

Chapitre 2

DYNAMIQUE LITHOSPHÉRIQUE DE CONVERGENCE : LES COLLISIONS

DÉFINITION : PHÉNOMÈNE GÉODYNAMIQUE DE CONVERGENCE OÙ 2 PANS DE LITHOSPHÈRES CONTINENTALES SE RENCONTRENT (DENSITÉ MOYENNE IDENTIQUE DE 2,7)

La chaîne de l'Himalaya est la plus haute et la plus large chaîne de montagne du monde. Elle résulte d'un mécanisme de convergence de 2 plaques lithosphériques : la plaque indienne et la plaque asiatique séparées par l'océan Téthys. De cette convergence de plaques, il y a 100 Ma, une collision s'est effectuée entre le sous-continent indien et le continent asiatique ce qui a donné naissance à l'Himalaya. Les Alpes se sont formées de la même manière suite au rapprochement de 2 plaques lithosphériques. Cela débuta il y a environ 60 Ma. La collision entre l'Italie et la France fit disparaître l'océan Alpin donnant naissance à la chaîne de montagne la plus récente d'Europe.

1 / LES MARQUEURS TECTONIQUES PROFONDS

rappel : les plaques lithosphériques, mobiles les unes par rapport aux autres, reposent en équilibre sur l'asthénosphère, moins rigide, déformable (ductile). La limite lithosphère-asthénosphère correspond à l'isotherme 1300°C.

Les études gravimétriques montrent l'existence d'anomalies : dans les régions montagneuses, la pesanteur mesurée est souvent inférieure à la pesanteur théorique attendue (plus importante vue l'excès de masse dû au relief). Tout se passe comme si l'excès de masse représentée par la montagne était compensé en profondeur par un déficit de masse. En l'occurrence, on observe en profondeur sous la chaîne de montagne, un déficit de matière mantellique de densité élevée (3.3) remplacée par de la matière crustale de densité plus faible (2.8) : c'est une racine crustale.

En effet, l'étude de la profondeur du Moho sous les chaînes de montagnes, montre la présence d'une masse de croûte continentale qui s'enfonce de manière plus ou moins symétrique sous les hauts reliefs : on parle de racine crustale (racine faite de croûte). Sous les Alpes, le Moho atteint par endroit la profondeur de 58 km et 70 km sous l'Himalaya.

Le principe de l'isostasie nous permet de définir une formule permettant de calculer la profondeur de la racine crustale (Er) si on connaît l'altitude h de cette même chaîne : $Er = 5.6h$.

On appelle isostasie cet état d'équilibre réalisé à une certaine profondeur de la Terre, dite profondeur de compensation. Au-dessus de cette profondeur dite de compensation, la colonne de roches lithosphériques a partout la même masse. À ce niveau, la lithosphère est dite en équilibre isostatique (du grec isos, égal, et stasis, arrêt). La surface de compensation a une réalité mathématique, elle ne correspond pas à une discontinuité physique

On fait l'hypothèse que la masse de chaque bloc au-dessus d'une même profondeur est identique.

$$\text{Donc : } E_c \times M_{vc} + E_m \times M_{vm} = h \times M_{vc} + E_c \times M_{vc} + E_r \times M_{vc}$$

On a sur le schéma $E_r = E_m$

$$\text{D'où } E_c \times M_{vc} + E_r \times M_{vm} = h \times M_{vc} + E_c \times M_{vc} + E_r \times M_{vc}$$

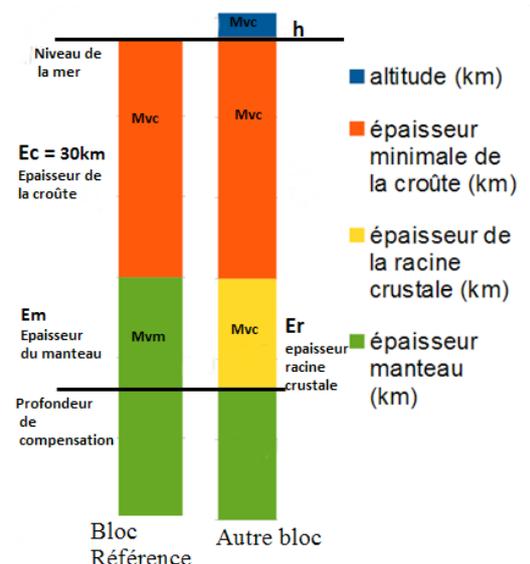
$$\text{D'où } 2.8 \times 30 + 3.3 E_r = 2.8(h + 30 + E_r)$$

$$81 + 3.3 E_r = 2.8h + 81 + 2.8 E_r$$

$$2.8h = E_r(3.3 - 2.8)$$

$$E_r = 2.8h / 0.5$$

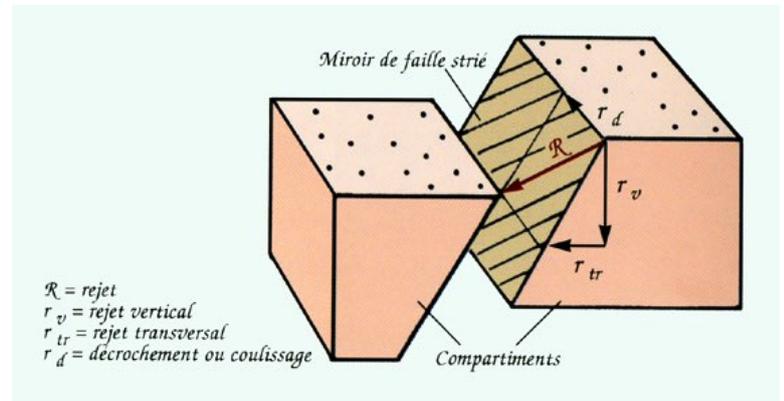
$$E_r = 5.6h$$



II / LES MARQUEURS TECTONIQUES DE SURFACE

La présence des hauts reliefs et de la racine crustale sont le résultat de la collision de deux masses de matières qui se déplaçaient horizontalement. Il en a résulté une accumulation verticale de matière (ou épaissement) consécutive à un raccourcissement et un empilement des masses.

On trouve ainsi des indices tectoniques qui le montrent :



A/ LES FAILLES INVERSES

Une faille est une structure tectonique consistant en un plan ou une zone de rupture le long duquel deux blocs rocheux se déplacent l'un par rapport à l'autre. Ce plan divise un volume rocheux en deux compartiments qui ont glissé l'un par rapport à l'autre dans un contexte de déformation fragile. Ce déplacement est dû aux forces exercées par les contraintes tectoniques résultant de la tectonique des plaques ou par la force gravitaire (instabilité gravitaire).

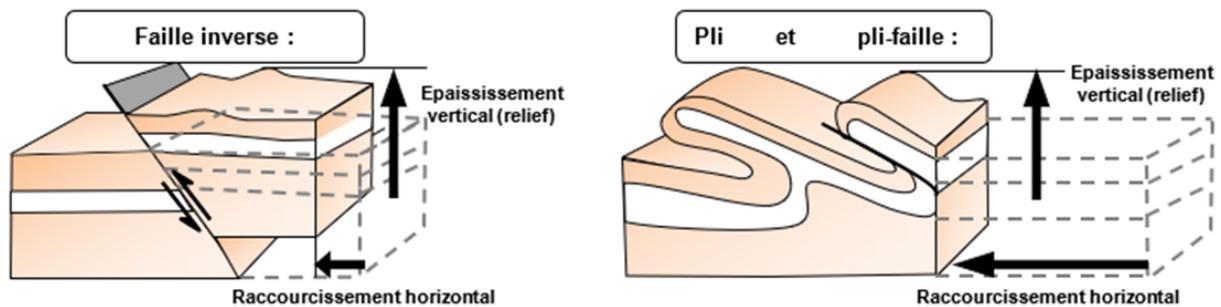
Les failles existent depuis l'échelle microscopique (millimétrique) jusqu'à celle des plaques tectoniques (plusieurs centaines de kilomètres). Les grandes failles se trouvent aux limites de plaques et aussi au sein des zones déformées intraplaques.

Il existe toute un vocabulaire autour de la faille :

Compartiments : blocs rocheux séparés par une faille, l'un est « soulevé », l'autre « affaissé »
Plan de faille : surface de glissement, verticale ou oblique, située entre les deux compartiments, ayant subi par frottement un polissage mécanique ou affectée de stries, de rayures, de cannelures orientées dans le sens du déplacement.
Miroir de faille : partie visible en surface du plan de faille
Rejet de faille : ampleur du déplacement relatif d'un compartiment par rapport à l'autre le long du plan de faille
Regard : côté vers lequel est orienté le miroir de la faille

Une faille résulte d'une déformation cassante des strates qui se met en place lors de phénomènes de compression ou de distension. En système compressif, les failles sont inverses : le compartiment au-dessus de la faille, le "toit" monte par rapport à l'autre. En cas de distension, les failles sont normales : le compartiment au-dessus de la faille, le "toit" descend par rapport au compartiment situé en dessous de la faille, le "mur". Dans une chaîne de montagne, les failles s'observent principalement en surface où la roche est froide et cassante. Plus en profondeur, où la roche est plus ductile car plus chaude, on observera des déformations ductiles : des plis

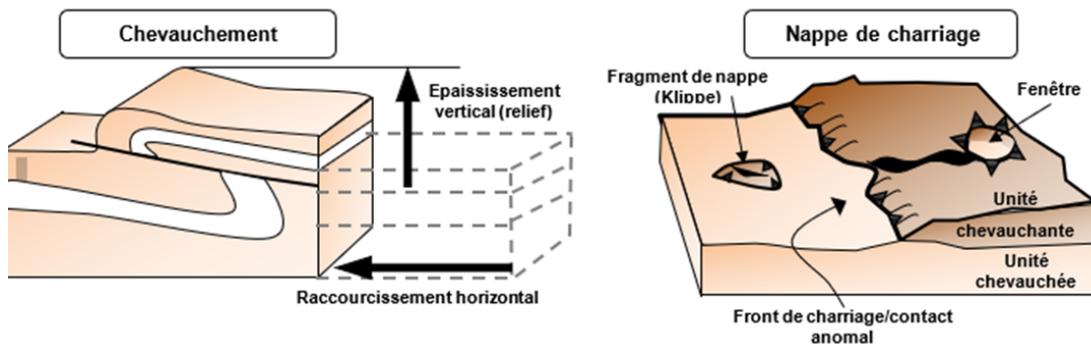
B/ LES PLIS



On appelle pli, une structure courbe due à une déformation ductile des couches sédimentaires (sans les casser) en régime compressif.

Les plis peuvent être droits ou couchés. On peut rencontrer des formes intermédiaires selon le niveau de compression : plus la compression sera forte plus l'axe du pli sera incliné. On parlera dans l'ordre de plis droits (axe du plan à 90° par rapport à l'horizontale), déjetés (plan fortement incliné par rapport à l'horizontale : 80°), déversés (plan légèrement incliné par rapport à

C/ LES CHEVAUCHEMENTS ET LES NAPPE DE CHARRIAGE



Un chevauchement est un mouvement tectonique conduisant un ensemble de terrains à en recouvrir un autre par le biais d'un contact anormal de type faille inverse, généralement de faible inclinaison et nommé surface de chevauchement. Ce mouvement horizontal entraîne la superposition de roches qui n'étaient pas positionnées ainsi à l'origine entraînant des contacts anormaux. Les chevauchements correspondent à des unités tectoniques de dimensions modestes et de portée limitée, quelques kilomètres au plus, appartenant, le plus souvent, au même bassin sédimentaire. Un chevauchement d'amplitude pluri-kilométrique (dizaines de kilomètres, voir centaine) est appelé un charriage.

On dit que l'unité supérieure est charriée ou, encore, allochtone : c'est la nappe de charriage. L'unité inférieure est considérée comme autochtone, c'est-à-dire comme n'ayant pas bougé.

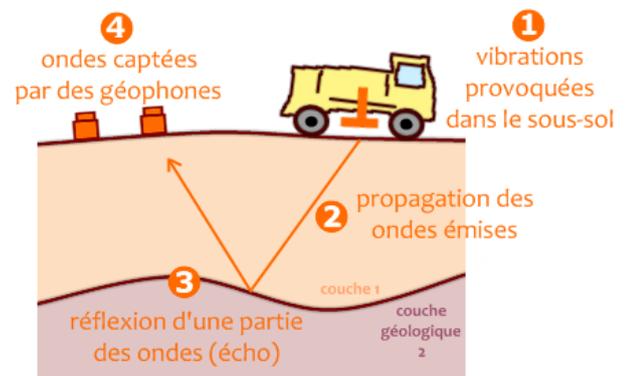
Dans le cas d'un système compressif long, on peut aboutir à un empilement d'écaillés charriées. Ce phénomène contribue fortement à l'épaississement vertical des chaînes de montagne.

Écaillés charriées : Ces écaillés sont observables au sein des chaînes de montagne grâce à la sismique réflexion.

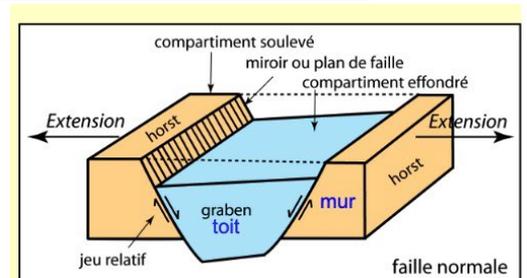


BO

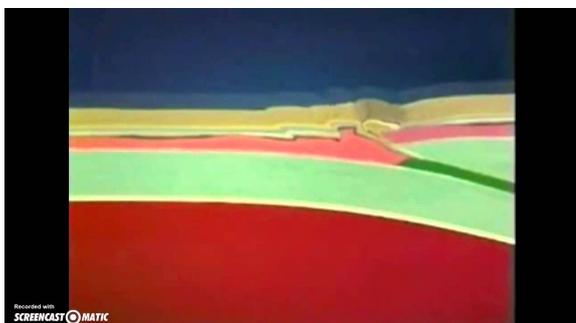
[HTTPS://SCOLAWEBTV.CRDP-VERSAILLES.FR/?ID=23849](https://scolawebtv.crdp-versailles.fr/?ID=23849)

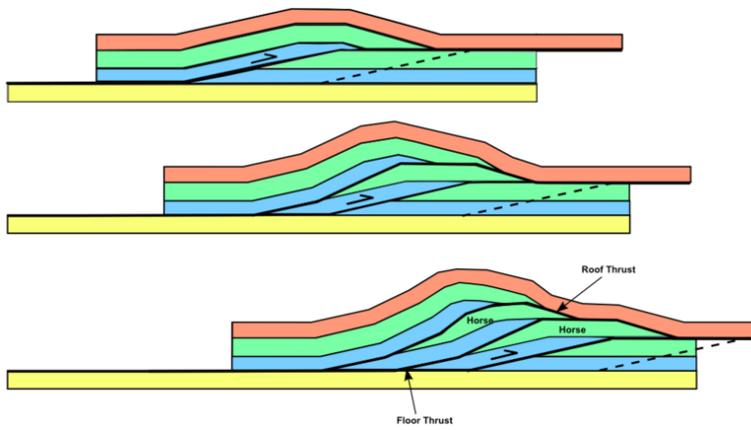


<https://prepaangers.weebly.com/alpes.html>



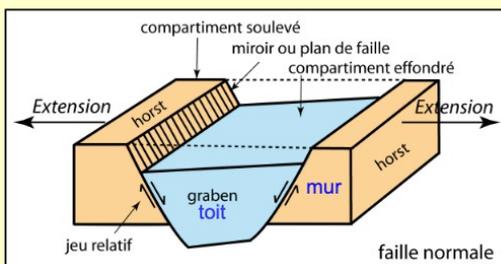
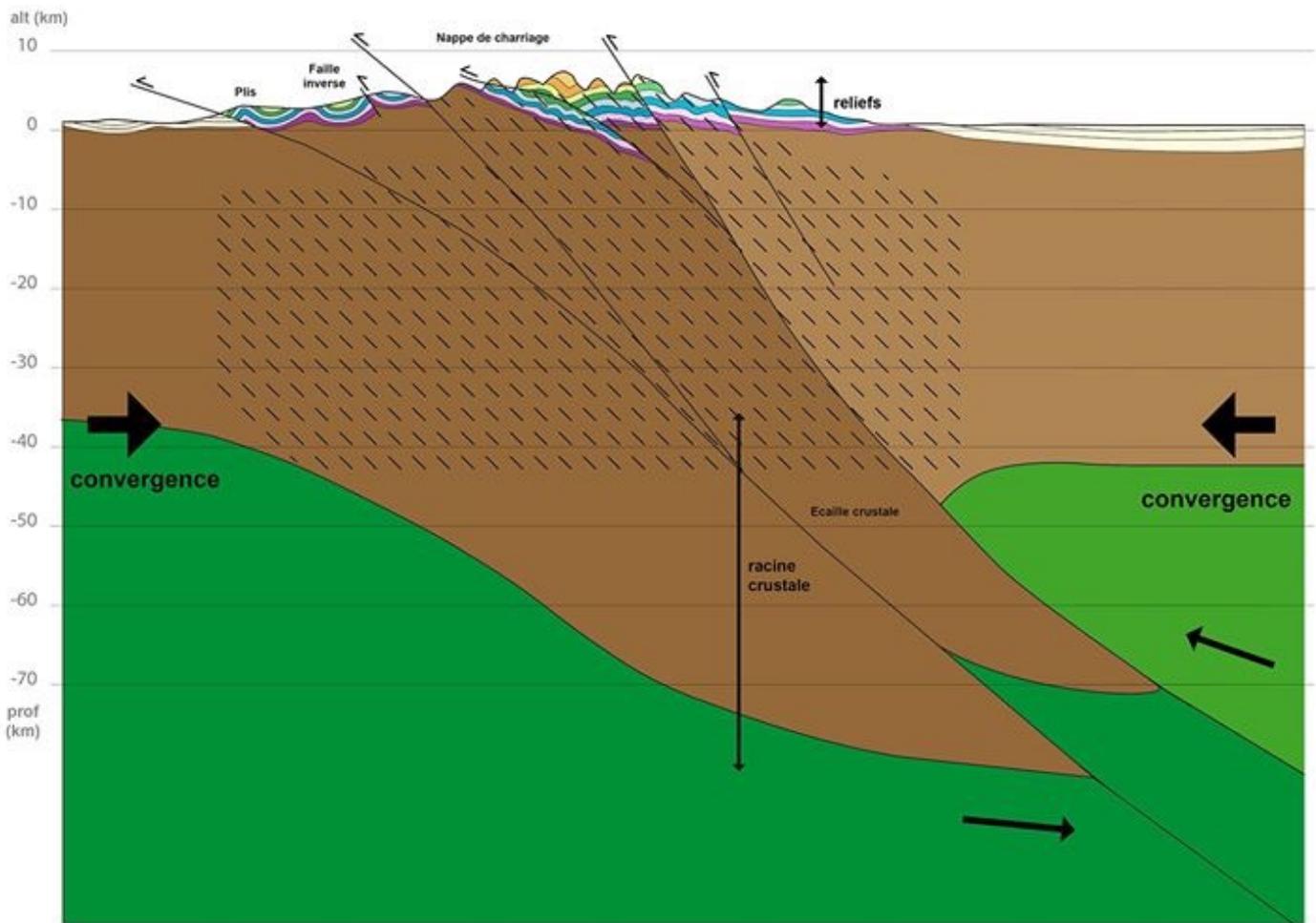
Failles dites conjuguées (même orientation mais pendage opposé)





[HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=QCFP88S8V4A](https://www.youtube.com/watch?v=QCFP88S8V4A)
[HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=ZREMPDPX_TY](https://www.youtube.com/watch?v=ZREMPDPX_TY)

LES DÉFORMATIONS



Failles dites conjuguées (même orientation mais pendage opposé)

Roches sédimentaires
 Croûte continentale
 Manteau lithosphérique
 schistosité

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

FAILLE INVERSE ET NORMALE : [HTTP://GEOLOGIE.DISCIP.AC-CAEN.FR/THEMES/FAILLE/FAILLES/FAIL.HTML](http://geologie.discip.ac-caen.fr/themes/faille/failles/fail.html)

Dans les reliefs des chaînes de montagnes, on observe des déformations bien visibles dans les roches sédimentaires (issues de la consolidation de sédiments issus de l'érosion)

Comme le montre une modélisation (montage remplaçant le réel peu accessible, à critiquer) café en poudre / farine en strates avec un dispositif de compression pour simuler des contraintes tectoniques de convergence pour

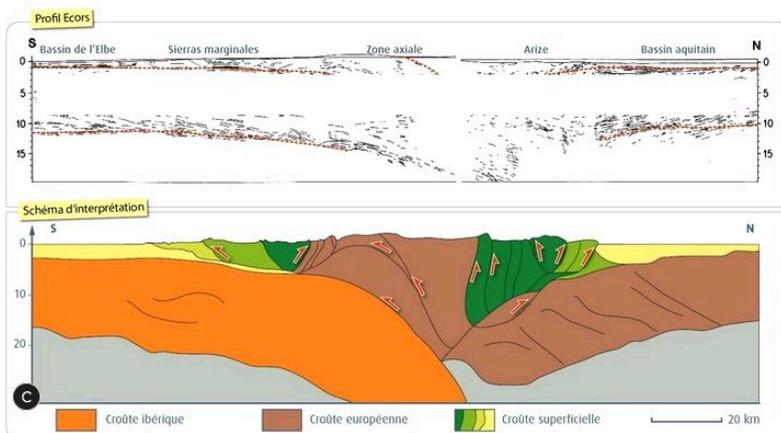
2 blocs de lithosphère de densité très proches, on observe :

des déformations tantôt plastiques tantôt cassantes :

- des failles (cassantes) : les failles inverses deviennent des chevauchements puis nappes de charriage avec parfois klippes à des échelles spatiales supérieures (des m aux dizaines de km sur le terrain)
- des plis (plastiques)
- un épaissement/raccourcissement crustal permettent d'absorber la convergence :
- un raccourcissement/épaississement de la croûte avec des empilements d'écaillés => l'épaississement est la racine crustale : le « MOHO », discontinuité croûte / manteau, peut se situer jusqu'à -70 km, ce qui témoigne d'une anomalie, la moyenne étant 35 km d'épaisseur de croûte continentale, avec par isostasie une racine donc un déficit de masse en profondeur compensant l'excès de masse en surface (Moho plus bas donc croûte de densité plus basse que prévu à une profondeur de manteau plus dense)
- avec parfois des horsts et failles normales au relâchement de la convergence (extension/divergence) :

3 Profil Ecors sous les Pyrénées et schéma interprétatif.

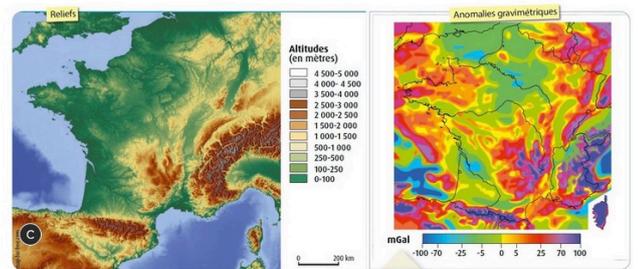
Un profil Ecors est une image de la structure profonde de la croûte obtenue par des méthodes sismiques (voir chapitre 7). Les ondes sismiques émises depuis la surface sont réfractées ou réfléchies de manière plus ou moins intense au niveau des interfaces entre des roches de propriétés différentes. Enregistrées et analysées en surface, elles permettent de comprendre l'organisation des roches dans la lithosphère. Le profil permet d'observer la superposition de deux plaques continentales : la plaque ibérique au sud et la plaque européenne au nord.



© Belin Education/Humensis, 2019 SVT 1re enseignement de spécialité © Amélie Veaux

1 Carte des reliefs et carte gravimétrique de la France.

La France présente des reliefs élevés notamment dans sa moitié sud et sud-est. La mesure de la gravimétrie montre de fortes anomalies positives dans les mêmes zones : le champ gravitationnel (vecteur g) y est plus élevé que la moyenne. Cela indique un excès de masse, c'est-à-dire une accumulation importante de roches superposées sous les régions montagneuses (en profondeur).



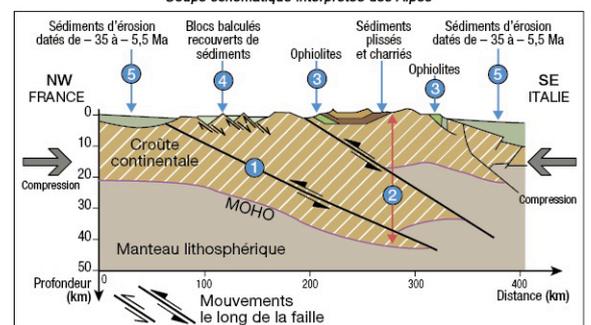
© Belin Education/Humensis, 2019 SVT 1re enseignement de spécialité © Marie-Sophie Puffin

Je manipule

J'utilise Gravity Database.

1. Ouvrez le logiciel
2. Choisissez « Gravimétrie terrestre ».
3. Cliquez sur « Europe » puis « France ».
4. Sous la carte choisissez « Voir carte EGM08 », puis « Air libre ».

Coupe schématique interprétée des Alpes



D'après profil ECORS