

DOSSIER « GEOLOGIE » - IX

PREUVES DE LA TECTONIQUE DE PLAQUES

Robert SIX

I. PREUVES DE LA DERIVE

De nombreuses observations ont apporté des preuves à cette théorie de la dérive des continents.

A. Etude des glaciations du Carbonifère et du Permien

A deux reprises, à la **fin de l'Ordovicien (-590 Ma)** et à la **fin du Dévonien (-360 Ma)**, l'hémisphère Sud a subi **deux glaciations** de grande ampleur dont les traces se retrouvent en Amérique du Sud, en Afrique australe et orientale jusque Madagascar, en Inde, dans le sud de l'Australie et sur le continent antarctique. Il s'agit de **tillites** (conglomérats d'origine glaciaire), déposés sur une surface présentant un modelé glaciaire (poli et strié). Ces corrélations permettent de dire que ces différents blocs continentaux appartenaient à ces époques à un seul supercontinent qui occupait une position australe.

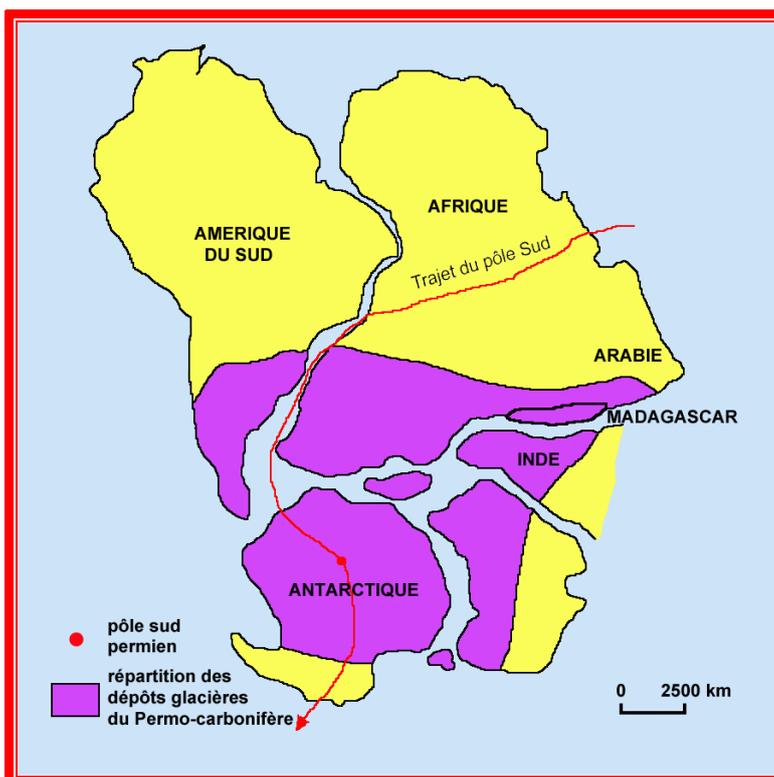


Fig. 17 – Localisation des dépôts glaciaires des continents de l'hémisphère sud au Permien-Carbonifère.

B. Série gondwanienne

Les âges de ces différentes tillites coïncident, apportant la preuve de leur simultanéité. De plus, elles contiennent les mêmes espèces de fougères fossiles (*Glossopteris* et *Gangamopteris*).

Ces différentes formations constituent une série caractéristique, la **série gondwanienne** qui couvre la période allant du **Dévonien au Trias**. Cette suite de dépôts sédimentaires comprend des lits de tillites, des couches de charbon et toute une variété de plantes fossiles dont celles citées ci-dessus. L'uniformité des séries suggère qu'il y a **200 Ma** ces différents blocs continentaux formaient une seule masse, le **Gondwana**.

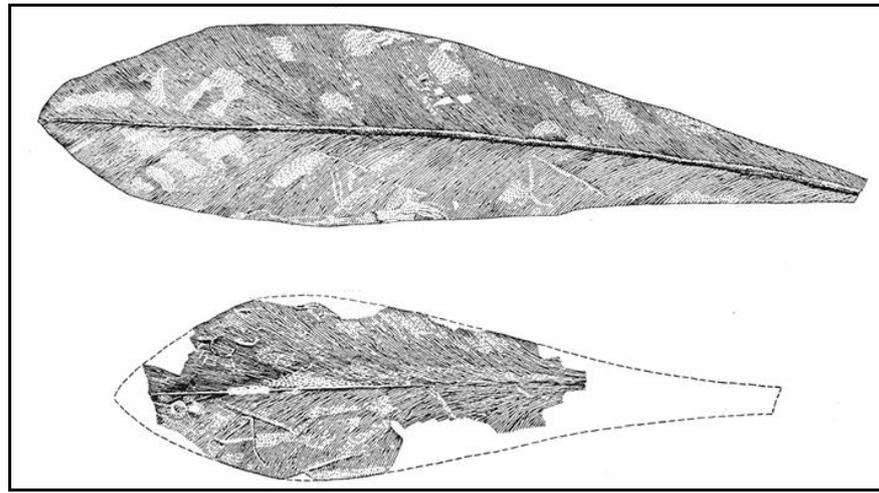


Fig. 18 – Flore gondwanienne : *Glossopteris*, *Gangamopteris cyclopteroides*.

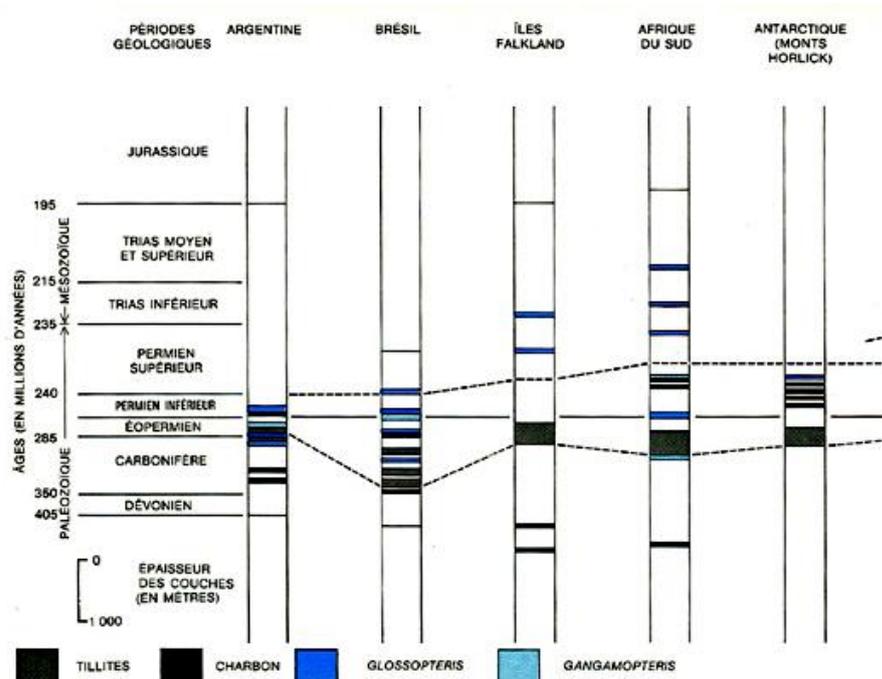


Fig. 19 – La série gondwanienne

C. Le paléomagnétisme

1. Mécanisme du magnétisme terrestre

Nous ne nous attarderons pas sur ce phénomène ici. Retenons simplement que l'aiguille aimantée d'une boussole s'oriente vers le pôle magnétique et que sa position par rapport à l'endroit où elle se trouve varie. Au pôle Nord, elle se dirige verticalement vers le globe ; au pôle Sud, c'est l'inverse, à l'équateur, elle est tangente au globe et entre les pôles et l'équateur, elle adopte une inclinaison qui augmente lorsque l'on approche des pôles. Ainsi, on peut déterminer la latitude à laquelle on se trouve.

Certains **minéraux, à base d'oxyde de fer**, que l'on trouve dans les roches sédimentaires ou volcaniques ont la **propriété de s'orienter selon le champ magnétique terrestre**. Cette orientation se fait, lorsque la roche n'est pas encore consolidée s'il s'agit de sédiments ou non encore refroidie dans le cas des roches volcaniques.

Grâce à cette propriété (**magnétisme rémanent**), on peut donc connaître le magnétisme du moment de formation des roches et remonter ainsi dans le temps.

2. L'inversion des pôles

La **détection des anomalies magnétiques** dans la croûte océanique donne une **confirmation de la théorie de la tectonique de plaques**. On retrouve ces anomalies de part et d'autre de la dorsale dans les basaltes. Donc, ces roches se sont formées en même temps et ont été repoussées par le **phénomène d'accrétion**. On constate que le champ magnétique terrestre s'est inversé de nombreuses fois au cours des temps géologiques.

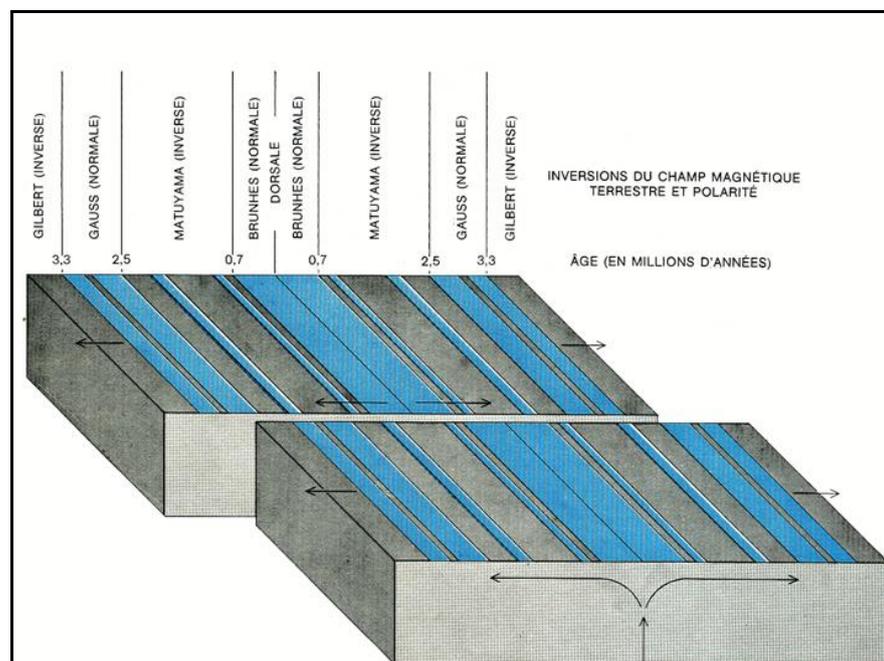


Fig. 20 – Anomalies magnétiques dans les basaltes de part et d'autre de la dorsale
En bleu : polarité normale ; en gris : polarité inverse.

3. La migration des pôles

Nous avons vu que les roches sédimentaires peuvent également enregistrer la direction du champ magnétique. Sur un continent, des roches sédimentaires d'âges différents présentent des anomalies magnétiques différentes. Cela permet de retracer, à partir d'une succession de roches de plus en plus jeunes, le **trajet des pôles**.

Sur deux continents différents, des roches d'un même âge présentent des anomalies différentes, montrant pour une même période des orientations des pôles divergentes. Si l'on reconstitue la position respective de ces continents selon des critères établis par la théorie de la tectonique de plaques, ces divergences s'annulent.

En fait ce ne sont pas les pôles qui migrent, mais bien les plaques qui bougent et passent par les pôles.

4. Age des basaltes et des sédiments formant la partie supérieure des plaques océaniques

Reprenons le schéma d'une dorsale. On constate une série de 3 couches successives :

- **couche supérieure**, constituée de sédiments dont l'âge et l'épaisseur augmentent en fonction de l'éloignement de l'axe de la dorsale ;
- **couche 2**, composée de basalte, roches provenant du refroidissement de la matière en fusion sortant au niveau de la dorsale. Leur âge augmente également en fonction de leur éloignement de l'axe ;
- **couche 3**, formée de gabbro, roche analogue au basalte mais contenant des cristaux visibles à l'œil. Elle s'est formée à plus grande profondeur où la température et la pression ont diminué plus lentement, permettant une cristallisation des minéraux.

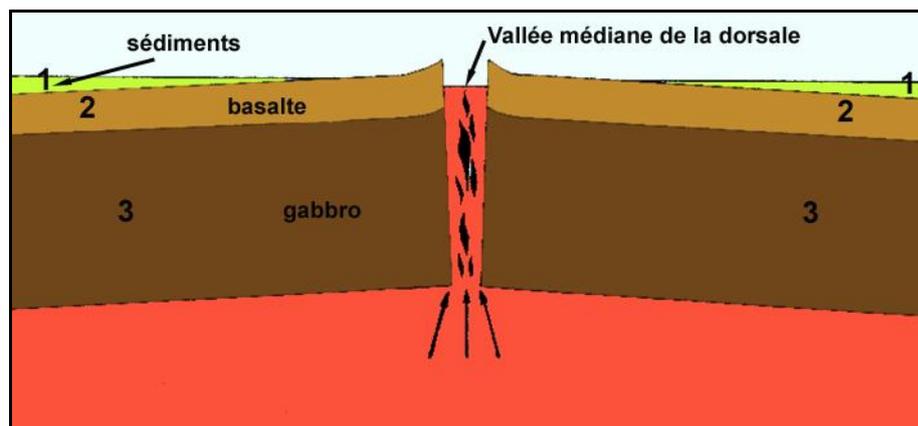


Fig. 22 – Les trois couches de la croûte océanique

5. Ajustement géographique des rives opposées de l'Atlantique

Dès 1964, des géologues britanniques présentèrent une analyse élégante de l'ajustement géographique des rives opposées de l'Atlantique Nord et Sud. Ils l'obtinrent à l'aide d'un ordinateur, en prenant en compte la limite du plateau continental.

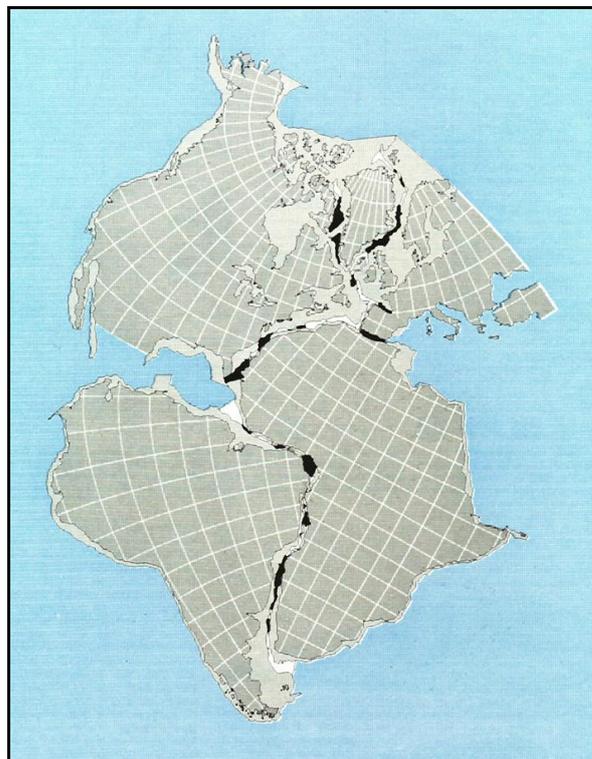


Fig. 23 – Assemblage des continents à l'aide d'un ordinateur en prenant l'isobathe de 2.000 m, limite des blocs continentaux

De plus, on constate que les provinces géologiques situées de part et d'autre de l'Atlantique Sud, en Afrique et en Amérique du Sud correspondaient entre elles si l'on rapprochait les deux continents.

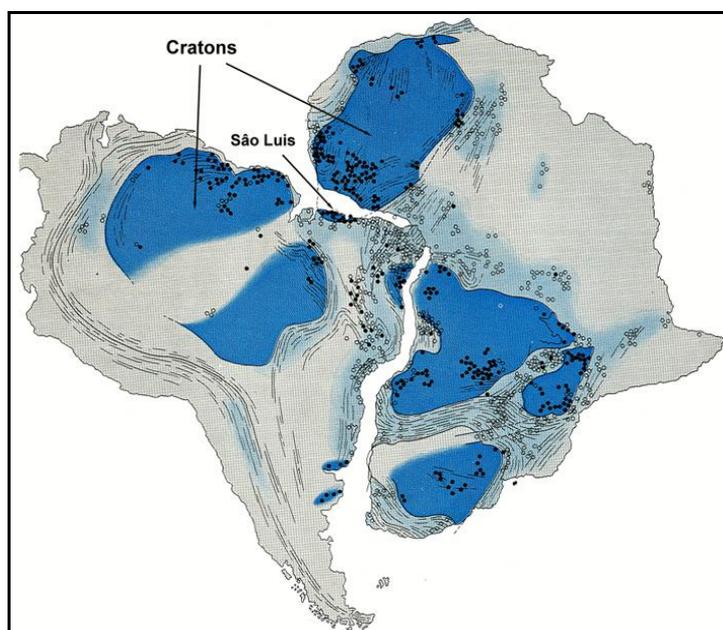


Fig. 24 – Position probable de l'Afrique et de l'Amérique du Sud. Zones en bleues : cratons

6. Les variations du flux thermique

Le flux thermique est la quantité de chaleur qui traverse une surface donnée (1 cm) en un temps donné (1 seconde). Il est en moyenne à la surface du globe de **1,2 $\mu\text{cal}/\text{cm}^2/\text{s}$** . Lors de mesure en de nombreux points de l'océan Pacifique, dans les **années 1950**, le géophysicien **Sir Edward BULLARD** remarque des anomalies négatives (diminution) au-dessus des zones de subduction et des anomalies positives (augmentation) au droit des dorsales, ou des arcs insulaires. Il associe ces constatations aux courants de convection qui règnent au sein du manteau inférieur. Il est évident que la mesure du flux thermique en divers points géologiques s'avère beaucoup plus complexe que ça.

7. Les « hot spots » ou points chauds

Un **point chaud** est une zone de **formation de magma au sein du manteau inférieur**. La matière en fusion remonte sous la forme d'un **panache**, colonne ascendante, et perce la lithosphère où se manifeste une activité volcanique. Ces points chauds ont une durée de vie longue de quelques dizaines de millions d'années et sont fixes par rapport au repère que forme le globe.

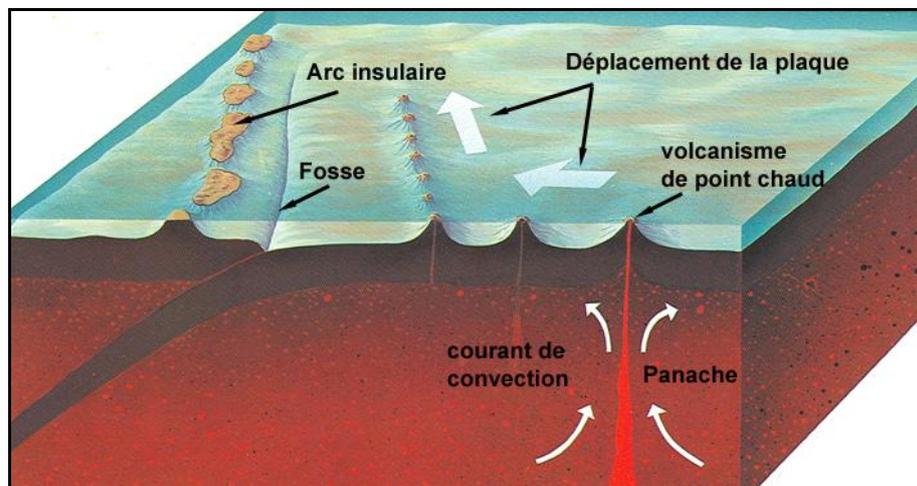


Fig. 25 – Les points chauds

Au droit d'un point chaud, se forme une **île volcanique**. Les laves émises sont également de nature basaltique mais se distinguent par leur teneur élevée en matériaux alcalins (lithium, sodium, potassium, etc.). Elles sont plus visqueuses et s'épanchent en longues coulées. Leur cône éruptif est plus ample.

C'est la Canadien **Tuzo WILSON** qui montra que ce **type de volcanisme** est également un **témoin du mouvement des plaques** à la surface du globe. Il constata que plus les îles sont éloignées du point chaud, plus elles sont vieilles et qu'elles se déplacent selon les mouvements des plaques, épousant leur changement de direction.

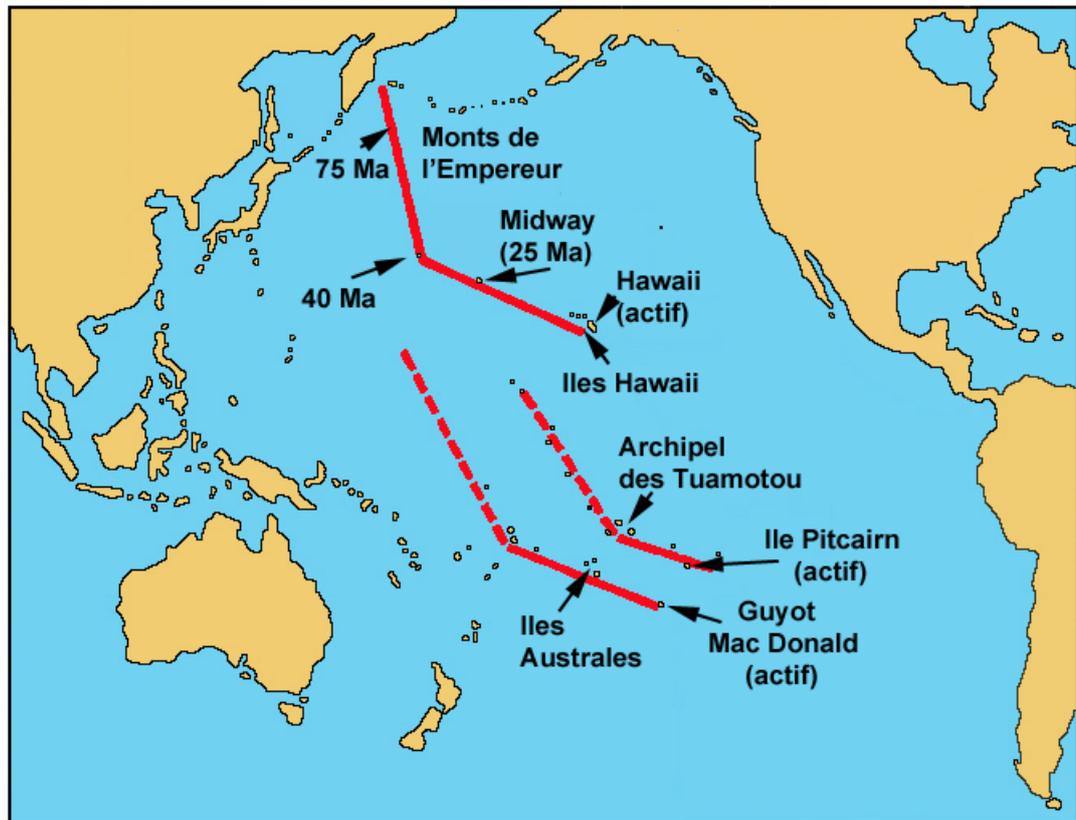


Fig. 26 – Les archipels intra-océaniques du Pacifique

8. Apports de la paléontologie

Nous avons vu plus haut que des fougères fossiles de même espèce ont été retrouvées dans différents terrains de même âge dans l'hémisphère austral. D'autres fossiles de même espèce d'animaux ont également été découverts à des milliers de kilomètres les uns des autres, comme par exemple le *Lystrosaurus*, reptile de petite taille que l'on trouve en Afrique australe, en Inde, en Chine et en Antarctique. La théorie initiale des ponts permettant le passage d'un continent à l'autre ne pouvait permettre d'expliquer sa présence en des zones si distantes les unes des autres. Seule l'existence d'un **supercontinent** donnait une explication valable.

Les découvertes paléontologiques plus ou moins récentes permettent d'établir une **corrélation entre la diversification des espèces et la fragmentation des continents par leur dérive.**

Lorsque les continents sont agglomérés, on constate une moins grande variété dans les espèces animales. Leur séparation s'accompagne d'une évolution distincte des espèces au départ identiques. Un exemple typique est l'île de Madagascar où l'on trouve le plus grand nombre d'espèces de lémuriens.

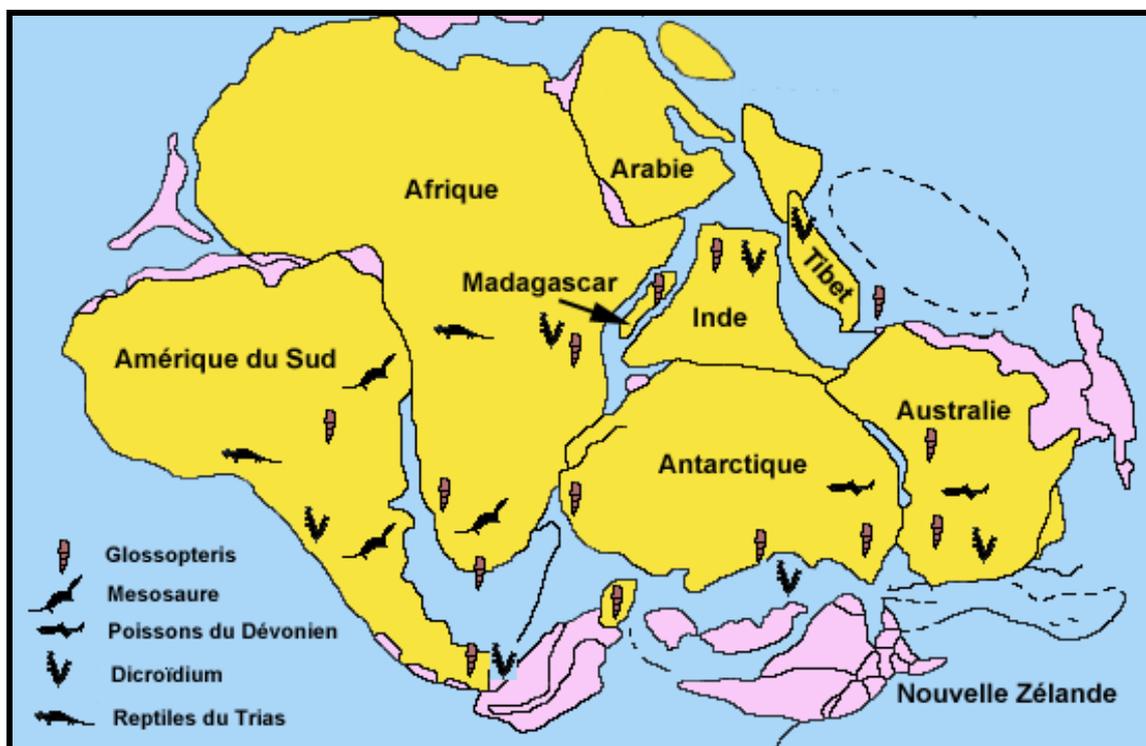


Fig. 27 – Indices paléontologique en faveur de la dérive des continents
Répartition de la faune et de la flore

II. LE MOTEUR DE LA DERIVE

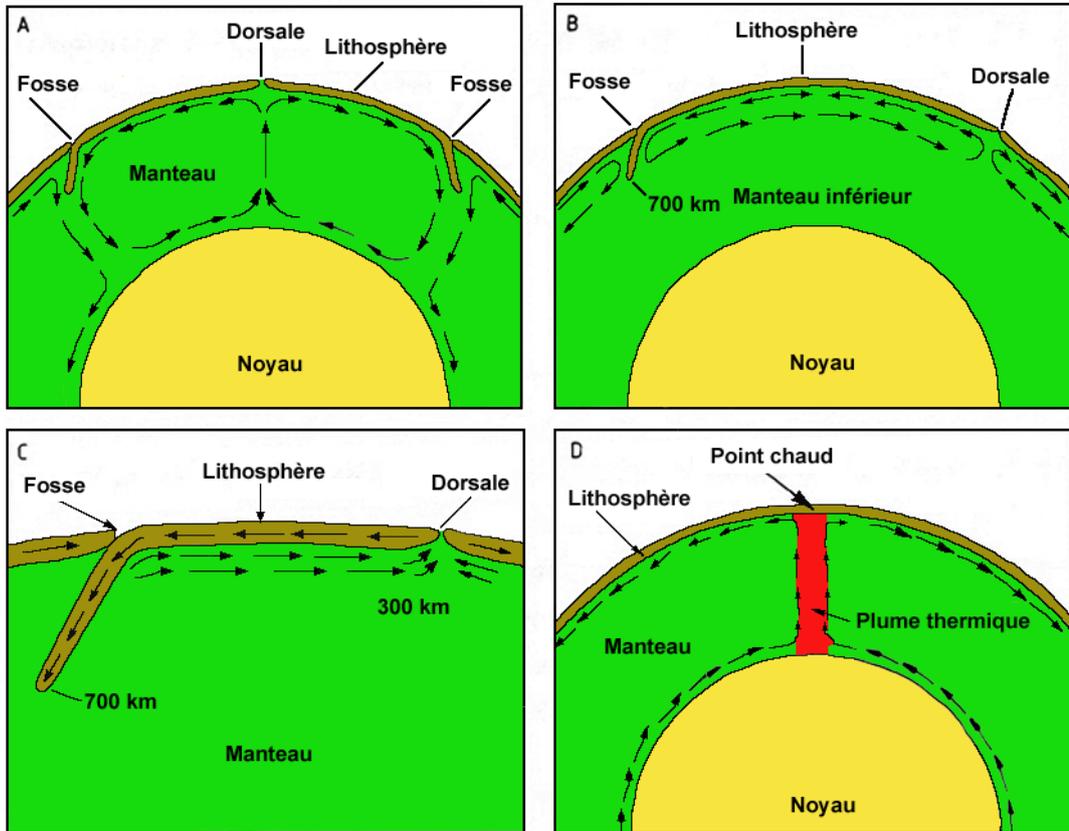
Maintenant qu'il est acquis que la tectonique de plaques est plus qu'une hypothèse mais une théorie qui se confirme par des faits établis, cherchons à expliquer le **moteur de cette dérive**.

Revenons à notre coupe du globe.

L'énigme de ce moteur n'est pas encore entièrement résolue, mais **l'hypothèse de courants de convection** semble la plus plausible. Au niveau de l'asthénosphère, des courants de chaleur entraîneraient de la matière « fluide », qui mettrait les plaques en mouvement.

Actuellement une vision d'une convection en dôme semble satisfaire les scientifiques.

Dans les zones chaudes de la couche D", se développent de grands bombements de matière plus légère, avec des panaches qui s'échappent de ceux-ci. Ils seraient nourris en partie par la matière chaude chassée par les plaques en subduction qui traverseraient tout le manteau et s'écraseraient sur la limite noyau-manteau au niveau de la couche D". Deux grandes régions de dômes, l'une sous l'Afrique, l'autre sous le Pacifique, créeraient des courants ascendants. De part et d'autre, les zones de subduction entretiendraient les courants descendants. Ce scénario peut expliquer les grands mouvements des plaques responsables de l'ouverture des océans, de l'orogénèse, etc., ainsi que les points chauds.



(d'après Peter J.WILLIE , 1976)

Fig. 28 – Modules de convection

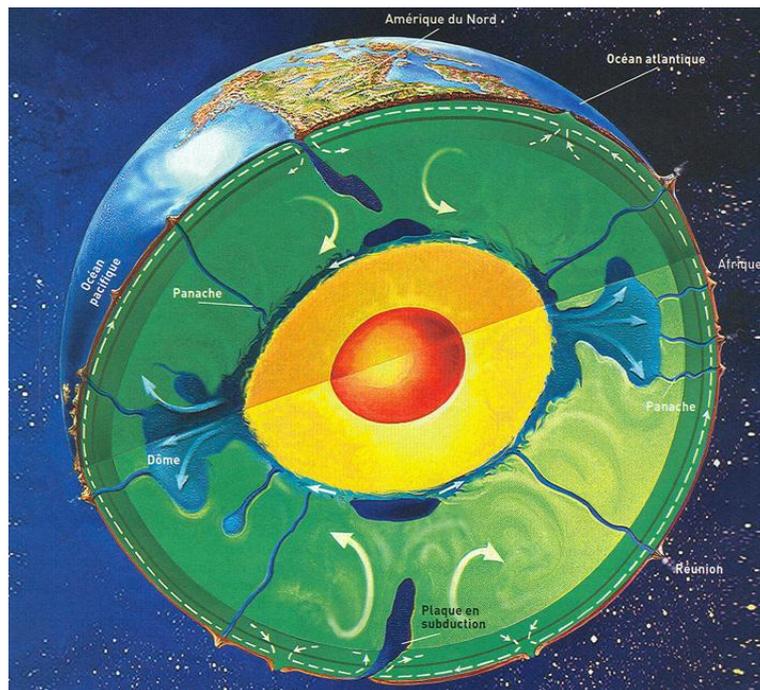


Fig. 29 - convection en dôme

III. CONSEQUENCES DE LA DERIVE

A. Le volcanisme et les séismes

Les principaux volcans actifs et les foyers des séismes sont concentrés dans les mêmes zones, c'est-à-dire, le long des fosses océaniques et des dorsales.

B. L'orogénèse

La formation des montagnes est également liée à la tectonique de plaques comme nous l'avons vu. Elles s'érigent dans les zones de subduction par plissement et chevauchement des couches de roches sédimentaires.

C. Les gisements miniers

Les géologues ont constaté que deux domaines sont particulièrement riches en ressources minérales : la vallée médiane de la dorsale et les arcs volcaniques.

IV. CONCLUSIONS GENERALES

De simple hypothèse, la tectonique de plaques est devenue une théorie bien établie, accréditée par des nombreuses preuves de diverses origines (géologiques, climatologiques, paléontologiques, magnétiques, etc.). Cette science a permis une explication rationnelle des nombreux phénomènes qui agitent notre planète et elle à la base de toute la géologie moderne.

V. BIBLIOGRAPHIE

- **DUCARME B.** (1983) – *De la dérive des continents à la tectonique des plaques*, Editions du G.E.S.T.
- **Collectif** – *L'histoire de la Terre*, Les Dossiers de la Recherche – N° 25 – nov. 2006 – janv. 2007.
- **Collectif** – *L'écorce terrestre*, Dossier Pour la Science – juin 1995.
- **Collectif** (1977 à 1979) – *La dérive des continents – La tectonique des plaques*, Bibliothèque Pour la Science (réunion d'articles parus dans Pour la Science)
- **COUSTEAU J.-Y.** (1983) – *La planète terre – La dérive des continents*, Editions Robert Laffont S.A.
- **FOUCAULT A., RAOULT J.-F.** (1980) – *Dictionnaire de géologie*, Masson.
- **HALLAM A.** (1976) – *Une révolution dans les sciences de la Terre*, Editions du Seuil, coll. Points – Science S5.
- **MICHEL F.** (2005) – *Roches et paysages – Reflets de l'histoire de la Terre*, BRGM éditions – Belin – Pour la Science.
- **MILLER R.** (1983) – *La dérive des continents*, Editions Time-Life, Amsterdam.
- **ROUBAULT M., COPPENS R.** (1972) – *La dérive des continents*, PUF, coll. « Que sais-je ? ».

- **Six R.** – *Wegener ou la dérive des continents*, in *Le Bulletin du G.E.S.T.* N° 42 – juillet 1990.
- **Six R.** – *Géologie de Madagascar*, in *Le Bulletin du G.E.S.T.*, N° 136 – mars 2006.