

# ***Géologie Générale***

## ***GGC 3***

***Stéphane SCHWARTZ***  
***ISTerre - Polytech Grenoble***

***Géologie Générale***  
***GGC 3***

→ Introduction

→ Partie I. Les matériaux de l' écorce terrestre

→ Partie II. Structure du globe

→ Partie III. Géodynamique interne

***Géologie Générale***  
***GGC 3***

**→ Partie II. Structure du globe**

**→1. Structure interne de la Terre**

**→2. Les enveloppes internes**

**→3. Les enveloppes externes**

***Géologie Générale***

***GGC 3***

**→ Partie II. Structure du globe**

**→ 1. Structure interne de la Terre**

**→ 1-1. Approches directes**

**→ 1-2. Approches indirectes**

# Comment peut-on avoir une idée de la structure interne ?

## 1-Méthodes directes : **Creuser**

Mine de charbon (Lorraine)



**Mines souterraines (3700m)**

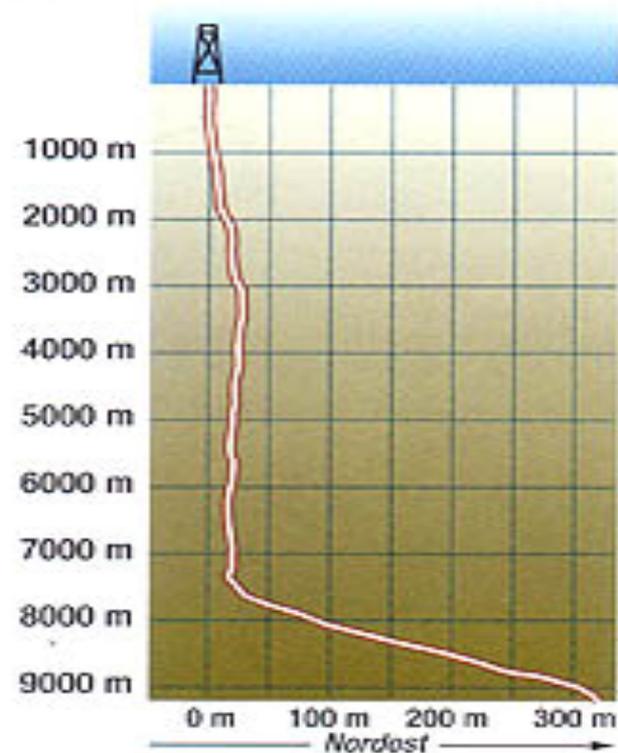
Mine de cuivre (Chili)



**Mines à ciel ouvert (1270m)**

# **Comment peut-on avoir une idée de la structure interne ?**

## **1-Méthodes directes : *Creuser***



***Projet KTB Kola (12 km)***

***Forage pour prospection pétrolière (9 km)***

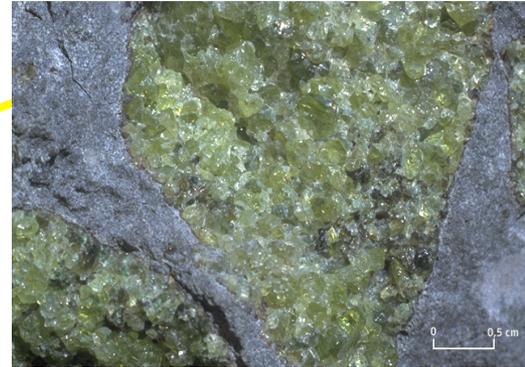
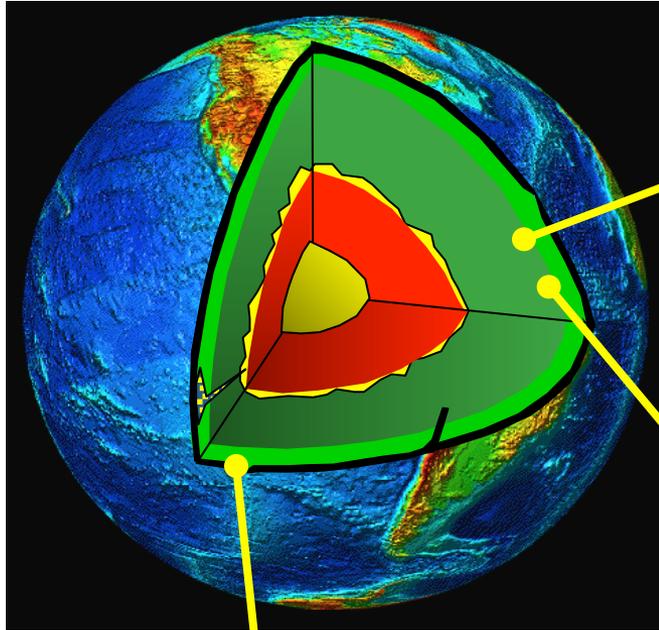
## **2-Méthodes directes : *Les zones orogéniques***



**Zones orogéniques** correspondent à des zones de déformation qui affectent l'ensemble de la croûte.

Accès aux parties profondes jusqu' à 30 km de profondeur....

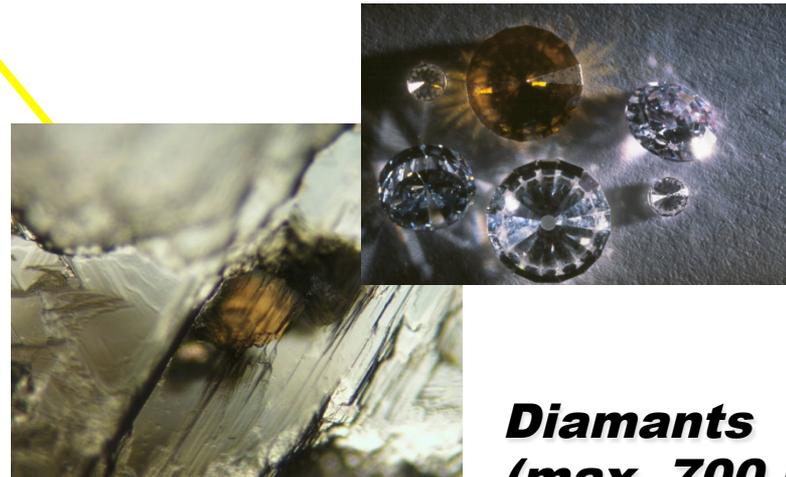
### 3-Méthodes directes : **Echantillonnage naturel**



**Enclaves de roches**  
(max. 400 km)



**Magmas**



**Diamants**  
(max. 700 km)

***Les méthodes directes permettent d'avoir une idée de la composition et de la structure de la Terre pour les 700 premiers kilomètres..... et de façon ponctuelle!!***

***La Terre possède un rayon de 6370 km ???***

***Nécessité d'utiliser des méthodes indirectes pour imager les enveloppes plus profondes de la Terre...***

***Géologie Générale***  
***GGC 3***

→ **Partie II. Structure du globe**

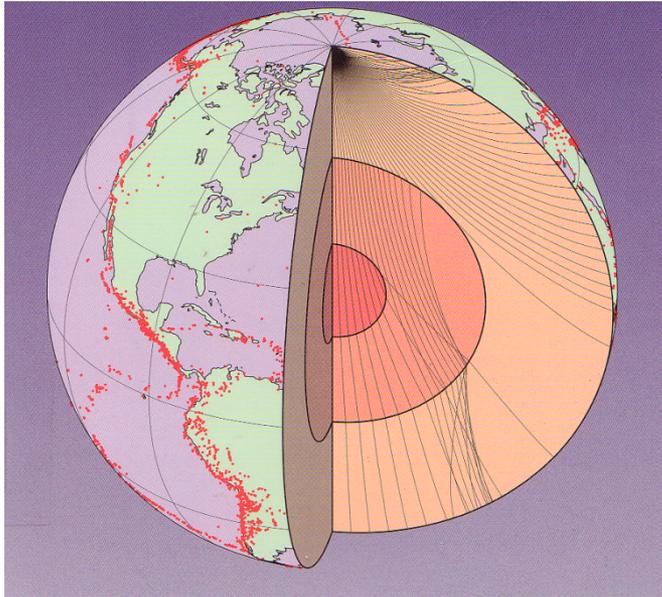
→ **1. Structure interne de la Terre**

→ **1-1. Approches directes**

→ **1-2. Approches indirectes**

# Méthodes indirectes : **SISMOLOGIE**

↳ Vitesse de propagation des ondes



Séisme correspond a une rupture qui libère de l'énergie sous forme :

- de chaleur 70%
- de propagation d'ondes élastiques 30%

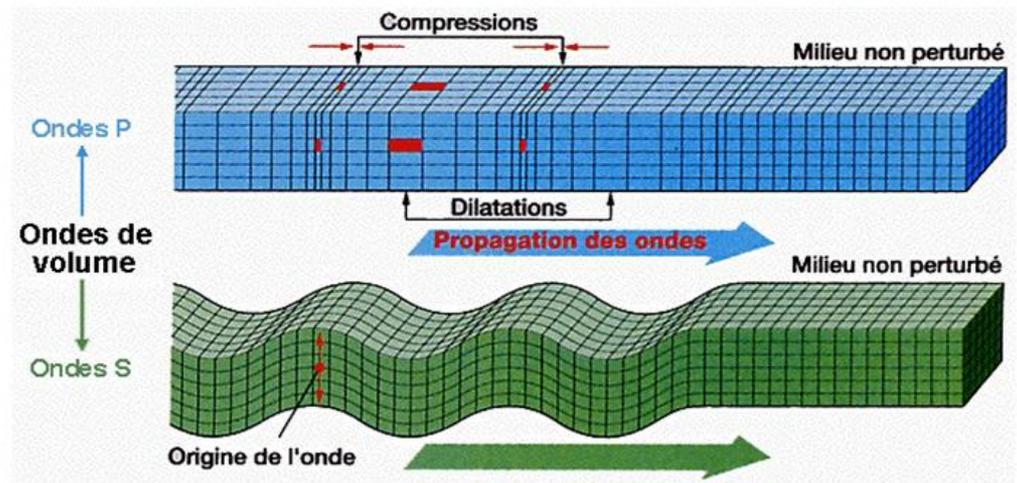
Deux types d'ondes :

- ondes S (de cisaillement)
- ondes P (de compression)

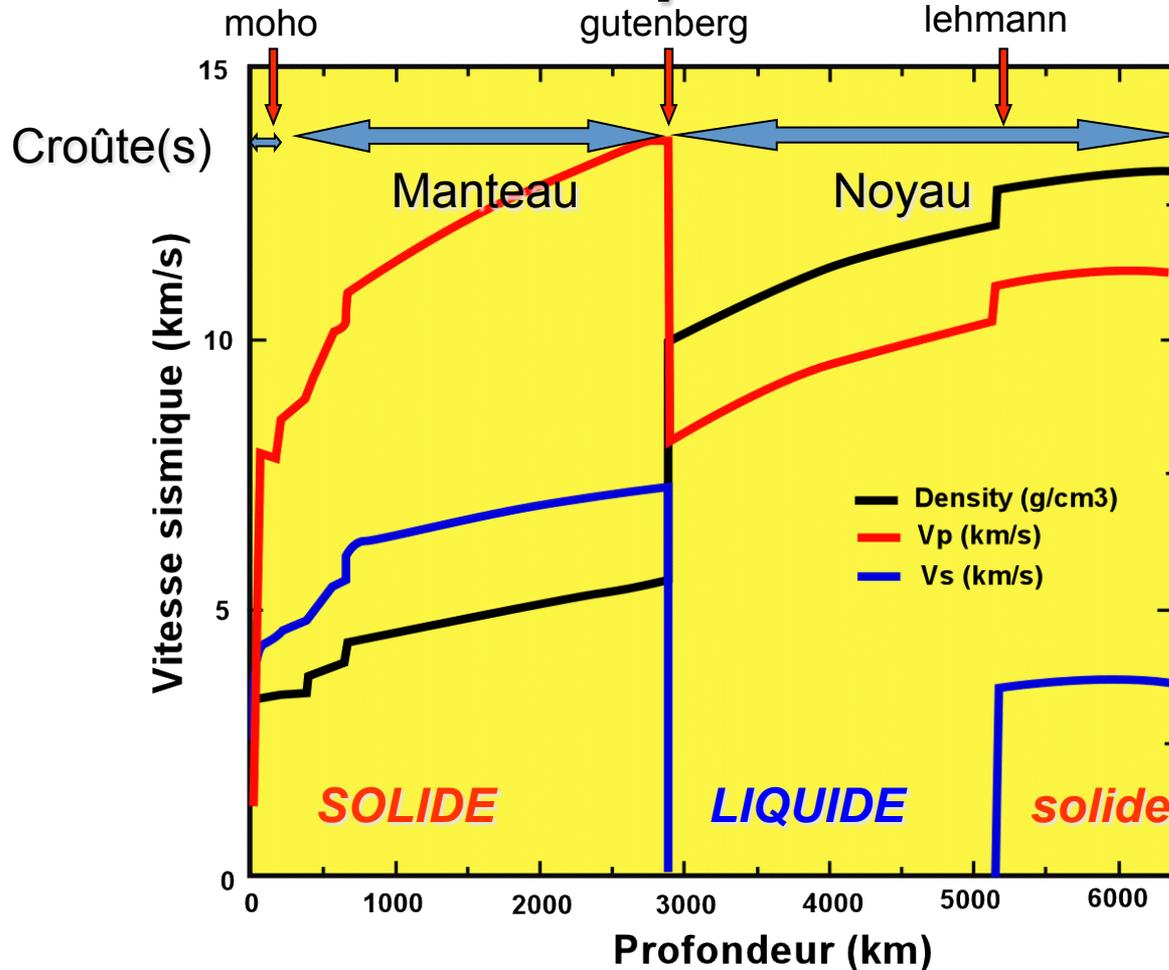
↳ Vitesse de propagation dépend de la densité du matériel traversé

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \quad V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

$\mu$  (cisaillement) et  $\lambda$  = modules d'élasticité



## ***Variations des vitesses des ondes P et S en fonction de la profondeur***

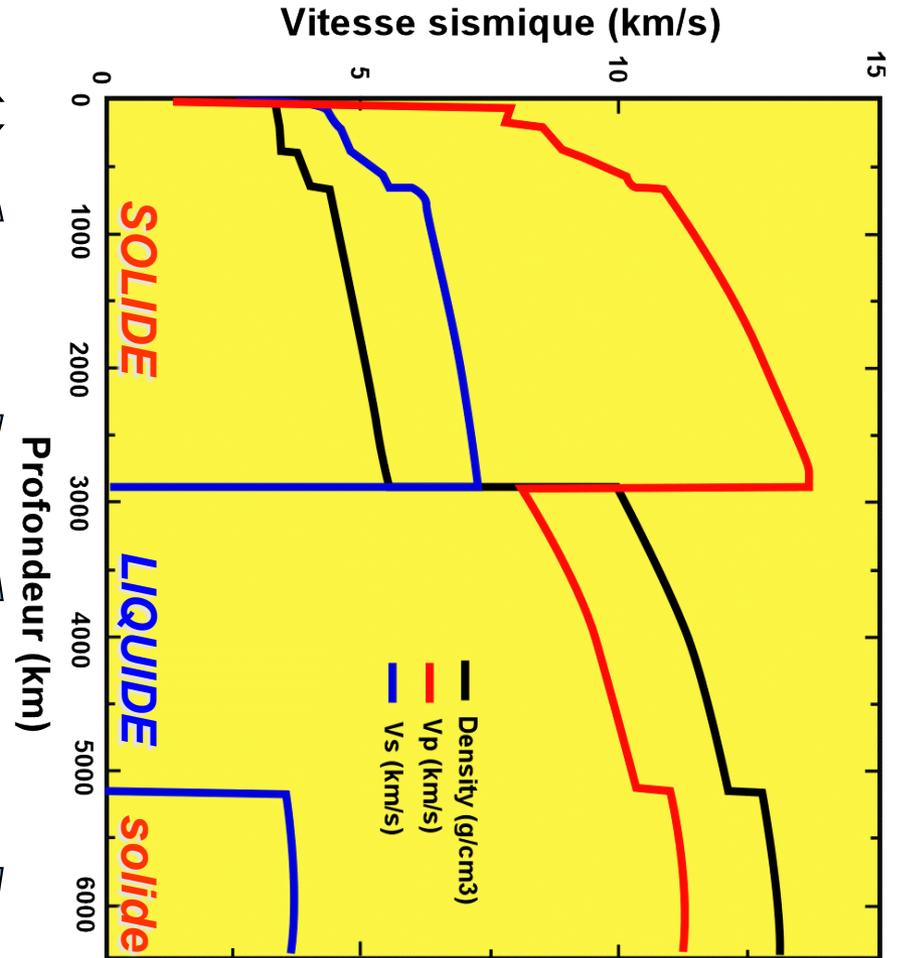
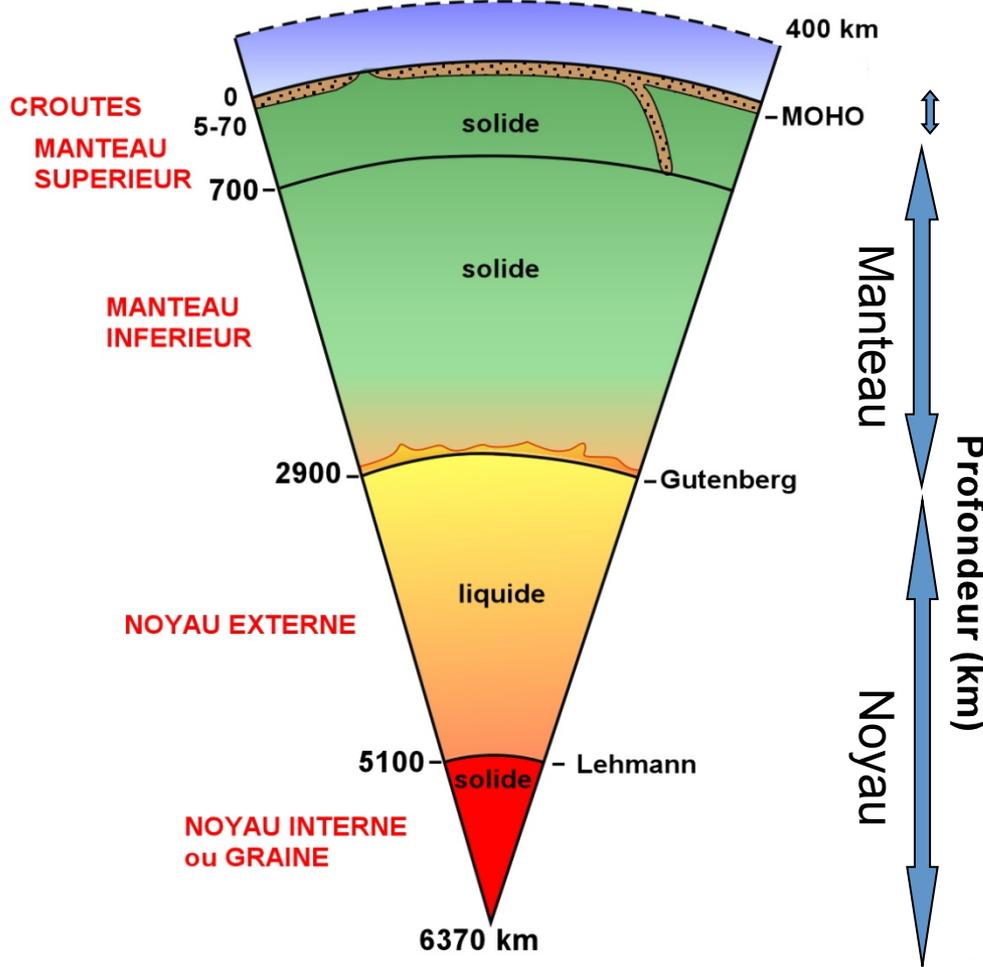


***présence de discontinuités***



**propriétés physiques et compositions chimiques différentes**

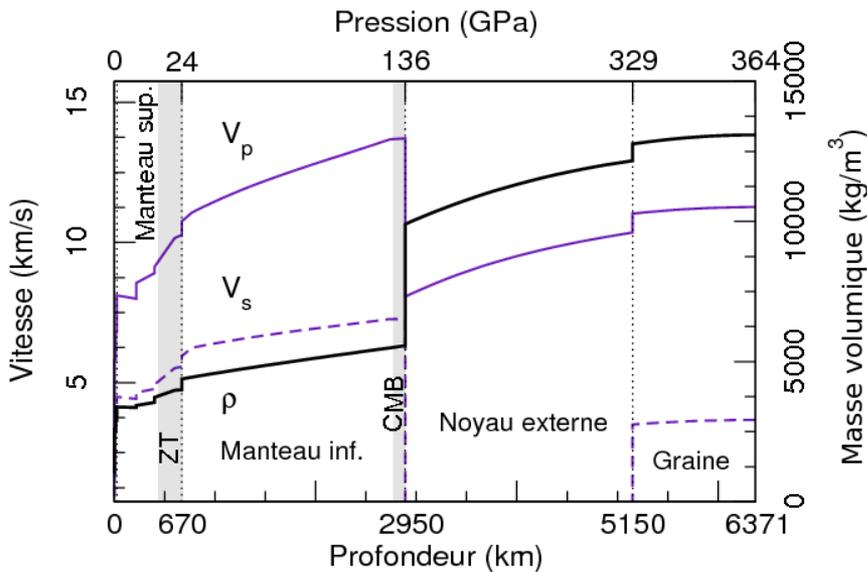
Enveloppes  
internes



**Terre constituée d' enveloppes concentriques de propriétés physiques et de compositions chimiques différentes séparées par des discontinuités.**

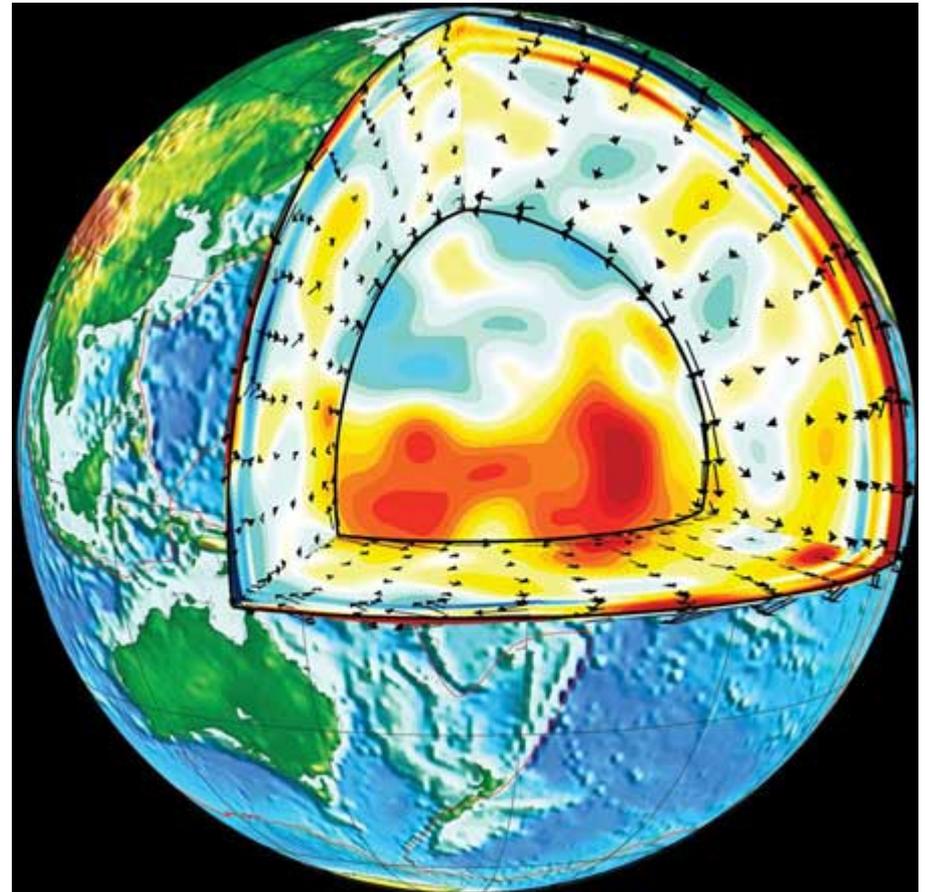
**Tomographie sismique** = variations spatiales des vitesses de propagation des ondes à l'intérieur du globe terrestre par rapport au modèle PREM.

Interprétées en termes de variations de température locale au sein des unités terrestres, ou en termes de variation de composition chimique ou minéralogique des matériaux.



Preliminary Reference Earth Model (PREM)

Son **utilisation principale** est la réalisation de la cartographie des hétérogénéités du manteau, utile pour établir des liens entre les déplacements lithosphériques et la convection mantellique.



***Géologie Générale***  
***GGC 3***

**→ Partie II. Structure du globe**

**→1. Structure interne de la Terre**

**→2. Les enveloppes internes**

**→3. Les enveloppes externes**

***Géologie Générale***

***GGC 3***

**→ Partie II. Structure du globe**

**→ 2. Les enveloppes internes**

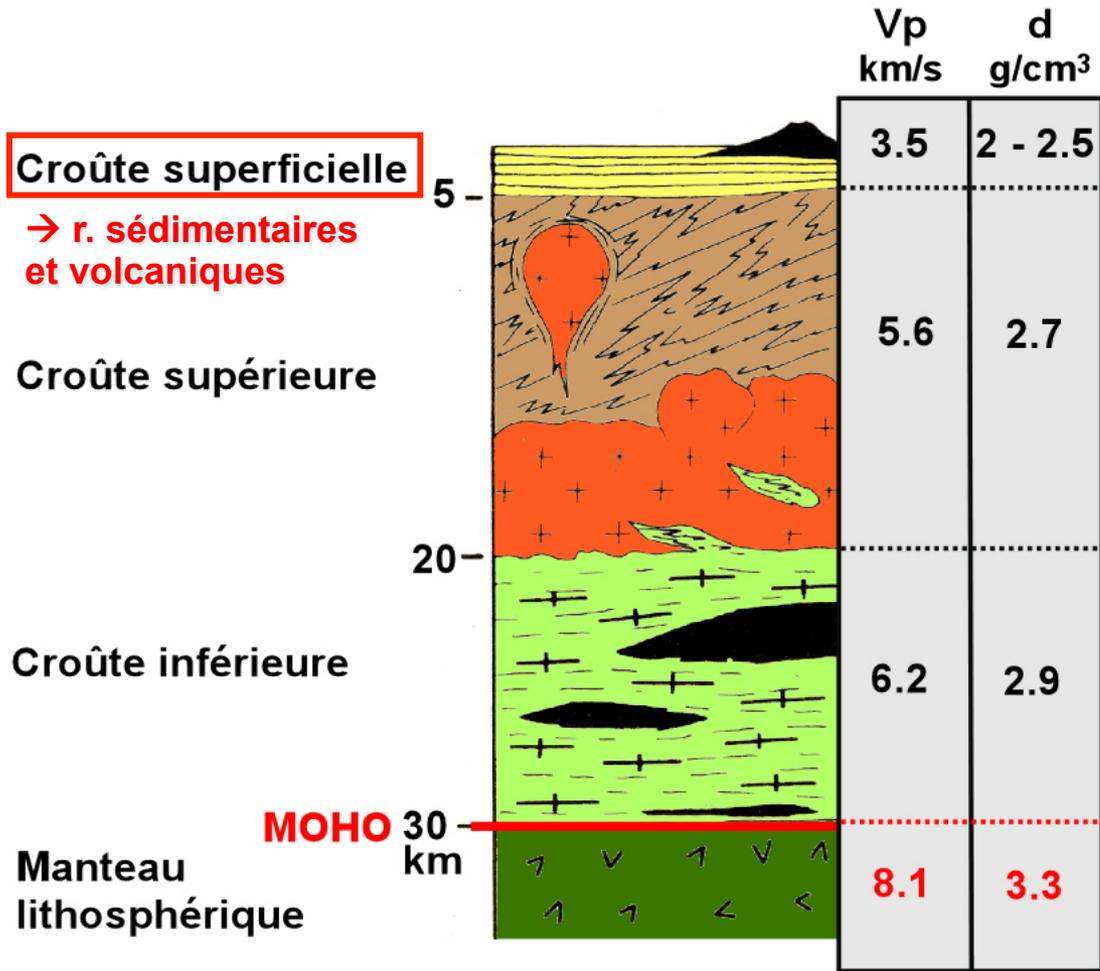
**→ 2-1. La croûte continentale**

**→ 2-2. La croûte océanique**

**→ 2-3. Le manteau**

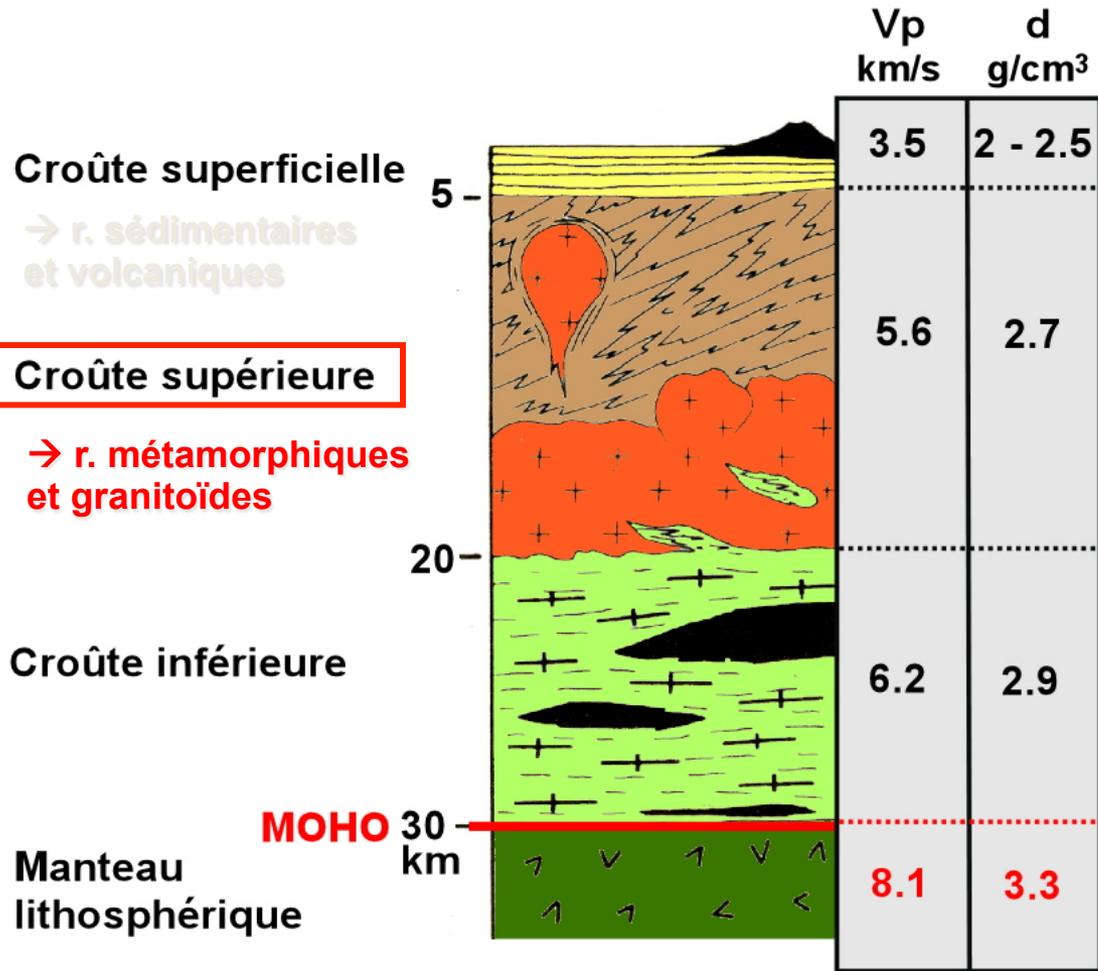
**→ 2-4. Le noyau**

**La croûte continentale**



- Données d'affleurements et de forages très importantes...
- Roches sédimentaires sub-horizontales déposées sur des plateformes ou dans des bassins...
- 4 à 5 km d'épaisseur...
- Parfois roches volcaniques type basalte ou andésite...
- Vitesse de 3.5 et densité de 2 à 2.5

**La croûte continentale**

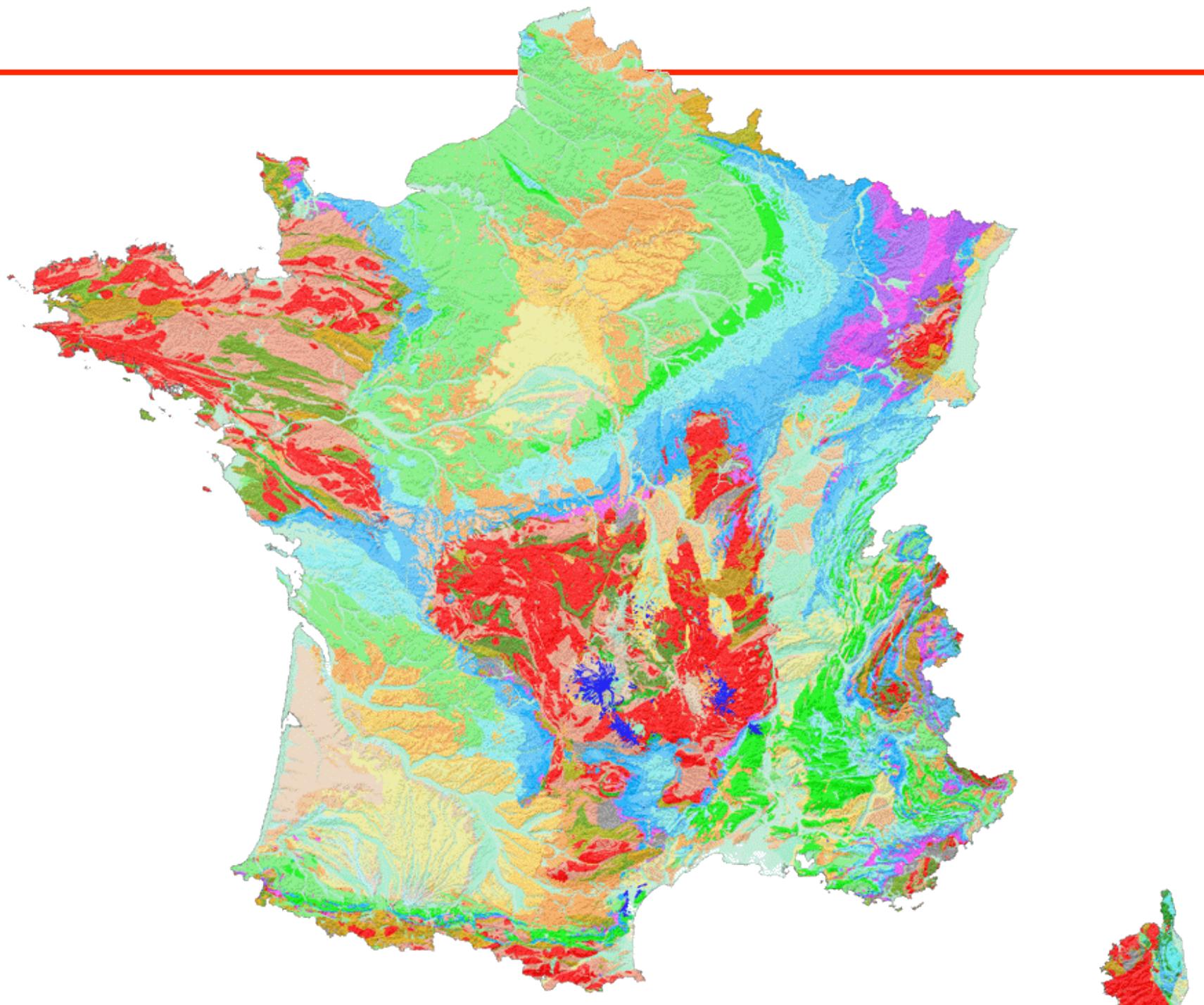


- Données d'affleurements et de forages disponibles premiers km...

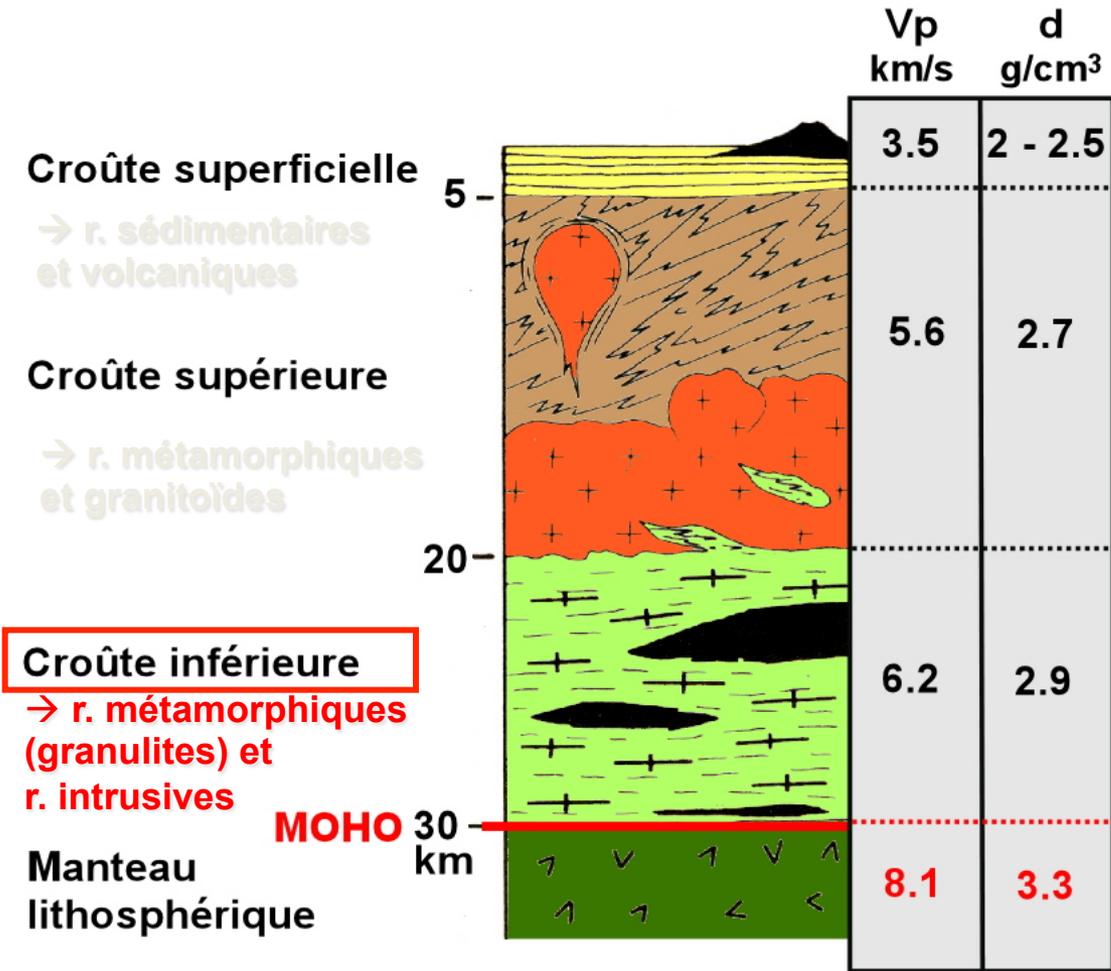
- Anciennes r. sédimentaires et volcaniques déformées et métamorphisées + r. plutoniques type granite en massifs intrusifs... (socle)

- 10 à 15 km d'épaisseur...

- Vitesse de 5.6 et densité de 2.7 à 2.8



**La croûte continentale**



- Echantillonnage naturel (enclaves) ou dans les chaînes de montagne (tectonique et érosion)...

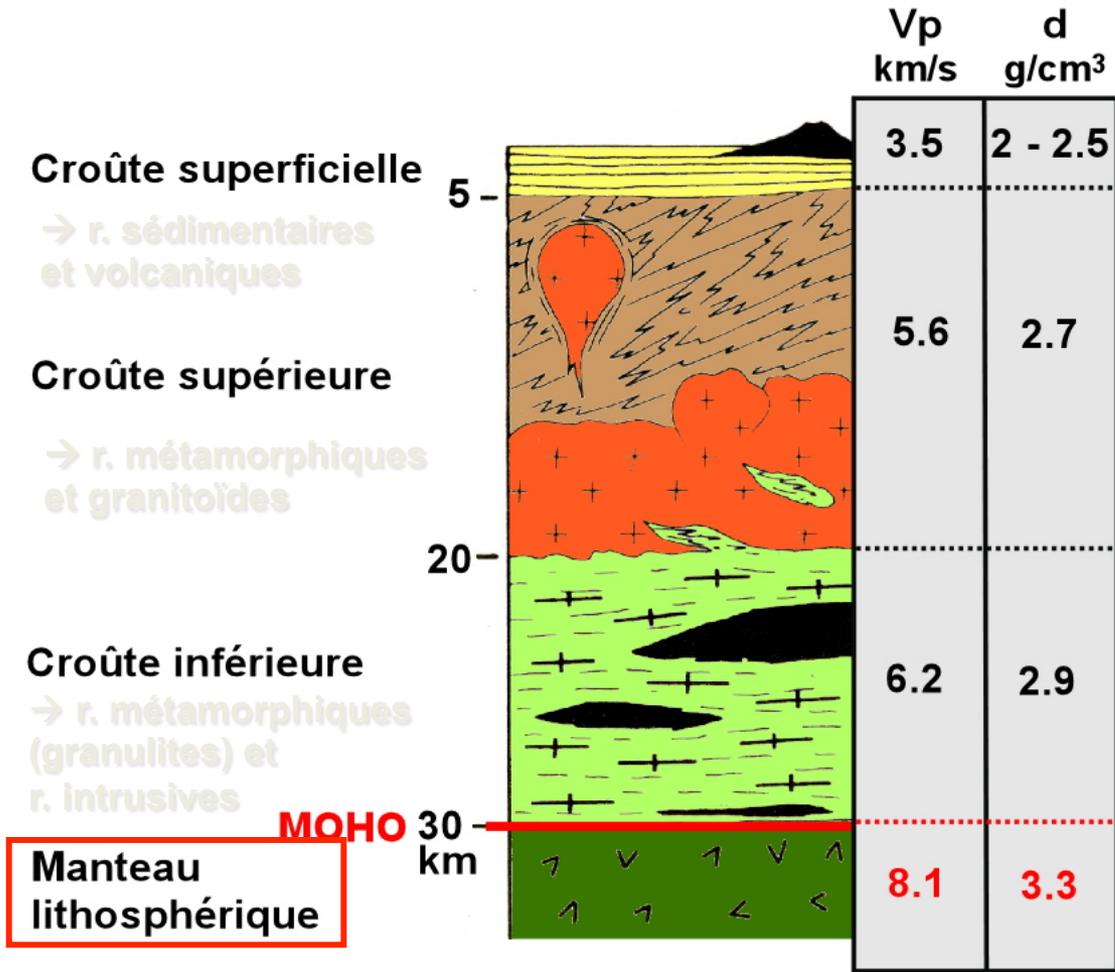
- R. métamorphiques du faciès des granulites (denses et anhydres)

- Dans les boucliers précambriens (>540 Ma) granulites abondantes associées à des roches intrusives de nature variée...

- Vitesse de 6.2 et densité de 2.9

Gt, Sill, Bt, Qtz, Px

**La croûte continentale**



- Echantillonnage naturel (enclaves) ou dans les chaînes de montagne (péridotites)...

- Limite croûte / manteau = MOHO

- Vitesse de 8.1 et densité de 3.3

A partir des roches de la croûte continentale → établissement de l'échelle des temps géologiques

1-Roche sédimentaire → âges stratigraphiques à partir des organismes fossiles (évolution des espèces) = Datation relative

Notion de biozone (un intervalle de temps pendant lequel plusieurs espèces vécurent ensemble)

2-Roche volcaniques ou magmatiques → âges radiogéniques basés sur la désintégration des éléments radioactifs (U, Pb, Sr, Ar...) = Datation absolue

 **Echelle chrono-stratigraphique**

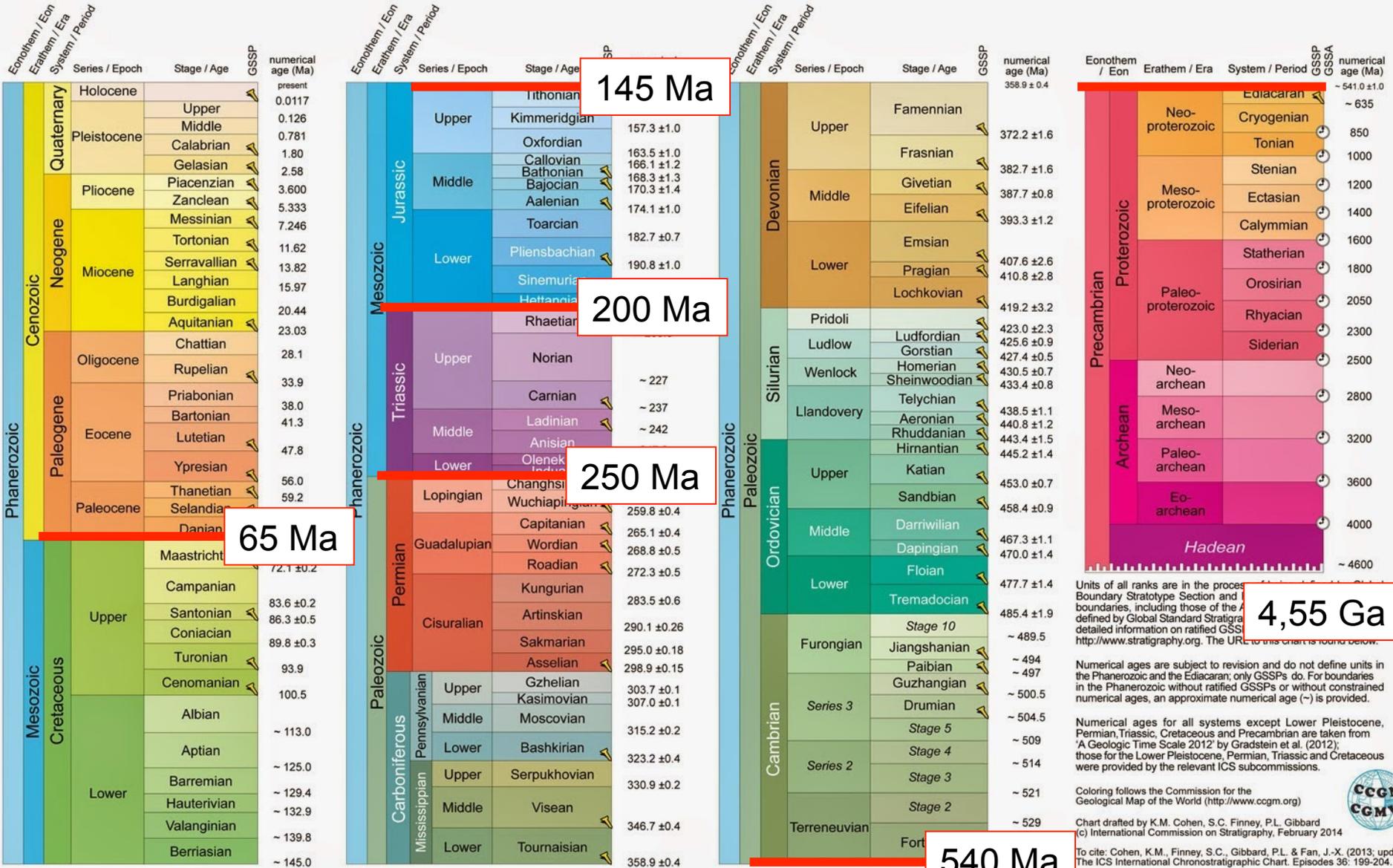


# INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy

v 2014/02



Units of all ranks are in the process of being defined by the International Commission on Stratigraphy. Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) boundaries, including those of the Phanerozoic, are defined by Global Standard Stratigraphic Points (GSSPs) detailed information on ratified GSSPs is available at <http://www.stratigraphy.org>. The URL to this chart is found below.

Numerical ages are subject to revision and do not define units in the Phanerozoic and the Ediacaran; only GSSPs do. For boundaries in the Phanerozoic without ratified GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (~) is provided.

Numerical ages for all systems except Lower Pleistocene, Permian, Triassic, Cretaceous and Precambrian are taken from 'A Geologic Time Scale 2012' by Gradstein et al. (2012). Those for the Lower Pleistocene, Permian, Triassic and Cretaceous were provided by the relevant ICS subcommissions.

Coloring follows the Commission for the Geological Map of the World (<http://www.cgmw.org>)  
 Chart drafted by K.M. Cohen, S.C. Finney, P.L. Gibbard  
 (c) International Commission on Stratigraphy, February 2014

To cite: Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J.-X. (2013), updated) The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204.  
 URL: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2014-02.pdf>



***Géologie Générale***

***GGC 3***

→ **Partie II. Structure du globe**

→ **2. Les enveloppes internes**

→ **2-1. La croûte continentale**

→ **2-2. La croûte océanique**

→ **2-3. Le manteau**

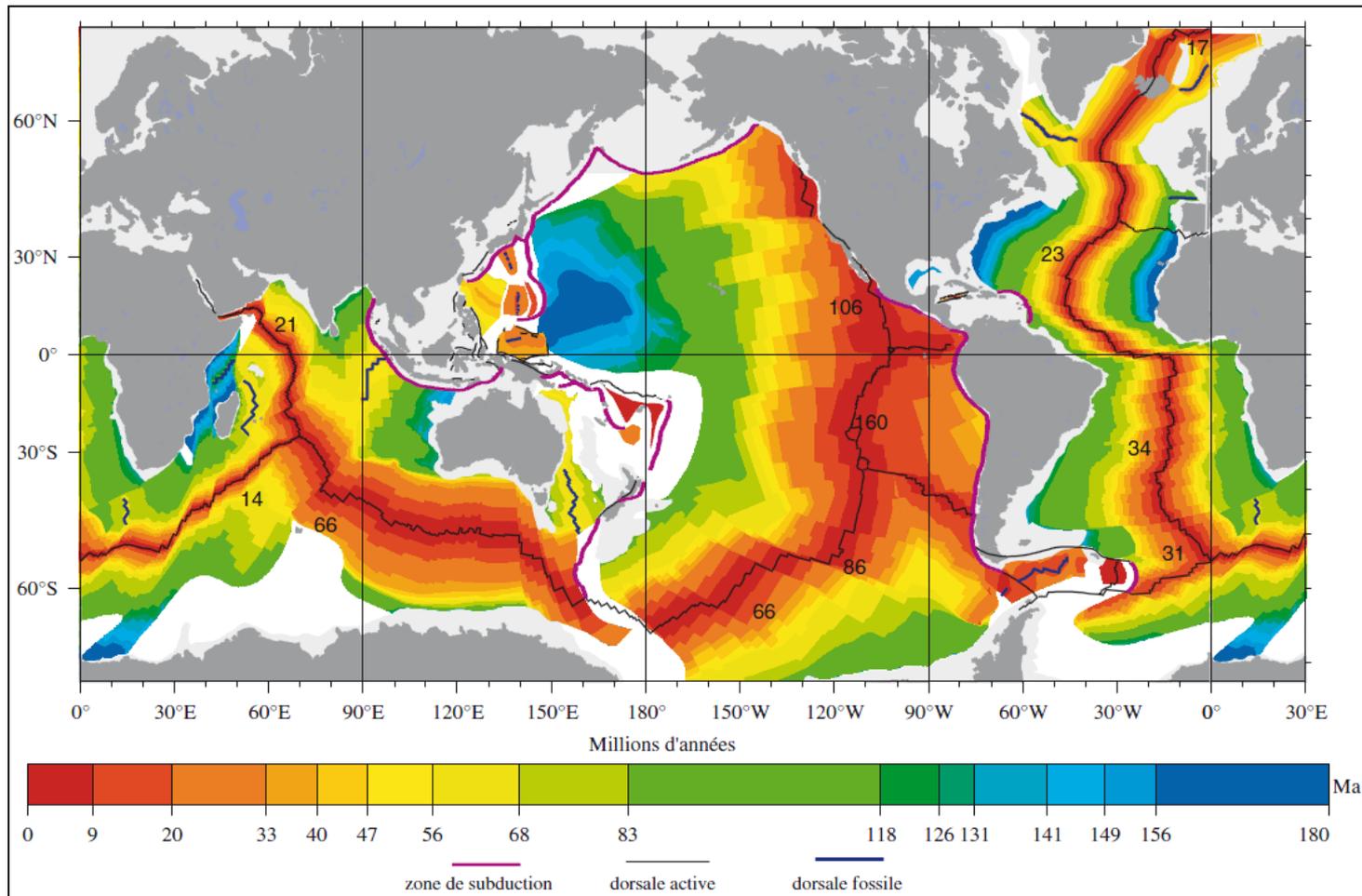
→ **2-4. Le noyau**

## ***géologie générale*** - Partie II - 2.2. La croûte océanique

Croûte océanique observable in situ par submersible ou échantillonnée par dragage ou forage → **observations superficielles**

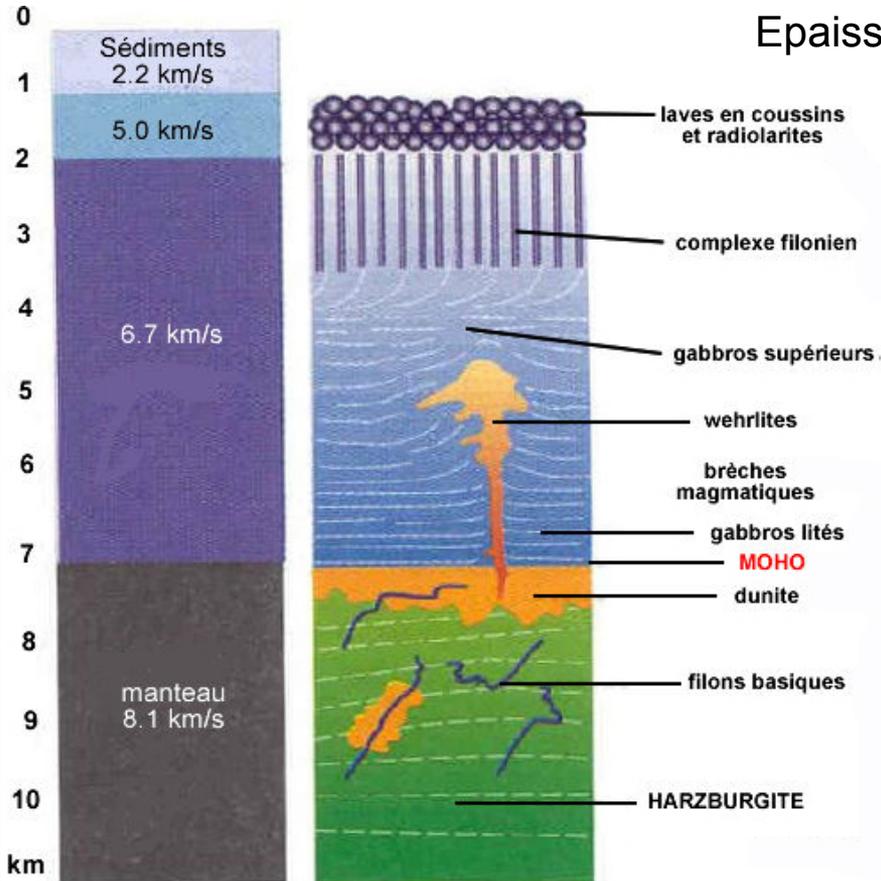
Existe 2 types de croûte océanique en fonction des **vitesse d'ouverture (mm/an)**

- Dorsales lentes (Atlantique)
- Dorsales rapides (Pacifique)



Observation de croûte océanique dans les chaînes de montagne → **ophiolites** représentent des portions de *lithosphère océanique* mise en place tectoniquement sur la *lithosphère continentale* (*obduction*).

**Dorsale rapide (type Pacifique)**



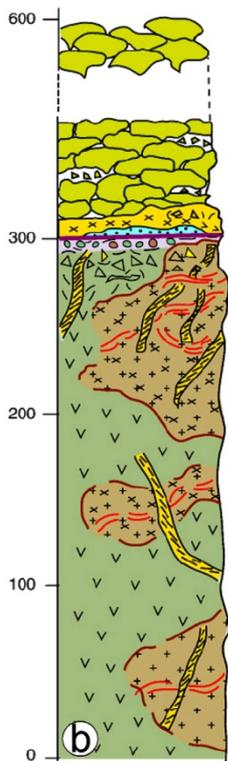
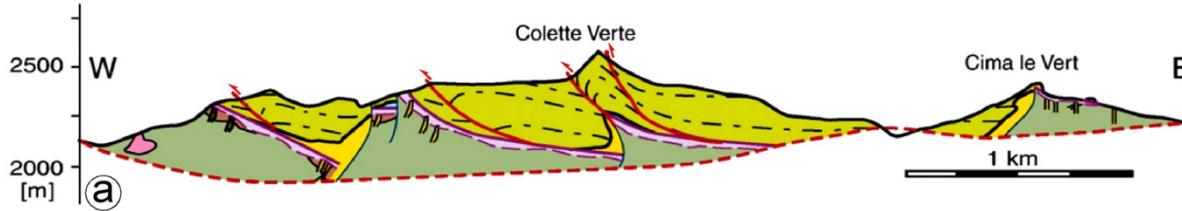
Epaisseur de **5 à 7km** constituée de haut en bas :

- Complexe volcanique basique de laves en coussins (=pillows lavas)
- Complexe filonien composé de filons verticaux collés les uns aux autres
- Complexe gabbroïque, lité dans sa partie inférieure, isotrope au dessus
- Complexe ultrabasique constitué de péridotites (type harzburgite).
- Variation des vitesses sismiques de 5 à 6.7 km/s...
- Le MOHO → variation de Vp valable pour une **dorsale rapide**...

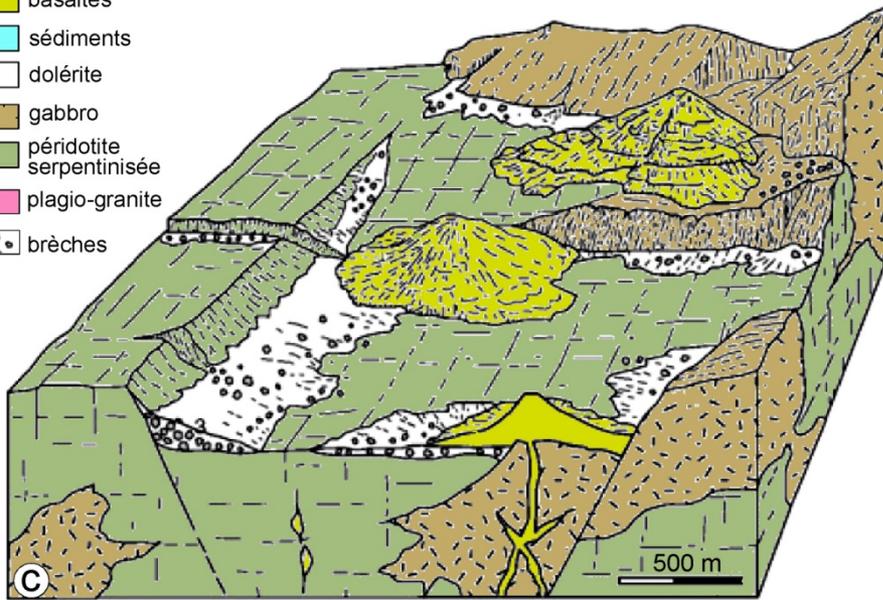
**Dorsale lente (type Atalantique)**

Pour une dorsale lente ...

structure plus complexe présence de manteau serpentinisé en surface



- faille alpine
- - - paléo-"horizontale"
- ▬ zone de faille à faible température
- ▬ zone de cisaillement à haute température
- basaltes
- sédiments
- dolérite
- gabbro
- péridotite serpentinisée
- plagio-granite
- brèches



Vp serpentine = 6.5  
proche de la croûte...

Imagerie géophysique ?

Moho sismique différent  
du moho pétrologique...  
La géophysique image un  
front de serpentinisation  
(hydratation)

***Géologie Générale***  
***GGC 3***

→ **Partie II. Structure du globe**

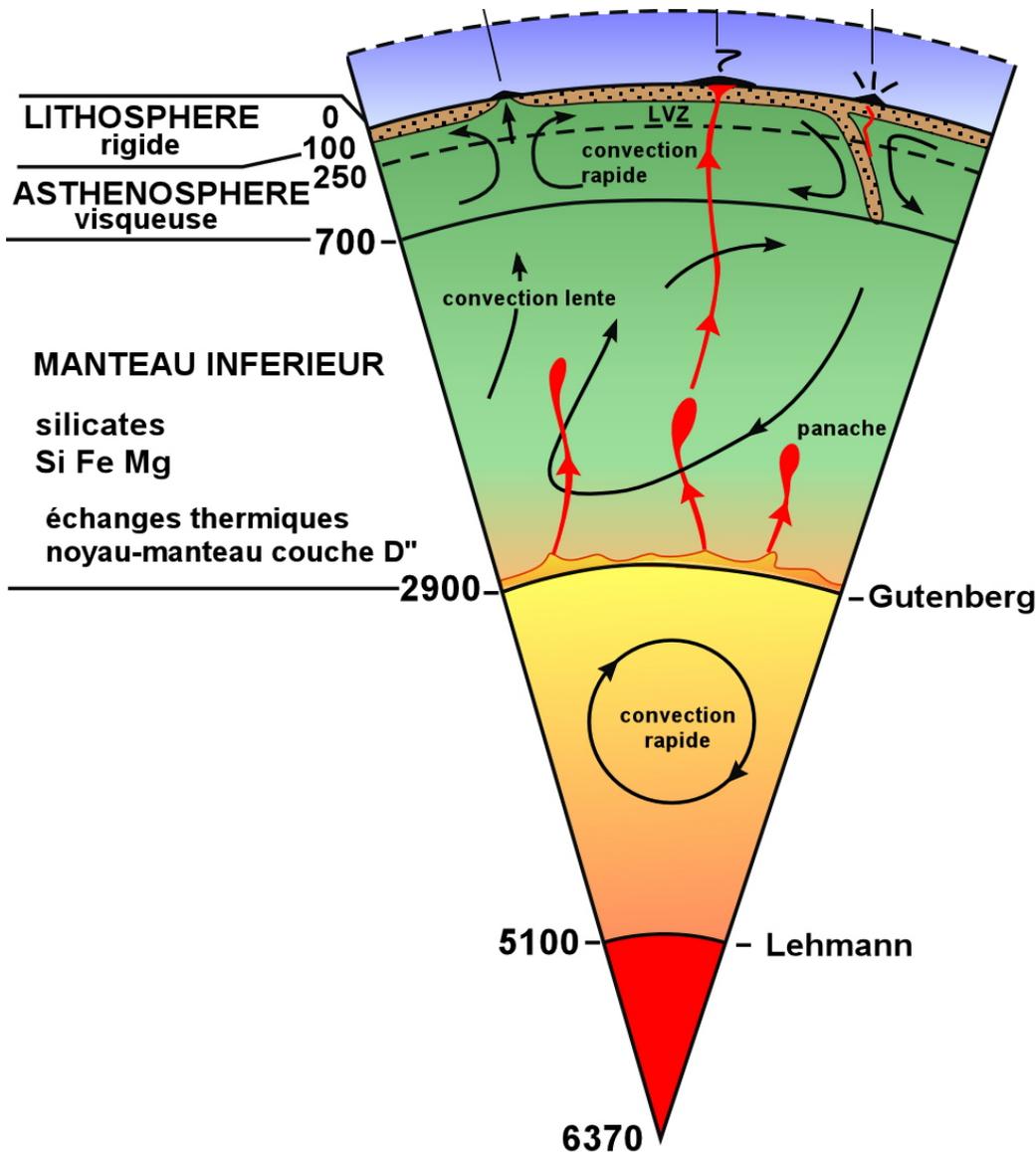
→ **2. Les enveloppes internes**

→ **2-1. La croûte continentale**

→ **2-2. La croûte océanique**

→ **2-3. Le manteau**

→ **2-4. Le noyau**



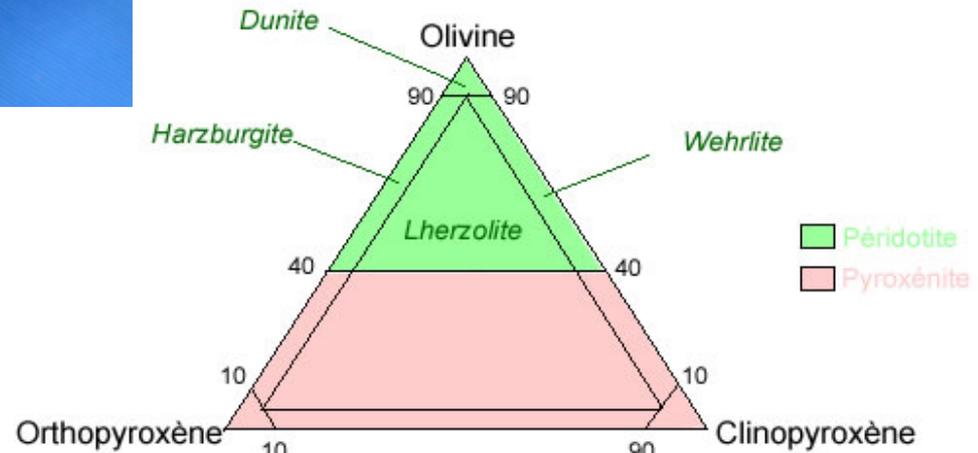
- Base de la croûte (5-70km MOHO) → noyau (2900km)
- Enveloppe la plus importante 82.4% volume de la Terre...
- Densité 3.3 et  $V_p > 8.1$  km/s constitué de péridotites (Mg, Fe, Si)... et une phase alumineuse



**manteau  
lithosphérique**  
(**< 100 km limite thermique  
1200°C**)

= PERIDOTITE ou  
LHERZOLITE

*Péridotite (lherzolite) =  
Olivine (péridot)  
+ Clinopyroxène  
+ Orthopyroxène  
+ Minéral contenant de l'aluminium*



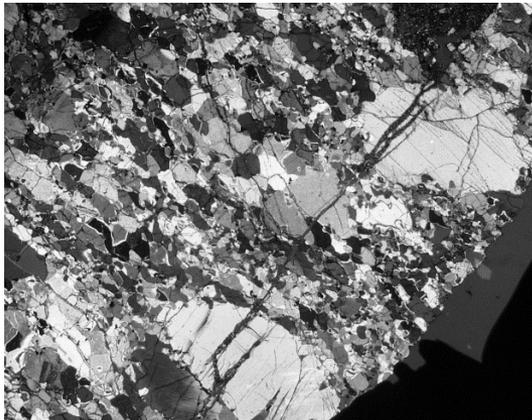
Classification minéralogique des roches ultrabasiques, en fonction de leur proportion en olivine, clinopyroxène et orthopyroxène.

Source : figure modifiée d'après la fig. 8.106, p. 324, *Roches et Minéraux*, Jean Lameyre, Doin (1986)

## Changement du minéral contenant de l'Aluminium en fonction de la profondeur

Augmentation Pression →

**PERIDOTITE à  
PLAGIOCLASE**



Rare

**PERIDOTITE à  
SPINELLE**



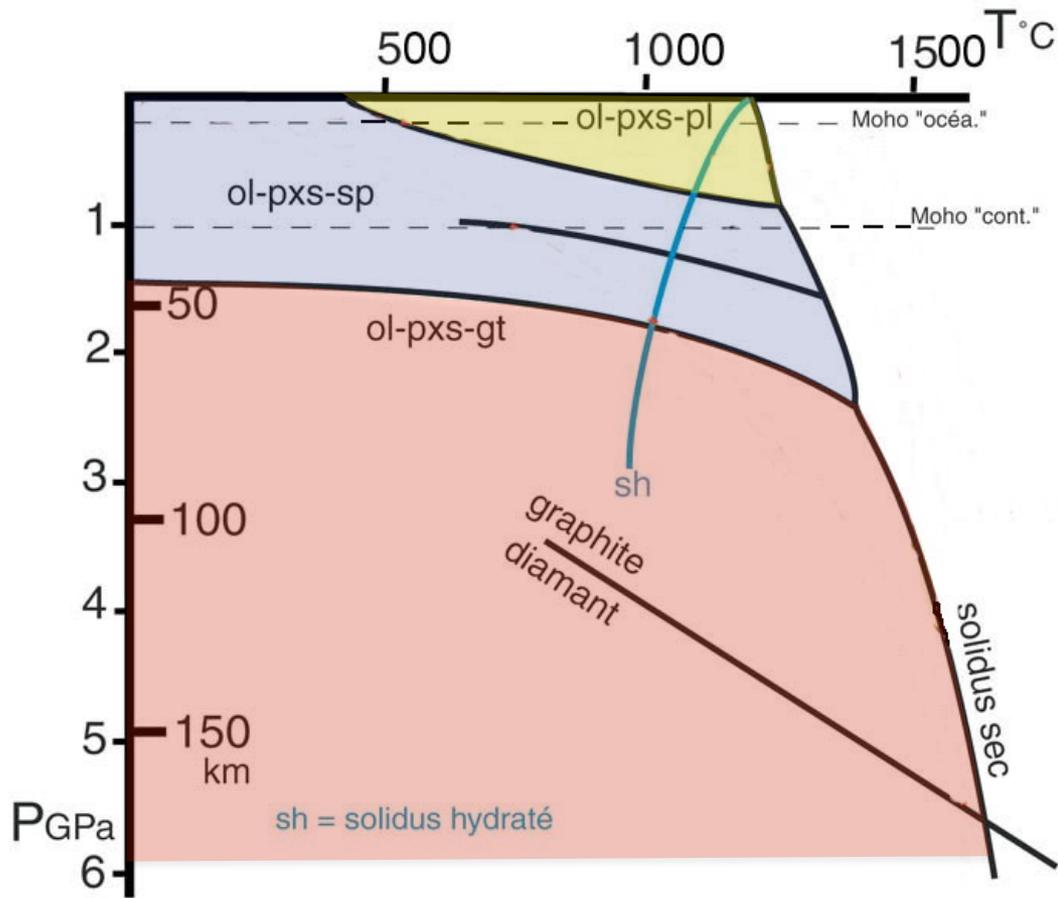
**La plus commune :**  
*(normal car 30 - 70 km)*

**PERIDOTITE à  
GRENAT**



Rare

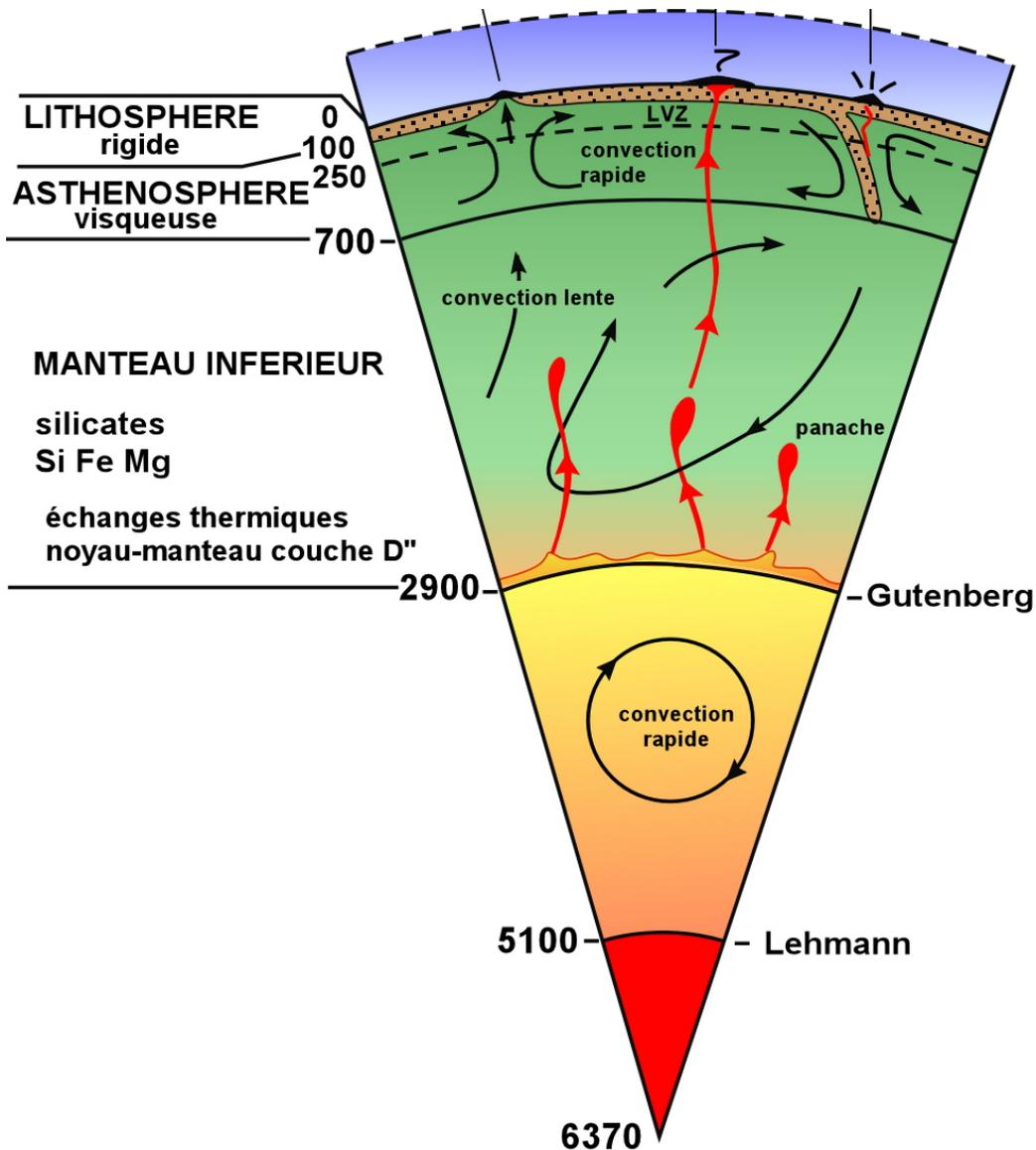
## Changement du minéral contenant de l'Aluminium en fonction de la profondeur



- péridotite à **plagioclase**  
de 0 à 1Gpa  
0 et 30 km

-à **Spinelle** (Mg, Fe) Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub> )  
de 1 à 2 Gpa  
30 km à 60-70 km

-à **Grenat**  
au delà de 2 Gpa  
au delà de 60-70 km



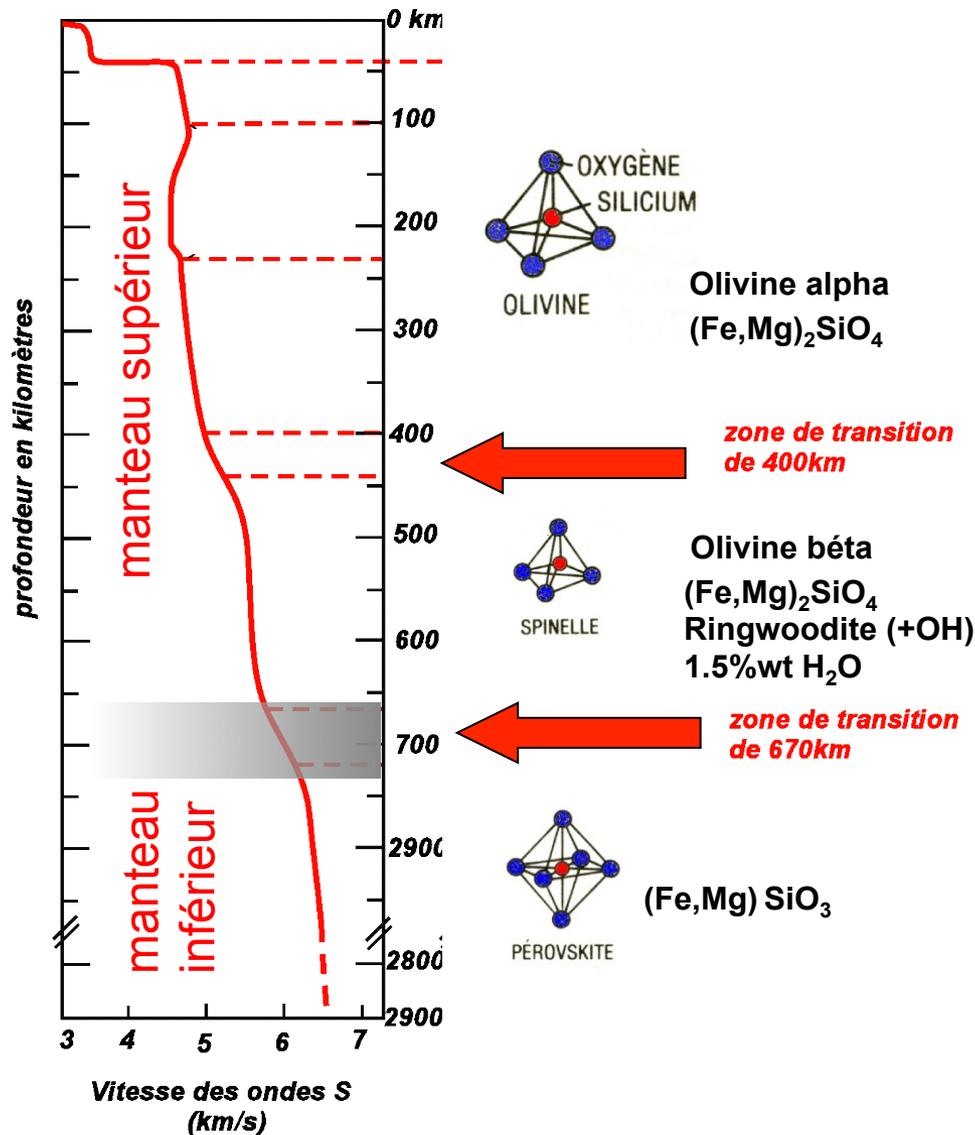
- Base de la croûte (5-70km MOHO) → noyau (2900km)

- Enveloppe la plus importante 82.4% volume de la Terre...

- Densité 3.3 et  $V_p > 8.1$  km/s constitué de péridotites (Mg, Fe, Si)... et une phase alumineuse

- Présence de transitions de phases à 400 et 670 km

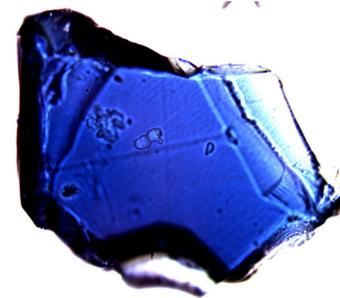
Qu'est qu'une transition de phase?



## - transitions de phases

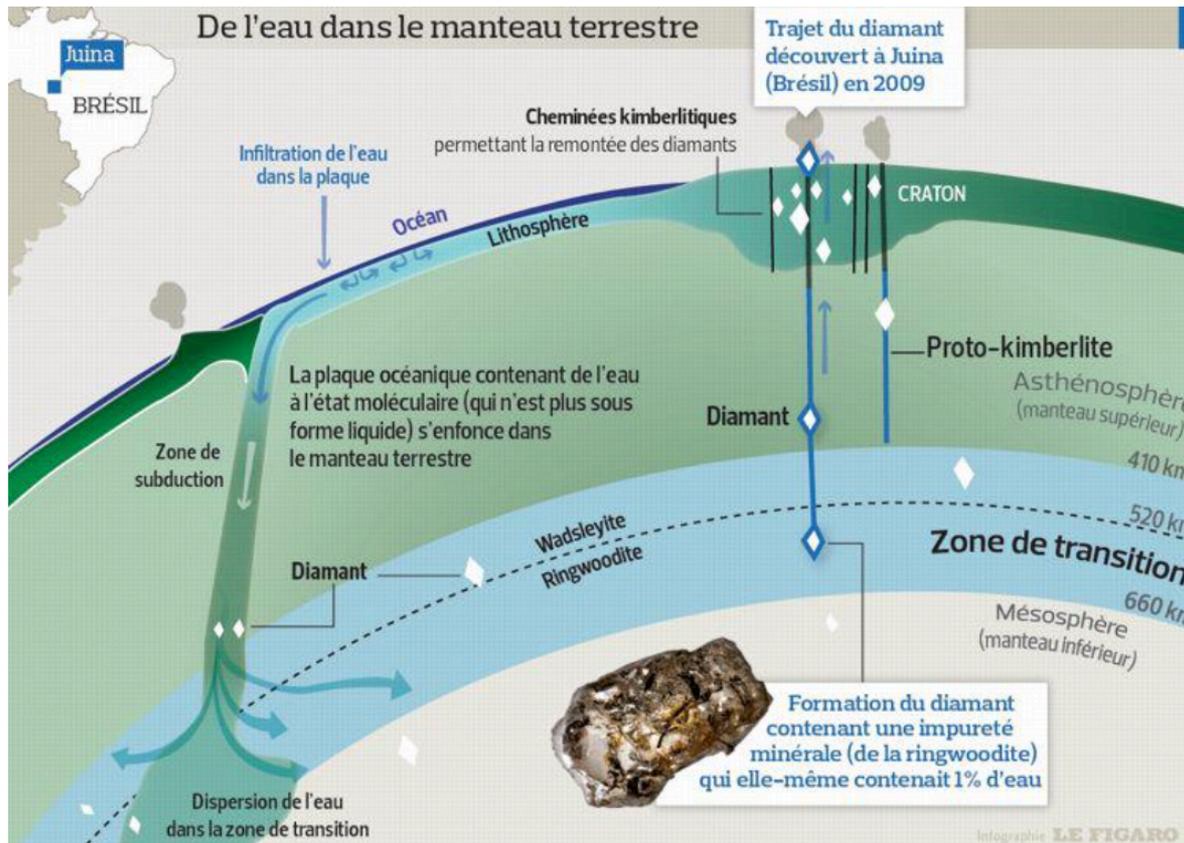
Variation rapide de la vitesse de propagation des ondes suite à des modifications de la structure des minéraux constituant le manteau

Transition 670km limite entre manteau supérieur et inférieur



# Hydrous mantle transition zone indicated by ringwoodite included within diamond

D. G. Pearson<sup>1</sup>, F. E. Brenker<sup>2</sup>, F. Nestola<sup>3</sup>, J. McNeill<sup>4</sup>, L. Nasdala<sup>5</sup>, M. T. Hutchison<sup>6</sup>, S. Matveev<sup>1</sup>, K. Mather<sup>4</sup>, G. Silversmit<sup>7</sup>, S. Schmitz<sup>2</sup>, B. Vekemans<sup>7</sup> & L. Vincze<sup>7</sup>



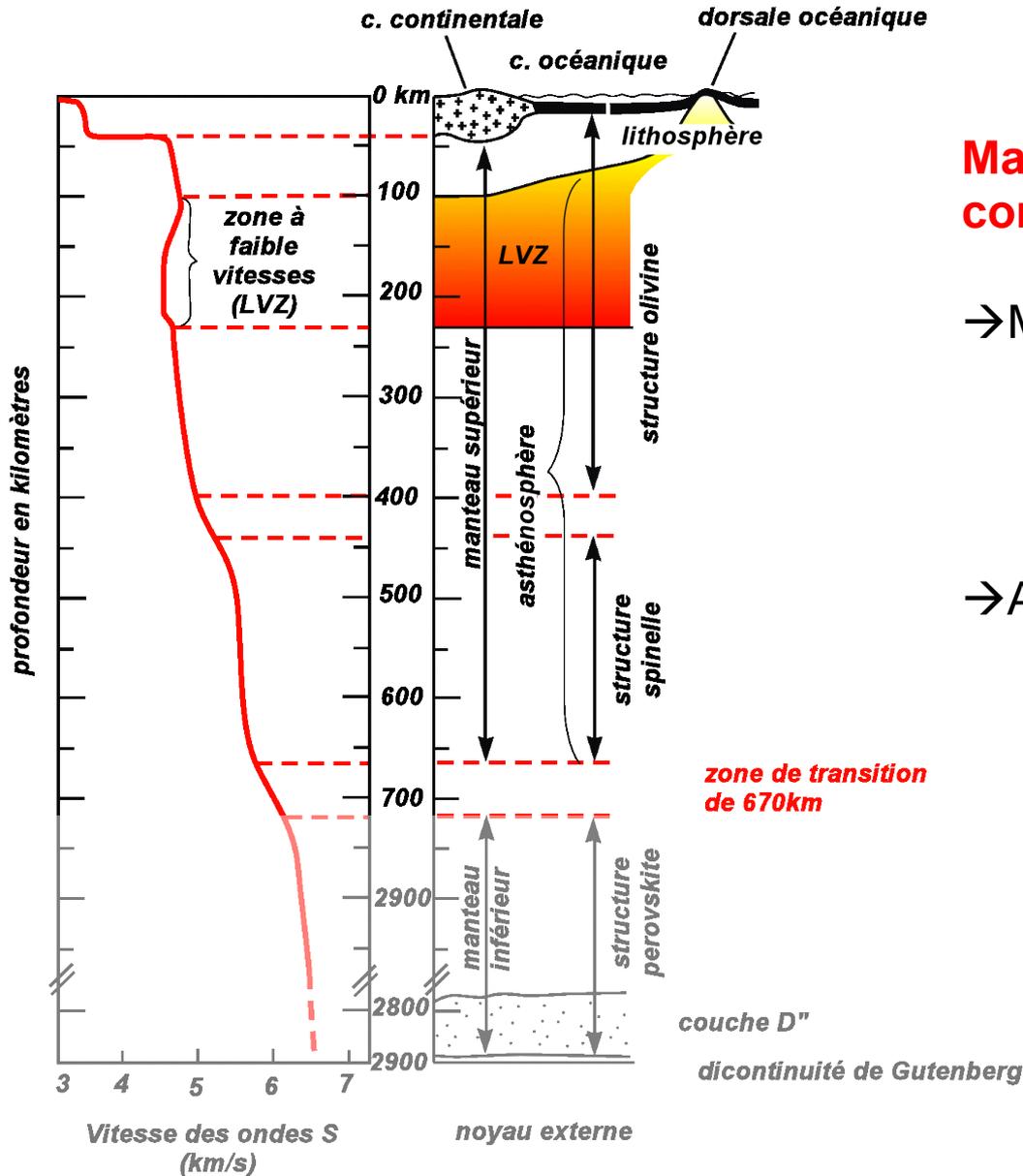
→ Pearson et al. (2014) publient la 1<sup>ère</sup> observation de ringwoodite naturelle terrestre.

→ Inclusion de Ringwoodite dans un diamant remontée par du magma.



→ Contient 1.5%wt en eau impliquant la présence d'une zone hydratée entre 410 et 660 km.

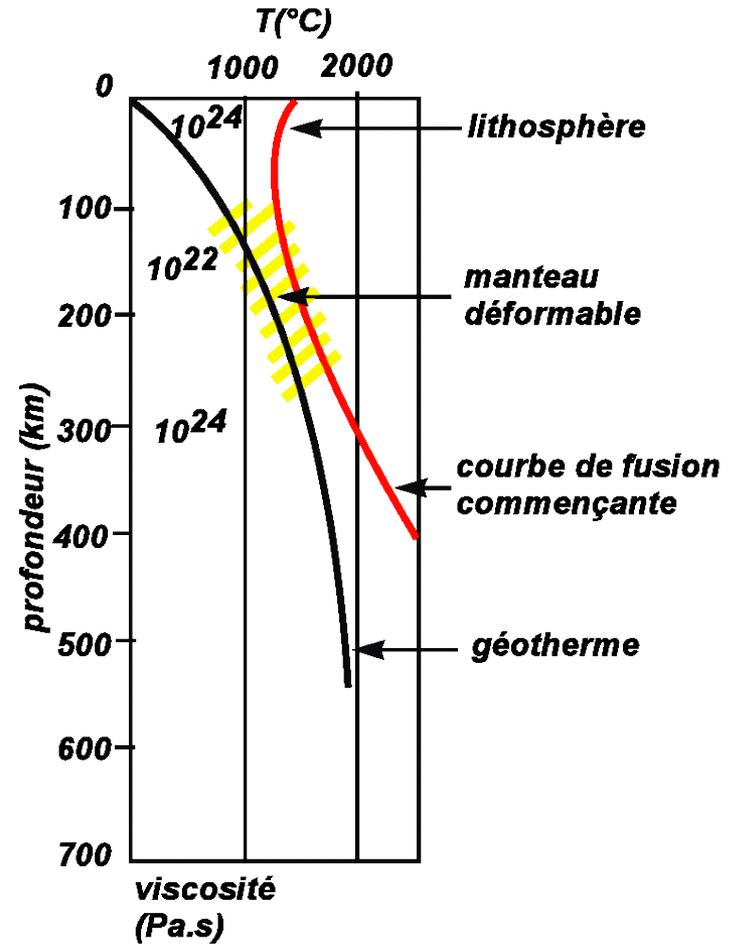
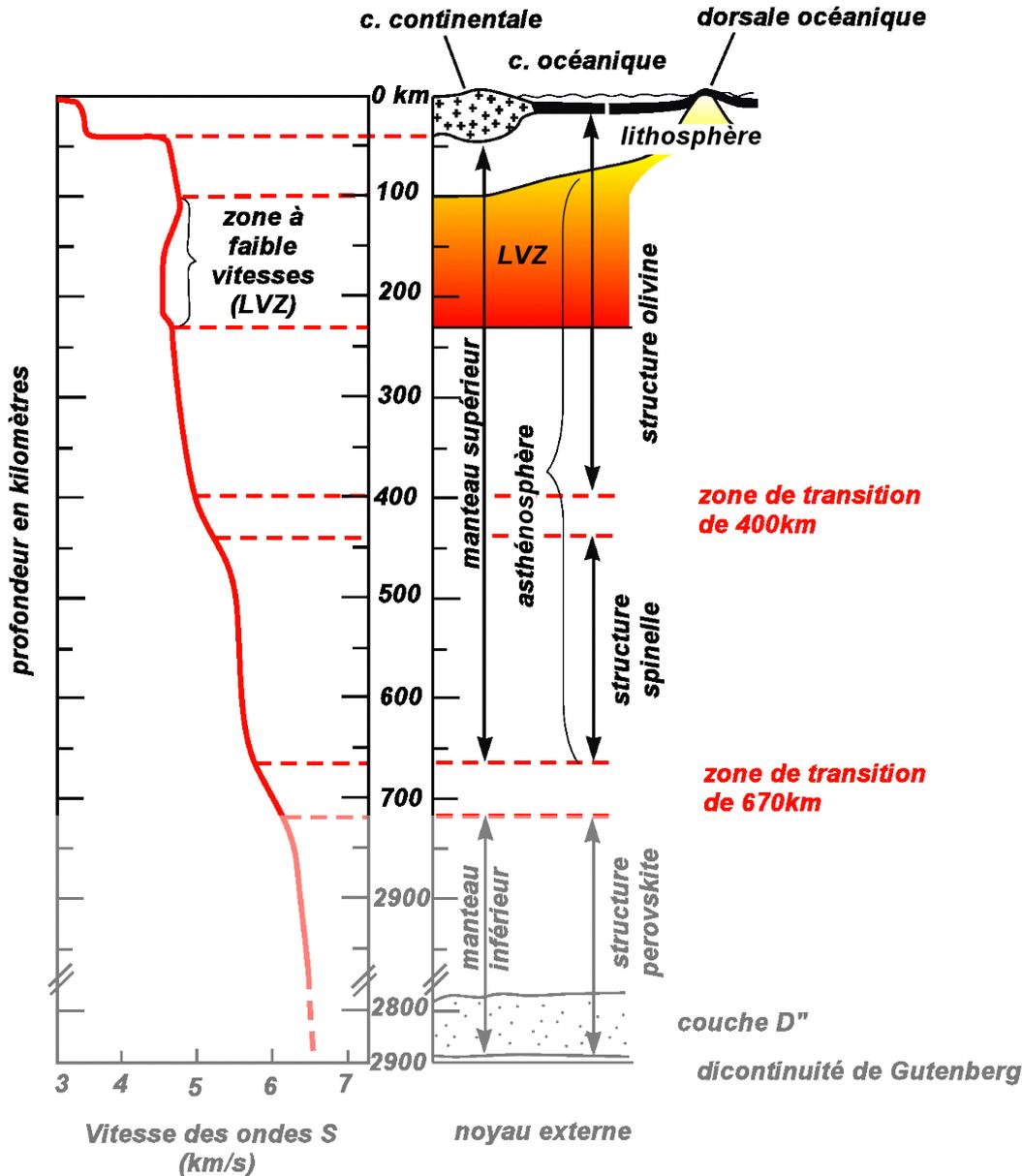
→ Volume d'H<sub>2</sub>O estimé à 3 fois le volume des océans !



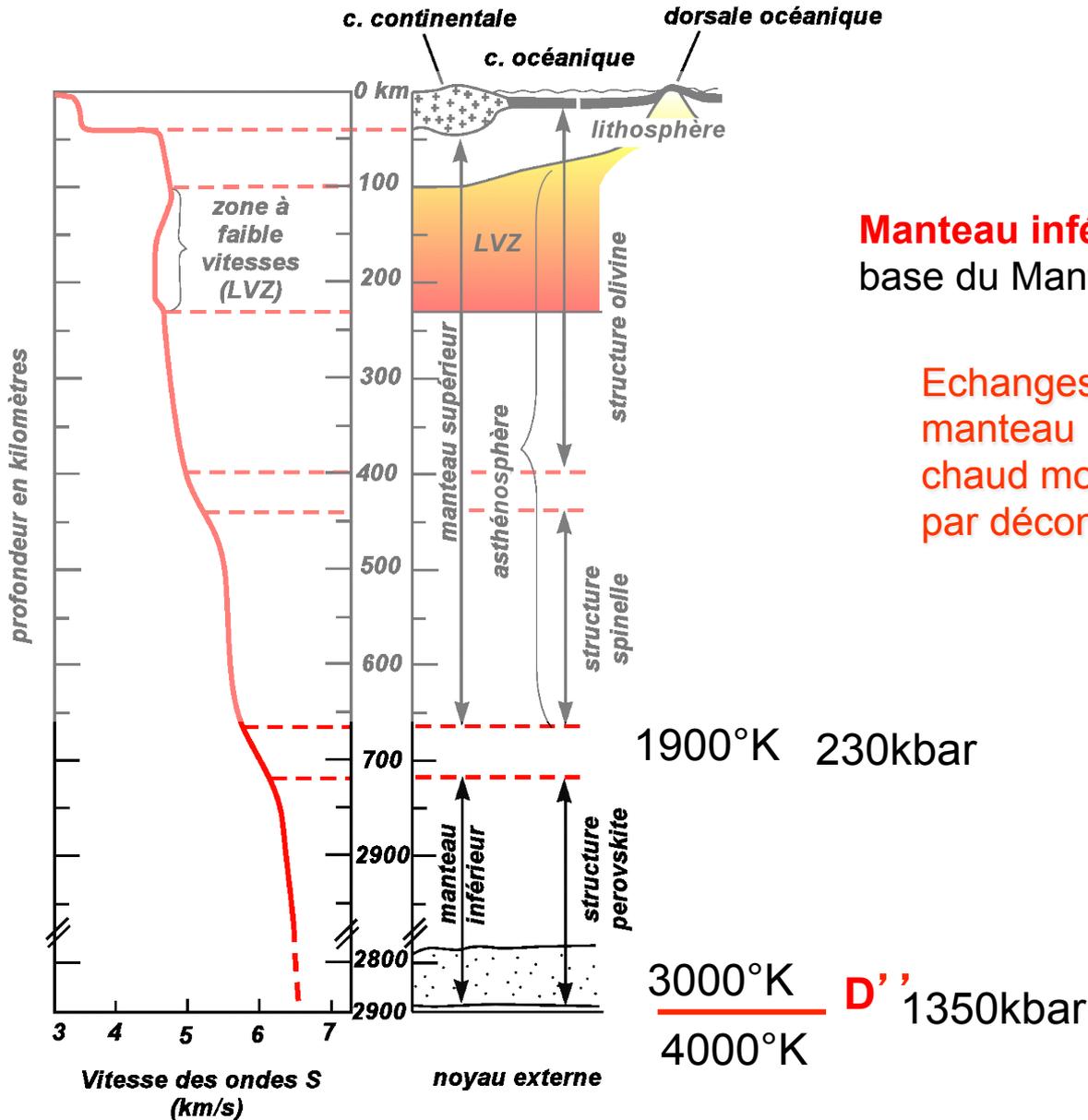
**Manteau supérieur (30-700km)  
composé de :**

→ Manteau lithosphérique (100km)

→ Asthénosphère (100 à 700km)



**Définition d'une plaque lithosphérique**



**Manteau inférieur (700-2900km) :**  
base du Manteau sup. → de la couche **D''**

Echanges thermiques entre noyau et manteau → remontée de matériel chaud moins dense puis fusion partielle par décompression (panache)

***Géologie Générale***

***GGC 3***

**→ Partie II. Structure du globe**

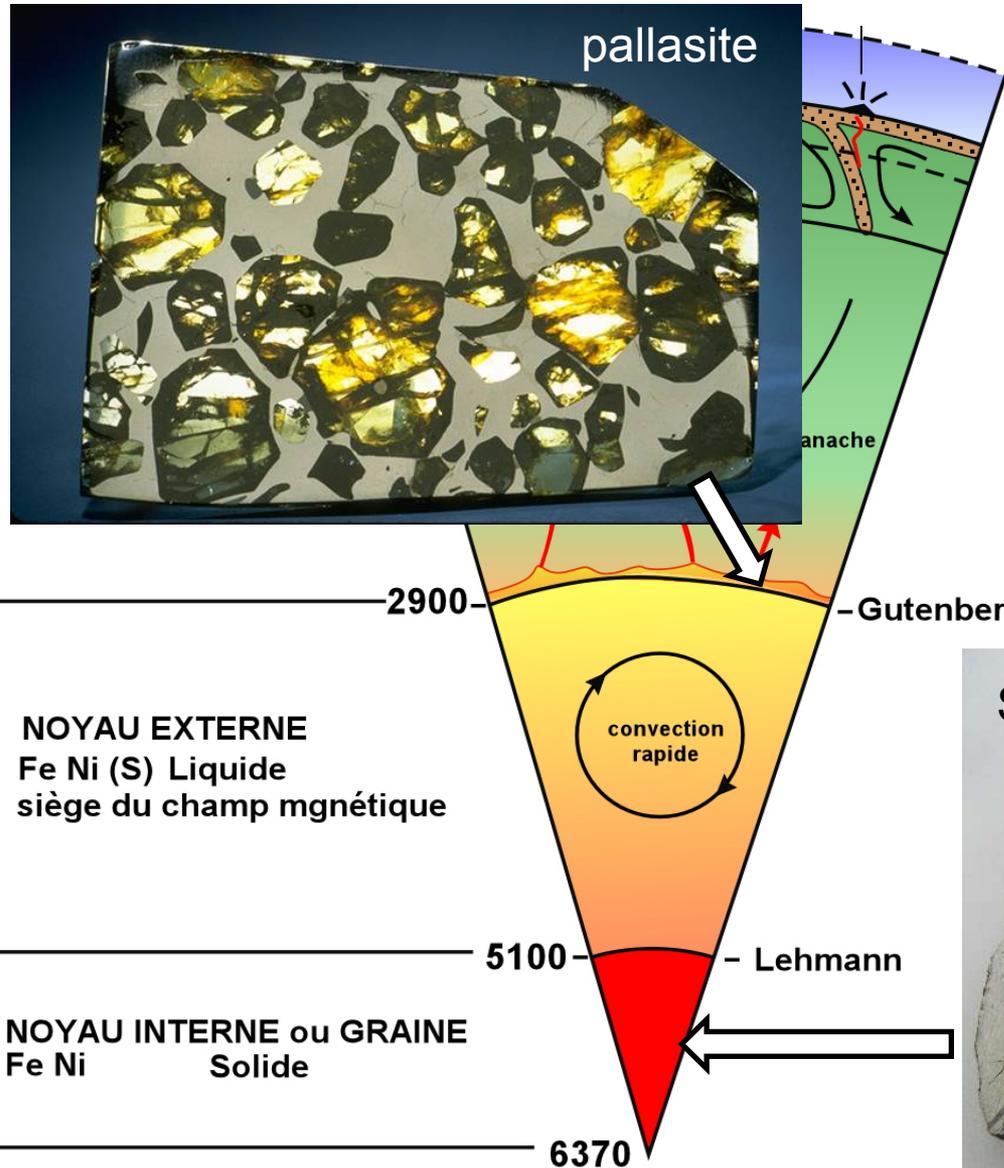
**→ 2. Les enveloppes internes**

**→ 2-1. La croûte continentale**

**→ 2-2. La croûte océanique**

**→ 2-3. Le manteau**

**→ 2-4. Le noyau**



- localisé sous la discontinuité de Gutenberg de 2900 à 6370 km
- représente 16,2% volume de la Terre
- partie externe liquide et partie interne solide constitué par du Fer et du Nickel
- siège du magnétisme terrestre lié à des phénomènes d'induction



***Géologie Générale***  
***GGC 3***

**→ Partie II. Structure du globe**

**→1. Structure interne de la Terre**

**→2. Les enveloppes internes**

**→3. Les enveloppes externes**

Terre présente autour de son cœur « rocheux » des enveloppes fluides stratifiées

- Hydrosphère (océans et calottes polaires)
- Atmosphère

Elles ne représentent qu' une très faible masse de la Terre

- $1/10^6$  pour l' atmosphère
- 0,00023 pour l' hydrosphère

Sont Intéressantes pour l' étude de **l' évolution de la planète**, pour sa **dynamique chimique** et pour les **climats**.

Enveloppes externes **vitales** pour le développement de l' homme...

***Géologie Générale***

***GGC 3***

**→ Partie II. Structure du globe**

**→ 3. Les enveloppes externes**

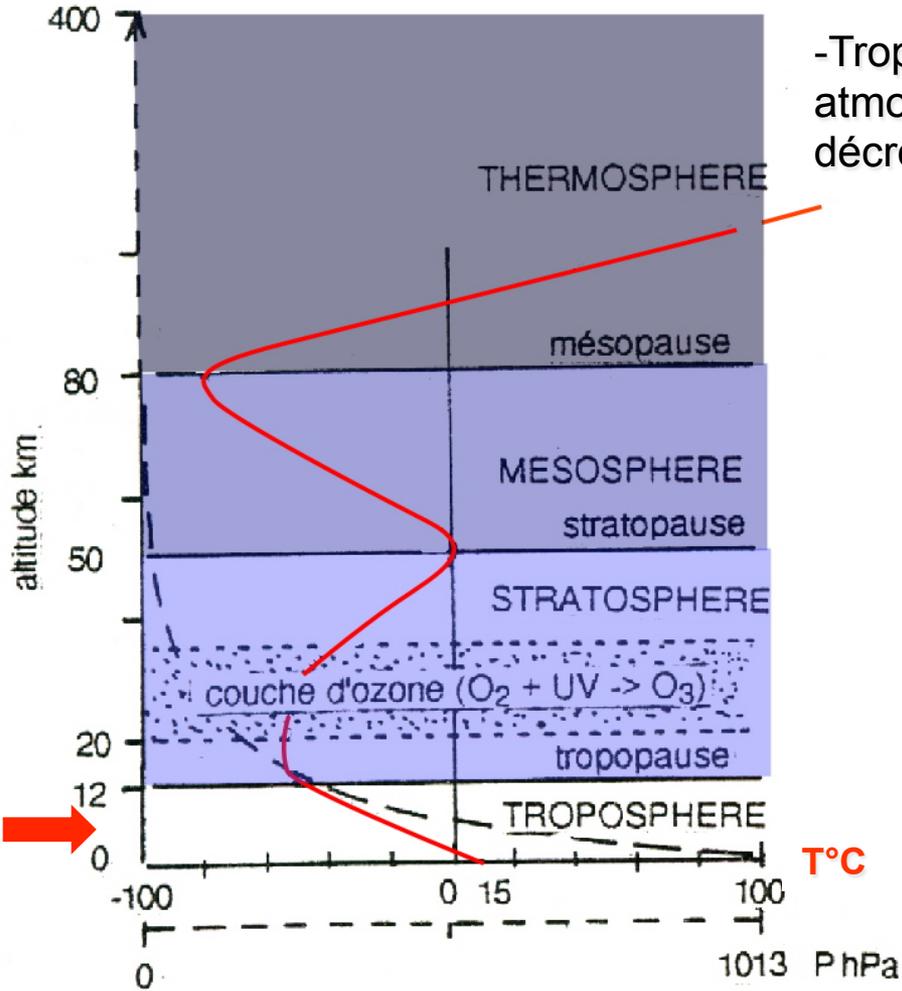
**→ 3-1. L'atmosphère**

**→ 3-2. L'hydrosphère**

Terre comme les autres planètes possède une atmosphère gazeuse

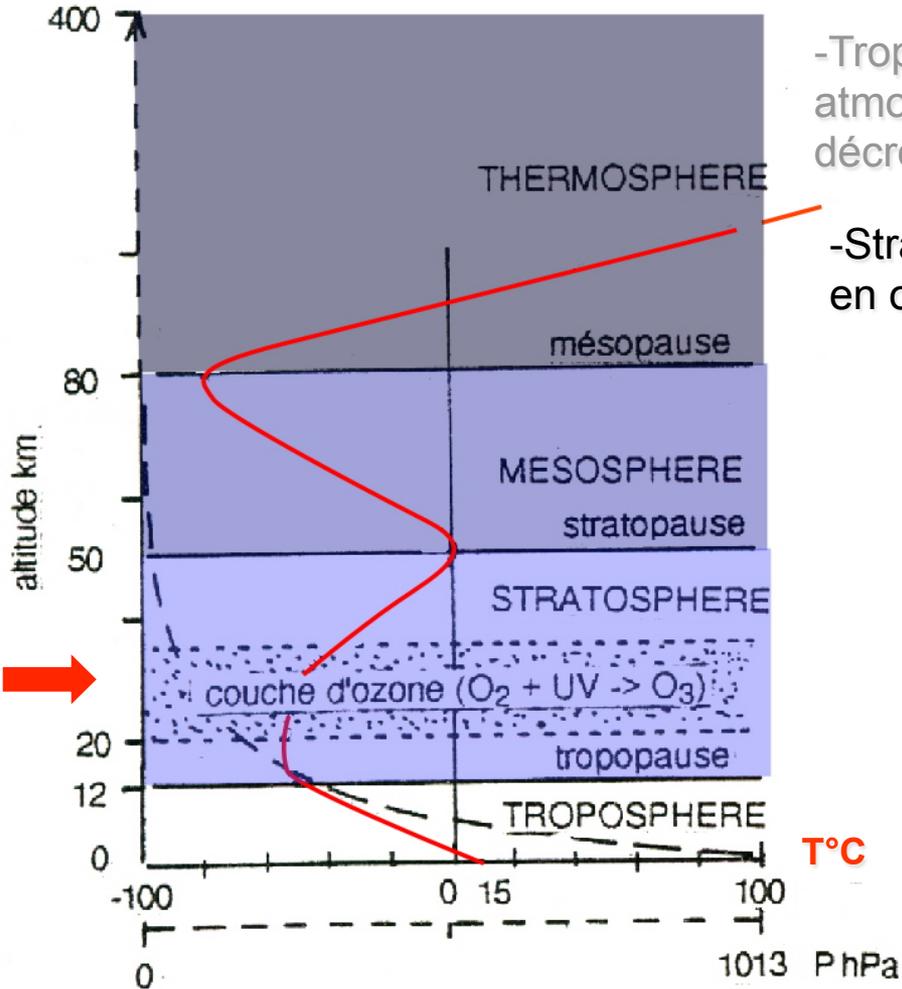
- ➔ Atmosphère secondaire formée par dégazage de l'intérieur de la planète et modifiée par l'existence de l'eau liquide et par le développement de la vie
- ➔ Constituée de 78% N, 28%O<sub>2</sub> et 0,9% Ar + CO<sub>2</sub> (0,034%), SO<sub>4</sub>, méthane... et de l'eau sous forme vapeur (1 à 3%)
- ➔ Pression au niveau de la mer est de 1 bar et décroît avec l'altitude comme la température et la teneur en vapeur d'eau
- ➔ Structure de l'atmosphère stratifiée

**Structure de l'atmosphère**



-Troposphère (90% masse) siège des phénomènes atmosphériques et de la convection. La température décroît de 15 à -60°C

**Structure de l'atmosphère**

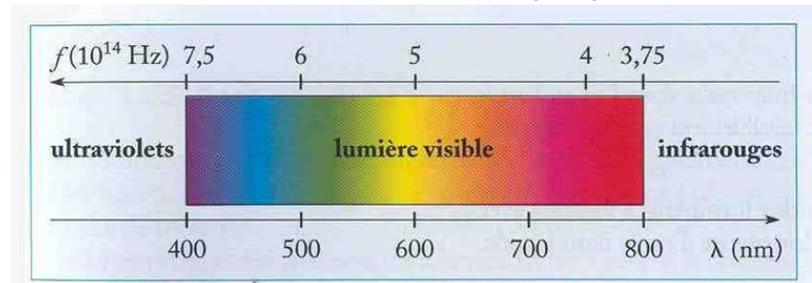


-Troposphère (90% masse) siège des phénomènes atmosphériques et de la convection. La température décroît de 15 à -60°C

-Stratosphère (12-50km) présente une couche enrichie en ozone sous l' action des UV solaires (20-35km)

➔ Rayonnements lumineux (solaires) caractérisés par des longueurs d' ondes différentes

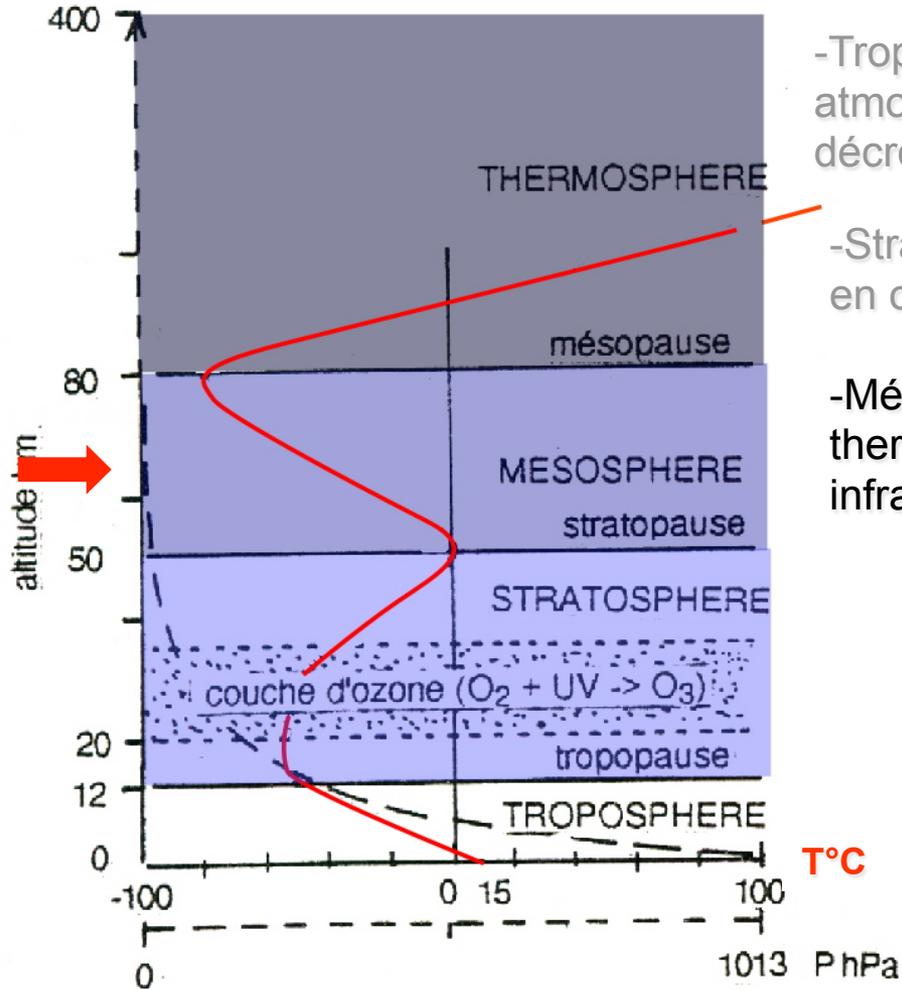
➔ IR, visible et les Ultras Violetes (UV)



➔ UVA, UVB et UVC plus petite longueur d' ondes (190 – 290 nm) → le + énergétique → pouvoir d' altération sur les molécules biologiques

- Couche d' ozone nous protège des UVC sans elles pas de vie possible à la surface de la Terre

**Structure de l'atmosphère**

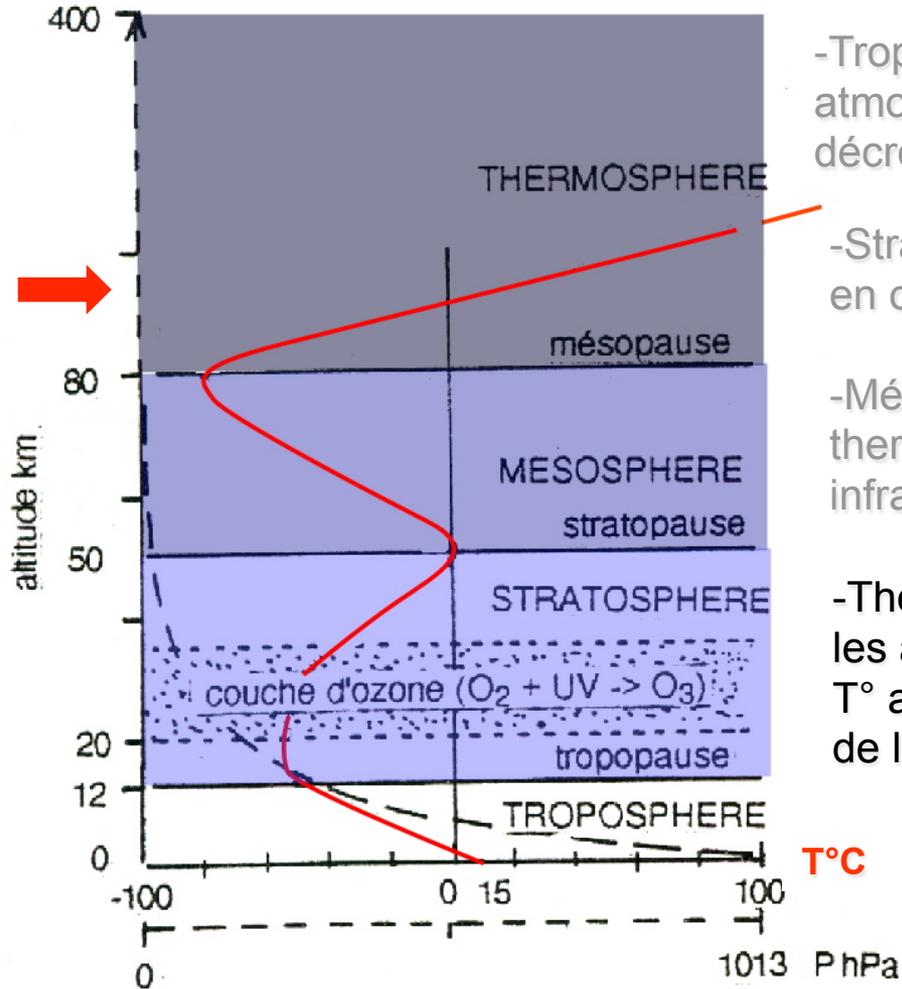


-Troposphère (90% masse) siège des phénomènes atmosphériques et de la convection. La température décroît de 15 à -60°C

-Stratosphère (12-50km) présente une couche enrichie en ozone sous l'action des UV solaires (20-35km)

-Mésosphère présente une très forte décroissance thermique, présence de CO2 qui absorbe les infrarouges, pression atmosphérique est très faible

## **Structure de l'atmosphère**



-Troposphère (90% masse) siège des phénomènes atmosphériques et de la convection. La température décroît de 15 à -60°C

-Stratosphère (12-50km) présente une couche enrichie en ozone sous l'action des UV solaires (20-35km)

-Mésosphère présente une très forte décroissance thermique, présence de CO<sub>2</sub> qui absorbe les infrarouges, pression atmosphérique est très faible

-Thermosphère (>80 km au dessus de la mésopause) les atomes sont ionisés (arrache un électron), T° augmente en raison de l'absorption de la lumière solaire



-Troposphère (90% masse) siège des phénomènes atmosphériques et de la convection. La température décroît de 15 à -60°C

-Stratosphère (12-50km) présente une couche enrichie en ozone sous l'action des UV solaires (20-35km)

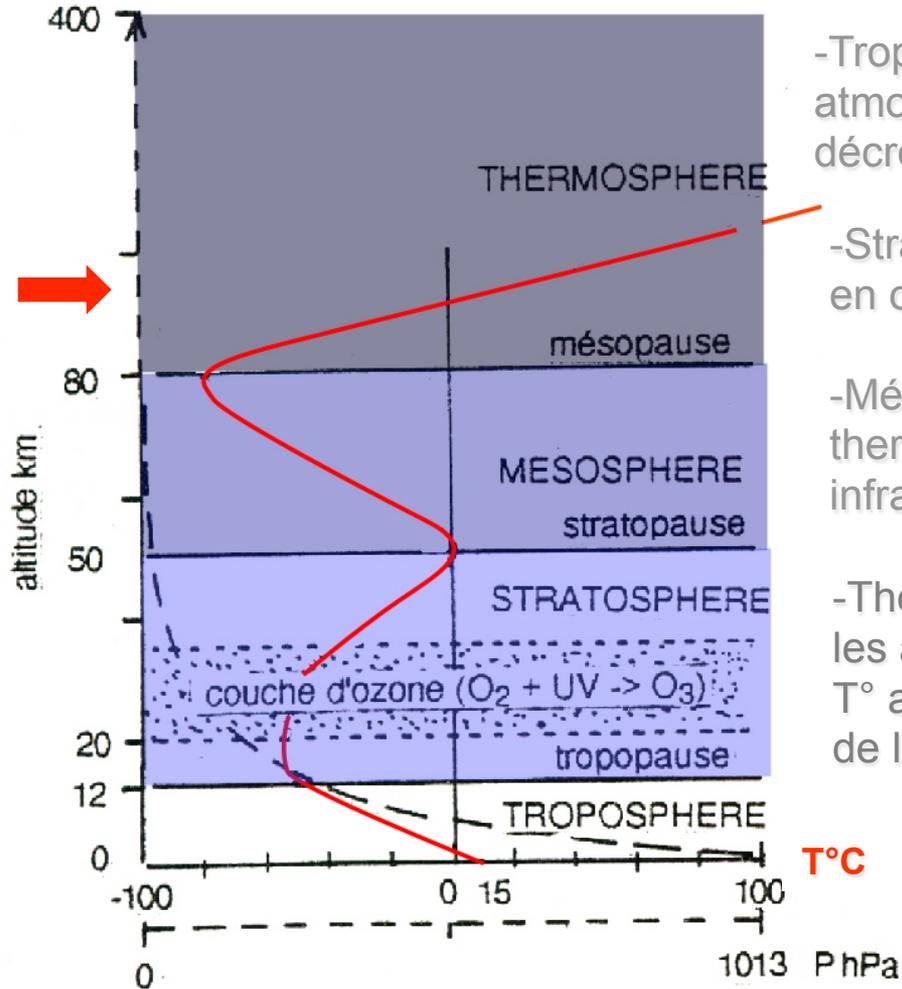
-Mésosphère présente une très forte décroissance thermique, présence de CO<sub>2</sub> qui absorbe les infrarouges, pression atmosphérique est très faible

-Thermosphère (>80 km au dessus de la mésopause) les atomes sont ionisés (arrache un électron), T° augmente en raison de l'absorption de la lumière solaire

T°C

P hPa

## **Structure de l'atmosphère**



-Troposphère (90% masse) siège des phénomènes atmosphériques et de la convection. La température décroît de 15 à -60°C

-Stratosphère (12-50km) présente une couche enrichie en ozone sous l'action des UV solaires (20-35km)

-Mésosphère présente une très forte décroissance thermique, présence de CO<sub>2</sub> qui absorbe les infrarouges, pression atmosphérique est très faible

-Thermosphère (>80 km au dessus de la mésopause) les atomes sont ionisés (arrache un électron), T° augmente en raison de l'absorption de la lumière solaire

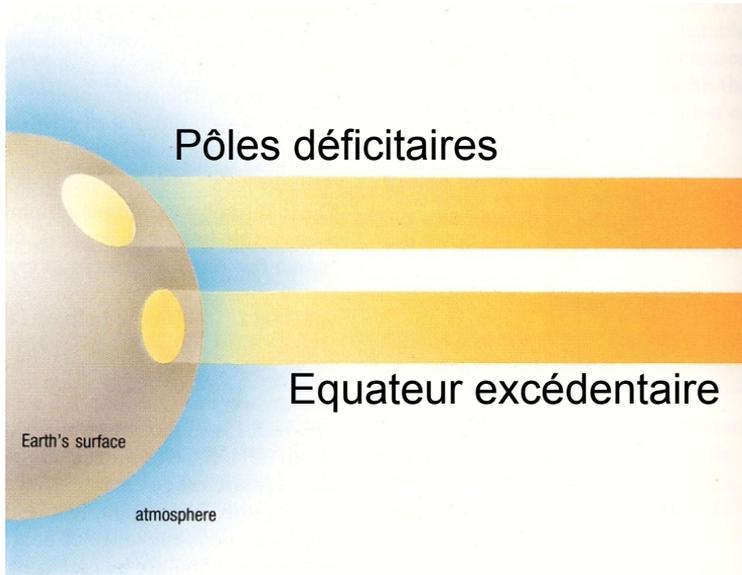
Au-delà de 400 km → exosphère

 ***Circulation atmosphérique***

**→ Qu'est ce qui contrôle cette circulation?**

**→ Qu'elle est sa forme?**

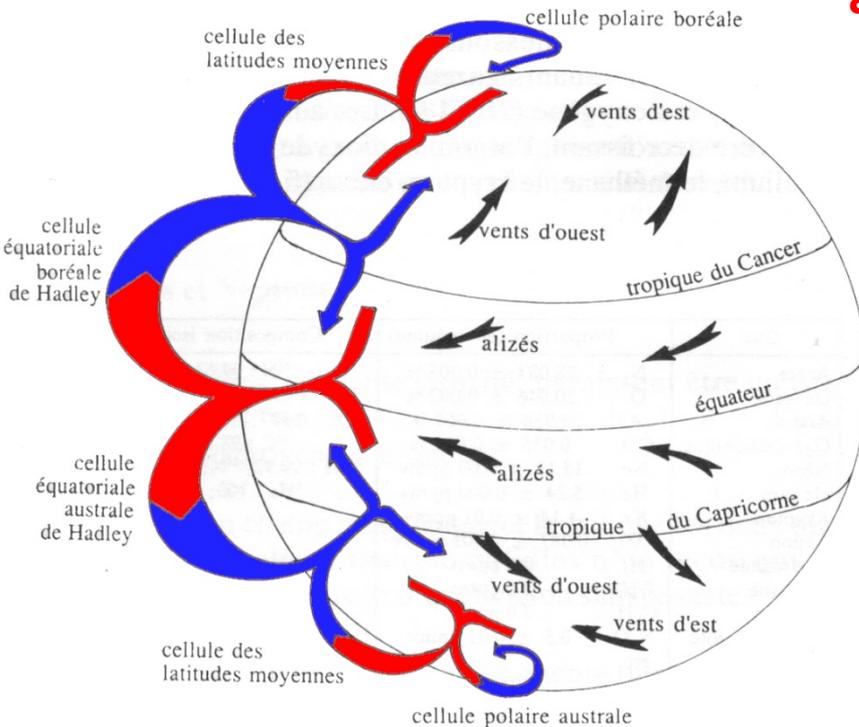
**→ Circulation atmosphérique**



**→ inégale répartition de l'énergie à la surface de la Terre**

**(1) Échauffement + important à l'équateur que dans les zones polaires**

## → Circulation atmosphérique



(2) L'air s'écoule au niveau du sol des hautes vers les basses pressions.

Cet écoulement est dévié vers la droite dans l'hémisphère nord par la force de Coriolis  
→ Permet de générer des vents dominants (ex. Alizés)

→ inégale répartition de l'énergie à la surface de la Terre

(1) Échauffement + important à l'équateur que dans les zones polaires

→ 3 cellules convectives liées à la vitesse de rotation de la Terre (Vénus : 1 cellule)

- air ascendant

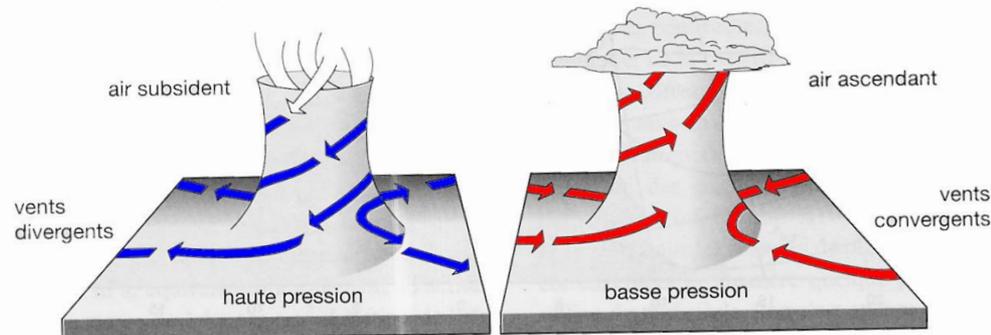
à l'équateur (0°) et aux latitudes 60°N et S

→ zones de basse pression, chargée de vapeur d'eau (nuages, précipitations)  
= « dépressions »

- air descendant

aux latitudes 30°N et S et aux pôles (90°N et S)

→ zones de haute pression, air sec  
= « anticyclones »



***Géologie Générale***

***GGC 3***

→ **Partie II. Structure du globe**

→ **3. Les enveloppes externes**

→ **3-1. L'atmosphère**

→ **3-2. L'hydrosphère**

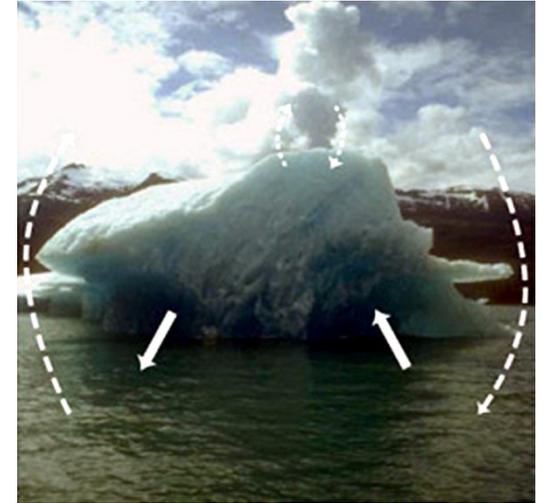
Eau présente partout dans le système solaire. Seule la Terre possède l'eau sous ses trois états (liquide, solide, gazeux) et de façon abondante...

- ➡ 1,46  $10^9$  km<sup>3</sup> dont
  - 97,4% dans les océans et mers
  - 2,59% sur les continents
    - Neige et glace 25  $10^6$  km<sup>3</sup>
    - Eaux souterraines 15  $10^6$  km<sup>3</sup>
    - Eaux de surface 0,2  $10^6$  km<sup>3</sup>

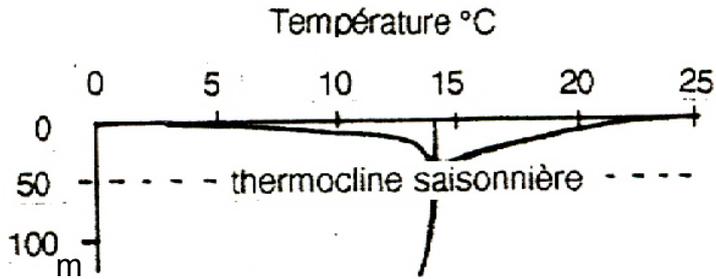
- ➡ Eau atmosphérique représente que 0,01  $10^6$  km<sup>3</sup>

- ➡ Seule 0,014% de l'eau est utilisée par les organismes vivants.  
Sur les 40.000 km<sup>3</sup> / an d'eau qui retourne à la mer seul 9000 km<sup>3</sup> sont utilisables par l'homme.

- ➡ Eau de mer contient 35g/l d'ions en solution (Na, Cl, Mg, Ca, K, CO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>) et des gaz dissous (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>), il y a 60 fois plus de CO<sub>2</sub> dans l'océan que dans l'atmosphère. Echange important entre les deux enveloppes jouant un rôle essentiel sur le climat.



**Les eaux océaniques sont stratifiées ...**



-de 0 à 50 m température (et la salinité) varie avec les saisons et avec la latitude

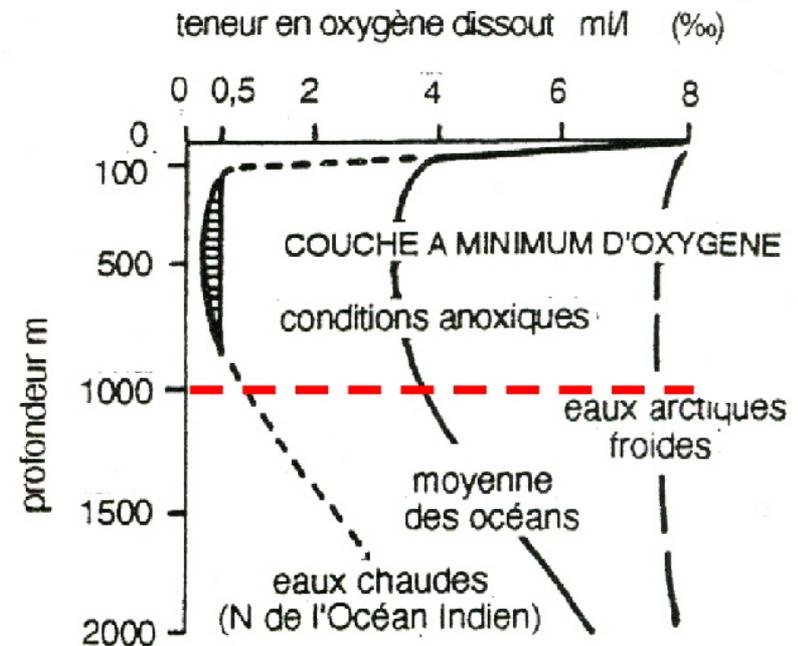
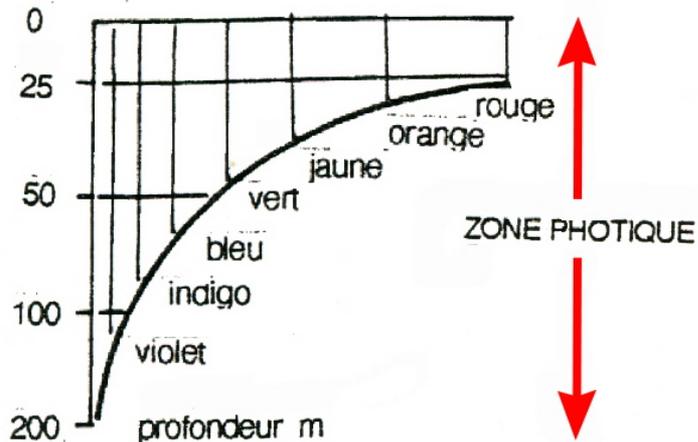
-0 à 100 m O<sub>2</sub> dissout diminue fortement  
couche minimum d'oxygène surtout eaux chaudes entre 100 et 1000 m teneur presque nulle

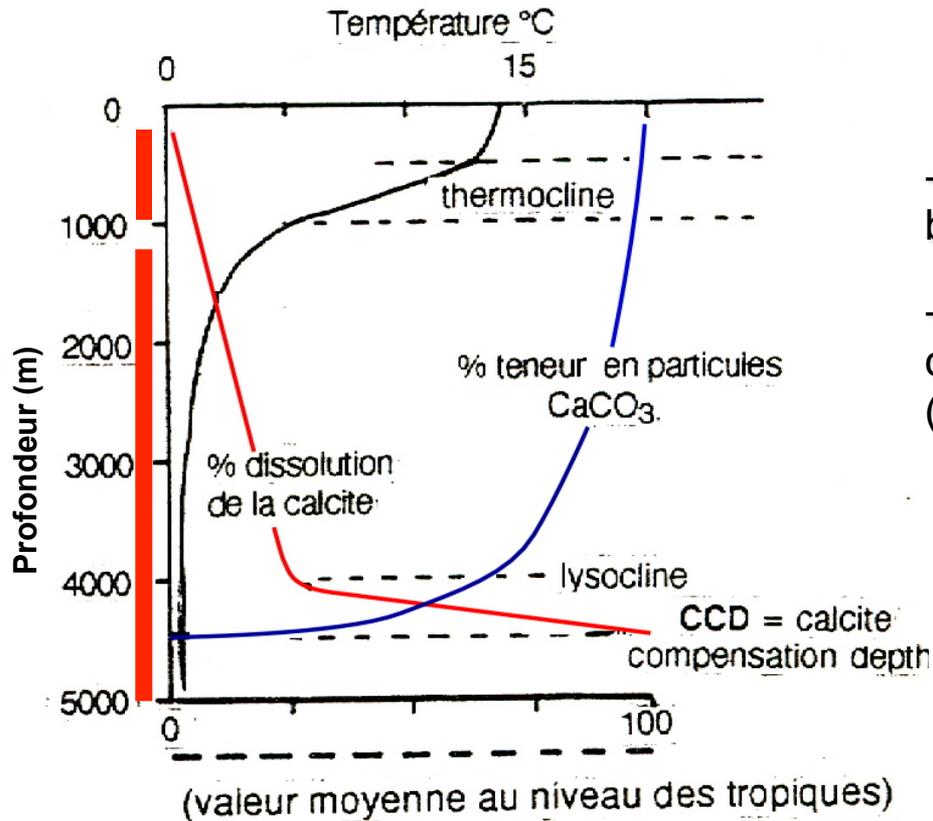
Entre 0 et 200 m

→ zone photique (activité biologique)

**PENETRATION DE LA LUMIERE**

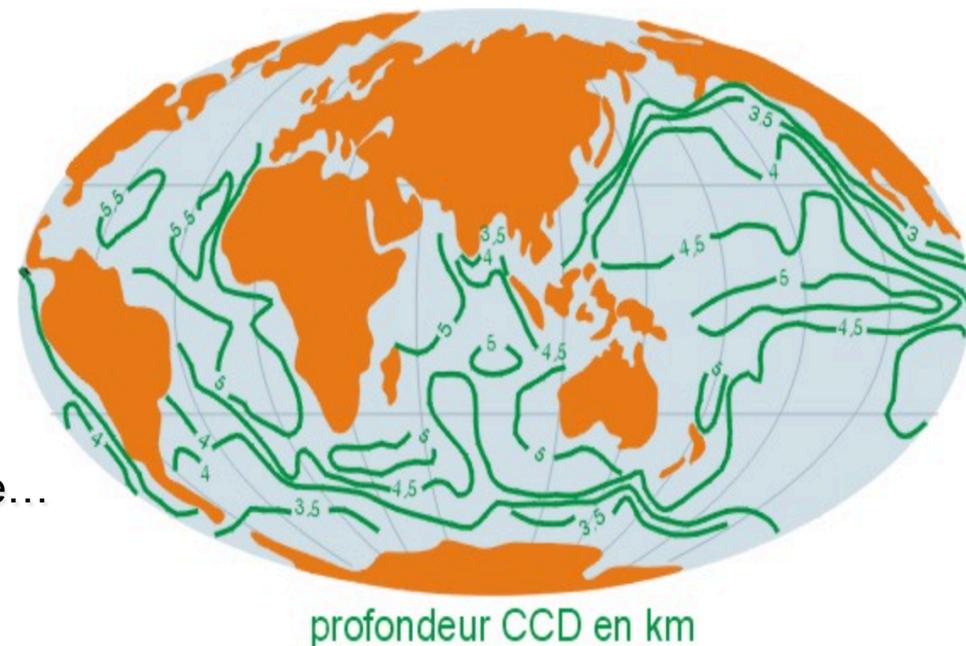
0,4 μ longueur d'onde 0,76 μ





-jusqu' à **1000 m** température à 5°C, couche brassée par les courants froids et chauds

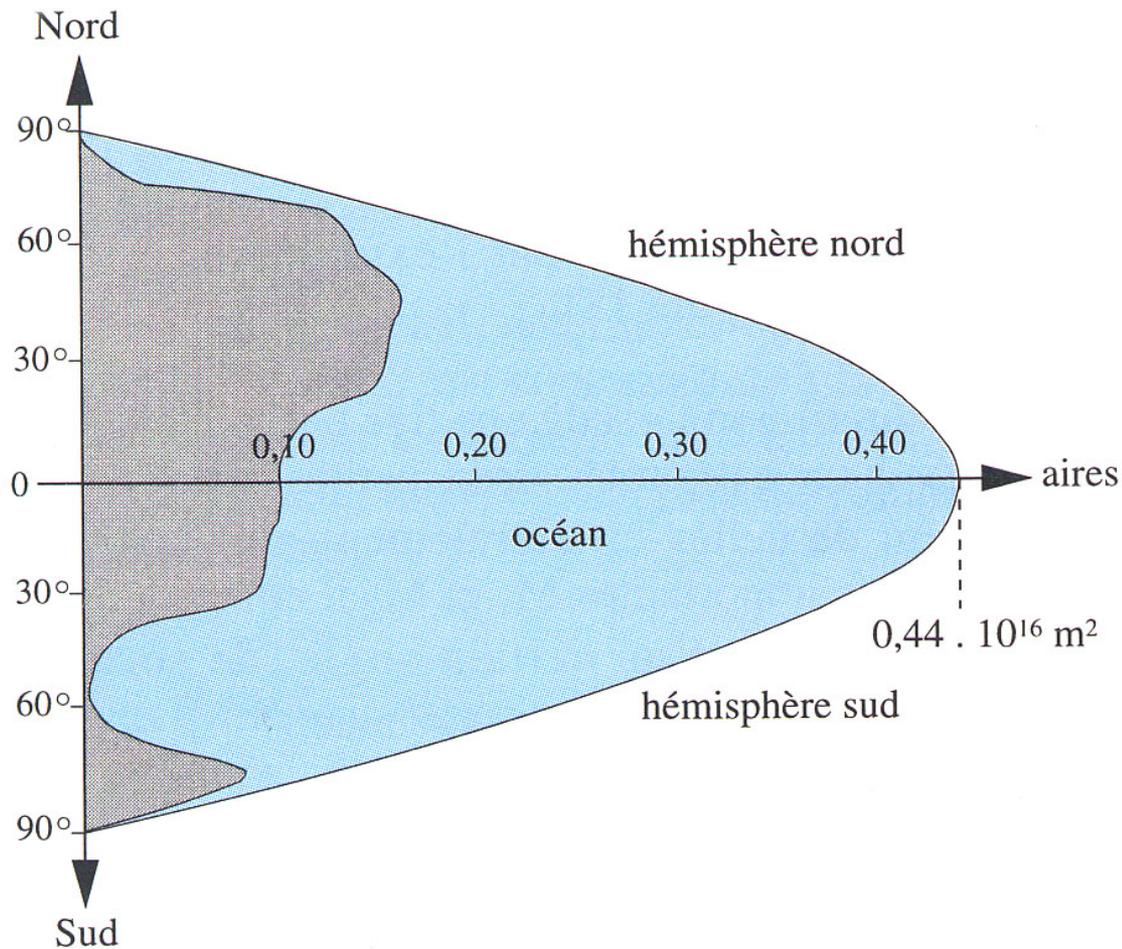
-1000 à 5000 m eaux profondes, obscurité complète, teneur en  $\text{O}_2$  dissout augmente (eaux froides et denses), riche en  $\text{CO}_2$



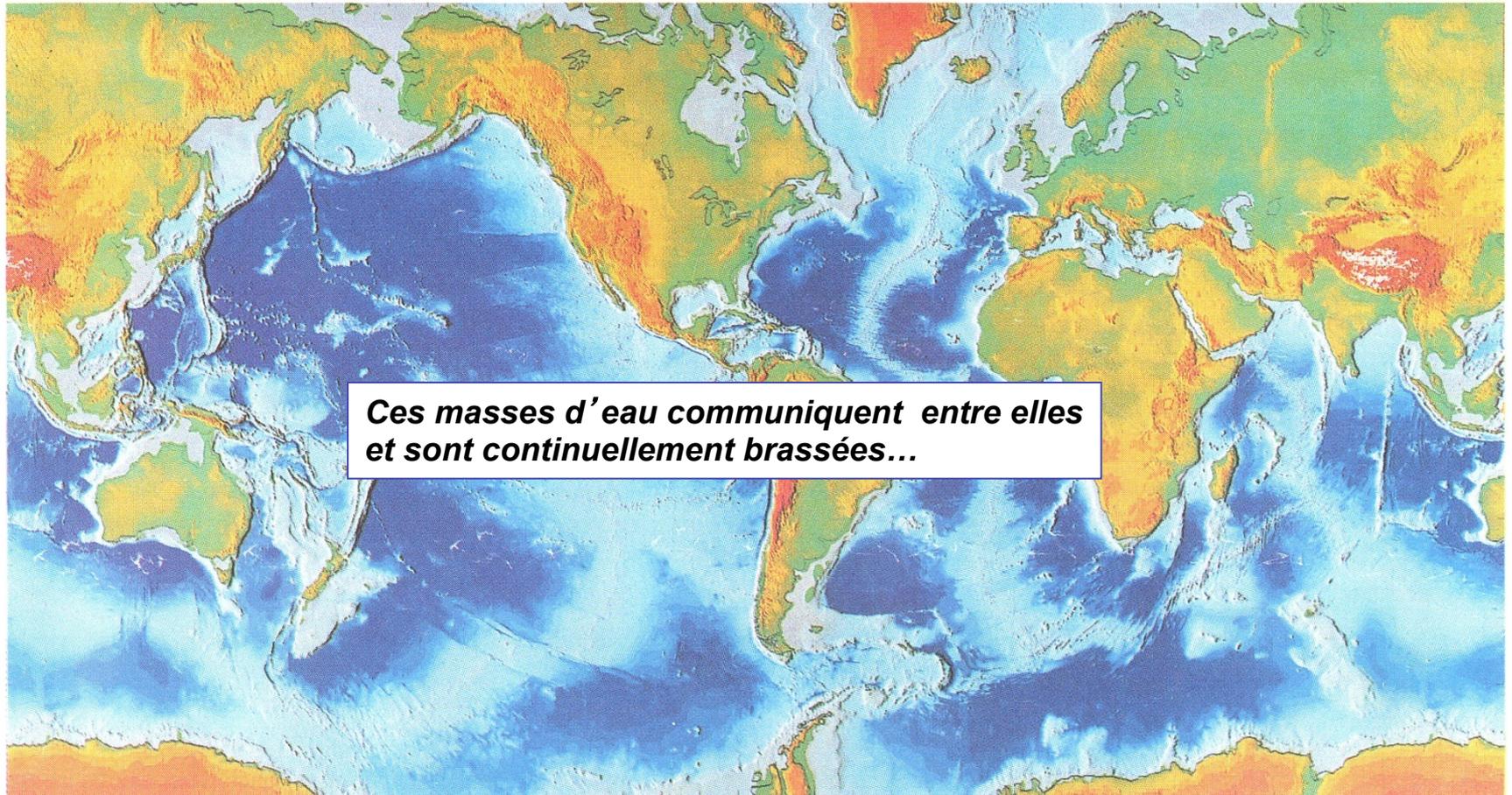
➔ **Action dissolvante sur le  $\text{CaCO}_3$**  provenant de la surface...sous la lysocline dissolution aug. rapidement en dessous de la CCD dissolution totale... 3500 à 4500 m aux tropiques

océans : ~ 70 % de la surface terrestre

particulièrement développés dans l'hémisphère austral



**3 océans principaux sur Terre : Atlantique Pacifique Indien  
auxquels sont rattachés des océans plus petits (Austral et Arctique)  
et des mers**

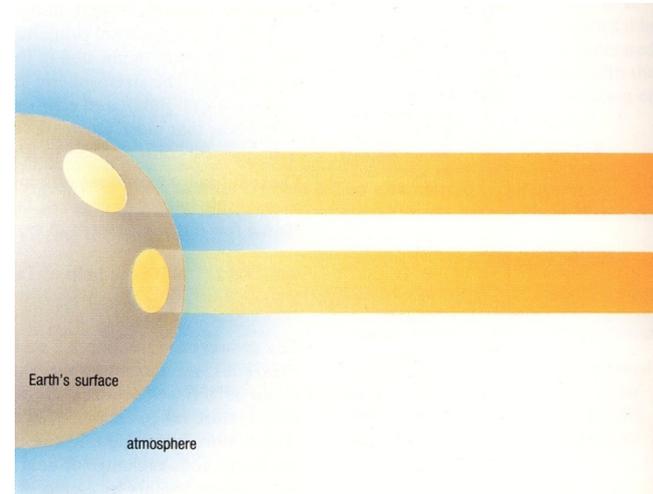


## Courants océaniques générés par l'inégale répartition de l'énergie solaire à la surface de la Terre

Pôle nord déficitaire

Equateur excédentaire

Pôle sud déficitaire



### ***2 types de courant***

- ➔ **Courants océaniques profonds : générés par**
  - **Contraste de densité (variation T° et salinité)**
- ➔ **Courants océaniques superficiels : générés par l'action conjuguée**
  - **Vent**
  - **Rotation de la terre**
- ➔ **brassage des masses d'eau valable pour les 3 océans**

1 - Courants profonds (400m - 4000m)

**Formation**

Dans les régions polaires :

Atlantique nord

+ mer de Wedell, Arctique

(i) Eau froide

(ii) Cristallisation de la banquise : eau douce extraite de l'eau de mer

= eau de mer très salée

→ T° froide + salinité élevée = forte densité de l'eau de mer

➔ Elle s'enfonce jusqu'au plancher océanique (> 4000 m)

→ déplacement vertical local

puis déplacement horizontal tout autour du globe :

l'eau s'écoule sur le fond océanique

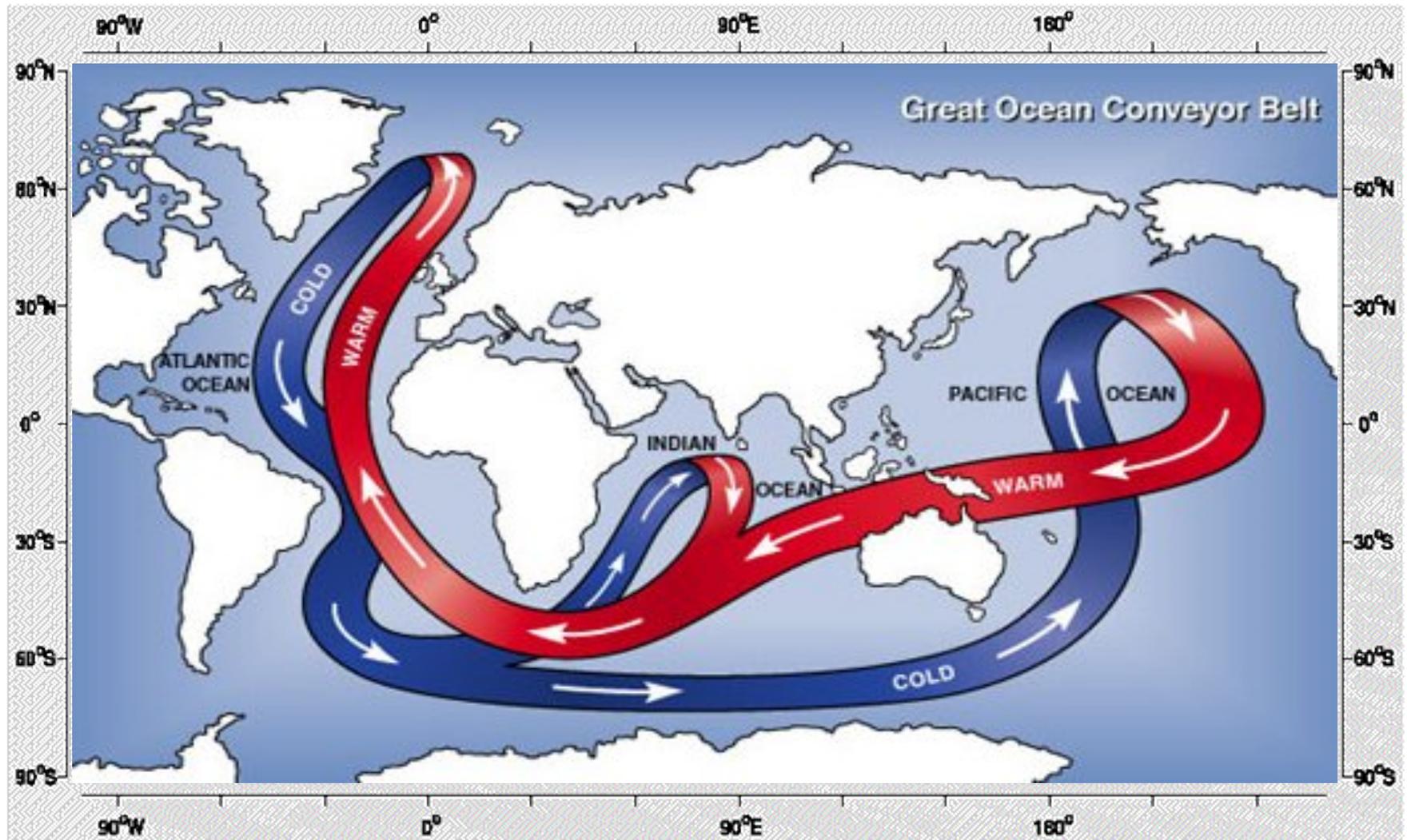
= circulation thermohaline



**Vitesse courants : de l'ordre du mm/s**

**Environ 2000 ans pour aller de l'Atlantique nord (où elle est formée en majeure partie) au Pacifique nord (où elle ressurgit)**

## Circulation thermohaline atlantique



## 2 - Courants de surface (0 – 400 m)

**Moteur : énergie solaire pas uniformément répartie**

réchauffement des eaux à l'équateur :

→ dilatation

→ écoulement vers les pôles

Courants de surface répartissent la chaleur :

Eaux chaudes = remontent vers les  
moyennes/hautes latitudes

Eaux froides = descendent des hautes latitudes  
vers les tropiques

**Influence de la rotation de la terre**

→ force de Coriolis = courants déviés

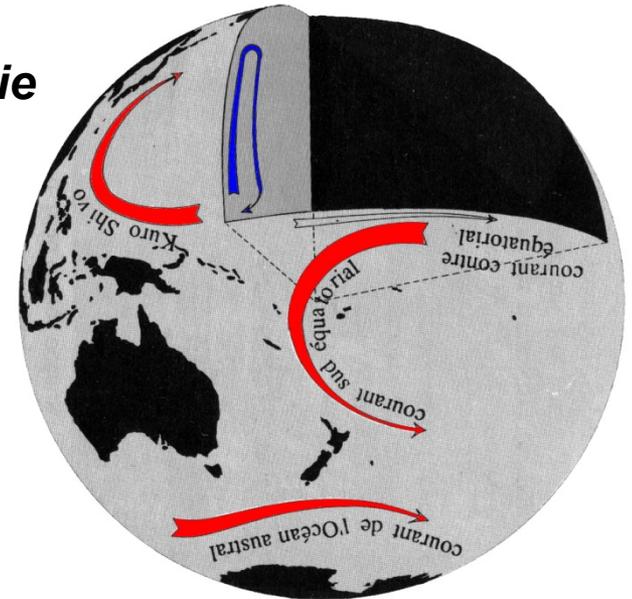
- vers la droite dans l'hémisphère nord

- vers la gauche dans l'hémisphère sud

Rôle de la circulation atmosphérique

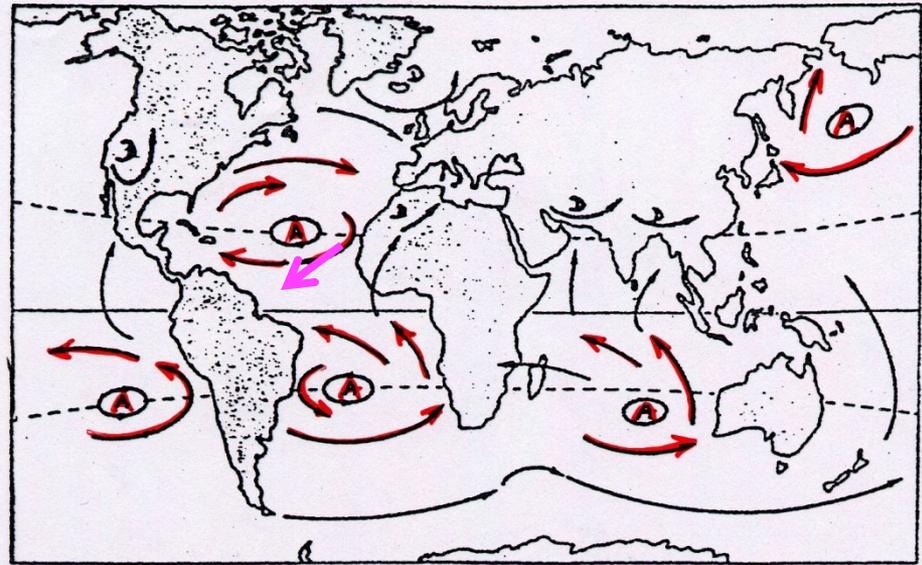
→ courants générés par action du vent sur la tranche d'eau superficielle =

« gyres » (boucles de courant) calquées sur les zones anticycloniques



## **Circulation atmosphérique (surface marine)**

Alizés



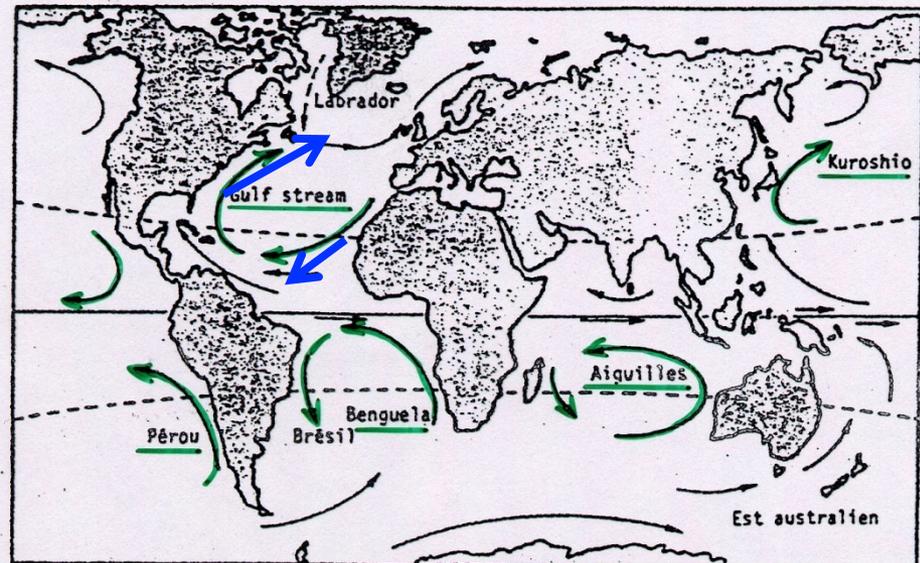
Répartition des zones anticycloniques en Juillet

## **Circulation océanique Superficielle**

Exemple de couplage :

Alizés poussent les  
courants vers l'équateur

→ génère le Gulf Stream

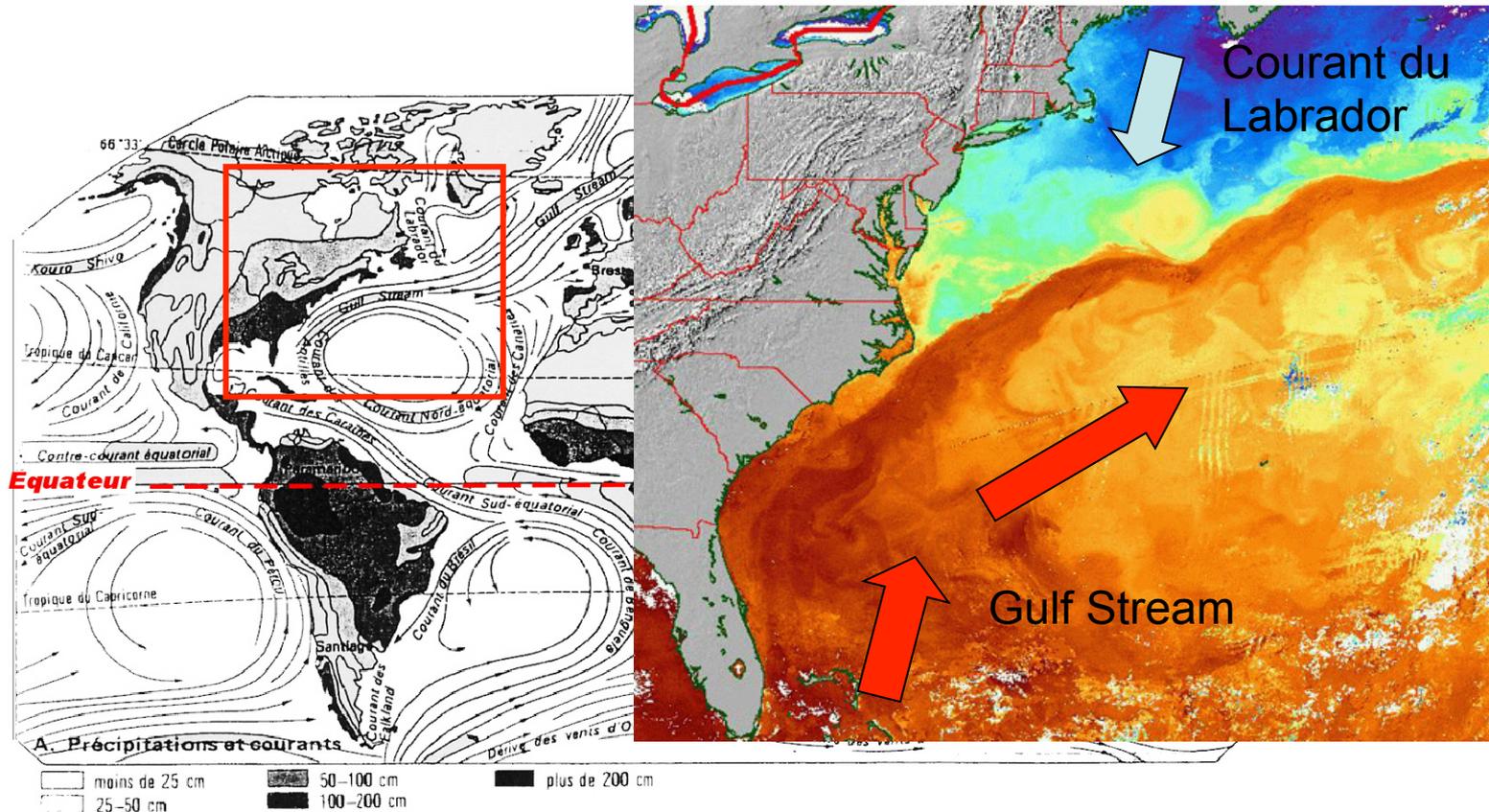


Principaux courants marins océaniques

## Courants de surface

Figure 1.06

SST showing the Gulf Stream current on May 25, 1996  
(from the Johns Hopkins Univ. Applied Physics Lab AVHRR Web site)



➡ **Gulf stream : Apport de chaleur (eaux chaudes tropicales) vers les moyennes latitudes**

➡ **Courant du Labrador : Apport de froid (eaux froides polaires) vers les tropiques**

## 2 - Courants de surface (0 – 400 m)

*Moteur : énergie solaire pas uniformément répartie*

réchauffement des eaux à l'équateur :

→ dilatation

→ écoulement vers les pôles

Courants de surface répartissent la chaleur :

Eaux chaudes = remontent vers les  
moyennes/hautes latitudes

Eaux froides = descendent des hautes latitudes  
vers les tropiques

*Influence de la rotation de la terre*

→ force de Coriolis = courants déviés

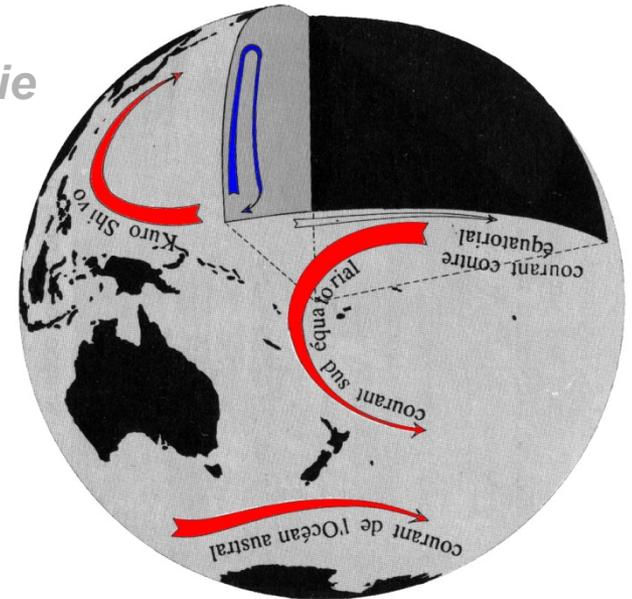
- vers la droite dans l'hémisphère nord

- vers la gauche dans l'hémisphère sud

Rôle de la circulation atmosphérique

→ courants générés par action du vent sur la tranche d'eau superficielle =  
« gyres » (boucles de courant) calquées sur les zones anticycloniques

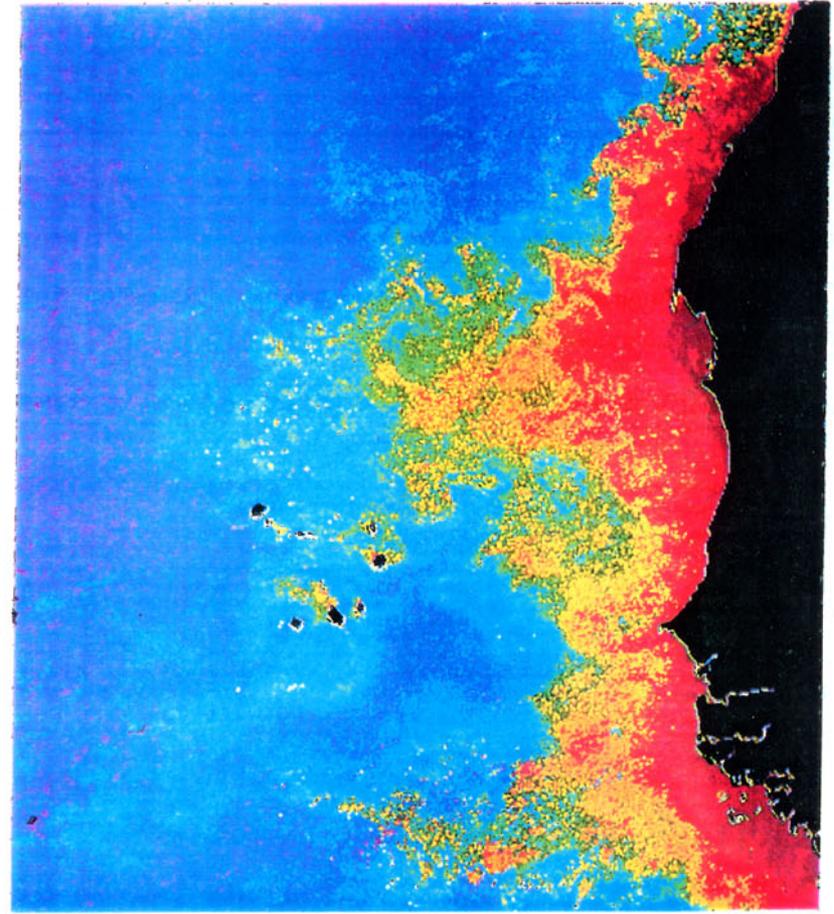
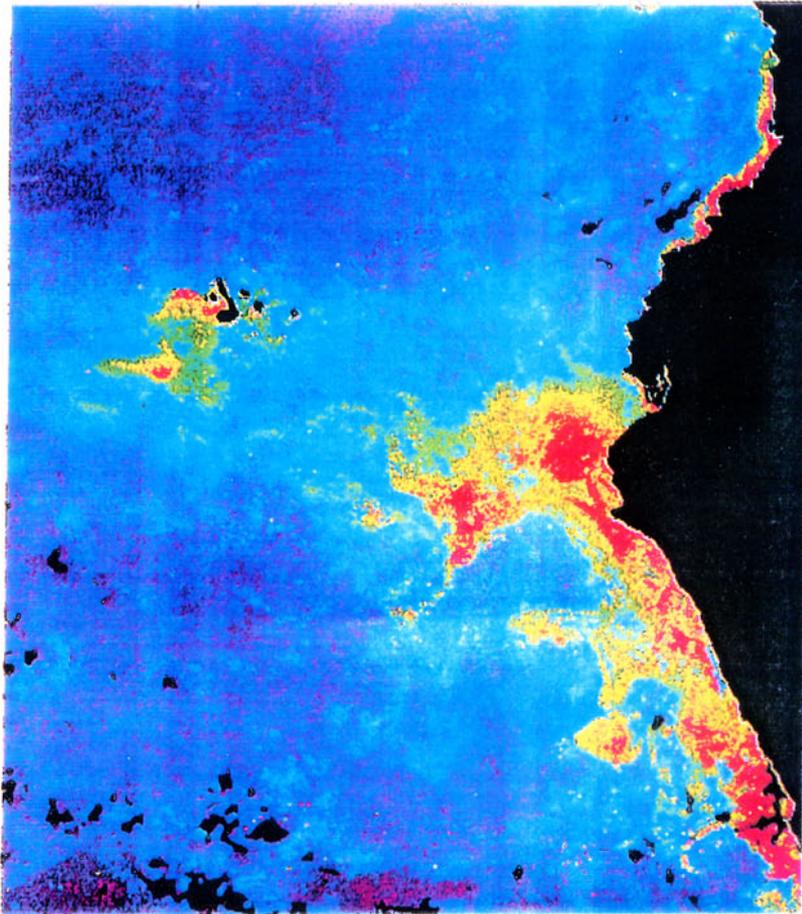
→ « upwellings » : transport vertical de l'eau de profondeur intermédiaire  
(200m) sous l'action des vents + force de Coriolis + géométrie de la côte  
**remontées d'eau froides et riches en oligoéléments = explosion vie marine**



**Vitesse courants :  
cm/s au m/s pour les plus forts**

# REMONTEES D'EAUX PROFONDES : Productivité biologique intense

*Pérou (Amérique du Sud, ouest) – Mauritanie (Afrique du Nord, ouest)*



La dynamique de l'océan n'a pas toujours été la même, en particulier pour la circulation thermohaline, qui existe parce que les eaux profondes sont froides et salées (contexte d'ère glaciaire depuis 40Ma)

Enregistrement des variations de température moyenne des eaux de surface et de fond des océans au cours des 140 derniers Ma (Stanley, 1991)

