01/03/2015

Piora – Lago di Cadagno – Ritóm

Guide nature et environnement

Coordination: Raffaele Peduzzi et Walter Wildi

Avec des contributions de: Reiner Bachofen, Fabrizio Barudoni, Adriano Dolfini, Giorgio Guscetti, Valerio Jelmini, Enrico Krüsi, Jean-Luc Loizeau, Joëlle Massy, Yves Nardini, Raffaele Peduzzi, Sandro Peduzzi, Rodolphe Spichiger, Mauro Tonolla, Walter Wildi

Centro Biologia Alpina

Copyright 2015

(Photo: delta de la Murinascia dans le Lago di Ritóm, niveau abaissé au printemps 2011)

Piora – Lago di Cadagno –Ritóm

Guide nature et environnement

Auteurs:

Reiner Bachofen, Institut für Pflanzenbiologie, Universität Zürich
Fabrizio Barudoni, Leventina Turismo, Airolo
Adriano Dolfini, Corporazione Boggesi Piora, Quinto
Giorgio Guscetti, Corporazione Boggesi Piora, Quinto
Valerio Jelmini, sindaco di Quinto, Quinto
Enrico Krüsi, Funicolare Ritom, Quinto
Jean-Luc Loizeau, Institut F.A. Forel, Université de Genève
Joëlle Massy, DETA - Direction générale Nature et Paysage (DGNP), Genève
Yves Nardini, 1213 Onex
Raffaele Peduzzi* (raffaele.peduzzi@cadagno.ch), Fondazione Centro Biologia Alpina, Quinto - Airolo
Sandro Peduzzi, Ufficio dei corsi d'acqua, Repubblica e Cantone Ticino, Bellinzona
Rodolphe Spichiger, Conservatoire et Jardin botaniques, Ville de Genève
Mauro Tonolla, Laboratorio di Microbiologia Applicata (LMA-SUPSI), Bellinzona
Walter Wildi* (Walter.Wildi@unige.ch), Institut F.A. Forel, Université de Genève

* auteurs répondants

Copyright 2015: Fondazione Centro Biologia Alpina, contact: http://www.cadagno.ch

Document disponible sur: www.cadagno.ch, www.unige.ch/forel

Table des matières

Préface

1. Introduction
1.1 Le Val Piora et le Centre de biologie alpine (CBA)
1.2 Géologie et minéralogie
1.3 Hydrologie et hydrobiologie, les lacs Ritóm et Cadagno
1.4 Biologie: Flore et faune
1.5 L'alpage de Piora
2. Description des itinéraires
A. Le sentier didactique du Ritóm
B. De l'Alpe di Piora au Lago di Tom
C. De l'Alpe di Piora au Lago di Dentro
D. De l'Alpe di Piora à Fontalella, en passant par le Laghetto di Giübin

Préface

«Aucune autre vallée du Canton du Tessin ne jouit d'une telle renommée et attire autant de visiteurs que le Val Piora, qui fait maintenant partie des vallées élevées les plus connues d'Europe». C'est de cette façon que l'Encyclopédie géographique suisse présentait la région en 1905. En effet, de par sa géologie et une richesse minéralogique extraordinaires, ses anciens lacs glaciaires, une flore à forte diversité, et enfin ses magnifiques alpages, le Val Piora constitue un vrai paradis et une région de prédilection pour les recherches et excursions naturalistes. Mais c'est également un lieu de passage incontournable: à travers le Passo dell'Uomo, le Passo Columbe et le Passo del Sole, il est possible de rejoindre le Lukmanier; le Passo de Predelp communique avec la Leventina. Depuis le Val Cadlimo on rejoint le Col de l'Oberalp, en passant par le Passo Bornengo et, en passant par le Val Canaria, le Col du St Gothard.

Parmi les nombreuses publications qui concernent la région, on peut mentionner le guide d'excursion édité par l'Atlas hydrologique suisse et le livret publié à l'occasion de l'inauguration du Sentier didactique du Ritóm. Le guide nature et environnement présenté ici propose une information scientifique de base et des itinéraires qui incluent à la fois les itinéraires décrits par les deux guides susmentionnés et des sites complémentaires, se référant à la géologie et à la minéralogie. De nombreuses publications scientifiques sont énumérées dans les bibliographies et peuvent en partie être déchargées sur le site internet www.cadagno.ch, du Centre de biologie alpine (Centro Biologia Alpina, CBA) à Piora. On incite ainsi le naturaliste à se référer à la littérature spécialisée pour approfondir ses connaissances et combler d'éventuelles lacunes. Ce guide comble ainsi un manque d'informations et de méta-informations en langue française.

1. Introduction

1.1 Le Val Piora et le Centre de biologie alpine (CBA)

Grande est la surprise, en dépassant le barrage de Ritóm, à la vue de l'étendue et de la variété du paysage qu'offre la vallée de Piora: le Lago di Ritóm, avec sa couleur turquoise, les pâturages fleuris, la forêt de mélèzes et d'arolles qui longe la pente orientée vers le nord, ne sont qu'un avant-goût de ce que réserve la vallée, avec ses 23 km^2 de superficie. Les charmants lacs et petits lacs, au nombre de 21 en incluant également ceux du Val Canaria, du Val Cadlimo et du Val Terme, les cours d'eau, les étangs et les précieuses tourbières: au-delà des nombreux divertissement offerts aux visiteurs, ils font de la région depuis le début du siècle dernier un lieu privilégié pour les études limnologiques, hydrobiologiques et géologiques. La flore offre grâce aux conditions climatiques particulières, à la richesse hydrique et géologique, une diversité qui ne se rencontre que rarement dans l'environnement alpin.

Le Val Piora est une vallée alpine suspendue d'origine glaciaire qui s'étend d'est en ouest, entre le Col du St Gothard et le Col du Lukmanier. Il est enfermé entre les imposants sommets de la Punta Negra, du Pizzo Taneda, du Pizzo Corandoni et du Schenadüi (2747 m) au nord, avec le Pizzo dell'Uomo et les falaises blanches du Pizzo Columbe à l'est, la chaîne qui court du Col de la Forca au Pizzo del Sole (2773 m) au sud et avec le Camoghè, le Pizzo Tom et le Pizzo Stabbiello à ouest. Entre le Col Bornengo et le Piz Borel, entre le Val Canaria et le Val Cadlimo, on trouve la ligne de partage des eaux entre le bassin versant du Rhin et celui du Pô. Les zones humides sont nombreuses et particulièrement précieuses: La tourbière de «Cadagno di Fuori», qui figure à l'inventaire des tourbières d'importance nationale sous le n° 2663, est située à l'ouest du Lago di Cadagno. Il s'agit d'archives naturelles d'un grand intérêt pour ses particularités capables de fournir des informations fondamentales sur la dynamique des diverses espèces végétales (Zoller 1960). Les autres marécages d'importance nationale sont ceux de Cadagno di Dentro (objet n° 2659), Pinett-Ritóm (objet n° 2666) et Passo dell'Uomo (objet n° 2654).

***Figure 1**: vue depuis l'ouest le long du synclinal de Piora: la tourbière « Cadagno di Fuori », le lac de Cadagno et l'alpage de Piora. A l'arrière-plan: de droite à gauche Pizzo Columbe, Pizzo dell'Uomo et Passo dell'Uomo.*

Grâce à la pratique de l'alpage, la main de l'homme a contribué à imprégner le charme de la vallée: prairies et pâturages non exploités contribuent, à long terme, à la dégradation du manteau herbeux. L'alpage de Piora, avec une superficie de 3500 hectares, dont 1000 hectares sont constitués de pâtures productifs, constitue le plus vaste alpage du Canton du Tessin et appartient, de par un droit ancien, à la Corporation des Boggesi. La fromagerie de l'alpage, complètement rénovée en 2005, produit chaque année en moyenne 3000 meules (23'000 kg) de l'exquis fromage d'alpage de «Piora», dont le goût unique est dû à la qualité du pâturage, riche en herbes aromatiques.

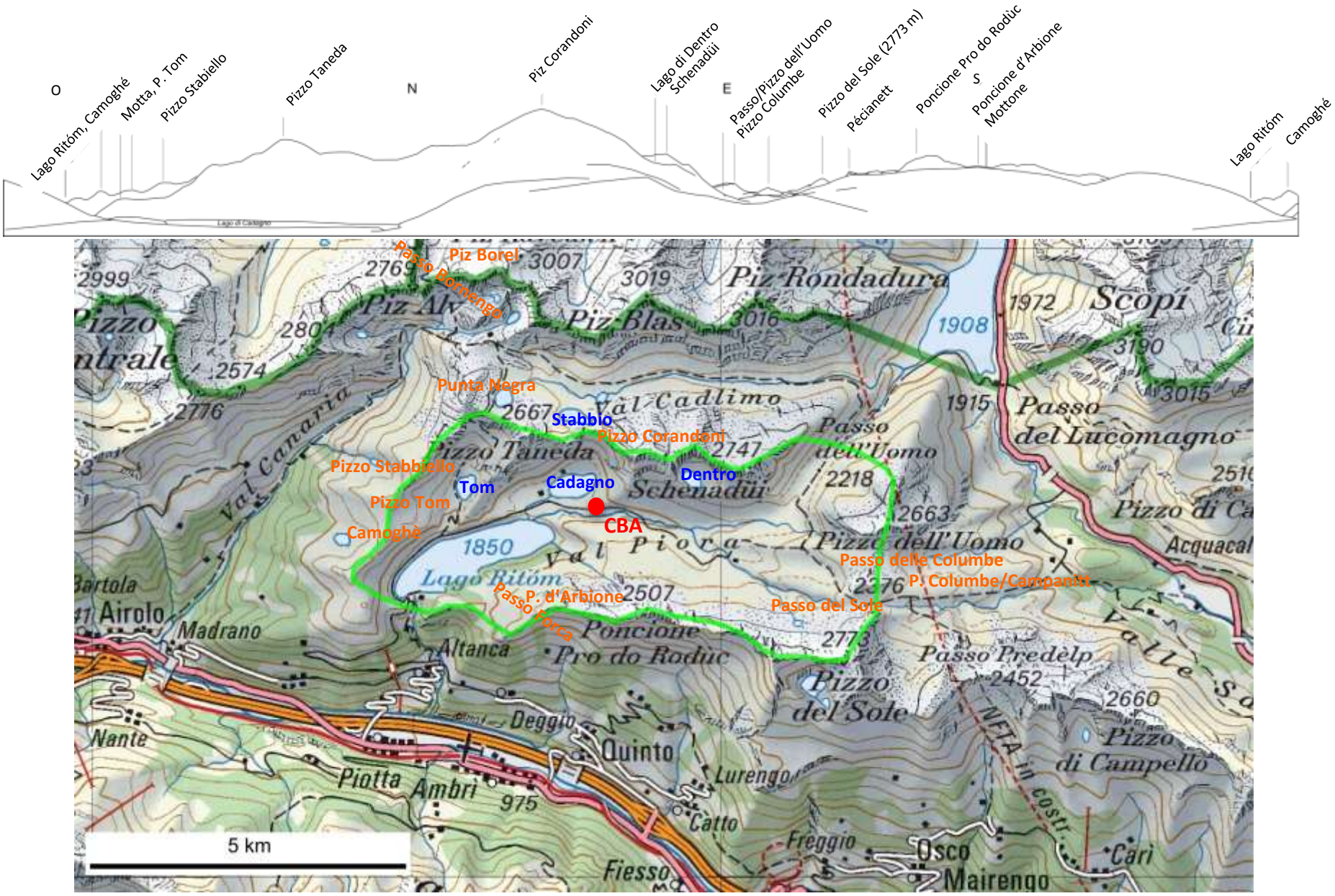


Figure 2: panorama 360° depuis le Centre de Biologie Alpine (CBA) et géographie du Val Piora (ligne verte); reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA15003).

Le Centre de biologie alpine (CBA)

Depuis la fin du XIXème siècle, la région du Val Piora a été le théâtre de nombreux travaux scientifiques fondamentaux concernant l'environnement alpin. À partir de 1980, la reprise des activités de recherche, centrées principalement sur le Lago di Cadagno, a fourni l'impulsion pour la création d'un centre de recherche destiné à recevoir des spécialistes et des instituts académiques. Cette infrastructure fortement demandée par l'Etat dans l'optique «de stimuler une collaboration concrète entre le Canton du Tessin et les universités suisses» (message 1989), a été officiellement inaugurée en 1994, avec le soutien des Universités de Genève et de Zürich.

Pour la réalisation du Centre, la Corporation des Boggesi de Piora a mis à disposition pour une durée de 50 ans deux édifices ruraux du XVIe siècle, des «barcs», sous condition de les rénover pour des activités didactiques et de recherche scientifique. Cette restauration a été en partie subventionnée par la Confédération par la procédure pour les monuments historiques dignes de protection. La structure totale, d'une superficie utile de 800 m^2, reçoit alors trois laboratoires équipés, une salle de cours de 26 places, deux réfectoires, une bibliothèque/archive. Elle a une capacité d'accueil de 65 places, y compris les locaux dans le bâtiment abritant également les étables de l'alpage.

Actuellement, le centre comptabilise en moyenne environ 2300 nuitées et 3000 visiteurs de la mi-juin à finseptembre. L'activité principale est de type académique, suivie de séjours didactiques du niveau moyen et moyen-supérieur et d'autres cours non universitaires. L'augmentation continue de la fréquentation par un public plus large désirant visiter le centre, indique un intérêt croissant pour les sciences naturelles et environnementales. Cette tendance concorde avec les objectifs de la Fondation du CBA qui cite dans ses statuts, outre la recherche et l'enseignement universitaire, la promotion d' «activités de divulgation et autres taches d'utilité publique» soutenues par des activités de recherche. Afin d'améliorer cette fonction, il est prévu de créer un centre d'accueil permanent, afin d'aider le personnel scientifique du centre dans l'enseignement et de fournir, à travers des expositions permanentes, les éléments essentiels pour comprendre et interpréter la région et soutenir de façon plus générale l'enseignement concernant l'environnement alpin.

Figure 3a, b*: travail de terrain et de laboratoire* ***(a)*** *dans le marais de Cadagno di Fuori et* ***(b****) dans le laboratoire du Centre de biologie alpine à Piora.*

Bibliographie

- AA.VV. 2009: Sentiero didattico Lago Ritóm, © Funicolare Ritóm SA.
- Auguadri, A., Lucchini, G., Riva, A. & Testa, E. 1987: Funghi e boschi del Cantone Ticino vol. 4, ed. Credito Svizzero.
- Cotti, G., Felber M., Fossati, A., Lucchini, G., Steiger, E. & Zanon P.L. 1990: Introduzione al paesaggio naturale del Cantone Ticino, 1. Le componenti naturali, Dipartimento dell'Ambiente.
- Docenti S.E Viganello 1998: La regione del San Gottardo. Val Piora, Val Lucendro, Val Canaria, Istituto cantonale batteriosierologico, Centro didattico cantonale.
- Knoll-Heitz, F. 1987: Piora: concetto per la conservazione di un paesaggio, WWS Sezione Svizzera italiana.
- Peduzzi, R. 1993: Il nuovo Centro di Biologia Alpina di Piora, Memorie Società ticinese di scienze naturali, 4, 25-31.
- Peduzzi, R. 2003: Storia e bilancio del Centro di Biologia Alpina di Piora, Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali-91, 71-80.
- Peduzzi, R., Demarta, A., Peduzzi, S.& Tonolla M. 2006: Il Centro Biologia Alpina di Piora (CBA), Rivista Dati, statistiche e società, n. 2, 143-152.
- Peduzzi, R. & Bianconi, F. 2012: Biodiversità della val Piora. Risultati e prospettive delle Giornate della biodiversità. L'apporto di Piora alla storia delle scienze. Parte I - Storia della ricerca biologica e limnologica, Memorie della Società ticinese di scienze naturali e del Museo cantonale di storia naturale – vol. 11, 13-19.
- Peduzzi, S. (2011): La forza idrica Val Piora-Piotta, Atlante idrologico della Svizzera, Berna

1.2 Géologie et minéralogie

Le Val Piora se situe au sein du bâti des nappes des Alpes Centrales. Ici, des formations de roches enfouies en profondeur et transformées par la chaleur et la pression à l'occasion du plissement alpin ont été remontées en surface et exposées par l'érosion (fig. 4).

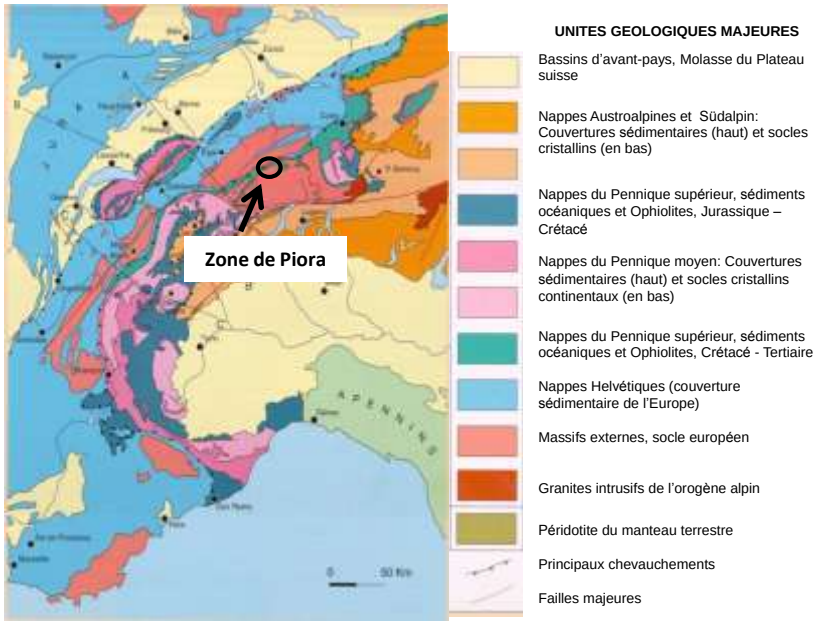


Figure 4: *carte géologique simplifiée des Alpes Centrales et Occidentales (Marthaler 2001, simplifiée); localisation schématique de la zone de Piora (© LEP Loisirs et Pédagogie SA, 2001).*

Dans le transect de Piora on observe, du nord au sud, trois ensembles géologiques différents (fig. 5) :

- Au nord, la vallée est délimitée par la **Nappe du St Gothard**, constituée de roches cristallines anciennes, principalement des gneiss, des granites et des micaschistes. Sur les flancs du Val Piora on rencontre en premier lieu des micaschistes et gneiss à hornblende et grenat (Séries de la Tremola), des gneiss à deux micas et des amphibolites (Krige 1913-1916, Bianconi et al. 2014).
- Le centre de la vallée est occupé par les roches métamorphiques d'origine sédimentaire datant de la période du Trias et du Jurassique de la **Zone de Piora** (ou : «Synclinal de Piora») qui s'étend à l'est jusqu'au Lukmanier et à l'ouest jusqu'à la Novena (Nufenen). Dans cette zone les formations englobent:
    - Des marbres quartzitiques et des schistes à séricite, biotite, grenat et staurotide: Formation de Stgir (Jurassique inférieur).
    - Des schistes micacés, à intercalations de quartzites et de dolomies, comportant localement grenat, hornblende, staurotide et disthène: Formation de Quarten (Trias supérieur).
    - Des marbres dolomitiques blancs ou beiges, saccharoïdes (p.p. transformés en calcite), parfois bréchiques et vacuolaires, riches en séricite: Formation de Röti (Trias moyen).

La différence de couleur entre les roches de couleur blanche de la Zone de Piora et la couleur grise de la Nappe du St Gothard permet d'établir avec exactitude la limite septentrionale de la Zone de Piora. A l'est du Val Piora, le relief du Pizzo Columbe (en dialecte: Campanitt / clochers) ressort du paysage par ses sommets sous forme de flèches blanches; il s'agit du plus important relief dolomitique du nord du Tessin (fig. 1 et 2).

- Au sud, la **Nappe du Lukmanier** fait partie des Nappes Penniques; elle est composée d'une grande variété de roches siliceuses, essentiellement des gneiss et des micaschistes, mais également des amphibolites, etc. Sur la fig. 5 on distingue sur les flancs de la vallée:
    - Des quartzites à séricite: Formation de Mels (Permo-Trias).
    - Des schistes et paragneiss à deux micas, p.p. à grenat, staurotide et disthène (Paléozoïque).
    - Des gneiss granitiques porphyriques, p.p. fortement schistosés.

La structure géologique actuelle est le résultat de la formation des Alpes (de l'orogenèse alpine), pendant laquelle les roches ont été transformées en roches métamorphiques il y a env. 35 millions d'années, suite aux conditions de température et de pression élevées au sein de la croûte terrestre. Le cortège des minéraux issus de cette transformation, avec en

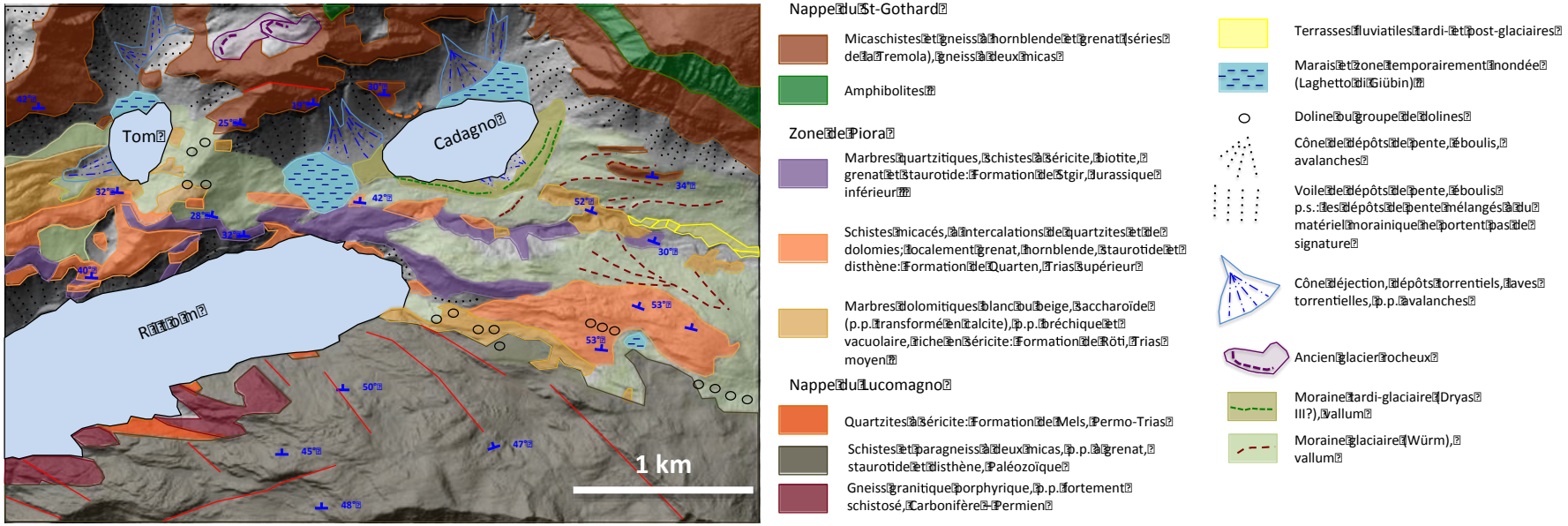


Figure 5: *modèle géologique du Val Piora. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA15003), géologie: simplifié d'après Bianconi et al. (2014), sans limites tectoniques*

particulier des grenats, des amphiboles, de la staurotide et du disthène, ont fait de la Zone de Piora, depuis le XVIIIème siècle, un lieu de pèlerinage des géologues et minéralogistes.

Le relief a été modelé au cours des glaciations du Pléistocène, lorsque d'imposants glaciers recouvraient la Levantine et l'ensemble des massifs alpins. Un bras du glacier du Lukmanier et de petits glaciers locaux occupaient le Val Piora. Le retrait des glaciers, après le dernier maximum glaciaire il y a 20'000 ans, et le retour du froid pendant la période du Dryas (env. 12'700 à 11'800 avant le présent) ont laissé apparaître les nombreux lacs et petits lacs de la région, soit creusés dans le rocher par les glaciers, soit retenus par les cordons morainiques qui forment des barrages naturels, comme par exemple ceux du Lago di Cadagno, Lago di Tom, Lago di Dentro et le Ritóm avant la construction du barrage.

Le «Synclinal de Piora» a reçu un intérêt particulier à l'occasion de la planification et du percement du tunnel ferroviaire de base dans la transversale du Gothard («Alp Transit»). En effet, géologues et ingénieurs craignaient alors la traversée de la zone de dolomies du synclinal (fig. 6) et se posaient notamment le question de savoir si ces roches allaient se

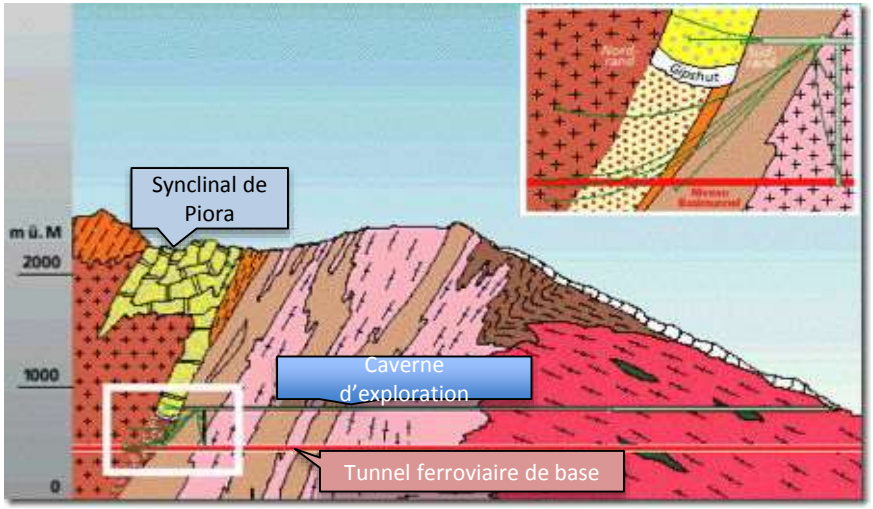


Figure 6: *coupe géologique du synclinal de Piora à hauteur du tunnel de base du St. Gotthard (référence: brochure Alptransit)*

retrouver sous la forme de dolomies saccharoïdes et de «cornieules» sur le tracé du tunnel comme c'est le cas en surface, ou alors dans leur forme lithologique solide, ce qui fût finalement le cas.

Un phénomène rare pour les Alpes Centrales est celui du karst (fig. 7), lié à la couche de dolomie (du gypse en profondeur?) du centre de la Zone de Piora : ces roches permettent en effet à l'eau météorique de s'infiltrer et de creuser progressivement des cavités le long des discontinuités et cassures tectoniques naturellement présentes dans le terrain, en formant un réseau de cavernes et conduits souterrains. Les évidences morphologiques sont les nombreuses dolines de forme circulaire, bien visibles dans la vallée et sur ses versants (fig.5).

Figure 7: *karst, grande doline dans la zone carbonatée de Calderoni di Piora (Coordonnées: 699 520/155 390)*

Les sols

Les sols du Val Piora sont jeunes et peu évolués, ils se sont établis et développés suivant le retrait des glaces de la dernière glaciation. De plus, les conditions climatiques alpines rigoureuses ralentissent ou empêchent leur évolution. Les sols sont donc peu profonds et les caractères pédologiques relativement peu marqués. Il est cependant aisé d'observer sur le terrain des différences nettes. Ce sont le climat à l'échelle du versant (mésoclimat) ainsi que le type de végétation qui en sont responsables.

En versant nord, la podzolisation domine sous les landes subalpines à éricacées et sous les conifères (36 % de la surface étudiée). Sous ces derniers s'accumule la matière organique: les sols podzoliques deviennent humiques alors que relativement peu de matière organique s'accumule sous lande. Dans les combes où la neige peut stagner, une prairie se développe et le sol montre des signes d'hydromorphie (pseudogley). Dans l'aulnaie verte, la litière améliorante pour le pâturage provoque la brunification et le développement d'une mégaphorbiaie (4% de la surface étudiée).

En versant sud, les sols bruns dominent sous la prairie (35 % de la surface étudiée), alors que la lande à éricacées mène aux podzols (10% de la surface étudiée), quelle que soit la roche-mère. Seule la dolomie, à condition d'être sous une mince épaisseur de sol donc avec une forte pente, arrive à stopper la brunification grâce au rôle tampon du pH joué par les carbonates et au rôle floculant du calcium. Néanmoins, l'arrivée d'une végétation améliorante pour le pâturage pourra orienter la rendzine vers la brunification plutôt que vers la podzolisation.

Des gleys et pseudogleys se forment par la présence de nappes d'eaux superficielles parfois très locales et saisonnières. Les zones humides représentées sur la carte des sols représentent environ 3 % de la surface étudiée. Cependant, de nombreux marais de petite taille parsèment toute la zone.

Des sols polyphasés peuvent se développer en zone alluviale. La production de fumures par l'alpage mène à la formation d'anthroposols.

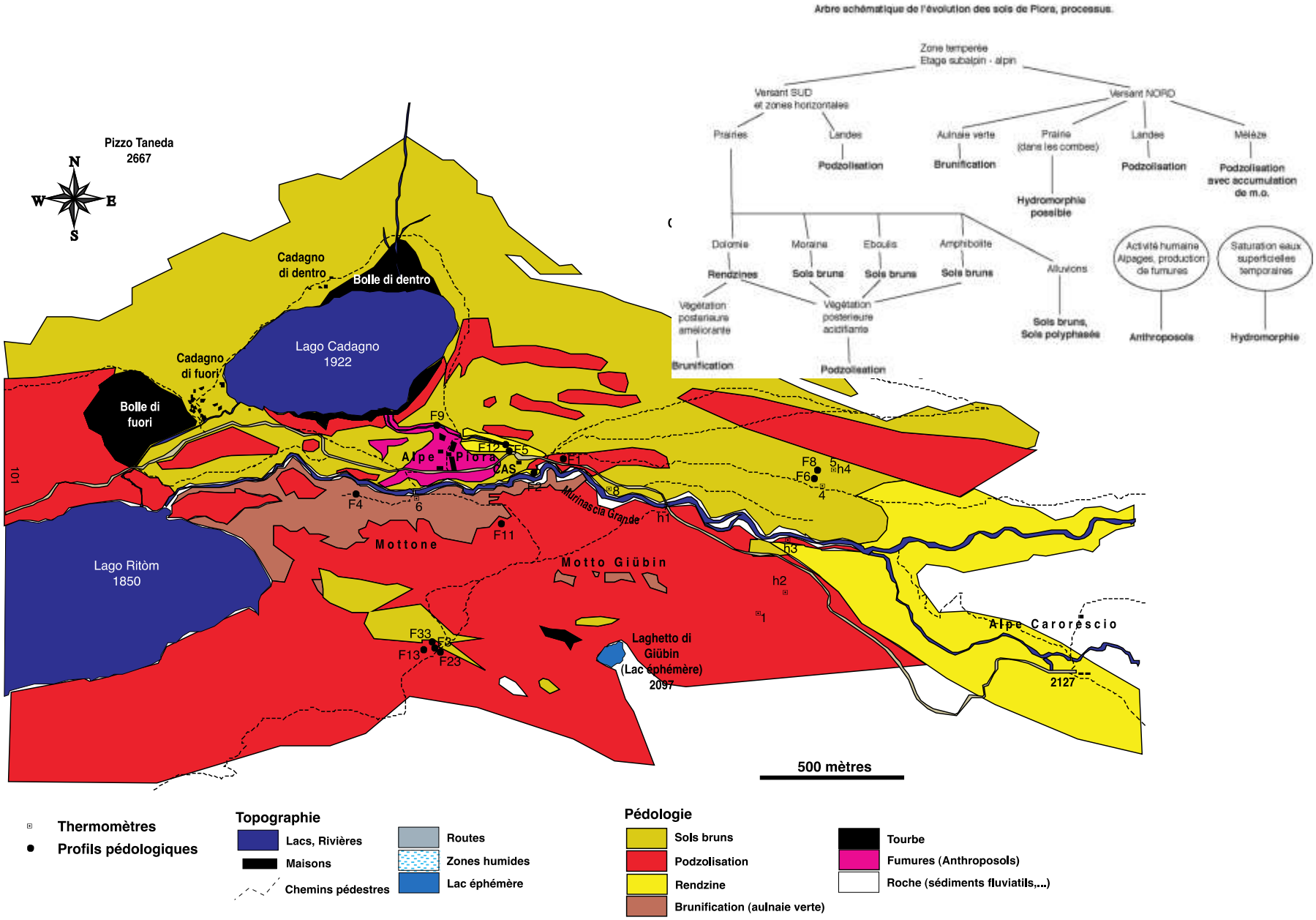


Figure 8: *Schéma de l'évolution et carte prospective des sols du Val Piora (Nardini 2003).*

Bibliographie

- Antognini, M. 2001: Geologia della regione di Piora, Tra confine e cielo. Passo dopo passo tra natura e cultura, ed. Salvioni, 126p. .
- Bianconi, F. 2011: Elementi di geologia, morfologia glaciale e idrografia della Val Piora, in: Peduzzi S., La forza idrica Val Piora-Piotta, Atlante idrologico della Svizzera, Berna 2011.
- Bianconi, F., Beffa, F.A., Steiger, R.H., Günthert, A., Hasler, P., Baumer, A. & Huber, Ch. 2014: 1252 Ambri-Piotta, Atlante geologico delle Svizzera 1:25'000. Swisstopo, Berne.
- Bianconi, F. & Peduzz,i R. 2012: Biodiversità della val Piora. Risultati e prospettive delle Giornate della biodiversità. L'apporto di Piora alla storia delle scienze. Parte II - Storia della ricerca geologica e mineralogica., Memorie della Società ticinese di scienze naturali e del Museo cantonale di storia naturale – vol. 11, 20-30.
- Etter, U. 1986: Stratigraphische und strukturgeologische Untersuchungen im Gotthardmassivischen Mesozoikum zwischen dem Lukmanierpass und der Gegend von Ilanz. Thèse Uni-Berne. Etter, U. 1998: Struktur und Lithologie der Piora-zone. Abstracts Airolo '98 Accademia svizzera di scienze naturali. Krige, L.J. 1913-1916: Geologische Karte Val Piora. Topographischer Atlas der Schweiz, Blätter 411, 502.
- Krige, L.J. 1918: Petrographische Untersuchungen im Val Piora und Umgebung. Eclogae Geologicae Helvetiae, vol XIV, p. 519-654, Lausanne.
- Marthaler, M. 2001: Le Cervin est-il africain? LEP Loisirs et pédagogie, 3ème éd., 96 p.
- Nardini, Y. 2003: Etude pédologique du Val Piora TI; influence des facteurs géologie, climat, végétation et topographie sur l'évolution des sols. Diplôme en scie. Nat environnement, Université de Genève, inédit.

Petit glossaire de géologie et de minéralogie du Val Piora

Alumosilicate: minéral à réseau cristallin à base d'aluminium, silicium et oxygène.

Amphibole (minéral), **amphibolite** (roche composée essentiellement d'amphiboles): groupe de minéraux de silicates de fer, de calcium ou de magnésium. Elles forment des prismes allongés, des baguettes ou des aiguilles. La couleur varie du noir au vert sombre et au brun. Origine: à Piora il s'agit de minéraux formés au cours du métamorphisme alpin du faciès des amphibolites (relativement basse pression et haute température). On les trouve associées en étoiles et en gerbes dans les gneiss et les schistes.

Anthroposol: sol formé de toutes pièces par l'Homme : des tas de granulats, des terrils revégétalisés, des sols sur décharge, ou la plupart des espaces verts.

Brèche: A Piora: les carbonates dolomitiques présentent souvent un aspect bréchique, soit à la suite de transformations (-> cornieules) soit par la déformation tectonique. Roche composée de débris millimétriques à pluri-centimétriques, anguleux.

Brunification : Processus de type "climatique" caractérisé par les régions à climat atlantique ou semi-continental, dont la végétation naturelle (climax) est une forêt feuillue ou mixte (résineux-feuillus), liée à un milieu biologiquement actif, à humus de type Mull avec une bonne aération et une richesse suffisante en fer et en argile pour permettre la constitution d'une structure fragmentaire. Dans la formation des agrégats, le fer ferrique joue le rôle de liaison entre les molécules d'acides humiques et les argiles, conférant au sol sa couleur brune caractéristique.

Calcaire: roche composée en grande partie de calcite (minéral, $CaCO_3$). Origine: sédiment de plate-forme marine. A Piora: souvent calcaires siliceux (mélange avec du quartz).

Carbonatse: calcaires et dolomies.

Cornieule: roche carbonatée bréchique et vacuolaire, très altérée en surface. Origine: transformation de dolomies et de gypse. La Cornieule est redoutée dans la construction de tunnels.

Disthène: formule: ($Al_2O(SiO_4)$). Issu du métamorphisme alpin, faciès métamorphique des amphibolites. A Piora elle forme des baguettes de couleur bleue dans des schistes, où elle peut être associée à staurotide, grenat, mica etc.

Doline: «cratère» en surface de terrain, dû à la dissolution de carbonates, de gypse ou de sel dans le sous-sol, lié à la circulation d'eaux acides (ex. acides humiques provenant de la décomposition de matière organique).

Dolomie: roche composée de dolomite (minéral, $CaMg(CO_3)_2$. Origine: sédiment de milieux salins, p. ex. déserts de sel («sebkhas») et lagunes marines.

Gley: type de sol fin (argile) à saturation prolongée par l'eau. Le gley, privé d'oxygène (anoxie, réduction du fer) est souvent de couleur bleue ou noirâtre. Exposé à l'air il devient tacheté ou rouge.

Gneiss: roches métamorphiques (recristallisées) se débitant en plaques («couches») de centimètres à plusieurs décimètres d'épaisseur.

Granites: Roches cristallines massives formées par la cristallisation de magmas dans la croûte terrestre (roches magmatiques ou intrusives), composées de quartz, feldspaths et micas et de minéraux mineurs.

Grenat: minéral essentiellement issu du métamorphisme, de forme «grenue» (octaèdres). A Piora ce sont des alumo-slicates (réseau cristallin à base d'aluminium, silicium et oxygène) qui peuvent contenir du fer (minéral rouge appelé almandin). Dans les schistes, ces grenats d'un diamètre de quelques mm peuvent également apparaître en couleur noire comme taches oxydées couleur rouille. Dans les gneiss, le diamètre peut dépasser le cm.

Gypse: minéral et roche composée de sulfates de calcium et d'eau ($Ca\ SO_4\ .\ H_2O$). Minéral transparent, blanc, rose, à forte solubilité, visible dans le Val Canaria. Origine: sédiments de milieux salins, déserts ou lagunes.

Hornblende: sous-espèce brune, verte ou noire des amphiboles, riche en calcium, sodium, potassium.

Karst: phénomènes dus à la dissolution de carbonates, de gypse ou de sel dans le sous-sol. La circulation d'eaux acides (ex. acides humiques provenant de la décomposition de matière organique) facilite la dissolution de calcaires et dolomies. Le karst donne lieu à des dolines et des cavernes.

Marbre: roche carbonatée recristallisée sous l'influence du métamorphisme.

Métamorphisme: processus de transformation des minéraux et roches, enfouis dans les profondeurs de la croûte terrestre, sous haute température (> 200 ° C) et haute pression. Dans les Alpes, le métamorphisme est lié au plissement alpin..

Micas: minéraux du groupe des phyllosilicates, formés principalement de silicates d'aluminium et de potassium. Les phyllosilicates forment de petits feuillets qui brillent à la surface des roches au soleil. Couleurs: transparent (muscovite, séricite), noir à verdâtre (biotite), vert (chlorite). Origine: formation à la cristallisation des granites ou par la métamorphose de sédiments.

Nappe: le terme désigne les grandes unités lithologiques (souvent pluri-kilométriques) qui ont été superposées à l'occasion du plissement des Alpes.

Podzolisation : Etym : (russe) Pod : sous; Zola : cendre. Elle apparaît sous l'action d'un humus biologiquement peu actif, (Mor ou Moder), produisant beaucoup de composés organiques solubles complexants. Ils provoquent l'altération par complexolyse des minéraux argileux et entraînent sous forme de complexes les ions Fe3+ et Al3+. L'horizon E où ne subsiste que le quartz fin devient cendreux. Les éléments entraînés, organiques ou minéraux, précipitent et se polymérisent en B sous forme de composés amorphes : horizon Bh (h=humus) riche en matières organiques insolubilisées et de couleur foncée; et l'horizon Bs (s = sesquioxydes Fe_2O_3 et Al_2O_3) de couleur ocre.

Quartz: minéral transparent ou blanchâtre, composé de silicium et d'oxygène (SiO2). C'est un des minéraux les plus fréquents dans la croûte terrestre.

Quartzite: roche composée essentiellement de quartz, soit détritique (sable ou grès), soit cristallisé en veines.

Rendzine: sols riches en matière organique, superposés à un substrat carbonaté.

Schiste, schistosité: à Piora il s'agit de roches métamorphiques (recristallisées) se débitant en plaques («couches») de plusieurs centimètres à plusieurs décimètres d'épaisseur. «Schistosité» désigne le cisaillement interne des roches, marqué par des surfaces ondulées, souvent tapissées de mica.

Silicates: minéraux riches en oxyde de silicium.

Sol polyphasé: sol formé au cours de plusieurs phases temporelles, dans des conditions qui ont pu changer d'une phase à l'autre.

Staurotide (ou «Staurolite»): minéral, alumosilicate, formule chimique générale: $(Fe^{2+})_2Al_9Si_4O_{23}(OH)$. A Piora souvent en petites barrettes brunes, ou en mâcles formant une croix. Produit du métamorphisme alpin et associée aux grenats, amphiboles, disthène.

Synclinal : pli de grande envergure dont la courbure est orientée vers la Terre.

1.3 Hydrologie et hydrobiologie, les lacs Ritóm et Cadagno

La zone des vallées de la Région de Piora, Cadlimo et Canaria s'étend sur 37 km^2; on y compte 21 lacs, 58 cours d'eau, 28 étangs et marais. En 1917, la Commission d'Hydrobiologie de la Société Helvétique des Sciences Naturelles (l'actuelle Académie Suisse des Sciences Naturelles (SCNAT)) justifie ses 70 ans de recherche dans cette zone pour sa «diversité hydrologique idéale».

L'hydrologie du Val Piora fait l'objet du guide 5.1. de l'Atlas hydrologique de la Suisse (Peduzzi 2011). On y apprend notamment que la pluviométrie de cette région connaît des contrastes importants, avec environ 1000 mm/année pour le village de Piotta dans la plaine de la Levantine, 1400 mm au Lago di Ritóm et plus de 2500 mm/année pour le haut des versants du massif du St. Gothard.

Le Lago di Ritóm et sa centrale hydroélectrique

L'infrastructure hydroélectrique du Ritóm a été construite entre les années 1914 et 1920 par les Chemins de Fer Fédéraux (CFF) qui s'appelaient encore «Strade Ferrate Federali» et avaient remplacé en 1909 les «Chemins de Fer du Gothard - Gotthardbahn».

Le Canton du Tessin garantissait alors les droits de concession pour l'utilisation de cette ressource hydrique en accord avec la Constitution Fédérale. Les lois fédérales délèguent aux cantons l'exploitation des ressources hydriques au profit des entreprises publiques. Par conséquent, l'énergie hydroélectrique produite par l'usine était seulement utilisée pour la traction des trains, ce qui était une nécessité à l'époque où les CFF passèrent du charbon à l'électricité. Les droits de concessions ont été donnés pour une période de 80 ans et ils ont été signés en 1925. Ce droit a expiré en 2005 et les négociations sont toujours d'actualité pour renouveler le contrat avec les CFF en association avec l'Azienda elettrica Ticinese (AET). Lors de la construction du premier barrage à côté de l'Hôtel Piora (fig. 9a), l'élévation du niveau du lac passa de 1828 mètre à 1835. Ce barrage mesurait alors 170 mètres de long et 10.5 mètre de haut. Initialement, l'eau provenait du bassin versant naturel du lac. Plus tard, en 1931, les eaux du Val Cadlimo (Rhin de Medel) furent détournées par des canaux artificiels et des tunnels souterrains en direction du Ritóm. Normalement, les eaux du Val Cadlimo sont drainées vers le nord en direction du *Vorderrhein* (Rhin Antérieur) dans le Canton des Grisons.

Le Lago di Ritóm était alors méromictique, (voir ci-dessous) tout comme celui de Cadagno. Cette caractéristique limnologique disparut avec la construction de la prise d'eau à une altitude de 1799 m. Le lac naturel avait une capacité de 24 millions de m^3. Avec la construction du premier barrage, la capacité augmentait à 29 millions de m^3.

En 1949, les CFF décidèrent de drainer dans ce lac les eaux de l'Unteralpreuss et de la Garegna (Val Canaria) et de construire un nouveau barrage plus grand pour augmenter le niveau du lac à 1850 m. Les eaux de l'Unteralpreuss coulaient dans la vallée qui descend sur la face est du Pizzo Centrale en direction d'Andermatt. La Garegna coulait dans le Val Canaria et rejoignait la rivière Tessin au sud d'Airolo.

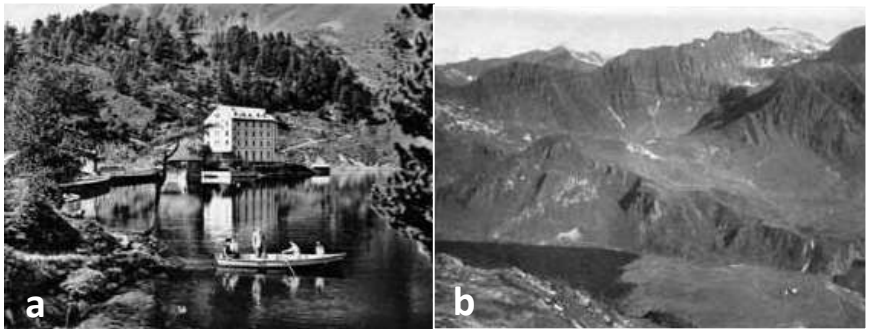


Figure 9a: *dans les années 1930, «Hôtel & Pension Piora» sur les rives du Lago di Ritóm à côté du 1er barrage.* ***b:*** *Ritóm (Alpe di Campo). Sur cette photo de 1907, la surface submergée par la construction du second barrage est visible. Les maisons d'alpage se trouvaient encore sur le delta de la Murinascia. Fotos: AA.VV. 2009: Sentiero didattico Lago Ritóm, © Funicolare Ritóm SA.*

La prise d'eau de l'Unteralpreuss est localisée à 1949 m tandis que celle de la Garengna est à 1877 m. Un tunnel de 4456 m relie les deux prises d'eau et ces eaux coulent en direction du Ritóm dans un deuxième tunnel de 2484 m de long.

Pour se faire une idée des transformations du paysage auxquelles ont conduit toutes ces modifications, il faut s'imaginer que le lac naturel avait initialement une surface d'approximativement 0.9 km^2, le lac de rétention formé par la construction du premier barrage faisait environ 1.27 km^2 et le lac actuel a une superficie de 1.47 km^2 (fig 9b). Cela correspond à une différence de 0.57 km^2, soit 57 hectare de pâture qui furent submergés par les eaux.

Figure 10: *abaissement du niveau du Lago di Ritóm et delta de la rivière Murinascia au printemps 2011*

Avec la réalisation du projet de 1953, le bassin versant du lac passa de 31.8 à 59.1 km^2 ce qui correspond à une importante augmentation du volume d'eau. Avec l'agrandissement du barrage, la hauteur d'eau de l'installation hydroélectrique augmenta jusqu'à 843 m et le débit maximum d'eau utilisable est de 6.7 m^3/s. Aujourd'hui, l'usine hydroélectrique du Ritóm à Piotta fonctionne avec 4 générateurs et une puissance de 44 MW. Sa production annuelle moyenne est de 153 Mio kWh. Cette production correspond à environ 8 % de l'énergie utilisée annuellement par le système ferroviaire en Suisse (1m^3 d'eau du Ritóm produit 3 kWh d'électricité). La production électrique annuelle du barrage de Ritóm correspond à la consommation de 10'000 trains de marchandises de Bellinzone à Arth-Goldau.

L'usine hydroélectrique du Ritóm peut être considérée comme une usine pionnière et un exemple solide, durable et efficient de l'ingénierie civile. A travers le temps, cette construction a subi différentes modifications et améliorations mais certaines parties ont bien fonctionné durant 90 ans.

Le Lago di Cadagno

Le Lago di Cadagno constitue un des principaux pôles scientifiques d'attraction du Val Piora. Ce plan d'eau, d'origine glaciaire, est d'une profondeur maximale de 21 m. Il présente une stratification permanente due à un phénomène naturel rare, connu sous le nom de «meromixité crénogénique». En effet, grâce à la présence de sources sous-lacustres riches en sels minéraux dissous (calcium, magnésium, sulfates et carbonates) et donc denses et anoxiques, la couche inférieure (monimolimnion), ne se mélange jamais avec la couche supérieure (mixolimnion), pauvre en sels minéraux et riche en oxygène. Dans la zone de transition, à environ 12 mètres de profondeur (chimiocline) se créent les conditions idéales pour le développement d'une communauté bactérienne

photosynthétique qui, en absence d'oxygène, est en mesure d'utiliser des sulfates provenant du fond du lac pour leur métabolisme (fig. 11, 12). Cette communauté, composée principalement de la bactérie *Chromatium okenii* (espèce clef), confère à une couche d'eau, d'une épaisseur de 70 à 150 cm, une coloration rouge, liée à un pigment caractéristique contenu dans les cellules bactériennes, l'okenone. Le rôle des bactéries photosynthétiques vertes et pourpres est également important pour leur contribution à la production primaire. En effet, le développement du phytoplancton se répercute sur toute la chaine trophique en rendant le lac particulièrement poissonneux. Le lac se révèle un laboratoire naturel privilégié pour les études de l'écologie et de la diversité microbienne, pour la compréhension du rôle des microorganismes dans les cycles bio - géochimiques globaux et dans l'évolution de la vie sur la terre. L'Institut Cantonal de Microbiologie de Bellinzona, par son Laboratoire d 'écologie microbienne (LEM, associé à

***Figure 11**: plateforme d'échantillonnage du Centre de biologie alpine sur le Lago di Cadagno.*

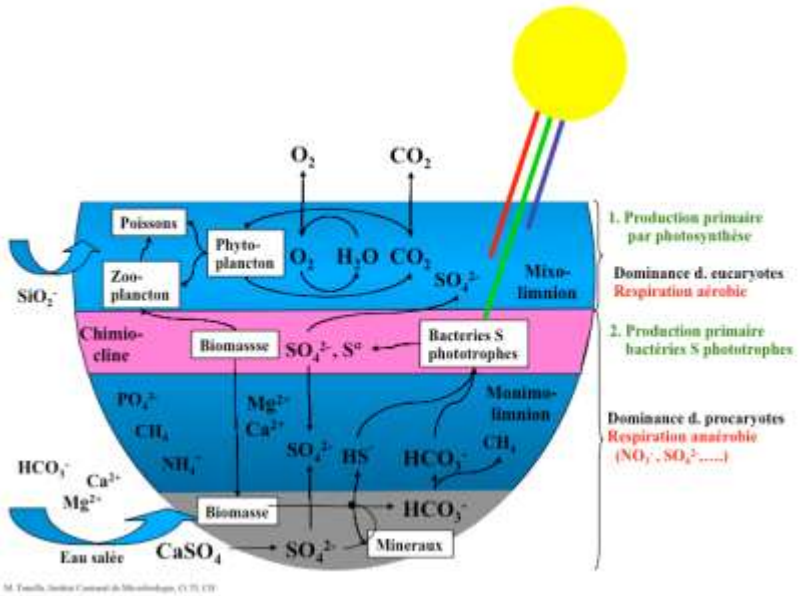


***Figure 12**: principaux processus physico-chimiques et biologiques du Lago di Cadagno*.

l'Université de Genève, actuellement: *Laboratorio di microbiologia applicata* LMA de la Haute école professionnelle de la Suisse italienne, SUPSI), en collaboration avec de nombreux instituts académiques nationaux, européens et américains, soutient les recherches tournées vers l'écologie microbienne (distribution, activités physiologiques, interactions). Ces synergies ont permis de développer des techniques de détection spécifiques (hybridation cellulaire en situ, DGGE) grâce auxquelles il a été possible de découvrir des espèces de bactéries phototrophiques et sulfatoréductrices jamais décrites jusqu'à maintenant (p. ex: *Thiocystis cadagnonensis* et *Thiocystis chemoclinalis*). Les développements et les implications biotechnologiques de ces études sont d'un grand intérêt pratique, surtout pour les propriétés dépolluantes de certaines bactéries hydriques. Les recherches ont donné naissance jusqu'à maintenant à plus de 260 publications scientifiques concernant l'hydrobiologie, la microbiologie, et les sciences naturelles en général.

Bibliographie

- Peduzzi, R. 1990 : Etude d'un filtre bactérien retenant les composés toxiques et trophogènes dans un lac alpin (Lac de Cadagno, Massif du St.Gothard), Cahiers de la Faculté des Scences, Univ. Genève, 20, 121-133.
- Tonolla M. & Peduzzi R. 2006 : Les adaptations aux conditions extrêmes. Lake Cadagno, a model for microbial ecology, Documenta (ISSN 1424-4993) Centro di Biologia Alpina Piora, Milieux extrêmes: conditions de vie en milieu alpin et milieu marin, vol. 3, 21-52.

Liste complète des publications, voir www.cadagno.ch

Chimie des eaux

Comme effet miroir de la géologie variée du Val Piora, les eaux des sources et des rivières montrent des compositions très différentes, tant dans la nature des éléments dissous que dans leur concentration. La chimie des eaux dépend essentiellement de la nature des roches du bassin versant (particulièrement minéraux silicatés tels le quartz, les feldspaths, les amphiboles; ou carbonatés comme la calcite ou la dolomie), de la température, du pH et des conditions d'oxydoréduction des eaux et des sols. La mesure des paramètres des eaux (température, pH, conductivité électrique) et de leur chimisme donne des indications sur l'origine et leur parcours dans le bassin versant. Les conductivités électriques des eaux varient de quelques µS/cm à plus de 1200 µS/cm, alors que la température des différentes sources varie de 2 à 12 ° C, en fonction de la longueur du trajet souterrain des eaux (fig. 13).

Les eaux de fonte de la neige et des névés sont très peu chargées en ions en solution; elles présentent des températures et des conductivités électriques très faibles, de l'ordre de 5 à 10 µS/cm. Par exemple, le «Riale di Fontanella» qui draine la zone sud du val Piora et se jette dans le Ritóm, est essentiellement issu de la fonte. A l'autre extrémité de la gamme des concentrations, les sources situées sous la chapelle San Carlo présentent des valeurs de conductivité extrêmement élevées, pouvant atteindre plus de 1000 µS/cm. Ces fortes valeurs résultent de concentrations élevées en sulfate, calcium et magnésium. Il est à remarquer qu'on n'a pas trouvé dans le val Piora de roches contenant des sulfates (gypse), mais qu'elles sont présentent dans le «Synclinal de Piora» dans le Val Canaria et le Val Bedretto en direction du Col du Nufenen. Ces eaux chargées en sulfate sont à l'origine de la meromicticité du Lago di Cadagno.

Figure 13: *mesure de la température et de la conductivité électrique dans une source du Val Piora.*

1.4. Biologie: Flore et faune

Grâce à la grande diversité d'espaces vitaux dans une aire restreinte, l'environnement alpin offre une variété d'espèces extraordinaire et souvent surprenante, adaptées à vivre dans des conditions extrêmes.

Tout en restant très incomplète, la recherche scientifique sur le Val Piora connaît une histoire d'au moins deux siècles, concentrées essentiellement sur les aspects géologiques, hydrobiologiques et floristiques, complétés par des rapports de l'Office de la chasse et de la pêche, ou encore des enquêtes relatives à des groupes taxonomiques particuliers. En revanche, les recherches approfondies et les publications relatives à la faune sont peu nombreuses, surtout en ce qui concerne les invertébrés. Une grande impulsion a été donnée en 2010, année internationale de la biodiversité. Le Musée cantonal d'histoire naturelle, en collaboration avec la Société tessinoise des sciences naturelles et le Centre de biologie alpine (CBA) a alors organisé, pendant deux jours et avec le concours d'une cinquantaine de spécialistes, une intense recherche sur différents groupes d'organismes présents. Les résultats, publiés en 2012 dans la série des « Mémoires » de la Société tessinoise des sciences naturelles (volume 11), ont mis en évidence le fait qu'il reste encore beaucoup de nouvelles espèces à découvrir et ont démontré l'utilité de ce type d'enquête pour faire avancer la connaissance de la richesse de l'environnement et la dynamique des populations.

Figure 14, *à gauche: lis orangé (Lilium bulbiferun ssp.) sous une falaise de gneiss à grenats. Droite haut: gentiane de Koch (Gentiana acaulis) et bas dryade à huit pétale (Dryas octopetala) sur sol carbonaté .*

Flore

Il est impossible de décrire brièvement et de façon exhaustive l'extraordinaire richesse floristique du Val Piora qui, grâce à la conjonction favorable de facteurs environnementaux, géologiques et climatiques, constitue un phénomène exceptionnel pour les Alpes du Sud. Il s'agit en effet d'une des zones les plus riches de l'Arc alpin, avec plus de 1000 espèces de végétaux: 511 espèces de plantes vasculaires (données du Centre du Réseau Suisse de Floristique CRSF, auxquelles s'ajoutent les nouvelles observations enregistrées durant les «48 heures de la biodiversité» en 2010), 400 espèces de bryophytes (données du Nationales Inventar der Schweizer Moosflora, Zürich, NISM), 172 espèces de champignons (données du Nationales Inventar der Schweizer Pilzflora WSL, Birmensdorf auxquelles s'ajoutent celles des collections mycologiques du Musée Cantonal d'Histoire Naturelle à Lugano) et enfin 177 espèces de lichens (données acquises pendant les «48 heures de la biodiversité» en 2010). On fera référence ci-après aux plus récentes contributions sur la flore de la région (Hainard 1986, Selldorf et Geissler, 1984, 1986, Zanon 1996). Une cartographie récente de la végétation du pourtour du Lago di Cadagno est reproduite à la fig. 15 (Massy 2011).

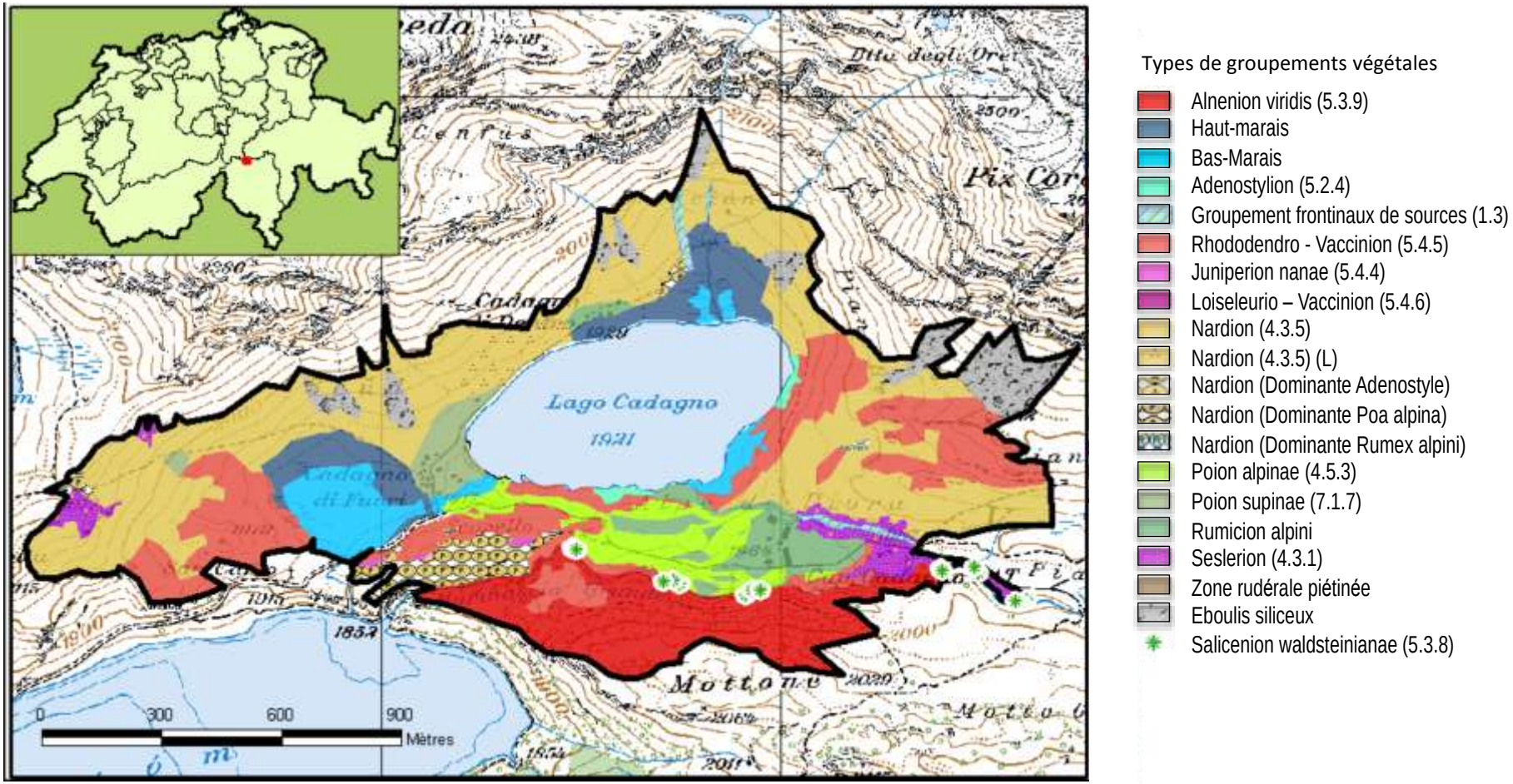


Figure 15: *cartographie de la flore du bassin versant du Lago Cadagno (Massy 2011). La carte est basée sur la classification proposée par le Guide des milieux naturels de Suisse : seconde édition (Delarze et Gonseth 2008). Les codes numériques de chaque groupement correspondent à ceux de cet ouvrage. Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA15003).*

Le versant abrupt situé à l'est du Lago di Ritóm est couvert par l'une des forêts de mélèzes (*Larix decidua*) et d'arolles (*Pinus cembra*) les plus vastes du Tessin, avec celle du Lukmanier. On y rencontre également le sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*) et l'aulne vert (*Alnus viridis*). Ce dernier colonise les pentes rocheuses et les rives ; il constitue, en face de l'alpage de Piora, une brousse impénétrable. Dans ce sous-bois et dans les pâturages moins exploités on trouve – entre autres – l'ancolie des Alpes (*Aquilegia alpina*), rare et protégée, ainsi que la campanule en thyrse (*Campanula thyrsoides*). Dans les pâturages des versants orientés au sud, la flore herbacée se révèle particulièrement diversifiée. Parmi les espèces protégées au niveau cantonal, on peut trouver le lis orangé (*Lilium bulbiferum croceum,* fig. 14), le lis martagon (*Lilium martagon*), la nigritelle rouge (*Nigritella rubra*), l'orchis globuleux (*Orchis globosa*). On peut ajouter à cela des espèces plus communes, mais non moins belles comme l'aster des Alpes (*Aster alpinus*), le dryade à huit pétales (*Dryas octopetala,* fig. 14), l'aconit napel (*Aconitum napellus*), l'achillée à grandes feuilles (*Achillea macrophylla*), la paradisie (*Paradisea liliastrum*) et la pulsatille soufrée (*Pulsatilla alpina ssp. apiifolia*) et la plus rare pulsatille du printemps (*Pulsatilla vernalis*).

Les pierriers sont des biotopes d'une richesse spécifique exceptionnelle. Les formations végétales qui les colonisent dépendent étroitement du type de substrat lithologique. Le long des chaînes de montagnes situées aux confins de la Levantine et dans le Val Cadlimo se trouvent des prairies sur pierriers siliceux, particulièrement riches - entre autres – en renoncule des glaciers (*Ranunculus glacialis*), luzule marron (*Luzula alpinopilosa*), benoîte rampante (*Geum reptans*), oxyria à deux styles (*Oxyria digyna*), achillée naine (*Achillea nana*). Sur les roches carbonatées on signale le saxifrage bleuâtre (*Saxifraga caesia*), la stipe pennée (*Stipa pennata*), l'astragale de Lienz (*Astragalus leontinus*), la saussurée à feuilles discolores (*Saussurea discolor*), et l'herniaire des Alpes (*Herniaria alpina*).

Comme mentionné plus haut, la région est également caractérisée par de nombreux biotopes humides qui ont déjà fait l'objet d'études approfondies (Koch 1928 ; Geissler et Selldorf 1986). La tourbière appelée Bolle di Fuori (fig. 16) héberge de nombreuses communautés floristiques comprenant des espèces rares de plantes à fleur (*Carex pauciflora* et *C. magellanica*, *Drosera anglica*, *Utricularia minor* pour n'en citer que certaines) ou de mousses, ces dernières étant représentées par plus de 100 espèces. Parmi les sphaignes, caractéristiques de ces milieux strictement protégés, on rencontre *Paludella squarrosa*, *Meesia triquetra* et *Calliergon trifarium*,

Figure 16: *marais de Cadagno (ou: Bolle) di Fuori (octobre 2014)*

considérées comme reliques de la dernière période glaciaire.

Le Centre de Biologie Alpine conserve dans un herbier les specimens récoltés entre 2009 et 2013 par le professeur Rodolphe Spichiger des Conservatoire et Jardin Botaniques de Genève, à l'occasion de stages universitaires (un double de l'herbier est conservé au Conservatoire et Jardin Botanique de la Ville de Genève). Parmi les plantes rencontrées sur l'alpage, certaines herbes fourragères sont très recherchées pour la production de lait. On attribue à leur arôme la saveur si particulière du fromage de l'Alpe di Piora. Les bovins sont friands de la ligustique mutelline (*Ligusticum mutellina*), appelée «mutarina» en langage locale; également connues sous le terme de «erba del burro» (herbe à beurre), les polygales (étymologiquement «beaucoup de lait») (*Polygala calcarea, Polygala comosa, Polygala amara, Polygala alpestris*), la crépide orangée (*Crepis aurea*), le plantain des Alpes (*Plantago alpina*) et le trèfle des Alpes (*Trifolium alpinum*).

Nous invitons donc les naturalistes et autres passionnés de botanique à parcourir la vallée et à découvrir la belle végétation de ces lieux, notamment en suivant les itinéraires proposés dans ce guide.

Bibliographie

- Ceschi, I. 2006: Il bosco del Cantone Ticino, Dipartimento del Territorio.
- Delarze, R. & Gonseth, Y. 2008: Guide des milieux naturels de Suisse: deuxième édition, Rossolis.
- Geissler, P. & Selldorf, P. 1984: Piora un gioiello delle nostre montagne e un manuale per lo studio dell'ecologia alpina in una regione protetta, Nostro Paese 36 (163), pp.325-340.
- Geissler, P. & Selldorf, P. 1986: Vegetationkartierung und Transekt-analyse im subalpinen Moor von Cadagno di Fuori (Val Piora, Ticino), Saussurea 17, pp.35-70.
- Hainard, P. 1986: Excursion botanique au Val Piora, Bollettino STSN 74, pp. 117-123.
- Massy, J.E. 2011: Région du Lac Cadagno, Val Piora : Changements environnementaux et développement durable d'une région de montagne de moyenne altitude : Evolution et état actuel de la couverture végétale. Mém. MUSE, Univ. De Genève, inédit.
- Spinelli A. & Vust M. 2011: La Val Piora: primo approccio a un mondo ricco di licheni ancora poco esplorato, Bollettino STSN 99, pp. 39-52.
- Zanon, P.L. 1996: Escursione botanica settembrina da Cadagno di Fuori ai laghetti di Taneda, Nostro Paese 48 (233), pp.37-46.
- Zoller, H. 1960: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations-geschichte der insubrischen Schweiz. - Denkschr. Schweiz. nat.forsch. Ges., 83, 45-156

Faune

La vallée de Piora se distingue pour son abondance en espèces de mammifères. On remarque d'abord les habitants typiques de la montagne : bouquetins *(Capra ibex)*, chamois *(Rupicapra rupicapra)*, cerfs rouges *(Cervus elephas)*, chevreuils *(Capreolus capreolus)*, marmottes *(Marmota marmota,* fig. 17*)* (et même des marmottes blanches!), l'hermine *(Mustela erminea)*, la belette *(Mustela nivalis)*, la martre zibeline *(Martes zibellina)* ont trouvé ici un habitat idéal en compagnie de micromammifères rongeurs (souris, campagnols, loirs) et d'insectivores (musaraignes, taupes). Le rat alpin sauvage (*Apodemus alpicola*) a été trouvé pour la première fois dans le Canton pendant les «48 heures de la biodiversité». Selon le Centre suisse pour la cartographie de la faune (CSCF), l'unique espèce vérifiée parmi les reptiles est le lézard vivipare (*Zootoca vivipara*). Les serpents ne sont pas fréquents; *Vipera aspis* a été signalée deux fois en 2014, tandis que les amphibiens sont présents avec deux espèces, la grenouille rousse (*Rana temporaria,* fig. 18a) et le triton alpestre (*Mesotriton alpestris,* fig. 18b). La mystérieuse et (au Tessin) rare salamandre noire (*Salamandra atra)* fut aperçue seulement en 1987 près des petits lacs de Taneda et en 2009 sur le sentier didactique du Ritóm. Les poissons (huit espèces de salmonidés, cyprinidés et chabots) sont le résultat d'apports répétés et artificiels pour la pêche. Un exemple concerne le relâchement bien documenté de l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*) en 1915. Cette pratique a également causé de grands problèmes, par exemple avec l'introduction de la truite canadienne (*Salvelinus namaycush*), connue pour être particulièrement vorace.

Le Val Piora fait partie, avec les deux autres vallées alpines de Santa Maria et Cadlimo, d'une aire de protection des oiseaux d'importance mondiale (IBA, *Important Bird Areas*, objet n° 27 «Piora-Dötra»). Plus de 40 espèces d'oiseaux nicheurs sont recensés à Piora, auxquelles il convient d'ajouter une trentaine d'espèces d'oiseaux de passage, ou en migration. Parmi les habitants de la forêt difficiles à observer on note le cassenoix moucheté (*Nucifraga caryocatactes*) au plumage tacheté, indispensable allié de l'arolle dans la dispersion de ses graines. Le rougequeue noir (*Phoenicurus ochruros*), le pipit spioncelle (*Anthus spinoletta*) et le traquet motteux

Figure 17: *famille de marmotte (Marmota marmota) dans le Val Frippon, à l'est du Centre de biologie alpine.*

Figure 18a*: grenouille rousse (localisation: Pian Murinascia);* ***b:*** *Triton alpestre (localisation: Motto Giübin)*

(*Oenanthe oenanthe* fig. 19a) peuplent abondamment les pâturages. Avec un peu de patience, on peut observer sur les rochers parsemés dans les pâturages au pied des falaises le très coloré monticole de roche (*Monticola saxatilis* fig 19b).

A l'ouest du CBA nichent plusieurs couples de tariers des prés (*Saxicola rubetra*) et des merles à plastron (*Turdus torquatus*). La Murinascia, rivière principal du val, abrite des bergeronnettes des ruisseaux (*Motacilla cinerea*) et des cincles plongeurs (*Cinclus cinclus*).

L'aigle royal (*Aquila chrysaetos*) et le faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*) passent devant les parois rocheuses au dessus de Piora. On y rencontre également la niverolle alpine (*Montifringilla nivalis*) qui niche jusqu'à 2500 m d'altitude, comme le chocard à bec jaune (*Pyrrhocorax graculus*) et le tichodrome échelette (*Tichodroma muraria*). Les gallinacés sont représentés par la perdrix bartavelle (*Alectoris graeca*), le lagopède alpin (*Lagopus muta*) et le tétra lyre (*Tetrao tetrix*), dont il est possible de voir les parades tôt le matin au printemps.

Depuis la fin des années 1980, la belle gorgebleue à miroir, sous-espèce à miroir roux (*Luscinia svecica svecica* fig. 20), devenue le symbole de CBA, niche de façon irrégulière dans la zone. Le Val Piora, avec le Val Bedretto, est un des dix sites de nidification de cette espèce rare en Suisse. La pression exercée par certains photographes peut scrupuleux semble avoir fait fuir pendant quelques années ce rare nicheur qui est maintenant de retour.

Figure 19a: traquet motteux (mâle) *(Oenanthe oenanthe).* **b**: monticole de roche (mâle) *(Monticola saxatilis).*

Figure 20: gorgebleue à miroir roux *(Luscinia svecica svecica).*

Le plus grand groupe d'animaux, mais également le moins connu est constitué par les insectes; on estime le nombre d'espèces présentes dans les Alpes à 30'000, dont 482 espèces sont recensées à Piora selon le Centre suisse de cartographie de la Faune. Les recherches, qui dans la région concernent principalement les papillons et les insectes aquatiques, restent toutefois peu détaillées.

Bibliographie

- *Cereda, A. 1989: Prima nidificazione certa del Pettazzurro in Ticino, Ficedula, 1, 18-20.*
- *Graf R. & Kestenholz, M. 2002: Gli uccelli delle Alpi, Stazione ornitologica svizzera.*
- *Focarile, A. 1988: Ricerche sui coleotteri del Parco alpino della Val Piora, Bollettino STSN 76, pp.61-70.*
- *Macocchi, P. 1978: La trota canadese sotto accusa, Aquicoltura tic. 62, pp.46-47.*
- *Maddalena, T., Roesli – Mattei, M., Zaim, S. & Torriani, D. 2012: I mammiferi della Val Piora (Canton Ticino, Svizzera), Memorie STSN, Vol.11.*
- *Polli, B. 2012: Pesci della Val Piora (Canton Ticino, Svizzera), Memorie STSN, Vol.11.*

1.5 L'alpage de Piora

La commune de Quinto occupe 75,2 km^2 dont environ 35 km^2 font partie de l'alpage de Piora. Les pâturages alpins sont la source de revenus importants pour les agriculteurs locaux. La production de fromage alpin est économiquement encore plus intéressante pour les propriétaires de bétail: pendant que les vaches sont en train de se faire traire en altitude, ils peuvent récolter le foin à un niveau plus bas. La tradition pastorale est aussi essentielle pour l'entretien des paysages alpins. Dans les prés sans surveillance et sous-utilisés, la couverture florale et l'herbe tendent à se détériorer, défigurant alors le décor alpin tant apprécié par les touristes.

Dans le but de définir clairement les relations entre les propriétaires et leurs droits d'utilisation, la «vicinanza» (bourgeoisie) de Quinto – par un acte écrit de partage des terre datant de 1227 – assigna l'alpage de Zambrasca-Prato et Ravina au hameau d'Umbrio (Ambrì), Scriuenco (Piotta n'existait alors pas encore), et Zovo. L'alpage de Pigora (maintenant Piora), considéré comme étant la meilleure des trois prairies alpines fût assigné aux hameaux restants. Chaque hameau avait son propre troupeau et produisait son propre fromage sur différents niveaux («corti»). Encore de nos jours, seuls les descendants des vieilles familles «bourgeoises», appelés les «Boggesi», ont le droit d'envoyer leur bétail sur l'alpage, car il leur appartient. Les bourgeois qui possèdent une ferme agricole dans la commune de Quinto peuvent inscrire chaque tête de bétail qui peut passer l'hiver dans leur établissement dans la vallée. Tandis que les personnes qui ne sont pas fermiers de profession, qu'elles soient de nationalité suisse ou pas, ne peuvent inscrire qu'une vache chacune. En 1863 Luigi Lavizzari écrit : «Dans cette zone (c.-à-d. Piora), riche en prairies fertiles, il y a nombre d'excellents fromages, peut-être les meilleurs du Canton, qui sont produits dans de nombreuses fromageries». Pour augmenter la valeur de leurs produits, plusieurs fromagers des environs commencèrent à vendre leur fromage sous l'appellation «de genre Piora» ou «à la mode de Piora», et ne les nommaient pas suivant l'alpage où ils avaient été produits. À Piora, en 1846, 466 vaches produisaient 20'746 kg de fromage. De nouvelles lois imposèrent un quota de 250 vaches laitières par saison, 180 génisses et 180 veaux. Dans le Val Cadlimo, 600 moutons et 20 Yaks y passent l'été. La corporation des Boggesi de Piora administre l'alpage, quoique le fromage produit appartienne

au prorata du lait fournit à la fromagerie. Durant la saison, le lait produit par chaque vache est pesé deux fois par jour (soir et matin) à trois dates différentes. Chaque «boggese» recevra une quantité différente de fromage, et cela en fonction du nombre de vaches qu'il possède et de la productivité de ces dernières. Les produits secondaires, tels que le babeurre (liquide laiteux qui se sépare du beurre au cours du barattage de la crème), et la ricotta sont directement vendus à l'alpage. Les vaches paissent sur les terres agricoles de Piora et de Carorescio (où durant la haute saison sont présents: 2 fromagers, 3 bergers, 2 valets d'écurie et 1 cuisinier) ; les génisses sont sur les prairies de Tom et Pinet (1 berger) et les veaux sont sur les prairies de Fontanella et du Passo dell'Uomo (1 fermier).

La qualité du fromage dépend de facteurs locaux : a) présence de roches sédimentaires d'origine carbonatée comprises entre les roches cristallines du Gothard et du Lukmanier; b) l'orientation est-ouest de la vallée de Piora et le fait qu'elle se trouve au-dessus de la limite des forêts lui permet d'être ensoleillée tout au long de la journée; c) de nombreux ruisseaux (58), lacs

Figure 21: *alpage de Piora (premier plan: fromagerie) et poya des vaches*

(21) et des pluies abondantes (sur le versant sud de la vallée de Piora et sur le versant nord de la vallée de Cadlimo); d) une grande diversité géologique favorise une grande diversité de la flore et une haute qualité d'herbe, avec une prédominance d'espèces fourragères aromatiques, tel que : *Ligusticum mutellina*, des crépides (*Crepis aurata*), des plantains (*Plantago alpina*), et quelques espèces de trèfle (flore lactogène). Ces prairies avec une grande diversité, dépourvues de «mauvaises herbes», jouent un rôle majeur dans la formation de l'arôme et du goût du formage de Piora. La qualité de ces prairies confère à ce fromage ce moelleux et cette douceur si particuliers. Ce fromage possède un parfum plaisant et une délicieuse saveur se bonifiant tout au long de sa maturation. Dans le but de préserver le genre unique et la pureté de ce fromage, les vaches de Piora ne sont jamais nourries avec du fourrage concentré en grains, même si son utilisation (jusqu'à 2 kg/jour par animal) est autorisée par le label AOC (appellation d'origine contrôlée). En 2014, avec 257 vaches, la production fromagère de l'alpage de Piora atteint 3'332 meules pour un poids total de 22'875 kg.

Bibliographie

- Ceschi, I. 2006: Il bosco del Cantone Ticino, Dipartimento del Territorio.
- Geissler, P. & Selldorf, P. 1984: Piora un gioiello delle nostre montagne e un manuale per lo studio dell'ecologia alpina in una regione protetta, Nostro Paese 36 (163), pp.325-340.
- Geissler, P. & Selldorf, P. 1986: Vegetationkartierung und Transektanalyse im subalpinen Moor von Cadagno di Fuori (Val Piora, Ticino), Saussurea 17, pp.35-70.
- Hainard, P. 1986: Excursion botanique au Val Piora, Bollettino STSN 74, pp. 117-123.
- Spinelli, A. & Vust, M. 2011: La Val Piora: primo approccio a un mondo ricco di licheni ancora poco esplorato, Bollettino STSN 99, pp. 39-52.
- Zanon, P.L. 1996: Escursione botanica settembrina da Cadagno di Fuori ai laghetti di Taneda, Nostro Paese 48 (233), pp.37-46.
- Zoller, H. 1960: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations-geschichte der insubrischen Schweiz. - Denkschr. Schweiz. nat.forsch. Ges., 83, 45-156.

1.6. Evolution environnementale

Une carotte de sédiments de 10.4 m de long, représentant 12'500 années de sédimentation lacustre après la fin du dernier âge glaciaire a été décrite par Wirth et al. (2013). Depuis le début de cette période, appelée «Dryas récent», l'environnement du Val Piora a vécu de grands changements, notamment liés à l'évolution climatique, puis à la présence de l'homme qui exploite les alpages depuis environ 800 ans (voir chapitre 1.5.). Ces modifications sont reflétées par la composition des sédiments du Lago di Cadagno et notamment par leur contenu en pollens. Autre exemple d'indication environnementale, des couches de sable («turbidites») intercalées dans les sédiments fins, marquent des événements de crues. Nous nous intéresserons ici particulièrement à la période marquée par l'impact humain.

Massy (2011) a analysé dans le cadre d'un mémoire de master la sédimentologie et le contenu pollinique de deux carottes de sédiments tirées dans la partie anoxique du lac, une première carotte d'une longueur de 55 cm représentant env. 500 ans de dépôt, et une deuxième carotte de 105 cm, représentant env. 1000 ans. Le diagramme en fig. 22 montre la variation du contenu pollinique de cette dernière carotte.

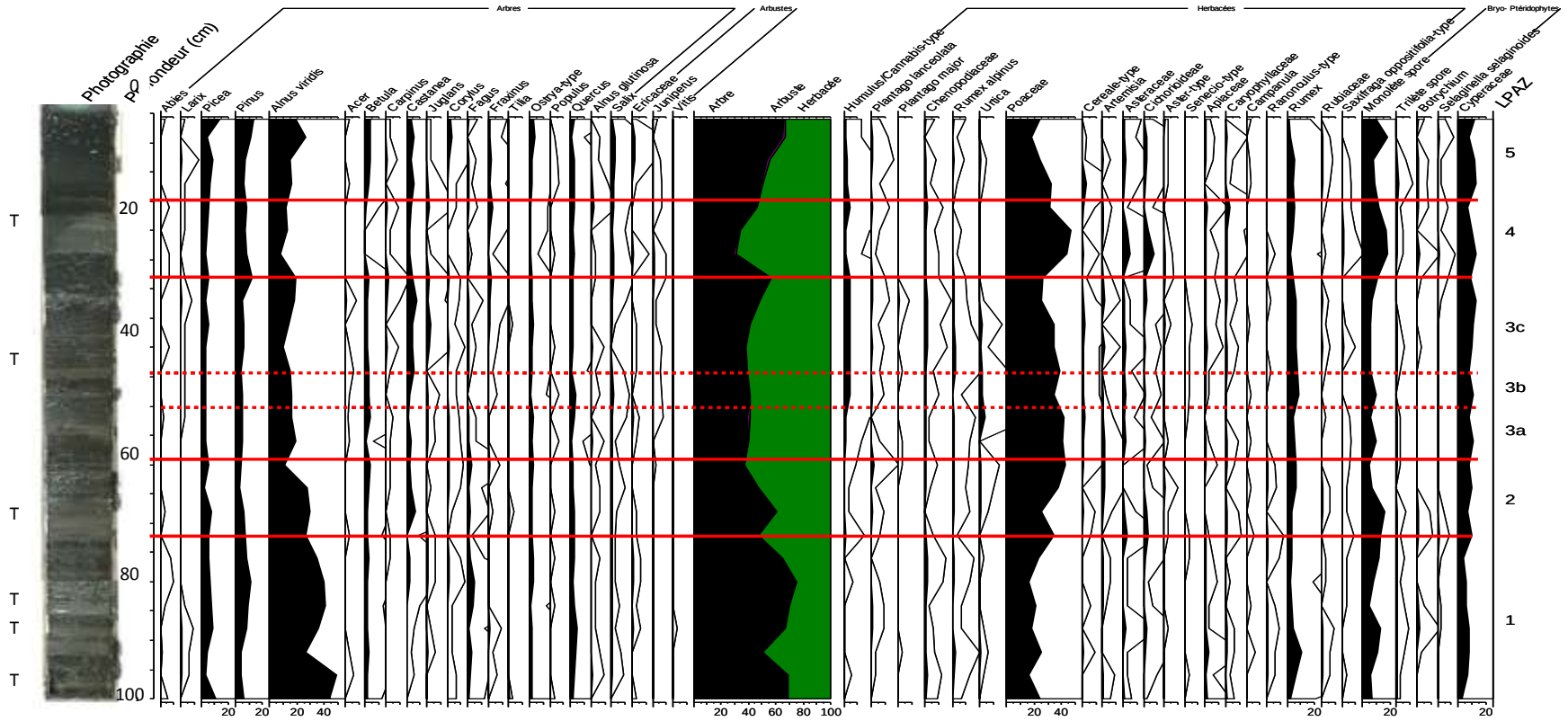


Figure 22: *diagramme pollinique de la carotte de sédiments du Lago di Cadagno n° 2 en pourcentages. De gauche à droite: la lithographie (T: turbidites), la profondeur, les pollens d'arbres, les pollens d'arbustes, le rapport PA/PNA, les pollens d'herbacées, les pollens aquatiques et les zones polliniques locales (LPAZ; Massy 2011).*

En stratigraphie pollinique, la période d'étude s'insère dans la «chronozone X», ou «Subatlantique récent», qui commence aux alentours de l'an 1000 AD (Firbas 1949). Les spectres polliniques des cinq zones temporelles distinguées (LPAZ 1 – 5) sont caractérisés comme suit (fig. 22):

LPAZ 1, Moyen-âge, domination des pollens arborés (forêts): le rapport pollen arboré **(PA)**/pollen non arboré **(PNA)** est largement en faveur du PA, qui est dominé en majeure partie par *Alnus viridis* (Aulne vert). Nous pouvons cependant constater un décrochement de cette espèce et donc du PA dans la partie inférieure de la zone. Pour ce qui est des conifères dans la première partie, *Larix* (Mélèze) est bien présent. Puis, par la suite, *Pinus* (pin, probablement Arve), *Picea* (Sapin) et *Abies* (Sapin Blanc) augmentent. *Fagus* (Hètre) est bien représenté et *Castanea* (Châtaignier) apparaît et augmente progressivement. Le PNA est dominé par les *Poaceae* (Graminées); les *Rumex* ont également une certaine contribution. Aux environs du décrochement d'*Alnus*, nous percevons une augmentation des spores, des *Asteraceae* (Asteracées) et *Apiaceae* (Ombellifères) ainsi que des *Rumex*. Des pollens de type *Humulus* (Houblon)*/Cannabis* ainsi que *Cerealia* (Céréales) sont présents sporadiquement.

LPAZ 2, période de transition: PA est en diminution, dominé par *Alnus viridis*. *Abies* et *Larix* disparaissent presque. *Castanea* est bien présent de même que *Fagus*. Au début de la Zone nous pouvons noter les pics des *Asteraceae*, *Cichorioideae* et spores. Les pollens de type *Humulus/Cannabis* commencent leur ascension. Il y a une faible apparition de *Juniperus* (Genevrier) sur la fin. Les graminés (herbes) sont en progression.

LPAZ 3, domination des herbes: Abies apparaît par intermittence tandis que les fréquences de *Pinus, Picea* et *Larix* restent stables. *Juglans* (Noyer) et *Fraxinu*s (Frêne) sont en augmentation. Au début, nous pouvons noter un pic pour *Salix* (Saule). Du côté des herbacées, *Cerealia* (Céréales), *Humulus/Cannabis*-type et *Urtica* (Ortie) sont à leur maximum. Près du début de la zone deux faibles pics simultanés des *Asteraceae* et des spores peuvent se voir.

LPAZ 4, recul drastique des arbres: Abies est présent; *Alnus viridis* est encore en recul. *Betula* (Bouleau) disparaît lorsque le PA est au plus bas et la plupart des arbres feuillus sont en forte régression. Le PNA est formé en majeur partie par les Poaceae et les Asteraceae. *Urtica* (Ortie), *Plantago lanceolata, Rumex* et Chenopodiaceae sont également en franc recul lors du pic des Poaceae et Asteraceae. Les spores, quant à elles, sont fortement présentes.

LPAZ 5, période récente, ré-augmentation des arbres (forêt): Nous pouvons noter une augmentation du pollen arboré dans lequel *Alnus viridis* domine. *Pinus, Picea*, ainsi que *Larix* semblent être en augmentation tandis qu'*Abies* disparaît presque totalement. La présence de *Betula* (Bouleau) est remarquable ainsi qu'une augmentation d'*Ostrya* (famille des Charmes) et *Corylus (*Noisetier). Il y a une forte augmentation des *Ericaceae*. Les *Poaceae* (herbes) et les *Cyperaceae* (Carex, Laîches) sont en diminution. Il y a des pics notables de *Plantago lanceolata* (Plantain lancéolé) et *Rumex*, tandis qu'*Urtica* réapparaît. Nous pouvons voir une certaine abondance de différentes *Asteraceae* et des *Caryophyllaceae*, alors que *Humulus/Cannabis* semblent être en recul. Sur la fin de la carotte un pic des spores et de *Selaginella selaginoides* (Sélaginelle), une plante de milieux humides, apparaît.

Interprétation

Les pollens retrouvés dans les sédiments ne proviennent pas tous d'un apport local. Pour un bassin de 250 à 750 m de diamètre, on peut compter entre 30 et 50% d'apport régional, de l'extérieur du bassin versant immédiat. Ce sont en partie des pollens de plantes qui n'apparaissent pas sur la carte de végétation (fig. 15). A ce titre on peut citer *Acer, Betula, Carpinus, Castanea, Jugland, Fagus, Fraxinus, Ostrya, Quercus* mais aussi quelques herbacées telles que *Humulus* (houblon), *Cannabis* ou *Ambrosia*. Ces pollens ont été transportés ici par les courants d'air ascendants et proviennent des étages montagnard et subalpin et des cultures dans la vallée et sur ses versants (Zoller, 1960).

Pour déterminer l'influence de l'activité humaine dans un diagramme pollinique, on choisit des espèces qui servent d'indicateurs de la présence de l'homme. Dans la liste dressée par Iversen (1941) on trouve: *Cerealia*-type, *Plantago lanceolata, Plantago major, Rumex, Artemisia et Chenopodiaceae*. Cependant, les espèces indicatrices ne sont pas les mêmes suivant la région et leur écologie. De plus, les *Cerealia* comprennent également des bromes (*Bromus*), de l'orge d'Europe (*Elymus*

europaeus) ou de l'orge des rats (*Hordeum murinum*) qui ne sont pas forcément des espèces anthropogènes. Pour être liés à des cultures, les *Cerealia* doivent être accompagnés d'herbacées telles que la renouée des oiseaux (*Polygonum aviculare*), la fausse carotte (*Caucalis daucoïdes*), le liseron des champs (*Convolvulus arvensis*), ou encore le bleuet (*Centaurea cyanus*). Dans les comptages qui se trouvent à la base de la fig. 22, on n'a pas relevé ces plantes rudérales. Nous ne pouvons donc pas considérer ici les pollens de *Cerealia*-type comme venant de cultures. Il est fort probable qu'ils proviennent également de bromes locaux. Quant à la vigne (*Vitis*), au houblon (*Humulus*) ou au chanvre (*Cannabis*), des représentants de ces genres existent à l'état naturel, il faut donc obtenir des pourcentages conséquents (environs 1% de la somme pollinique) pour certifier la présence de cultures.

Il est difficile de juger l'importance des prés, pâturages ou bruyères à l'aide de l'analyse palynologique, car le pollen des poacées (herbes graminées) indéterminées peut provenir soit d'une espèce particulièrement productive ou d'une famille de plantes à l'écologie diversifiée dont il est difficile d'évaluer avec certitude la provenance.

En revanche, pour les *Caryophyllaceae*, les *Brassicaceae*, les *Apiaceae* ou les *Rubiaceae*, l'interprétation est plus aisée. Ce sont des espèces dont les pollens ont une faible dispersion par le vent. Une augmentation du pourcentage au sein des diagrammes peut donc suggérer une augmentation des cultures (Zoller, 1960). D'autres pollens d'origine locale, dont on retrouve les espèces dans la cartographie (fig. 15) sont notamment *Silene dioica, Cerastium alpinum, Biscutella laevigata, Peucedanum ostruthium, Laserpitium halleri* ou encore *Galium pumilum*.

L'impact humain a plus d'influence et est généralement plus visible dans les diagrammes polliniques que l'impact climatique, sauf pour les grands changements tels que le Petit-Âge Glaciaire (années 1500 à 1850 AD, Van der Knaap et al., 2000). Les feux et les déforestations se traduisent dans le diagramme pollinique par une augmentation de la proportion de pollen herbacés et sylvatiques des bois aimant la lumière, tels le bouleau (*Betula*), le noisetier (*Corylus*) ou l'aulne vert (*Alnus viridis*). L'intensification du pâturage peut être déduite dans les diagrammes polliniques par l'augmentation des graminés, de *Plantago lanceolata*-type, *Urtica, Achillea*-type, *Alchemilla*-type, des *Asteraceae* et des spores monolètes de fougères.

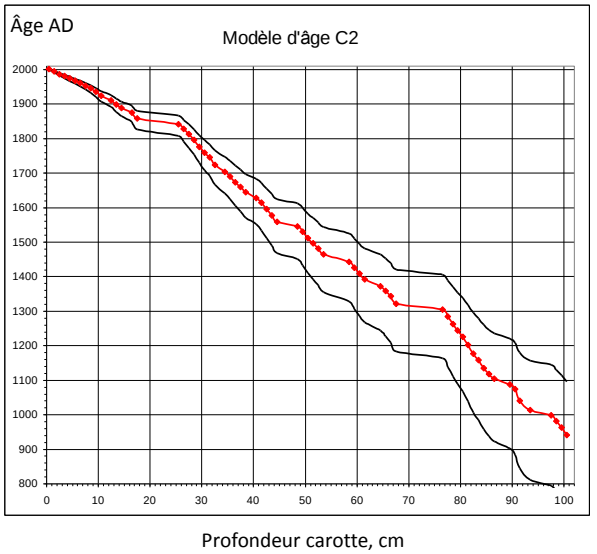


Figure 23: *modèle d'âge de la carotte n° 2 (Massy 2011)*

Par ailleurs l'abandon des zones marginales de pâturages peut entraîner une augmentation des *aulnes* et des conifères. A l'étage montagnard un recul du bétail se traduit par une augmentation des espèces boisées feuillues de cet étage (*Betula, Fraxinus, Quercus, Ostrya*-type, *Castanea*).

Malgré la grande complexité décrite ci-dessus, on peut être tenté d'interpréter le diagramme pollinique en termes de changements environnementaux, en s'appuyant à cet effet sur le modèle d'âge proposé par Massy (2011, voir fig. 23 ci-dessus):

- Autour de l'an 1000, le paysage est largement boisé et surtout couvert d'aulne vert.
- Le début de l'exploitation des alpages autour de l'an 1200 est marqué par une augmentation nette des pollens PNA, respectivement la chute de l'aulne vert (env. à 80 cm, fig. 22, 23). Cette période pourrait par ailleurs également correspondre à augmentation d'une exploitation forestière plus intense, liée éventuellement aux besoins en bois des populations.
- Au milieu de la carotte n° 2 (fig. 22, 23, entre 30 et 55 cm), plusieurs changements indiquent une probable intensification du pâturage: premièrement, la proportion de pollen d'herbacées augmente, de même

que les marqueurs cités plus haut, tels que *Rumex alpinus* et *Urtica*. Deuxièmement, les proportions de pollen d'*Alnus viridis* et de conifères diminuent. Il en va de même pour certains taxons de l'étage montagnard comme *Castanea* ou *Fraxinus*. Cela tend à démontrer que cette intensification s'est également produite dans les étages alpins inférieurs.

- Puis, le réchauffement de ces dernières décennies, après le Petit-Âge Glaciaire, est tel qu'il permet aux essences arborées de reprendre l'avantage dans le diagramme pollinique, aux environs de 13 cm. Dans les années 50, les zones de pentes ont été quelque peu délaissées par les éleveurs. Ces lieux où la pression du bétail se fait moins forte sont colonisés par des éricacées. Effectivement, comme nous le constatons sur les graphiques, les éricacées sont en nette progression au sommet des carottes. Sur la carte de végétation (fig. 15), se trouve une zone au pourtour du Lago di Cadagno à l'ouest du marais, qui semble avoir été colonisée récemment par les éricacées, peut-être suite à l'abandon du pâturage. Dans cette zone, nous avons relevé un mélange clairsemé de lande et de nardion. A la même époque, le réchauffement permet à l'*Ostrya carpinifolia* d'intensifier sa présence dans le Tessin. Dans les diagrammes du Tessin réunis dans l'article de Van der Knaap et al. (2000), cette nette augmentation est utilisée pour une datation relative. Nous observons une augmentation similaire au sommet de nos diagrammes vers 4-5 cm. Ce repère conforte la datation au 210 Pb.

Suivant le modèle d'âge extrapolé à partir du 210 Pb, la régression des pollens arborés se situe entre 1400 et 1800 AD, ce qui coïncide assez bien avec le Petit-Âge Glaciaire. Si nous nous tenons à ce modèle d'âge, nous voyons cette faible proportion de pollen arboré se maintenir jusque vers la fin du XIXème siècle (à environ 12 cm). Même si un petit réchauffement s'est fait sentir pendant la deuxième moitié du XVIIIème siècle, il n'aurait pas eu le temps d'affecter la végétation avant le retour d'une période froide au XIXème.

Bibliographie

- Firbas, F., 1949: Waldgeschichte Mitteleuropas, G. Fischer, Iena, T. 1.
- Iversen, J., 1941: Landnam i Danmarks Stenalder: En pollenanalytisk Undersøgelse over det første Landbrugs Indvirkning paa Vegetationsudviklingen, Danmarks Geologiske Undersøgelse, Vol 2, 66, Dansk tekst pp. 7-59, Engl. texte pp. 60-65, reprinted 1964.
- Massy, J.E. 2011: Région du Lac Cadagno, Val Piora : Changements environnementaux et développement durable d'une région de montagne de moyenne altitude : Evolution et état actuel de la couverture végétale. Mém. MUSE, Univ. De Genève, inédit.
- Van der Knaap, W.O., Van Leeuwen, J.F.N., Fankhauser, A. & Ammann, B., 2000: Palynostratigraphy of the last centuries in Switzerland based on 23 lake and mire deposits : chronostratigraphic pollen markers, regional patterns, and local histories. Review of Paleobotany and Palynology, 108, pp. 85-142.
- Wirth, S.B., Gilli, A., Niemann, H. et al. 2013: Sedimentological, trace metal (Mn, Mo) and molecular evidence for reconstructing past water-column redox conditions: The example of meromictic Lake Cadagno (Swiss Alps). Geochimica et Cosmochimica Acta 120, 220–238.
- Zoller, H., 1960: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations-geschichte der Insubrischen Schweiz, Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges., 83, pp. 45-156.

2. Description des itinéraires

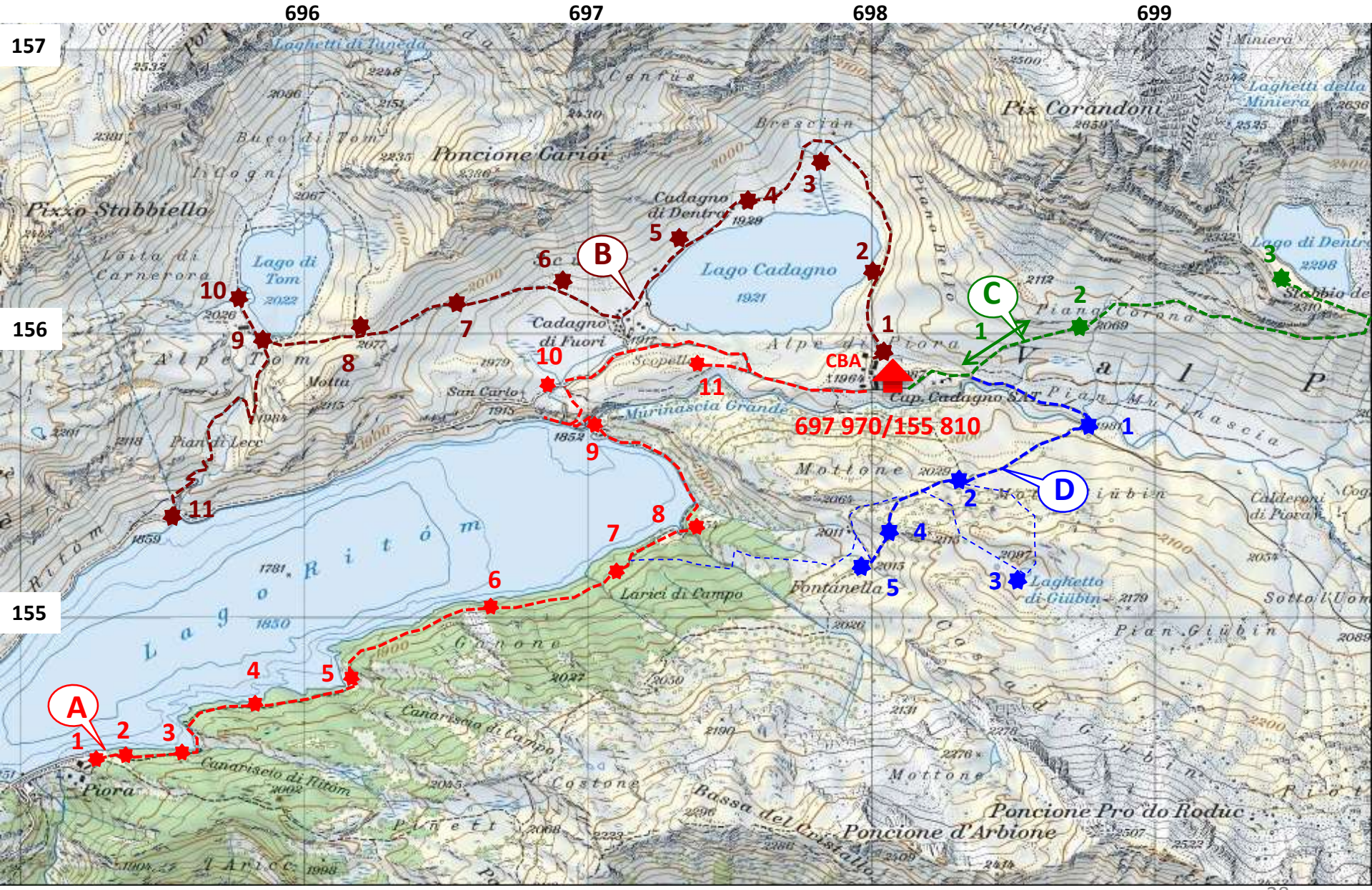


Figure 24: *tracés des itinéraires et points d'observations décrits dans ce guide; reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA15003)*

Description des itinéraires, points d'observation

A. Le sentier didactique du Ritóm

A.1 Départ du sentier
A.2 Histoire
A.3 La forêt
A.4 Botanique
A.5 Economie alpestre
A.6 Panneau littéraire: poésie
A.7 Lago di Cadagno
A.8 Les carbonates du double synclinal de Piora: pincé tectonique et sources carbonatées
A.9 Gorge et delta de la Murinascia
A.10 Schistes à grenats du synclinal de Piora
A.11 Du hameau de Cadagno à l'Alpe di Piora: lecture de paysage

B. De l'Alpe di Piora au Lago di Tom

B.1 Lithologie et flore: flore sur dolomie saccharoïde; Val Fripp, ancienne vallée de la Murinascia
B.2 Les sources du Lago di Cadagno
B.3 Cônes alluviaux et marais, laves torrentielles et avalanches
B.4 Dater un village d'alpage à l'aide des lichens?
B.5 Moraine de névé
B.6 Les amphibolites de la Nappe du St Gothard
B.7 Le marais de Cadagno di Fuori
B.8 Dolines de karst dans la zone carbonatée
B.9 Exutoire souterrain du Lago di Tom
B.10 Cycles sédimentaires d'un cône alluvial
B.11 Du Lago di Tom à l'adduction d'eau du Val Canaria et de la vallée de la Reuss

C. De l'Alpe di Piora au Lago di Dentro

C.1 Morphologies glaciaires et fluvio-glaciaires du glacier du Lukmanier
C.2 Gneiss micacé et amphibolites de la Nappe du St Gothard
C.3 Lago di Dentro et glacier rocheux

D. De l'Alpe di Piora à Fontalella, en passant par le Laghetto di Giübin

D.1 Dolomies du Trias et schistes calcaires jurassiques du synclinal de Piora
D.2 La montée des moraines
D.3 Laghetto di Giübin
D.4 La Formation de Quarten: schistes micacés, souvent carbonatés, à grenat, hornblende, staurotide et disthène
D.5 Cornieules et brèches dolomitiques du Trias

Informations pratiques

Voyage:

Horaires et billets de train: www.cff.ch, Tél. Rail Service 0900 300 300
Funiculaire Piotta – Ritóm: www.ritom.ch (ouvert du 1er juin au 31 octobre), Tél. 091 868 31 51

Restaurants, cafés (ouverts pendant la période estivale):

- Riugio Lago Ritóm (au barrage)*: Tél. 091 868 14 24
- Canvetto Cadagno (Cadagno di Fuori)*: Tél. 091 868 16 47
- Capanna di Cadagno SAT (Alpe di Piora)*: Tél. 091 868 13 23

* Possibilité de logement (sur demande).

Les groupes d'étudiants voyageant avec un but didactique et les chercheurs peuvent également s'adresser au Centre de Biologie Alpine: www.cadagno.ch.

Carte topographique: Carte nationale 1:25'000, feuille 1252 Ambri-Piotta.

Communications téléphoniques , secours: Aucun service pour téléphone portable n'est disponible dans le Val Piora en amont du barrage de Ritóm! En cas d'urgence s'adresser à l'un des 3 cafés-restaurants mentionnés ci-dessus ou utiliser un téléphone satellitaire.

A. Le sentier didactique du Lac Ritóm

Le sentier didactique débute à droite (orographiquement à gauche) du barrage du Ritóm, lorsqu'on monte depuis la vallée. Il se présente sous la forme d'une excursion écologique qui comprend des postes culturels et biologiques ainsi que les événements principaux qui ont marqué l'histoire de la vallée. La description originale a été publiée dans *AA.VV. 2009 (coordination R. Peduzzi): Sentiero didattico Lago Ritóm, © Funicolare Ritóm SA.* Dans la présente version française (traduction: M. Wildi, J.L. Loizeau) nous avons rajouté aux descriptions existantes des points d'observation se référant à la géologie du paysage. Les différentes explications figurant sur les panneaux d'information sont traduits ci-dessous.

Figure a: *Lago di Ritóm, pluies de débordement depuis le Massif du St. Gothard. Vue vers l'Ouest.*

A.1 Départ du sentier

Figure b: *panneau d'information posés au départ du sentier didactique du Lago di Ritóm. Les explications figurant sur ces panneaux le long de l'itinéraire sont traduites ci-dessous en français.*

En suivant le sentier, on longe d'abord le Lago di Ritóm en traversant la forêt, puis on monte au hameau et au Lago di Cadagno, pour atteindre finalement l'alpage de Piora et le Centre de Biologie Alpine. Pour une visite confortable il faut compter environ 2 h 30 de marche.

Géologie des sites A.1 à A7: Les sites A.1 à A.7 sont situés sur des formations géologiques attribuées à la Nappe du Lukmanier. Les conditions d'affleurement montrent souvent des lithologies altérées et des sols:
Sites A.1, A.2, A.3 et A.5: Gneiss granitique porphyrique, p.p. fortement schistosé.
Site A.4: Quartzites à séricite: Formation de Mels, Permo-Trias.
Site A.7: Schistes et paragneiss à deux micas, par endroits des amphibolites.

A.2 Histoire

Voir les chapitres 1.1 et 1.3 de l'introduction.

A.3 La forêt

Le mélèze (*Larix decidua* Miller)

Caractéristiques distinctives:
le nom en italien et en anglais (larice et larch) a conservé son origine latine. Cet arbre peut atteindre 30 à 50 mètres de hauteur et 500 ans d'âge (parfois même jusqu'à 1000 ans à la limite supérieure des forêts dans les Alpes). C'est le seul conifère endémique à feuilles caduques[1]. La forme conique de la couronne du mélèze n'est pas dense, et avec le temps, elle peut devenir ogivale et irrégulière. Le mélèze est l'espèce majoritaire à la limite supérieure des forêts. Il apprécie l'exposition au soleil, les sols bien irrigués et le climat sec continental. Le mélèze a souvent le rôle d'espèce pionnière. Dans la zone de Piora, le mélèze se trouve en association avec d'autres espèces (*Larici-pinetumcembrae typicum*), comme l'arolle (*Pinus cembra*) et le rhododendron (*Rhododendron ferrugineum*).

Ecorce: initialement grise et lisse, elle devient plus épaisse avec l'âge (plus de 20 mm d'épaisseur sur les vieux spécimens subalpins), d'une couleur brune-rougeâtre virant en profondeur vers le carmin[2] avec des sillons colorés.
Feuilles: les feuilles sont en forme d'aiguilles, courtes, douces au toucher, vert clair, regroupées en touffes de 10 à 30 aiguilles sur des branches très courtes (brachyblastes). Les feuilles deviennent jaunes claires avant de tomber en automne.
Fleurs: plante monoïque[3] avec des fleurs mâles ovoïdes jaunes et des fleurs femelles cylindriques rouges foncées.
Fruits: petits cônes ovoïdaux, érigés, maturation annuelle, avec des écailles arrondies. Le cône peut rester ouvert sur l'arbre pendant plusieurs années. Petites graines avec des ailettes dispersées par le vent (anémochorie[4]).
Racines: fasciculées et obliques, très robustes, pénètrent profondément dans le sol et dans des poches de terre dans les rochers.

Bois: différencié, aubier[5] mince, jaunâtre, et orange-rouge, résineux au cœur[6], avec des stries d'accroissement annuelles facilement distinguables et d'une densité de 660 kg/m^3. Il possède d'excellentes propriétés mécaniques et une durabilité remarquable qu'il soit à l'air ou immergé dans l'eau.
Ecologie: plante pionnière, héliophile[7], nécessite un climat continental sec et ensoleillé. Ne supporte pas des conditions atmosphériques humides trop excessives ou la sécheresse estivale. Il préfère les sols bien irrigués entre 700 et 2000 m d'altitude.
Utilisation: le bois du mélèze est résistant et magnifique, il est apprécié en tant que bois de construction naval et en menuiserie. Le mélèze est aussi planté dans le cadre de reforestation de surfaces nues. En association avec d'autres espèces, il est utilisé pour prévenir l'érosion dans les couloirs d'éboulement. L'épaisseur liégeuse de l'écorce protège l'arbre des impacts causés par les éboulements de rochers.
Curiosités: pendant des siècles, les habitants des Alpes privilégiaient le mélèze à l'arolle et au sapin car il fournissait un meilleur abri au bétail contre le soleil. Le mélèze est un symbole de robustesse. Un antiseptique, utilisé pour le traitement des maladies respiratoires infectieuses et inflammatoires, est aussi extrait de la résine du mélèze. En été, les feuilles exsudent une substance appelée «manna de Briançon» qui est recueillie par les abeilles. Beaucoup de maisons antiques à Venise sont construites sur des pilotis de mélèze.

---

1) Espèce d'arbre perdant ses feuilles chaque année en automne.
2) Une nuance rouge (violacée).
3) Espèce portant de fleurs mâles et femelles séparées
4) Dissémination aérienne
5) Bois jeune extérieur qui conduit la sève brute des racines jusqu'aux feuilles
6) Partie centrale du tronc qui tient principalement un rôle de structure plutôt que nutritif. C'est la partie du tronc qui convient le mieux au traitement.
7) Espèce qui a son taux de croissance maximal en plein soleil.

L'arolle (ou pin des Alpes) (*Pinus cembra* L.)

Caractéristiques distinctives:
le nom de cette espèce en italien a gardé ses origines latines (*Pino cembro*). Cet arbre est communément appelé «Cirmolo». Il a un feuillage vert persistant, d'une hauteur de 20-25 m, avec une forme cylindrique-conique et croit très lentement. Il peut atteindre 500 ans. Sa couronne pyramidale est mince quand il est jeune, et arrondie ou aplatie chez les vieux spécimens. C'est une espèce typiquement continentale, présente dans les Alpes et les montagnes des Carpates où on la trouve jusqu'à 2500 m d'altitude. En Suisse, plus de 80 % des arolles prospèrent au-dessus de 1800 m (50 % au-dessus de 1960 m).
La délimitation inférieure de cette répartition est donnée par l'observation de son espèce concurrente, l'épicéa. L'arolle se trouve principalement le long des Alpes, en Engadine, dans les vallées latérales sud du Valais, dans le canton du Tessin au Lukmanier et dans la région de Piora. Dans ces régions, l'arolle est en association avec le mélèze et le rhododendron.
Écorce: lisse et grisâtre pour les jeunes arbres, avec des sillons rougeâtres pour les spécimens plus âgés.
Feuilles: aiguilles fines, assez rigides, épaisses, vert brillant, avec face inférieure glauque[1], 5-10 cm de long, réunis en faisceaux de 5 (caractéristique unique entre les pins locaux qui ont tous 2 aiguilles/botte).
Fleurs: plante monoïque[2] avec une fleur mâle jaune (petits cônes), nombreux et regroupés à la base des nouvelles pousses. Fleurs femelles ovoïdes, rouge-orange, positionnées au bout des nouvelles pousses.
Fruits: cônes ovoïdes, de 4-7 cm de long, avec des écailles coriaces. Quand ils sont mûrs, ils sont d'une couleur violacé-pruineux[3], contiennent des grosses graines comestibles avec une coquille ligneuse (pignons) qui sont disséminés par zoochorie[4].
Deux ans après la floraison, les pommes de pin atteignent leur maturité; elles tombent durant le printemps de leur troisième année quand elles portent encore leurs graines. Leur dispersion dépend du cassenoix moucheté (*Nucifraga caryocatactes)*, un oiseau qui aime les graines. Le cassenoix enterre les graines sous les mélèzes ou entre les rochers pour constituer des réserves pour l'hiver. Dans ses cachettes, beaucoup de graines sont enterrées ensemble et donnent parfois naissance à des spécimens polycormiques[5].

Racines: obliques, très longues, procurent un ancrage solide dans le sol.
Bois: Différencié, avec des aubiers[6] jaunâtres et rosé-orangé, résineux, cœur[7] du bois homogène, moelleux même dans les nœuds, léger, avec une densité de seulement 450 kg/m^3, facile à travailler.
Ecologie: espèce continentale, microthermale[8], essentiellement mésoxérophile[9]; évite les emplacements avec une couverture neigeuse trop persistante et des sols humides. Pas difficile à satisfaire au niveau de la composition du sol, cependant il préfère le sol sec, siliceux et parfois même les sols acides.
Utilisation: grâce à sa grande résistance aux conditions climatiques extrêmes et à sa longévité, dans les régions subalpines, l'arolle est un candidat parfait pour les programmes de reforestation, il limite l'érosion plus que les avalanches. Malheureusement, sans protection adéquate à l'état de pousse, il est sujet à l'abroutissement.

Les faibles quantités de bois produites par cet arbre sont utilisées pour faire des meubles rustiques, des ouvrages de charpenterie ou encore de la gravure sur bois. Disponible en quantités quasi illimitées dans le passé, on utilise maintenant cet arbre dans des programmes de protection environnementale plutôt que pour sa valeur marchande.

---

1) Couche superficielle cireuse qui donne une couleur vert-grisâtre
2) Espèce avec fleurs mâles et femelles séparées, mais présentes sur le même individu
3) Cireux
4) Dissémination avec l'aide d'animaux (dans ce cas en majeure partie celle du cassenoix moucheté)
5) Espèce avec plusieurs troncs
6) La couche la plus externe de bois qui transporte la sève brute des racines aux feuilles
7) La partie centrale du tronc qui a plus un rôle structural et de support. C'est la partie du bois la plus apte à être travaillée
8) Espèce vivant dans des zones où la température varie entre 0° C et 15° C
9) Espèce nécessitant un apport en eau moyen pour garantir sa survie

L'aulne vert *Alnus viridis* (Chaix)

Caractéristiques distinctives:
arbustes à feuilles caduques[1], de 3 à 5 m. Sa frondaison est composée de nombreux drageons[2] arqués, ascendants et flexibles. Les nouvelles branches sont collantes et pubescentes[3].
Écorce: fine, gris foncé, parsemée de taches lenticulaires.
Fleurs: plante monoïque[4] avec un chaton[5] mâle ainsi qu'un petit chaton femelle, mature en automne.
Fruit: de la forme d'un petit cône de pin, ovoïde avec des écailles tannées.
Racines: fines, avec embranchement centrifuge, étendu.
Bois: rosâtre, tendre de texture, de dimension modeste.
Écologie: mésophile[6], héliophile[7], aime l'humidité atmosphérique ainsi que les sols humides, riches en nutriments, avec un pH acide. Les racines de l'aulne hébergent la bactérie du genre *Frankia,* capable de fixer l'azote. Grâce à cette propriété, les branches de l'Aune servent de refuge pour une végétation bien fournie. L'aulne apprécie particulièrement une exposition au nord avec de grandes surfaces recouvertes de neige et des corridors d'avalanche. Son habitat se situe entre 100 et 2100 m. Sur la rive gauche du Lago di Ritóm, l'aulne est presque omniprésent, de même que sur le versant de montagne au sud du CBA (Mottone).

Utilisation: utilisé en ingénierie environnementale dans le réaménagement du territoire (par ex. après des glissements de terrain superficiels, le long des routes de montagne ou sur les bords d'une rive). Comme cette espèce se situe en haute altitude, elle nécessite de hauts niveaux d'humidité atmosphérique.
Curiosité: dans le passé, à cause du manque de combustible, les arbustes d'aulne étaient périodiquement coupés pour être utilisés comme bois de chauffe. Durant quelques décennies, les massifs d'arbustes d'aulnes n'ont pas été entretenus activement. L'aulne ne peut pas être utilisé comme paravalanche, car ses branches flexibles ne freinent pas la neige et se contentent de se plier. C'est pour cette même raison que les aulnes poussent facilement dans les corridors d'avalanche.
Sur les pentes subalpines humides, les aulnes sont capables de former de vastes massifs d'arbustes, quasiment infranchissables à cause de leur densité. Dans ces zones, le développement d'autres espèces arborescentes est extrêmement lent (site de distribution primaire). De nos jours, l'aulne se développe rapidement sur les pâturages nouvellement abandonnés, qui avaient initialement été créés en ôtant les mélèzes, pins, parfois des hêtres, et ceci particulièrement à basse altitude (sites de distribution secondaire).

---

1) Espèce d'arbres qui perdent leurs feuilles chaque année.
2) Partie de la plante qui se développe directement de la tige en bourgeons temporaires.
3) Couvert d'un duvet fin et dense.
4) Espèce avec fleurs mâles et femelles séparées, mais présentes sur le même individu.
5) Fleur pendante unisexuelle (comme p.ex. celui du châtaigner).
6) Espèce nécessitant un apport eau moyen et des températures basses pour garantir leur survie.
7) Espèce qui poussent le mieux en plein soleil.

Sorbier des oiseleurs *(Sorbus aucuparia L.)*

Caractéristiques distinctives:
Grand arbre à l'allure d'un arbuste, atteignant les 10-15 m de hauteur, à feuilles caduques, avec une petite couronne. Son aire de distribution s'étend sur pratiquement toute l'Europe jusqu'à l'ouest de l'Asie. On peut facilement le voir dans les Alpes, et ce jusqu'à 2400 m. Il pousse dans des forêts de conifère ainsi que dans des forêts à feuilles caduques. Le sorbier ne nécessite que de faibles quantités de lumière, s'adapte bien à de basses températures, et est indifférent à la qualité du sol.

Écorce: grise, lisse, avec de petites taches lenticulaires.
Feuilles: composées, imparipennées, avec 13-15 feuilles lancéolées, sessiles[1], acuminées avec bord à dent de scie vers le milieu de la feuille. En automne elles deviennent rouge vif.
Fleurs: petites, blanches, odorantes, en corymbe[2]. Elles fleurissent de mai à juin après que les feuilles se soient développées.
Fruit: petites sphères rouges, arrondies en forme d'œuf, avec un goût acide.
Racines: peu développées, bien adaptées aux sols rocailleux.
Bois: différencié, avec aubier[3] rougeâtre et cœur[4] rouge-brun. Dur, flexible et lourd (densité 800 kg/m^3), avec une texture fine et des fibres rectilignes.
Écologie: espèce favorisant les endroits à demi-ensoleillés, mésophile[5], pionnière et requiert des taux d'humidité atmosphérique élevés. Se trouve typiquement dans des sols pauvres et suffisamment drainés, frais, rocailleux avec un pH acide. Son altitude de distribution se situe entre 500 et 2400 m.
Utilisation: souvent utilisé en combinaison avec d'autres espèces dans des programmes de réaménagement du territoire et de reforestation en zone montagneuse. Il est aussi planté en rangée ou en tant que haie. A cause de ses fleurs odorantes et ses baies rouges, on l'utilise comme plante ornementale le long des routes et dans les jardins. Néanmoins, cet arbre ne pousse pas très bien en dehors du milieu montagnard.
Curiosité: le bois de cet arbre était à l'époque utilisé pour fabriquer des petits ustensiles et pour sculpter de petites figurines. En Scandinavie, cet arbre était utilisé dans l'élevage intensif de bétail. On lui prêtait des qualités prophylactiques contre des épizooties.

Le nom italien «le sorbier des chasseurs d'oiseaux» provient du fait que cet arbre était planté par les chasseurs qui cherchaient à attirer les oiseaux qui sont particulièrement friands des baies du sorbier.

Les baies sont plutôt aigres et tanniques. Elles peuvent être cuites, séchées, préparées en sauce (se marient particulièrement bien avec la viande de chevreuil). Elles peuvent aussi constituer la base d'une boisson riche en vitamine C. Le sorbier abrite de nombreuses espèces d'invertébrés; son pollen procure du nectar pour les abeilles.

De par son feuillage épars, qui n'empêche pas l'herbe de pousser à sa base, le sorbier est le symbole du retour du printemps après un hiver morose.

---

1) Dépourvu de tige ou pétiole.
2) Inflorescence dont les fleurs, toutes dans le même plan, s'insèrent cependant sur la tige à des niveaux différents.
3) La couche la plus externe de bois qui transporte la sève brute des racines aux feuilles.
4) La partie centrale du tronc qui a plus un rôle structural et de support. C'est la partie du bois la plus apte à être travaillée.
5) Espèce nécessitant un apport eau moyen et des températures basses pour garantir sa survie.

Le cassenoix moucheté (*Nucifraga caryocatactes L.)*

Morphologie: Le cassenoix moucheté appartient à la famille des corvidés; parsemé de points blancs, il est souvent observé au sommet de conifères de grande taille. Le cassenoix a une morphologie compacte, un bec large, une queue courte et ronde avec une tête étroite. Ses ailes sont larges et arrondies, elles sont dépourvues de crête.

Nucifraga caryocatactes (Photo: Aldo Cereda

Rôle: il disperse les graines de l'arolle (pommes de pins).
Alimentation: durant l'été, le cassenoix récolte les graines de pin/sapin et des noisettes qu'il stocke ensuite pour l'hiver. Durant la saison froide, cet oiseau peut retrouver sa nourriture avec une grande précision. Dans la région de Piora, il se nourrit en majeure partie des graines de l'arolle – aussi appelé pin des Alpes - (jusqu'à 100 graines par jour). Les caches des pignons sont souvent situées sur des rochers – là où la neige fond plus rapidement. Un seul cassenoix peut créer entre 2000 et 2500 cachettes, qui chacune contient entre 2 et 12 graines de pin. Cet oiseau est habituellement capable de retrouver 80% de ses graines cachées. Les graines faisant partie des cachettes et qui n'ont pas été retrouvées peuvent alors germer, la plupart du temps dans des fissures entre des pierres. On peut ainsi observer des arolles qui semblent pousser au travers des rochers.

A.4 Botanique

.

Voir aussi le chapitre 1.4 de l'introduction

Verâtre (*Veratrum album L.,* en dialecte Tessinois: Valadron), **gentiane pourpre** (*Gentiana purpurea L). et* **gentiane ponctuée** *(Gentiana punctata,* en tessinois: Zanzena). Ces deux espèces de gentianes sont protégées.

Description: ci-dessous, les descriptions des deux espèces (Vératre blanc et les différentes gentianes) qui ne doivent en aucun cas être confondues. on, elles peuvent paraître très similaires.

A gauche, *Veratrum album L*. une plante vénéneuse. A droite, feuilles de gentianes, soit *Gentiana purpurea* ou *Gentiana punctata*

Des gentianes en pleine floraison. A gauche, *G. punctata* avec des fleurs jaunes tachetées avec de petits points noirs. A droite *G. purpurea* avec des fleurs rouge-foncées/violettes. **Les feuilles sont opposées, lancéolées**, avec des veines longitudinales.
Veratrum album L. en fleurs. Les racèmes terminaux (ou la grappe), avec des fleurs blanches, tendant sur le vert à l'extérieur. Contrairement aux gentianes, les **feuilles sont alternées, arrangées en spirale autour de la tige.**

Pour des personnes inexpérimentées, différencier ces deux racines peut s'avérer ardu. Les différences entre les deux sortes de gentianes et le vératre blanc peuvent être observées le long du sentier didactique.

En ce qui concerne l'ethnobotanique, **le vératre** est très toxique à cause de la présence de veratridine (un alcaloïde), alors que les grandes racines aromatiques de la gentiane ont des propriétés digestives. Elles peuvent être utilisées dans la préparation d'une tisane amère à la gentiane qui peut se boire en apéritif, en tant que digestif ou fébrifuge.

La gentiane constitue aussi la base pour la préparation d'autres tisanes et apéritifs. Après fermentation et distillation, les racines peuvent être utilisées pour fabriquer une « grappa » à la gentiane.

Détermination différenciée entre les deux plantes:

La différence majeure peut être observée en comparant les feuilles. Les gentianes ont des feuilles opposées tandis que le vératre à des feuilles alternées. Ce caractère distinctif est très important, particulièrement quand les fleurs ne sont pas présentes.

Racine de gentiane

Rhizome de *Veratrum album L*. Le rhizome a des tiges horizontales, ce qui fait qu'elles se cassent facilement lorsqu'on arrache la plante.

Plantes carnivores, Pinguicula

Pinguicula alpina L., Pinguicula leptoceras Reichenbach, *Pinguicula vulgaris* L. En italien : pianta unta = plante « grasse». En français : grassette ou herbe caille-lait.

Description: Pinguicula spp. a des feuilles arrangées en rosette. Elles sont carnivores, capturent des insectes et autres organismes vivants, qui se font piéger en se collant aux sécrétions visqueuses (produites par des glandes spéciales) sécrétées sur les feuilles. *Pinguicula vulgaris* et P. *alpina* sont des plantes pionnières, elles peuvent être observées dans les tourbières et les zones marécageuses.

Physiologie: Pinguicula spp. utilise ses feuilles gluantes pour attirer et consommer des insectes et autres petits arthropodes[1]. Cet apport énergétique lui permet de pallier le manque d'azote et autres nutriments minéraux qu'elle n'obtient pas par le sol.
Curiosité: cette plante était connue et utilisée par les paysans pour sa capacité à faire cailler le lait. Les feuilles sont riches en enzymes digestives (peptidases). Le nom français « herbe caille-lait » reflète l'usage ethnobotanique de cette plante.

---

1) Arthropodes : invertébrés caractérisés par une symétrie bilatérale, avec un corps segmenté. Cet embranchement comprend plus de 800'000 espèces subdivisées en 6 classes : mérostome, arachnide, pycnogonide, myriapode et insecte.

Plantes vénéneuses et lichens

Aconit et letharia, *Aconitum napellus L., Aconitum lycoctonum vulparia* (Rchb.) Nyman ; *Letharia vulpina* (L.)

Aconitum est un genre de plante herbacée, très vénéneuse et avec une large distribution à travers toutes les Alpes. Une des espèces les mieux connues est *Aconitum napellus L.,* caractérisée par des racèmes allongés bleus foncés et des fleurs en forme de casque. Dans le passé, ses racines élargies étaient collectées pour en extraire des alcaloïdes (l'aconitine en particulier). Le long du chemin menant de la station du funiculaire au barrage, on peut aussi apercevoir des spécimens jaunes : *Aconitum lycoctonum vulparia*, qui est tout aussi toxique que son homologue bleu.

Cette espèce sauvage est très vénéneuse. Pour un homme, une dose de 1 à 5 g d'aconitine est létale. La plante est considérée comme étant un des poisons les plus efficaces. En effet, c'est la plante causant les cas d'intoxication les plus sérieux en Suisse.

Letharia vulpina est un lichen toxique. Comme son nom latin l'indique, ce lichen était utilisé pour confectionner des appâts empoisonnés pour les renards et les loups. Il pousse dans les Alpes sur l'écorce des mélèzes et son ingestion peut être mortelle.

A gauche: *Aconitum napellus*

A droite: *Letharia vulpina,* lichen fixé sur un tronc de mélèze.

A. 5 Economie alpestre

Voir le chapitre 1.5 de l'introduction.

A. 7 Lago di Cadagno

Voir le chapitre 1.3 de l'introduction

A. 6 Panneau littéraire: poésie

AVA GIUANA : pendant les dernières années de sa longue vie, la grand-mère Giuana, Giovanna Pedroli-Croce, qui avait alors autour de 90 ans, était souvent assise sur le petit banc du cimetière et pensait aux accidents survenus dans le village ; et entre autres à celui du 8 décembre 1894 où six personnes du petit village d'Altanca, soit un père avec fils et filles de deux familles se noyèrent dans le Ritóm, en brisant la glace trop fine.

Alina Borioli est née à Ambri, dans la Leventina, en 1887; c'est ici qu'elle passe sa vie et qu'elle meurt en 1965. Après quelques années comme institutrice de l'école primaire elle continue ses études pédagogiques à l'Université de Genève (Institut J.J. Rousseau). Elle devient progressivement aveugle et se voit forcée d'abandonner ses études et son activité dans l'enseignement. Mais la maladie ne l'empêche pas de continuer son activité et sa créativité. Elle collectionne et publie en italien et en dialecte des contes, des légendes, anecdotes et des récits concernant les traditions de la vallée.

Ava Giuana

- Est-ce que votre cœur se brise,
pauvre grand-mère Giuana
lorsque la cloche sonne les funérailles?
- Cela me brise le coeur, croyez-moi:
J'ai vu beaucoup y aller;
J'ai souvent eu de bonnes raisons de me plaindre;
j'ai vu des nouveau-nés et des enfants
et ceux qui laissaient derrière eux leurs enfants.
Pour ceux qui sont morts de la maladie,
au moins pour eux on a fait ce que l'on pouvait faire,
mais on n'est pas en paix pour celui
qui a chuté,
qui est mort de froid au sommet ci-dessus,
qui est passé sous une avalanche,
qui s'est noyé sous la glace
(six à la fois dans le lac!):
six d'un coup dans un petit village comme celui-ci,
on pouvait bien s'arracher les cheveux!
J'en ai vu qui venaient de loin,
qui trouvaient belles nos montagnes,
ils ont appris à aimer notre région,
et maintenant ils sont enterrés ici.
Ils sont un petit contrepoids à ceux du village,
qui sont morts en Amérique ou loin d'ici à Paris.
Et sans le vouloir, ils nous ont appris
que les fleurs peuvent même pousser sur les pierres.
- Est-ce que votre cœur se brise, pauvre grand-mère Giuana
lorsque la cloche sonne les funérailles?
- Cela me brise le coeur, croyez-moi:
J'ai vu beaucoup y aller;
je ne connais personne qui pourrait les remplacer.
La vie et la mort sont une loi
Il n'y a plus personne dans ces ruelles! Les maisons sont vides, l'école est fermée!
Je suis très triste.
Chaque fois que j'entends le glas de la mort,
je crains que se ferme encore une fois une maison.
Voyez, c'est cela le chagrin de mon cœur;
il semble sentir la fin du village.
- Seule, là, sur le banc,
grand-mère Giuana s'endort
et rêve. . . elle voit Altanca, son Altanca,
s'épanouir de nouveau.
Et pleine de vie, est la montagne,
beaucoup de gens sortent dans les champs,
on entend de nombreuses voix,
on voit une foule de gens, jeunes et vieux,
en bonne santé et heureux.
Altanca revit: même sur les pierres on voit pousser des fleurs.
Sonnez la cloche pour la fête;
bercez dans le rêve de grand-mère Giuana!

Traduction: W. Wildi

A.8 Les carbonates du double synclinal de Piora: pincé tectonique et sources carbonatées

Coordonnées: 697 350/155 300

A la terminaison orientale du Lac Ritóm on traverse un petit ruisseau qui s'écoule dans un lit de galets de composition mixte, soit carbonatés, soit de schistes et de gneiss. La flore (p. ex. *Dryas octopetala)* trahit la présence d'un substrat carbonaté qui forme des affleurements le long du sentier.

On croise en fait à cet endroit la partie méridional du synclinal de Piora, telle qu'elle apparaît de façon plus explicite sur la coupe de la transversale ferroviaire, localisée env. 5 km plus à l'est (fig. a). Dans la transversale du Ritóm, ce synclinal s'exprime essentiellement par des micaschistes, des quartzites (Schistes de Quarten) et des carbonates (chapitre 1.2).

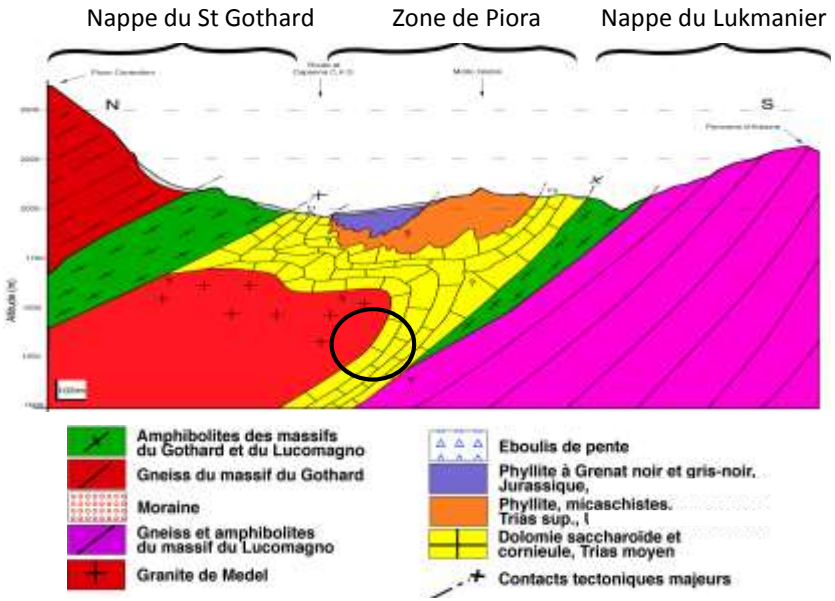


Figure a: *coupe géologique N-S compilée par Nardini (2003, modifiée d'après les travaux de Etter 1986 ; 1998 et Krige 1918); pincée carbonatée du synclinal méridional de Piora (cercle), tel qu'on la rencontre à la terminaison orientale du Lac Ritóm.*

Figures b et c: *calcaires et dolomies stratifiés à fort pendage vers le nord (Campanules au pied de la petite falaise).*

Figure d: *source carbonatée à 10 m au nord du pont.* ***e:*** *Station de mesure du débit du petit ruisseau au nord du pont (coordonnées 697 390/155 400).*

A.9 Gorge et delta de la Murinascia

Coordonnées: 697 010/155 675

La Murinascia chute par une gorge d'une profondeur d'une bonne trentaine de mètres (fig. a) dans le Lago di Ritóm (fig. b). Cette entaille a été creusée, certainement depuis la fin du dernier âge glaciaire, dans les différentes lithologies de la Formation de Stgir (fig. 6 de l'introduction). Des bancs de quartzites et de calcaires siliceux de la partie inférieure de cette formation affleurent le long du chemin à l'ouest de la gorge. Ces lithologies donnent une bonne impression du style de déformation intense dans les formations sédimentaires du synclinal de Piora (fig. c et d). La rivière continue à creuser la gorge, aidée dans cette action par l'augmentation de son débit, depuis qu'un apport supplémentaire a été amené depuis la vallée du Rhin de Medels au début de l'exploitation du barrage.

Figure a: *gorge de la Murinascia; vue depuis le bas: falaises de quartzites et de carbonates quartzitiques de la Formation de Stgir.*
Figure b: *Embouchure de la Murinascia dans le Lac Ritóm. A droite du chenal on reconnaît le delta.*

Figures c et d: *quartzites, calcaires siliceux et schistes à biotite fortement déformés, le long du sentier à l'ouest de la gorge de la Murinascia.*

Quand le Lago di Ritóm est plein, essentiellement au cours de l'été, le delta de la Murinascia reste caché sous l'eau. Mais dès que les CFF passent à la production intense d'électricité, de l'automne au printemps, le delta émerge avec sa morphologie caractéristique (fig. e, f). La couleur blanche provient du fait que le delta reçoit essentiellement des débris de roches (surtout de la dolomie saccharoïde) érodés dans les carbonates du synclinal de Piora.

Figures e et f: *delta de la Murinascia dans le Lago Ritóm, par niveau abaissé du lac (photo: Ludovico Formenti).*

A.10 Schistes à grenat du synclinal de Piora

Localisation: le long de la route d'accès au hameau de Cadagno, de part et d'autre de la rivière qui sort du Lago di Cadagno.

Les talus de la route d'alpage mettent au jour la partie supérieure de la Formation de Stgir, dont l'âge supposé est le Jurassique inférieur. Ce sont des schistes calcaires et (à l'origine) argileux, transformés en ardoises. La surface sombre des plaquettes est souvent ponctuée de taches rouilles de taille demi-centimétrique à centimétrique. Les schistes non altérés montrent l'origine de ces taches. Ils comportent des «noeuds» (en allemand: «Knotenschiefer», schistes à nœuds), correspondant à des grenats de couleur noire.

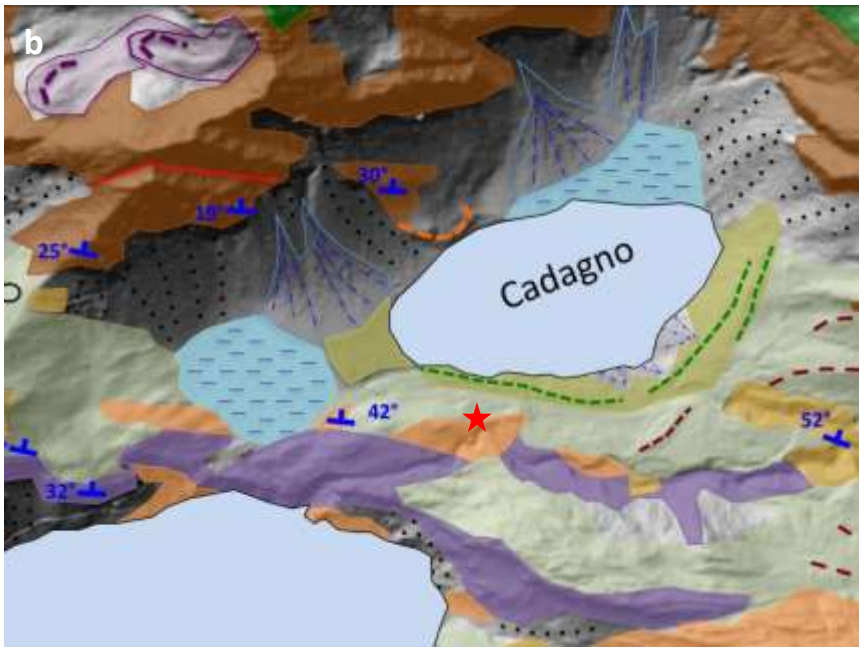
Figure a: *les buttes de la chapelle San Carlo permettent d'observer les formations du synclinal de Piora: QZ: Quartzites et micaschistes de la Formation de Quarten (Trias); SG: Schistes à grenats de la Formation de Stgir (Jurassique inférieur); CA: Carbonates (calcaires vacuolaires, dolomies, Trias).*

Figures b et c: *schistes à Grenats (« Knotenschiefer) de la Formation de Stgir (Jurassique inférieur). b: surface non altérée, c: surface altérée.*

A.11 Du hameau de Cadagno à l'Alpe di Piora: lecture de paysage

Localisation: Le long de la route d'alpage entre le hameau de Cadagno di Fuori et l'Alpe di Piora; monter à droite sur une des buttes pour profiter d'un beau panorama.

Figure a: *vue du bassin du Lago di Cadagno depuis le sud; trait blanc: extension du glacier local à la fin du dernier âge glaciaire (période du Dryas III, env. 12'700 à 11'800 avant le présent). Le névé du glacier était localisé sur les hauteurs du Lago dello Stabbio. Le glacier du Lukmanier était plus en retrait (voir itinéraire C). Les différents cônes d'éboulis et de déjection (avec avalanches) datent de la période post-glaciaire. Les versants orientés sud sont essentiellement recouverts par des prairies de pâturages. Sur les versants orientés vers le nord, les zones rocheuses (affleurements et moraines à blocs) sont occupés par des landes à mirtilles, Rhododendron ferrugineum et Rhododendron hirsutum et par du genévrier.*



Figures b: *carte géologique et morphologique du bassin du Lago di Cadagno (pour la légende voir la figure 6 de l'introduction). Etoile: panorama. L'itinéraire B ci-après suivra l'est et le nord du Lago di Cadagno. Topographie reproduite avec l'autorisation de swisstopo (BA15003)*

B. De l'Alpe di Piora au Lago di Tom

B.1 Lithologie et flore: flore sur dolomie saccharoïde; Val Fripp, ancienne vallée de la Murinascia

Coordonnées: 680 040/155925

Les bâtiments de l'alpage de Piora jouxtent au nord un vallon en U, avec un fond verdoyant, parcouru par un petit ruisseau et des flancs pentus, structurés par les petits replats des sentiers du bétail en pâturage. Sur ces flancs le substrat rocheux de couleur blanchâtre perce dans de petites marches et à la faveur des nombreux terriers de marmottes (fig a).

Figure a: *vallée sèche (Val Fripp), vue vers l'est. La petite rivière coule sur des dépôts de ruissellement. Les deux versants font apparaître le substrat carbonaté.*

Cette vallée évacuait, à la fin du dernier âge glaciaire, les eaux de fonte du glacier du Lukmanier, avant que la gorge de la Murinascia ne prenne le relais. Il s'agit d'une «vallée sèche» au sens géomorphologique.

Le substrat rocheux est formé de «dolomies saccharoïdes» de la de Zone Piora. Ces carbonates se délitent souvent en petits bancs et se décomposent en une poudre blanche au toucher. Ils montrent le plus souvent une forte réaction à l'acide chlorhydrique, indiquant également la présence de calcite en tant que produit de transformation issu de la réaction entre du gypse ($CaSO_4.2H_2O$) et de la dolomie ($CaMg(CO_3)_2$). Par endroits, la roche montre une texture vacuolaire.

Le rocher peut être recouvert, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une petite couche morainique, d'un podsol ou d'un sol brun de faible profondeur (fig. b)

Figure b: *carbonates supportant la litière végétale par l'intermédiaire d'une fine couche de sol d'altération. Flore à Seslerion (Massy 2011).*

La flore de ce site correspond à celle de la *Pelouse calcaire sèche à seslérie (Seslerion: 4.3.1)* selon Delarze et Gonseth (2008). Massy (2011) y mentionne la composition suivante: «La flore est dominée par la seslérie bleuâtre (*Sesleria coerulea*), mais on y trouve également la laiche toujours verte (*Carex sempervirens*), l'aster des Alpes (*Aster alpinus*), la fameuse dryade à huit pétales (*Dryas octopetala*), la globulaire à feuilles en cœur (*Globularia cordifolia*) ainsi que de nombreux petits saules tels que le saule à feuilles de serpolet (*Salix serpillifolia*), le saule à réseau (*Salix reticulata*) ou encore le saule à feuilles émoussées (*Salix retusa*). »

B.2 Les sources du Lago di Cadagno

Coordonnées: 680 000/155 250

Le chapitre 1.3 mentionne les sources profondes qui alimentent le Lago di Cadagno avec une eau fortement minéralisée. De nombreuses sources apparaissent également sur les versants tout autour du bassin du lac. Ces sources peuvent être alimentées soit par des eaux ayant circulé dans les éboulis et autres dépôts de pente, soit par des cheminements plus profonds, failles et fractures, localisés dans le substrat rocheux (fig. a).

Figure a: *présentation didactique des cheminements d'eau dans la zone de Piora (stage de formation en sciences de l'environnement, Université de Genève, 2013).*

Les nombreuses sources le long du versant est du Lago di Cadagno offrent un bon exemple. Ces venues d'eau ont des débits assez réguliers et permanents, même pendant la saison d'été. Mais alors que certains filets d'eau ont une bonne minéralisation, indiquant un chemin d'écoulement conséquent dans le milieu rocheux (fig. b), d'autres ne montrent qu'une minéralisation faible , indiquant un cheminement court et probablement à faible profondeur.

Figure b: *source d'origine profonde au site* 680 000/155 250*. L'association végétale dominante sur ces pentes morainique est celle du Rhododendro-Vaccinion (5.4.5) selon Delarze et Gonseth (2008), des landes qui marquent des sols acides. Du bas-marais peut apparaître le long des rives du lac.*

Pour l'hydrogéologue averti, la distinction entre ces eaux est aisée: elle se fait de préférence par la mesure de la conductivité électrique qui est fonction notamment de la salinité (minéralisation) des eaux. Une autre mesure possible est celle de la température qui restera constante au cours de l'année et au cours d'une journée pour une source d'origine profonde, alors qu'elle changera en fonction de la température ambiante pour une source superficielle.

B.3 Cônes alluviaux et marais, laves torrentielles et avalanches

Coordonnées: 680 000/156 480 à 697 500 156 470

En venant de l'Alpe di Piora, le chemin alpestre traverse, des points B.1 à B.4, la moraine de la fin du dernier âge glaciaire (panorama A.11); il quitte ensuite ces moraines et traverse un cône d'éboulis et des cônes alluviaux (fig. a). Eboulis et cônes alluviaux reçoivent, en hiver et au printemps, des avalanches. Alors que le cône alluvial à l'ouest (à gauche, fig. a, b et c) et les éboulis sont constitués d'un matériel grossier, le cône alluvial de la rivière provenant du Lago dello Stabbio est formé de matériel plus fin et se termine dans la zone humide (fig. d et e).

Sur les cônes de déjection et sur l'éboulis, la flore est très variée avec, au printemps, de nombreuses gentianes, des lys, etc. L'association floristique correspond au Nardion (4.3.5 selon Delarze et Gonseth, 2008).

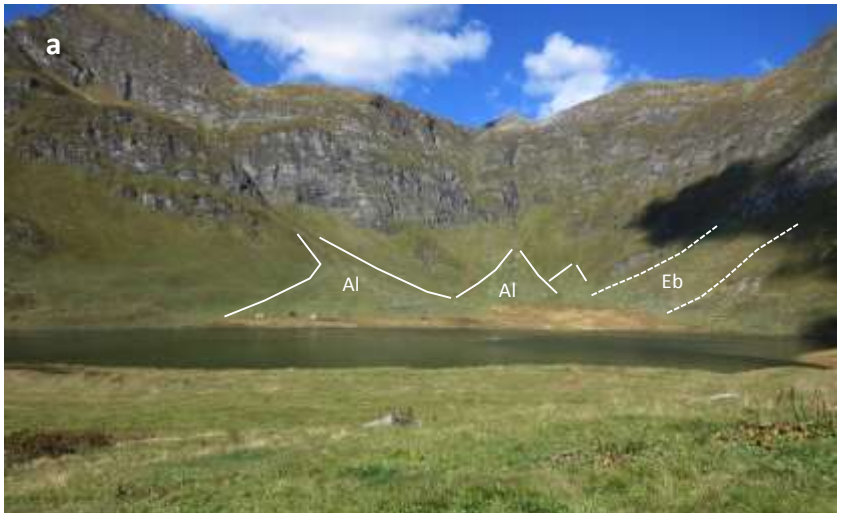


Figure a: *cônes alluviaux et d'avalanches (Al), éboulis (Eb) au nord du Lago di Cadagno. Prise de vue en octobre 2014.*

Selon Geissler & Selldorf, (1986) une partie de la zone humide correspondrait à un bas-marais, alimentée par les eaux de ruissellement et les sources, avec au centre deux îlots de haut-marais. Cette zone n'est pas soumise au pâturage par le bétail.

Figures b et c: *cônes de déjection avec chenaux et langues de dépôt de laves torrentielles (coulées de boues et de blocs). Ces coulées de lave se déclenchent à l'occasion de la fonte des neiges et de fortes précipitations. Une partie du matériel est également déposé par les avalanches.*
Figures d et e: *le marais et son passage au lac. d: prise de vue en octobre 2014 (couleurs d'automne), e: prise de vue en juin 2012*

B.4 Dater un village d'alpage à l'aide des lichens?

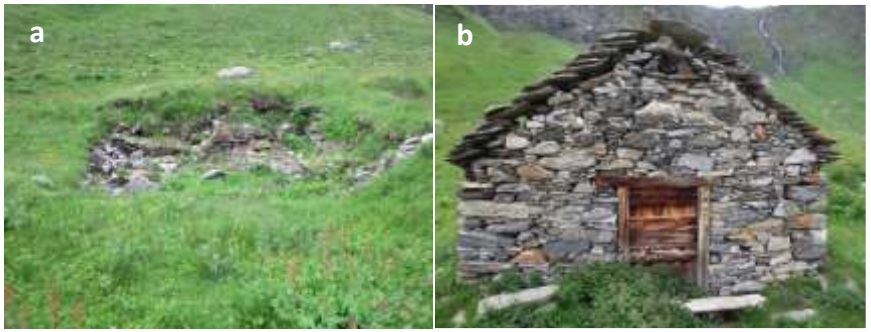
Coordonnées: 697 600/156 480

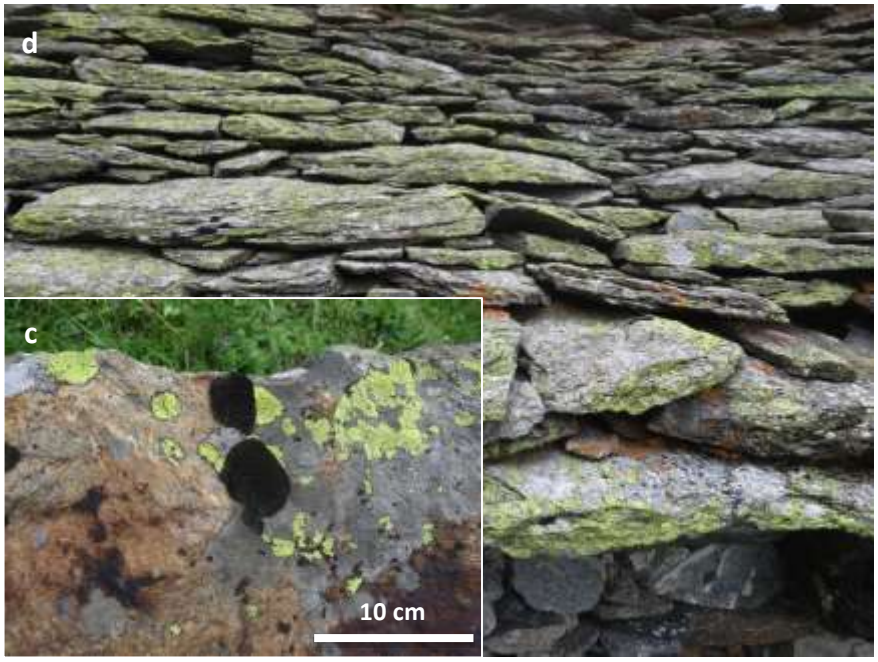
Un ancien village d'alpage, utilisé notamment pour la récolte du foin, était situé à Cadagno di Dentro, coincé entre le versant du Poncione Garioi et le Lago di Cadagno. D'anciennes cartes, photos et peintures montrent jusqu'à 17 petits «rustici» (cabanes d'alpage), dont les toits étaient couverts de plaques de gneiss. Les avalanches de l'hiver 1951 ont emporté une dizaine de ces maisons (fig. a). D'autres maisonnettes sont tombées en ruine ou ont été touchées depuis par des avalanches. Les anciens emplacements sont encore clairement marqués dans le terrain. Actuellement, il ne reste plus que 3 maisons (fig. b).

Mais quand ce village a-t-il été construit? Les lichens qui colonisent les toits nous permettent d'en avoir une idée, même si une datation précise n'est pas possible par cette méthode.

En effet, le lichen de couleur fluo, le *Rhizocarpon geographicum* s'installe en général sur des surfaces de roches «acides», gneiss, granites et quartzites. Après environs 25 ans, les colonies commencent à grandir et leur diamètre augmente de façon linéaire (fig. c). La vitesse de croissance dépend des conditions locales. Elles ne sont pas connues avec précision à Piora, mais le taux de croissance ne devrait pas se situer loin d'env. ¼ mm par année. Des colonies de lichens peuvent ainsi être observées sur des blocs isolés des cônes d'éboulis. Celles de la fig. c ont un diamètre maximal d'env. 2.5 cm, correspondant à un âge d'env. 100 ans. Sur les toits des maisons de Cadagno di Dentro, le diamètre des lichens ne peut plus être mesuré: en effet, les colonies se touchent et se superposent (fig. d), ce qui signifie, vue la taille visible, que leur croissance a commencé bien avant le milieu du XIXème siècle.

Figure a: *ancien emplacement d'une maison d'alpage;* ***b:*** *une des trois maisons encore existantes à Cadagno di Dentro;* ***c:*** *colonies du lichen* Rhizocarpon geographicum *sur un bloc de gneiss éboulé. Âge des colonies: env. 100 ans;* ***d:*** *lichens sur les plaques de gneiss qui recouvrent la maison fig. b. Les colonies sont fusionnées et ne permettent plus d'estimer un âge. Ceci indique que les lichens se sont installés il y a plus d'env. 150 ans.*





B.5 Moraine de névé de Cadagno di Dentro

Coordonnées: 697 340/156 350

Les langues glaciaires supportent et transportent sur leur dos les débris de roches, éboulis et éboulements provenant des reliefs qui les entourent. Ce matériel peut s'accumuler le long du front de la langue et sur ses bordures, surtout en cas d'arrêt ou de stagnation du glacier, et former ainsi les moraines frontales et latérales.

La digue en forme de croissant que l'on observe dans la pente en amont de Cadagno di Dentro est manifestement d'une autre origine, même si elle ressemble beaucoup à une petite moraine frontale. En effet, cette accumulation n'est pas localisée dans un talweg et n'est par liée à un cirque glaciaire. Elle termine simplement vers le bas une longue pente herbeuse sur laquelle des plaques de neige peuvent glisser et s'accumuler en pied de pente. Or, cette neige transporte avec elle le matériel érodé au passage et l'accumule d'année en année.

Actuellement, cette «moraine de névé» est toujours active et peut être nourrie pendant les hivers neigeux. Mais ses origines remontent fort probablement à la période tardi-glaciaire, de la période du Dryas III, il y a env. 12'700 à 11'800 ans.

A l'intérieur de l'arc morainique et dans ses alentours on observe des buttes vertes, de taille métrique à pluri-métrique. Ce sont essentiellement des blocs isolés et des amoncellements recouverts de végétation.

La morphologie de la pente en amont montre des structures de mouvements de terrain.

Figure a: *moraine de névé à Cadagno di Dentro.*

B.6 Les amphibolites de la Nappe du St Gothard

Coordonnées: 696 870/156 190

Fig. a: *cône de déjection entre Pizzo Taneda et Poncione Garioi. Les gros blocs au pied du cône sont essentiellement composés d'amphibolites*

Fig b: *bloc d'amphibolites (couteau suisse: 9 cm).*

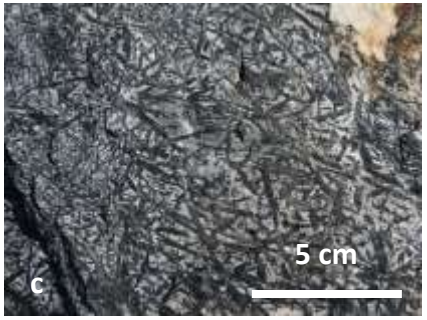


Fig. c: *surface du bloc d'amphibolites avec des amphiboles noires en étoiles.*

Le grand cône de dépôts de pente situé au nord du hameau de Cadagno est certainement d'origine composite (fig. a): coulées d'avalanche, ruissellement, de rares laves torrentielles et des blocs éboulés se mêlent. En bas de pente, de grands blocs, parfois métriques ou même plus, ont probablement leur origine dans un écroulement de falaise assez récent. Il s'agit en grande partie de blocs d'amphibolites noires (fig. b), à la surface desquelles ont reconnaît des amphiboles en étoiles.

Les falaises en amont du cône, qui forment le petit sommet du Poncione Garioi, sont formées de différents gneiss et schistes, souvent à grenat et à gerbes d'amphiboles (voir B.7), et de gneiss à deux micas et à plagioclase, appartenant à la Nappe du St Gothard. Pour retrouver des amphibolites pures il faut monter vers le sommet du Pizzo Taneda (fig. a), où une formation d'amphibolites de 80 à 100 m d'épaisseur se trouve intercalée dans la série. C'est donc depuis cette zone que les blocs auraient pris le chemin jusqu'au pied du cône.

B.7 Le marais de Cadagno di Fuori

Le sentier pédestre qui monte depuis le hameau de Cadagno vers le Lago di Tom offre d'abord une bonne vision de la pétrographie et la minéralogie des falaises surplombantes. On y observe notamment des blocs de gneiss à grenat avec de magnifiques gerbes d'amphibole noire (fig. a). Depuis le sentier on profite ensuite d'une belle vue sur le marais de Cadagno di Fuori (fig. b et d).

Figure a: *bloc de gneiss à grenat et amphibole en gerbes. Le plus grand grenat isolé trouvé à ce jour dans la couche d'altération le long du sentier montre un diamètre de 3 cm.*

Figure b: *bas-marais de Cadagno di Fuori, vue depuis le sentier du Lago Tom.*

Le Bas-marais de Cadagno di Fuori a été décrit et cartographié en détail par Geissler & Selldorf (1986). Les auteurs ont notamment distingué les associations végétales suivantes (fig. b, c et d):

Bas-marais naturel:
- *Sphagnetum nemorei* (recouvert ou non de buissons)
- *Caricetum goodenovii*
- *Elicharitetum pauciflorae*
- *Carex rostrata*
- Associations fontinales

Bas-marais exploité ou anciennement exploité:
- *Trichophoretum caespitosi*
- *Drepanocladetosum revolventis*
- *Phragmites australis*
- *Trichophoretum caespitosi nardetosum*
- Prairies grasses
- Indicateurs de nutriments *(Runnunculus aconitifolius,* etc.*)*
- *Sphagnetum nemorei*

Geissler P., Selldorf P. 1986: Vegetationkartierung und Transektanalyse im subalpinen Moor von Cadagno di Fuori (Val Piora, Ticino), Saussurea 17, pp.35-70.

Le marais est alimenté au nord par les eaux de ruissellement et des sources peu profondes (fig. c) et à l'ouest par des sources qui sortent des roches carbonatées localisées sous la moraine glaciaire.

Figure c: *sources au nord du marais.*

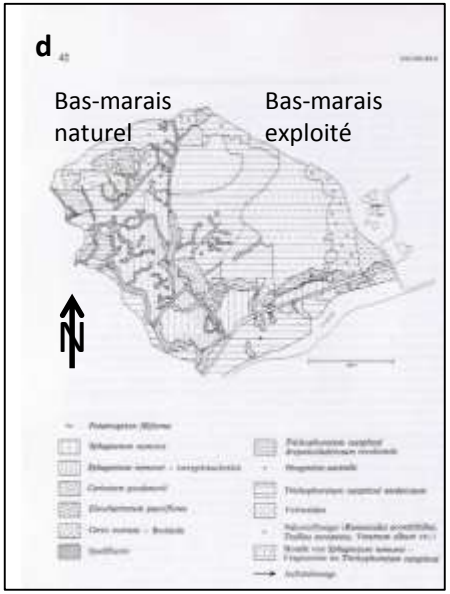


Figure d: *cartographie de Geissler et Selldorf (1986).*

Les canaux du marais:

Fig. e illustre, à travers la conductivité électrique, l'origine des eaux du marais. Plusieurs sources avec des eaux fortement minéralisées (conductivité élevée) se trouvent du côté sud-ouest du marais, d'autres zones (en blanc sur la figure) sont caractérisées par l'eau de pluie et d'autres eaux de surface (faible conductivité). Le fond des canaux, profonds de quelques cm à quelques dm, est couvert de tapis algaires, bacttériens et de mousses. On remarque en particulier des spots de bactéries phototrophes, qui oxydent le HS, de façon comparable aux bactéries rencontrées à 12 m de profondeur dans le Lago di Cadagno (fig. f et g).

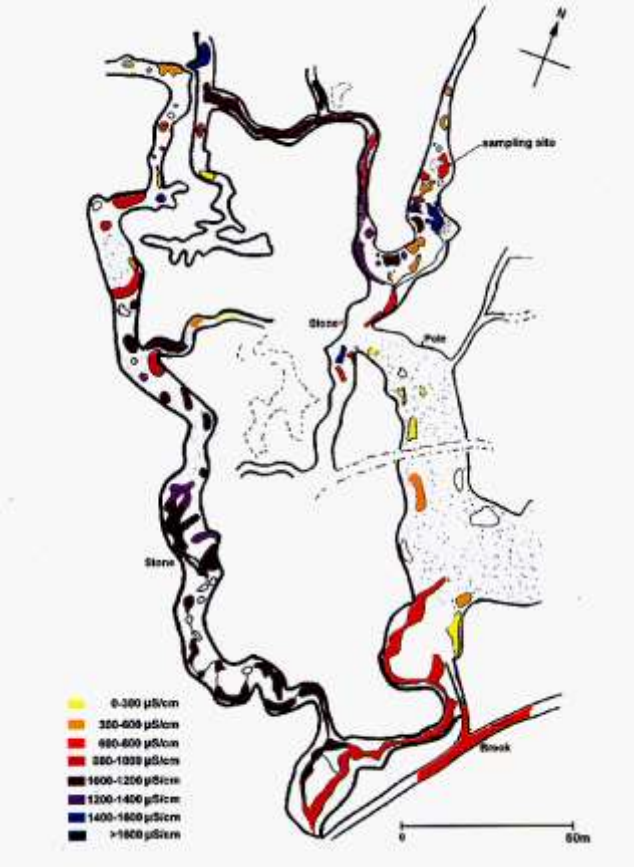


Figure e: *Carte des canaux d'eau dans le marais de Cadagno di Fuori; conductivité électrique*

Figure f: *Tapis microbiens, mousses (gauche) et algues dans dans le marais de Cadagno di Fuori; au centre: tâche de bactéries phototrophes.* ***Figure g:*** *tapis de bactéries phototrophe.*

Figures h et i: *dépôt de souffre élémentaire à la surface sédimentaire.*

Aux endroits dépourvus de bactéries phototrophes, la molécule HS est oxydée par l'oxygène atmosphérique en souffre élémentaire. Dans un profile vertical on aperçoit du haut vers le bas: une couche brune de diatomées, productrices d'oxygène, puis une couche de bactéries

phototrophes. Le niveau de base de couleur noire est formé par des sulfato-réducteurs qui produisent du HS, utilisé pour la production de sulfide de fer (FeS) de couleur noire.

Figure j: *Profile sédiment – tapis bactérien.*

B.8 Dolines de karst dans la zone carbonatée

Coordonnées: 696 200/156 000 (point 2077)

La zone carbonatée du synclinal de Piora passe par le col qui relie Cadagno au Lago di Tom. Au col même, plusieurs dépressions dues à la dissolution des roches, des «dolines» impriment la lithologie sous-jacente à ce paysage (fig. a et b).

Figure a: *alignement de zones de dissolution (dolines) dans les carbonates du col, indiquant probablement le tracé d'une faille.*
Figure b: *doline circulaire d'un diamètre d'env. 10 m.*

Figure c: *tête d'érosion d'une vallée érodée dans les dolomies saccharoïdes à 30 m au nord du col.*
Figure d: *détail de l'affleurement de dolomie saccharoïde. La désintégration de la roche en poudre peut atteindre des centaines de mètres de profondeur.*

B.9 Exutoire souterrain du Lago di Tom

Coordonnées: 695 860/155980

Le bassin du Lago di Tom a été creusé par le glacier dans la zone carbonatée du synclinal de Piora (fig. a). Grâce aux contrastes géochimiques avec les roches acides des nappes du St Gothard et du Lukmanier, le paysage héberge par ailleurs une flore très riche et variée. L'exutoire se fait par un «portail» de karst dans les dolomies et calcaires (fig. b).

Figure a: *vue du Lago di Tom depuis l'est; zone carbonatée à gauche, Nappe du St Gothard à droite*
Figure b: *exutoire du lac par une sortie de karst.*

Figures c et d: *falaise de l'exutoire; style de déformation des bancs de dolomie. Cette lithologie a un comportement cassant, même à haute température. On observe en conséquence des plis fracturés.*

B.10 Cycles sédimentaires d'un cône alluvial

Coordonnées: 695 770/156 120

Le bâtiment de l'Alpe di Tom est construit sur un cône alluvial qui prend ses origines dans la zone carbonatée en amont. Il s'agit d'un cône à très faible gradient qui se prolonge sous la surface de l'eau (fig. a). L'affleurement (fig. b) montre une séquence cyclique, de sable carbonaté blanc alternant avec des niveaux de litière noire. La sédimentation du sable indique des phénomènes d'écoulement intense, très probablement liés à la fonte de la neige. Une vingtaine de cycles s'observent à l'affleurement sur une épaisseur de 50 cm (fig. b).

Figure a: *cône alluvial et sa prolongation sous la surface de l'eau. Etoile: localisation de l'affleurement de la fig. b.*
Figure b: *cycles de sable carbonaté et de litières de matière organique.*

B.11 Du Lago di Tom à l'adduction d'eau du Val Canaria et de la vallée de la Reuss

La descente du Lago di Tom vers la route qui relie le barrage du Ritóm au hameau de Cadagno se fait dans un contexte géologique complexe, avec une grande diversité de roches acides et de carbonates, redressées et plissées. La végétation suit cette diversité par une grande richesse.

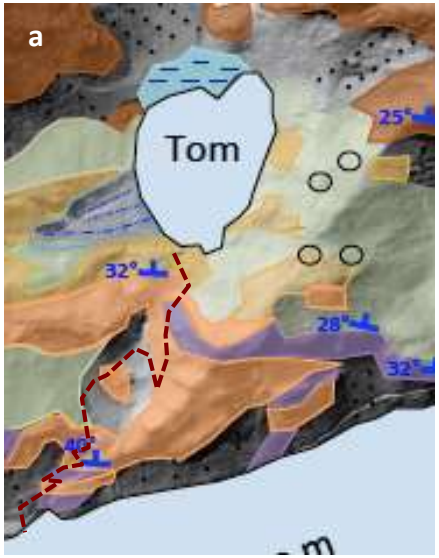


Figure a: *extrait de la carte géologique (légende: fig. 6 de l'introduction) et itinéraire du Lago di Tom au Lago di Ritóm. Topographie reproduite avec l'autorisation de swisstopo (BA15003).*
Figure b: *Formation de Stgir, schiste calcaire à grenat et à staurotide (flèche: mâcle).*

Le sentier arrive sur la route à proximité de l'exutoire de la conduite qui amène l'eau du haut du Val Canaria et de la vallée de la Reuss (fig. c).

Figure c: *exutoire de l'amenée d'eau depuis le Val Canaria.*

C. De l'Alpe di Piora au Lago di Dentro

C.1 Morphologies glaciaires et fluvio-glaciaires du glacier du Lukmanier

Les bâtiments de l'alpage de Piora et du Centre de Biologie Alpine (CBA) se trouvent juste en dehors des cordons morainiques du glacier local du Lago dello Stabbio à la fin du dernier âge glaciaire (voir la description A.11). En montant depuis le CBA vers la cabane SAT, on pénètre dans les cordons morainiques du glacier du Lukmanier. A hauteur de la cabane on aperçoit les cordons topographiquement les plus bas et les plus anciens (fig. a) qui encadrent le fond de la vallée et les petites terrasses fluviatiles, encastrées les unes dans les autres (fig. b, c). Ces terrasses se sont formées au cours et après le retrait glaciaire; les différents niveaux s'expliquent par le régime érosif, dont le niveau est déterminé par celui du fond de la gorge de la Murinascia.

Figure a: *cordons morainiques (m) encadrant les terrasses fluviatiles (t) de Pian Murinascia; vue depuis la cabane SAT vers l'est (voir aussi fig. c, d).*
Figure b: *terrasses fluviatiles encastrées du Pian Murinascia; à droite, la gorge de la rivière érodée dans les dolomies saccharoïdes.*

En montant le chemin, une belle vue se dégage sur les cordons morainiques du versant nord du Motto Giübin, dont les différents niveaux marquent le retrait du glacier d'ouest en est (fig. d)

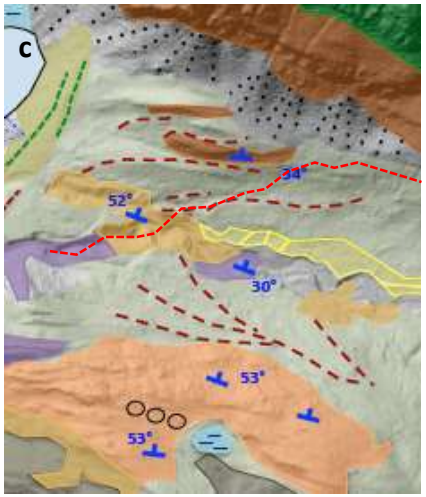


Figure c: *extrait de la carte géologique (fig. 6 de l'introduction) et tracé de l'itinéraire; légende voir fig. 6 de l'introduction. Topographie reproduite avec l'autorisation de swisstopo (BA15003).*

Figure d: *vue sur le versant nord du Motto Giübin avec les différents cordons morainiques datant du retrait du glacier du Lukmanier. Au fond de la vallée: terrasses fluviatiles tardi- et postglaciaires (T).*

C.2 Gneiss micacés et amphibolites de la Nappe du St Gothard

A partir d'une altitude de 2060 m le sentier croise une barre de gneiss micacés, gneiss micacés à amphiboles et d'amphibolites qui forment une petite falaise. L'épaisseur des amphibolites varie latéralement, en formant des lentilles pluri-métriques au sein des gneiss (fig. a, b).

Figure a: *lentilles d'amphibolites au sein de la falaise à gneiss .*
Figure b: *gneiss micacé à amphiboles.*

C.3 Lago di Dentro et glacier rocheux

En montant la dernière pente raide, on croise la prise d'eau de l'alpage de Piora et du CBA (fig. a) qui capte la source provenant de l'exutoire souterrain du Lago di Dentro. Ce lac a été creusé (fig. b) de la même façon que les autres petits lacs de la région, par un glacier local. A l'est du lac, un éboulis actif alimente un glacier rocheux. Ce dernier semble avoir conservé un noyaux de glace et son front presque vertical indique une activité persistante (fig. c).

Figure a: *prise d'eau de l'Alpe di Piora et du CBA à l'exutoire souterrain du Lago di Dentro (coord. 699 825/156 040).*

Figure b: ***l****e Lago di Dentro dans son bassin d'origine glaciaire.*

Figure c: *éboulis et glacier rocheux à l'est du Lago di Dentro. Le front vertical formé par les débris (flèche) indique un lent mouvement persistant du glacier rocheux et ainsi la présence d'un noyaux de glace recouvert de débris. On arriverait donc ici dans la zone de permafrost.*

D. De l'Alpe di Piora à Fontalella, en passant par le Laghetto di Giübin

D.1 Dolomies du Trias et schistes calcaires jurassiques du synclinal de Piora

Coordonnées: 698 760/155 680

La gorge de la Murinascia expose la série carbonatée du Trias du synclinal de Piora. L'affleurement du pont sur la rivière permet d'observer le contact entre les dolomies massives du Trias (fig. a) et les schistes calcaires et siliceux de la Formation de Stgir du Jurassique inférieur (fig. b).

Figure a: *dolomies bréchiques massives du Trias en amont du pont de la route d'alpage sur la Murinascia.*
Figure b: *schistes calcaires et silicieux de la Formation de Stgir du Jurassique inférieur à l'aval du pont.*

D.2 La montée des moraines

Coordonnées: Du pont sur la Murinascia à la dernière moraine (coord. 698 300/155 480).

Le sentier monte à travers le paysage des cordons morainiques du glacier du Lukmanier vu depuis l'itinéraire C.1. Les buttes formées de blocs morainiques sont recouvertes de landes composées de petits buissons de myrtilles, de *Rhododendron ferrugineum* et de genévriers (association rhododendron-Vaccinion 5.4.5 selon Delarze et Gonseth , 2011; fig. a, b) et, par endroit, de la bruyère (fig. c). Entre et « derrière » les moraines on trouvent souvent de petites zones humides avec leur flore, et notamment avec des Carex (fig. d)

Figures a, b et c: *moraines à gros blocs, landes à myrtilles, rhododendron et genévrier, bruyère (c). Photos: octobre 2014.*

Figure d*: moraine latérale la plus haute du glacier du Lukmanier (ligne blanche) visible sur le flanc orienté nord du Motto Giübin. Derrière la moraine: zone humide à Carex. Vue vers l'est, depuis* coord. 698 300/155 48).

D.3 Laghetto di Giübin

Coordonnées: 698 550/155 150

La montée depuis le panneau du chemin pédestre (D.2, fig. a, coord. 698 300/155 480) n'est pas signalée et reste assez sportive. En suivant le tracé indiqué fig. 24: suivre le petit vallon sur env. 250 m en direction de l'est, puis monter le versant en direction du sud.

Le Laghetto Giübin correspond à une dépression parfaitement circulaire, abaissée d'une dizaine de mètres, d'un diamètre d'env. 50 m (fig. a). Le fond de la cuvette est recouvert d'une couche de limon gris qui retient l'eau (fig. b). Selon la saison et la pluviosité, le plan d'eau peut être plus ou moins étendu et profond. Malgré sa situation à proximité d'un ancien cirque glaciaire, cette cuvette n'est pas seulement d'origine glaciaire, mais a bien été approfondie par un phénomène de dissolution; il s'agit de la plus grande parmi plusieurs dolines présentes sur ce haut-plateau. La présence de carbonates sous la couverture morainique est ainsi soupçonnée.

Figures a: *le Laghetto di Giübin au centre d'une dépression circulaire, d'origine à la fois glaciaire et liée au karst; photo: octobre 2014.*
Figure b: *limon au fond de la cuvette du Laghetto Giübin. Ce matériel fin retient l'eau au centre de la cuvette. A l'assèchement, des fissures de dessication se forment.*

D.4 La Formation de Quarten: schistes micacés, souvent carbonatés, à grenat, hornblende, staurotide et disthène

Coordonnées: 698 060/155 300

L'affleurement en question est constitué de roches métamorphiques finement stratifiées, mais surtout schistosées, qui révèlent une richesse minéralogique peu commune, permettant d'observer, soit dans une même roche, soit dans un voisinage étroit, grenat, hornblende, staurotide et disthène. La petite falaise présente par ailleurs un des exemples les plus typiques de colonisation par l'arolle (*Pinus cembra),* grâce à l'action de dispersion des semences du cassenoix moucheté (figures a à c).

Figure a: *falaise de schistes micacés. Le relief est fortement colonisé par Pinus cembra.*
Figures b et c: *schistes micacés fortement déformés. Les parties silicieuses forment un fort relief de hiéroglyphes à la surface de la roche.*

D.5 Cornieules et brèches dolomitiques du Trias

Coordonnées: 698 000/155 200

L'affleurement dans le petit ruisseau et le long du chemin aux abords de celui-ci offre un des meilleurs aperçus de cette formation qui est comparée par Bianconi et al. (2014) sur leur carte géologique avec la Formation de Röti des Nappes helvétiques. On y observe notamment des dolomies massives, des brèches de dolomies et des roches carbonatées caverneuses et bréchiques, partiellement calcaires et partiellement dolomitiques (des « cornieules »). Cet état des roches témoigne de fortes transformations des sédiments qui étaient formés au départ essentiellement d'une alternance de dolomie et de gypse. Cette transformation a conduit à des échanges chimiques entre les deux composantes et une bréchification liée à la déformation tectonique. Les composants les plus solubles ont ensuite été dissous par les eaux .

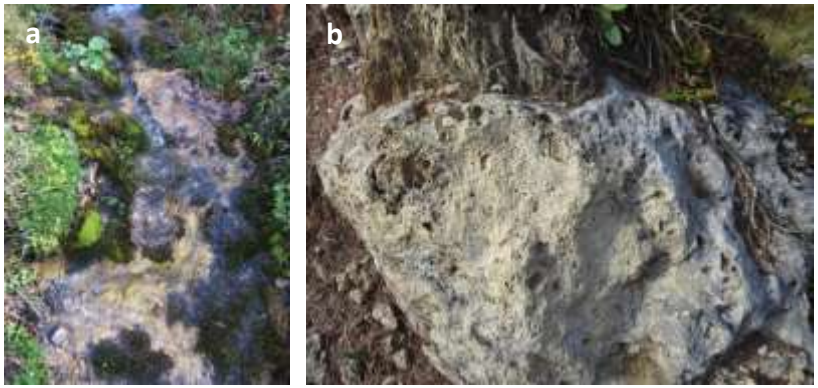


Figure a: *affleurement de dolomies « couleur de miel » dans le ruisseau.*
Figure b: *dolomie bréchique et caverneuse, partiellement transformée en calcaire (« cornieule »).*

Annexes

Les annexes à ce guide sont des manuscrits élaborés pour la plupart à des fins pédagogiques. Ils sont mis à disposition du lecteur intéressé et peuvent être téléchargés.

1. Lago di Cadagno: liste des publications dans des revues scientifiques à comité de lecture, 1998 – 2012
2. Bianconi, F. & Peduzzi, R. 2012: L'apporto di Piora alla storia delle scienze. Parte 2: Storia della ricerca geologica e mineralogica. In: I. Rampazzi, M. Tonolla & R. Peduzzi: Biodiversità della Val Piora. Risultati e prospettive delle « Giornate della biodiversita ». Mem Soc. Tic. Sci . Nat e del Museo cant. Storia nat. 11, 20-30.
3. D.C. 1999: Un lac de montagne pas comme les autres. CAMPUS, Université de Genève 43, 4-6.
4. Peduzzi, R. 1990: Etude d'un filtre bactérien retenant les composés toxiques et trophogènes dans un lac alpin. Cahiers de la Faculté des Sciences, Université de Genève 20, 121-135.
5. Peduzzi, R. 1991: Les bactéries sauvent les poissons. Horizons, Fonds national, 10-11.
6. Peduzzi, R. 1993: Il nuovo centro di biologia alpina. Mem. Soc. Tic. Sci. Nat. 4, 25-31.
7. Peduzzi, R., Demarta, A., Peduzzi, S. & Tonolla, M. 2006: Il Centro Biologia Alpina (CBA). Dati 2, 143-152
8. Peduzzi, R., Ferrari-Casanova, L. & Tagliabue-Cariboni, C. 2009: Educazione ambientale e tourismo scientifico in Piora: bilancio dell'attività. Dati 4, 143-148.