De l'Europe à l'Afrique : la traversée d'un prisme d'accrétion océanique

Compte-rendu de l'excursion du 26 juin 2010 dans la région de Zinal (Valais)

Michel Marthaler [1]
Nicolas Kramar [2]

[1] Institut de géographie
Université de Lausanne
Anthropole
CH – 1015 Lausanne

[2] Faculté des géosciences et
de l'environnement
Université de Lausanne
Amphipôle
CH – 1015 Lausanne

E-mails:
michel.marthaler@unil.ch
nicolas.kramar@unil.ch

In Reynard E., Laigre L. et Kramar N. (Eds) (2011). *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque en l'honneur du Professeur Michel Marthaler*, 24-26 juin 2010, Lausanne (Géovisions n° 37). Institut de géographie, Université de Lausanne.

Préambule

Cette excursion d'une journée (Fig. 1) – effectuée le 26 juin 2010 avec les participants au colloque – permet de traverser d'une façon fulgurante 300 millions d'années de l'histoire de notre planète. Elle démarre au temps de la formation de la Pangée, traverse toute l'histoire téthysienne, visite ses deux marges, européenne et africaine, et chemine dans les restes de l'océan piémontais : un prisme d'accrétion océanique mélangeant sédiments et lambeaux de croûte océanique. Elle développe certains aspects de la médiation scientifique pour expliquer l'histoire géodynamique des Alpes, en particulier deux « ingrédients » que nous utilisons souvent pour rendre la géologie accessible à un plus grand nombre.

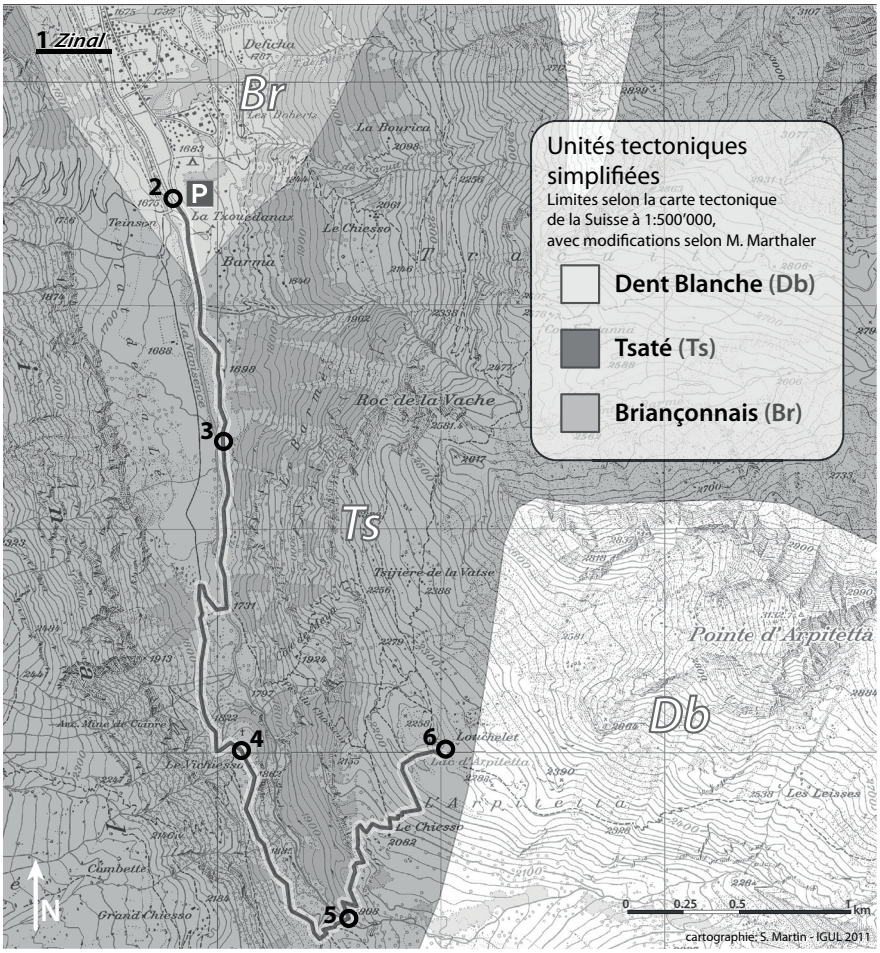

Fig 1 : Les différents arrêts décrits dans cette excursion, avec une esquisse géologique très simplifiée des trois grandes unités tectoniques traversées : nappes briançonnaises (Europe), nappe du Tsaté (océan Téthys), nappe de la Dent Blanche (Afrique). Fond topographique reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA11020).

Le premier consiste à appliquer dans le domaine de la communication un principe fondamental des géosciences, à savoir le principe d'actualisme (Marthaler, 2001) : à des traces géologiques diverses comme des fossiles, des lithologies ou un plan de chevauchement, sont associés des exemples actuels de lieux connus dans lesquels les processus à l'origine de ces traces sont en train de se produire.

Le second vise explicitement à proposer aux novices un modèle orogénique non pas simplifié mais historique car celui-ci reprend les principaux éléments de savoirs géologiques de la fin du XVIIIe siècle sur ce sujet. La démarche complète (Kramar, 2003, 2005) consiste dans un premier temps à proposer le modèle historique car il est compréhensible et utilisable par le plus grand nombre et parce qu'il a un champ de validité suffisamment grand pour être proposé comme une alternative opératoire à des conceptions et obstacles identifiés (conceptions sur le temps et la stabilité du monde minéral). Dans un deuxième temps sont introduites des observations révélant les limites du premier modèle, le modèle historique, ce qui rend alors nécessaire de passer à une interprétation plus proche de modèles scientifiques récents de l'orogenèse : l'objectif est alors de rompre avec une représentation trop séquentielle induite par les trois temps du modèle historique afin de se rapprocher d'un système orogénique constitué de mécanismes en interactions et rétroactions simultanées. Dans ce compte-rendu, nous appelons cette démarche « modèle didactique des trois histoires ».

Arrêt 1

La route qui monte de Sierre à Zinal traverse les très vieux gneiss du socle briançonnais (Précambrien à Ordovicien), substratum de la bordure sud de la marge européenne. A Zinal même (Fig.1), les parois qui dominent le village à l'ouest sont des quartzites permo-triasiques : anciens sables et galets déposés par les rivières qui sillonnaient la Pangée, cet immense et unique continent d'il y a 300 à 250 millions d'années. Nous sommes dans la « première histoire », celles des roches, toujours liées à leur paléoenvironnement, à un ancien paysage de notre planète où elles se sont formées. La deuxième histoire, celle des mouvements, des déformations inscrites dans les roches, se lit ici dans le pendage général des couches de quartzites, qui, comme le socle sous-jacent, plongent en direction du sud.

Arrêt 2

Dans le parking situé à la fin de la route cantonale, à un kilomètre au sud de Zinal, toutes les roches de la marge briançonnaise (ou européenne) se sont enfoncées sous nos pieds. Elles sont dominées par l'énorme pile de sédiments océaniques de la Garde de Bordon. Il est intéressant de relever qu'ici, ce pendage général des couches vers le sud (également visible au barrage de Moiry) témoigne d'un événement géodynamique majeur du début de l'ère tertiaire : la subduction de la plaque européenne sous la plaque africaine, avec entre les deux les restes de l'océan téthysien. Nous reviendrons sur ce point fondamental de la deuxième histoire, lorsque nous serons parvenus au but de notre excursion, les petits lacs d'Arpitetta.

La marche débute près du restaurant La Tzoucdanaz, en remontant la rive droite de la Navisence, dans la plaine de la Lé. En face, en rive gauche, de grands cônes de déjection s'y étalent (Fig. 2), nous parlant de la « troisième histoire », celle de l'érosion et de ses dépôts actuels : chaque année, avalanches, torrents et blocs éboulés dévalent de la Garde de Bordon, obligeant souvent la fermeture des sentiers de randonnée.

Fig 2 : Cônes d'accumulation mixte (avalanches, éboulis, coulées torrentielles) en rive gauche de la Navisence. Cliché : Emmanuel Reynard.

Arrêt 3

Un affleurement sur notre gauche marque le troisième arrêt. Ce sont des marbres phylliteux et gréseux (anciens calcaires sablo-argileux) qui peuvent contenir de minuscules coquilles de foraminifères planctoniques (Marthaler, 1981). Grâce à ces microfossiles, ces roches ont pu être datées du Crétacé supérieur (environ 80 millions d'années) et témoignent d'un environnement océanique relativement profond, mais pas trop éloigné des côtes (une centaine de kilomètres). Ces roches sont appelées « schistes lustrés » dans la littérature (Marthaler & Stampfli, 1989). Leur aspect brillant est dû au métamorphisme alpin (dans notre cas la deuxième histoire) : vers 40 millions d'années, les argiles océaniques ont recristallisé sous forme de micas en fines paillettes. Ce métamorphisme n'a pas trop effacé les structures sédimentaires, telles les alternances entre calcaires gréseux et marnes, la granulométrie et, fort heureusement, les petits tests des foraminifères planctoniques.

On peut aussi facilement mesurer un pendage des couches d'environ 20° en direction du sud. Ce dernier se voit bien dans toutes les autres couches formant la face

est de la Garde de Bordon. Tout cet ensemble appartient à la nappe du Tsaté, décrite au siècle passé par de nombreux géologues alpins sous le nom de Zone du Combin (E. Argand, G.V. Dal Piaz, P. Bearth, tous cités par Sartori, 1987). Au bout de la plaine de la Lé, un pont permet de franchir la Navisence pour atteindre le début de la montée, sur un large chemin qui mène à la cabane du Petit Mountet. Vingt minutes suffisent à franchir un premier verrou glaciaire nommé Le Vichiesso.

Arrêt 4

Les roches polies par le glacier sont vertes (amphibole, pistachite, chlorite), rubanées, à petits yeux blancs d'albite. Ce sont des prasinites d'origine basaltique. De plus, certaines formes ovoïdes suggèrent le lieu de naissance de ces roches pendant la période jurassique (histoire 1) : le fond des océans sous la forme de laves en coussin. Du plancher océanique au milieu des montagnes ! Voilà une grande découverte qui a permis d'admettre que la tectonique des plaques (ou dérive des continents et du fond des océans) était responsable de la formation des montagnes. C'est donc l'histoire 2 qui nous permet de passer du fond d'un océan à une chaîne de montagnes (Lemoine et al., 2000). Le panorama du but de notre excursion nous permettra de préciser cette incroyable transformation du paysage. Une fois les montagnes lentement surgies du fond de la mer, bien plus tard encore, lors de l'histoire 3, les glaciers vont creuser dans cette énorme masse de roches pour sculpter une succession d'ombilics et de verrous. Le Vichiesso constitue l'un de ces verrous, dans lequel la Navisence s'est fortement encaissée.

Arrêt 5

Parvenu à l'altitude de 1900 m, un pont permet de franchir à nouveau la Navisence. Ici, le paysage raconte d'abord l'histoire 3. Il est parsemé de blocs qui constituent la moraine du Petit Age Glaciaire, au temps du grand glacier de Zinal, vers 1850 (Fumeaux & Reynard, 2002). On visualise très bien la cote atteinte par la glace grâce aux deux longues crêtes morainiques latérales (Fig. 3). La cabane du Petit Mountet est posée sur celle de la rive gauche, donc sur notre droite en regardant vers le sud. Les blocs sont des gneiss granitiques arrachés aux parois de tous les sommets situés plus au sud.

L'histoire 1 nous ramène à l'ère primaire, vers 300 millions d'années, quand ces roches ont lentement cristallisé dans la croûte continentale africaine, sous forme de granite, de diorite et de gabbro. L'histoire 2 raconte la longue dérive de l'Afrique en direction du nord pendant le Crétacé et son rapprochement avec l'Europe, puis, au début du Tertiaire, la collision alpine : les roches plutoniques de l'extrême bordure nord vont s'écraser tout en glissant sur les restes de l'océan et devenir la nappe de la Dent Blanche (Argand, 1909).

Fig 3 : Vue sur la marge glaciaire du Glacier de Zinal et les montagnes sculptées dans la nappe de la Dent Blanche. Cliché : Emmanuel Reynard.

Continuons à monter en direction des lacs et de la cabane d'Arpitetta car le panorama va permettre d'en dire plus sur cette incroyable histoire géodynamique des Alpes. Après une heure de montée, nous arrivons sur une série de larges cordons morainiques tardiglaciaires qui bordent les petits lacs d'Arpitetta (Fumeaux & Reynard, 2002).

Arrêt 6

Nous avons atteint le but de cette excursion : un large panorama s'offre à nous et pourtant il représente un très grand raccourci d'un ancien espace enregistré dans les roches : deux continents visibles sous forme de groupes de montagnes, l'Europe au nord et l'ancienne Afrique au sud, avec entre les deux, vers l'ouest, les restes d'un océan disparu, la Téthys (Lemoine et al., 2000 ; Marthaler, 2001). Tout au nord de la vallée du Rhône, les montagnes de la marge européenne sont visibles à l'horizon ; puis, devant, viennent celles du microcontinent briançonnais jusqu'à Zinal. Comme déjà dit, tout ce système « nord-alpin » s'enfonce en direction du sud. Par-dessus, avec également un pendage sud bien visible, vient la nappe du Tsaté ; en direction du nord-ouest, la Garde de Bordon en fait intégralement partie. On y distingue bien des couches massives de métabasaltes vert pâle qui alternent avec les métasédiments (calcschistes ou schistes lustrés), de couleur brunâtre et mieux stratifiés. En suivant du regard ces couches océaniques, on voit qu'elles s'enfoncent doucement sous toutes les roches continentales plus dures de la nappe de la Dent Blanche (le « traîneau

écraseur » d'Argand (1909), qui regroupe toutes les hautes montagnes situées plus au sud). Le contact entre ces deux mondes, océanique et continental, est bien visible au col de la Lé, juste en face de nous en direction de l'ouest. On y voit nettement le fort contraste morphologique existant entre les anciennes boues marines sombres, tendres et délitées au nord du col et les vieux gneiss granitiques clairs au sud, dont tous les sommets sont plus aiguisés, plus hauts et couverts de neige ou de glaciers.

Ce contact à pendage sud n'est pas seulement visible face à nous, car nous sommes situés exactement sur son passage, juste caché ici sous la moraine tardiglaciaire. Pour échantillonner les roches océaniques, il suffit de se déplacer de quelques mètres plus au nord, sur la colline cotée 2258 (voir Fig. 1). On y observe des schistes sombres intercalés de minces niveaux de prasinites vert pâle. Pour voir les roches de l'ancienne croûte continentale africaine (env. 300 millions d'années), il faut monter d'une centaine de mètres vers le sud-est et atteindre l'éperon coté 2390 m : de beaux gneiss de composition granodioritique y affleurent. Toute la Pointe d'Arpitetta qui nous domine est taillée dans ces gneiss.

Mais revenons au contact océan-continent du col de la Lé, visible en direction de l'ouest (Fig. 4). Un regard attentif remarquera que ce contact suit un couloir qui descend à partir du col vers le sud avec un angle d'environ 40°. Aujourd'hui plan de chevauchement (ou faille inclinée), ce contact séparait des roches océaniques qui se sont engouffrées sous des roches continentales. A l'échelle du monde, ce panorama montre donc un ancien contact de subduction entre océan et continent, qui était actif (tremblements de terre, tsunamis) mais caché sous la surface des fonds marins à la fin du Crétacé et au début du Tertiaire, et qui est aujourd'hui figé mais visible dans les parois des montagnes.

Pour finir, terminons par une observation et la question qu'elle nous pose : dans tout le massif de la Garde de Bordon (et partout ailleurs dans la nappe du Tsaté), les couches de calcschistes et les anciennes coulées basaltiques alternent, sont imbriquées les unes dans les autres, alors qu'à l'origine, les sédiments crétacés se sont déposés sur les laves en coussin. Comment expliquer ce mélange ?

C'est ici que les modèles actualistes de la géodynamique viennent nous éclairer (Stampfli & Marthaler, 1990). Ce mélange est dû au raclage du fond de l'océan pendant toute la durée de la subduction, comme on peut l'observer aujourd'hui en Indonésie ou au Japon : un prisme d'accrétion, sous forme de petites îles sédimentaires, se forme au large des grandes îles volcaniques. Dans ce modèle actualiste, la nappe du Tsaté se compare aux petites îles sédimentaires, comme Mentawaï, liées à la raclure océanique (prisme d'accrétion océanique, plaque inférieure) et la nappe de la Dent Blanche aux grandes îles comme Java et Sumatra (croûte continentale avec magmatisme et volcanisme, plaque supérieure).

Fig 4 : Le contact océan - continent au col de la Lé, vu en direction de l'ouest. A droite (nord) sont visibles les schistes lustrés sombres de la nappe du Tsaté, ancien prisme d'accrétion océanique. A gauche (sud) affleurent les gneiss clairs de la nappe de la Dent Blanche, l'ancienne marge active lors de la subduction de la Téthys à la fin du Crétacé. Le pendage général est vers le sud, celui du contact et des gneiss étant plus accentué que celui des schistes océaniques (discordance tectonique), Cliché : Michel Marthaler.

Conclusion

Les paysages des Alpes valaisannes n'ont pas qu'une valeur esthétique et touristique. Ils sont porteurs d'une géodynamique vivante racontée par trois longues histoires, celle des roches, celles des mouvements qui animent notre planète et celle de l'érosion et de ses dépôts. Précisons que dans un usage partiel du modèle didactique des trois histoires du paysage (se limitant à la première approche décrite en préambule), ces histoires semblent s'enchaîner les unes aux autres. Mais la nature est plus complexe, les trois histoires pouvant être simultanées, puisqu'en ce moment sur notre planète des roches se forment, d'autres se déforment, et d'autres se reforment aux dépens des plus anciennes. Ce dernier principe rappelle ce que des philosophes présocratiques avaient formulé il y a plus de deux millénaires et demi: au « Tout s'écoule » d'Héraclite, Anaxagore ajoutait : « Rien ne naît ni ne périt, mais des choses déjà existantes se combinent, puis se séparent de nouveau ».

Bibliographie

Argand E. (1909). L'exploration des Alpes pennines centrales. *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, 166, 217-276.

Fumeaux D., Reynard E. (2002). Les fluctuations récentes des glaciers du val de Zinal (Ayer, Valais) selon les sources historiques. *Bulletin de la Murithienne*, 120, 7-18.

Kramar N. (2003). Le cycle orogénique comme outil didactique. *Actes du colloque Quartz sur l'enseignement et la vulgarisation des Sciences de la Terre (Quartz)*, Nice.

Kramar N. (2005). Enjeux didactiques et épistémiques liés à l'utilisation d'un modèle historique en Sciences de la Terre. In Giordan A., Martinand J.-L., Raichvarg D. (eds). *XXVIIe Journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifique et industrielle*, Cachan, LIREST, CD-ROM, 5 p.

Lemoine M., de Granciansky P.-C., Tricart P. (2000). *De l'océan à la chaîne de montagne : tectonique des plaques dans les Alpes*. Paris, Gordon and Breach.

Marthaler M. (1981). Découvertes de foraminifères planctoniques dans les « Schistes lustrés » de la Pointe de Tourtemagne (Valais). *Bulletin de géologie (Lausanne)*, 254.

Marthaler M. (2001). *Le Cervin est-il africain? Une histoire géologique entre les Alpes et notre planète*. Le Mont-sur-Lausanne, Edition LEP.

Marthaler M., Stampfli G.M. (1989). Les Schistes lustrés à ophiolites de la nappe du Tsaté : un ancien prisme d'accrétion issu de la marge active apulienne ? *Bulletin suisse de minéralogie et de pétrographie*, 69, 211-216.

Sartori M., (1987). Structure de la zone du Combin entre les Diablons et Zermatt (Valais). *Eclogae Geologicae Helveticae*, 80, 789-814.

Stampfli G. M., Marthaler M. (1990). Divergent and convergent margin in the Western Alps. Confrontation to actualistic models. *Geodinamica Acta*, 3, 159-184.