

# La dérive des continents

Je pense que tout le monde connaît le principe de la tectonique des plaques et je n'y reviendrait que très sommairement.

Cet exposé est avant tout une distraction, le film de l'histoire de la Terre depuis 650 millions d'années. On y verra la dérive des continents, la formation de chaînes de montagnes, ainsi qu'un aperçu de paléoclimatologie, c'est à dire l'étude des climats en fonction des époques géologiques.

N'allez pas chercher dans cet exposé des réponses immédiates, mais il peut être une aide pour les paléontologues par la connaissance des climats, des zones immergées ou émergées (cf exposé video sur demande (carte de Scotese)) pour expliquer l'existence de telles espèces végétales ou animales en tel lieu et à telle époque)

Cet exposé est préparé principalement à partir de 3 sites internet que je vous préconise vivement :

[http://jcboulay.free.fr/astro/sommaire/astronomie/univers/galaxie/etoile/systeme\\_solaire/terre1/paleoclim/page\\_paleoclim.htm](http://jcboulay.free.fr/astro/sommaire/astronomie/univers/galaxie/etoile/systeme_solaire/terre1/paleoclim/page_paleoclim.htm)

qui est très riches sur de nombreux domaines

La tectonique des plaques

[www.geologie.ens.fr/~vigny/tecto-e.html](http://www.geologie.ens.fr/~vigny/tecto-e.html)

L'avant Wegener – Preuves de la théorie -cartes

[www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/img.communes.pt/hj.1.html](http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/img.communes.pt/hj.1.html)

## I. L'AVANT WEGENER

Les Anciens avaient une conception toute fixiste de la surface de la Terre: océans et continents ont toujours occupé une position fixe durant toute l'histoire de la planète. Depuis Aristote, on croyait que la Terre s'était formée par une série de grandes catastrophes, en un laps de temps très court, et qu'elle avait ainsi acquis la physionomie qu'on lui connaît aujourd'hui. Les océans et les continents avaient été dessinés une fois pour toutes! Qui n'a pas entendu parler des six jours de la Bible! Nous appelons cette vision de la formation de la terre par une série de grandes catastrophes, le catastrophisme, une théorie qui, avec une théorie satellite, le créationisme, va dominer les esprits jusqu'au 19<sup>e</sup> siècle ... et même encore de nos jours!

Bien qu'au 19<sup>e</sup> siècle, les géologues James Hutton et Charles Lyell ont tenté de montrer qu'en fait les processus géologiques sont beaucoup plus lents que ne le propose le catastrophisme et qu'ils se font de façon beaucoup plus uniforme (théorie de **l'uniformitarisme**), les hommes de science continuaient à croire ferme à la perennité des mers et des continents.

Mais ..., au 17<sup>e</sup> siècle, les cartes géographiques de l'Atlantique étaient suffisamment précises pour que les esprits curieux et éveillés à la découverte remarquent un certain parallélisme dans le tracé des côtes de part et d'autre de l'Atlantique et tentent d'en trouver l'explication.

### **François Placet (1668).**

C'est dans un mémoire intitulé "La corruption du grand et du petit monde, où il est montré qu'avant le déluge, l'Amérique n'était point séparée des autres parties du monde", que Placet propose qu'avant le déluge il n'y avait qu'un seul bloc continental et que c'est par effondrement au centre de ce bloc que l'Atlantique a été créé et qu'il en est résulté deux blocs séparés. Il n'en fallait pas plus pour faire revivre la légende de l'Atlantide, ce continent qui, selon le philosophe et poète grec Platon, se serait abîmé dans l'Océan Atlantique au large de Gibraltar. Aujourd'hui encore, on trouve de "savants traités", se présentant comme répondant à la démarche scientifique, venant à la défense de cette légende!

### **Antonio Snider-Pelligrini (1858).**

Deux siècles après Placet, le catastrophisme garde toujours ses droits. Snider-Pelligrini parle de séparation et de dérive dans son livre intitulé "La création et ses mystères dévoilés". Selon lui, les continents se sont formés avant le déluge (l'archétype de la catastrophe!), en un seul bloc, du même côté de la terre, à partir d'un bloc de roches en fusion. Le déluge a mis fin à l'état d'instabilité de ce bloc en le refroidissant. Une gigantesque rupture s'est alors produite, entraînant la séparation des Amériques et du Vieux Monde.

### **George Darwin (1879).**

Le second fils de Charles Darwin parle lui aussi de mobilité des continents. A une époque très reculée, la lune a été arrachée à la Terre, y laissant la gigantesque cicatrice du Pacifique. Ce grand vide a alors entraîné une fragmentation de la croûte granitique refroidie et un glissement latéral des masses continentales. On peut difficilement être plus catastrophiste!

### **Frank B. Taylor (1910).**

Bien qu'on attribue la paternité du concept de la dérive des continents à Alfred Wegener, Frank Taylor fut le premier, en 1910, 5 ans avant Wegener, à formuler l'hypothèse que l'Atlantique a été formé par la séparation de deux masses continentales qui ont dérivé lentement l'une par rapport à l'autre. Taylor fondait son hypothèse sur la similitude du tracé des côtes de part et d'autre de l'Atlantique, mais aussi sur le fait qu'on retrouve des chaînes de montagnes sur les marges continentales opposées aux marges atlantiques, comme par exemples les Rocheuses en Amérique du Nord et les Andes en Amérique du Sud. Ces chaînes se seraient formées par un effet de "bulldozage" causé par la dérive des continents. Mais la démonstration de Taylor est apparue trop compliquée et n'a pas réussi à convaincre ses contemporains.

Cinq années plus tard, en 1915, Alfred Wegener énonça, sans connaître semble-t-il les travaux de Taylor, l'hypothèse de la dérive des continents.

## **II. Alfred Wegener (1880-1930)**

Alfred Wegener est né à Berlin en 1880. Fils de pasteur protestant, il fait ses études aux universités d'Heidelberg, d'Innsbruck et de Berlin et obtient un doctorat en astronomie. En même temps, il est fasciné par une nouvelle science, la météorologie. Il apprend le maniement des cerfs-volants et des ballons utilisés pour l'étude des conditions climatiques. Il s'adonne à un conditionnement physique rigoureux par de longues marches, le patin et le ski. En 1906, il bat le record du monde d'endurance avec un vol de 52 heures. Au cours de la même année, son rêve se réalise; il participe à une expédition danoise en recherche météorologique dans le nord-est du Groenland.

Il sera par la suite professeur-assistant de météorologie à l'université de Marburg et publie un traité sur la thermodynamique de l'atmosphère. Une deuxième expédition au Groenland a lieu en 1912. Il part avec J.P. Koch, un danois, pour entreprendre et réussir la plus longue traversée de la calotte glaciaire. Au retour, il devient directeur du Département des Recherches Météorologiques de l'observatoire de la Marine de Hambourg. C'est en 1915 qu'il publie sa théorie de la dérive des continents qui rencontre beaucoup d'opposition. En 1924, on lui offre la chaire de météorologie et de géophysique de l'université de Graz, en Autriche, où ses idées y sont mieux accueillies qu'à Hambourg. Il meurt au cours d'une troisième expédition au Groenland en 1930.



### III. ELEMENTS A LA BASE DE LA THEORIE

Wegener s'appuya sur l'observation des formes des côtes de l'Afrique du sud et de leur complémentarité. Il émit la thèse que ces deux continents étaient autrefois réunis. En 1912, il énonça qu'au trias, il y a 200 millions d'années, la terre émergée était constituée d'un bloc la PANGÉE formée de deux supercontinents autrefois séparés la Laurasia (Amérique du Nord, Europe, Asie) au nord et le GONDWANA (Amérique du sud, Afrique, Inde, Australie et Antarctique) au sud. Ces deux sous-ensembles étaient séparés par une mer la THETHYS.

Puis, la PANGÉE a commencé à se séparer au trias.

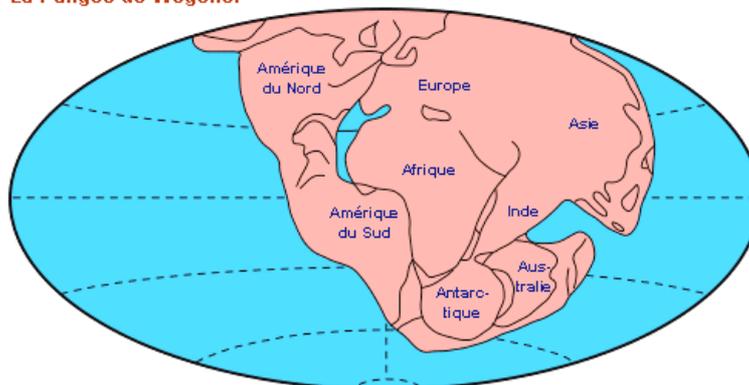
#### 1. Le parallélisme des côtes.

Il y a par exemple, un net parallélisme des lignes côtières entre l'Amérique du Sud et l'Afrique.

Cela suggère que ces deux continents sont les deux morceaux d'un même bloc.

La reconstitution de Wegener montre que toutes les masses continentales ont été jadis réunies en un seul mégacontinent, la Pangée. Aujourd'hui, on utilise une reconstitution plus juste de la Pangée, celle de [Bullard et coll.](#)

La Pangée de Wegener

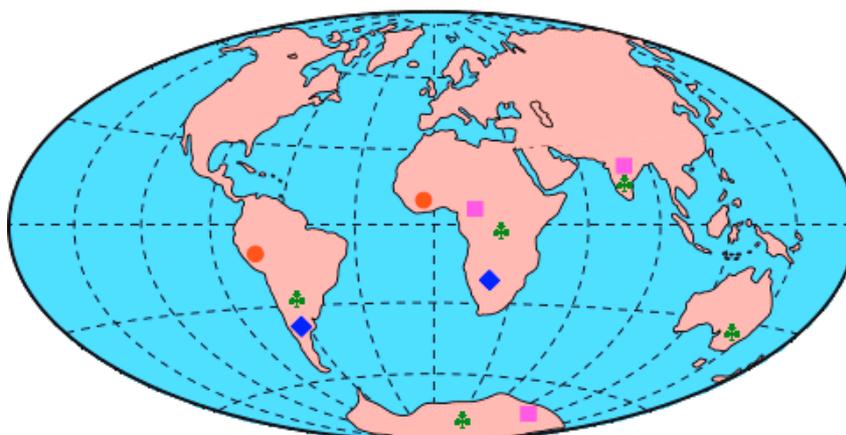


D'autres éléments ont permis de confirmer le rapprochement des différents continents dans le passé et de l'existence de ces supercontinents

## 2. La répartition de certains fossiles.

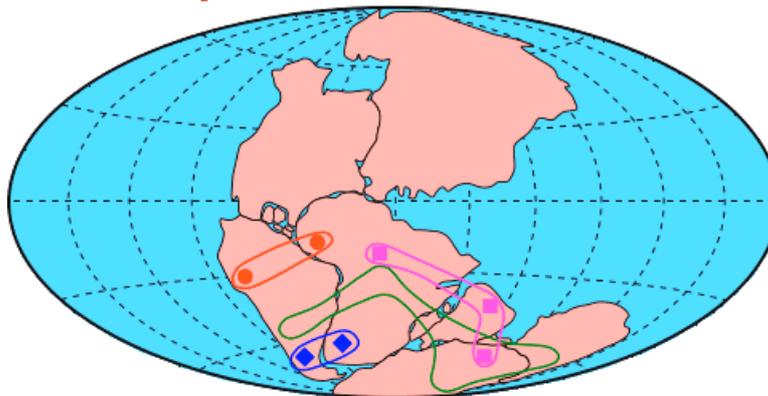
On retrouve, de part et d'autre de l'Atlantique, sur les continents actuels, des fossiles de plantes et d'animaux terrestres datant de 240 à 260 Ma.

- **Cynognathus**: reptile prédateur terrestre ayant vécu il y a 240 Ma
- ◆ **Mesosaurus**: petit reptile de lacs d'eau douce, il y a 260 Ma
- **Lystrosaurus**: reptile terrestre ayant vécu il y a 240 Ma
- ♣ **Glossopteris**: plante terrestre d'il y a 240 Ma



Ces organismes n'avaient pas la capacité de traverser un si large océan. On doit donc concevoir qu'autrefois tous ces continents n'en formaient qu'un seul, la Pangée, présentant des aires de répartition des organismes plus cohérentes que les aires actuelles.

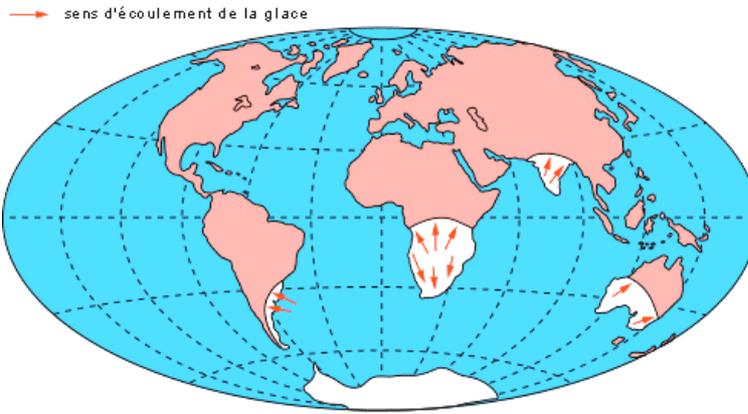
### La solution de Wegener



A noter qu'on a utilisé ici la reconstitution de [Bullard et coll.](#)

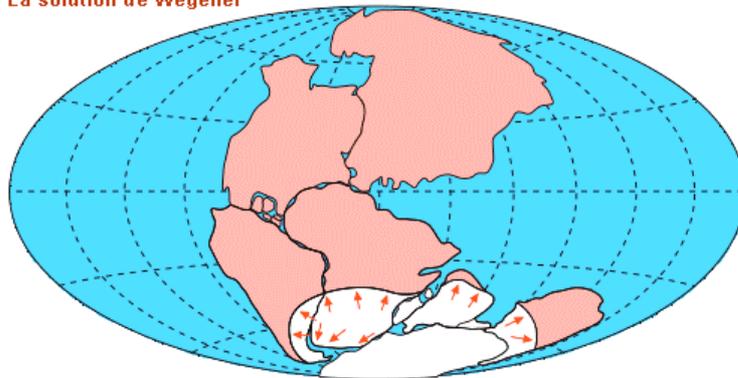
## 3. Les traces d'anciennes glaciations.

On observe, sur certaines portions des continents actuels, des marques de glaciation datant d'il y a 250 millions d'années, indiquant que ces portions de continents ont été recouvertes par une calotte glaciaire. Le rassemblement des masses continentales donne un sens à la répartition de dépôts glaciaires datant d'il y a 250 Ma, ainsi qu'aux directions d'écoulement de la glace, relevées sur plusieurs portions de continents. La répartition, selon la géographie actuelle montre les zones glacées.



Il est plus qu'improbable qu'il ait pu y avoir glaciation sur des continents se trouvant dans la zone tropicale (sud de l'Afrique, Inde). De plus, il est anormal que l'écoulement des glaces, dont le sens est indiqué par les flèches, se fasse vers l'intérieur d'un continent (des points bas vers les points hauts; cas de l'Amérique du Sud, de l'Afrique, de l'Inde et l'Australie). La répartition sur la Pangée montre que le pôle Sud était recouvert d'une calotte glaciaire et l'écoulement de la glace se faisait en périphérie de la calotte, comme il se doit.

La solution de Wegener



#### 4. La correspondance des structures géologiques.

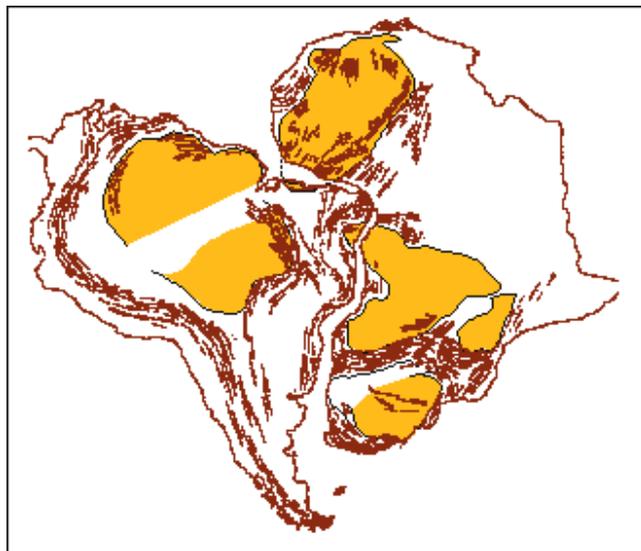
Cela n'est pas tout que les pièces d'un puzzle s'emboîtent bien, encore faut-il obtenir une image cohérente. Dans le cas du puzzle des continents, non seulement y a-t-il une concordance entre les côtes, mais il y a aussi une concordance entre les structures géologiques à l'intérieur des continents, un argument lourd en faveur de l'existence du mégacontinent Pangée.

La correspondance des structures géologiques entre l'Afrique et l'Amérique du Sud appuie l'argument de Wegener. La situation géographique actuelle des deux continents montrent la distribution des anciens blocs continentaux (boucliers) ayant plus de 2 Ga (milliards d'années).

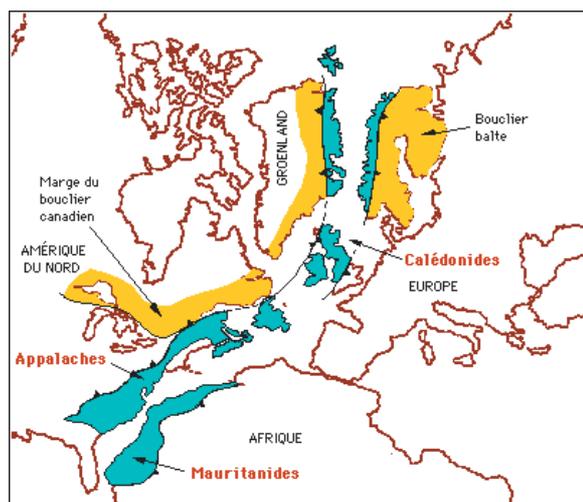
Autour de ces boucliers, les chaînes de montagnes plus récentes ont des âges allant de 450 à 650 Ma. Les traits indiquent le "grain" tectonique de ces chaînes. À remarquer, dans les régions de São Luis et de Salvador au Brésil, la présence de petits morceaux de boucliers.

Le rapprochement des deux continents montre qu'en fait les deux petits morceaux des zones de São Luis et de Salvador se rattachent respectivement aux boucliers ouest-africain et angolais, et qu'il y a aussi une

certaine continuité dans le grain tectonique des chaînes plus récentes qui viennent se mouler sur les boucliers. L'image du puzzle est cohérente.



La correspondance des structures géologiques entre l'Amérique du Nord et l'Europe confirme aussi l'idée de Wegener. Les trois chaînes de montagnes, Appalaches (Est de l'Amérique du Nord), Mauritanides (nord-est de l'Afrique) et Calédonides (Iles Britanniques, Scandinavie), aujourd'hui séparées par l'Océan Atlantique, ne forment qu'une seule chaîne continue si on rapproche les continents à la manière de Wegener. Les géologues savent depuis longtemps qu'effectivement ces trois chaînes ont des structures géologiques identiques et qu'elles se sont formées en même temps entre 470 et 350 Ma.



Le géophysicien Wegener était bien au fait que la croûte continentale était plus épaisse sous les chaînes de montagnes que sous les plaines, et que cette situation répondait au principe de l'isostasie qui veut qu'il y ait un équilibre entre les divers compartiments de l'écorce terrestre dû aux différences de densité. Il en conçut l'idée que les continents "flottaient" sur un médium mal défini et qu'ainsi ils pouvaient dériver les uns par rapport aux autres.

Les contemporains de Wegener n'ont pas été convaincus de cette proposition révolutionnaire de la dérive des continents; l'opposition fut vive. En fait, Wegener a démontré de façon assez convaincante, qu'un jour, les continents actuels ne formaient qu'un seul mégacontinent, mais il ne démontrait pas que ceux-ci avaient dérivé lentement depuis les derniers 200 Ma. A la limite, on pourrait tout aussi bien invoquer certains scénarios des [catastrophistes](#) pour expliquer les constatations de Wegener. Le problème majeur, c'est qu'il ne proposait aucun mécanisme pour expliquer la dérive. Il démontrait bien

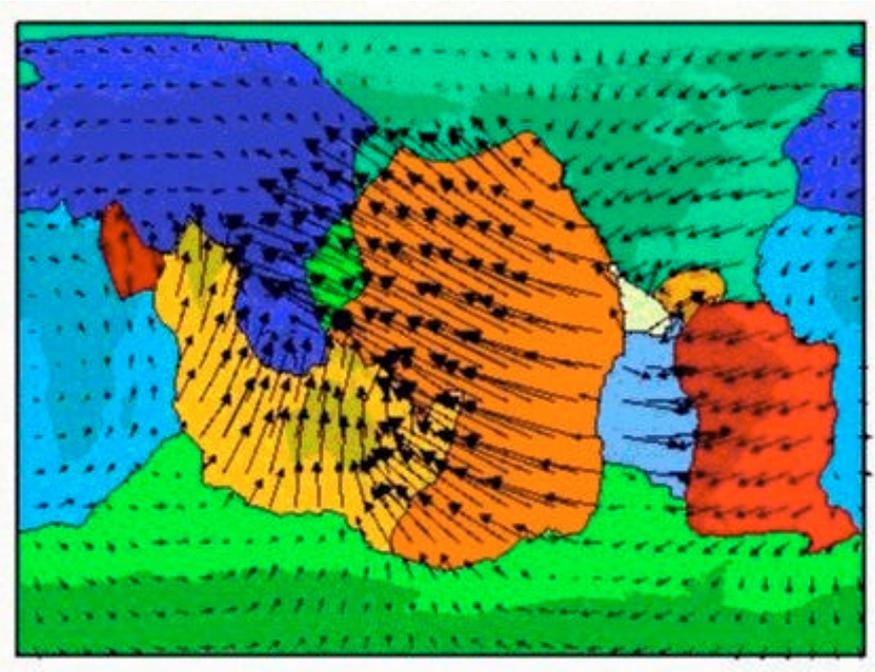
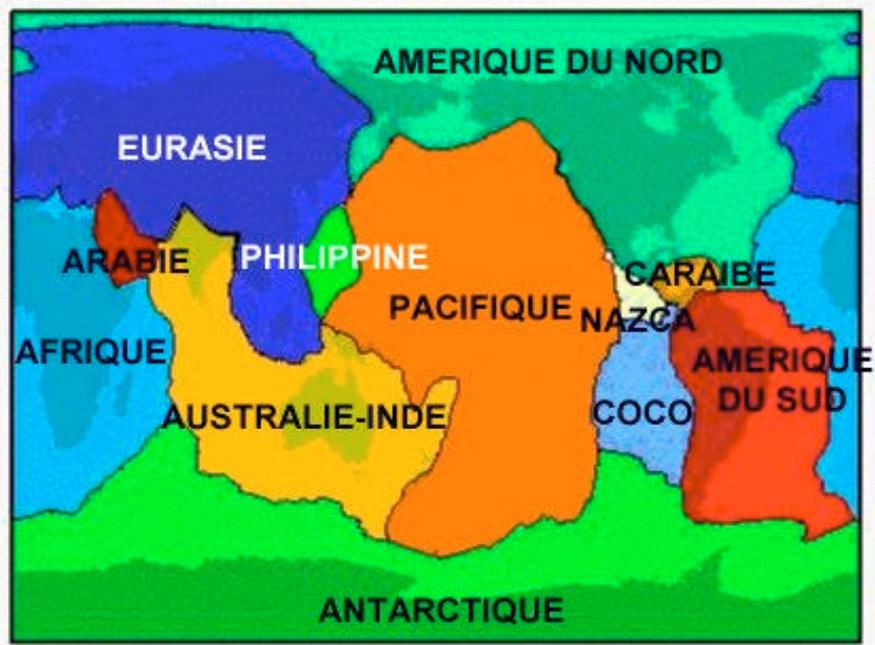
que la répartition actuelle de certains fossiles, de traces d'anciennes glaciations ou de certaines structures géologiques soulevaient des questions importantes auxquelles il fallait trouver des explications. Mais ces constatations ne sont pas suffisantes pour démontrer que les continents ont dérivé. Notons, qu'à l'inverse, si les continents ont dérivé, il est nécessaire qu'il y ait un appariement entre les structures géologiques et la répartition des fossiles.

Il faut signaler que l'hypothèse de Wegener était une hypothèse génératrice de science, parce que les questions soulevées sont suffisamment sérieuses et fondées sur des faits réels pour qu'on s'attaque à y répondre. Mais il aura fallu attendre plus de quarante ans pour que les idées de Wegener refassent surface et qu'on se mette à la recherche du mécanisme de dérive qu'il lui manquait. Entre autre il avait manqué à Wegener les données fondamentales sur la structure interne de la Terre.

#### IV. MOUVEMENT DES PLAQUES

L'écorce terrestre est constituée de 12 plaques principales . Ces plaques ont des mouvements complexes de translation et de rotation. On définit ainsi le « pôle de rotation » le point autour duquel la plaque pivote, alors que le mouvement de translation est défini à partir de la vitesse de déplacement du point chaud de la plaque envisagée.

Plaque	Pole de rotation			Déplacement Linéaire (cm/an)
	latitude	Longitude	Vitesse de rotation (°/Ma)	
Pacifique	-63,0	104,4	0,64	10 vers le NO
Eurasie	50,6	-112.4	0.23	1 vers l'Est
Afrique	50.6	-74.0	0.29	2 vers le Nord
Antarctique	63.0	-115.9	0.24	0
Inde-Australie	45.5	0.4	.54	7 vers le Nord
Amérique du Nord	-2.5	-86.0	0.21	1 vers l'Ouest
Amérique du Sud	-25.4	-124.6	0.11	1 vers le Nord
NAZCA	47.8	-110.2	0.74	7 vers l'est
Philippine	-39.0	-36.7	0.90	8 vers l'ouest
ARABIE	45.2	-4.4	0.54	3 vers le NE
COCO	24.5	-115.8	1.50	5 vers le NE
CARAIBE	25.0	-93.1	0.21	1 vers le NE



Mouvement des plaques avec leurs vitesses relatives exprimées par les flèches

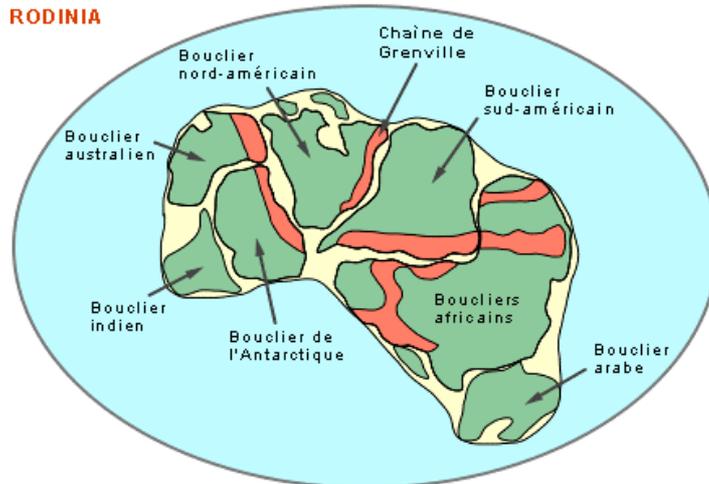
## V. DERIVE DES CONTINENTS ET PALEOCLIMATOLOGIE

Dans la suite de cet exposé, vous allez assister à la dérive des continents de  $-650$  Ma à  $+ 250$  Ma. Toutefois, il convient de préciser que les niveaux des mers ne sont pas représentées. Vous pouvez néanmoins obtenir les cartes de Scotese en me les demandant ou sur internet. Ces cartes sont représentées comme des photos satellites avec la répartition réelle des mers et océans.

## Précambrien : -> - 570 Millions d'années

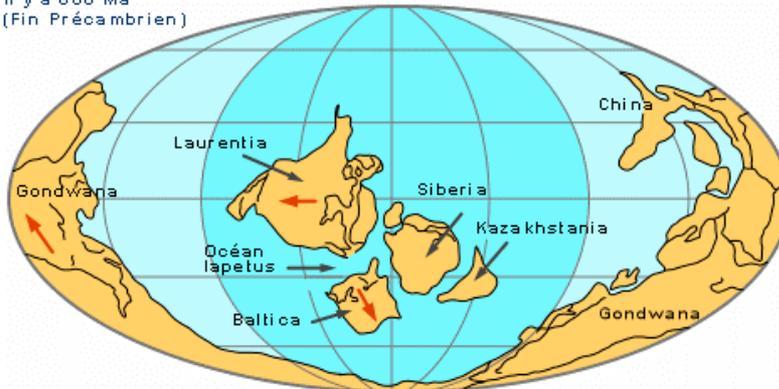
Il y a **650 Ma**, un mégacontinent rassemblait toutes les masses continentales, le continent **Rodinia**. Par la suite, ce mégacontinent s'est fragmenté et des morceaux de croûte continentale ont commencé à dériver les uns par rapport aux autres comme le décrit la théorie de la tectonique des plaques, par la fabrication de nouveaux planchers océaniques et au processus du tapis roulant.

Le mégacontinent de  
la fin du Protérozoïque :  
**RODINIA**



Cette première carte montre la position des continents il y a **600 Ma**, soit à la toute fin du Précambrien, alors que ceux-ci dérivait les uns par rapport aux autres.

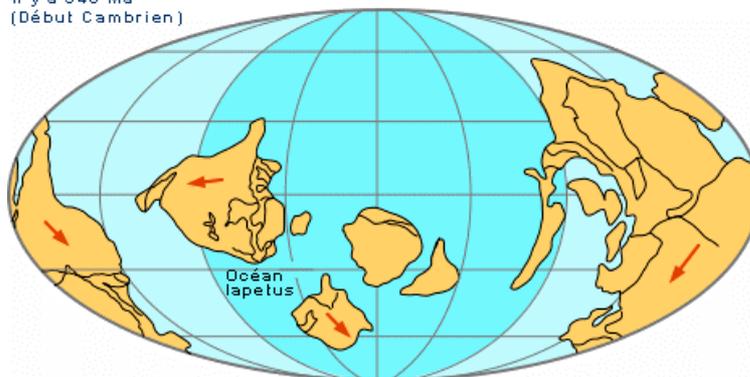
Il y a 600 Ma  
(Fin Précambrien)



## Cambrien (de - 505 à - 570 Ma)

Le climat est mal défini. Il était probablement ni trop chaud, ni trop froid. De toute évidence, il n'y avait pas de glaces aux pôles.

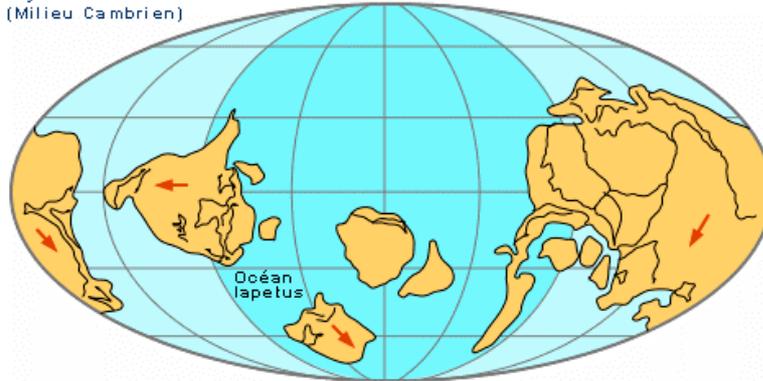
Il y a 540 Ma  
(Début Cambrien)



Au tout début du Cambrien, il y a **540 Ma**, les masses continentales étaient toujours en situation de dispersion.

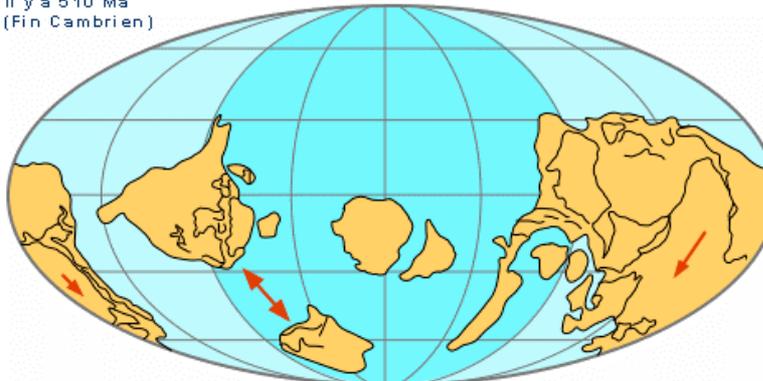
L'océan Iapetus s'ouvrait encore; on doit donc supposer l'existence d'une dorsale médio-océanique entre Laurentia et Baltica. A ce stade, Gondwana, dont fait partie le bouclier sud américain, amorçait une migration vers le sud. Au milieu du Cambrien, il y a **525 Ma**, Laurentia et Baltica s'étaient éloignés encore plus l'un de l'autre, produisant un océan Iapetus encore plus large. Gondwana poursuivait sa migration vers le sud.

Il y a 525 Ma  
(Milieu Cambrien)



Vers la fin du Cambrien, il y a **510 Ma**, l'océan Iapetus avait atteint son ouverture maximale (flèche rouge à double pointe). Cet océan durait déjà depuis pratiquement 140 Ma d'années et avait atteint sa maturité.

Il y a 510 Ma  
(Fin Cambrien)

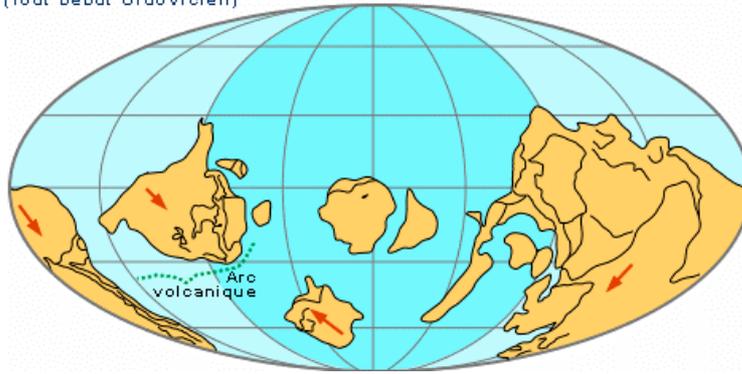


### **Ordovicien (de -438 à -505 Ma)**

Il y a **500 Ma**, au tout début de l'Ordovicien, soit 150 Ma après le début de l'ouverture de Iapetus, il s'est développé à la marge de Laurentia une zone de subduction, créant du même coup un arc volcanique insulaire. Le mouvement s'était renversé. L'océan Iapetus commençait à se refermer; Laurentia et Baltica convergiaient.

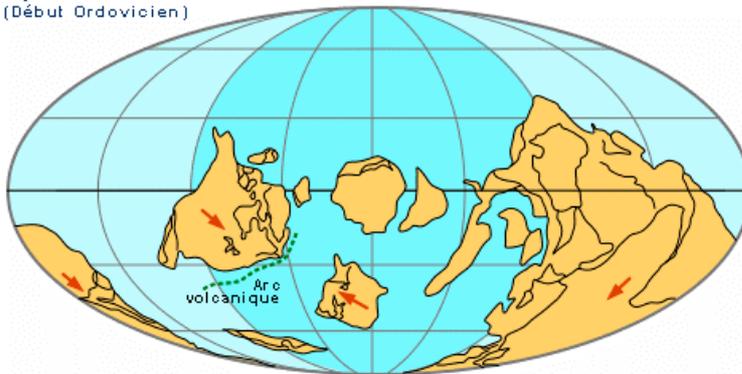
On est donc passé d'un océan de type Atlantique, c'est-à-dire en ouverture avec marges passives, à un océan de type Pacifique, en fermeture, avec marges actives. Durant tout ce temps, Gondwana migrerait toujours vers le sud.

Il y a 500 Ma  
(Tout Début Ordovicien)



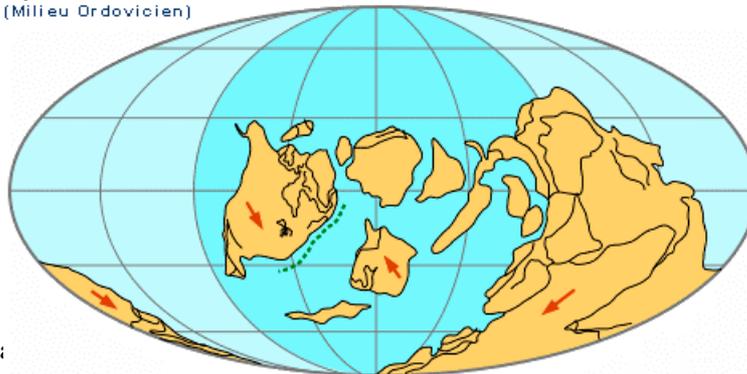
A l'Ordovicien inférieur (- 480 millions d'années) la douceur du climat fut probablement générale. Les continents furent inondés par les océans créant des voies maritimes tropicales chaudes et larges. Toujours dans la première partie de l'Ordovicien, la fermeture de Iapetus se poursuivait et les arcs volcaniques insulaires fonctionnaient toujours. Le rapprochement des masses continentales ne se faisait pas uniquement entre Laurentia et Baltica, mais aussi entre Laurentia et Siberia. Au sud, une petite masse continentale s'était détachée de Gondwana et migrait vers le nord.

Il y a 480 Ma  
(Début Ordovicien)



Au milieu de l'Ordovicien, il y a **460 Ma**, Iapetus continuait à se refermer. L'arc volcanique insulaire qui se trouvait au large de Laurentia, entra en collision avec la marge de Laurentia. C'est une collision de type plaque océanique contre plaque continentale: une chaîne de montagnes immature s'est formée; on a appelé cette chaîne, la **chaîne taconnienne**, la première phase de la formation des Appalaches.

Il y a 460 Ma  
(Milieu Ordovicien)



Le continent Gondwana a :  
sphère et que la migration  
commencer à remonter vers le nord,

dans la demie arrière de la  
verser le pôle sud et ensuite

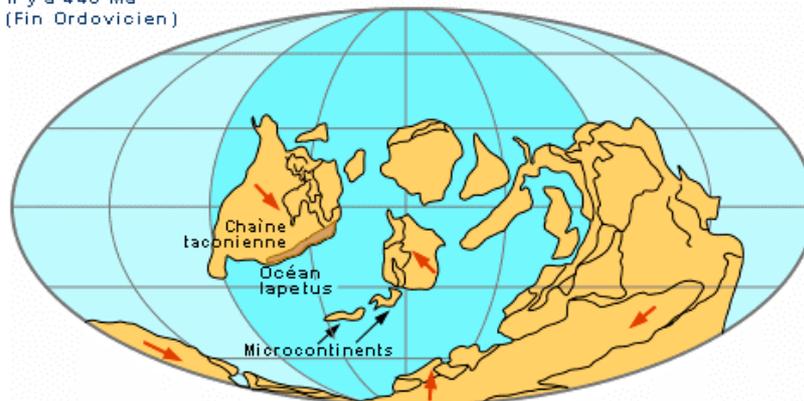
commencer à remonter vers le nord, dans la demie avant de la sphère terrestre. A l'Ordovicien moyen et supérieur (

aux alentours de - 450 millions d'années) le monde était un véritable glacière. La calotte glaciaire Sud s'étirait sur l'Afrique et l'Amérique du Sud. Le climat en Amérique du Nord, en Europe, en Sibérie et en dans la partie orientale du Gondwana, était chaud et ensoleillé.

A la fin de l'Ordovicien, il y a **440 Ma**, l'espace océanique entre Laurentia, Baltica et Siberia continuait à se refermer.

La petite masse qui s'était détachée de Gondwana et qui migrait vers le nord s'est morcellée pour donner un chaînon de microcontinents, dont un qu'on a appelé Avalonia. Le pôle sud était occupé par la marge de Gondwana, plus spécifiquement le nord de l'Afrique actuelle. Signalons ici qu'on connaît au Maroc des dépôts glaciaires d'âge Ordovicien supérieur; pas surprenant, puisque le nord de l'Afrique se situait au pôle sud à cette époque.

Il y a 440 Ma  
(Fin Ordovicien)



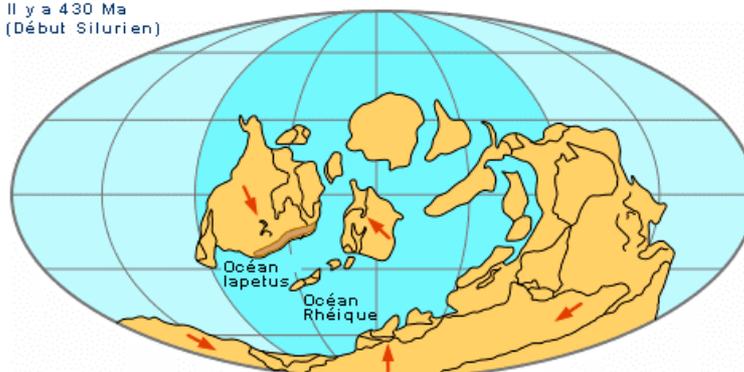
### **Silurien (de -408 à +438 Ma)**

Au Silurien (de - 408 à - 438 millions d'années) les récifs coralliens prospéraient sous les ciels ensoleillés de la ceinture aride du Sud qui s'étiraient à travers l'Amérique du Nord et l'Europe du Nord. Il y eut également développement des plantes sur les continents arides.

Des conditions glaciaires prolongées ont régné près du pôle Sud.

Au début du Silurien, il y a **430 Ma**, Iapetus était devenu un océan étroit entre Laurentia et Baltica. Gondwana migrait toujours vers le nord. L'espace océanique entre, au nord Laurentia et Baltica, et au sud Gondwana, a été appelé l'océan Rhéique.

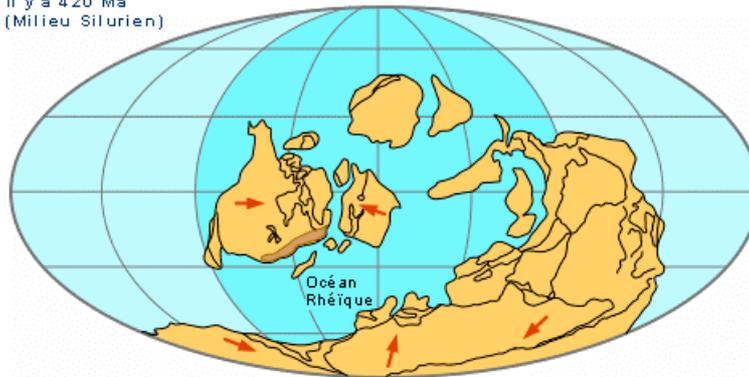
Il y a 430 Ma  
(Début Silurien)



Au milieu du Silurien, il y a **420 Ma**, l'océan Iapetus était presque refermé. Au nord, la collision était imminente entre les deux plaques continentales Laurentia et Baltica.

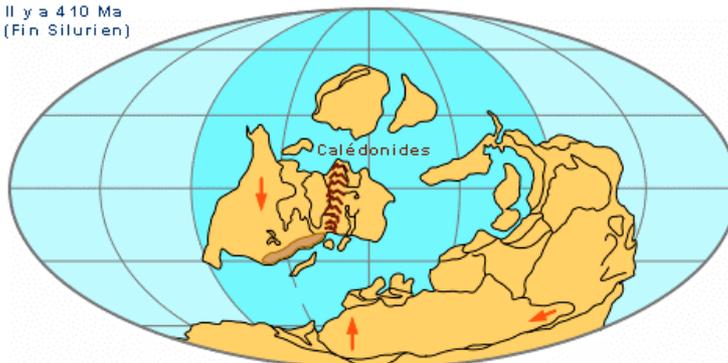
Signalons ici qu'une grande partie de ce qui est aujourd'hui le Québec se situe dans la zone tropicale au sud de l'équateur. C'est pourquoi, par exemple, il s'est développé une grande barrière récifale qui va de la pointe de la Gaspésie, jusqu'aux Cantons de l'Est.

Il y a 420 Ma  
(Milieu Silurien)



A la fin du Silurien, il y a **410 Ma**, la collision Laurentia-Baltica a formé entre le Groenland et la Scandinavie la chaîne des **Calédonides**, une chaîne de montagnes qui est venue souder Baltica à Laurentia pour former une plus grande plaque continentale. Juste au sud, le chaînon de microcontinents était sur le point d'entrer en collision avec la marge de Laurentia. A noter cet océan Rhéique qui se referme progressivement entre Gondwana et le nouveau continent Laurentia-Baltica.

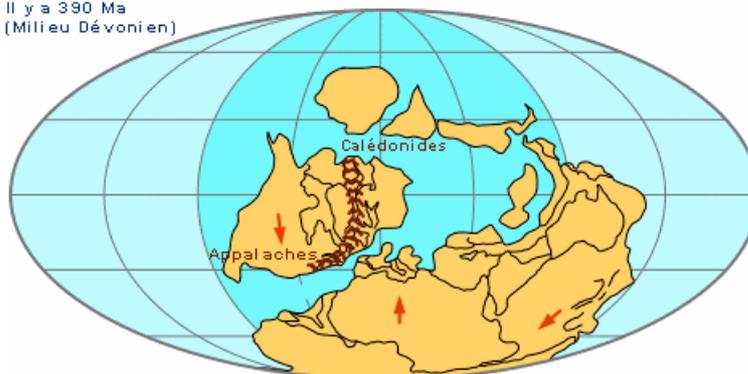
Il y a 410 Ma  
(Fin Silurien)



### Dévonien ( de -360 à - 408 Ma)

Au Dévonien inférieur (- 400 millions d'années) les conditions sèches prévalaient à travers l'Amérique du Nord, la Sibérie, la Chine et l'Australie. L'Amérique du Sud et l'Afrique étaient couvertes par des mers fraîches et tempérées.

Il y a 390 Ma  
(Milieu Dévonien)



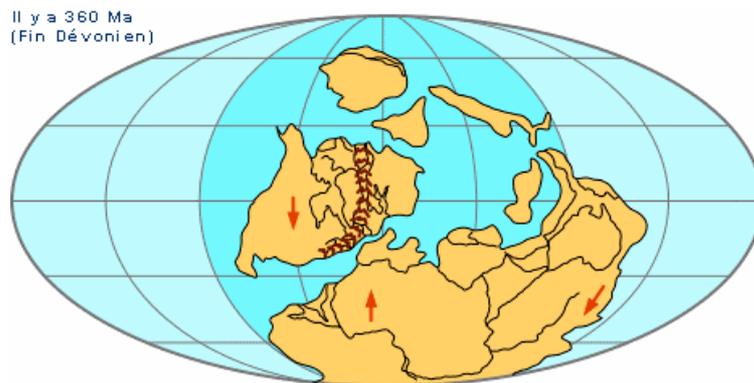
Il y eut migration des poissons des eaux froides du pôle sud vers le nord.

C'est finalement au milieu du Dévonien, il y a **390 Ma**, qu'a eu lieu cette collision entre les microcontinents (dont Avalonia) et Laurentia, collision qui a formé la seconde phase des Appalaches, la **chaîne acadienne**. L'océan Rhéique se refermait toujours.

Au Dévonien moyen (- 385 millions d'années) l'équateur est à travers l'Arctique canadien. La houille commencent à s'accumuler dans les régions où les plantes fleurissent dans la ceinture équatoriales pluvieuse. Des mers peu profondes sous des ciex sans nuages couvre la plupart de l'Amérique du Nord, de la Sibérie et de l'Australie.

Notons que le paléomagnétisme indique une première phase de dérive des continents du Gondwana au Dévonien moyen, les amenant vers le sud en les éloignant de la Laurasia, ce qui les prépare à la glaciation du Carbonifère supérieur.

Au Dévonien supérieur (- 370 millions d'années) la Pangée commence à s'assembler. La houille se forme pour la première fois dans les forêts tropicales de l'Arctique canadien et en Chine du sud. Les glaciers couvrent en partie le bassin amazonien, localisé au pôle Sud.



### **Carbonifère ( de -286 à -360 Ma)**

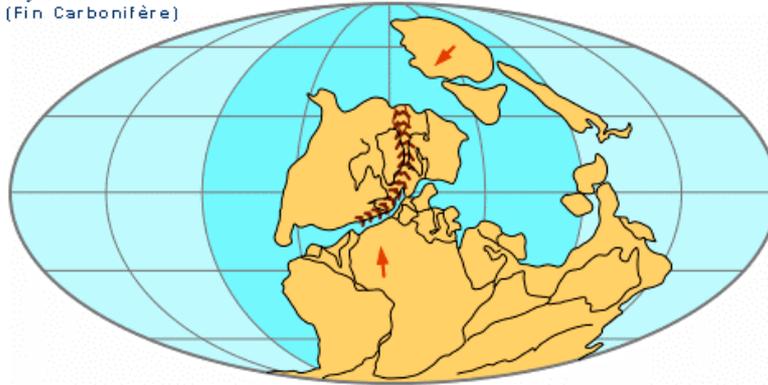
Au carbonifère inférieur - (tournaisian- visean) (- 350 millions d'années), la Pangée se déplace vers le Nord et les ceintures climatiques se déplacent vers le Sud. Les forêts tropicales s'étendent de l'Arctique canadien, à Terre-Neuve et à l'Europe de l'Ouest. Les régions désertiques du centre de l'Amérique du Nord commencent à se rétracter. L'hémisphère Sud commence à se refroidir.

Au carbonifère moyen - (Serpukhovian) (- 330 millions d'années)- 330 millions d'années) des forêts équatoriales humides couvrent les régions tropicales de la Pangée, délimitée au Nord et au Sud par des déserts. La glace du pôle Sud commence à s'étendre vers le Nord.

A noter la présence de vertébrés quadripèdes dans les marais.

A la fin du Carbonifère, il y a **310 Ma**, ce fut le début de la collision entre Gondwana et Laurentia-Baltica, deux grandes masses continentales.

Il y a 310 Ma  
(Fin Carbonifère)



La collision a d'abord eu lieu au niveau des Maritimes (côté Laurentia, incluant Avalonia) et du Maroc (côté Gondwana). Ce fut le dernier soubresaut des Appalaches. Plus vers l'ouest, il y avait encore un bout d'océan.

Durant le Carbonifère supérieur - (gzelian) (- 300 millions d'années), les forêts équatoriales humides couvrent les régions tropicales de la Pangée qui était délimitée au Nord et au Sud par le désert. De la glace recouvrait le pôle Sud

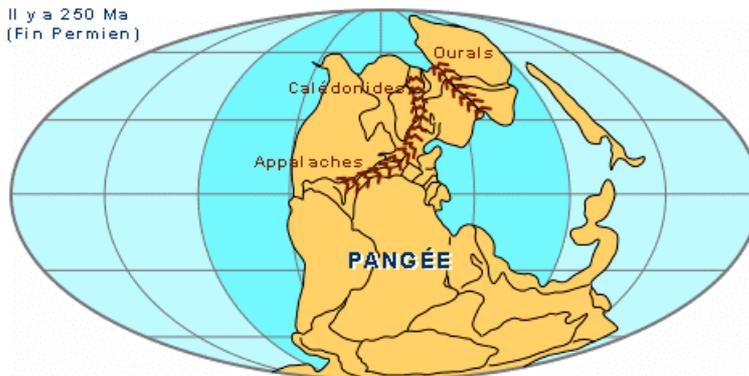
### **Permien (de -245 à -286)**

Au Permien inférieur (- 280 millions d'années), la plupart de l'hémisphère sud est couvert par la glace que les glaciers poussaient vers le Nord. La houille fut produite dans les forêts équatoriales humides et tempérées durant les chaudes périodes interglaciaires.

C'est finalement à la fin du Permien, il y a **250 Ma**, que s'est terminée la collision. Au nord, il s'est formé entre Baltica et la Russie, la **chaîne des Ourals**.

On reconnaîtra ici facilement la Pangée de Wegener, une grande masse continentale issue du rassemblement de plusieurs masses de plus petites dimensions qui ont mis près de 250 Ma à se réunir. Ce mégacontinent de la Pangée va demeurer stable jusqu'à la fin du Trias, soit pour une période d'environ 50 Ma, où il commencera à se fragmenter pour donner naissance entre autre à l'Atlantique

Il y a 250 Ma  
(Fin Permien)



Au Permien supérieur (- 260 millions d'années) la forêt équatoriale humide disparaît et le désert s'étend à travers la Pangée centrale et vers l'ouest. Tandis que le Sud se couvre de glace, une calotte glaciaire apparaît au pôle Nord. La Chine se trouve à l'équateur. La forêt tropicale couvre le sud de la Chine, alors qu'elle se trouve à l'équateur.

Il y a propagation des reptiles.

### **DISPARITION DE 99% DES ESPECES**

### Trias (de -208 à -245 Ma)

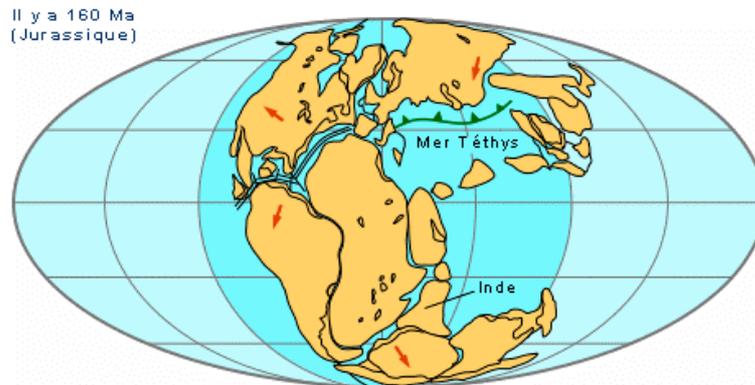
Au Trias inférieur (- 240 millions d'années), l'intérieur de la Pangée était aussi chaude et sèche qu'aux 2 périodes suivantes. Le climat tempéré s'étendait aux pôles. Ce fut la période la plus chaude de l'histoire de la Terre. Le rapide changement vers un climat chaud, à la fin du Permien, peut avoir créé une serre mondiale qui provoqua aussi l'extinction du Permien-triasique. 99% des espèces disparurent. Mais la cause n'est pas déterminée.

Lors du Trias moyen (- 230 millions d'années), l'intérieur de la Pangée était sec. Les régions polaires étaient chaudes, même pendant l'hiver.

Pendant le Trias supérieur ( - 220 millions d'années) le climat général était chaud. Il n'y avait pas de glace, ni au pôle Nord, ni au pôle Sud. Les températures tempérées s'étendaient jusqu'aux pôles.

### Jurassique (de -144 à 208 Ma)

Pendant les Jurassique inférieur et moyen (de - 160 à - 200 millions d'années), la grande mousson de Pangée battait son plein. La Pangée intérieure était très aride et chaude. Les déserts couvraient ce que sont devenues, de nos jours, les forêts tropicales humides d'Amazonie et du Congo. La Chine, entourée de vents porteurs d'humidité, était luxuriante et verdoyante.



La fragmentation de la Pangée a commencé fin-Trias/début-Jurassique, mais c'est vers la fin du Jurassique, il y a **160 Ma**, que la fragmentation est devenue plus évidente et qu'elle a commencé à individualiser les masses continentales que nous connaissons aujourd'hui.

Signalons deux éléments en particulier: la position d'un morceau de la Pangée qui deviendra l'Inde, coincé entre l'Afrique et l'Antarctique, et l'existence de la Téthys, entre l'Afrique et l'Eurasie. La première rupture s'est d'abord faite dans un axe est-ouest et a donné lieu à un océan qui s'ouvrait en ciseaux, le pivot se situant au niveau de l'actuel Gibraltar. L'ouverture s'est faite à la faveur d'une dorsale médiane. Ce mouvement en ciseaux a entraîné, à l'est, le début de fermeture de la Téthys et la création d'une zone de subduction. Au sud, il y eut un début d'ouverture entre le bloc formé de l'Amérique du Sud et de l'Afrique et le bloc formé de l'Antarctique, de l'Inde et de l'Australie.

Pendant le Jurassique supérieur ( - 150 millions d'années) le climat global commença à changer à la suite de la rupture de la Pangée. L'intérieur de la Pangée devint moins sec et les neiges et glaces saisonnières recouvraient les régions polaires.

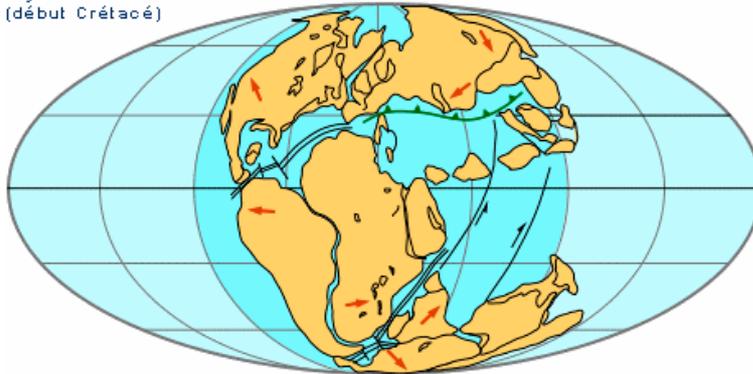
## Crétacé ( de -66 à -144 Ma)

Au Crétacé inférieur (- 140 millions d'années) le climat mondial était une douce glacière. Il y avait de la neige et de la glace à la saison froide et des forêts de zones tempérées et fraîches, couvraient les régions polaires.

Au début du Crétacé, il y a **130 Ma**, une accentuation de l'ouverture en ciseaux à l'ouest a entraîné une accentuation de la fermeture de la Téthys à l'est.

Il y eut un début de rupture entre l'Amérique du Sud et l'Afrique. Une dorsale ouvrit un océan entre le bloc de l'Afrique-Amérique du Sud et le bloc de l'Antarctique-Inde-Australie; c'était l'embryon de l'Océan Indien.

Il y a 130 Ma  
(début Crétacé)



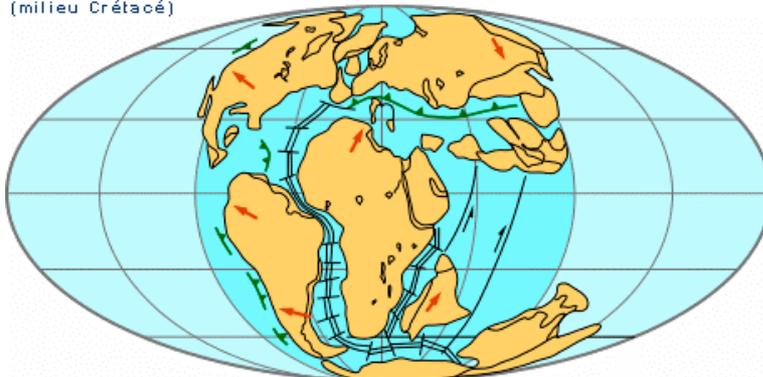
Migration des animaux du pôle sud jusqu'au pôle nord.

Apparition d'espèces vivant en eaux tièdes dans la mer Tethys.

Un peu plus tard au Crétacé, soit il y a **100 Ma**, la séparation entre l'Amérique du Sud et l'Afrique fut définitive; une longue mer linéaire, avec une dorsale médiane, divisait ces deux continents.

Au sud, une dorsale en Y s'établissait; une branche séparait l'Inde de l'Afrique, une autre séparait le bloc Antarctique-Australie de l'Inde. C'est à la faveur de cette dernière branche que l'Inde a commencé sa longue migration vers le nord. Cette migration va se faire entre deux longues failles transformantes. Au nord, la Téthys continuait à se refermer.

Il y a 100 Ma  
(milieu Crétacé)



Lors du Crétacé supérieur ( - 70 millions d'années) le climat général était plus chaud qu'aujourd'hui. Les glaces étaient absentes des pôles. Les dinosaures migraient des régions froides vers les régions chaudes à chaque changement de climat.

## Tertiaire

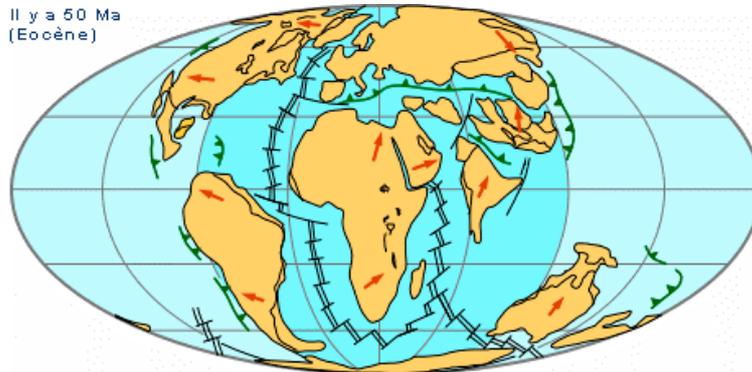
### Paléocène (de -58 à -66 Ma)

Durant le Paléocène ( - 58 à - 66 millions d'années), le climat était plus chaud qu'aujourd'hui. Les palmiers poussés au Groenland et en Patagonie. La Mangrove inondée le sud australien, localisé par 65° de latitude Sud. Il est à noter que les événements de la couche K/T (disparition des dinosaures, il y a 65 millions), même s'ils se sont déroulés sur des millénaires, ne peuvent pas être visibles sur un survol de plusieurs millions d'années.

### Eocène (de -37 à -58 Ma)

L'Eocène inférieur ( - 50 millions d'années) fut une période planétaire chaude (la plus chaude de tout le Cénozoïque). L'Inde était couverte de forêts tropicales humides et les forêts tempérées chaudes recouvraient l'Australie. Les alligators ont nagé dans des marais proches du Pôle du nord et les palmiers se sont développés en Alaska méridional. La plupart de l'Eurasie centrale était chaude et humide.

Au début du Tertiaire (éocène), il y a **50 Ma**, l'océan Atlantique était véritablement individualisé. La Téthys se refermait de plus en plus pour former progressivement le système alpin (au sens géologique du terme) en Afrique du Nord, et de l'Europe à l'Iran. C'est ici qu'est née la Méditerranée.



L'Eocène moyen et supérieur (de - 37 à - 50 millions d'années) est marqué par un net refroidissement et une sécheresse marquée aux hautes latitudes. En effet, les rapports isotopiques de l'oxygène établis sur des coquilles d'invertébrés marins indiquent une chute de 10°C de la température moyenne des eaux du Pacifique ; l'étude des paléoflores éocène et oligocène de la côte ouest nord-américaine indiquent une chute de 8°C. Ainsi, l'Antarctique se couvre de glace et les zones boisées de type tropical se trouvent limitées à une mince bande alors que les forêts tempérées à conifères et arbres caducifoliés se développent dans les zones à climat contrasté. Ce changement de flore a pu perturber le régime alimentaire des phytophages, de leurs prédateurs et donc perturber les réseaux trophiques.

Plusieurs causes ont été invoquées pour ce changement climatique, mais rien n'est certain :

- un changement d'inclinaison de l'axe terrestre (celui-ci passant de la verticale à une inclinaison de 23°) aurait entraîné une augmentation des surfaces soumises aux faibles rayonnements solaires et donc un refroidissement général ;
- une perturbation des courants océaniques aurait amené des eaux froides polaires en domaine intertropical (l'ouverture du passage entre Norvège et Groenland dans l'hémisphère Nord et l'ouverture du passage entre Antarctique et Australie dans l'hémisphère Sud auraient modifié les circulations océaniques et atmosphériques planétaires).

A la fin de l'Eocène, les Mammifères atteignent leur diversité maximale (122 familles) et tous les types adaptatifs connus actuellement sont déjà présents. Une crise, vers 34 Ma BP (changement climatique ?), voit la disparition de groupes archaïques dès la seconde moitié de l'Eocène et l'essor des groupes

modernes dès le début de l'Oligocène, mais le nombre de famille (70) reste bien inférieur à celui des temps éocènes. S'éteignent ou déclinent les Multituberculés, les Condylarthres, les Uintathères et les Marsupiaux de l'hémisphère Nord. La nouvelle vague est dominée par les Rongeurs modernes (ils occupent la niche écologique des Multituberculés), les carnivores Fissipèdes (Canidés, Viverridés et Mustélidés) et les Ongulés.

### **Oligocène (de -24 à -37 Ma)**

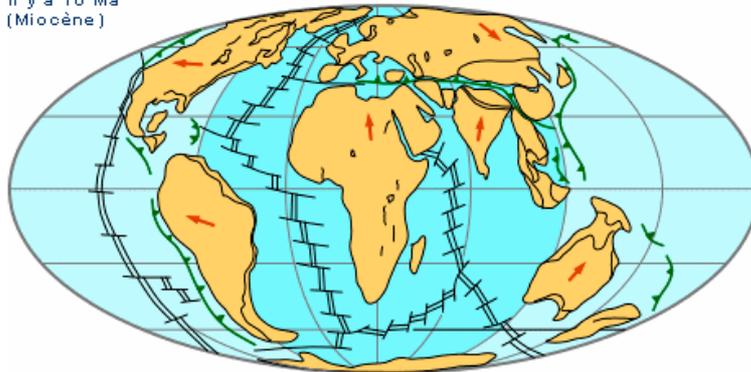
Durant l'Oligocène (de - 24 à - 37 millions d'années), la glace recouvrait le Pôle du sud, mais pas le Pôle du nord. Les forêts tempérées chaudes couvraient le Nord de l' Eurasie et l' Amérique du Nord.

### **Miocène (de -5 à -24 Ma)**

Pendant le Miocène (de - 5 à - 24 millions d'années), le climat était semblable au climat d'aujourd'hui, mais plus chaud. Les ceintures climatiques bien définies s'étiraient des pôles à l'équateur, cependant, il y avait des palmiers et des alligators en Angleterre et au Nord de l'Europe . L'Australie était moins aride qu'elle l'est maintenant.

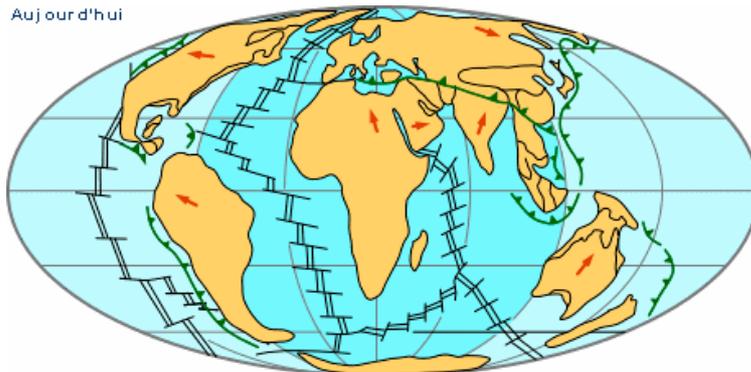
Il y a à peine **10 Ma**, la plaque indienne emboutissait la Chine, créant ainsi l'Himalaya.

Il y a 10 Ma  
(Miocène)



Aujourd'hui

Aujourd'hui



Et si vous souhaitez connaître l'avenir

