
Lieu: Réserve forestière de Bödmeren
Logement et repas: Hôtel Tell à Muotathal
Soir: Visite de la prairie du Rütli en bateau

Mercredi 17 juillet
Forêts thermophiles de la vallée de la Reuss
Thème: *Influence du foehn sur la végétation au nord des Alpes*
Lieu: Région d'Erstfeld
Soir: Déplacement vers le Tessin par le Col du Gotthard
Logement et repas: Centre SSIC à Gordola (près des Bolle de Magadino)

Jeudi 18 juillet
Forêts insubriennes acidophiles et à essences laurophylles
Thème: *Colonisation des forêts par le châtaignier et des essences laurophylles*
Lieu: Monte Verità (Ascona)
Logement et repas: Centre SSIC à Gordola
Soir: Visite du Jardin botanique des îles de Brissago

Vendredi 19 juillet
Forêts insubriennes sur calcaire
Thème: *Position syntaxonomique des forêts étudiées entre le Carpinion* et le *Quercion pubescentis*
Lieu: Monte San Giorgio
Logement et repas: Centre SSIC à Gordola

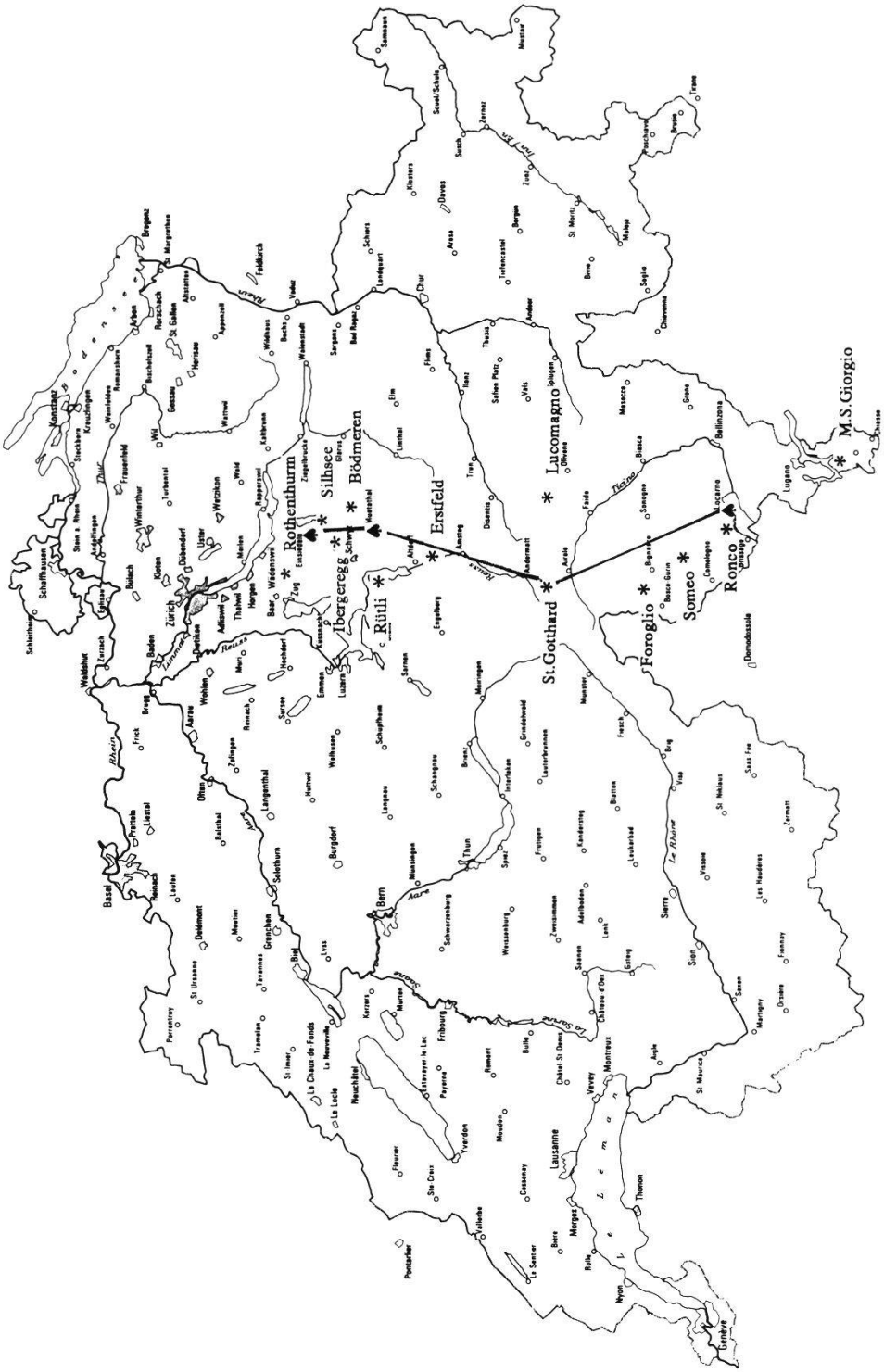
Samedi 20 juillet
Zone alluviale de la Valle Maggia

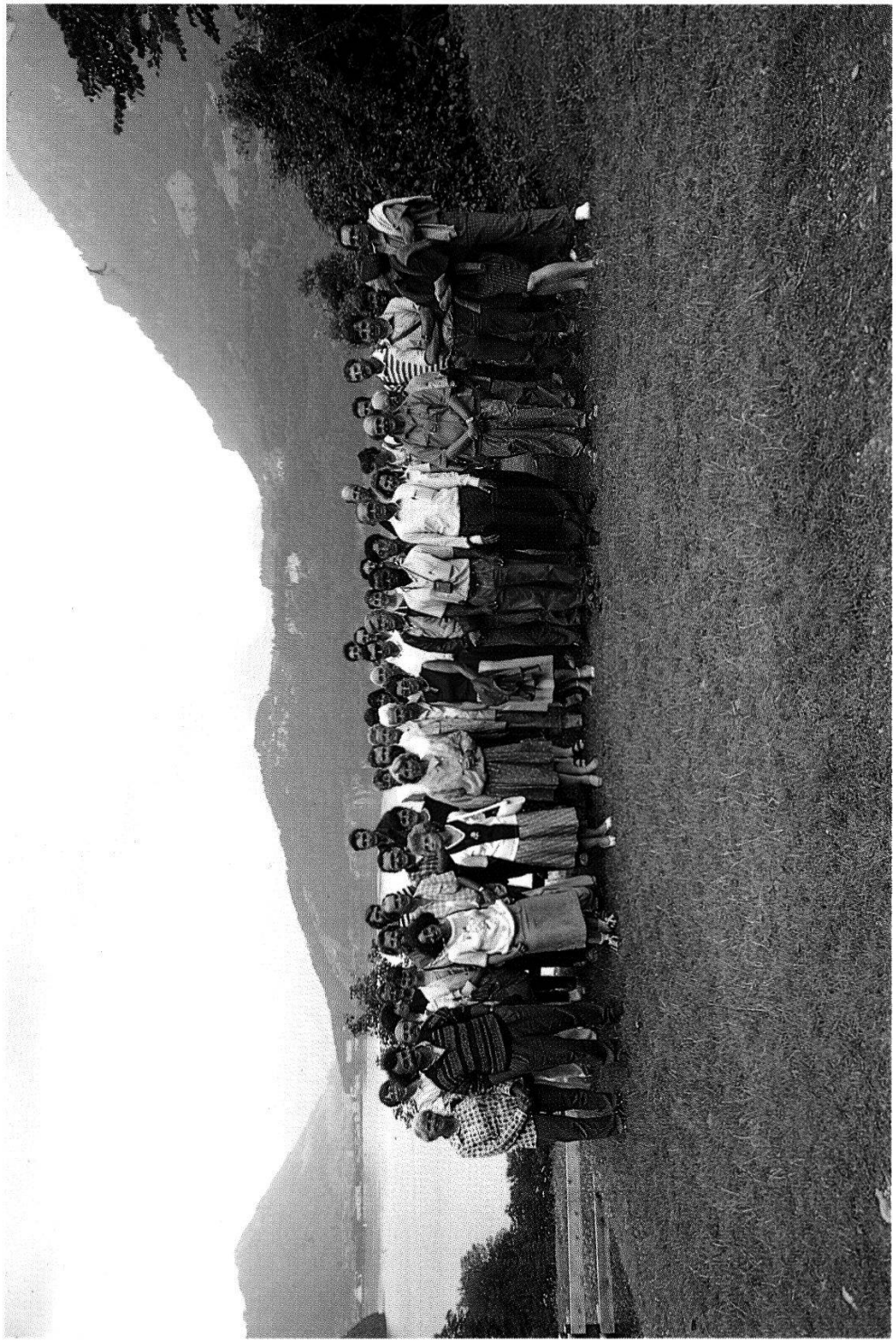
Thème:	*Dynamique et gestion d'un site alluvial d'importance internationale*
Lieu:	Someo et Riveo: Étude de deux transects
Soir:	Conférence-visite: "Histoire de l'Homme dans une haute vallée tessinoise, le val Bavona"
Repas:	Foroglio, dans un cadre typique
Logement:	Centre SSIC à Gordola

Dimanche 21 juillet
Synthèse finale par le professeur Frank Klötzli
(Institut de Géobotanique de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich)

Lieu:	Centre écologique d'Acquacalda (Col du Lucomagno)
Soir:	Retour à Einsiedeln

ITINÉRAIRE DE L'EXCURSION





Les participants de l´excursion sur le "Rütli" (Uri)

Les participants de l´excursion à Foroglio (Tessin)

REMERCIEMENTS

Le comité d'organisation tient à temoigner sa vive reconnaissance aux firmes et institutions qui ont apporté leur soutien financier:

Crédit suisse
Office fédéral de l'environnement, de la forêt et du paysage
(Division principale de la protection de la nature et du paysage)
Migros Suisse
Canton de Schwyz
Canton du Tessin
Commission géobotanique de l'Académie suisse des Sciences naturelles

Nos très vifs remerciements vont également aux personnes qui nous ont soutenus ou ont collaboré à la mise sur pied de cette excursion internationale, particulièrement:

Messieurs:

Aldo ANTONIETTI, chef de la Division principale de la protection de la nature et du paysage (OFEFP).
Marcello BERNARDI, Département de l'environnement du Canton du Tessin
Roberto BUFFI, Inspecteur forestier du VIIIe arrondissement du Canton du Tessin
Martin BURKHARD, géologue, Université de Neuchâtel
Ivo CESCHI, Inspecteur forestier cantonal du Canton du Tessin
Guido COTTI, Musée cantonal d'Histoire naturelle du Tessin
Bruno DONATI, Directeur du Musée de Cevio
Carlo FRANSCELLA, Directeur du Jardin Botanique des Iles de Brissago
Elias LANDOLT, Professeur à l'Institut de Géobotanique, ETH Zürich
Ivo LANZI, Président de l'Association des communes de la Valle Maggia
Frank KLÖTZLI, Professeur à l'Institut de Géobotanique, ETH Zürich
Renzo RESPINI, Conseiller d'Etat du Canton du Tessin, chef du Département de l'Environnement

1. Flore et végétation des Alpes suisses

E. LANDOLT
(traduction française de J.-L. RICHARD)

1.1. GÉOGRAPHIE ET PHYTOGÉOGRAPHIE

La région dans laquelle l'excursion se déroulera se situe au centre de l'arc alpin, dans la zone de contact entre Alpes centrales et orientales. Cette "limite" (en réalité une transition) s'étire du lac de Constance jusqu'au sud du Tessin et au lac de Come, en passant par la vallée du Rhin. Elle correspond à la limite orientale de l'aire de plusieurs espèces des Alpes occidentales et, inversément, à la limite occidentale de l'aire d'espèces dites "orientales". Comme on le voit

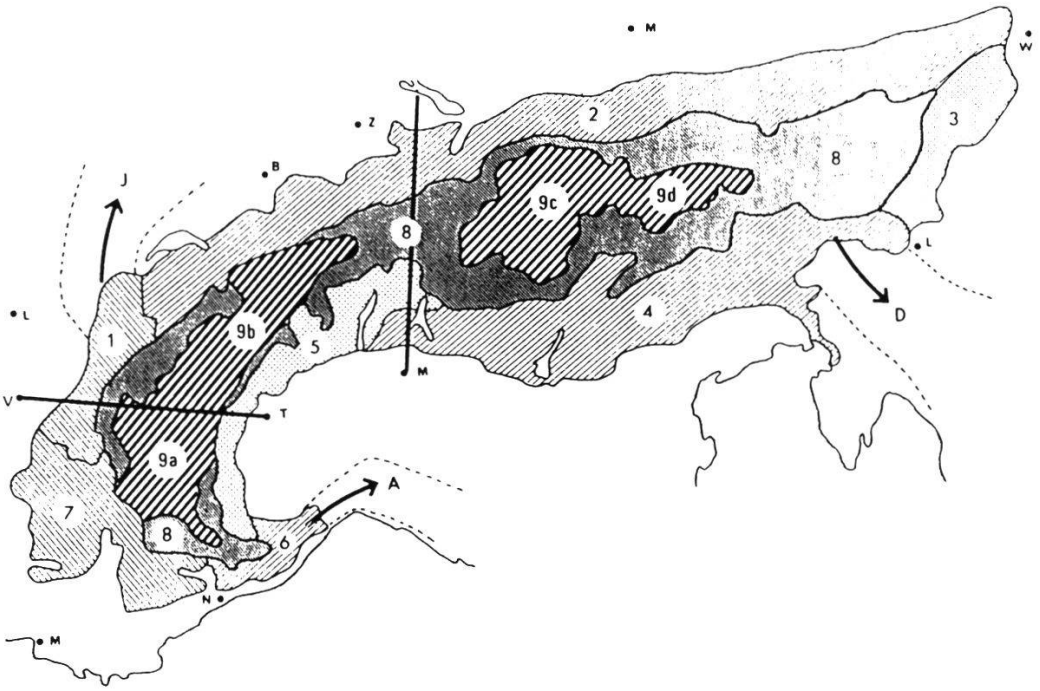


Fig. 1.1. Zonage écologique de la chaîne alpine. Les limites horizontale et verticale séparent les Alpes sud-occidentales, centrales et orientales (OZENDA, 1988).

1. massif calcaire delphino-jurassien
2. Alpes calcaires du nord
3. Alpes siliceuses de Styrie
4. Alpes calcaires bergamasques
5. Alpes siliceuses du Piémont
6. Alpes calcaires de Préligurie
7. Alpes calcaires de Haute-Provence
8. Alpes intermédiaires
9. Alpes internes continentales :
   - a. secteur sud-occidental
   - b. secteur nord-occidental
   - c. et d. secteur oriental

sur la fig. 1.2, c'est à peu près sur cette ligne que se rencontrent les aires des deux espèces vicariantes *Senecio incanus* et *S. carniolicus*. A l'ouest de cette ligne, les Alpes occupent une bande de 140-160 km de large, tandis que plus à l'est elles dépassent 200 km (au maximum 240 km). Cette région centrale se caractérise par la prédominance de profondes vallées transversales orientées nord-sud (au nord vallées du Rhin, du Rhin postérieur, de la Reuss, du Hasli; au sud celle qui relie le lac de Come au Val San Giacomo, celles du Mesocco, du Tessin, de la Maggia, enfin celles du Val d'Ossola et du Val Antigorio) qui prennent naissance presque à la ligne de partage des eaux. A l'exception de quelques petites "vallées suspendues" (Urseren, Bedretto) il n'y a pas de grandes vallées longitudinales dans ce secteur. Malgré la proximité des versants nord et sud, les cols sont relativement élevés (San Bernardino 2065 m, Lukmanier 1916 m, St-Gotthard 2108 m). Les sommets les plus élevés atteignent 3630 m (Dammastock) à l'origine de la Reuss et 3273 m (Basodino) à l'origine de la vallée du Tessin, ce qui est beaucoup moins que plus à l'est (Bernina) ou que dans les Alpes bernoises et valaisannes à l'est.

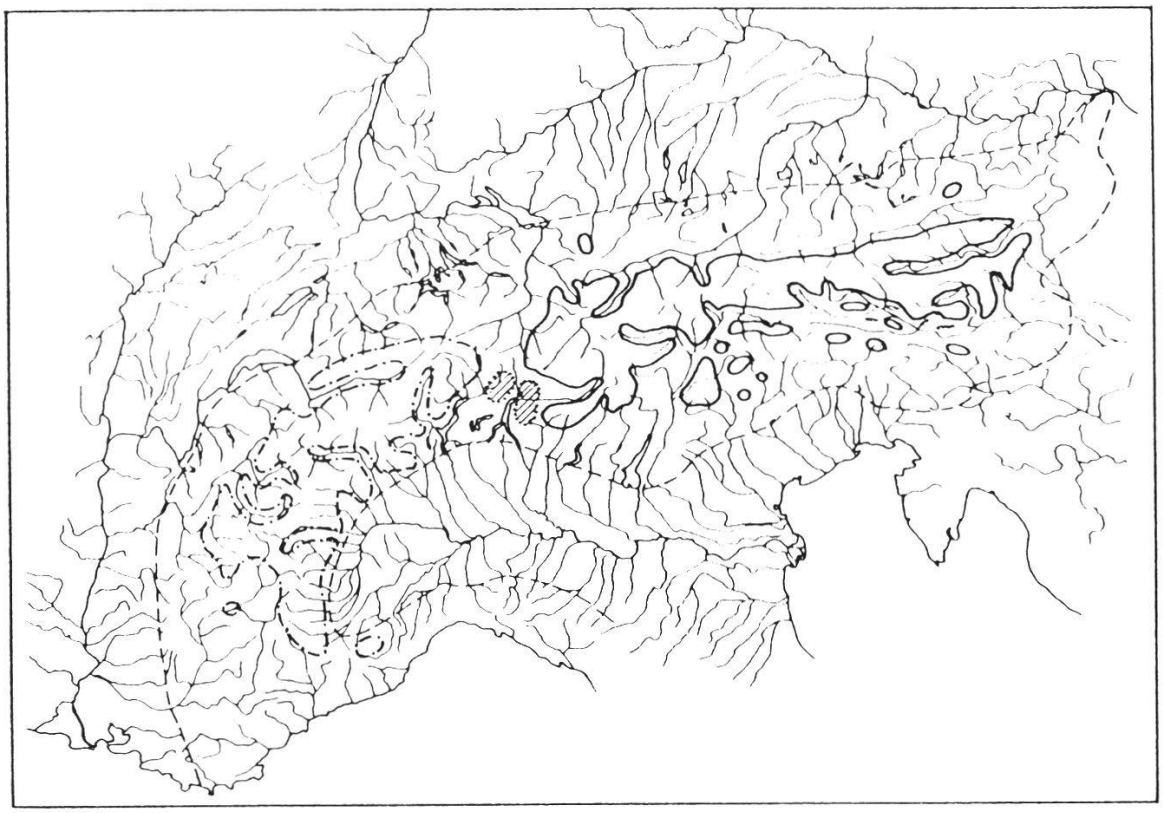


Fig. 1.2. Distribution des sous-espèces de *Senecio incanus* s.l. dans les Alpes (MERXMÜLLER, 1952, modifié). Au sud-ouest *Senecio incanus* s.str., à l'est *Senecio carniolicus*, entre deux *Senecio insubricus* dans la région du lac de Come.

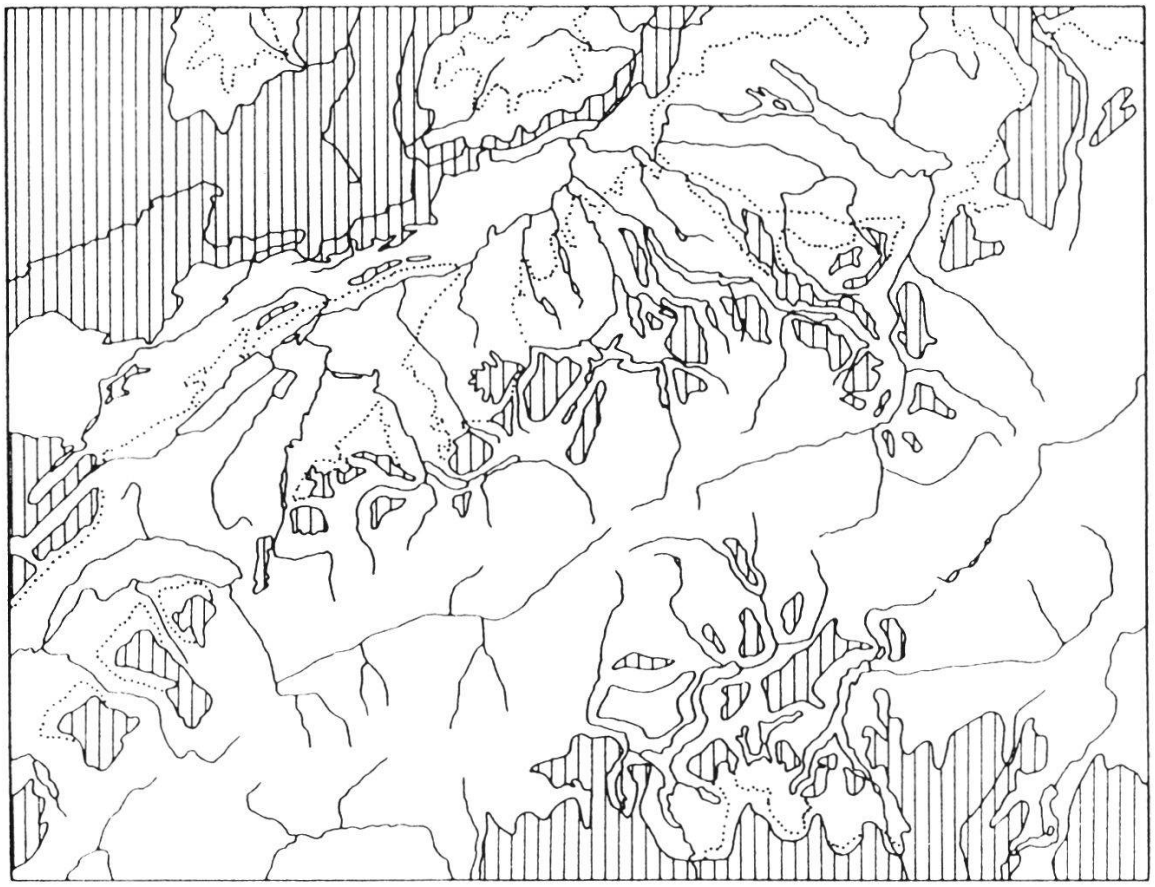


Fig. 1.3. Les Alpes helvétiques durant les glaciations (d'après IMHOF, modifié par LANDOLT, 1984). Les secteurs hachurés ont été épargnés par la glace même pendant la plus grande glaciation (Riss). La ligne pointillée correspond aux limites da la dernière glaciation (Würm).

Pendant les glaciations (à partir de 15'000 ans en arrière) presque tout le territoire de l'excursion fut couvert de glace (fig. 1.3). Au cours de la dernière glaciation, la carapace de glace s'étendait sur plus de 50 km de largeur sur le Plateau, tandis qu'au sud des Alpes elle dépassait de 10-20 km l'extrémité méridionale du lac de Come et du lac Majeur. Dans la vallée de la Reuss la glace atteignait l'altitude de 2600 m au Gotthard, 2300 m à Andermatt, 1900 m à Amsteg, 1500 m à Altdorf et Schwyz et 1200 m à l'entrée du Muotatal, tandis qu'au Tessin elle se situait vers 2400 m au niveau d'Airolo, 1400 m à Bellinzona et encore 900 m à Lugano (soit au moins 600 m d'épaisseur!). Quelques massifs émergeaient de la glace, sous la forme de "nunataks", comme par exemple dans la région du Muotatal au-dessus de 1400 m, vers Bellinzona au-dessus de 1400 m, ainsi qu'à l'est et au sud de Lugano, au Monte San Giorgio au-dessus de 800 m. Il faut dire que ces îlots étaient toute

Fig. 1.4. Glaciations dans les Alpes (d'après MERXMÜLLER, in OZENDA, 1988). En noir, territoires non glacés ayant pu servir de refuges à la flore orophile. Ligne trait-point: limite de la dernière glaciation. Ligne pointillée: limite de la chaîne alpine.

l'année plus ou moins recouverts de lambeaux de glaciers locaux ou de névés, car leur altitude dépassait la limite climatique inférieure de la neige. On peut donc penser que les seules plantes ayant enduré la dernière glaciation dans les chaînes calcaires externes étaient adaptées au climat subalpin ou alpin. De nombreux orophytes s'étaient réfugiés sur les marges glaciaires de plaine et suivirent les glaciers dans leur phase de retrait à la fin de la période. Seules les espèces alpines les moins exigeantes furent capables de survivre dans les chaînes centrales. Dans la région où l'excursion se déroulera, les territoires présentant des possibilités de survie étaient rares au nord des Alpes: Pilate et montagnes bordant le Muotatal. Il est probable qu'un très petit nombre d'espèces ont survécu ici: *Papaver sendteri* (entre le Pilate et le lac d'Uri), *Crepis pygmaea* (à l'est d'Uri) et *Ranunculus carinthiacus* (Rigi). La flore a recolonisé les Alpes calcaires externes du nord aussi bien à partir du sud-ouest (*Viola lutea* jusqu'à la vallée de la Reuss, *Rhamnus alpina* jusqu'au Wägital) qu'à partir du nord-est (*Leontodon inanus* et *Willemetia stipitata* [*Calycocorsus*] jusqu'au lac d'Uri). Il n'existe donc aucune flore vraiment endémique dans cette région. Les Alpes calcaires méridionales de la région de Lugano

furent recolonisés à partir des centres de survie situés dans les Alpes bergamasques voisines (fig. 1.4) dont les territoires, peu affectés par les glaciers, consistent en calcaire et en dolomie. C'est pourquoi ces montagnes comptent de nombreux endémiques calcicoles (fig. 1.5) et des espèces propres aux Alpes sud-orientales. Cependant peu d'entre elles touchent le territoire suisse (*Aquilegia einseleana*, *Cerastium austroalpinum*, *Cytisus emerifolius*). Les conditions de survie étaient encore pires dans les Alpes internes siliceuses. Les seuls endémiques de la silice des Alpes bergamasques sont des taxons subalpins et surtout alpins (*Sanguisorba dodecandra*, *Viola comollia*, *Rhinanthus antiquus*, *Androsace brevis*, *Senecio insubricus*) car les seuls sommets de la partie septentrionale de ces montagnes qui émergeaient de la glace sont très élevés et cristallins. L'aire des deux derniers taxons touche tout juste le territoire suisse au bas du Val Mesocco et à l'est de Bellinzona, tandis que *Rhinanthus antiquus* existe dans le massif de la Bernina, au val Bregaglia et au Val Mesocco. Les espèces des sols siliceux, argileux et profonds des basses montagnes sont d'immigration postglaciaire et n'ont plus aucune spécificité territoriale. Leur distribution actuelle est européenne ou même eurasiatique.

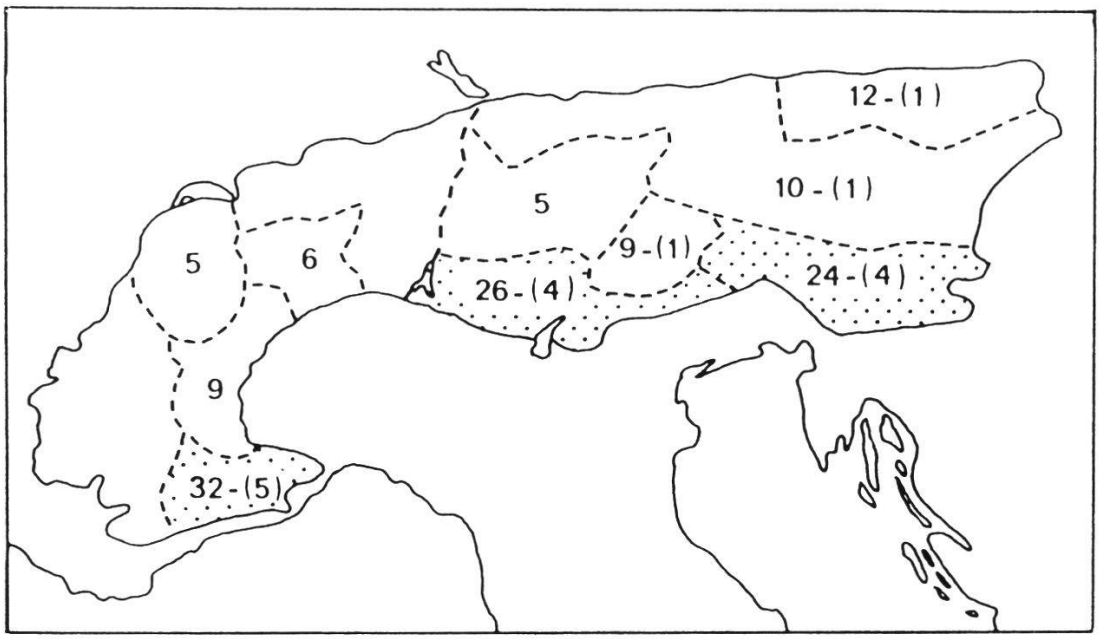


Fig. 1.5. L'endémisme dans la chaîne alpine (d'après PAWLOWSKI, in OZENDA, 1988). Le premier chiffre indique le nombre d'espèces endémiques de chaque secteur; le chiffre entre parenthèses le nombre de taxons supraspécifiques endémiques. En pointillé les deux pôles d'endémicité.

Parmi le grand nombre d'espèces qui se sont réfugiées pendant les glaciations dans des territoires plus méridionaux comme le midi de la France ou l'Apenin, les seules qui ont pu se réinstaller ensuite dans les Alpes sont celles qui étaient à la fois peu exigeantes et capables de coloniser de grandes étendues. Dans ce processus de recolonisation, les Alpes du sud furent doublement favorisées: par la clémence de leur climat et par la proximité des territoires-refuges, ce qui explique la plus grande diversité de leur flore par rapport aux Alpes du nord.
Si la composition des territoires élevés des Alpes a été relativement peu influencée par l'homme, dans les régions basses au contraire la flore actuelle compte environ 50% d'espèces dont l'immigration fut rendue possible en raison de l'activité humaine. Ces espèces colonisent aujourd'hui surtout les milieux neufs, crées ou modifiés par l'homme; mais il arrive aussi qu'elles pénètrent dans les végétations naturelles comme la forêt, les rochers ou les zones alluviales au versant sud des Alpes.

1.2. CLIMAT ET GÉOLOGIE

Le climat du territoire de l'excursion est illustré par le diagramme de la fig. 1.6. Toutes les localités (y compris celles du versant sud des Alpes) appartiennent au régime pluviométrique d'Europe centrale. Les seules différences ont trait à la somme des précipitations et des températures. Les précipitations (fig. 1.7, 1.8) augmentent avec la proximité des Alpes ainsi qu'avec l'altitude. Cependant, elles sont sensiblement plus faibles dans les vallées internes abritées des vents humides par les chaînes externes. En raison des pentes plus fortes du versant méridional du massif alpin, leur somme est plus élevée au sud qu'au nord, à altitude égale. Toutefois, elles sont plus intenses au versant sud, en alternance avec des périodes de beau temps plus prolongées, ce qui se traduit par l'apparition fréquente de végétations steppiques sur les versants raides ensoleillés (radiation solaire intense, réchauffement rapide du sol). Les températures sont en général de 1,5°-2°C plus élevées au versant sud des Alpes qu'à la même altitude au versant nord (les valeurs de la fig. 1.9 sont en réalité un peu trop faibles pour le versant nord, un peu trop élevées pour le versant sud). Grâce à ces différences, l'été est un peu plus chaud au versant sud, ce qui permet l'existence de nombreuses espèces thermophiles (compte tenu de la latitude, l'été est particulièrement frais au nord des Alpes). En outre la douceur de l'hiver permet la survie de nombreuses plantes méditerra-

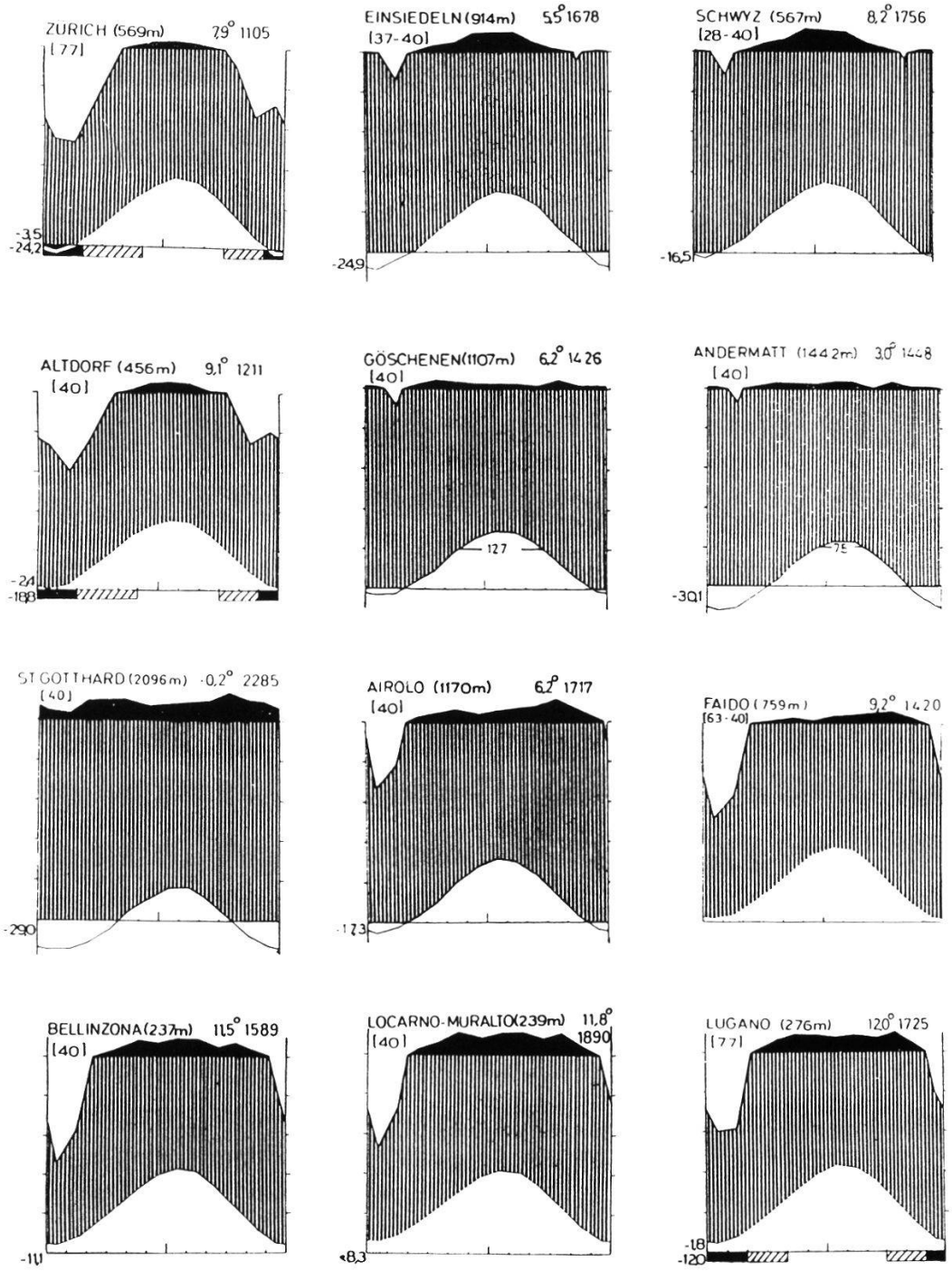


Fig. 1.6. Diagrammes climatiques de 9 localités choisies le long d'un transect entre Zürich et Lugano (WALTER et LIETH, 1967).

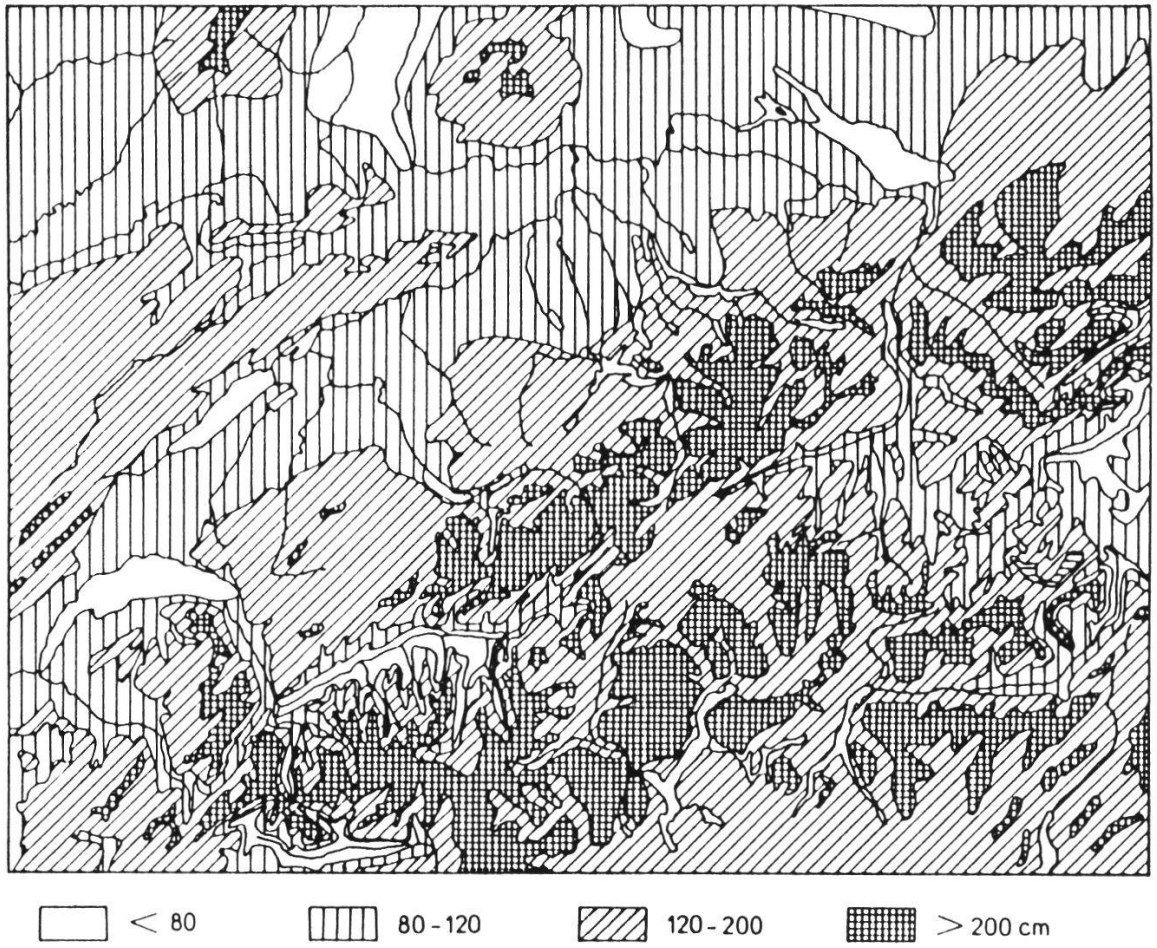


Fig. 1.7. Précipitations annuelles moyennes dans les Alpes helvétiques (LANDOLT et AESCHIMANN, 1986).

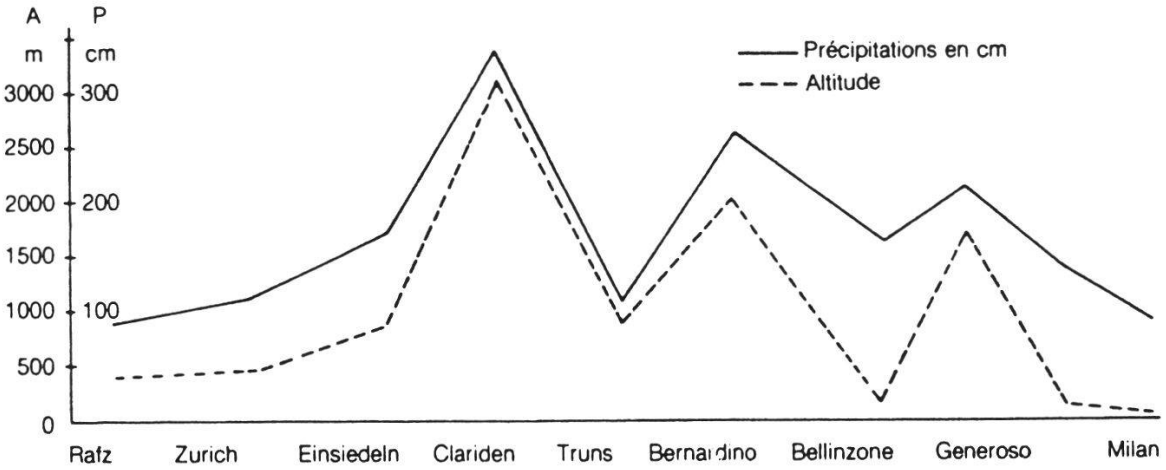


Fig. 1.8. Précipitations annuelles moyennes le long d'un transect à travers les Alpes, entre Schaffhouse et la plaine du Pô (LANDOLT et AESCHIMANN, 1986).

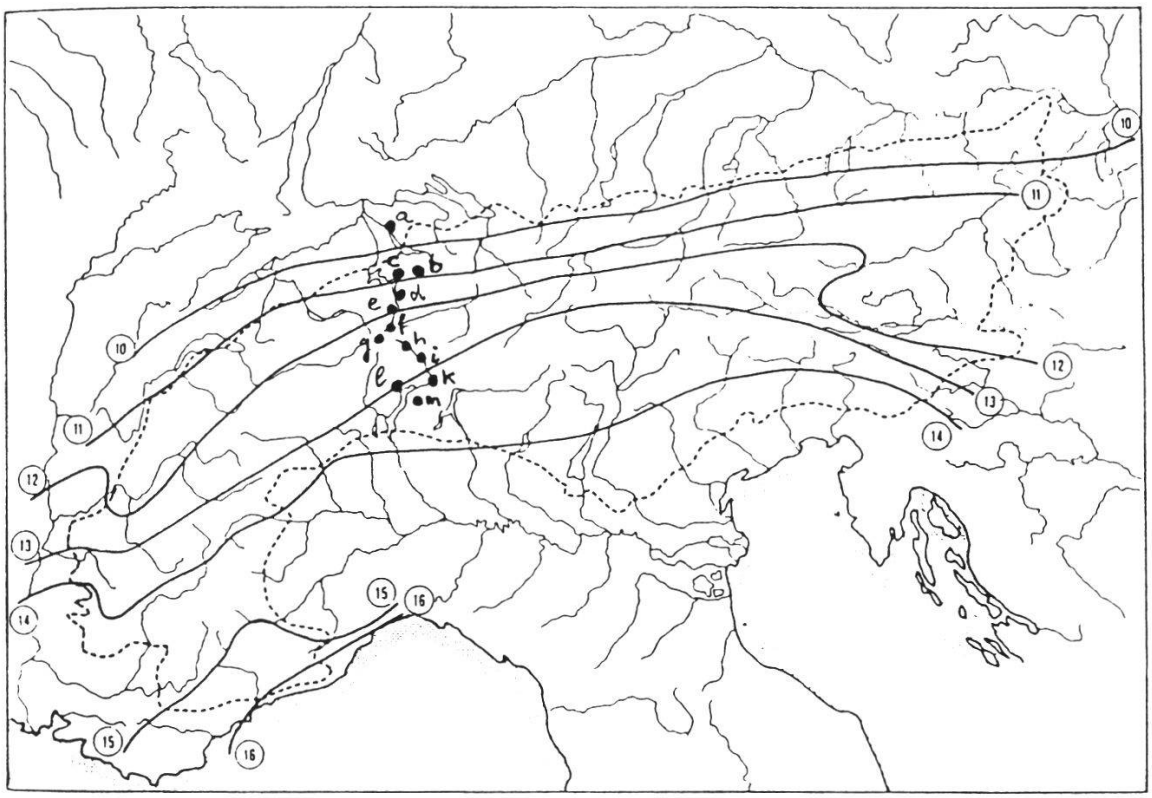


Fig. 1.9. Isothermes dans les Alpes (températures réduites au niveau de la mer) (OZENDA 1988, modifié). Les lettres renvoient aux diagrammes climatiques de la fig. 1.6: a: Zürich, b: Einsiedeln, c: Schwyz, d: Altdorf, e: Göschenen, f: Andermatt, g: Gotthard, h: Airolo, i: Faido, k: Bellinzona, l: Locarno, m: Lugano.

Tab. 1.1. Espèces vicariantes au nord et au sud des Alpes.

Nord des Alpes	Sud des Alpes
Galium pumilum	*Galium rubrum*
Scabiosa columbaria	*Scabiosa portae*
Knautia arvensis	*Knautia transalpina*
Centaurea jacea	*Centaurea dubia*
Lamium montanum	*Lamium flavidum*
Stellaria nemorum	*Stellaria glochidisperma*
Galium silvaticum	*Galium levigatum*
Anthyllis vulgaris	*Anthyllis vulneraria*
Achillea millefolium	*Achillea roseo-alba*
Centaurea scabiosa	*Centaurea tenuifolia*

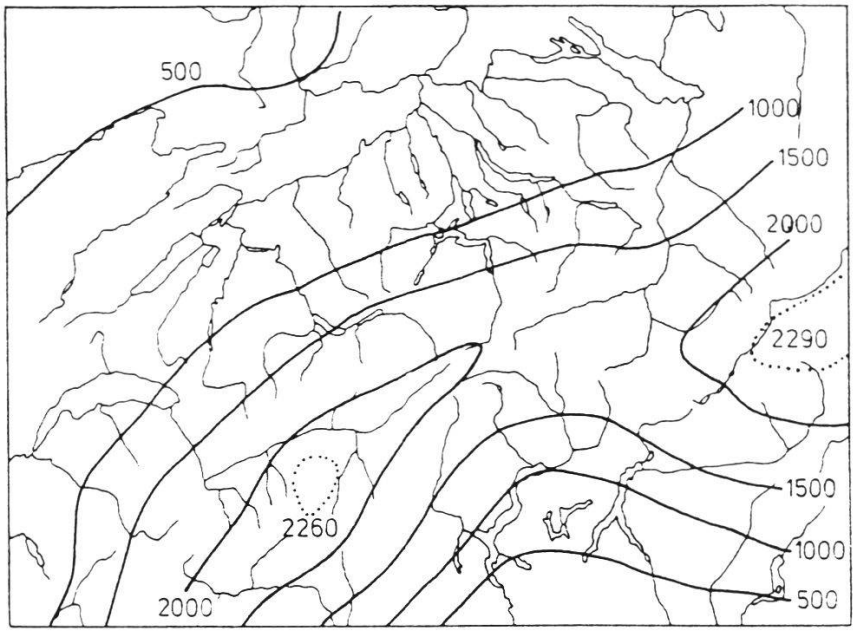


Fig. 1.10. Altitudes moyennes (calculées pour des carrés de 64 km de côté) (d'après LEHNER dans LANDOLT et AESCHIMANN, 1986).

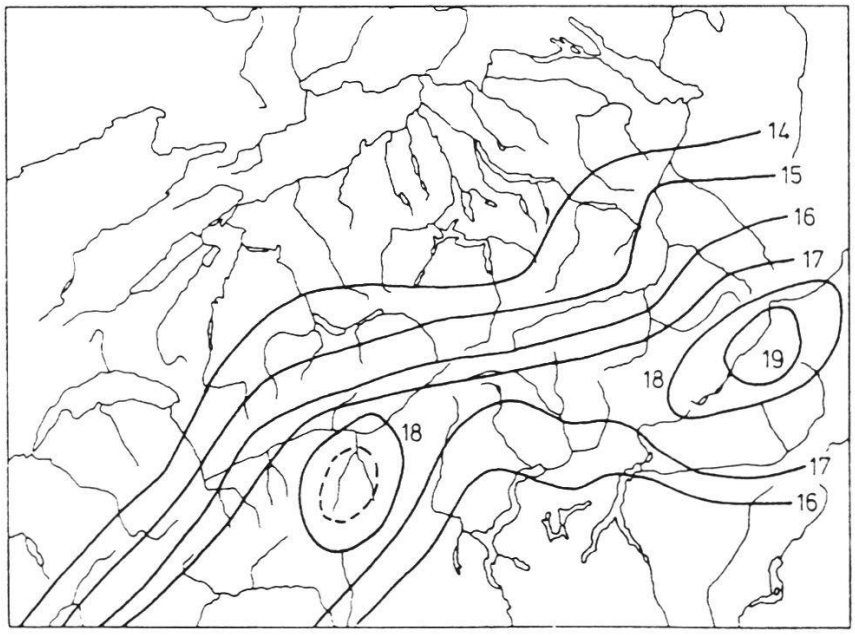


Fig. 1.11. Températures moyennes de juillet à 13 h et 1500 m d'altitude (d'après DE QUERVAIN dans LANDOLT et AESCHIMANN, 1986).

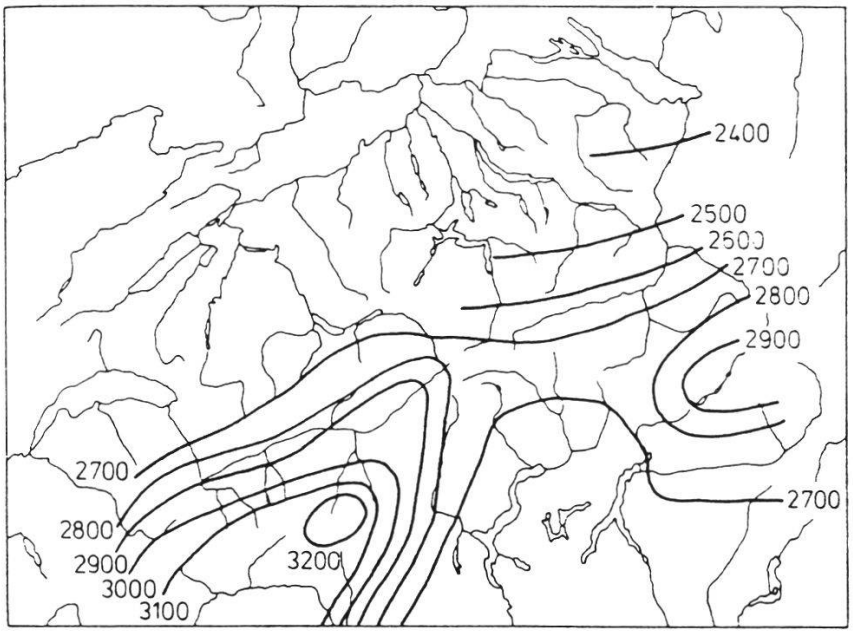


Fig. 1.12. Limite climatique des neiges éternelles en terrain plat (d'après JEGERLEHNER dans LANDOLT et AESCHIMANN, 1986).

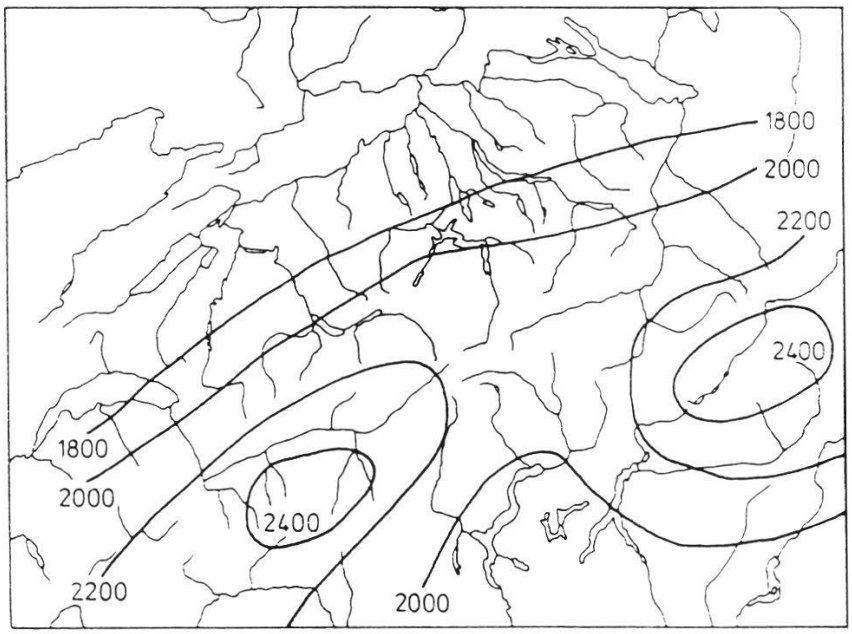


Fig. 1.13. Limite supérieure moyenne des forêts (d'après les observations concernant les groupes d'arbres les plus élevés) (LANDOLT, 1984).

néennes, atlantiques et même subtropicales (les minima absolus atteignent -10°C au lieu de -20° ou -25°C au nord des Alpes). On trouve même des oliviers dans les endroits protégés au bord des lacs de Lugano et de Come. De nombreuses espèces ligneuses à feuilles persistantes (laurophylles) non indigènes se sont naturalisées (par ex. *Laurus nobilis*, *Prunus laurocerasus*) de même qu'un palmier (*Trachycarpus fortunei*). On nomme "insubrien" le climat du Tessin et des contrées avoisinantes; il se caractérise par des précipitations élevées et denses, de longues périodes de sécheresse, une forte insolation, des étés chauds et des hivers doux. On est surpris de rencontrer, dans les contrées basses du Tessin, de nombreux arbres (par ex. *Castanea sativa*, *Ostrya carpinifolia*, *Fraxinus ornus*, *Robinia pseudacacia*, *Ailanthus glandulosus*, *Paulownia tomentosa*, en partie introduits) et même des groupements végétaux forestiers inconnus au nord des Alpes. Même dans les prairies, les espèces méridionales ne sont pas rares. On peut citer de nombreuses paires d'espèces d'un même genre avec un vicariant de chaque côté des Alpes, un phénomène favorisé à la fois par des différences de climat et par l'histoire des migrations (tab. 1.1).

En ce qui concerne les périodes de sécheresse et les minima hivernaux, les vallées à foehn du nord des Alpes occupent une place intermédiaire entre les régions voisines sans foehn et celles du sud des Alpes. On y a introduit avec succès le châtaignier et de nombreuses espèces méridionales y ont leur seule localité au nord des Alpes (par ex. *Ruscus aculeatus* au bord du lac d'Uri, *Lamium flavidum*, *Galium rubrum*, *Asperula taurina*, *Cyclamen europaeum*). La curieuse distribution de *Hypericum coris* traduit également ce climat spécial: cet orophyte des Alpes méridionales et de l'Apennin n'existe au nord des Alpes qu'entre le lac de Walenstadt et celui des Quatre-Cantons. Même quelques espèces des steppes (par ex. *Juniperus sabina*, *Allium montanum*, *Seseli libanotis*), qui sont concentrées surtout dans les vallées internes des Alpes, apparaissent parfois dans les stations ensoleillées des vallées à foehn.

La température de l'air diminue en moyenne de 0.55°C par 100 m d'altitude (0.7 en été, 0.4 en hiver). Les Alpes internes, qui ne figurent pas à notre programme, jouissent d'un climat plus continental grâce à leur nébulosité plus faible et au rayonnement solaire plus intense: en effet elles sont abritées des vents humides par les hautes montagnes qui piégent les précipitations. Cette particularité est encore accentuée par l'effet de masse et par le réchauffement qui lui est lié. Comme le montre la fig. 1.10 (altitudes moyennes) l'itinéraire de l'excursion traverse une zone d'abaissement des altitudes moyennes. Le

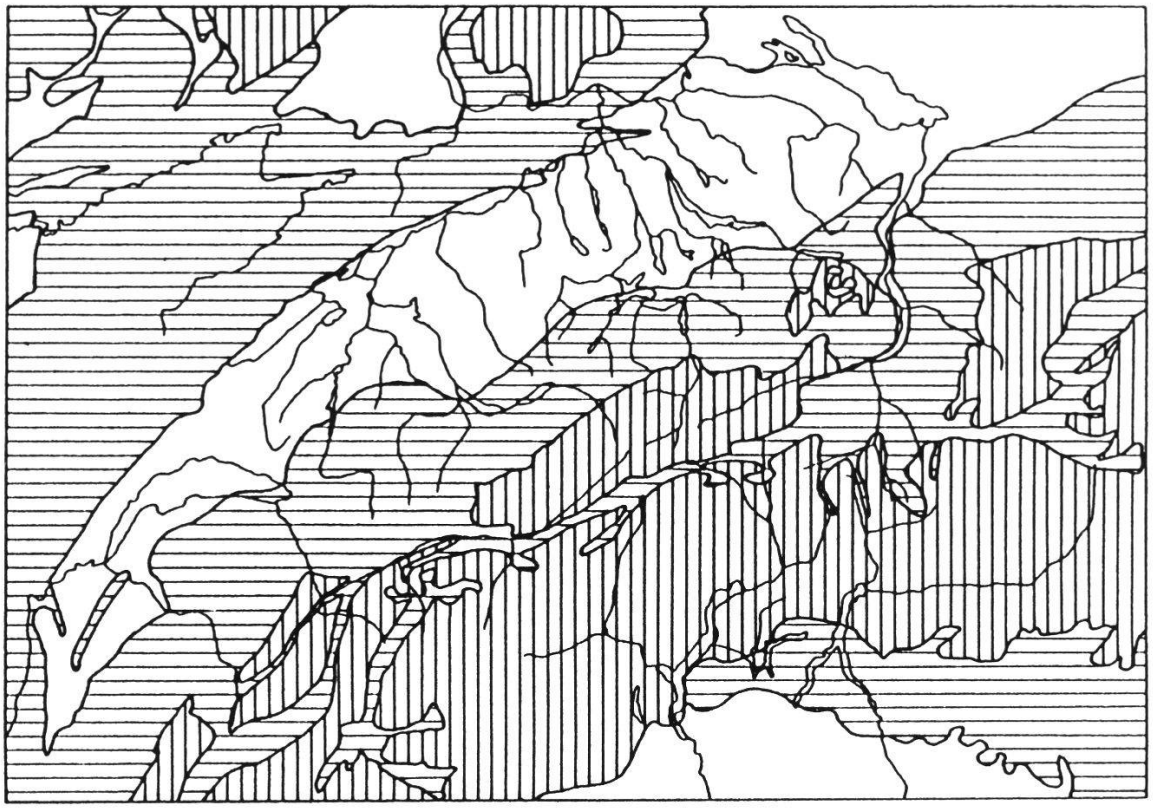


Fig. 1.14. Roches riches en calcaire (hachures horizontales) et pauvres en calcaire (hachures verticales) (d'après IMHOF, 1965, simplifié, dans LANDOLT, 1984). Les substrats du plateau ne sont pas hachurés (molasse, moraines et dépôts alluviaux), bien que la plupart d'entre eux contiennent du calcaire.

climat y est par conséquent plus océanique que dans les régions voisines, les températures diurnes estivales sont moins élevées, ce qui provoque l'abaissement de la limite supérieure des forêts et de celle des neiges persistantes (fig. 1.11 - 1.13).

La fig. 1.14 (qui ne distingue qu'entre les substrats pauvres ou riches en calcaire) traduit de manière très approximative les conditions géologiques. Le long de l'itinéraire, on peut dire qu'au nord d'Erstfeld dans la vallée de la Reuss, les roches sont des sédiments calcaires, tandis que plus au sud il s'agit de roches cristallines pauvres en bases (granite et gneiss), à l'exception d'une étroite bande au sud du Gotthard. Ce n'est qu'au sud et à l'est de Lugano qu'on retrouve des roches calcaires. Ces deux types de substrats se distinguent facilement par leur flore.

1.3. ÉTAGES DE VÉGÉTATION

Les fig.1.15 et 1.16 permettent de se représenter les étages de végétation en Suisse. Pour simplifier, ceux-ci sont illustrés par la limite supérieure de distribution d'un petit nombre d'espèces dominantes et faciles à identifier dans la nature. Nous avons choisi comme limite supérieure celle qui est atteinte par de petits peuplements de l'espèce en question, non par des individus isolés qui peuvent jouir de conditions exceptionnelles. Cette limite, qui dépend le plus souvent de la température (influencée elle-même par les conditions locales et par l'intensité du rayonnement solaire), varie en fonction de l'exposition et du relief. Elle peut être de 100-300 m plus basse en versant nord ou en situation ombragée qu'en versant sud ensoleillé. Elle s'abaisse dans le fond des vallées en raison de l'accumulation d'air froid. La limite d'étage peut être très irrégulière puisqu'elle intègre le climat local et des finesses d'ordre édaphique.
La limite supérieure de l'étage collinéen coïncide avec celle de *Quercus* (Alpes internes et sud des Alpes: *Quercus pubescens*, nord des Alpes: *Quercus petraea*). Cette limite s'élève des Alpes du nord (550-800 m) aux Alpes internes (600-1000 m), puis aux Alpes du sud (700-1000 m). Dans les Alpes du nord, en raison du climat océanique relativement frais, le hêtre est très

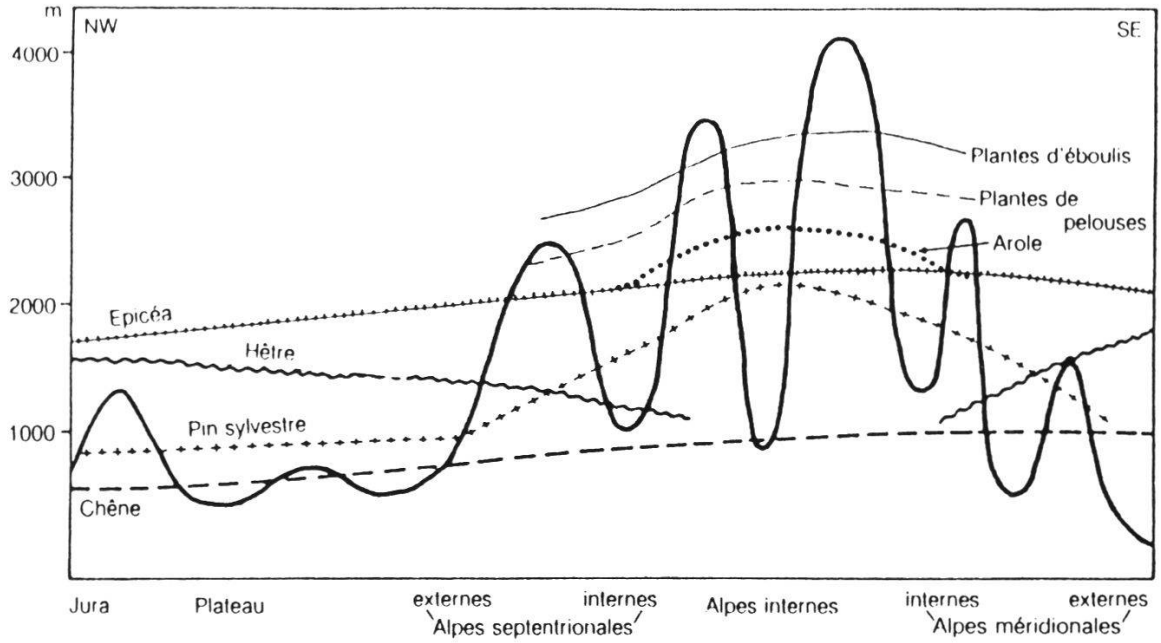


Fig. 1.15. Limites altitudinales de quelques arbres importants et de quelques groupes d'espèces alpines (LANDOLT et AESCHIMANN, 1986).

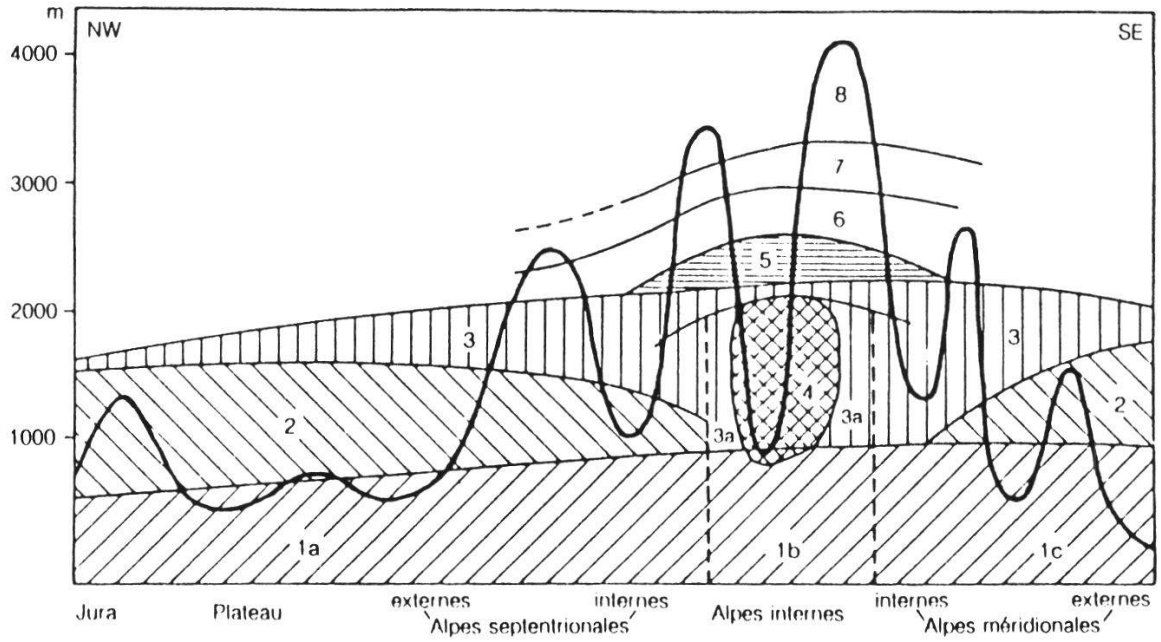


Fig. 1.16. Etages de végétation dans les Alpes suisses (LANDOLT et AESCHIMANN, 1986).
1. étage collinéen (à *Quercus*)
   a. variante septentrionale avec beaucoup de Fagus et des chênes (*Quercus robur*, *Q. petraea*)
   b. variante des Alpes internes à *Quercus pubescens*
   c. variante méridionale à *Quercus pubescens*, d'autres espèces de *Quercus* et *Castanea*
2. étage montagnard (*Fagus-Abies*)
3. étage subalpin (*Picea*)
   a. partie continentale à *Pinus silvestris* et *Larix decidua*
4. étage montagnard continental à *Pinus silvestris*
5. étage suprasubalpin à *Pinus cembra*
6. étage alpin des pelouses
7. étage subnival des plantes en coussinets
8. étage nival à prédominance des lichens et algues

concurrentiel. Il parvient à être dominant dans les forêts traitées naturellement et dans des conditions édaphiques moyennes. C'est pourquoi on nomme parfois cet étage: étage submontagnard. *Quercus petraea* et surtout *Q. robur* sont souvent relégués soit dans des milieux exceptionnels, soit dans des peuplements traités depuis longtemps en taillis. Plusieurs autres essences sont liées, en Suisse, à l'étage collinéen: *Carpinus betulus*, *Tilia platyphyllos*, *Tilia cordata*, *Alnus glutinosa*, *Prunus avium*, *Ostrya carpinifolia*, *Fraxinus ornus*, *Castanea sativa* (ces trois derniers au sud des Alpes seulement). Un certain nombre de plantes cultivées comme le noyer, la vigne, le maïs sont liées à cet étage, d'autres comme les céréales, le poirier, le pommier ou le prunier, ne montent pas plus haut que dans les Alpes internes.

L'étage montagnard (ou étage de *Fagus-Abies*) prend place au-dessus de l'étage du chêne. Il s'étend jusqu'à la limite supérieure de *Fagus* (et *Abies*). Il se distingue de l'étage collinéen par des températures moyennes plus basses, des précipitations et une humidité atmosphérique plus élevées. Sa limite supérieure correspond dans les grandes lignes à celle d'une zone où les brouillards traînent fréquemment. Cette limite s'abaisse dans les vallées à climat continental et cet étage finit même par disparaître complètement dans les régions les plus continentales (Valais central) où il est remplacé par un "étage du pin" ou "étage montagnard-continental". La limite supérieure de l'étage montagnard se situe entre 1500 et 1600 m dans le Jura, 1300 et 1600 m dans les Alpes du nord, 800 et 1300 m dans les Alpes internes, à l'exception du Valais central. Dans la vallée de la Reuss, le hêtre ne dépasse pas Gurtnellen (900 m) et dans le Tessin le village de Faido (700 m). C'est le foehn qui défavorise le hêtre (et le sapin) dans ces deux vallées. En raison de l'humidité du climat de l'étage montagnard, le hêtre n'est dominant que sur les sols à perméabilité moyenne (surtout sur calcaire). Les roches-mères siliceuses ayant tendance à former des sols compacts et asphyxiants, le hêtre s'y trouve défavorisé par rapport au sapin et à l'épicéa. A côté du hêtre d'autres arbres s'arrêtent à la limite supérieure de l'étage montagnard: *Abies* (lié presque exclusivement à l'étage montagnard), *Acer*, *Fraxinus*, *Ulmus*. A cet étage, à l'exception de petites exploitations maraîchères, le seul type d'exploi-tation agricole est l'élevage.

L'étage montagnard-continental, avec prédominance presque exclusive de *Pinus silvestris*, se limite au Valais central. Dans les autres régions, à climat moins extrême, c'est l'épicéa qui prend la place du hêtre et c'est pourquoi on a attribué ces dernières à l'étage subalpin. L'amplitude altitudinale de l'étage montagnard-continental est fortement tributaire de l'exposition et ses limites oscillent entre 800 et 1700 m selon l'ensoleillement.

L'étage subalpin ou l'étage de l'épicéa se situe au-dessus des étages montagnard et montagnard-continental. C'est lui qui inclut la limite supérieure de la forêt entre 1800 et 2200 m d'altitude, aussi bien au sud qu'au nord des Alpes (fig. 1.13). Presque partout cette limite a été abaissée par l'homme (jusqu'à 400 m) et souvent seuls quelques arbres isolés sont les témoins de la formation d'origine. Bien que les précipitations soient au moins aussi élevées qu'à l'étage montagnard, le climat est plus continental à cause de l'air plus sec (moins de brouillards) et c'est pourquoi *Fagus* (et *Abies*) ne sont plus concurrentiels. Dans les vallées transversales modérément continentales

(Reuss et Tessin supérieur), l'étage subalpin descend dans le fond des vallées jusqu'à remplacer l'étage montagnard. Dans cette variante continentale, *Pinus silvestris* (et d'autres espèces xérophiles) accompagne l'épicéa et le mélèze pour devenir même dominant dans les milieux extrêmes. Contrairement aux chaînes externes, où seul l'élevage est possible à l'étage subalpin et où aucune localité n'est habitée toute l'année, dans cette variante continentale, on trouve encore des villages et même quelques cultures (au Tessin ceux-ci tombent de plus en plus à l'abandon).

Dans les Alpes internes, il faut ajouter encore l'étage symbolisé par *Pinus cembra* ou l'étage "supra-subalpin" qui ne sera toutefois pas touché par l'itinéraire de l'excursion. Les forêts d'aroles et de mélèzes s'étendent selon le climat local, de 1700 à 2100 m ou de 2200 à 2500 m d'altitude. *Pinus montana* et *Alnus viridis* atteignent eux aussi la limite supérieure des arbres dans cette région. On trouve des traces de cet étage dans quelques vallées latérales (Meiental au nord du Gotthard, Val Piora au sud).

L'étage alpin est celui des pelouses continues. Dans les régions siliceuses, il est symbolisé par la prédominance de *Carex curvula*. Dans les chaînes externes calcaires, par contre, la plupart des espèces typiques de cet étage apparaissent à l'étage subalpin déjà. Toutefois *Festuca pumila* et *Elyna myosuroides* sont spécialement liés à l'étage alpin calcaire. La limite supérieure de cet étage se situe à l'altitude à partir de laquelle les plantes ne sont plus en mesure de former des pelouses continues avec des "sols" proprement-dits. Dans les Alpes du nord, elle se situe entre 2300 et 2600 m, dans les Alpes internes entre 2500 et 3100 m, dans les Alpes du sud enfin, entre 2400 et 2800 m.

L'étage subnival est caractérisé par une végétation "ouverte", en taches irrégulières, avec prédominance de plantes en coussinets, dans un environnement d'éboulis ne permettant plus la pédogénèse. *Androsace alpina*, *Eritrichium nanum* et *Draba hoppeana* en sont les espèces les plus typiques. La limite supérieure se situe 300-500 m plus haut que celle de l'étage alpin; elle est déterminée par la durée moyenne de la période sans neige (au moins deux mois).

L'étage nival termine cette énumération. Seules quelques phanérogames isolées sont capables de se réfugier dans des niches privilégiées, ainsi que quelques cryptogames qui atteignent les plus hauts sommets et sont même capables de croître sur les névés (algues).

1.4. VÉGÉTATION

Dans ce dernier chapitre, on évoquera les principaux groupements végétaux en relation avec les étages. Les associations de valeur locale seront étudiées sur place au cours des excursions. Pour obtenir une vue d'ensemble de la végétation potentielle, on se reportera aux diagrammes écologiques d'ELLENBERG, qui ont été établis en fonction de l'humidité et de la richesse en bases du substrat. Ces diagrammes sont présentés par étage, séparément pour les Alpes du nord et les Alpes du sud (fig. 1.17 - 1.24). Puisque les Alpes internes ne font pas partie du programme, on a renoncé à les faire figurer dans ces diagrammes. Il est évident que chacun des groupements énumérés subit aussi l'influence d'autres facteurs que nous avons renoncé de mentionner pour simplifier (par ex. exposition, pente, humidité variable, richesse en substances nutritives). Les noms des groupements forestiers sont tirés de la publication de ELLENBERG et KLÖTZLI (1972). Des compléments y ont été apportés en accord avec le Prof. F. KLÖTZLI, auquel va notre reconnaissance pour ses nombreux conseils. Il faut en tout cas mentionner la forêt mixte à tilleuls (*Asperulo taurinae-Tilietum*) comme association liée à l'étage collinéen des vallées à foehn (et du sud du Tessin): elle occupe surtout les pentes calcaires exposées au foehn dans la vallée de la Reuss, où le hêtre et le sapin souffrent de la sécheresse. A l'étage alpin, nous nous sommes borné à ne mentionner ici que les associations les mieux caractérisées, en renonçant délibérément aux nombreux types de gazons, associations de combes à neige, d'éboulis ou de fissures de rochers.

Les groupements végétaux mentionnés ne correspondent que rarement aux descriptions originales. De plus, ils furent souvent modifiés sous l'influence de l'homme jusqu'à devenir méconnaissables. Au nord des Alpes, on a souvent des monocultures d'épicéas ou de sapins à l'étage collinéen, tandis que dans les régions basses et siliceuses du Tessin, le chataîgnier a remplacé pour une bonne part le chêne depuis l'époque romaine. Depuis quelques dizaines d'années ce sont même *Robinia* et *Ailanthus* qui se sont implantés dans les anciens taillis, de même que plus récemment *Paulownia*. Dans les régions à climat doux des rives du lac de Lugano et du lac Majeur, de nombreuses espèces laurophylles échappées de jardins sont en voie de naturalisation dans le sous-étage des forêts. Si les prairies de fauche (*Arrhenatherion*, *Polygono-Trisetion*) et les pâturages (*Cynosurion* des étages collinéen et montagnard, *Poion alpinae* de l'étage subalpin) du versant nord des Alpes sont à peu près identiques à ceux du reste de l'Europe centrale, ceux du

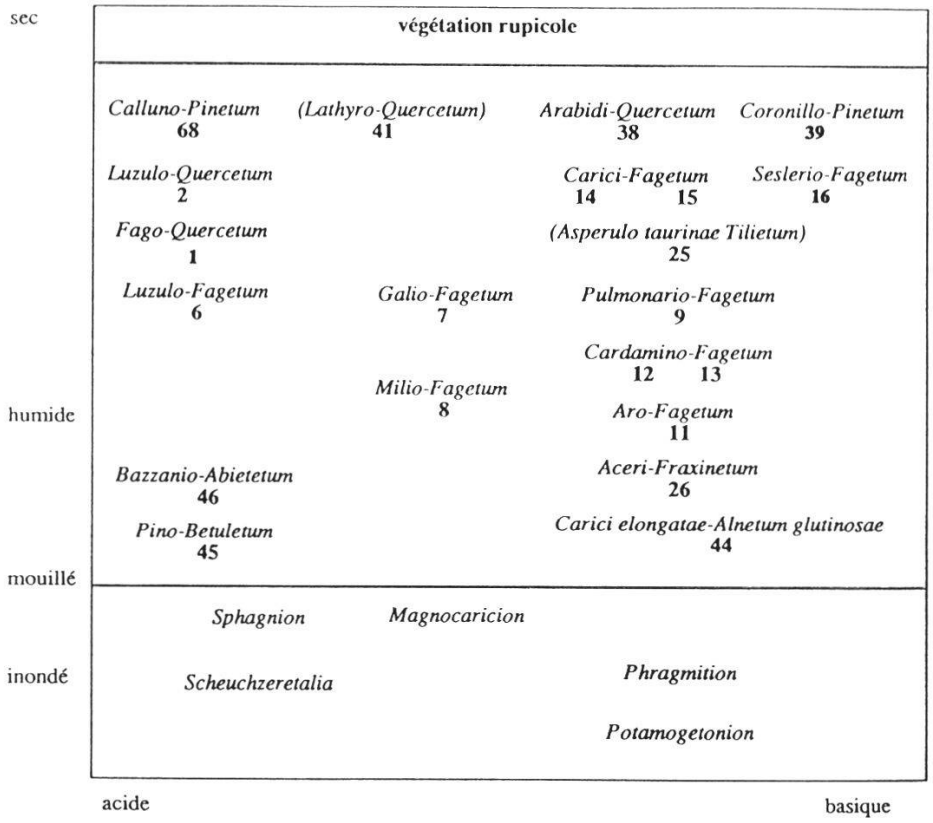


Fig. 1.17. Végétation potentielle de l'étage collinéen au nord des Alpes, en fonction de la teneur en bases et de l'humidité du sol (ELLENBERG et KLÖTZLI, 1972, modifié).

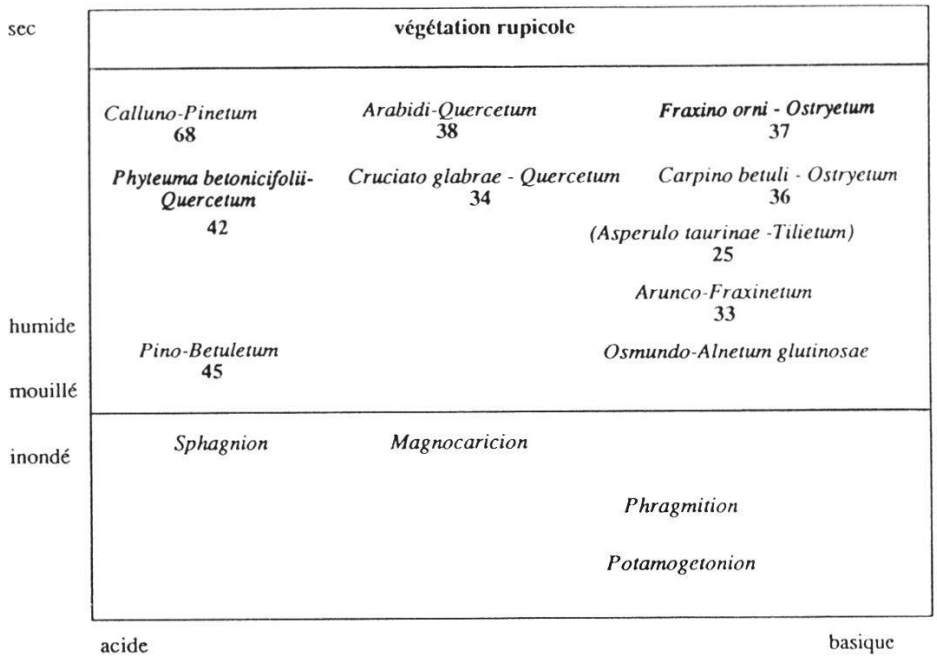


Fig. 1.18. Végétation potentielle de l'étage collinéen au sud des Alpes, en fonction de la teneur en bases et de l'humidité du sol (ELLENBERG et KLÖTZLI, 1972, modifié).

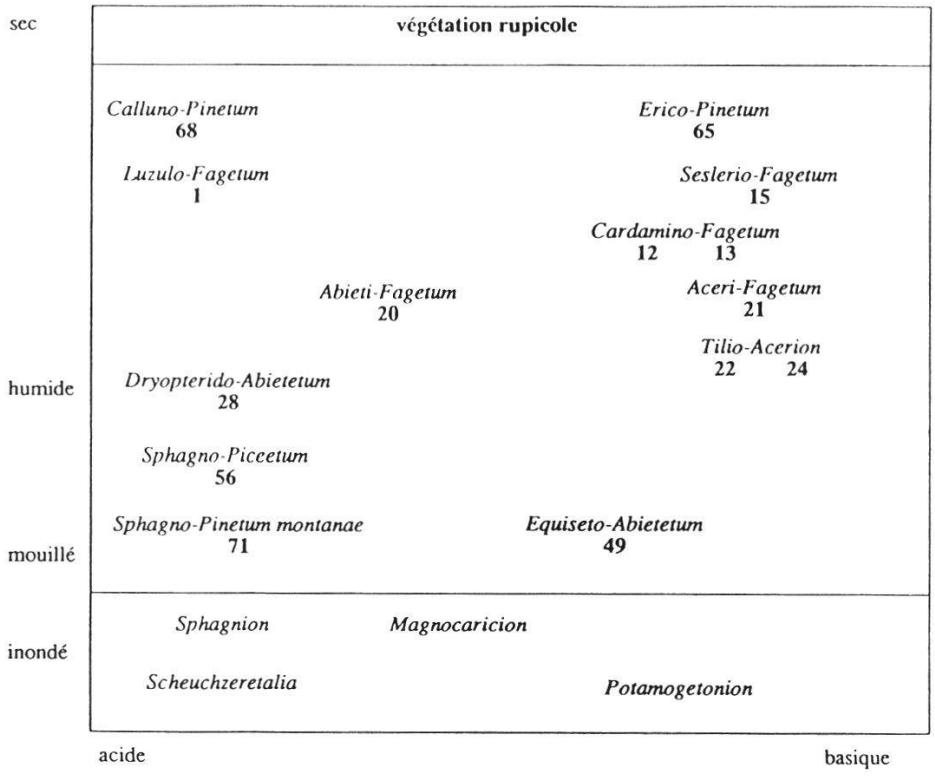


Fig. 1.19. Végétation potentielle de l'étage montagnard au nord des Alpes, en fonction de la teneur en bases et de l'humidité du sol (ELLENBERG et KLÖTZLI, 1972, modifié).

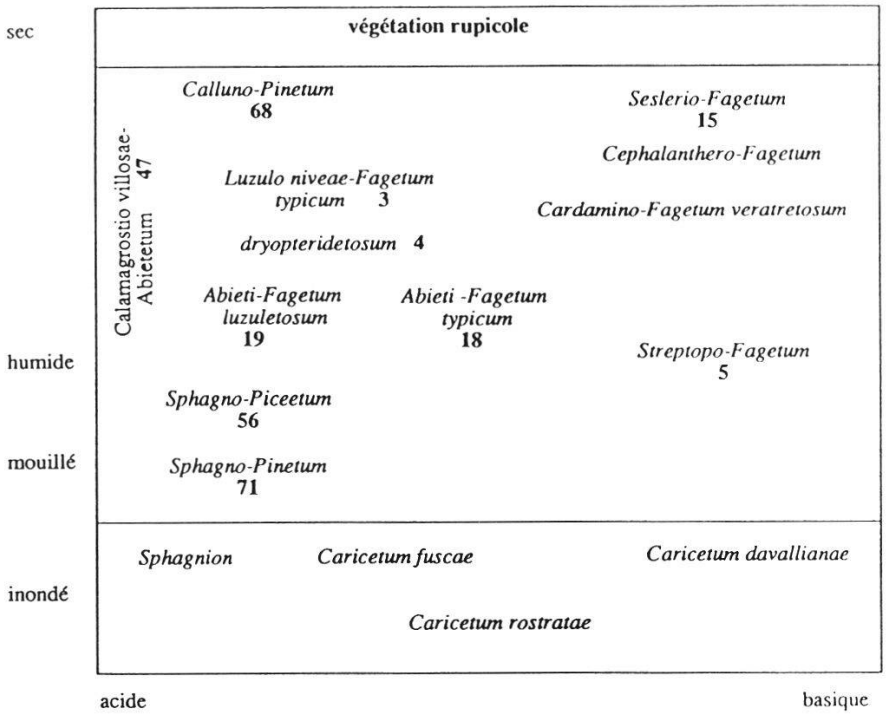


Fig. 1.20. Végétation potentielle de l'étage montagnard au sud des Alpes, en fonction de la teneur en bases et de l'humidité du sol (ELLENBERG et KLÖTZLI, 1972, modifié).

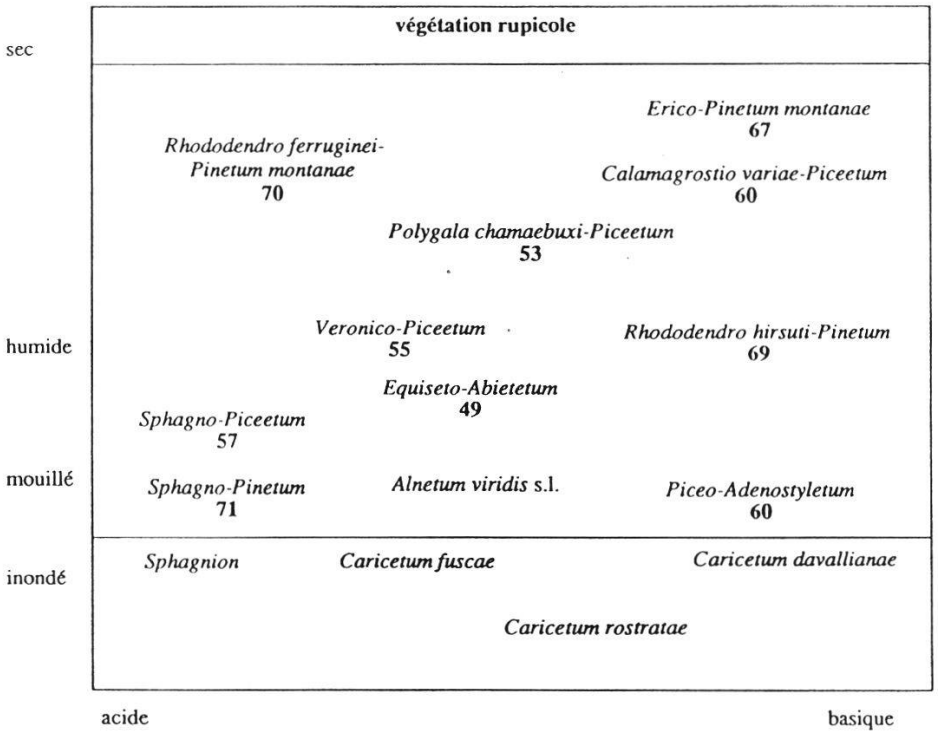


Fig. 1.21. Végétation potentielle de l'étage subalpin au nord des Alpes, en fonction de la teneur en bases et de l'humidité du sol (ELLENBERG et KLÖTZLI, 1972, modifié).

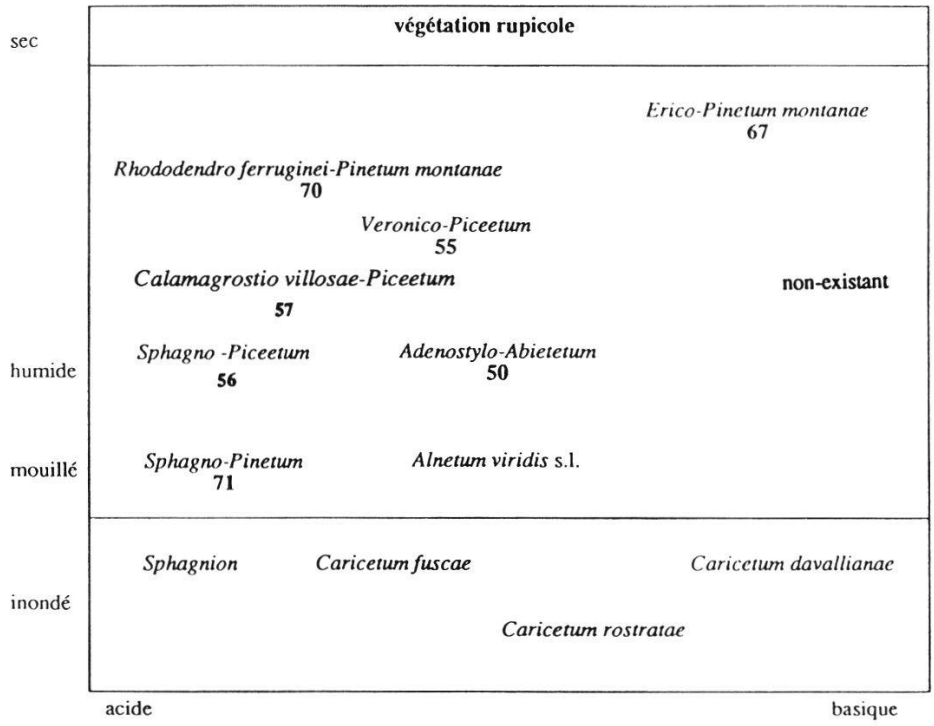


Fig. 1.22. Végétation potentielle de l'étage subalpin au sud des Alpes, en fonction de la teneur en bases et de l'humidité du sol (ELLENBERG et KLÖTZLI, 1972, modifié).

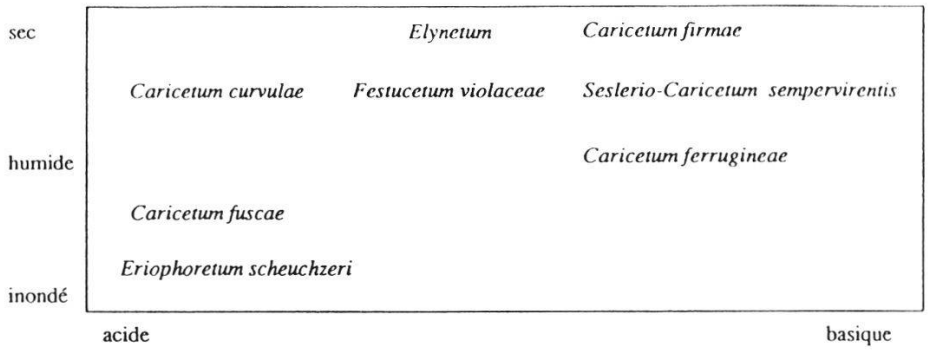


Fig. 1.23. Végétation potentielle de l'étage alpin, en fonction de la teneur en bases et de l'humidité du sol.

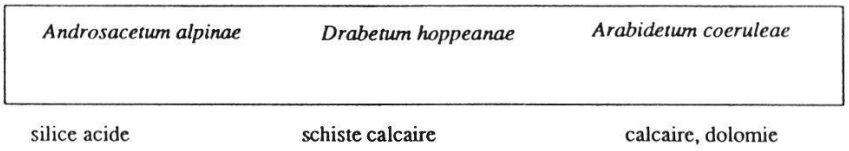


Fig. 1.24. Végétation potentielle de l'étage subnival, en fonction de la roche-mère.

versant sud présentent par contre des particularités, notamment les prairies de fauche. Ce sont surtout les prairies maigres sèches qui présentent une grande variété: à côté d'associations du *Mesobromion*, les gazons xéro-philes à *Chrysopogon gryllus* sont remarquables (*Carici humilis-Chrysopogonetum* Meyer 1976 sur calcaire et *Calluno-Chrysopogonetum* Antonietti 1970 sur silice). Malheureusement la plupart de ces gazons très riches en espèces sont peu à peu envahis par la forêt et il n'en subsiste plus que des fragments.

2. Bas-marais et prairies du flysch

A. BETTSCHART, B. BRESSOUD, W. DIETL, K. MARTI

2.1. PROTECTION ET GESTION DES MARAIS EN SUISSE

2.1.1. Disparition des marais en Suisse

Les marais ont probablement atteint leur extension maximale en Suisse entre le 15e et le 18e siècle. Les marais se sont étendus au détriment des forêts marécageuses défrichées. Pendant longtemps, ces prairies marécageuses furent exploitées comme prairies à litière ou comme pâturages. Au 18e siècle, l'extension et l'intensification de l'agriculture a provoqué l'assèchement de nombreux marais. Depuis le début du 19e siècle, de nombreuses rivières ont été endiguées et leurs plaines marécageuses asséchées (vallées de la Linth, du Rhin, du Rhône, de l'Orbe, de la Broye...).
Le phénomène s'est poursuivi et se poursuit encore. C'est sur le Plateau que la disparition a été la plus dramatique. L'intensification de l'agriculture et l'urbanisation ont complètement bouleversé le paysage depuis la fin de la Deuxième Guerre Mondiale. Une partie des 150'000 ha de terres agricoles perdues depuis 1952 du fait de l'urbanisation ont été récupérées sur les milieux naturels et notamment sur les marais. 90% des zones humides du Plateau ont disparu depuis 1850. Dans leur ouvrage fondamental quoique non exhaustif sur les tourbières de Suisse, FRÜH et SCHRÖTER (1904) recensent 5'464 marais, dont 3'381 ont disparu et ne sont plus attestés que par des toponymes, des données floristiques anciennes ou des surfaces humides résiduelles. Sur les 3'381 marais disparus, 2'538 proviennent du Plateau.
Une pression croissante se fait sentir en Suisse sur les restes de l'environnement naturel ou agricole traditionnel, et en particulier sur les lieux humides:

- multiplication des zones résidentielles principales ou secondaires et des voies de communication
- extension des zones agricoles et intensification de celles existantes

- extension des zones de détente et augmentation de la pression touristique
- création de nouvelles places d'arme
- création de nouveaux barrages.

Près de la moitié des phanérogames et cryptogames vasculaires menacées de Suisse vivent dans les zones humides.

2.1.2. Inventaires des marais

Les marais de Suisse sont des reliques du paysage naturel ou agricole traditionnels. Ils abritent de nombreuses communautés animales et végétales menacées. Ils sont d'une extrême importance pour la protection des espèces.
La Constitution fédérale (art. 24sexies) confère à la Confédération le devoir de protéger la faune et la flore indigènes ainsi que leur espace vital naturel. L'art 18a de la Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage répartit les tâches entre la Confédération et les cantons. Après avoir pris l'avis des cantons, le Conseil fédéral désigne les **biotopes d'importance nationale** et précise les buts visés par la protection. Les cantons sont responsables de la protection et de l'entretien des biotopes d'importance nationale.
L'initiative populaire "Pour la protection des marais et des paysages marécageux - Initiative de Rothenthurm" a été approuvée par le peuple et les cantons suisses le 6 décembre 1987. Le nouvel alinéa 5 de l'art. 24sexies de la Constitution stipule: "Les marais et les **paysages marécageux** d'une beauté particulière et d'importance nationale doivent être protégés."
En relation avec la protection des milieux humides, quatre inventaires ont déjà été réalisés:

- inventaire des hauts-marais et marais de transition d'importance nationale
- inventaire des bas-marais et prairies marécageuses d'importance nationale
- inventaire des zones alluviales d'importance nationale
- inventaire des paysages marécageux d'importance nationale.

Inventaire des hauts-marais et des marais de transition d'importance nationale

L'inventaire des hauts-marais et marais de transition de Suisse (GRÜNIG et al. 1984) a été réalisé entre 1978 et 1984 par la division "Paysage" de l'Institut fédéral de recherches forestières, sur mandat de Pro Natura Helvetica, organisation commune de la Ligue suisse pour la protection de la nature (LSPN) et de la section suisse du World Wildlife Fund (WWF). L'ordonnance d'application a force de loi.

Les 514 hauts-marais et marais de transition de Suisse occupent actuellement 1'500 ha (500 ha de haut-marais primaire et 1'000 ha de haut-marais secondaire), soit 10-20% de leur extension originelle ou 0.035 % de la surface de la Suisse.

Inventaire des bas-marais et prairies marécageuses d'importance nationale

Introduction

L'inventaire des bas-marais et des prairies marécageuses d'importance nationale a été effectué par deux bureaux privés et par le Laboratoire d'écologie végétale de Neuchâtel à la demande de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage. L'ordonnance d'application est en préparation.

Buts et méthodes

L'inventaire s'est déroulé de 1986 à 1990. La cartographie était destinée à délimiter de façon uniforme dans toute la Suisse les bas-marais d'importance nationale au cours de deux périodes de végétation (1987-1988). Dans le cadre de l'avant-projet, toutes les surfaces hébergeant ou susceptibles d'héberger des bas-marais d'après des critères géologiques ou topographiques ont été délimitées sur les cartes nationales au 1:25'000 (1'100 km^2 de surfaces potentielles). Le travail de cartographie a consisté à reporter le périmètre des bas-marais de plus d'un hectare sur des photos aériennes à l'échelle approximative du 1:25'000 et sur les cartes nationales au 1:25'000 et à remplir une feuille de protocole décrivant brièvement les objets.

La délimitation des bas-marais a été faite sur des critères botaniques. Les sept unités de végétation suivantes ont été prises en compte et distinguées selon des critères floristiques, écologiques et physionomiques:

- *Phragmition*
- *Magnocaricion*
- *Calthion* et *Filipendulion* (non séparés)
- *Molinion*
- *Caricion davallianae*
- *Caricion fuscae*
- *Scheuchzerietalia.*

Trois clés de végétation, destinées à permettre une distinction aussi aisée et univoque que possible, ont été mises au point pour le Jura, le Plateau, les Préalpes-Alpes.

Fig. 2.1. Répartition des bas-marais d´importance nationale et régionale et zone de flysch (en gris). (Tiré de BSU et al., 1990)

Critères de sélection des bas-marais d'importance nationale
Les cartes ont été digitalisées et les données des feuilles de protocole ont été encodées et traitées par l'ordinateur pour sélectionner les objets d'importance nationale. Le choix s'est fait séparément dans chacune des cinq régions naturelles de la Suisse: le Jura, le Plateau, le Nord des Alpes, les Alpes internes et le Sud des Alpes. Des cinq critères originellement prévus pour sélectionner les bas-marais d'importance nationale:
- surface
- diversité (nombre d'unités de végétation)
- état de conservation
- fonction d'échange (connection avec d'autres milieux naturels)
- rareté des unités de végétation

les deux premiers se sont révélés suffisants pour le travail de sélection.
En combinant les valeurs de surface et de diversité, chaque bas-marais obtient un nombre de points. Ceux qui dépassent la valeur seuil sont d'importance nationale, les autres d'importance régionale. Tous les bas-marais contigus à un haut-marais d'importance nationale sont considérés comme étant d'importance nationale.
Le classement des bas-marais ne prend pas en compte des critères importants comme la richesse floristique ou faunistique, la présence d'espèces rares ou un intérêt scientifique particulier.

Résultats de l'inventaire provisoire
3'309 bas-marais de plus d'un hectare, représentant une superficie totale de 24'306 ha, ont été cartographiés, dont 1'084 objets d'importance nationale, couvrant une superficie de 18'471 ha, soit le 0.44% de la surface de la Suisse.
Voici la répartition régionale des objets d'importance nationale:

- Jura	443 ha
- Plateau	3'286 ha
- Nord des Alpes	12'736 ha
- Alpes internes	1'777 ha
- Sud des Alpes	228 ha

La carte de la fig. 2.1 reproduit la répartition de tous les bas-marais cartographiés et, en gris-clair, celle des zones de flysch où se trouve la plus forte concentration des objets.
La proportion des sept unités de végétation est la suivante (bas-marais d'importance nationale + bas-marais d'importance régionale):

- *Phragmition*	801	+	248 ha
- *Magnocaricion*	1'182	+	191 ha
- *Calthion* et *Filipendulion*	3'679	+	1'160 ha
- *Molinion*	482	+	69 ha
- *Caricion davallianae*	6'279	+	1'941 ha
- *Caricion fuscae*	3'062	+	1'047 ha
- *Scheuchzerietalia*	137	+	23 ha

(les marais de transition cartographiés dans l'inventaire des hauts-marais et marais de transition ne figurent pas dans le bilan ci-dessus).

Inventaire des zones alluviales d'importance nationale
L'inventaire des zones alluviales d'importance nationale a été effectué par l'Institut fédéral de recherches forestières à la demande de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (KUHN et AMIET 1988). Une cartographie des zones alluviales d'importance nationale a été réalisée par le Laboratoire d'écologie végétale de l'Université de Neuchâtel. L'ordonnance d'application est en préparation.

Inventaire des paysages marécageux d'importance nationale
L'inventaire des paysages marécageux d'importance nationale a été effectué par un bureau privé à la demande de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage. 110 sites couvrant 41'293 ha (2.2% de la superficie de la Suisse) ont été délimités dans l'inventaire provisoire. L'ordonnance d'application est en préparation.

2.1.3. Protection des marais

Grâce à l'inventaire des hauts-marais et à celui des bas-marais, les biotopes humides d'importance nationale sont maintenant connus. Les mesures de protection et de gestion relèvent des cantons. Si une grande partie des objets du Plateau et du Jura sont déjà protégés, il n'en va pas de même des Préalpes et des Alpes. La mise sous protection ne suffit pas à assurer leur conservation à long terme. La plupart des bas-marais nécessitent des mesures d'entretien, notamment pour éviter leur embuissonnement. Il est également indispensable de délimiter des zones tampon pour les préserver des influences extérieures (eutrophisation...). Des mesures de régénération sont nécessaires dans certains cas. Dans les zones de flysch des Préalpes où les bas-marais couvrent de vastes surfaces, un programme de protection et de gestion adéquat doit être

mis en place en tenant compte de l'exploitation agricole et sylvicole traditionnelle.
La Confédération finance les mesures de protection et d'entretien des marais d'importance nationale (60% au minimum, en fonction des moyens financiers et du nombre de biotopes de chaque canton) et régionale (50% au maximum, selon les mêmes critères).
Un manuel traitant de la protection et de l'entretien des marais sera élaboré par la Confédération pour aider les cantons dans leur tâche.

2.2. GÉNÉRALITÉS SUR LA RÉGION DE L´EXCURSION

2.2.1. Géologie

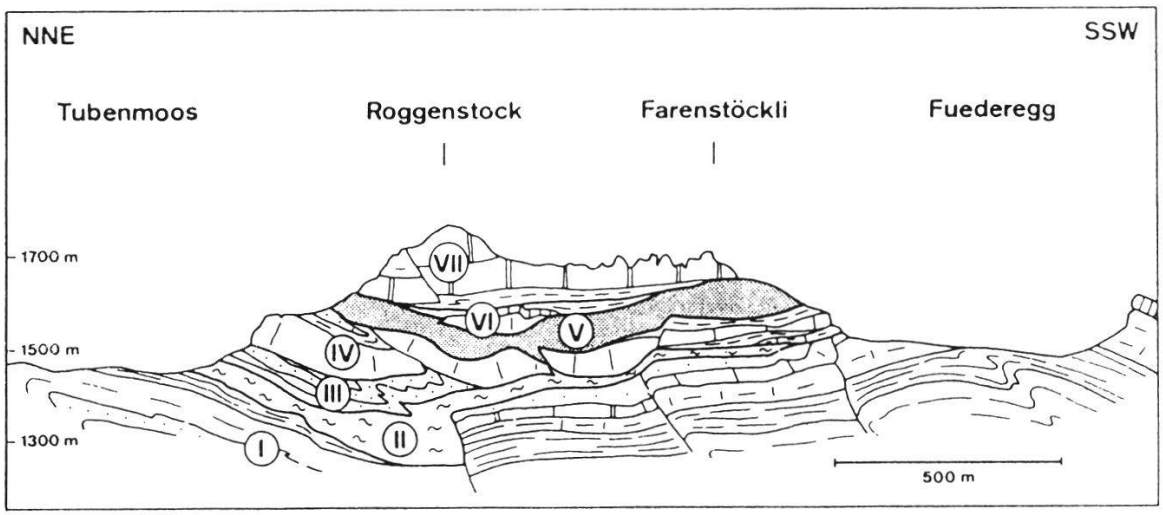
Région du Sihlsee
Notre route nous conduit d'Einsiedeln au lac artificiel de Sihl (mis en eau en 1937, surface d'environ 10 km^2). La montagne que nous contournons (Friherrenberg) de même que la cuvette du Sihlsee appartiennent à la molasse subalpine (molasse d'eau douce inférieure). Un long vallum morainique (provenant du glacier de Sihl) forme la digue au nord et à l'ouest du lac actuel. Le mur du barrage et l'exutoire de la Sihl se trouvent tout au nord, entre la moraine et la molasse qui émerge.
Après le village de Gross, sur le delta du Grossbach, on arrive dans la première zone de la bordure alpine appelée la zone extérieure à écailles d'Einsiedeln, constituée de marne d'Amden, de calcaire à nummulites, de marne à globigérines et de flysch gréseux. Cette zone se poursuit de l'autre côté du lac et forme la partie la plus étroite de la vallée. Près du pont d'Euthal, les bancs de calcaire à nummulites sont apparents et faciles à observer. Nous atteignons le long de la route vers Ahorenweid une étape de notre excursion (Nätsch). Une large zone de flysch du Wäggital traverse la vallée de la Sihl.

Breitried et Schützenried
Le lac postglaciaire de Sihl fut rempli du sud au nord par les matériaux charriés par les affluents (Sihl et Minster). En même temps, la Sihl s'enfonçait toujours plus profondément dans la molasse au nord du lac. Sur ces sédiments minéraux des marais étendus se sont formés.
Le marais de Breitried est le plus ancien de la vallée. Il atteint 13 m de profondeur et présente une épaisseur continue de tourbe de 9.5 m (LÜDI 1939).

Avant la mise en eau de l'actuel lac artificiel, la Sihl formait des méandres sur toute la largeur de la plaine et jusqu'au 20e siècle des surfaces importantes étaient régulièrement inondées (par exemple en 1901 et 1911). Lors de la construction du barrage, le cours de la Sihl a été rectifié depuis Studen et la Minster, qui se jetait dans la Sihl près du Breitried, a été conduite directement dans le lac. Entre ces deux cours d'eau rectifiés, les marais de Breitried et de Schützenried se trouvent actuellement à l'abri des inondations. La tourbe n'a jamais été exploitée dans ces marais en raison des nombreux horizons d'alluvions. Le Breitried sert exclusivement à la production de litière. Dans les dernières décennies, quelques parcelles ont subi des améliorations foncières. Des surfaces importantes appartiennent à la Ligue suisse pour la protection de la nature (LSPN) ou à sa section schwytzoise. Le haut-marais central est l'objet d'un contrat de location. De grandes surfaces du Schützenried ont servi à la production de pommes de terre, surtout pendant la dernière guerre mondiale. Actuellement, il est exploité de façon extensive sur sa plus grande surface.
La vallée est fermée à l'est et au sud par une puissante couronne de montagnes de 12 km de long et de 2000 m d'altitude (Nappes helvétiques du Flubrig au Drusberg et au Forstberg). Le point culminant est le Drusberg (2281 m).

Oberiberg et Ibergeregg

"La région d'Iberg est une des plus compliquées des Alpes suisses. Sur une faible surface 9 nappes se sont entassées les unes sur les autres. En vérité, pour des raisons tectoniques, elles ont été fortement laminées et déchirées au point de manquer totalement par endroit. L'importance des klippes de l'Iberg est double. Il s'agit d'une part des reliques les plus occidentales de l'érosion des nappes supérieures des Alpes orientales et d'autre part des témoins les plus orientaux de la nappe des Klippes. Entre deux, la couverture à ophiolites est une unité particulièrement intéressante." (TRÜMPY 1967)
D'Ibergeregg, on a une bonne vue sur ces klippes: Roggenstock (fig. 2.2), Mödergruebi (nappe supérieure de dolomite reposant sur la nappe d'Arosa contenant entre autres des ophiolites), Grosser-Schijen (dolomite) et Chli Schijen (calcaire du Malm de la nappe des Klippes). Vers le nord, on aperçoit les pentes de flysch inclinées vers l'est et fortement crevassées du Furggelenstock et du Gschwendstock. L'excursion nous conduit en direction du haut-marais Hobacher sur des couches d'Amden (marne désagrégée en limon et saturée en eau).



No	type de roche	âge des roches	unités tectoniques (nappe de ..)	domaine paléogéographique
I	Grès, Marnes, Calcaires	Crétacé sup.(100 Ma) Eocène (40 Ma)	..Drusberg (helvétique)	Marge continentale européenne
II	Schistes à blocs exotiques	Crétacé-Tertiaire	"Wildflysch" d'Iberg	inconnu
III	Grès, Argilites	Crétacé sup.	Flysch du Wägital	Océan valaisan
IV	Calcaires, Marnes, Couches rouges, Flysch	Jurassique (150 Ma) Crétacé inf.(130 Ma)	.. des Klippes Briançonnais	Micro-continent intermédiaire
V	Ophiolites, Radiolarites, Calcaires fins, Schistes	Crétacé (150-70 Ma)	Zone d'Arosa	Océan piémontais (ligure)
VI	Calcaires, Marnes	Trias sup./ Jura inf.	Ecaille de la Roggenalp	Marge continentale africaine (apulienne)
VII	Dolomies, Argilites, Grès	Trias (240-210 Ma)	Austroalpin	

Fig. 2.2. Coupe géologique NNE-SSE du Roggenstock près d´Oberiberg (Schwyz). La petite montagne du Roggenstock est composée de sept unités tectoniques représentant des domaines paléogéographiques très différents. Il y a encore 150 millions d´années, au Jurassique, ces unités étaient séparées par plus de mille kilomètres du nord au sud. Lors de la formation des Alpes, durant les derniers 60 millions d´années, ces terrains se sont rapprochés et empilés les uns sur les autres.

2.2.2. Climat

La région possède un climat humide et rude. La couronne de montagnes au sud et à l'est agit comme un barrage pour les masses d'air arrivant de l'ouest ou du nord. Le climat est d'un type océanique prononcé et assez venteux (dégâts fréquents des tempêtes dans les forêts) en raison de l'absence de chaînes de montagnes protectrices.
La station météorologique d'Einsiedeln (910 m) est caractéristique d'une vallée principale ouverte des Préalpes:
- précipitation annuelles moyennes: 1'652 mm
- température annuelle moyenne: 5.7° C

Les précipitations augmentent rapidement avec l'altitude au sud de la vallée. A Hoch-Ybrig (1462 m), où la station de mesure n'existe que depuis quelques années, les précipitations annuelles avoisinent les 2500 mm.

2.2.3. Répartition et intérêt des marais

L'importance du flysch et de la molasse associée au climat relativement frais et humide du canton de Schwyz explique l'abondance des marais dans le canton.
Le canton de Schwyz possède 112 bas-marais d'importance nationale couvrant 2'612 ha, soit 2.9% de la superficie du canton et 14% de la surface totale des bas-marais d'importance nationale de Suisse, et 150 bas-marais d'importance régionale couvrant 506 ha. Il possède 17 hauts-marais d'importance nationale couvrant 130 ha (13 ha de haut-marais primaire et 117 ha de haut-marais secondaire).
La zone marécageuse de Biberbrugg-Rothenthurm représente avec celle des Ponts-de-Martel dans le canton de Neuchâtel le plus important complexe marécageux de Suisse. Actuellement, les bas-marais y occupent 298 ha et les hauts-marais 101 ha. Les surfaces devaient être encore beaucoup plus importantes à l'origine avant les travaux d'assainissement. Le désir de préserver la région, notamment contre les convoitises de l'armée, sont à l'origine de l'initiative populaire dite "de Rothenthurm".
La mise en service du lac artificiel de Sihl en 1937 a provoqué la disparition d'une grande surface marécageuse de la basse vallée de la Sihl. Elle hébergeait un vaste complexe marécageux analogue à celui de Biberbrugg-Rothenthurm, bien connu grâce à la monographie de DÜGGELI (1903). Le lac de barrage sert à la production d'électricité pour les Chemins de Fer Fédéraux

(CFF). Une telle réalisation ne serait plus acceptée aujourd'hui.
Des grands marais qui existaient autrefois dans la vallée de la Sihl, il ne subsiste que de maigres restes:

- au nord du lac de Sihl sur les moraines terminales du glacier de la Sihl (de Roblosen à Irzenstein)
- au sud du lac (Breitried et Schützenried)
- sur les rives du lac, par exemple les bas-marais le long de la route d'Ahorenweid.

C'est le long de cette route que se situe le marais de Nätsch que nous avons visité.
Beaucoup de marais des environs ont été améliorés pour compenser les surfaces agricoles ennoyées. Une autre partie a été sacrifiée à l'exploitation de la tourbe qui a débuté en 1747.
Les marais d'Altbergried, de Müllersried et de Schwantenau se trouvent déjà dans le territoire occupé jadis par le glacier de la Linth.
Les marais de la région d'Einsiedeln furent autrefois les plus célèbres de la Suisse, surtout en raison de leur richesse en espèces nordiques. La végétation, la flore et l'histoire de la région ont été étudiées et décrites de façon détaillée par DÜGGELI (1903) et par LÜDI (1939) avant la construction du barrage.
On peut encore observer dans les marais de la région les espèces suivantes, rares en Suisse: *Betula nana*, *Carex chordorrhiza*, *C. limosa*, *C. pauciflora*, *C. pulicaris*, *Drosera anglica*, *D. intermedia*, *D. obovata*, *D. rotundifolia*, *Galium harzynicum* (non signalé par DÜGGELI et LÜDI), *Hammarbya paludosa*, *Hierochloë odorata*, *Lepidotis inundata*, *Lysimachia thyrsiflora*, *Rhynchospora alba*, *R. fusca*, *Scheuchzeria palustris*, *Trientalis europaea*.
Malgré des recherches minutieuses, les espèces suivantes n'ont pas été revues: *Carex heleonastes*, *Juncus stygius*, *Sagina nodosa*, *Saxifraga hirculus*, *Sedum villosum*.
Les lieux humides de la région d'Oberiberg ont été étudiés et décrits de façon détaillée par HÖHN (1936).
Dans toute la région d'Einsiedeln, et particulièrement dans la zone des Mythen et des klippes d'Iberg, l'influence du foehn se fait sentir sur la végétation, notamment par la présence d'espèces thermophiles comme *Allium montanum*, *Asperula cynanchica*, *Asperula taurina*, *Corydalis fabacea*, *Daphne alpina*, *Digitalis lutea*, *Euonymus latifolia* (dans toute la région jusque dans l'Etzel), *Hypericum coris* (particulièrement abondant sur le calcaire du Malm de la nappe des Klippes), *Rhamnus alpina*, *Saussurea discolor* (Mythen), *Sedum hispanicum*, *Thalictrum minus*.

2.2.4. Pédologie

Dans la zone du flysch et dans les environs des lacs, les bas-marais prospèrent sur les sols marécageux (gley et gley à anmoor), pauvres en substances nutritives, dont le niveau d'eau se situe le plus souvent dans la zone d'enracinement principale. Si les sols renferment du calcaire ou sont imbibés d'eau riche en calcaire, on y trouve habituellement *Carex davalliana* (*Caricion davallianae*). Les terrains non calcaires, irrigués par des précipitations acides, ont été colonisés par *Carex nigra*.
Selon le régime hydrique, on peut distinguer de véritables **bas-marais humides** (espèces caractéristiques: *Eriophorum latifolium*, *Carex hostiana*), ou des **bas-marais à humidité variable** (espèces caractéristiques: beaucoup de *Molinia coerulea*, *Carex pulicaris*).

2.2.5. Utilisation et conservation

Comme nos bas-marais ne sont pas originels mais représentent des formations artificielles, proches de la nature, nous devons les préserver de la reforestation par des fauchages réguliers. L'habitude traditionnelle de les couper en automne est celle qui convient le mieux à leur maintien et à leur entretien. Les zones de la plaine et de l'étage montagnard devraient être fauchées une fois par année, les zones subalpines environ une année sur deux. Le foin doit être enlevé. Le pacage peu intensif de troupeaux de génisses ne nuit que faiblement aux bas-marais à humidité variable. Cependant, sur les sols sensibles au piétinement, le passage des troupeaux favorise le développement des joncs (*Juncus effusus*, *J. inflexus*). Si ces associations de bas-marais sont distribuées en mosaïque dans des pâturages productifs, il faut veiller à adapter le nombre de bêtes à la capacité de résistance des surfaces et à ne pas engraisser les zones de pacage ou, si toutefois elles devaient l'être, faiblement et avec du fumier vieilli (pas de purin).
Au printemps et en été, le pacage des moutons entraîne un appauvrissement considérable de la flore; il doit donc en principe être évité pendant ces périodes de l'année.
Les bas-marais humides ne devraient pas être pâturés. Ils doivent être soustraits au pacage au moyen de clôtures. D'une part, l'eau se rassemble dans les trous provoqués par le bétail, ce aui entraîne une humidification supplémentaire et le glissement des marais de pente; d'autre part, le piétinement de la tourbe favorise sa minéralisation et donc l'auto-engraissement des marais. Des

prés humides, riches en substances nutritives, se développent, par exemple les prairies du *Calthion*, les champs à *Scirpus silvaticus* et les prairies à *Ranunculus flammula* et *Juncus effusus*.

2.3. PRÉSENTATION DE L'ITINÉRAIRE DE LA JOURNÉE

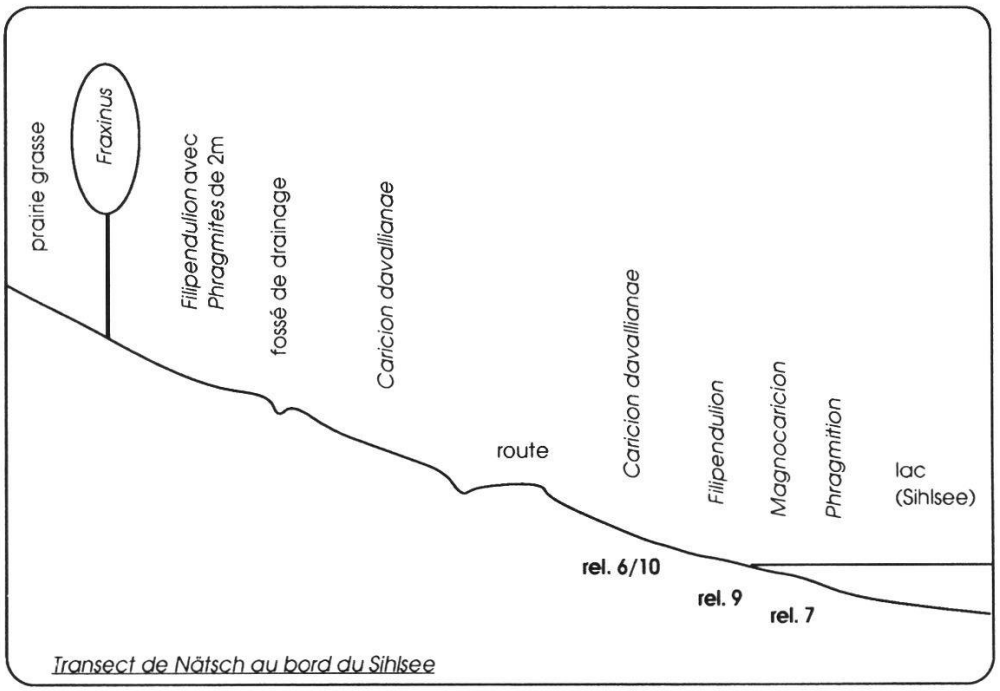
(Tous les relevés sont réunis dans le tab. 2.2., p. 56)

Le site marécageux de Biberbrugg-Rothenthurm

Nous ne visitons pas le site marécageux, mais avons l'occasion de le contempler d'en haut depuis un point de vue à l'est de Dritte Altmatt.

Les marais du Sihlsee (Breitried et Schützenried)

Le trajet en autocar nous donne l'occasion de traverser ce qui reste du grand complexe marécageux de Breitried-Schützenried, mais c'est au SW du Sihlsee, au lieu-dit Nätsch, que nous effectuons un transect de végétation, schématisé sur la figure ci-dessous:



Le *Phragmitetum* et le *Caricetum vesicariae* (tab. 2.2, rel. 1, p. 56) constituent de minces ceintures d'atterrissement. Entre le *Caricetum elatae* et le *Caricetum davallianae* (rel. 4 et 5, cf. discussion dans le paragraphe consacré au *Caricetum davallianae* d'Ibergeregg) s'est développé localement une

frange de *Filipendulion* (rel. 2 et 3) dans la zone enrichie en substances nutritives par les vagues. La limite avec le *Caricetum davallianae* est très tranchée. Les fossés de drainage hébergent *Potamogeton alpinus*.

Les marais d'Ibergeregg

Morphologie et géologie

La région d'Oberiberg est drainée par la Minster depuis Ibergeregg en direction du Sihlsee. Les affluents de la Minster ont creusé de profonds ravins d'érosion en raison des fortes pentes. Le terrain est principalement façonné dans les sédiments du Crétacé supérieur et dans le Wildflysch. Une forte densité de marais marque le paysage. Au nord-ouest de la Minster, là où se rencontre la plus forte concentration de marais, le substrat géologique est surtout constitué de marne et de Wildflysch. Ces roches se désagrègent en un limon peu perméable de telle sorte que l'eau de pluie s'écoule surtout en surface. Ces conditions favorisent l'installation d'associations végétales hygrophiles. L'horizon racinaire du sol des marais de pente est gorgé d'eau par fortes précipitations, mais peut aussi s'assécher. Ces fortes variations de l'humidité du sol empêchent une production de tourbe importante. Les associations végétales hygrophiles s'installent soit directement sur le substrat limoneux soit sur des sols ne dépassant pas le stade anmoor. Les fortes précipitations de la région provoquent de nombreux glissements de terrain.

Exploitation des marais

Les marais d'Ibergeregg se trouvent dans la tranche altitudinale de la ceinture de l'épicéa de l'étage subalpin. Ils doivent leur existence aux défrichements commencés il y a plusieurs siècles pour aménager des pâturages et des prairies à litière. Le pouvoir érosif a été fortement augmenté dans les régions déboisées. La limite naturelle de la forêt devait se situer vers 1800 m.

L'exploitation humaine a marqué la végétation. La région comprise entre la Minster et le Furggelenstock était parcourue en été et en automne par un troupeau d'environ 1400 moutons à l'époque de Höhn (1936). A partir de la mi-septembre, la litière qui restait était fauchée et mise en meules.

L'exploitation actuelle est encore plus intensive qu'autrefois. L'herbe rase des marais de pente est le résultat frappant de l'utilisation intensive. Certaines espèces comme *Centaurea jacea* ne se rencontrent que sous une forme naine. Le parcours du bétail entraîne la formation de terrassettes et de petites retenues d'eau. La fumure par le bétail favorise des espèces nitrophiles comme *Cynosurus cristatus*, *Crepis aurea*, *Leucanthemum vulgare* etc. Les

hauts-marais et les marais de transition sont particulièrement menacés par le pâturage.

Les associations végétales
HÖHN (1936) décrit les associations hygrophiles suivantes dans la région d'Oberiberg:

Alliances	Associations
Caricion ferrugineae	*Caricetum ferrugineae*
Cratoneurion	gpt fontinal à *Carex paniculata*
Caricion nigrae	*Caricetum davallianae* *Caricetum nigrae* *Trichophoretum caespitosi*
Rhynchosporion albae	*Caricetum limosae* *Rhynchosporetum albae*
Sphagnion fusci	*Sphagnetum acutifolii* *Sphagnetum magellanici*

Caricetum davallianae (tab. 2.2, rel. 4 - 11, p. 56)
Lors de l'excursion, nous nous intéressons surtout aux parvocariçaies et en particulier aux marais à *Carex davalliana*.
Le *Caricetum davallianae* a fait l'objet de nombreuses études dans les Préalpes suisses. Les principales sont, par ordre chronologique: DUTOIT (1924), KOCH (1931), HÖHN (1936), BERSET (1969), DIETL (1972, 1975), GIUGNI (1991), auxquels il convient d'ajouter les travaux de synthèse de MORAVEC (1966) et de GÖRS in OBERDORFER (1977) pour l'Europe centrale. Il est hors de notre propos de tenter une synthèse des groupements préalpins du *Caricetum davallianae*. Pour interpréter nos relevés, nous nous appuyons surtout sur les

travaux effectués en Suisse centrale par DIETL (1972, 1975) et HÖHN (1936).
C'est DUTOIT (1924) qui a décrit le *Caricetum davallianae*. Il l'a fait dans les Préalpes vaudoises de la région de Vevey (870-1300 m). Il distingue un faciès à *Scirpus cespitosus*.
KOCH (1931) donnait *Carex davalliana* et *Blysmus compressus* comme caractéristiques du *Caricetum davallianae* dans les Alpes centrales et en plus *Carex pulicaris* et *Swertia perennis* dans les Préalpes du Nord-Est de la Suisse.
C'est l'association de bas-marais la plus fréquente dans les environs d'Oberiberg. Elle se rencontre en tant qu'association basiphile directement sur les limons de désagrégation de la marne du Crétacé ou sur des sols de type légèrement anmoor. La variante à *Molinia caerulea* est cependant plus répandue que la variante typique.
HÖHN (1936) a décrit les stades de succession suivants du *Caricetum davallianae* :

1. *Eleochari pauciflorae-Triglochinetum palustris* avec *Drepanocladus revolvens* sur des gradins à faible pente à sol limoneux dénudé et à eau courante.
2. *Caricetum davallianae* à *Carex davalliana*, *Blysmus compressus*, *Eriophorum latifolium*, *Drepanocladus uncinatus* et *Cratoneuron filicinum*, formant un peuplement à demi fermé.
3. *Caricetum davallianae typicum* à *Swertia perennis* et une strate muscinale plus ou moins fermée.

HÖHN (1936) a distingué les faciès suivants du *Caricetum davallianae*:

1. Faciès à *Carex ferruginea* sur les pentes raides exposées au Nord des ravins de l'étage subalpin et en bandes de moins de 10 m de largeur dans les marais de pente des trouées forestières. Dans la région de l'excursion, *Microstylis monophyllos* ne se rencontre que dans ce faciès.
2. Faciès à *Calycocorsus stipitatus* aux besoins élevés en humidité et développé en général que de façon fragmentaire.
3. Faciès à *Molinia caerulea* dans les marais de pente exposés au Sud et à l'Est. Un assèchement plus prononcé permet la présence d'espèces comme *Sieglingia decumbens*, *Antennaria dioica*, *Tortella tortuosa* et *Dicranum flagellare*.

DIETL (1975) donne un aperçu complet du *Caricetum davallianae* Dutoit 1924 dans les Alpes suisses du Nord et le Plateau. Il subdivise l'association par étages altitudinaux (cf. tab. 2.1, p. 54). Les caractéristiques d'association sont *Carex davalliana*, *Eriophorum latifolium*, *Carex flava* s.l., *Tofieldia*

Tofieldia calyculata, *Juncus alpinus*, *Parnassia palustris*, *Valeriana dioica*, *Gymnadenia conopea*, *Drepanocladus revolvens*, *Campylium stellatum*.
Les rel. 4 et 5 du tab. 2.2 peuvent être attribués au *Phragmito-Caricetum davallinae*; les rel. 6-11, au *Soldanello-Caricetum davallianae*. On notera l'importance des espèces des *Molinietalia* dans les deux associations.
A titre comparatif, voici le traitement du *Caricetum davallianae* par les autres auteurs.
MORAVEC (1966) distingue les "*Carex davalliana*-Assoziationen" suivantes en Europe centrale:
- *Caricetum davallianae*
- *Caricetum davallianae*, verarmte Ausbildungsformen
- *Valeriano simplicifoliae-Caricetum davallianae*
- *Valeriano dioicae-Caricetum davallianae typicum*, var. *typica*
- *Valeriano dioicae-Caricetum davallianae typicum*, *Cirsium canum*-var.
- *Valeriano dioicae-Caricetum davallianae typicum caricetosum pulicaris*
- *Caricetum davalliano-demissae*.

La seule association attribuée à la Suisse est le *Caricetum davallianae*.
GÖRS in OBERDORFER (1977) distingue dans le *Caricetum davallianae* Dutoit 1924 em. Görs 1963:
- 3 sous-associations subalpines et alpines:
  . *saxifragetosum aizoidis*
  . *typicum*
  . *trichophoretosum cespitosi*
- 7 sous-associations montagnardes
  . *typicum*
  . *valerianetosum dioicae*
  . *trichophoretosum cespitosi*
  . *molinietosum caeruleae*
  . *molinietosum arundinaceae*
  . *blysmetosum compressi*
  . *caricetosum pulicaris*

Les sous-associations montagnardes appartiennent à un ou plusieurs des 3 groupes de sous-associations distingués (Typ. Subass.-Gruppe, Subass.-Gruppe mit *Carex fusca* [= *C. nigra*], Subass.-Gruppe mit *Carex flacca*).
Aux étages montagnard et subalpin des Préalpes fribourgeoises, BERSET (1969) distingue 3 sous-associations dans le *Caricetum davallianae*:

- centauretosum jaceae
- caricetosum ferrugineae.

GIUGNI (1991) dans sa synthèse sur les Préalpes chablaisiennes franco-suisses distingue les sous-associations et variantes suivantes dans le *Caricetum davallianae*:

- *typicum*
  . var. type
  . var. à *Phragmites australis*
  . var. à *Carex rostrata*
  . var. à *Blysmus compressus*
  . var. à *Stachys officinalis*
  . var. à *Cirsium oleraceum*
- *caricetosum elatae* Klötzli 1969
  . var. type
  . var. à *Allium schoenoprasum*
  . var. à *Phragmites australis*
- *caricetosum ferrugineae* (Höhn 1936) Giugni 1991
  . var. type
  . var. à *Astrantia major*
- *galietosum uliginosi* Giugni 1991
  . var. type
  . var. à *Carex pulicaris*
  . var. à *Galium mollugo*
  . var. à *Rhinanthus minor*
- *scirpetosum cespitosi* Beger 1922
  . var. type
  . var. à *Carex rostrata*
  . var. à *Swertia perennis*
  . var. à *Gentiana asclepiadea*

Trichophoretum caespitosi

HÖHN (1936) décrit le *Trichophoretum caespitosi* comme un stade de dégradation tant du *Caricetum davallianae* que du *Caricetum nigrae*, provoqué par la pâture ou la fauche. Le relevé 5 d'Ibergeregg (tab. 2.2, p. 56) peut être attribué à cette association. Les espèces caractéristiques du *Caricetum davallianae* plaident en faveur d'un développement à partir de cette association.
De nombreux auteurs depuis RÜBEL (1912) ont élevé au rang d'association les

association.
De nombreux auteurs depuis RÜBEL (1912) ont élevé au rang d'association les groupements à Scirpus cespitosus des Alpes. BRAUN-BLANQUET (1971) juge le "*Trichophoretum cespitosi*" hétérogène et distingue une sous-association *trichophoretosum cespitosi* dans le *Caricetum fuscae* et dans le *Caricetum davallianae*, et une variante à *Scirpus cespitosus* dans le *Kobresietum simpliciusculae*. Pour BRAUN-BLANQUET, les sous-associations à *Scirpus cespitosus* du *Caricetum fuscae* et du *Caricetum davallianae* ne représentent pas des stades de dégradation des sous-associations typiques mais des stades de transition des sous-associations typiques vers le *Nardetum alpigenum*. Les rel. 12 et 13 du tab. 2.2 peuvent être attribués au *Caricetum nigrae scirpetosum cespitosi*.
Scirpus cespitosus est également répandu dans les hauts-marais. Il caractérise une association, l'*Eriophoro vaginati-Trichophoretum cespitosi* (ZLATIK 1928, RUDOLPH et al. 1928) Rübel 1933. L'association a pu être observée dans le petit haut-marais traversé lors de l'excursion (698.95/208.40).

Caricetum nigrae
L'association à laiche brune n'est pas fréquente dans les marais d'Ibergeregg d'après HÖHN (1936). Il manque de terrains propices suffisamment unis et peu pentus où la saturation permanente en eau permet le développement d'une couche de tourbe assez épaisse pour cette association acidophile. Dans les marais dépourvus d'eau stagnante, le *Caricetum nigrae* se transforme assez vite en *Trichophoretum cespitosi*. Dans les marais de pente à *Caricetum davallianae*, on observe localement des stades initiaux du *Caricetum nigrae* dans les petites dépressions à eau stagnante ou au contact des surfaces de hauts-marais.
Les espèces caractéristiques de l'association sont *Carex nigra*, *Juncus filiformis*, *Eriophorum angustifolium* et *Viola palustris*. Sur les sols tourbeux drainés et pâturés, Nardus stricta forme fréquemment des peuplements denses. On peut aussi rencontrer *Scirpus cespitosus*. DIETL (1982) décrit de tels marais à laiche brune et nard raide dans le canton d'Obwald. Le relevé 14 du tab. 2.2 appartient au *Nardo-Caricetum nigrae*.
Les prairies de la région d'Ibergeregg appartiennent au *Nardion* ou au *Cynosurion*. Le relevé 15 du tab. 2.2 a été effectué dans une prairie humide fauchée, broutée et fumée. Il peut être attribué au *Cynosuretum juncetosum*. Le sol observé sous une nardaie humide s'est révélé être un sol brun acide à pseudogley.

Tab. 2.1. Les marais à laiche de Davall dans les Alpes du Nord et du Plateau Suisse. ("Davallseggenrieder der Schweizer Nordalpen und des Mittellandes".) (Tiré de DIETL 1975).

Höhenstufe	planar — kollin							submontan					hochmontan							subalpin												subalpin — alpin					
Ausbildung	Phragmites							Epipactis					Bartsia							Soldanella alpina												Juncus trigl.					
Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
H. ü. M. (m)	470	470	680	570	720	725	820	970	990	1060	1100	1235	1270	1300	1420	1420	1310	1370	1330	1110	1230	1520	1550	1665	1620	1290	1280	1400	1585	1515	1580	1490	1640	1625	1650	1690	1820	1830
Exposition	—	SE	—	S	S	—	S	W	SE	SE	SE	S	N	E	SW	NE	S	SW	SW	NW	N	SE	SE	W	NW	N	N	NE	NW	W	W	S	NW	NE	NE	E	S	SE
Inklination %	—	3	—	10	3	—	15	25	10	20	25	15	10	5	25	20	12	5	10	10	25	30	25	30	25	10	20	12	10	10	5	10	10	40	30	20	40	20
Kanton	OW	ZH	ZH	ZH	ZH	ZG	ZH	SZ	SZ	BE	OW	AI	LU	OW	OW	OW	OW	OW	OW	SZ	SG	OW	BE	OW	OW	SG	SZ	SZ	BE	OW	BE	OW	OW	OW	OW	OW	UR	OW
Kennzeichnende Artengruppe																																						
A Carex Davalliana	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	4	3	3	3	2	3	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	+	1	+	1	1	4	2	2	2	2	2
Eriophorum latifolium	3	2	2	3	3	3	2	2	3	3	+	1	2	2	3	1	2	2	2	3	+	2	1	1	2	+	+	1	r	+	+	1	1	1	+	1	+	3
Juncus alpinus	2	1	1		1	2	1	2	+	1	1	1	2	1	1	1	1	1		1	1	1	2	2	1	1	1	+	+		1	1	+	1	2	2	1	2
Parnassia palustris	1	+	2	1	1	1	1	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	+					+	+	+	+	1	1	1	1	1	+			+
Linum catharticum	1	1	1	1	1	1	1	+	1	r	1	+	+	+		+	1	+	+		+					+			+		+						+	
Drepanocladus revolvens	3	2	4	3	1	3	2	1	1	2	2	2	4	3	2	1	3	3	3	4	3	2	2	1	2	2	2	1	3	3	3	3			1	1	+	4
Tofieldia calyculata	+			1		+	1	1				1	1	1	1	+	1	+	1	1	1	1	+	+		1	+	1	r	+	1	1	1	1	1	+	1		
Gymnadenia conopea	1	+	r		+	+	+	+					+				1			+		+	r		r		+			r						r	r	
Valeriana dioeca		1	+					+	1	1	1	+	+	1	1	1		1			1	+	2	1	+				r				1		+	+		1
Cratoneurum commutatum				1			+		5	2	2			3	+	4					1	2	1		2								5	4	2	4	2	2
Blysmus compressus											1				+	1					1	r	2	1	1									1	+	1	1	
Philonotis calcarea									1					2		1									+								1			r	+	
Gentiana verna																	+			r										r		+					r	
Eleocharis pauciflora									+					1		1		1							+											+		
Orchis Traunsteineri	1					r										+	+																r					
A' Primula farinosa						1		1			1	1	+	1	1	1	1	1	2	1		1		1	+		1		+	1	r	1	1	1	1	+	1	1
Bellidiastrum Michelii							r	1				1	2	1	+	1	1	1	+	2	1	2	1	1	2	2	1		2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2
Carex flava (Gruppe)			1		r			+			+	+	1	2		1	1	1	+	+	1	1	1	1	1	1		1	1	+	1	+	1	2	1	1	1	1	2
Trollius europaeus					+	+		+					+			r	+			1	+		+	1	r	+	+		r	+	r	r		r	1			
Sozioökologische Trennartengruppen																																						
B Phragmites communis	1	2	1	1		1	1																															
Lysimachia vulgaris	r	+	+	+	+	1	1																															
Angelica silvestris	r	+	+		1	+	1																															
Lythrum Salicaria	r	+	1		+	+																																
Stachys officinalis	r	+	r		1	r																																
Gentiana Pneumonanthe	1			1	r		+																															
Selinum Carvifolia	1	1	+																																			
Eupatorium cannabinum		+	+	r																																		
C Epipactis palustris	2	1	+	2	1	2	+	+	+	2	+			+	1		1			r																		
Pinguicula vulgaris			1			1	1		1	2	1	2	+	1	1	1	1	1	1																			
Equisetum maximum				1			1	+	1	1	+	1		+																								
Herminium Monorchis	1								r							r	+																					
Mentha aquatica		1	+	r			r		r		+																											
Juncus inflexus		+			r				+		1																											
Cirsium palustre		1						r		r		+																										
D Bartsia alpina														+	+		2	2	1	1	1	1		1	1	+	1	1	2	1	2	2	2			r	1	+
Swertia perennis															1	+	1	1	1	2		1	2	2	2		+	2	1	+	1	2		2	1	1		
Carex fusca						1							1	1	2	2	2	2			+	+	2	1	2	1			2	2	2	2		2	3	3	+	2
E Soldanella alpina																				r	1	+	+	+	+	+	r	+		+		1		1	+	+	1	1
Pinguicula alpina																+				2	1	1	+	+	+	+	+	1	1	1	+	1	2	+	1	1	1	
Carex ferruginea																				2	3	2	2	2	+	1	+		+	1	+	+		2		+	3	1
Selaginella Selaginoides																				1	1	1	r			1	1	1	1	1		1		+	1		1	
Caltha palustris			r															+			1		+	+	r								+	+	+	r	+	+
Trifolium badium																						r		+	r									1	+		r	r
Scabiosa lucida																				r				1							+	+		+	r			
Carex sempervirens																												1		1			+	+	+		+	
Euphrasia picta																						1								1	+	1	1					
F Juncus triglumis																																	+	+	+	r	+	
Pedicularis Oederi																																	+	1	1	+		
Allium Schoenoprasum																																	+	+		1	r	
Carex frigida																																					+	1

Tab. 2.1. (continué)

	Hohenstufe	planar — kollin							submontan					hochmontan							subalpin												subalpin — alpin						
	Ausbildung	Phragmites							Epipactis					Bartsia							Soldanella alpina												Juncus trigl.						
	Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
	H. u. M. (m)	470	470	680	570	720	725	820	970	990	1060	1100	1235	1270	1300	1420	1420	1310	1370	1330	1110	1230	1520	1550	1665	1620	1290	1280	1400	1585	1515	1580	1490	1640	1625	1650	1690	1820	1830
	Exposition	—	SE	—	S	S	—	S	W	SE	SE	SE	S	N	E	SW	NE	S	SW	SW	NW	N	SE	SE	W	NW	N	N	NE	NW	W	W	S	NW	NE	NE	E	S	SE
	Inklination %	—	3	—	10	3	—	15	25	10	20	25	15	10	5	25	20	12	5	10	10	25	30	25	30	25	10	20	12	10	10	5	10	10	40	30	20	40	20
	Kanton	OW	ZH	ZH	ZH	ZH	ZG	ZH	SZ	SZ	BE	OW	AI	LU	OW	OW	OW	OW	OW	OW	SZ	SG	OW	BE	OW	OW	SG	SZ	SZ	BE	OW	BE	OW	OW	OW	OW	OW	UR	OW
G	Sesleria coerulea																											r						2	+	1	r	r	
	Carex paniculata																					1				r													
	Gentiana Clusii																											1						1				1	
H	Molinia coerulea	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	3	2	2	2		1		+	1	2	2	2	1	2	1	1						
	Succisa pratensis	1	2	2	+	2	2	2	+	1	2	+	+	2	r	2	1	1	+	1	2		2		1	1	1	2	2		+	+	1						
	Carex Hostiana	2	1	2	2	2	1	3	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	2	+	1		2		2	1	+	+	+		2	+	1				1		
	Campylium stellatum	3	2	2	2	2	3	4	3	1	2	2	2	2	2	3		2	3	2	2	2	2	2		+	2	2	2	3	3	2	2			1			
	Centaurea Jacea			1	+		1		+	+				r		r		+		r	+	+						r	r		r								
	Gentiana asclepiadea					+	r	+	+		2							1		+	+		+								r		1				r		
	Juncus effusus					r			+		r	+				+	r							+	+														
J	Pedicularis palustris	1		1														1	2							1							+						
	Carex rostrata																		2							2					r		+						
	Carex elata	+	+	+			+																																
K	Trichophorum caespitosum																			4	1	+					3	3	5	4	3	4	2						
	Carex echinata													+		+		+		1							2		1	2	+	2	+						
	Carex pulicaris								1			+		1														1	+	+		+							
	Carex dioeca	1																		1										2	+	1	r						
	Carex capillaris																	1												+	1	1	1				r		
	Drepanocladus fluitans																		2										1	1	2	3							
	Nardus stricta																											r	1	1		+		+			r		
	Plantago alpina																													+		r	+				+	r	
	Begleitarten																																						
L	Potentilla erecta	2	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	+	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	1	2
	Carex panicea	1	2	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1	1	2	1	2	2	2	2	1	+	1		1	1	+	1	1	+	+	1	1	1	2
	Equisetum palustre	1	+	1	1	+	1	+		2	+	1	1	1	1	1	+	1	2	1	1	1	+	1	1	1	1	+	1	1	1	1	1	1	1	1			1
	Briza media		+	+	+				+	1	r	1	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+	1	+	+	+	1	1	+	+	+	r	+	1		+	1	r		+
	Carex flacca	+		1	1	+		+			1	1	+	1	+		1	+				1	1	+	1	+	1				+	1	1	1	1	1	+	+	1	+
	Prunella vulgaris			1	+	+		+	1	1	1	1	+				+	1	+	+	+		+	+	1	+	+	+	+				1		1		1	+	+
	Orchis latifolia					1		+		+			+	+	r	+	+	+	+	r	+	+	1	r	+	+	+			+	+	+	+	1		+	+	r	
	Fissidens adiantoides	1	1			1	+	1	1		1		+	1	+	2		2		1	2	2	r		1		2	1	1	1	1		1			2	+		
	Acrocladium cuspidatum	2	3	1	1	4	2	3	2	r	2	3		2		2	2	2	1	1		2		3		+			+							r			
	Trifolium pratense					r			1	+		+		1	+	+	1	2	+	+	+	1	r	+	+	+	+				+		1		+	1		+	r
	Leontodon hispidus			+					1			+	1	1	1	r		2	2			1	+	1	+	+		r		1	1		1		+	1	+	1	2
	Agrostis gigantea	+					+		1	1		1					1	1	+	+		1	1	1	1	1			+				1	1	1	1	+	1	+
	Ranunculus montanus					1				+		+	+		+	1			1	r	1	1		+		+	+	+	1		1	r		r	+	+	+	1	1
	Ranunculus nemorosus	2		2	1	+	1	+	1			1	1			r	+	+		1		+		1	+	1		+								1			
	Lotus corniculatus	1		r		1	r		+					+			+	1	1	+	+	1	+		-						+		1		+	1		+	
	Festuca rubra											1				+		1	+	1		+		+			+		+	1		+	+						
	Euphrasia montana						1		+					1		1		+	1	+	1				1			1					1			+			
	Orchis maculata			+		+											r				+	r					r	r		1		+			r			
	Polygala amarella					+			r			r	+		+													r		+		+		r				r	
	Anthoxanthum odoratum					+													+	+		+		-			+		+	+		+							
	Gymnadenia odoratissima	+	r			r		r	+				r	r																					+				
	Thudium spec.					+	+	1	+		r									+	+								1										
	Ctenidium molluscum								2					1								2	1					2	1	2									
	Hepaticae													2			+					r	r	-					1										
	Alchemilla vulgaris								r															+						r						1	r		2
	Crepis paludosa		1																			+		-	1								+	r					
	Chrysanthemum Leucanthemum												+					+							+		r												
	Lathyrus pratensis				r	+		r			+										+																		
	Primula elatior						r															r		+	-														
	Plantago lanceolata								+	r		1						1																					
	Rhinanthus minor	r						+							r																	1							
	Sanguisorba officinalis																					r			r		1	r											
	Filipendula Ulmaria		+	+		1	+																																
	Veratrum album					+															r	+										r							

Tab. 2.2. Relevés de l'excursion.

RELEVE NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Car. du *Magnocaricion*															
Carex elata	2														
Carex paniculata		+													
Carex rostrata												1		+	
Carex vesicaria	4														
Galium palustre	+	+													
Phalaris arundinacea	1														
Car. des *Phragmitetea*															
Equisetum fluviatile														+	
Phragmites australis	2	2	2	2	1										
Car. du *Filipendulion*															
Filipendula ulmaria	+	2	3	+											
Lythrum salicaria	+	+													
Mentha longifolia		+													
Valeriana officinalis		+													
Car. des *Molinietalia*															
Aconitum napellus			1												
Angelica sylvestris		+		1	+				+						
Caltha palustris	+							1							x
Cirsium oleraceum			2												
Cirsium palustre				+											
Cirsium rivulare		+													
Colchicum autumnale		+													
Crepis paludosa		+		+	+										
Dactylorhiza majalis				+	+		1		+	+	+				x
Equisetum palustre				1	1	+		+	+	1	+		2	1	x
Galium uliginosum				+											
Gentiana asclepiadea			+	1	+		+		+	+					
Gymnadenia conopea				+	+		1			+					
Juncus effusus					+										x
Linum catharticum				+	1	1	+		+	+	+				
Lychnis flos-cuculi														+	x
Molinia caerulea		3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	x
Polygonum bistorta		+	+											+	
Sanguisorba officinalis		+	2	1	2		+						+		
Scirpus silvaticus		+		+	+										
Succisa pratensis			+	1	2	2	3	2	3	2	2	+	+	+	x
Trollius europaeus				+	1		+		+						
Valeriana dioica					1	+			+						

Tab. 2.2. (continué)

RELEVE NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Car. du *Caricion davallianae*															
Aster bellidiastrum					+	+		+							
Bartsia alpina						1			+	1	1		+		
Calliergon stramineum														r	
Campylium stellatum				r			r								
Carex capillaris							1		+		+				
Carex davalliana				1	2	1	2	+	1	1	2				
Carex flava		+		+				+		+	+				x
Carex hostiana				+	+	1	1	+	2	1	2				
Carex panicea		+		1	1	+	1		1	+	1			+	x
Drepanocladus intermedius				r			r								
Epipactis palustris				+	+				+						
Eriophorum latifolium				2	2	+	+		2		1				
Juncus alpinus							+	+	+						x
Parnassia palustris				1	+	+	1	1	1	1					
Pinguicula vulgaris				+		+		+	+						
Primula farinosa				2	1	+	1		+	+	+				
Sphagnum subsecundum						r						x			
Swertia perennis				2	2	1	1		+	1					x
Tofieldia calyculata					+	+	+	+	+	1	1		+		
Car. du *Caricion nigrae*															
Carex echinata				2		1		1		2		1	2	1	x
Carex nigra				+					+			+	1	2	x
Eriophorum angustifolium						+				1		+	+	2	
Juncus filiformis												+	+	2	
Viola palustris													2	2	
Car. des *Scheucherio-Caricetea nigrae*															
Calycocorsus stipitatus							+								
Campylium stellatum							+								
Carex pulicaris						1	2	1	+	+	2				
Dactylorhiza traunsteineri					+					+					
Geheebia gigantea							r								
Menyanthes trifoliata				2											
Pedicularis palustris				+		+							+		
Scirpus cespitosus				2		3	+	3	+	3	1	3	3	1	
Scirpus hudsonianus				1											
Car. des *Oxycocco-Sphagnetea*															
Eriophorum vaginatum												+			
Sphagnum magellanicum												x		r	
Car. du *Cynosurion*															
Cynosurus cristatus															x
Prunella vulgaris				1	+	1	1		+	+					x
Trifolium repens															x
Veronica serpyllifolia															x

Tab. 2.2. (continué)

RELEVE NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Car. des *Arrhenatheretalia* et des *Molinio-Arrhenatheretea*															
Alchemilla vulgaris							+								
Centaurea jacea				+	+		+		+	+	1				x
Lathyrus pratensis		1	+	+	1										
Lotus corniculatus				2	1						+				x
Plantago lanceolata						+	+		+	+	+				
Plantago media					+										x
Trifolium pratense					1		+		+						x
Compagnes															
Phanérogames															
Agrostis canina										+		+	1	+	
Agrostis capillaris						+									
Agrostis gigantea	+														
Agrostis stolonifera													+		x
Ajuga reptans						+			+						
Anthoxanthum odoratum						1	+		+	+			2	1	x
Arnica montana						+									
Aruncus dioicus			+												
Blysmus compressus									+						x
Briza media				+	1	1	+	+	1	+	+		+		x
Calluna vulgaris						+	+	2		+					
Carex ferruginea							1				1				
Carex flacca			+				1		2	+	+				
Carex montana							+								
Carex ovalis															x
Carex pallescens		+	+				1		+		+			1	x
Carex pilulifera						+				+				+	
Carex sempervirens							+				1				
Cerastium fontanum															x
Dactylorhiza maculata				+		+	+		+	1	+		1		
Danthonia decumbens						+	+	2	+						
Deschampsia cespitosa						+	+		+						x
Equisetum arvense							1				1				
Equisetum silvaticum						+				+					
Euphrasia montana				+	1	+	1	2		+		1			
Festuca nigr. nigrescens									1						
Festuca rubra		+		1	+	1	+	1		+	1		1	+	x
Galium album		+													
Galium mollugo			+												
Galium pumilum									+						
Gentiana verna							+								
Geranium silvaticum		+	1												
Gymnadenia odoratissima									+						
Herminium monorchis				+	+		+								
Hieracium auricula						+									
Homogyne alpina						+									
Juncus articulatus											+				x
Leontodon hispidus				+	1					+	+				x
Lotus alpinus							+								x
Luzula multiflora														1	
Lysimachia nemorum				+											

Tab. 2.2. (continué)

RELEVE NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Maianthemum bifolium			1												
Myosotis lax. caespitosa									+						
Myosotis scorpioides															x
Nardus stricta						+	1	2		+	+		+	2	x
Pedicularis silvatica						+	+	+	+	+	+			+	
Picea abies								r							
Platanthera bifolia						+	+		+	+	+				
Poa trivialis									r						x
Polygala chamaebuxus										+					
Polygala serpyllifolia														+	
Polygala vulgaris							+	+		1					
Potentilla erecta		1		1	2	2	1	2	2	1	2	+	2	2	
Primula elatior		1	+	1	1										
Primula vulgaris											+				
Ranunculus acr. friesianus															x
Ranunculus flammula										+					
Ranunculus grenieranus									+						
Ranunculus montanus						+	1	+	+	+	1				
Ranunculus nemorosus		+		+	1										
Rhinanthus minor					+										
Rubus idaeus			2												
Salix aurita		+													
Soldanella alpina						1	1				+				
Solidago virgaurea														r	
Thalictrum aquilegiifolium		1	+												
Thymus polytrichus											1				
Thymus pulegioides							1								
Trifolium montanum				+	1										
Vaccinium myrtillus														+	
Veratrum lobelianum		+	2	+	+	+									
Vicia cracca	+			1	+										
Bryophytes															
Acrocladium cuspidatum				r		r									
Aulacomnium palustre														r	
Climacium dendroides				r		r								r	
Ctenidium molluscum							r								
Dicranum bergeri				r											
Fissidens adiantoides				r			r								
Mnium affine				r											
Pleurozium schreberi														r	
Polytrichum alpestre														r	
Sphagnum recurvum														r	
Splachnum ampullaceum														+	
Thuidium spec.				r		r								r	

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 Hölloch, un des plus vastes connus en Europe.
Pour l'excursion, nous avons choisi d'étudier un transect dans la forêt sub-vierge 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^2).

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 Hölloch (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*, *Calycocorsus 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 les 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 albicantis* et du *Caricion ferrugineae* 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 caulescentis* et celle des éboulis des *Thlaspietalia*.

En ce qui concerne les travaux phytosociologiques selon la méthode sigmatiste 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^2, 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 ostrythium*
+.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) *Diphasium alpinum*

• Le ***Crepido 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^2, recouvrement de la végétation de 100%; 15. 7. 1989

Espèces caractéristiques et différentielles de l'alliance :

2.2b	*Phleum alpinum*
1.2	*Poa alpina*
1.2	*Ranunculus montanus*
2.2a	*Crepis aurea*
1.2	*Trifolium badium*
+	*Veronica alpina*

Espèces caractéristiques et différentielles d'ordre :

2.2m	*Veronica chamaedrys*
2.2	*Alchemilla monticola*
+.2	*Dactylis glomerata*
+.2	*Heracleum sphondylium*
+	*Leontodon hispidus*

Espèces caractéristiques et différentielles de classe :

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

Autres espèces :

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

• Le ***Senecioni 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 Mälchtäli", alt. 1980 m, exposition WSW, pente 25°, recouvrement de la végétation de 90%, superficie relevée de 15 m^2, 15.7.1989

Espèces caractéristiques et différentielles d'alliance :

1.2	*Carex ferruginea*
1.2	*Festuca puccinellii*
1.2	*Molinia caerulea* subsp. *caerulea*
1.1	*Trollius europaeus*
1.1	*Ligusticum mutellina*
+	*Anemone narcissiflora*

Espèces caractéristiques et différentielles d'ordre :

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

Espèces caractéristiques et différentielles de classe :

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

Autres espèces :

4.3b	*Carex sempervirens*
1.2	*Tofieldia calyculata*
1.2	*Selaginella selaginoides*
+.2	*Aster bellidiastrum*
+	*Pinguicula alpina*
1.2	*Soldanella alpina*
1.2	*Primula integrifolia*
1.2	*Polygala chamaebuxus*
1.2	*Agrostis alpina*
+.2	*Anthoxanthum alpinum*
+	*Lotus corniculatus*
+	*Ranunculus montanus*
1.2	*Nardus stricta*
+.2	*Potentilla erecta*
+.2	*Arnica montana*
+	*Leuchorchis albida*
r	*Gymnadenia conopsea*
+	*Polygonum viviparum*
r	*Leontodon helveticus*
+	*Gentianella* cf. *campestris*
+	*Campanula scheuchzeri*
+°	*Juniperus communis* subsp. *nana* (diff. ass.)
+.2°	*Calluna vulgaris*
+.2°	*Vaccinium myrtillus*
+.2°	*Vaccinium uliginosum* subsp. *microphyllum*
1.1	*Homogyne alpina*
+.2	*Huperzia selago*
+	*Solidago virgaurea* subsp. *minuta*
+.2	*Hieracium sp.*
+	*Euphrasia 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 adaptative, d'une type morphologique végétatif et d'un type biologique déterminés.

A 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 1989 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 coeur 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 URMI (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

([1] 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** [1]
A1-a1	*Picea abies*	*113* 308 409
a2	*Pinus uncinata*	203

	Synusies arbustives	
B1	*Pinus uncinata - Betula pubescens*	104 *114*
b2	*Sorbus chamaemespilus - Salix appendiculata*	103 *115 601*

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

	Synusies muscinales	
m1	*Campylium halleri - Schistidium apocarpum*	*106 210 307 406*
m2	*Encalypta streptocarpa - Fissidens cristatus*	*108*
m3	*Tortella tortuosa - Ctenidium molluscum*	*109 216 306*
m4	*Ditrichum flexicaule*	*107*
m5	*Tortula norvegica - Tortella densa*	*208*
M6	*Pseudoleskea plicata - Hylocomium pyrenaicum*	*405*
M7	*Barbilophozia lycopodioides*	*111 212*
M8	*Rhytidiadelphus squarrosus calvescens - Brachythecium starkei curtum*	*404*
M9	*Ptilium crista-castrensis - Pleurozium schreberi*	*112 213*
M10	*Rhytidiadelphus loreus - Hylocomium umbratum*	*303*
m11	*Cephalozia leucantha - Barbilophozia attenuata*	*214 304 407*
m12	*Ptilidium pulcherrimum - Dicranum montanum*	*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 ANTIPYRETICAE Philippi 56
BRACHYTHECIETALIA PLUMOSI Philippi 56
PELLION EPIPHYLLAE Marstaller 84

MONTIO FONTANAE-CARDAMINETEA AMARAE Braun-Blanquet & Tüxen 43
MONTIO FONTANAE-CARDAMINETALIA AMARAE Pawlowski in Pawlowski & 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

SESLERIETEA ALBICANTIS Braun-Blanquet 48 em. Oberdorfer 78
SESLERIETALIA ALBICANTIS Braun-Blanquet in Braun-Blanquet & Jenny 26
SESLERION ALBICANTIS Braun-Blanquet in Braun-Blanquet & Jenny 26.....**h2, h3**
CARICION FERRUGINEAE Braun-Blanquet 31..... **h1**

CARICETEA NIGRAE den Held & Westhoff in Westhoff & den Held 69 em. de Foucault 84
POLYGONO VIVIPARI-CARICENEA NIGRAE de Foucault 84
JUNCO TRIGLUMIS-EQUISETALIA VARIEGATI (Julve 83 em. de Foucault 84) Julve 91
CARICION MARITIMAE (Braun-Blanquet ap. Volk 39) Braun-Blanquet 71

ANEMONO NEMOROSAE-CARICETEA SYLVATICAE Gillet 86 em. Julve 91
LUZULETALIA SILVATICAE Gillet 86
LUZULION LUZULOIDIS Julve 91.....**h11**

CICERBITO ALPINAE-ACONITETEA NAPELLI Hadac & Klika 44
ADENOSTYLETALIA ALLIARIAE Braun-Blanquet 31
ADENOSTYLION ALLIARIAE Braun-Blanquet 25.....**H12**
CALAMAGROSTION ARUNDINACEAE (Luquet 26) Oberdorfer 57

CALLUNO VULGARIS-VACCINIETEA MYRTILLI (Braun-Blanquet 39) de Foucault in press
EMPETRETALIA HERMAPHRODITI Schubert 60
RHODODENDRO FERRUGINEI-VACCINION MYRTILLI (Br.Bl.26) Rivas-Martinez 68.....**H5, H6**
ERICION HERBACEAE (Gams 36) Eggler 52.....**H4**

PINO MUGO-ALNETEA ALNOBETULAE Eggler 33
PINO MUGO-ALNETALIA ALNOBETULAE Braun-Blanquet 18
BETULO PUBESCENTISCARPATICA-ALNION ALNOBETULAE Gams 36 **B1, b2**

PINO SYLVESTRIS-PICEETEA ABIETIS Julve 91
PICEETALIA ABIETIS Julve 91 prov.
PINO UNCINATAE-PICEION ABIETIS 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 conjugée 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 (rétroaction 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 légérement 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 ruisselement 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 dition suggèrent une dynamique complexe où interviennent probablement des phénomènes d'évolution régressive et d'érosion.

3.2.5. Structure et orgaisation 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 phytocénotique, dans lequel sont quantifiées l'abondance-dominance et l'agrégation des syntaxons élémentaires représentés dans la phytocénose étudiée; la comparaison de nombreux relevés phytocénotiques 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 sol 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 phytocoenoses, 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 phytocoenose, cette procédure peut se révéler dangereuse si l'on ne délimite pas d'abord la phytocoenose 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 phytocoenoses et d'en faire ensuite l'analyse synusiale, plutôt que de rechercher les synusies et de les intégrer en phytocoenoses.

F.X. Habiyaremye: *Les applications de l'approche synusiale integrée*
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 integrée.
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 m2 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. Habiyaremye: *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 sénéscents 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^2)	2000	500	600	1000
Hauteur optimale (m)	18	30	30	15
Recouvrement (%)	5	40	70	30
Nombre d'idiotaxons élém.	1	1	1	1
Picea abies	+	3.2	4.3	.
Pinus uncinata	.	.	.	3.3

Tab. 3.2. Synusies arbustives Muotatal

SYNTAXON ELEMENTAIRE	B1	B1	b2	b2	b2
RELEVE	114	104	115	103	601
Surface (m^2)	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
Betula pubescens B	1.1	3.2	2.2	3.2	.
Pinus uncinata B	+	+	.	.	.
Salix appendiculata	.	+°	2.2	2.2	2.2
Sorbus chamaemespilus	.	.	1.2	+.2	2.3
Picea abies B	+	.	+	+	1.1
Salix hastata	.	.	.	1.2	.
Rosa pendulina	.	.	.	+.2	.
Sorbus aria B	.	.	.	+.2	.
Sorbus aucuparia B	.	.	.	.	1.2
Acer pseudoplatanus B	.	.	.	.	+
Fagus sylvatica B	.	.	.	.	+

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

SYNTAXON ELEMENTAIRE	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
RELEVE	101	116	207	102	105	109	118	102	117	121	132	204	201
Surface (m^2)	25	5	10	5	3	3	10	5	8	6	5	10	12
Hauteur optimale (dm)	2	1	1	1	1	1	3	3	3	2	3	4	3
Recouvrement (%)	60	90	60	80	90	80	100	95	100	90	95	60	80
Nombre d'idiotaxons élém.	39	22	15	26	33	12	28	24	27	24	17	14	24
Car. du *Caricion ferruginae*													
Carex ferruginea	2.2	1.2	.	.	.	.	.	.	+	1.2	.	.	.
Festuca pulchella	2.2	2.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Diff. du *Seslerion albicantis*													
Dryas octopetala	.	.	4.5	3.4	4.3	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex ornithopoda	.	+.2	1.2	1.1	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.
Carduus defloratus	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	.	.
Hippocrepis comosa	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	.	.
Carex sempervirens	.	.	2.3	2.2	2.2	3.3	.	.	.	.	.	.	1.2
Car. des *Seslerietalia* et des *Seslerietea albicantis*													
Sesleria albicans	2.2	2.3	2.3	2.2	2.2	3.3	+	.	+	+	.	.	+
Scabiosa lucida	+	1.1	+.2	+	+.2	+	+	1.1	+	.	.	.	.
Globularia nudicaulis	+.2	2.3	1.2	2.2	2.3	1.1	1.2	1.2	.	+.2	.	.	.
Thesium alpinum	+	+	+	+.2	+	+	.	.	+	.	.	.	.
Lotus alpinus	1.2	1.2	.	+	1.2	+	+	+	+	.	.	.	.
Pulsatilla alpina	+	+	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	+°
Anemone narcissiflora	1.1	.	.	.	+	.	1.1	.	+	.	.	.	+°
Polygala alpestris	.	.	.	+	+.2	.	.	.	.	.	.	.	.
Leucanthemum adustum	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gentiana verna	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hieracium bifidum	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Car. de *l'Ericion herbaceae*													
Rhododendron hirsutum	.	.	.	.	+°	.	4.4	4.4	.	3.3	.	.	.
Erica herbacea	+°	1.2	+.2	1.2	2.2	+.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.2	+.2	+°
Polygala chamaebuxus	1.1	1.1	1.2	1.2	+.2	+	+	.	.	.	.	.	+
Car. et diff. du *Rhododendro ferruginei-Vaccinion myrtilli*													
Rhododendron ferrugineum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.3	3.4	1.2
Vaccinium uliginosum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1.2	.
Empetrum nigrum hermaphroditum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.3	.

Tab. 3.3. (continué)

Car. des *Empetretalia hermaphroditi* et des *Calluno-Vaccinietea*	**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**
Vaccinium uliginosum microphyllum	1.2°	.	.	+.2	.	.	2.3	2.2	3.4	2.3	3.3	+.3	+
Vaccinium myrtillus	1.2°	1.2°	.	+.2	+°	.	.	+	1.2	1.2	2.3	3.4	+.2°
Juniperus communis nana	+°	.	.	+	.	.	.	2.3	3.1	1.2	2.3	1.2	+°
Calluna vulgaris	.	.	.	.	.	.	(+)	.	2.3	2.4	2.3	1.3	+°
Lycopodium annotinum	.	.	.	.	.	.	1.2	1.3	.	+.3	1.4	+.2	+.2
Vaccinium vitis-idaea	.	.	.	.	+°	.	.	+.2	1.2	+	2.2	3.3	.
Huperzia selago	+.2	.	.	.	.	.	.	.	+.2	1.2	.	.	.
Car. des *Nardetea strictae*													
Homogyne alpina	1.1	+	.	+	1.2	.	1.2	+	1.1	+	1.2	+	+
Potentilla erecta	2.3	1.2	.	+	+	.	2.2	2.2	2.2	1.2	2.2	.	1.2
Luzula sylvatica	+	+	.	.	+	.	1.2	1.2	1.2	.	1.2	.	+.3
Arnica montana	2.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pseudorchis alpina	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Festuca nigrescens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.
Nardus stricta	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+.2	.	.	.
Gentiana punctata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+°
Car. des *Caricetea nigrae*													
Selaginella selaginoides	+	.	+.2	+.2	.	.	.	.	+	1.2	.	.	+.2
Tofieldia calyculata	1.2	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Pinguicula alpina	+.2	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bartsia alpina	+.2	.	.	.	1.3	.	.	.	.	.	.	.	.
Molinia caerulea	3.3	.	.	.	+°	.	.	.	.	.	.	.	4.5
Polygonum viviparum	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Car. des *Salicetea herbaceae*													
Soldanella alpina	1.2	+	2.2	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.
Salix retusa	.	.	.	.	+.3	.	.	.	.	.	.	.	.
Car. des *Cicerbito-Aconitetea* (*Calamagrostion arundinaceae*)													
Calamagrostis villosa	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	+	.	.
Laserpitium latifolium	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.
Trollius europaeus	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Phanéroph. juvéniles													
Sorbus chamaemespilus H	+	.	.	.	.	.	1.1	1.2	+	1.2	+	1.2	+.2
Salix appendiculata H	+	.	.	.	.	+°	2.1	+	+	.	+	.	.
Picea abies H	.	.	.	.	+	.	.	.	2.1	.	.	.	+
Betula pubescens H	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	+.2
Rosa pendulina H	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Salix hastata H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Pinus uncinata H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.
Sorbus aucuparia H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Autres compagnes													
Aster bellidiastrum	+	+	+°	1.2	1.2	.	+°	.	.	.	.	.	.
Galium pumilum	.	+	+	+.2	+.2	+	+	+	.	.	.	.	.
Anthoxanthum alpinum	+	1.2	.	.	.	.	+	+	+	+	1.2	.	+
Solidago virga-aurea	+	.	.	.	.	.	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**
Valeriana tripteris	.	+	.	.	.	.	+.2	1.1	.	+	.	.	.
Dactylorhiza maculata	1.1	.	.	.	+.2	.	+	.	+	.	.	.	+
Knautia dipsacifolia	+	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	+.2
Melica nutans	1.2	.	.	(+)	+.2	.	.	.	.	.	.	.	.
Calamagrostis varia	.	.	.	1.2	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.
Hieracium murorum	.	.	.	.	+.2	.	.	.	+	.	.	.	.
Viola biflora	+.2	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Melampyrum sylvaticum	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.
Melampyrum pratense	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Geranium sylvaticum	+.2	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Thymus praecox	.	+.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Euphrasia minima	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ranunculus montanus	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gentiana asclepiadea	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Alchemilla conjuncta	.	.	.	.	+.2	.	.	.	.	.	.	.	.
Chaerophyllum villarsii	.	.	.	.	.	.	+°	.	.	.	.	.	.
Leontodon hispidus	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.

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

SYNTAXON ELEMENTAIRE	**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**
RELEVE	40 2	30 2	11 9	40 3	20 5	11 0	20 6	21 5	30 1	30 9	40 1	50 1	70 1
Surface (m^2)	10	4	3	2	1	1	2	3	10	100	20	100	30
Hauteur optimale (dm)	1,5	1,5	1	1	1	1,5	1,5	2,5	1,5	1,5	5	10	5
Recouvrement (%)	70	20	40	10	30	10	20	60	30	40	80	100	90
Nb d'idiotaxons élém.	26	20	8	3	8	6	4	10	22	30	16	10	20
Car. du *Cardaminion amarae* et des *Montio-Cardaminetea*													
Viola biflora	3.3	1.2	3.3	+	+.2	1.1	2.2	1.2	.	.	.	.	1.2
Saxifraga rotundifolia	3.3	+.2	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	2.2
Ranunculus nemorosus serpens	1.1	+.2	+	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.
Stellaria nemorum	2.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+.2	.	+
Tozzia alpina	2.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Chrysosplenium alternifolium	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cardamine flexuosa	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2
Alchemilla glabra	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Tab. 3.4. (continué)

Car. du *Cystopteridion fragilis* et des *Asplenietea trichomanis*	**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**
Asplenium viride	.	.	.	+.2	2.2	1.1	1.2	.	.	.	.	.	.
Cystopteris fragilis	.	.	.	1.2	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.
Asplenium ruta-muraria	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.
Asplenium trichomanes	.	.	.	.	+.2	.	.	+.2	.	.	.	.	.
Car. de *l'Arabidion alpinae* et des *Thlaspietea rotundifolii*													
Dryopteris villarii	.	.	.	.	.	.	.	3.2	.	.	.	.	.
Polystichum lonchitis	.	.	.	.	+.2	1.2	2.2	1.2	.	.	.	.	+
Valeriana tripteris	+.2	1.1	.	.	.	+	+.2	+	.	.	.	.	.
Car. et diff. du *Luzulion luzuloidis* et des *Luzuletalia sylvaticae*													
Prenanthes purpurea	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	+	.	.	.
Luzula luzulina	.	.	.	.	.	.	.	.	+.2	+.2	.	.	.
Melampyrum sylvaticum	.	.	.	.	.	.	.	.	+.2	+	.	.	.
Maianthemum bifolium	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	1.2	.	.	.
Oxalis acetosella	.	+.2	.	.	.	.	.	.	1.3	+.2	.	.	.
Veronica urticaefolia	.	1.1	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
Dryopteris dilatata	.	.	.	.	.	.	.	.	+.2	1.2	.	.	1.2
Dryopteris assimilis	+.2	.	.	.	.	.	.	.	1.3	.	1.2	.	.
Listera cordata	.	.	.	.	.	.	.	.	+.2	.	.	.	.
Thelypteris limbosperma	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Polygonatum verticillatum	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+°	.	.	.
Car. des Anemono-Caricetea sylvaticae													
Lamiastrum galeobdolon montanum	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1.2
Milium effusum	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+.2	+	.
Rubus saxatilis	+	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Phyteuma spicatum	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Paris quadrifolia	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Melica nutans	.	+.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dryopteris filix-mas	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Car. de *l'Adenostylion alliariae* et des *Cicerbito-Aconitetea*													
Athyrium distentifolium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2°	1.2	5.5	3.4
Adenostyles alliariae	.	.	.	.	.	.	.	+°	.	.	3.3	+	2.2
Cicerbita alpina	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.3	+	1.2
Chaerophyllum villarsii	2.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2	+	1.2
Rumex arifolius	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	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
Streptopus amplexifolius	+°	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+.2
Geum rivale	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1.2
Ranunculus aconitifolius	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Rumex alpinus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.
Veratrum album	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Crepis paludosa	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Crepis pyrenaica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2
Peucedanum ostruthium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Epilobium alpestre	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	(+)
Geranium sylvaticum	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+°	+	.	+
Hieracium prenanthoides	.	.	.	.	.	.	.	.	+.2	+	.	.	.
Calamagrostis villosa	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1.2	.	.	.
Knautia dipsacifolia	+	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Car. des *Calluno-Vaccinietea*													
Vaccinium myrtillus	.	.	.	.	.	.	.	.	2.3	3.3	.	.	.
Lycopodium annotinum	.	.	.	.	.	.	.	.	1.3	2.3	.	.	.
Vaccinium vitis-idaea	.	.	+.2	.	.	.	.	.	.	+.3	.	.	.
Huperzia selago	.	+.2	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Erica herbacea	.	.	.	.	+°	.	.	.	.	.	.	.	.
Car. des *Nardetea strictae*													
Homogyne alpina	1.2	1.2	.	.	.	.	.	.	2.1	2.2	.	.	.
Hypericum maculatum	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Potentilla erecta	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Phanérophytes juvéniles													
Lonicera nigra H	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
Sorbus aucuparia H	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
Picea abies H	.	.	.	.	.	.	.	.	+.3	.	.	.	.
Autres compagnes													
Aster bellidiastrum	+.2	1.3	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.
Fragaria vesca	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Centaurea montana	+	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Campanula rotundifolia	+	+.2	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Poa alpina	+.2	+.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Myosotis sylvatica	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+.2	.	.
Veronica alpina	+.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Soldanella alpina	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Alchemilla conjuncta	.	+.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gentiana asclepiadea	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hieracium murorum	.	+	.	.	.	.	.	.	+.2	1.1	.	.	.
Solidago virga-aurea	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
Leontodon hispidus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Anthoxanthum alpinum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Athyrium filix-femina	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	1.1
Dryopteris borreri	.	.	.	.	.	.	.	+.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
Heracleum sphondylium	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Daphne mezereum	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Galium pumilum	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Silene dioica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+
Caltha palustris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2

Tab. 3.5. Synusies muscinales Muotatal: synusies épilithiques.

SYNTAXON ELEMENTAIRE	m1	m1	m1	m1	m2	m3	m3	m3	m4	m5
RELEVE	210	106	307	406	108	216	109	306	107	208
Surface (dm^2)	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
Car. et diff. du *Schistidion apocarpi* et des *Grimmietalia anodontis*										
Schistidium apocarpum	1.1	2.2	1.2	1.2	.	.	.	.	.	.
Campylium halleri	.	+	2.3	2.3	.	.	.	.	.	.
Pseudoleskeella catenulata	+.2	.	1.2	.	.	.	.	.	.	.
Car. et diff. du *Fissidention pusilli*										
Encalypta streptocarpa	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.
Scapania aequiloba	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.
Pedinophyllum interruptum	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Car. et diff. du *Ctenidion mollusci*										
Scapania aspera	.	.	.	+.2	+.2	3.2	1.2	3.3	.	.
Ctenidium molluscum	.	.	.	+.2	.	1.2	3.4	3.4	.	.
Car. et diff. des *Ctenidietalia mollusci*										
Lophozia collaris	.	.	.	.	+	+.2	+.2	.	.	.
Fissidens adiantoides cristatus	.	.	2.2	.	3.2	2.2	.	+	.	.
Orthothecium intricatum	.	.	.	.	.	.	+.2	.	.	.
Car. et diff. du *Pleurochaetion squarrosae*										
Cladonia sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.3	.
Tortula norvegica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2

Tab. 3.5. (continué)

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

Tab. 3.6. Synusies muscinales Muotatal: synusies épigéiques.

SYNTAXON ELEMENTAIRE	M7	M7	M9	M9	M10	M6	M8
RELEVE	2 1 2	1 1 1	1 1 2	2 1 3	3 0 3	4 0 5	4 0 4
Surface (dm^2)	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
Car. et diff. du *Pleurozion schreberi*							
Ptilidium ciliare	.	+	.	.	.	.	.
Cladonia sp.	2.3	2.3	.	.	.	.	.
Dicranum cf. spadiceum *	.	.	.	1.3	.	.	.
Cetraria islandica	.	.	.	+.2	.	.	.
Hylocomium umbratum	.	.	.	.	2.3	.	.
Rhytidiadelphus loreus	.	.	.	.	1.3	.	.
Plagiothecium undulatum	.	.	.	.	+.3	.	.
Pleurozium schreberi	1.1	+.2	+	2.2	2.3	.	.
Hylocomium splendens	+	+	+	2.2	+.2	.	.
Leucobryum glaucum	+.2	.	.	1.3	.	.	.
Ptilium crista-castrensis	.	.	.	1.2	1.2	.	.

Tab. 3.6. (continué)
(* Echantillons déterminés par J. Bertram.)

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

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

SYNTAXON ELEMENTAIRE	m12	m12	m11	m11	m11
RELEVE	408	305	407	304	214
Surface (dm^2)	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
Car.du *Dicrano-Hypnion andoii* et des *Dicranetalia scoparii*					
Hypnum cupressiforme filiforme	1.2	.	.	.	.
Dicranum scoparium	+.2	.	.	.	+
Ptilidium pulcherrimum	.	1.2	.	.	.
Cladonia coniocraea	.	1.2	.	.	.
Dicranum montanum	1.2	3.3	.	.	.
Car. du *Tetraphido-Aulacomnion androgyni* et des *Lophocoletalia heterophyllae*					
Lophocolea heterophylla	1.2	.	.	.	.
Blepharostoma trichophyllum	1.2	.	+.2	.	.
Scapania umbrosa	.	.	1.2	.	.
Riccardia palmata	.	.	1.3	.	.
Cephalozia leucantha	.	.	2.3	4.4	.
Tetraphis pellucida	.	2.3	3.4	1.2	.
Barbilophozia attenuata	.	+.2	1.2	2.2	2.3
Dicranum fuscescens	.	+.2	+.2	+	1.2
Lepidozia reptans	.	.	1.2	+	+.2
Calypogeja neesiana	.	.	+	.	1.1
Dicranodontium denudatum	.	.	.	2.2	1.2
Car. des *Lepidozietea reptantis*					
Lophozia ventricosa	1.2	.	.	.	.
Polytrichum formosum	.	+	.	.	.
Plagiothecium laetum	.	1.3	.	.	.
Plagiothecium curvifolium	1.2	.	+	.	.
Calypogeja azurea	.	.	.	+.2	.
Cephalozia bicuspidata	.	.	.	+	.

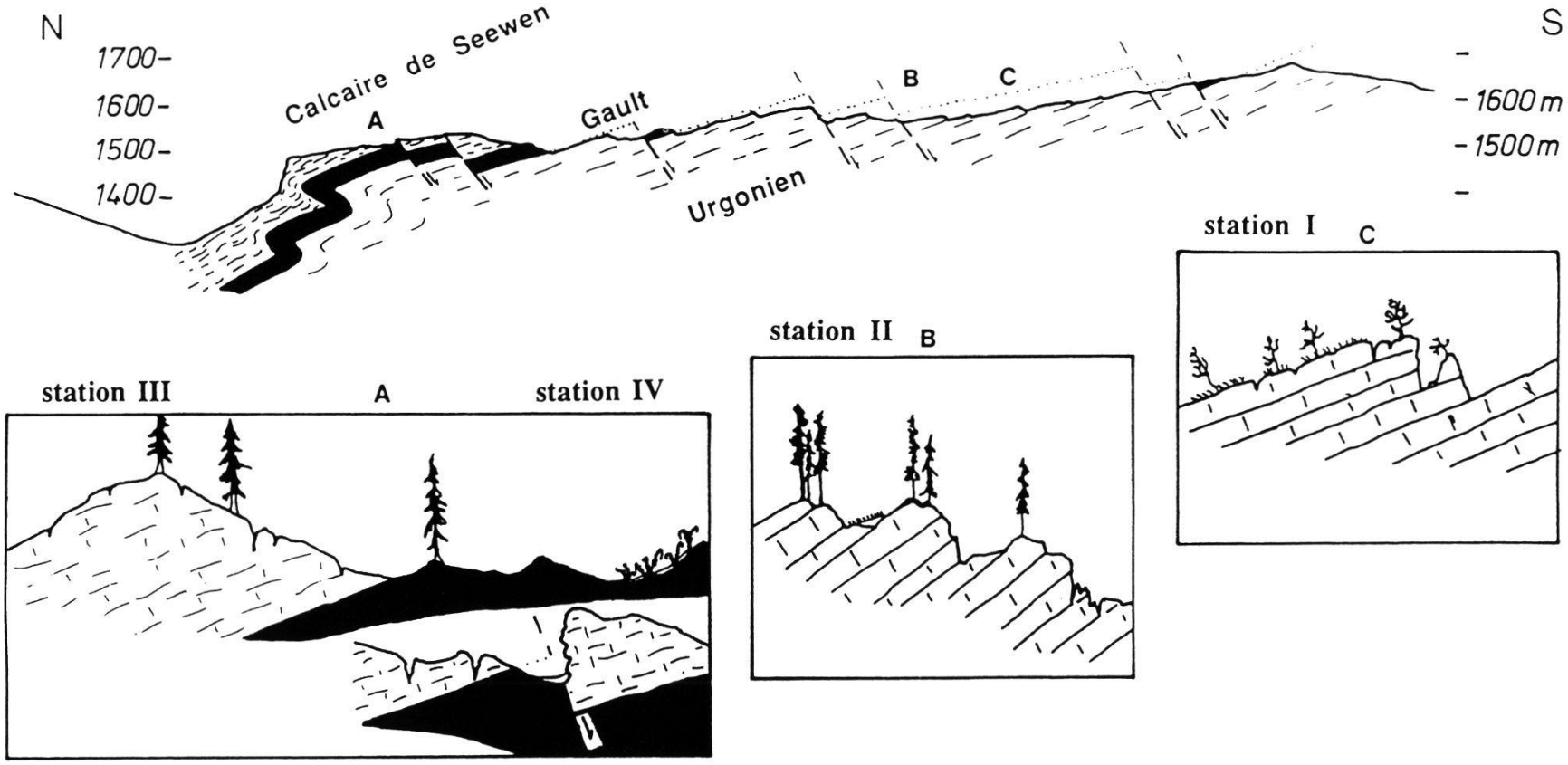
Fig. 3.1. (par Martin Burkhard et Annelise Dutoit)

a) **Coupe générale** (selon HANTKE, Féerie du monde des cavernes, Silva, p.15)

b) **Coupe détaillée N-S, Alpage de Bödmeren (écaille 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 defrichées 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.


N
S
1700-
1600-
1500-
1400-
Calcaire de Seewen
A
Gault
B
C
Urgonien
-1600m
-1500m
station I
C
station II
B
station III
A
station IV

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

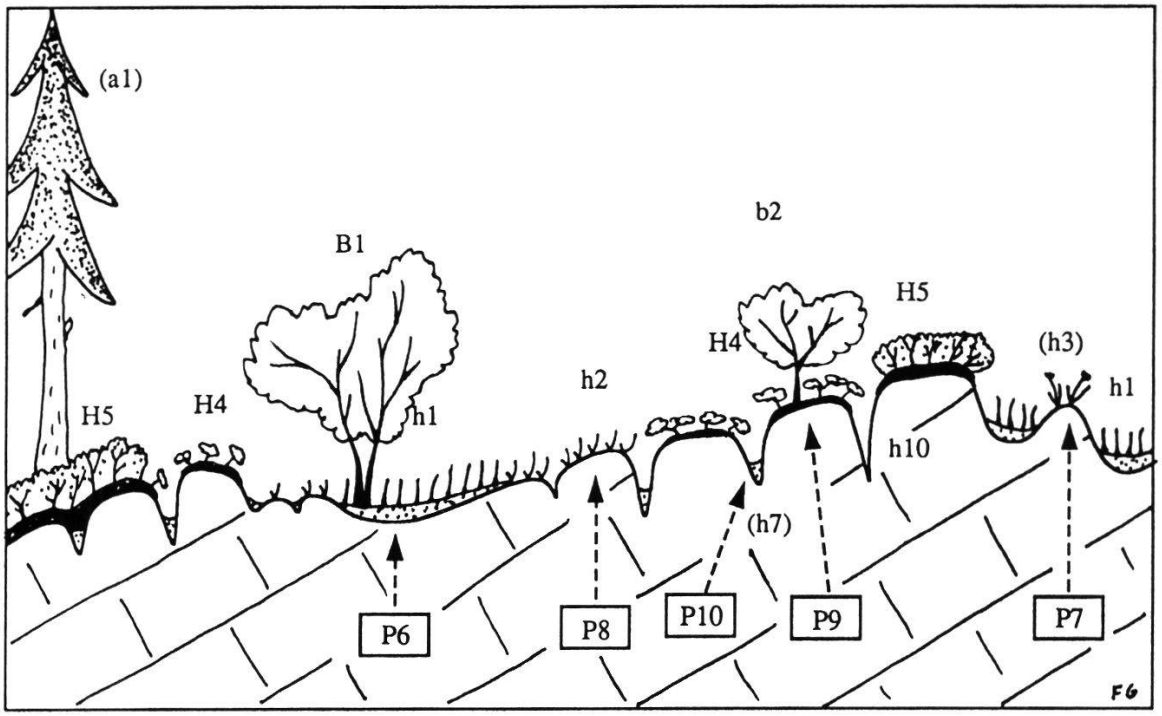
A ◄——► B juxtaposition de A et de B :

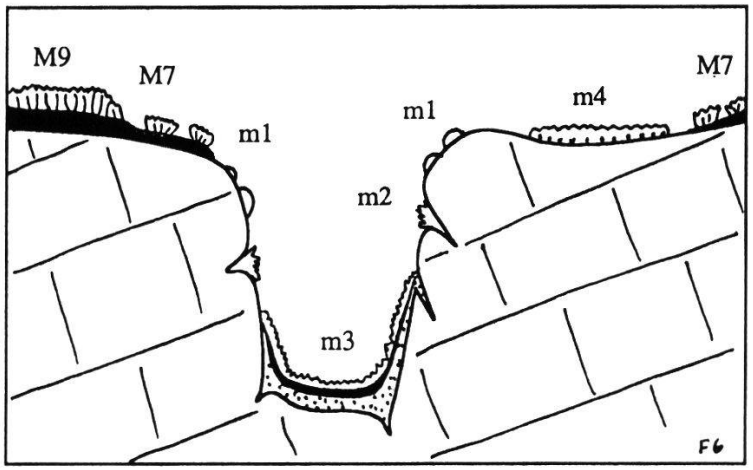
sol plus superficiel	◄—— $ —— & ——►	*sol plus profond*
sol plus sec	◄—— a —— b ——►	*sol plus humide*
sol plus acide	◄—— @ —— + ——►	*sol moins acide*
creux	◄—— » —— « ——►	*buttes*
milieu plus éclairé	◄—— o —— ø ——►	*milieu plus ombragé*

A ═══► B superposition spatiale de A sur B avec subordination structurelle de B par rapport à A

STATION I

Profil structurel

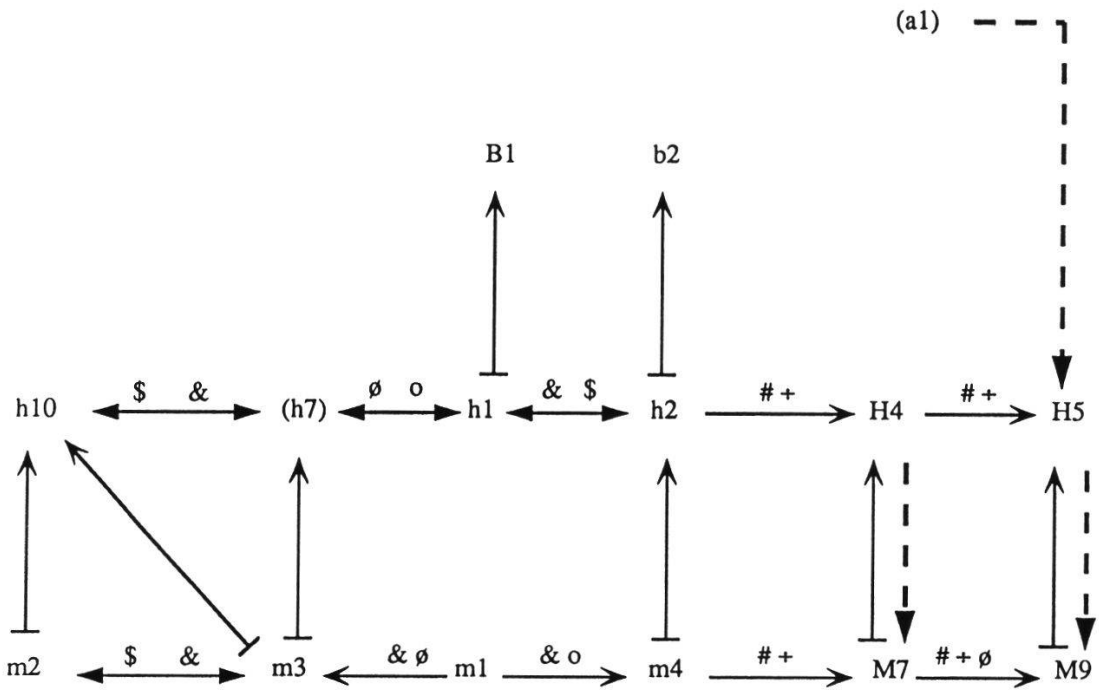




P6 = Sol brun acide légèrement lessivé à pseudogley et à mull-moder
P7 = Lithosol
P8 = Sol lithocalcique à mor légèrement acide
P9 = Sol lithocalcique humifère à mor acide
P10 = Sol brun calcique complexe légèrement hydromorphe

STATION I

Réseau systémique

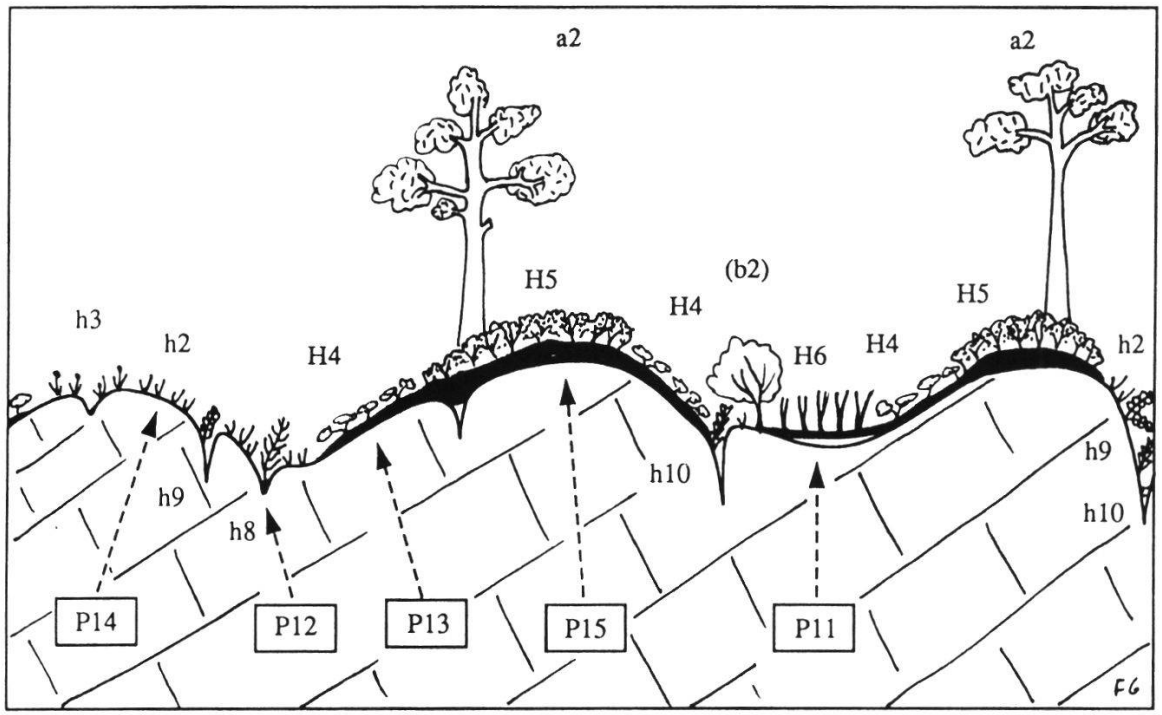


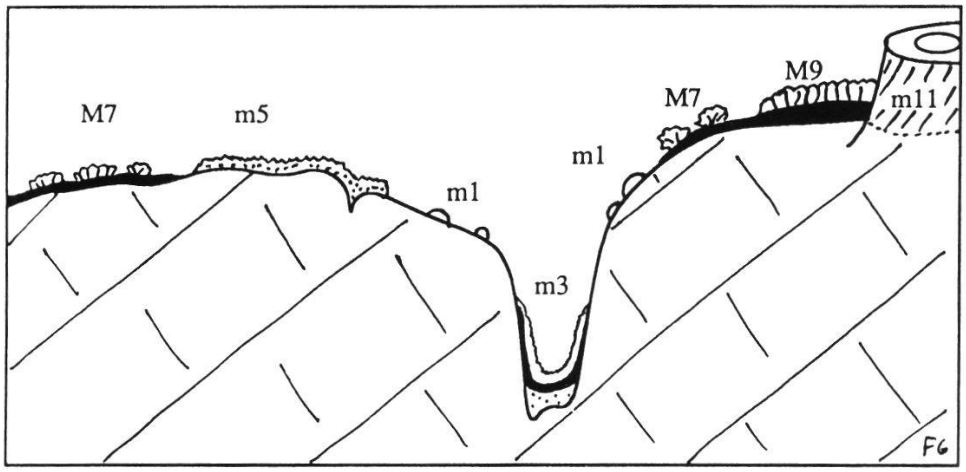
Relevé phytocénotique

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

STATION II

Profil structurel

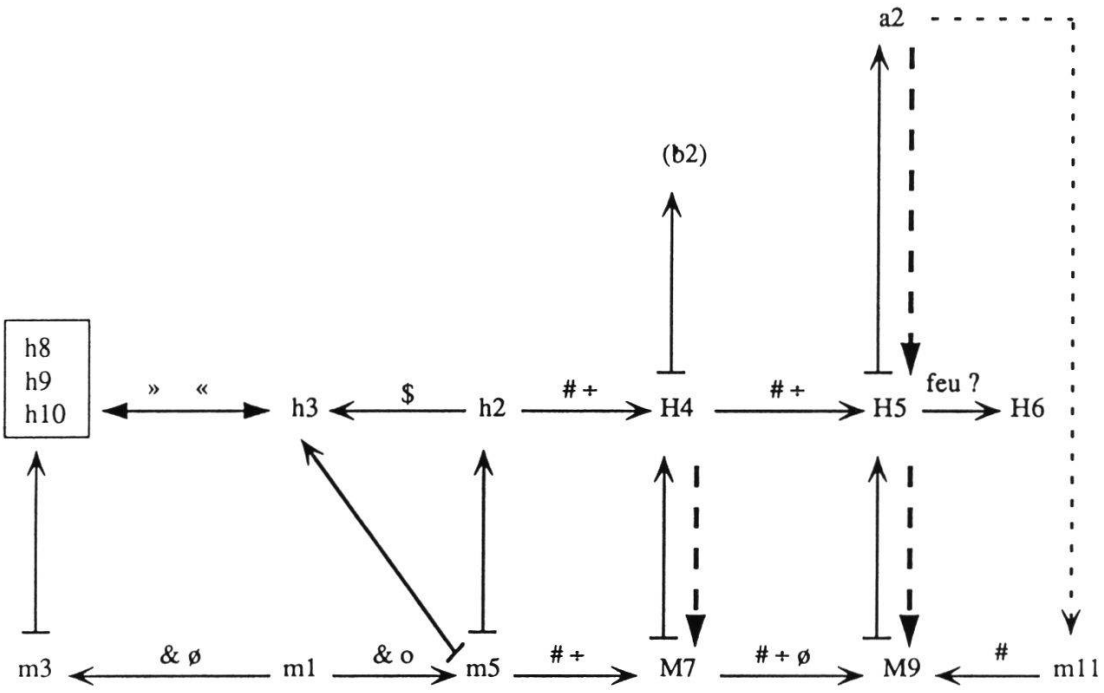




P11 = Sol lithocalcique humifère polycyclique à anmoor récent
P12 = Lithosol
P13 = Sol lithocalcique à mor légèrement acide
P14 = Sol lithocalcique à mor légèrement acide
P15 = Sol lithocalcique humifère à mor acide

STATION II

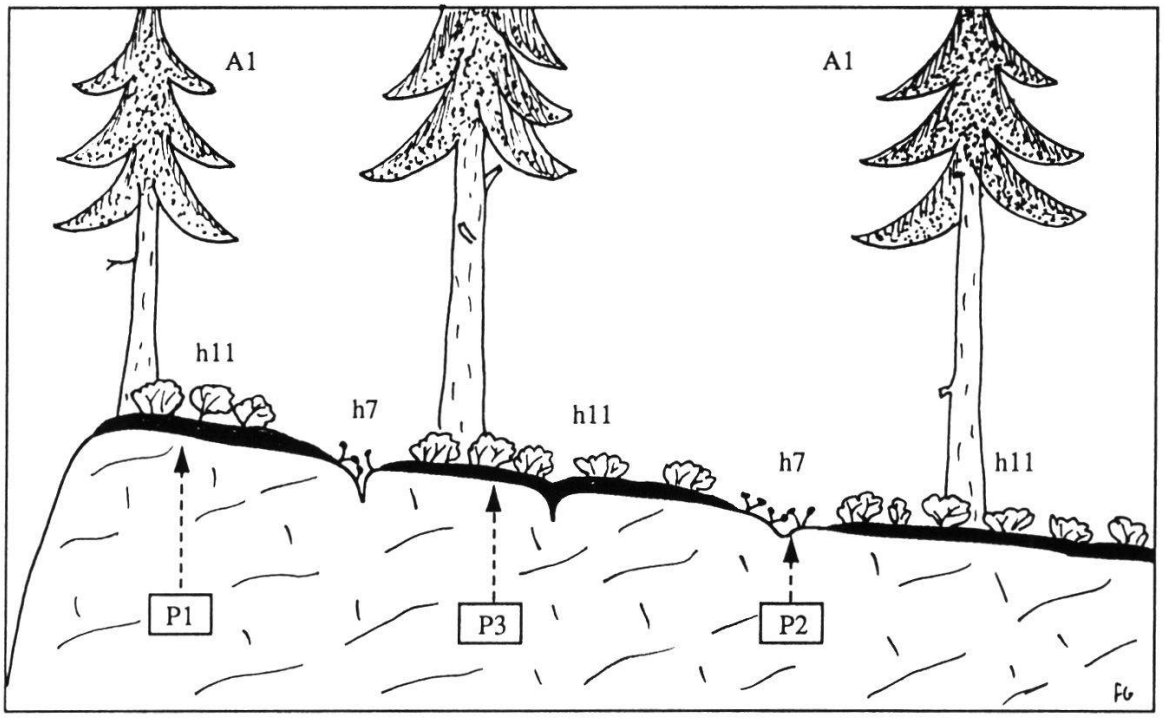
Réseau systémique

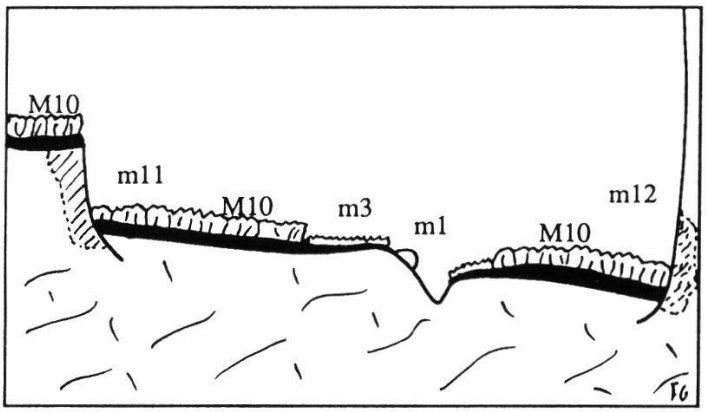


Relevé phytocénotique

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

STATION III **Profil structurel**

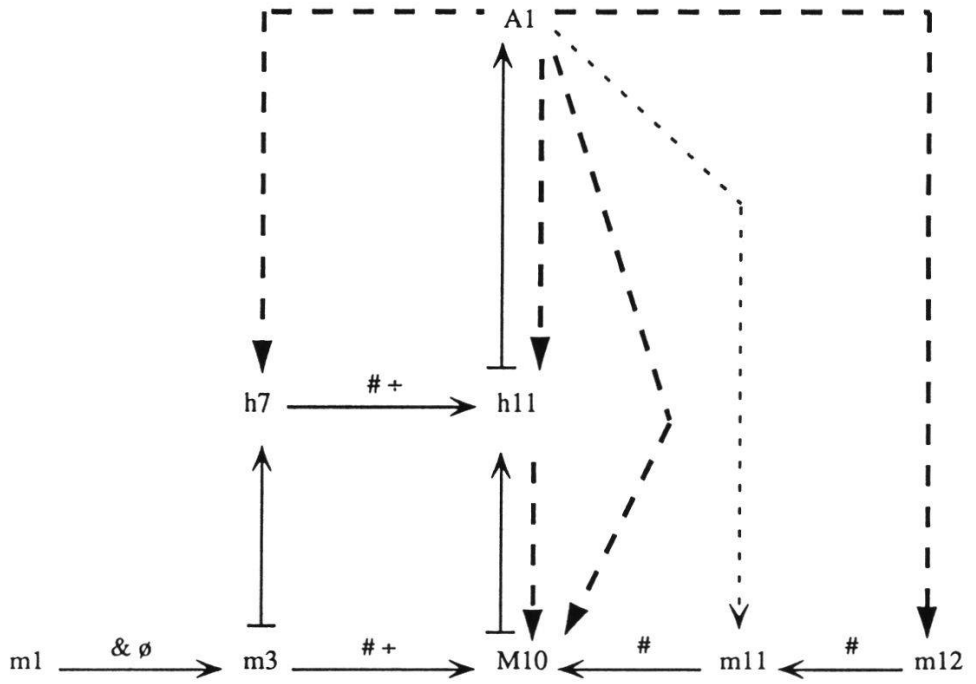




P1 = Sol lithocalcique humifère à mor acide
P2 = Sol lithocalcique à mor calcique
P3 = Sol lithocalcique à mor acide

STATION III

Réseau systémique

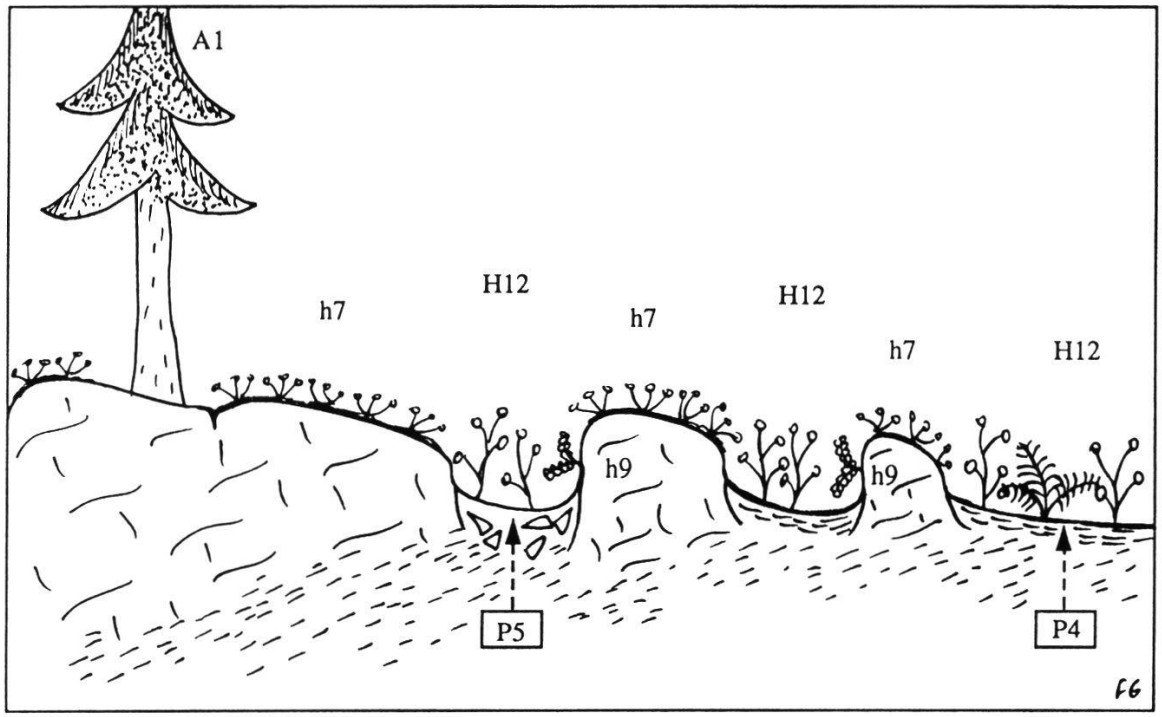


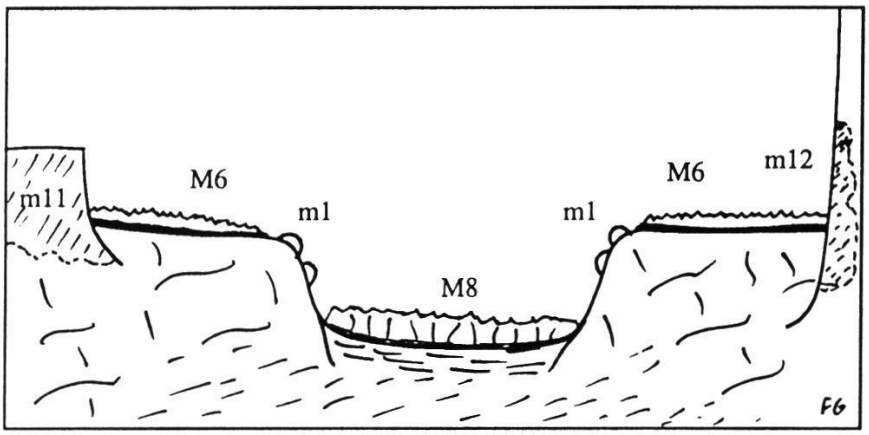
Relevé phytocénotique

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

STATION IV

Profil structurel

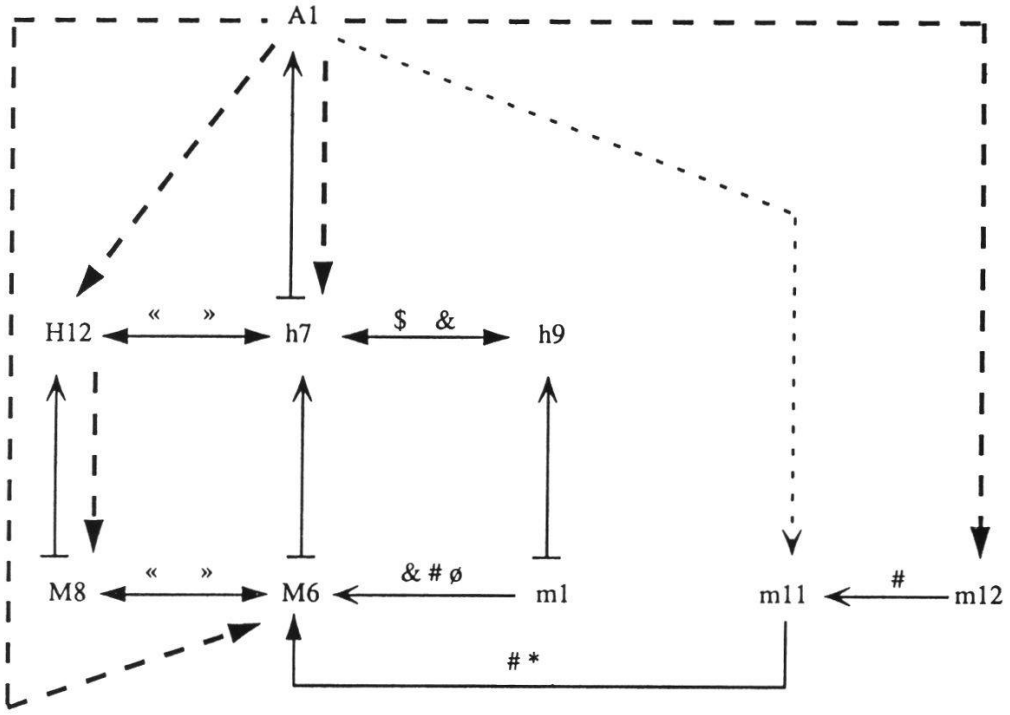




P4 = Pseudogley à moder
P5 = Sol brun acide complexe à moder et mélanisation de (B)

STATION IV

Réseau systémique

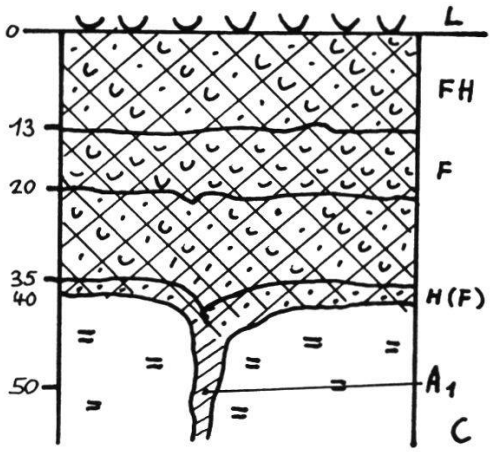


Relevé phytocénotique

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

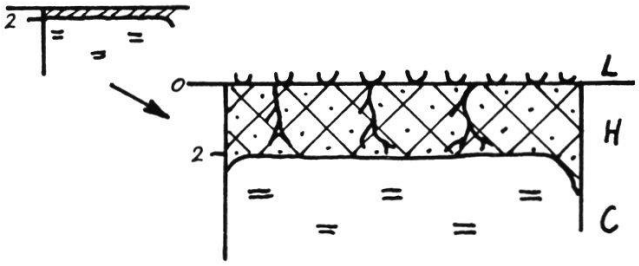
P1 LITHOCALCIQUE HUMIFERE A MOR ACIDE

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



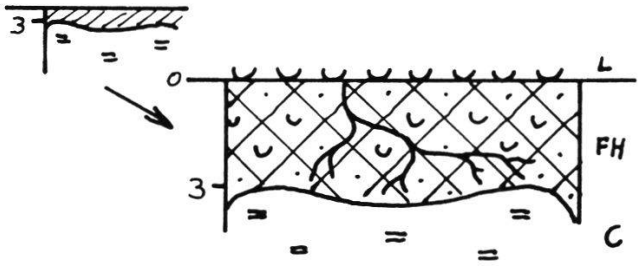
P2 LITHOCALCIQUE A MOR CALCIQUE

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



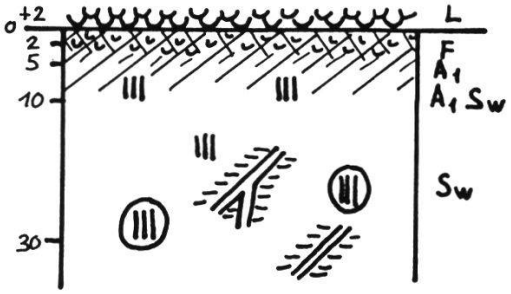
P3 LITHOCALCIQUE A MOR ACIDE

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



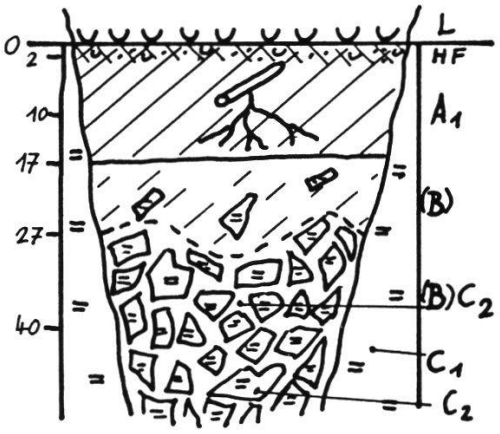
P4 PSEUDOGLEY A MODER

L litière épaisse, mélange résineux, herbacées et fougères
F horizon organique de fermentation
A 1 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
S w zone marbrée rouge-bleu, traces de roches dégradées (non carbonatées), texture: localement sableux dans matrice argileuse, pH = 7.5, HCl = 0



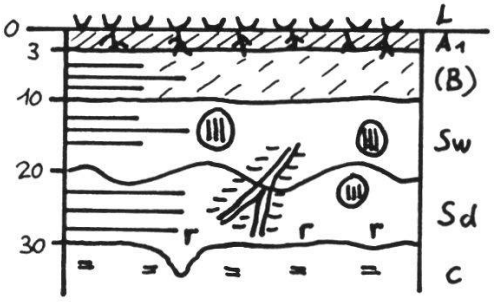
P5 BRUN ACIDE COMPLEXE A MODER ET MELANISATION DE (B)

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
C 1 roche carbonatée (calcaire assez pur, Urgonien ou Seewen)
C 2 roche non-carbonatée (soit couches du Hauterivien, calcaire siliceux, soit couches du Gault, grès à glauconie)



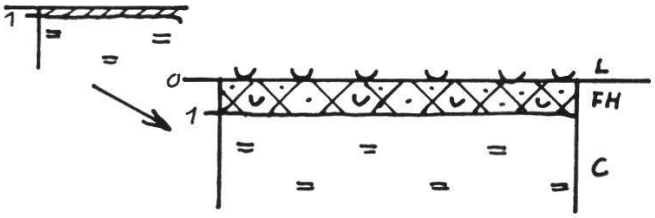
P6 BRUN ACIDE LEGEREMENT LESSIVE A PSEUDOGLEY, A MULL-MODER

L gaines de molinie
A 1 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 w zone de stagnation temporaire, couleur: rouille, structure: prismatique, texture: argilo-limoneux, pH = 5.5
S d 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) = ++



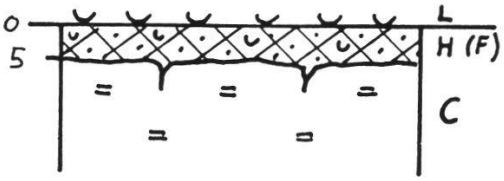
P7 LITHOSOL

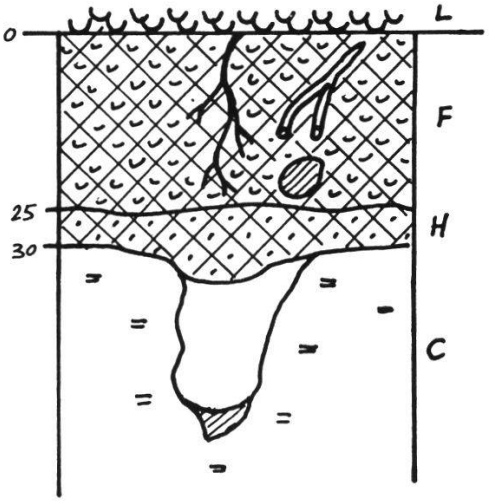
L litière de feuilles et gaines de seslérie
F H horizon organique, couleur: brun-rouille, feutrage, pH = 7.5
C roche-mère calcaire



P8 LITHOCALCIQUE A MOR LEGEREMENT ACIDE

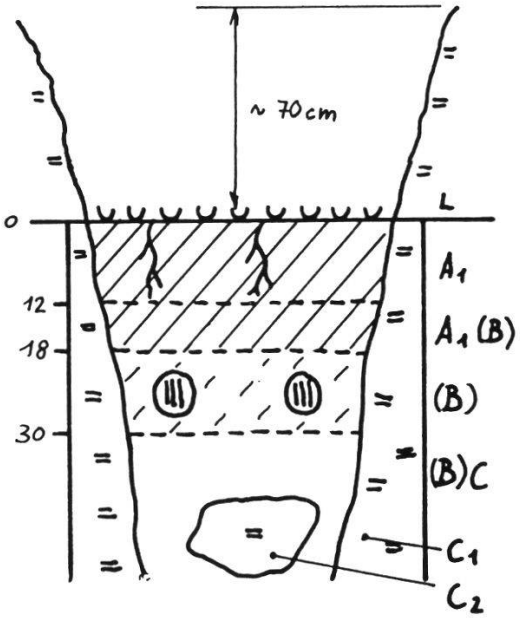
L litière de feuilles de dryade et de gaines de graminées
H(F) horizon d'humification avec lentilles de fermentation locales, couleur: noir, feutrage de racines
pH (0cm) = 4.5, pH (4cm) = 5.5, pH (5cm) = 7.0, HCl = 0
C roche-mère calcaire





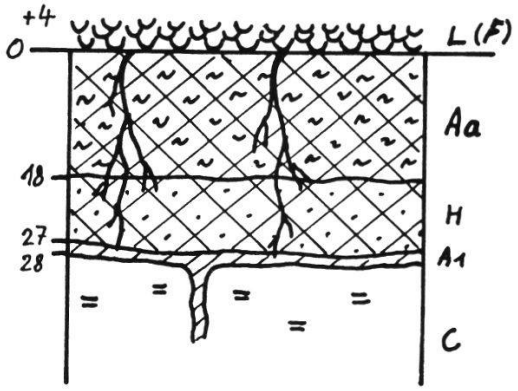
P9 LITHOCALCIQUE HUMIFERE A MOR ACIDE

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

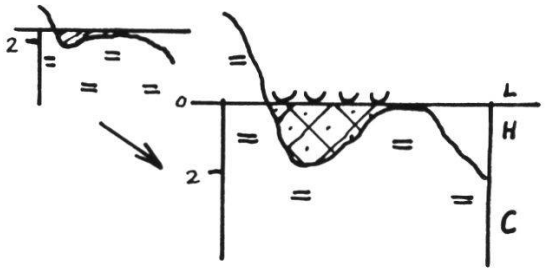
L litière mince, quelques feuilles de saule ou bouleau
A 1 horizon organo-minéral, couleur: brun foncé, structure: microgrumeleux, texture: limono-argileux, quelques racines pH = 7.5
A1(B) horizon de transition, couleur: brun-rouille-grisâtre, structure : microgrumeleux, prismatique, texture: limono-argileux, 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
C 1 roche calcaire
C 2 matériel fluvio-glaciaire (?)



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

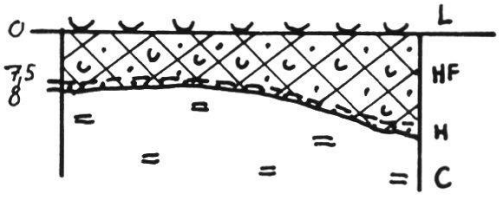
L(F) litière épaisse, constituée de gaines de molinie peu décomposées
An anmoor, horizon hémi-organique, développé à partir du mor acide se trouvant dessous, à la suite d'un changement des conditions du milieu, pH = 4.5, perte au feu = 21%
H ancien horizon holorganique, enfoui, pH = 6.5
A 1 mince horizon organo-minéral, couleur: noir-gris clair, structure: fondu, texture: argileux, pH = 7.0, HCl = ++

P12 LITHOSOL



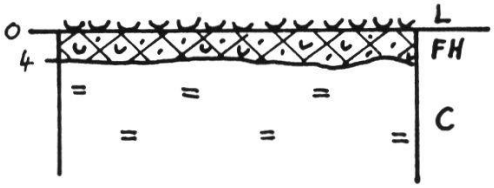
L litière de gaines de fougère
H mince horizon d'humification, couleur: noir

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

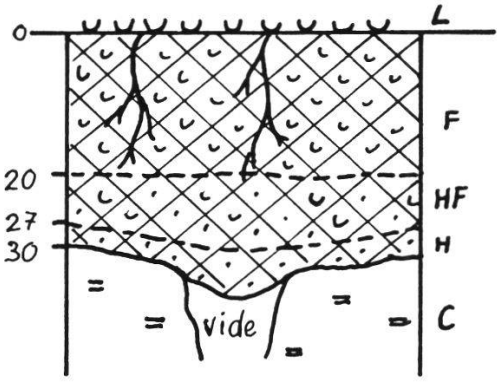
P14 LITHOCALCIQUE A MOR LEGEREMENT ACIDE



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 ruisselement, 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

4. Forêts thermophiles de la vallée supérieure de la Reuss

J.-P. THEURILLAT, M. BICHSEL, F. CLOT

4.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE

La vallée supérieure de la Reuss est située dans le canton d'Uri. C'est une vallée alpestre encaissée, d'orientation sud-nord. Le tronçon entre l'embouchure dans le lac d'Uri (430 m) et Andermatt (1440 m) mesure un peu plus de 30 kilomètres de long. Ce tronçon se divise en deux parties à peu près égales. La partie inférieure, de l'embouchure à Silenen (520 m), présente encore un fond de vallée alluvial, la partie supérieure, jusqu'à Andermatt, est torrentueuse. C'est dans la section de basse altitude que se trouvent en majeure partie les forêts thermophiles, notamment de feuillus, dont il sera question.

4.2. GÉOLOGIE

La partie inférieure de la vallée, de l'embouchure jusqu'en amont d'Attinghausen, est située dans les roches autochtones et parautochtones des nappes helvétiques. Les roches tertiaires, principalement des Flysch, occupent les flancs de la région d'Altdorf jusqu'à Attinghausen, où apparaissent brièvement les calcaires mésozoïques. Entre Attinghausen et Erstfeld, ces roches sont relayées par un gneiss à deux micas (gneiss dit d'Erstfeld) du massif de l'Aar jusqu'à Gurtnellen (920 m), lui-même relayé plus en amont par le granite de l'Aar, moins riche en bases, jusqu'en aval d'Andermatt. Au-delà d'Andermatt, on passe ensuite aux gneiss du massif du Gotthard.
Sur la rive droite de la partie inférieure de la vallée, le parautochtone (principalement des calcaires du Malm) couronne encore le cristallin dans les parties supérieures, ceci jusqu'à la hauteur d'Amsteg, à l'entrée du vallon "Maderanertal". Sur la rive gauche par contre, le cristallin s'élève jusqu'aux sommets dès l'entrée du vallon "Erstfeldertal". Ceci a comme conséquence que, sur la

rive droite, le matériel détritique dans les endroits concaves du fond de la vallée est constitué d'un mélange variable de calcaire provenant des sommets, et de gneiss issu de l'altération de la roche en place.
Les terrasses des flancs de la vallée sont souvent couvertes par des dépôts morainiques, et la partie plate du fond de la vallée par des dépôts fluvio-glaciaires.

4.3. CLIMAT

Le climat est subocéanique, mais la vallée est relativement peu arrosée par comparaison avec les régions externes voisines. Ceci est dû, d'une part, à son orientation sud-nord et, d'autre part, au foehn. Ainsi, Altdorf (456 m) reçoit en moyenne 1211 mm de précipitations annuelles, Göschenen (1107 m) 1426 mm et Andermatt (1442 m) 1448 mm (WALTER & LIETH, 1964). A cela s'ajoute l'effet desséchant du foehn, vent chaud très sec descendant la vallée, et qui souffle principalement au printemps, en automne et en hiver. Cet effet desséchant est particulièrement important au printemps, où il peut occasionner des dégâts à la végétation. En y associant l'effet régulateur du lac d'Uri, on se trouve en présence d'un climat hivernal particulièrement doux dans la partie inférieure de la vallée (température moyenne de janvier à Altdorf: 0.5° C; température moyenne annuelle: 9.1°C). L'effet du foehn détermine également une faible couverture nuageuse en aval d'Amsteg et une grande clarté de l'air.

4.4. VÉGÉTATION

La végétation originelle a subi une pression humaine intense dès le 14ème siècle (coupes, pâtures, cultures) jusque dans les endroits les plus difficiles d'accès. Ce fait a provoqué des transformations rendant l'analyse de la végétation parfois problématique. Dans la partie inférieure de la vallée, les parties basses (étages submontagnard et montagnard inférieur) sont le domaine du hêtre (*Pulmonario-Fagetum*, *Milio-Fagetum*, *Luzulo-Fagetum*, *Carici-Fagetum*; sensu Ellenberg et Klötzli, 1974). Le climax climacique est remplacé par des forêts feuillues mixtes, notamment de tilleuls, et des pinèdes de pin sylvestre dans les stations spécialisées que sont respectivement les zones colluviales actives et les fortes pentes rocheuses. En amont d'Amsteg

apparaissent les pessières de basse altitude. Elles présentent néanmoins du hêtre en sous-étage et leur cortège floristique appartient nettement au *Fagion*. On pourrait les interpréter comme de l'*Abieti-Fagetum* dans lequel le sapin aurait été éliminé suite au pâturage par les caprins. Le hêtre disparaît en amont de Gurtnellen (étage montagnard supérieur; voir SCHMID, 1930), ce qui semble coïncider avec le passage du gneiss d'Erstfeld au granite de l'Aar, plus pauvre en bases. L'épicéa domine (cf. *Veronico latifoliae-Piceetum* Ellenberg et Klötzli 1974), avec apparition de pessières à sapin mêlées d'érables (*Acer pseudoplatanus*) (cf. *Calamagrostio villosae-Abietetum* Ellenberg et Klötzli 1974) vers 1200 m, entre Göschenen et Wassen. La présence d'*Alnus viridis* en bordure des torrents sur les flancs fait pressentir que l'étage subalpin est proche, ce qui se confirme immédiatement au-delà de Göschenen. Les parois abruptes de la gorge encaissée des "Schöllenen" avec son célèbre "pont du diable" sont le domaine du subalpin avec l'*Alnetum viridis*, la brousse de pin de montagne (*Lycopodio-Pinetum mugo* Moor 1957 = *Rhododendro ferruginei-Pinetum montanae* Ellenberg et Klötzli 1974) et des fragments de *Rhododendro-Abietetum* Kuoch 1954 (= *Calamagrostio-Abietetum* Ellenberg et Klötzli 1974). Les parois rocheuses de plusieurs centaines de mètres de haut sont ornées des guirlandes de pelouses thermophiles à *Festuca acuminata* (*F.* gr. *varia*; *Festucion variae*).

4.5. LES FORÊTS THERMOPHILES

4.5.1. Les pinèdes de *Pinus sylvestris*

Les pinèdes occupent des surfaces assez importantes, mais elles constituent toujours des groupements spécialisés. On les rencontre aussi bien sur calcaire (*Erico-Pinion*) que sur silice (*Dicrano-Pinion*), principalement à l'étage montagnard, quoiqu'elles atteignent 1700 m d'altitude à certains endroits. Elles sont surtout localisées sur la rive droite de la vallée (exposition ouest). Sur la rive gauche, elles caractérisent les entrées des vallons latéraux, en exposition sud et sud-ouest. Elles se rencontrent en amont jusqu'à Göschenen. Selon OECHSLIN (1927), *Pinus sylvestris* caractérise nettement l'influence du foehn dans la haute vallée de la Reuss, où il occupe les endroits les plus exposés à ce vent desséchant. Il ne se rencontre de manière naturelle nulle part ailleurs dans le canton d'Uri.

Classification
(d'après M. BICHSEL, thèse en préparation)

***Erico-Pinion* (*Erico-Pinetea*)**
L'alliance se rencontre sur roche carbonatée et sur les mélanges de roches carbonatées et siliceuses. Les espèces différentielles d'alliance sont, entre autres, *Viburnum lantana*, *Sesleria albicans*, *Carex alba*, *Carduus defloratus*, *Hepatica nobilis*. On rencontre deux associations dans la haute vallée de la Reuss.

•• *Erico-Pinetum sylvestris* Braun-Blanquet in BRAUN-BLANQUET et al. 1939
Cette association se rencontre seulement sur les calcaires en aval d'Erstfeld, sur des pentes colluviales non complètement stabilisées, dont les sols sont des rendzines. Le pin y croît médiocrement. L'association se présente principalement sous sa forme typique, où *Erica herbacea* domine (voir rel. 3, tab. 4.1). La recolonisation des pentes d'éboulis calcaires jusqu'à la pinède a été étudiée par FREHNER (1954). Celui-ci distingue un premier stade à *Achnatherum calamagrostis*, suivi par un deuxième stade à *Cornus sanguinea* aboutissant à l'*Erico-Pinetum*. Si une stabilisation complète intervient, la pinède peut évoluer vers une hêtraie. La présence de l'*Erico-Pinetum* traduit, d'une manière générale, un climat continental froid selon SCHMID (1936). Dans le cas particulier du canton d'Uri, ce n'est pas le cas, cette pinède étant avant tout conditionnée par les facteurs édaphiques.

•• *Seseli libanotis-Pinetum sylvestris* Schweingruber 1974
Cette association se rencontre sur les sols colluviaux stabilisés (rendzines parfois brunifiées) contenant un pourcentage élevé de terre fine. La croissance du pin est moyenne, les arbres atteignant 10 à 18 m de haut. Il s'agit d'une forêt claire, possédant une strate arbustive et une strate herbeuse importantes et richement diversifiées, avec notamment dans la strate arbustive *Ligustrum vulgare* et *Viburnum lantana*, et dans la strate herbacée *Molinia caerulea* subsp. *arundinacea*, *Carex humilis*, *C. alba*, *Brachypodium pinnatum* (voir rel. 6, tab. 4.1).

Dicrano-Pinion
L'alliance se rencontre sur roche silicatée pure. Les espèces différentielles d'alliance sont principalement *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus* (>1), *Deschampsia flexuosa*, *Calluna vulgaris* (>1), *Hylocomium splendens*,

Leucobryum glaucum. Une seule association est présente dans la haute vallée de la Reuss, le *Calluno-Pinetum*, décrit par SCHWEINGRUBER (1974). La haute vallée de la Reuss représente le centre de gravité de l'association en Suisse (ELLENBERG et KLÖTZLI, 1974). On la rencontre encore au bord du lac de Thoune (locus classicus), en Léventine et en Valais (ELLENBERG et KLÖTZLI, 1974; PLUMETTAZ-CLOT, 1988). L'association correspond au *Pinetum sylvestris callunosum* de SCHMID (1936) que ce dernier situe sur des sols non glaciés de la bordure orientale des Alpes, à l'étage des forêts mixtes de feuillus. A l'intérieur des Alpes, comme dans la haute vallée de la Reuss, Schmid l'indique comme paraclimax sur des sols rocheux extrêmement pauvres. Floristiquement parlant, le *Calluno-Pinetum* est très proche du *Leucobryo-Pinetum* de l'Europe orientale (SCHWEINGRUBER, 1974).

Le *Calluno-Pinetum* est divisé provisoirement en 4 sous-associations.

- Sous-association *caricetosum humilis*: Cette sous-association occupe les milieux rocheux les plus extrêmes. Le pin y a une croissance très faible, n'atteignant guère que 5 à 10 m de haut. Le sol, extrêmement superficiel voire inexistant, est constitué d'humus brut en petites taches. *Carex humilis*, indicateur de sol minéral, est la principale espèce différentielle de sous-association avec, isolément, des indicatrices de sol riche en bases (*Erica carnea*, *Polygala chamaebuxus*).
- Sous-association typique: Moins extrême que la précédente, cette sous-association possède néanmoins un sol également superficiel très sec, humique, comprenant une couche d'humus brut distincte, mais ne permettant toutefois pas une meilleure croissance du pin que dans la sous-association précédente. On ne rencontre au sol que des espèces indicatrices d'acidité et d'humus, avec *Calluna vulgaris* présentant un recouvrement supérieur ou égal à 25%.
- Sous-association *vaccinietosum myrtilli*: Ici, les conditions sont plus favorables que dans les sous-associations précédentes. Le sol est plus profond et un peu mieux alimenté en eau. La couche d'humus brut est bien développée, et on note un lessivage du sol. Le pin possède une meilleure croissance, atteignant entre 12 et 20 m de haut. Au sol, *Vaccinium myrtillus* domine très nettement *Calluna vulgaris*. On rencontre isolément quelques espèces mésophiles comme *Goodyera repens*, *Hieracium murorum*, *Prenanthes purpurea*, ainsi que quelques hêtres et épicéas dans la strate arbustive (voir rel.7, tab. 4.1).
- Sous-association *quercetosum petraeae*: Dans cette sous-association, le

chêne prend la place du pin. Au sol, la composante floristique est identique à celle de la sous-association *vaccinietosum myrtilli* (voir rel. 8, tab. 4.1).

Syndynamique

Les pinèdes des milieux extrêmes, aussi bien sur calcaire que sur silice, sont des groupements permanents, sans évolution ultérieure. Dans le canton d'Uri, les influences humaines, particulièrement le pâturage des chêvres et le ramassage de la litière, ont certainement permis une forte extension secondaire des pinèdes. Depuis que ces pratiques ont cessé, les pinèdes secondaires semblent évoluer à nouveau vers le climax. Ainsi, on voit souvent la venue de jeunes hêtres sous la strate arborescente des pinèdes âgées, et des changements sont souvent également observables dans la strate herbacée (rel. 2, tab. 4.1). Lorsque le hêtre a pu prendre pied, l'évolution semble se développer très rapidement, probablement surtout par l'effet de l'ombrage et de l'accumulation de litière.

Dans les stades les plus évolués de Seseli-Pinetum, souvent un stade à *Corylus avellana*, une évolution vers une forêt mixte à *Tilia cordata*, *Fraxinus excelsior*, *Acer campestre*, ou vers un *Carici-Fagetum*, semble vraisemblable. Le *Calluno-Pinetum myrtilletosum*, souvent de belle venue, pourrait constituer partiellement un stade de succession vers le *Luzulo-Fagetum*, probablement parfois en passant par une phase à *Picea*. Mais, d'une manière générale, la sécheresse du sol et de l'air, et la concurrence des sous-arbrisseaux sont un grand handicap pour une évolution vers une hêtraie et une pessière. Pour le hêtre de plus, s'ajoutent encore deux facteurs défavorables, premièrement la présence d'une couche d'humus brut bien développée et, deuxièmement, l'extrême pauvreté du sol en éléments nutritifs.

4.5.2. Les forêts de tilleuls

La particularité de la présence de tillaies dans les vallées à foehn du nord des Alpes et leur lien avec la végétation insubrienne ont déjà été mis en évidence par CHRIST (1879). Ces forêts, et les espèces thermophiles qu'elles abritent, contrastent en effet fortement avec la végétation rencontrée habituellement au nord des Alpes, où le climat est plutôt rude. TREPP (1947), qui les a décrites sous le nom d'*Asperulo taurinae-Tilietum*, indique en effet toute une série d'espèces thermophiles rares au nord des Alpes pouvant se rencontrer dans les régions à tillaies, tels que *Ceterach officinarum*, *Asplenium fontanum*, *A. adiantum-nigrum*, *Orchis pallens*, *Cyclamen purpurascens*, *Prunus maha-*

leb, *Colutea arborescens*, *Quercus pubescens*, *Euonymus latifolius*, *Staphylea pinnata*, *Fumana ericoides*, *Viola alba* subsp. *scotophylla*, *Asperula taurina*, etc. A ces endroits, on peut cultiver la vigne, le châtaignier est répandu et, dans les parties les plus abritées en bordure des lacs, poussent le figuier, le laurier, des palmiers.

L'association est interprétée comme étant un groupement relique et un climax stationnel. C'est un vestige de la chênaie mixte de l'époque atlantique, lié à un mésoclimat préalpin pluvieux et exceptionnellement doux grâce au foehn et à la régulation thermique exercée par les lacs voisins. C'est aussi un climax stationnel, spécialiste des pentes raides et des sols colluviaux constamment rafraîchis, profonds, frais, bien aérés, riches en squelette calcaire, ou du moins, riches en bases.

L'*Asperulo-Tilietum* est bien représenté dans les vallées à foehn de Suisse centrale. Les stations les mieux typées se trouvent au voisinage immédiat des lacs de Walensee, des Quatre-Cantons, de Zoug et, moins typées, de Brienz et de Thoune; celles des vallées en amont des lacs, comme la haute vallée de la Reuss, sont un peu appauvries. Selon TREPP, on trouve des groupements voisins dans la basse vallée du Rhône et aux Grisons (vallée du Rhin et sud des Alpes). L'association sera mentionnée ultérieurement en Bavière, également dans une vallée à foehn (MAYER, 1959), ainsi qu'au sud des Alpes (ANTONIETTI, 1983). ELLENBERG et KLÖTZLI (1974) en font l'unique association de tillaie helvétique, lui rattachant les forêts décrites par KELLER (1974) sous le nom d'*Asperulo odoratae-Tilietum* dans le Jura.

Les espèces caractéristiques de l'A*sperulo taurinae-Tilietum* sont: *Tilia cordata* (essence dominante), *T. platyphyllos*, *Acer platanoides*, *Tamus communis*, *Euonymus latifolius*, *Staphylea pinnata*, *Asperula taurina* et *Cyclamen purpurascens*. TREPP distingue une sous-association typique, thermophile et une autre, *aceretosum*, des versants ombragés.

Sur les substrats franchement acides, au voisinage du *Luzulo-Fagetum*, on pourrait s'attendre à trouver, sur des sols colluviaux grossièrement squelettiques, une tillaie acidophile proche du *Luzulo niveae-Tilietum* décrit au Tessin par HEISELMEYER (1979), vraisemblablement aussi présent dans les vallées internes (CLOT, 1990). Un tel groupement n'est cependant pas encore attesté dans les vallées à foehn de Suisse centrale. Par contre, il existe la variante à *Festuca heterophylla* (rel. 3, tab. 4.1) qui pourrait s'en rapprocher, mais qui est cependant beaucoup plus riche. Pour la haute vallée de la Reuss, cette absence pourrait s'expliquer géologiquement, tout au moins sur la rive droite, par la présence, dans les colluvions, de roches calcaires provenant des

parties supérieures de ce flanc de vallée.

Syntaxinomie

Une synthèse récente, à l'échelle européenne (CLOT, 1990), a montré que les syntaxons de TREPP sont surtout proches de ceux du Tessin et de l'Italie du Nord (ANTONIETTI, 1968, 1983; HIERHOLZER, 1957). Il s'agirait donc d'un groupement typiquement insubrien, ne débordant au nord des Alpes que dans les vallées au climat très semblable à celui du sud du massif du Gotthard.

L'*Asperulo taurinae-Tilietum* est riche en espèces thermo-héliophiles (*Tamus communis*, *Clematis vitalba*, *Coronilla emerus*, etc.). Il appartient donc nettement au *Tilion*, mais il se distingue tout aussi nettement des autres tillaies médio-européennes sur calcaires (*Aceri-Tilietum* s.l.) par trois groupes d'espèces:

- des espèces sud-européennes (A*sperula taurina*, *Cyclamen purpurascens*, *Euonymus latifolius*, etc.);
- des espèces montagnardes et indicatrices de squelette (*Phyllitis scolopendrium*, *Polystichum aculetatum*, *Actaea spicata*, etc.), discrètes, mais régulièrement présentes;
- des espèces mésophiles, indicatrices de terre fine (*Aruncus dioicus*, *Carex sylvatica*, *Athyrium filix-femina*, etc.).

Le deuxième groupe d'espèces évoque l'érablaie sur blocs (*Phyllitido-Aceretum*), dont l'*Asperulo taurinae-Tilietum* semble constituer un vicariant insubrien. Le succès du tilleul sur l'érable dans ces vallées de Suisse centrale serait dû à sa meilleure résistance à l'effet desséchant du foehn.

Le troisième groupe d'espèces indique des sols bien colmatés par de la terre fine, donc relativement stables et disposant d'une certaine réserve hydrique. Ces conditions devraient convenir aux hêtraies climatiques. La présence de tillaies sur ces sols tient sans doute aussi au rôle desséchant du foehn qui défavorise le hêtre, mais il peut s'expliquer aussi par l'intense exploitation à laquelle ces forêts ont été soumises jusqu'au milieu du siècle. Les coupes rases, entraînant la remobilisation des sols de pentes, le pâturage par les ovins et les caprins, sans exclure les plantations, ont pu favoriser localement des esssences rustiques comme *Tilia cordata* aux dépens du hêtre.

4.6. PROGRAMME DE LA JOURNÉE

Erstfeld: étude d'une tillaie thermophile, la variante à *Festuca heterophylla* des sols pauvres en carbonates, sur colluvions de gneiss d'Erstfeld, en bas de pente, et de son contact avec la hêtraie (rel. 3, tab. 4.1). Pour comparaison, le relevé 4 du même tableau illustre la variante sur sol calcaire, mais en exposition nord.
Silenen: visite au "Teufelsbuche" (30 m, 145 cm Ø) et observation de l'évolution d'une pinède secondaire vers la hêtraie (*Carici-Fagetum*; rel. 2, tab. 4.1).
Depuis la gare d'Amsteg (540 m) excursion à pied à "Frentschenberg" (800 m). Etude d'un *Calluno-Pinetum vaccinietosum myrtilli* (rel. 7, tab. 4.1) et observation d'un *C.-P. quercetosum petraeae* (rel. 8, tab. 4.1). A la descente, observation d'un *Luzulo-Fagetum* (rel. 1, tab. 4.1).
Déplacement depuis Silenen au Tessin en car par les "Schöllenen" (gorges de la Reuss), Andermatt et le col du Saint Gotthard.

Localisation et date des relevés
Relevé 1 (T. 1982): Silenen (Uri), "Frentschenberg"; hêtraie sur colluvion stabilisé de gneiss d'Erstfeld; coordonnées 694.47/181.42; 10.6.1990.
Relevé 2 (B. 7124): Silenen (Uri), "Schützen"; hêtraie sur croupe colluviale stabilisée de gneiss d'Erstfeld et de calcaire; coordonnées 693.78/184.98; 14.9.1984.
Relevé 3 (T. 1932): Erstfeld (Uri); tillaie sur colluvion non stabilisé de gneiss d'Erstfeld en bas de pente, avec gros blocs; coordonnées 692.9/185.8; 23.6.1989.
Relevé 4 (T. 1938): Attinghausen, "Tschingli"; tillaie sur calcaire siliceux, roche en place affleurant; coordonnées 690.9/189.55; 24.6.1989.
Relevé 5 (T. 1934): Erstfeld (Uri), "Grossried"; pinède sur colluvion calcaire non stabilisé; coordonnées 692,25/188,1; 23.6.1989.
Relevé 6 (B. 7103): Erstfeld (Uri), "Brand"; pinède sur gneiss d'Erstfeld, roche en place légèrement recouverte par du matériel colluvial mixte (gneiss d'Erstfeld et calcaire); coordonnées 693.26/185.48; 26.7.1984.
Relevé 7 (B. 7048): Silenen (Uri), "Frentschenberg"; pinède sur gneiss d'Erstfeld, roche en place; coordonnées 694.38/180.98; 14.9.1983.
Relevé 8 (B. 7018): Silenen (Uri), "Frentschenberg"; pinède sur gneiss d'Erstfeld, roche en place; coordonnées 694.55/181.00; 19.8.1982.

INTERVENTIONS

J. Vigo: forêts thermophiles de la vallée de la Reuss.
J'ai signalé la grande ressemblance, tant physionomique que floristique entre le *Luzulo-Fagetum* que nous avons observé au-dessus d'Amsteg et le *Luzulo-Fagetum* des Pyrénées. J'ai demandé quelles sont les espèces de *Luzula* qui se trouvent dans les hêtraies alpines par rapport à celles des hêtraies des Pyrénées.
A propos des forêts de pin sylvestre, je voudrais connaître la différence floristique et écologique entre le *Dicrano-Pinion* que l'on nous a montré et le *Deschampsio-Pinion* des vallées internes des Alpes.

J. Mitka: l'occurence du pin (*Pinus sylvestris*) dans la vallée de la Reuss.
Le pin est l'exemple d'une espèce d'arbre largement distribuée en Europe à la suite d'interventions humaines. Le pin est capable, même après une génération, de changer et de masquer les conditions potentielles du milieu. Par conséquent, la végétation potentielle d'une aire donnée (avec un faciès de pin) peut être mal déterminée. La recherche du milieu naturel d'occurence du pin est donc très importante pour les études phytosociologiques. En conclusion, il pourrait être dit qu'il y a un fort besoin en investigations qui permetteraient l'évaluation de la niche écologique et phytosociologique du pin.

Tab. 4.1. Hêtraies (rel. 1-2), Tillaies (rel. 3-4) et pinèdes (rel. 5-8) de la vallée de la Reuss.

N° d'ordre des relevés	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Altitude (m)	720	590	520	440	550	615	790	840
Exposition	NW	SW	S	N	S	S	SW	S
Pente (degrés)	35	35	30	35	35	31	14	37
Superficie du relevé (m2)	200	200	300	200	200	200	150	200
Recouvrement de la strate arborescente (%)	60	80	70	90	50	50	50	50
Hauteur de la strate arborescente (m)		20	25	20	20	16	15	15
Recouvrement de la strate arbustive (%)	2	30	55	25	10	60	5	50
Recouvrement de la strate herbacée (%)	5	30	30	70	85	5	90	30
Recouvrement de la strate muscinale (%)	<1	3	3	5	1	90	80	5
Nombre d'espèces par relevé	22	40	74	44	56	65	11	18
Strate arborescente :								
Fagus sylvatica	42	4	.	.	.	.	.	.
Tilia cordata	.	.	41	51	.	.	.	.
Fraxinus excelsior	.	.	11	21	.	.	.	.
Hedera helix	.	.	+	11	.	2m	.	.
Prunus avium	.	.	+)	.	.	.	.	.
Pinus sylvestris	.	3	.	.	41	4	4	3
Sorbus aria	.	.	+	.	11	.	.	.
Picea abies	21b	.	.	.	11	.	.	.
Larix decidua	11)	.	.	.	.	.	.	.
Viscum album/Tilia cordata	.	.	+	.	.	.	.	.
Acer campestre (str.arbor.inf)	.	.	.	+	.	.	.	.
Quercus petraea	.	.	.	.	.	.	.	2
Strate arbustive :								
Fagus sylvatica	11	2	.	.	.	+	.	.
Tilia cordata	.	.	32b	21	.	.	.	.
Ulmus glabra	.	.	+	+	.	.	.	.
Acer campestre	.	.	11	21	.	.	.	.
Clematis vitalba	.	.	+	.	.	.	.	.
Acer pseudoplatanus	.	.	+	.	.	.	.	.
Hedera helix	.	.	+	.	.	.	.	.
Euonymus europaeus	.	.	+	.	.	.	.	.
Taxus baccata	.	.	+	.	.	.	.	.
Berberis vulgaris	.	.	.	.	+	1	.	.
Viburnum lantana	.	.	.	.	+	2	.	.
Frangula alnus	.	.	.	.	11	.	.	.
Quercus petraea	.	.	.	.	.	.	1	3
Pinus sylvestris	.	.	.	.	.	+	1	2
Picea abies	+	1	+o	+	21a	1	.	.
Crataegus monogyna	.	+	+	+	.	+	.	.
Lonicera xylosteum	.	.	21a	12	+	1	.	.
Corylus avellana	.	.	22b	12	.	1	.	.
Ligustrum vulgare	.	.	+	+	.	3	.	.
Sorbus aria	.	+	+	.	.	1	.	1
Cornus sanguinea	.	.	+	.	+	.	.	.

Tab. 4.1. (continué)

N° d'ordre des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8
Sorbus aucuparia	.	.	+	.	.	.	.	1
Rhamnus catharticus	.	.	+)	.	.	+	.	.
Ilex aquifolium	.	.	.	22	.	+)	.	.
Juglans regia	.	.	.	.	r)	+	.	.
Juniperus communis	.	.	.	.	.	+	.	1
Rosa arvensis	.	.	+	.	.	.	.	.
Ribes rubrum	.	.	+	.	.	.	.	.
Viburnum opulus	.	.	+2	.	.	.	.	.
Coronilla emerus	.	.	+	.	.	.	.	.
Viscum album/Sorbus aria	.	.	+	.	.	.	.	.
Ribes uva-crispa	.	.	+	.	.	.	.	.
Fraxinus excelsior	.	.	.	+	.	.	.	.
Rosa micrantha	.	.	.	.	.	+	.	.
Amelanchier ovalis	.	.	.	.	.	.	.	+
Pyrus pyraster	.	.	.	.	.	+	.	.
Strate herbacée								
Espèces du *Fagion* :								
Galium rotundifolium	+2p	+	.	.	.	.	.	.
Veronica urticifolia	+)	1	.	.	.	.	.	.
Combinaison caractéristique du *Tilion* :								
Asperula taurina	.	.	+2p	13	.	.	.	.
Asplenium trichomanes quadrival.	.	.	r	+2p	.	.	.	.
Sedum maximum	.	.	+2p	.	.	.	.	.
Lamiastrum gal. montanum	.	.	22a	11	.	.	.	.
Bromus benekeni	.	.	12	22b	.	.	.	.
Viola reichenbachiana	.	.	22a	11	.	.	.	.
Mercurialis perennis	.	.	12	23a	.	.	.	.
Galium odoratum	.	.	12	22a	.	.	.	.
Vicia sepium	.	.	+	+p	.	.	.	.
Euonymus europaeus juv.	.	.	+	+2p	.	.	.	.
Ulmus glabra juv.	.	.	+p	+	.	.	.	.
Ajuga reptans	.	.	r	+2p	.	.	.	.
Carex sylvatica	.	.	12	+2	.	.	.	.
Salvia glutinosa	.	.	+p	.	.	1	.	.
Espèces différentielles de l'*Erico-Pinion* :								
Anthericum ramosum	.	1	.	.	22a	1	.	.
Polygala chamaebuxus	.	+	.	.	22a	1	.	.
Epipactis helleborine	.	+	.	.	+m	+	.	.
Berberis vulgaris juv.	.	+	.	.	+	1	.	.
Viburnum lantana juv.	.	.	+p	.	+p	22a	.	.
Satureja vulgaris	.	.	+p	.	+2	1	.	.
Carex alba	.	.	.	23a	22b	22	.	.
Sesleria albicans	.	.	.	.	35	1	.	.
Erica carnea	.	.	.	.	23a	12)	.	.
Origanum vulgare	.	.	.	.	+2	1	.	.
Carduus defloratus	.	.	.	.	+p	1	.	.

Tab. 4.1. (continué)

N° d'ordre des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8
Buphtalmum salicifolium	.	.	.	.	+	1	.	.
Cephalanthera rubra	.	.	.	.	+p	+	.	.
Frangula alnus juv.	.	.	.	.	+	+	.	.
Espèces différentielles du *Dicrano-Pinion* :								
Vaccinium myrtillus	22	.	.	.	.	.	4	22a
Calluna vulgaris	.	.	.	.	.	.	2	2
Vaccinium vitis-idaea	.	.	.	.	.	.	2	1
Melampyrum pratense	.	.	.	.	.	.	1	.
Espèces des *Fagetalia sylvaticae* et des *Fraxino-Fagetea* :								
Brachypodium sylvaticum	.	+2	12	12	12	12	.	.
Carex digitata	+2p	22	22a	12	.	.	.	.
Prenanthes purpurea	+p	.	+	.	r)	+	.	.
Sanicula europaea	.	1	+2p	.	.	.	.	.
Campanula trachelium	.	.	+)	.	.	.	.	.
Polygonatum multiflorum	.	.	.	+m	.	.	.	.
Primula elatior	.	.	.	11	.	.	.	.
Autres espèces :								
Hedera helix	+2p	2	22a	11	+2	1	.	.
Picea abies juv.	+p	.	+p	.	+p	+	+	+
Sorbus aucuparia juv.	+p	+	+	.	.	+	.	1
Hepatica nobilis	.	1	12m	11	12	22a	.	.
Fragaria vesca	.	+	12m	12	+	22a	.	.
Viola hirta	.	+	+2p	11	.	+	.	.
Acer campestre juv.	.	+	+	+	.	+	.	.
Ligustrum vulgare juv.	.	1	+	+	.	2	.	.
Campanula rotundifolia	.	+	.	.	+	+	+	.
Solidago virgaurea	.	1	.	.	+	+	.	1
Rubus gr. *fruticosus*	.	.	+	+	.	2	.	+
Molinia cae. arundinacea	.	.	.	.	+2)	3	22a	22a
Amelanchier ovalis juv.	.	.	.	.	+2	+	1	+
Luzula sylvatica	12	+	+2)	.	.	.	.	.
Hieracium murorum	+p	1	.	.	.	.	.	1
Oxalis acetosella	12	.	12	+2	.	.	.	.
Vincetoxicum hirundinaria	.	+	12m	.	12	.	.	.
Betonica officinalis	.	1	+2p	.	+2)	.	.	.
Fraxinus excelsior juv.	.	1	.	11	+	+	.	.
Carex humilis	.	22	.	.	22a	32	.	.
Corylus avellana juv.	.	+	.	.	+	1	.	.
Pteridium aquilinum	.	+	.	.	.	2	+	.
Coronilla emerus juv.	.	.	+	.	+2	1	.	.
Cornus sanguinea juv.	.	.	+	.	+p	1	.	.
Dryopteris affinis (Lowe) Fr.-Jenkins	+2	.	+2	.	.	.	.	.
Abies alba semis	r	.	r	.	.	.	.	.
Luzula nivea	22	.	+2)	.	.	.	.	.
Polypodium vulgare	12	.	.	.	.	.	.	+
Galium album	.	+	.	.	22	.	.	.

Tab. 4.1. (continué)

N° d'ordre des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8
Hieracium cf. *sabaudum*	.	+	.	.	r.	.	.	.
Valeriana trypteris	.	+	.	.		1	.	.
Lonicera xylosteum juv.	.	1	.	.	.	1	.	.
Crataegus monogyna juv.	.	1	.	.	.	1	.	.
Prunus spinosa juv.	.	+	.	.	.	1	.	.
Juglans regia juv.	.	+	.	.	.	+	.	.
Rubus caesius	.	.	+	+	.	.	.	.
Dactylorhiza majalis	.	.	r)	+2p	.	.	.	.
Rhamnus catharticus juv.	.	.	+	.	+	.	.	.
Melica nutans	.	.	+2	.	12	.	.	.
Rosa arvensis juv.	.	.	.	+	+2p	.	.	.
Phyteuma betonicifolium	.	.	.	11	.	.	.	+
Euphorbia cyparissias	.	.	.	.	+2)	+	.	.
Aquilegia atrata	.	.	.	.	+)	+	.	.
Goodyera repens	.	.	.	.	+)	.	1	.
Sorbus aria juv.	.	.	.	.	.	1	.	+
Quercus petraea juv.	.	.	.	.	.	+	.	+

Espèces accidentelles:

Relevé 1: *Saxifraga cuneifolia* +2m; *Deschampsia flexuosa* +2a; *Quercus* aff. *robur* (semis) r; *Dryopteris filix-mas* +2; *Athyrium filix-femina* +2p.

Relevé 2: *Pimpinella major* 1; *Cephalanthera longifolia* +; *Pyrola secunda* 1.

Relevé 3: *Geum urbanum* +; *Fraxinus excelsior* (semis) +; *Ilex aquifolium* (juv.) +p;*Viburnum opulus* (juv.) +2p; *Hypericum montanum* r; *Geranium robertianum* +p; *Clematis vitalba* +; *Poa nemoralis* +2p; *Taraxacum officinale* r; *Cotoneaster* sp. (juv.) +2p; *Potentilla sterilis* +; *Majanthemum bifolium* +2; *Veronica chamaedrys* r; *Cardamine impatiens* (+); *Arabis hirsuta* (+); *Teucrium scorodonia* (+2); *Festuca heterophylla* (+21).

Relevé 4: *Abies alba* (juv.) +p; *Acer pseudoplatanus* (juv.) r; *Ribes* cf. *rubrum* (juv.) r; *Hypericum perforatum* +2p; *Prunus avium* (juv.) r; *Stachys sylvatica* +; *Carex* cf. *acutiformis* +2; *Dryopteris assimilis* +2p.

Relevé 5: *Centaurea scabiosa* 11; *Hieracium* cf. *bifidum* +; *Valeriana montana* 12; *Leucanthemum adustum* +p; *Acer pseudoplatanus* (semis) r; *Rubus saxatilis* 11; *Teucrium montanum* +2p; *Eupatorium cannabinum* (+2); *Polygonatum officinale* (+2); *Teucrium chamaedrys* (+2); *Inula conyza* (r); *Adenostyles glabra* (r); *Carlina vulgaris* (r).

Relevé 6: *Calamagrostis varia* 12; *Carex flacca* +2; *Galium lucidum* 22a; *Pimpinella saxifraga* 1; *Seseli libanotis* 1; *Rosa micrantha* (juv.) 1; *Brachypodium pinnatum* 22; *Scabiosa columbaria* +; *Lotus corniculatus* +; *Lathyrus pratensis* +; *Juniperus communis* (juv.) +; *Silene nutans* +; *Ranunculus nemorosus* +; *Hippocrepis comosa* +; *Platanthera bifolia* +.

Relevé 8: *Asplenium septentrionale* +; *Danthonia decumbens* +; *Pinus sylvestris* (juv.) +; *Silene rupestris* +.

5. Forêts insubriennes acidophiles et à essences laurophiles

G. CARRARO, P. GIANONI, G. GIANOLA, J.-D. GALLANDAT

5.1. HISTOIRE HOMME-VÉGÉTATION

La végétation de la région d'Arcegno est particulièrement représentative de toute la région insubrienne sur silice à l'étage collinéen. Après le retrait des glaciers, il y a 15'000 ans, le paysage se présentait sans végétation arborescente, sur des sédiments et substrats primaires modelés par l'action mécanique de la glace: la roche dure, siliceuse, consituée principalement de gneiss, a donné naissance à des collines à surface lisse et à des combes pratiquement imperméables. L'histoire de la végétation peut être retracée à l'aide des analyses polliniques de ZOLLER, effectuées dans cette région en 1960 (tab. 5.1).

5.2. LES ASSOCIATIONS FORESTIÈRES

On reconnaît quatre associations forestières au Sud des Alpes à l'étage collinéen sur silice qui présentent toutes un groupe d'espèces indicatrices de l'acidité du substrat pédologique: *Pteridium aquilinum*, *Anthoxantum odoratum*, *Agrostis tenuis*, *Carex pilulifera*, *Potentilla erecta*, *Frangula alnus*, *Teucrium scorodonia*, *Melampyrum pratense*, *Phyteuma betonicifolium*. On peut noter que *Molinia litoralis* est répandue sous climat insubrien, même sur les pentes.
Il est clair que la fréquence de ces espèces diminue avec l'augmentation de la fertilité de ces formations.
En raison de l'intensification de la sylviculture, ces formations, à l'origine limitées à l'étage collinéen, se sont substituées aux hêtraies de l'étage submontagnard, le hêtre étant plus sensible que le châtaignier au pâturage, au feu et aux coupes rases.

Tab. 5.1. L'histoire de la végétation (ZOLLER 1960)

Années av. J.C.	Epoque	Type de végétation
13'800-11'300	Dryas antique	Sans végétation
11'300-10'400	Interstade de Bolling	Végétation pionnière, *Hippophae, Betula*
10'400-9'800	Dryas moyen	Végétation herbacée
9'800-8'800	Interstade de l'Alleröd	*Betula*, puis *Pinus cembra*; forêts claires
8'800-8'300	Dryas récent	*Betula*, forêts très claires
8'300-7'500	Préboréal	Forêts denses de *Pinus*; arrivée de *Quercus, Ostrya* et *Acer*, puis de *Tilia, Ulmus, Fraxinus* et *Alnus*; régression de *Pinus*
7'500-4'000	Postglaciaire	Forêts denses mélangées de *Quercus, Tilia, Ulmus* et *Alnus*. Arrivée probable de l'homme; début de la culture sur brûlis
4'000-500	Néolithique	Forêts de *Quercus*; régression de *Tilia, Ulmus, Fraxinus* et *Alnus*; arrivée de *Fagus*; début de l'agriculture à Arcegno (1000 av. J.C:). Situation proche, à l'état potentiel, du climax d'aujourd'hui
500		**Introduction de *Castanea* et *Juglans*** par la civilisation gallo-romaine
	Moyen-âge	Propagation de *Castanea, Ficus, Laurus*; fluctuations polliniques entre *Castanea* / céréales + vigne
	Epoque moderne	Propagation du robinier
	Epoque contemporaine	Abandon des surfaces agricoles peu rentables, plantations d'espèces forestières exotiques (*Quercus rubra, Pseudotsuga*); création des jardins modernes et propagation d'*Elaeagnos, Trachycarpus, Prunus laurocerasus, Lonicera japonica, Ligustrum lucidum*, etc., dans les stations thermophiles; beaucoup de taillis et de forêts claires se referment, retour de la végétation vers le climax forestier.
	Actuellement	Idem + propagation de *Polygonum cuspidatum* et de *Prunus serotina* dans certaines régions du Tessin.

Le *Phyteumo betonicifoliae-Quercetum castanosum* (rel. 2, tab. 5.2)

All. *Quercion robori-petraeae*

Unité 42 selon ELLENBERG et KLÖTZLI, 1972.

Syn.: *Querco-Betuletum* et *Querco-Fraxinetum sarothamnetosum* Antonietti, 1968.

C'est l'association la plus oligotrophe. Elle est présente jusqu'à 700, voire 1000 m d'altitude, et elle montre souvent peu d'espèces caractéristiques. Les plus fidèles à l'association sont *Danthonia decumbens*, *Festuca tenuifolia*, *Luzula campestris*, *Anthericum liliago*, *Silene rupestris*, *Thymus pulegioides*.

Tab. 5.2. Relevé 2: Collina di Maia. 18.7.1990. Commune de Losone (TI)
Phyteumo betonicifoliae-Quercetum castanosum /Quercion robori-petraeae
(Unité 42: ELLENBERG et KLÖTZLI, 1972)

Exposition: NE. Altitude: 420 m. Pente: 15 %
Sol: L - F - A1 - A2 (+Bh ?) - (BhC ?) - C
pH 4,5 4,5 5,0
Type de sol: Cryptopodzol (?)

Strate arborescente: 80%; 15m
5 *Castanea sativa*
1 *Betula pendula*
1 *Quercus petraea*

Strate arbustive: 0-5 %
+ *Castanea sativa*

Strate herbacée: 5-10 %
2 *Molinia litoralis*
1 *Pteridium aquilinum*
1 *Castanea sativa*
1 *Vincetoxicum hirundinaria*
1 *Deschampsia flexuosa*
1 *Calamagrostis arundinacea*
+ *Majanthemum bifolium* *
+ *Anemone nemorosa* *
+ *Calluna vulgaris*
+ *Fraxinus excelsior* *
+ *Carex pilulifera*
+ *Quercus petraea*
+ *Cytisus scoparius*
+ *Viola silvestris* *
+ *Veronica officinalis*
+ *Melampyrum pratense* s.l.
+ *Sorbus aucuparia*
+ *Luzula nivea*
+ *Agrostis capillaris*
+ *Ligustrum vulgare* *
r *Prunus avium* *
r *Polygonatum multiflorum* *
r *Sorbus aria*
r *Picea abies*
(Polytrichum formosum)

Commentaire :
La présence d'espèces à caractère relativement mésophile (*), et la profondeur considérable du sol peuvent être interprétés comme des indices - encore peu étudiés - d'une tendance évolutive de la flore. La culture intensive menée pendant des siècles (taillis, récolte du feuillage, feu, plantation du châtaignier) n'a cessé qu'après la deuxième guerre mondiale : une évolution vers des associations plus mésophiles est dès lors possible. La succession à long terme pourrait tendre vers une association du *Carpinion* (voir relevé 1) à *Quercus*, *Prunus* et *Tilia* arborescents, avec un renforcement des espèces mésophiles et d'une diminution des hélio-acidophiles comme *Pteridium*, *Vincetoxicum*, *Calluna*, *Cytisus*. Le syntaxon, tel qu'il est défini actuellement, doit dans cette perspective être considéré plutôt comme un stade évolutif que comme une association climacique.

La strate arbustive est souvent peu développée (*Cytisus scoparius*, *Calluna vulgaris*); la strate arborescente (15-25 m) devrait être formée par *Betula pendula* et les chênes (généralement *Q. petraea* ou *Q. pubescens* dans les endroits plus xéro-thermophiles, au sud aussi *Q. cerris*, dans les plaines principalement *Q. robur*), mais le taillis de châtaignier y est très répandu.

Le *Cruciato glabrae-Quercetum castanosum* (rel. 1, tab. 5.3)
All. *Carpinion*
Unité 34 selon ELLENBERG et KLÖTZLI, 1972
Syn: *Querco-Fraxinetum tipicum* Antonietti 1968 pro parte
A altitude égale, c'est une association intermédiaire entre la précédente (unité 42) et la suivante (unité 33), inféodée aux sols moyennement fertiles. L'acidité du sol est ici moins élevée. L'association, qui évite les stations les plus sèches, abrite un lot d'espèces mésophiles, comme *Brachypodium silvaticum*, *Festuca heterophylla*, *Polygonatum multiflorum*, *Anemone nemorosa*, *Fragaria vesca*, *Lathyrus montanus*, *Euphorbia dulcis* et *Viola silvestris*.
La strate arbustive est aussi plus exubérante (*Corylus*, *Crataegus*, *Hedera*, *Acer campestre*) alors que la strate arborescente (25-30(35) m) est à l'état naturel formée de *Quercus* et *Tilia cordata*, avec plus rarement *Prunus avium* et *Fagus silvatica*.
Le châtaignier, favorisé par une culture intensive, y est aussi très répandu: il en découle une production abondante de litière difficilement décomposable, qui induit probablement une modification de la flore herbacée par acidification (?).

Tab. 5.3. Relevé 1: Collina di Maia. 18.7.1990. Commune de Losone (TI)

Cruciato glabrae - Quercetum castanosum / Carpinion (Unité 34 selon ELLENBERG et KLÖTZLI,, 1972)

Exposition : E - SE. Altitude : 320 m. Pente :40 %
Sol L - F - A1 - A2 - Bh (ou A12 C) - C
pH 5,5 4,5 5,0
Type de sol : Sol brun acide ou ocre podzolique

Strate arborescente: 80%; 20m
3 *Quercus robur*
3 *Castanea sativa*
1 *Prunus avium*

Strate arbustive: 30 %
4 *Fraxinus excelsior*
2 *Castanea sativa*
+ *Tilia cordata*
+ *Ligustrum vulgare*
+ *Pinus strobus*

Strate herbacée: 50 %
3 *Pteridium aquilinum*
2 *Molinia litoralis*
1 *Hedera helix*
1 *Castanea sativa*
+ *Frangula alnus*
+ *Bromus erectus*
1 *Festuca heterophylla*
1 *Vincetoxicum hirndinaria*
+ *Tamus communis*
+ *Teucrium scorodonia*
+ *Lathyrus montanus*
+ *Betonica officinalis*
+ *Brachypodium sylvaticum*
+ *Acer pseudoplatanus*
+ *Quercus robur*
+ *Luzula nivea*
+ *Agrostis capillaris*
+ *Ligustrum vulgare*
+ *Carex fritschii*
+ *Prunus avium*
+ *Polygonatum multiflorum*
+ *Viola silvestris*
+ *Evonymus europaea*

L'*Arunco-Fraxinetum castanosum* (rel. 3, tab. 5.4)
All. Carpinion
Unité 33 selon ELLENBERG et KLÖTZLI, 1972
Syn.: *Querco-Fraxinetum* à fougère et/ou *Aruncus* Antonietti 1968
De l'étage collinéen jusqu'aux plaines alluviales, c'est l'association des sols les plus fertiles, où l'apport modéré de cations et d'eau se traduit par la présence des espèces suivantes: *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, *Carex digitata*, *Hepatica triloba*, *Aruncus silvester*, *Primula vulgaris*, *Veronica latifolia*.

Tab. 5.4. Relevé 3: Collina di Maia. 18.7.1990. Commune de Losone (TI)

Arunco-Fraxinetum castanosum* / *Carpinion (Unité 33 selon ELLENBERG et KLÖTZLI, 1972)

Exposition: N. Altitude: 320 m. Pente: 80 %
Sol: L - A1 (A1 B) -. (B (C)
Type de sol : Sol brun acide colluvial

Strate arborescente: 80%; 25m
5 *Alnus glutinosa*
2 *Hedera helix*
1 *Castanea sativa*
1 *Prunus avium*
+ *Tilia cordata*

Strate arbustive: 20 %
1 *Alnus glutinosa*
+ *Sambucus nigra*
+ *Acer campestre*
+ *Tilia cordata*

Strate herbacée: 100 %
4 *Aruncus silvester*
1 *Hedera helix*
1 *Oxalis acetosella*
1 *Polygonatum multiflorum*
1 *Fraxinus excelsior*
+ *Athyrium filix foemina*
+ *Luzula nivea*
+ *Hepatica nobilis*
+ *Prunus avium*
+ *Anemone nemorosa*
+ *Sorbus aria*
+ *Euphorbia dulcis*
+ *Veronica latifolia*
+ *Carex digitata*
+ *Castanea sativa*
+ *Vincetoxicum hirundinaria*
r *Polystichum lonchitis* *
r *Calamagrostis arundinacea* *

Commentaire:
La présence d'espèces à caractère montagnard (*) plaide pour l'existence potentielle de *Fagus silvatica*, éliminé par la culture intensive de *Castanea sativa*.

La strate arbustive est riche (*Corylus avellana*, *Evonymus europaeus*, *Viburnum opulus*, *Acer campestre*, *Sambucus nigra*). La strate arborescente est très souvent pénétrée de lianes comme *Hedera helix* et *Clematis vitalba*. En conditions naturelles, les arbres dominants (25-35 (40) m) sont *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur*, *Acer pseudoplatanus*, *Prunus avium*,

Ulmus glabra (rare) et, spécialement au Sud des Alpes, *Alnus glutinosa*! La culture du châtaignier y a été très intensive, souvent sous forme de *selva*.

L'*Osmundo regalis-Alnetum glutinosae*
All. *Alnion glutinosae* (KLÖTZLI et al. 1973; EHRENSBERGER 1984)
Cette dernière association est très rare à l'étage collinéen du Sud des Alpes. Cette aulnaie noire se forme seulement en présence constante d'eau dans le sol (avec la possibilité de remontée jusqu'en surface).
Alnus glutinosa domine, accompagné d'un cortège herbacé particulier; les différentielles de substrat acide disparaissent, laissant la place à *Osmunda regalis*, *Thelypteris palustris*, *Adiantum capillus-veneris* (rare!) qui s'unissent avec d'autres hygrophiles comme *Lysimachia nemorum*, *Cirsium erisithales*, *Carex pendula*, *Carex umbrosa*.
La plantation du châtaignier n'y a jamais été possible!

5.3. L'INTRODUCTION D'ESPÈCES EXOTIQUES ET LEUR EXTENTION

5.3.1. L'exemple du châtaignier

Les collines de la région d'Arcegno étaient déjà en grande partie transformées, aux environs de l'an 1000, en cultures de châtaigniers (*selva*), sous forme de vergers pâturés et très ouverts. A côté des *selva*, les taillis de châtaigniers (*palina*) étaient destinés à la production de petit bois d'oeuvre et bois de feu.
Dès 1850, époque de la construction du tunnel ferroviaire du Gotthard, la culture du châtaignier est peu à peu abandonnée, bien que les grandes coupes forestières se poursuivent jusqu'à la deuxième guerre mondiale, alors que le volume moyen de bois sur pied n'était que de 70 m^3/ha!
La maladie du châtaignier, combinée aux grandes mutations socio-économiques ont fortement diminué, voire éliminé complètement, l'interêt de ce bois en tant que ressource énergétique ou matière première.
De nos jours, le volume sur pied atteint env. 200 m^3/ha, traduisant un enrichissement en substances nutritives et un degré de fermeture jamais vu depuis des siècles!
La pression humaine actuelle sur ces milieux est faible: elle se caractérise par

les incendies et la destruction des surfaces forestières et agricoles au profit de l'habitat construit (décharges, villas, etc.).

5.3.2. L'extension des espèces exotiques

Dans le contexte bioclimatique insubrien, l'installation d'espèces nouvelles dans le milieu naturel est due de manière prépondérante à l'action humaine, qui s'est traduite par l'introduction volontaire d'essences forestières exotiques (*Castanea*, *Juglans*, *Robinia*), ou par la création de niches vacantes engendrées par l'abandon des surfaces agricoles.
Les causes de leur maintien actuel sont à rechercher dans les conditions climatiques très particulières, qualifiées par endroit de "subtropicales", interdisant le développement d'une végétation climacique autochtone, les éléments floristiques caractéristiques de ce climat manquant presque totalement dans le contexte historique régional postglaciaire. La végétation autochtone ne pourrait, en conséquence, s'exprimer que sous la forme d'un paraclimax.
Le phénomène est encore peu étudié. En tout état de cause, on constate une superposition des éléments autochtones aux espèces subspontanées.

Tab. 5.5. Relevé sur terrain entre Melide et Vico Morcote 15.7.1991. Commune de Melide (TI).

***Cruciato glabrae-Quercetum castanosum*, subass. "*ruscetosum aculeati*"**
Variante avec *Clematis recta* (forme particulière de l' Unité 34 selon ELLENBERG et KLÖTZLI, 1972 / cfr. GIANONI, CARRARO et KLÖTZLI, 1988)

Exposition: N. Altitude: 320 m. Pente: 80 %
Type de sol: Sol brun acide colluvial / Ranker colluvial

Strate arborescente: 70%; 25-30m
4 *Quercus pertraea*
+ *Ostrya carpinifolia* **B**
1 *Castanea sativa* **A**
1 *Hedera helix*

Strate arbustive: 25 %; 0,5 - 4 m
4 *Ruscus aculeatus* **B L**
2 *Elaeagnus pungens* **L**
2 *Prunus avium*
1 *Mespilus germanica*
1 *Fraxinus excelsior*
1 *Corylus avellana*
1 *Laburnum anagyroides*
1 *Quercus petraea*
1 *Ilex aquifolium* **L**
1 *Fraxinus ornus* **B**
1 *Laurus nobilis* **L**
1 *Prunus laurocerasus* **L**
+ *Trachycarpus fortunei* **L**
+ *Ulmus carpinifolia*
+ *Daphne laureola* **B L**
+ *Tamus communis*
+ *Hedera helix* **L**
+ *Clematis recta* **B**
+ *Sorbus aria*
+ *Tilia cordata*

Strate herbacée: 25%
2 *Ruscus aculeatus* **B L**
2 *Hedera helix* **L**
1 *Hepatica nobilis*
1 *Cyclamen purpurascens* **B**
1 *Carex digitata*
1 *Asplenium adiantum nigrum* **L**
1 *Lamium flavidum*

1 *Quercus petraea*
1 *Clematis vitalba*
+ *Laurus nobilis* **L**
+ *Luzula nivea* **A**
+ *Vincetoxicum hirundinaria*
+ *Festuca heterophylla*
+ *Polypodium vulgare* **A**
+ *Melampyrum pratense s.l.* **A**
+ *Polygonatum multiflorum*
+ *Trachycarpus fortunei*
+ *Cruciata glabra* **A**
+ *Rubus fruticosus*
+ *Melittis melissophyllum* **B**
+ *Laburnum anagyroides*
+ *Prunus avium*
+ *Hieracium umbellatum* **A**
+ *Vicia cracca*
+ *Hieracium tenuifolium*
+ *Viola silvestris*
+ *Geranium robertianum*
+ *Euphorbia dulcis* **A**
+ *Lathyrus montanus* **A**
+ *Vinca minor*
+ *Muscari comosum* **B**
+ *Geranium robertianum*
+ *Prunus avium*
r *Anthericum liliago* **A**
r *Cardamine impatiens*

Commentaire :
La présence d'espèces à caractère acidophile (**A**), basiphile (**B**) montre d'abord un caractère intermediaire entre le formation sur silices (*Luzulo-Carpinion*) et celles des milieux riches en carbonates (*Carpinion* basiphile - *Orno Ostryon*).
On constate le dévéloppement progressif d'une couche arbustive, voir arborescente subordonnée, formée par des sempervirentes où laurophilles à diffusion synantrope (**L**), ce qui est l'objet principale de notre attention (voir aussi rel. 18 et texte dans GIANONI et al., 1988).
On peut donc penser à un stade climax de plus en plus fermé dans le strates inferieures ce qui va changer la composition et les conditions de concurrence de la phytocénose (paraclimax).

INTERVENTIONS

Th. Müller - Distinction entre *Phyteumo betonicifoliae-Quercetum / Cruciato glabrae-Quercetum / Luzulo niveae-Fagetum.*
Dans les premiers cinquante mètres du sentier, on a pu observer une phytocénose qui devrait rentrer dans vos définitions d'association du *Quercetum.*
J'ai pu constater que *Quercus petraea* ne se rajeunit pas du tout, tandis que *Fagus* se montre ici et là. Actuellement il s'agit bien d'une association qui est reliée au *Quercion robori-petraeae*, mais l'association naturelle potentielle devrait être une forme collinaire ou submontagnarde du *Luzulo niveae-Fagetum*, où *Quercus* pourrait subsister de manière plus réduite, avec un pourcentage difficile à estimer.
Du reste on peut observer la présence - ici plus représentative d'une association climacique du *Quercion robori-petraeae* - juste à côté, près des rochers ... Le même phénomène a pu être observé pour le *Luzulo luzuloidis-Fagetum* (*Melampyro-Fagetum* Oberd. 57).

Gabriele Carraro
Je suis tout à fait d'accord avec cette remarque: les principaux travaux phytosociologiques ont été menés au Tessin (1940-1970) dans des sites encore fortement perturbés par les influences de la culture séculaire du châtaignier, telles que le traitement intensif en taillis, la récolte des feuilles, les incendies forestiers, le pâturage, ... au point que - encore aujourd'hui - presque nulle part on ne peut observer des peuplements forestiers "proches" d'une situation de climax.

Ainsi on constate dans plusieurs sites que la définition phytosociologique héritée des années 60 - la seule dont on dispose maintenant - reflète une situation plus oligotroph, plus clairièrée, souvent plus acide (feuilles de châtaignier!) par rapport aux stades de la succession que l'on observe en direction de formations différentes: plus riches en hêtre, plus eutrophes, plus sombres.
Après une recherche de diplôme consacrée au rôle écologique du chêne (cf. CARRARO et SCHÜTZ 1990) on a supposé pour le Sud des Alpes, l'existence d'une hêtraie collinaire potentielle avec quelques *Quercus* et *Tilia cordata*. Dans l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible de définir la limite de cette formation et encore moins de définir un cadre des associations climaciques de notre région.
Ce n'est pas tout ... Entre autre, il reste encore à découvrir quel rôle pourrait jouer *Castanea* dans le cas hypothétique d'une forêt abandonnée depuis longtemps: il s'agit d'une espèce "pratiquement autochtone", plutôt sciaphile, qui montre une bonne vitalité dans toutes les strates et toutes les expositions jusqu'à 600-800 m (paraclimax à *Castanea*?).

Th. Müller - Dénomination des associations forestières insubriennes
La dénomination des associations *Phyteumo betonicifoliae-Quercetum*, *Cruciato glabrae-Quercetum* et *Arunco-Fraxinetum* (sensu ELLENBERG & KLÖTZLI, 1972) n'est pas correcte: OBERDORFER en 1964, avait décrit soit la formation du *Quercion robori-petraeae* portant le nom *Hieracio tenuiflori-Quercetum*, soit les formations du *Carpinion*, portant le nom *Salvio glutinosae-Fraxinetum*. Ce travail a été réalisé avant les recherches ANTONIETTI (1968) et celles d'ELLENBERG et KLÖTZLI (1972), il faut donc utiliser la dénomination proposée par OBERDORFER.
Entre autres, l'utilisation de *Cruciata glabra* est criticable car il s'agit principalement d'une espèce de lisière.

Gabriele Carraro
Le problème d'une priorité dans les descriptions et appellations existe, mais il est vrai aussi que le travail d'OBERDORFER (1964) n'est pas le premier non plus (voir p.ex. LÜDI, KNAPP, ESKUCHE, ZOLLER, ELLENBERG et REHDER, ...). Il faut également mentionner que c'est OBERDORFER qui a été pris en considération lors des révisions suivantes, qui disposaient d'une quantité de matériel plus complète (OBERDORFER ne présentait qu'une trentaine de relevés sur silice et calcaire, tandis que ELLENBERG et KLÖTZLI, ont utilisé env. 300 relevés pour les substrats collinaires acides uniquement!).
Le *Salvio glutinosae-Fraxinetum* sensu Oberdorfer (1964) comprenait pratiquement toutes les formes du *Carpinion*, y compris des associations mésophiles sur calcaire (cf. son *Salvio glutinosae-Fraxinetum* subass. *coronilletosum*), sans les différencier des associations spécifiques sur silice, du type que l'on a observé à Arcegno et qui appartiennent toujours au (*Luzulo-*) *Carpinion*. Je trouve par contre que l'un des grands résultats des travaux d'OBERDORFER au Sud des Alpes réside dans le fait qu'il a été le premier à être sensible, sinon clairvoyant, au thème des formations thermophiles près des lacs, riches en espèces sempervirentes (cf. son *Salvio glutinosae-Fraxinetum* subass. *taxetosum*), ce que les auteurs suivants ont complètement oublié ... jusqu'aux années 90.
Comme de nombreux phytosociologues l'ont déjà remarqué, l'utilisation de *Cruciata glabra* est fort criticable. Il faut aussi avouer qu'il n'est pas facile de trouver une autre espèce, mésophile et fidèle, car l'association du *Cruciato glabrae-Quercetum* est une forme intermédiaire (la plus fertile est le *Arunco-Fraxinetum*) et se caractérise d'un côté par un manque d'espèces des milieux oligotrophes, et de l'autre par le défaut d'espèces hygrophiles, voir nitrophiles; il est vrai aussi que *Cruciata glabra* n'est pas très représentée en forêt et que chez nous elle est abondante dans les pairies maigres, mais - faute de mieux - elle indique bien cette position intermédiaire en milieu forestier.

F.X. Habiyaremye - Azote dans les sols des forêts riches en châtaignier
Quel est le rôle et le bilan de l'azote dans ces formations forestières, soit d'origine atmosphérique, soit d'origine biotique (fixation de la part de bactéries en symbiose)?

Gabriele Carraro
Les sols que l'on a vu à Arcegno ne sont pas pauvres en nitrates et en nitrites (d'après ANTONIETTI, 1968), mais la disponibilité d'azote sous des formes assimilables par les végétaux, dépend fortement des processus de minéralisation, qui dépendent à leur tour, soit du climat de l'année, soit de la station même. De nos jours le problème de l'azote d'origine atmosphérique a été mis en évidence au Tessin, seulement en relation avec des milieux plus oligotrophes tels que le haut-marais de la Bedrina. L'apport supplémentaire de cette source serait de l'ordre de 4-8 Kg/ha/an !
Les formations climaciques de nos forêts sont en général pauvres en espèces qui fixent l'azote (*Leguminosae*, *Alnus*, *Hippophaë*), par contre dans les premiers stades des successions, surtout sur les terrains jeunes, pauvres ou autrement perturbés (décharges, taillis, éboulis, incendies, ...) la proportion des légumineuses telles que *Cytisus scoparius*, *Robinia pseudoacacia* (exotique subspontané) peut augmenter sensiblement, jusqu'à atteindre plus de 2/3 de la biomasse !

M. R. Delpech - Utilisation et valorisation du châtaignier
1) A-t-on réalisé dans la région des plantations de variétés fruitières de châtaignier, p.ex. avec des greffes sur des souches japonaises résistantes au cancer (*Endothia parasitica*)?
2) Est-ce qu'on étudie des formes d'exploitation des anciennes châtaigneraies - en forme de taillis - pour la production de bois de papeterie ?

Gabriele Carraro
On dispose de souches sélectionnées, plus résistantes vis-à-vis du champignon, mais pas encore de variétés fruitières résistantes; pour cela l'Institut de recherche de Birmensdorf et un groupe de travail tessinois sont à l'oeuvre depuis quelques années.
Pour la deuxième question, je pense que non. A présent, je ne connais pas d'études spécifiques dans ce domaine, on essaie quand même pour ces produits difficiles à commercialiser de trouver des utilisations alternatives (petites construction, oeuvres de protection contre éboulements et avalanches, fenêtres et portes, ...)

J. Vigo - Présence et distribution des forêts riches de laurophylles
A propos des forêts thermophiles à laurophylles, je signale des peuplements semblables dans les contrées maritimes de la Catalogne avec *Laurus nobilis* et *Lonicera japonica* naturalisées, mais pas aussi abondantes: sur ce dernier point il n'y a pas de forêts comparables (climat plus chaud, mais plus séchard en été).

Gabriele Carraro
Votre remarque est très intéressante. J'ai également entendu parler de ces peuplements et il me semble que dans les écotypes plus humides que vous avez décrit, avec *Osmunda regalis* p.ex., la biomasse des espèces laurophylles est aussi plus élevée: le même phénomène s'observe aussi chez nous.
Le seul facteur des températures moyennes et extrêmes en hiver est insuffisant pour expliquer la présence des laurophylles. La deuxième contrainte fondamentale est bien - comme vous le dites - la disponibilité en eau du sol pendant la période de végétation.
Plus on s'approche du climat méditerranéen, plus ce dernier facteur devient limitant: le déficit estival favorise les formations de sclérophylles (p.ex. les chênes vertes). Au contraire, en direction des Alpes ou vers le Nord, c'est la température qui devient limitante.

De ce fait,

1) Pour avoir des phytocénoses riches en espèces laurophylles il faut une constellation de facteurs température-précipitation qui est déjà limitée en Europe. A ma connaissance, les meilleurs exemples de ces types de végétation sont vos magnifiques laurisylves des Iles Canaries. D'autres écotypes moins typiques se trouvent dans le sud de l'Irlande, chez vous au nord de la péninsule Ibérique, ici dans l'Insubrie, en Albanie, dans le Pontus, le sud-est de la Mer Noire et év. au Liban. Actuellement il n'y a pas d'encadrement syntaxonomique satisfaisant.
2) Cette rareté stationnelle et leur relative fragmentation (époque glaciaire) est peut-être à la base du manque d'éléments autochtones, pouvant constituer par leurs caractéristiques éco-physiologiques les laurisylves potentielles européennes. Voici peut-être une des raisons de la grande vitalité des exotiques japonais et chinois provenant de complexes de laurisylves véritables.
3) Dans ce contexte, on comprend l'importance du phénomène de colonisation observé au Tessin. Ce phénomène pourrait être mis en relation avec les études sur les effets liés aux changements climatiques (effet de serre) sur la structure et la composition de la flore. Il sera indispensable en plus d'un réchauffement général d'env. + 2-4°C, d'estimer l'abondance et la distribution des précipitations.

J.-P. Theurillat - Melide, forêt à laurophylles

Remarque à propos de la notion de paraclimax:

Il est difficile de parler ici de "paraclimax" à propos de la végétation autochtone, si l'on considère que ce concept s'applique à une situation où, à la suite de la destruction du climax initial, il n'est plus possible d'y retourner, le stade final atteint étant différent. Or, dans le cas présent, il n'y a jamais eu de climax à laurophylles. On ne peut donc pas parler d'un paraclimax pour le stade terminal actuel à *Quercus*.

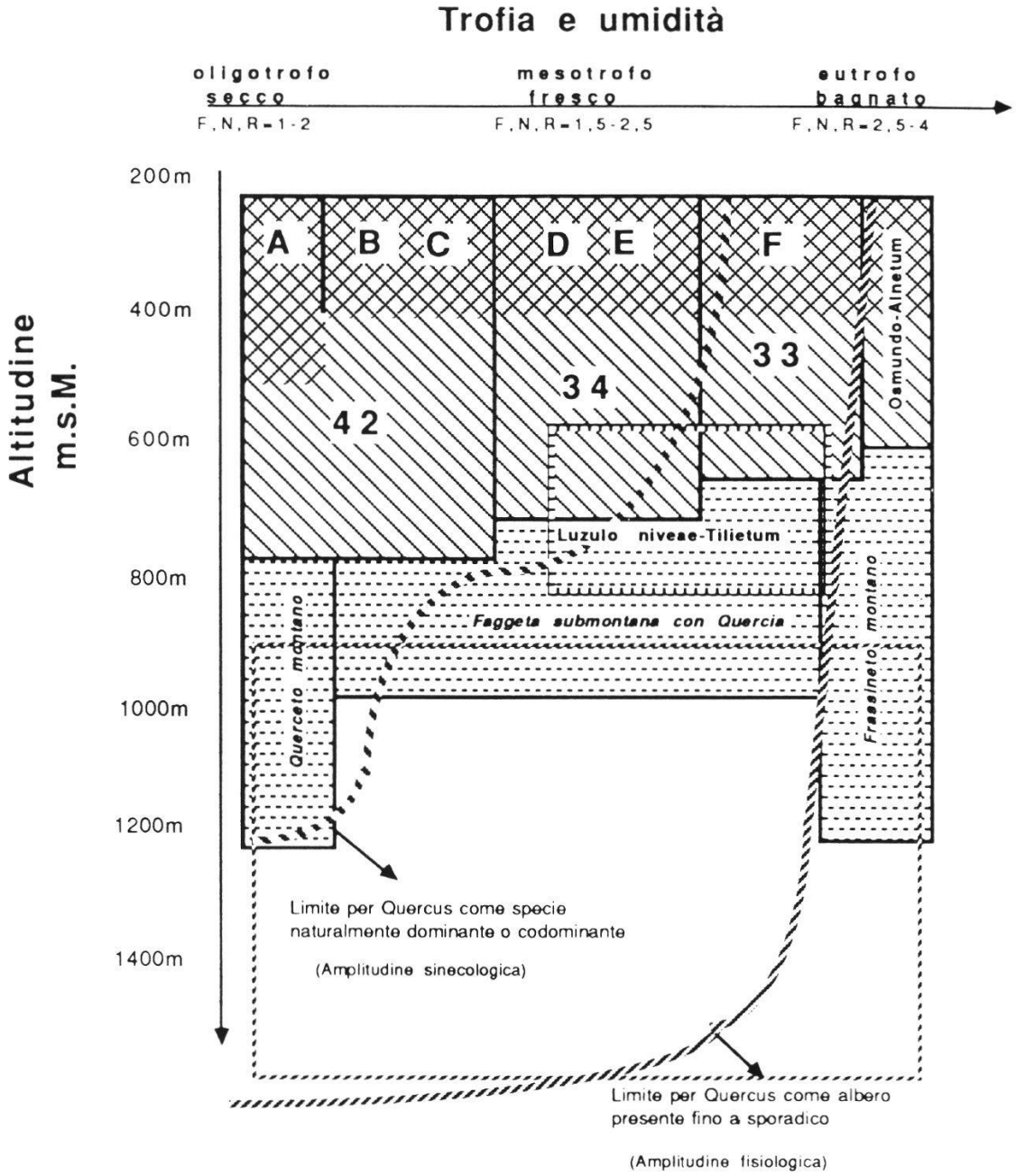
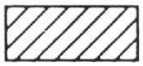


Fig. 5.1. Présence de *Quercus* dans les communautés végétales potentielles sur substrats pauvres en carbonates dans l'étage collinéen et submontane (exclus les zones alluviales). (Tirée de CARRARO et SCHÜTZ 1990).

Legenda

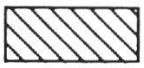


Consorzi iperinsubrici
(GIANONI, CARRARO e KLÖTZLI, 1988)

Alleanza: Quercion robori-petraeae
A) Phyteumo betonicifoliae-Quercetum castanosum subass. cistetosum salvifolii (prov.)
B,C) Phyteumo betonicifoliae-Quercetum castanosum subass. ruscetosum aculeati (prov.)

Alleanza: Carpinion
C,D) Cruciato glabrae-Quercetum castanosum subass. ruscetosum aculeati (prov.)
E) Arunco-Fraxinetum castanosum subass. osmundetosum regalis (prov)

Alleanza: Alnion glutinosae
Osmundo-Alnetum KLÖTZLI et al ,1973
EHRENSBERGER, 1984)



Consorzi collinari
(ELLENBERG e KLÖTZLI, 1972; Vedi Ellenberg & Rehder, 1962 e Antonietti, 1968)

Alleanza: Quercion robori-petraeae
Phyteumo betonicifoliae-Quercetum cast. (unità 42)

Alleanza: Carpinion
Cruciato glabrae-Quercetum castanosum (unità 34)
Arunco-Fraxinetum castanosum (unità 33)

Alleanza: Alnion glutinosae
Osmundo-Alnetum (EHRENSBERGER, 1984)

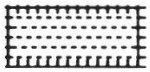
Consorzi montani
(ELLENBERG e KLÖTZLI, 1972)
(KUOCH, 1954)

Alleanza: Luzulo-Fagion
Luzulo niveae-Fagetum typicum (unità 3)
Luzulo niveae-Fagetum dryopteridetosum (unità 4)

Alleanza: Eu-Fagion
Streptopo-Fagetum (unità 5)

Alleanza: Abieti-Fagion
Abieti-Fagetum luzuletosum (unità 19)

Alleanza: Piceo-Abietion
Calamagrostio villosae-Abietetum (unità 47)



Consorzi submontani
(finora non descritti esaustivamente)

"Querceto montano".(CARRARO et al.,1987)
"Faggeta submontana con quercia" prov.
Luzulo niveae-Tilietum prov. (HEISELMAYER, 1979; parz. STÄMPFLI, 1985)
"Frassineto montano" (CARRARO et al. 1987 parz. STÄMPFLI, 1985)

Quercus in relazione ad altre specie della zona collinare e submontana

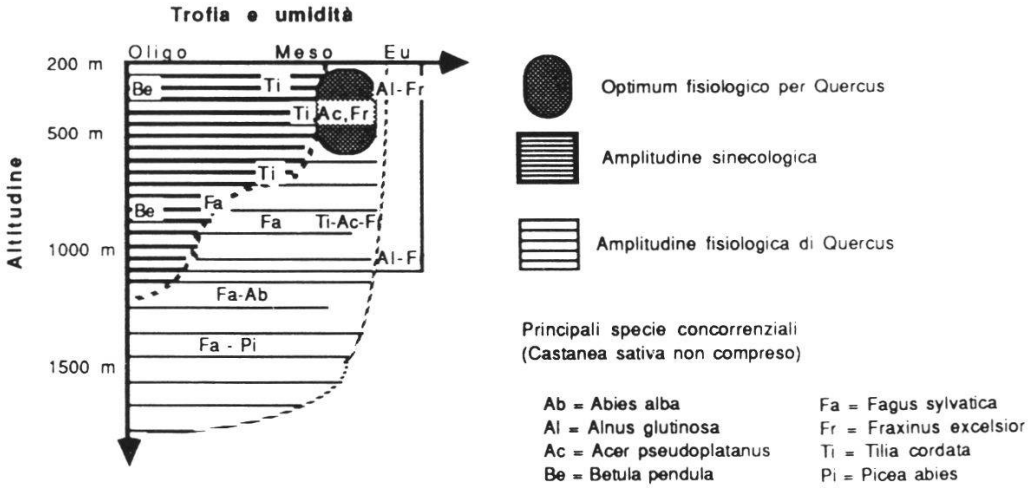


Fig. 5.1. (continué)

6. Forêts insubriennes sur calcaire

M. BICHSEL
(Traduction française de J.-L. RICHARD)

6.1. GÉOLOGIE

(Cartes et bibliographie: Atlas géologique de la Suisse 1:25'000 - No. 39 Tesserete, No. 69 Lugano; texte extrait de HEIERLI 1982, profils extraits de BERTOTTI 1991 et FELBER 1991)
Au sud du Monte-Ceneri, on distingue deux zones tectoniques:

6.1.1. Le cristallin austroalpin ("cristallin insubrien")

La zone des gneiss au sud de la ligne Locarno/Bellinzona - Lugano/Ponte Tresa.
Cette masse cristalline dont le plissement remonte au pré-carbonifère fut soumise à une métamorphisation d'intensité variable pendant l'orogénèse hercynienne.

6.1.2. Le Mésozoïque austroalpin

La région située entre Lugano/Ponte Tresa et Chiasso/Como.
C'est lors de l'orogénèse alpine qu'intervient le plissement du Mésozoïque. Il est partagé par une faille orientée nord-sud (dite faille de Lugano) en un panneau oriental et un panneau occidental.
La masse du Monte Generoso est formée par le panneau oriental. Il est abaissé de 4000 m par rapport au panneau occidental et consiste par conséquent en sédiments plus jeunes (jusqu'au Crétacé). La masse principale de Monte Generoso consiste en calcaire siliceux relativement acide (Lias).
Le panneau occidental, qui comprend le San Salvatore et le Monte San Giorgio, est surélevé et comprend des assises plus anciennes (du socle cristallin au Jurassique) en raison de l'érosion plus intense des couches plus jeunes.
Au pied du Monte Generoso, au Monte Arbostòra et sur le flanc nord du

Monte San Giorgio on trouve des porphyrites et de porphyres dont les produits d'altération sont acides (ils proviennent de l'activité volcanique permienne). Le sommet et le flanc sud du Monte San Giorgio, de même que le Ponzione d'Arzo, sont formés de dolomie (Trias moyen et supérieur). C'est dans les fameuses couches bitumineuses et marneuses intercalées dans la dolomie qu'on a découvert notamment des fossiles de sauriens (KUHN-SCHNYDER 1974).

6.2. CLIMAT

Le climat du sud du Tessin se signale par les particularités suivantes (données météorologiques de Lugano, 276 m d'altitude):

- abondantes précipitations (avec un maximum estival)	1740 mm p.an
- climat doux	
temp. annuelle moyenne	+ 11.7° C
temp. hivernales relativement élevées:	
moyenne de janvier	- 1.8° C
minimum absolu	- 12.0° C
- ensoleillement important	2101 h par an (resp.54%)

L'apparente contradiction entre les importantes précipitations et la durée d'ensoleillement s'explique par l'intensité des précipitations orageuses de courte durée, suivies d'un rapide retour du soleil.

6.3. FLORE

La flore du Monte San Giorgio et du Poncione d'Arzo qui le jouxte à l'ouest est connue pour sa richesse et ses raretés (MANTZ 1935, THOMMEN 1947 et 1948, BECHERER 1972). Nous avons eu l'occasion d'observer la plupart des espèces suivantes:
Adenophora liliifolia, *Asparagus tenuifolius*, *Cardamine bulbifera*, *Carex ferruginea* ssp. *austroalpina*, *Chrysopogon gryllus*, *Clematis recta*, *Danthonia alpina*, *Daphne alpina* (au Ponzione d'Arzo), *Doronicum pardalianches*, *Dorycnium pentaphyllum* ssp. *herbaceum*, *Filipendula vulgaris*, *Geranium nodosum*, *Gladiolus imbricatus*, *Inula hirta*, *Iris graminea*, *Limodorum abortivum*, *Potentilla alba* (autrement rare au Tessin), *Veratrum nigrum*.

6.4. VÉGÉTATION FORESTIÈRE

A l'exception d'un petit secteur au début de l'excursion, nous avons passé toute la journée dans le domaine des roches carbonatées, avec une flore et une végétation très différentes de ce que nous avons vu auparavant au Tessin. Les forêts sont plus riches en nombre d'espèces (notamment d'affinités subméditerranéennes) que celles du *Quercion robori-petreae* et du *Carpinion* des roches silicatées ANTONIETTI (1968) a publié une description de l'écologie et de la sociologie de ces forêts feuillues sur assises carbonatées. Il distingua provisoirement deux unités: *Erisithalo-Ulmetum* (*Fagion sylvaticae*) et *Helleboro-Ornetum* (*Orno-Ostryon*). Dans leur vue d'ensemble des groupements forestiers de Suisse, ELLENBERG et KLÖTZLI (1972) proposèrent une nouvelle classification des relevés d'ANTONIETTI en les attribuant respectivement aux trois alliances *Tilio-Acerion* (prov.), *Carpinion betuli* et *Quercion pubescenti-petraeae*. KELLER (1979) étudia pour la première fois la phytosociologie des hêtraies calciphiles du Tessin méridional, qui ne sont toutefois pas représentées au Monte San Giorgio. Plus tard, ANTONIETTI (1983) proposa une nouvelle classification des forêts de *Ostrya* des Préalpes méridionales (entre le lac Majeur et le lac de Garde), en ajoutant aux trois unités proposées en 1972 par ELLENBERG et KLÖTZLI une nouvelle association du *Cephalanthero-Fagion*: le *Symphyto tuberosi-Ostryetum*. Les trois unités de ELLENBERG et KLÖTZLI peuvent se différencier floristiquement (tab. 6.1).
L'expérience phytosociologique montre, que les mêmes espèces ont en partie un comportement social et des exigences écologiques différents, selon qu' elles se trouvent dans la région insubrienne ou au nord des Alpes.
Du point de vue floristique et stationnel les types A et B sus-mentionnés (rel. 3 - 7, tab. 6.2) pourraient pour ces raisons, également être attribués au *Carpinion*. Dans ce cas, la répartition entre une formation plus humide, plus eutrophe et une formation plus sèche (correspondant au *Tilietum* et à l'*Ostryetum* sus-mentionné) se distingue aisément. D'autres investigations dans les régions calcaires insubriennes permettront une meilleure compréhension de ces milieux.
Type C (rel. 9 - 11, tab. 6.2): les relevés peuvent être attribués à l'ordre subméditerranéen des *Quercetalia pubescentis*. Jusqu'à présent, ils appartenaient à l'alliance du *Quercion pubescentis-petraeae*, mais dans ce domaine également la systématique n'est pas encore stabilisée. POLDINI (1988) proposa une vue d'ensemble phytosociologique des forêts d'Europe austro-orientale situées dans l'aire d'*Ostrya*, en définissant l'alliance du *Carpinion orientalis*

Tab. 6.1. Les unités des forêts calciphiles du Tessin méridional.

unité	A	B	C
ANTONIETTI 1968	*Erisithalo-Ulmetum aegopodietosum*	*Erisithalo-Ulmetum fraxinetosum orni*	*Helleboro-Ornetum*
ELLENBERG & KLÖTZLI 1972	*Asperulo taurinae-Tilietum*	*Carpino betuli-Ostryetum*	*Fraxino orni-Ostryetum*
alliance	*Tilion* (sensu MOOR)	*Carpinion betuli*	*Quercion pub.-petr.*
Sp. diff. de groupes:			
A et B	*Lamiastrum galeobdolon ssp. flavidum* *Polygonatum multiflorum* *Asarum europaeum* *Carex silvatica* *Pulmonaria officinalis* *Senecio nemorensis ssp. fuchsii* *Dryopteris filix-mas* *Aegopodium podagraria* *Galium odoratum*		
B et C		*Fraxinus ornus* *Quercus pubescens* *Ruscus aculeatus* *Helleborus niger* (manque à San Giorgio) *Polygonatum odoratum* *Vincetoxicum hirundinaria* *Carex flacca*	
A ; C	*Geranium nodosum* *Asperula taurina* *Viola mirabilis* *Doronicum pardalianches* *Heracleum sphondylium*		*Carex humilis* *Teucrium chamaedrys* *Cephalanthera longifolia* *Geranium sanguineum* *Silene nutans var. livida*

(*Quercetalia pubescentis*). Cependant, cet auteur n'a pas mentionné les forêts du Tessin méridional qui se rattachent aisément à son groupe III (austro-oriental) et à la sous-alliance *Ostryo-Carpinenion*. Les similitudes sont grandes, mais il manque aux forêts tessinoises quelques taxons austro-orientaux comme *Helleborus odorus* ou *Epimedium alpinum*, tandis qu'elles

possèdent quelques éléments des forêts d'*Ostrya* de l'Appenin et de Ligurie, comme *Daphne laureola* ou *Orchis purpurea*. Les forêts des sols très secs et superficiels du Tessin méridional ont des analogies avec le *Seslerio variae-Ostryetum* Lausi et al. 82 em. Poldini 88 de même qu'avec le *Buglossoido-Ostryetum* Gerdol et al. 82 qui colonise les sols moins extrêmes. La première de ces deux associations est différenciée par *Amelanchier ovalis* et l' abondance de *Sesleria varia*, tandis que la deuxième possède des espèces "mésophiles" comme *Vinca minor*, *Euphorbia amygdaloides*, *Rosa arvensis* ou *Buglossoides purpureo-coerulea*. Il faudra voir comment ces deux groupements s'intègrent au schéma de ELLENBERG et KLÖTZLI. On peut se demander notamment si le *Buglossoido-Ostryetum* ne représente pas la "meilleure moitié" du *Fraxino-Ostryetum*, ou s'il ne faut pas plutôt l'attribuer en partie ou même entièrement au *Carpino betuli-Ostryetum* Ellenberg et Klötzli 72.

L'ensemble du massif est situé à l'étage collinéen-submontagnard et le sommet du Monte San Giorgio culmine à 1096 m. Seules quelques espèces (comme *Astrantia major* ou *Senecio fuchsii*) localisées en milieux ombragés rappellent la proximité de l'étage montagnard. C'est pourquoi le hêtre n'est jamais l'espèce dominante, même s'il est régulièrement présent. Une seule fois, nous avons trouvé des peuplements relativement typiques où le hêtre dominait *Ostrya*, sur un éboulis de versant nord ombragé, au-dessous d'un petit banc de rochers. Une formation plus sèche et plus pionnière (rel. 8, tab. 6.2), s'apparente floristiquement et stationnellement au *Seslerio-Fagetum* nord-alpin, le type plus frais et plus mûr (rel. 2, tab. 6.2) semble s'apparenter au *Tilio-Fagetum*. Il s'agit probablement de types du sud des Alpes, dont la description précise nécessitera de plus amples investigations.

La région de Meriggo-Giura au dessus de Meride est très impressionnante: à l'ombre d'une strate arborescente de *Ostrya* et *Quercus* s'étend une strate arbustive presque impénétrable de *Ilex aquifolius*, *Taxus baccata*, *Daphne laureola* et *Ruscus aculeatus* (rel. 1, tab. 6.2). Ce type de forêt à forte tendance océanique semble être en voie d'extension. Ici également, de plus amples recherches écologiques et phytosociologiques seront nécessaires à la compréhension de ces milieux. L'aspect dynamique pourrait par exemple être étudié par une analyse diachronique (photographies aériennes) susceptible de fournir des renseignements intéressants.

Tab. 6.2. Relevés de végétation.

Rel. 1	Giura, Meride TI; coord. 717.68/83.84/805m; sur dolomie du Salvatore; 29.4.1989 / Markus Bichsel
Rel. 2	Tre Fontane, Meride TI; coord. 716.10/85.50/700m; sur éboulis dolomitique; 3.10.1990 / Jean-Daniel Gallandat, Markus Bichsel
Rel. 3	Caree (Station de montagne du téléphérique de Serpiano), Brusino-Arsizio TI; coord.716.24/85.88/670m; moraine sur porphyre quartzifère; 19.5.1991 / Markus Bichsel
Rel. 4	Cassina, Meride TI; coord. 717.00/85.00/890m; sur dolomie du Salvatore; 19.5.1991 / Markus Bichsel
Rel. 5	Cave Boscaccio, Meride TI; coord. 715.98/85.39/720m; sur dolomie du Salvatore; 3.10.1990 / Jean-Daniel Gallandat, Markus Bichsel
Rel. 6	Cave Boscaccio, Meride TI; coord. 716.05/85.37/740m; sur dolomie du Salvatore; 19.5.1991 / Markus Bichsel
Rel. 7	Val Porina, Meride TI; coord. 716.52/85.42/860m; sur dolomie du Salvatore; 3.10.1990 / Jean-Daniel Gallandat, Markus Bichsel
Rel. 8	Tre Fontana, Meride TI; coord. 716.12/85.52/700m; sur éboulis dolomitique; 3.10.1990 / Jean-Daniel Gallandat, Markus Bichsel
Rel. 9	Giura, Meride TI; coord. 717.60/83.95/820m; sur dolomie du Salvatore; 3.10.1990 / Jean-Daniel Gallandat, Markus Bichsel
Rel. 10	Giura, Meride TI; coord. 717.65/83.55/720m; sur dolomie du Salvatore; 29.4.1989 / Markus Bichsel
Rel. 11	Cave Boscaccio, Meride TI; coord. 716.02/85.40/730m; sur dolomie du Salvatore; 19.5.1991 / Markus Bichsel (rel. incomplet)

Tab. 6.2. (continué)

Relevé N°	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
Altitude (m)	805	700	670	890	720	740	860	700	820	720	730
Exposition	SW	NW	NN-W	S	WN-W	SW	S	NW	SW	SSW	NW
Pente (%)	30	80	10	5	60	30	70	70	30	50	120
Surface (m2)	150	400	500	200	200	200	200	150	150	150	100
Recouv. str. arboresc.1 (%)	90	85	90	85	90	80	75	80	70	85	50
Hauteur str. arboresc.1 (m)	10	25	25	25-28	20	15 (18)	15-20	15-20	5-7	10	5
Recouv. str. arboresc.2 (%)	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-
Hauteur max. str. arb.2 (%)	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-
Recouv. str. arbustiv. (%)	60	<1	50	10	20	20	20	<1	40	15	5
Hauteur max. str. arbustiv. (%)	5	2	5	5	5	3 (7)	3	2	3	3	2
Recouv. str. herbacée (%)	20	10	90	50	80	80	80	80	60	30	80
Hauteur str. herbacée (cm)	20	30	25 (50)	20 (50)	30 (50)	20 (50)	20 (50)	20 (50)	30	20	20
Nombre d'sp.	15	24	43	55	44	67	52	28	39	48	19
Alliance prov.	?	Fag.	<- - - -		Carp.	- - - -	->	Fag.	Ostr.-Carp.		
Strate arborescente											
Ostrya carpinifolia	5	3	3	+	2	4	4	4	2	2	3
Acer pseudoplatanus	.	2	.	3	1	.	2	.	.	.	.
Fagus sylvatica	.	3	2	2	1	.	.	2	.	.	.
Hedera helix	.	1	.	.	2	2	.	.	.	.	.
Castanea sativa	.	.	4	1	.	.	.	.	.	.	.
Prunus avium	.	.	1	2	1	.	.	.	.	.	.
Fraxinus excelsior	.	.	1	.	4	.	2	.	.	.	.
Carpinus betulus	.	.	3	.	.	.	1	.	.	.	.
Tilia cordata	.	.	.	2	.	1	1	.	.	.	.
Quercus petraea	.	.	.	1	1	.	1	.	.	.	.
Ulmus glabra	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.
Acer campestre	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Clematis vitalba	2m	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.
Fraxinus ornus	.	.	.	.	.	.	.	2	4	.	.
Quercus pubescens agg.	.	.	.	.	.	1	.	.	2	4	2
Sorbus aria	.	1	.	.	.	.	+	+	.	.	2
Strate arbustive											
Taxus baccata	2	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Ilex aquifolium	4	.	+	+	.	+	+	.	1	.	.
Fagus sylvatica	.	1	1	.	.	.	+	+	.	.	.
Hedera helix	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Castanea sativa	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Sambucus nigra	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.

Tab. 6.2. (continué)

Relevé N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tilia cordata	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.
Corylus avellana	.	.	2	1	2	.	+	.	.	.	.
Acer campestre	.	.	1	+	.	2	+	.	+	.	.
Prunus avium	.	.	2	+	.	+	.	.	.	+	.
Laburnum anagyroides	.	.	+	.	+	1	2	.	2	1	1
Daphne mezereum	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Ulmus glabra	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Fraxinus excelsior	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.
Clematis vitalba	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Euonymus europaeus	.	.	.	.	+	1	.	.	.	.	.
Acer pseudoplatanus	.	.	.	.	+	1	+	.	.	.	.
Sorbus aria	.	.	.	.	.	+	+	+	+	1	.
Cornus mas	.	.	.	.	.	1	1	.	1	2	.
Crataegus monogyna	.	.	.	.	.	+	+	.	+	1	.
Viburnum lantana	.	.	.	.	.	+	+	.	1	1	.
Fraxinus ornus	.	.	.	.	.	+	.	.	2	1	.
Cornus sanguinea	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Coronilla emerus	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	+
Ligustrum vulgare	(1)	.	.	.	.	.	+	.	+	1	.
Rosa pendulina	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Tamus communis	(1)	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.
Rhamnus catharticus	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Lonicera xylosteum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
Rosa arvensis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Ostrya carpinifolia	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1	1
Quercus pubescens agg.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1
Strate herbacée											
Vinca minor	2	.	1	+	4	2	2	.	2	2m	.
Hedera helix	1	2	+	.	1	2m	.	+	+	2m	.
Rubus fruticosus	2	+	2m	1	2	+	2	1	.	.	.
Ilex aquifolium	1	.	+	+	+	+	+	+	+	.	.
Melica nutans	+	.	+	1	.	2m	2	+	.	.	+
Cyclamen purpurascens	.	2m	.	+	1	2m	1	2	1	1	1
Hepatica nobilis	.	1	.	1	.	2m	.	1	+	2m	+
Clematis vitalba	.	+	+	.	.	+	1	.	+	+	.
Corylus avellana	.	+	+	+	.	+	.	.	.	+	.
Acer pseudoplatanus	.	+	.	2m	1	1	+	+	+	.	.
Carex digitata	.	1	.	1	1	1	1	+	+	.	.
Melittis melissophyllum	.	1	.	.	+	1	.	1	.	.	+
Convallaria majalis	.	+	.	+	.	+	.	1	.	.	+
Solidago virgaurea	.	+	.	+	+	.	.	+	.	+	.
Prenanthes purpurea	.	+	.	2m	.	+	1	+	.	.	.
Asarum europaeum s.l.	2m	1	1	1	2	+	.	.	.	.	.
Carex sylvatica	+	.	+	+	1	.	+	.	.	.	.
Fraxinus excelsior	.	2m	.	1	+	.	1	.	.	.	.
Cardamine heptaphylla	.	2	2	.	.	1	.	.	.	.	.
Lamiastrum galeobdolon ssp. flavidum	.	1	1	.	1	+	.	.	.	.	.
Paris quadrifolia	.	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.

Tab. 6.2. (continué)

Relevé N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Geranium nodosum	.	.	2	2m	2	+	+	.	.	.	.
Polygonatum multiflorum	.	.	2m	2	1	+	.	.	.	.	.
Anemone nemorosa	.	.	2	3	.	+	.	.	.	.	.
Acer campestre	.	.	1	1	+	+	+	.	.	.	.
Symphytum tuberosum	.	.	1	1	.	1	.	.	.	.	.
Euphorbia amygdaloides	.	.	1	.	1	1	.	.	.	.	.
Pulmonaria officinalis	.	.	+	.	1	+	.	.	.	.	.
Prunus avium	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.
Asperula taurina	.	.	+	.	1	.	.	.	.	.	.
Galium aristatum	.	.	.	1	+	2m	1	1	.	.	+
Rosa arvensis	.	.	.	1	+	2m	1	.	+	.	.
Veratrum nigrum	.	.	.	+	+	1	1	+	.	.	.
Brachypodium sylvaticum	.	.	.	+	+	.	3	.	.	.	.
Fragaria vesca	.	.	.	+	.	1	+	.	.	.	.
Salvia glutinosa	.	.	.	+	1	.	+	.	.	.	.
Tilia cordata	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.
Rubus caesius	.	.	.	1	+	1	.	.	.	.	.
Ornithogalum pyrenaicum	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.
Euphorbia dulcis	.	.	.	2m	.	2m	.	.	+	.	.
Mercurialis perennis	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.
Euonymus europaeus	.	.	.	.	1	2	1	.	.	.	.
Colchicum autumnale	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.
Luzula nivea	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Luzula sylvatica	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Castanea sativa	.	r	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Allium ursinum	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.
Cardamine bulbifera	.	.	2m	.	.	.	.	.	.	.	.
Sambucus nigra	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Aruncus dioicus	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
cf. Scilla bifolia	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Dryopteris filix-mas	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Petasites albus	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Poa nemoralis	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Stachys sylvatica	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Helleborus viridis	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.
Aegopodium podagraria	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.
Primula vulgaris	.	.	.	1	.	+	.	.	.	.	.
Tanacetum corymbosum	.	.	.	+	.	1	.	.	.	.	.
Viola riviniana	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.
Astrantia major	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.
Phyteuma spicatum	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
Senecio nemorensis ssp. fuchsii	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
Lonicera xylosteum	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Crocus vernus	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Heracleum sphondylium	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Rubus idaeus	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Quercus petraea	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Dryopteris carthusiana	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Galeopsis tetrahit	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Viola mirabilis	.	.	.	.	+	1	.	.	.	.	.

Tab. 6.2. (continué)

Relevé N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cornus mas	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
Fraxinus ornus	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
Festuca heterophylla	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
Lathyrus vernus	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
Cornus sanguinea	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Arabis turrita	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Festuca ovina s.l.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.
Viburnum opulus	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
Melica uniflora	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
Ulmus glabra	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Laburnum anagyroides	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Carex pilosa	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Viola reichenbachiana	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Prunus spinosa	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.
Iris graminea	.	.	.	.	.	1	1	.	1	.	.
Tamus communis	(1)	.	.	.	1	+	1	.	+	1	.
Ligustrum vulgare	.	.	.	.	+	1	1	.	2	2m	.
Crataegus monogyna	.	.	.	.	+	+	+	.	+	+	.
Carex flacca	.	.	.	.	.	+	1	.	3	1	.
Viburnum lantana	.	.	.	.	.	+	1	+	1	2m	+
Coronilla emerus	.	.	.	.	.	1	.	2	1	2	1
Sesleria caerulea	.	1	.	.	.	1	.	4	.	.	4
Cruciata glabra	.	.	.	.	.	+	.	.	+	1	.
Asparagus tenuifolius	.	.	.	.	.	.	+	.	1	+	+
Rhamnus catharticus	.	.	.	.	.	.	+	.	+	1	.
Sorbus aria	.	.	.	.	.	.	+	.	.	2	.
Carex humilis	.	.	.	.	.	.	+	+	1	2	.
Brachypodium pinnatum ssp. rupestre	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1	1
Anthericum cf. ramosum	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1	.
Carex ferruginea ssp. austroalpina	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
Calamagrostis varia	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Rosa pendulina	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Cephalanthera longifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Quercus pubescens agg.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	.
Ruscus aculeatus	(2)	.	.	.	.	.	.	.	+	1	.
Polygala chamaebuxus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.
Lonicera cf. caprifolium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	.
Juniperus communis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
Carex montana	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1	.
Melampyrum pratense s.l.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
cf. Platanthera bifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
Polygonatum odoratum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
Silene nutans var. livida	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
Daphne laureola	(1)	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Peucedanum cervaria	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Galium lucidum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Viola hirta	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Teucrium chamaedrys	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2m
Erica herbacea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m

INTERVENTIONS

J.-P. Theurillat - Monte San Giorgio, relevé 8 (tab. 6.2)
L'attribution du relevé au *Carpinion betuli* est discutable, car il manque les espèces caractéristiques de l'alliance dans la strate herbacée et dans la strate arbustive. L'attribution au *Carpinion orientalis* à l'aide d'*Ostrya carpinifolia* et de *Fraxinus ornus* uniquement n'est pas convaincante non plus, ces deux espèces pouvant constituer, avec le hêtre, des groupements du *Fagion* dans le domaine illyrique. Si l'on tient compte de l'utilisation extrême qui a été faite du milieu autrefois jusqu'il y a une trentaine d'années (pâture par les chêvres, coupes régulières), et du fait que le hêtre n'a pas totalement disparu, on peut se demander si on ne serait pas en présence d'un groupement insubrien du *Seslerio-Fagenion* où le taillis et le pâturage auraient favorisé le développement d'*Ostrya carpinifolia* et de *Fraxinus ornus*, au détriment du hêtre.

Th. Müller - Monte San Giorgio
Premier objet: Relevé 8 (tab. 6.2) des forêts du Tessin méridional. D'après la composition floristique aussi bien que d'après le milieu, il ne s'agit pas d'un *Carpino betuli-Ostryetum*, mais plutôt d'un *Seslerio-Fagetum* dégradé par le traitement en taillis ou par le parcours du bétail autrefois. Celui-ci correspond au *Seslerio autumnalis-Fagetum* de Slovénie et de Croatie qui appartiennent tous deux à la sous-alliance *Cephalanthero-Fagenion*.
Deuxième objet: Relevé 2 (tab. 6.2). Ici il s'agit d'une variante à *Ostrya* du *Dentario heptaphylli-Fagetum* (Moor 52) Müller 66, proche du *Cephalanthero-Fagion*.
Troisième objet: Relevé 5 (tab. 6.2). D'après la composition floristique aussi bien que d'après le milieu, il ne s'agit pas d'un *Asperulo taurinae-Tilietum* mais d'une variante fraîche du *Carpino betuli-Ostryetum* (cette remarque concerne aussi les relevés 3, 4 et 6).
Quatrième objet: Relevé 7 (tab. 6.2) serait par conséquent une variante sèche du *Carpino betuli-Ostryetum*. Si les relevés de ce tableau ne sont pas attribués à l'*Asperulo taurinae-Tilietum*, mais à une variante fraîche d'une association du *Carpinion* et si l'on veut respecter les règles de nomenclature, il faut utiliser ici le nom de *Cirsio erisitali-Ulmetum aegopodietosum* (stations fraîches) et *fraxinetosum orni*, crée par ANTONIETTI en 1968, même si ce nom n'est pas très heureux.
Les chênaies buissonnantes à *Potentilla alba* du Monte San Giorgio font penser aux chênaies sèches subcontinentales d'Europe centrale et orientale puisqu'elles possèdent en commun d'autres espèces comme *Stachys officinalis*, *Trifolium alpestre*, *Serratula tinctoria*, *Inula hirta*, *Filipendula vulgaris* et *Hypochoeris maculata* (*Potentillo albae-Quercetum petraeae* Libb. 33 n. inv. Oberd. 57 em. Th. Müller appartenant à l'alliance *Potentillo albae-Quercion petraeae* Zol. et Jak. 57 n. nov. jak. 67 et à l'ordre *Quercetalia pubescenti petraeae* Klika 33 corr. Moravec in Béguin et Theurillat 84). Ce n'est pas un hasard si *Pyrus nivalis* Jacq. fut découvert dans ce milieu.

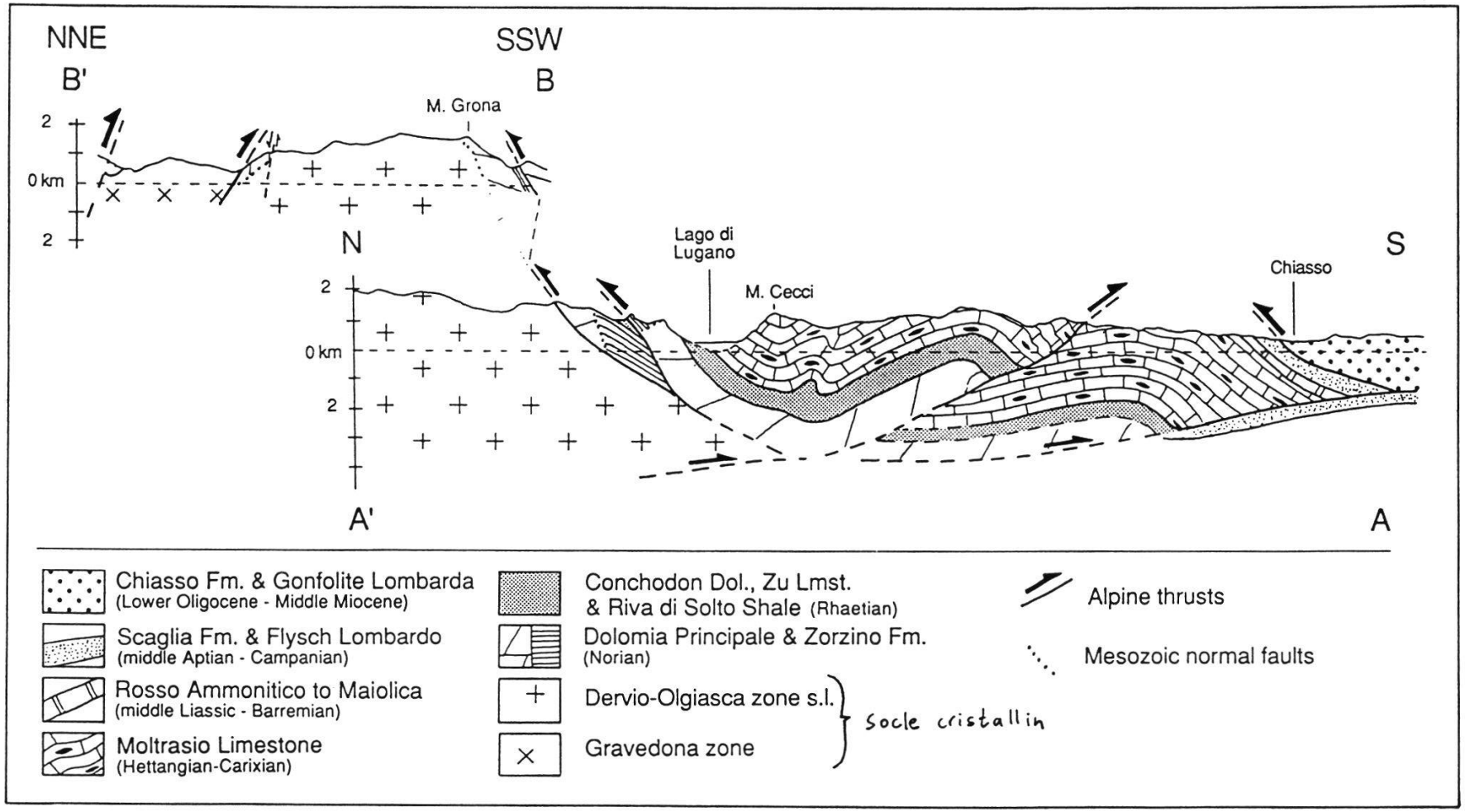
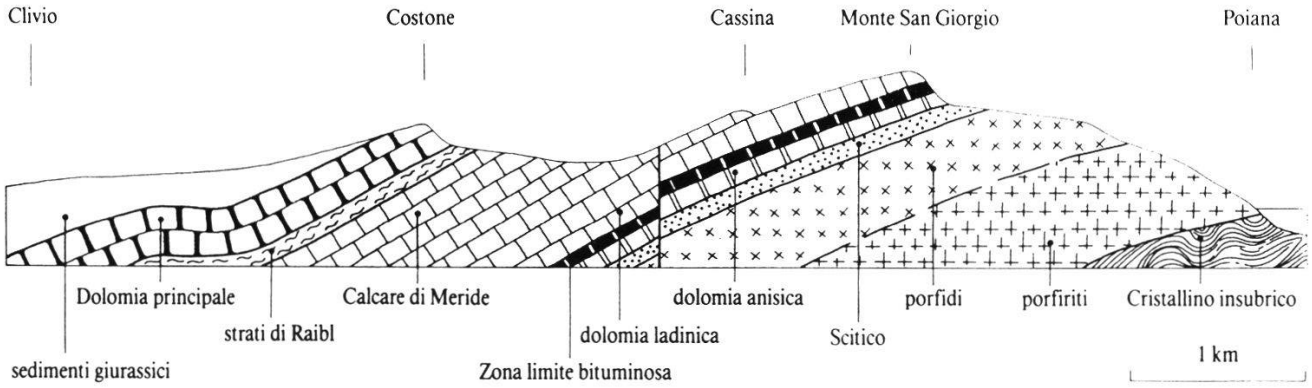


Fig. 6.1. Coupe géologique N-S depuis le lac de Lugano à Chiasso (d'après BERTONI, 1991)



Profilo geologico del Monte San Giorgio (da KUHN-SCHNYDER 1963).

Fig. 6.2. Coupe géologique N-S du Monte San Giorgio (FELBER, 1991)

7. Zone alluviale de la Valle Maggia (Someo et Riveo)

G. CARRARO, P. GIANONI, G. GIANOLA, J.-D. GALLANDAT

7.1 INTRODUCTION

La zone alluviale de Someo est constituée du fleuve et de l'ensemble des rives subissant actuellement ou ayant subi dans un proche passé l'impact des crues. La Valle Maggia est une vallée en U, où il est relativement aisé d'établir d'un point de vue écologique, les limites d'influence des crues. L'altitude de l'axe principal passe de 254 m à Ponte Brolla et 443 m à Bignasco, jusqu'à 3000 m vers le Monte Basodino sur une distance de seulement 30 km.
Les milieux naturels, dans le cour moyen, occupent environ 60% du territoire, répartis de la façon suivante:

- zone alluviale non-boisée : 25%
- zone alluviale boisée : 35%

Le reste de la surface est partagé entre l'industrie (2%), les habitations (10%) et l'agriculture (28%).

7.2. DONNÉES CLIMATIQUES

La Valle Maggia est ouverte vers le sud et subit de ce fait des influences méridionales qui remontent jusqu'aux Alpes.
Le fond de vallée présente un climat relativement humide. La température moyenne annuelle y est de 9-10°C (Locarno: 11.8°C, Zürich: 8.5°C); la température moyenne en janvier avoisine 0-2°C, en juillet 18-21°C (Locarno: 2.8°C et 20.9°C). Plus de la moitié des journées d'une année est libre de toute nébulosité.
Les précipitations sont à caractère insubrien, ce qui implique, en été surtout, de fortes pluies, violentes et orageuses, mais de courte durée. Les précipitations moyennes annuelles sont de 1747 mm à Cevio, 1640 mm à Maggia, sur 104 jours de pluie. Dans ce bassin-versant, on trouve les régions avec la plus haute pluviométrie du Tessin: Valle Rovana, Valle Onsernone, Centovalli

(avec des pointes à 420 mm/jour).
Le foehn est le vent qui peut avoir un effet important sur la végétation en faisant chuter l'humidité relative, parfois jusqu'à 10% (incendies!).
Ce sont donc là des conditions climatiques très particulières, génératrices d'un ensemble d'écosystèmes unique en Suisse et en Europe.

7.3. DONNÉES GÉOLOGIQUES ET PÉTROGRAPHIQUES

A notre connaissance, il ne semble pas exister de publication traitant de l'ensemble de la géologie de la Valle Maggia. D'autre part, il n'existe pas de carte à l'échelle du 1/25'000 qui permettrait une interprétation fine. Les quelques indications ci-après ont donc été tirées de la carte au 1/50'000 et, dans une moindre mesure, de l'observation sur le terrain (caractérisation de cailloux prélevés aléatoirement).
La Valle Maggia présente une grande homogénéité géologique: elle est formée de roches métamorphiques, principalement des gneiss de composition granitoïde (orthogneiss) et plusieurs paragneiss: gneiss, micaschistes, phyllades. S'agissant de roches silicatées, une certaine acidité des alluvions du fleuve est donc prévisible. Cependant, celles-ci comportent également divers feldspaths alcalins facilement altérables (kalifeldspaths, plagioclases), et on constate la présence de zones à dolomie, ce qui laisse aussi présumer une influence alcalinisante sur la qualité des sols.

7.4. DONNÉES HYDROLOGIQUES

Le bassin versant de la Maggia a une surface de 924 km^2, ce qui représente plus d'un quart de l'aire du canton du Tessin. La Maggia vient du Val Lavizzarra et reçoit deux de ses affluents majeurs à Bignasco (la Bavona) et Visletto (la Rovana). Un autre grand affluent est la Melezza qui se déverse dans la Maggia à Losone. Le long de son cours elle reçoit encore plusieurs affluents mineurs: Cascata del Soladino à Riveo, torrents des vallées de Giumaglio et Coglio, Ri di Lodano, Ri del Salto à Maggia, Ri di Dentro à Moghegno et Ri di Gei à Gordevio (Ri = ruisseau).
La Maggia est canalisée sur son dernier tronçon, entre Ponte Brolla et Locarno et elle a fait l'objet de quelques petites corrections ponctuelles qui n'influencent pas son régime hydrique naturel. Mais en amont (Lago del

Sambuco, Robiei), de nombreux bassins artificiels construits dans les années 50 et 70 pour l'utilisation des forces hydro-électriques, sont responsables d'une certaine faiblesse des débits moyens annuels ainsi que des débits minimaux. Les données à disposition, mesures effectuées à Bignasco, indiquent un débit moyen de 4.7 m^3/s, qui atteint 9 m^3/s à Ponte Brolla, et est partout à son maximum durant la période estivale.
D'autre part, les valeurs moyennes mensuelles respectent fidèlement les caractéristiques pluviométriques propres au climat insubrien, et reflètent de près chaque événement climatique; ce qui explique la formation soudaine de crues, qui peuvent faire augmenter très fortement et en peu de temps le débit du fleuve (le rapport de son débit minimum à son débit maximum est de 1/7'000).
Ainsi, les 7-8 août 1978, la Maggia est passée à Ponte Brolla à raison de env. 3'500 m^3/s, formant une crue déclarée millénale, 500 fois supérieure aux débits moyens et 1'000 fois supérieure aux débits minimaux.
Les débits maximaux alternent de ce fait, parfois brutalement, avec les périodes de sécheresse, accentuées encore par des débits minimaux de restitution des barrages hydroéléctriques plutôt faibles (par exemple 1.2 m^3/s à Bignasco).
Il est intéressant de noter que les crues sont en outre accompagnées des phénomènes suivants:

- formation par éboulement de barrages naturels en amont, dont l'effondrement subit provoque l'arrivée de grandes masses d'eau supplémentaires;
- surélévement du lit (environ 1.5 à 6 m après 1978), en particulier dans la région entre Riveo et Cevio, dû aux apports continuels de matériel morainique fragmenté provenant de la Rovana;
- apports considérables de sédiments à l'embouchure de la Maggia dans le Lac Majeur (environ 10 millions de m^3, entre 1950 et 1980).

La limite supérieure de la nappe phréatique sur l'ensemble de la zone alluviale est dans la majeure partie des cas à une profondeur telle (1.8 à 5 m) qu'elle n'a probablement qu'une influence mineure sur la végétation et la pédogénèse.
Pour préciser le contexte général des écosystèmes alluviaux de la Maggia, on retiendra les indications hydrologiques suivantes:

- La Maggia a un régime torrentiel et transporte des quantités considérables de sédiments à texture grossière; ses quelques bras latéraux ont cependant un débit plus calme et les fluctuations de la nappe phréatique restent modestes.
- La Maggia est un ensemble de trois systèmes hydriques distincts, qui in-

duisent des différences sur les plans pédologique et phytosociologique: ce sont, sur les bords extrêmes du thalweg, les cônes de déjection d'affluents secondaires, puis les divers bras latéraux formés de part et d'autre du cours central, et enfin le lit principal et ses rives.

- Les barrages construits en amont pourraient avoir une influence sur la nappe phréatique, sur les crues périodiques de 1 à 10 ans, et certainement sur les débits minimaux.
- Il n'est pas possible de définir, sans recourir à des modèles hydrologiques détaillés, la quantité d'eau qui parvient en un point déterminé du lit, et avec quelle probabilité; l'observation des photos aériennes des dernières décennies reste à cet égard fort instructif.

7.5. LE TRANSECT D'ÉTUDE DE SOMEO

Le transect étudié à Someo comprend une bonne partie du fond de vallée, de façon à traverser les deux rives du lit principal, ainsi qu'une zone de bras latéraux sur la rive gauche. En raison de sa longueur, il est divisé en trois sous-transects aux dimensions plus modestes.

Evolution du site depuis 1933
(d'après la comparaison des photos aériennes)
En 1933, toute la zone présente de profondes traces d'une violente crue (peut-être celle de 1920), et les corrections partielles survenues en 1925 à l'amont ont isolé l'aulnaie blanche du lit majeur (station 6), alors que les alentours sont restés buissonneux, au lieu de présenter un état plus évolué. Malgré cela, la végétation reprend tout de même de façon satisfaisante, sauf près des stations du type 3 où la reconstitution est plus lente, et où la strate arbustive (dominée par l'argousier, selon information orale) a été modifiée par l'homme dans les années 75-80 en une malheureuse tentative de plantation de pin noir.
Même pendant la grande crue de 1978, la zone nord de Someo ne semble souffrir d'aucune influence de la rivière en raison des endiguements intervenus.
Dans la partie centrale il y a de continuels remaniements par le cours d'eau, et certaines formations ligneuses (peupleraies?) ont subi une importante destruction cette année-là. A partir de cette date, les formations pionnières reprennent lentement.
D'autre part, au cours des années, les îlots se déplacent vers l'aval, probable-

ment érodés à la pointe et rechargés en matériau à la queue par l'action de la rivière.

Someo 1

La station se situe à 2 m d'un bras d'un ruisseau latéral de la Maggia. L'endroit n'est plus touché par les eaux du fleuve principal (changement d'hauteur de la nappe?); la microtopographie est irrégulière.

Végétation: la végétation est le *Pruno-Fraxinetum*, une forêt normalement peuplée de *Fraxinus excelsior* et *Alnus glutinosa* sur des sols à nappe phréatique située à une profondeur moyenne de 30-60 cm.

Dans le cas présent le peuplement principal est constitué par des aunes blancs, qui témoignent qu'autrefois toute cette partie était influencée directement par les crues de la rivière principale.

Dans les strates inférieures on retrouve des espèces indicatrices d'humidité comme *Carex brizoides*, *Carex umbrosa*, *Carex remota* et *Scirpus silvaticus*. *Allium ursinum*, que signale son odeur caractéristique, est présent régulièrement dans ce type de milieu, si rare dans la vallée.

Sol (fig. 7.1, p. 152): cette station se trouve près d'un petit bras de rivière et a donc un sol hydromorphe, un gley oxydé à hydro-mull acide formé de quatre apports différents.

Someo 2

La station se situe sur un banc de galets soustrait depuis plusieurs années (30-40 ans?) à l'activité fluviale; le terrain est plutôt plat.

Végétation (voir rel. 4, tab. 7.1, p. 146)

Sol (fig. 7.1, p. 152): le sol est composé de trois apports successifs; le premier est minéral (SG = 88%), les deux couches supérieures sont à granulométrie plus fine (SF = 42%), mais très peu organiques, avec un début de structuration pour l'horizon intermédiaire, et un moder pour l'horizon supérieur (C/N = 12.5). L'ensemble est très sableux et à pH pas très acide (pH = 5.3 à 6.2). Le milieu est très drainant.

Someo 3

La station se trouve en lisière de forêt, à la limite du lit de crue actuel de la Maggia.

Végétation: le groupement est un *Hippophao-Berberidetum*, âgé de 10 ans. C'est une strate arbustive haute de 1 à 3 m dominée par l'argousier (*Hippophäe rhamnoides*) et différentes espèces de ronces (*Rubus fruticosus*,

Rubus sp.). L'argousier possède la capacité de fixer l'azote et constitue ainsi un stade déterminant pour l'amélioration du susbstrat formé de bancs de galets bruts.

Sol (fig. 7.1, p. 152): le profil de cette station montre un sol avec tendance à la brunification (Fe Ox/Fe CBD = 0.4) composé d'un unique horizon très peu organique (C = 2.7%), mais avec un début de structuration, directement déposé sur un lit de cailloux riche en gros blocs roulés (40%).

Tab. 7.1. Relevé 4: Vallemaggia. 18.7.1990. Commune de Someo (TI)

Cruciato glabrae-Quercetum (*castanosum*) / *Carpinion* (Unité 34 selon ELLENBERG et KLÖTZLI, 1972)
Exposition: -. Altitude: 350 m. Pente: -
Sol: (L) - A1 - A1 (B) C - C - IIC
pH 5,0
5,5
Type de sol: Ranker alluvial légèrement brunifié

Strate arborescente: 80%; 15m
3 *Quercus robur* + *Q. petraea*
3 *Tilia cordata*
1 *Fraxinus excelsior*
+ *Salix elaeagnos* *
+ *Betula pendula*
+ *Prunus avium*
(+) *Picea abies*
o *Alnus incana* (mort !) *

Strate arbustive: 50 %
2 *Crataegus monogyna*
1 *Prunus avium*
1 *Berberis vulgaris*
1 *Tilia cordata*
1 *Cornus sanguinea*
1 *Frangula alnus*
+ *Rhamnus cathartica*
+ *Carpinus betulus*
+ *Evonimus europaea*
+ *Fraxinus excelsior*
+ *Picea abies*
+ *Ligustrum vulgare*
+ *Sorbus aucuparia*
+ *Robinia pseudoacacia*
+ *Quercus robur*
+ *Juniperus communis*
+ *Corylus avellana*
+ *Rubus* sp.
+ *Acer campestre*

Strate herbacée: 100 %
2 *Festuca heterophylla*
2 *Hedera helix*
2 *Hepatica nobilis*
2 *Carex digitata*
2 *Carex humilis*
1 *Berberis vulgaris*
1 *Ligustrum vulgare*
1 *Salvia glutinosa*
1 *Viola silvestris*
1 *Poa nemoralis*
1 *Tilia cordata*
1 *Brachypodium silvaticum*
+ *Acer campestre*
+ *Aruncus silvester*
+ *Laserpitium latifolium*
+ *Prunus avium*
+ *Vincetoxicum officinale*
+ *Crataegus monogyna*
+ *Anemone nemorosa*
+ *Quercus robur*
+ *Rubus* sp.
+ *Fragaria vesca*
+ *Polygonatum multiflorum*
+ *Dryopteris filix-mas*
r *Euphorbia cyparissias*

Commentaire:
Les espèces indiquées avec * sont les vestiges de l'ancien peuplement alluvial (Salicetum elaeagni / Populetum nigrae ?): suite à la contruction d'un endiguement à l'amont, l'endroit n'est plus touché par les crues de la rivière (depuis 1940). Son cortège floristique va présenter des affinités de plus en plus grandes avec celui du relevé 1 de l'étage collinéen.

Someo 4

La station est placée dans une zone où affleurent de nombreux blocs.

Végétation: le groupement est un *Salicetum elaeagni*, au stade jeune (7 ans) avec un cortège d'espèces pionnières comme *Salix elaeagnos* (arbuste), *Echium vulgare*, *Erucastrum nasturtiifolium*, *Calamagrostis epigeios*.

Cette formation de saule drapé est largement répandue le long de la rivière principale, car le facteur assurant sa perennité est la périodicité régulière des crues: seul l'impact mécanique du courant permet de maintenir le caractère pionnier de cette formation.

Sol (fig. 7.1, p. 152): cette station a un sol alluvial polyphasé pas à peu évolué, composé de deux apports sableux grossiers distincts (SG = 55% à 85%). Il n'y a pas d'humus, mais seulement une litière où des débris de feuilles vieux de 3 ans sont identifiables.

Someo 5

La station se trouve sur un terrain relativement plat, moins touché par les crues dévastatrices que les formations à saule drapé. Les apports en matière fine (sables) de la rivière sont donc déterminants.

Végétation: le peuplement est un *Alnetum incanae*, âgé de 25 ans en moyenne. La strate dominante est constituée par *Alnus incana* et la strate arbustive est dominée par *Rubus caesius* et, dans ce cas précis, *Cornus sanguinea*.

Sol (fig. 7.1, p. 152): cette station montre un sol alluvial polyphasé peu évolué, mais assez profond et composé de nombreuses séquences: au moins six apports différents sur neuf horizons distincts, trois couches humifères n'ayant pu être prélevées. Ce sol est donc formé d'une alternance d'horizons humifères très fins et plutôt peu évolués, et d'horizons minéraux à la granulométrie changeante. Ce profil rassemble les pH les plus élevés (7 à 8) de tous les sites étudiés, après ceux des deux sols bruts.

Someo 6

La station est proche de la précédente.

Végétation: le groupement est un jeune *Ulmo-Fraxinetum* (species insubrica) de 22 ans. Il se différencie du peuplement précédent par la composition de la strate arborescente, formée de *Tilia cordata*, *Fraxinus excelsior* et *Ulmus glabra* (plutôt rare en Vallemaggia).

On peut noter le développement de certaines espèces qui révèlent l'existence de crues (*Alnus incana*, *Rubus caesius*, *Solanum dulcamara*, *Salix elaeagnos*), alors que d'autres comme le lierre (*Hedera helix*) indiquent une évolution de la station (brunification du sol).

Sol (fig. 7.1, p. 152): cette station a un sol alluvial polyphasé peu évolué, très semblable au précédent, tout en présentant une assez nette évolution de tous les horizons: les pH ont un peu baissé (6.7 à 7.9) et l'horizon humifère supérieur s'est épaissi, formant un moder (C/N = 14.9, structure très peu formée, instable). A remarquer que les différents horizons se répartissent sur une moins grande épaisseur que dans le profil précédent.

Riveo

Tab. 7.2. Relevé 5: Vallemaggia. 18.7.1990. Commune de Someo (TI)

Coronillo emeri-Populetum nigrae (Ass.nov.prov) /*Alno-Fraxinion* (CARRARO et GIANONI, 1989 / 1992)
Exposition: -. Altitude: 400 m. Pente: -
Sol: (L) - A1 - I C - A1 - IIC - A1 - IIIC - IVC
pH 7,0 7,0 7,0
Type de sol: Sol alluvial polyphasé

Strate arborescente 1: 15 %; 20-25m
2 *Populus nigra* **A**
+ *Betula pendula* **AXT**

Strate arborescente 2: 30 %; 15m
2 *Salix elaeagnos* **AM**
1 *Fraxinus excelsior* **F**
+ *Betula pendula* **AXT**
+ *Hedera helix* **Hw**
+ *Sorbus aucuparia* **Hw**
+ *Prunus avium* **Hw**
+ *Clematis vitalba*

Strate arbustive 1: 50 %; 2-6 m
2 *Prunus avium* **Hw**
1 *Frangula alnus* **Hw**
1 *Humulus lupulus* **A**
1 *Tilia cordata* **Hw**
+ *Fraxinus excelsior* **F**
+ *Rosa caesia* **XTM**
r *Pinus silvestris* **AXT**

Strate arbustive 2: 80 %; 0,5-2 m
4 *Rubus caesius* **A**
2 *Lonicera xylosteum* **Hw**
1 *Berberis vulgaris* **XT**
1 *Crataegus monogyna*
+ *Prunus avium* **Hw**
+ *Cornus sanguinea*
+ *Coronilla emerus* **XT**
+ *Sorbus aria* **Hw**
+ *Juniperus communis* **XT**
+ *Rosa canina* **XT**
+ *Fraxinus excelsior* **F**
+ *Castanea sativa* **Hw**
r *Daphne mezereum* **HwM**

Strate herbacée: 10 %
1 *Viola silvestris* **Hw**
1 *Hedera helix* **Hw**
1 *Rubus fruticosus* s.l.
1 *Dryopteris borreri* **F**
+ *Festuca gigantea* **F**
+ *Calamagrostis pseudophragmites* **C**
+ *Calamagrostis epigeios* **AC**
+ *Coronilla emerus*
+ *Daphne mezereum* **HwM**
+ *Arctium minus* **F**
+ *Prunus avium*
+ *Molinia litoralis* **C**
+ *Quercus petraea*
+ *Rosa caesia* **M**
+ *Crataegus monogyna*
+ *Clematis vitalba*
+ *Castanea sativa* **Hw**
+ *Ligustrum vulgare* **Hw**
+ *Chaerophyllum villarsii* **FM**
+ *Solanum dulcamara* **A**
+ *Athyrium filix-foemina* **F**
+ *Brachypodium silvaticum* **Hw**
+ *Aegopodium podagraria* **F**
+ *Ranunculus nemorosum* **Hw**
+ *Anemone nemorosa* **Hw**
+ *Angelica silvestris* **FC**

Commentaire :

La phytocénose présente un mélange typique d'espèces à caractère alluvial, pionnier (A: 9 esp.) et d'autres humicoles ou mésophiles, relevant de forêts plus évoluées comme celles du *Carpinion* (Hw: 16 esp.).
Un contraste analogue oppose les (nitro-) hygrophiles (F: 7 esp.) à d'autres plus xérothermophiles (XT: 7 esp.). Ce cortège témoigne des conditions de régime hydrique du Sud des Alpes, violent comme celui d'un torrent de montagne et discontinu (indicatrices d'humidité changeante C: 4 esp.) avec de fortes crues estivales alternant avec des périodes de sécheresse.
Bien que la majeure partie des éléments floristiques appartiennent à l'étage collinéen, quelque espèces typiques de l'étage montagnard reflètent la proximité de hauts sommets (M: 5 esp.).
Le cortège floristique ainsi décrit peut être considéré comme indicateur de la dynamique fluviale insubrienne, pour autant qu'il existe encore des surfaces inondables suffisamment vastes.

INTERVENTIONS

J.-P. Theurrillat - Frenaie à aulnes noirs / Steppe alluviale / Rôle de *Pinus*
1) Bien que la strate herbacée de la station 1 corresponde à celle d'un *Pruno-Fraxinetum*, la dominance actuelle d'*Alnus incana* et d'*Alnus glutinosa* suggère de considérer ce type de végétation comme une variante de transition de l'*Alnetum incanae* s.l. vers la frênaie, et non pas comme une frênaie, même s'il est prévisible qu'à moyen terme le frêne prendra la place de l'aulne blanc.
2) Entre la station 3 et la station 4 on traverse un peuplement herbacé ouvert, la steppe alluviale, avec *Artemisia campestris*, *Epilobium dodonaei*, *Scrophularia canina*, *Gypsophila repens*, *Calamagrostis epigeios*, *Erucastrum nasturtiifolium*, *Echium vulgare*, *Melilotus albus*, *Silene nutans*, *Euphorbia cyparissias*, *Anthyllis vulneraria*, *Sanguisorba minor*, *Scabiosa portae*, *Salix elaeagnos* (juv.). Cette association se relie à l'*Epilobio-Scrophularietum* Br.-Bl. & W.Koch in Br.-Bl. (1949)
3) Dans les peuplements analogues au relevé 5, l'absence du pin sylvestre ne s'explique pas avec la température élevée de la région, mais du fait que le climat insubrien lui est problématique. Du reste *Pinus* prospère dans des zone alluviales chaudes, sous climat continental (forêt de Finges, Valais).

Gabriele Carraro
1) *Alnus glutinosa* n'est pas une différencielle de l'*Alnetum* envers le *Pruno-Fraxinetum*, car même dans les stades climaciques de ce dernier, les aulnes noirs sont dominants. *Fraxinus* est déjà présent ici et là, avec 15-20 % dans la strate supérieure, mais - comme vous dites - c'est encore *Alnus incana* qui domine; dans ce cas douteux, le nom de *Pruno-Fraxinetum* a été choisi car les conditions stationnelles (présence d'un gley, dynamique fluviale absente) sont désormais celles d'une frênaie, non pas celles d'une aulnaie.
2) La liste d'espèces est bien de l'*Epilobio-Scrophularietum*: malheureusement nous n'avons que peu étudié ces formations car nos recherches se déroulaient au lendemain de la formidable crue de 1987 - avec une période de retour d'env. 100 ans. Ainsi les stades pionniers étaient pratiquement introuvables; pour une étude phytosociologique en zones alluviales il est nécessaire de disposer de quelques années d'observation avec des événements "représentatifs".
3) Vous avez raison, le pin sylvestre est présent à la Vallemaggia, mais peu représenté. On

le rencontre plus souvent dans les vallées intérieures, plus froides, mais surtout plus continentales. Dans ce cas on observe aussi des formes de pinèdes alluviales riches en *Picea abies*.

J. Vigo - Cartographie en zone alluviale
A quelle échelle travaillez-vous pour la cartographie des zones alluviales?

Gabriele Carraro
L'échelle utilisée pour l'inventaire pilote, qui fixait les limites et définissait les contenus principaux, était de 1:25'000.
L'Inventaire définitif et la cartographie phytosociologique menée par l'équipe de l'Université de Neuchâtel dans les objets d'importance nationale, est à l'échelle de 1:10'000, ce qui me semble la limite supérieure pour une bonne cartographie.
Pour les études de détail à la Vallemaggia le bureau d'étude DIONEA de Locarno a produit des cartographies partielles 1:1'000 et des transects 1:500; en tous les cas l'utilisation de photos aériennes récentes se revèle indispensable.

Th. Müller
La station No. 2 est très semblable à ce qu'on a décrit dans le Württembergischen Oberland comme *Carici-Tilietum cordatae* (MÜLLER et GÖRS, 1958). Je pense qu'il faut voir cette phytocénose comme une vicariante du *Carici-Tilietum cordatae*, avec *Carex humilis* à la place de *Carex alba*; cette formation n'a rien à voir avec le *Cruciato glabrae-Quercetum castanosum*!

Gabriele Carraro
Il est fort probable que les conditions de l'Argentahl puissent donner lieu à des formations analogues aux tessinoises, au moins dans leur typologie et leur structure. J'ai rapporté cette formation au *Cruciato glabrae-Quercetum* car soit la composition floristique, y compris l'espèce caractéristique *Cruciata glabra*, soit l'écologie - absence de crue, sols peu profonds, drainants et fortement acidifiés en surface - sont les mêmes que dans la formation du (*Luzulo-*) *Carpinion*, de génèse non alluviale.

R. Delpech
Il faut maintenir à tout prix les derniers restes de zones alluviales "sauvages" - p.ex. la Loire en France - et empêcher que des aménagements hydrauliques tels que captations et barrages, réduisent la dynamique fluviale. Parfois ces tendances à "régulariser" le cours d'eau trouvent leur origine dans les erreurs (non avouées, bien sûr ...) commises depuis quelques décennies.
On a en effet permis l'édification d'habitations, de zones industrielles, etc dans le lit majeur, ce qui n'aurait jamais dû être autorisé si les hommes avaient su garder la sagesse des anciens qui s'installaient toujours à l'écart des crues et avaient abdiqué leurs ambitions démesurées de "conquête de la nature".

Gabriele Carraro
L'inventaire des zones alluviales et les nouvelles lois fédérales visent en effet à la sauvegarde des complexes riverains, soit pour ceux qui sont encore en bon état, soit pour ceux déjà endommagés où on préconise des mesures de réamenagement naturels. On doit admettre que les interêts sont multiples, souvent d'un grand poids financier et politique: transposer dans la réalité ces concepts de sauvegarde n'est pas facile du tout ...
J'ai la même passion et le même amour que vous pour les zones alluviales sauvages, mais en ce qui concerne la sagesse d'autrefois (et la mentalité moins ambitieuse désormais perdue), je suis de l'avis qu'il faut y ajouter d'autres considérations moins bucoliques.

Le comportement prudent de nos ancêtres provenait en bonne partie du sentiment d'impuissance de l'homme d'autrefois vis-à-vis des catastrophes naturelles, qui malgrés toutes précautions - au Tessin par exemple - ont provoqué la mort ou l'émigration de milliers de personnes: la belle nature de notre pays était vraiment peu généreuse envers le paysan. Dans les années "70 et "80 on a pu déplorer encore une dixaine de morts suite aux crues de nos rivières, au delà des dommages matériels énormes, parmi lesquels le déracinement de ponts qui dataient de l'époque gallo-romaine ...
Ce que vous dites est donc très important en relation avec notre façon de penser et demander la "liberté" nécessaire à une rivière pour vivre.
Faire comprendre aujourd'hui l'importance des zones alluviales - effectivement riches en vie sauvage - n'est pas facile: on s'attaque, souvent sans savoir à une vision profondément enracinée des gens de nos vallées, qui, pendant des générations ont consideré la rivière en tant que menace permanente de leurs campagnes, de leurs maisons et de leur vie ... Depuis quelque décennies, les phytosociologues ont reconnu que les crues qui provoquent la destruction des végétaux, sont indispensables pour la survie même de ces communautés végétales.
Nous devons faire accepter le fait qu' une vie diversifiée, de grande valeur, n'existerait pas sans une destruction périodique: c'est un aspect contradictoire, plus admis par la mentalité occidentale et pour cette raison riche d'enseignements pour l'homme commun.

SOMEO 1 GLEY OXYDE À HYDROMULL*

1A1 hydromull, couleur: brun; structure: assez massif, puis grumeleux; texture: sablo-limoneux; racines: 2-3; frais à humide

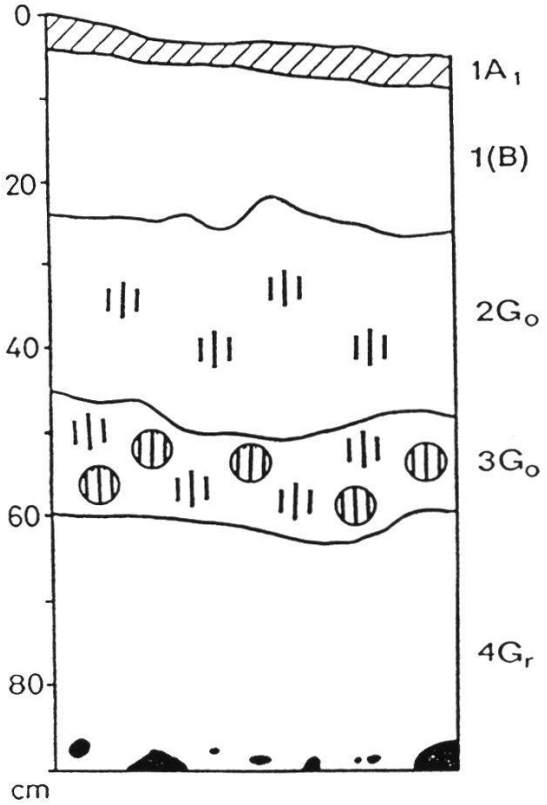
1(B) couleur: beige foncé à gris,;structure: grossier, légérement polyédrique; texture: sableux; racines: 2; frais

2Go couleur: hétérogène à matrice gris-jaune bleuté, taches d'oxydo-réduction le long des racines; structure: massif à particulaire; texture: sableux; racines: 1; frais à humide; transition peu claire

3Go couleur: brun-beige avec taches orangées concrétions de fer; structure: massif à particulaire; texture: sablo-limoneux; racines: +; humide

4Gr couleur: brun-gris foncé; structure: massif; texture: sableux; racines: 0; humide

Profil situé à 2 mètres d'un ruisseau. la nappe est à 75 cm, suintements dès 70 cm.



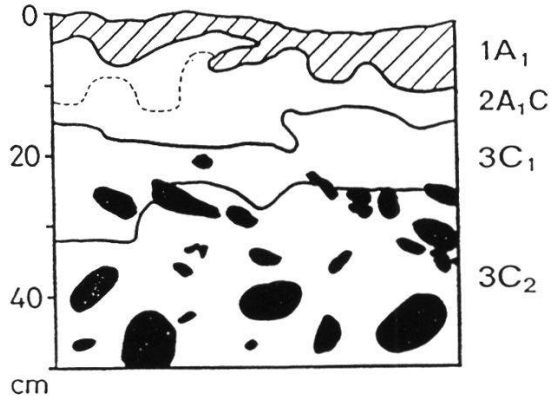
SOMEO 2 SOL ALLUVIAL À TENDANCE BRUNIFIÉE*

1A1 humus à tendance moder; couleur: brun-noir; structure: hétérogène, fin et feutré, peu de grumeaux; matière organique mal décomposée; texture: sablo-limoneux, sables brillants juxtaposés; racines: 2; sec

2A1C couleur: beige hétérogène; structure: grumeaux peu stables; texture: sableux +/- grossier, micas blancs; racines: 3; frais

3C1 couleur: beige; structure: massif à particulaire; texture: sableux; racines: +; sec à frais

3C2 lit de cailloux; couleur gris-beige



SOMEO 3 SOL ALLUVIAL À TENDANCE BRUNIFIÉE*

A1(B) sans litière; couleur: brun foncé; structure: petits grumeaux moyennement stables; texture: limono-sableux, 15% blocs et cailloux; racines: 2; sec; pH=6.8; C/N=10; HCl=0; transition nette

C lit de cailloux, 40% blocs, 25% cailloux, 25% graviers, 10% terre fine

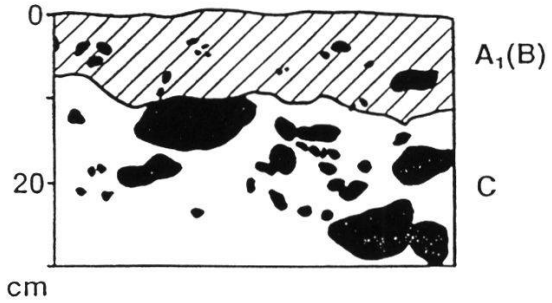
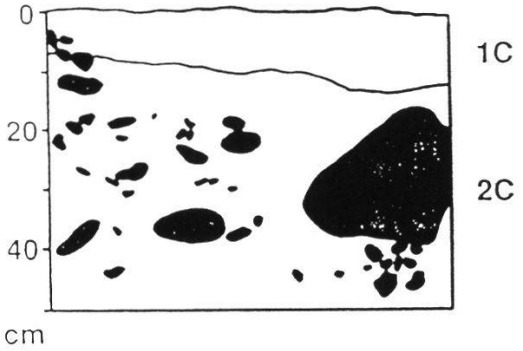


Fig. 7.1. Sols (* adapté de THÉVOZ 1989).

SOMEO 4 SOL ALLUVIAL POLYPHASE, PEU EVOLUE*

1C sans humus, avec légère litière de l'année et litière de l'année précédente fractionnée couleur brun-gris clair; structure: massif à particulaire; texture: sableux fin; racines: +; frais; pH=7.8; HCl=0; C/N=0.2; bas de l'horizon: limite de pénétration de racines

2C couleur: beige-gris; structure: particulaire; texture: sableux grossier; racines: +; frais; pH=7.5, HCl=0



SOMEO 5 SOL ALLUVIAL POLYPHASE PEU EVOLUE*

A1 horizon discontinu avec litière; couleur: brun-noir; structure: fin et feuilleté; texture: sableux avec fragments végétaux identifiables; racines: 0; sec; pH=6.4; HCl=0; C/N=10.3

1C couleur: hétérogène; structure: massif à particulaire; texture: sableux fin, avec micas; racines: 2; sec, pH=7.2; HCl=0

A1 couleur: noirâtre; structure: particulaire avec petits fragments végétaux; texture: sableux; racines: 1; sec; pH=7.6; HCl=2; C/N=10.3

2C couleur: plus claire; structure: massif à particulaire; texture: sableux grossier, racines: +; frais; pH=8.0; HCl=1

3C couleur: idem 2C; structure: massif à particulaire; texture: sableux plus fin; racines: +, frais; pH=7.7; HCl=0

4C couleur: brun foncé, avec nombreuses taches noires; structure: massif à particulaire; texture: sableux extrêmement fin, avec beaucoup de micas; racines: 0; frais; pH=7.5; HCl=0

5A1 couleur: brun-noir; horizon très humifère par endroits; structure: pas de grumeaux, lié au sable; texture: sableux; racines: 1; sec; pH=7.0; HCl=0; C/N=11.1

6C couleur: beige-brun; structure: quelques grumeaux peu stables; texture: sableux fin; racines: 2; frais; pH=7.3; HCl=1

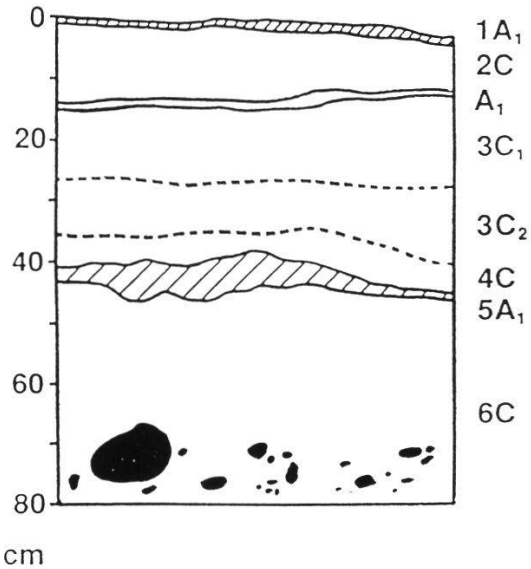


Fig. 7.1. (continuée)

SOMEO 6 SOL ALLUVIAL POLYPHASE PEU EVOLUE*

1A1 humus à tendance moder, couleur gris-noir; nombreux fragments de végétation, structure: particulaire: texture: sableux; racines: +; frais; pH=6.7; HCl=0; C/N=14.9; transition nette

2C couleur: beige clair; structure: massif à particulaire; texture: sableux fin; racines: 1; frais; pH=7.4

A1 couleur: foncé; fortement minéralisé, présence de fragments végétaux (feuilles); structure: peu stable; texture: sableux, racines: +; sec à frais

3C1 couleur: beige-noir; structure: massif à particulaire; texture: sableux (plus grossier que l'horizon précédent); racines: 1; frais; pH=7.9

3C2 couleur: plus noir; la moitié supérieure de l'horizon est constituée de minces "feuillets" alternés clairs et foncés; structure: massif à particulaire; texture: sableux fin; racines: +; frais; pH=7.7

4C couleur: beige-noir; structure: massif à particulaire; texture: sablo-limoneux; racines: 1; très frais; pH=7.2; transition très nette

5A1 couleur noir-brun; structure: plus évolué, grumeaux de 0.5-1cm; texture: limono-sableux; racines: 3; frais; pH=6.7; HCl=0; C/N=11.1; transition nette

6C couleur: brun; structure: massif à particulaire; texture: sableux grossier; racines: 1 (localement 2); frais; pH=7.1

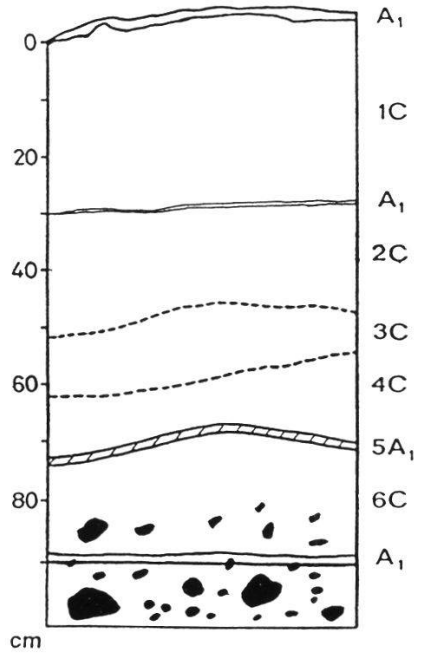


Fig. 7.1. (continuée)

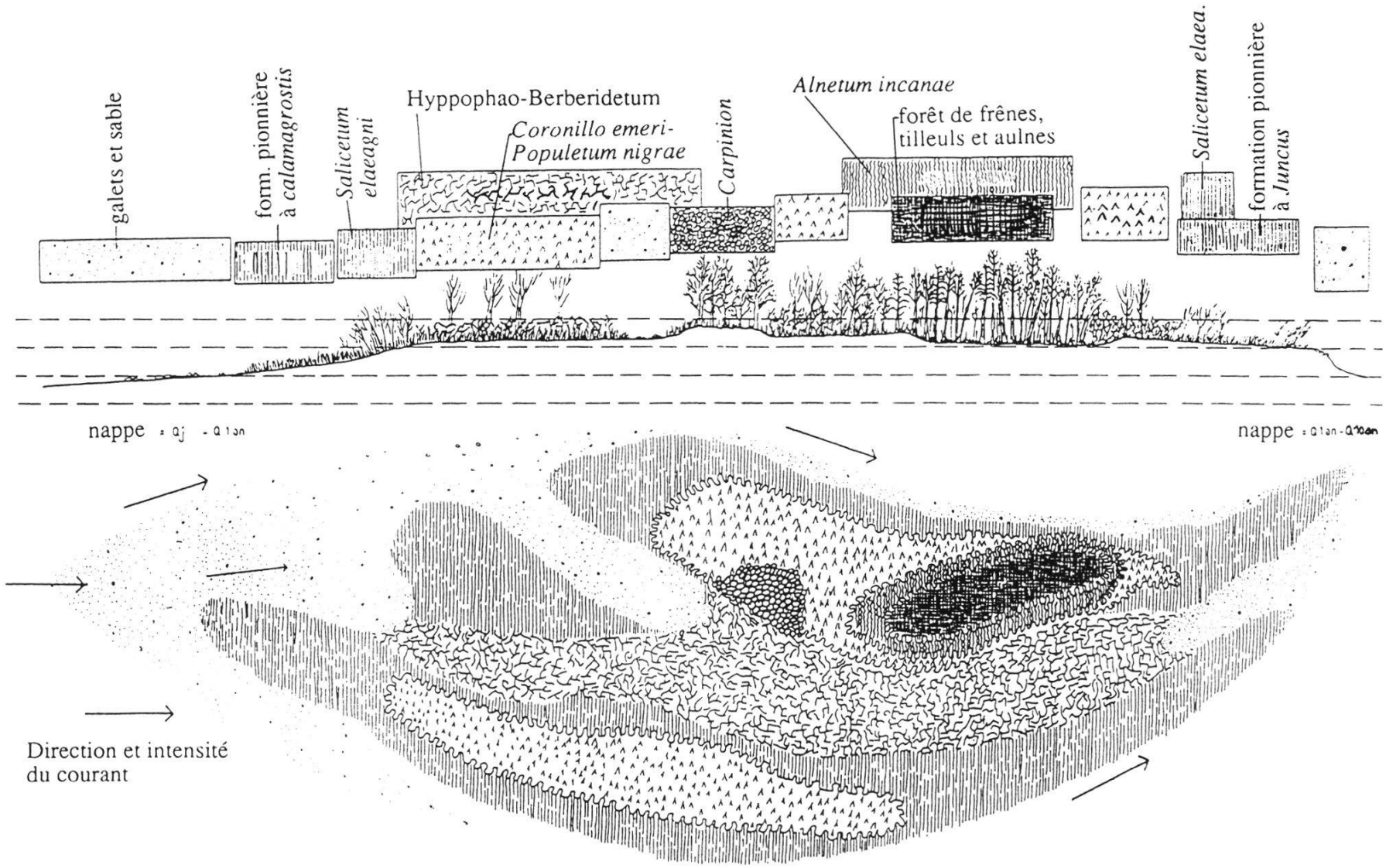


Fig. 7.2. Typologie de la zonation des écotypes d'un îlot à formations arborescentes et arbustives.

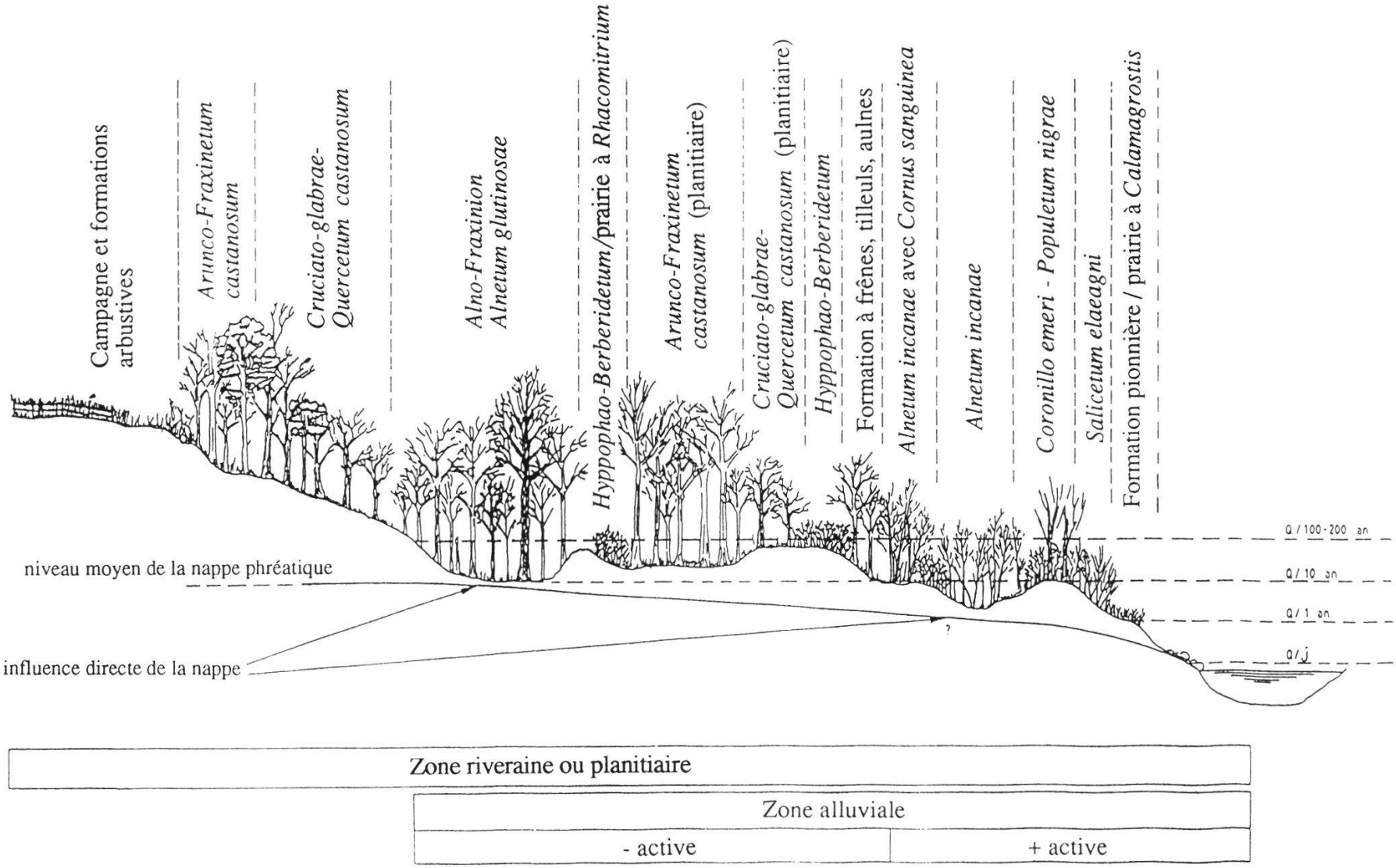


Fig. 7.3. Typologie de la zonation des écotypes le long du cours principal.

8. Synthèse

F. KLÖTZLI

Le côté nord et le côté sud des Alpes, dans la région des cantons d'Uri et du Tessin (Leventina), ont d'une part des groupements végétaux très voisins et présentent d'autre part des groupements spécialisés, adaptés au climat local et aux conditions chorologiques et géologiques (voies de migrations, positions des strates).

Des facteurs comme le foehn (son effet climatique et mécanique) et les versants raides conditionnent la présence de groupements voisins sur les deux côtés des Alpes. C'est le cas du *Calluno-Pinetum* sur silice et du *Asperulo taurinae-Tilietum* sur calcaire. Dans une moindre mesure, c'est aussi le cas du *Calamagrostio villosae-Abietum* et le *Veronico latifoliae-Piceetum* sur silice.

Toutes les unités du sud se distinguent par une série d'espèces plutôt subalpines et thermophiles ou alors par des inventaires floristiques particuliers. Ceux-ci ne sont pas seulement dus aux conditions spéciales, mais également à une suite des gradients climatiques très raides (conditions d'écotone). Avec une pente moyenne élevée, l'accès des plantes subalpines aux groupements collinaires du sud est facilité (*Alnus viridis, Rhododendron ferrugineum Homogyne alpina, Corallorhiza trifida*).

La végétation des sites spécialisés des deux côtés du Saint-Gottard (lieux humides, lieux secs et surtout plaines alluviales) présente des caractéristiques uniques et spécifiques. Pour le sud, nous pouvons citer par exemple:

- le **complexe des alluvions** avec les steppes alluviales (*Artemisia campestris*, *Hieracium staticifolium*), les espèces thermophiles dans les groupements évolués des lambeaux et bancs alluviaux (*Celtis australis*, *Coronilla emerus*),
- le **complexe des bas-marais** avec les espèces illyriques (*Trifolium patens*) et les espèces thermophiles,
- le **complexe des marais de source** avec une partie non boisée (*Juncus acutifolius*) et une partie boisée (*Osmunda regalis*),
- le **complexe boisé des ravins** avec des frênaies à géophytes (thermophi-

les) et des gazons secs à laîche (*Bromus condensatus, Andropogon gryllus, Heteropogon contortus, Diplachne serotina* sur calcaire et *Calluna vulgaris* sur silice).

Les forêts collinéennes régionales du sud présentent de nombreuses particularités. Contrairement aux régions analogues du nord, où le hêtre domine, les régions insubriennes sur silice sont caractérisées par des forêts à *Castanea sativa* (introduit au néolithique et répandu par les Romains). Celles-ci remplacent les forêts de chênes ou de feuillus nobles où le hêtre trouve sa place comme espèce codominante. Elles relèvent d'un caractère typiquement insubrien et se rapprochent floristiquement et écologiquement des forêts voisines préocéaniques des îles britaniques du sud-ouest, de la Bretagne et des montagnes cantabriques.

Les forêts insubriennes sur calcaire présentent des variantes diverses des forêts à feuillus nobles, avec *Fraxinus ornus* et *Ostrya carpinifolia.* Ces groupements rassemblent de nombreuses espèces calcicoles des sites chauds et des provinces floristiques du sud-est de l'Europe. Ils peuvent présenter des analogies avec les forêts illyriques à *Ostrya carpinifolia* et *Carpinus betulus.*

Les pessières sur calcaire sont, pour la plupart, spécialisés sur les couches helvétiques du nord des Alpes (Bödmeren).

Dans les Alpes tessinoises, les groupements correspondants manquent, car la roche-mère est siliceuse et le climat trop océanique. Aussi sont-ils colonisés par le hêtre. Le domaine calcaire des Denti della Vecchia et du Monte Generoso est colonisé par le *Cardamino-Fagetum* insubrien, influencé par les couches de neige souvent mouillées.

Au sud, les limites entre silice et calcaire ne se marquent pas de manière aussi claire que dans le nord. Sur les sites humides, elles sont masquées par la présence d'un taux, parfois assez élevé, de cations basiques dans les roches siliceuses (*Calluna-Erica, Calamagrostis villosa-Calamagrostis varia*). Le fait, que de nombreuses plantes indicatrices de calcaire sont plutôt des plantes thermophiles et colonisent ainsi les endroits siliceux chauds, rend également la distinction moins aisée. Par contre, lorsqu'on observe, sur des lieux limitrophes secs, une alternance des couches calcaires et siliceuses (mises en position perpendiculaire par des événements tectoniques), les limites apparaissent clairement (ex.: au sud de Montagnola).

Du côté sud des Alpes uniquement, on a pu constater des transitions de formations. Une transition des forêts à feuilles caduques vers les forêts laurophylles (du type sino-japonais) apparaît surtout sur les sites thermophiles mais non asséchants. On détecte une régénération subspontanée d'espèces

laurophylles (par exemple faisant partie des genres: *Prunus*, *Rhodondendron*, *Eleagnus*, ainsi que le palmier *Trachycarpus*) (Ronco, Gandola). Sur les pentes thermophiles et sèches, la végétation a amorcé une transition des forêts caducifoliées vers les forêts à sclérophylles avec une régénération subspontanée de *Quercus ilex* ainsi que du palmier *Chamaerops humilis* (Caslano). (A comparer avec la présence de *Cistus salvifolius*.)
Avec ce spectre exceptionnel de groupements végétaux, nos régions méridionales atteignent une haute valeur de protection. Celle-ci est actuellement encore trop peu reconnue.
Si l'on désire assurer l'existence de ces groupements extraordinaires des deux côtés du Saint-GottHard, la végétation, avec toutes ses facettes, doit être incluse dans des réserves forestières. Il faut également rattacher à ces réserves forestières des sites en conditions mésophiles.
La végétation est une bonne indicatrice des températures moyennes. Pour garantir le contrôle du développement climatique, des analyses phytosociologiques et éco-physiologiques doivent d'ores et déjà être mises en marche. A ce propos, un réseau de réserves forestières devrait être établi à temps.

BIBLIOGRAPHIE

ANTONIETTI A., 1968: Le associazioni forestali dell'orizonte submontano del Cantone Ticino su substrati pedogenetici richi di carbonati. Mitt.Eidg.Anst.Forstl.Versuchswes. *44(2)*, 81-226.

ANTONIETTI A. 1970: Su un´associazione di brughiera del Piede meridionale delle Alpi. Ber.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *40*, 9-27.

ANTONIETTI A. 1983: Sugli ostrieti delle Prealpi calcaree meridionali. Tuexenia *3* , 297-305.

BECHERER A., 1972: Führer durch die Flora der Schweiz mit Berücksichtigung der Grenzgebiete. Schwabe, Basel/Stuttgart. 207 pp.

BERSET J., 1969: Pâturages, prairies et marais montagnards et subalpins des Préalpes fribourgeoises. Bull.Soc.Frib.Sc.Nat. *58*, 1-55 + 15 pl.

BERTOTTI G., 1991: Early Mesozoic extension and alpine shortening in the western southern Alps. Mem.Sci.geol.Isti.Mineral. Padova *63*, 123 pp.

BETTSCHART A., 1982 (Red.): Die Karstlandschaft des Muotatales. (Geologische, botanische, forstliche und ornithologische Studien über das Gebiet zwischen Pragelpass und Glattalp.) Schwyz.Naturforsch.Ges., 100 pp.

BÖGLI A., 1976: Féerie du monde des cavernes. Silva, Zurich.

BRAUN-BLANQUET J., 1971: Übersicht der Pflanzengesellschaften der rätischen Alpen im Rahmen ihrer Gesamtverbreitung. III. Teil: Flachmoorgesellschaften (*Scheuzerio-Caricetea fuscae*). Veröff.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *46*, 70 pp + tab. h.t. (Comm. SIGMA 190).

BSU, Laboratoire d'écologie végétale de Neuchâtel et ANL, 1990: Inventaire des bas-marais d'importance nationale. OFEFP, Berne, 75 pp. + 1 classeur avec les données de chaque canton.

CARRARO G. et GIANONI P., 1992: La vegetazione delle zone golenali della Vallemaggia e annotazioni floristiche sul fondovalle (à paraître dans Bollettino Ticinese di Scienze naturali) DIONEA S.A. Studio di consulenza ambientale e ingegneria forestale - C.P. 13 - CH-6600 Locarno.

CARRARO G. et SCHÜTZ, J.-Ph., 1990: Importanza ecologica delle querce autoctone e prospettive selvicolturali nell'Insubria. Schweiz.Z.Forstwes. *141, 4* , 265-294.

CHRIST H., 1879: Das Pflanzenleben der Schweiz. Schulthess, Zürich. 488 pp. + 5 tab. + 4 pl.

CLOT F., 1990: Les érablaies européennes: essai de synthèse. Phytocoenologia *18*, 409-564.

DIETL W., 1972: Die Vegetationskartierung als Grundlage für die Planung einer umfassenden Alpverbesserung im Raume von Glaubenbüelen (Obwalden) (Kontaktzone von Kalk- und Flyschalpen). Landenberg, Sarnen . 151 pp + 2 pl. h.t.

DIETL W., 1975: Die landschaftsökologische Bedeutung der Flachmoore. Beispiel: Davallseggenrieder. Ver.Schutz Bergwelt, München, 40-64.

DIETL W., 1982. Wiesen. In: LIENERT L. (red.), Die Pflanzenwelt in Obwalden. 1. Oekologie. Kant. Oberforstamt OW, Sarnen. 236-288.

DUCHAUFOUR Ph., 1977: Pédologie. I. Pédogénèse et classification. Masson, Paris. 477 pp.

DÜGGELI M., 1903: Pflanzengeographische und wirtschaftliche Monographie des Sihltales bei Einsiedeln. Vjschr.Naturf.Ges. Zürich *48*, 49-270 + 2 pl. h.t.

DUTOIT D., 1924: Les associations végétales des Sous-Alpes de Vevey. Thèse Université de Lausanne. 94 pp.

ELLENBERG H. et KLÖTZLI F., 1972: Waldgesellschaften und Waldsorten der Schweiz. Mitt.Eidg..Anst.forstl.Versuchswes. *48*, 587-930.

ELLENBERG H. et REHDER, 1962: Natürliche Waldgesellschaften der aufzuforstenden Kastanienflächen im Tessin. Schweiz.Z.Forstwes. *113*, 128-142.

FELBER M., 1991: In: COTTI et al. (ed.), Introduzione al paesaggio naturale del Cantone Ticino. Museo cantonale di storia naturale, Dipartimento dell'Ambiente.

FREHNER H. K., 1954: Untersuchungen über die Vegetations-Entwicklung auf Kalkschutthalden im Urner Reusstal. Semesterarbeit, ETH, Zürich. 17 pp.

FRÜH et SCHRÖTER, 1904: Die Moore der Schweiz mit Berücksichtigung der gesamten Moorfrage. Beitr. Geologie d.Schweiz, Geotech.Ser., 3.Lief., 751 pp.

GEISSLER P. et URMI E., 1984: Liste der Moose der Schweiz und ihrer Grenzgebiete. Naturräumliches Inventar der Schweizer Moosflora (mscr.)

GIANONI P., CARRARO G. et KLÖTZLI F., 1988: Thermophile, an laurophylle Pflanzenarten reiche Waldgesellschaften im hyperinsubrischen Seenbreich des Tessins. Ber.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *54*, 164-180.

GILLET F., DE FOUCAULT B. et JULVE Ph, 1991. La phytosociologie synusiale intégrée: objets et concepts. Candollea *46*, 315-340.

GIUGNI G., 1991: Etude phyto-écologique des bas-marais et marais de pente (*Caricion davallianae*) des Préalpes chablaisiennes (suisses et françaises). Phytosociologie, morphophénologie, microclimatologie, hydrologie, pédologie, cartographie. Mat.Levé Géobot. Suisse *67*, 289 pp + 1 carte h.t.

GRÜNIG A., VETTERLI L. et WILDI O., 1986: Les hauts-marais et marais de transition de Suisse. Rap. Inst.Féd.Rech.Forest. *281*, 58 pp. + 3 pl. h.t.

HANTKE R., 1982: Zur Talgeschichte des Gebietes zwischen Pragel- und Klausenpass. In : BETTSCHART, A. (red.), Die Karstlandschaft des Muotatales. Ber.Schwyzer.Naturforsch.Ges. *8*, 3-12.

HEIERLI H., 1982: Geologischer Wanderführer Schweiz. Ott, Thun. 244 pp.

HEISELMAYER P. 1979: Die Lindenwälder im Val Bavona (Tessin). Ber.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *46*, 90-116.

HESS H.E., LANDOLT E. et HIRZEL R., 1967-1972: Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. 3 Bde. Birkhäuser, Basel.

HIERHOLZER P., 1957: Über Waldgesellschaften im nördlichen Apennin. Bot. Inst. Univ. Köln. 67 pp.

HÖHN W., 1936: Vegetationsstudien in Oberiberg (Schwyz). Die hygrophilen Pflanzengesellschaften. Ber.Schweiz.Bot.Ges. *46*, 365-411.

JULVE Ph. Synopsis phytosociologique de la France (communautés de plantes vasculaires) (à paraître dans Lejeunia).

KELLER W., 1974: Der Lindenmischwald des Schaffhauser Randens. Ber.Schweiz.Bot. Ges. *84*, 105-122.

KELLER W. 1979: Una chiave di feracità auxometrica semplice per i soprassuoli forestali delle regioni al sud delle Alpi. Mitt.Eidg.Anst.forstl.Versuchswes. *55(2)*, 179-232.

KLÖTZLI F., 1969: Zur Ökologie schweizerischer Buchenwälder unter besonderer Berücksichtigung des Waldreservates Moos bei Birmensdorf und des Katzensees. Ber.Geobot. Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *39*, 56-123.

KLÖTZLI F. , MEYER M. et ZÜST S., 1973: Exkursionsführer. (Sympos. Ostalpin-Dinarische Ges.). Veröff.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *51*, 40-95.

KOCH W., 1931: Über einige Assoziationen des Bodenseegebites. Pflanzensoziologisch-geographische Studien in Südwestdeutschland. Beitr.Naturk. *14*, 143-251 (Comm. SIGMA 7).

KUHN N. et AMIET R., 1988: Inventaire des zones alluviales d'importance nationale. Inst. féd. rech. forest., Birmensdorf.

KUHN-SCHNYDER E., 1974: Die Triasfauna der Tessiner Kalkalpen. Neujahrsblatt Natf.Ges. Zürich *176*. 119 pp.

LANDOLT E., 1984: Unsere Alpenflora. Verlag Schweizer Alpen-Club. 318 pp.

LANDOLT E. et AESCHIMANN D., 1986: Notre flore alpine. Edition du Club Alpin Suisse. 333 pp. + 120 planches.

LIENERT L. (ed.), 1982: Die Pflanzenwelt in Obwalden. Ökologie. Kantonales Oberforstamt Obwalden, Sarnen. 310 pp. + 3 cartes + 9 tab.

LÜDI W., 1939: Die Geschichte der Moore des Sihltales bei Einsiedeln. Veröff.Geobot. Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *15*.

MANTZ E., 1935: Notice botanique sur le Monte San Giorgio (Tessin). Bull.Soc.industr. Mulhouse *101*, 549-559.

MAYER H., 1959: Waldgesellschaften der Berchtesgadener Kalkalpen. Mitt.Staatsfortsver. Bayerns *30*, 163-216.

MERKT C., 1955: Die Moore von Einsiedeln. Vögel der Heimat *26(3)*, 55-58.

MERXMÜLLER H., 1952: Untersuchungen zur Sippengliederung und Arealbildung in den Alpen. Ver. Schutze Alpenpfl. u. -tiere. München. 105 pp.

Meyer, M., 1976: Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen an insubrischen Trockenwiesen karbonathaltiger Standorte. Veröff.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *57*, 145 pp.

MORAVEC J., 1966: Zur Syntaxonomie der Carex davalliana-Gesellschaften. Folia Geobot. Phytotax. *1*, 3-25.

MÜLLER et GÖRS, 1958:

OBERDORFER E., 1964: Der insubrische Vegetationskomplex, seine Struktur und Abgrenzung gegen die submediterrtane Vegetation in Oberitalien und in der Südschweiz. Beitr.naturk.Forsch. SW-Deutschland *23*, 141-187.

OBERDORFER E., (éd.) 1977: Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Bd. I. Fischer, Stuttgart. 311 pp.

OBERHOLZER J., 1933: Geologie der Glarneralpen. Mat. carte géol. Suisse, n.s. *28*.

OECHSLIN M., 1927: Die Wald- und Wirtschaftsverhältnisse im Kanton Uri. Beitr.Geobot. Landesaufn.Schweiz *14*, 209 pp. + 1 carte.

OZENDA P., 1988: Die Vegetation der Alpen im europäischen Gebirgsraum. G. Fischer Verlag, Stuttgart, New York. 353 pp.

PLUMETTAZ-CLOT, A.-C., 1988: Phyto-écologie des pinèdes valaisannes et contribution à la taxonomie du genre *Pinus*, Thèse, Fac.Sci.Univ. Lausanne. I. Texte, 202 pp., II. Annexes, 167 pp.

POLDINI L., 1988: Übersicht des Verbandes *Ostryo-Carpinion orientalis* (*Quercetalia pubescentis*) in SO-Europa. Phytocoenologia *16(1)*, 125-143.

RICHARD J.-L., 1977: La végétation du Vanil Noir et du Vallon des Morteys. Bull.Soc.Fribourg.Sci.Nat. *66*, 1-52 + 2 cartes + 1 tabl.

RÜBEL E., 1912. Pflanzengeographische Monographie des Berninagebietes. Bot.Jb. *47*, 615 pp.

SCHMID E., 1930: Vegetationskarte der oberen Reusstäler. Beitr.Geobot.Landesaufn. Schweiz *16*, 64 pp. + 1 carte.

SCHMID E., 1936: Die Reliktföhrenwälder der Alpen. Beitr.Geobot.Landesaufn.Schweiz *21*, 190 pp. + 2 cartes.

SCHMID E., 1961: Erläuterungen zur Vegetationskarte der Schweiz. Beitr.Geobot.Landesaufn.Schweiz *39*, 52 pp.

SCHMID E., 1966: Végétation. In: IMHOF E. (red.) (1965-1978). Atlas de la Suisse, carte 17, Service Topographique Fédéral, Wabern.

SCHWEINGRUBER F., 1974: Föhrenwälder im Berner Oberland und am Vierwaldstättersee. Ber.Schweiz.Bot.Ges. *83*, 175-204.

STÄMPFLI A., 1985: Die Lindenwälder der Onsernoneschlucht (Tessin). Eine pflanzensoziologische Untersuchung mit farbigen Vegetationskarten. Mskr. Lizentiatsarbeit Univ. Bern. 68 pp., Tab. + Folien.

SUTTER R., BETTSCHART A., 1982: Zur Flora und Vegetation der Karstlandschaft des Muotatales. In: BETTSCHART A. (red.), Die Karstlandschaft des Muotatales. Ber. Schwyzer.Naturforsch.Ges. *8*, 3-12.

THÉVOZ C., 1989: Etude de la dynamique du système sol-végétation du fond de la Vallemaggia. Rapport de recherche du cycle d'études postgrades en protection de l'environnement. EPFL-IGR-Pédologie, Lausanne.

THOMMEN E., 1947: Observations sur la flore du Tessin (1946). Boll.Soc.Tic.Sc.Nat. *41*, 27-50.

THOMMEN E., 1948: Observations sur la flore du Tessin (1947). Boll.Soc.Tic.Sc.Nat. *42*. 111-124.

TREPP W., 1947: Der Lindenmischwald (*Tilieto-Asperuletum taurinae*) des schweizerischen voralpinen Föhn- und Seenbezirkes, seine pflanzensoziologische und forstliche Bedeutung. Beitr.Geobot.Landesaufn.Schweiz *27*, 128 pp. + 1 tab.

TRÜMPY R., 1967: Geologischer Führer der Schweiz. Heft *7*. 2. Aufl., Wepf, Basel.

TRÜMPY R., 1985: Die Plattentektonik und die Entsehung der Alpen. Neujahrsblatt Naturf. Ges.Zürich *5*, 47 pp.

TUTIN T.G. et al., 1964-1980. Flora Europaea. 5 vol. Cambridge University Press.

WALTER H. et LIETH H., 1967. Klimadiagramm-Weltatlas. Fischer, Jena.

WELTEN M.et SUTTER R., 1982: Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz. *1* et *2*. Birkhäuser, Basel.

WILDI, O. et ORLOCI L., 1990: Numerical exploration of community patterns. SPB Academic Publishing, The Hague. 124 pp.