

ENS Lyon 2011, second concours : corrigé de géosciences

Proposition de corrigé - non officielle. ENS Lyon, second concours, session 2011, géosciences, durée 3 heures.

[Sujet officiel](#) · [Annales de ce concours ou examen](#)

A. Les grands reliefs et l'isostasie

Lire la courbe hypsométrique

Le document 1 distingue deux grands ensembles : les continents, dont l'altitude moyenne est proche de 0,8 km, et les fonds océaniques, dont la profondeur moyenne est proche de 3,7 km. Les montagnes et les fosses océaniques constituent des extrêmes moins étendus. La différence moyenne continent-océan vaut donc $0,8 - (-3,7) = 4,5 \text{ km}$, et celle entre continent moyen et sommet maximal $8,85 - 0,8 = 8,05 \text{ km}$.

La croûte continentale est moins dense et généralement plus épaisse que la croûte océanique. L'équilibre isostatique permet de comprendre pourquoi elle se tient plus haut. L'épaississement lié à une collision contribue aux chaînes de montagnes ; une fosse de subduction correspond à un mécanisme tectonique différent. Le refroidissement et la densification de la lithosphère océanique contribuent également à sa profondeur : l'isostasie de la seule croûte est une première approximation, pas une explication exhaustive.

Calculer un ordre de grandeur continent-océan

Les densités seules ne déterminent pas des hauteurs uniques : il faut aussi poser des épaisseurs et un modèle de compensation. On peut comparer deux colonnes ayant la même masse au-dessus d'une profondeur commune D, en assimilant les densités à 2,7, 3 et 3,3 et en prenant celle de l'eau égale à 1.

Notons h l'altitude du continent, d la profondeur de l'océan, Hc et Ho les épaisseurs des deux croûtes. L'égalité des masses par unité de surface est :

$$2,7 Hc + 3,3(D + h - Hc) = d + 3 Ho + 3,3(D - d - Ho).$$

Après simplification : $3,3h + 2,3d = 0,6Hc - 0,3Ho$.

Avec une colonne continentale illustrative de 25 km de croûte, une croûte océanique de 7 km et h = 0,8 km, on obtient $d = (15 - 2,1 - 2,64)/2,3 \approx 4,46 \text{ km}$, soit une différence de niveau d'environ **5,3 km**. Ce calcul retrouve l'ordre de grandeur de quelques kilomètres, proche des 4,5 km lus sur le graphique. Ces épaisseurs sont des hypothèses de calcul, non des données fournies par le sujet ni une moyenne mondiale reconstituée. Le modèle ne décrit pas les variations thermiques du manteau lithosphérique.

Montagnes et racine crustale

Dans un modèle d'Airy, une élévation supplémentaire Δh est compensée par une racine supplémentaire r . L'excès de masse de croûte au-dessus du niveau initial, $2,7\Delta h$, est compensé par le remplacement du manteau par une croûte moins dense : $(3,3 - 2,7)r$. Donc **$r = 4,5\Delta h$** et l'épaississement total de croûte est $\Delta H_c = r + \Delta h = \mathbf{5,5\Delta h}$.

Pour $\Delta h = 8,05$ km, on obtient $r \approx \mathbf{36,2}$ km et $\Delta H_c \approx \mathbf{44,3}$ km. Une croûte initiale de 30 km deviendrait ainsi épaisse d'environ 74 km. Réciproquement, un épaississement de 40 km donnerait une élévation d'environ $40/5,5 = \mathbf{7,3}$ km : on retrouve l'ordre de grandeur des plus hautes montagnes. L'équilibre réel d'un sommet isolé n'est pas celui d'une colonne indépendante ; ce calcul décrit un modèle de chaîne épaissie.

B. L'origine des reliefs locaux

Document 2 : un même substratum, deux modelés

En Tunisie, la photographie montre un relief sableux modelé par le vent, bien que le substratum soit granitique. L'altération et la désagrégation fournissent des matériaux qui peuvent être transportés et accumulés en dunes : le relief visible ne correspond pas directement à la surface du granite massif.

À Perros-Guirec, le relief de blocs correspond à un chaos granitique. L'eau pénètre les diaclases ; l'altération des feldspaths et des micas produit une arène contenant notamment des grains de quartz et des argiles. L'altération progresse davantage aux angles et arêtes, ce qui arrondit les blocs. L'évacuation des matériaux meubles dégage les parties restées plus résistantes. Altération, érosion et transport expliquent donc deux paysages différents sur une même famille de roches.

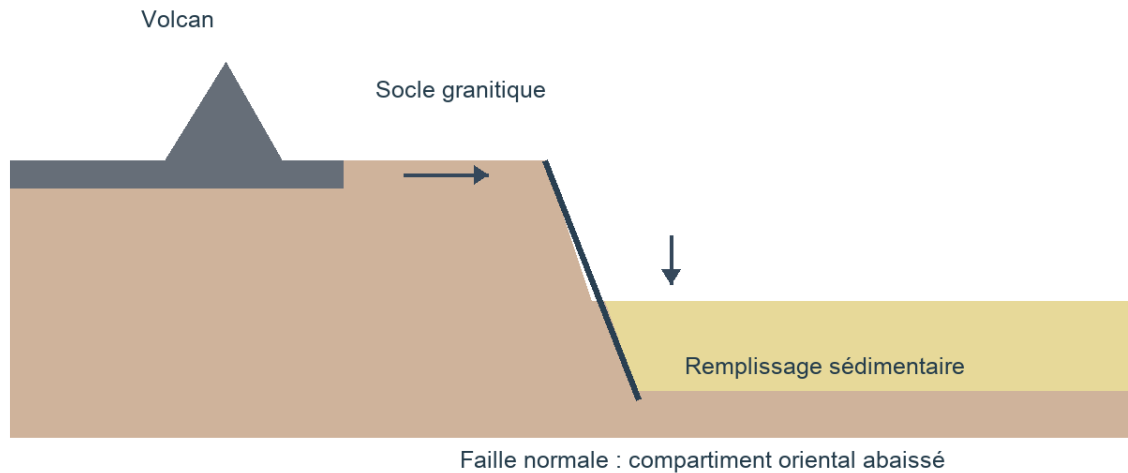
Document 3 : volcanisme et escarpement de Limagne

Les courbes fermées et les formes arrondies de la chaîne des Puys correspondent à des édifices volcaniques, dont le Puy de Dôme, un dôme, et des cônes portant parfois un cratère. Ils se superposent au plateau. Vers Clermont-Ferrand, le contraste entre plateau occidental et plaine orientale évoque la bordure du fossé de Limagne, liée à l'extension et aux failles normales. Une carte topographique montre les formes ; leur nature géologique et l'histoire du fossé mobilisent aussi les connaissances régionales.

Limagne : coupe ouest-est schématique, sans échelle

Ouest : plateau

Est : bassin



Coupe ouest-est schématique : édifice volcanique sur le plateau, faille normale et bassin abaissé de Limagne.

La coupe représente les relations entre plateau, volcan et bassin ; elle n'attribue pas une profondeur de faille ou une épaisseur de sédiments mesurée à la carte.

Documents 4 et 5 : érosion, transport et accumulation

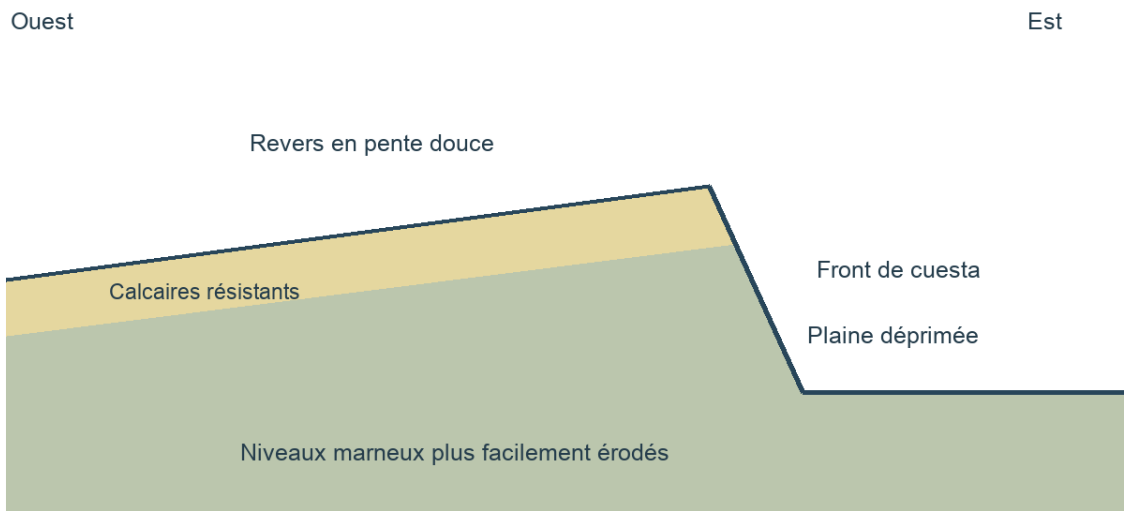
L'image canadienne montre des glaciers dans des vallées de montagne. La glace érode le substratum par abrasion et arrachement, élargit les vallées et transporte des débris. Le relief combine donc une construction tectonique antérieure et un modelé glaciaire. Le document ne permet pas de dater précisément les différentes phases.

Autour de l'Inde, les sédiments terrigènes présentent de très fortes épaisseurs au débouché des grands systèmes fluviaux, notamment dans le golfe du Bengale. L'érosion de la chaîne himalayenne alimente les fleuves puis les accumulations sous-marines. Les valeurs les plus élevées dépassent 10 km sur le document. Le relief d'une chaîne et celui d'un bassin sédimentaire sont ainsi reliés par des transferts de matière ; l'épaisseur accumulée n'est pas identique à la profondeur actuelle de la mer.

Document 6 : la cuesta des Côtes de Meuse

Le plateau occidental et les hauts de Buxerulles atteignent environ 380-400 m, tandis que la plaine orientale se situe vers 230-250 m. Les calcaires résistants affleurent dans les parties hautes ; les alternances marno-calcaires et les argiles-marnes apparaissent vers les pentes et la plaine. Cette association soutient une érosion différentielle d'une série faiblement inclinée : un revers plus doux à l'ouest et un front de cuesta tourné vers l'est.

Cuesta : coupe ouest-est schématique, sans échelle



Les couches plongent vers l'ouest ; le front regarde vers l'est.

Coupe ouest-est schématique d'une cuesta : calcaires résistants au-dessus de niveaux marneux, revers occidental et front oriental.

La résistance relative et la disposition des couches expliquent le relief. La pente du front ne doit pas être confondue avec le pendage, beaucoup plus faible, des couches.

Document 7 : le flanc conservé du synclinal du Granier

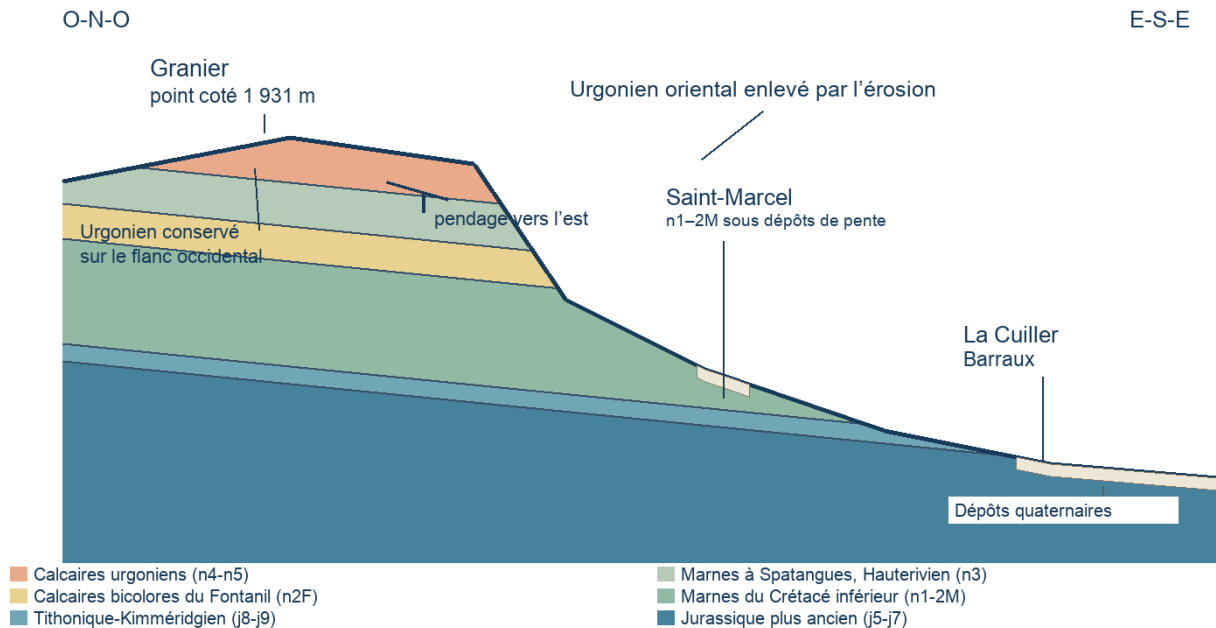
On choisit une traversée **ouest-nord-ouest - est-sud-est**, au nord du col de l'Alpette, passant par le point coté **1 931 m du Granier**, puis par les affleurements de **Saint-Marcel** et le secteur de **La Cuiller, à Barraux**. Ces repères permettent de situer la coupe dans l'extrait de Montmélian.

Sur le plateau, l'Urgonien résistant forme le haut relief. Ses couches plongent vers l'est : le Granier appartient au **flanc occidental du synclinal oriental de Chartreuse**. Sur le versant du Grésivaudan, l'érosion a enlevé l'Urgonien du flanc oriental. La carte laisse alors apparaître les terrains plus anciens du Crétacé inférieur et du Jurassique, en partie masqués par les éboulis et formations superficielles. Sous les calcaires urgoniens, il faut distinguer **les marnes à Spatangues de l'Hauterivien (n3)**, puis **les calcaires bicolores du Fontanil (n2F)** et les marnes n1-2M. Cette alternance de roches ne doit pas être réduite à un ensemble entièrement calcaire. **Saint-Marcel se situe dans le secteur des marnes du Crétacé inférieur n1-2M**, localement recouvert de dépôts de pente ; il ne faut pas placer ce repère sur les terrains jurassiques. Vers La Cuiller, les formations quaternaires du versant et de la vallée recouvrent le substratum. L'Urgonien est orange dans la légende, les niveaux plus anciens du Crétacé passent aux jaunes et verts, puis les affleurements jurassiques aux bleus.

Granier — Saint-Marcel — La Cuiller (Barraux)

Coupe interprétative O-N-O → E-S-E, au nord du col de l'Alpette

Schéma sans échelle : contacts profonds simplifiés ; relief et pendages non à l'échelle



Coupe ouest-nord-ouest - est-sud-est du Granier vers Saint-Marcel et La Cuiller : flanc urgonien occidental conservé, Urganien oriental érodé et affleurements plus anciens sur le versant.

La coupe simplifie les contacts profonds et regroupe les niveaux proches de la légende. Elle représente une disposition relative, sans prétendre mesurer leurs épaisseurs ni le pendage par son dessin. Le signe de pendage vers l'est et les repères de surface sont à distinguer de la pente du versant. Les accidents et les dépôts de pente rendent une restitution détaillée plus complexe.

Il ne faut pas dessiner ici un val urgonien complet conservé entre deux rebords. Cette forme existe plus au sud dans les Hauts de Chartreuse, mais au Granier le rebord oriental urgonien a disparu. Le relief élevé tient à la conservation d'un flanc calcaire résistant au-dessus des terrains davantage déblayés : forme topographique et forme du pli ne se confondent pas.

Bilan

Les reliefs régionaux résultent notamment des différences de densité et d'épaisseur de la lithosphère et de la tectonique. À l'échelle locale, volcanisme, nature et disposition des roches, altération, érosion glaciaire ou éolienne et sédimentation se combinent. Un même type de roche peut porter des formes différentes ; un relief élevé peut correspondre à une structure initialement synclinale. Les cartes et les photographies doivent donc être croisées avec les mécanismes, plutôt que lues comme une relation automatique entre altitude et nature du sous-sol.

Références sur les reliefs et l'isostasie

[MIT : modèles d'isostasie, cours de 2008](#) · [ENS de Lyon : excursion en Limagne](#) · [Geol-Alp : structure du Granier](#) · [ENS de Lyon : formation des chaos granitiques](#) · [Geol-Alp : glossaire géomorphologique](#).