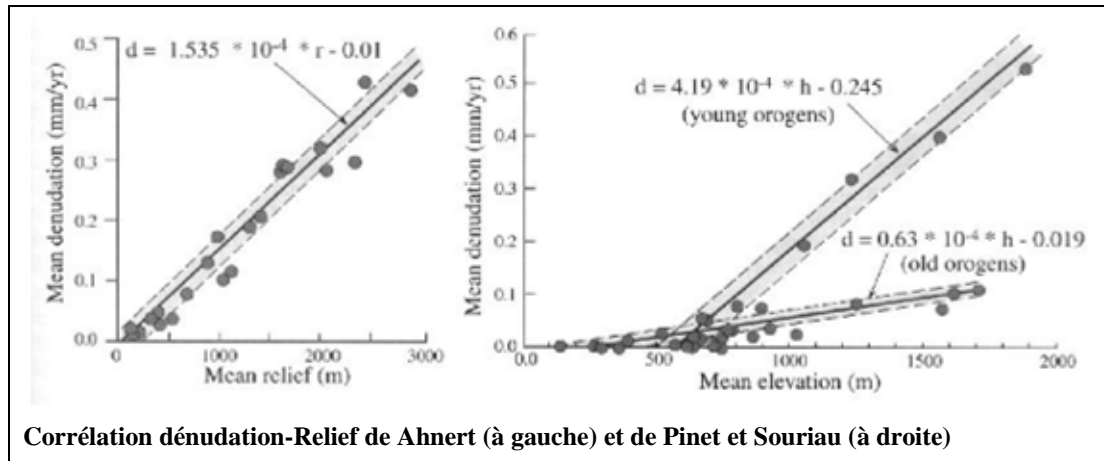


Equilibre dynamique et Isostasie

1. Altitude moyenne

La figure suivante montre les différentes relations établies montrant le lien entre dénudation et altitude moyenne d'un relief.



Corrélation dénudation-Relief de Ahnert (à gauche) et de Pinet et Souriau (à droite)

1. Quelle relation différentielle exprimant l'évolution de l'altitude moyenne d'un relief peut-on déduire de la courbe de la partie gauche de la figure ?
2. Quelle en est la solution ? Quels en sont le ou les paramètres importants ?
3. Si maintenant on suppose qu'un relief initialement au niveau de la mer est soumis à une surrection tectonique de vitesse verticale U constante, que devient l'équation d'évolution du relief ?
4. Que nous apporte-t-elle comme information sur les interactions tectonique-érosion et sur l'évolution de l'altitude dans une chaîne en surrection ?
5. Les mesures effectuées par Pinet et Souriau (cote droite de la figure) semble indiquer que l'on peut classer les reliefs selon deux droites de pentes très différentes. Un relief initialement au niveau de la mer est soumis à un soulèvement de 0.2 mm/a durant 10 millions d'années. Tracez l'évolution de ce relief sur 20 millions d'années pour chacun des deux cas de figure envisagés par ces auteurs. Commentaires ?
6. Si on suppose que le versant de la Urumqi He est à l'équilibre dynamique et que le temps caractéristique de l'érosion est, dans le cas du Tien Shan, de 10 millions d'années, quelle est la vitesse de soulèvement de la chaîne de montagne ?

2. Profil en long d'une rivière

Afin de modéliser l'évolution des reliefs on suppose fréquemment que le transport de sédiment Q_s en tout point d'une rivière suit une loi dite de puissance de transport:

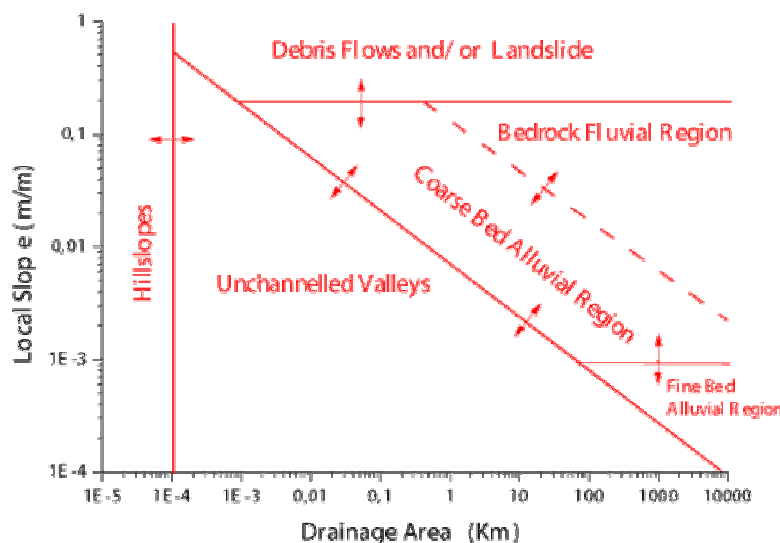
$$Q_s = k_c A^n S^m \quad (1)$$

où Q_s est le flux de sédiments, A la surface du bassin versant, S la pente locale de la rivière et k_c , n et m des coefficients déterminés de façon empirique. Le bassin versant de la rivière considérée est soumis à un soulèvement uniforme U et supposé à l'équilibre dynamique.

1. Quelle contrainte impose l'existence d'un équilibre dynamique ?
2. Si maintenant on suppose que la rivière n'est jamais surchargée en sédiment que deviennent les matériaux érodés ?
3. Quelle autre expression du flux Q_s peut on alors écrire ?
4. En déduire l'expression de la pente du profil d'équilibre en fonction de la vitesse de soulèvement, de l'aire drainée et des coefficients de l'équation de transport.
5. Le tableau suivant montre les valeurs moyennes, mesurées sur un MNT de la rivière, des couples aire drainée - pente. la résolution du MNT est de 30' d'arc. Quelle est la surface moyenne correspondant à chaque point du MNT ?

Surface drainée A (km ²)	Pente S	Surface drainée A (km ²)	Pente S
1.06	1.48e-01	6.71e+01	4.04e-02
1.77	1.05e-01	1.04e+02	3.60e-02
2.79	9.88e-02	1.68e+02	3.87e-02
4.40	7.60e-02	2.54e+02	3.17e-02
6.97	6.69e-02	3.915e+02	2.36e-02
1.08e+01	5.86e-02	6.91e+02	3.24e-02
1.71e+01	5.04e-02	1.00e+03	1.58e-02
2.66e+01	4.28e-02	1.41e+03	1.56e-02
4.35e+01	4.36e-02	1.96e+03	5.26e-03

6. Quels processus ne pouvez vous "voir" étant donné cette résolution ?
7. Représentez en coordonnées bilogarithmique S en fonction de A.
8. Que constatez vous ?
9. Ce que vous observez est-il compatible avec le calcul théorique précédent ?



3. Isostasie

Exercice 1 : Formation d'un bassin sédimentaire

On s'intéresse à la formation d'un bassin sédimentaire sur le plancher océanique. La compensation isostatique est réalisée par le déplacement vertical du manteau de masse volumique $\rho_m = 3300 \text{ kg/m}^3$.

1. Faire un schéma explicatif à l'aide de colonne à l'équilibre isostatique. On note D la profondeur initiale de l'océan, d la profondeur finale, ρ_s la masse volumique des sédiments et ρ_w celle de l'eau.
2. Montrer que l'épaisseur de sédiments est donnée par : $S = \{(\rho_w - \rho_m) / (\rho_s - \rho_m)\} * (D - d)$
3. Quelle est l'épaisseur maximale des sédiments si $\rho_s = 2500 \text{ kg/m}^3$ et $D = 5 \text{ km}$?

Exercice 2 : Thermosubsidence du plancher océanique

Données : – profondeur du plancher océanique en mètres en fonction du temps : $P(t) = P_0 + 350 \times (t)^{1/2}$ avec P_0 la profondeur de la dorsale ayant émis ce plancher en mètres et t l'âge de ce plancher en Ma.

– masses volumiques : $\rho_s = 2000 \text{ kg/m}^3$, $\rho_e = 1000 \text{ kg/m}^3$ et $\rho_a = 3000 \text{ kg/m}^3$

Soit un plancher océanique dont la surface des pillows lavas se situe à 4000 m de profondeur. Il est recouvert de 600 m de sédiments. L'âge de ce plancher est de 49 Ma.

1. En faisant un schéma explicatif à l'aide de colonnes à l'équilibre isostatique, calculer la profondeur à laquelle se trouverait ce plancher s'il n'était pas recouvert de sédiments.
2. En déduire la profondeur de la dorsale ayant émis cette lithosphère océanique.

Exercice 3 : Chaîne de Montagne

L'épaisseur moyenne de la croûte continentale de densité $d_c = 2,7$ est de 30 km au dessus d'un manteau de densité $d_m = 3,2$.

1. A quelle profondeur se situe le Moho sous une chaîne de montagne d'altitude h si l'équilibre isostatique est atteint (Modèle d'Airy) ?
2. Quel serait le temps nécessaire à son érosion complète ($v_{\text{erosion}} = 3 \text{ mm/an}$, avec $h = 4800 \text{ m}$) ?
3. Quelle serait l'altitude de cette chaîne si elle était recouverte de 1000 m de glace ?