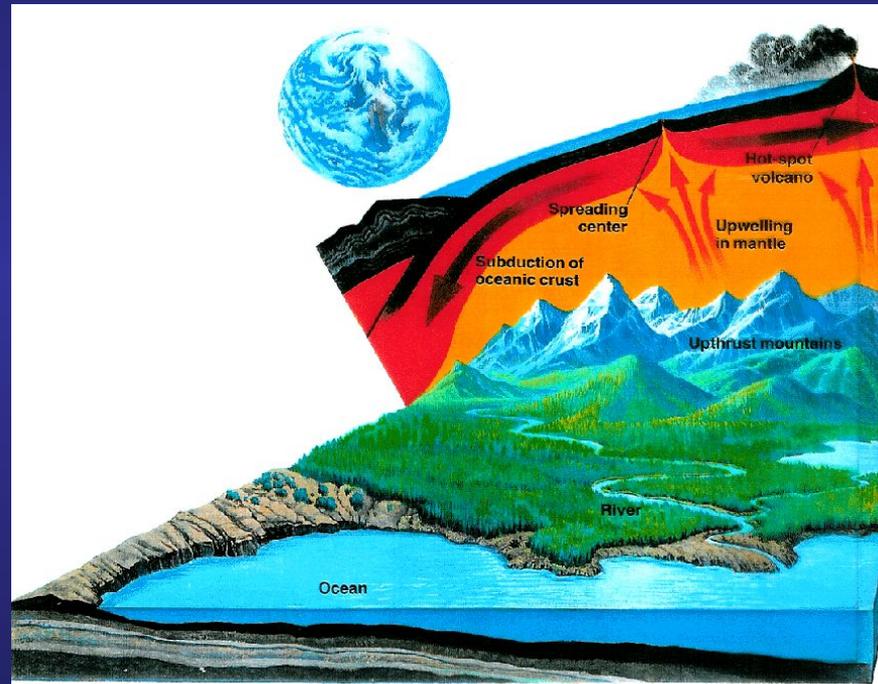


Géosciences au service de l'Humanité:

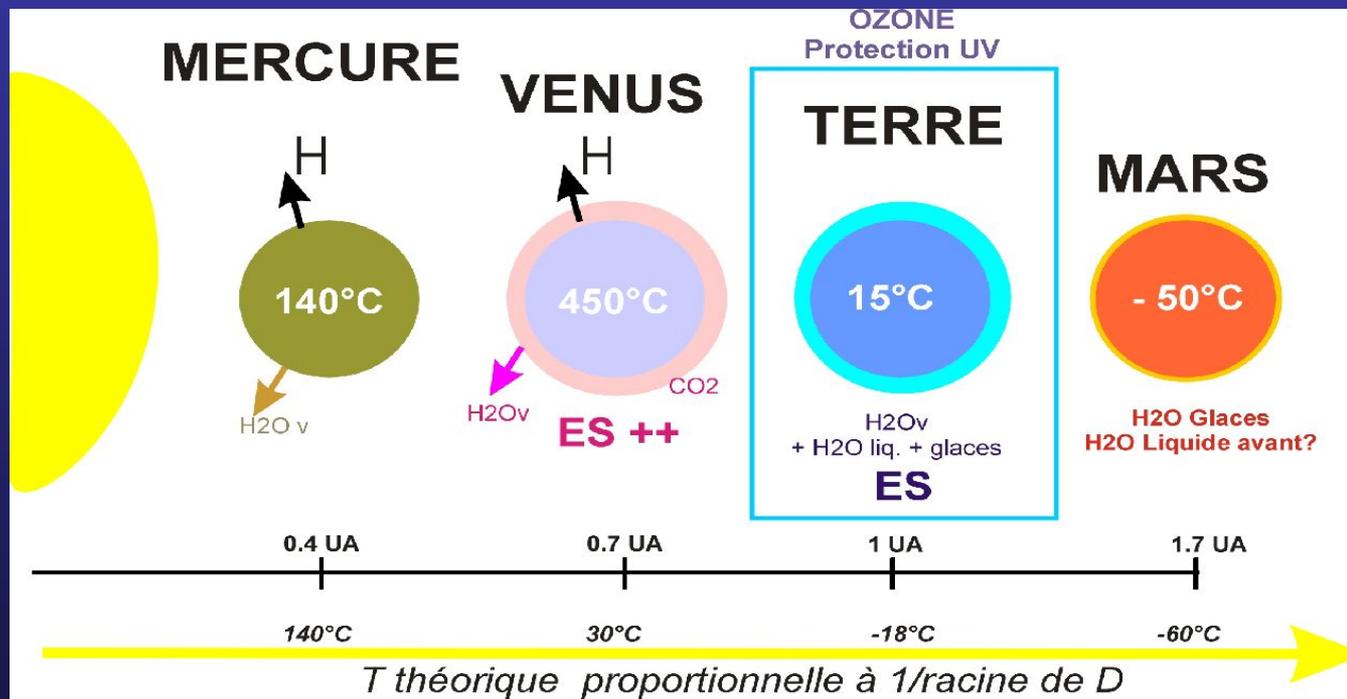
Enjeux scientifiques, sociétaux et pédagogiques



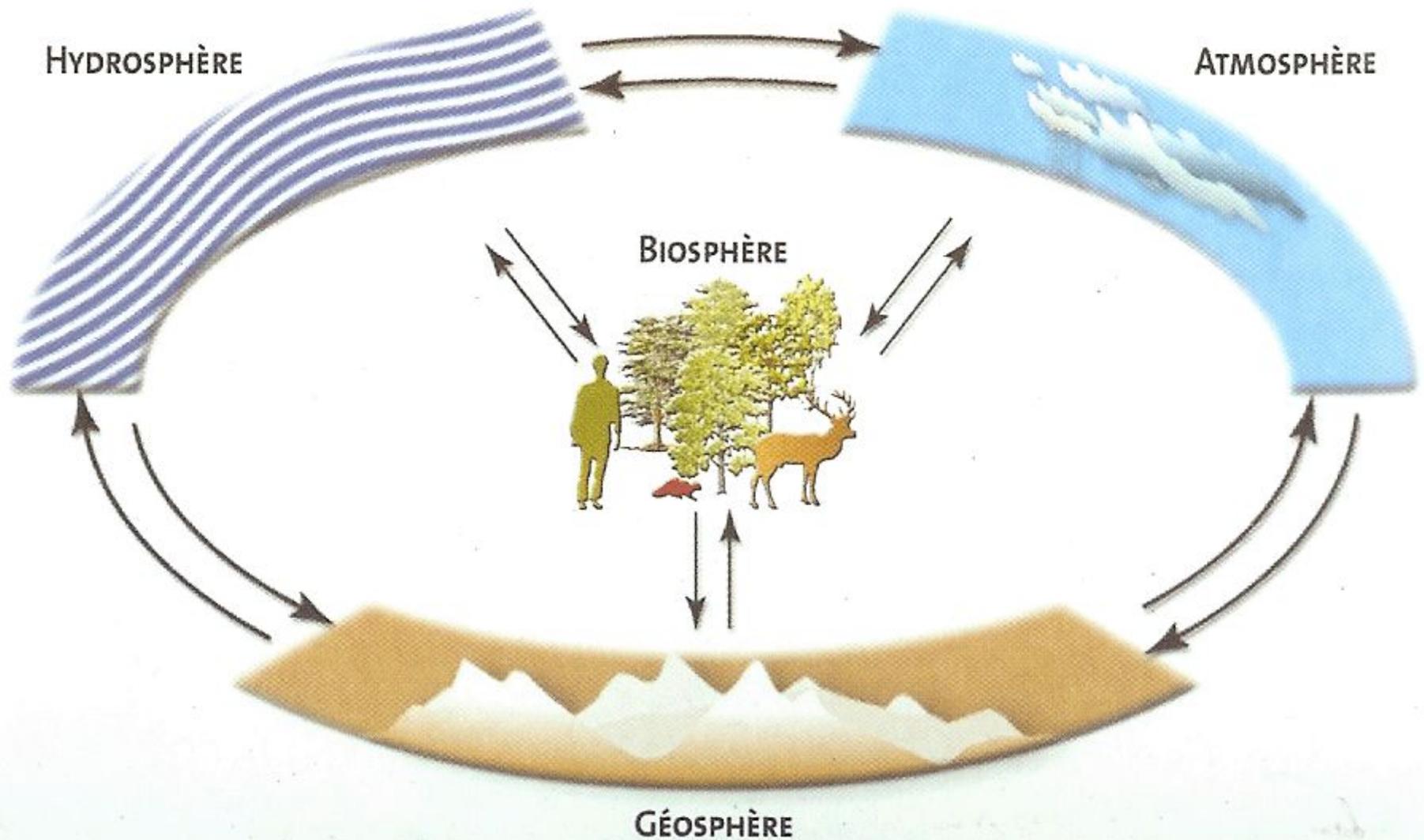
Jean-Marc Lardeaux

Université de Nice-Sophia Antipolis

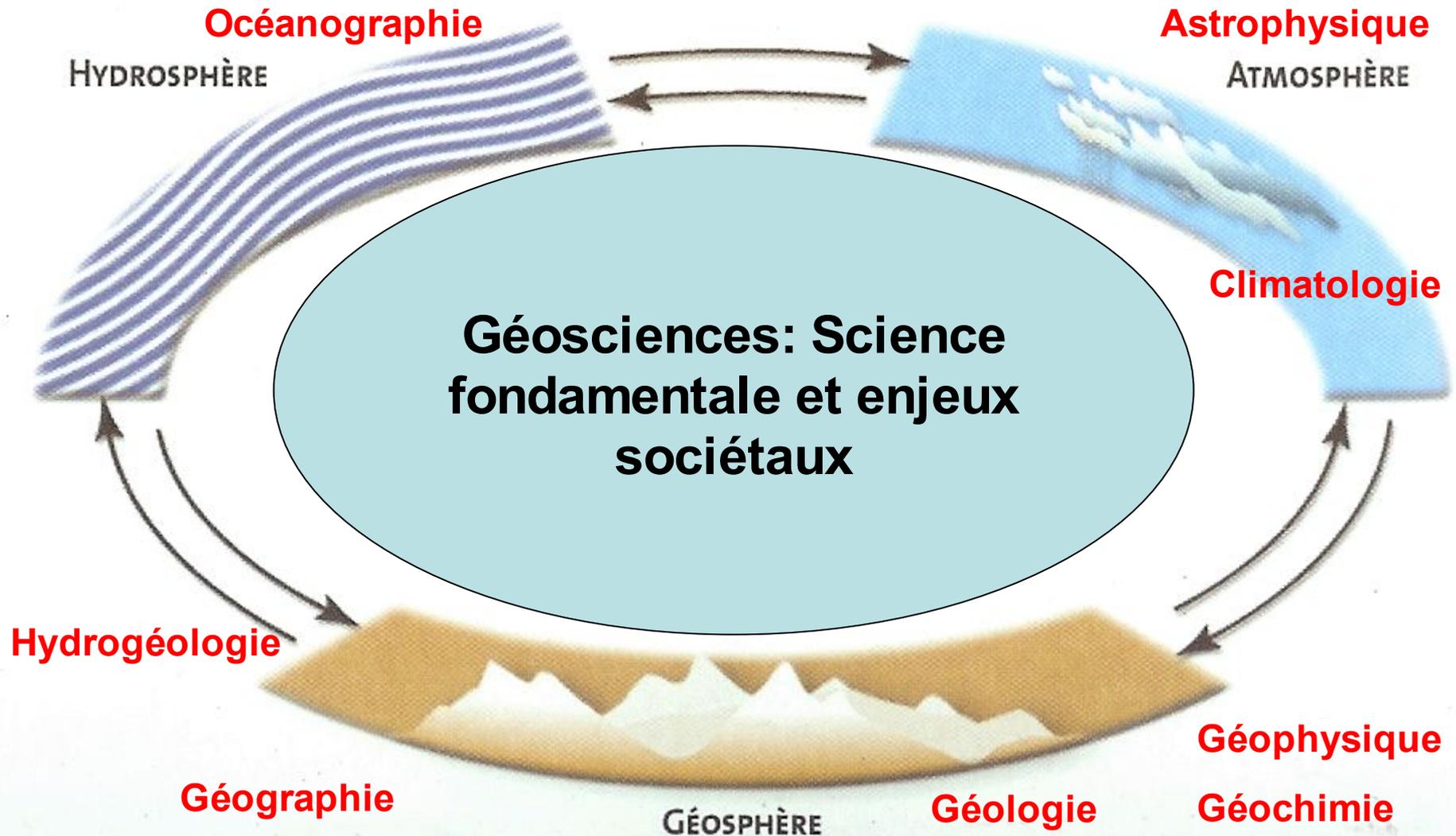
Née il y a 4,55 milliards d'années, la Terre primitive s'est rapidement organisée selon un système global permettant, avec l'énergie qu'elle reçoit du Soleil, une autorégulation permanente. Atmosphère, Hydrosphère, Biosphère et Géosphère (litho/asthénosphère) sont les grandes composantes de ce système naturel.



Echanges (transferts d'énergie et de matière) entre systèmes vivants et milieux physiques



Appréhender la nature et la portée des perturbations anthropiques => excellente compréhension des processus naturels de régulation du système Terre.



Comprendre le fonctionnement des milieux naturels est un enjeu de connaissance qui répond :

1- A des interrogations de recherche fondamentale.

- * Les origines ? Origine de l'Univers, des étoiles, de la Terre, de la Vie sur Terre, de l'Homme, ...

- * Notre histoire ? Age et histoire de la Terre, de la Vie sur Terre, histoire des étoiles,...

- * La Vie extra-terrestre ?

- * Les confins de l'Univers , et au-delà ?

- * Le fonctionnement de la Terre ? Où, quand, comment, des océans, des chaînes de montagnes, des volcans, des séismes, des extinctions massives, ...?

- * Le devenir des milieux naturels et les futurs possibles ?

2 – A des interrogations sociétales en terme de développement durable.

*** Le changement climatique et ses aléas.**

*** Les aléas et risques naturels majeurs : séismes, volcans, glissements de terrains, tsunamis, tempêtes, inondations, variations du niveau des océans, ...**

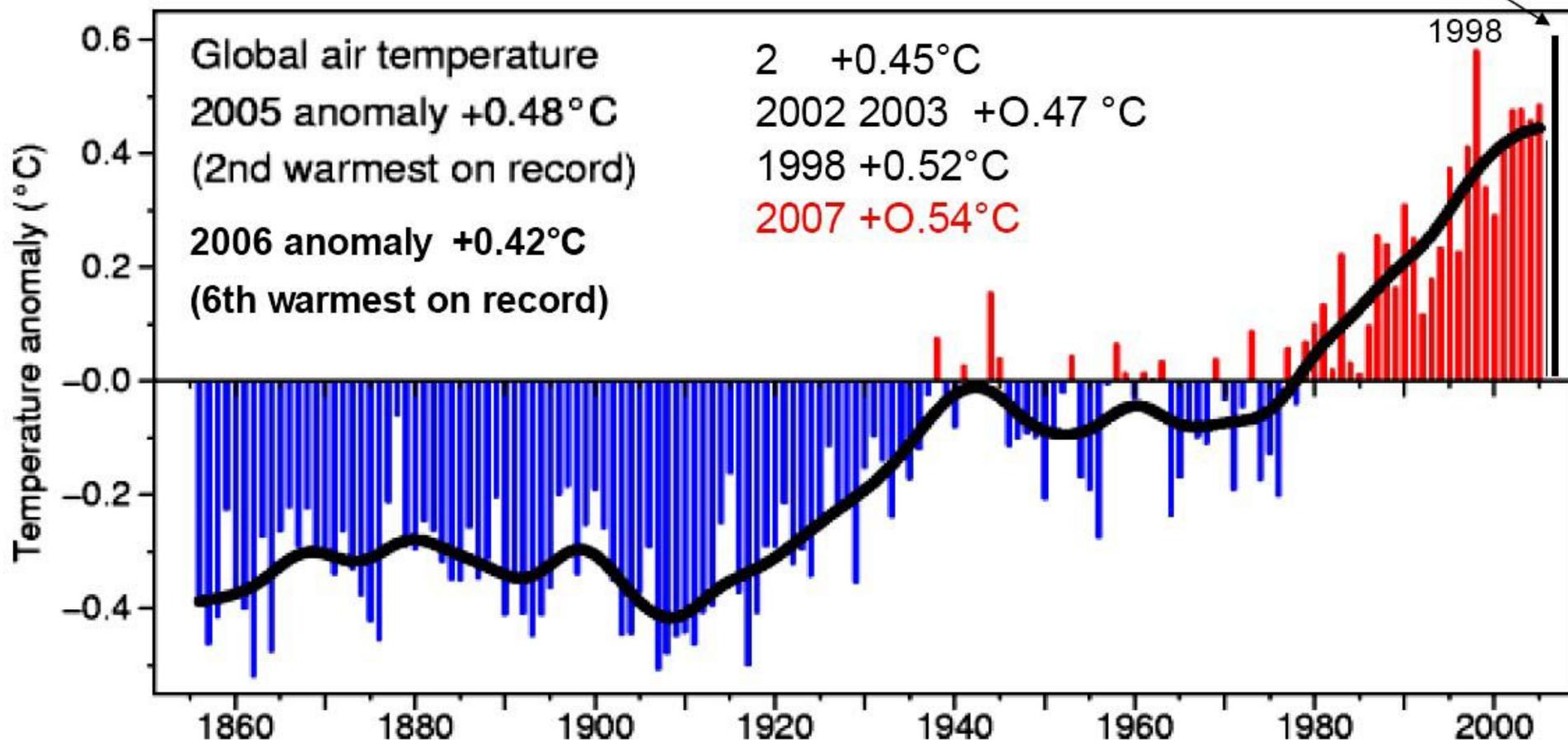
*** Les aléas astronomiques : impacts des météorites (géocroiseurs); variations de l'activité solaire.**

*** Les ressources naturelles : Eau, hydrocarbures, gaz, métaux précieux, industriels et stratégiques, géothermie, ...**
biodiversité

*** Les déchets et les stockages : CO2, déchets nucléaires, ...**

Géosciences au service de l'Humanité: Aléas et risques climatiques

JONES-FOLLAND prediction for 2007
(January 4 2007)

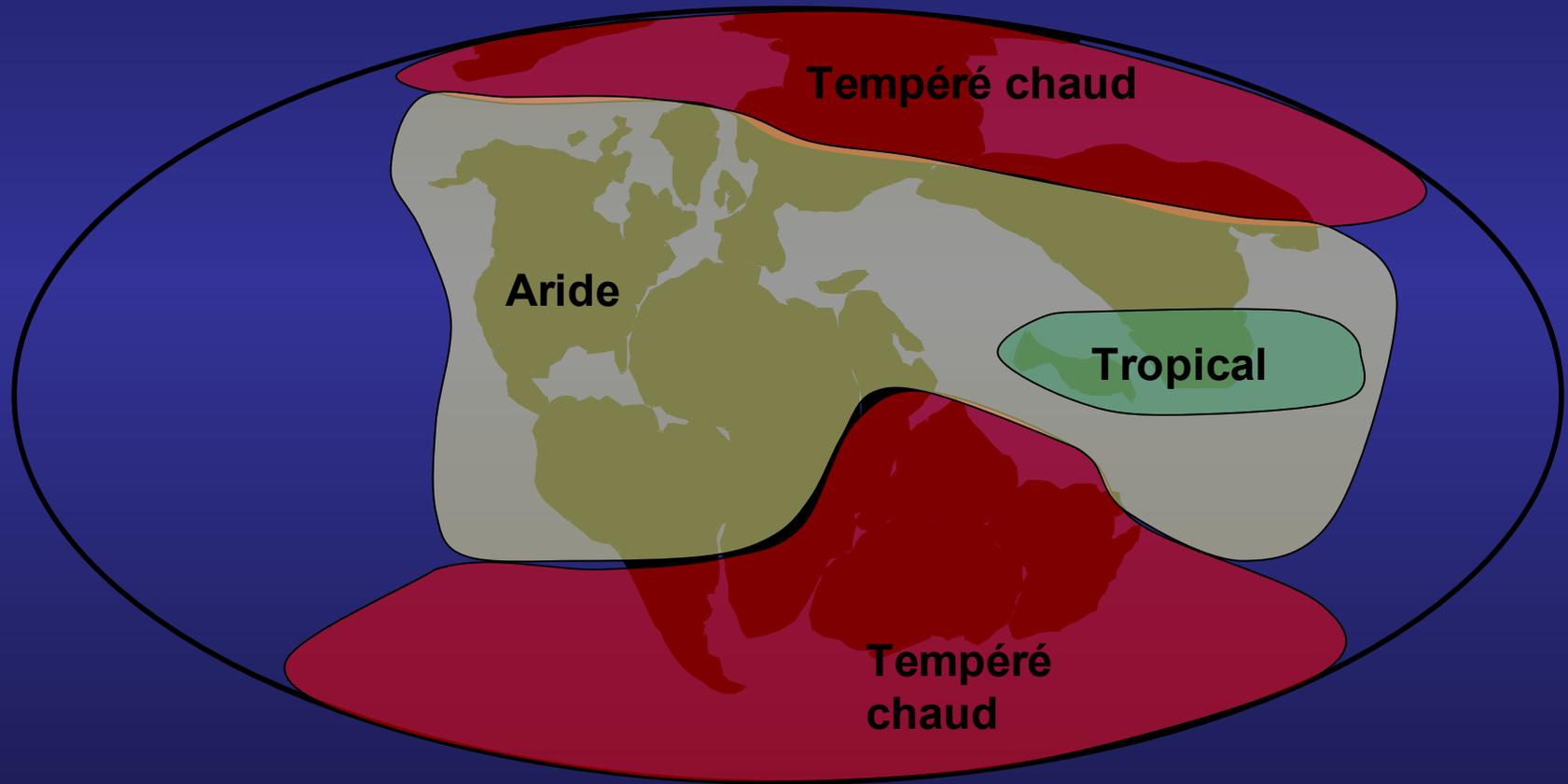


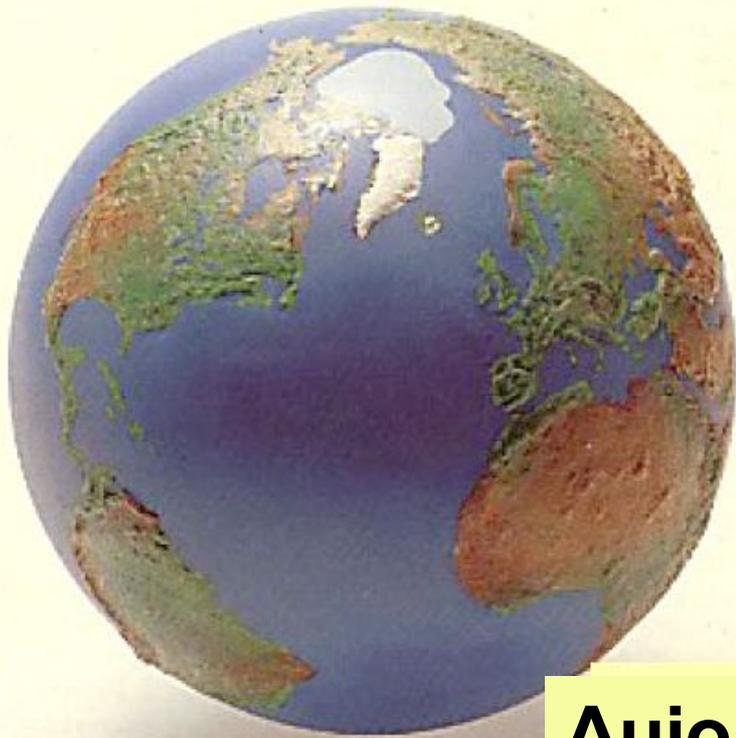
Invention du
thermomètre

Variation de la température
moyenne mondiale

Et à une autre échelle de temps? La Terre a eu vraiment très chaud ...

Il y a ~220 Ma : Trias : aucune calotte aux pôles
Le niveau de la mer : + 100 m / aujourd'hui





Aujourd'hui



**- 20.000
ans**

Mais la Terre a aussi été très froide ...

Phénomène (Glaciation) d'ampleur mondiale

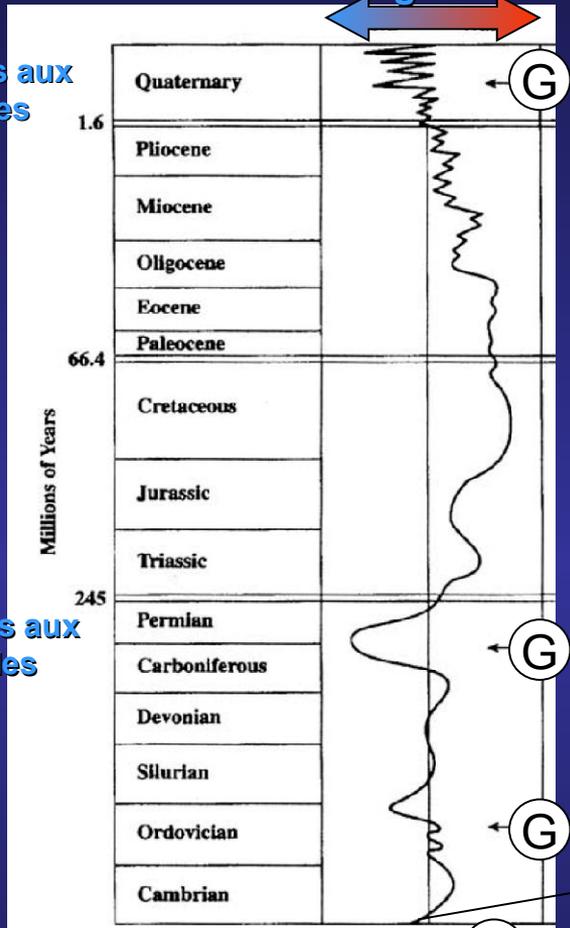
Géosciences : Ampleur des variations climatiques naturelles à différentes échelles de temps et d'espace.

Les périodes glaciaires durables de grande ampleur

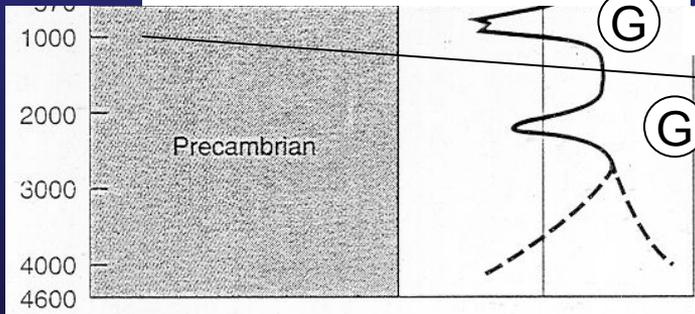
T° globale

Glaces aux pôles

Glaces aux pôles

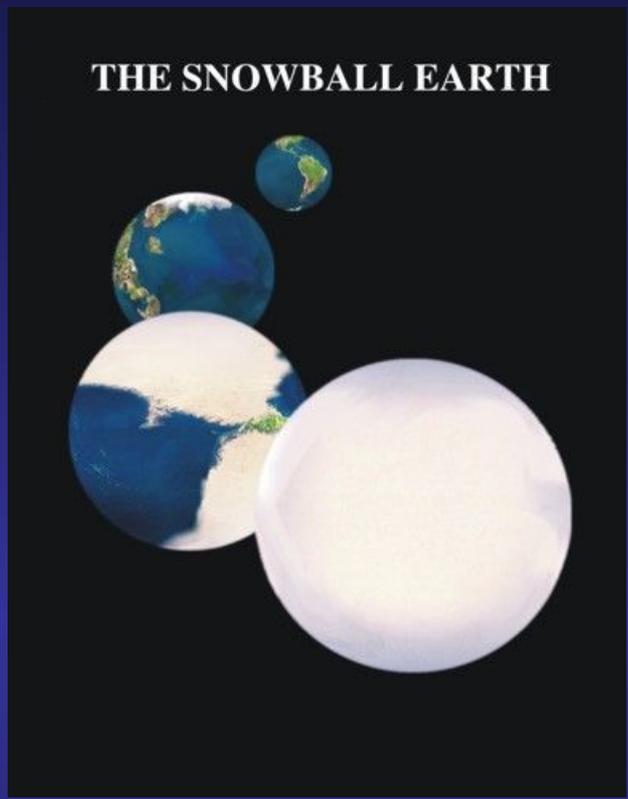


570 Ma



GLACIATION GLOBALE DE LA TERRE

Première grande glaciation



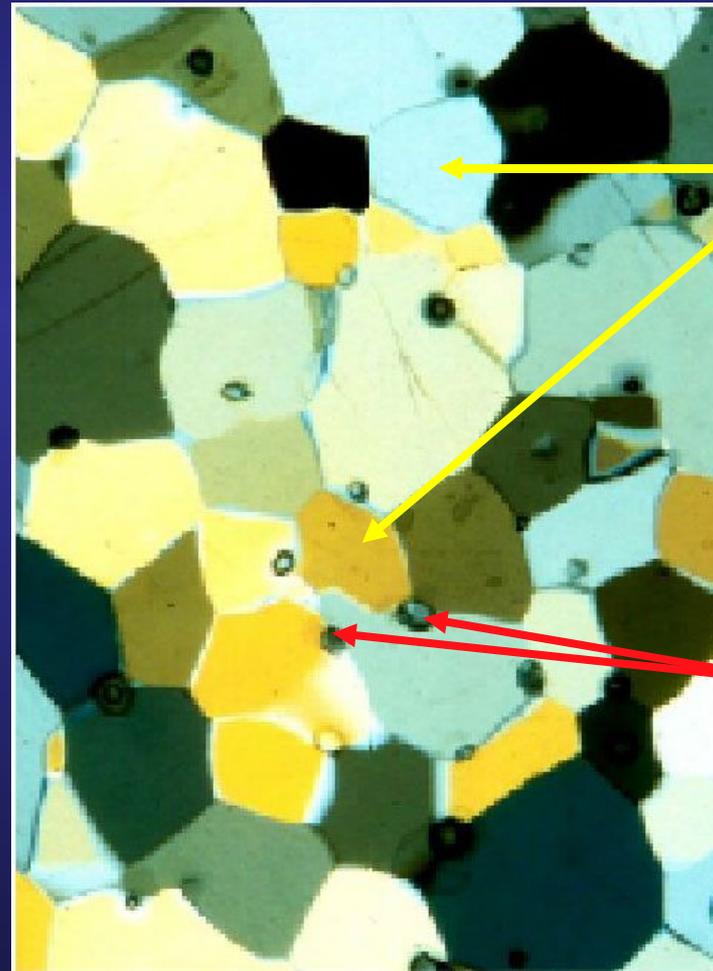
Era	Period	Epoch	Russian Stage	Approx. Base	T
Paleozoic	Cambrian	Lower Cambrian	Toyonian	513.0 ±2.0	undefined
			Botomian		
			Atdabanian		
			Tommotian	542.0 ±1.0	
Neo-proterozoic	Ediacaran			~630	
	Cryogenian			850	
	Tonian			1000	

Et l'impact anthropique? Sait-on faire la part des choses ??



En dosant eau lourde et eau légère dans la glace, ancienne neige, on peut mesurer la température qu'il faisait quand il neigeait

Des carottes de glaces, qui contiennent des bulles d'air qu'on peut analyser !!



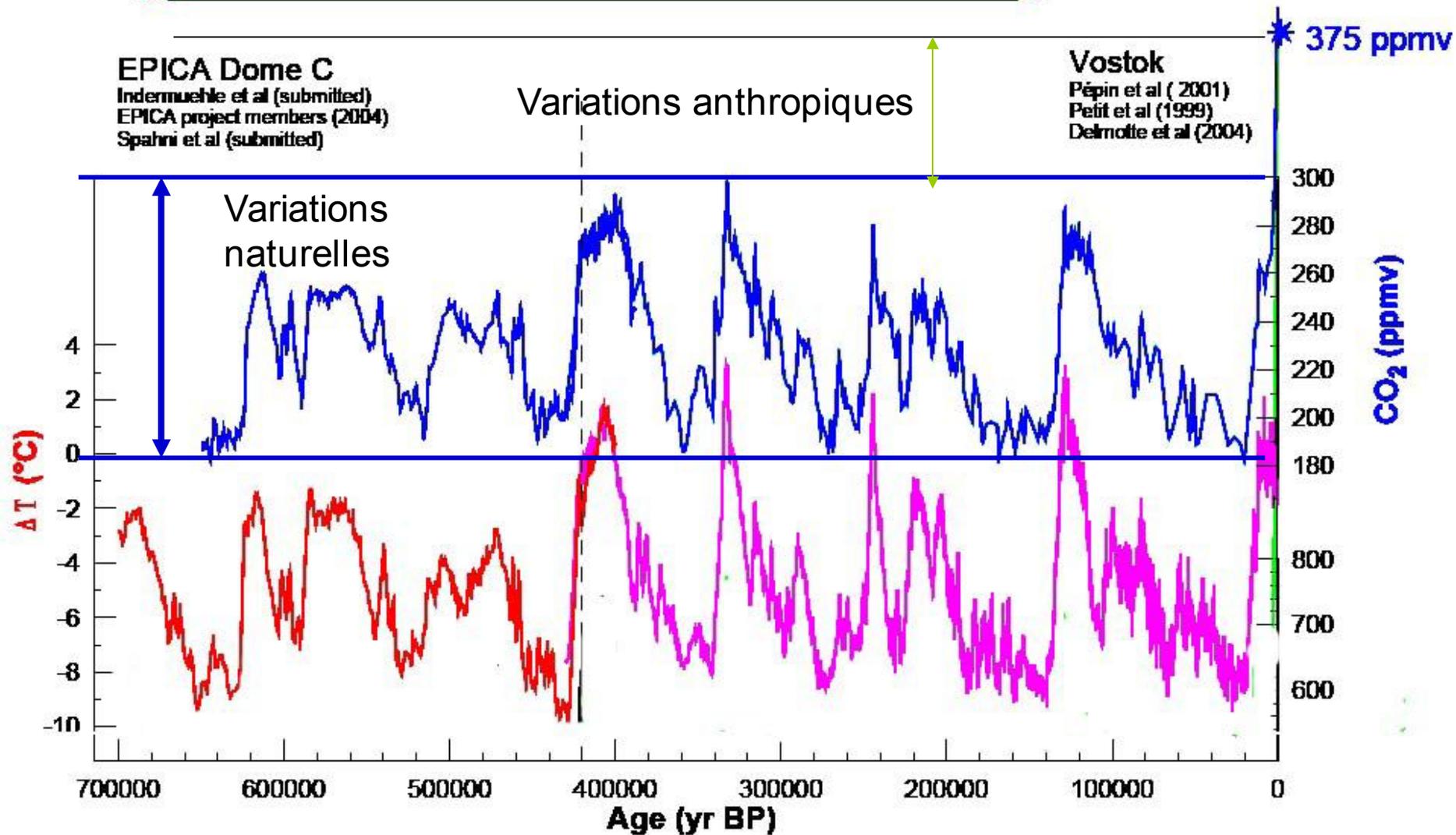
Cristaux
de glace

T°C

Bulles d'air

O₂ / CO₂

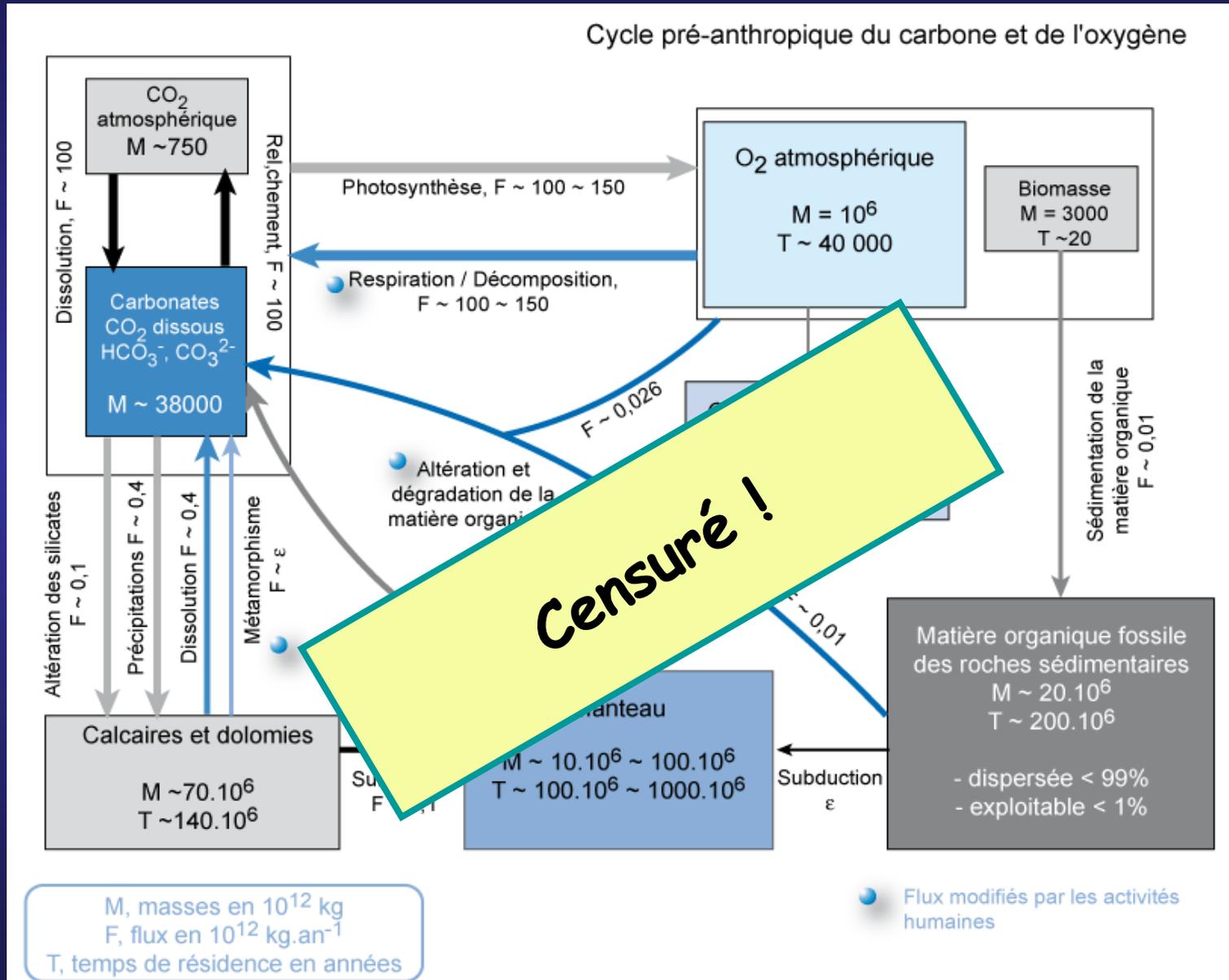
Climate and Greenhouse Gases during the last 650 Kyr



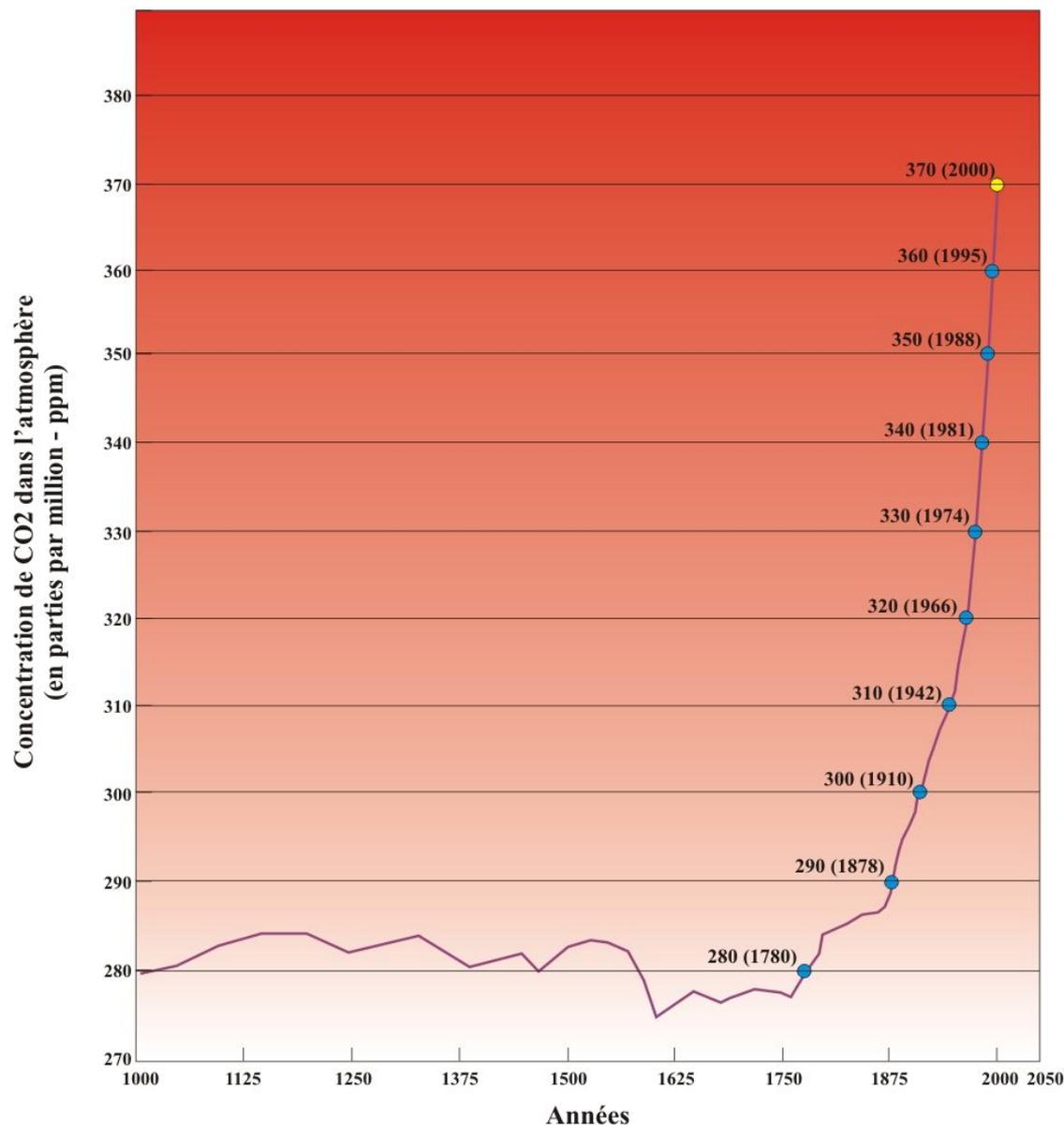
La T°C varie de + 2 à - 10°C par rapport à la T°C actuelle (-40° C). Le CO₂ varie de 200 à 280 ppmv. Il est aujourd'hui à 375 ! Les variations sont parfaitement corrélées.

Qu'est ce qui peut faire varier le CO2 atmosphérique ?

L'utilisation variable du carbone par la nature



CAUSES de l'augmentation de T° depuis les années 1910 ???



**ACCUMULATION
d'origine
anthropique**

**de 4 GT de C
(15 GT de CO₂)**

**dans
l'atmosphère**

Les variations climatiques attendues ...

→ Tendances générales en Europe pour la fin du 21^{ème} siècle (2100)

- Réchauffement marqué et diminution des précipitations sur les régions méditerranéennes en été

- Niveau global des océans : +18 à +60 cm

Selon plusieurs scénarii de l'IPCC (cf GIEC) adapté à une échelle moins planétaire, plus régionale :

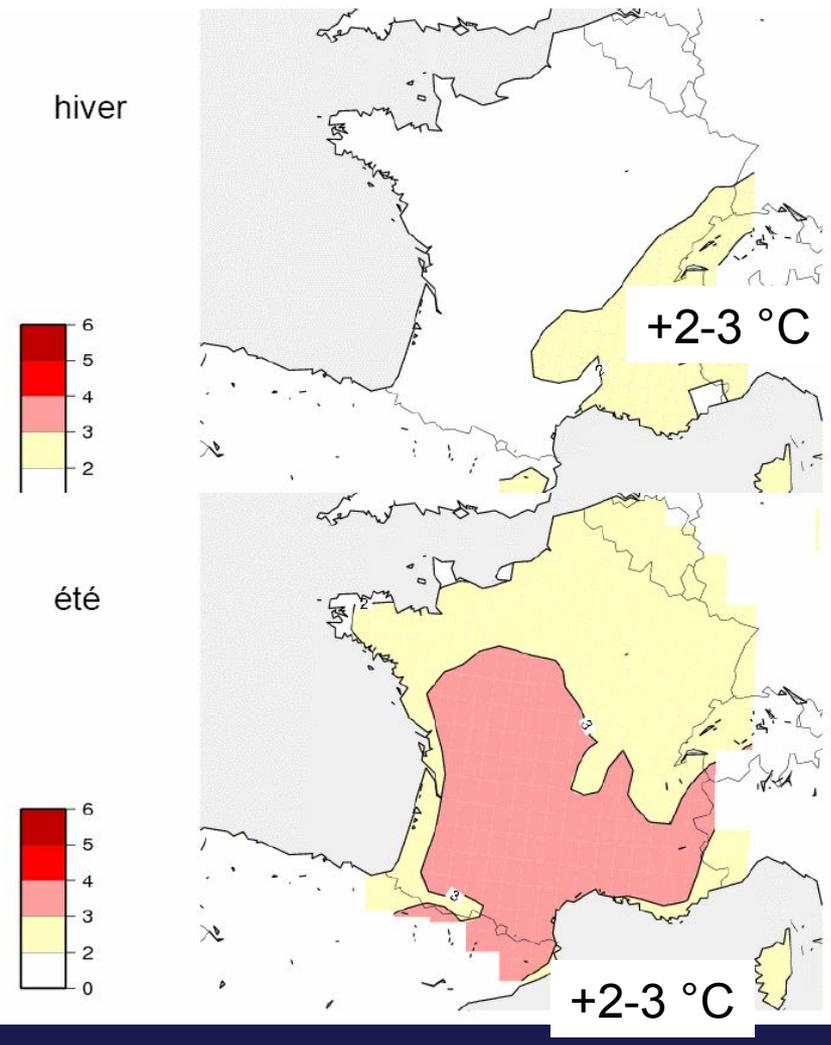
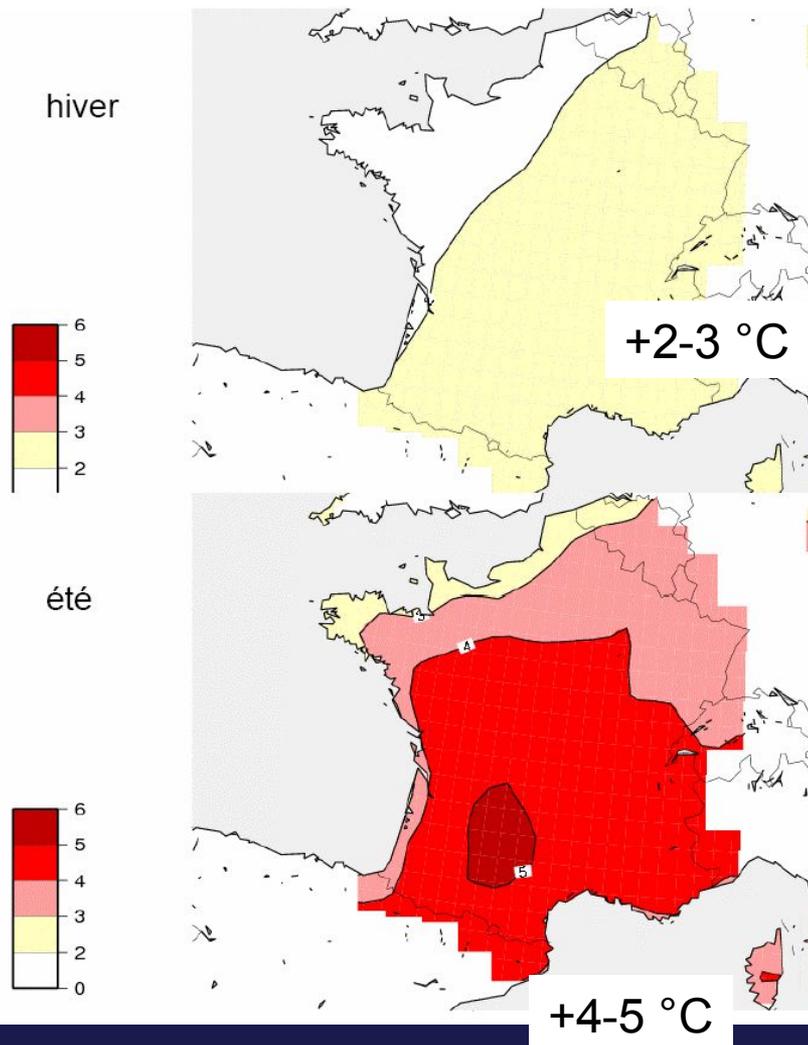
- **Pessimiste : A2 : x3 le taux de CO₂ d'ici 2100** (pas de ralentissement des émissions)
- **Optimiste : B2 : x2 le taux de CO₂ d'ici 2100**

Les variations climatiques attendues ...

Figure 9 : Prévisions d'écart de température en France Métropolitaine entre la fin du 21^{ème} et la fin du 20^{ème} siècle, en été et en hiver, selon les scénarios A2 et B2 (écart entre la période 2070-2099 et la période de référence 1960-1989). Copyright Météo-France 2007.

Scénario A2

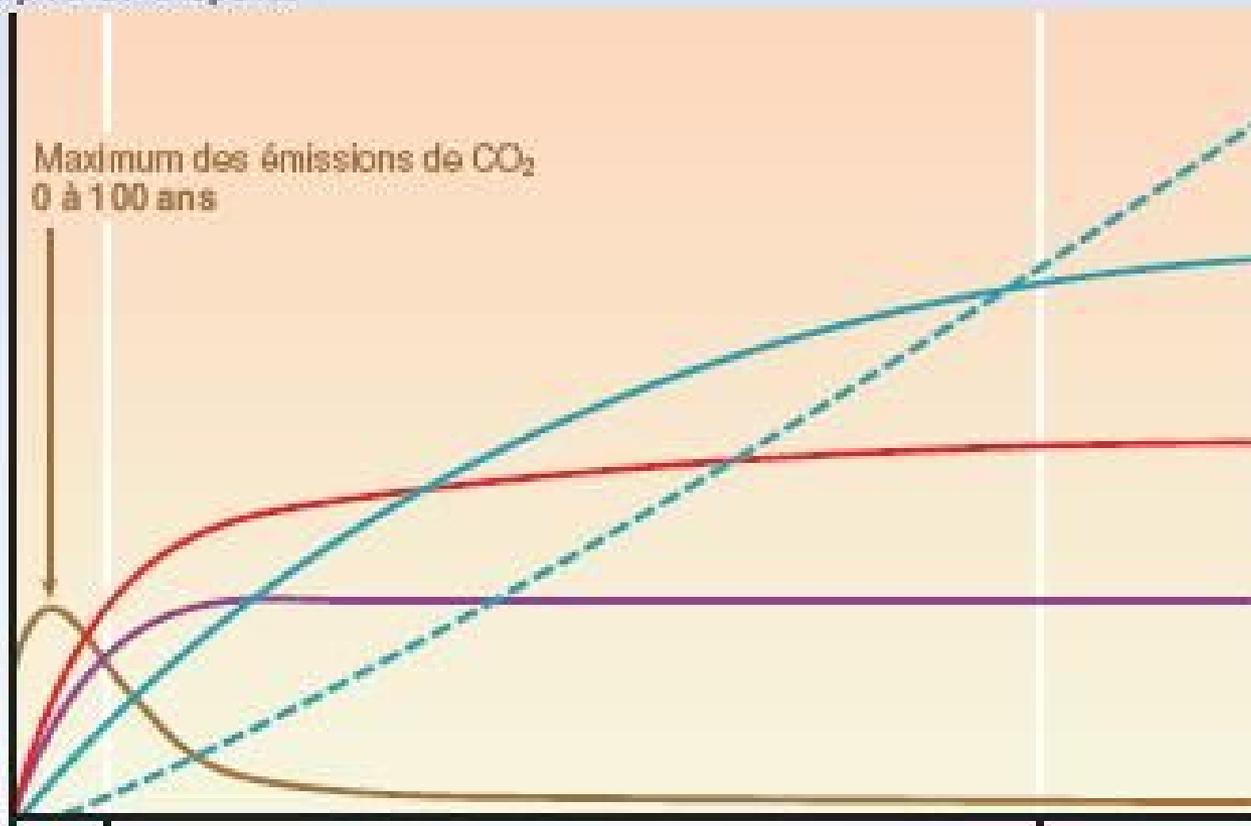
Scénario B2



Le problème des « temps longs » : Inertie des systèmes naturels.

La concentration de CO₂, la température, et le niveau de la mer continuent d'augmenter bien après la réduction des émissions

Ampleur de la réponse



Temps nécessaire pour parvenir à l'équilibre

Elévation du niveau de la mer due à la fonte des glaces :
Plusieurs milliers d'années

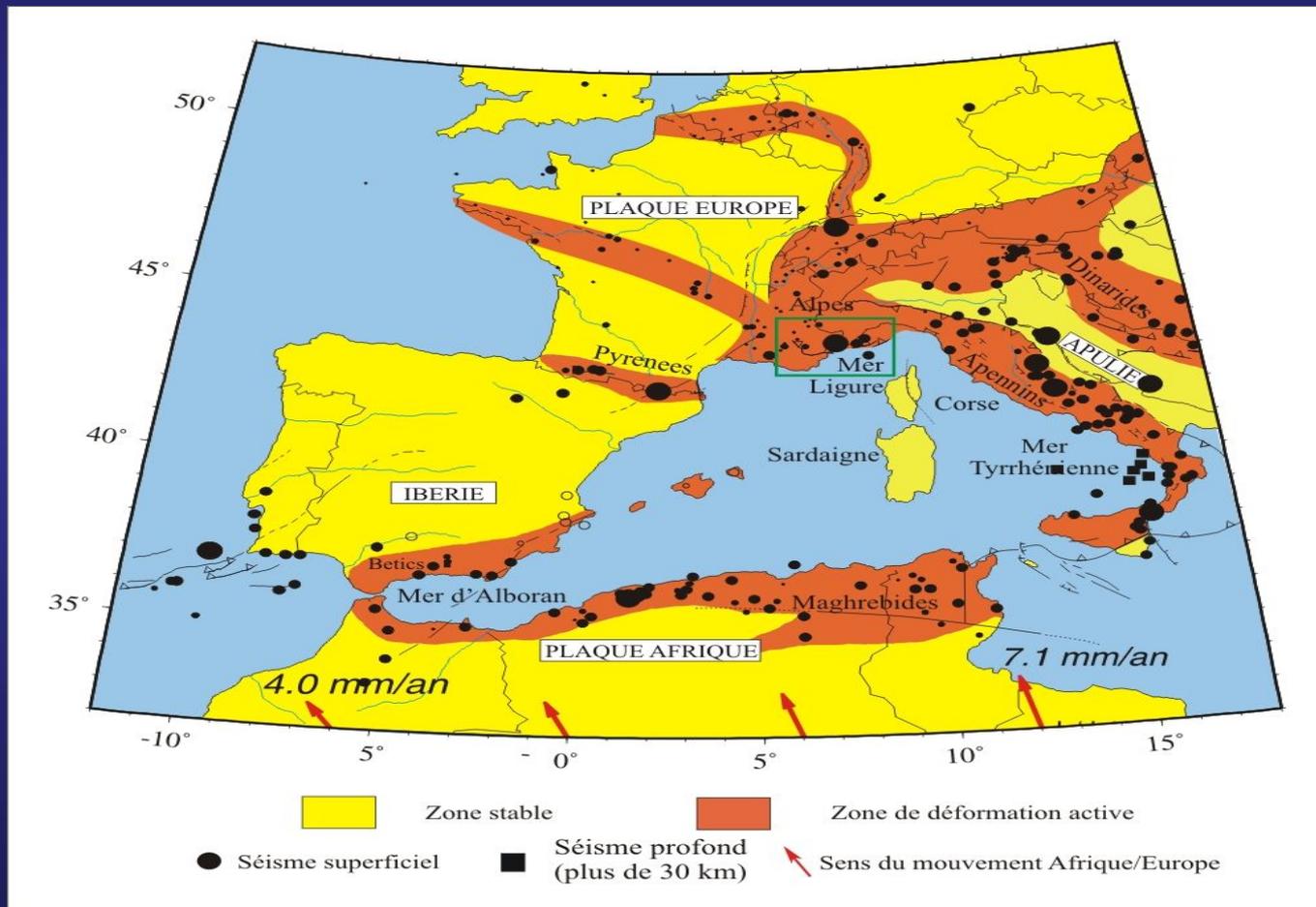
Elévation du niveau de la mer due à la dilatation thermique :
Des siècles à des millénaires

Stabilisation de la température :
Quelques siècles

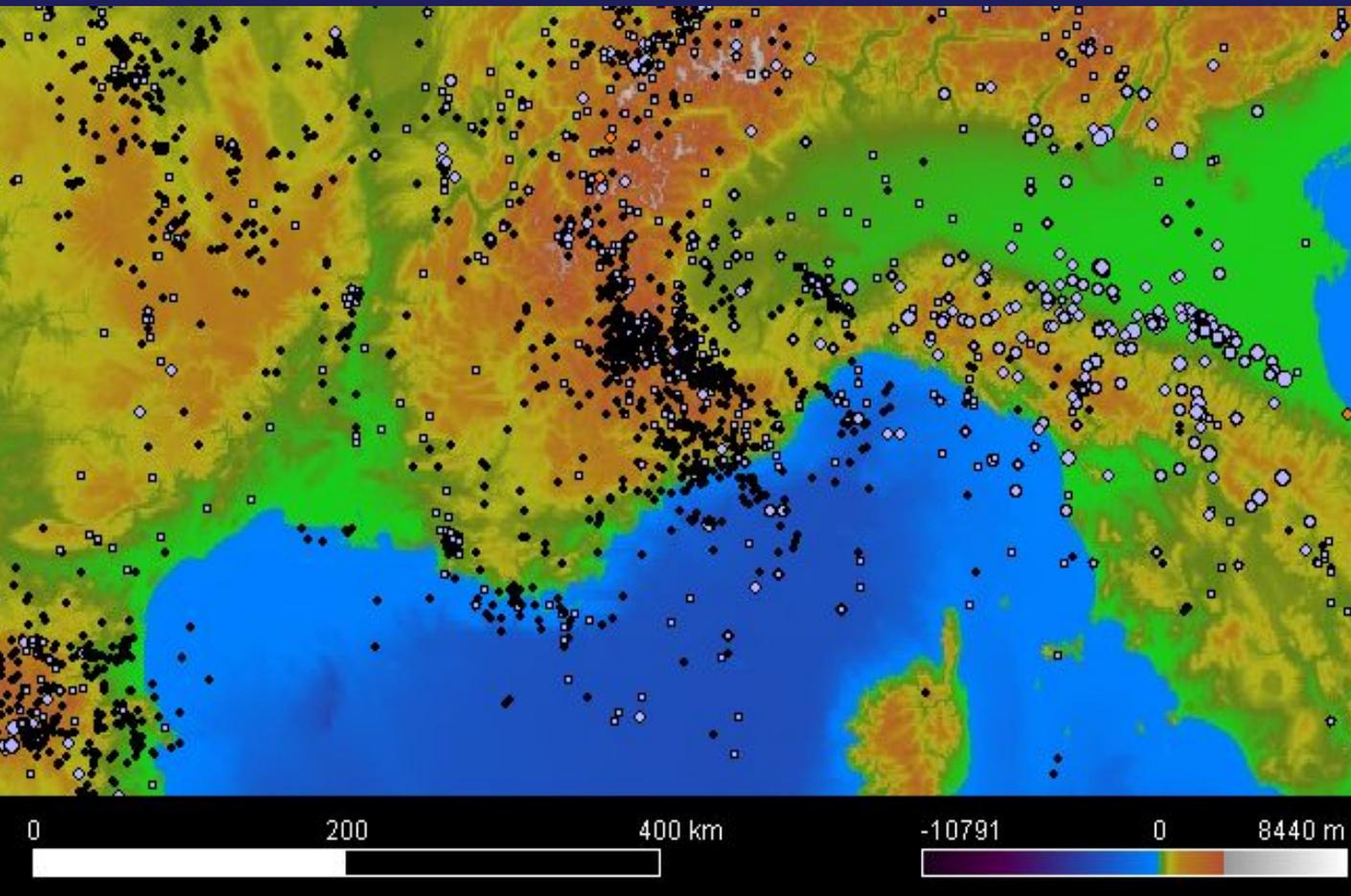
Stabilisation du CO₂ :
100 à 300 ans

Emissions de CO₂

L'Afrique se rapproche de l'Europe

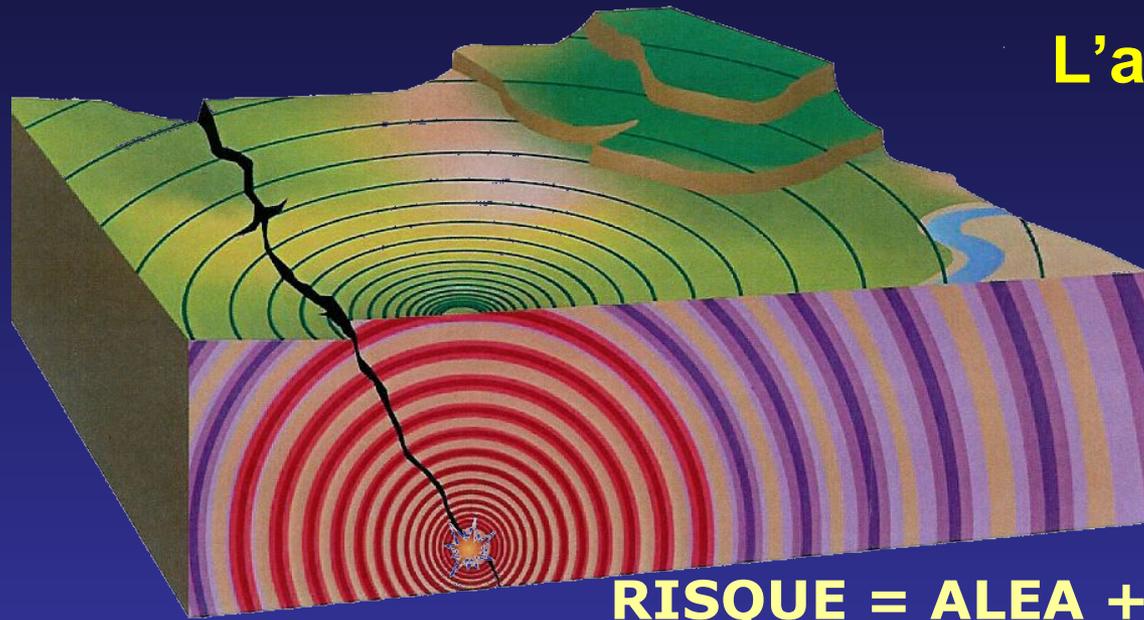


Sismicité à l'échelle globale (plaques).



A l'échelle régionale : Alpes du Sud / Mer Ligure

L'aléa sismique

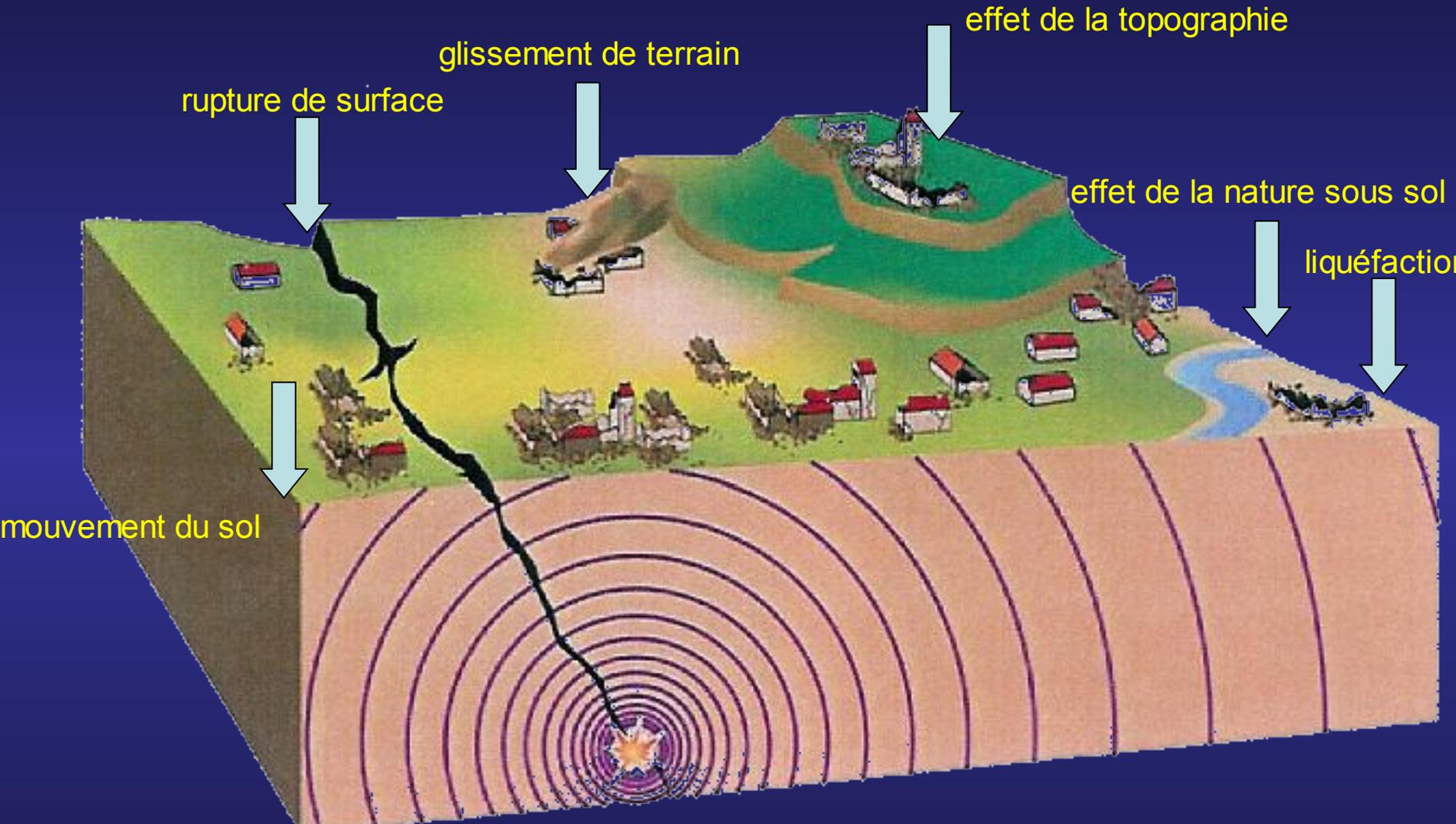


RISQUE = ALEA + VULNERABILITE



La vulnérabilité des enjeux : échelle locale.

Comment évaluer l'aléa ?



Modèles géologiques à haute résolution !!

Les principes d'évaluation de l'aléa sismique

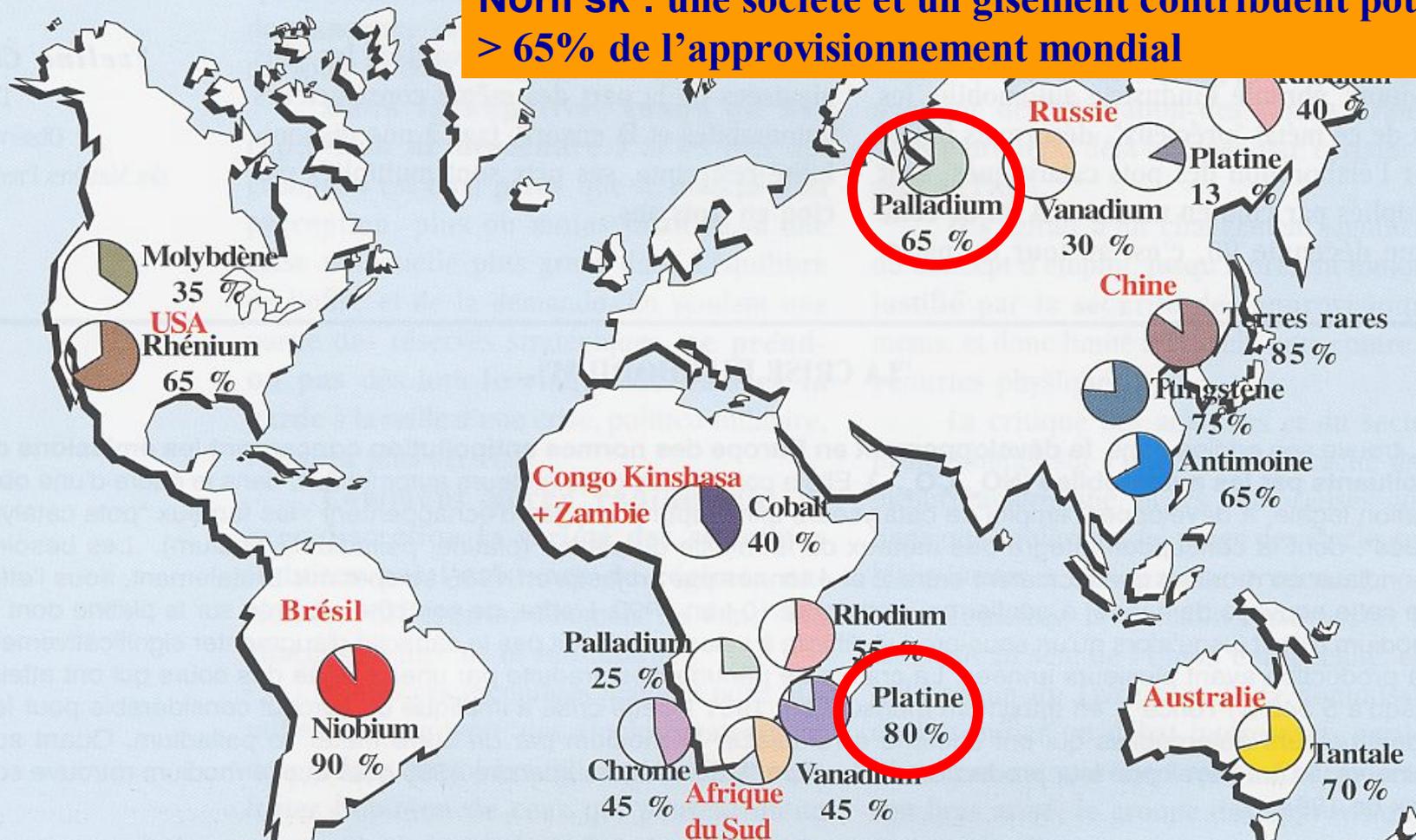
Adapazari (Turquie) - 1999



Effets induits :
Liquéfaction du sol

Géosciences au service de l'Humanité : Ressources minérales et économie

Noril'sk : une société et un gisement contribuent pour > 65% de l'approvisionnement mondial



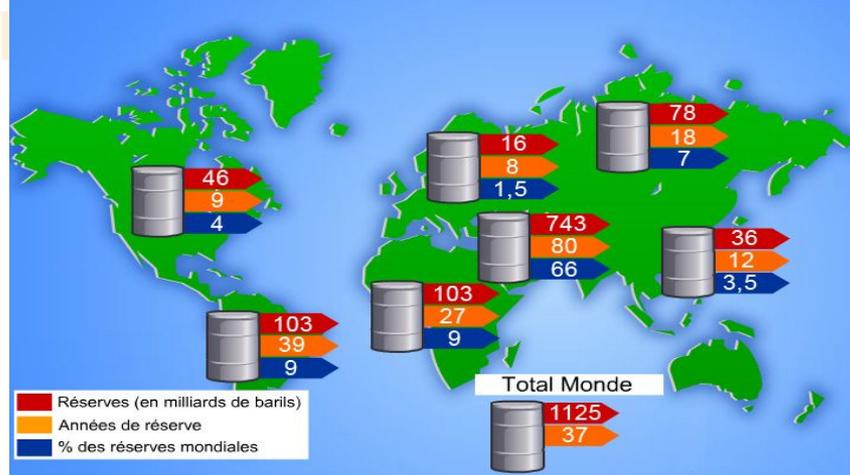
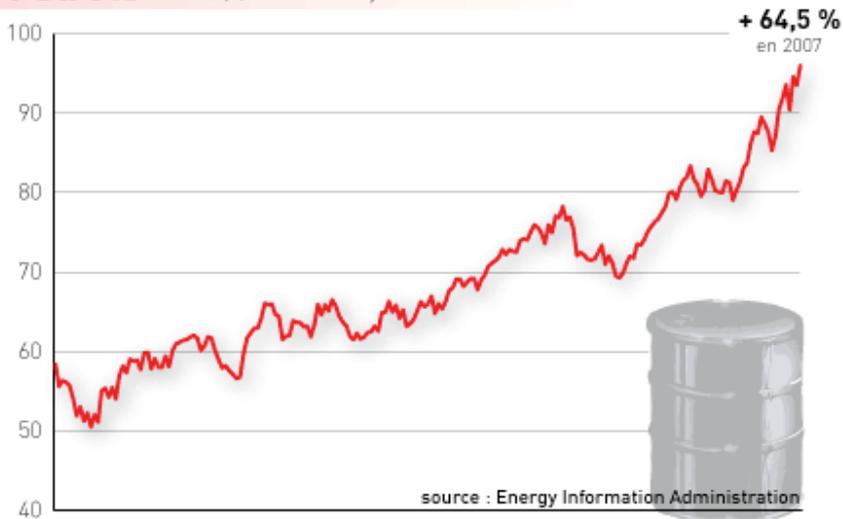
Afrique du Sud & “ Black Economic Empowerment ”

Mère Nature n'est pas Bonne Fille ... Distribution inégale des ressources !

Le prix des **matières premières** est en nette **augmentation** depuis le début de l'année. Le phénomène touche un éventail très **large de produits** : métaux, combustibles ou encore alimentation.

Ainsi, le pétrole a subi une hausse de près de 2/3 de son prix en moins d'un an, tout comme le blé. Le prix du plomb a plus que doublé, le lait a augmenté de 37 % aux Etats-Unis, et la courbe du prix de l'or a très nettement grimpé lors des trois derniers mois.

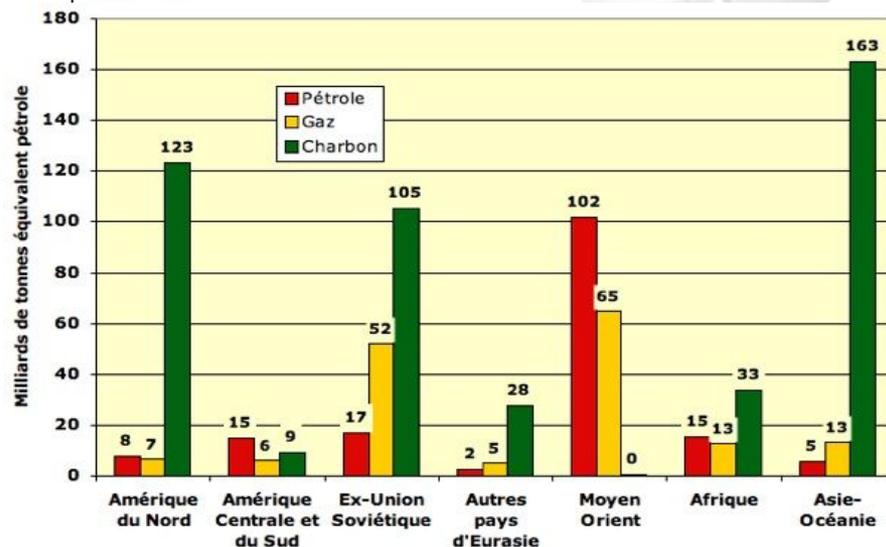
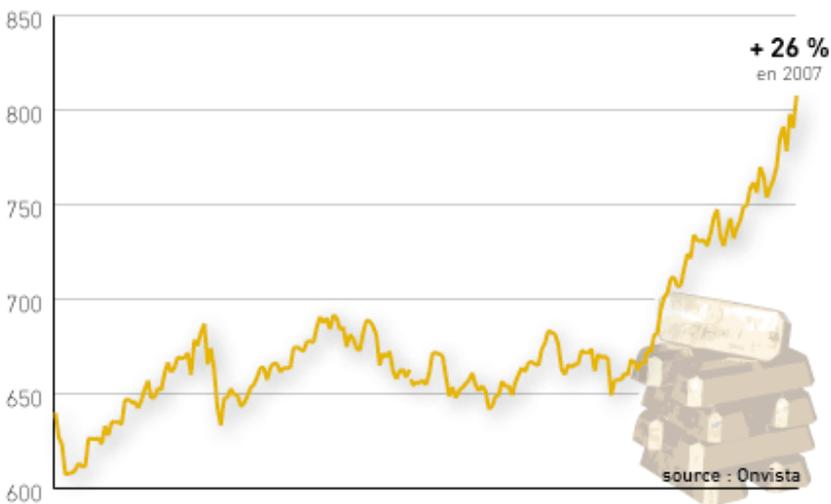
Pétrole en US\$ / baril du 1er janvier 2007 au 1er novembre 2007

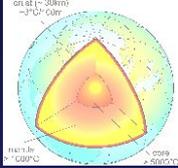


Plomb en US\$ / tonne du 1er janvier 2007 au 1er novembre 2007



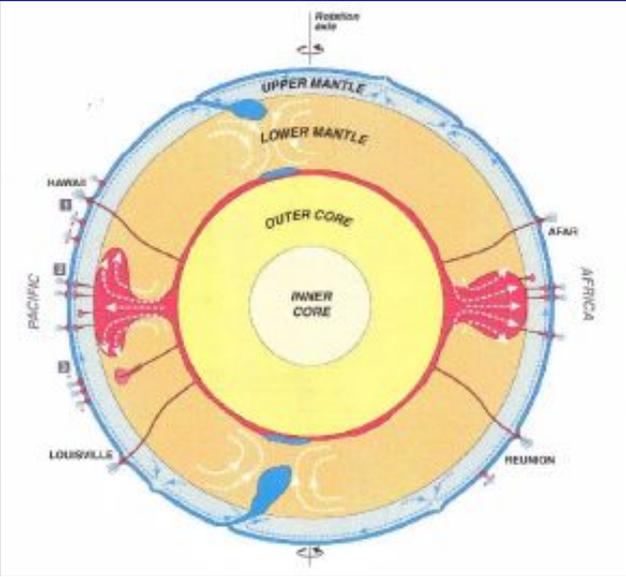
Or en US\$ / t. oz. (31,103g) du 1er janvier 2007 au 1er novembre 2007





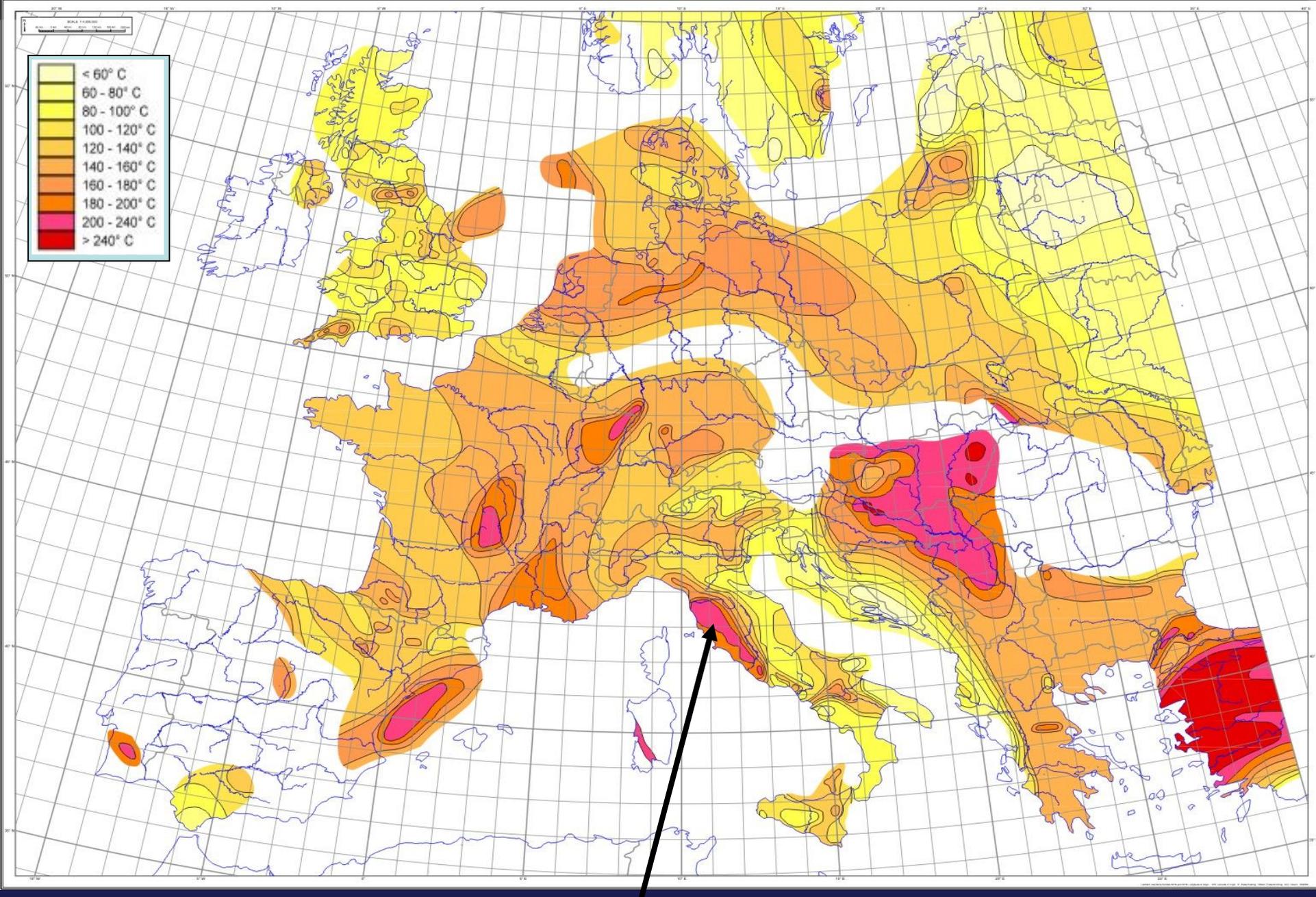
Géosciences au service de l'Humanité : Ressources énergétiques

- **Accroissement besoins énergétiques**
 - **Épuisement énergies fossiles + rejet de CO₂**
- **Nouvelles ressources non polluantes et renouvelables**



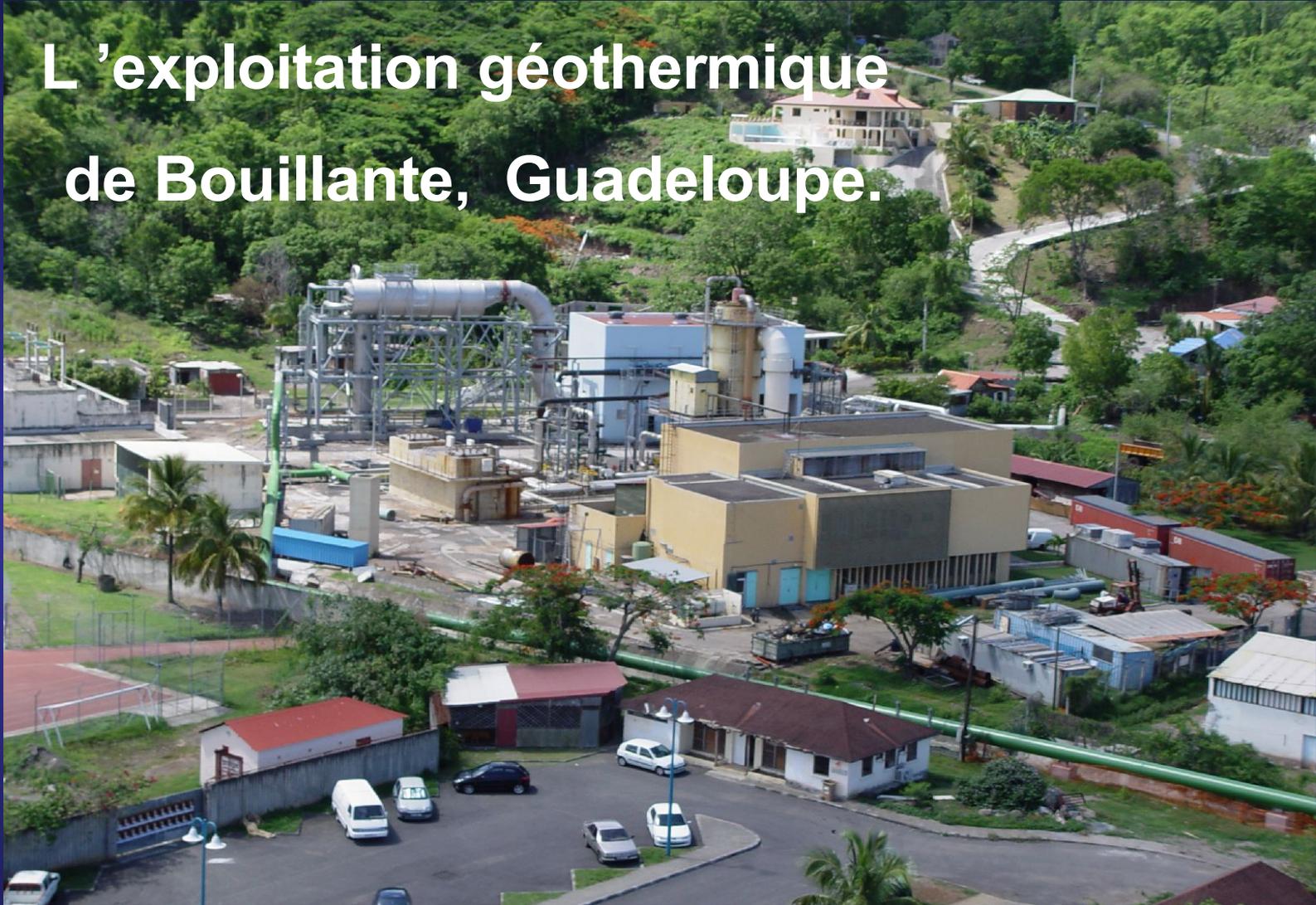
GÉOTHERMIE

99% globe > 1000°C

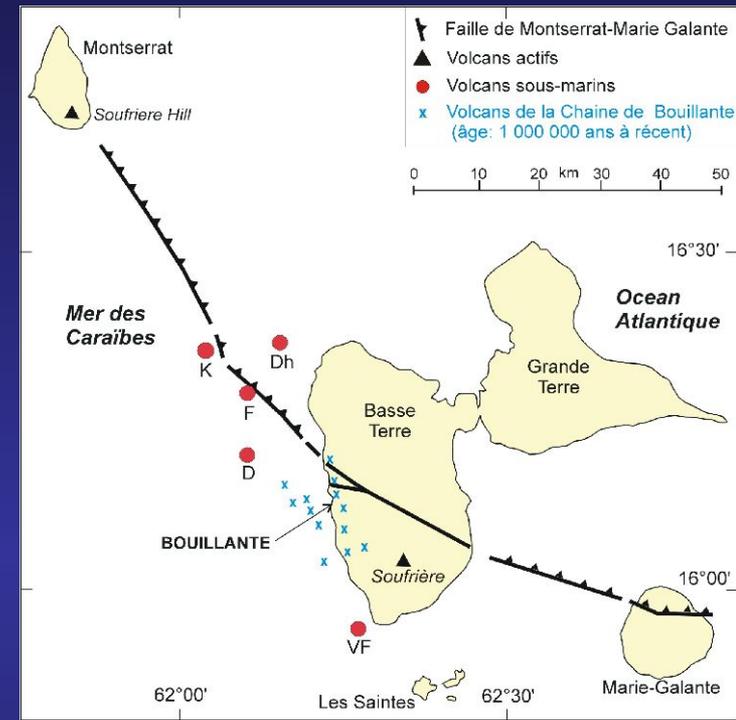
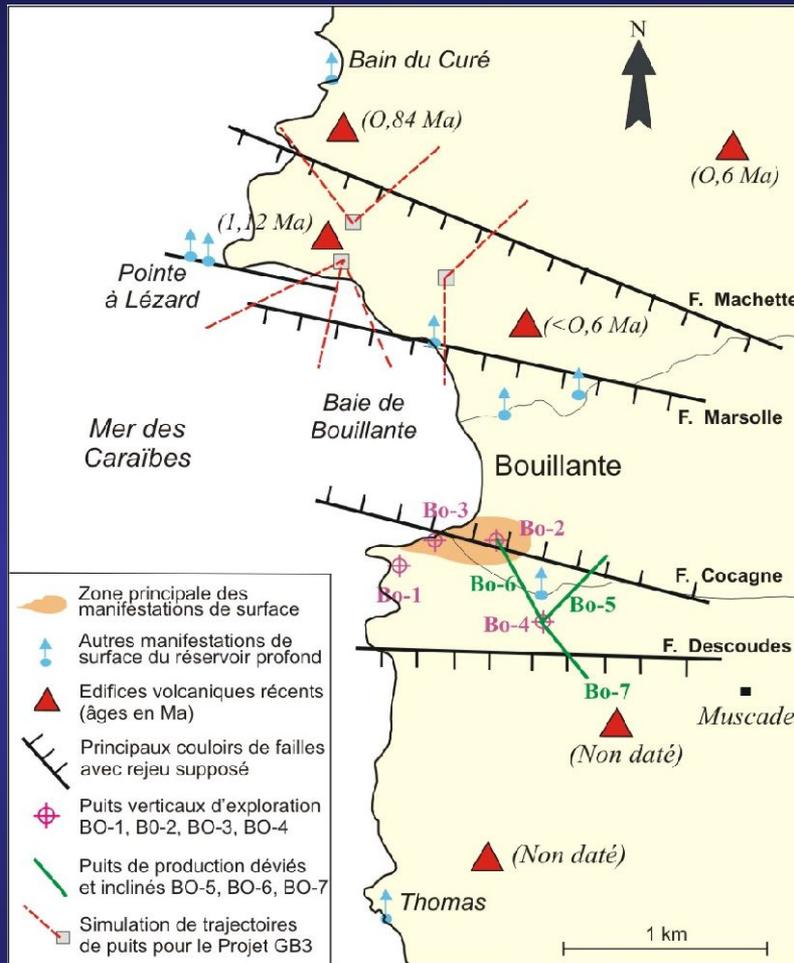


Géothermie : 30% des besoins énergétiques !

L 'exploitation géothermique de Bouillante, Guadeloupe.



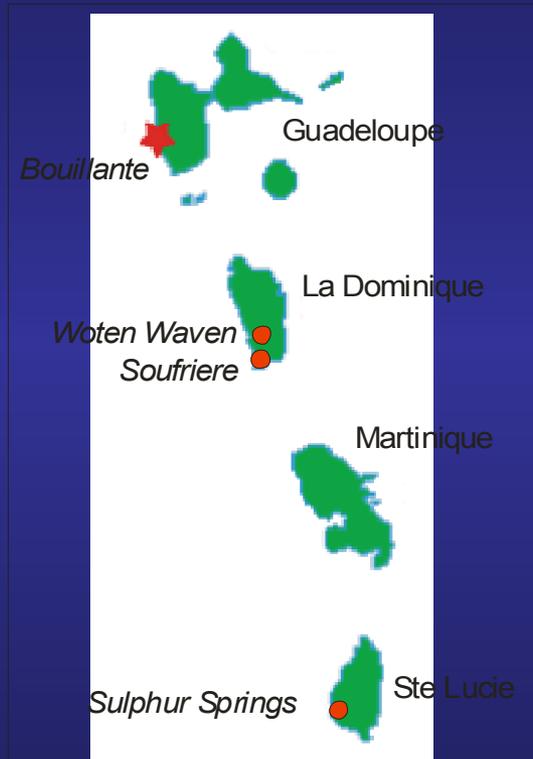
La problématique géothermale



**A l'échelle régionale :
une structure
tectonique majeure et
une chaîne volcanique
récente**

**A l'échelle locale :
l'extension du réservoir
géothermal de Bouillante**

Vers un pôle régional de développement de la géothermie dans la Caraïbe



⇒ proximité géographique

⇒ îles dépourvues de ressources énergétiques fossiles (pétrole, gaz, charbon)

⇒ îles dotées de ressources géothermiques

⇒ besoins en électricité croissants dans la Caraïbe (7-10% par an)

⇒ exemple réussi de l'exploitation géothermique de Bouillante



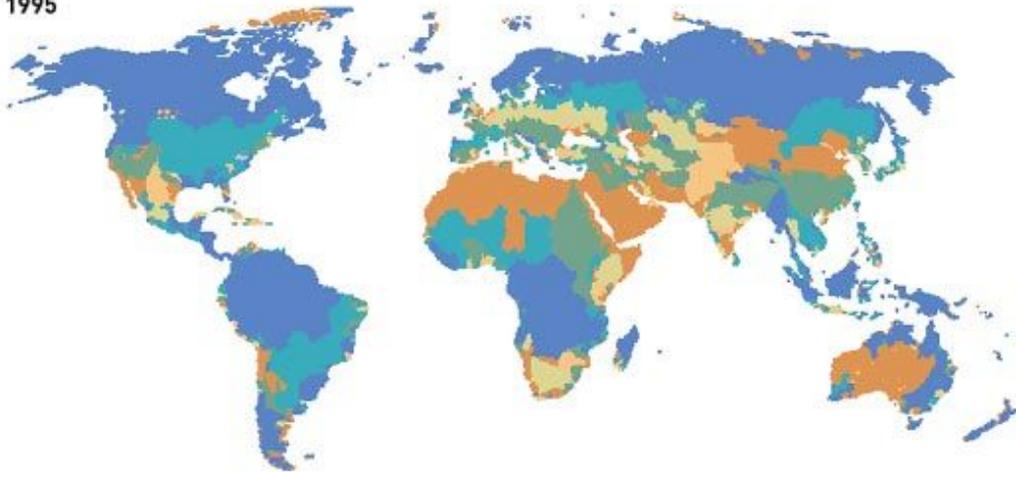
⇒ possibilités de connections inter-îles par câbles sous-marins

Pôle régional de développement de la géothermie à partir de la Guadeloupe qui pourrait jouer un rôle de leader industriel et valoriser son savoir-faire en matière de :

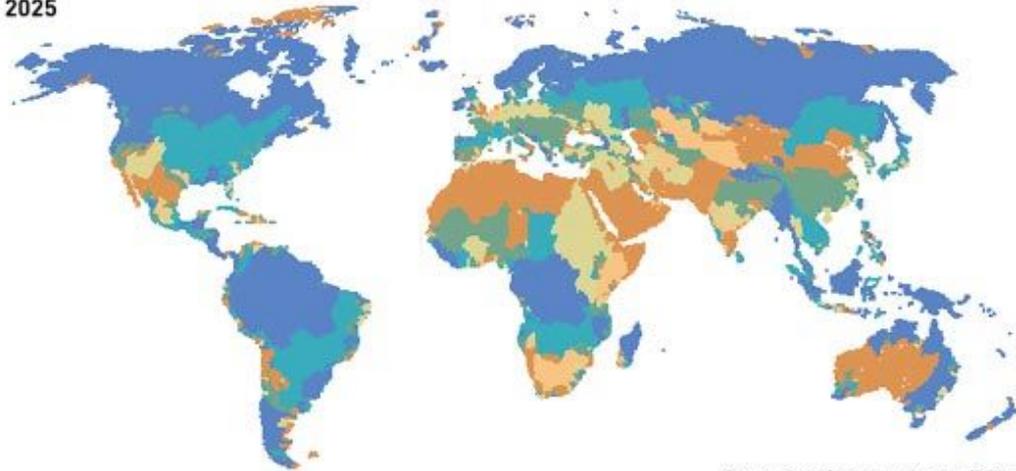
- développement industriel
- maîtrise technique et scientifique
- développement éco-touristique

Ressources en eau douce renouvelables

1995

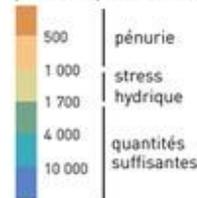


2025



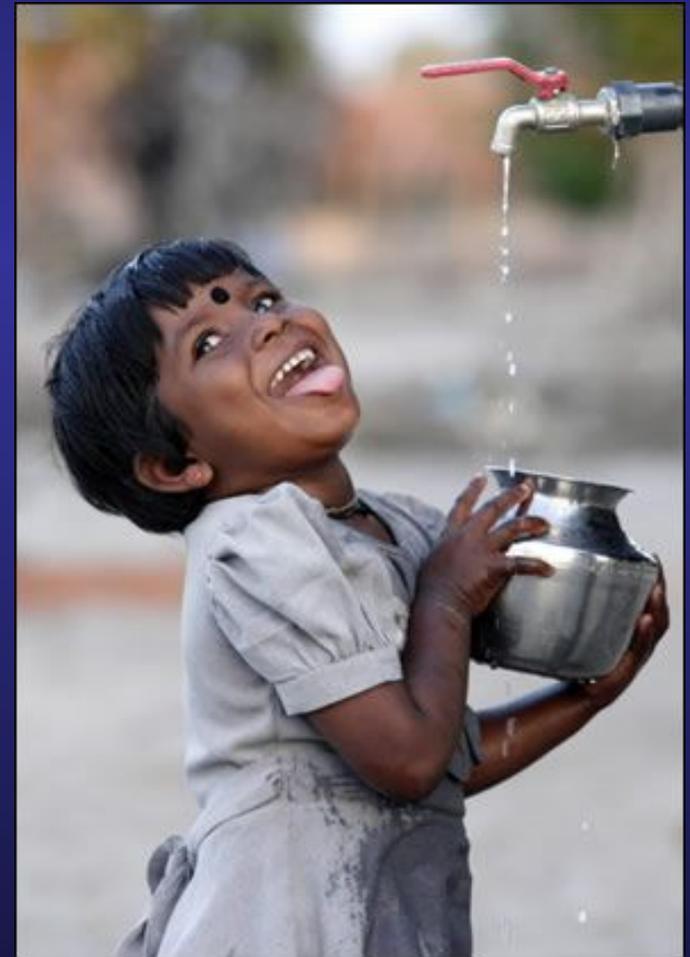
Source : PNUE/Vital Water Graphics/GRID

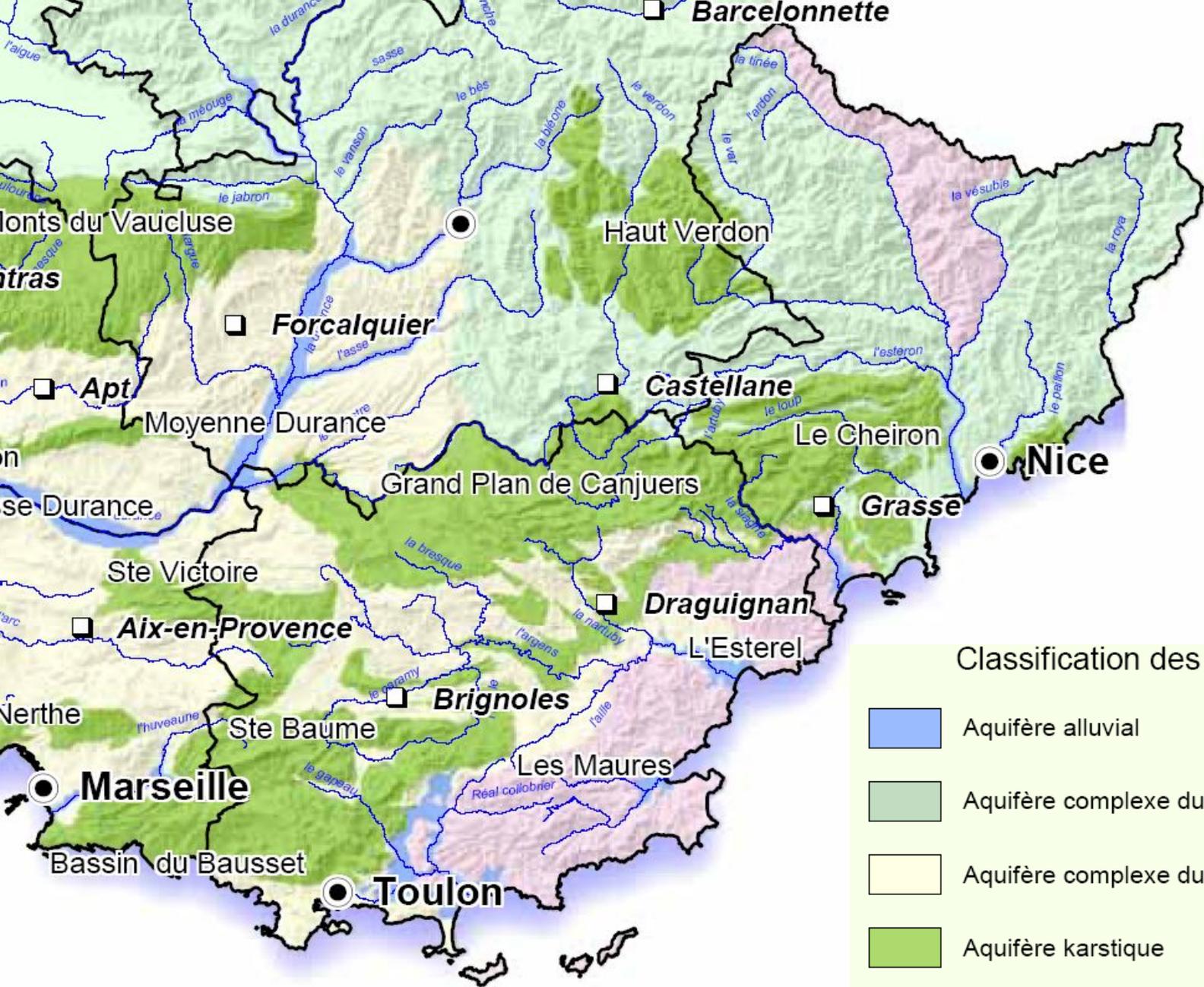
Volume renouvelable annuel par personne par bassin fluvial (m³)



Géosciences au service de l'Humanité : les ressources

Ressource en eau : Mère Nature n'est pas Bonne Fille, ... c'est même une vraie ⚡☁⚡



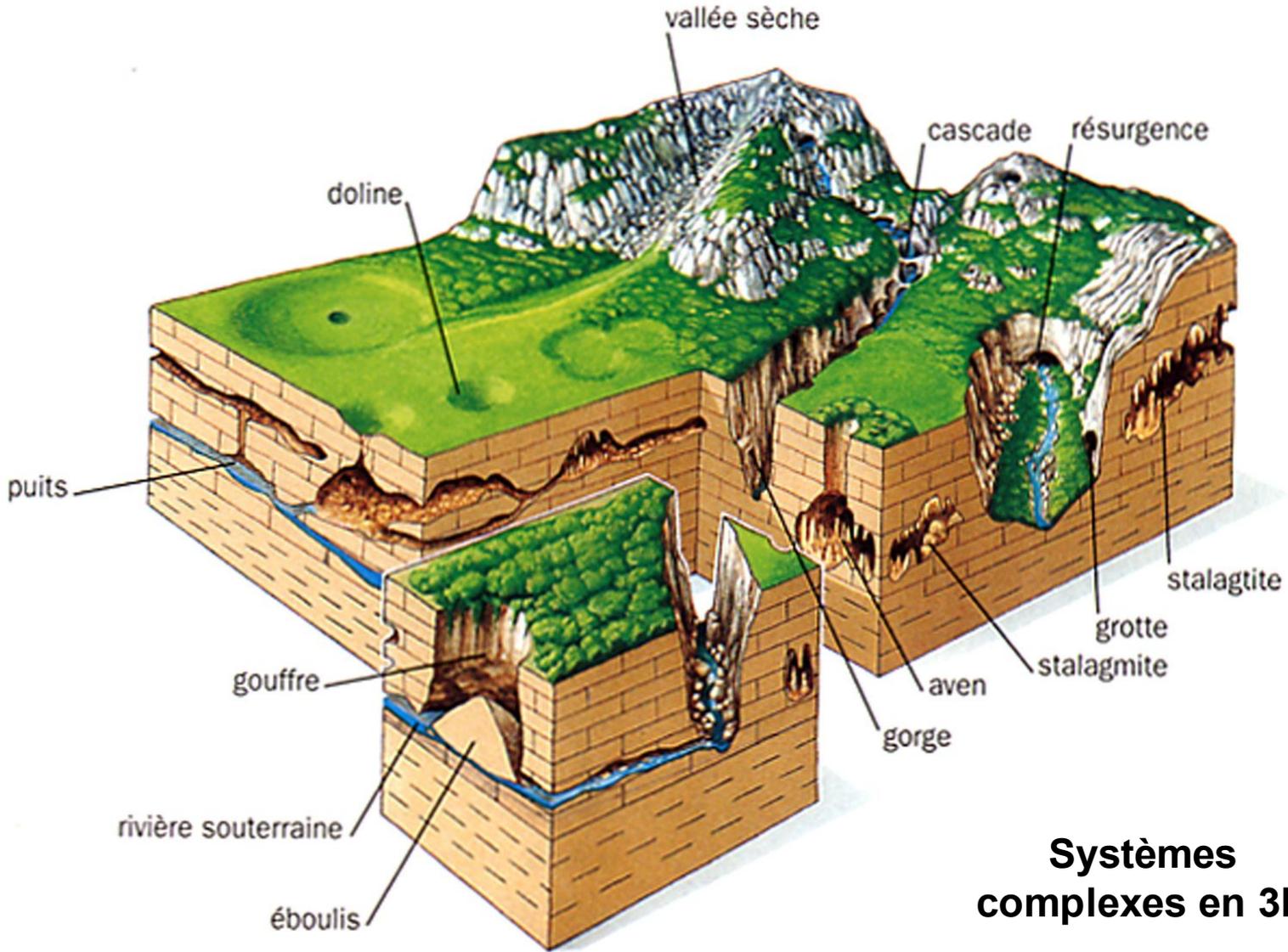


Direction Régionale de l'Environnement
PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

Classification des aquifères

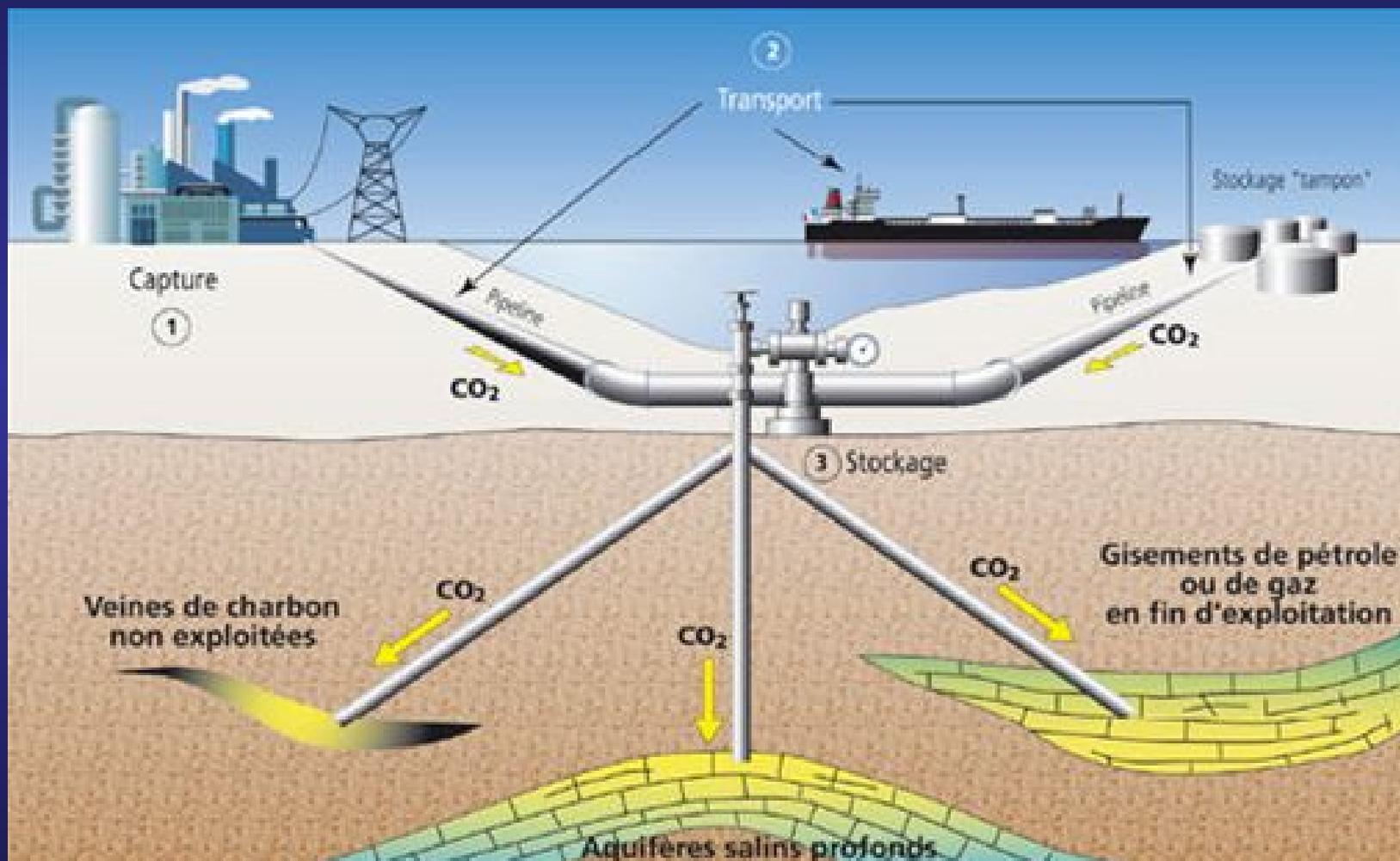
- Aquifère alluvial
- Aquifère complexe du domaine alpin
- Aquifère complexe du domaine Provençal
- Aquifère karstique
- Aquifère de socle

karsts : réseaux de galeries souterraines parcourues par des rivières

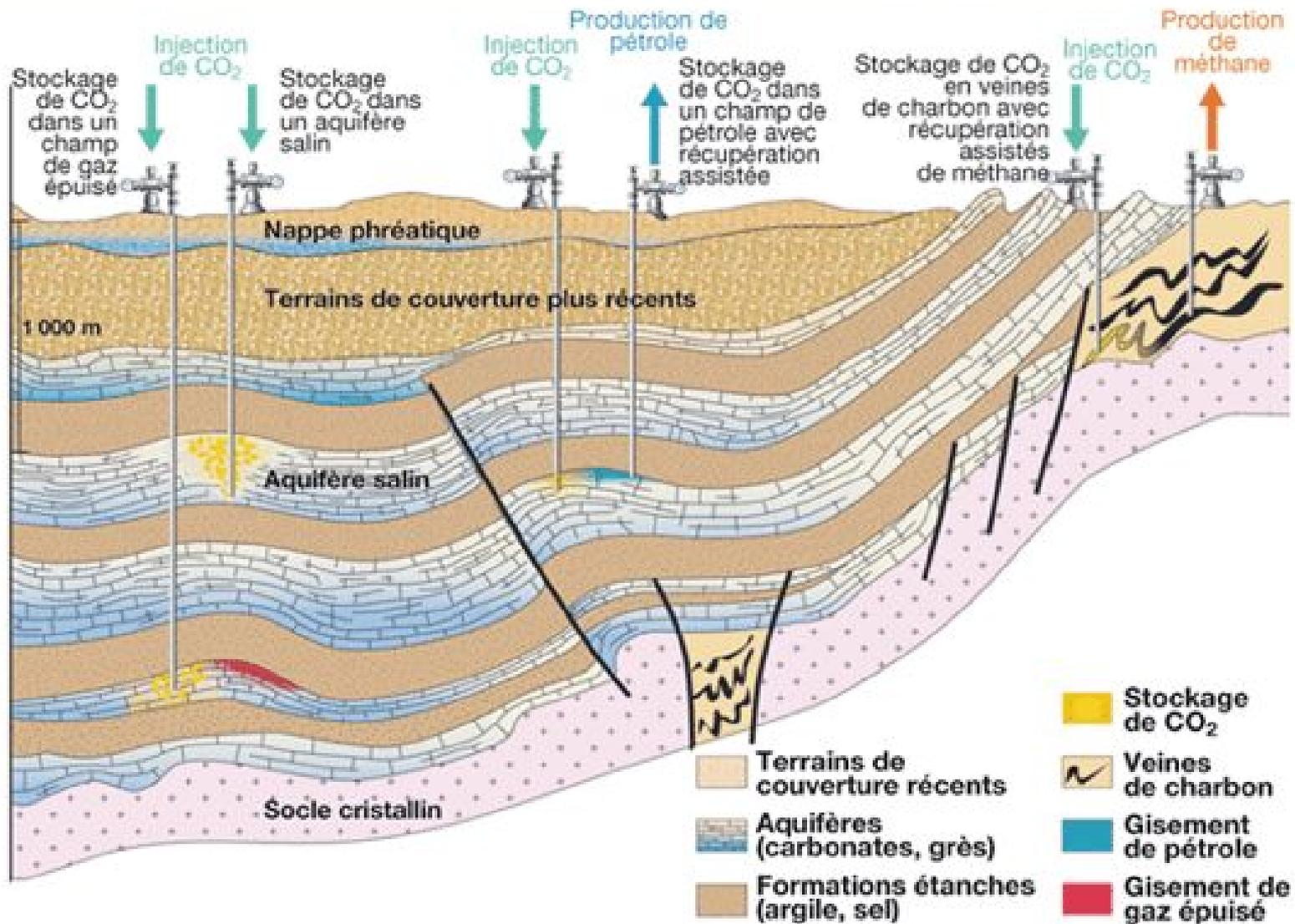


Systemes complexes en 3D

Géosciences au service de l'Humanité : Stockage et inertage des déchets. Exemple du CO₂



Les différents types de stockage géologique



**Modèles géologiques 3D
de haute résolution**

Source : brochure IFP-Ademe-BRGM, et copyright BRGM-im@gé

Enjeux pédagogiques :

Géosciences doivent devenir opérationnelles



Un **géologue** aujourd'hui doit apprendre à aborder les objets géologiques de différentes façons en même temps:

Avant tout être capable de **décrire les objets en 4D** (terrain, géophysique...) : *très haute résolution locale.*

Etre capable de **modéliser la géométrie** de ces objets

Etre capable de **modéliser le comportement** de ces objets (par exemple modéliser le fonctionnement d'un aquifère, d'une faille ou d'un gîte métallifère)

Etre capable de **prendre une décision** d'exploitation / protection /prévention ou de fournir au décideur les moyens de prendre cette décision

Géosciences au service de l'Humanité: Enjeux pédagogiques (Education au Développement Durable)

Géosciences: Au cœur des thématiques « phares » du Développement Durable (risques, ressources, déchets, pollution,...)

Géosciences et EDD: Communauté d'objets et de concepts.

- Changements d'échelles spatiales et temporelles.
- Notion de « temps longs ».
- Systèmes complexes : hétérogènes et non linéaires.

**Penser
globalement,**

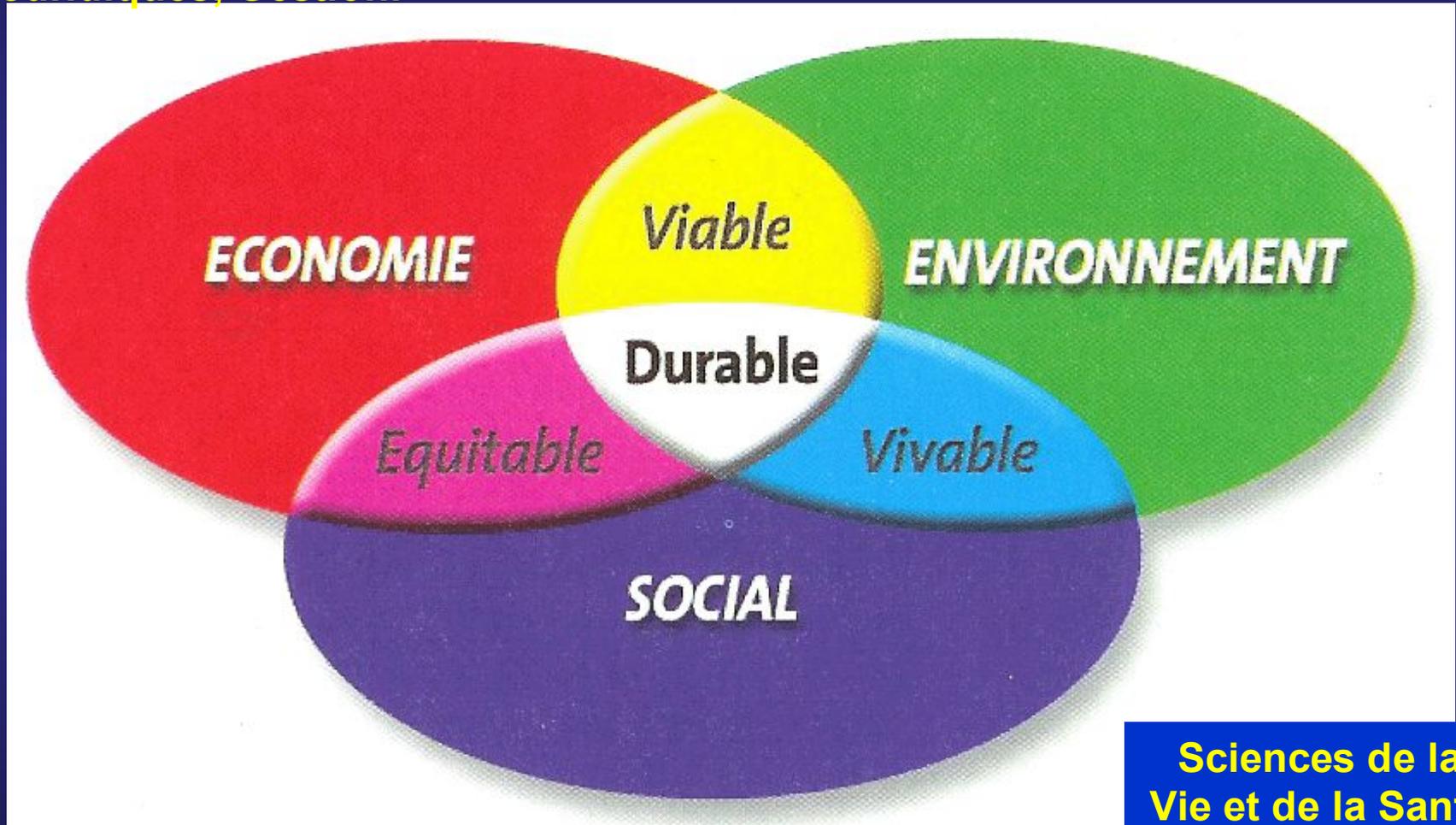
**Agir
localement**



Les Géosciences et les autres ... En réalité, les Sciences de l'Environnement n'existent pas ..!

Sciences Economiques,
Juridiques; Gestion.

Géosciences; Physique; Chimie.



Sciences de la
Vie et de la Santé

Sciences Humaines et Sociales

Enjeux pédagogiques

- **Etre fort et exigeant sur les fondamentaux disciplinaires (et donc bien les définir pour bien les enseigner!!).**
- **Réussir l'interdisciplinarité :**
Mettre en place le croisement des sciences.

