

Quelques compléments sur le fichier Isostasie

Onglet 1 : Principe du calcul

Le principe de calcul est présenté par l'intermédiaire de la notion de racine crustale.

1. La formulation du calcul peut être traduite en langage tableur, en E18, par :
= E16*\$H21/(\$H23-\$H21), le \$ signifiant que l'on bloque la translation de la colonne écrite juste après, afin de ↘
2. Etendre le calcul aux 3 cellules adjacentes

Exemple d'estimation simple.

Principe du calcul de la répartition en surface et en profondeur de l'épaississement de la croûte dans une chaîne de montagne en formation. L'égalité des pressions dans le manteau conduit à l'égalité :

$$\text{racine} \times \text{densité manteau} = (\text{racine} + \text{altitude}) \times \text{densité croûte}$$

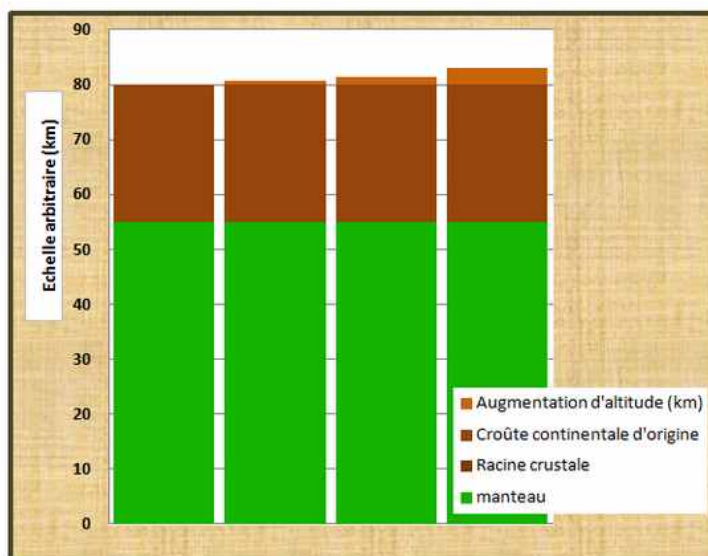
d'où :

$$\text{racine} = \text{altitude} \times \text{densité croûte} / (\text{densité manteau} - \text{densité croûte})$$

Blocs	1	2	3	4
augmentation d'altitude (m)	0	600	1500	3000
augmentation d'altitude (km)	0	0,6	1,5	3
épaisseur de la croûte d'origine (km)	25	25	25	25
épaisseur de la racine crustale (km)				
épaisseur manteau (km)	55	55	55	55

densité moyenne de la croûte continentale : 2,7

densité moyenne du manteau lithosphérique : 3,3



Pour les différents onglets de ce dossier, voir quelques aspects théoriques et pratiques :

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-subsidence.xml>

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-gravimetrie-isostasie-P-Thomas.xml>

Compte tenu du mode de calcul, la hauteur de la racine crustale est toujours 4,5 fois plus grande que l'augmentation d'altitude (2,7/0,6).

Résultat

Exemple d'estimation simple.

Principe du calcul de la répartition en surface et en profondeur de l'épaississement de la croûte dans une chaîne de montagne en formation. L'égalité des pressions dans le manteau conduit à l'égalité :

$$\text{racine} \times \text{densité manteau} = (\text{racine} + \text{altitude}) \times \text{densité croûte}$$

d'où :

$$\text{racine} = \text{altitude} \times \text{densité croûte} / (\text{densité manteau} - \text{densité croûte})$$

Blocs	1	2	3	4
augmentation d'altitude (m)	0	600	1500	3000
augmentation d'altitude (km)	0	0,6	1,5	3
épaisseur de la croûte d'origine (km)	25	25	25	25
épaisseur de la racine crustale (km)	0	2,7	6,75	13,5
épaisseur manteau (km)	55	52,3	48,25	41,5

densité moyenne de la croûte continentale : 2,7

densité moyenne du manteau lithosphérique : 3,3



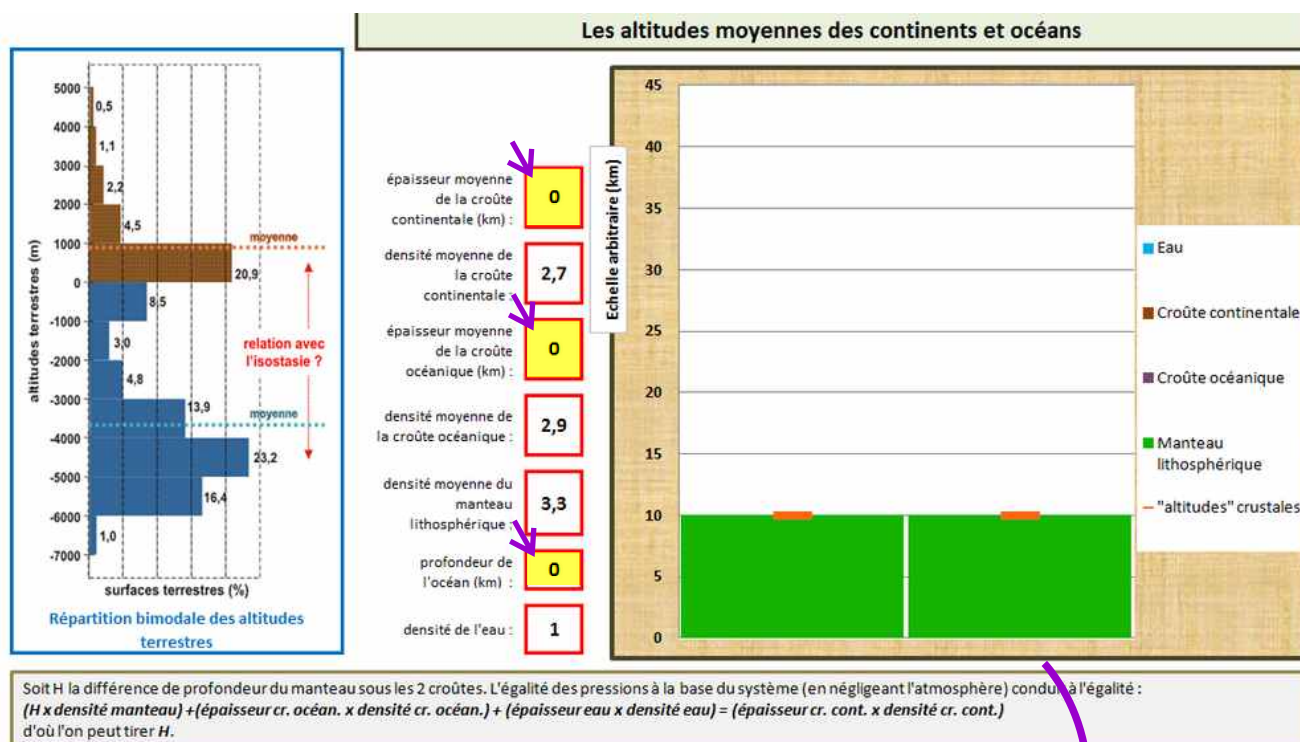
Onglet 2 : Continents-océans

La question posée par cette page est la suivante : la répartition bimodale des "altitudes" des surfaces crustales océaniques et continentales peut-elle être interprétée, au moins en partie, par la tendance à un équilibre isostatique des différentes masses ?

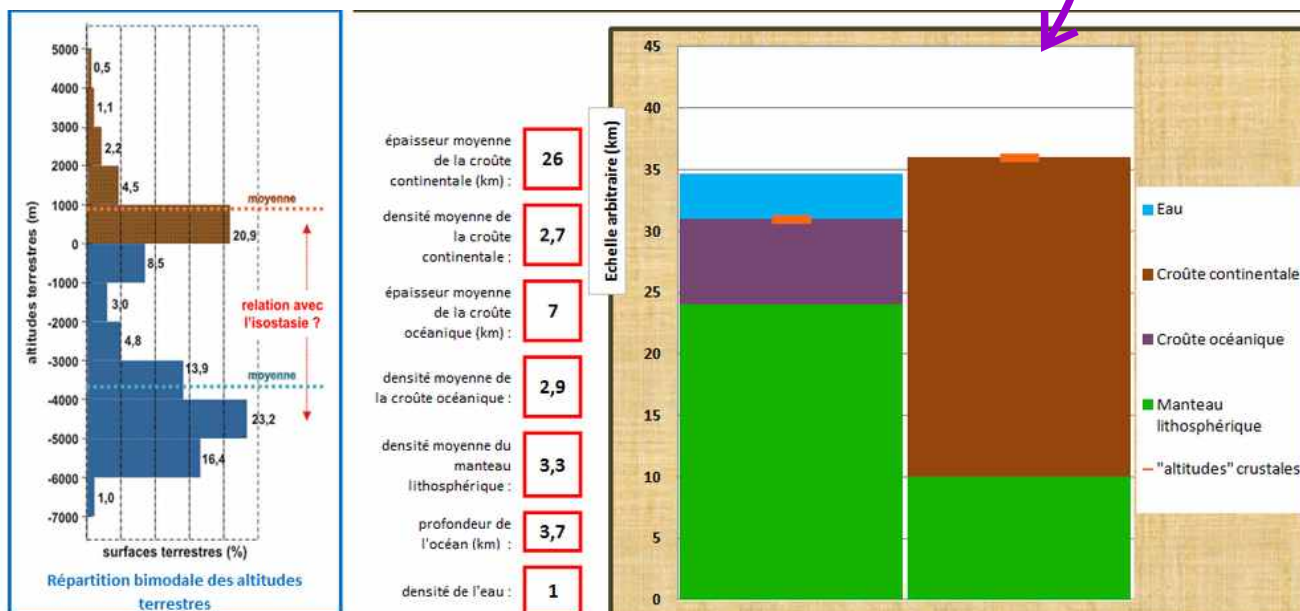
Le jeu consiste à proposer des valeurs raisonnables d'épaisseur des 2 types de croûte (océanique à gauche, continentale à droite) afin de respecter les contraintes de données (graphique situé à gauche) :

- écart des moyennes d'altitude (4,5 km) ou des 2 maxima (5 km),
- épaisseur de la couche d'eau, selon l'hypothèse choisie précédemment (3,7 ou 4,5 km).

La précision de la fin du travail nécessite probablement un changement d'échelle verticale (ex. avec Excel 2007 : clic droit sur l'échelle verticale, réduction des valeurs minimale et maximale de l'échelle).



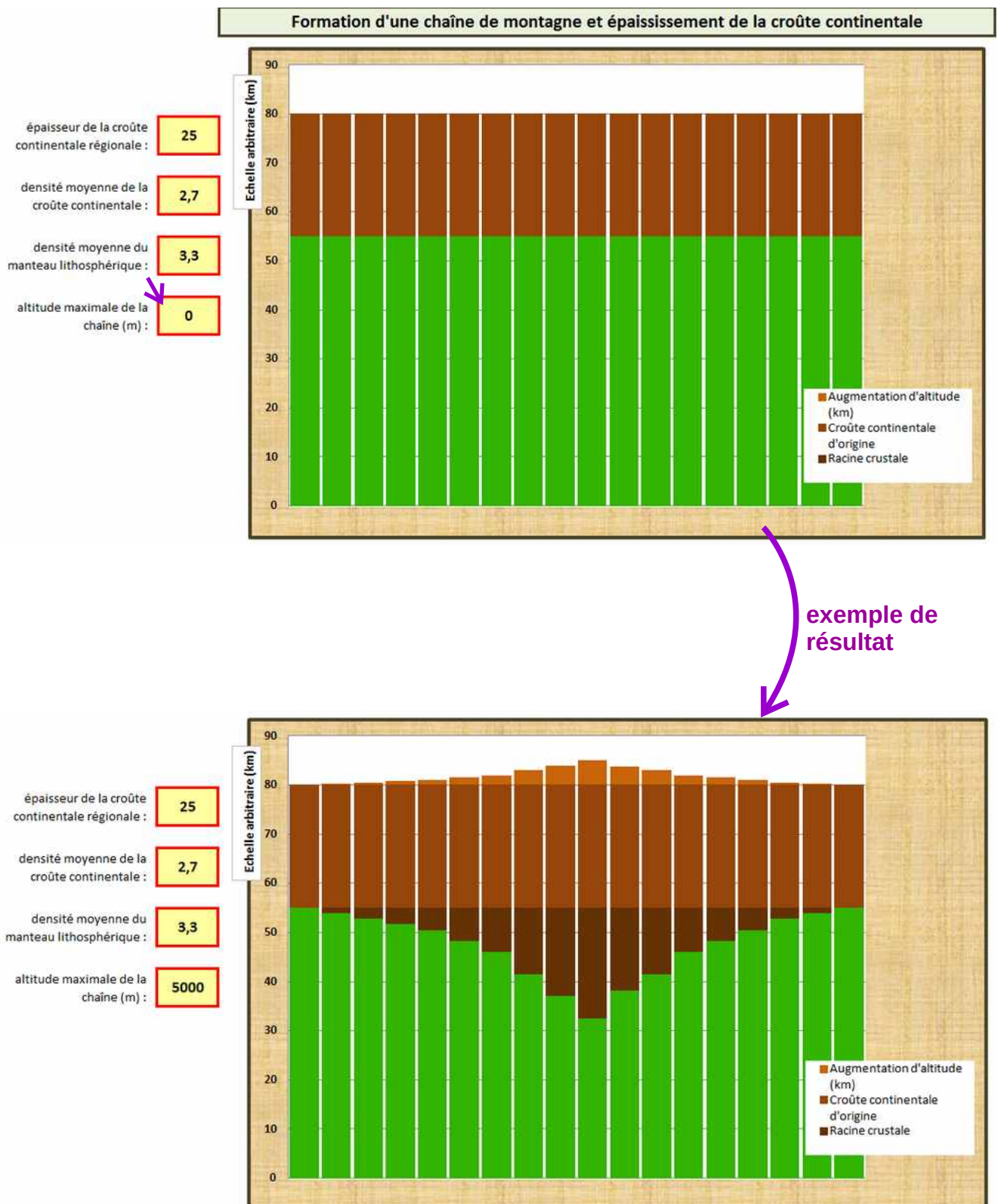
exemple de résultat raisonnable



Onglet 3 : Formation chaîne de montagne

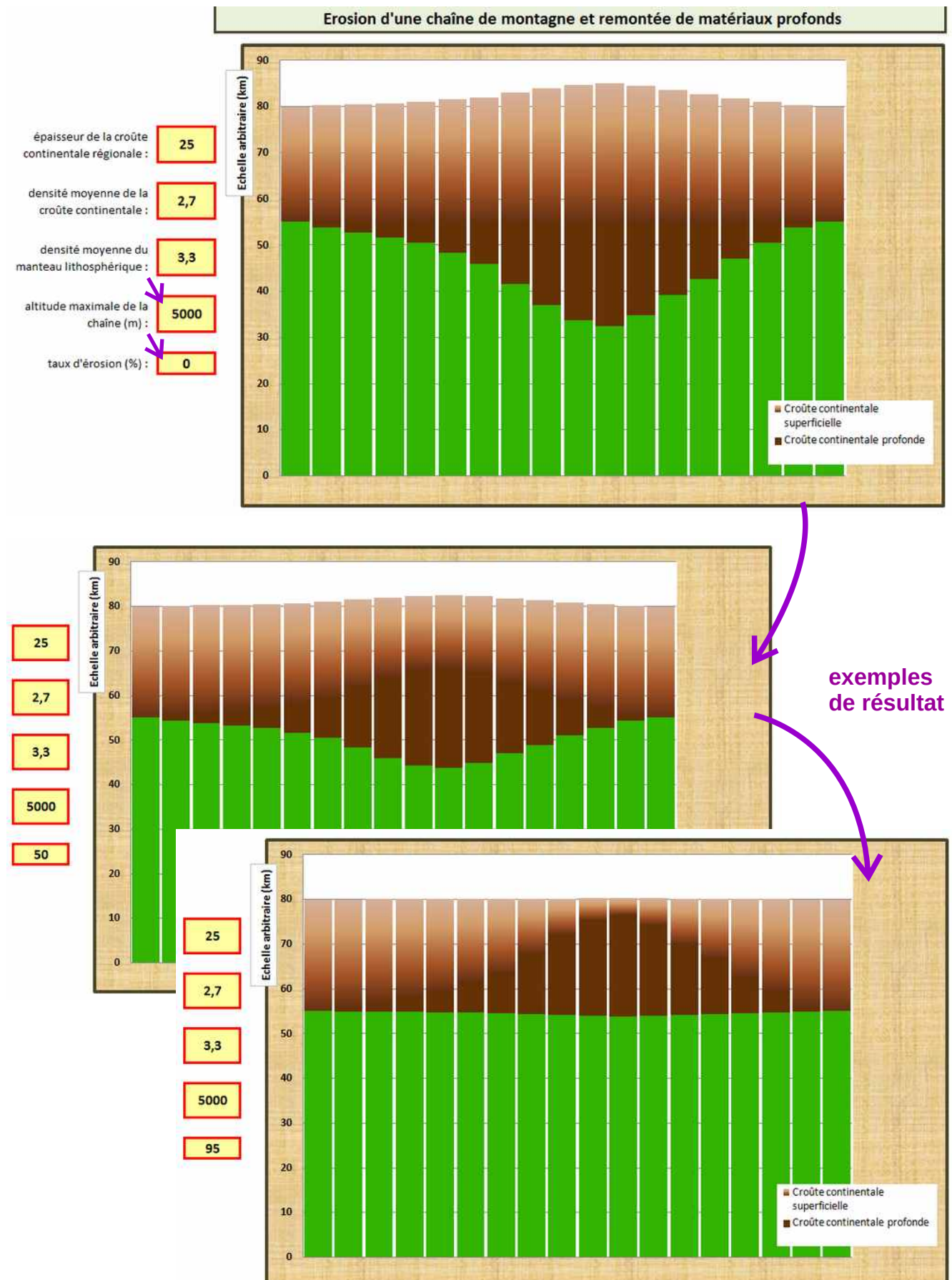
Cet onglet est le prolongement naturel du premier. Il permet de visualiser l'épaisseur de la racine crustale attendue pour différentes augmentations d'altitude de la chaîne de montagne.

On peut également illustrer le fait que l'épaisseur initiale de la croûte continentale n'intervient pas dans la proportion racine crustale/altitude.



Onglet 4 : Erosion

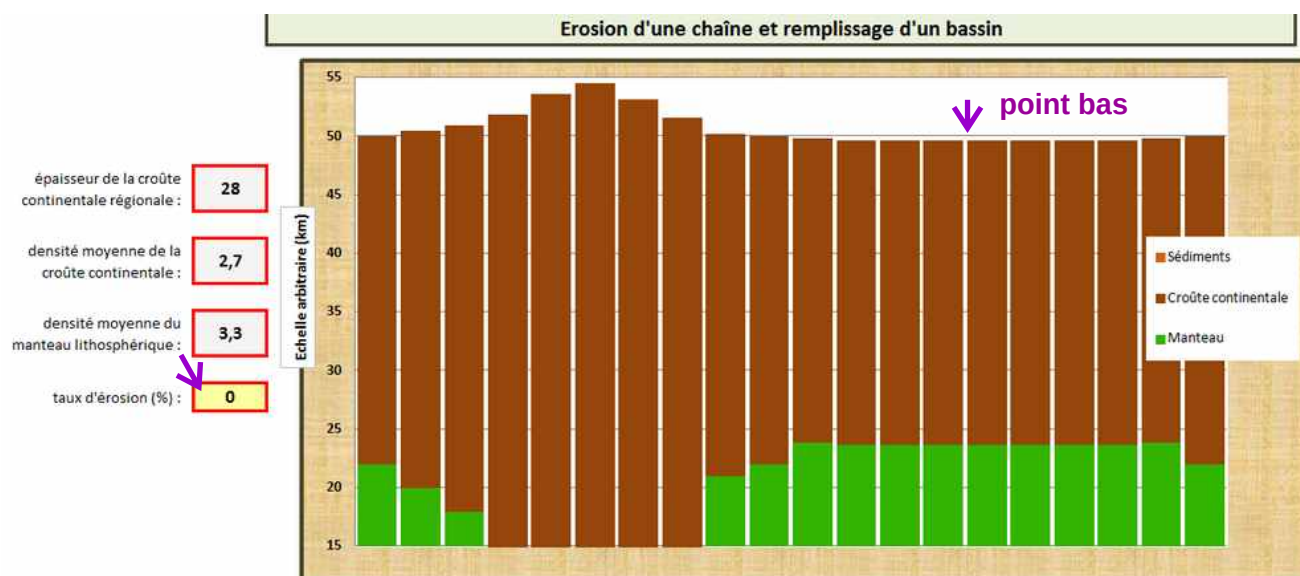
En fixant une altitude de départ puis différents taux d'érosion de la chaîne, il devient possible de modéliser la remontée des matériaux profonds de la chaîne lors du processus d'érosion superficielle.



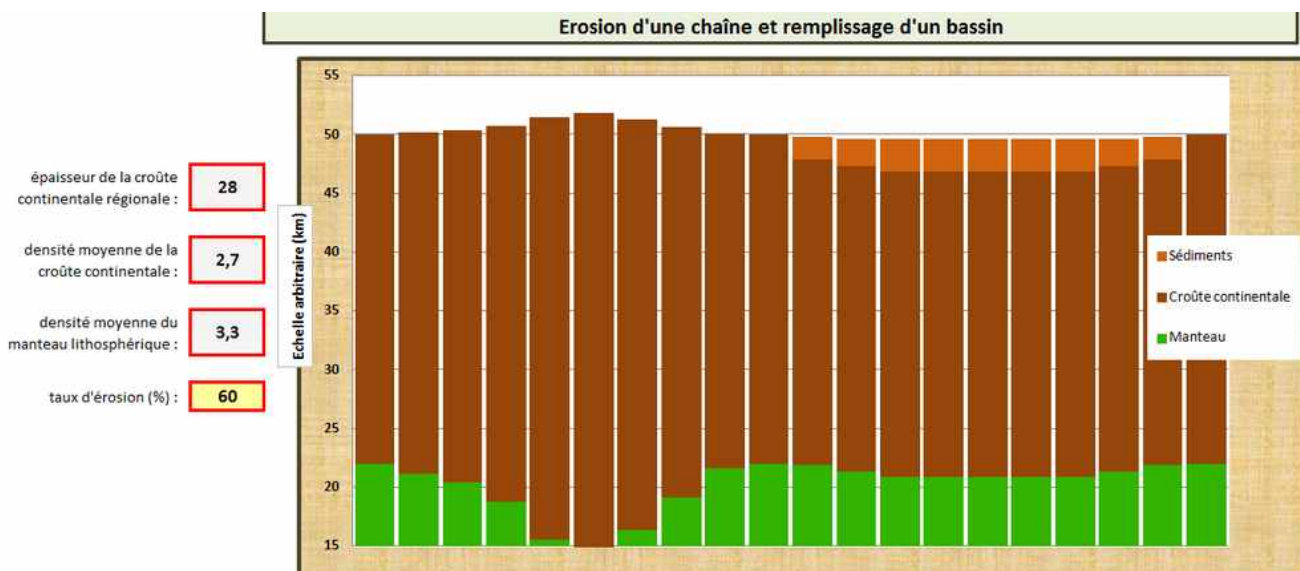
Onglet 5 : Erosion-sédimentation

La sédimentation dans un point bas, alimentée par l'érosion d'une chaîne voisine, peut induire une subsidence qui elle-même entretient la sédimentation ...

Ce fichier, exagérément simplifié, ne tient pas compte des fracturations, écaillages et amincissements de croûte observables sur les pourtours des chaînes récentes, notamment des Alpes. Mais il peut permettre de comprendre que la sédimentation ne se résume pas au seul comblement d'une zone basse servant de simple réceptacle. Des bassins sédimentaires de plusieurs km d'épaisseur ne peuvent s'expliquer que par une subsidence qui rend la sédimentation possible sur de longues périodes (phénomène confirmé par les données gravimétriques).

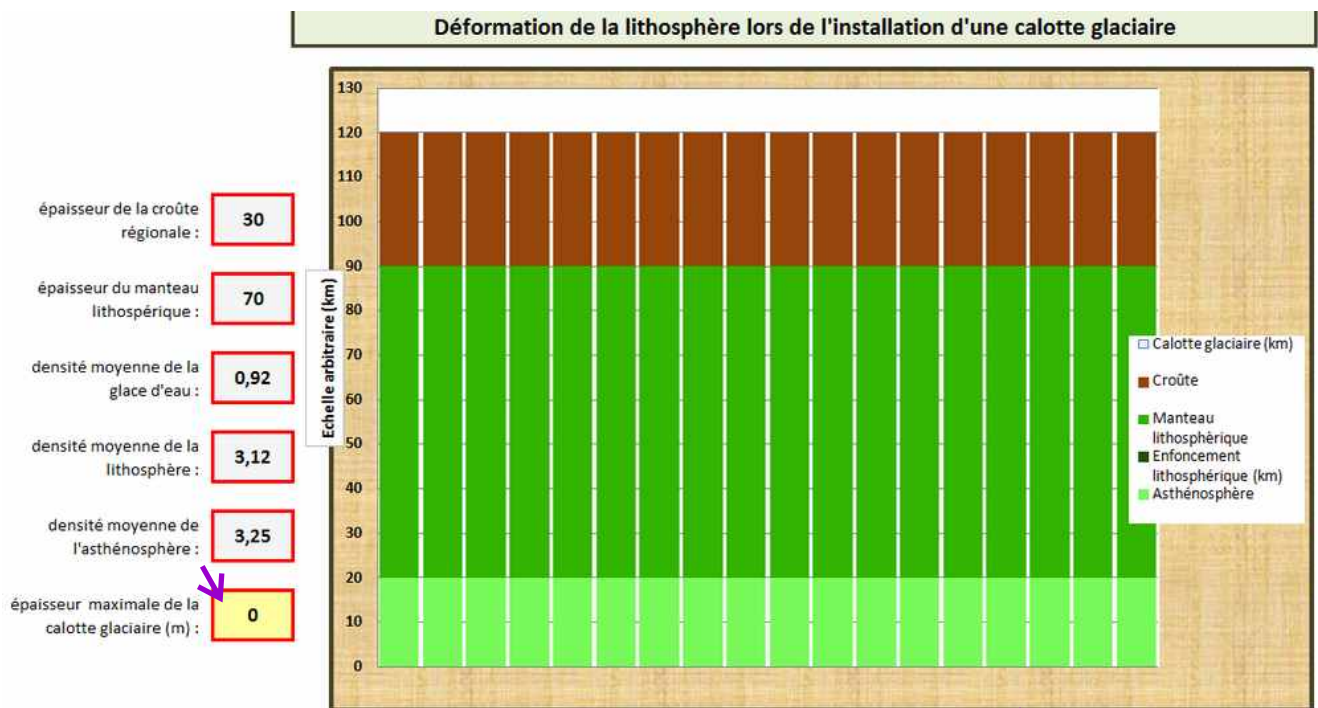


exemple de résultat

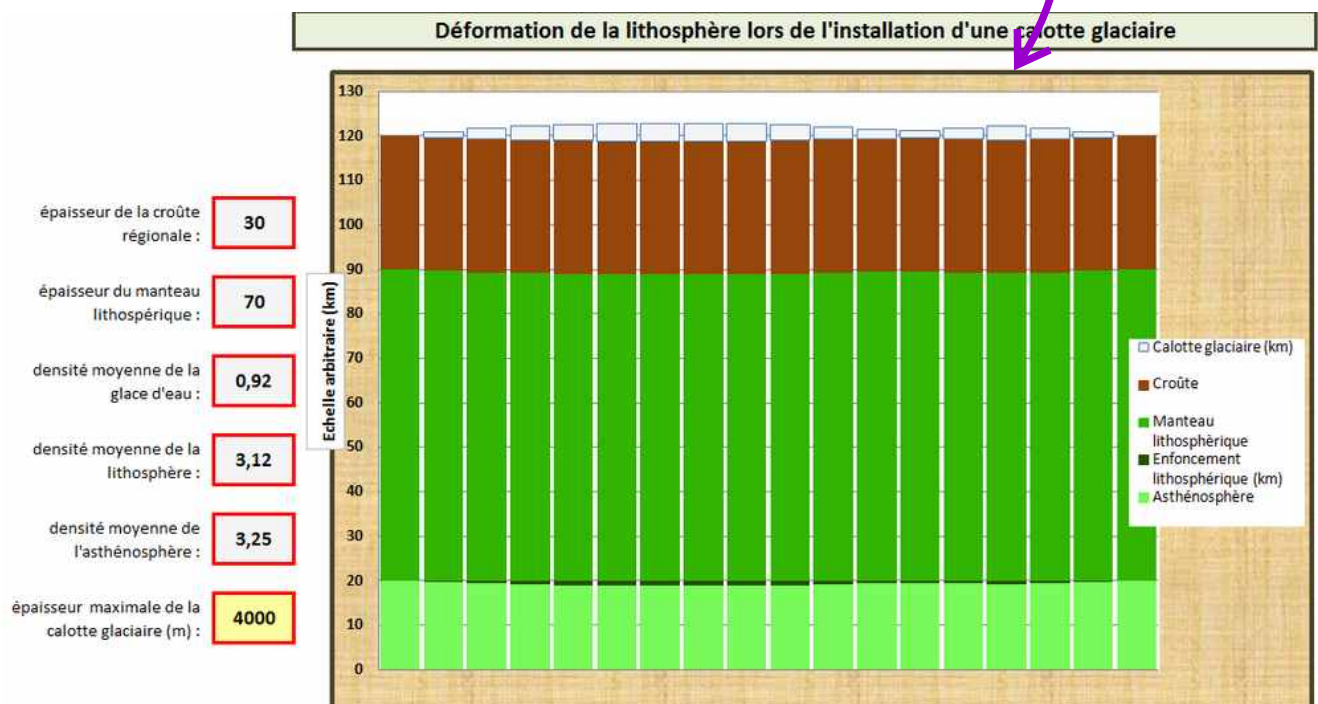


Onglet 6 : Calotte glaciaire

En dépit de sa relativement faible densité, l'accumulation d'une grande quantité de glace sur une masse continentale provoque inévitablement une légère flexure de la lithosphère sous-jacente. L'amplitude maximale de la déformation est environ 3,5 fois plus faible que l'épaisseur maximale de la glace.



exemple de résultat



Onglet 7 : Fonte d'une calotte

Cet onglet est le prolongement naturel du précédent.

La fonte de la calotte s'accompagne de l'élévation de la surface de la croûte. Cette correction isostatique ("rebond isostatique") peut persister longtemps après la fonte complète de la calotte (voir les exemples actuels du nord du Canada et de la Scandinavie).

L'élévation potentielle de la surface continentale est 3,5 fois plus faible que l'épaisseur initiale de la glace.

Pour une calotte de 5000 m d'épaisseur maximale (épaisseur maximale de la calotte antarctique actuelle), sur une croûte d'environ 30 km d'épaisseur.

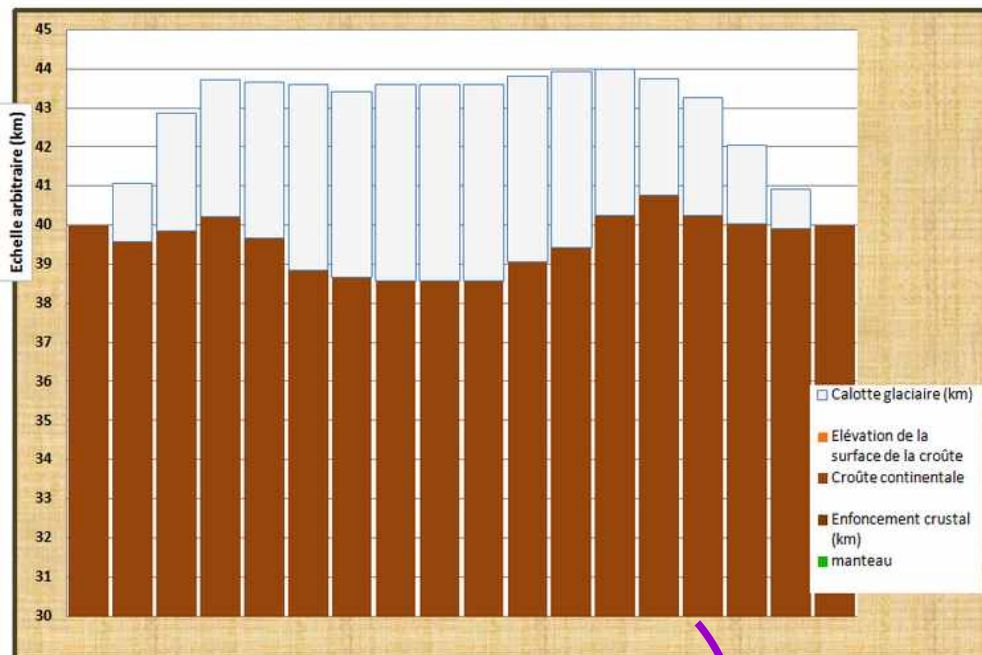
densité moyenne de la glace d'eau : **0,92**

densité moyenne de la lithosphère : **3,12**

densité moyenne de l'asthénosphère : **3,25**

degré de fonte, en % de l'épaisseur initiale : **0**

Fonte d'une calotte glaciaire et élévation potentielle de la surface de la croûte continentale



exemple de résultat

Pour une calotte de 5000 m d'épaisseur maximale (épaisseur maximale de la calotte antarctique actuelle), sur une croûte d'environ 30 km d'épaisseur.

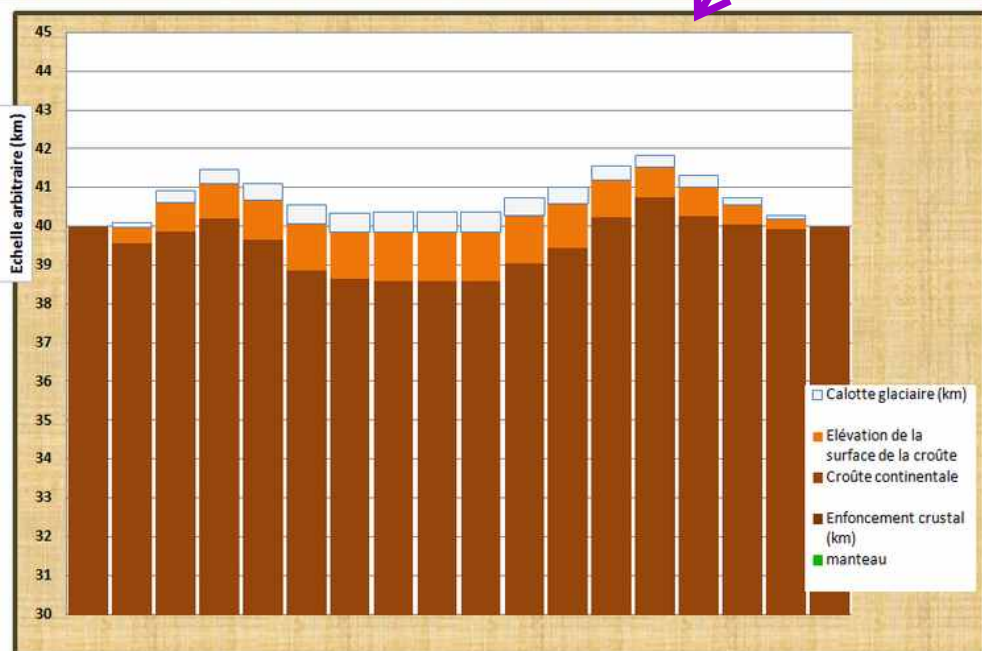
densité moyenne de la glace d'eau : **0,92**

densité moyenne de la lithosphère : **3,12**

densité moyenne de l'asthénosphère : **3,25**

degré de fonte, en % de l'épaisseur initiale : **90**

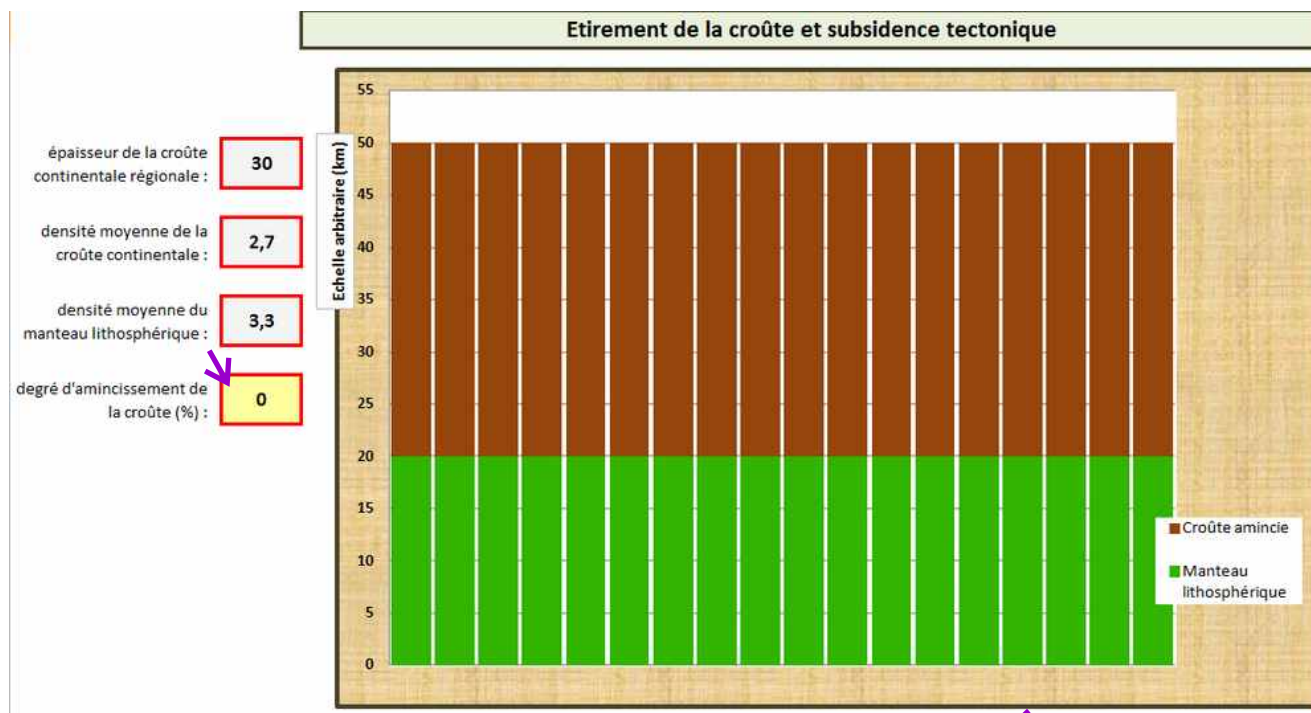
Fonte d'une calotte glaciaire et élévation potentielle de la surface de la croûte continentale



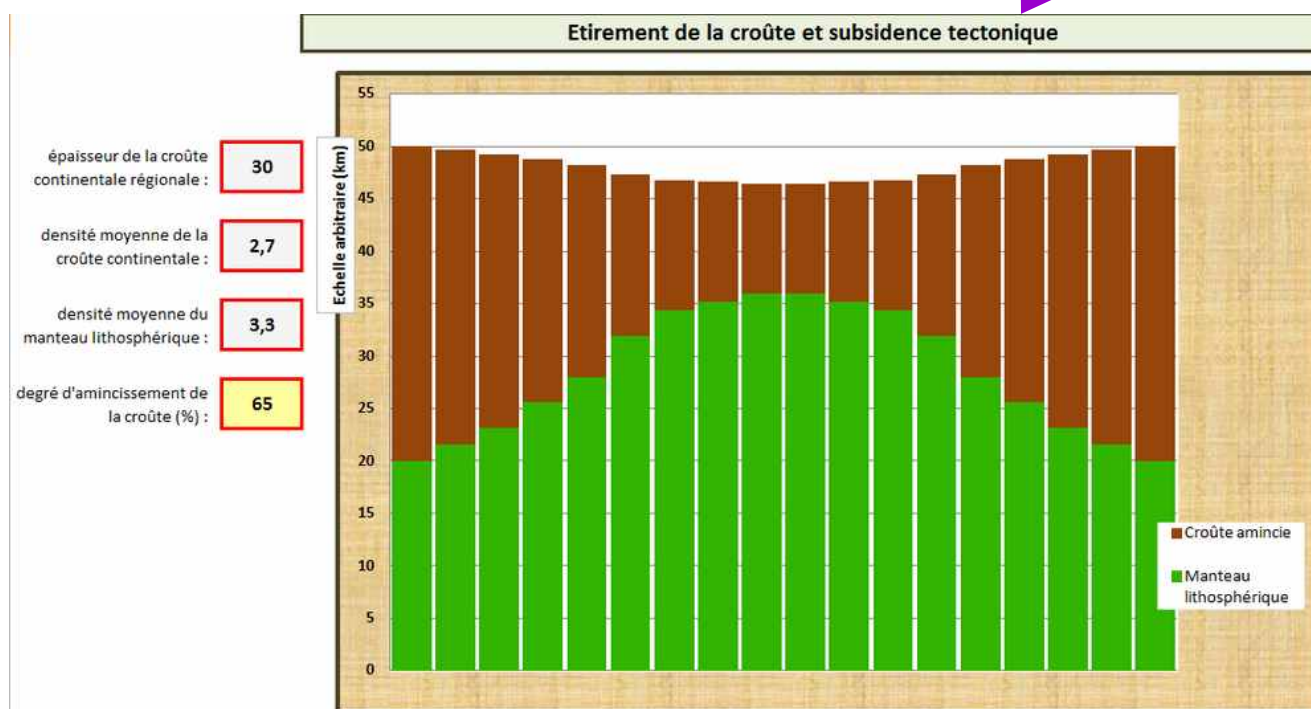
Onglet 8 : Etirement 1

Première approximation de modélisation : l'étirement est limité à la croûte

Un étirement de la croûte continentale provoque une subsidence de sa surface. Cet enfoncement relatif augmente avec le degré d'amincissement de la croûte.



exemple de résultat

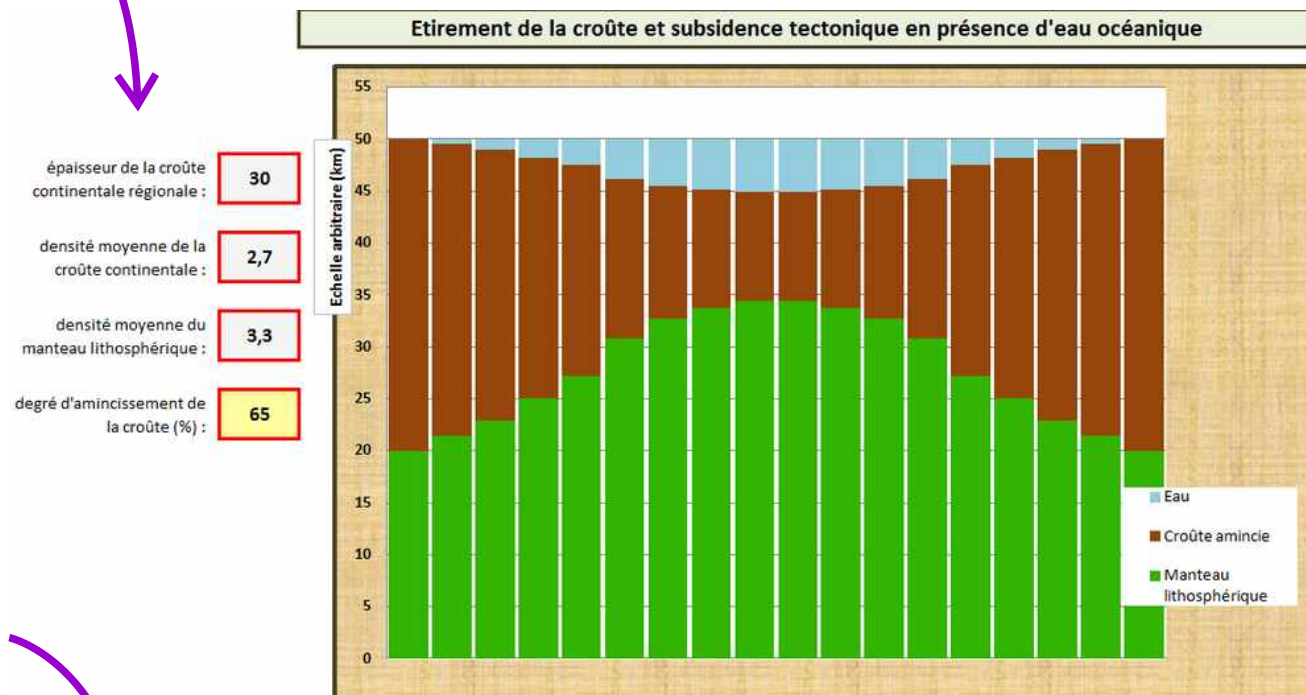


Onglets 9-10 : Etirements 2-3

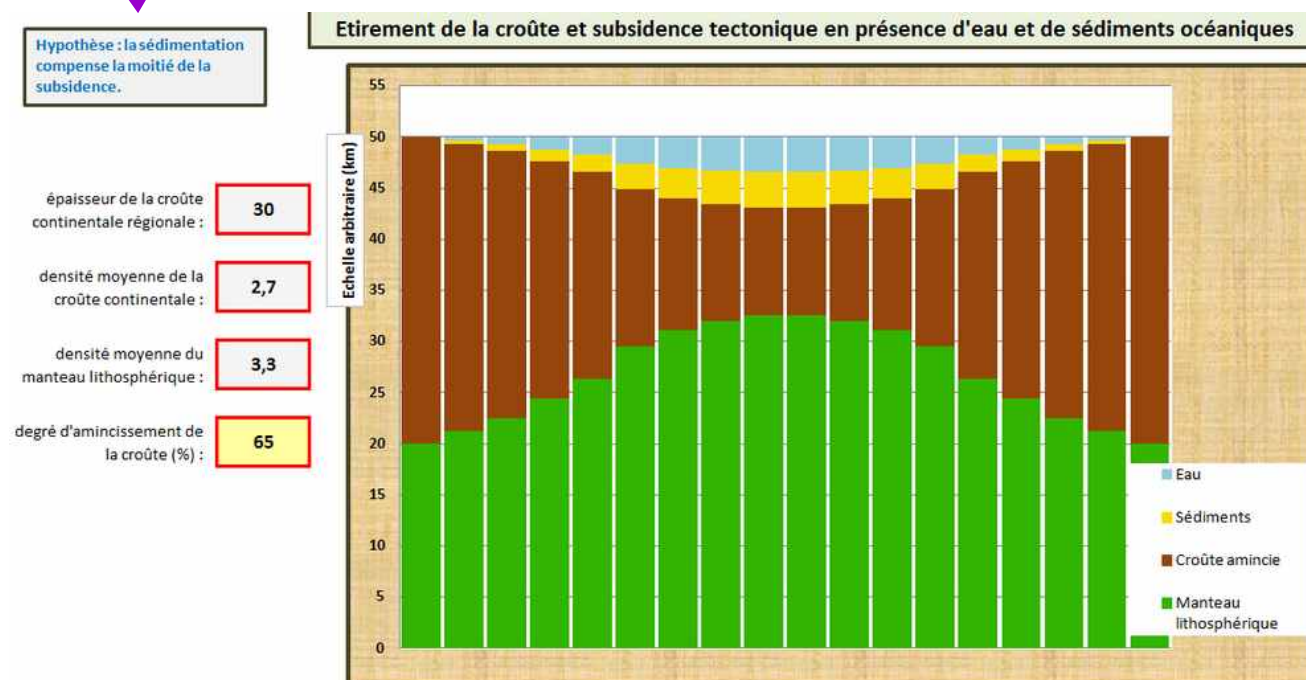
Pour un même degré d'étirement de la croûte que dans l'onglet 8, la subsidence :

- augmente avec la présence d'eau (onglet 9),
- augmente encore plus avec la présence simultanée d'eau et de sédiments (onglet 10).

exemple de
résultat (onglet 9)



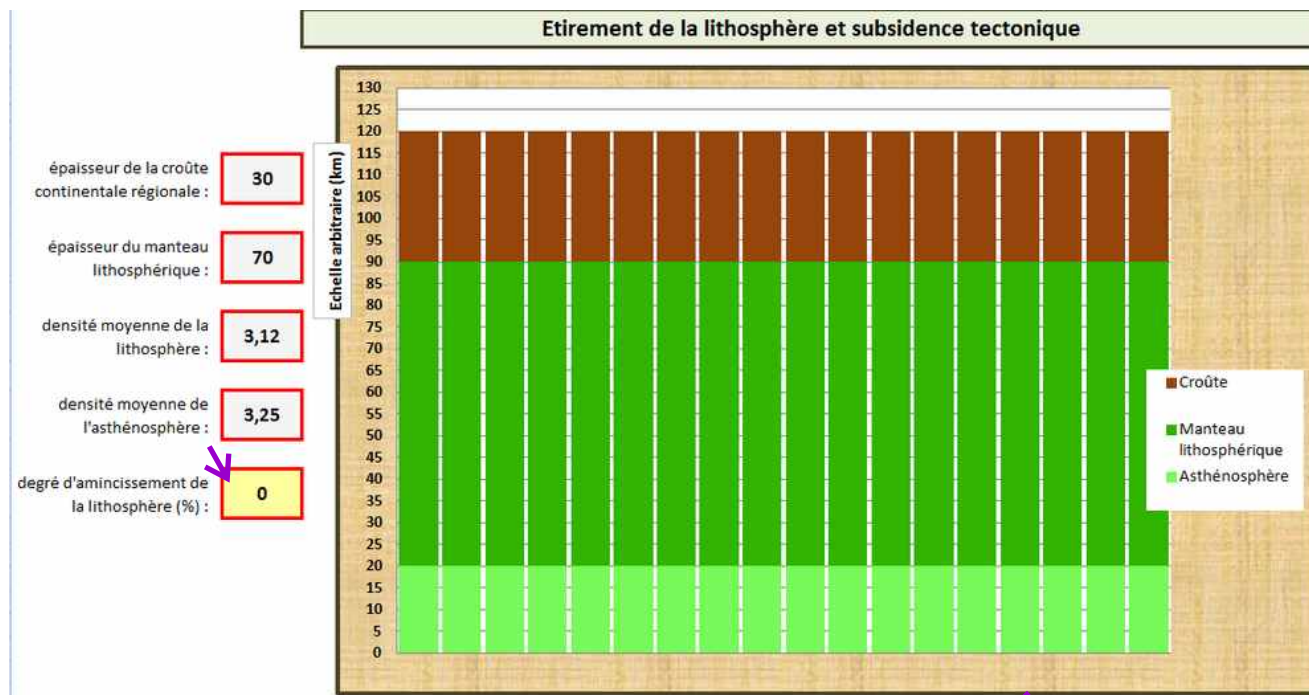
exemple de
résultat (onglet 10)



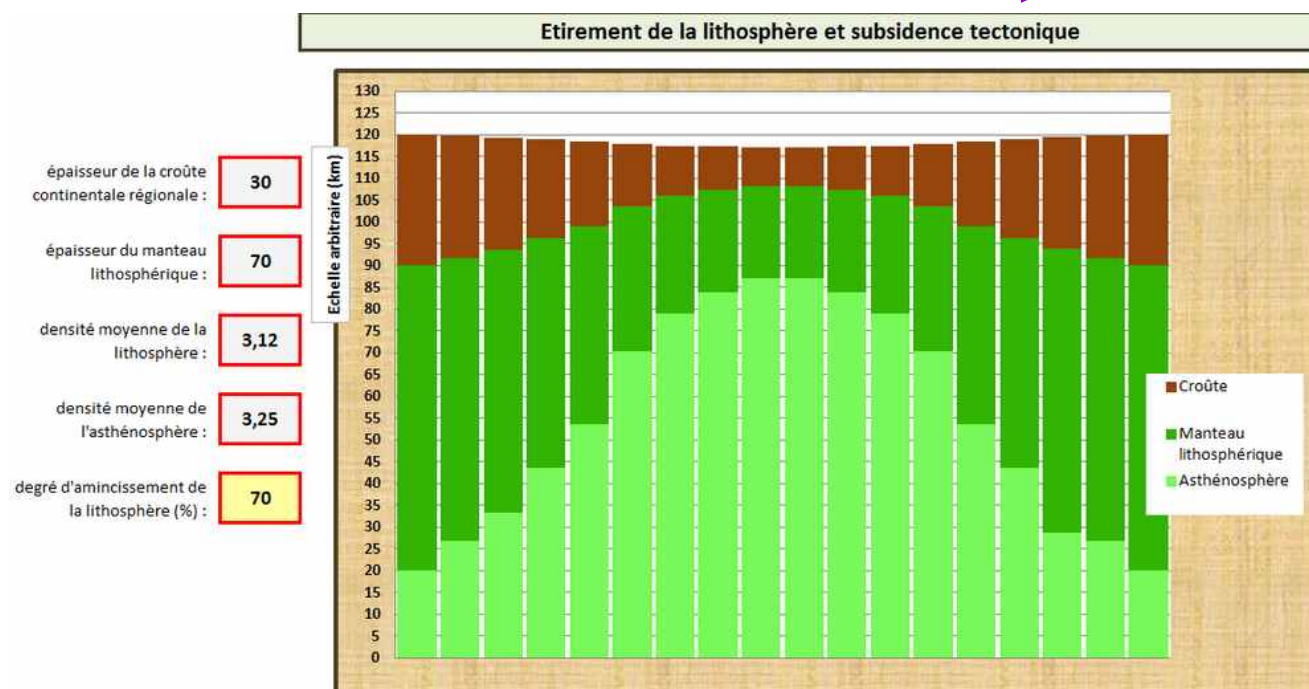
Onglet 11 : Etirement 4

Modélisation plus large : l'étirement concerne l'ensemble de la lithosphère continentale.

Là encore, un étirement de la lithosphère provoque une subsidence de sa surface. Cet enfoncement relatif augmente avec le degré d'amincissement de la lithosphère.



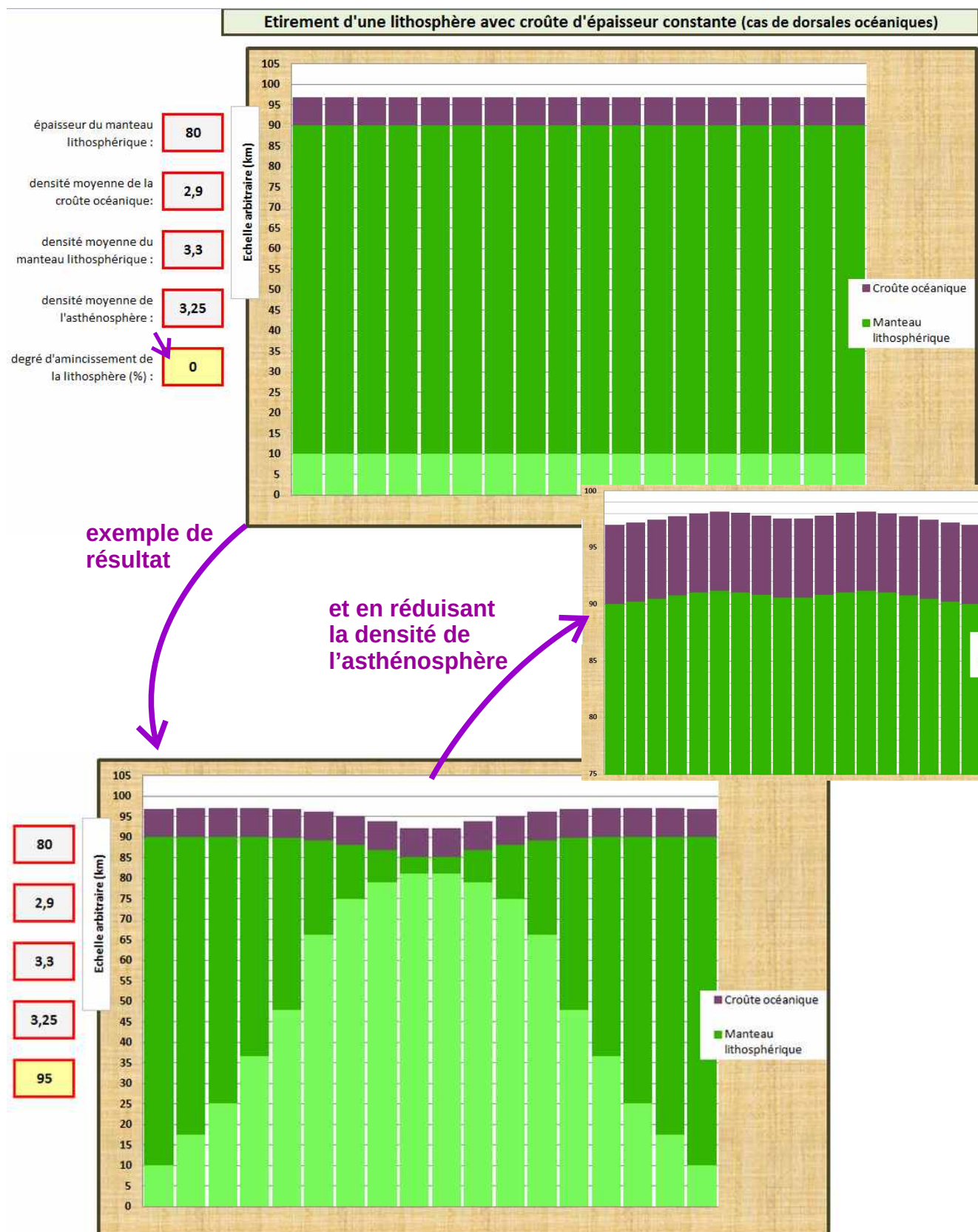
exemple de résultat



Onglet 12 : Etirement 5

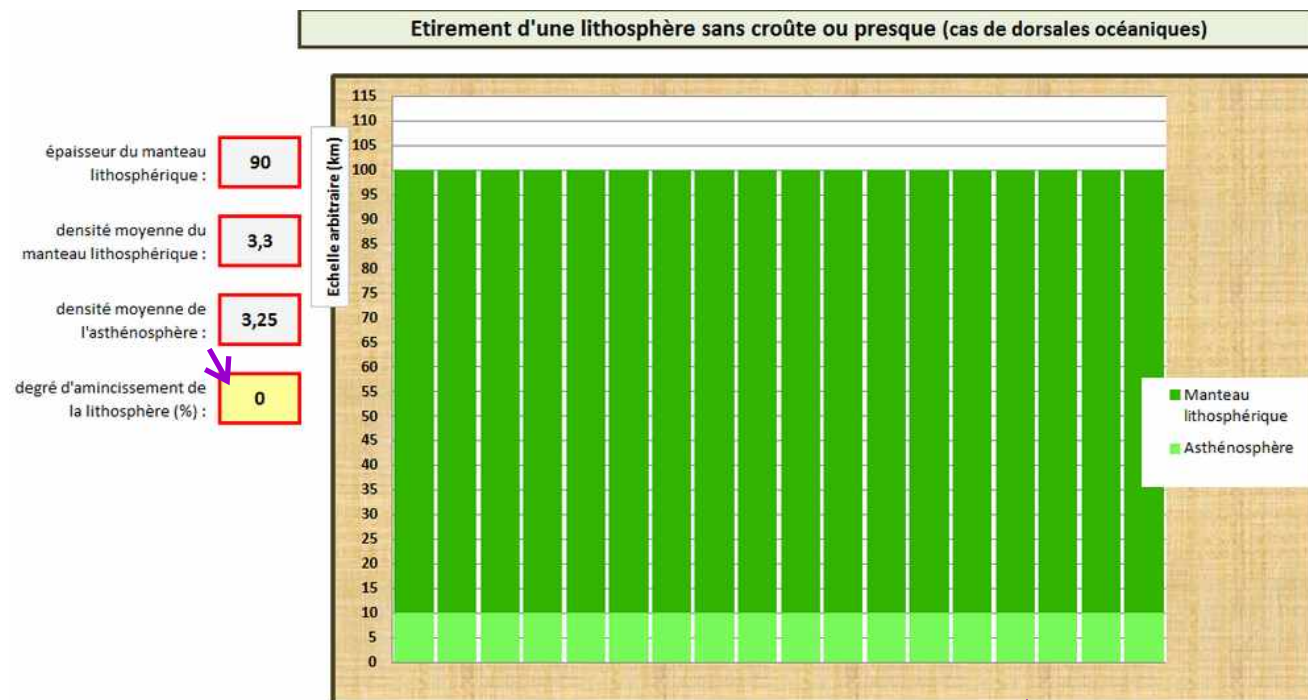
L'étirement d'une lithosphère océanique avec croûte d'épaisseur constante provoque une subsidence modérée.

Un bombement, avec légère subsidence centrale, peut être obtenu en diminuant un peu la densité de l'asthénosphère sous-jacente (3,25 --> 3,20 --> 3,15).



Onglet 13 : Etirement 6

L'absence de croûte océanique permet l'apparition d'un bombement de la lithosphère. Ce bombement peut être augmenté en réduisant un peu la densité de l'asthénosphère.



exemple de résultat

