

**Roches 1 : Le granite
de la Haie-Traversaine (53)**

Âge du granite : 540 Ma (Tardi-cadomien)

**Conclusions que l'on peut tirer de l'étude de la carte géologique de la France
et de l'observation de quelques échantillons de granite**

Ce granite de la Haie-Traversaine provient du département de la Mayenne qui appartient au Massif Armoricaïn.

Sur une carte géologique, les affleurements de granite, c'est-à-dire les endroits où le granite est visible à la surface du sol, sont toujours figurés en rouge et les roches qui lui ressemblent, les gneiss par exemple, dans des mêmes tons rouges.

Si l'on examine la carte géologique de la France au 1/10⁶ (page suivante), on peut faire deux constatations importantes :

1. Le granite n'affleure pas dans les bassins sédimentaires : Bassin Parisien, Bassin Aquitain, Bassin du Sud-Est (Provençal) qui sont en bleu, vert, jaune ou orangé. En revanche, il affleure de façon importante dans le Massif Armoricaïn, le Massif Central, les Vosges, les Pyrénées et les Alpes (dont fait partie la Corse) qui présentent beaucoup de rouge.

2. Mais dans ces zones rouges, on remarque aussi que le granite recouvre des surfaces importantes dans le Massif Armoricaïn, le Massif Central et les Vosges alors que ce n'est pas le cas dans les Pyrénées et les Alpes où il y a encore pas mal de vert et de bleu. Les affleurements de granite sont beaucoup plus importants dans le Massif Armoricaïn, le Massif Central et les Vosges que dans les Pyrénées et les Alpes.

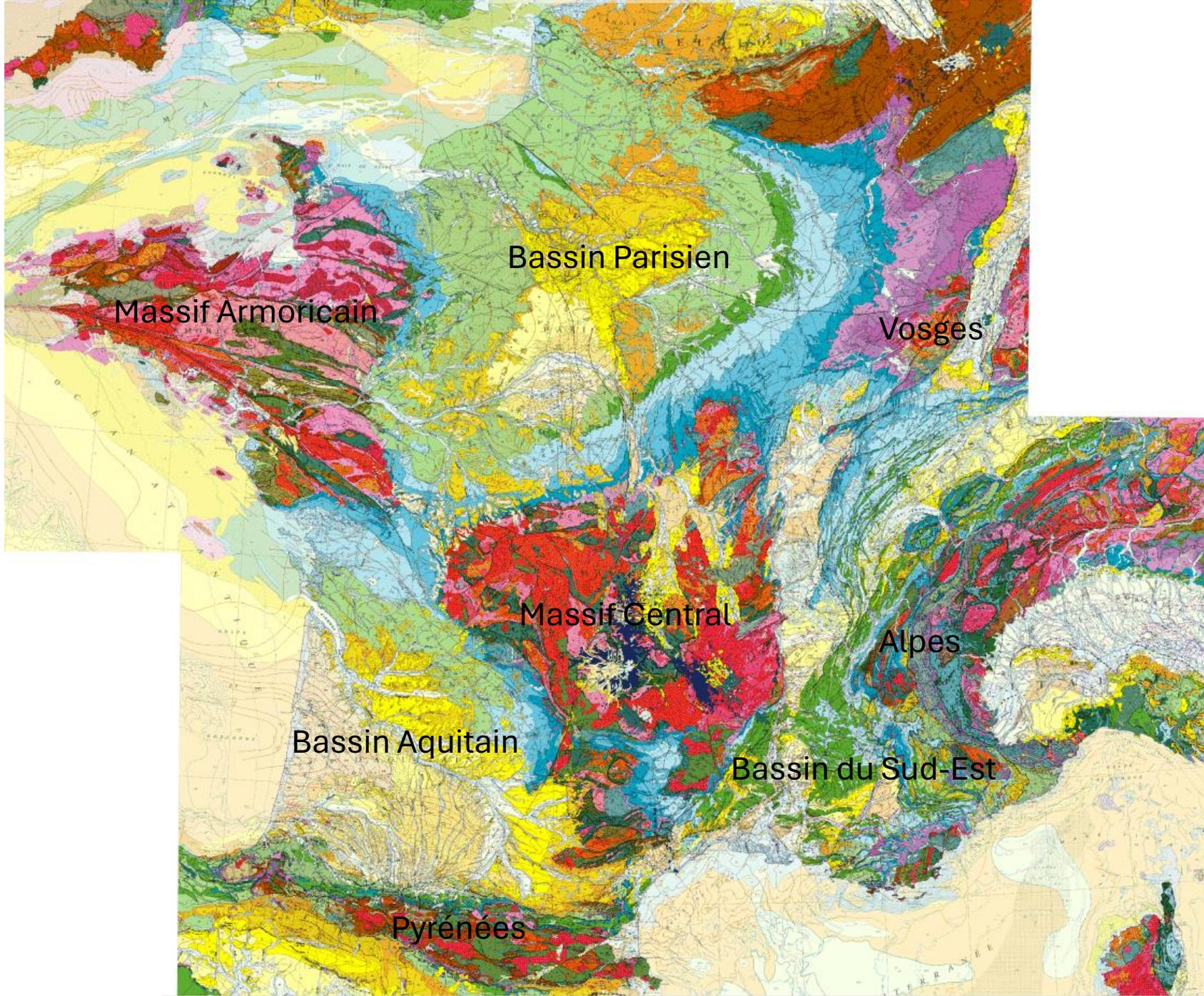
Or les géologues nous apprennent que les premiers (Massif Armoricaïn, Massif Central et Vosges) sont vieux et peu élevés : ils se sont formés il y a environ 300 millions d'années et avec le temps, ils se sont usés alors que les Pyrénées et les Alpes sont des chaînes beaucoup plus hautes parce qu'elles se sont formées il y a seulement 100 à 30 millions d'années ! Jeunes, elles ne sont pratiquement pas sées.

Utilisons cette deuxième observation qui introduit le **facteur « temps »**, si essentiel en géologie : les **massifs anciens se sont formés il y a environ 300 Ma**, les chaînes **récentes (de 100 à 30 Ma environ) !**

Plus le temps est long et plus l'érosion des reliefs est importante.

On peut alors faire le raisonnement suivant : avec le temps, un relief jeune et vigoureux (une chaîne avec des pics, des aiguilles...) s'érode et va se transformer à la longue en un massif moins élevé, aux formes plus molles, plus douces (collines, plateaux...). Et parallèlement, selon la deuxième observation, les affleurements de granite vont y devenir de plus en plus importants.

Alors, appliquons ce raisonnement pour une coupe transversale Ouest-Est de la France (de la Vendée à Briançon, dans les Alpes) passant à la fois par des massifs anciens : le Massif Armoricaïn et le Massif Central et se terminant dans une chaîne récente : les Alpes.





Profil de la coupe : le Potager extraordinaire - Briançon

Allons-y !!!!! (schéma de la page suivante)

Considérons les Alpes.

Avec le temps, les Alpes vont s'éroder et l'altitude baissant, les affleurements de granite vont y devenir de plus en plus importants en vertu de l'observation précédente.

Ce raisonnement conduit donc à supposer qu'à l'intérieur même de la chaîne alpine, la surface occupée par le granite va augmenter avec le temps, dit plus simplement, le granite va s'élargir. À l'intérieur des Alpes, le granite occupe donc un cône, il a la forme d'un chapeau pointu !

Prolongeons sur le schéma ce cône vers le bas.

Et si on applique le même raisonnement au Massif Central et au Massif Armoricaïn, on constate alors que les 3 troncs de cône, les 3 chapeaux pointus se croisent en profondeur.

Le granite, à une certaine profondeur, serait donc présent partout ! Et le schéma le montre bien, même sous les bassins !

Comment le vérifier ?

Il n'y a pas 36 solutions :

1. forer dans les Alpes pour voir si le cœur de la chaîne est bien constitué de granite,
2. forer dans les bassins qui séparent les reliefs pour voir si, sous le sédimentaire, en profondeur, il y a bien aussi du granite.

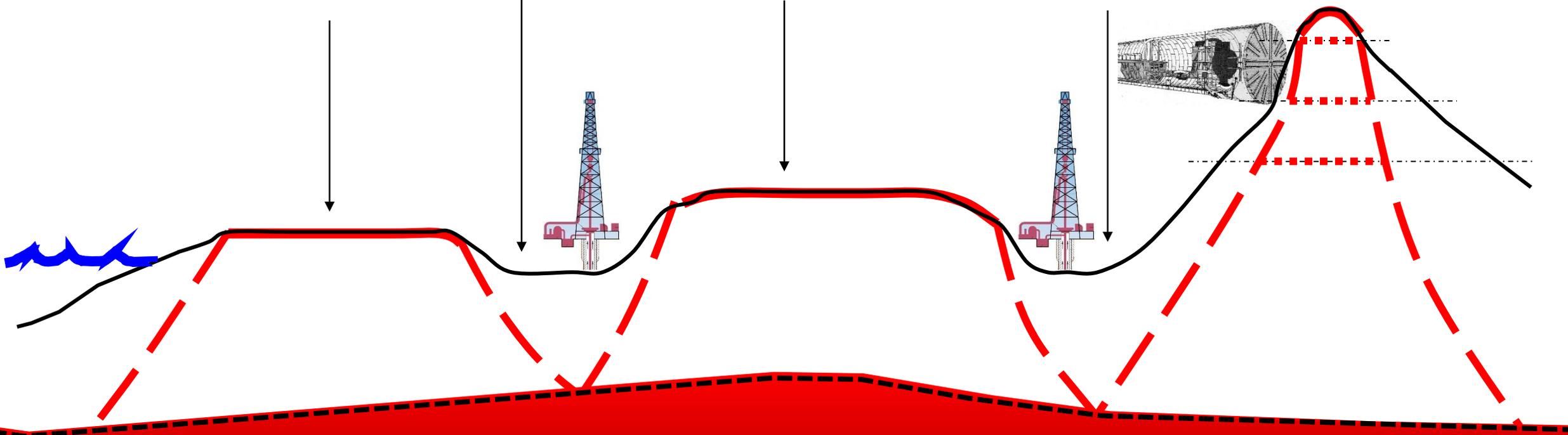
Massif
Armoricain

Seuil du Poitou

Massif Central

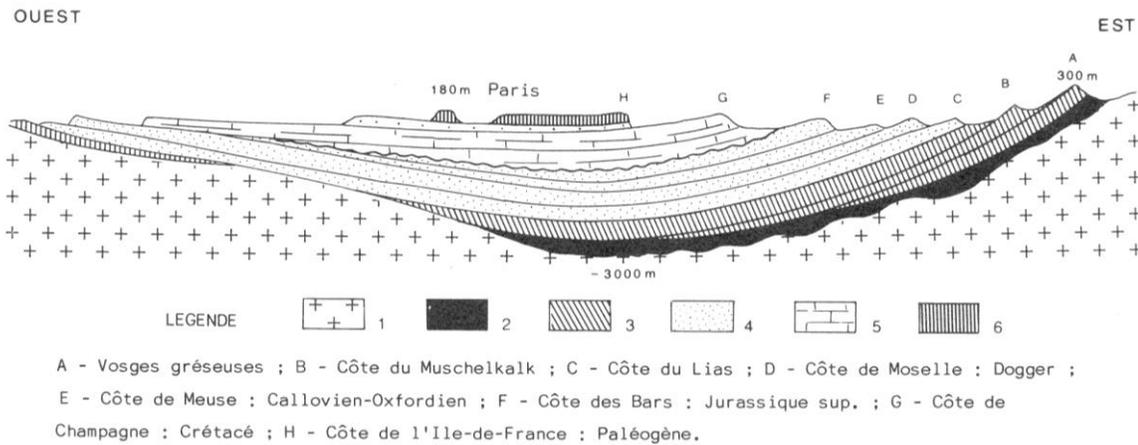
Sillon rhodanien

Alpes



« Socle granitique ? »

Résultat !



1. Socle granitique ; 2. Permien ; 3. Trias ; 4. Jurassique ; 5. Crétacé ; 6. Tertiaire

Coupe schématique du Bassin de Paris

Au centre du Bassin de Paris (schéma de gauche), on rencontre bien en forage une couche continue de granite (représentée par des croix).

Le tunnel du Mont Blanc (texte à droite) coupe du granite sur plus de 7 km de longueur.

Conclusion : Notre hypothèse est vérifiée !

Le granite est bien une roche de profondeur. Il forme le cœur des montagnes, il se prolonge sous les bassins sédimentaires. Il constitue donc en quelque sorte la base, le soubassement du territoire français : en un mot, son « socle ».

Les mêmes observations pouvant être faites ailleurs sous tous les continents, on peut généraliser !

Les continents ont un socle granitique ! La Terre est entourée par une croûte continentale de nature granitique.

La sismologie a permis de montrer qu'elle a en moyenne une épaisseur de 30 km, profondeur de la discontinuité de Mohovicic ou « Moho ».

Le tunnel routier du Mont-Blanc

Réalisé de 1959 à 1963, long de 12 km environ, le tunnel routier du Mont-Blanc réunit presque en ligne droite Chamonix (La Creusaz) à Courmayeur en Italie.

Le tracé recoupe, sous 2490 m de roche à l'Aiguille du Midi et 2145 m à l'Aiguille de Toule (frontière), les formations suivantes :

- sur les trois premiers kilomètres, une série de micaschistes et de gneiss,

- **sur les sept kilomètres suivants, une variété de granite appelé « protogine »,**

- sur les deux derniers kilomètres, des sédiments du Jurassique inférieur (Lias) constitués de calcaires et de marnes.

La photo ci-dessous représente un échantillon de granite du Massif de Mortagne-sur-Sèvre (Vendée) qui a été daté à -313 millions d'années.

On remarque que dans ce granite, la plupart des gros cristaux blancs (feldspath) sont orientés parallèlement les uns aux autres. Cela indique que lorsqu'ils se sont formés, lorsqu'ils ont cristallisé, ils devaient se trouver libres dans un fluide, un liquide animé d'un courant bien net, bien établi, stable pour qu'ils puissent adopter cette orientation particulière. Or, pour qu'un granite soit fluide ou en partie fluide, il faut nécessairement qu'il soit très chaud. Les géologues ont montré qu'un granite ne commence à fondre qu'à des températures de l'ordre de 700°C, températures qui ne sont atteintes qu'à de grandes profondeurs dans la croûte continentale : plusieurs dizaines de km.

L'orientation particulière des cristaux de feldspath de ce granite montre donc que ce dernier est passé par un stade fondu, on dit magmatique.

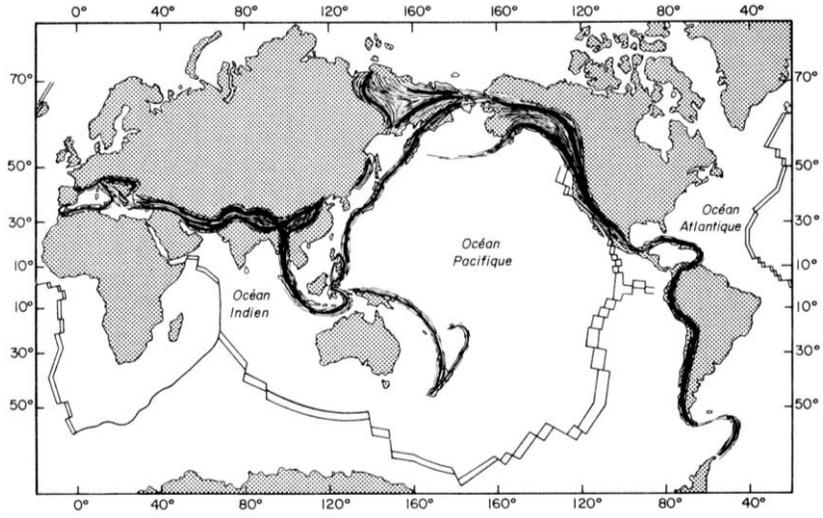
Conclusion : Le granite est une roche d'origine magmatique qui s'est formé par refroidissement d'un magma à grande profondeur.



Formation du granite et des cornéennes

Les granites sont abondants dans les chaînes de montagnes.

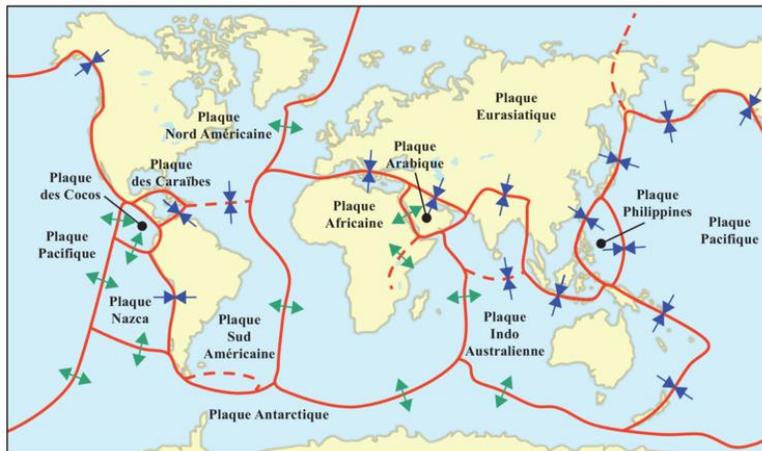
Les deux cartes ci-dessous montrent la répartition des jeunes chaînes de montagnes dans le monde et les limites de plaques à la surface de la Terre.



Carte de répartition des jeunes chaînes de montagnes (âge inférieur à 200 MA)

On notera que l'on peut définir pour ces chaînes de montagnes deux grandes zones : **le pourtour du Pacifique** qui comprend la chaîne des Andes, les cordillères nord-américaines, les chaînes bordières du Japon, de Chine, d'Indonésie et de Nouvelle-Zélande et **les chaînes alpines au sens large** qui s'étendent depuis les Alpes franco-suisses jusqu'en Birmanie en passant par la Grèce, la Turquie, l'Iran et l'Himalaya.

d'après Maurice Mattauer



Les principales plaques tectoniques et leurs mouvements relatifs



Frontière de convergence (les deux plaques qui se touchent se rapprochent l'une de l'autre)



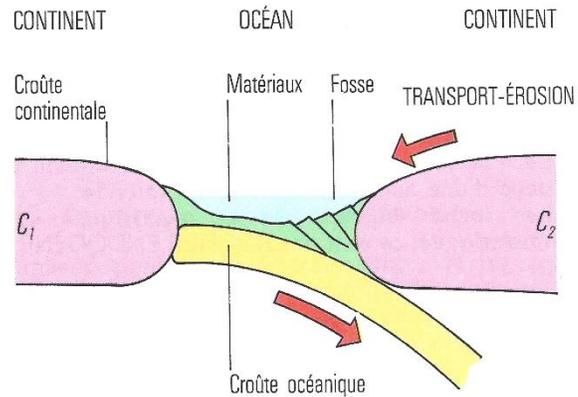
Frontière de divergence (les deux plaques qui se touchent s'écartent l'une de l'autre)

On constate alors que les chaînes de montagnes ne se forment pas n'importe où. Elles ne se forment qu'au niveau des frontières de convergence où les plaques se télescopent. Là, l'une des deux plaques s'enfonce alors sous l'autre ce qui génère du relief.

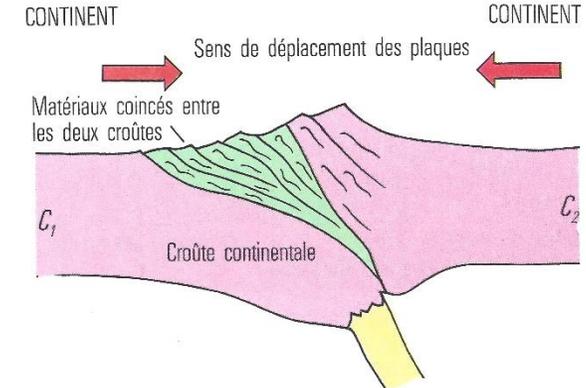
En revanche, au niveau des frontières de divergence, pour combler en quelque sorte le « vide » créé par leur écartement, c'est de la nouvelle croûte qui est fabriquée. Mais on peut remarquer que ces frontières divergentes sont toujours situées en domaine océanique : c'est donc de la croûte océanique qui y est fabriquée.

Conclusion : Les chaînes de montagnes se forment là où les plaques entrent en collision.

Considérons le cas de deux plaques continentales qui vont se télescoper suite à la fermeture de l'océan qui les sépare.

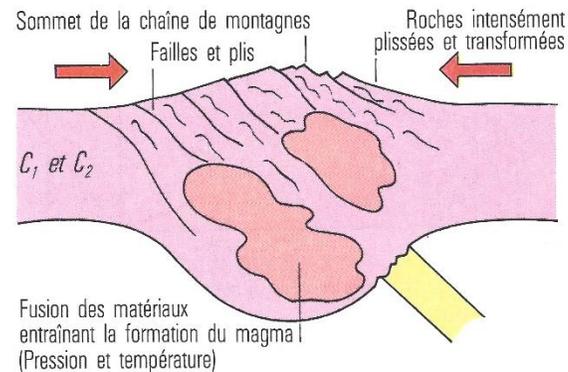


1 - Les matériaux arrachés au continent s'accumulent sur les marges océaniques



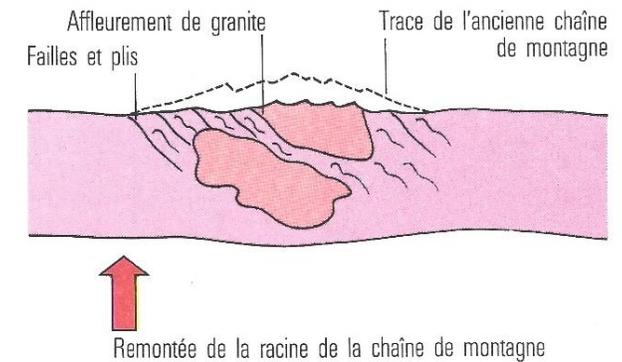
2 - Au cours de leur déplacement, les croûtes continentales peuvent se rapprocher et entrer en collision. Les matériaux sont coincés entre les deux masses continentales. Une montagne se forme, des roches se plissent, des failles apparaissent.

La matière est transférée de l'extérieur de la Terre vers l'intérieur.



3 - Les matériaux soumis à des températures et des pressions importantes, à des profondeurs de 10 à 30 km pendant des millions d'années, fondent. Il se forme un magma.

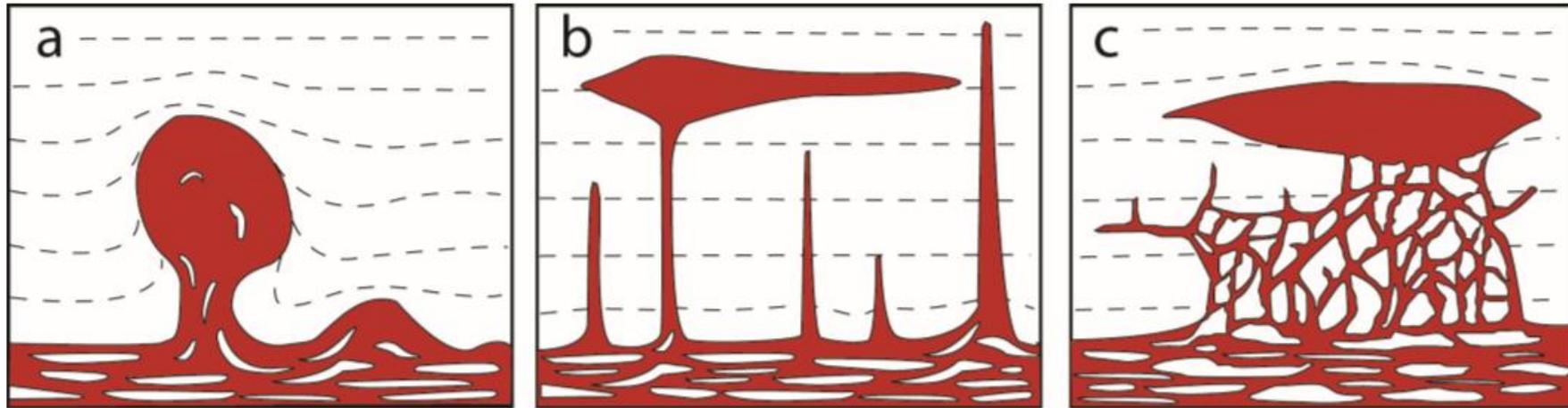
La matière est transférée de l'extérieur de la Terre vers l'intérieur.



4 - Le magma se refroidit lentement (pendant des millions d'années) et donne naissance au granite qui apparaît grâce à l'érosion de la chaîne de montagne

Dans l'exemple présenté ici, on constate (figure 3 de la page précédente) que des matériaux (sédiments, roches) portés en profondeur à des températures de l'ordre de 700°C et à des pressions élevées (celles régnant entre 10 et 30 km de profondeur) sont susceptibles de fondre partiellement et de donner naissance à du magma en même temps que la collision a produit une chaîne de montagnes.

Ce magma, chaud et plus léger que la croûte continentale environnante, remonte ensuite vers la surface à la façon d'une montgolfière (figure a ci-dessous). Se rapprochant alors de la surface, il se refroidit. Des cristaux s'y forment et il devient plus pâteux. Vers 5 km de profondeur en moyenne, il s'immobilise, se fige complètement pour donner naissance à du granite (figures b ou c).



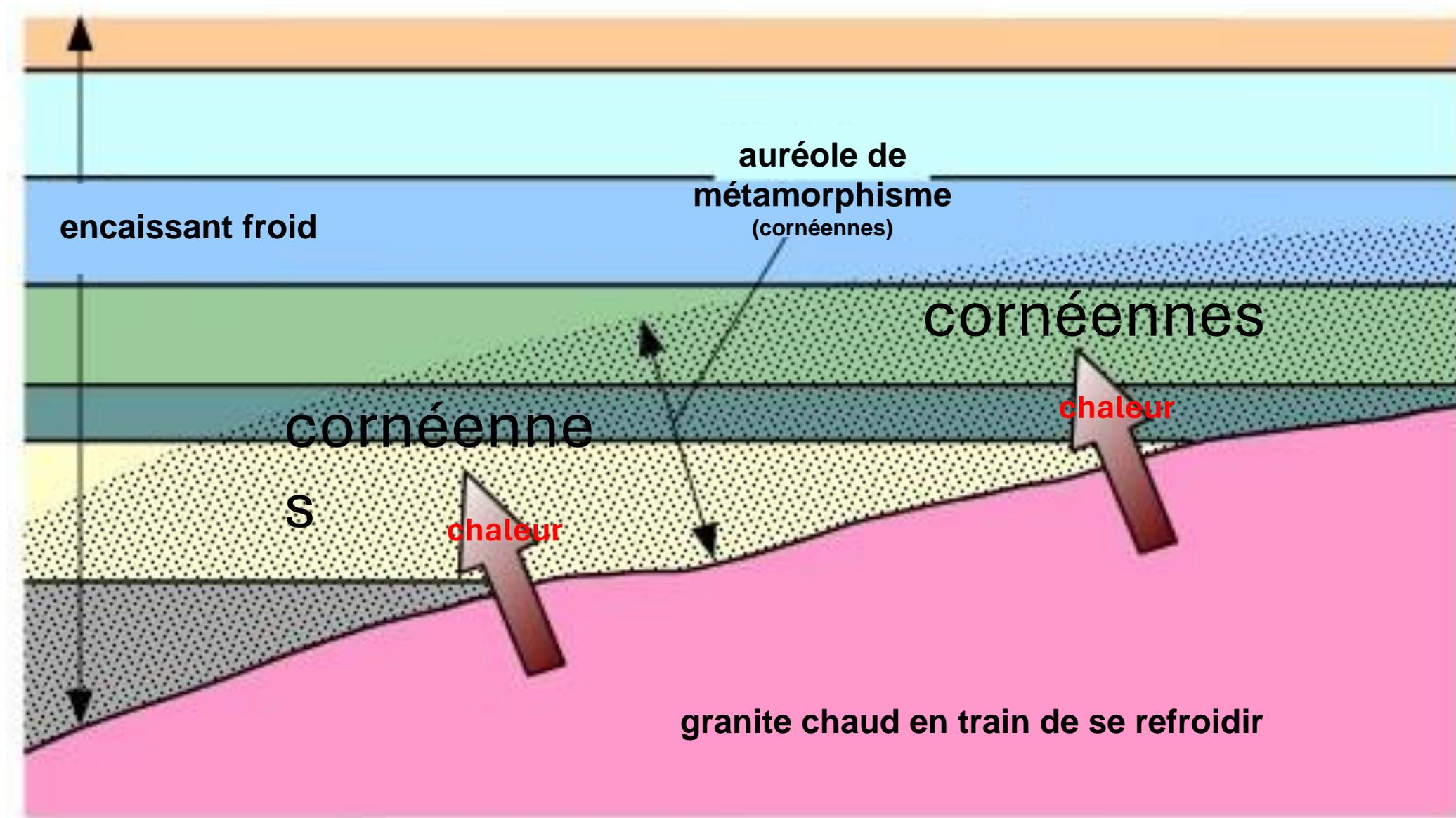
Mais à 5 km de profondeur, ce granite est chaud alors que les roches qui l'entourent sont plus froides (voir page suivante).

Il va donc continuer à se refroidir en cédant de sa chaleur à cet encaissant plus froid. Il va alors littéralement le « cuire ».

En fait, pour être précis, c'est plus qu'une cuisson. Des réactions chimiques vont avoir lieu dans l'encaissant ; des minéraux devenus maintenant instables dans ces nouvelles conditions de T° vont se transformer en de nouveaux minéraux plus stables.

Les roches sédimentaires au contact immédiat du granite chaud se transforment donc minéralogiquement, en quelque sorte se « métamorphosent » : on parle alors de « **métamorphisme de contact** ».

C'est ainsi que se sont formées les cornéennes de La Haie-Traversaine, le nom de cornéennes étant dû à la fois à leur aspect corné et à leur dureté.



Comment se fait-il qu'un granite formé à 5 km de profondeur soit aujourd'hui à la surface ?

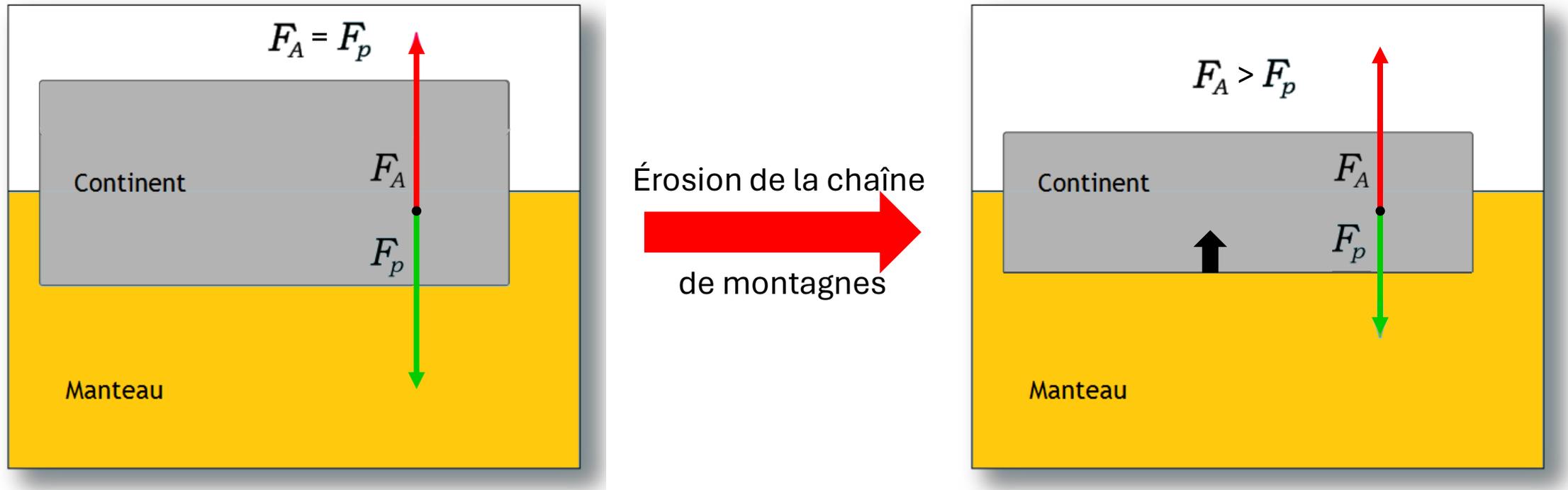
La figure ci-dessous à gauche représente une chaîne de montagnes qui vient de se former.

La croûte continentale, en gris et bleu, est épaisse. Sa densité est de l'ordre de 2,7 (1 cm³ de roche pèse 2,7 g). Elle flotte donc à la surface du manteau, en jaune, plus dense, de densité 3,3 (1 cm³ de roche pèse 3,3 g).

Le continent appuie de tout son poids sur le manteau (force dirigée vers le bas F_p) et en retour, il reçoit une force dirigée vers le haut, F_a , la fameuse poussée d'Archimède !

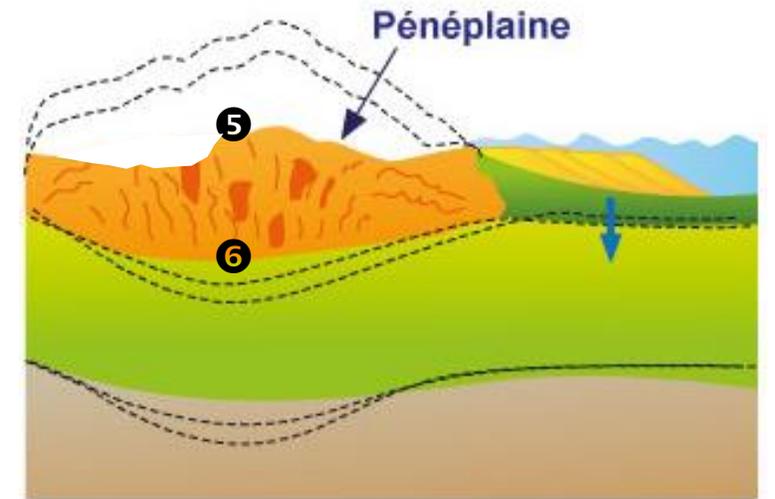
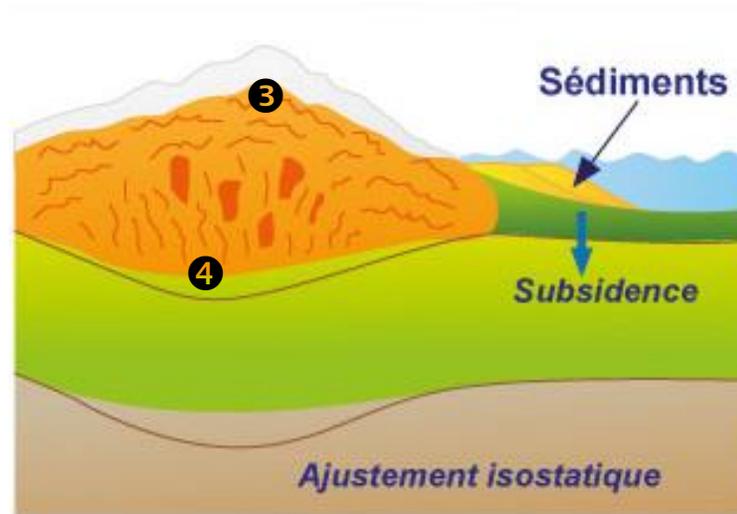
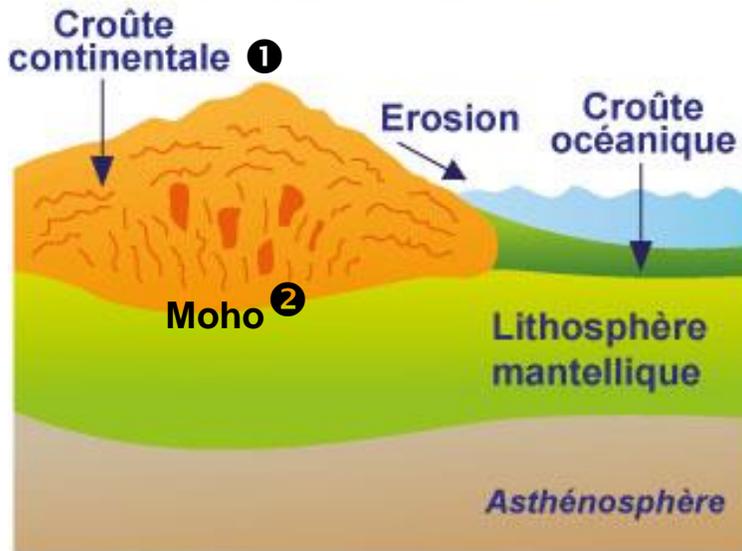
Et les deux forces sont égales $F_a = F_p$. Le continent est en équilibre sur le manteau, il flotte sur le manteau !

La figure de droite représente le continent après érosion de la chaîne de montagnes. Le continent appuie alors beaucoup moins sur le manteau. En revanche, la poussée d'Archimède a relativement peu diminué $F_a > F_p$. Il en résulte que le continent « remonte » vers la surface, plus précisément sa base et en l'occurrence, la partie la plus profonde de la chaîne de montagnes, sa racine. Or, c'est là que se sont formés les magmas à l'origine des granites.



TEMPS

Chaîne de montagnes



- ① Érosion ② Moho

Le Moho est la limite croûte continentale - Manteau.
Sous une chaîne de montagnes, la croûte continentale a une épaisseur d'environ 60 km.



Roches magmatiques formées en profondeur (granites,...)

- ③ Érosion du relief
④ Remontée du manteau

- ⑤ Fin de l'érosion de la chaîne de montagnes transformée maintenant en une pénéplaine

- ⑥ Fin de la remontée du manteau -
La croûte continentale a retrouvé son épaisseur normale : 30 km.
Du granite formé en profondeur est maintenant à l'affleurement.

Le granite de La Haie-Traversaine

Le granite de La Haie-Traversaine a été daté à 540 millions d'années.

D'après ce que l'on vient de dire, il s'est donc formé une chaîne de montagnes à cette époque dans la région de la Mayenne.

En fait, la formation de cette chaîne a demandé beaucoup de temps : on pense qu'elle s'est constituée entre 650 et 540 millions d'années. Et elle était beaucoup plus étendue. Elle recouvrait également le Nord de la Bretagne et le tout le Cotentin où l'on peut trouver les plus vieilles roches de la France métropolitaine âgées de près de 2 milliards d'années.

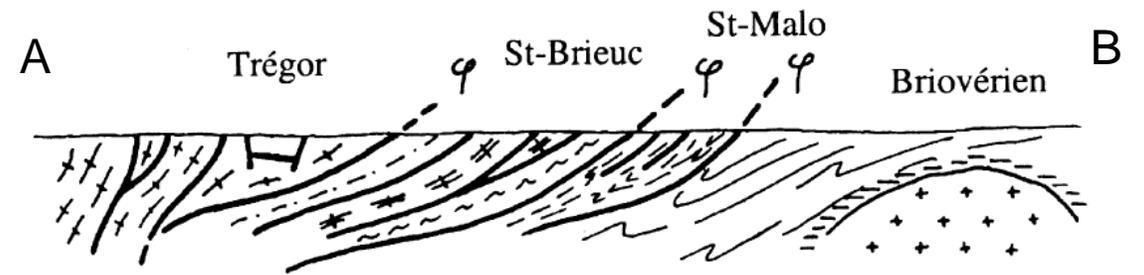
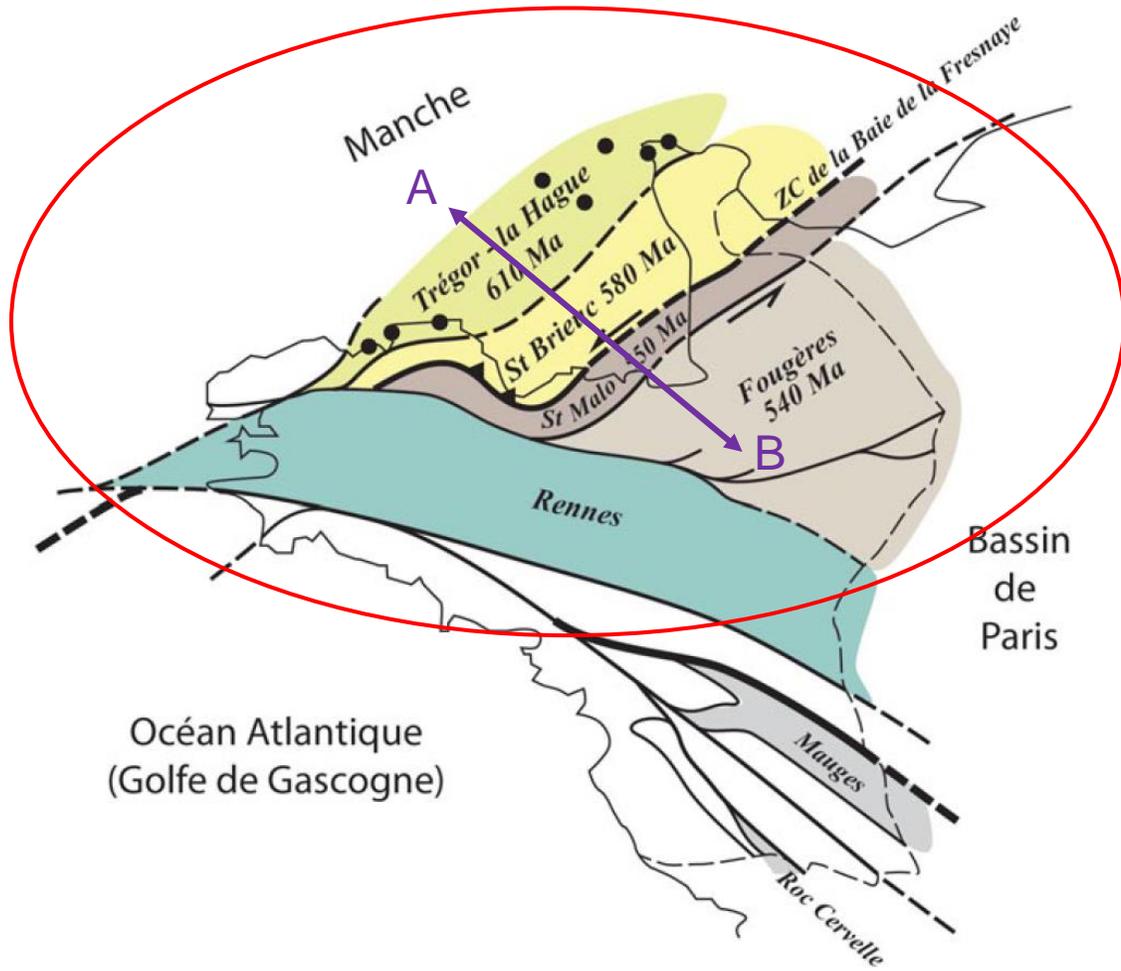
Pour rappel, la Terre s'est formée il y a 4,5 milliards d'années.

Cette chaîne, appelée **chaîne cadomienne** en France, aurait soudé un microcontinent : Cadomia à un gros continent : le continent Ouest-Africain.

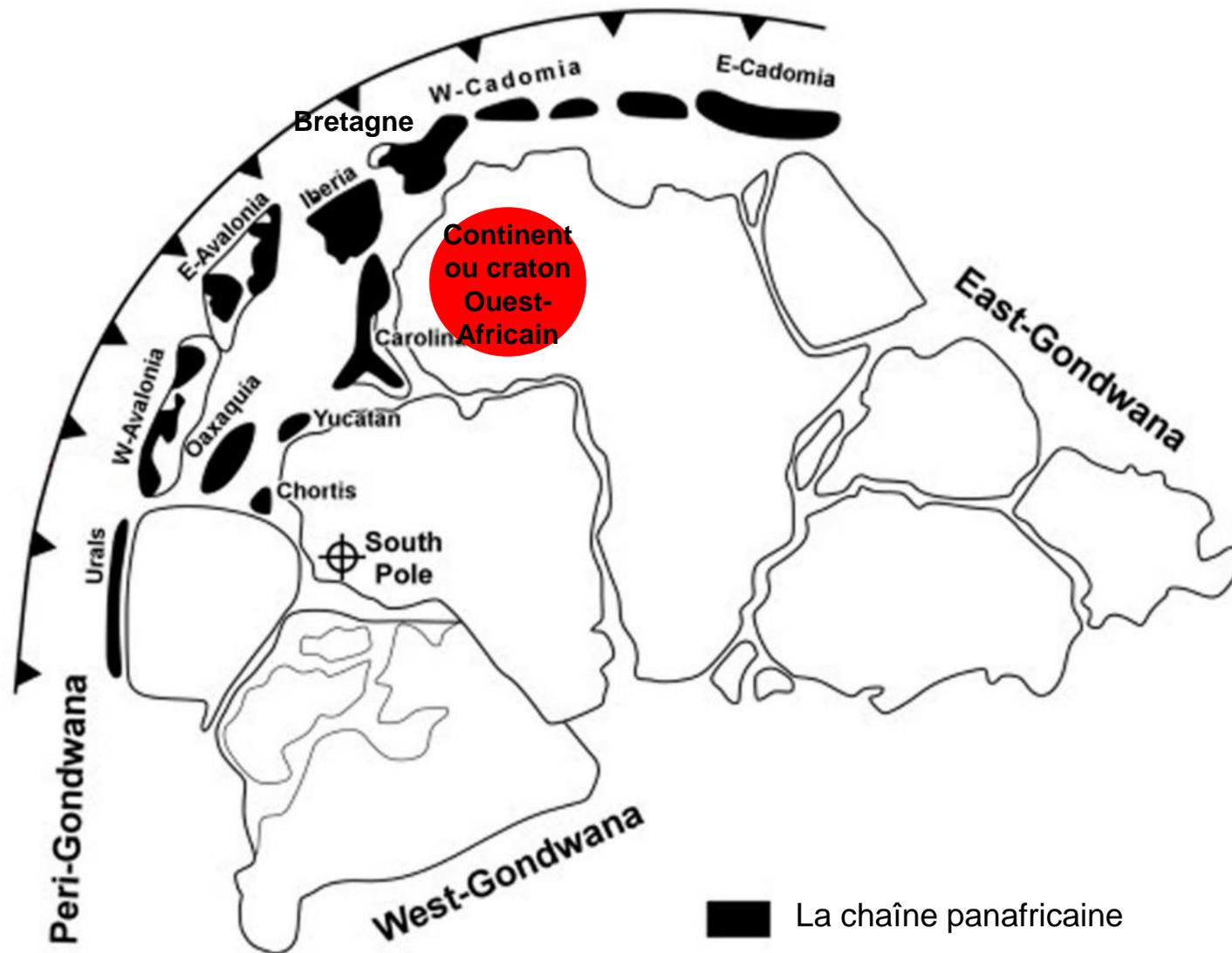
Mais en réalité, la chaîne cadomienne s'étendait bien au-delà de la Bretagne actuelle car c'est un vaste domaine océanique qui a subducté. Ce sont donc en fait de nombreux microcontinents ou microplaques : *Bohemia*, *Cadomia*, *Iberia* et *Carolina (USA)* qui sont venus se coller au continent Ouest-Africain et l'agrandir pour former une véritable ceinture de chaînes de montagnes: la « Ceinture ou chaîne panafricaine ».

En même temps, toutes les autres grosses masses continentales se soudent également entre elles. Elles vont constituer vers 550 millions d'années un seul et unique super-continent : Pannotia qui se fragmentera par la suite.

Extension de la chaîne cadomienne dans le Massif armoricain (modifié d'après Ballèvre et al., 2001)



Coupe A-B au travers de la chaîne cadomienne



La Pannotia, il y a environ 570 millions d'années

Remarquer la position du pôle Sud à cette époque.