

Comparaison des orogénèses hercynienne et alpine

Le dossier comporte trois parties auxquelles sont associées 10 documents que vous trouverez à la fin du sujet (Pages 15 à 20).

- Partie I – « Le point sur les connaissances actuelles » *Documents 1 à 5*
- Partie II – « Une approche historique » *Documents 6 à 8*
- Partie III – « De la science qui se fait à la science en classe » *Documents 9 et 10*

Les réponses aux questions se font directement sur les feuilles à en-têtes détachables dans les cadres prévus à cet effet.

Partie I : le point sur les connaissances actuelles

1- A partir de l'étude des **documents 1 à 4** et de vos connaissances, comparez les caractéristiques principales de la chaîne des Alpes et de la chaîne varisque en France. Après avoir relevé et souligné leurs analogies et leurs différences, montrer en quoi l'étude de ces deux chaînes de montagnes permet de proposer un modèle d'évolution orogénique qui fait appel à des processus identiques. Réponse dans les cadres n°1, 2 et 3 ci-dessous.

Cadre réponse n°1

Cadre réponse n°3

2- Le **document 5** présente une modélisation analogique réalisée pour étudier l'impact des processus de surface sur l'évolution orogénique dans le domaine externe de la chaîne des Alpes. Précisez comment la modélisation expérimentale répond à une démarche scientifique rigoureuse et permet de mieux comprendre les processus géologiques ? Réponse dans le cadre n°4

Cadre réponse n°4

Partie II : une approche historique

A partir de l'étude des **documents 6, 7 et 8** et de vos connaissances, expliquez comment les idées ont évolué au cours de l'histoire des sciences sur la question de l'orogénèse. Réponse dans les cadres n°5 et 6.

Cadre réponse n°5

Partie III : « de la science qui se fait à la science en classe »

Le **document 9** présente des travaux d'élèves de quatrième et de terminale répondant à la consigne : « comment une chaîne de montagnes se forme-t-elle ? ». **Les élèves n'ont pas encore abordé le cours correspondant.**

Le **document 10** présente un « modèle » fréquemment utilisé en classe dans le cadre de l'étude de la convergence lithosphérique. Des couches de plâtre colorées avec de la craie pilée sont déposées dans une cuve, un piston permet de les compresser contre une paroi.

1- Donnez quelques éléments d'analyse des productions réalisées par les élèves. Dégagez de ces représentations initiales quelques points de vigilance pour le professeur des classes concernées.
Réponses dans les cadres n°7 et 8

Cadre réponse n°7

Cadre réponse n°8

2- Discutez de la façon dont le modèle (**document 10**) pourrait être intégré dans le cadre d'une séquence d'apprentissage, et de l'intérêt et des limites de cette utilisation. Réponse dans les cadres 9 et 10.

Cadre réponse n°9

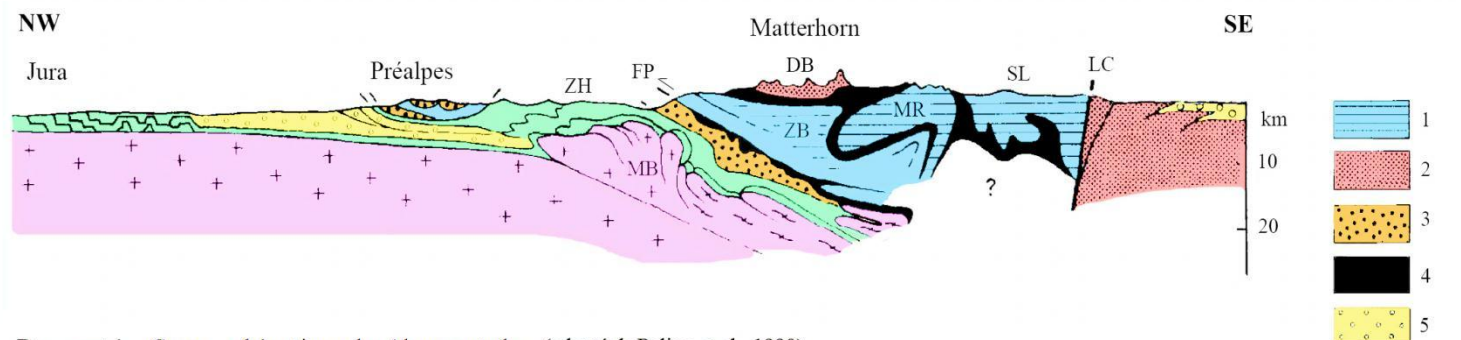
Cadre réponse n°10

3- En utilisant les différents documents, indiquez comment la dimension historique pourrait être utilisée afin de lutter contre les représentations de certains élèves. Réponse dans les cadres n°11 et 12.

Cadre réponse n°11

Cadre réponse n°12

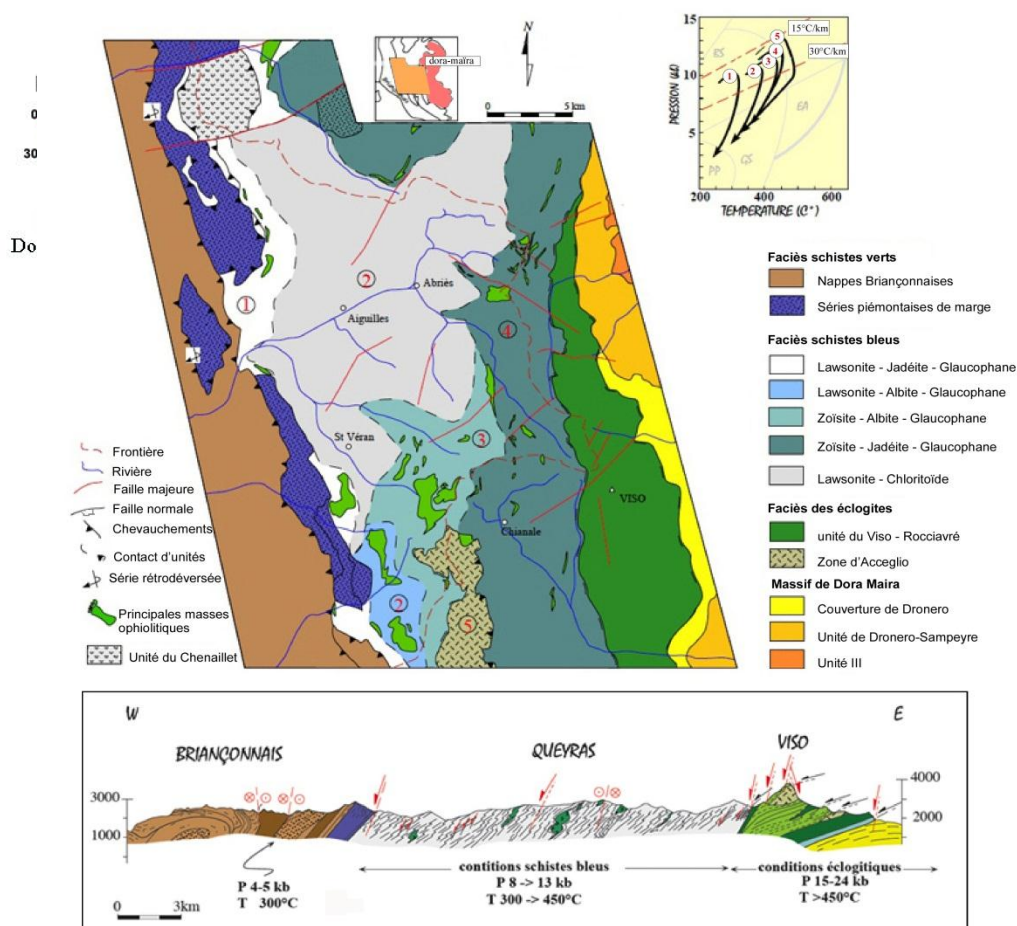
DOCUMENTS DE LA PARTIE I

Document 1 : Coupe schématique des Alpes centrales (modifié d'après Polino et al., 1990)

Document 1 : Coupe schématique des Alpes centrales (adapté de Polino et al., 1990)

1- unités internes métamorphiques de HP (SB / Eclogite), 2- unités austro-alpines, 3-unités de flysch, 4-unités ophiolitiques, 5-dépôts molassiques tertiaires.

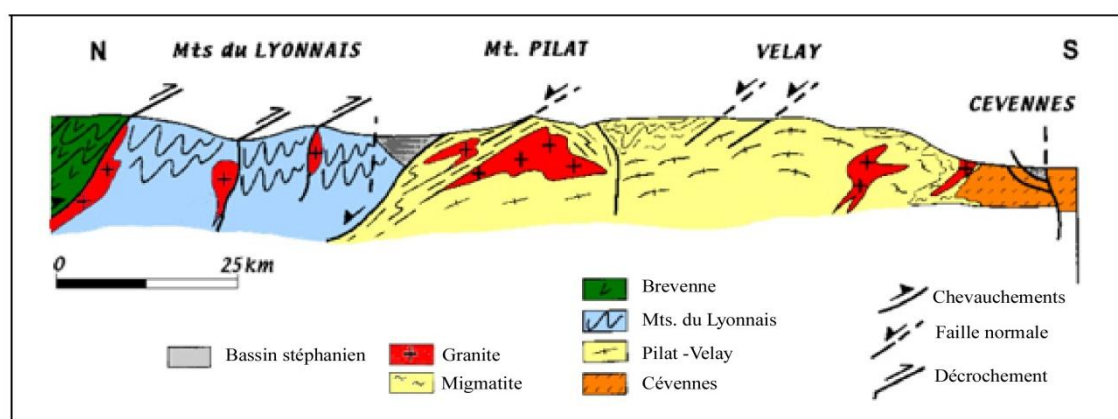
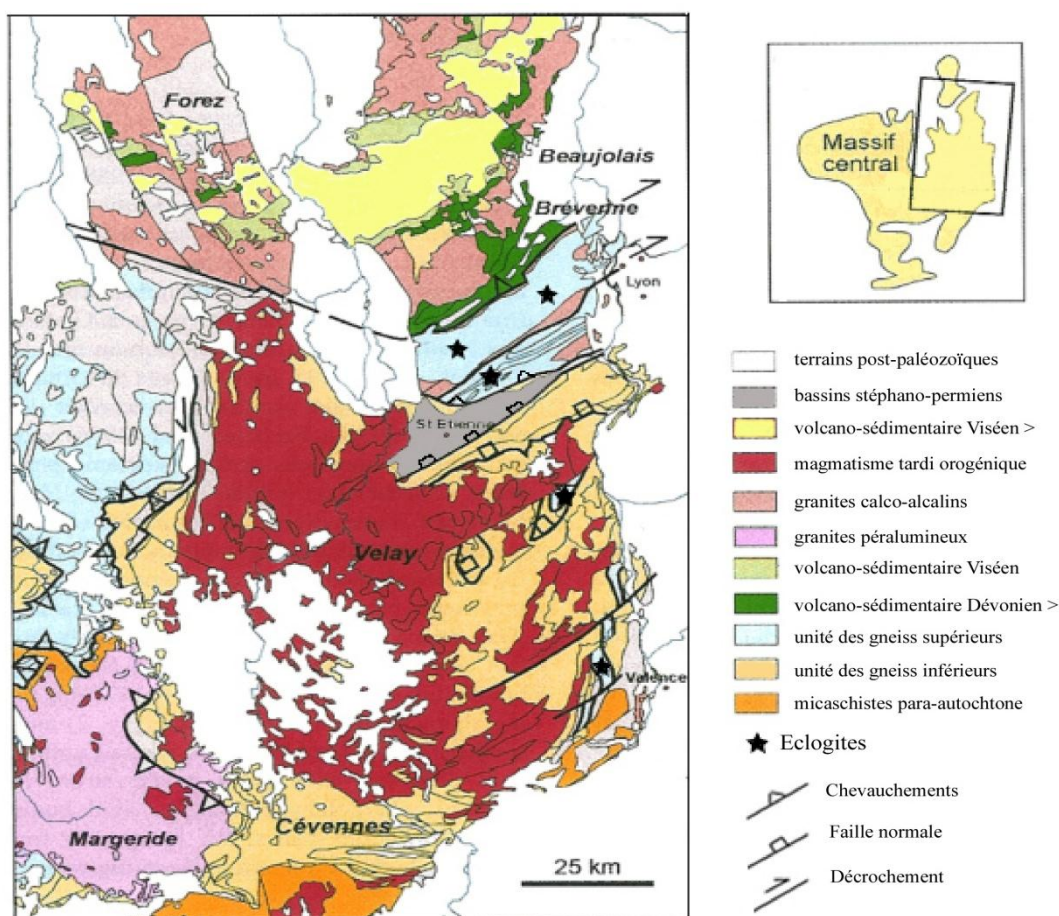
MR = Monte Rosa, DB = Dent Blanche, MB = Mont Blanc, FP = Front Pennique, SL = Schistes Lustrés, LC = Ligne du Canavèse, ZH = Zone Helvétique, ZB = Zone Briançonnaise

Document 2 : Carte, coupe et trajets P,T dans le Queyras (modifié d'après Schwartz, 2000)**Document 3 : Coupe schématique à travers la chaîne varisque (modifié d'après Matte, 2001)**

A - Carte et trajets pression-température des unités constitutives des Schistes Lustrés du Queyras

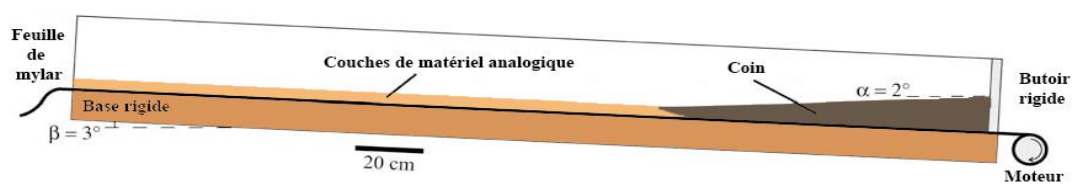
B - Coupe géologique montrant la répartition des conditions du métamorphisme (adapté de Schwartz, 2000)

Document 4 : Carte et coupe dans l'Est du Massif Central (modifié d'après Lardeaux et al., 2001)

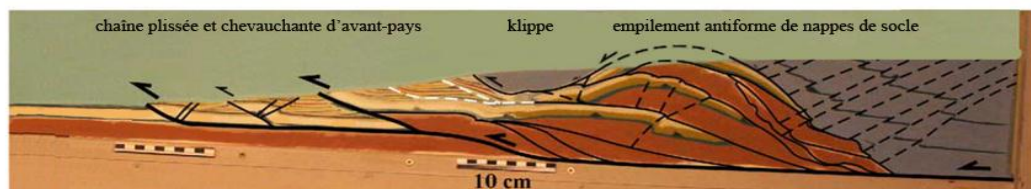


Carte et coupe à l'Est du Massif Central (adapté de Lardeaux et al., 2001)

Document 5 : Modélisation analogique (modifié d'après Bonnet et al., 2007)



A- dispositif expérimental



B- Etape finale de la modélisation analogique

Document 5 : Modélisation analogique des interactions tectonique-érosion-sédimentation dans l'avant-pays de la chaîne alpine
(adapté de Bonnet et al., 2007)

Les conditions initiales géométriques et cinématiques de cette modélisation analogique, tiennent compte de l'hétérogénéité rhéologique liée à l'héritage structural, sédimentologique ou mécanique rencontrée dans la plupart des avant-pays des chaînes. Les expériences ont été réalisées sous la pesanteur normale. Le dispositif est constitué par une base rigide plane liée par deux parois latérales en verre. Un moteur tire sur la plaque une feuille de mylar (film de polyester) de 10 cm de large avec une surface rugueuse simulant un frottement basal élevé. Les matériaux analogues sont déposés sur la feuille pour représenter les différentes unités présentes sur la coupe transversale des Alpes occidentales. La cohésion et la taille du matériel sont mises à l'échelle par un facteur de 105. La longueur de la plaque basale (environ 2,80 m) offre une convergence maximale de 160 cm qui correspond à 60%. Les matériaux analogues ont des propriétés de frottement satisfaisant la théorie de Coulomb et un comportement de déformation non linéaire identique aux roches de la croûte dans le domaine fragile.

Les trois types de matériaux utilisés (sable, poudre de silice et de perles de verre) sont choisis pour leurs comportements contrastés et sont utilisés à la fois mélangés et séparément pour s'adapter au comportement des différentes unités tectoniques et stratigraphiques :

- l'équivalent des unités de couverture est composé de sable parsemé et correspond à la couverture mésozoïque de la marge européenne entre la plate-forme du Jura et de la marge helvétique.
- la poudre de silice a une cohésion nettement plus élevée que le sable saupoudré et peut simuler un matériel plus résistant. Dans les modèles, le socle cristallin externe et le domaine pennique sont réalisés en poudre de silice sèche, pure, ou mélangée dans des proportions variables avec du sable.
- les niveaux de décollement sont créés en introduisant dans les couches du modèle des minces couches de perles de verre. Ces zones de faiblesse simulent des défauts héréditaires préexistants et des niveaux de décollement comme le détachement basal dans le Trias.

Dans les expériences, la géométrie du prisme orogénique correspond à celle proposée dans les coupes géologiques des Alpes avec la surface du prisme (α) qui plonge de 2° au nord et la base (β) qui plonge de 3° vers le sud, ce qui correspond au plongement de la plaque en subduction européenne. Le dispositif expérimental a été incliné pour simuler le plongement de la base. Les expériences ont été réalisées avec des déplacements successifs de la feuille basale de mylar (arrêt à chaque 2 cm), mesurés avec une erreur maximale de 5%.

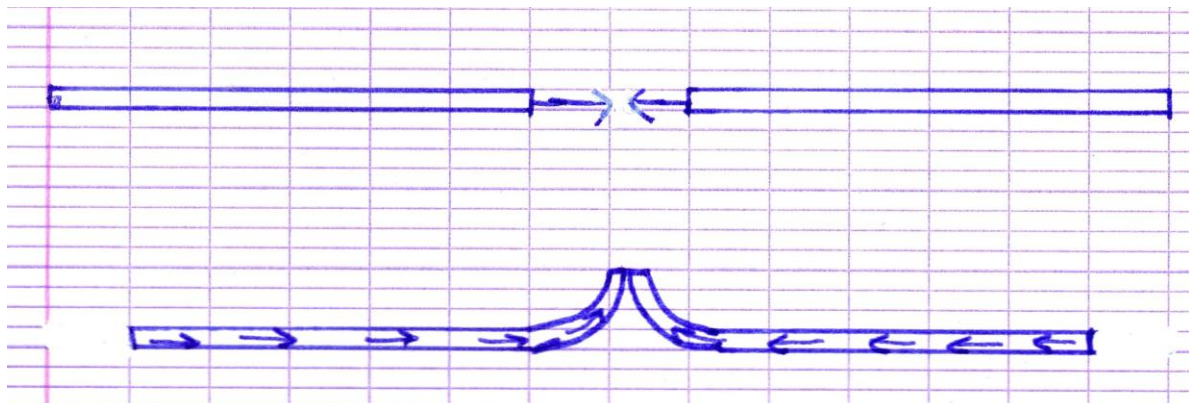
Dans les modèles, l'érosion a été imposée pour maintenir une pente plus ou moins constante du prisme. Après chaque incrément expérimental, une pente de la surface moyenne de plusieurs degrés (2° - 4°) est utilisée pour déterminer les domaines du prisme soumis à l'érosion. Les taux d'érosion et de sédimentation utilisés dans les expériences sont estimés sur la base des bilans sédimentaires réalisés à partir d'études antérieures. L'érosion est effectuée à l'aide d'un aspirateur. La sédimentation dans le bassin d'avant-pays et sur le front orogénique est produite en saupoudrant de sable pour remplir la même surface moyenne que celle utilisée pour l'érosion (2° - 4°). La majeure partie du matériel érodé quitte le système, comme il le fait dans le système alpin, où les grands fleuves transportent la plupart des sédiments érodés hors du bassin molassique.

Une série de dix-sept expériences a été réalisée :

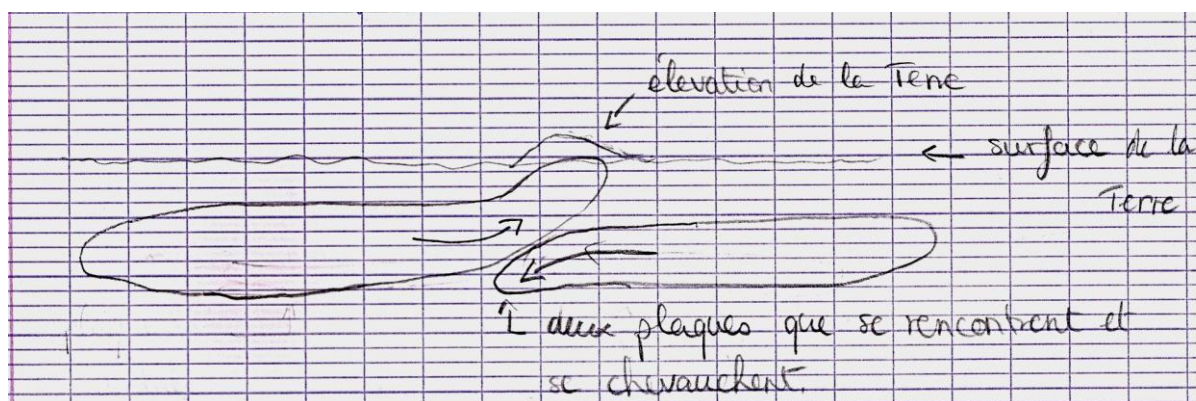
- en faisant d'abord varier les longueurs, les angles, la rhéologie et la localisation des niveaux de décollement pour contraindre la géométrie et le comportement mécanique des différentes unités tectoniques,
- puis en faisant varier les taux de sédimentation et l'érosion.

(extrait de l'article de Bonnet et al.,

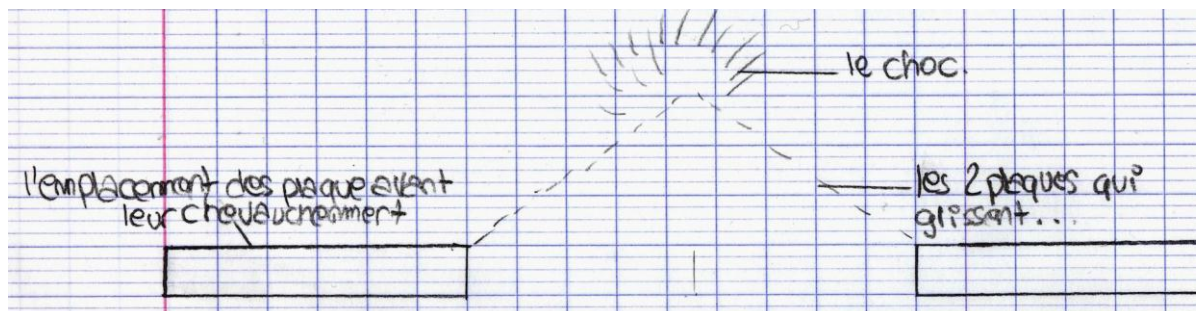
DOCUMENTS DE LA PARTIE III

Document 9 : Représentations initiales d'élèves de terminale et de quatrièmeElève A - Terminale S

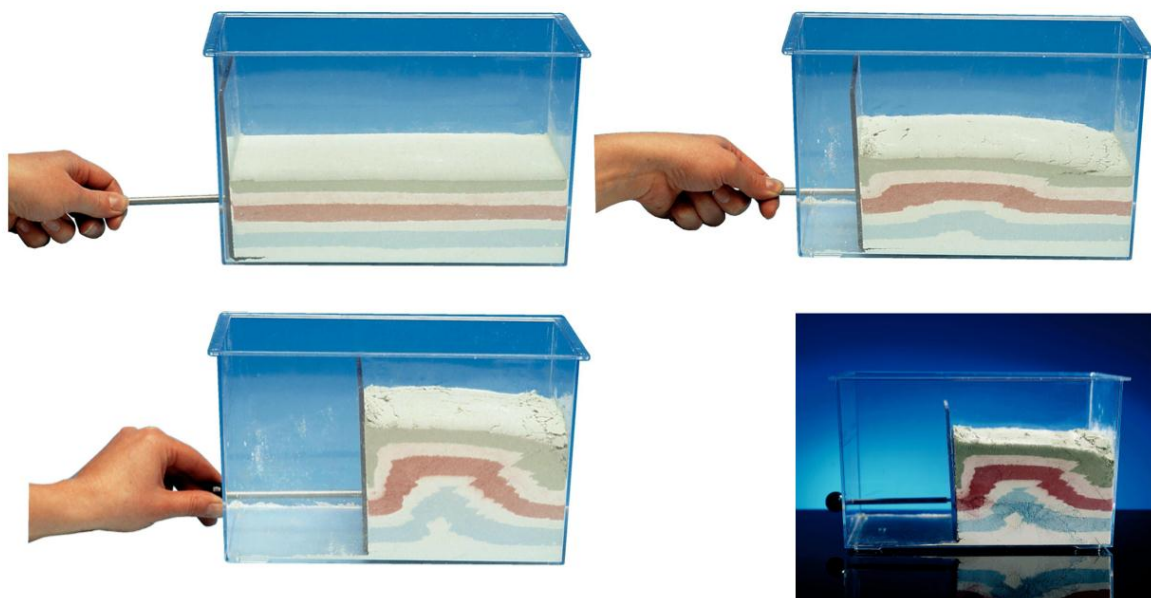
« Si une plaque en rencontre une autre, si les deux plaques poussent chacune de leur côté, alors la terre va se surélever puisqu'elles montent. »

Elève B - Terminale S

« Lorsque deux plaques se chevauchent, celle qui passe au-dessus soulève la surface de la terre. Cela crée une élévation. Au fur et à mesure, ce phénomène de plaques qui se chevauchent, augmente l'élévation et une montagne apparaît. Tous les ans, les montagnes "grandissent" de quelques mm car les plaques bougent en permanence ».

Elève C - Quatrième

« Ce sont deux plaques qui se frottent, se frottent et finissent par se rentrer dedans (vers le haut), et voilà comment se forme une montagne ».



Document 10 : Modèle Tectodidac © Pierron

Corrections et remarques concernant l'épreuve écrite de géologie

Eléments de correction

Partie I : le point sur les connaissances actuelles

1. Comparer les caractéristiques principales de la chaîne des Alpes et de la chaîne varisque en France.

Toutes les chaînes de montagnes correspondent à des **portions raccourcies et épaissies de la lithosphère**. Les orogènes se forment dans des **systèmes convergents**, dans lesquels le rapprochement des plaques lithosphériques provoque un serrage des éléments constitutifs de la croûte et du manteau. Les chaînes de montagnes peuvent se localiser soit en limite, soit à l'intérieur des plaques lithosphériques. La chaîne des Alpes et la chaîne varisque résultent de la fermeture d'une lithosphère océanique par subduction, puis de la collision des lithosphères continentales. On les appelle pour cela des **chaînes de collision continentale**. Chaque étape de l'évolution de la chaîne se traduit par la formation de structures tectoniques, d'un métamorphisme, d'un magmatisme et de phénomènes sédimentaires caractéristiques.

Il faut souligner qu'**une chaîne de montagne se construit essentiellement à partir de mouvements horizontaux de matière, liés à la convergence (forces aux limites)**. La subduction océanique est facilitée par **la gravité** (traction de la plaque plongeante ou slab pull) ; au contraire la subduction continentale est rendue difficile par sa faible densité, provoquant l'intense déformation de cette plaque continentale subduite. **Les forces de volume (pesanteur) interviennent tout au long de l'évolution orogénique** et elles facilitent le retour à l'équilibre pendant la phase tardi-orogénique de la lithosphère préalablement épaissie.

La formation des reliefs est la conséquence de ces mouvements horizontaux et verticaux qui provoquent une **modification progressive de l'équilibre isostatique** au cours des différents stades d'évolution de la chaîne. Des **réajustements isostatiques rapides** peuvent aussi se produire en réponse à des phénomènes profonds (délamination lithosphérique, détachement de la plaque plongeante).