

BILAN : HISTOIRE D'UNE CHAÎNE DE MONTAGNES : OROGENESE ET RECYCLAGE

I / CARACTERISTIQUES D'UNE CHAÎNE DE MONTAGNES

Dans les Alpes Franco-Italiennes affleurent des **ophiolites, témoins d'une ancienne lithosphère océanique** : certaines roches telles que les metabasaltes et métagabbros (à faciès schistes verts, bleus, puis éclogites) contiennent des témoins minéralogiques des conditions (P,θ) d'une subduction (métamorphisme HTBP) : ces roches ont été subduites puis ramenées (exhumées) en surface lors de la collision qui lui a succédé après le blocage de cette collision .

II / LES INDICES D'UN PASSE OCEANIQUE

L'existence de **blocs basculés** séparés par des **failles normales** rappelant les structures caractéristiques des marges passives, mises en place à l'ouverture océanique avec des séries de sédiments anté-syn-post rift qui les recouvrent, associés aux processus d'extension d'un paléo-océan, dont les déformés syn-rift en éventail permettant de dater ces événements tectoniques et les post-rift reposant en discordance (horizontalement) suggère un **passé océanique à la chaîne de montagnes**.

Des **fragments d'ophiolites**, ensemble successif de la surface vers la profondeur de basaltes en coussins (« pillow lavas »), gabbros divers, péridotites, coïncés, suturés au sein des écaïlles crustales, sont des **témoins traduisant la présence d'un paléo-océan aujourd'hui disparu**, parfois recouvertes par des roches sédimentaires à radiolaires par exemple, qui sont des indices d'un milieu marin particulier, profond. Les reconstitutions paléo-géographiques permettent de préciser les dimensions globales de ce domaine océanique et son évolution au cours du temps.

III / LES INDICES D'UNE SUBDUCTION

Les néomatériaux océaniques sortis du rift (basaltes, gabbros) en s'éloignant du rift finissent après augmentation de densité par incorporation d'une partie de l'asthénosphère et d'une contraction thermique par refroidissement par s'enfoncer dans l'asthénosphère et plongent sous une marge. Cette lithosphère océanique et des fragments de lithosphère continentale subissent alors des transformations métamorphiques liées à cet enfoncement. Ces roches témoins de la subduction anté-collision subissent des conditions (P,θ) croissantes (surtout P), ce qui transforme les roches dans les changements de faciès suivants : schistes verts => schistes bleus puis schistes bleus => éclogites : il s'agit d'un métamorphisme progressif HPBT. Bien visible dans les Alpes, il indique un enfoncement des lithosphères jusqu'à 100 km environ pour cette chaîne, avec un gradient Ouest/Est des conditions (P,θ) suggèrent le plan du panneau plongeant européen sous l'Afrique (Apulie). Dans les Alpes italiennes, des roches continentales portent des minéraux rarissimes (métagrès à coésite SiO₂ du massif de Dora Maira, forme d'UHP du quartz, et quelques diamants), indiquant aussi un enfoncement important de la lithosphère continentale.

IV/ LES INDICES D'UNE COLLISION, CAUSES DES CARACTERISTIQUES D'UNE CHAÎNE DE MONTAGNES

La **collision** est la **conséquence** d'une convergence de 2 marges continentales, initialement séparées par une lithosphère océanique : elle est à l'origine de l'orogénèse d'une chaîne de montagnes et certaines parties des marges conservent leur structure initiale malgré les **déformations** dues à cette collision (blocs basculés, lambeaux ophiolitiques). Vu les âges de certains massifs alpins, leur exhumation a été relativement rapide ces dernières dizaines de milliers d'années, à l'échelle des temps géologiques.

DES INDICES TECTONIQUES

À l'affleurement, dans une chaîne de montagnes, on observe dans un ordre croissant d'échelle du mètre au décakilomètre, les structures suivantes : plis (déformations plastiques), plis-failles (déformations plastiques/cassantes), failles inverses (déformations cassantes), chevauchements et nappes de charriage (chevauchements de grande ampleur avec plan de glissement et contacts anormaux « du vieux sur du jeune » avec parfois détachements de morceaux appelés klippen)

exemples alpins : Galibier, Chenaillet. Toutes traduisent des déformations lithosphériques, témoins d'un **raccourcissement horizontal** accompagnant un **épaississement vertical** crustal (empilement d'écaïlles de croûte et superposition de nappes pouvant aller jusqu'à entraîner un doublement de l'épaisseur crustale par rapport à la moyenne, donc bien supérieure à 50 km : cela constitue une racine crustale sous les reliefs) et la **création de reliefs positifs parfois importants**.

⇒ Ces déformations de terrain attestent de compressions créées lors de mouvements de convergence entre plaques continentales en collision.

DES INDICES PÉTRO / MINÉRALOGIQUES

TYPE DE ROCHE (PÉTROGRAPHIE)	ASPECT STRUCTURAL	MINÉRALOGIE	MÉTAMORPHISME SUBI	REMARQUE
GNEISS, ROCHE MÉTAMORPHIQUE	aspect lité : alternance de lits clairs et sombres (foliations, structure en feuillets)	lit clair : feldspaths + quartz lit foncé : mica noir : biotite	pas de modification de sa composition globale ni de fusion partielle	composition chimique du granite
MIGMATITE, ROCHE MÉTAMORPHIQUE	2 rubanements minimum : - partie claire, le mobilisé, partie ayant fondu - partie sombre, restée solide, la restite	quartz, micas, feldspaths	fusion partielle (anatexis crustale)	du grec « migma » (= mélange) : mélange gneiss + granite

⇒ **les résultats conjugués des études tectoniques et pétrologiques/minéralogiques permettent de reconstituer le scénario de l'histoire de la chaîne**

Les principaux marqueurs de la collision sont donc :

TYPES DE MARQUEUR	QUOI ?
MORPHOLOGIQUES	les reliefs positifs (sommets, points culminants, massif élevés)
STRUCTURAUX	racine crustale identifiable par les profils sismiques (jusqu'à > 50 km)
TECTONIQUES	plis, plis-failles, failles inverses, chevauchements et nappes de charriage
PÉTROLOGIQUES ET MINÉRALOGIQUES	granites, gneiss et migmatites

V/ LA DISPARITION DES RELIEFS, CONSÉQUENCE D'UNE COMPÉTITION SURRECTION / ÉROSION

Par ses actions mécaniques et chimiques, l'eau est l'agent principal de l'altération des roches, ainsi que de l'érosion, du transport et de la sédimentation. L'érosion commence dès le début de la formation des reliefs. Après une période durant laquelle il y a compétition équilibrée entre la surrection et l'érosion, l'érosion prend le dessus et conduit au rétablissement progressif de l'épaisseur moyenne de la croûte soit 30 km environ.

Un deuxième phénomène contribuerait à la disparition des reliefs : l'extension tardi-orogénique. La croûte océanique est constamment recyclée (née du manteau elle retourne au manteau) d'où son âge maximum de 200 Ma. La croûte continentale, née elle aussi du manteau, n'y retourne pas : elle subit au cours de la formation des chaînes de montagnes un recyclage interne par fusion partielle du gneiss et du granite et un recyclage externe par métamorphisme des roches sédimentaires conduisant également à la formation de gneiss et migmatites.

BILAN

La mise en place d'une chaîne de montagne (orogénèse) implique un soulèvement vertical du à l'affrontement compressif (contraintes horizontales) de blocs continentaux ayant incorporé des lambeaux de plancher océanique alors coincés et est liée à des phénomènes tectoniques, volcaniques et magmatiques. On trouve donc des indices pétrographiques de son histoire en son sein via des roches volcaniques, magmatiques et métamorphiques qui nous dévoilent, nous sussurent via le scénario de leur histoire celle de la chaîne à laquelle elles appartiennent.

L'histoire d'une chaîne est liée à celle de la frontière des plaques impliquées donc reconstituer son histoire revient à connaître celle des océans voisins parfois disparus dont les vestiges affleurant sont les ophiolites, ensemble sédiments, basaltes en coussins, gabbros divers et serpentinite (péridotite métamorphisée par le fluide eau). Zone de raccourcissement /épaississement lithosphérique sur quelques Ma due à une compression d'ensembles de densité proches, la chaîne génère des déformations qui suivant le matériau et sa rigidité/ductilité accomode les contraintes sous forme de failles s'il est plus rigide, plis/failles et plis s'il est plus ductile. La nature des déformations dépend sur le terrain de celle des matériaux, bien sûr, mais aussi du mouvement relatif des plaques en jeu, et de leur géométrie et orientation à leurs limites. Un coulisage dans le plan perpendiculaire à la compression génère par exemple de grands décrochements. Les témoins de compression se visualisent sur le terrain dans les paysages géologiques traversés à toutes les échelles, du minéral à la vue aérienne, essentiellement par des failles inverses, des chevauchements et nappes de charriage. Zone de sismicité et de réchauffement crustal en raison de frottements et de la désintégration d'éléments radioactifs (Th,K,Rb) très présents dans la croûte et concentrés dans sa racine crustale sous ses reliefs élevés, il s'y forme des granites, gneiss et migmatites constituant un socle cristallin. Les traces de marges passives (blocs basculés) indiquent un passé océanique extensif avec rifting, marges passives à sédiments anté/syn/post-rift (les syn-rifts datant l'événement tectonique), failles normales et paléo-océan dont les vestiges dans la chaîne sont les ophiolites. Cette accréation, en raison de la rotondité terrestre a conduit à une subduction à l'origine de 2 grands types de chaînes selon la nature de la plaque chevauchante : arc insulaire sous une plaque océanique, chaîne linéaire de bordure sous une plaque continentale. Lorsqu'elle a cessé, une convergence continent-continent a débuté (subduction continentale en fait) à l'origine du 3^e type de chaîne, la chaîne de collision : lorsque du matériel lithosphérique continental plonge sous une plaque chevauchante, sa faible densité et son volume bloquent la subduction, le prisme tectonique d'accréation inclut des lambeau du socle : on l'appelle prisme orogénique. De l'empilement d'écailles crustales naît la chaîne.

L'architecture actuelle (contemporaine) à l'instant t où nous parlons est une phase transitoire de l'histoire d'une chaîne. Du complexe océanique Téthys à la collision post-subduction entre les 2 domaines continentaux Afrique et Eurasie, âges obtenus souvent par radiochronologie de granites, fossiles sédimentaires, principe de superposition des couches (études de stratigraphie), sédiments syn-rift pour les épisodes tectoniques (failles normales) de la phase initiale d'extension (étape 1), métamorphisme divers HPBT pour la subduction (étape 2) et radiochronologie des socles cristallins gneissiques et granitiques liés à la subduction/collision (étapes 2 et 3), les Alpes par exemple se sont formés en 245 Ma jusqu'à aujourd'hui et son évolution se poursuit. Les reliefs subissent érosion, réajustement isostatique et étalement gravitaire.

MODÈLE D'ÉVOLUTION D'UNE CHAÎNE

Le mouvement de convergence lithosphérique des plaques engendre des forces compressives horizontales (forces FL aux limites de plaques) qui créent un relief positif élevé et une racine crustale. Les forces verticales auxquelles sont également soumises les roches de l'érogène (forces de volume Fv) sont liées aux poids des reliefs et à la poussée d'Archimède s'exerçant sur la racine .

L'intensité des forces de volume Fv augmente avec l'épaisseur crustale et l'amoindrissent en conséquence.

L'évolution de la chaîne de montagne est fonction du rapport des intensités (norme mathématique) des vecteurs forces Fv / FL.

⇒ l'histoire d'une chaîne implique donc des paléo-marges passives, une subduction océanique puis continentale qui se stoppe rapidement et enfin un épisode de collision continental avec fragments coincés d'un paléo-océan minimum.

[HTTP://SLIDEPLAYER.FR/SLIDE/1144294/](http://slideplayer.fr/slide/1144294/)

[HTTP://BLOG.CRDP-VERSAILLES.FR/BLOGSCIENCESVERO/PUBLIC/HISTOIRE_ALPES.WMV](http://blog.crdp-versailles.fr/blogsciencesvero/public/histoire_alpes.wmv)

[HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=NS0iJOXS3C4](https://www.youtube.com/watch?v=NS0iJOXS3C4)

[HTTP://SLIDEPLAYER.FR/SLIDE/1293284/](http://slideplayer.fr/slide/1293284/) : DEVENIR DES ROCHES OCÉANIQUES EN SUBDUCTION

[HTTP://WWW.CLG-ARC.AC-AIX-MARSEILLE.FR/SPIP/IMG/SWF/COLLISION.SWF](http://www.clg-arc.ac-aix-marseille.fr/spip/img/swf/collision.swf) : DES ALPES EN SUBDUCTION À LA COLLISION

[HTTP://ISTEP.DGS.JUSSIEU.FR/ALPES/](http://istep.dgs.jussieu.fr/alpes/)

[HTTP://ISTEP.DGS.JUSSIEU.FR/ALPES/THEMA_ZON_MTM.HTML](http://istep.dgs.jussieu.fr/alpes/thema_zon_mtm.html)

[HTTP://WWW.AC-NICE.FR/SVT/CONFERENCES/DOCS/ALPESJML/ALPES.DIA.1_10.PDF](http://www.ac-nice.fr/svt/conferences/docs/alpesjml/alpes.dia.1_10.pdf)