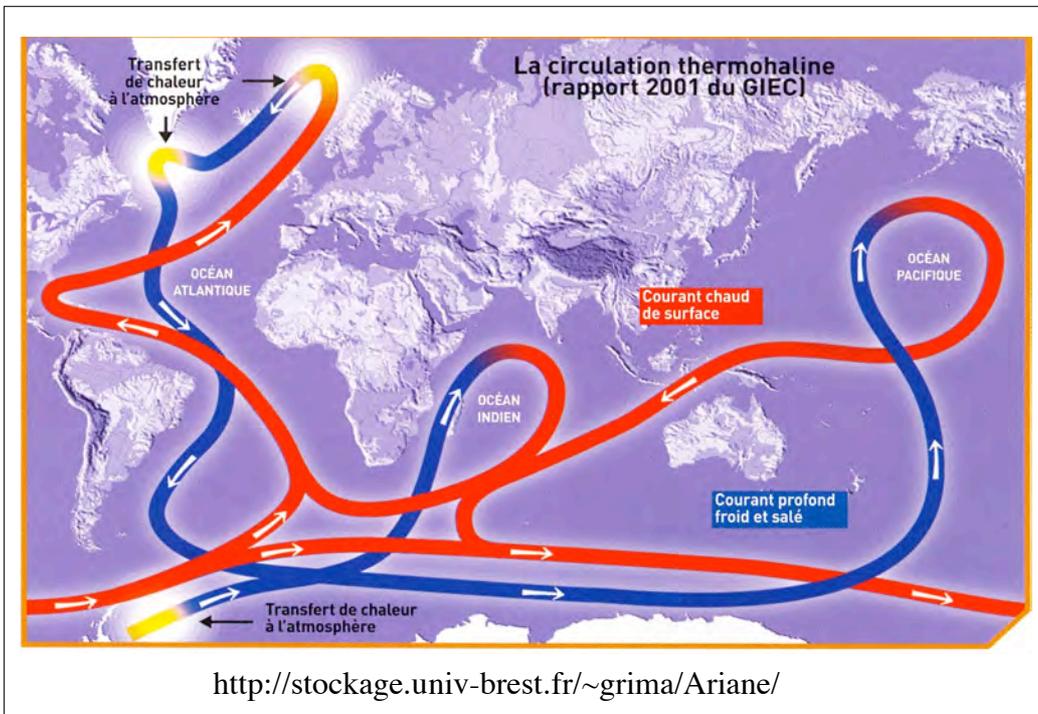
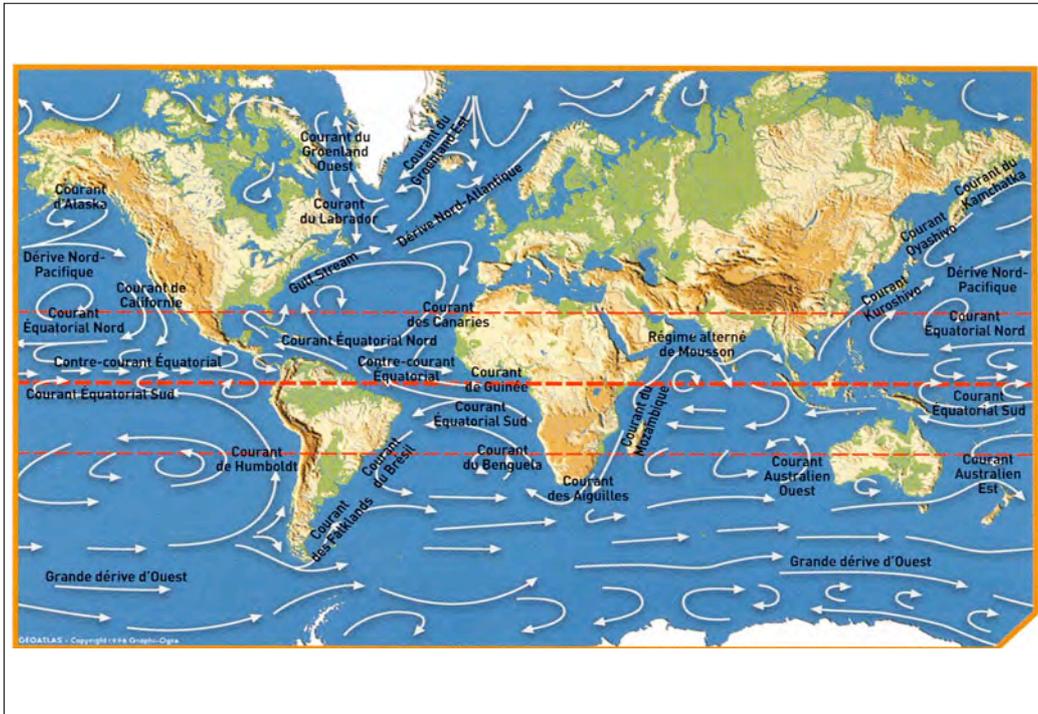


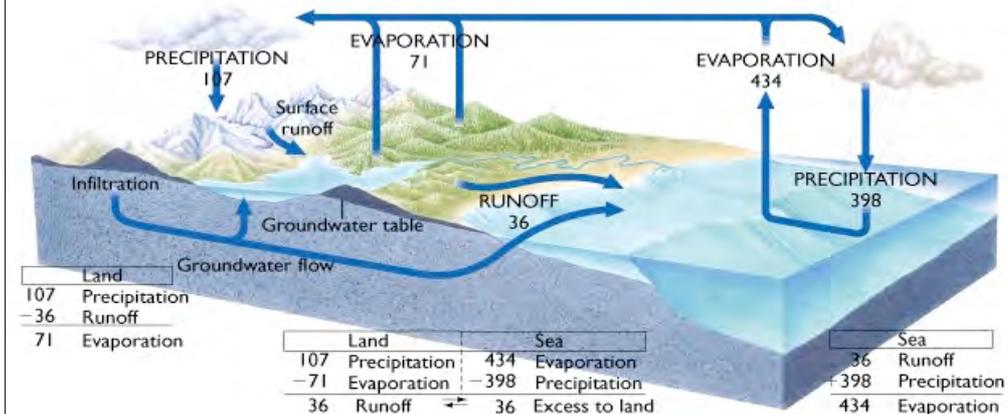
## La circulation océanique et les changements climatiques à long terme

### La circulation profonde ou thermohaline

- Des preuves de la circulation profonde.
- La densité de l'eau est également un paramètre important. Les eaux des hautes latitudes sont denses. Elles ont tendance à chuter. La formation de glace de mer accentue ce mécanisme
- Labrador et Mer de Norvège, la zone circum-antarctique sont les principales zones de formation des eaux profondes.



## Le cycle de l'eau (en milliers de km<sup>3</sup>)



Flux en 10<sup>3</sup> km<sup>3</sup>/an

## Bilan global

$$P = ETR + r$$

P précipitation

ETR évapotranspiration

r runoff

# Précipitations

- Terres : 29% de la surface, 12% de l'évaporation totale et 21 % des précipitations totale (rapport de 0.72)
- Effet de la latitude, de l'évaporation, de la géométrie des continents.

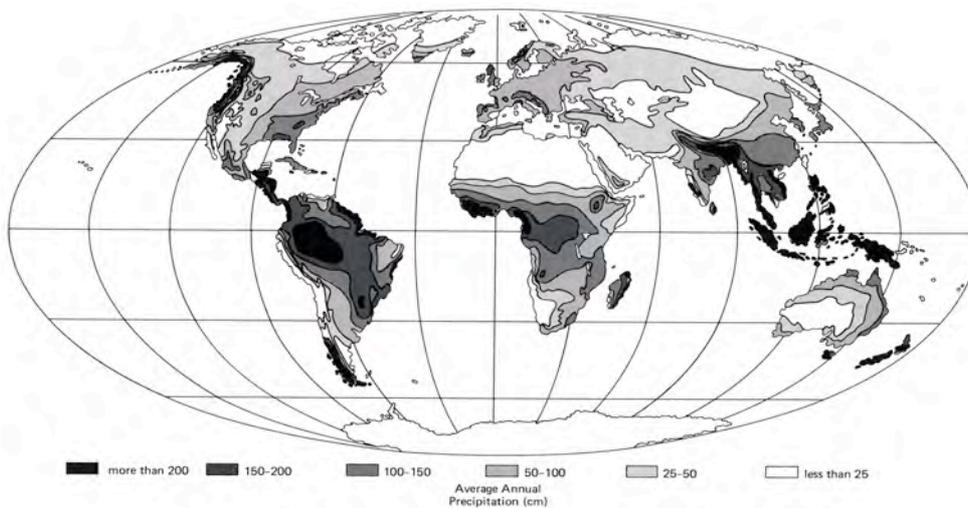
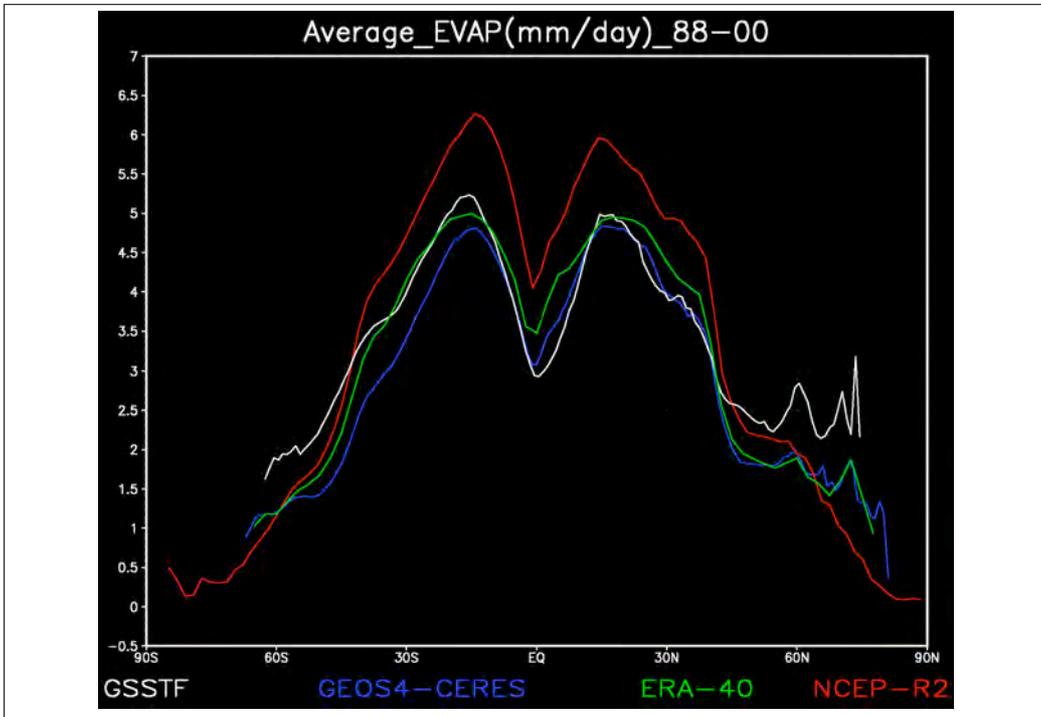
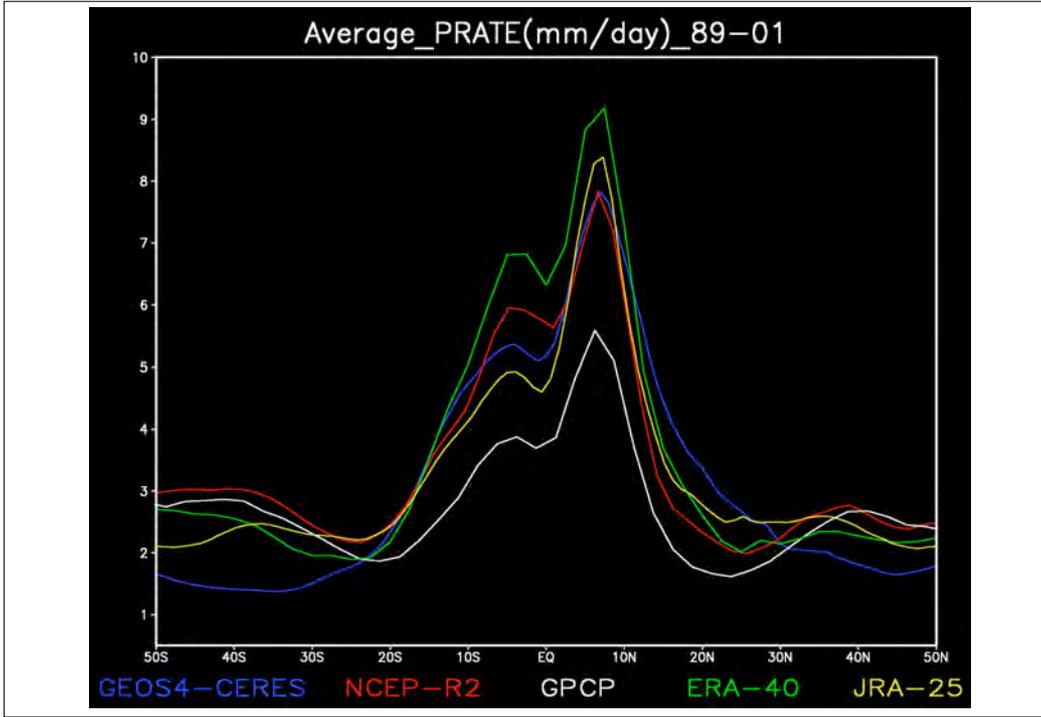
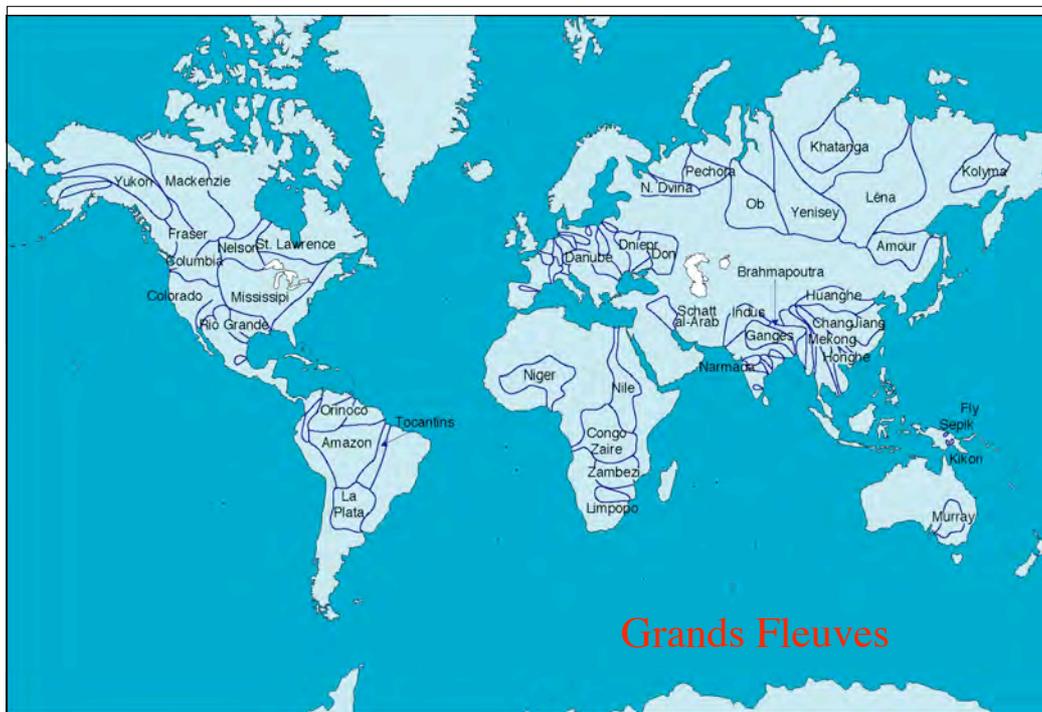
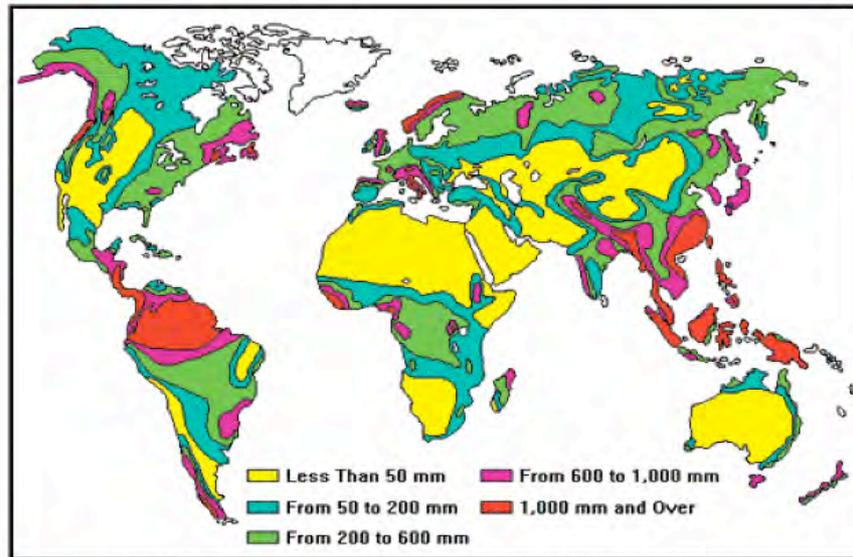


Figure 2.2 Global average annual precipitation. (From H. L. Penman, "The Water Cycle." Copyright © September 1970 by Scientific American, Inc. All rights reserved.)

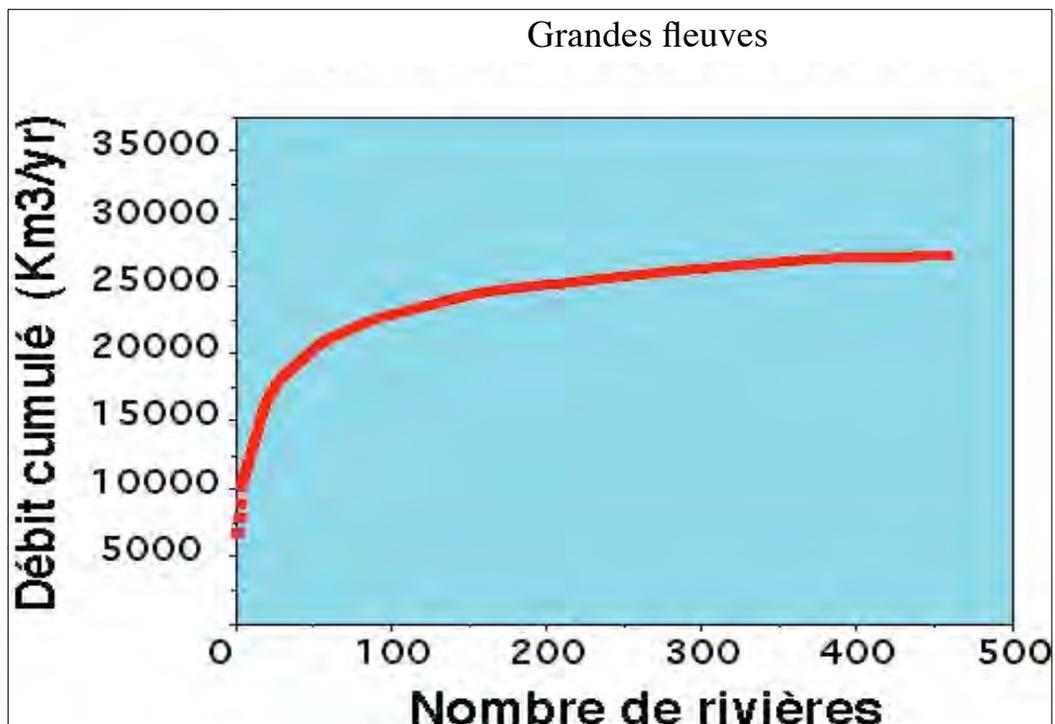


## Les pluies efficaces



## Débits des fleuves

- Total des fleuves : 37500 km<sup>3</sup>/an donc environ 100 km<sup>3</sup>/jour.
- Amazone : 6300 km<sup>3</sup>/an
- Zaire : 1250 km<sup>3</sup>/an
- Rhone : 54 km<sup>3</sup>/an
- Seine : 16 km<sup>3</sup>/an
- La consommation humaine est donc environ la moitié du débit de l'Amazone.





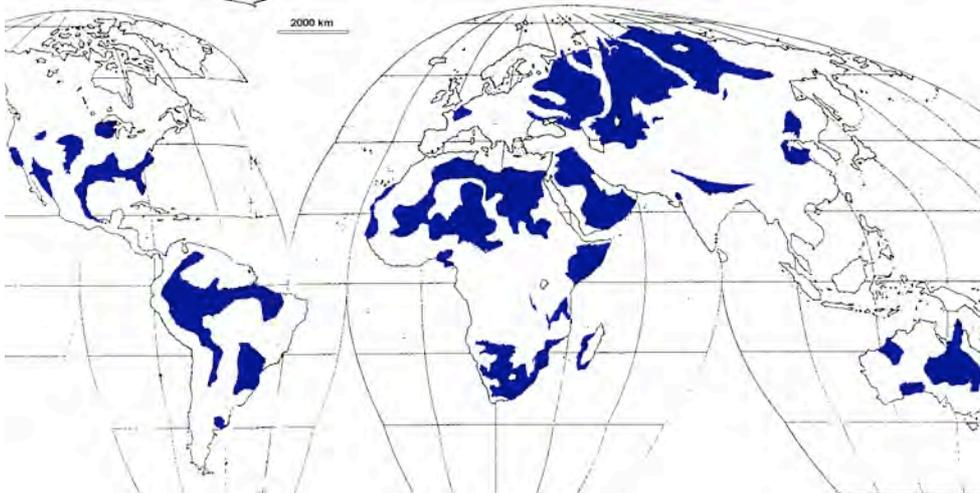
## Le HuangHe (Fleuve Jaune), Chine



## MES : matières en suspension



## Les grands aquifères au monde

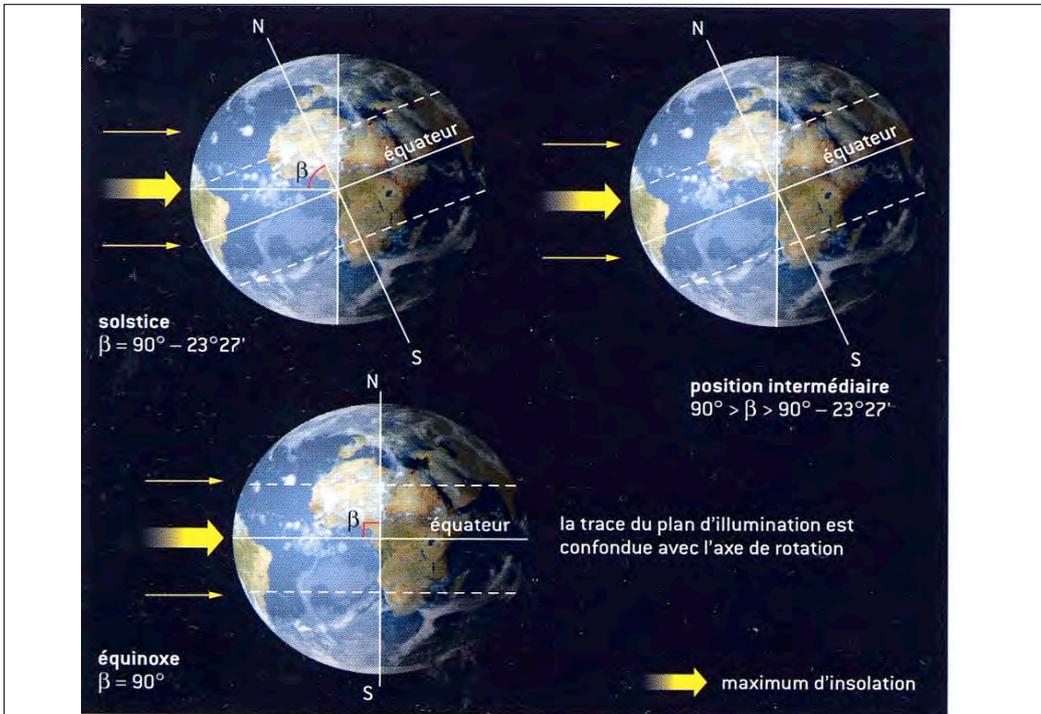
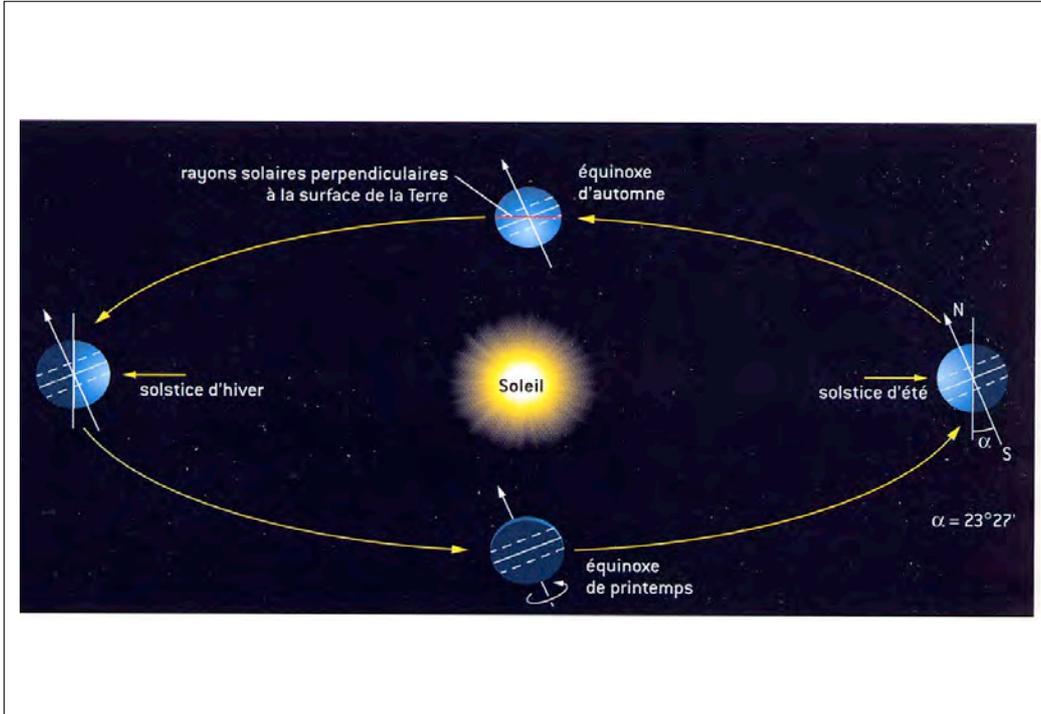


9 pays se partagent 60% des réserves en eau de la planète  
(Brésil, Chine, Russie, Etats Unis, Canada, Indonésie, Inde, Colombie et Pérou)

## 4.2. Variations temporelles du bilan énergétique

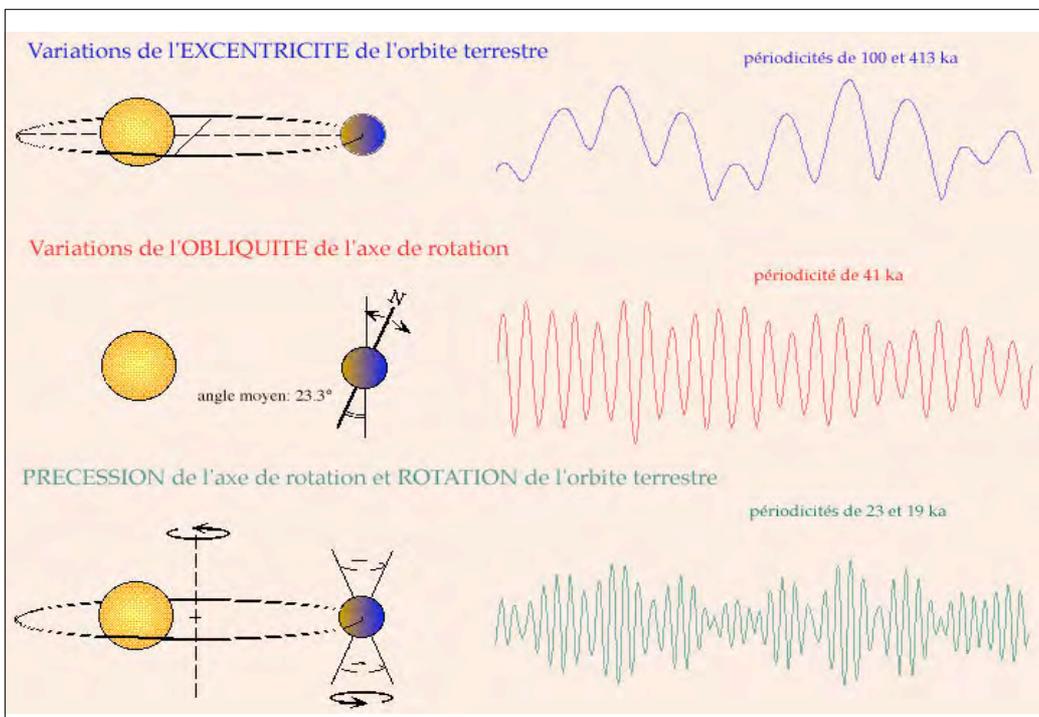
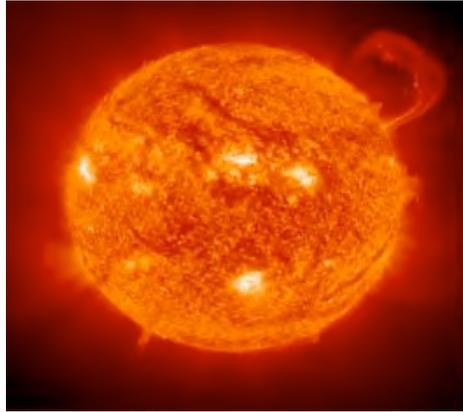
- La quantité d'énergie (la constante solaire) que reçoit la Terre varie spatialement et temporellement. Au cours des saisons bien sur, mais également selon des cycles plus longs.
- Variations de l'activité solaire : l'activité solaire possède un cycle de 11 ans ou cycle undécennal. Variations de 0.1% de l'activité solaire.
- La distance Terre-soleil varie également. En une année, la Terre décrit une orbite elliptique dont l'excentricité varie selon un cycle de 100000 et 400000 ans.
- La distance varie en fonction des saisons.

- L'inclinaison de  $23^\circ$  de l'axe de rotation de l'axe de la Terre détermine les saisons.
- Cycles de Milankovitch (astronome Serbe): precession des équinoxes, excentricité de la Terre, variations de l'axe de rotation de la Terre.



# Théorie astronomique du climat

- Variations de l'activité solaire
- Variations de la distance terre-soleil



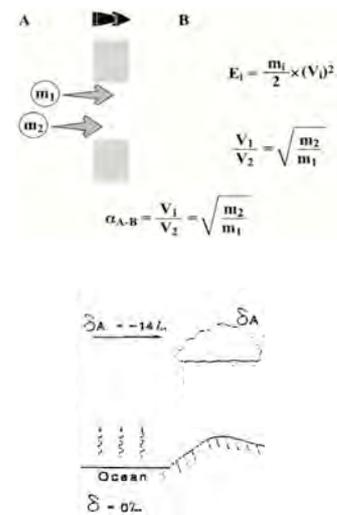
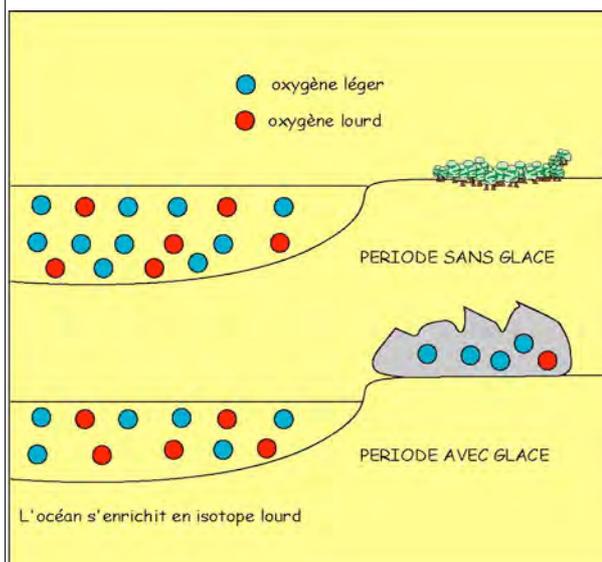
## 4.1. Variations du volume de l'océan dans le passé.

On retrouve Milankovitch.

A plus longue échelle de temps, il s'agit des variations des gaz à effet de Serre, aspect du changement global actuel.

Conclusion, liaison entre les dynamique des diverses enveloppes. Couplages océans-atmosphère : El Nino, Mousson.

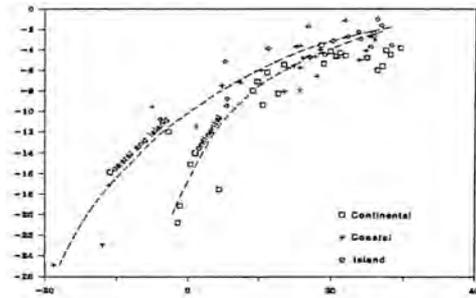
## Le langage des isotopes



## Variations climatiques des calottes glaciaires

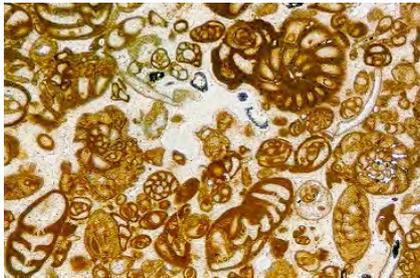
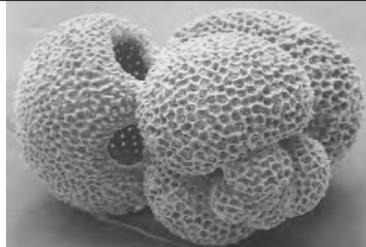
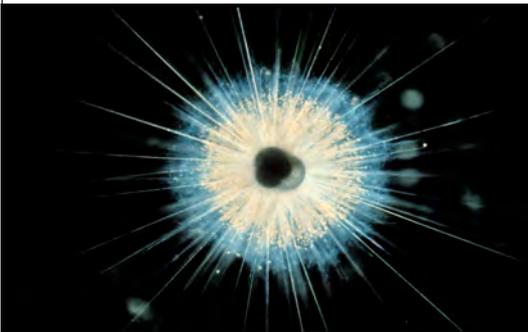


Composition isotopique ( $\delta^{18}\text{O}$ , ‰)



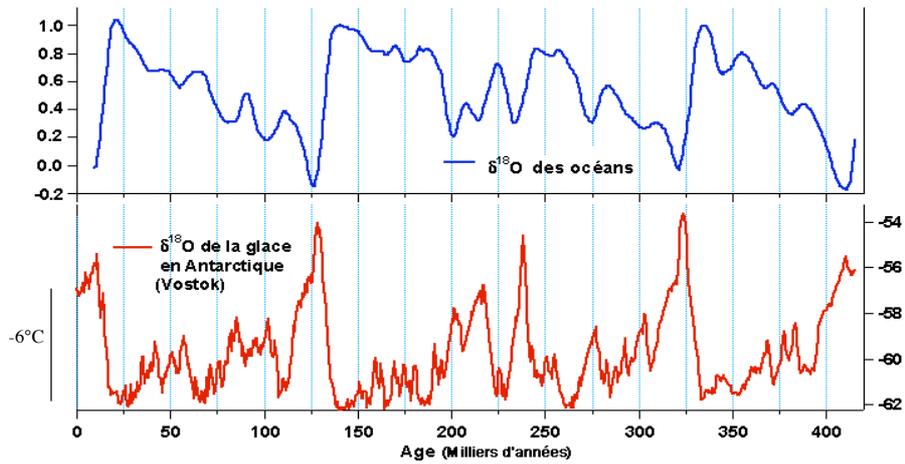
Température  
moyenne mensuelle (°C)

## Foraminifères (*Globigerina Ruber*)

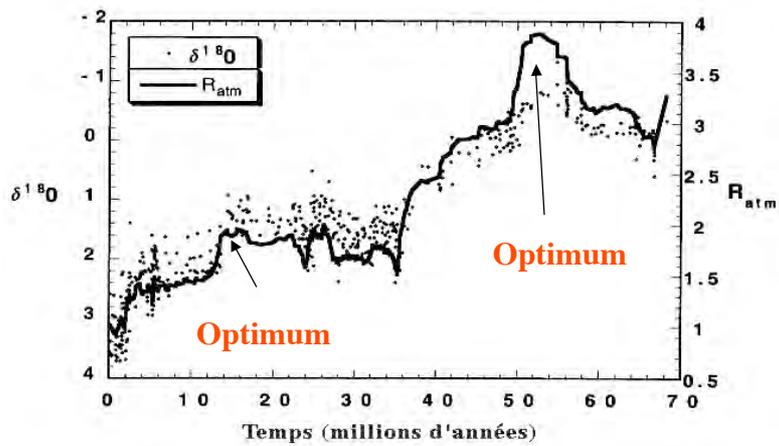


250  $\mu\text{m}$

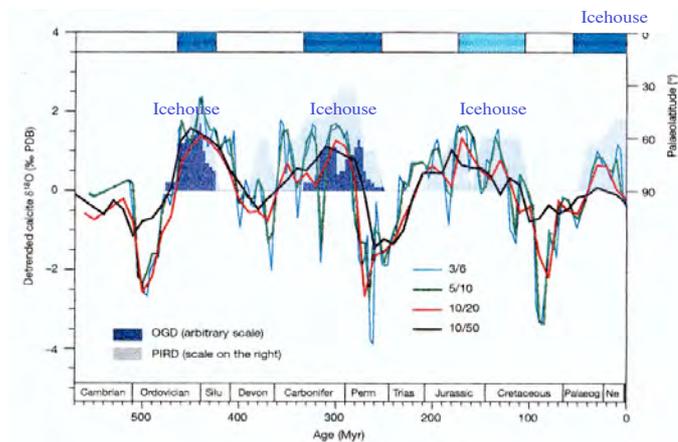
## A petite échelle de temps



## A l'échelle de l'ère Tertiaire



## A plus long terme



Évolution des isotopes de l'oxygène sur le  
Phanérozoïque

## conclusions

- La Terre reçoit son énergie du soleil
- Les circulation de l'air et de l'eau naissent de la mauvaise répartition de cette énergie solaire
- Le cycle de l'eau est la manifestation de ces circulations. Le cycle de l'eau permet un couplage entre l'atmosphère, l'hydrosphère et la lithosphère.
- Parce que l'atmosphère est acide, les pluies ont un pH faible et détruisent les roches.
- Importance des données satellitaires