

Introduction aux Sciences de la Terre

A. La Terre dans l'Univers

B. La structure du globe et son exploration

C. Tectonique des plaques

D. Histoire de la Terre

III. Les zones en convergence

1. La disparition de la lithosphère océanique
2. La collision continentale

Tectonique des plaques 1

tectonique ≈ convection

Lithosphere forms from hot rising magma
Lithosphere cools as it spreads
Cooled lithosphere sinks
Asthenosphere

Tectonique des plaques 2

Forces motrices

croûte océanique, croûte continentale, manteau lithosphérique, asthénosphère, "Ridge push", "Slab Pull", Amphibolite, Eclogite

Les deux forces principales responsables du mouvement des plaques

Changement de densité de la plaque subductante qui génère le "slab pull".

Tectonique des plaques 3

carte de l'activité tectonique des derniers 10⁶ ans

DIGITAL TECTONIC ACTIVITY MAP OF THE EARTH
Tectonics and Volcanism of the Last One Million Years
DTAM
NASA Earth System Science Flight Center
Geospatial Science Division
Greenbelt, Maryland 20771
November Preparation
October 1998

Tectonique des plaques 4

Relation entre age et épaisseur de la lithosphère océanique

épaisseur de la lithosphère océanique augmente avec son age
subsidence thermique des marges passives

maximum de profondeur océanique s'observe sur le bord de l'océan
(au pied des marges passives, là où se sont soudées les croûtes océanique et continentale à la fin du rifting.)

Si la lithosphère océanique continue à se refroidir (contracter)
=> sa densité finit par être supérieure à celle de l'Asthénosphère.
croûte océanique ($\delta = 2,8$), manteau lithosphérique ($\delta = 3,36$) Asthénosphère ($\delta = 3,30$) !
croûte = petit flotteur léger pour une grosse masse dense.

alourdissement du manteau ("flotteur" finit par n'être pas suffisant) => coule les plus âgées des lithosphères océaniques ~200 Ma.
disparition en profondeur de la lithosphère océanique : "zone de subduction"

Tectonique des plaques 5

Devenir de la lithosphère océanique

En s'éloignant de la dorsale la lithosphère

- se refroidit, se contracte
- devient plus dense
- se charge de sédiments

→ approfondissement = subsidence thermique

→ épaissement (péridotites incorporées à la base de la lithosphère, ~ 1300°)

Tectonique des plaques

Les zones de convergence

Subduction de la lithosphère océanique

Différentes zones de subduction - exemple de l'océan Pacifique :

Ouest : arcs insulaires (îles Mariannes)

Lithosphère océanique vieille, dense et épaisse

→ plongement spontané sous une autre lithosphère océanique.

Est : marges actives (continents Américains)

Affrontement plaque Pacifique/plaque Américaine

→ plongement provoqué d'une lithosphère océanique jeune sous une lithosphère continentale.

Tectonique des plaques

7

Subduction de la lithosphère océanique

Caractéristiques communes

Bombement de la lithosphère océanique avant la subduction,

Fosse marine profonde à l'aplomb de la subduction avec ou sans accumulation de sédiments (prisme d'accrétion),

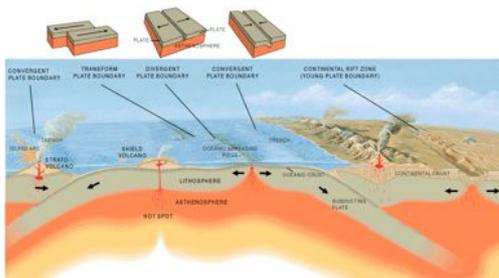
Forte activité sismique et volcanique de la plaque chevauchante,

Métamorphisme de la plaque plongeante.

Tectonique des plaques

8

Sismicité



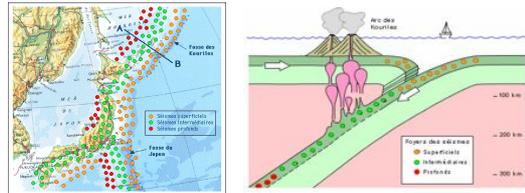
Tectonique des plaques

9

Sismicité

Cartographie de la profondeur des foyers des séismes :

Exemple Kouriles, Japon



→ Foyers de plus en plus profonds de la fosse vers la plaque chevauchante

→ Les foyers marquent le trajet de la plaque plongeante

→ Plan de Wadati – Benioff

Tectonique des plaques

10

Plan de Benioff

zone de friction le long de laquelle se produit la subduction d'une plaque.

Les plans de Benioff, surfaces inclinées de 25° et 40° par rapport à l'horizontale, plongeant sous la bordure du continent adjacent, sont définis par les foyers des séismes.

Tectonique des plaques

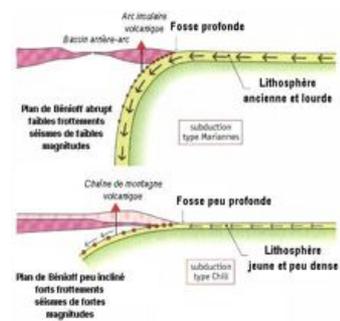
11

zones de subduction

Le pendage du plan de Benioff est variable :

• Lithosphère vieille : fort pendage (30 à 80°),

• Lithosphère jeune : faible pendage (<30°).



Tectonique des plaques

12

Prisme d'accrétion

La plaque chevauchante joue le rôle d'un bulldozer :

Failles inverses
épaississement

La quantité de sédiments dépend

- De l'âge de la lithosphère : plus elle est vieille plus elle porte de sédiments,
- De la position de la zone de subduction par rapports aux fleuves.

Tectonique des plaques 13

Prisme d'accrétion

Formation expérimentale d'un prisme d'accrétion en déformant des couches de sable. Les sédiments sont raclés par la plaque supérieure et un prisme d'accrétion se forme. Il est structuré par de nombreuses failles inverses.

Tectonique des plaques 14

Le métamorphisme

La lithosphère froide et chargée d'eau s'enfonce dans l'asthénosphère :

→ Nouvelles conditions de T et P,
= Métamorphisme, transformations minéralogiques et structurales sans fusion.

→ apparition de nouveaux minéraux (pyroxènes et feldspaths -> grenats)
→ aplatissement des minéraux suivant des plans parallèles au déplacement (foliation).

Tectonique des plaques 15

Métamorphisme

Tectonique des plaques 16

Métamorphisme HP-BT et HP-HT

Deux types de métamorphisme :

- A faible profondeur (15 km) : HP et BT : Schistes bleus
- A grande profondeur : HP et HT : Eclogites

Tectonique des plaques 17

Magmatisme (rappel)

magmatismes déjà rencontrés

- basaltes alcalins des rifts continentaux - richesse en Na, K et Rb = éléments incompatibles car ils quittent facilement les réseaux cristallins des minéraux pour passer dans les liquides magmatiques.
- basaltes tholéiitiques des dorsales prennent la suite- masse beaucoup plus importante.

les éléments alcalins ne sont plus disponibles => magma saturé en silice.

ici (subduction)

- basaltes des zones de subduction issus d'un manteau qui restait relativement protégé. éléments alcalins se diluent dans la masse de magma produite.

Ces magmas se caractérisent à la fois comme « calco alcalins » et par leur richesse en éléments volatils (H₂O, CO₂,...) qui proviennent en grande partie de l'eau de mer qui a facilité la fusion du manteau.

Tectonique des plaques 18

Le magmatisme calco-alcalin

le métamorphisme libère l'eau qui imprègne la lithosphère océanique et les sédiments

- baisse de la température de solidus du manteau sus-jacent,
- fusion partielle
- magma basaltique *calco-alcalin* qui remonte.

Deux types d'évolution :

- Marges active
- Arcs insulaires

Tectonique des plaques 19

Les zones de subduction

IAV : InsularArc Volcanism CAV : CordilleraArc Volcanism

(a) Subduction of an oceanic plate beneath a continental margin forming a volcanic belt. **CORDILLIERES CAV**

(b) Subduction of an oceanic plate beneath another oceanic plate forming a volcanic arc. **ARCS INSULAIRES IAV**

(Press and Slinger, Understanding Earth, Freeman 1998)

Tectonique des plaques 20

Conditions particulières pour qu'il y ait fusion partielle :

- 1) Sous les dorsales, les roches subissent une décompression à T constante. → vers 75 km de profondeur il y a fusion partielle
- 2) Au niveau des points chauds la température est anormalement élevée
- 3) Dans les zones de subduction, la **péridotite hydratée fond à plus faible température.**

Tectonique des plaques 21

Le magmatisme - Marges actives

La remontée du magma est ralentie par la forte épaisseur de croûte continentale

- la cristallisation commence en profondeur : **péridots + pyroxènes + liquide riche en Si = différenciation magmatique**
- le liquide chaud fond une partie de la croûte continentale : **mélange des liquides → magma hybride = contamination magmatique**

↓

Roche volcanique de composition intermédiaire entre un granite et un basalte = **andésite**

Tectonique des plaques 22

Le magmatisme - Arcs insulaires

magma basaltique traverse la croûte océanique mince → basalte calco-alcalin

Formation de volcans, épanchements de plus en plus abondants

- épaissement de la croûte
- **différenciation magmatique**
- émissions de laves de chimies différentes entre basaltes calco-alcalins et rhyolites
- **origine d'une nouvelle croûte continentale**

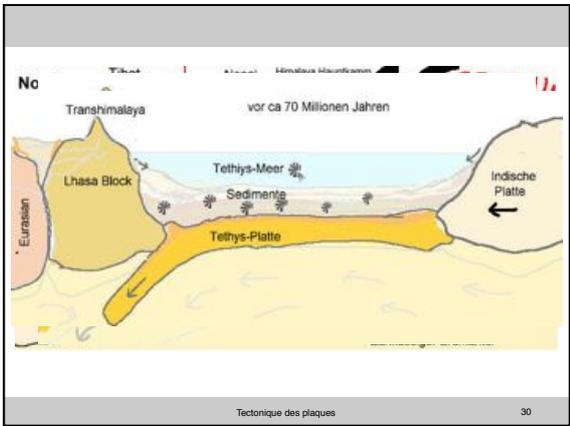
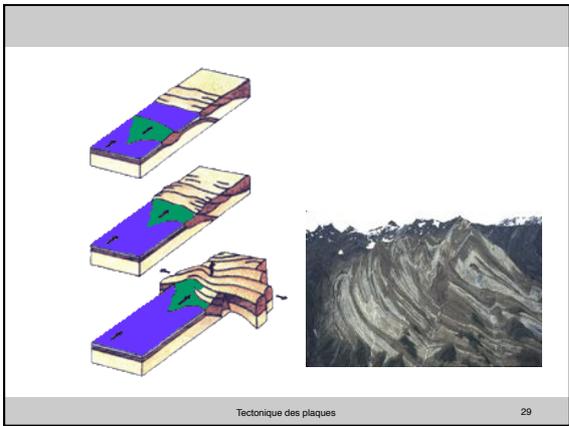
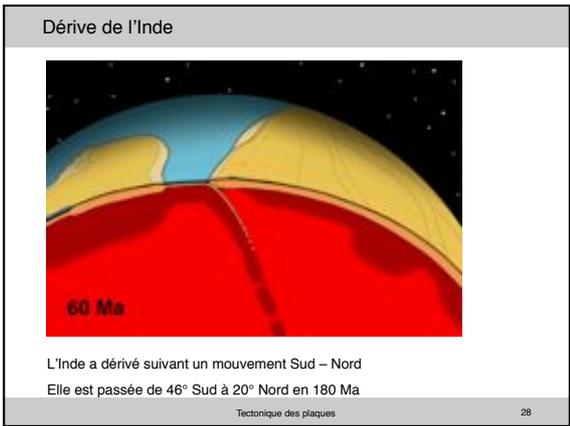
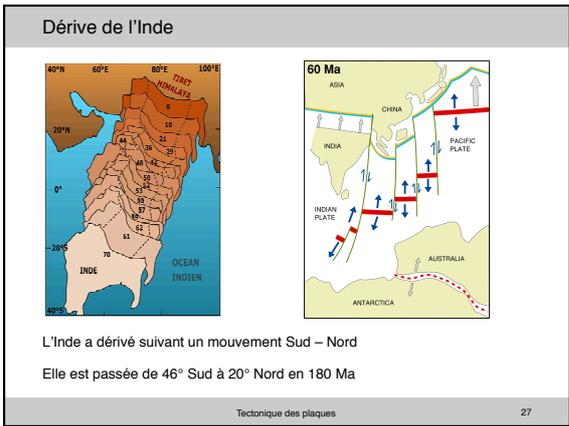
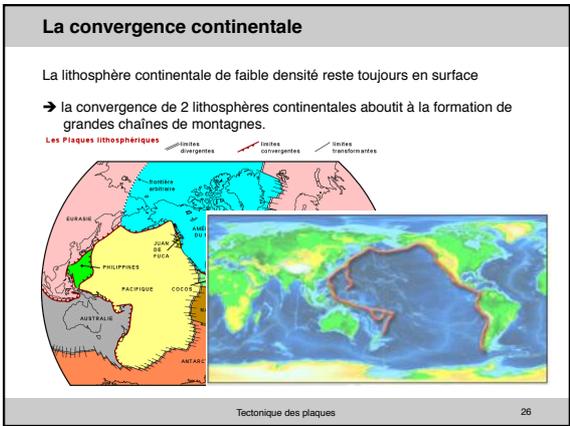
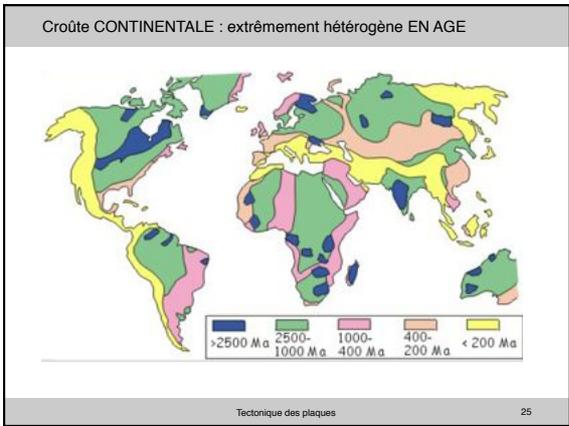
volcanisme est toujours explosif

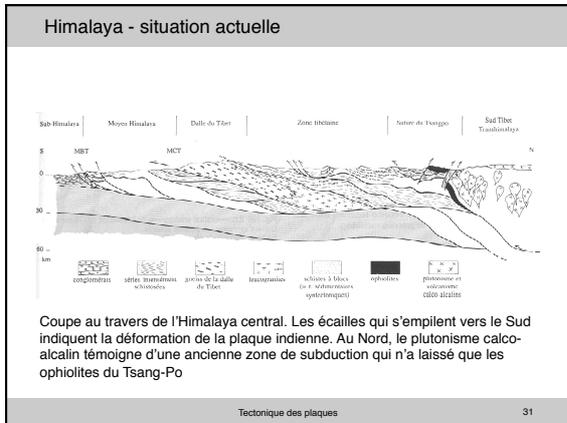
Tectonique des plaques 23

Diagramme de classification chimique des roches

Diagramme de classification chimique des roches grenues et volcaniques en fonction de leurs pourcentages pondéraux de $Na_2O + K_2O$ et SiO_2

Tectonique des plaques 24





Création du relief et érosion mécanique

collision de l'Inde, formation de l'Himalaya
=> croûte épaissie

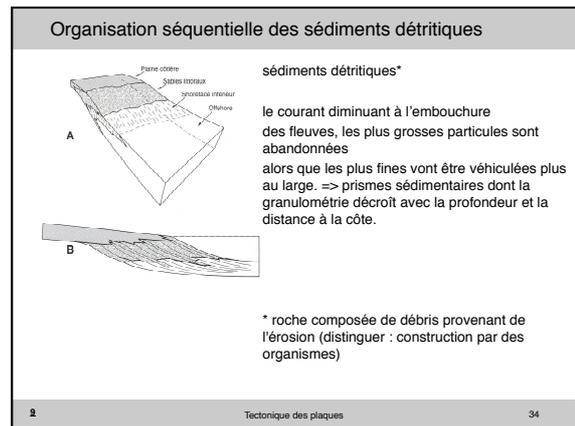
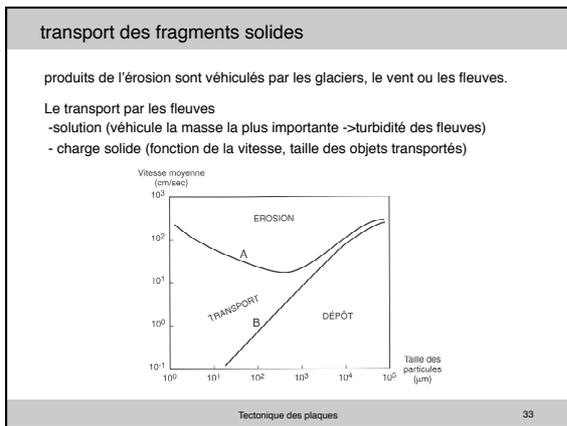
poussée d'Archimède (exercée par l'Asthénosphère)
=> croûte portée à haute altitude

relief aide à la formation de nuages (neiges et pluies importantes)
=> érosion très importante glaciers et torrents

lithosphère allégée
=> réaction isostatique ...

=> relief escarpé de l'Himalaya

Tectonique des plaques 32



...vaste redistribution de la matière à la surface de la planète

comblement des bassins sédimentaires => épaississement de la lithosphère.

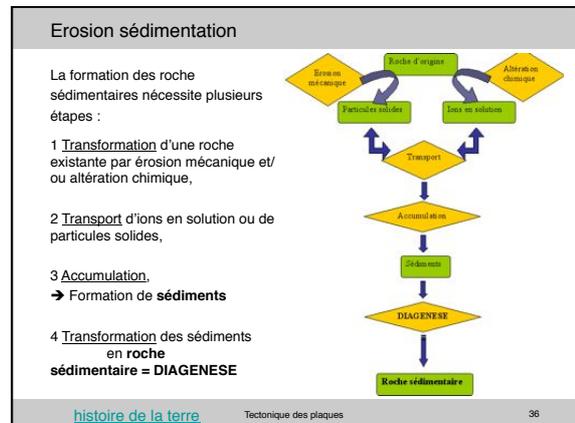
compense l'érosion

Après une cinquantaine de Ma, l'érosion d'une chaîne de montagne ne laisse plus que les roches métamorphiques marquant la cicatrice de la collision qui a soudé deux continents.

Comblement des bassins sédimentaires et érosion des chaînes aboutissent au même résultat :

- => nivellement d'une plaque lithosphérique vers une altitude moyenne de 300 m (très vieux continents)
- => à comparer à celle des océans : - 4800 m, (roches denses)

Tectonique des plaques 35



Le cycles des roches

