

Retrouver d'autres infos dans les plaquettes déjà publiées par le Comité scientifique du Club Alpin: Sécurité en montagne, Alimentation en montagne, Médecine en montagne, L'altitude, Les orages en montagne... Dans les plaquettes du Parc de la Vanoise et sur les sites internet : www.clubalpin.com et www.vanoise.com

**Petit guide
géologique**

pour le randonneur curieux

La Vanoise Fond d'Aussois

Jean-Michel Bertrand, Jérôme Ganne et
Serge Fudral (Université de Savoie)

Pour en savoir plus :

- Debelmas J., Rampnoux J.P. Guide géologique du Parc national de la Vanoise, itinéraires de découverte. Editions du BRGM.
- Debelmas J., Desmons J. Géologie de la Vanoise. Documents BRGM 266.
- Lemoine M., Barféty J.C., Cirio R., Tricart P. Montagnes du Briançonnais, promenades et randonnées - Initiation à la géologie. Editions du BRGM.
- Lemoine M., de Graciansky P.C., Tricart P. De l'océan à la chaîne de montagnes. Tectonique des plaques dans les Alpes. Gordon & Breach Science Publishers.
- Marthaler M. Le Cervin est-il africain? Une histoire géologique entre les Alpes et notre planète. Editions Loisirs et Pédagogie, Lausanne.
- Mattauer M. Ce que disent les pierres. Bibliothèque Pour la Science.

En montagne, lire un paysage est une joie. Avec quelques clés, on peut y retrouver quelques étapes des fantastiques bouleversements géologiques qui ont permis la formation des Alpes.



club
alpin
français

Fédération des clubs alpins français

24, avenue de Laumière - 75019 Paris - Tél. : 01 53 72 87 13/14
e-mail : editions.com@clubalpin.com



club
alpin
français



La géologie de la Vanoise

L'architecture de l'édifice montagneux du secteur de Fond d'Aussois est abordée à partir de l'observation de l'organisation des ensembles rocheux aux différentes échelles, de celle de l'échantillon à celle de l'affleurement, puis à celle du paysage. Pour cela nous suivrons quelques sentiers autour de ce grand cirque d'origine glaciaire.

Deux notions importantes :

- Toutes les roches de Vanoise ont subi des **déformations**⁽¹⁾ et un **métamorphisme**⁽²⁾ intenses qui sont responsables de leur aspect feuilleté ;

- L'échelle des temps géologiques (âges en millions d'années = Ma), appliquée aux principales formations rocheuses rencontrées à Fond d'Aussois, est la suivante :

1. L'ère Primaire (540-245 Ma) est représentée par les **micaschistes**⁽³⁾ du **socle**⁽⁴⁾ d'âge voisin de 500 Ma et par les **conglomérats**⁽⁵⁾ du Permien (295-245 Ma) ;

2. Pendant l'ère Secondaire (245-65 Ma) des sédiments se sont déposés. Ce sont : les **quartzites**⁽⁶⁾ blancs à vert clair, les calcaires massifs, les dolomies et les gypses du Trias (245-205 Ma) ; les calcaires rubanés du Jurassique inférieur (ou Lias = 205-180 Ma) ; les marbres noirs et verts du Jurassique moyen et supérieur (ou Dogger et Malm = 180-135 Ma), du Crétacé (135-65 Ma) et du tout début du Tertiaire.

3. Il n'y a presque pas de roches datant du Tertiaire (65-1,65 Ma) dans la région d'Aussois ; c'est à cette époque que les Alpes se sont formées.

4. Les grandes glaciations de l'ère Quaternaire (depuis 1,65 Ma) sont responsables des paysages que nous observons actuellement – les moraines et le cirque de Fond d'Aussois.



⁽¹⁾ **déformation** = cassures, plis, étirement, aplatissement des roches (= schistosité) - à toutes les échelles. Lorsque plusieurs épisodes successifs de déformation ont affecté un ensemble rocheux, ils sont numérotés du plus ancien au plus jeune : plis 1, 2....., schistosité S1, S2....

⁽²⁾ **métamorphisme** = effets de la température et de la pression consécutifs à un enfouissement qui conduisent à l'apparition de nouveaux minéraux, par recristallisation à l'état solide des minéraux initiaux et à une re-organisation en feuillets de ces minéraux (= schistosité).

⁽³⁾ **micaschiste** = roche métamorphique feuilletée, très riche en micas.

⁽⁴⁾ **socle** = restes d'une ancienne chaîne de montagne arasée, sur laquelle se sont déposés de nouveaux sédiments. Le socle des Alpes est le vestige d'une ancienne chaîne de montagne, la chaîne hercynienne, vieille de 300 Ma.

⁽⁵⁾ **conglomérat** = roche sédimentaire constituée de galets roulés, de toutes tailles, emballés dans un ciment.

⁽⁶⁾ **quartzite** = roche sédimentaire constituée presque uniquement de quartz.

En suivant les sentiers

1 • Du Lac de Plan d'Amont vers le refuge de Fond d'Aussois.

Depuis le parking jusqu'au-delà du refuge, nous serons dans le **socle**⁽⁴⁾, bien visible le long du sentier avant le Pont de la Sétéria.

Les roches rencontrées sont des **micaschistes**⁽³⁾ verts et des micaschistes gris, tous riches en veines de quartz. Les deux types de roches alternent à cause de grands plis à flancs parallèles (**plis 1**), indiqués sur la carte mais non visibles dans le paysage.



fig. 1
Plis 2 replissant la schistosité principale S1 dans la paroi SW de la Roche Chevrière.

La schistosité principale (**S1**), bien soulignée par les micas, a été formée en même temps que ces plis. La première schistosité a été ensuite replissée par des ondulations plus ou moins serrées (**plis 2**), parfois visibles dans le paysage (**figure 1**), et associées à une schistosité de seconde génération (**S2**), en général presque horizontale.

En levant les yeux vers le panorama de la Dent Parrachée (**figure 2, a et b**) nous tenterons de déchiffrer l'architecture du massif en 3 dimensions.

Depuis le sentier du bord du Lac de Plan d'Amont, nous observerons les relations entre les principaux ensembles rocheux. La partie gauche du panorama est occupée par le socle (Am = micaschistes verts ; Cl = micaschistes gris). Vers la droite affleurent les quartzites à mica verdâtre du **Permo-Trias**⁽⁷⁾ (PTr - environ 250 Ma) et les quartzites blancs du Trias inférieur (Tq - environ 240 Ma) qui forment aussi le rocher du Grand Chatelard. Les roches sédimentaires du Permo-Trias et du Trias se sont déposés directement sur le socle (contact **normal 8**).

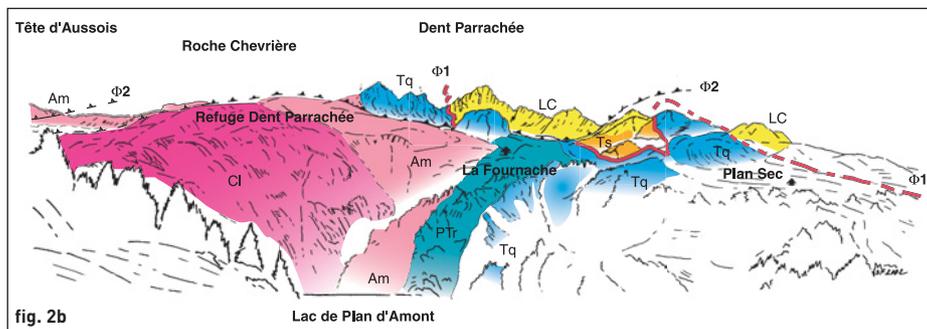


fig. 2b
Panorama du massif de la Dent Parrachée, vu du bord du lac de Plan d'Amont. Les micaschistes gris sont notés « Cl » et les micaschistes verts « Am ».

A l'arrière-plan, entre les cols de la Dent Parrachée et de la Faculta, la structure est moins simple. Les dolomies et les calcaires du Trias supérieur (Ts), du Lias (LC) et du Crétacé ne reposent pas normalement sur l'ensemble précédent. Ils forment une **nappe**⁽⁸⁾ dont le contact de base (noté F1), sans doute horizontal à l'origine, est actuellement plissé par les plis 2. Il a été ensuite déplacé par un grand plan de **cisaillement**⁽⁹⁾ plat F2. Toutes ces structures sont schématisées sur la carte et la coupe géologique (**figure 3**).

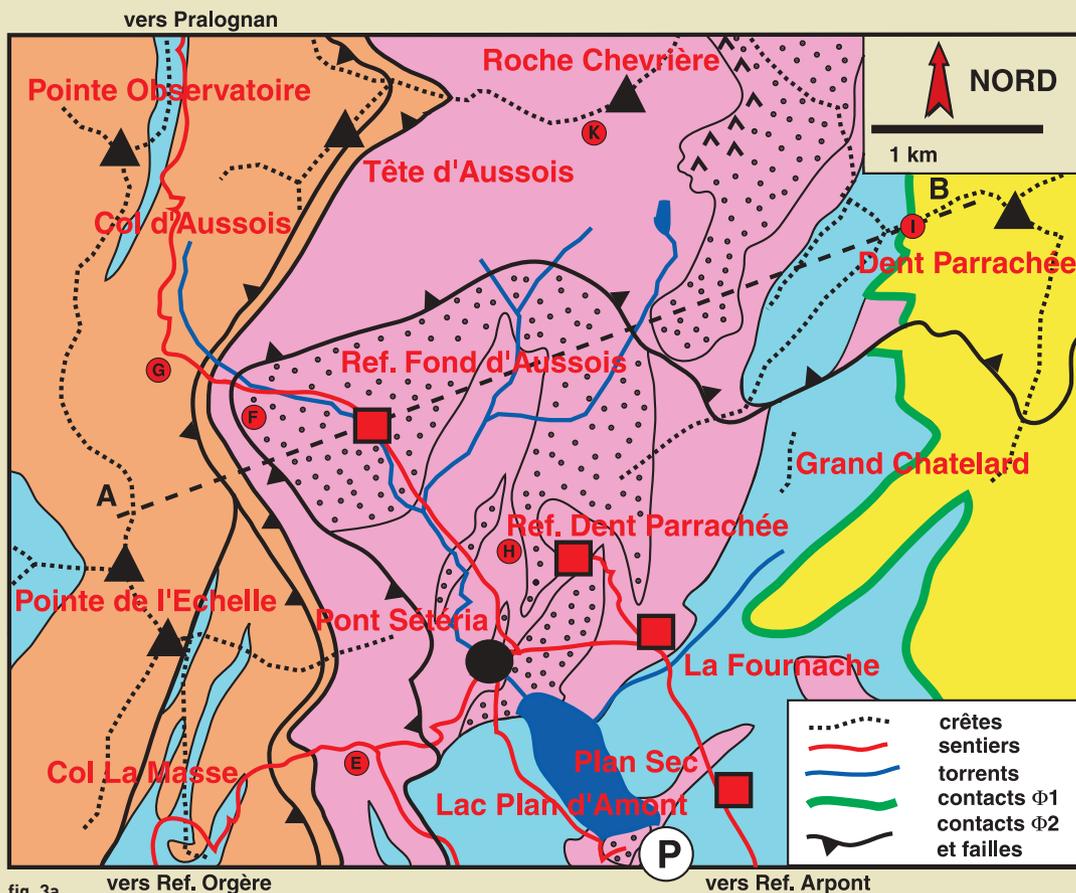


fig. 3a vers Ref. Orgère vers Ref. Arpont



Les terrains Quaternaire ne sont pas indiqués. Lignes de crête et principaux sommets suggèrent le relief.
A-B = tracé approximatif de la coupe ci-dessous. Cercles rouges = Localisation des photos.

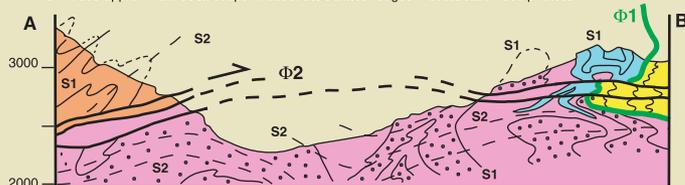


fig. 3b

¹⁷⁾ **Permo-Trias** = au contact du socle, la base de la couverture sédimentaire est constituée de quartzites impurs, souvent verdâtres, riches en micas et à petits galets de quartz rose. Leur âge est intermédiaire entre Permien et Trias car, au Râteau d'Aussois, des roches semblables sont intercalées entre les conglomérats du Permien et les quartzites blancs du Trias.

¹⁸⁾ **nappe** = ensemble rocheux déplacé et recouvrant un autre ensemble dont il était initialement éloigné. A sa base, une nappe est limitée par un contact « anormal » ou contact tectonique (noté Φ1, Φ2 selon leur chronologie relative). Un contact « normal », au contraire, respecte la succession chronologique des couches géologiques.

¹⁹⁾ **plan de cisaillement** = plan de déplacement situé au sein d'une masse rocheuse ou à la base d'une nappe (= contact tectonique) où la déformation est concentrée. Lorsque la déformation est très intense, les roches peuvent être transformées en mylonites qui sont des roches broyées et laminées, à texture bréchique (morceaux de roche fracturés et re-cimentés) ou à grain fin.

2 • Du pont de la Sétéria vers le Col de la Masse.



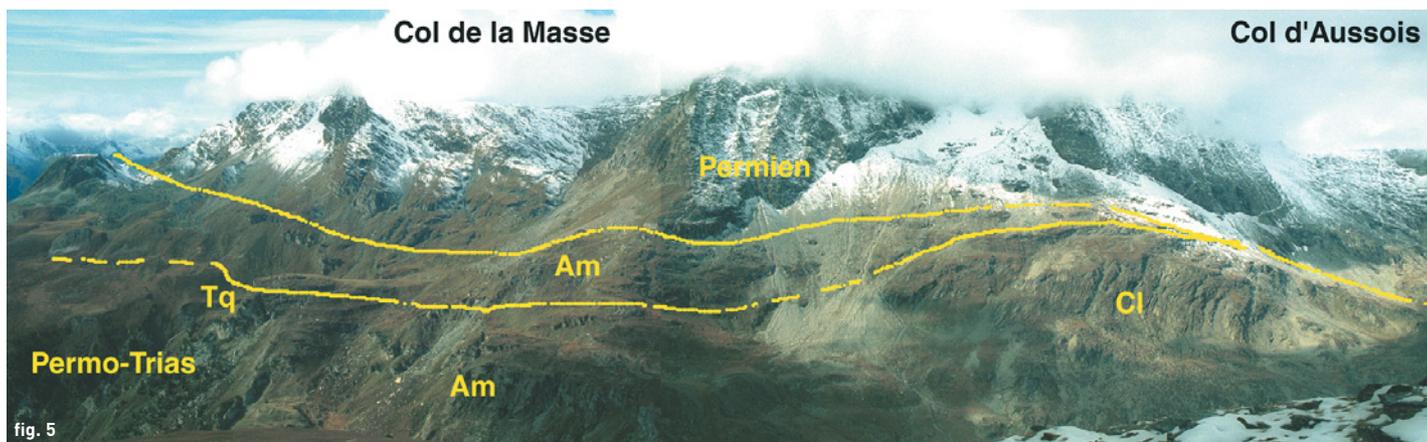
Micaschistes verts à veines de quartz sous le replat 2445 m, au sud du sentier du Col de la Masse. Les plans de cisaillement sont soulignés avec leur direction de mouvement.

Vers le Col de la Masse, les micaschistes verts du socle sont de plus en plus déformés (figure 4). La déformation culmine au niveau de deux **contacts tectoniques**⁽⁸⁾ principaux, situés près de la base des parois du Râteau d'Aussois et de la Pointe de l'Echelle. Le contact inférieur passe en continu (voir carte géologique, figure 3) à celui que nous

avons signalé sous la Dent Parrachée (figure 2) : c'est donc un contact $\Phi 2$ car il recoupe les structures plus anciennes. Le contact supérieur est aussi un contact $\Phi 2$; il peut être suivi jusqu'à la Tête d'Aussois - et, au-delà, vers Pralognan. Le panorama observé depuis l'autre versant du cirque illustre ces contacts (figure 5).

Même s'ils se sont formés en même temps, ces deux contacts tectoniques ne sont pas équivalents : le déplacement associé au contact inférieur est de quelques centaines de mètres tandis que le contact supérieur est un contact tectonique majeur à l'échelle de la Vanoise. Son déplacement, encore difficile à estimer, peut être de plusieurs kilomètres. L'âge de ces contacts est situé dans la fourchette 45-30 Ma.

Au-dessus des contacts $\Phi 2$, les grès et conglomérats du Permien forment les grandes parois. Ils sont moins déformés que les micaschistes sous-jacents car les structures sédimentaires originelles y sont souvent bien conservées. Lors de la déformation, les grès et conglomérats riches en quartz ont eu un comportement mécanique plus rigide que celui des micaschistes.



Panorama du massif Râteau d'Aussois - Pointe de l'Echelle vu du refuge de la Dent Parrachée. Il faut noter : (1) les grès et conglomérats permien forment la partie enneigée ; (2) le replat correspond aux contacts tectoniques $\Phi 2$; (3) le socle (Am et Cl) forme la partie basse avec les quartzites du Trias (Tq). Remarquer que sous les contacts $\Phi 2$, la schistosité S1 du socle est rebroussée (voir figure 6).

3 • Sur le sentier entre le refuge de Fond d'Aussois et le Col d'Aussois.

Le socle affleure près du refuge de Fond d'Aussois. On le quitte au replat situé vers 2430 m. A cet endroit, des **mylonites** (voir⁹⁾) soulignent les grands contacts tectoniques $\Phi 2$, ici pratiquement confondus. La schistosité **S1** des micaschistes gris du socle est rebroussée à la verticale sous le contact $\Phi 2$ presque plat (figure 6). Vers le Col d'Aussois, le sentier serpente dans les conglomérats et les grès du Permien où les structures sédimentaires sont encore reconnaissables (figure 7).



fig. 6
Schistosité verticale S1 des micaschistes gris situés sous le contact tectonique $\Phi 2$ du replat 2430m.

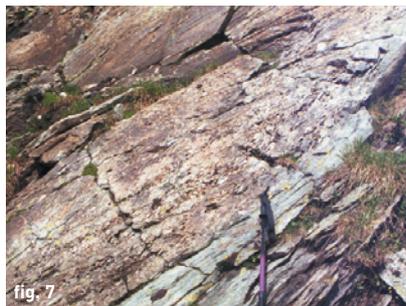


fig. 7
Conglomérat permien au-dessus du replat 2430 m, au bord du torrent situé à droite du sentier du Col d'Aussois.

4 • Sur le sentier entre le refuge de Fond d'Aussois et celui de la Dent Parrachée.

En montant vers le refuge, on observera vers 2480 m (à 100 m à gauche du sentier, à la base de la barre rocheuse discontinue), le contact entre les micaschistes gris et verts (figure 8). Les micaschistes gris (Cl) sont déformés en même temps que les micaschistes verdâtres (Am) par un **pli 2**. La schistosité **S2**, associée aux **plis 2**, est bien marquée dans les micaschistes verts. Le refuge est construit sur de beaux affleurements de micaschistes gris.



fig. 8
Contact entre les micaschistes gris et les micaschistes verts plissé par un pli 2.

⁹⁾ **mylonite** = roche broyée et laminée, à texture bréchiq ou à grain fin, de composition quelconque.

Comment les géologues interprètent ces observations ?

L'architecture observée ici est le résultat de la convergence puis de la collision de deux plaques. Quelques notions de base doivent être rappelées ici.

Notre Terre possède une enveloppe rigide très mince : la « lithosphère ». De la surface vers les profondeurs, la **lithosphère** (moins de 2% du rayon terrestre) comprend la « **croûte** » légère (densité moyenne de 2,7) et la partie supérieure du « **manteau** » plus dense (densité de 3,2). Fragile, elle se déchire facilement en « **plaques** » qui s'écartent ou se rapprochent au cours du temps. L'évolution de la Terre consiste en quatre stades qui se succèdent périodiquement, avec des variantes, depuis les 4,5 milliards d'années de la vie de la terre :

- 1 • Dans les zones où les plaques s'écartent (les rides océaniques), de la croûte océanique, plus mince et plus dense que la croûte continentale, se forme en continu, directement à partir de la fusion du manteau sous-jacent.
- 2 • Puisque le volume de la Terre est préservé, les zones de croissance des domaines océaniques sont compensées par des zones de rapprochement où de la croûte océanique doit disparaître. Ainsi, la fermeture de l'ancien océan alpin a été compensée par l'ouverture de l'Atlantique. Cette disparition se produit à la faveur du phénomène de « **subduction** » qui a lieu dans les fosses océaniques. Là, une plaque lithosphérique océanique dense s'enfonce sous une autre plaque moins dense, océanique ou continentale.
- 3 • Lorsque toute la lithosphère océanique est consommée par subduction, deux plaques continentales peuvent entrer en « **collision** ». Si le rapprochement des plaques se poursuit, une partie d'un continent peut être entraîné sous l'autre.
- 4 • Une telle situation est instable, elle conduit rapidement à la remontée (ou « **exhumation** ») d'une partie du contenu de la zone de subduction - roches océaniques, sédiments profonds et morceaux de continent entraînés). C'est ainsi que se forme une « **chaîne de montagnes de collision** » lorsque les deux continents entrent en contact.

5 • Au-dessus du refuge de la Dent Parrachée, vers le vallon de la Fournache et le Col de la Dent Parrachée.

En quittant le refuge on trouvera, au-dessus du socle, les quartzites du Trias (Grand Chatelard et arête de l'Esché). La combe située entre le Grand Chatelard et l'arête correspond au contact $\Phi 2$ déjà signalé (panorama). Ce n'est que dans le couloir du col (**figure 9**) que l'on retrouvera le contact tectonique le plus ancien ($\Phi 1$), ici vertical car il a été remplissé par des grands **plis 2**, comme tous les calcaires rubanés du Lias de la Dent Parrachée. Près du Col, ce contact sépare les quartzites du Trias (au NW) des formations datant du Lias au Crétacé supérieur, qui forment la nappe de la Dent Parrachée (au SW). Dans le couloir du Col, les roches jaunâtres sont des cargneules, mélange à structure alvéolaire de gypse et de dolomie (les tufs des anciens maçons savoyards, jadis utilisés pour la construction de voûtes), qui soulignent le contact tectonique.



fig. 9

Couloir du Col de la Dent Parrachée, versant Fournache.
Les cargneules jaunâtres soulignent le contact tectonique $\Phi 1$.

Dans les Alpes, la chronologie correspondante est la suivante :

- 1 • Vers 200 millions d'années, l'océan alpin s'ouvre dans une grande plaque continentale unissant à l'époque Europe et Afrique.
- 2 • La subduction de cet océan sous la partie africaine commence vers 90 Ma.
- 3 • La collision entre les deux continents a lieu dès 45 à 35 Ma et une partie de l'Europe s'engage sous la partie « africaine » représentée par la croûte continentale située sous la plaine du Pô.
- 4 • L'exhumation des Alpes Internes (dont la Vanoise) a lieu très rapidement - au plus tard vers 32 Ma. Par contre, plus à l'Ouest, les effets de la collision et de l'exhumation ne se font sentir qu'à partir de 25 Ma. Ils se traduisent par l'expulsion vers l'Ouest et vers le haut des massifs cristallins du Mont Blanc et de Belledonne (ou massifs cristallins Externes) et par le plissement des massifs subalpins (Bauges, Chartreuse, Vercors....).

Notre histoire n'est pas terminée : les zones sismiques actives et la surrection des massifs cristallins externes (actuellement de l'ordre de 2 mm par an) témoignent de la vitalité de notre Terre.

Les Alpes sont donc toujours vivantes !

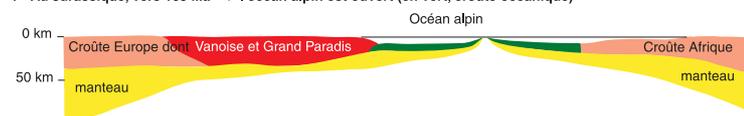
Que s'est-il passé en Vanoise ?

La Vanoise fait partie des « Alpes Internes », initialement situées près de la limite des plaques. La stratigraphie de la Vanoise, non détaillée ici, nous indique qu'elle représentait : soit le bord occidental de l'océan alpin disparu soit un micro-continent indépendant, initialement situé entre l'Europe et l'Afrique de cette époque.

On peut comparer la situation de l'ancienne Vanoise à celle, actuelle, de la Corse et de la Sardaigne qui sont bordées de part et d'autre par de la croûte océanique. Avant que les roches de Vanoise soient à l'air libre, elles ont été profondément enfouies dans la zone de subduction (jusqu'à près de 50 km), ce qui explique que le métamorphisme soit d'un type particulier, marqué par des minéraux de haute pression et de basse température.

Pour conclure, les schémas suivants (figure 10) permettent de suivre le voyage vers les profondeurs et le retour à la surface du petit morceau de croûte continentale qui constitue notre Vanoise. Le dernier schéma montre bien pourquoi l'architecture de la Vanoise est compliquée.

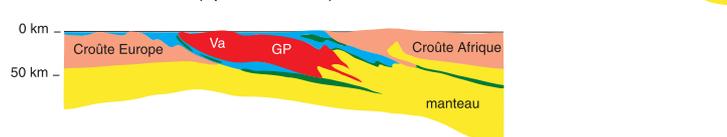
1 - Au Jurassique, vers 165 Ma → l'océan alpin est ouvert (en vert, croûte océanique)



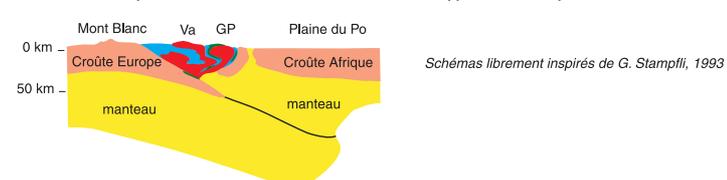
2 - Au Crétacé, vers 110-100 Ma → subduction de l'océan alpin et ouverture d'un (petit) océan valaisan → séparation de la Vanoise qui forme un micro-continent (en bleu, sédiments océaniques et de plateforme)



3 - A l'Eocène, entre 54 et 36 Ma → Vanoise et Grand Paradis sont entraînés dans la zone de subduction (alpine + valaisanne)



4 - Actuellement, après l'exhumation commencée vers 35 Ma, le rapprochement se poursuit



Schémas librement inspirés de G. Stampfli, 1993

La formation des Alpes est une longue histoire. En Vanoise, tout était presque terminé vers 35 Ma. Cela n'est pas le cas à l'Ouest des Alpes où Mont Blanc et Belledonne ne seront exhumées qu'à partir de 25 Ma, ... et s'élèvent encore.