

Thème 2 Les séismes et les volcans

Où ? Pourquoi là ? Quels sont les risques ? Peut-on les réduire ?

1. Où ?

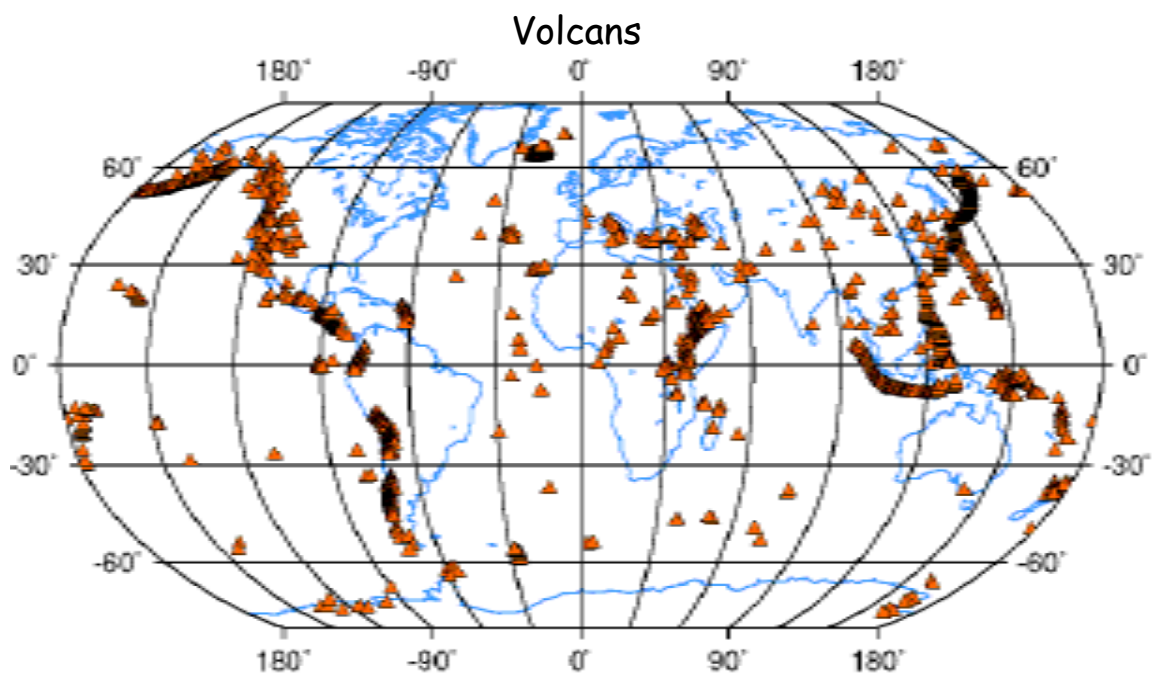
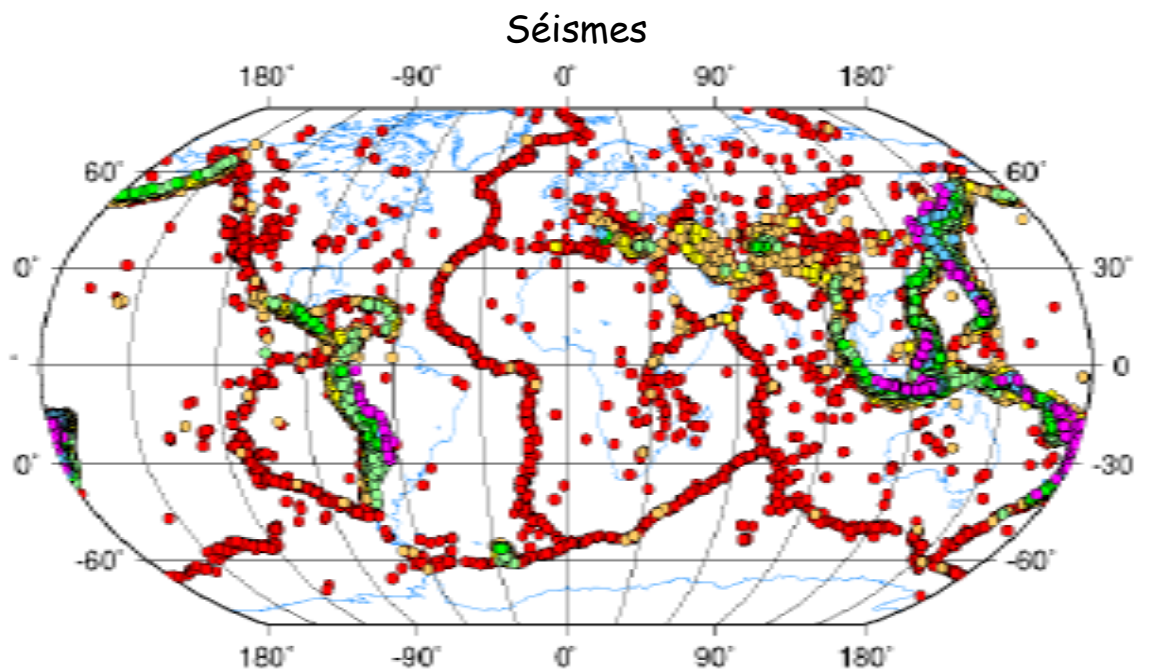
Deux liens très utiles :

<http://www.iris.edu/seismon/>

<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/?source=sitenav>

1. Localisation des séismes sur terre.

Nous avons réalisé une localisation des grandes zones où ont lieu de fréquents et violents séismes (voir tes notes personnelles).

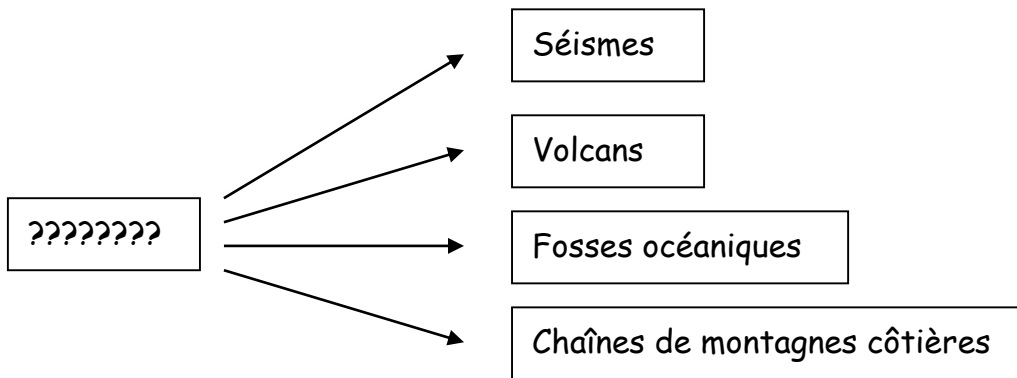


2. Autres phénomènes géophysiques

Nous avons également montré qu'à proximité de ces séismes, on observe d'autres phénomènes géophysiques et des formes de relief particulières :

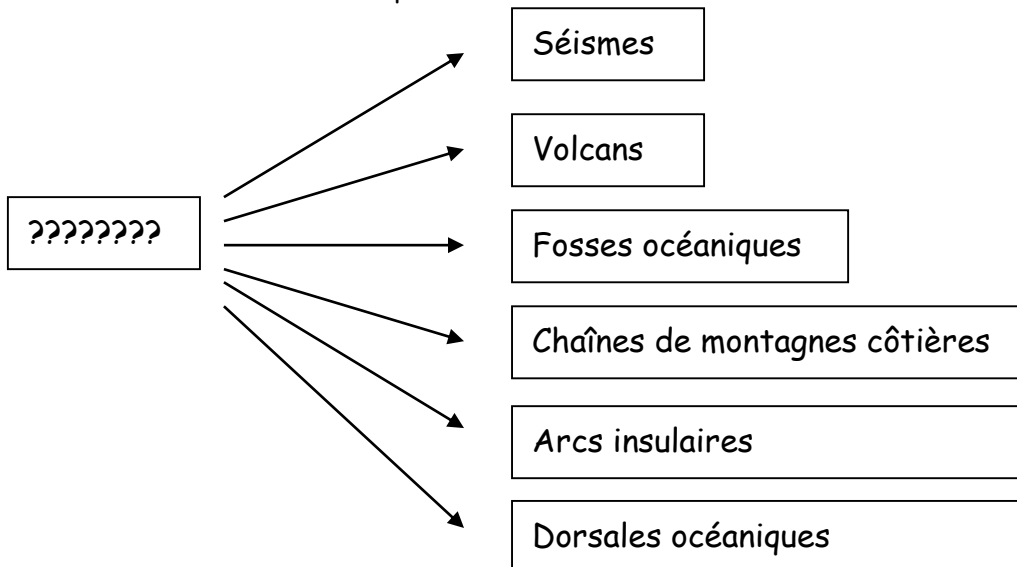
1. la localisation des séismes est très semblable à celle d'autres phénomènes naturels : les volcans.
2. les séismes sont situés le long de continents ou d'archipels (arcs insulaires),
3. des fosses océaniques profondes longent ces bordures
4. une chaîne de montagnes est très souvent présente, le long de ces fosses, au bord de l'océan.

La plupart de ces zones bordent l'océan Pacifique, au point tel qu'on parle de la « ceinture de feu ». Il est clair que cette localisation n'est pas le fruit du hasard. Un lien relie ces divers éléments.



Dans une analyse plus détaillée, nous observons aussi des alignements de séismes moins violents au centre des océans. Là aussi, il y a de nombreux volcans, là aussi, il y des chaînes de montagnes (appelées dorsales ou crêtes) par contre, on ne voit pas du tout de fosse océanique à proximité.

Quel est donc la cause de ces divers phénomènes naturels ?



La suite de notre raisonnement se trouve à partir de la page 8.

2. La Dérive des Continents

Ici, nous faisons un saut en arrière dans le temps, pour nous intéresser à la démarche d'Alfred Wegener, qui avant tout le monde proposa une explication aux observations mentionnées à la page 2. Cette théorie, même si elle n'est plus admise aujourd'hui, mérite d'être étudiée.

Lecture attentive des pages 3 à 7.

(Ne pas retenir par cœur mais comprendre la démarche et pouvoir citer les principaux faits observés.)

La dérive des continents est donc une théorie proposée au début du XX^{ème} siècle par le physicien-météorologue Alfred Wegener, pour tenter d'expliquer, entre autres, la similitude dans le tracé des côtes de part et d'autre de l'Atlantique, une observation qui en avait intrigué d'autres avant lui.

Wegener était un scientifique de son siècle, possédant une large gamme de connaissances en géologie, géophysique, astronomie et météorologie.

Il possédait, en outre, le courage, la fièvre de connaître, l'indépendance, la rigueur intellectuelle, la logique et une bonne dose d'intuition.

Armé de tout ce bagage, il a pu formuler une hypothèse sur le déplacement des continents. Il avait observé la complémentarité des lignes côtières entre l'Amérique du Sud et l'Afrique; il y conçut l'idée qu'autrefois l'Afrique et l'Amérique n'avaient été qu'un seul et même bloc qui se serait fragmenté en deux parties lesquelles se seraient ensuite éloignées l'une de l'autre. C'est la théorie de la dérive des continents.

Wegener avançait des "preuves" pour appuyer sa théorie. Il serait plus juste de dire qu'il apportait des faits d'observation qui pouvaient être expliqués par une dérive des continents.

Parmi les « preuves » de Wegener, nous en retenons trois :

Le parallélisme des côtes.

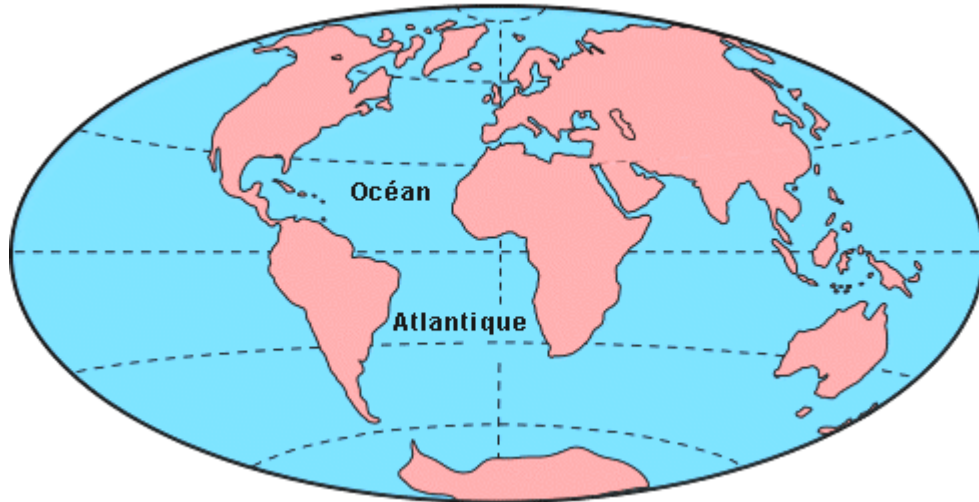
La répartition de certains fossiles

Les traces d'anciennes glaciations.

1. Le parallélisme des côtes.

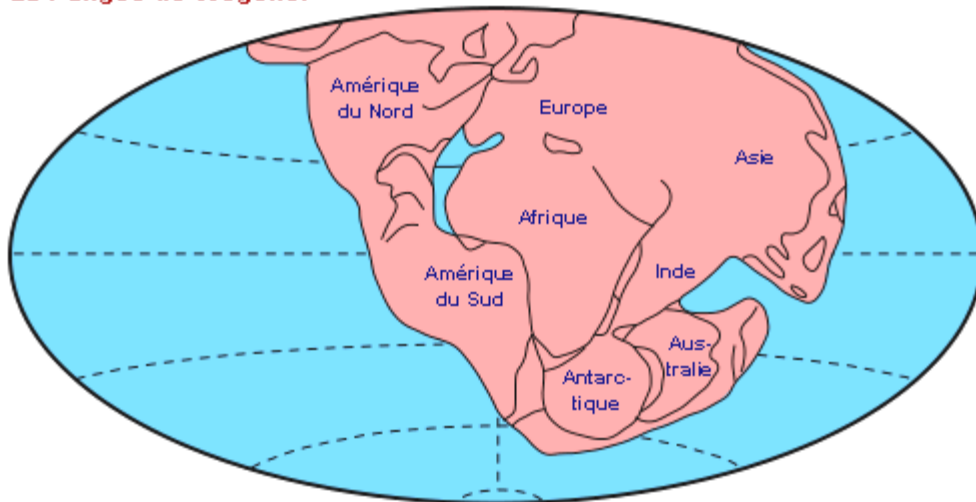
Il y a par exemple, un net parallélisme des lignes côtières entre l'Amérique du Sud et l'Afrique.

Position actuelle des continents



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

La Pangée de Wegener

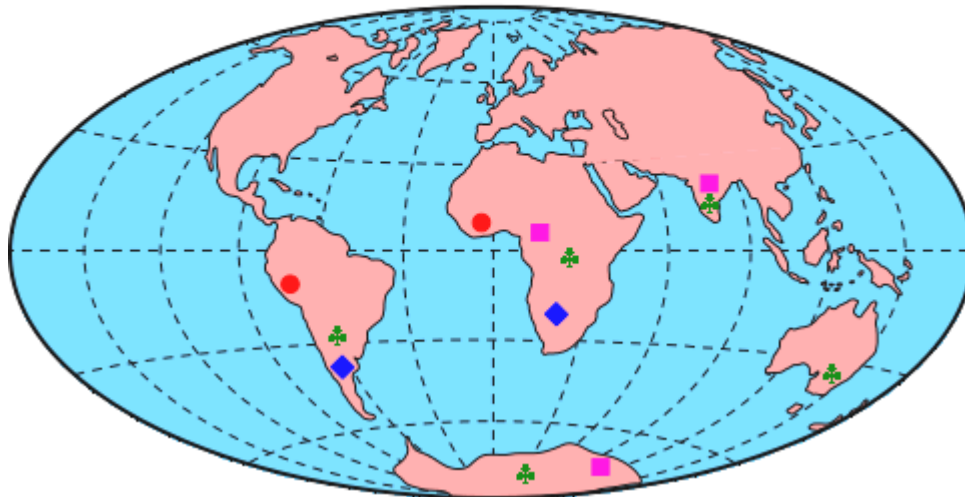


La reconstitution de Wegener montre que toutes les masses continentales ont été jadis réunies en un seul mégacontinent, la Pangée. Aujourd'hui, on utilise une reconstitution de la Pangée inspirée de celle de Wegener, mais affinée par des observations plus récentes.

2. La répartition de certains fossiles.

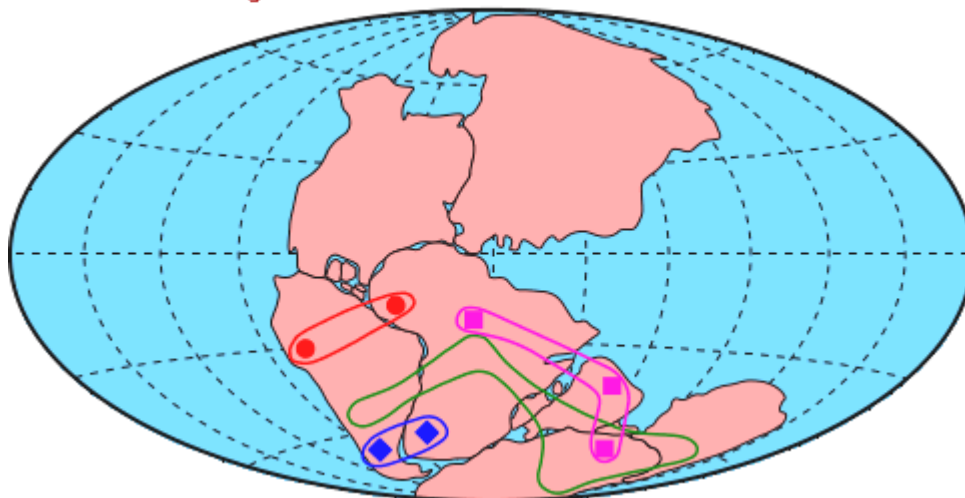
On retrouve, de part et d'autre de l'Atlantique, sur les continents actuels, des fossiles de plantes et d'animaux terrestres datant de 240 à 260 Ma.

- **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.

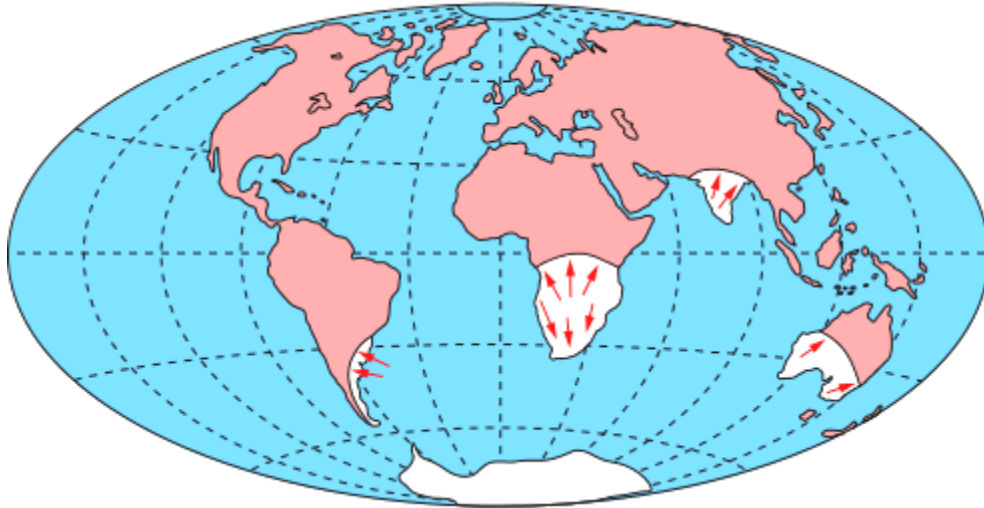
La solution de Wegener



3. Les traces d'anciennes glaciations.

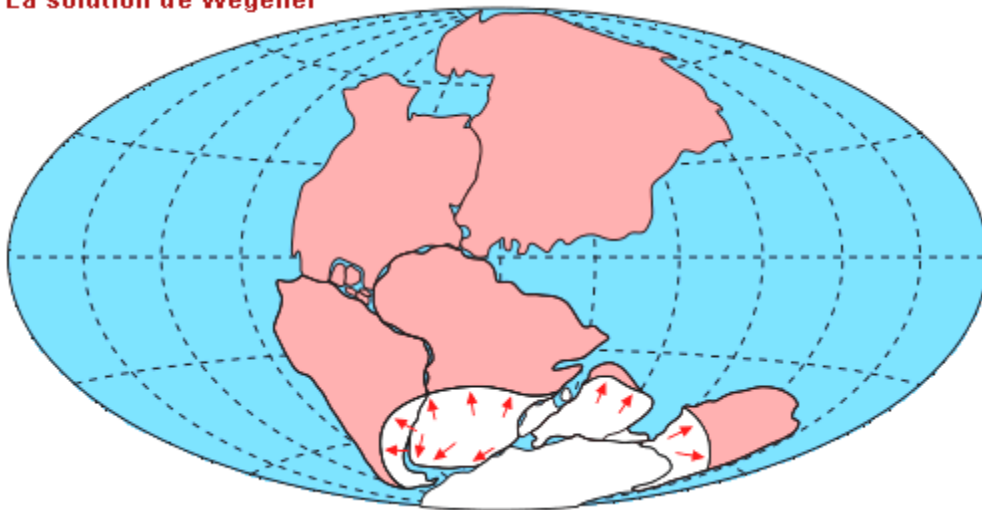
On observe, sur certaines portions des continents actuels, des marques de glaciation datant d'il y a 250 millions d'années, indiquant que ces portions de continents ont été recouvertes par une calotte glaciaire. Le rassemblement des masses continentales donne un sens à la répartition de dépôts glaciaires 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.

→ sens d'écoulement de la glace



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



Conclusion sur la dérive des continents.

Les contemporains de Wegener (début du XX^{ème} siècle) 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..

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.

Il faut signaler que l'hypothèse de Wegener était une hypothèse qui faisait avancer la recherche scientifique, 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.

Avec les satellites et les GPS, puis d'autres techniques modernes, on a pu progresser rapidement dans la connaissance de la terre.

Actuellement, la théorie unanimement acceptée qui explique tous ces phénomènes se nomme :

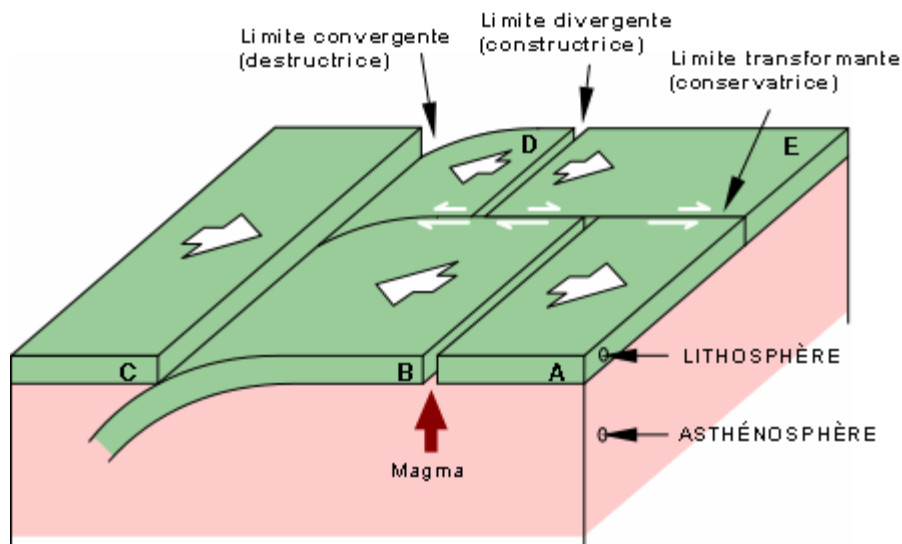
3. La Tectonique des Plaques

Un peu de vocabulaire d'abord.

La **tectonique** est cette partie de la géologie qui étudie la nature et les causes des déformations des ensembles rocheux, plus spécifiquement dans ce cas-ci, les déformations, à grande échelle, de la lithosphère terrestre.

Une **plaque** est un volume rigide, peu épais par rapport à sa surface qui constitue la lithosphère. C'est la couche la plus externe de la terre.

La **tectonique des plaques** est une théorie scientifique qui propose que les déformations de la lithosphère sont reliées à son découpage en un certain nombre de plaques rigides (13) qui bougent les unes par rapport aux autres en glissant sur l'asthénosphère. (Pour les causes, voir en page 15)



Ces mouvements définissent trois types de frontières entre les plaques :

- 1) les frontières **convergentes**, là où deux plaques se rapprochent, et où l'une peut s'enfoncer dans l'asthénosphère; ici, entre les plaques B et C, et D et C; c'est le moteur de la tectonique.
- 2) les frontières **divergentes**, là où les plaques s'éloignent l'une de l'autre et où il y a production de nouvelle croûte océanique; ici, entre les plaques A et B, et D et E.
- 3) les frontières **transformantes**, (on dit parfois coulissantes) lorsque deux plaques glissent latéralement l'une contre l'autre, le long de failles; ce type de limites permet d'accommoder des différences de vitesses dans le déplacement de plaques les unes par rapport aux autres, comme ici entre A et E, et entre B et D, ou même des inversions du sens du déplacement, comme ici entre les plaques B et E.

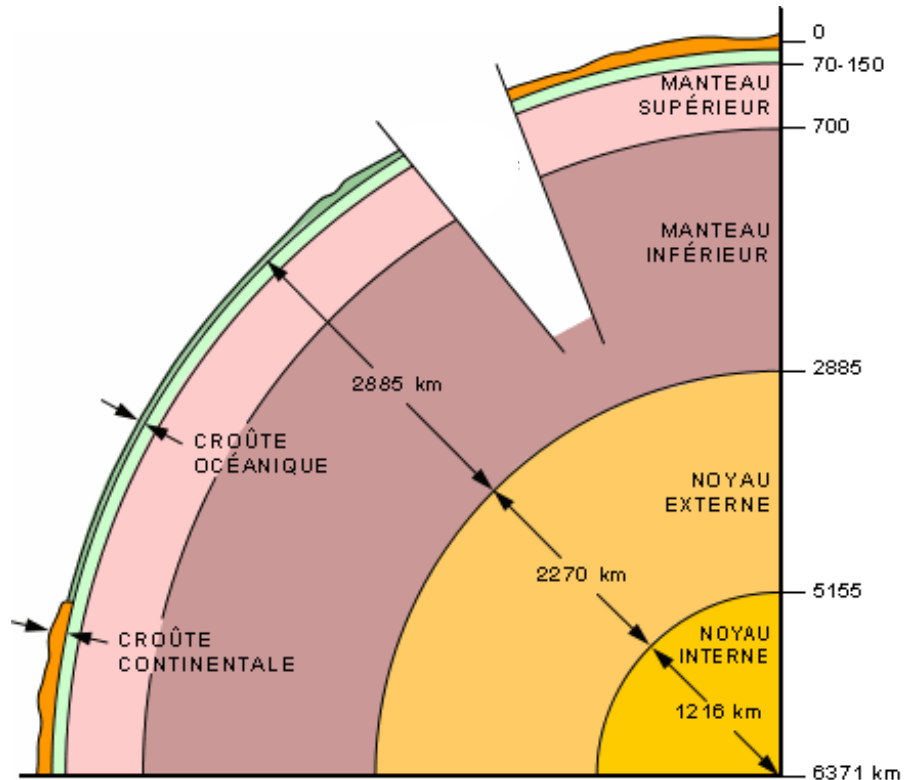
La vitesse déplacement est de l'ordre de quelques centimètres par an, mais cela varie d'une frontière à l'autre : de 2cm/an à 18 cm/an.

L'intérieur de la Terre est constitué d'une succession de couches de propriétés physiques différentes:

au centre, le noyau, qui forme 17% du volume terrestre, et qui se divise en noyau interne solide et noyau externe liquide;

puis le manteau, qui constitue le gros du volume terrestre, 81%, et qui se divise en manteau inférieur solide et manteau supérieur principalement plastique, mais dont la partie tout à fait supérieure est solide;

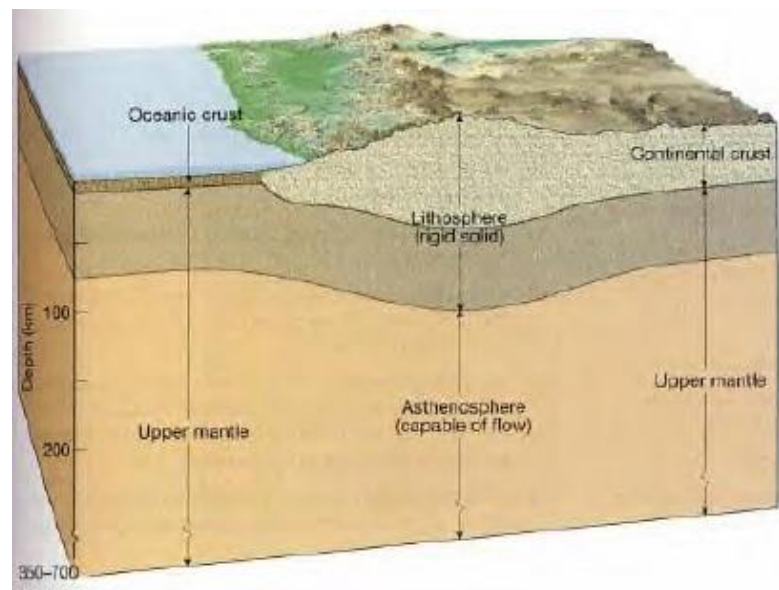
finalement, la croûte (ou écorce), qui compte pour moins de 2% en volume et qui est solide. Cette croûte est soudée à la partie supérieure du manteau supérieur



Nous retiendrons particulièrement deux couches qui interviennent dans les mouvements du sol :

la lithosphère (de lithos, la pierre), qui est formée de la croûte terrestre et de la partie supérieure du manteau. Cette couche est **solide**. Elle mesure entre 70 et 150 km d'épaisseur.

l'asthénosphère qui est la partie profonde du manteau supérieur. Cette couche est **plastique**. Elle est limitée vers le bas à 700 km de profondeur environ.



L'intérieur de la Terre est donc constitué d'un certain nombre de couches superposées, qui se distinguent par leur état solide, liquide ou plastique, ainsi que par leur densité.

1 Les frontières convergentes

On distingue deux cas typiques :

A La subduction.

Lorsque des plaques sont en mouvement l'une vers l'autre, deux types de situation peuvent se présenter : Le plus fréquent est qu'une plaque lithosphérique s'enfonce dans l'asthénosphère. Cela se produit à la jonction avec une autre plaque. La cause de l'enfoncement est directement liée à la densité. La plaque océanique âgée (plusieurs dizaines de millions d'années) se transforme de telle façon que sa masse volumique devient supérieure à celle de l'asthénosphère. Par conséquent, elle s'enfonce (comparaison avec le Titanic). La partie qui s'enfonce entraîne le reste de la plaque qui continue ainsi à heurter la plaque qui ne s'enfonce pas.

L'enfoncement dans l'asthénosphère provoque destruction de cette plaque. On peut comparer cela à une « digestion » de la portion de plaque enfoncée dans l'asthénosphère.

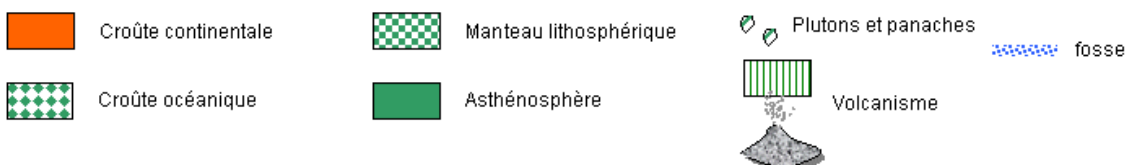
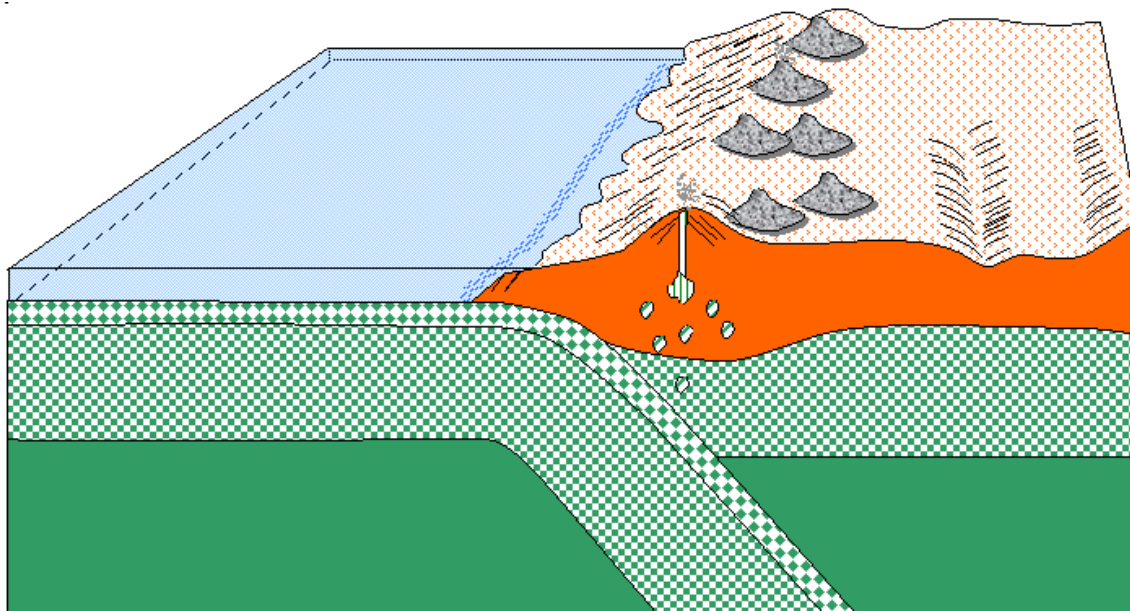
Au niveau de la rencontre, l'autre plaque subit de nombreux bouleversements qui provoquent l'apparition de chaînes de montagnes ou d'un ensemble d'îles. Des plissements, volcans, ... apparaissent aussi la plupart du temps. Nous verrons dans le dossier « volcans » que ces volcans sont souvent très explosifs.

On note toujours l'existence d'une ride profonde de plusieurs kilomètres (fosse océanique) à l'endroit où la plaque océanique commence à plonger.

Le mouvement n'est pas continu ; il se fait par chocs successifs (les séismes). Si à un endroit, il n'y a plus de mouvement, l'énergie s'accumule car les plaques continuent d'avancer globalement. Plus le temps est long avant qu'un séisme se déclenche, plus il sera violent. Parfois un séisme très violent, sous la mer peut provoquer un tsunami (voir document séparé page 16)

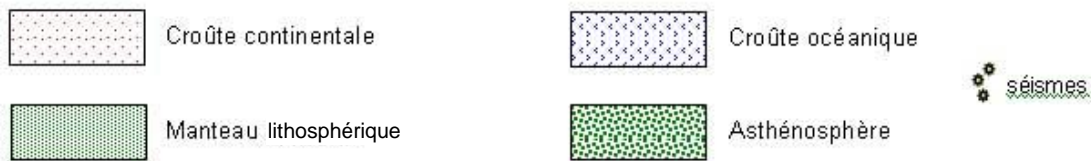
On note aussi que les séismes sont de plus en plus profonds quand on s'éloigne de la fosse océanique.

Exemple 1 : le cas de l'Amérique du Sud :

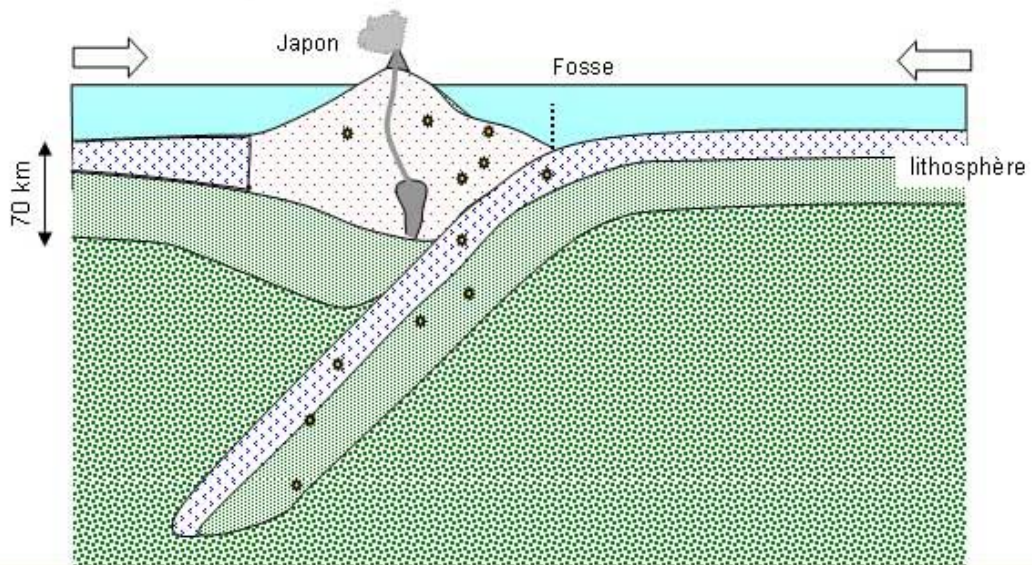


Exemple 2 : le cas du Japon

Les limites de plaques



La subduction sous le Japon



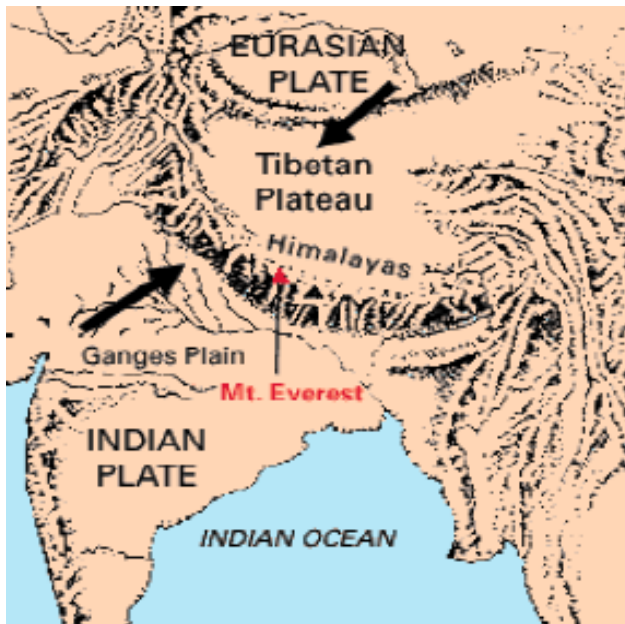
Vois aussi la carte des limites et des mouvements de plaques dans la synthèse en fin de chapitre.

B La collision.

Lorsque les deux plaques qui se rencontrent sont trop épaisses (plaques continentales), aucune plaque ne s'enfonce. Il y a alors collision continentale et toutes les parties continentales se soulèvent pour former une chaîne de montagnes où les roches sont plissées et faillées. Il y a alors une soudure entre deux plaques continentales qui n'en forment plus qu'une seule.

De nombreuses grandes chaînes de montagnes plissées ont été formées par ce mécanisme. Un bon exemple récent de cette situation, c'est la soudure de l'Inde au continent asiatique, il y a à peine quelques millions d'années, avec la formation des Himalayas.

Plus près de chez nous, les Pyrénées et les Alpes sont aussi la conséquence de mouvements convergents de plaques tectoniques.



Exemple 3 : le cas de l'Inde :

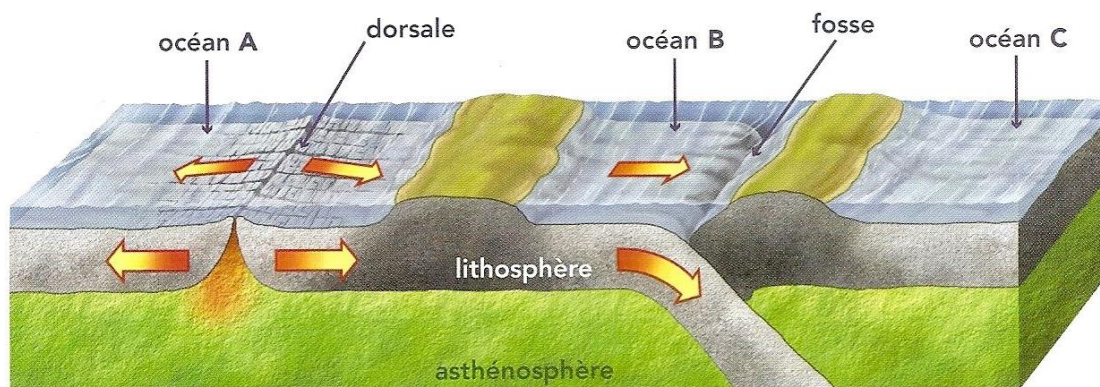
2. Les frontières divergentes

Comme il y a disparition de surface océanique au niveau des zones de subduction, et que la terre ne diminue pas de volume, il faut bien qu'il y ait création d'océan quelque part !
 C'est au niveau des dorsales océaniques (comme par exemple au centre de l'océan Atlantique) que du magma qui est à cet endroit de l'asthénosphère en fusion, va profiter de l'espace laissé libre par l'écartement des plaques qui divergent. Naturellement, arrivé en surface, il refroidit et se dépose sur les lèvres du rift (faille au centre de la dorsale).

Définition d'une dorsale : Large chaîne de montagne sous-marine formée par l'ajout de matière (accrétion) sur les bords des plaques tectoniques dans une frontière divergente

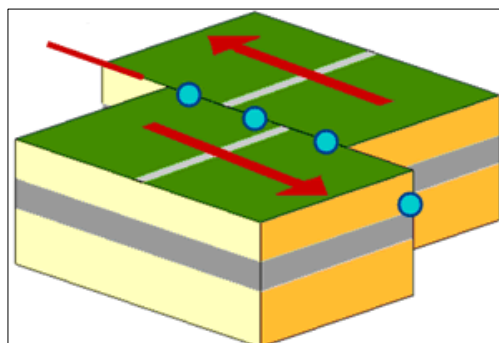
Entre ces deux plaques divergentes, la venue de magma crée donc de la nouvelle croûte océanique. Plus on s'éloigne de la dorsale, plus les roches qui constituent la plaque sont âgées.

Parfois, la dorsale est si haute, que quelques sommets dépassent de la surface de l'océan (l'Islande ou les Iles Açores par exemple).



3 Les frontières transformantes (coulissage)

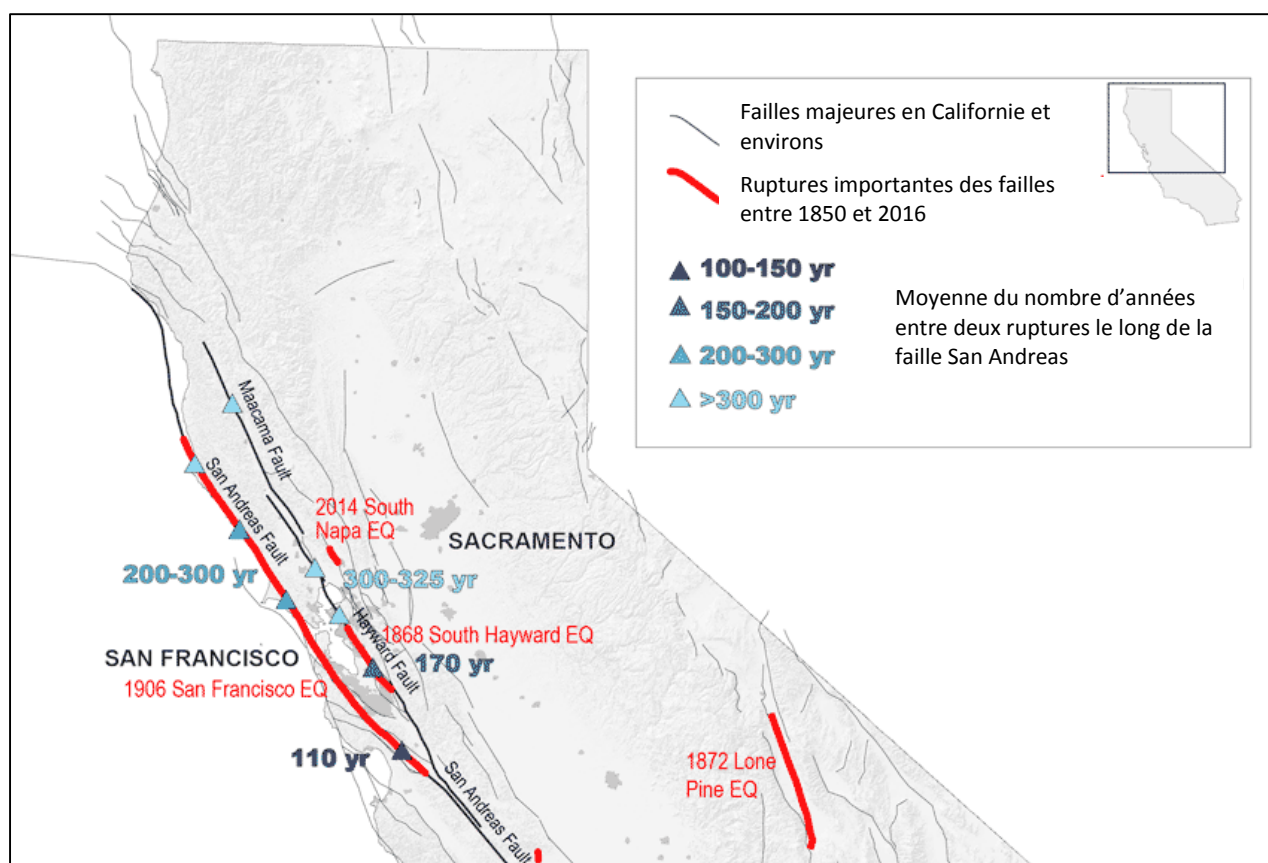
Comme la terre est sphérique, et que les plaques bougent à des vitesses différentes, il y a des endroits où les plaques glissent l'une contre l'autre. Il y a aussi des failles dans les plaques elles-mêmes.



Ainsi, de petites failles traversent même notre pays, ce qui provoque parfois de petits séismes. De même, la Turquie est coupée en deux par une faille transformante. Il y a quelques années, un séisme a ravagé ce pays, quand la faille a coulissé de quatre mètres en quelques secondes, suite à l'énergie qui s'était accumulée.

De façon générale, plus les frottements bloquent le mouvement des plaques, plus l'énergie s'accumule et plus le choc sera violent quand le mouvement se fera. C'est là la cause principale des séismes.

La fameuse faille de San Andrés en Californie est un autre exemple. Elle présente l'inconvénient de traverser la ville de San Francisco. Vu la date du dernier grand séisme (1906) et la fréquence des séismes dans cette zone, les américains craignent un tremblement majeur nommé « big one » dans les toutes prochaines années.



Aujourd'hui



Dans 10 millions d'années

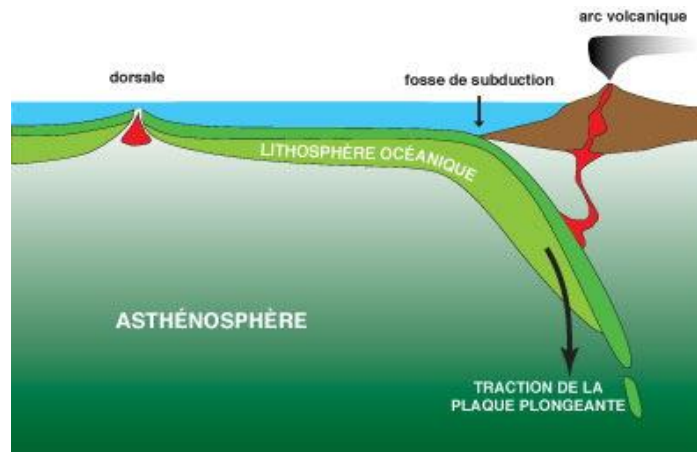
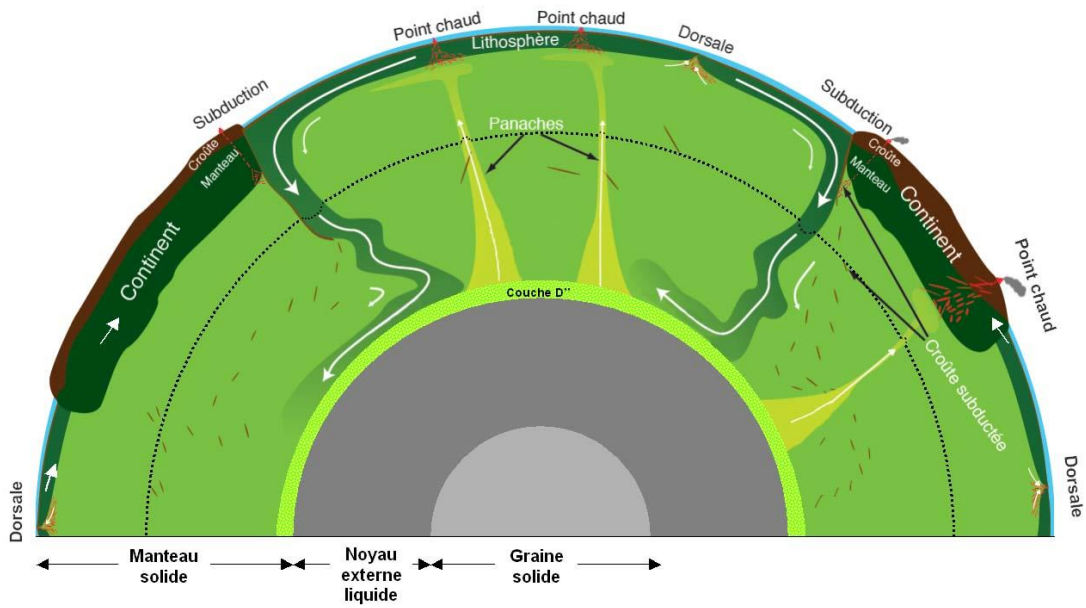


4 Les points chauds.

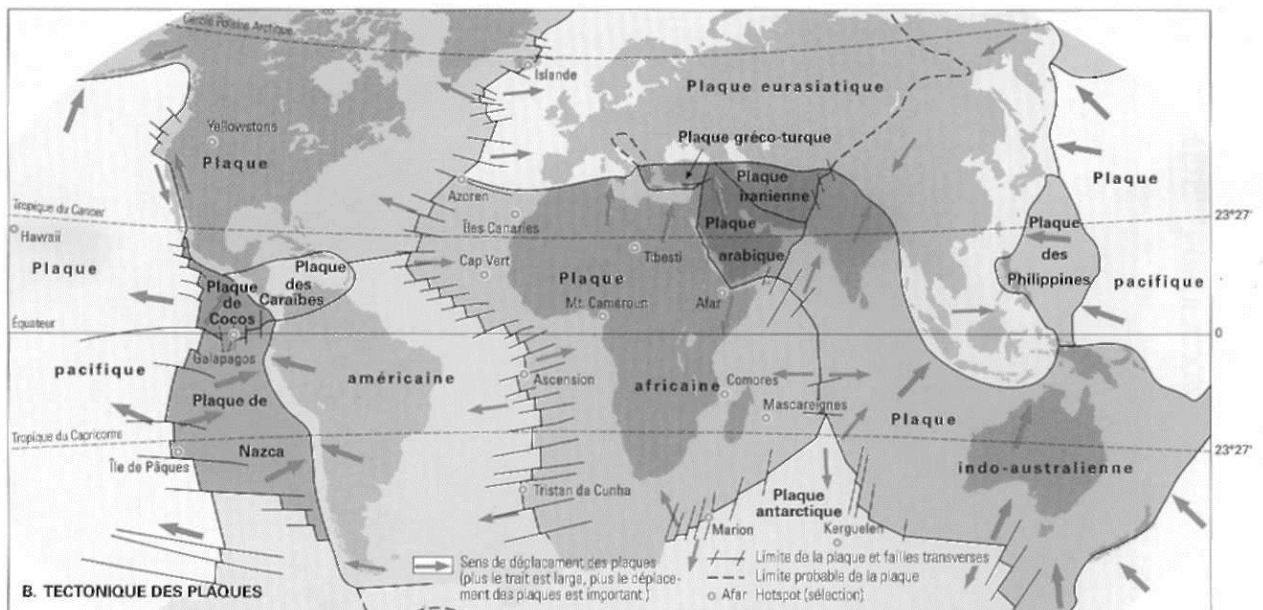
Nous ne serions pas complets sans citer le cas des points chauds, où on observe du volcanisme qui n'est absolument pas situé en bordure de plaque. Le cas typique est celui des îles Hawaï. En cet endroit, on observe des volcans dont la lave a une composition similaire à celle des volcans des dorsales. On pense que cette remontée de magma provient de grande profondeur, sans qu'on ne puisse aujourd'hui en expliquer le mécanisme.

Tu trouveras plus de détails dans le dossier « volcans »

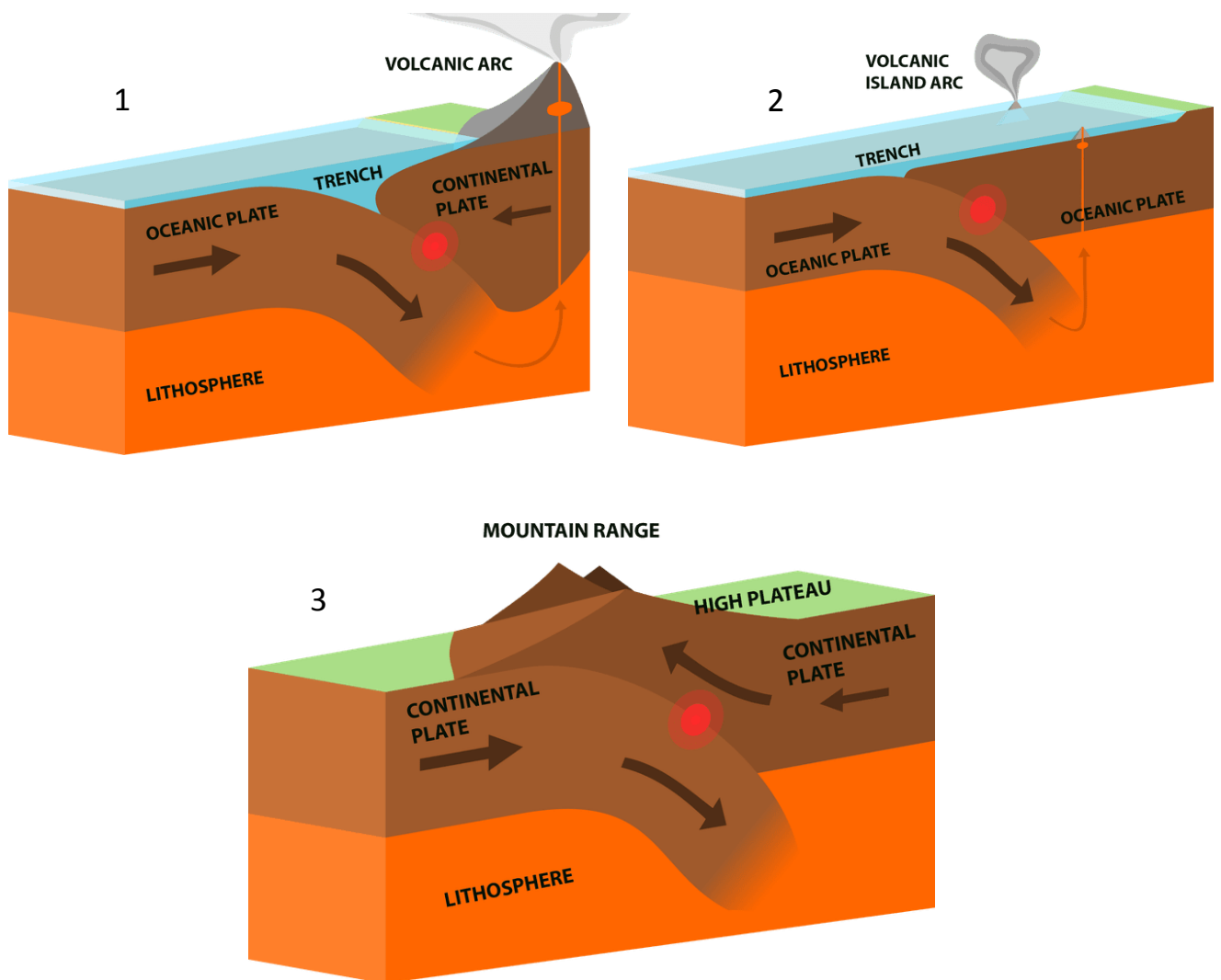
5 En résumé.



Carte des limites et mouvements des principales plaques tectoniques.



Exercice : donner le nom de chacune des trois figures suivantes



6. Note sur le moteur de la tectonique.

Depuis la formulation de la théorie (1968), on a expliqué le mouvement des plaques par des grands mouvements de convection dans le manteau qui écartaient les plaques au niveau des dorsales. La plupart des schémas et explications disponibles sur internet et dans des livres utilisent cette explication.

Cependant, depuis 1994, le professeur Seiya Uyeda (Japon) et progressivement, la majorité de la communauté scientifique mondiale considèrent que c'est l'enfoncement au niveau des zones de subduction qui est le principal moteur du mouvement.

En nous inspirant des publications de Pierre Thomas, de l'université de Lyon, nous avons donc choisi de privilégier cette explication.

Voir également dans ce débat la synthèse qu'en fait le très officiel USGS (agence des Etats-Unis d'Amérique pour la surveillance géologique)

<http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/unanswered.html>

4. Comment se prémunir des catastrophes sismiques ?

Un peu de vocabulaire : D'après : www.planseisme.fr

Aléa sismique

L'aléa est une estimation de la probabilité qu'un événement naturel survienne dans une région donnée et dans un intervalle de temps donné. L'aléa sismique est donc la probabilité, pour un site, d'être exposé à une secousse sismique de caractéristiques données.

Enjeu

Les enjeux sont constitués par les **personnes**, les **biens**, les **équipements** et **l'environnement** potentiellement menacés par un aléa : on peut en estimer la vulnérabilité face à une intensité donnée d'un événement naturel donné.

Vulnérabilité

Les ouvrages humains (constructions, équipements, aménagements, etc.) ne sont pas tous capables de subir sans dommage (rupture) les efforts transmis par les ondes sismiques. Selon leur nature et leur conception ils sont plus ou moins vulnérables à ces sollicitations.

Des règles de construction **parasismique** permettent de réduire cette vulnérabilité dans les zones sismiques.

Risque naturel

On parle de risque naturel quand un phénomène naturel susceptible de se produire expose des biens et activités à des dommages et des personnes à des préjudices. Il n'y a pas de risque si rien ni personne ne peut être endommagé.

Le risque sismique d'un site est un risque naturel lié à l'activité sismique.

On distingue le risque direct (onde de choc) et le risque induit (glissement de terrain, tsunami...)

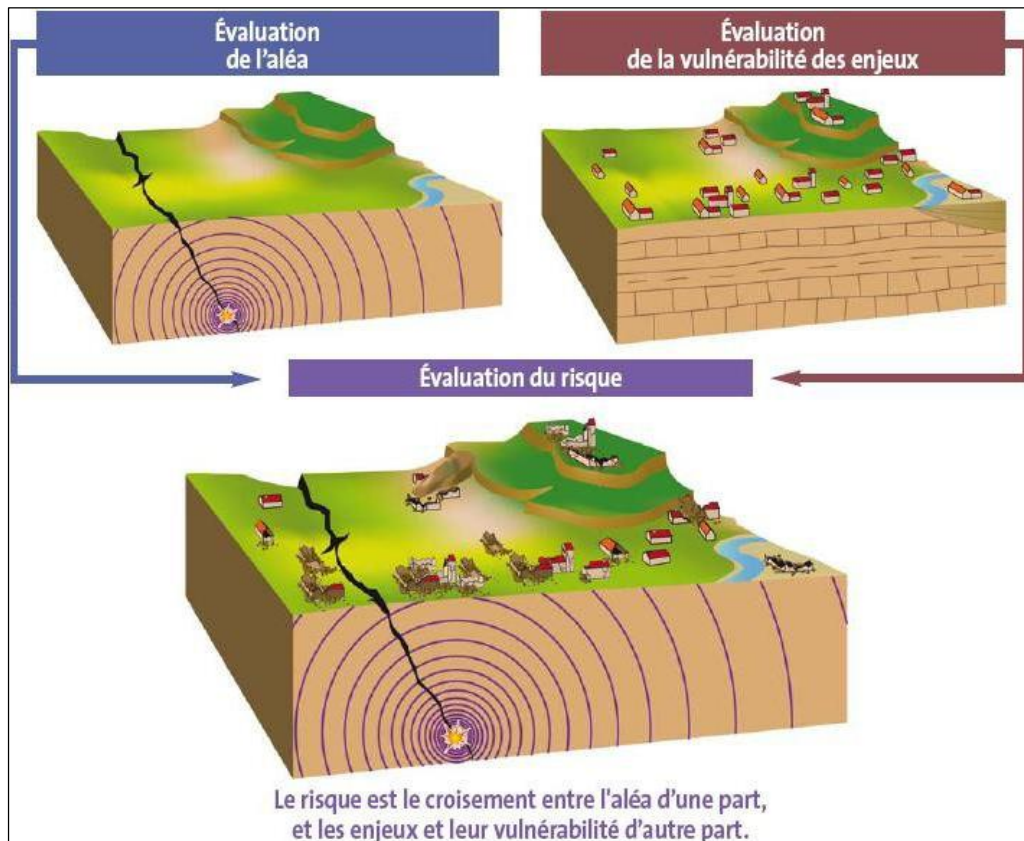
Catastrophe naturelle

La **catastrophe naturelle** correspond à des dommages importants résultant d'une intensité anormale du phénomène naturel. Dans le cas des séismes, elle est d'autant plus grave que la magnitude est forte et que les personnes, les biens et les activités sont vulnérables.

Magnitude/Échelle de Richter

La magnitude représente l'énergie libérée par une source sismique sous forme d'onde pendant un séisme, C'est une valeur caractéristique de la « puissance » d'un séisme. L'« échelle de Richter » mesure la magnitude des séismes. La magnitude des plus violents séismes connus à ce jour ne dépasse pas 9,5.

A partir d'une magnitude 5,5 un séisme dont le foyer est peu profond peut causer des dégâts notables aux constructions.



Synthèse.

Nous avons bien compris qu'il est impossible de réduire le phénomène naturel.

Par contre il est clair que qu'une bonne évaluation du risque (aléa et vulnérabilité des enjeux) permettra de réduire les dommages lorsque la catastrophe surviendra.

Nous avons cependant noté que l'on ne peut pas prévoir avec précision le lieu ou le moment.

A partir des exemples fournis, nous avons relevé divers facteurs qui augmentent ou réduisent le risque pour un aléa déterminé.

Eléments favorables	Eléments défavorable
Constructions parasismiques	Population importante
Education	Pauvreté
Diffusion de l'information	Proximité de la côte (tsunami)
Contrôle de l'urbanisation (ne pas laisser construire n'importe où)	Relief pentu et sol instable
...	...

Naturellement, l'amélioration des connaissances scientifiques permet de déterminer de mieux en mieux l'aléa.

5. Dossier Tsunami.

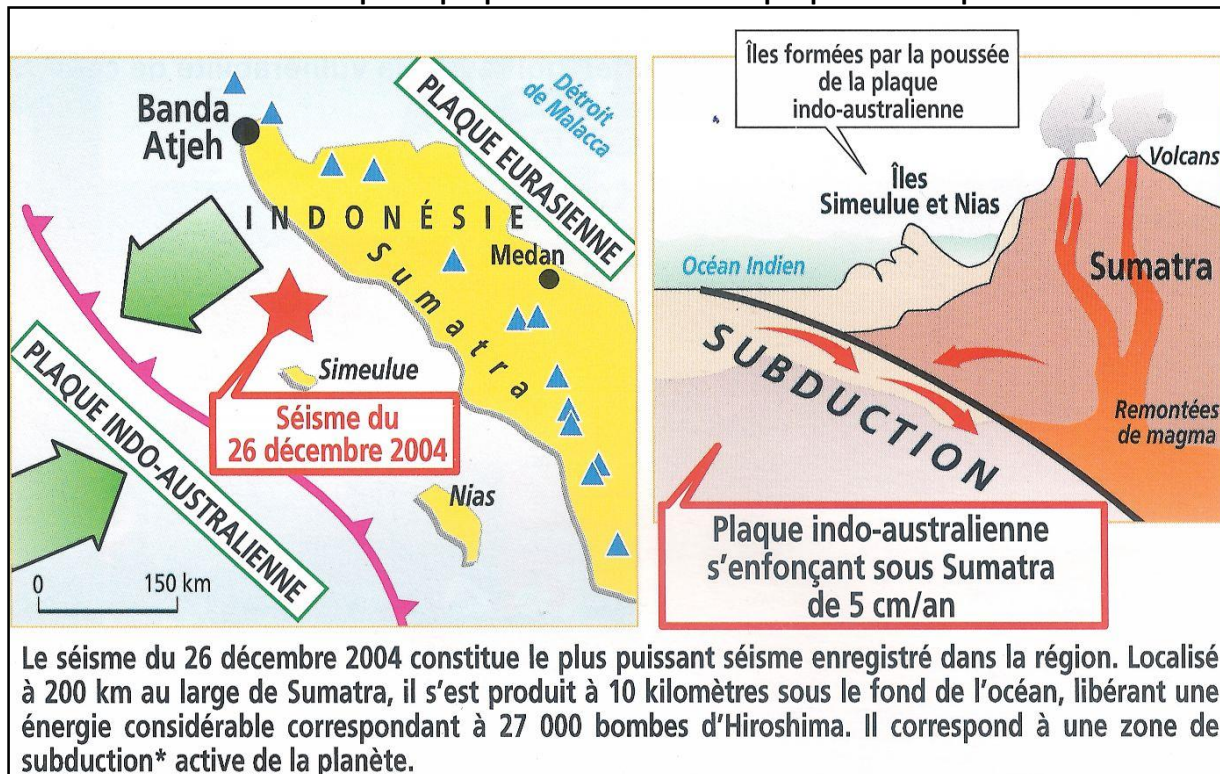
Cas N°1. 26 décembre 2004.

Séisme et tsunami en Indonésie

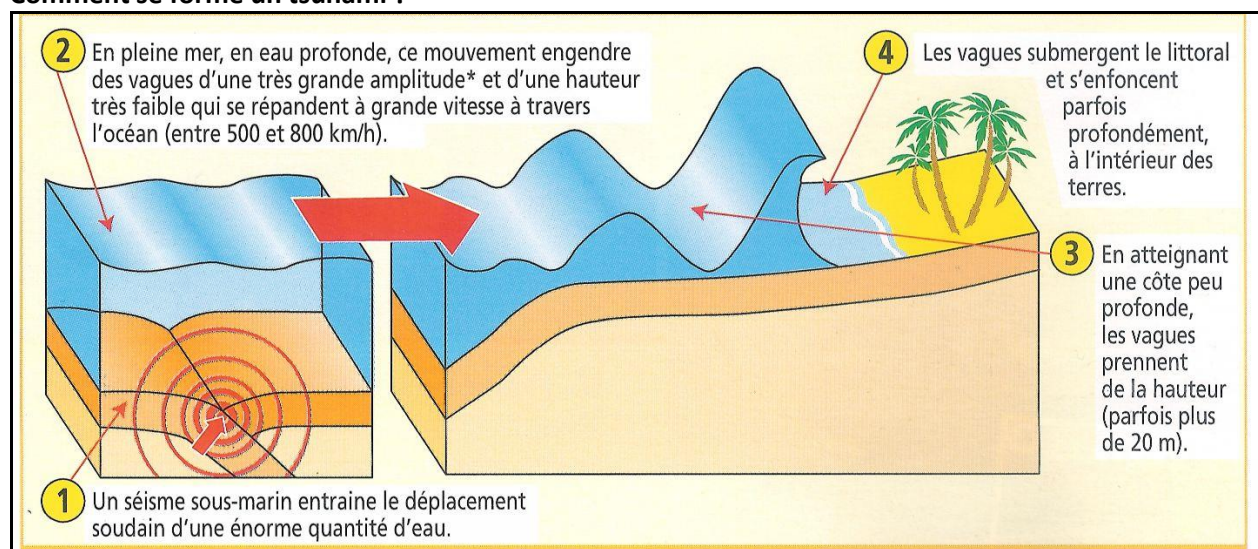
Associé à un important séisme survenu près des côtes du Nord-Ouest de Sumatra en Indonésie, (9.1 sur l'échelle de Richter) le tsunami du 26 décembre 2004 a balayé les littoraux de l'océan Indien, faisant près de 300 000 victimes.

De tels séismes sous-marins qui entraînent des tsunamis sont rares
Depuis 1900, on n'en a guère compté que six.

Le tremblement de terre est provoqué par le mouvement des plaques tectoniques



Comment se forme un tsunami ?

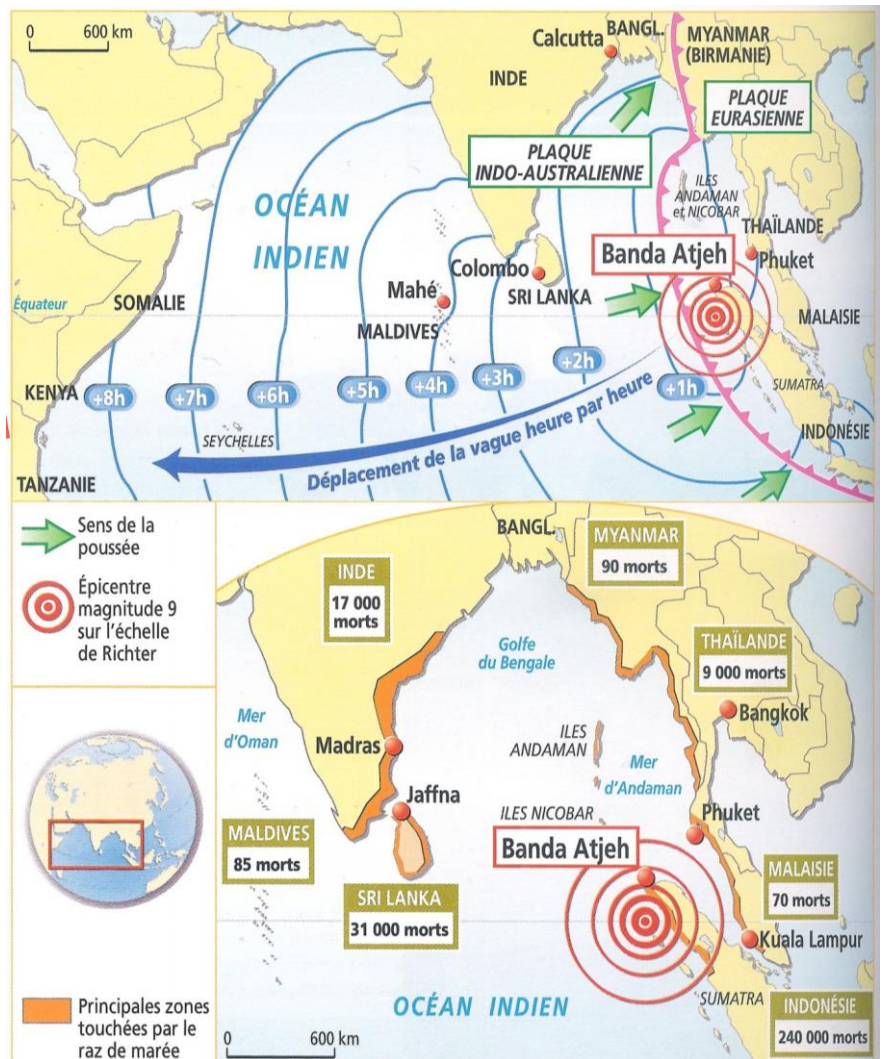


Du séisme au tsunami: deux phénomènes d'une ampleur exceptionnelle

Dimanche 26 décembre 2004, vers 7 heures du matin heure locale, un séisme de magnitude 9,1 a fait glisser horizontalement de 10-15 m la ligne de contact entre les plaques indo-australienne et eurasiatique.

À l'Ouest de la pointe nord de Sumatra (Indonésie), ce séisme a relâché soudainement des forces et déformations accumulées depuis des siècles. En 34 minutes, les ondes de choc ont ébranlé toute la province d'Aceh, provoquant une dévastation. Ce désastre n'est pas resté limité près de la zone de rupture, car il a soulevé le fond marin de plusieurs mètres. Le chevauchement des plaques a fait naître une énorme vague qui, après avoir achevé d'anéantir la côte ouest de Sumatra, s'est propagé aux rives du Nord de l'océan Indien.

À près de 700 km/h, le raz de marée est d'abord allé frapper de plein fouet les îles Nicobar. Près de quarante minutes après le séisme, la côte sud de la Thaïlande était atteinte. Une heure trente plus tard, celle du Sri Lanka et de l'Inde du Sud. La vague a ensuite balayé les Maldives et les Seychelles pour finir, avec encore assez de puissance pour chavirer les barques de pêche, sur les rivages de la Somalie et du Kenya.



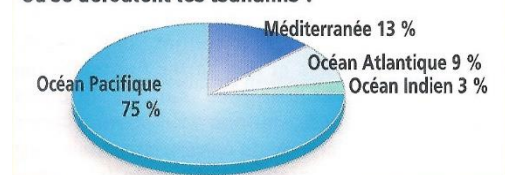
D'après P. Tapponnier, Le Monde - 4 janvier 2005.

Pourquoi y a-t-il eu autant de victimes ?

Bien évidemment, ce sont les vagues déferlantes du tsunami, (bien plus que le tremblement de terre lui-même) qui expliquent l'essentiel des dégâts matériels et des pertes humaines qui sont concentrées sur les littoraux (villages, stations touristiques, ports de pêche ou de commerce). Mais dans ces zones il y a une forte fréquentation permanente (pêche...) ou temporaire (tourisme en Thaïlande, au Sri Lanka...) qui explique l'ampleur des pertes humaines. Le nombre de victimes européennes est de plusieurs milliers, car le séisme a eu lieu pendant les vacances de Noël, et de nombreux européens étaient en vacances dans la région.

D'autre part, contrairement aux rivages de l'océan Pacifique, ceux de l'océan Indien n'étaient pas équipés d'un système de surveillance permettant d'alerter les populations concernées, ce qui ne réduit pas beaucoup les dégâts matériels mais permet d'éviter bon nombre de pertes humaines.

Où se déroulent les tsunamis ?



D'après G. Beltrando, Lettre Intergéo, numéro spécial - Janvier 2005

Cas N°2. 11 mars 2011.

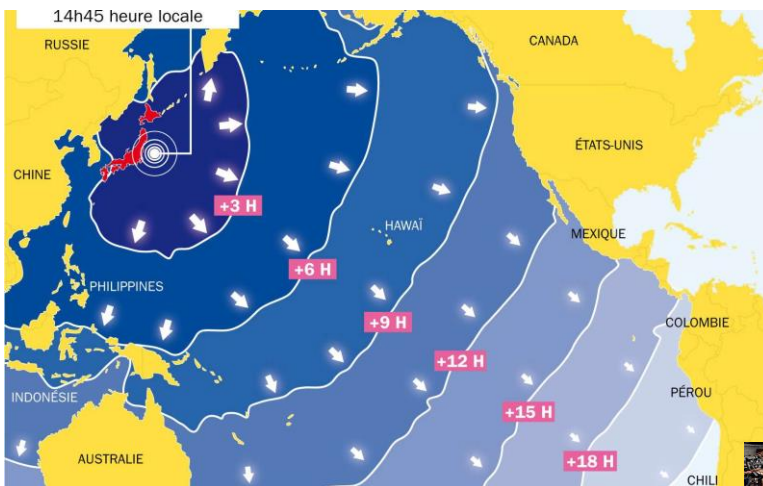
Séisme tsunami et catastrophe nucléaire au Japon

Le 11 mars 2011, le séisme de magnitude 9 qui se produit à 14 h 46 fait lever un tsunami qui dévaste la côte Nord Est du pays, précisément dans la région de Tōhoku, situé à environ 300 km au Nord-Est de Tokyo, la capitale du Japon

C'est le plus puissant jamais enregistré dans l'archipel japonais, et l'un des séismes les plus puissants recensés dans le monde depuis un siècle (il est au cinquième rang). Il a déclenché une vague géante de plusieurs mètres de haut qui a pénétré jusqu'à 5 km à l'intérieur des terres. Des vagues qui, par endroits, atteignent plusieurs dizaines de mètres, emportent tout sur leur passage. Elles poussent d'énormes chalutiers sur les toits des immeubles, balayent les habitations, les usines, les écoles.

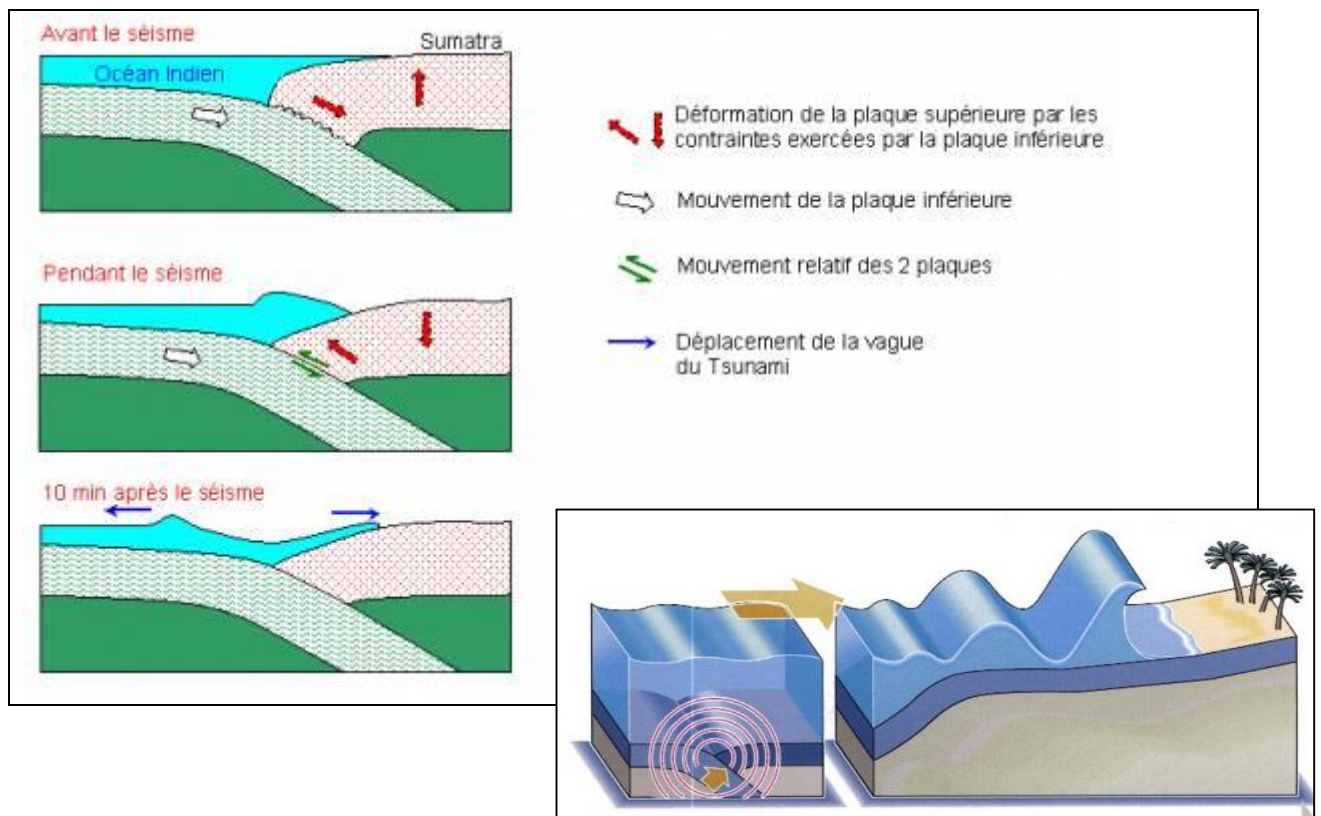
Depuis la guerre et le déclenchement du feu nucléaire contre Hiroshima et Nagasaki, le Japon n'avait pas connu telle tragédie, car le tsunami qui a suivi le tremblement de terre provoque à son tour une catastrophe nucléaire. En effet, la vague a surmonté les digues qui protégeaient une importante centrale nucléaire de la région : la centrale de Fukushima. Il s'en est suivi une panne des systèmes de refroidissement et une explosion de la centrale. Sur le moment et dans les semaines qui ont suivi, de très grandes quantités de matières radioactives ont été projetées dans l'atmosphère, avec des conséquences importantes sur l'environnement et la santé des personnes touchés, car ces matières provoquent de nombreuses maladies, principalement des cancers.

Un an après le chiffre officiel est de 15 800 morts, 3 000 disparus et de plus de 6 000 blessés. Pour un certain nombre de Japonais, ce bilan est sous évalué car le nombre de décès liés à l'irradiation de cette zone reste indéterminé à ce jour. Les statistiques du ministère de la Santé japonais évoquent, en 2012, le chiffre de 1 700 cancers mortels directement liés à la catastrophe nucléaire.



6. Quelques questions possibles

1. Définis les mots suivants :
plaque tectonique - rift - dorsale océanique - zone de subduction - fosse océanique - lithosphère - asthénosphère - faille - divergence - convergence - coulissage
aléa - vulnérabilité - risque - tsunami.
2. Explique avec tes mots comment la théorie de la tectonique des plaques peut expliquer les trois phénomènes suivants :
Tremblements de terre
Volcanisme actif
Fosses océaniques
3. Quels sont les faits qui ont amenés Wegener à formuler le modèle de la dérive des continents au début du XXème siècle ?
4. Quelle différence doit-on faire entre un volcan indonésien et un volcan islandais ?
5. Comment s'est formée la chaîne de l'Himalaya ?
6. Quelle est la cause principale du mouvement des plaques tectoniques
7. Pour une localisation déterminée, caractériser les formes de relief typiques et le type de frontière de plaque rencontrée. (à l'aide d'un atlas)
8. A partir des schémas ci-dessous, montre le lien entre la tectonique des plaques et le tsunami du 26 décembre 2004 ? Explique ce qui a pu se passer. (4 étapes).



7. Tâches

A. Tâche 1 Tsunami

A partir du « **dossier Tsunami** », (pages 19 à 21) qui se rapporte aux terribles tsunamis du 26 décembre 2004 en Indonésie et du 11 mars 2011 au Japon, réalise une synthèse en trois parties qui montrera :

1. la localisation relative du Tsunami du 26/12/2004, notamment par rapport aux phénomènes tectoniques décrits dans le cours.
2. les conséquences des Tsunamis telles que décrites dans les documents du dossier
3. les causes d'un tsunami : A partir du document 5 (dossier tsunami), explique le mécanisme d'un tsunami, en faisant se suivre les quatre étapes.

B. Tâche 2 Volcanisme

A partir du « **dossier volcans** »,

- Réalise une localisation relative du volcan Mérapi (utilise aussi l'atlas)
- Réalise un tableau comparatif reprenant les atouts et les contraintes d'habiter près d'un volcan.

C. Tâche 3 Volcanisme

A partir du « **dossier volcans** », Établis un tableau comparatif en trois colonnes (critères, type 1, type 2) des deux grands types de volcans décrits dans le dossier.

Tu présenteras au moins les critères suivants : localisation sur terre, dangerosité, forme, nature des matières émises. Tu peux en ajouter d'autres.

critères	Volcans type1 Nom :	Volcans type2 Nom :

D. Tâche 4 « Le séisme à Port - au - Prince le 12 janvier 2010 »

Selon le président haïtien dans son discours du 12 mars 2010, le bilan du séisme du 12 janvier 2010 à Port - au - Prince à 16h 53, heure locale, pourrait atteindre le nombre de 220 000 morts, plus de 250 000 habitations détruites et plus de 1,3 millions de sans abris.

A partir du dossier documentaire (pages 24 à 28), rédige un texte structuré dans lequel tu identifieras au moins 4 causes du nombre élevé de victimes à Port au Prince. Tu préciseras pour chacune le ou les documents utilisés.

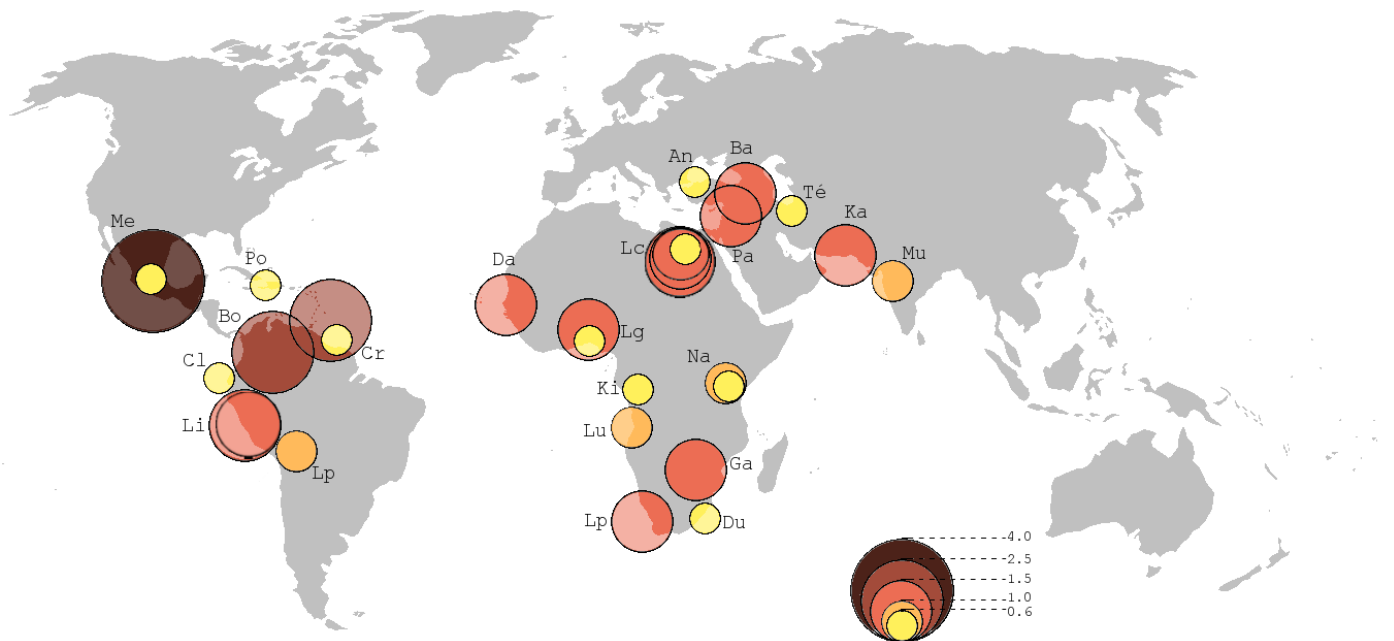
Parfois, une cause en entraîne une autre. Tu dois donc, autant que possible, distinguer les causes primaires et les causes secondaires.

Document. 1. Port au Prince janvier 2010



source : [//www.wolfcry.org/haiti-earthquake-2010-facts/](http://www.wolfcry.org/haiti-earthquake-2010-facts/)

Document. 2. Carte des plus grands bidonvilles dans le monde.



Source : D'après « le Monde » du 8 octobre 2008
Légende : les valeurs chiffrées sont en millions d'habitants

Document 3. Vue d'un bidonville¹ à Port au prince



Source : <http://observers.france24.com>

Document 4. Séismes à Haïti le 12 janvier 2010

Date	Heure de Greenwich	Latitude	Longitude	Profondeur	Magnitude
12-01-2010	21h53	18.47N	72.55W	13 km	7.1
12-01-2010	22h00	18.41N	72.89W		5.8
12-01-2010	22h12	18.48N	72.51W		5.6
12-01-2010	23h07	18.50N	72.63W		4.6
12-01-2010	23h12	18.40N	72.56W		5.7
12-01-2010	23h27	18.46N	72.80W		4.7
12-01-2010	23h35	18.42N	72.82W		4.6

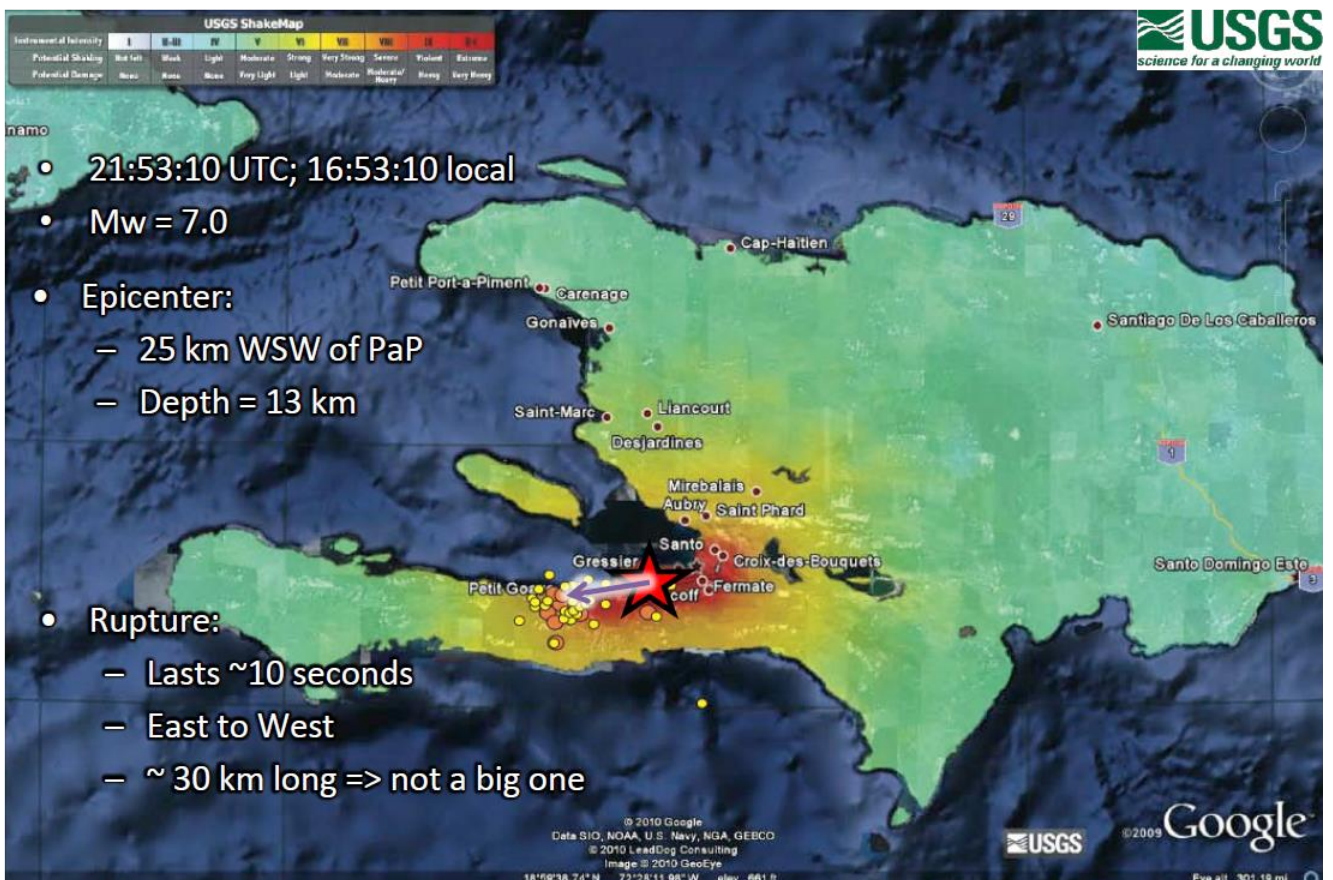
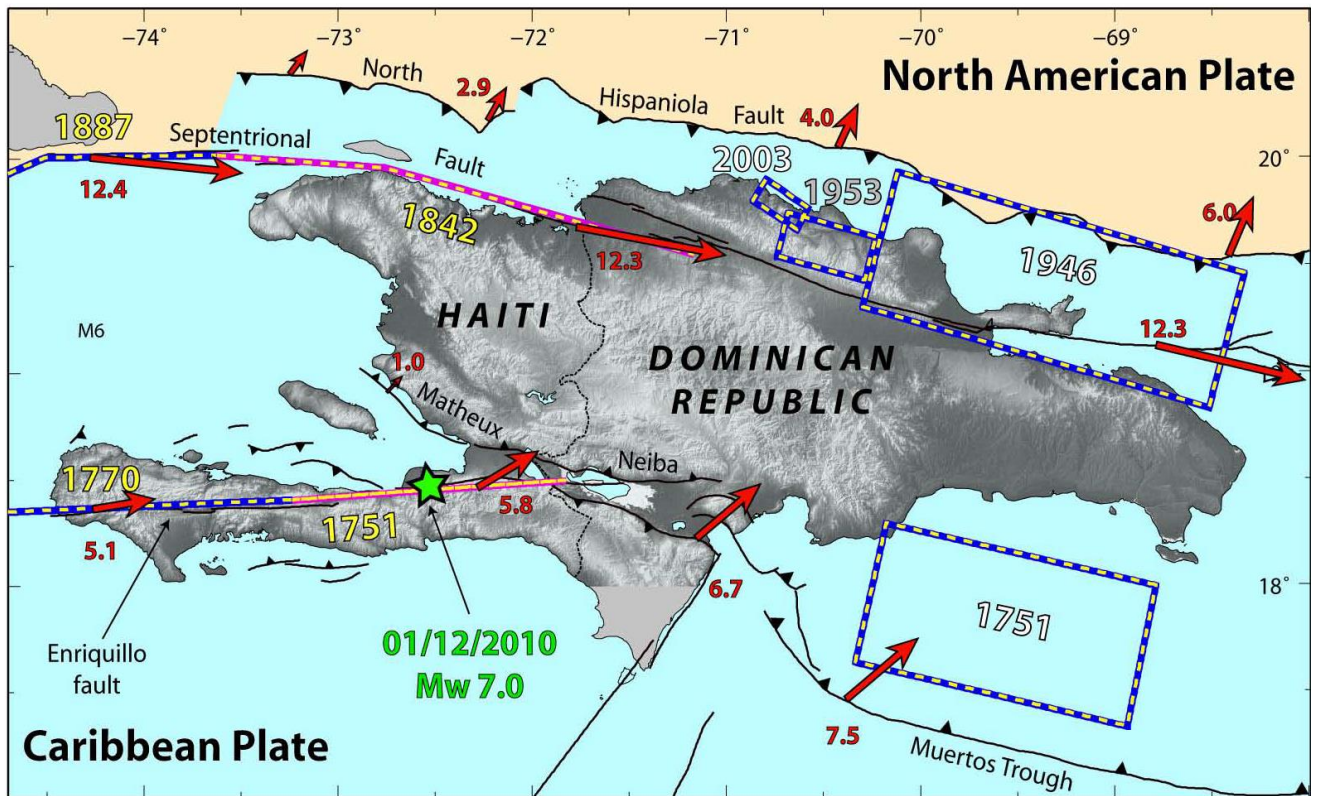
D'après le site : <http://earthquake.usgs.gov/>

Document 4. Population de Port au Prince, capitale d'Haïti

Population (2009) 2 500 000 habitants
Densité de population : 3 400 hab./km²

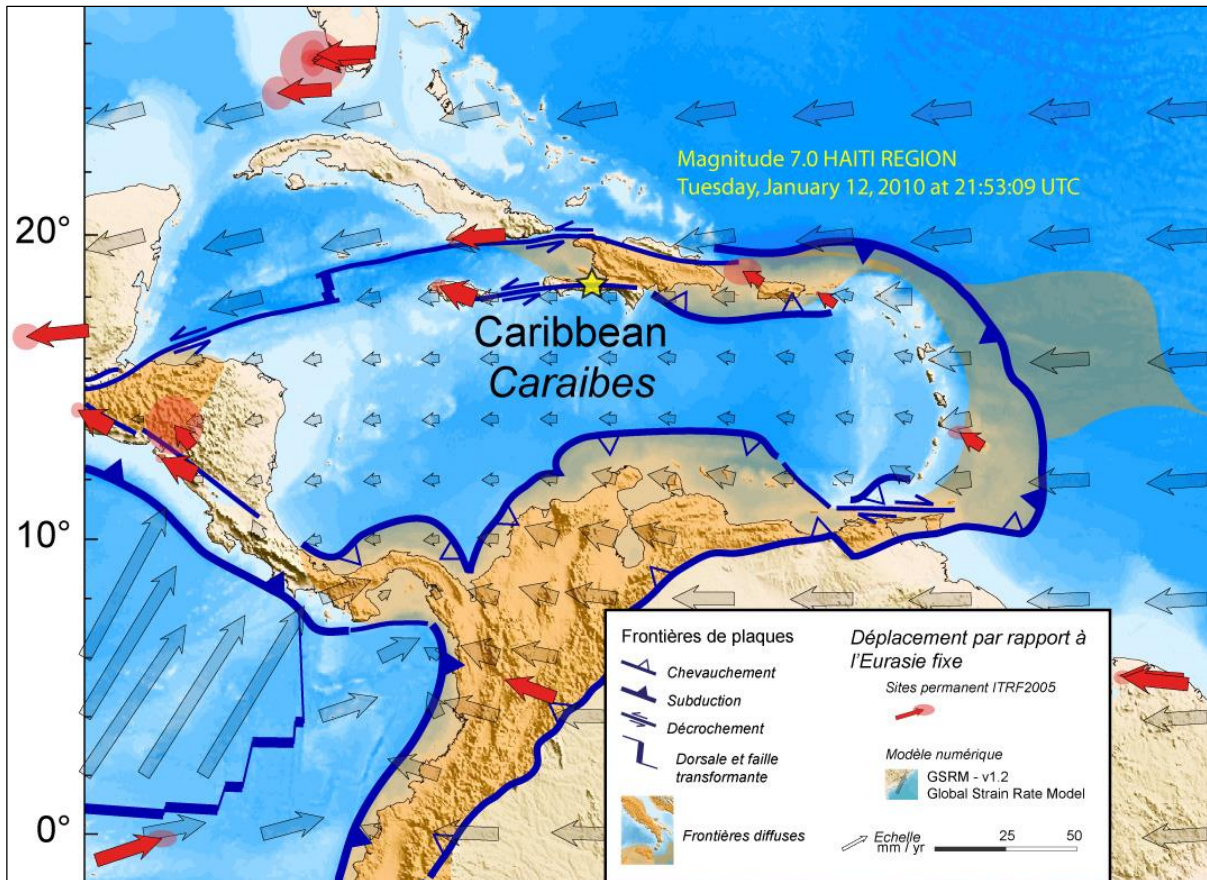
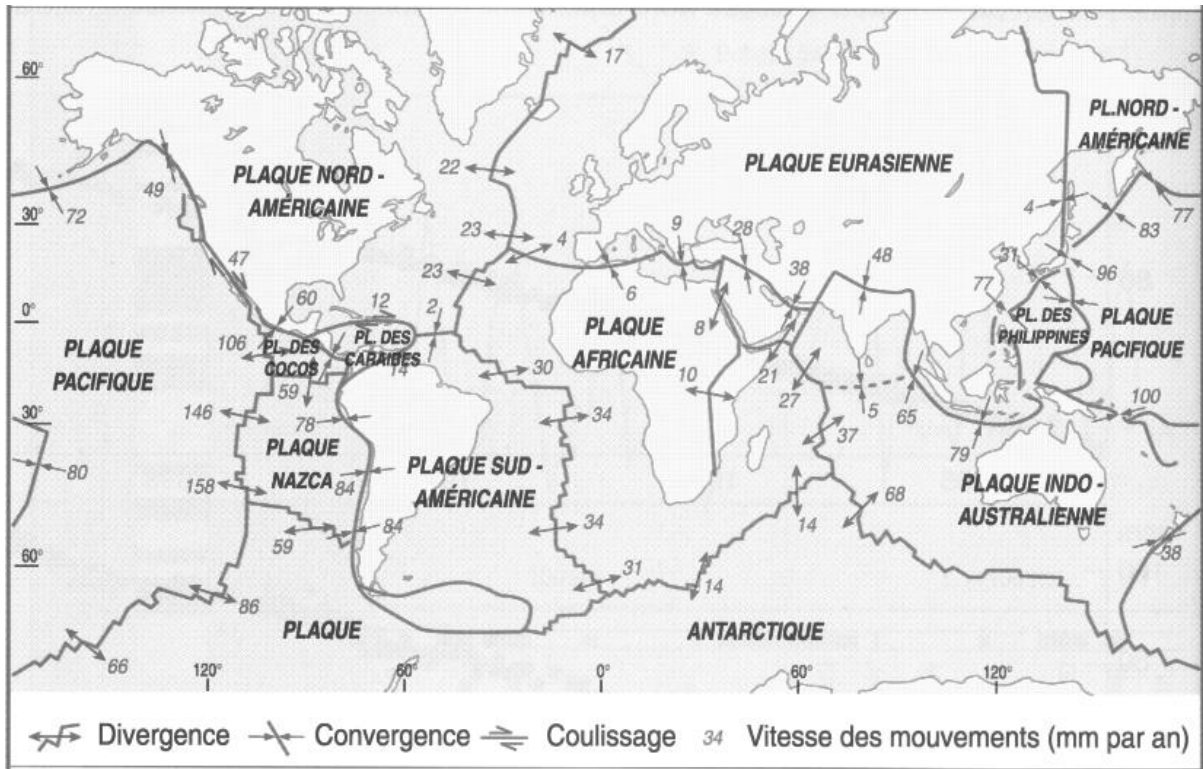
¹ Bidonville = quartier formé par l'agglomération de maisons rudimentaires, souvent en tôle, où s'entassent des populations venues à la ville dans l'espoir d'un travail

Documents 6 & 7. Localisation exacte du séisme



Source : USGS

Documents 8 & 9. Mouvements relatifs des plaques tectoniques



Document 10. Reconstruction

Haïti : De nouvelles initiatives pour aider à reconstruire les communautés affectées par le séisme

PORT AU PRINCE, 28 octobre 2010 - Pour des milliers d'Haïtiens déplacés et vivant dans des camps provisoires après le séisme du 12 janvier, le mot « foyer » signifiera bientôt un toit sûr au dessus de leurs têtes au lieu d'un morceau de tôle fragile.

Dans le cadre de la campagne de la Banque mondiale pour la reconstruction d'Haïti, une subvention de 30 millions de dollars a été approuvée cette semaine pour la réparation et la reconstruction des logements.

Le séisme catastrophique du 12 janvier a détruit plus de 115 000 habitations dans la capitale Port-au-Prince et ses alentours; quelque 14 500 habitations ont été sérieusement endommagées et 167 000 ont subi des dégâts modérés forçant ainsi quelque 1,3 million de personnes à chercher refuge dans des camps temporaires.

Les habitants reçoivent une formation de sensibilisation aux méthodes de construction et une assistance technique de la part des experts de la Banque pour s'assurer que les maisons sont réparées ou reconstruites de manière à réduire leur vulnérabilité aux catastrophes naturelles.

Source : <http://www.banquemonde.org>

Document 11. Pauvreté

Haïti demeure le pays le plus pauvre du continent américain : d'après la dernière enquête auprès des ménages (2012), plus de 6 millions d'Haïtiens, sur une population totale de 10,4 millions (soit 59 %), vivent sous le seuil de pauvreté, fixé à 2,41 dollars par jour, et plus de 2,5 millions (24 %) sous le seuil de pauvreté extrême (1,23 dollars par jour)

Source : <http://www.banquemonde.org>