

Petit guide
géologique
pour
randonneur curieux

N°8 - 2014

Randonnées géologiques autour du gîte d'étape du Nant Brun, Vallée des Belleville, Tarentaise

*Jean-Michel Bertrand
et Anne-Marie Boullier*



 club alpin français
fédération française des clubs alpins et de montagne

 ISTERRE

Institut des Sciences de la Terre
Maison des Géosciences - BP 53
F-38041 GRENOBLE CEDEX 09
<http://isterre.fr/>

Fédération française des clubs alpins
et de montagne
24, avenue de Laumière - 75019 Paris
www.ffcam.fr

 CNRS

Introduction

Dans les Alpes, le randonneur curieux a l'oeil attiré par les roches, leur diversité de couleur et de structure, et la manière dont elles façonnent les paysages. Les roches sont la mémoire de la Terre : ce sont elles qui ont enregistré les événements qui se sont succédés tout au long des temps géologiques. L'un des enjeux de la géologie est de comprendre comment se sont formées les montagnes en étudiant les roches, leurs structures et leurs associations.

La vallée des Belleville, située sur la frange ouest de la Vanoise, est surtout connue pour ses stations de ski, Saint Martin, Les Ménuires et Val Thorens. On connaît moins les vallées des affluents situées en rive gauche du Doron de Belleville. Et pourtant, ces vallées et celle du Nant Brun en particulier, offrent des paysages magnifiques qui permettent de comprendre un contact majeur de la chaîne alpine- le Front Pennique. C'est ce que nous allons tenter de vous montrer dans ce petit guide géologique.

Comment lire cette plaquette ?

Comme dans les plaquettes précédentes, nous avons essayé de limiter au maximum le vocabulaire géologique. Certains mots techniques sont cependant inévitables, ils sont signalés par un astérisque la première fois qu'ils apparaissent dans le texte et sont explicités à la fin de cette plaquette dans un lexique.

Photo de couverture : la vallée du Nant Brun vue vers le nord, depuis le plateau de Valbuche. Notez les gypses blancs du Trias et les schistes noirs du Jurassique sur la rive droite du Nant Brun et le massif du Mont Blanc à l'horizon.

La vallée des Belleville et le gîte d'étape du Nant Brun sont situés sur la carte topographique IGN Top 25-3433 ET. La vallée du Nant Brun est située sur les cartes géologiques au 1/50.000 La Rochette et Saint Jean de Maurienne. On y accède par une petite route qui part du haut du village de Saint Jean de Belleville.

Auteurs :

Jean-Michel Bertrand : chercheur CNRS retraité, membre du comité scientifique de la FFCAM et initiateur de la série des petits guides pour randonneur curieux; décédé le 18 Mars 2011.

Anne-Marie Boullier : chercheuse CNRS, Institut des Sciences de la Terre, Université de Grenoble.

La vallée du Nant Brun

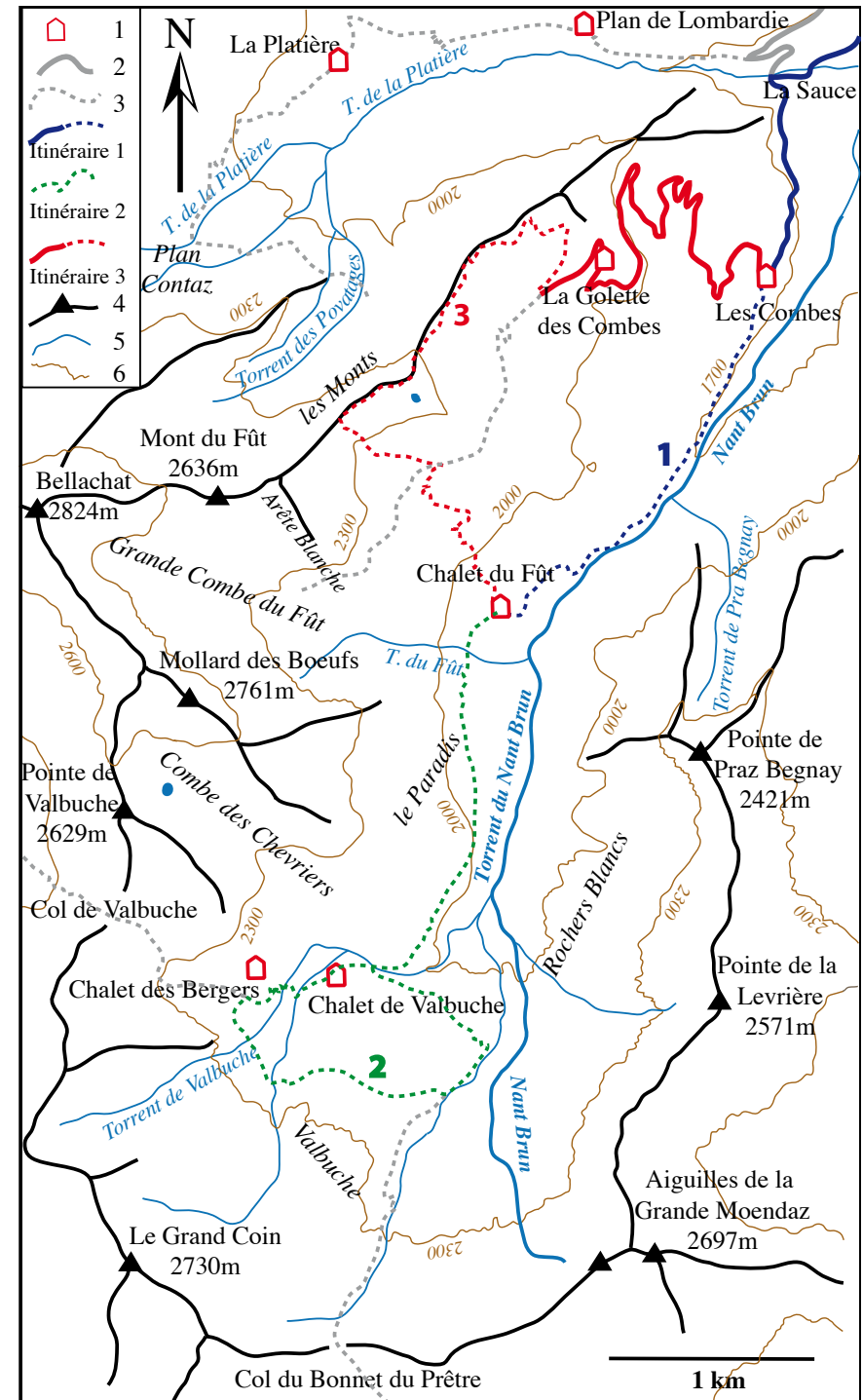
La vallée du Nant Brun tire son nom de la couleur que prend son torrent (nant) après une pluie d'orage car il transporte alors des particules fines arrachées aux schistes noirs de sa rive orientale. Vous l'avez deviné, le hameau de Deux Nants où se situe le gîte d'étape du Nant Brun est ainsi appelé parce qu'il se trouve à la confluence du Nant Brun et du Nant d'Orgental.

Lorsque, venant de Saint-Jean-de-Belleville, vous traversez le hameau de Deux Nants, la vallée du Nant Brun s'offre à vos yeux vers le Sud (figure 1). Vous voyez alors que les morphologies des deux rives de la vallée sont différentes. Sur la rive droite du torrent dominée par la Grande Moendaz, à l'est, les pentes sont très raides et creusées dans les schistes* noirs et les calcaires* du Jurassique* inférieur. Sur la rive gauche du torrent, à l'ouest, les pentes sont plus douces, et abritent l'essentiel des pâturages de la vallée au pied du Cheval Noir, du Bellachat et du Mollard des Bœufs. Les roches de cette rive sont variées, plus résistantes à l'érosion et constituées, pour l'essentiel, de grès* et conglomérats*.



Figure 1 - Vue vers le fond de la vallée du Nant Brun au printemps. Le hameau derrière les arbres est celui du Planay et le sommet enneigé au fond de la vallée est le Grand Coin.

Figure 2 (ci-contre) - Carte topographique schématique de la vallée du Nant Brun. 1 : chalet d'alpage. 2 : route ou piste. 3 : sentier torrent. 6 : courbe de niveau.



1 - De la Sauce au chalet du Fût.

Dénivelée : 300 m

Objectifs : géomorphologie glaciaire et érosion

Un chemin monte dans le village juste avant la petite chapelle baroque. Au démarrage du chemin se trouve un gros bloc de conglomérat appartenant au flysch* de l'unité du Cheval Noir (figure 3). Ce bloc de conglomérat a été apporté là par le glacier qui occupait le fond de la vallée il y a plus de dix mille ans. Il vient probablement du secteur du Bellachat ou du Cheval Noir. Ce flysch est une formation qui résulte du démantèlement de reliefs par érosion et transport de galets sur des distances assez courtes.

Observons les différents galets de ce conglomérat et nous aurons une idée des types de roches qui formaient les reliefs qui ont alimenté le flysch :

- gneiss* (roche rubanée à quartz, feldspath et micas) gris
- schistes* rouges du Permien*
- quartzites* verts du Permien*
- quartzites* blancs du Trias*
- dolomies* beiges du Trias
- calcaires* gris du Jurassique

La vallée correspond à une limite entre deux ensembles géologiques différents que nous nommerons d'après les plus hauts sommets de chaque rive du Nant Brun : l'unité de la Grande Moendaz à l'est et celle du Cheval Noir à l'ouest. Ces deux unités sont les témoins de paléogéographies* différentes que nous préciserons à la fin de cette plaquette. Nous discuterons à la fin de ce document de la signification de ces deux zones paléogéographiques lorsque nous tenterons de reconstituer l'histoire de la chaîne des Alpes.

Les circuits géologiques

La Sauce (parking à l'entrée du village), hameau construit le long du torrent de la Platière est le point de départ des deux randonnées géologiques qui vous sont proposées dans cette plaquette : Valbuche et la crête des Monts (voir figure 2).

Ces deux randonnées ont des objectifs différents, la première étant davantage orientée vers la description des roches, leurs associations et leur structure, et la seconde vers la géomorphologie*. Un tronçon est commun aux deux circuits entre La Sauce et le chalet du Fût.



Figure 3 - Bloc de La Sauce. La nature très variée des éléments est bien visible sur ce bloc de conglomérat. La photo du bas montre l'allongement des éléments parallèlement au grand côté de la photo et leur fracturation dans la direction perpendiculaire.

Notons aussi que ces éléments sont tous aplatis, étirés voire fracturés selon les mêmes directions : ils ont donc été déformés après leur dépôt.

A la Sauce, la vue se porte tout naturellement sur la rive droite du torrent sur les schistes noirs du Jurassique de l'unité de la Grande Moendaz et sur ses formes d'érosion caractéristiques. Les trois parties principales des ruisseaux de montagne peuvent y être observées : le bassin de réception, le canal d'écoulement et le cône de déjection entaillé par le torrent (figure 4).

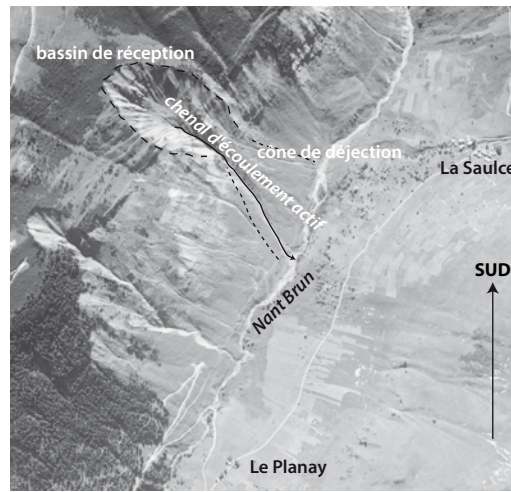


Figure 4 - Photo aérienne IGN 1967 montrant les ruisseaux de montagne. Les maisons de La Sauce donnent l'échelle. Notez aussi la surface fauchée en 1967 au dessus de la route et comparez avec l'envahissement actuel des pentes par la végétation.

Après la fruitière des Combes, prenez la piste qui descend vers le Nant Brun puis le sentier balisé qui longe le torrent. Toute la base de la pente est parsemée de gros blocs de conglomérats du flysch (figure 5) sur lesquels poussent une flore de rocaïlle magnifique.

D'où viennent ces blocs ? Les sommets les plus proches constitués des mêmes conglomérats sont le Mollard des Boeufs et le Bellachat qui sont situés en amont. L'explication la plus vraisemblable est que ces blocs sont tombés du sommet du Mollard des Boeufs sur la surface du glacier qui occupait autrefois le fond de la vallée. Ils ont été ensuite transportés vers l'aval puis abandonnés là lors de la fonte du glacier.

Le sentier arrive ensuite au lieu dit «la Barcade», un chaos de blocs de calcaire à silex* appartenant à l'unité de la Grande Moendaz et issus de la falaise qui surplombe la Barcade. Nous avons ici la trace d'un grand éboulement qui a fait glisser tout le cœur d'un pli en voissure (anticlinal*) destabilisé par la fonte du glacier (figure 6).



Figure 5 - Point de vue depuis la piste descendant des Combes vers le Nant Brun : les flèches blanches indiquent les blocs de conglomérats dispersés sur le flanc occidental de la vallée.

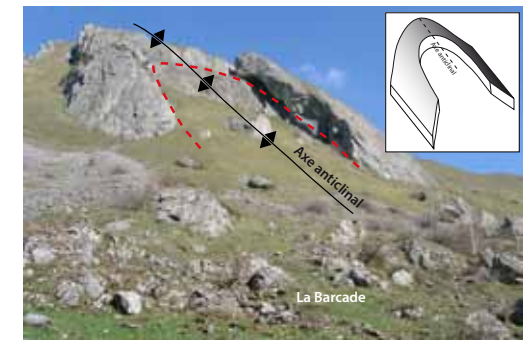


Figure 6 - Chaos de blocs de la Barcade et coeur de l'anticlinal* évidé lors du glissement. Les tiretés rouges indiquent la stratification.

Après la Barcade, la vallée s'élargit et le chemin monte sur le premier épaulement vers le chalet du Fût. Arrêtons-nous un moment à gauche du chalet pour souffler un peu et admirer le paysage vers le Sud (figure 7) et pour décrypter son message géologique.

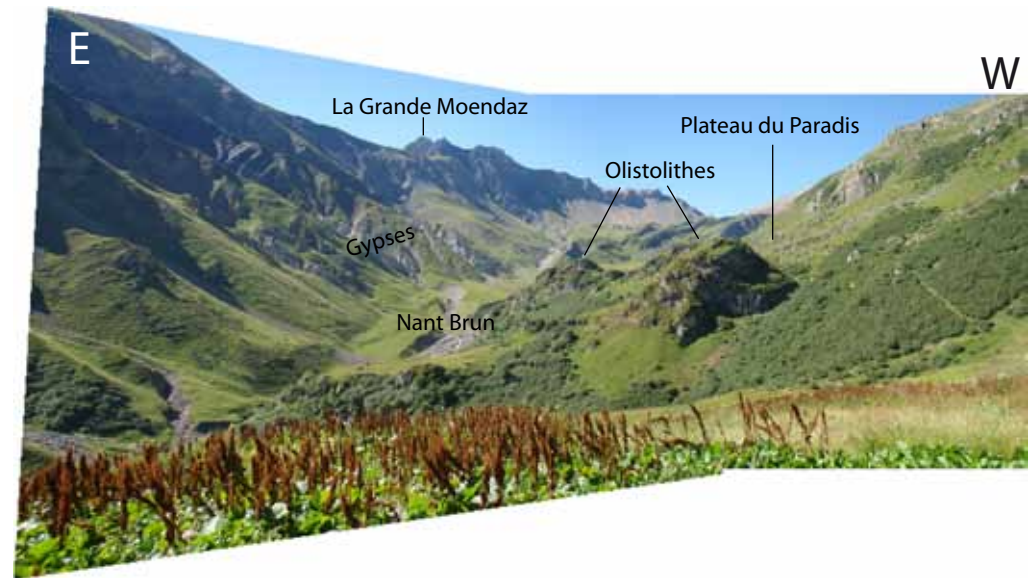


Figure 7 - Panorama vu vers le sud depuis le chalet du Fût. Le torrent du Nant Brun sépare deux rives à morphologies différentes, à l'est l'unité de la Grande Moendaz peu résistante à l'érosion et constituée pour l'essentiel de schistes noirs du Jurassique, et à l'ouest l'unité du Cheval Noir plus résistante à l'érosion et constituée de conglomérats grossiers appartenant au flysch. Les deux unités sont séparées par les gypses blancs. Notez en face de vous les deux collines constituées de quartzites et de dolomies jaunes (olistolithes) qui ne peuvent être rattachées à aucune des deux unités.

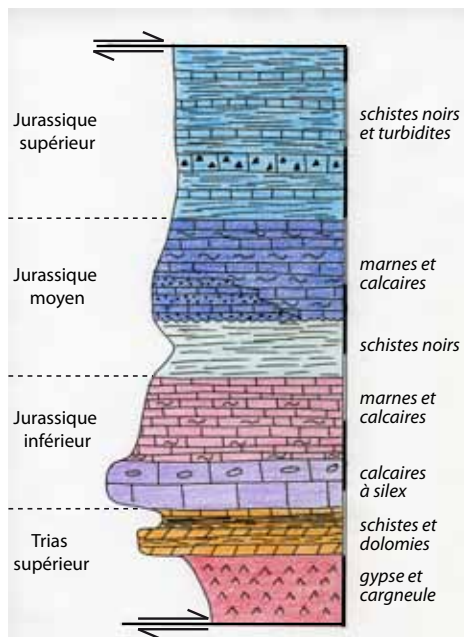


Figure 8 - Colonne stratigraphique de l'unité de la Grande Moendaz (d'après Ceriani 2001).

A l'est du torrent, la crête est constituée de l'unité de la Grande Moendaz : on y voit le Trias supérieur (-230 Ma) formé de gypses blancs à la base, de dolomies jaunes et de schistes roses («schistes de Villarly»), et le Jurassique (-205 à -146 Ma) fait de calcaires gris à silex semblables à ceux de la Barcade, et d'une alternance de lits de calcaires gris et de marnes* grises à noires (figure 8). Le tout correspond à des sédiments déposés sur une marge* continentale devenant de plus en plus profonde.

A l'ouest du torrent, c'est l'unité du Cheval Noir constituée par les flyschs*, produits de la destruction des reliefs des Alpes en formation. A la base, le wildflysch* est constitué d'éléments de toutes les tailles : grès, conglomérats et blocs; ces derniers peuvent atteindre plusieurs mètres, voire centaines de mètres cubes et sont alors appelés olistolithes* (figure 9).

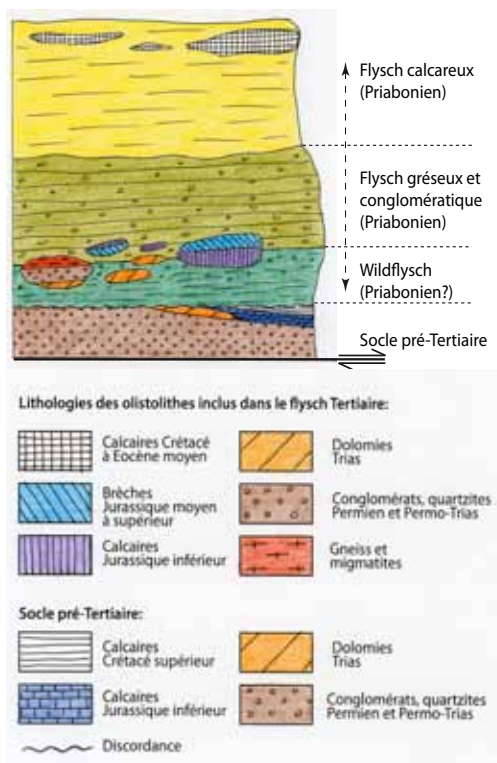


Figure 9 - Colonne stratigraphique de l'unité du Cheval Noir (d'après Ceriani 2001). Les tiretés verticaux indiquent l'intervalle observé dans la vallée du Nant Brun.

Vers le sud, nous pouvons voir précisément deux de ces olistolithes (figure 7) : ce sont les deux collines rocheuses constituées de quartzites clairs et dolomies beiges du Trias.

Les gypses blancs, bien visibles le long de la rive droite du torrent, soulignent le contact tectonique* entre l'unité de la Grande Moendaz et celle du Cheval Noir (voir carte schématique, figure 27). Ils traversent la vallée au-dessous du chalet du Fût et remontent vers la crête des Monts. Les gypses se déforment très facilement et ont servi de «couche savon» le long du contact tectonique entre les deux unités, ce qui explique aussi leurs variations d'épaisseur.

2 - Du chalet du Fût à Valbuche.

Dénivelée : environ 400 m
Objectifs : observation du flysch et d'un olistolithe kilométrique.

En montant, vous pourrez mieux voir les deux olistolithes qui limitent le plateau du «Paradis» au nord (figure 7), dont le plus proche est constitué de quartzites et dolomies du Trias et de calcaires à silex, semblables à ceux de la Barcade et sur lesquels vous marcherez. La flore de ce plateau attire aussi beaucoup de botanistes. Une gentiane caractéristique des milieux humides (Swertia vivace) y est présente. De nombreuses sources surgissent au pied des conglomérats du Mollard des Bœufs et ne tarissent jamais, y compris lors des années chaudes et sèches.

Les blocs de conglomérats sont abondants à l'arrivée du plateau et sont de composition très variable (voir figures 10, 11 et 12). La grande variabilité des éléments suggère que la source alimentant le flysch était très proche et elle-même très variable. Si nous nous reportons à la succession stratigraphique de l'unité de la Grande Moendaz (figure 8), nous voyons que ces conglomérats «échantillonnent» toute la série de la base jusqu'au sommet ainsi qu'un socle* plus ancien..



Figure 10 - Détail d'un bloc de conglomérat à galets siliceux constitués de quartzites noirs du Carbonifère* et de gneiss migmatitiques* riches en micas blancs brillants.



Figure 11 - Détail d'un bloc de conglomérat à galets de dolomies oranges, calcaires marneux gris, quartzites et micaschistes*



Figure 12 - Bloc de conglomérat à galets de socle en relief, de calcaires blancs et gris, et de dolomies beiges. Les éléments sont tous fracturés parallèlement au petit côté de la photo et ont donc été déformés après leur dépôt.

Plus loin, en allant vers Valbuche, vous pourrez voir aussi des blocs très riches en grands micas vert pâle. Nous pourrions penser que c'est du socle, mais la présence de petits galets de calcaire ou de dolomie nous indique qu'il s'agit d'une roche détritique appartenant au flysch de l'unité du Cheval Noir.

Après avoir traversé le plateau du Paradis, vous arriverez au bord du cirque de Valbuche et vous aurez une vue générale du fond de la vallée du Nant Brun.

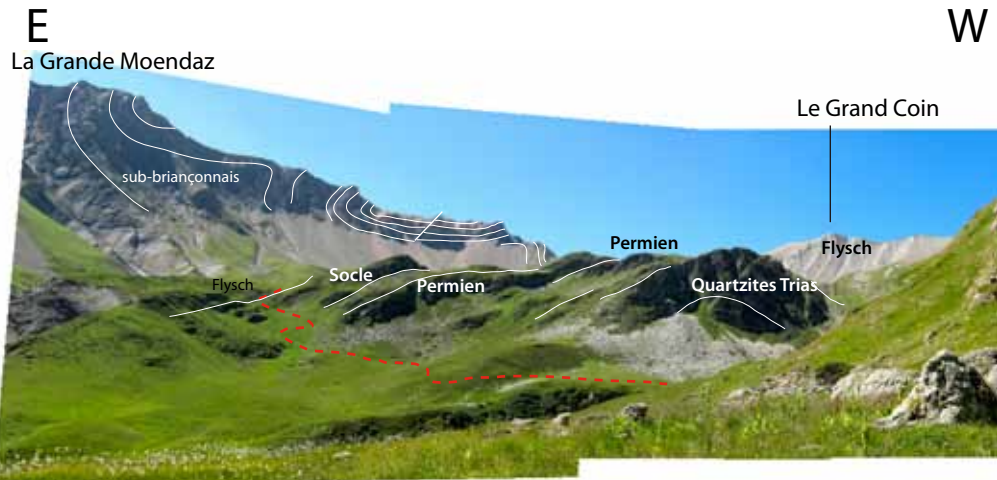


Figure 13 - Panorama du fond de la vallée du Nant Brun. Les tirets rouges : sentier; traits blancs : litage sédimentaire. Photo P. Lanari.

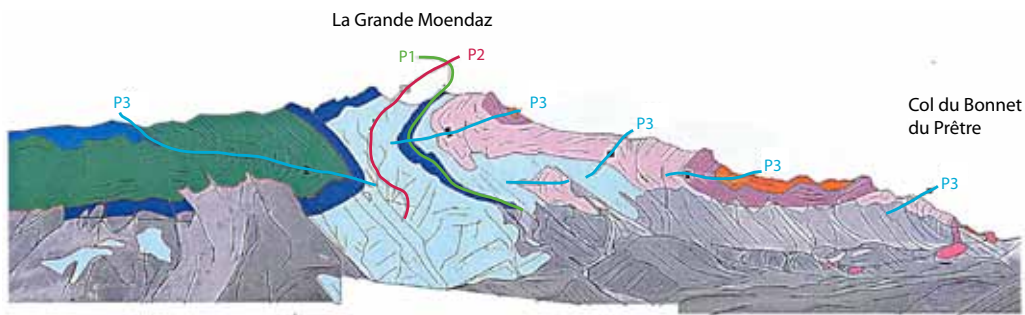
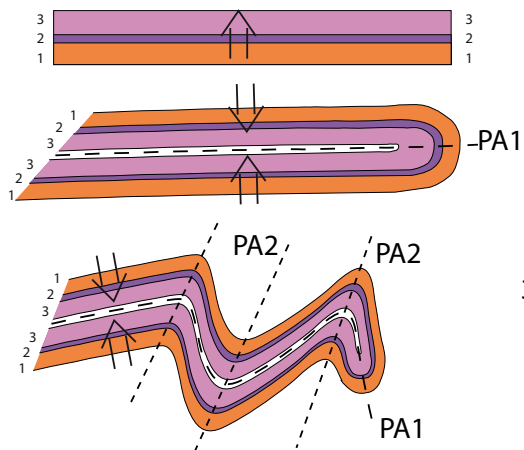


Figure 14 - Panorama du fond de la vallée du Nant Brun avec la géologie (Ceriani, 2001). Les traits de couleur indiquent la trace des plans axiaux* des plis de phase 1 (vert), 2 (rouge) et 3 (bleu).



1 - Dépôt

2 - Pli couché:
plan axial
horizontal
(PA1)

3 - Plis déversés :
plans axiaux
à fort pendage
(PA2)

Figure 15 - Schéma expliquant les plis superposés. Seules trois couches sont représentées. Les premiers plis indiquent un raccourcissement N-NW et les seconds un raccourcissement W-NW (Ceriani, 2001). Les doubles flèches indiquent le haut de la série stratigraphique.

W

Sur la crête de la Grande Moendaz (figures 13 et 14), nous voyons un synclinal* dans lequel le coeur du pli devrait normalement être occupé par les couches les plus jeunes (voir figure 35 du lexique). Dans le cas présent, la succession du coeur vers l'extérieur est la suivante : les dolomies beiges, les schistes roses de Villarly puis les calcaires et schistes gris du Jurassique.

C'est la succession inverse de la stratigraphie normale (figure 8) : les terrains les plus anciens sont au coeur du synclinal. Cela signifie que la succession stratigraphique a été une première fois inversée dans des plis couchés* avant d'être reprise dans des plis déversés* (voir schéma figure 15). Avec un éclairage favorable, de préférence en fin de journée, vous pourrez voir plusieurs charnières de plis déversés sur tout le versant à l'est du torrent dans les schistes noirs du Jurassique et dans les calcaires de la Dent de Fer.

A l'ouest du col, le sommet du Grand Coin et sa crête ferment la vallée: c'est le domaine du flysch calcaire de l'unité du Cheval Noir. Le flysch apparaît finement lité au niveau de la crête du Grand Coin et plus grossier (wildflysch) au pied de la pente et vers le Col de Valbuche. La croupe rocheuse située devant nous constitue l'olistolithe de Valbuche.

Pour y accéder, il faut traverser le torrent. En regardant dans le ravin vers l'aval, vous verrez les dolomies jaunes. Le sentier balisé (figure 13) aborde l'olistolithe par l'est et monte en suivant le contact sédimentaire discordant* d'un grès à ciment calcaire sur le socle constitué de gneiss de composition granitique (quartz, feldspaths blancs, micas noirs et blancs). Sous la discordance, le socle granitique rubané est très altéré et passe progressivement à une roche vert pâle contenant localement des petits fragments de dolomie: c'est donc une roche détritique que nous proposons d'appeler «socle reconstitué» et qui correspond à la désagrégation sur place du socle granitique altéré (très peu de transport).



Figure 16 - Granite très déformé (gneiss) de l'olistolithe de Valbuche.



Figure 17 - Discordance des grès du flysch sur le socle très altéré de l'olistolithe de Valbuche. Le trait et les flèches rouges indiquent le contact entre socle reconstitué à gauche et grès à droite.



Figure 18 - Granoclassement* dans le grès au dessus de la discordance. La double flèche blanche indique le haut de la série stratigraphique.



Figure 19 - Aperçu du flysch le long du sentier. Le litage sédimentaire (ici parallèle à l'affleurement) est étiré et fracturé comme le montrent les veines* de calcite (flèches noires et rouges).



Figure 21 - Veine de quartz (blanc), calcite (jaune) et chlorite (verte) recoupant un conglomérat grossier du flysch.

Au-dessus de la discordance, nous pouvons observer un parallélisme du litage sédimentaire du grès et du contact, et localement, une diminution de la taille des grains dans le grès (granoclassement*) indiquant le haut de la série vers l'est.

Ainsi, l'olistolithe est positionné à l'envers (socle en haut, puis Permien rouge, quartzites du Trias, et dolomies jaunes vers le bas). Si nous nous imaginons sur le bord d'un relief sous-marin où se produisent de grands glissements alimentant le flysch, alors l'olistolithe de Valbuche est analogue à la tartine de pain qui tombe côté confiture !

Arrivés en haut du chemin, nous pouvons contourner l'olistolithe par le sud et observer les grès rouges du Permien (figure 20) qui plongent sous le socle visible au sud.

Dans un petit ravin que vous traverserez, vous pourrez voir un bloc de conglomérat du flysch présentant une grosse veine de calcite, quartz et chlorite (figure 21). La coexistence de ces minéraux indique que le flysch a été enfoui après son dépôt à des profondeurs proches de 10 km et des températures de 300°C environ.

Un chemin redescend vers le cirque de Valbuche et son petit chalet. Il n'est pas très bien marqué en début de saison et l'est beaucoup plus lorsque les moutons (et les patous) reprennent possession de ces alpages.

Le retour vers le chalet des Combes et la Sauce peut se faire par la rive droite du torrent si le niveau de l'eau n'est pas trop haut. Cette variante d'itinéraire permet de voir les gypses (voir page de garde de cette plaquette) et d'observer la montagne sous un autre angle.

Vous pourrez observer que les gypses se forment à partir d'une roche blanche ressemblant à du sucre cristallisé : c'est de l'anhydrite* qui est stable à des températures supérieures à 49°C, et qui se transforme par hydratation en gypse. Ces deux roches sont très sensibles à l'érosion et à la dissolution par l'eau du torrent si bien que les blocs sont de plus en plus rares vers l'aval.

Vous verrez aussi dans le torrent des blocs de tous les types de roches rencontrés pendant la balade, ainsi que des roches de l'unité de la Grande Moendaz présentes sur la rive droite : anhydrite blanche, carnieules* (roches jaunes brêchiques très fréquentes au contact entre les gypses et les dolomies), dolomies jaunes, schistes rouges de Villarby et calcaires traversés par de nombreuses veines de calcite.

Pour rejoindre le chemin balisé, il vous faudra traverser le torrent avant la Barcade, soit à pied sec en sautant de bloc en bloc, soit en vous déchaussant si vous faites la ballade en début de saison.



Figure 20 - Panorama pris vers le sud depuis le bord du plateau de Valbuche. Notez les grès rouges du Permien qui s'enfoncent sous le socle. Le litage sédimentaire est indiqué par les tiretés blancs. La série est à l'envers (double flèche indiquant le sommet de la série).



Figure 22 - Bloc d'anhydrite transformé en gypse le long de fractures.

3 - Randonnée de la crête des Monts.

Dénivelée : environ 500 m

Objectifs : observation de la géomorphologie et contact entre les unités de la Grande Moendaz et du Cheval Noir.

Le chemin contourne le chalet du Fût par la gauche et monte ensuite dans la combe sur une pente herbeuse qui correspond au flysch fin à dominante calcaire. Les arêtes rocheuses visibles au sud du chemin constituent des olistolithes dans ce flysch (figure 23). Ce sont des schistes et grès rouges du Permien, des quartzites blancs et des dolomies jaunes du Trias et des calcaires blancs Liasiques : l'Arête Blanche du Fût que suit une voie d'escalade répertoriée, est constituée de ces calcaires blancs liasiques.

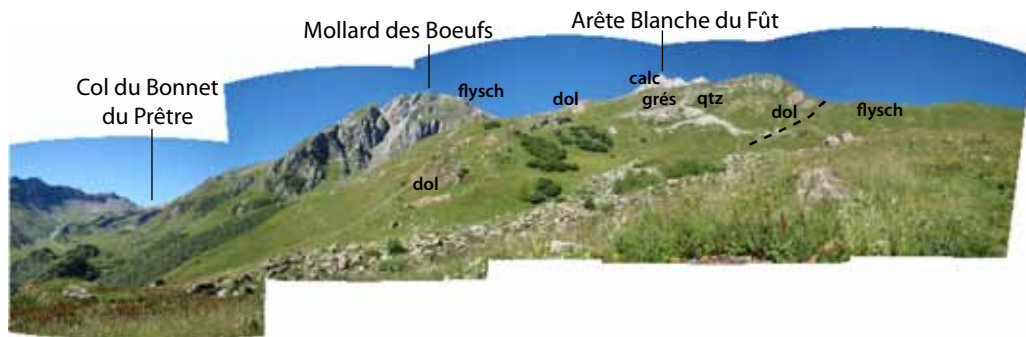


Figure 23 - Panorama balayé du sud à l'ouest depuis le chalet du Fût. Des olistolithes emballés dans le flysch sont visibles dans le paysage. dol : dolomie; calc : calcaire; qtz : quartzite.

Passée la première crête, nous débouchons sur un pâturage au pied de ces arêtes rocheuses qui alimentent des éboulis importants. Ces éboulis constituent un glacier rocheux* fossile (mélange de gros blocs et de glace s'écoulant très lentement) dont les bourrelets concentriques, bien visibles sur les photos aériennes du Geoportail IGN (figure 24), sont l'expression de son écoulement gravitaire.

Le chemin monte dans le flysch fin jusqu'au col des Monts situé au pied de l'Arête Blanche du Fût, puis suit la crête des Monts qui sépare la vallée du Nant Brun et le vallon de la Platière dominé par le Cheval Noir (2832 m).



Figure 25 - Vue du vallon des Povatages depuis la crête des Monts à l'automne. Notez la moraine latérale dans le vallon, la déformation intense des gypses au deuxième plan et au premier plan, la morphologie moutonnée de la crête liée à son affaissement.



Figure 24 - Photo aérienne montrant le glacier rocheux fossile (tiredés blancs) formé par les blocs tombés de l'Arête Blanche du Fût. Tiredés noirs : contact stratigraphique entre le flysch et l'olistolithe. Trait rouge : sentier.

Le premier petit sommet sur la crête est toujours constitué de flysch mais bientôt, le sentier passe au-dessus d'un petit lac et traverse une topographie chaotique avec des entonnoirs de dissolution (dolines*) qui sont caractéristiques des gypses qui affleurent dans le deuxième petit col.

Nous avons donc passé le contact tectonique entre l'unité du Cheval Noir (flysch) et celle de la Grande Moendaz (voir carte géologique, figure 27). Vous pourrez voir dans les gypses des figures d'intense déformation (plis). En arrière plan, le vallon des Povatages et sa belle moraine* latérale (figure 25) qui témoignent là encore de la présence de glaciers il y a plus de dix mille ans.

Les calcaires à silex du Jurassique surmontent les gypses. L'arête est alors découpée par des fractures qui indiquent une tendance des calcaires à glisser vers le vallon de la Platière.

Le sentier suit la crête et vous pourrez voir quelques affleurements de marnes du Jurassique avant de redescendre sur le chalet de la Golette du Fût et de rejoindre la piste qui dessert les alpages.

En descendant vers la ferme des Combes, vous aurez une vue d'ensemble du grand glissement de terrain qui s'est produit probablement à la suite du retrait des glaciers (il y a environ 15 000 ans). N'étant plus maintenu par le glacier, le flanc de la montagne s'est effondré. La loupe d'arrachement est clairement visible et les lacets de la piste ont été tracés au cœur même du glissement. La masse glissée est caractérisée par des bourrelets arrondis situés autour de la fruitière des Combes. L'ensemble est bien visible sur les anciennes photographies aériennes de l'IGN (figure 26). La piste traverse des prés et des marécages très riches en fleurs de toutes sortes et arrive à la fruitière des Combes où se fait encore le beaufort d'alpage, et qui est située sur les bords de la loupe du glissement de terrain.

Le glissement de terrain des Combes a dénudé le flysch de l'unité du Cheval Noir (en jaune sur la carte géologique, figure 27).

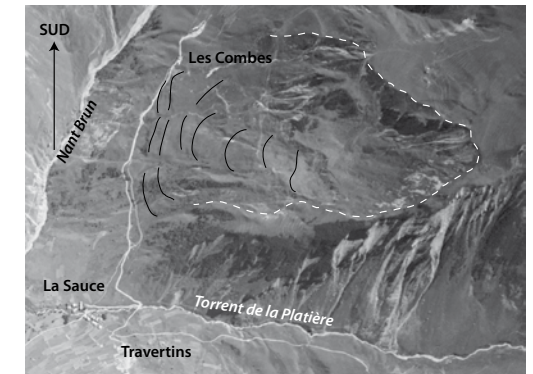


Figure 26 - Détail d'une photo aérienne IGN de 1956 montrant la limite d'arrachement (tiredés blancs) et les bourrelets (traits noirs) de la loupe de glissement des Combes. Les maisons de la Sauce donnent l'échelle.

Puis retour à la Sauce. Si vous n'en avez pas «plein les bottes», vous pouvez monter au sommet du village, jusqu'au chemin de la Platière pour y observer les travertins* aussi appelés «tufs» en Savoie. Ces roches se forment par dépôt en surface, à la sortie d'une source chargée en calcaire, comme l'indiquent les empreintes de végétaux (feuilles, tiges), et sont composées de carbonate de calcium. Les tufs sont très légers mais résistants et faciles à travailler. Pour cette raison, ils ont été abondamment utilisés comme matériau de construction, pour les voûtes et les clochers tout particulièrement.

En redescendant vers Deux-Nants et le refuge du Nant Brun, regardez le chalet qui se trouve au Planay, à gauche de la route. C'est peut-être la plus belle maison de la vallée. Son mur de façade est constitué de pierres collectées dans la vallée et offre donc un aperçu de la diversité des faciès rencontrés au fil des promenades (figure 28). Essayez de les reconnaître !

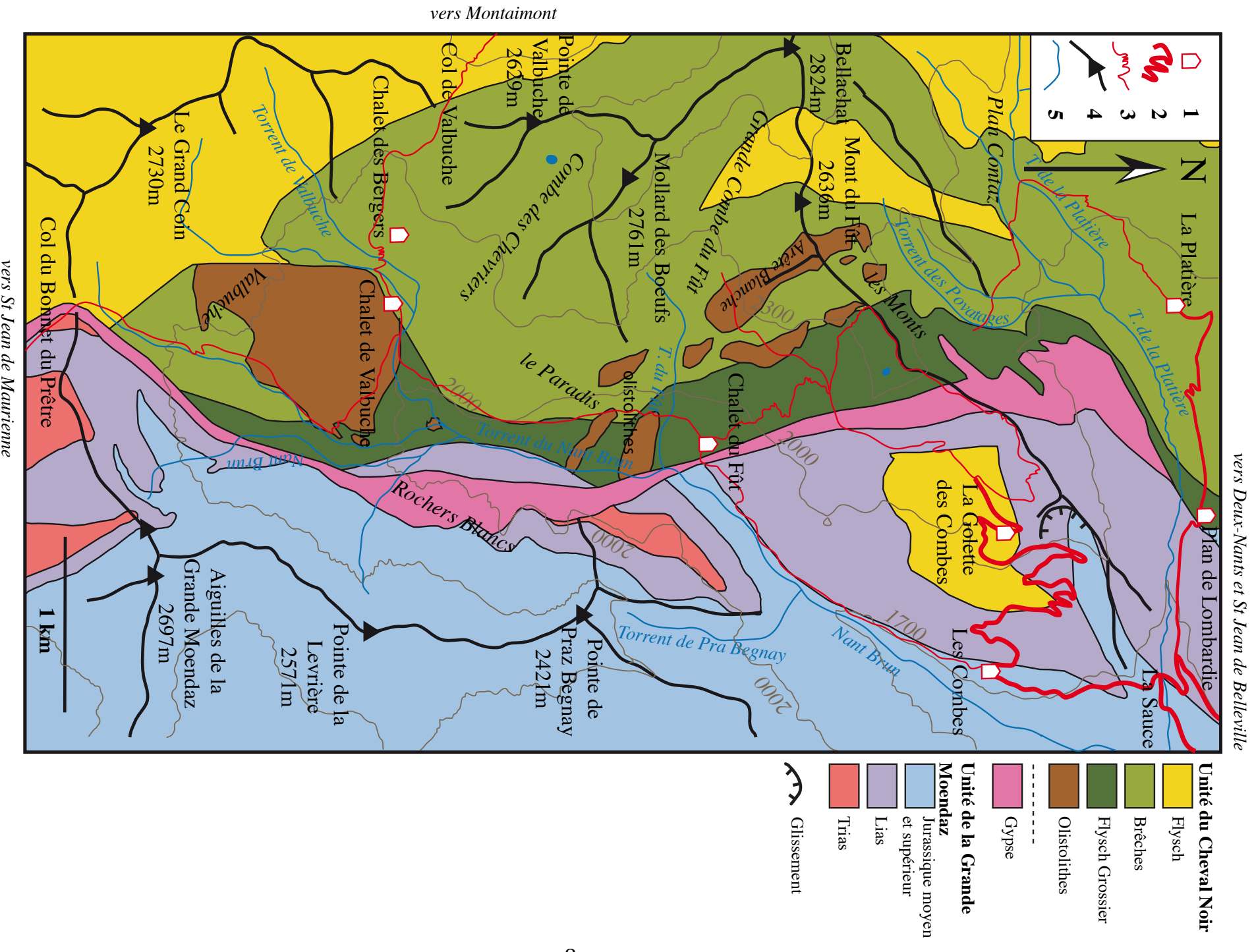


Figure 27 - Carte géologique établie par Ceriani (2001), simplifiée et redessinée par P. Lanari. Les contacts tectoniques ne sont pas reportés sur cette carte. Les éléments topographiques principaux (crêtes, sommets, torrents, chaleks, chemins) ont été surimposés (voir légende de la figure 3).

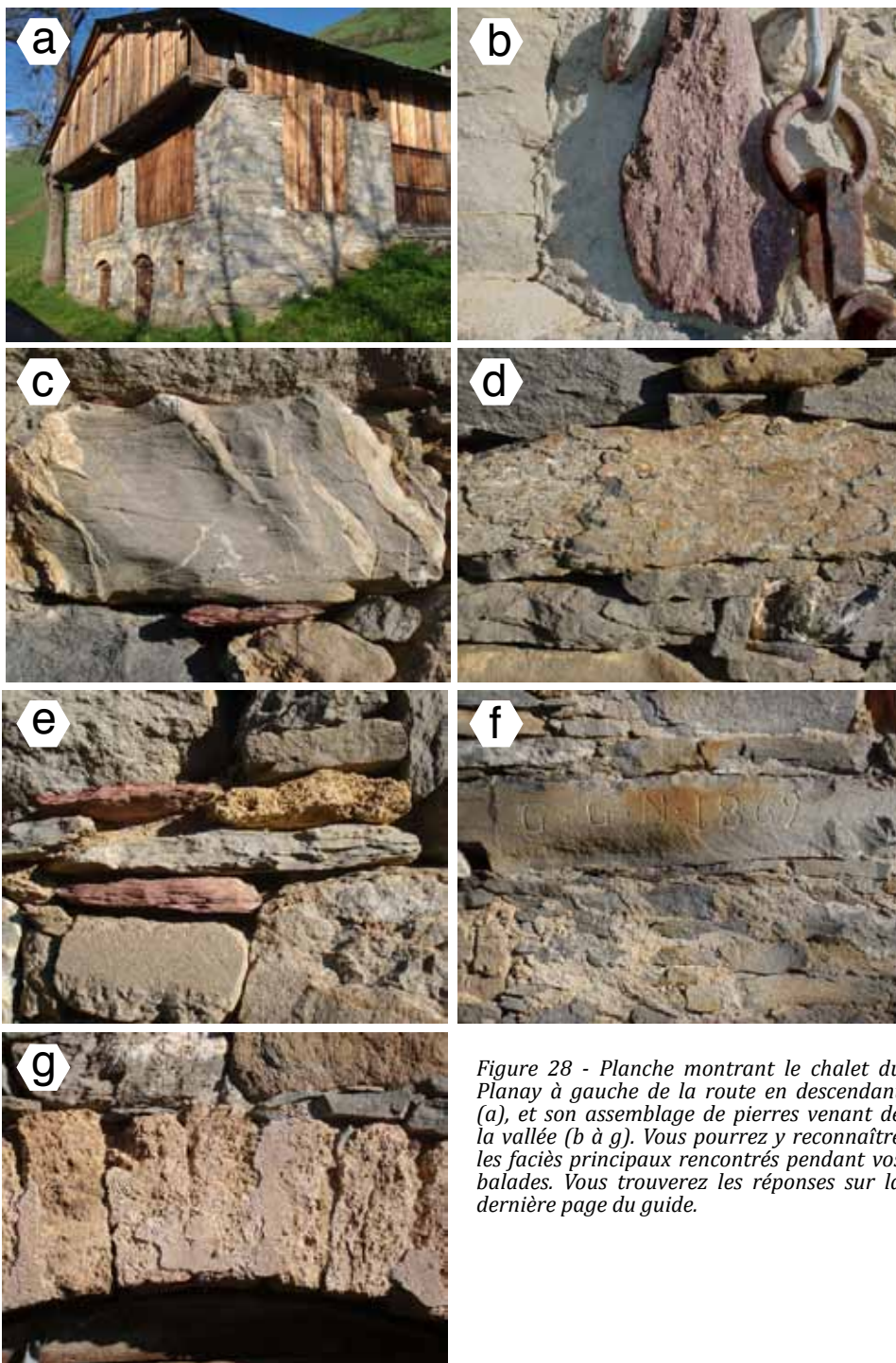


Figure 28 - Planche montrant le chalet du Planay à gauche de la route en descendant (a), et son assemblage de pierres venant de la vallée (b à g). Vous pourrez y reconnaître les faciès principaux rencontrés pendant vos balades. Vous trouverez les réponses sur la dernière page du guide.

Place de la vallée du Nant Brun dans l'histoire des Alpes

1 - Signification des unités de la Grande Moendaz et du Cheval Noir.

- Unité de la Grande Moendaz

Le contact inférieur de l'unité de la Grande Moendaz est tectonique (faille* ou chevauchement*), si bien que la base de cette unité n'est pas connue. L'ensemble constitue de sédiments marins déposés sur une marge passive* et commence au Trias par des sédiments de mer peu profonde : évaporites déposées dans des lagunes (gypses), puis dolomies et schistes rouges. Ensuite la série devient calcaire puis marneuse et correspond à une marge qui s'approfondit jusqu'au Jurassique supérieur, à mesure que la mer qui la borde s'élargit et devient un océan. C'est la marge occidentale d'un petit bloc continental (Briançonnais, représenté maintenant par la Vanoise et le Grand Paradis, voir figure 29). Ce bloc briançonnais s'est séparé de l'Europe à partir du Jurassique* inférieur (165 Ma) du fait de l'ouverture de l'océan alpin, puis à partir du Crétacé* (110-100 Ma) par l'ouverture de l'océan valaisan (figure 30). La largeur de ce dernier est sujette à débat. Actuellement, la trace de l'océan valaisan disparaît entre Tarentaise et Maurienne de même que celle du Briançonnais disparaît dans les Alpes suisses orientales. La vallée du Nant Brun est donc un point clé pour comprendre la paléogéographie des Alpes.

- Unité du Cheval Noir

Le flysch est discordant sur un ensemble sédimentaire (Permo-Trias* à Crétacé inférieur) que l'on peut observer au pied du Bellachat côté Maurienne (ravin des Cétives). Le Permo-Trias de cet ensemble est similaire à celui de l'olistolithe de Valbuche.

Le flysch s'est donc déposé sur des terrains qui présentent des affinités avec le petit bloc continental Briançonnais évoqué plus haut. Il commence par les conglomérats du wildflysch et contient de nombreux olistolithes. Au-dessus se dépose le flysch gréseux à conglomératique à ciment calcaire et enfin le flysch calcaire visible sur la crête du Grand Coin. A Montdenis en Maurienne, ce flysch contient aussi des olistolithes Crétacé à Eocène. Le flysch est d'âge Priabonien* (Eocène* supérieur, 37-34 Ma). Il correspond à des dépôts détritiques marins sur un talus continental dont la forte pente a induit des avalanches et des grands glissements sous-marins représentés par les olistolithes.

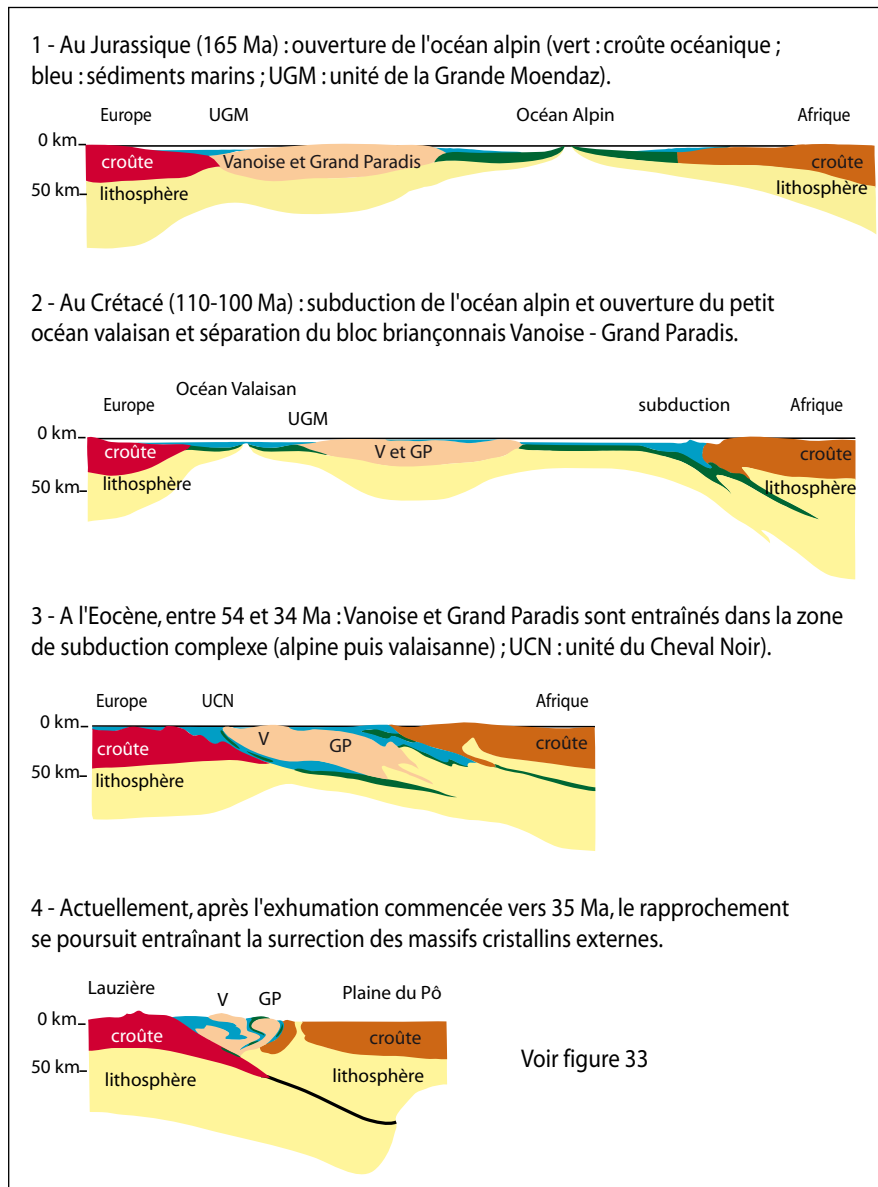


Figure 29 - Scénario montrant les différents domaines paléogéographiques au cours de l'histoire des Alpes (schémas inspirés de Stampfli, 1993). L'épaisseur de la croûte et du manteau lithosphérique est indicative. Europe : rouge; Afrique : marron; Briançonnais : beige orangé; croûte océanique : vert; sédiments marins : bleu.

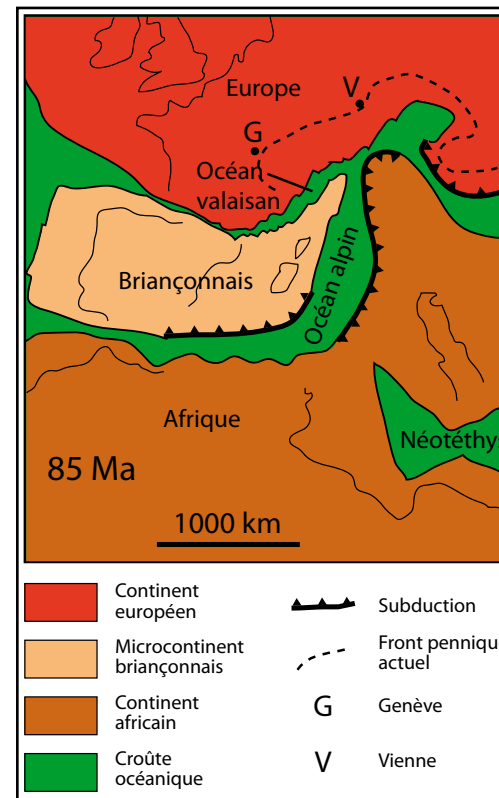


Figure 30 - Carte paléogéographique au Crétacé supérieur montrant la disposition des continents, océans et zones de subduction (d'après Stampfli, 1993). Les couleurs reprennent celles de la figure 29.

En résumé

- Le flysch du Cheval Noir a des affinités avec le petit bloc continental briannonnais dont il serait le produit de destruction.

- Le flysch commence à se déposer dans un bassin entre l'Europe et le bloc continental briannonnais alors que la formation des Alpes internes a donné naissance à de forts reliefs (figure 31). Ce bassin correspond à l'océan valaisan en cours de fermeture. La largeur de cet océan valaisan fait encore débat actuellement.

- Le flysch n'a pas fini de se déposer qu'il commence déjà à être déformé à la fin du Priabonien. Au même moment, les termes ultimes du flysch se déposent sur la marge continentale européenne. La marge européenne est constituée d'un

socle hercynien similaire au Massif Central, vieux de 300 Ma environ, et sa couverture sédimentaire. Cette dernière débute par une mince série triasique (grès de plage, puis gypse et dolomies), et se poursuit par une épaisse série marine marno-calcaire d'âge jurassique et crétacé (205-70 Ma) qui montre que le bassin s'approfondit rapidement lors l'ouverture de l'océan alpin. Après une émergence liée aux premières déformations alpines (70-45 Ma), la mer revient à l'Eocène moyen (45-40 Ma) avec dépôt de calcaires discordants sur les sédiments du Mésozoïque.

Tout ceci amène à l'interprétation illustrée par le bloc diagramme de la figure 31.

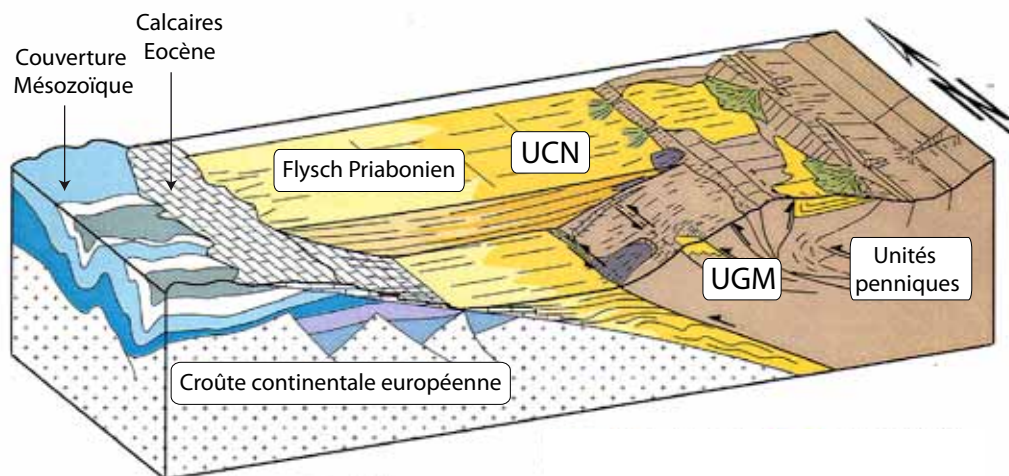


Figure 31 - Schéma montrant la formation du flysch Priabonien (jaune ; UCN, unité du Cheval Noir) lors de la fermeture de l'océan valaisan entre le continent européen à l'ouest et le microcontinent briannonnais à l'est. Ce schéma (Ceriani, 2001) montre comment le flysch est alimenté par l'unité de la Grande Moendaz (UGM) et les autres unités penniques (marron). Les forts reliefs engendrés par la tectonique sont sujets à une forte érosion fluviale aérienne et sous-marine (cônes alluviaux bréchiques en vert), et à des mouvements gravitaires (avalanches et grands glissements sous-marins en gris foncé) dont les produits sont de granulométrie décroissante vers l'ouest. La fermeture progressive du bassin entraîne la discordance du flysch fin sur la couverture Eocène non déformée de la marge européenne.

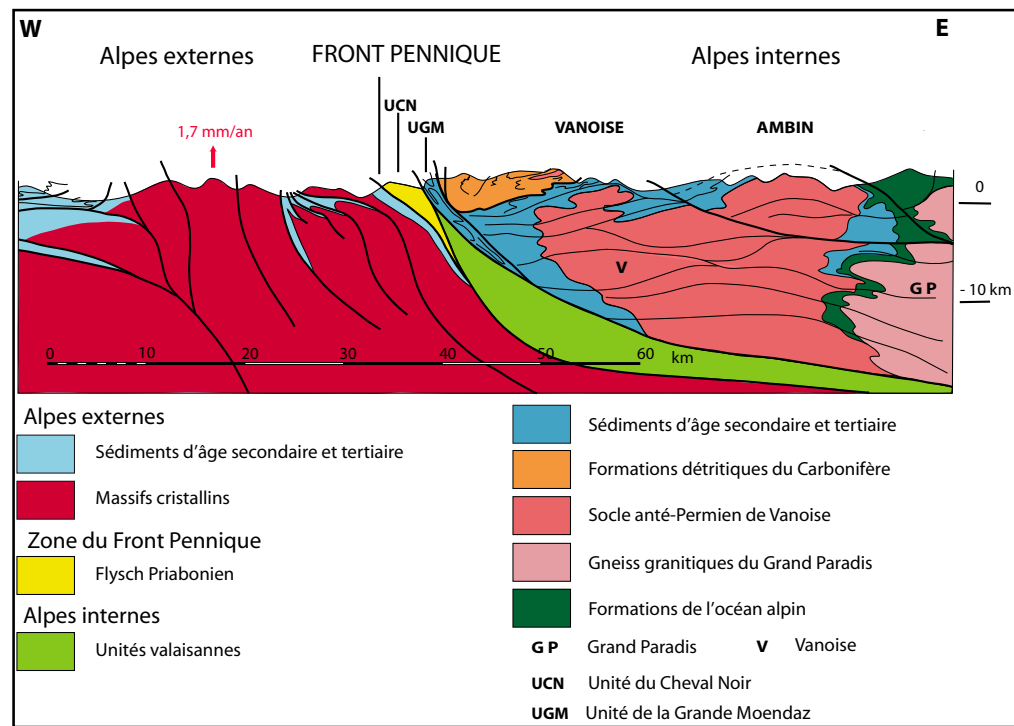


Figure 32 - Coupe interprétative des Alpes françaises montrant la position critique du flysch (dont l'unité du Cheval Noir, UCN) au niveau du front pennique. L'unité de la Grande Moendaz (UGM) est incluse dans les sédiments d'âge secondaire et tertiaire des Alpes internes. Le prolongement des contacts et unités en profondeur est fondé sur les données de sismique réfraction. Seul le prolongement des unités valaisannes sous le domaine pennique des Alpes internes est hypothétique.

La vallée du Nant Brun permet donc d'étudier la fin de la collision continentale alpine et son expression en terme de sédimentation et de déformation. L'histoire des Alpes ne se limite pas à cette étape. Le contact entre le flysch du Cheval Noir et la plaque européenne, appelé Front Pennique par les géologues alpins et qui peut être suivi entre Tarentaise et Maurienne dans la vallée du col de la Madeleine, est une limite majeure dans le schéma général des Alpes car elle sépare les Alpes externes peu métamorphiques des Alpes internes qui ont été soumises à un métamorphisme et une déformation intenses (voir figures 32 et 33).

Il faut donc aller dans les zones plus internes de l'arc alpin pour appréhender

la totalité de l'histoire des Alpes et pour en reconstituer les différentes étapes au cours des temps géologiques, depuis le Jurassique jusqu'à l'époque actuelle (figure 29).

Les «petits guides géologiques pour randonneur curieux» concernant la Vanoise (Fond d'Aussois, col de Chavières) ou le bord ouest du Grand Paradis (refuge des Evettes et refuge d'Avérole) vous permettront de faire connaissance avec les Alpes internes. Ils sont disponibles sur le site internet de la FFCAM (<http://www.ffcam.fr/publications.html>).

Le livre de Michel Marthaler (Le Cervin est-il africain ?) propose aussi une histoire géologique des Alpes très accessible au grand public (voir «Quelques références»).

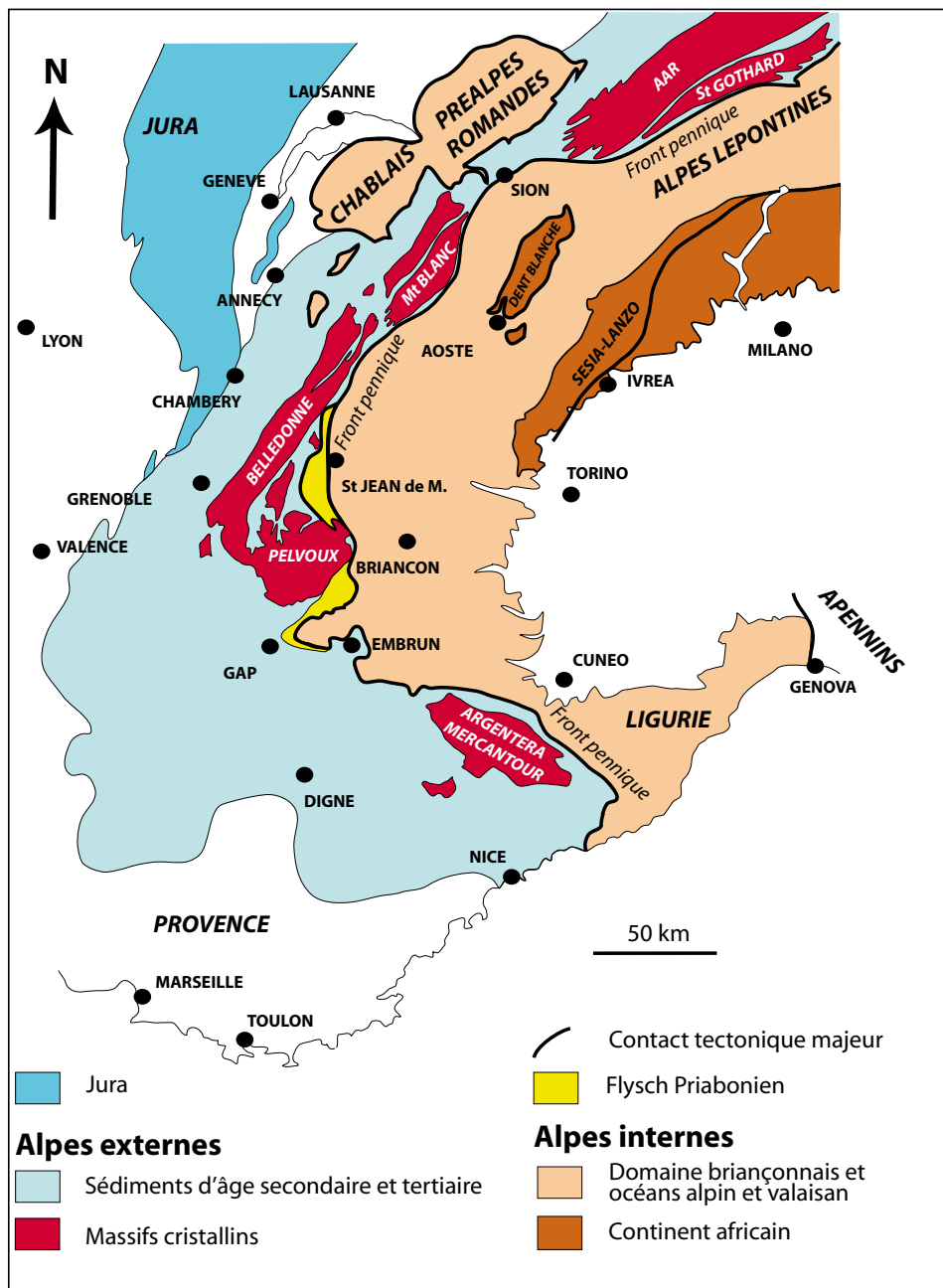


Figure 33 - Carte schématique de l'arc alpin occidental montrant les Alpes externes (plaque européenne et sa couverture sédimentaire à l'ouest) et les Alpes internes constituées par le domaine briançonnais et sa couverture sédimentaire ainsi que les terrains des océans alpin et valaisan, et les unités qui appartenaient à la plaque africaine.

Lexique

- **anhydrite** : minéral composé de sulfate de calcium (CaSO_4).

- **anticlinal** : pli en voûture alterne avec un synclinal (voir pli et figure 35).

- **calcaire** : roche sédimentaire formée le plus souvent par accumulation de coquillages ou de squelettes d'organismes, et composée majoritairement de carbonate de calcium ou calcite (CaCO_3).

- **Carbonifère** : période du Paléozoïque, voir échelle stratigraphique (figure 36).

- **carniule** (ou corniule) : roche sédimentaire carbonatée d'aspect bréchique et vacuolaire (caverneuse), de teinte jaune à rouille, due à la transformation de dolomies ou de calcaires dolomitiques par bréchification et dissolution de la dolomite sous l'action d'eaux riches en sulfates issues de la déshydratation du gypse en anhydrite.

- **chevauchement** : mouvement tectonique amenant un ensemble de terrains au-dessus d'un autre par l'intermédiaire d'un contact anormal (surface de chevauchement peu inclinée)

- **collision continentale** : affrontement de deux masses continentales après fermeture d'un océan suite à la tectonique des plaques

- **colonne stratigraphique** : schéma montrant la succession des roches sédimentaires.

- **conglomérat** : roche sédimentaire détritique dont les éléments sont de taille supérieure à 2 mm. Lorsque les éléments sont anguleux, on parle de brèche, lorsqu'ils sont arrondis, de poudingue.

- **contact tectonique** : contact anormal entre deux formations géologiques juxtaposées ou superposées par le jeu de mouvements tectoniques.

- **Crétacé** : période du Mésozoïque, voir échelle stratigraphique (figure 36).

- **discordance** : contact stratigraphique d'un ensemble sédimentaire reposant sur des couches plus anciennes ayant un pendage différent ou sur un socle métamorphique.

- **doline** : petite dépression en forme d'entonnoir, caractéristique de la dissolution des gypses ou des calcaires.

- **dolomie** : roche sédimentaire carbonatée, renfermant plus de 50 % de dolomite.

- **dolomite** : minéral composé de carbonate double de calcium et de magnésium ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)

- **Eocène** : période du Cénozoïque, voir échelle stratigraphique (figure 36).

- **évaporite** : roche constituée de sels issus de l'évaporation intense, généralement dans des lagunes ou des lacs salés.

- **faille** : contact tectonique séparant deux blocs s'étant déplacés l'un par rapport à l'autre (figure 34). Suivant le sens du mouvement, la faille peut être normale, inverse, décrochante, ou mixte. Quand le mouvement est horizontal, le sens est dextre ou senestre.

- **flysch** : alternances nombreuses de couches de grès granoclassés et d'argiles, sédimentés dans une fosse profonde, au pied d'une marge active ou d'une future zone orogénique

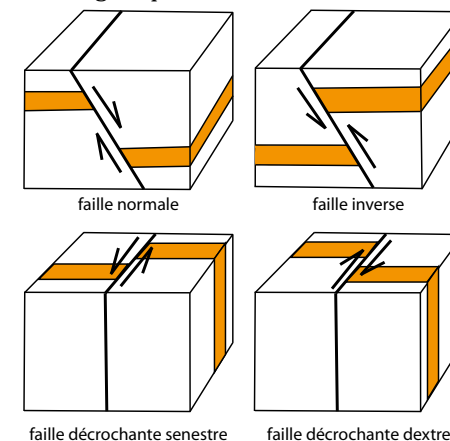


Figure 34 - Schéma montrant les différents types de faille selon leur pendage ou le déplacement.

- **front pennique** : limite tectonique majeure les Alpes internes des Alpes externes.

- **glacier rocheux** : mélange de glace et de blocs rocheux s'écoulant comme un glacier mais plus lentement.

- **gneiss** : roche métamorphique foliée ou rubanée, où alternent des lits clairs à quartz et feldspaths et des lits sombres à micas.

- **granoclassement** : répartition selon leur taille (généralement décroissante) d'éléments rocheux dans des sédiments.

- **grès** : roche sédimentaire siliceuse résultant de la cimentation naturelle d'un sable, et où les grains sont inférieurs à 2mm.

- **gypse** : désigne soit une évaporite soit un minéral composé de sulfate di-hydraté de calcium de formule $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Il se forme principalement par évaporation de l'eau de mer dans des lagunes.

- **hercynien** : désigne le cycle orogénique débutant au Dévonien (420 Ma) et se terminant avec le Permien (252 Ma).

- **Jurassique** : période du Mésozoïque, voir échelle stratigraphique (figure 36).

- **marge** : zone correspondant au plateau continental et à son talus. Elle est active lorsqu'elle se situe au-dessus d'une zone de subduction ou passive dans le cas contraire.

- **marne** : roche sédimentaire, à grain fin, très tendre, constituée d'un mélange d'argile et de calcaire (de 35 à 65 %).

- **moraine** : matériel déposé par un glacier et formant un bourrelet latéral ou frontal.

- **nappe** : ensemble de terrains qui a été déplacé et est venu recouvrir un autre ensemble dont il était éloigné à l'origine.

- **normale** : voir faille.

- **olistolithe** : gros bloc issu de glissements gravitaires sous-marins formant des dépôts sédimentaires chaotiques de matériaux hétérogènes.

- **paléogéographie** : discipline dont l'objet est la reconstruction (théorique) de la géographie passée à la surface du globe (reconstitution des conditions de dépôt d'un ensemble de roches sédimentaire.

- **passive** : voir marge.

- **Permien** : période du Paléozoïque, voir échelle stratigraphique (figure 36).

- **Permo-Trias** : ensemble du Permien et du Trias, voir échelle stratigraphique (figure 36).

- **phase de déformation** : épisode tectonique ayant produit des structures (plis, failles) dont l'orientation est cohérente à l'échelle d'une région. Une phase de déformation peut être compressive (extensive) si elle correspond à un raccourcissement (étirement) dans une direction donnée.- plan axial : voir pli (figure 35).

- **pli** : structure tectonique résultant de la flexion ou du cisaillement de couches géologiques (figure 35). Le plan axial sépare les deux flancs. Un pli est ouvert si les flancs font un angle important entre eux et isoclinal si les flancs sont subparallèles. Un pli est droit si son plan axial est vertical, couché si son plan axial est subhorizontal, et déversé si son plan axial est incliné.

- **Priabonien** : étage du Cénozoïque, voir échelle stratigraphique (figure 36).

- **quartzite** : roche siliceuse, constituée de grains de quartz soudés, et résultant du métamorphisme d'un grès siliceux.

- **schiste** : roche d'aspect feuilleté, et se débitant en plaques fines; il peut s'agir d'une roche sédimentaire argileuse, ou bien d'une roche métamorphique.

- **senestre** : voir faille (figure 34).

- **silex** : accidents siliceux sous forme de nodules ou rognons dans la craie ou dans le calcaire .

- **socle** : ensemble rocheux induré composé de roches métamorphiques ou magmatiques plissées au cours d'un ou plusieurs cycles orogéniques, puis érodées. Une couverture sédimentaire peut reposer en discordance sur ce socle.- stratigraphie : discipline des sciences de la Terre qui étudie la succession des différentes couches sédimentaires (strates).

- **subduction** : enfoncement de grande ampleur d'une portion de lithosphère sous une autre sous l'effet de la tectonique des plaques.

- **synclinal** : pli en gouttière, alterne avec un anticlinal (figure 35).

- **travertin** (ou tuf calcaire) : roche sédimentaire calcaire continentale, de couleur blanche ou jaunâtre. Le travertin se forme par dépôt de calcaire sur de la végétation, aux émergences de certaines sources ou cours d'eau à petites cascades. Les nombreuses cavités présentes dans le travertin s'expliquent par la disparition des végétaux inclus lors de sa formation.

- **Trias** : période du Mésozoïque, voir échelle stratigraphique (figure 36).

- **wildflysch** : flysch à éléments très grossiers voire à olistolithes, formé par éboulements ou glissements sous-marins.

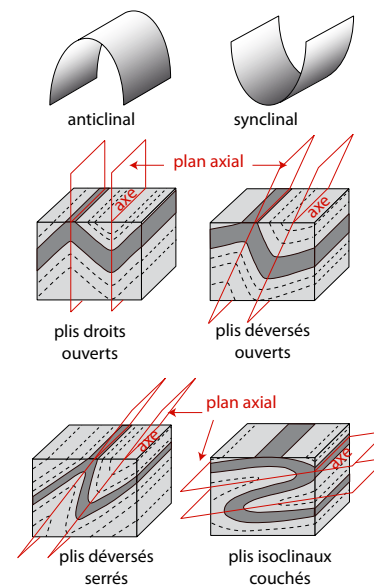


Figure 35 - Schéma montrant les différents types de plis.

		Ma		
Cénozoïque (III ^{re})	IV ^{re}	Pliocène	2,59	
		Miocène	5,3	
	Paléogène	Oligocène	23,0	
		Priabonien	33,9	
		Eocène	38,0	
		Paléocène	56,0	
	Mésozoïque (II ^{re})	Crétacé	C. supérieur	66,0
			C. inférieur	100,5
		Jurassique	J. supérieur (Malm)	145
			J. moyen (Dogger)	163,5
J. inférieur (Lias)			174,1	
Trias			201,3	
Paléozoïque (I ^{re})	T. supérieur	252,2		
	T. moyen			
	T. inférieur			
	Permien	298,9		
Carbonifère	358,9			

Figure 36 - Echelle stratigraphique internationale. L'ère Paléozoïque commençant à 540 Ma n'est pas complètement représentée ici.

Références.

BERTRAND, J.M. & GASQUET, D., 2008, Lauzière : anatomie d'un granite. Petit guide géologique pour randonneur curieux n°3, <http://www.ffcam.fr/publications.html>

CERIANI, S., 2001. A combined study of structure and metamorphism in the frontal Penninic units between the Arc and the Isère valleys (Western Alps): Implications for the geodynamics evolution of the Western Alps. PhD thesis, Univ. Basel.

MARTHALER, M., 2001. Le Cervin est-il africain ? 3ème édition, Editeur LEP, 96p.

STAMPFLI, G.M., 1993. Le Briançonnais: Terrain exotique dans les Alpes ? Eclogae geol. Helveticae 86, 1-45.

Remerciements

La rédaction de ce petit guide géologique a été initiée avant le décès de Jean-Michel Bertrand, directeur de recherches au CNRS et géologue connaissant les Alpes du nord comme sa poche. En tant que collègue et épouse de Jean-Michel et étant tombée moi aussi sous le charme de la vallée du Nant Brun, il me revenait d'en assurer la réalisation finale. Celle-ci n'aurait cependant pas été possible sans l'aide précieuse de nombreux collègues, eux aussi géologues alpins, et de doctorants, amis, habitants des Deux Nants ou habitués du refuge du Nant Brun, venus m'accompagner et m'aider à compléter les informations et explications de ce guide, ou tester ou relire ce guide en tant que potentiels utilisateurs candides. La liste est très longue et il me ferait peine d'oublier une seule personne. Une mention spéciale cependant pour Pierre Lanari qui a redessiné la carte de Stefano Ceriani. Que toutes et tous soient assurés de ma gratitude !

Anne-Marie Boullier-Bertrand
A Grenoble, le 15 Janvier 2014.

Réponses du quiz de la figure 28 :

- a) vue d'ensemble du chalet.
- b) grès rouges du Permien.
- c) calcaire du Jurassique montrant des veines de calcite et une schistosité (ici horizontale).
- d) grès et conglomérat du flysch de l'unité du Cheval Noir.
- e) schistes rouges de Villarly (Trias supérieur), tuf (ou travertin) et grès conglomératique du flysch.
- f) grès conglomératique du flysch.
- g) tufs ou travertins