

Les traces continentales des orogénèses passées

Remarque : pensez à télécharger le logiciel [PaléoTerre](#)

I Rappels et contexte d'étude

L'Histoire de la Terre débute il y a 4,5 milliards d'années (Ga), quand elle se forme en même temps que les autres planètes à partir d'une nébuleuse solaire (masse de poussières et de gaz en forme de disque) détachée du Soleil en formation. La formation de la Terre par accréation se termine en moins de 20 millions d'années. Initialement en fusion, la couche externe de la Terre se refroidit pour former une croûte initiale solide.

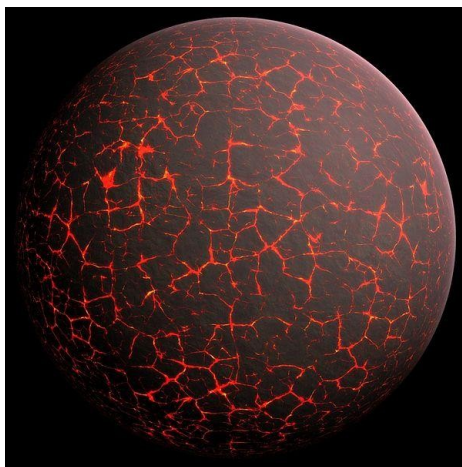
Document 1 : La nébuleuse solaire



NASA, Université Hui Yang de l'Illinois ODNursery of New Stars via Wikimedia Commons, domaine publique,

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nursery_of_New_Stars_-_GPN-2000-000972.jpg

Document 2 : Vue d'artiste de la Terre refroidissant



Earth_formation par PublicDomainePhotos via Wikimedia Commons, [CC-Zéro](#),

La lune se serait formée peu de temps après suite à un impact avec un objet céleste gros comme Mars et nommé Théia. Une partie de cet objet se serait mêlée à la Terre et l'autre partie, mêlée à environ 10 % de la masse totale de la Terre aurait été éjectée dans l'espace puis se serait agglomérée pour former la Lune.

Document 3 : Vue d'artiste de l'impact de Théia



Artist's_concept_of_collision_at_HD_172555 par NASA / JPL-Caltech via Wikimedia Commons, domaine public, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Artist%27s_concept_of_collision_at_HD_172555.jpg

L'activité volcanique qui suit l'impact, associé aux très hautes températures (10 000°C) produit une atmosphère primitive par dégazage. Lorsque l'eau commence à s'accumuler dans l'atmosphère, comme la température globale de la Terre diminue, les premières pluies se forment aboutissant aux premiers océans. Les gaz à effet de serre de cette atmosphère permettent de maintenir une température compatible avec la présence d'eau liquide à la surface de la Terre et empêchent les océans de geler alors que la planète ne recevait qu'environ 70 % de la luminosité solaire actuelle.

Document 4 : Vue d'artiste de la Terre au début de l'Hadéen

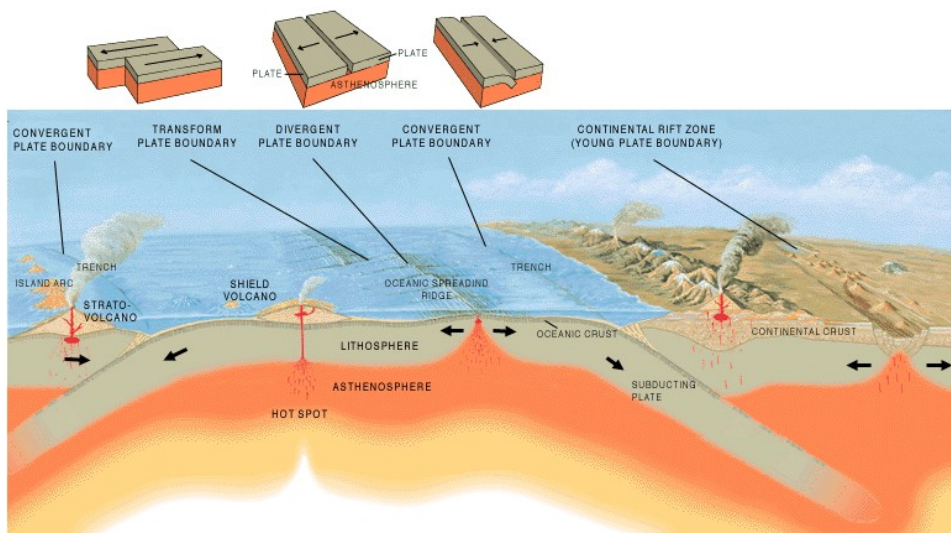


Hadean, par [Tim Bertelink](#) via wikimedia commons, [CC-BY-SA-4.0](#),
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hadean.png>

Cette période de mise en place de l'atmosphère et de la croûte initiale a délimité le premier éon des temps géologique, l'Hadéen, qui se termine avec l'apparition de la vie il y a environ 4 milliards d'années. Le visage de la Terre est alors dessiné : elle est recouverte d'océans séparant des masses de terres émergées appelées continents.

En refroidissant, la lithosphère, constituée de la croûte et de la partie supérieure rigide du manteau, se solidifie. La lithosphère surmonte l'asthénosphère, qui est solide mais ductile et qui, à l'échelle des temps géologiques, est capable de fluer.

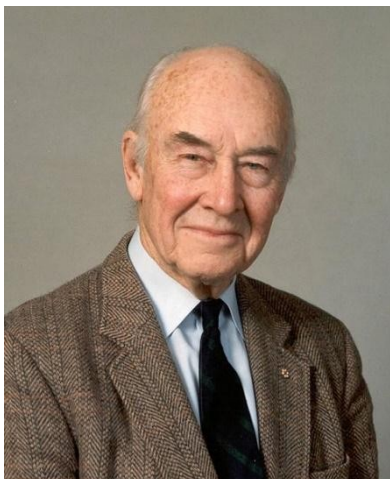
Document 5 : Organisation horizontale de la lithosphère :



Source : Tectonic plate limits.png par Jose F. Vigil. USGS via Wikimédia Commons, Domaine public, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tectonic_plate_boundaries.png

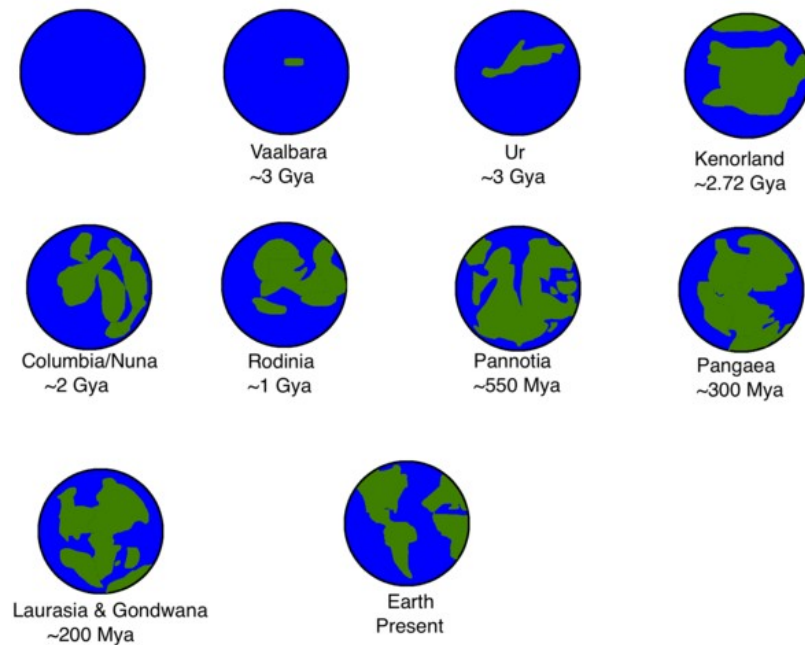
La lithosphère se fragmente en plaques tectoniques qui se déplacent relativement les unes par rapport aux autres, se heurtant et se combinant en continents qui se fragmentent à leur tour et dérivent pour former de nouvelles configurations. Ce cycle continental est appelé « cycle de Wilson » du nom de John Tuzo Wilson son inventeur.

Document 6 : John Tuzo Wilson



John_Tuzo_Wilson_in_1992 par Stephen Morris via Wikimedia Commons, [CC-BY-SA-3.0](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:John_Tuzo_Wilson_in_1992.jpg),
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:John_Tuzo_Wilson_in_1992.jpg

Document 7 : Représentation simplifiée des cycles des supercontinents jusqu'à nos jours



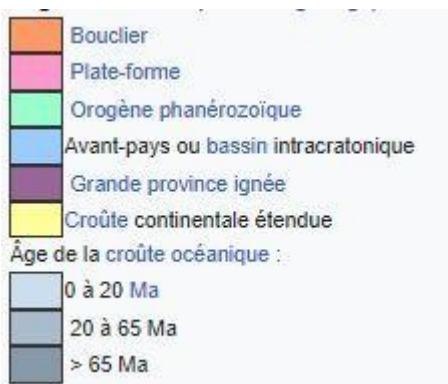
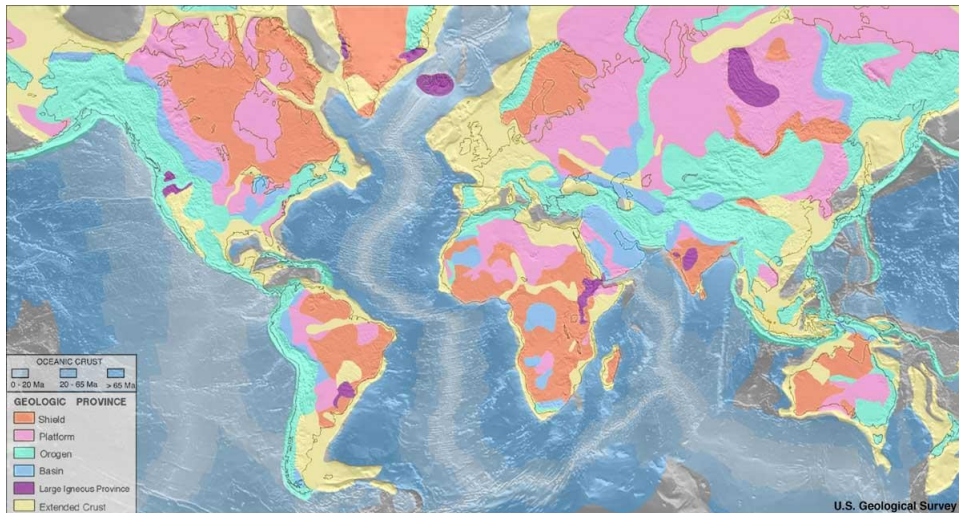
600px-Platetechsimple par [Réponses simplistes](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Platetechsimple.png) via Wikimedia Commons, [CC-BY-SA-4.0](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Platetechsimple.png),
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Platetechsimple.png>

Les mouvements lithosphériques sont donc la conséquence de l'évacuation de la chaleur interne de la Terre. Cela fait 4.5 Ga qu'elle se refroidit et cela fait 4 milliards d'années que la surface terrestre est animée de mouvements à l'origine des reliefs. **On peut se demander si aujourd'hui, il reste des traces de cette activité passée mouvementée.**

II Structure horizontale de la lithosphère

Vous avez étudié la structure verticale de la lithosphère. Si on s'intéresse à sa structure horizontale, on remarque que celle-ci n'est pas homogène. La surface continentale de la Terre est constituée de 3 grandes catégories de provinces géologiques : des ensembles instables, les orogènes, des ensembles stables situés entre les parties instables, les cratons et des **provinces entièrement magmatiques**.

Document 8 : Les grandes provinces géologiques de la Terre



Provinces géologiques mondiales.jpg, par [United States Geological Survey](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World_geologic_provinces.jpg), via Wikimedia commons, domaine publique,

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World_geologic_provinces.jpg

Cette carte des provinces géologiques ne rend que des entités d'environ 150 km de diamètre et plus, car la résolution des cartes doit être cohérente avec la résolution des données de réfraction sismique.

Nous nous intéresserons dans cette leçon aux deux premières.

[A/ Les orogènes](#)

Un orogène est un système montagneux édifié sur une portion instable de l'écorce terrestre ayant subi un important resserrement et montrant des plis et des nappes de charriage. On y trouve également des roches métamorphiques révélant des conditions de hautes pressions caractéristiques des forces de compression rencontrées lors d'une collision et des roches magmatiques témoignant de conditions de formation en profondeur lors de mécanismes de subduction.

On peut citer en exemple l'orogène alpin. Il s'est formé par orogénèse. Le mot orogénèse vient du grec « oros » qui signifie « montagne » et du verbe « gennan » qui signifie engendrer. Une orogénèse est donc un processus, un ensemble de mécanismes, qui conduit à la formation de reliefs et plus particulièrement d'un orogène.

On appelle ceinture orogénique, l'ensemble des chaînes de montagnes formant un alignement et issue d'un même épisode tectonique.

La ceinture orogénique alpine regroupe plus de dix chaînes de montagne qui s'étendent de l'Atlas aux îles de la Sonde en passant par les Pyrénées, les Alpes, le Caucase et l'Himalaya. Elles se sont formées lors de l'orogénèse du Cénozoïque..

Document 9 : Localisation de la ceinture orogénique alpine en gris sur la carte

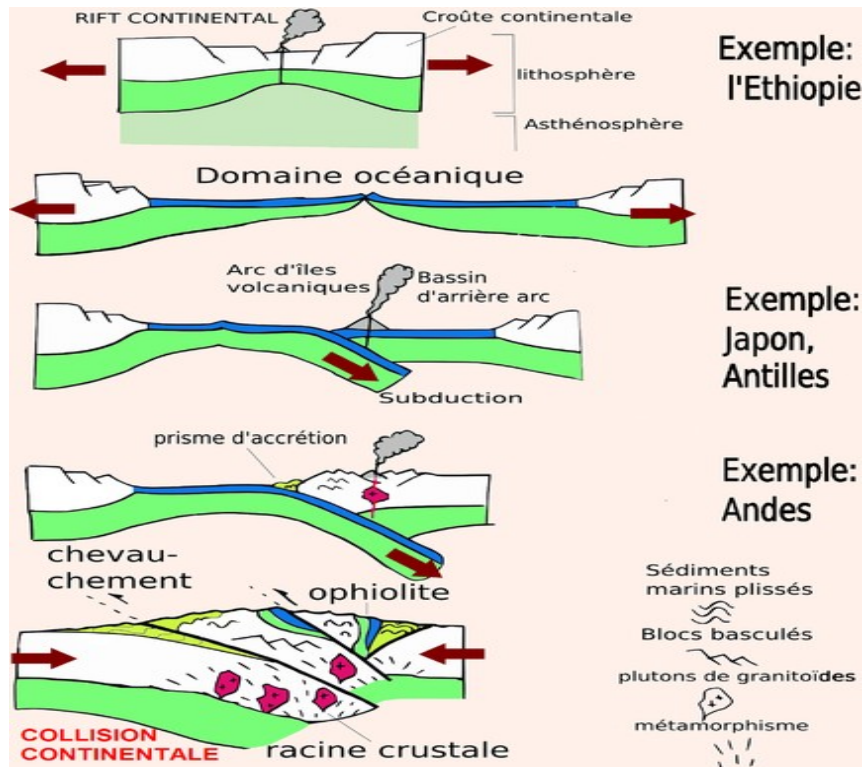


France relief.png par v via Wikimedia commons, [CC-BY-SA-3.0](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:France_relief.png?uselang=fr),
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:France_relief.png?uselang=fr

Toute orogénèse débute donc forcément par la fermeture d'un océan, fermeture liée au rapprochement de 2 masses continentales. Mais qui dit océan... dit continent fracturé... On parle de cycle orogénique. On estime aujourd'hui qu'un cycle correspond à l'ouverture d'un domaine océanique suivie de sa fermeture et d'une collision continentale.

Aujourd'hui on peut observer sur la planète, différents stades des étapes de la formation d'une chaîne de montagne. Le dernier stade représenté sur le schéma ci-dessous correspond au stade actuel des Alpes.

Document 10 : Les étapes d'un cycle orogénique



source : Cycle orogénique.png, Travail personnel Auteur Saphon via wikimédia commons, CC-BY-SA-3.0, https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Cycle_orog%C3%A9nique.png

B / Les cratons

Un craton, du grec « kratos » qui veut dire « empire », est une vaste portion stable du domaine continental par opposition aux zones instables déformées (les orogènes). Il désigne donc d'anciennes masses continentales (au moins 520 Ma) parvenues à une rigidité telle, qu'elles n'ont pu, au cours de l'histoire de la Terre, ni être fragmentées ou déformées ni dès lors, subir de mouvement orogénique d'importance.

Les cratons, s'étendent sur quelques centaines de kilomètres au minimum, avec un relief faible et une épaisseur crustale caractéristique de l'ordre de 35 à 40 km. Ils se constituent ainsi de terrains plats ou légèrement ondulés, qui contiennent des roches parmi les plus anciennes. On les retrouve donc à l'intérieur des zones continentales. Les cratons les plus anciens datent de l'Archéen. En raison de la tectonique des plaques, on en retrouve aujourd'hui sur tous les continents.

Document 11 : Répartition des cratons Archéens

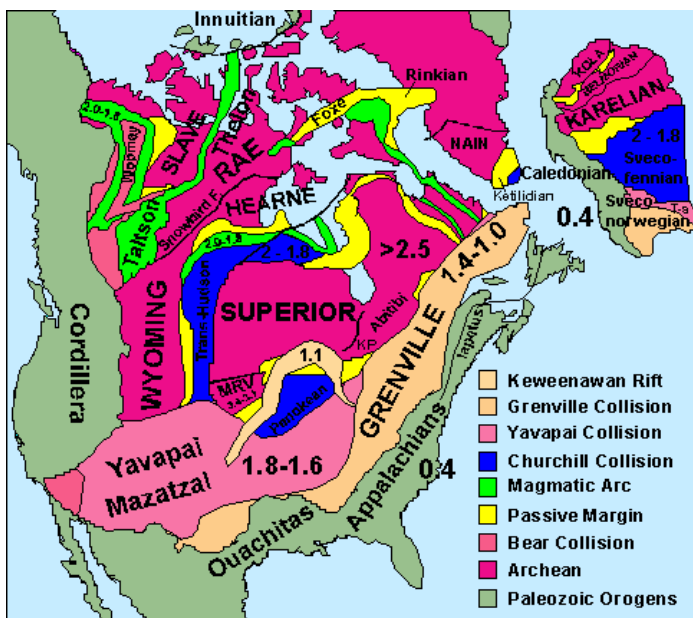


600px-ARGEIESEKRATONS.svg, [JCWF](#) via Wikimédia Commons, [CC-BY-SA-4.0](#)

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Argeiesekratons.svg>

La croûte continentale a subi tellement de collisions et de fracturations, qu'aujourd'hui les continents sont constitués de plusieurs cratons et de plusieurs orogènes.

Document 12 : Cratons de l'Amérique du Nord



North America Basement Rocks.png par USGS via Wikimédia Commons, domaine publique, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:North_america_basement_rocks.png

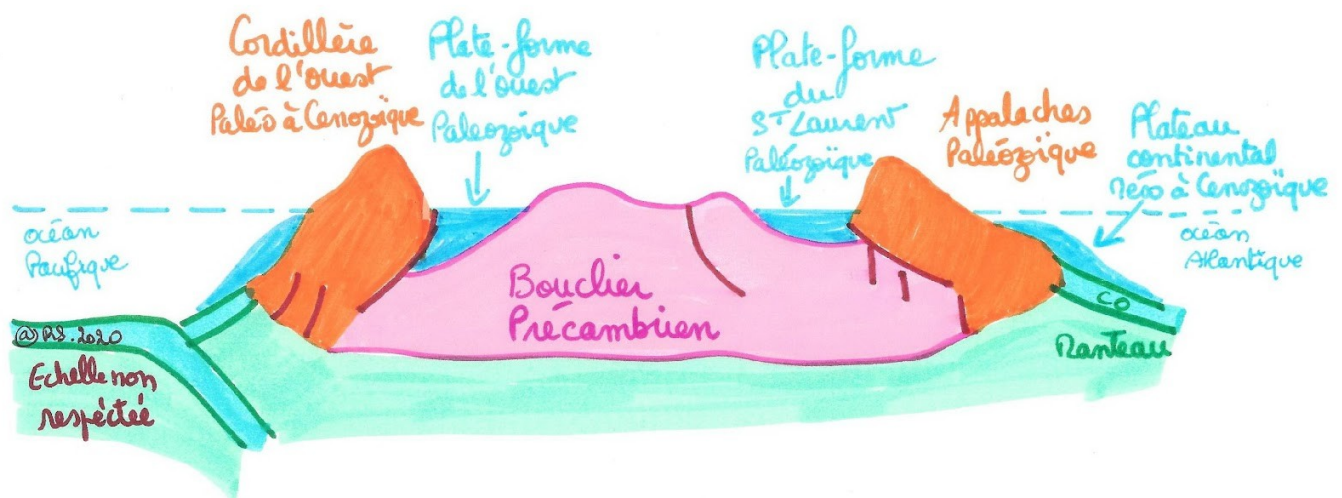
On distingue dans les cratons 2 types d'ensembles géologiques : les boucliers et les plateformes.

- Les boucliers sont de grandes zones continentales caractérisées par l'affleurement de terrains précambriens de type magmatique et métamorphique.

- Les plateformes sont des zones continentales plutôt plates dans lesquelles des terrains sédimentaires, formés dans des bassins sédimentaires, recouvrent les roches métamorphiques ou magmatiques formant ce qu'on appelle un « socle ».

À la périphérie des vieux cratons, on observe des orogènes encerclant les cratons : ce sont les **ceintures orogéniques**.

Document 13 : Coupe du continent Nord-américain montrant l'encercllement du craton (ici un bouclier) par les orogènes.



Ainsi, les cratons ayant la particularité de ne pas se déformer, au fur et à mesure des collisions, seule la périphérie des unités continentales à caractère ductile, pourront subir des déformations. La succession dans l'espace des orogènes traduit une succession de collisions ce qui traduit les cycles de Wilson.

Chaque orogénèse correspondant à une collision, en repérant leurs traces sur les continents et en rassemblant les roches de même âge comme les pièces d'un puzzle, il est alors possible de reconstituer les positions des continents les uns par rapport aux autres aux cours des temps géologiques

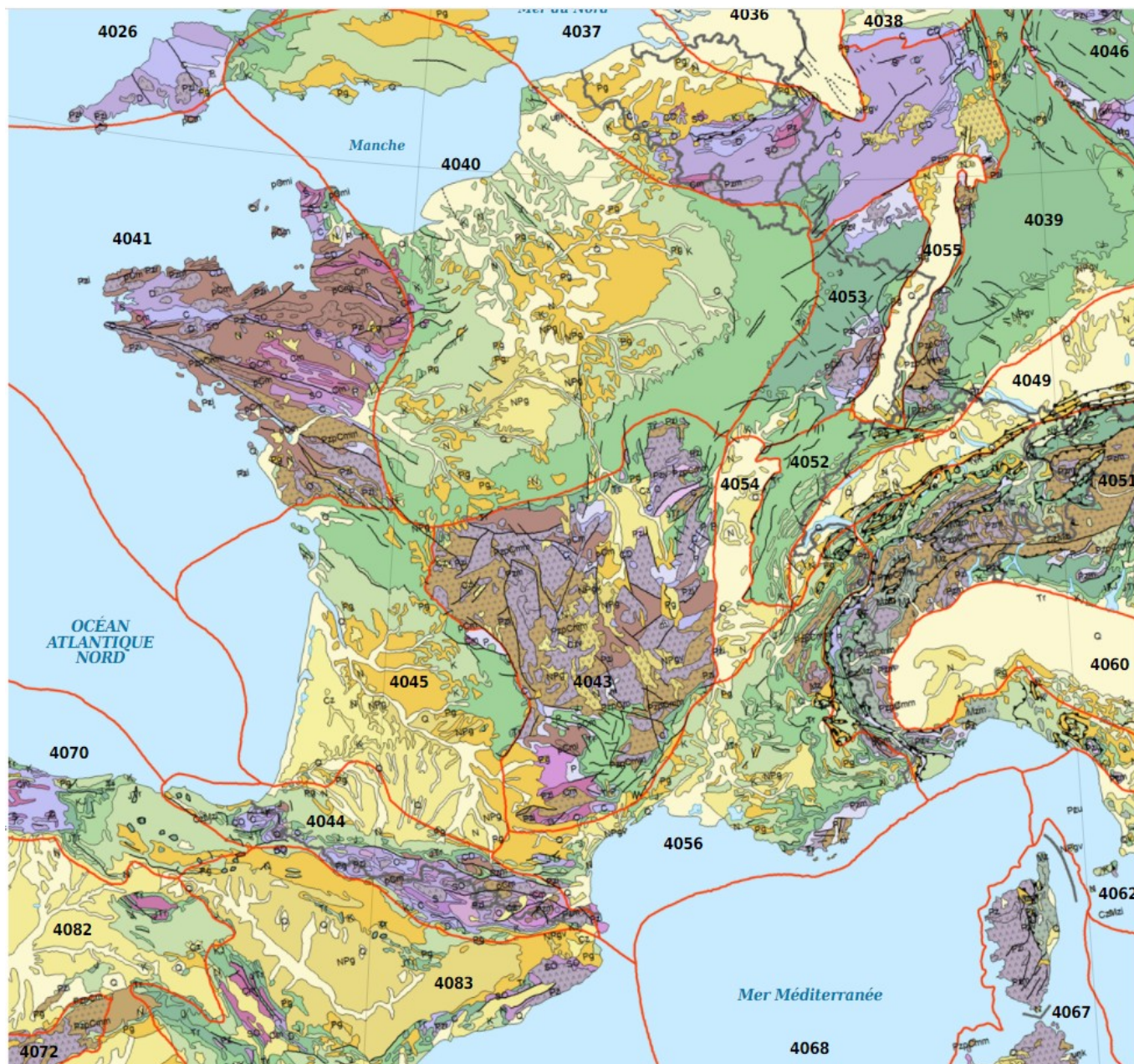
II La structure continentale de la France

A/ Reliefs et domaines géologiques

Le relief français du territoire métropolitain peut être résumé de la façon suivante :

- les chaînes de montagnes aux sommets élevés et pointus : les Alpes, les Pyrénées.
- les montagnes aux sommets arrondis : le Massif Central, le Jura, les Vosges, le Massif Armoricain, le Morvan, les Ardennes et le Massif corse.
- de très vastes plaines : le bassin parisien et le bassin aquitain.
- des fossés d'effondrement : l'Alsace, le sillon rhodanien.

Document 15 : La carte géologique de la France métropolitaine



Géologie de surface de la France

Projection aplanissée équivalente de Lambert - datum ETRS89
méridien central : 20° E - latitude centrale : 50° N

0 500 (km)

- Faille normale apparente
- ▲▲▲▲ Faille inverse apparente
- Faille normale inférée
- ◆◆◆◆ Faille inverse inférée

- Limite de province géologique
- 2070 Cade de province géologique
- Frontière politique internationale

Carte géologique de la France-fr.svg, par [Europe geological map-en.svg](#) : Eric Gaba ([Sting - fr: Sting](#))travail dérivé: [Sémhur](#), via wikimedia commons,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:France_geological_map-fr.svg, ? CC-BY-SA-3.0,
Travail auto-publié, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:France_geological_map-fr.svg

Les ensembles 4040, 4045 présentent un relief plat et une couverture sédimentaire importante. Ce sont des bassins sédimentaires correspondant à des plateformes. Ils datent en moyenne de la fin du Mésozoïque et du Cénozoïque.

Les ensembles 4054, 4055, 4056 sont des fossés d'effondrements envahis pas la mer et recouverts de sédiments. Ils datent de la fin du Cénozoïque.

On remarque que les ensembles 4041, 4043, 4044, 4051, 4053, 4067 présentent des massifs montagneux constitués de roches métamorphisées très anciennes datant du Précambrien et Paléozoïque. Ils présentent de plus de grandes failles, des nappes de charriage, des plis...des figures tectoniques de compression. Ce sont donc des orogènes.

Les massifs montagneux des ensembles 4051 et 4044 présentent une altitude élevée et une couverture sédimentaire plissée datant du Mésozoïque et encore présente. Ils n'ont donc pas subi une forte érosion et sont donc assez récents.

Les massifs montagneux présents dans les ensembles 4041, 4043, 4053 et 4067 présentent des altitudes basses, des reliefs arrondis et n'ont pas de couverture sédimentaire : ils ont subi une forte érosion. Ce sont donc des orogènes anciens.

B/ Les orogènes anciens.

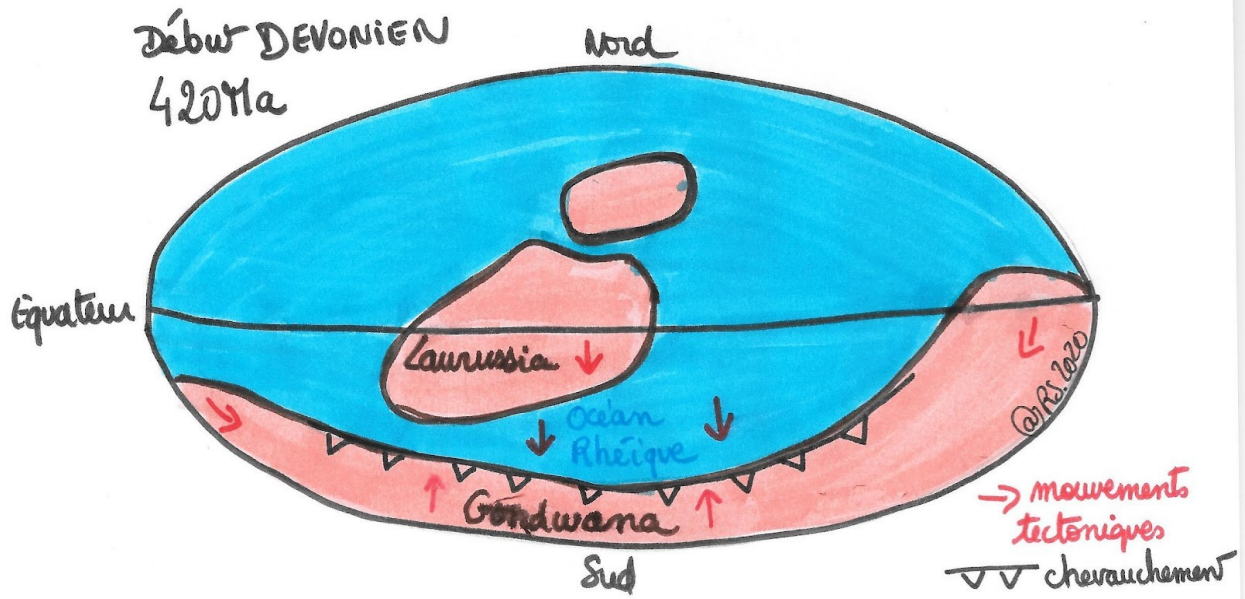
Le Massif Armoricaïn est principalement constitué de roches âgées d'environ 590 à 750 millions d'années (marron pCm) et pour beaucoup métamorphisées (ocre PzpCmm). Elles sont injectées de roches plutoniques plus récentes (350 MA ; légende violet avec accents circonflexes Pzi). Les roches les plus vieilles, des gneiss, ont 2 milliards d'années et se trouvent au nord du massif, à la pointe du Cotentin.

On remarque au sud du massif, une grande faille délimitant côté sud une partie riche en roches métamorphiques (légende ocre PzpCmm) d'âge Paléozoïque et Précambrien, c'est-à-dire plus récentes que les roches situées au nord de la faille d'âge très majoritairement Précambrien. Les roches situées au sud de la faille se retrouvent dans le Massif Central, les Vosges et la Corse.

Cette région a donc deux histoires : une phase très ancienne datant d'environ 600 Ma dont il ne reste plus aucun relief et une phase plus récente correspondant à une compression à l'origine du relief actuel. Le relief du Massif Armoricaïn porte donc les traces de 2 orogénèses :

- l'orogénèse Cadomienne à l'origine du socle magmatique du nord de la France qui se prolonge sous le bassin parisien jusqu'aux Vosges et qui date de la fin du Protérozoïque (670 à 540 Ma).
- l'orogénèse Hercynienne plus récente qui débuta au milieu du Paléozoïque (Dévonien 420 Ma) et se termina au début du Permien (fin paléozoïque, 250Ma). L'orogénèse hercynienne appelée aussi orogénèse varisque est un cycle orogénique qui correspond à la formation d'une chaîne de type subduction-collision continentale. Elle se traduit par la fermeture de l'océan Rhéique puis par la collision entre le Gondwana au Sud et au nord la Laurussia. L'orogénèse Hercynienne est à l'origine du supercontinent La Pangée. Cette orogénèse est à l'origine, en France, des reliefs du Massif Central, du Massif Armoricaïn, des Vosges et d'une grande partie de la Corse.

Document 16 : Position des continents et de l'océan Rhéique avant la collision au début du Dévonien



Document 17 : Continent unique, la Pangée et traces de l'orogénèse Hercynienne

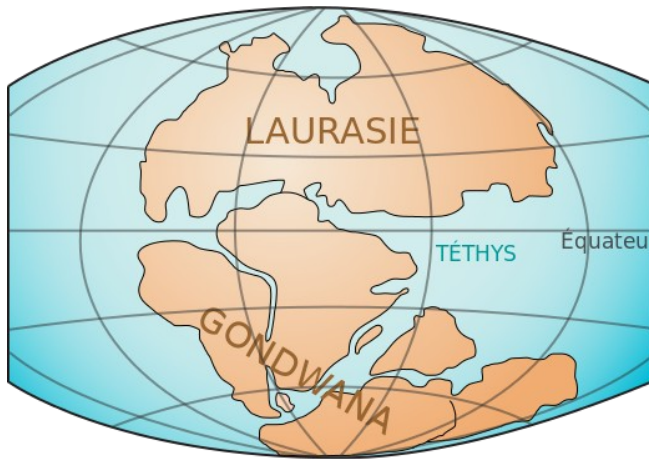


509px-Pangaea_continents.svg par v via Wikimedia Commons, [CC-BY-SA-3.0-migré](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pangaea_continents.svg), modifié par Sandra Rivière, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pangaea_continents.svg

C/ les orogènes récents

Il y a 200 Ma, au Trias, c'est à dire au début du Mésozoïque, la Pangée est éclatée et un déchirement central est envahi par la Thétys. Au nord se trouve la Laurasie et au Sud de nouveau le Gondwana.

Document 18 : Position des continents il y a 200 Ma



TRIAS

Il y a 200 millions d'années

Laurasia-Gondwana-fr.svg de [Benoit](#)

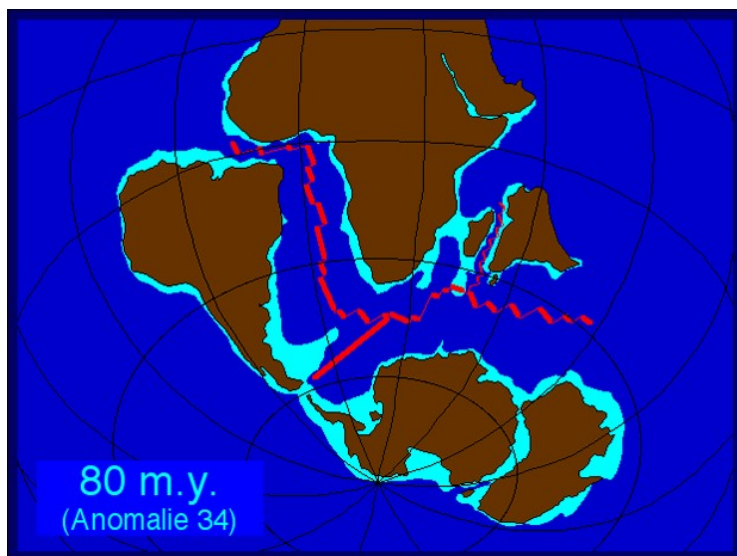
[Rochon](#), [Lenny222](#) via Wikimedia Commons, [CC-BY-3.0](#)

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Laurasia-Gondwana-fr.svg>

Il y a 180 Ma, l'océan Atlantique commence à s'ouvrir d'abord au Nord ce qui sépare l'Amérique du Nord de la côte Ouest de l'Afrique et de l'Europe. L'océan alpin s'ouvre, scindant l'Europe en deux.

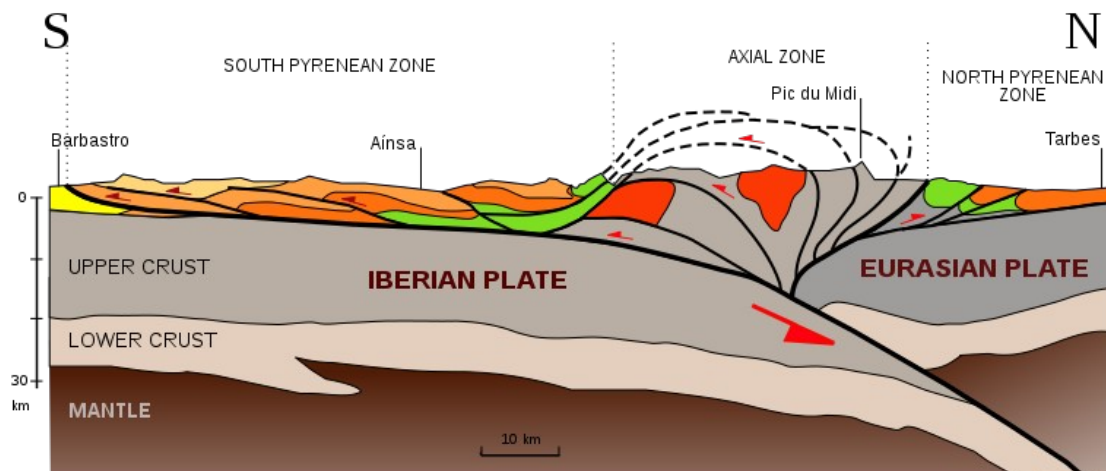
Il y a 120 Ma, l'ouverture de l'océan Atlantique se réalise entre l'Amérique du Sud et la côte Sud-Ouest de l'Afrique. Cette ouverture provoque une remontée de la plaque africaine vers le nord. Des collisions en découlent.

Document 19 : Gondwana fracturé il y a 80 Ma



Les Pyrénées, correspondent à une collision intracontinentale (sans subduction) qui a eu lieu il y a 80 Ma entre le bloc Ibérien et la plaque Européenne.

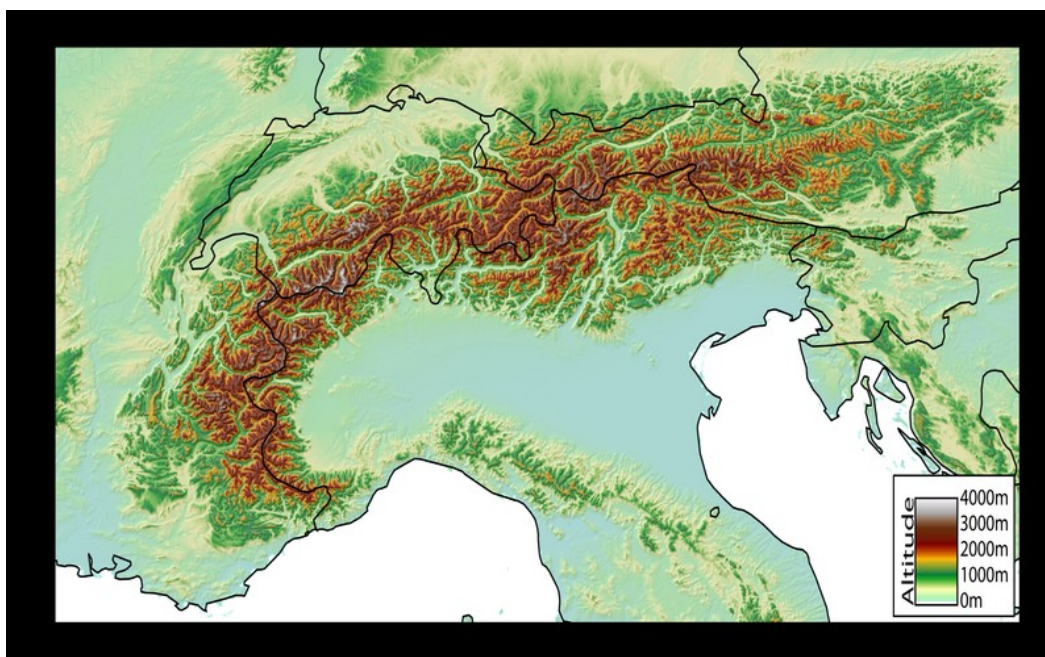
Document 20 : Profil à travers les Pyrénées



773px-Profile_through_the_Pyrenees_EN.svg par [Pierraille](#) via Wikimedia Commons, [CC-BY-SA-4.0](#), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Profile_through_the_Pyrenees_EN.svg

Les Alpes et en arrière-plan le Jura, correspondent à la collision entre la plaque Européenne et la plaque Adriatique (Italie) associée à la plaque Africaine. Ainsi il y a environ 30 Ma s'effectue la fermeture du jeune océan Alpin alimenté jusqu'alors par la Téthys.

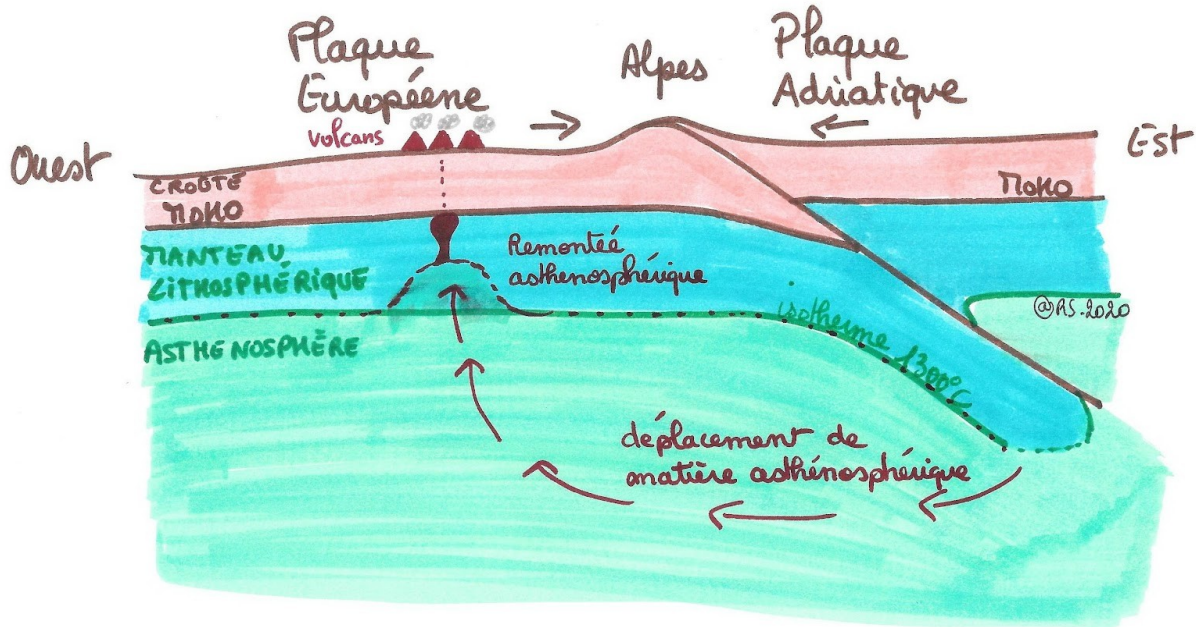
Document 21 : Relief alpin



[DEMAlpesEW](#), Aucun auteur lisible par machine fourni. [Jide ~ commonswiki](#) supposé (basé sur les revendications de droits d'auteur), [via Wikimedia Commons](#), <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DEMAlpesEW.png>

La mise en place des Alpes et notamment leur racine crustale, a provoqué un déplacement de matériel asthénosphérique vers l'ouest de la France. Ce déplacement de matière fut à l'origine de la surrection (soulèvement) du Massif Central et de son activité volcanique. Les Vosges ont également subi une surrection.

Document 22 : Déplacement asthénosphérique lié à la formation des Alpes



Vidéo montrant la Valse des continents depuis 540 Ma :

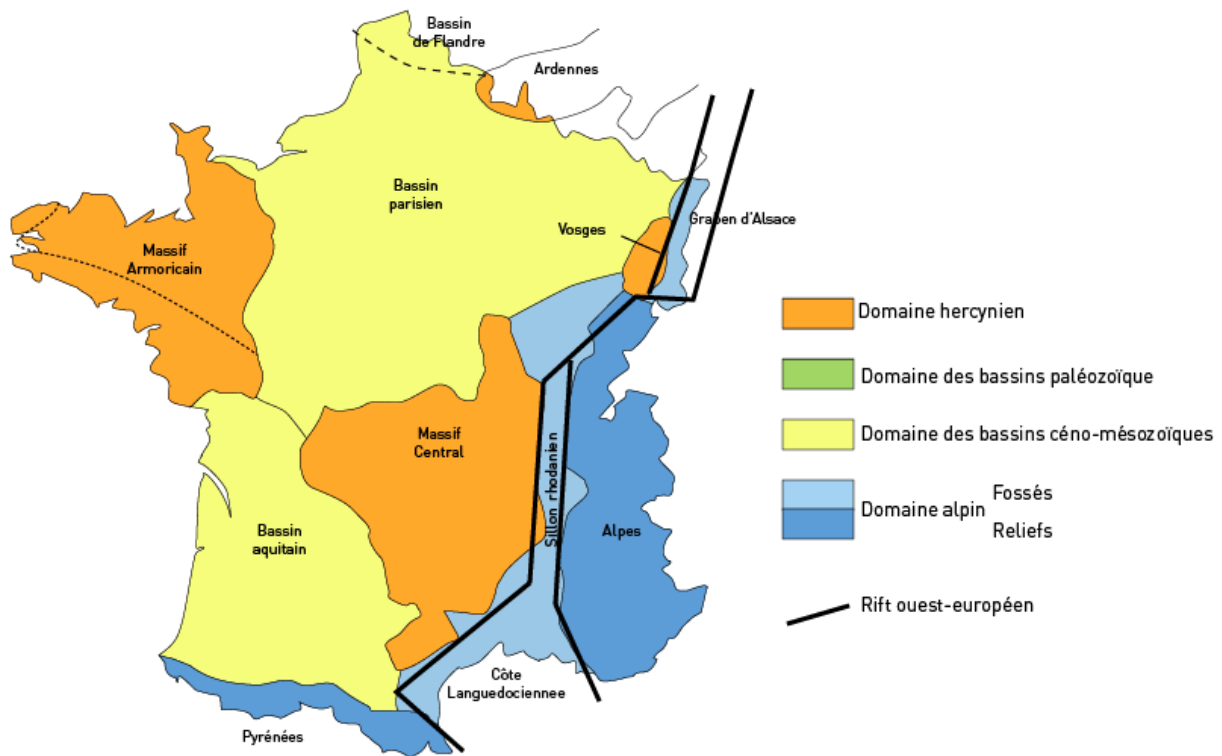
https://youtu.be/g_iEWvtKcuQ

D / Conclusion

La France métropolitaine est donc constituée de grands ensembles résultants de plusieurs orogénèses dont les 2 dernières sont visibles. On parle des massifs Hercynien et Alpin. Ils sont entourés de bassins sédimentaires ayant subi plusieurs transgressions et régressions marines depuis le Mésozoïque.

À l'oligocène (-35 Ma), les Alpes étant déjà bien érodées, elles s'effondrent et sur elle-même et on observe un réajustement isostatique à leur périphérie, réajustement à l'origine de grands fossés d'effondrement de l'Alsace et du sillon rhodanien.

Document 23 : Domaines géologiques de France



Domaines géologiques france.png par [Teper](#) via Wikimedia Commons, [CC-BY-SA-3.0,2.5,2.0,1.0](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Domaines_geologiques_france.png), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Domaines_geologiques_france.png

Traces des orogénèses : <https://youtu.be/AKIbpuQI5v8>