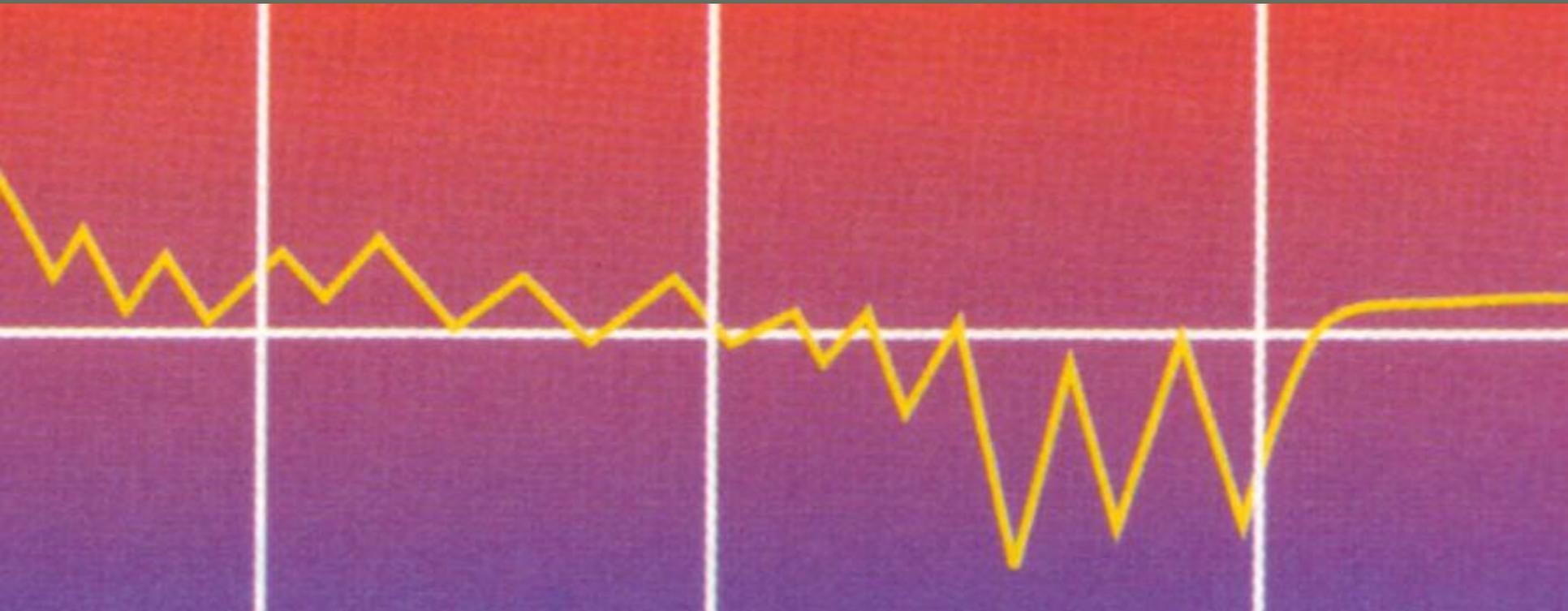


# Les variations climatiques du Quaternaire



# Les variations climatiques au Quaternaire

- I. Les intérêts de cette étude
- II. Les indices des variations climatiques
- III. La nature des variations climatiques
- IV. Les causes des variations climatiques
- V. Les conséquences sur le niveau marin

# I . Intérêts de l'étude des variations climatiques au Quaternaire ?

**Le réchauffement climatique  
: une préoccupation et un thème très médiatique !**

**L'effet de serre**

**DOSSIER**

**L'EUROPE  
SE RÉCHAUFFE**

**Le risque  
climatique**

**L'EFFET DES ACTIVITÉS  
HUMAINES**

## Des interrogations

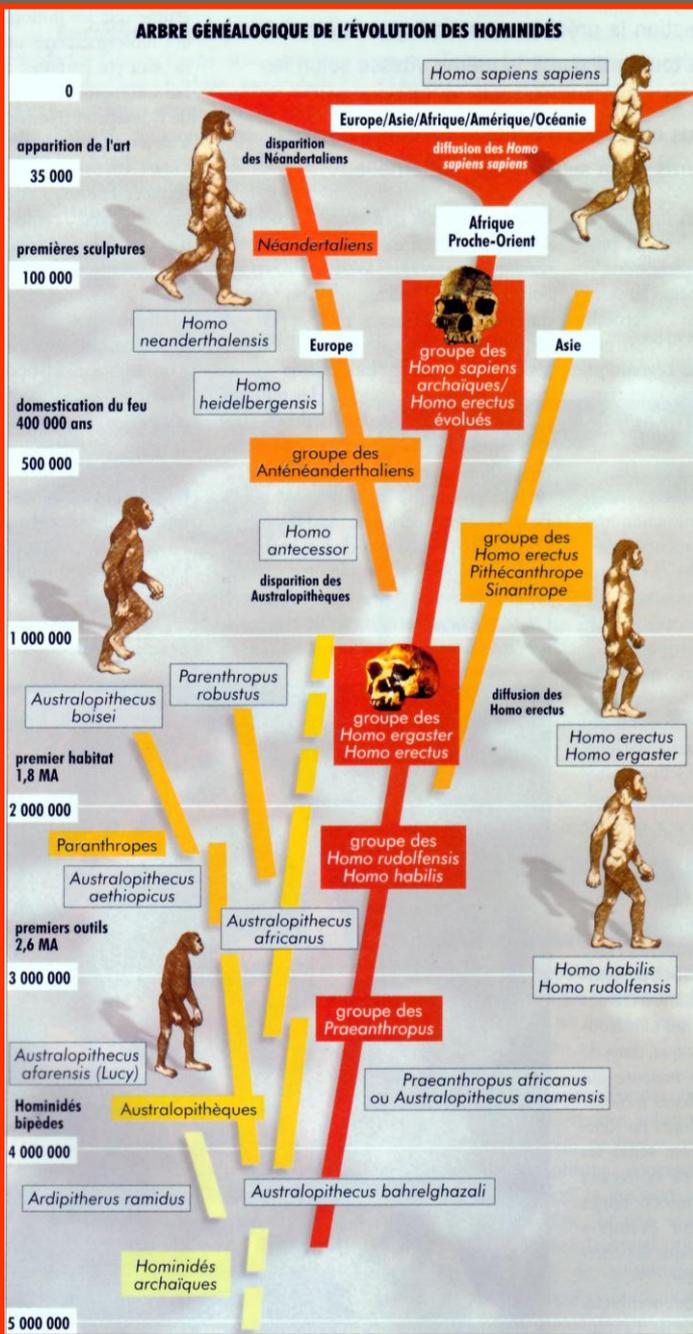
La fréquence des « accidents climatiques » va-t-elle augmenter ?

Le réchauffement climatique va-t-il se poursuivre et s'amplifier ?

Quelle est la part des activités humaines dans le réchauffement climatique ?

## Des éléments de réponses avec l'étude des climats du passé

L'étude des variations climatiques du passé peut nous permettre de mieux comprendre les mécanismes des modifications climatiques actuelles et futures.



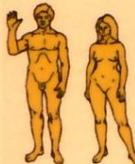
# Le Quaternaire :

Une période marquée par l'évolution du genre Homo et de nombreuses glaciations



# Le Quaternaire dans l'échelle des temps géologiques

CENOZOÏQUE (QUATERNAIRE)	HOLOCENE	10 000 ans	{ HOMME MODERNE HOMME DE NEANDERTHAL	
	PLEISTOCENE	1,87 M.A.	<i>PERIODE GLACIAIRE</i> HOMO ERECTUS	
	NEOGENE	3 M.A.	{ AUSTRALOPITHEQUE HOMO HABILIS	
		5 M.A.	PRE-AUSTRALOPITHEQUES	
CENOZOÏQUE (TERTIAIRE)	PALEOGENE	23 M.A.	Premiers SINGES	
		40 M.A.		
	50 M.A.	{ Premiers CHEVAUX (HYRACOTHERIUM) Prolifération des MAMMIFERES		
	60 M.A.	Premiers PRIMATES		
	65 M.A.	Disparition des derniers DINOSAURES, de nombreux REPTILES, des AMMONITES, et de nombreux INVERTEBRES		
MESOZOÏQUE (SECONDAIRE)	CRETACE	100 M.A.	Premiers SERPENTS	
	JURASSIQUE	135 M.A.	{ Premières PLANTES à FLEURS et à FRUITS Premiers MAMMIFERES MARSUPIAUX et PLACENTAIRES	
		140 M.A.	Premiers OISEAUX	
	TRIAS	180 M.A.	Premiers LEZARDS	
205 M.A. 210 M.A. 220 M.A.		{ Premiers CROCODILES Premiers DINOSAURES Premiers MAMMIFERES		
PALEOZOÏQUE (PRIMAIRE)	PERMIEN	250 M.A.	Disparition des TRILOBITES, de nombreux groupes d'INVERTEBRES, de POISSONS, d'AMPHIBIENS...	
	CARBONIFERE	275 M.A. 295 M.A.	<i>PERIODE GLACIAIRE</i> Premiers SAUROPSIDES (ancêtres des REPTILES) Premiers SYNAPSIDES (ancêtres des MAMMIFERES)	
		330 M.A.	Premières PLANTES à "GRAINES" (FOUGERES, CONIFERES) Premiers ARTHROPODES VOLANTS (INSECTES)	
	DEVONNIEN	365 M.A. 370 M.A.	Premiers VERTEBRES TETRAPODES (AMPHIBIENS) Premiers ancêtres des AMMONITES	
	SILURIEN	400 M.A. 408 M.A. 430 M.A.	{ Premiers POISSONS à mâchoires, Premières PLANTES VASCULAIRES Premiers ARTHROPODES terrestres	
PRECAMBRIEN	ORDOVICIEN	435 M.A.	<i>PERIODE GLACIAIRE</i>	
	CAMBRIEN	470 M.A. 500 M.A.	{ Premiers VEGETAUX terrestres (MOUSSES) Premiers VERTEBRES (POISSONS sans mâchoires)	
		530 M.A.	Premiers INVERTEBRES calcifiés (EPONGES, CORAUX...) et à carapaces (TRILOBITES, COQUILLAGES...)	
	PROTEROZOÏQUE	600 M.A.	Premiers INVERTEBRES mous (VERS, MEDUSES)	
PRECAMBRIEN	ARCHEEN	2.100 M.A. 2.500 M.A.	Premières CELLULES (EUCARYOTES)	
		3.500 M.A. 4.500 M.A.	Organisation de la VIE (premières BACTERIES et "ALGUES BLEUES" - STROMATOLITHES) Formation de la TERRE	

CENOZOÏQUE (QUATERNAIRE)	HOLOCENE	10 000 ans	{ HOMME MODERNE HOMME DE NEANDERTHAL	
	PLEISTOCENE	1,87 M.A.	<i>PERIODE GLACIAIRE</i> HOMO ERECTUS	
	NEOGENE	3 M.A.	{ AUSTRALOPITHEQUE HOMO HABILIS	
		5 M.A.	PRE-AUSTRALOPITHEQUES	
CENOZOÏQUE (TERTIAIRE)	PALEOGENE	23 M.A.	Premiers SINGES	
		40 M.A.		
	50 M.A.	{ Premiers CHEVAUX (HYRACOTHERIUM) Prolifération des MAMMIFERES		
	60 M.A.	Premiers PRIMATES		
	65 M.A.	Disparition des derniers DINOSAURES, de nombreux REPTILES,		

# Climat, climatologie, météorologie

**Climat** : ensemble des états de l'atmosphère (température, vents, précipitations, ensoleillement, humidité, etc.) en un lieu donné ou sur le globe tout entier, et sur une période donnée.



**Climatologie** : science des climats.

Elle a pour objet , la reconstitution de l' **histoire climatique** du globe, la recherche de ses **causes** et la prévision des grandes évolutions à venir .

**Météorologie** : science du climat appliquée à la **prévision du temps**.

# Les variations climatiques au Quaternaire

- I. Les intérêts de cette étude
- II. Les indices des variations climatiques
- III. La nature des variations climatiques
- IV. Les causes des variations climatiques
- V. Les conséquences sur le niveau marin

## **II. Des indices des variations climatiques**

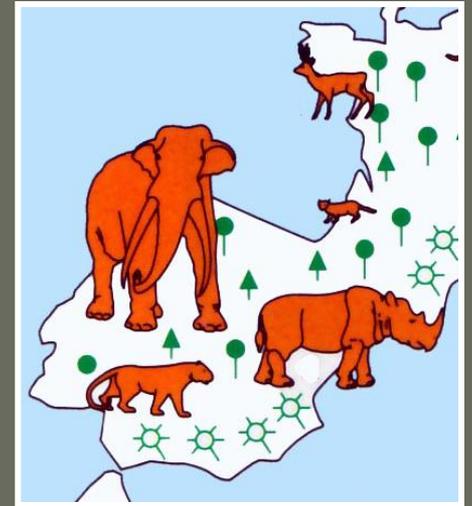
### **1. L'idée de variations climatiques dans le passé**

# L'idée émerge au XVIIIe siècle



XVIIIe siècle : Buffon et autres paléontologues

→ des animaux de climat chaud, tels les éléphants et les rhinocéros, vivaient autrefois en Europe et au Canada,



XVIIIe siècle : Naturalistes et géologues

→ présence, dans le Jura et les Alpes, de blocs de pierre géants, des blocs erratiques, transportés et déposés par de gigantesques glaciers.



# Une observation « actuelle » : La Grotte Cosquer

( 1945 – Henri Cosquer- Près de Marseille )



**Niveau de l'entrée de la grotte :**

actuel : - 37 m / mer ;  
à – 18 500 ans : + 112 m

**Gravures et peintures de 18 500 à 28 000 ans**

( Chevaux, phoques, Bouquetins, Chamois,  
pingouins, ... )



# I . Des indices des variations climatiques

1. L'idée de variations climatiques dans le passé.
2. Les indices géologiques des anciennes glaciations.
3. Les archives climatiques des glaces polaires.
4. Les foraminifères des sédiments marins.
5. Les paléoflores et paléofaunes.
6. La dendrochronologie.
7. Les indices historiques
8. Les données récentes des thermomètres

## **II. Des indices des variations climatiques**

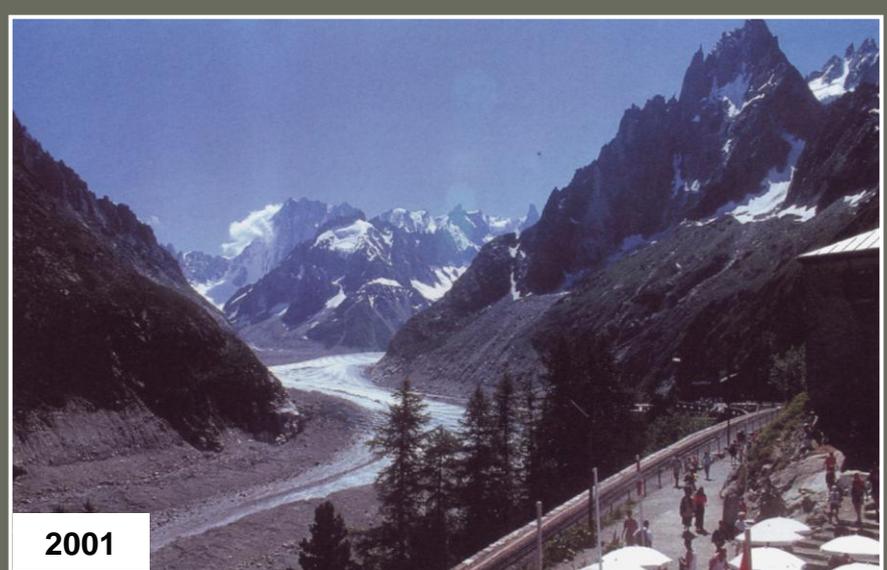
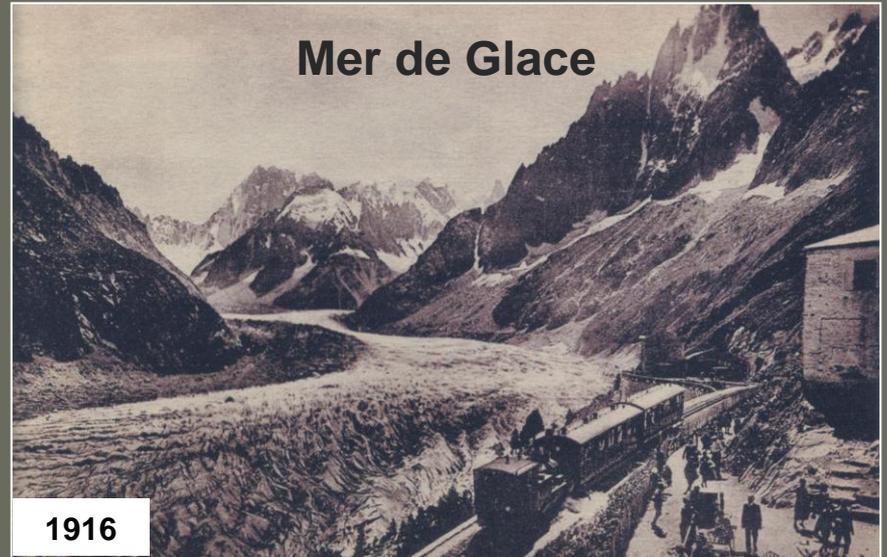
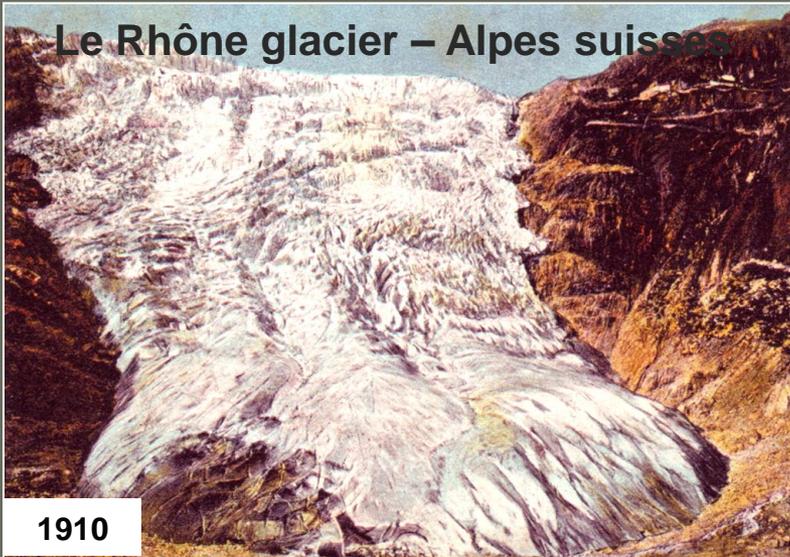
### **2. Les indices géologiques d'anciennes glaciations.**

# Les glaciers actuels : de bons indicateurs des conditions climatiques

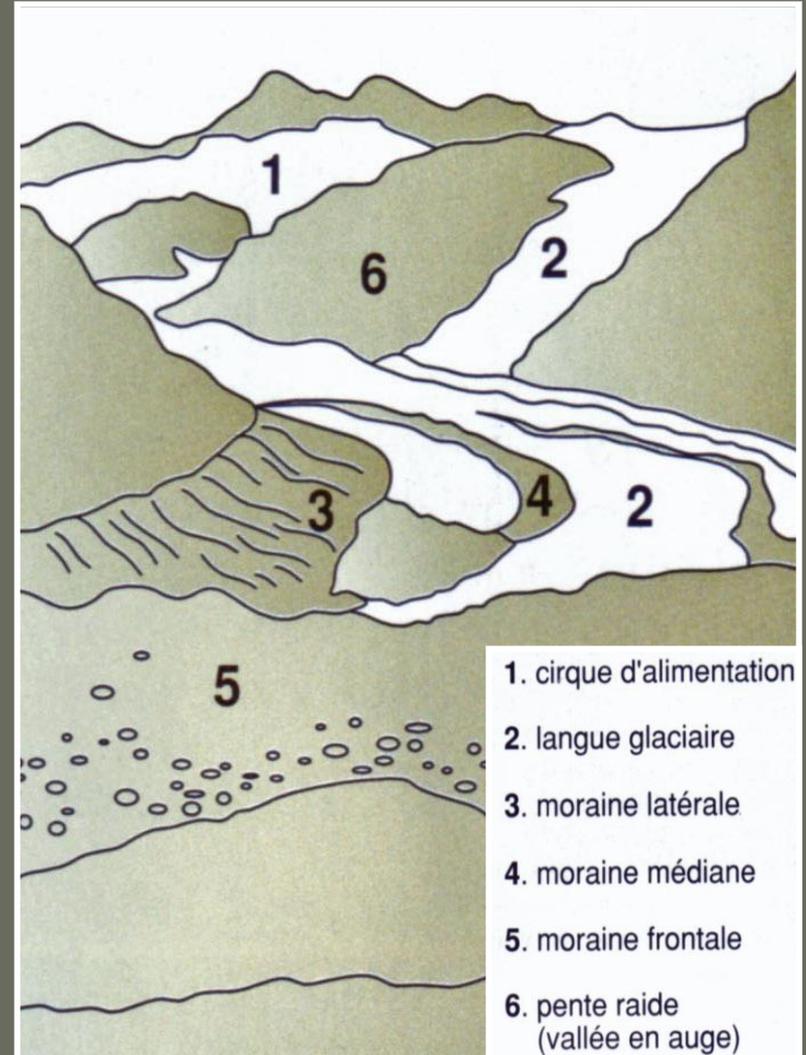
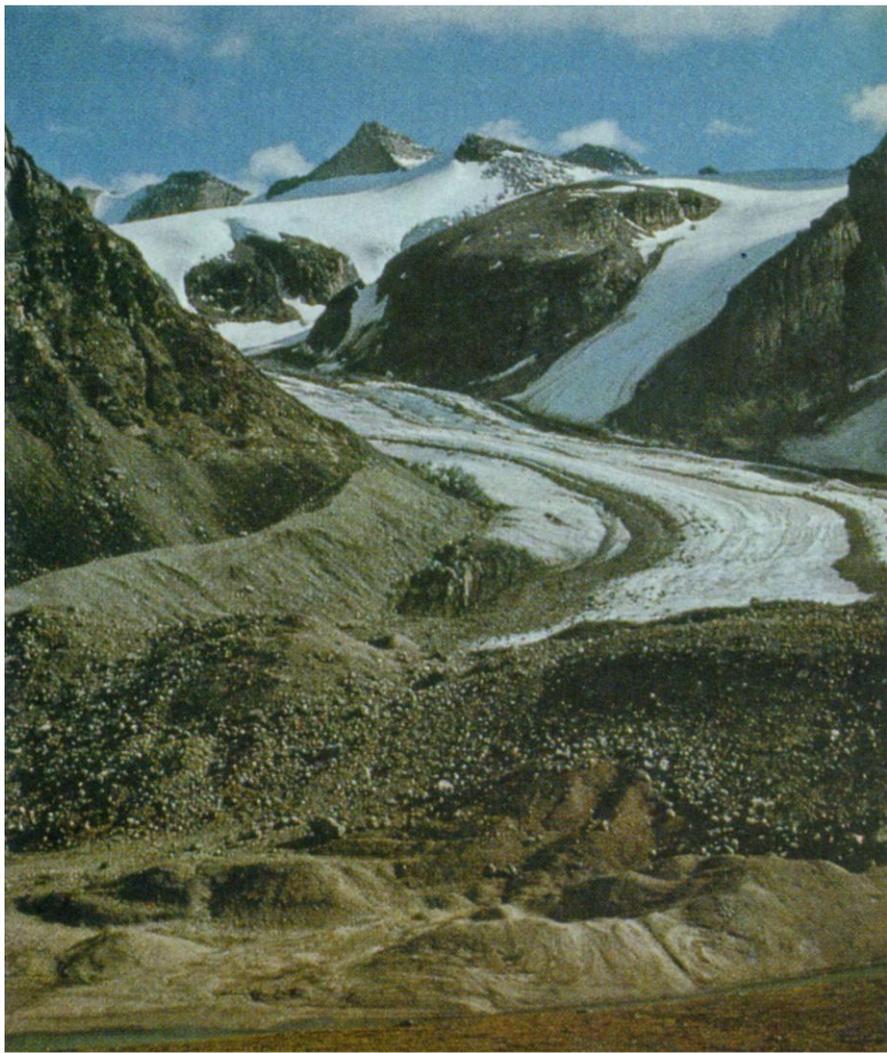
Inlandsis des régions polaires et glaciers des vallées montagneuses



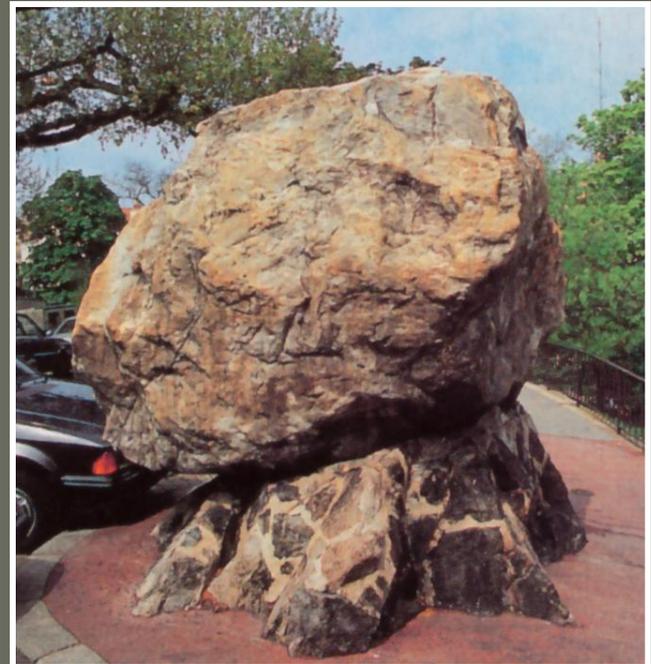
# Évolution de 2 glaciers alpins depuis une centaine d'années



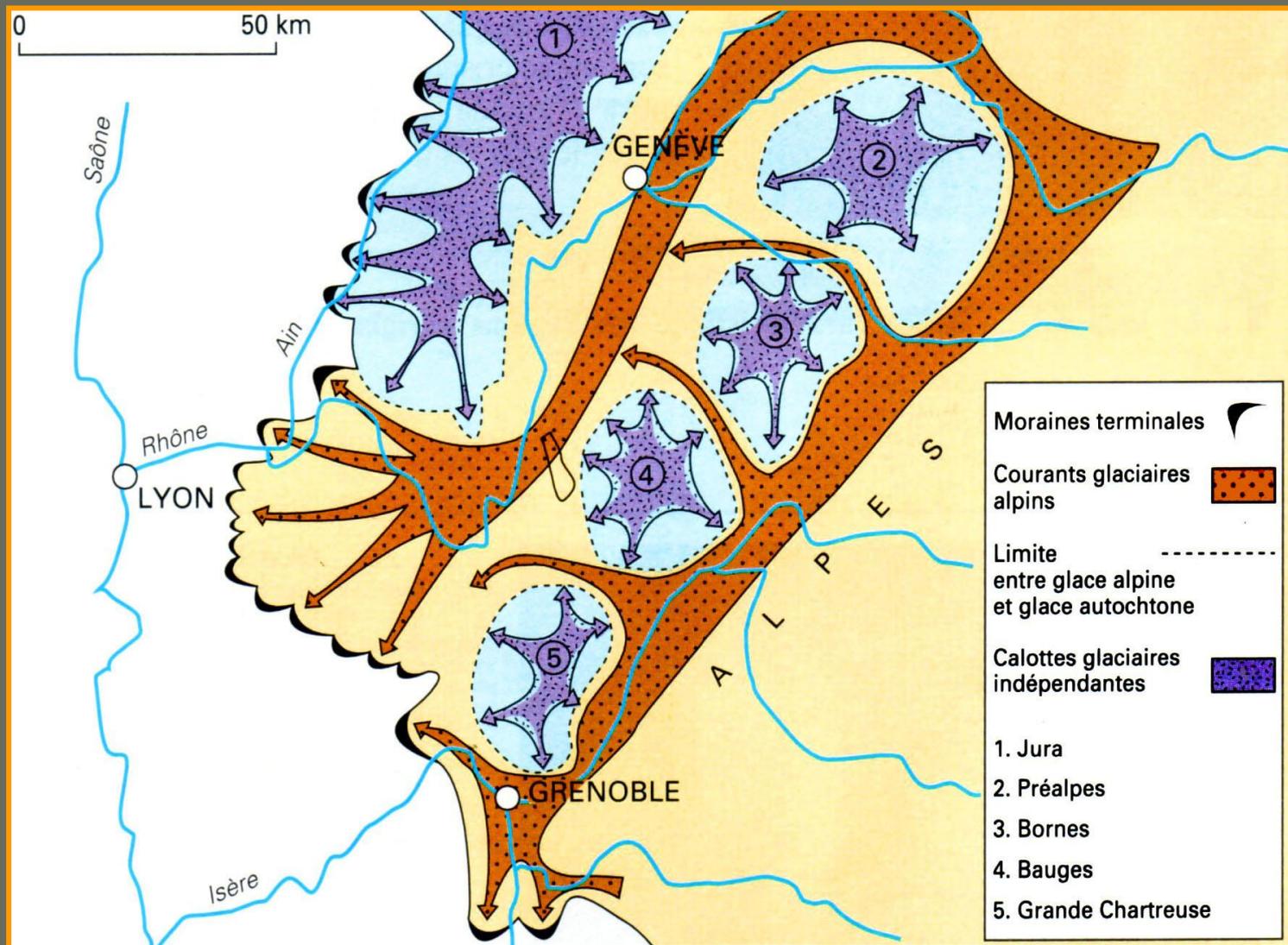
# Les glaciers des vallées montagneuses : des agents d'érosion , de transport et de sédimentation



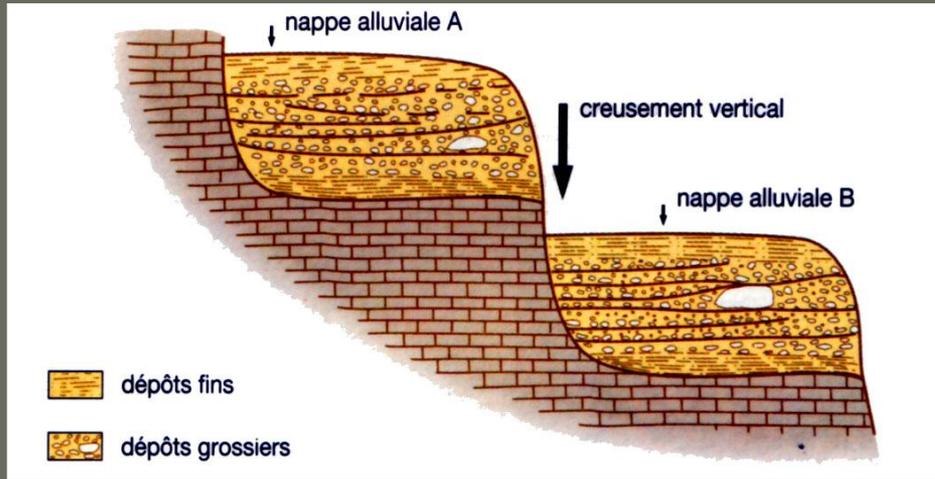
# Les glaciers laissent des traces



# Reconstitution de l'extension des glaces lors d'une glaciation du Quaternaire



# Les terrasses fluviales : des marqueurs climatiques



STRATIGRAPHIE	INTERPRÉTATION CLIMATIQUE	
	froid	tempéré
nappe B		GLACIAIRE
creusement vertical		INTERGLACIAIRE
nappe A		GLACIAIRE

## En période froide , glaciaire :

l'eau des précipitations est bloquée sous forme de glace , le débit du cours d'eau est faible , les parties amont s'entassent sous les sédiments.

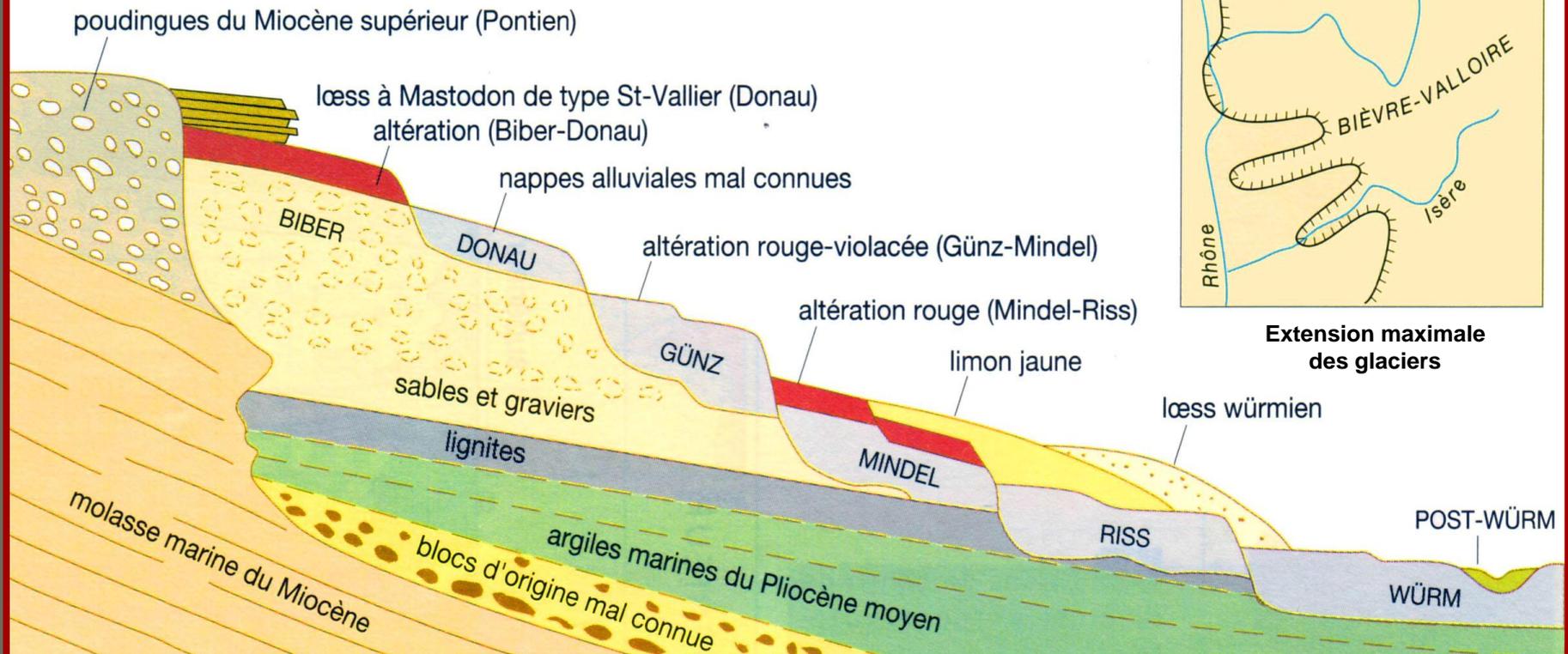
## En période chaude ,interglaciaire:

l'augmentation du débit du fleuve est responsable d'une reprise de l'érosion qui creuse la vallée.

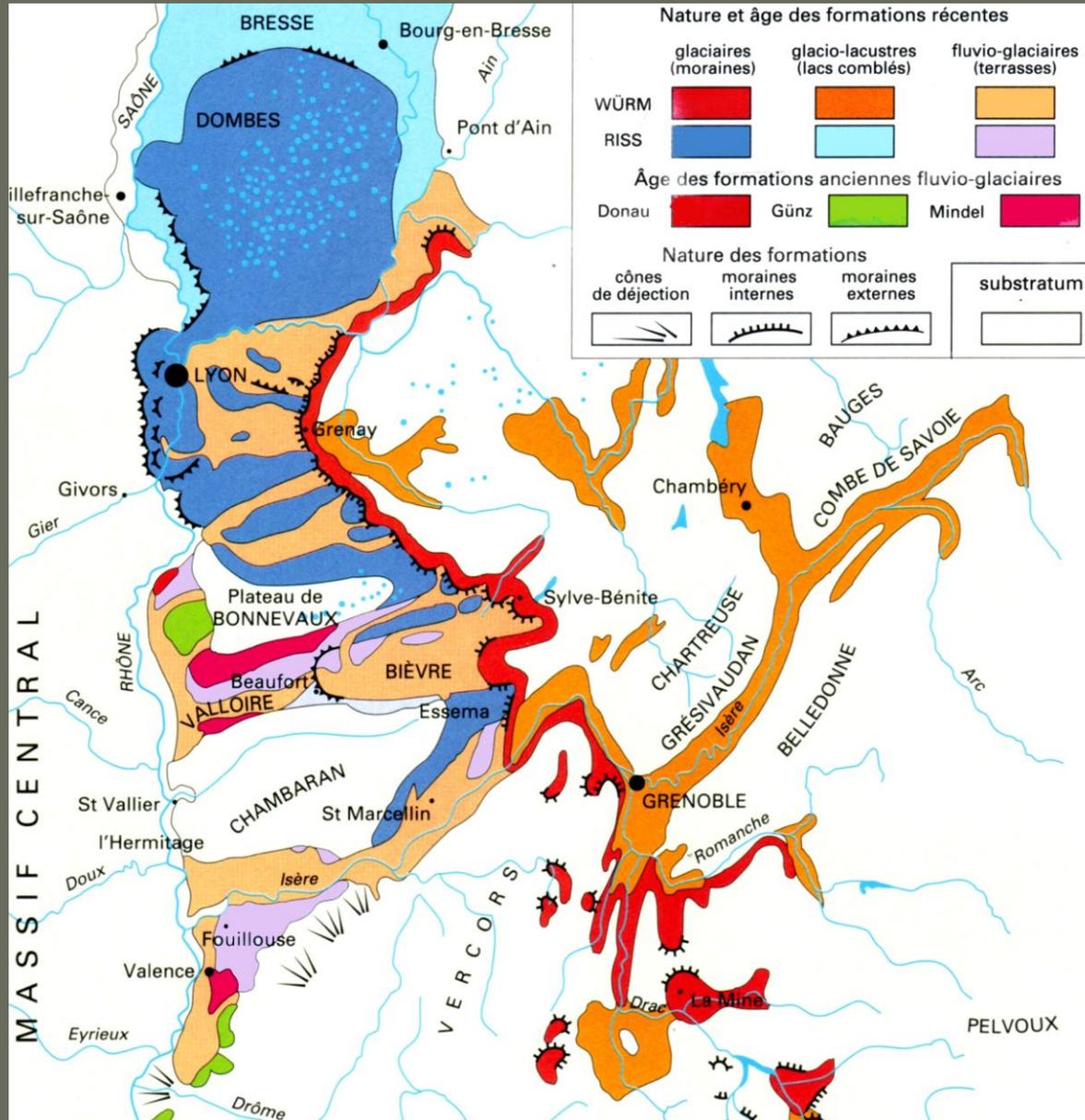
# Emboîtement de dépôts fluvio-glaciaires dans la vallée de la Bièvre-Valloire

Dépôts de 5 périodes glaciaires : Donau → Günz → Mindel → Riss → Würm

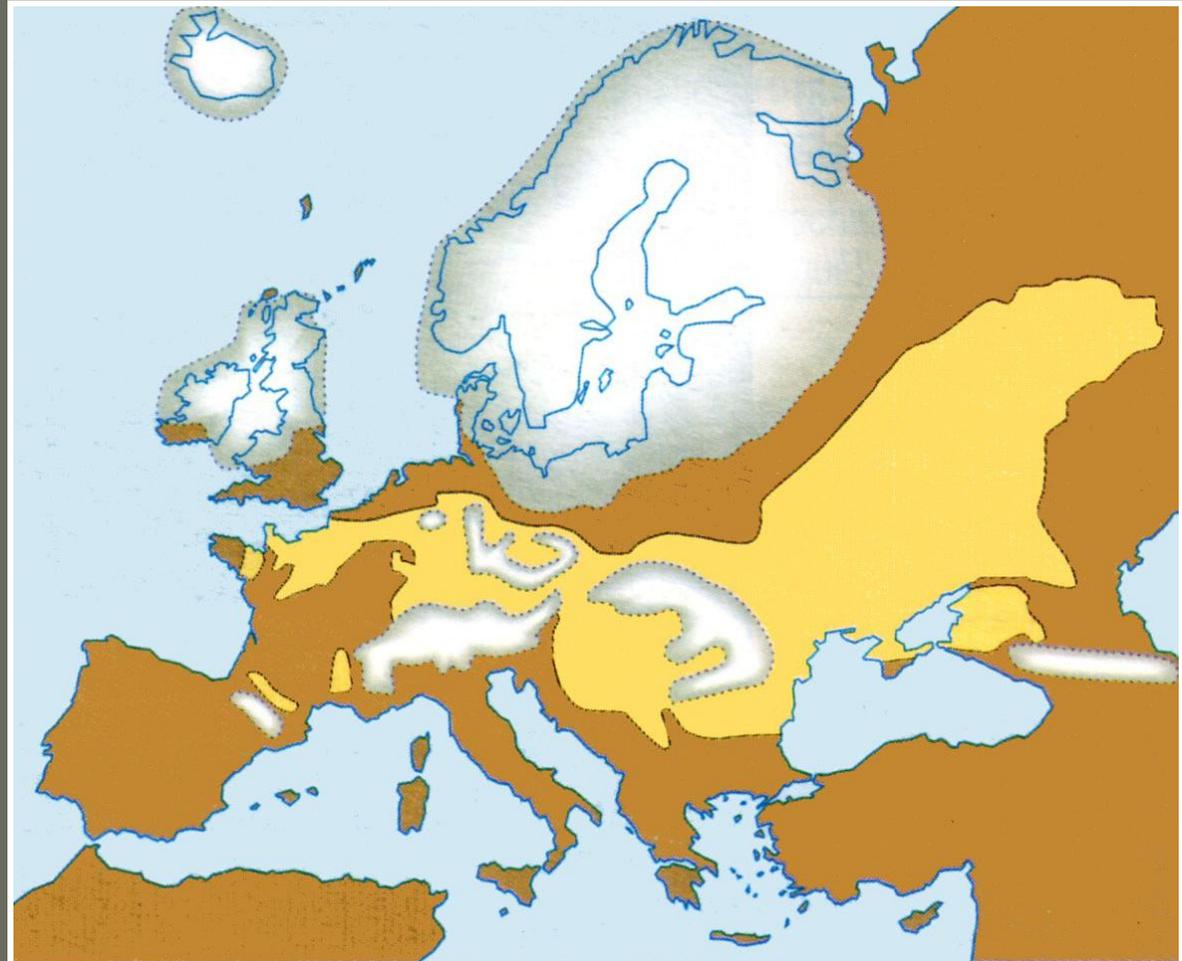
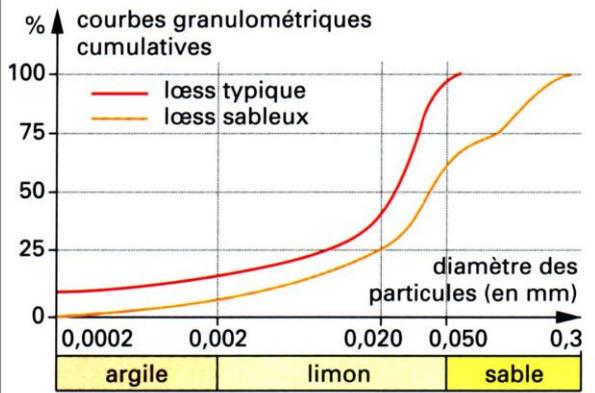
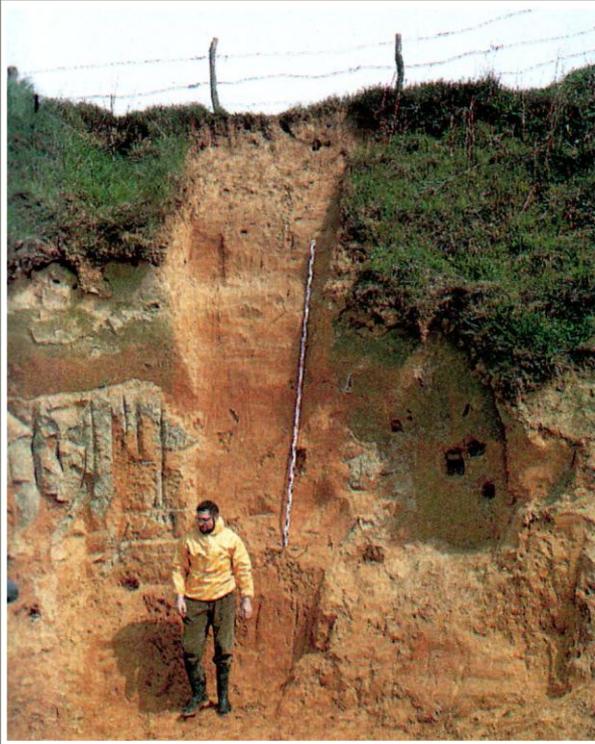
## Schéma d'une coupe transversale



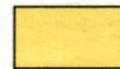
# Carte d'indices géologiques des glaciations dans le quaternaire Rhodanien



# Le loess : un dépôt éolien périglaciaire largement répandu en Europe



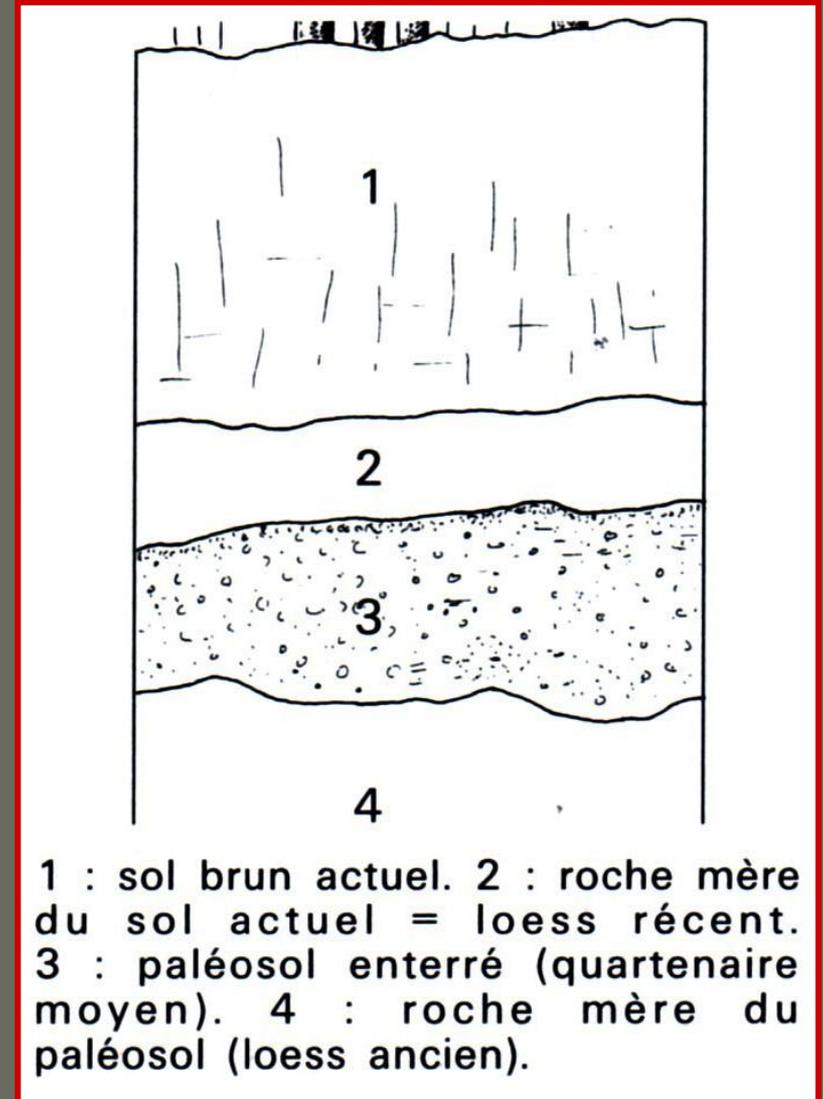
limite de la calotte glaciaire (Würm)



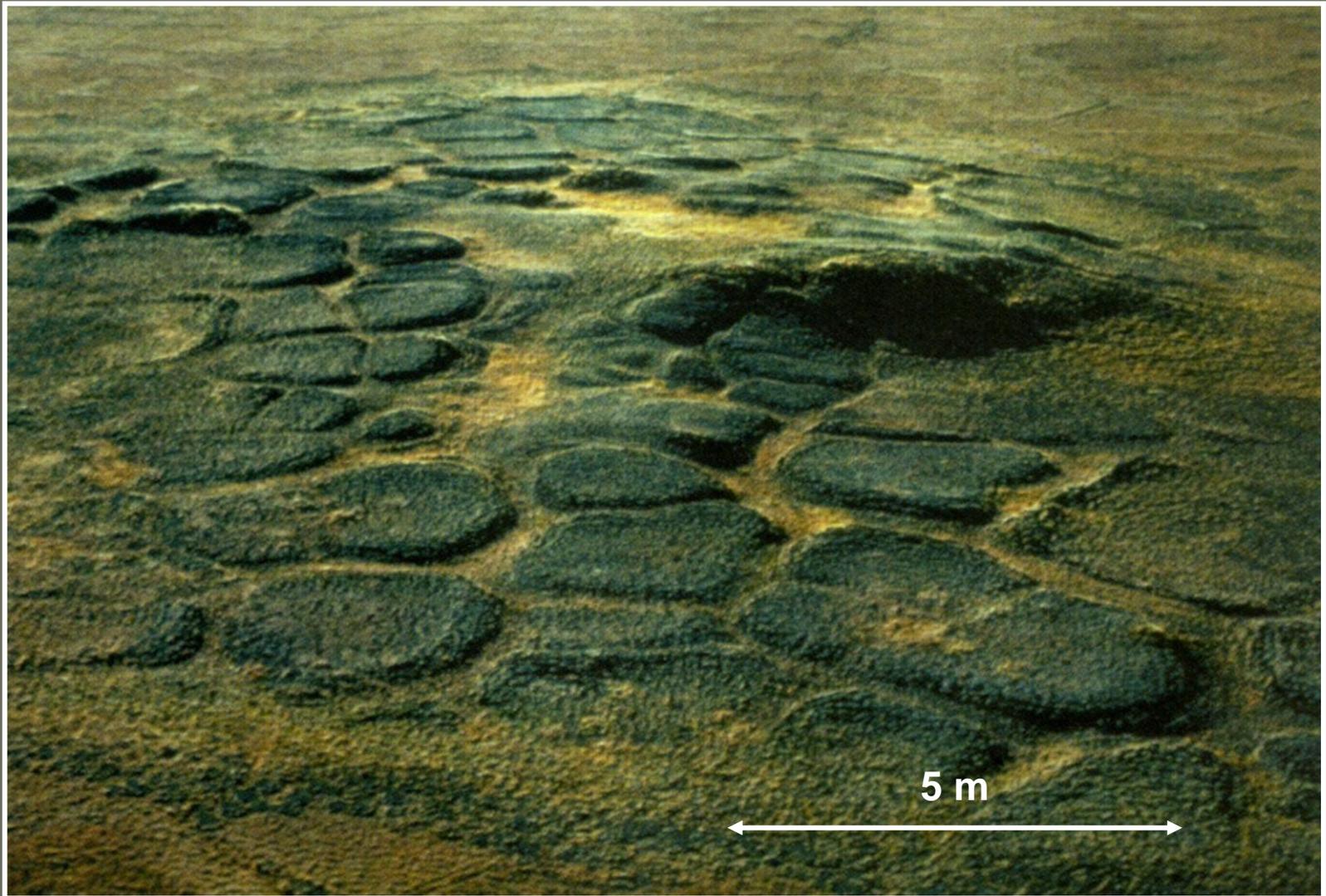
loess

0 1000 km

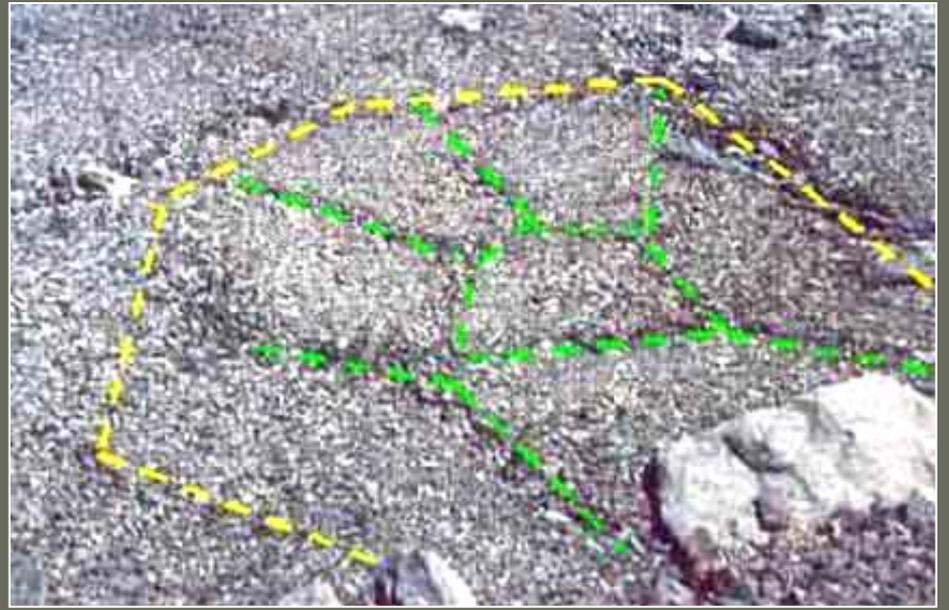
# Coupe verticale d'un paléosol montrant des loess anciens



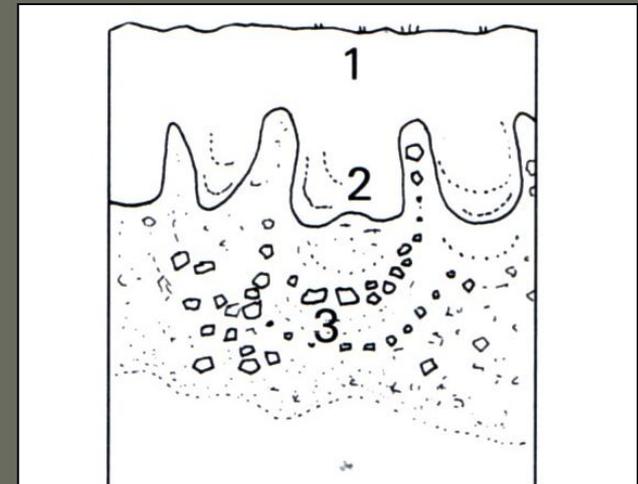
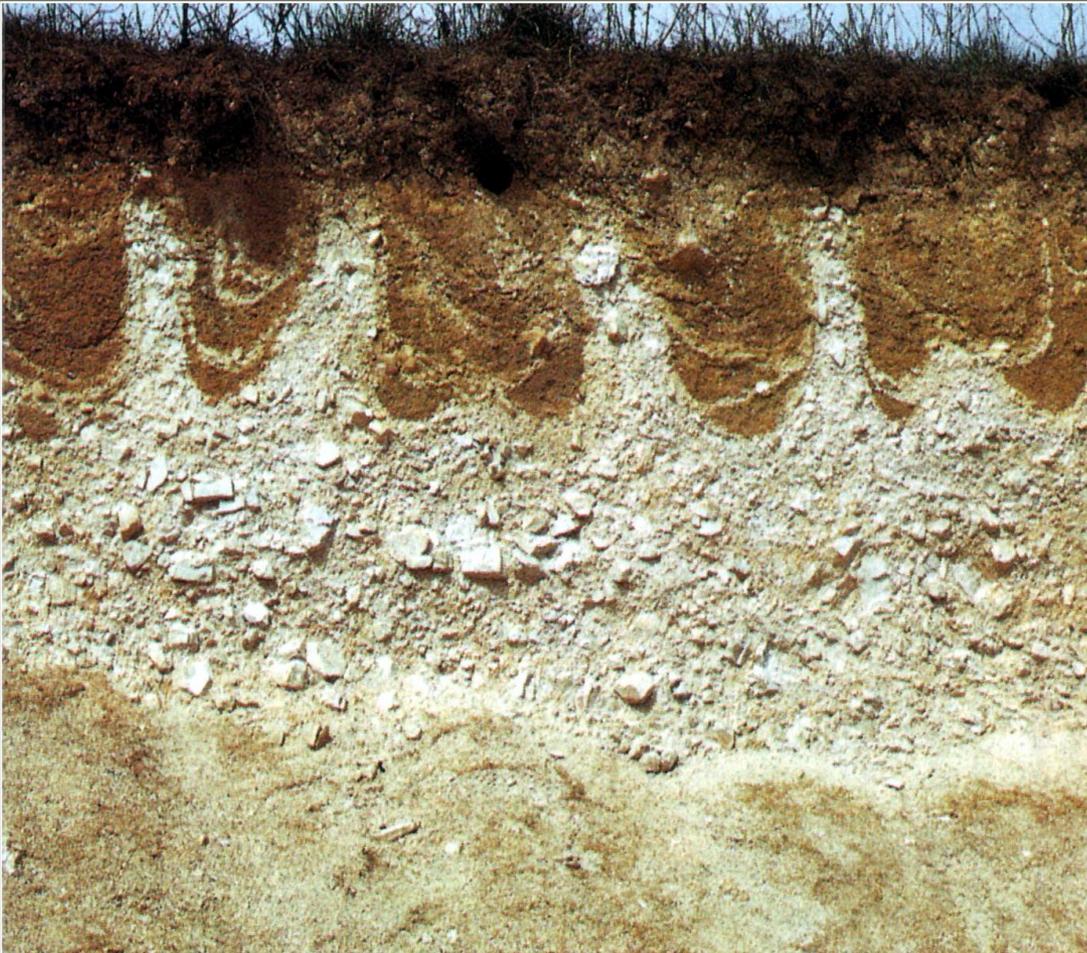
Pergélisol (permafrost) et motif polygonaux  
un sol typique des toundras



# Sol polygonal dans la vallée d'Escreins ( Hautes Alpes )



# Cellules de convexion - Figures de cryoturbation



1 : sol brun. 2 : limons piégés dans des poches ("cellules de convexion")  
3 : figures de cryoturbation dans la craie préalablement gélifractée

# Les enseignements des indices géologiques



## 4 grandes glaciations : GÜNZ , MINDEL , RISS et WÜRM

Chronologie a été établie dans les Alpes bavaroises ( noms d'affluents du Danube ).

5000 000	4000 000	3000 000	2500 000	2000 000	1800 000	1200 000	1000 000	900 000	800 000	700 000	600 000	500 000	400 000	350 000	300 000	200 000	120 000	100 000	80 000	70 000	60 000	50 000	40 000	30 000	20 000	10 000	8 000	7 000	6 000	5 000	4 000	3 000	2 000	1 000	Âges (avant notre ère )
		Q U A T E R N A I R E																																	
PLIOCÈNE		P L É I S T O C È N E																				H O L O C È N E						Époques							
		I N F.				M O Y.												S U P.										H O L O C È N E							
BIBER	DONAU	Intergl D / G	GÜNZ	G / M	MINDEL	M / R	RISS	Intergl R / W	W Ü R M																	P O S T - G L A C I A R E						Glaciations			

Chaque glaciation correspond à une extension de l'inlandsis Arctique et à une crue des glaciers alpins qui descendent jusqu'à Lyon.

# Extension maximum de la dernière glaciation ( Würm ) à – 20 000 ans.

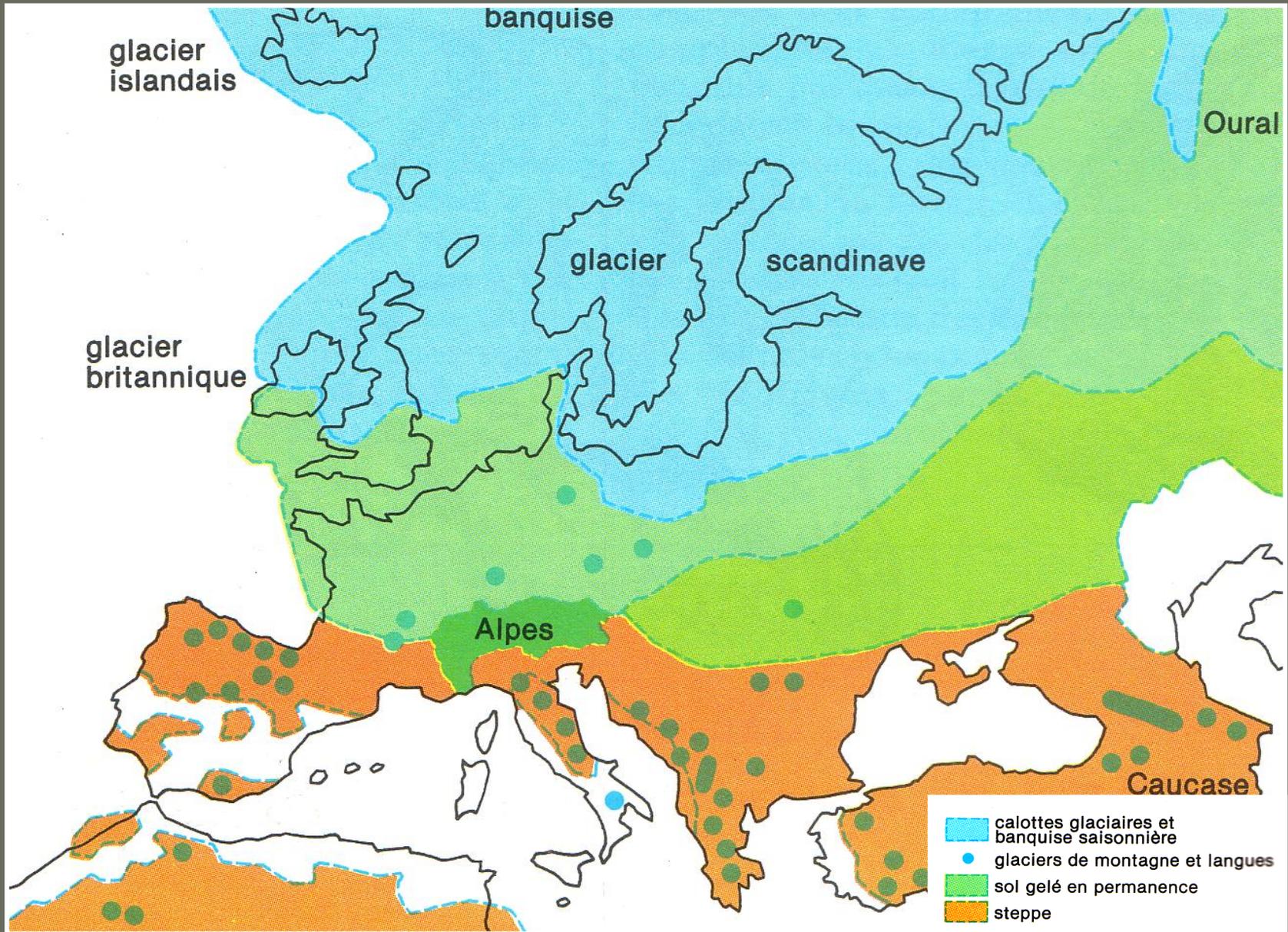


- 20 000 ans

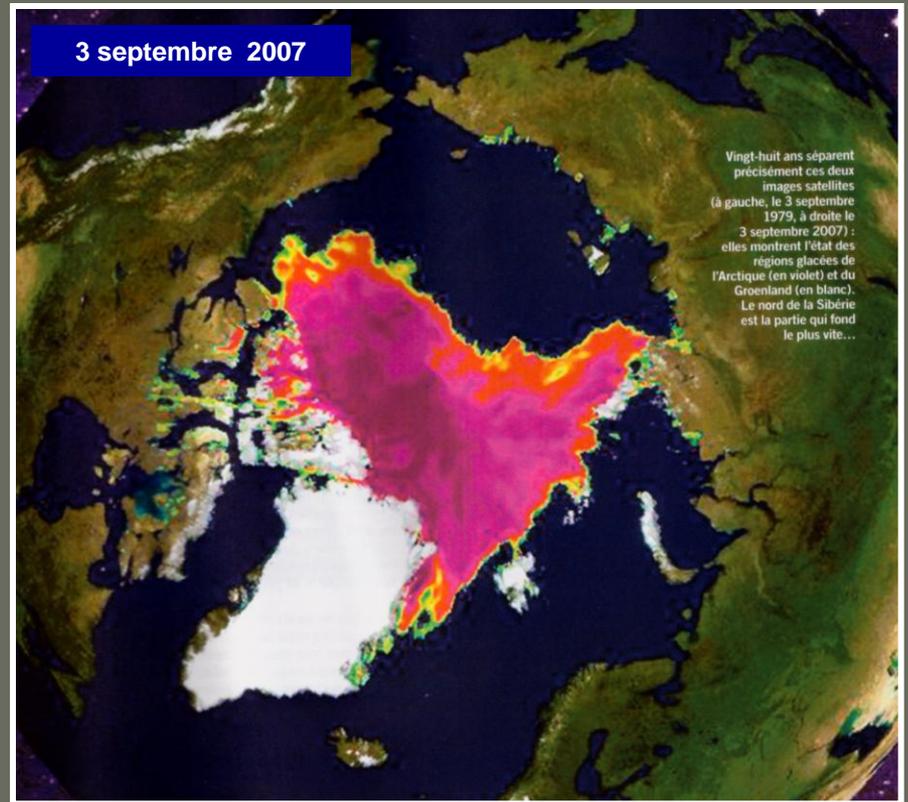
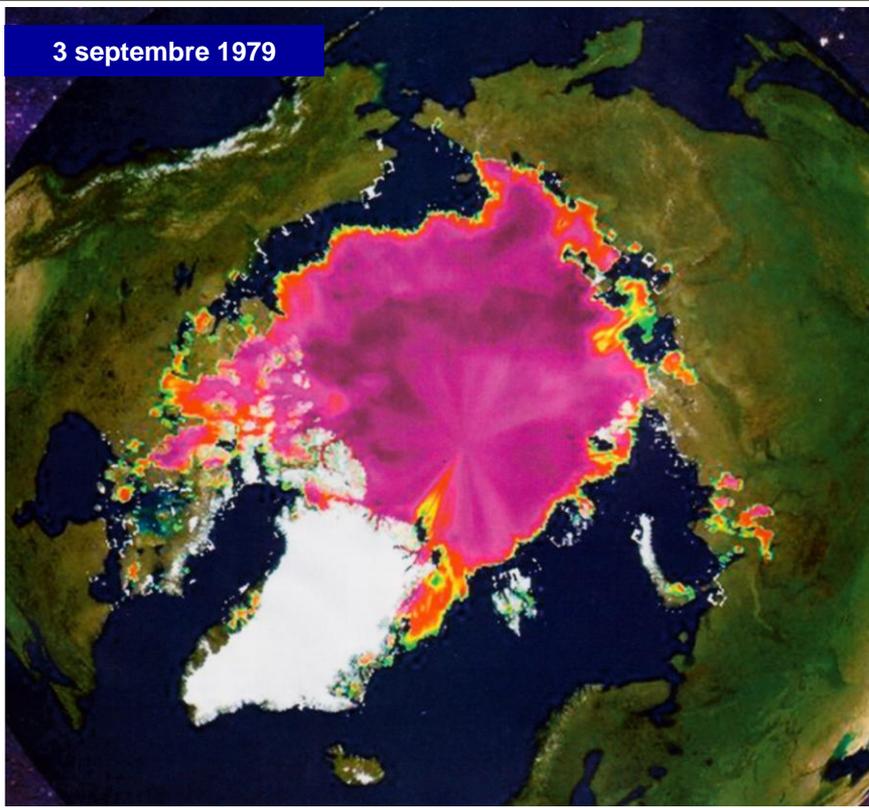


Aujourd'hui

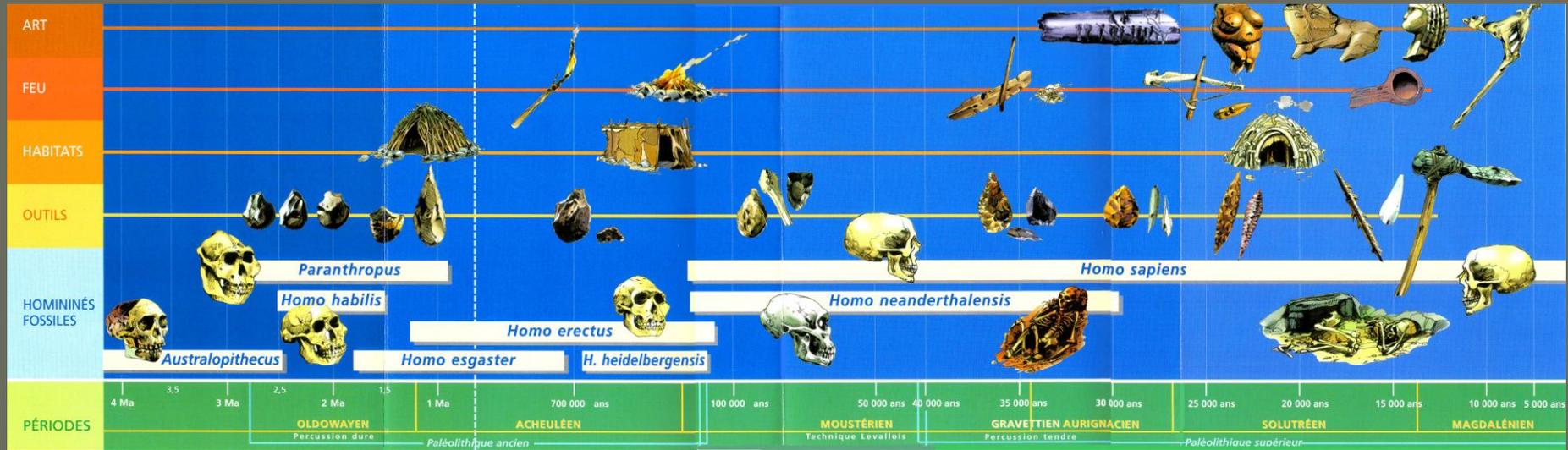
# Extension maximum de la dernière glaciation ( Würm ) à – 20 000 ans.



# Évolution des glaces de l'Arctique et du Groenland



# Glaciations et évolution de la lignée humaine



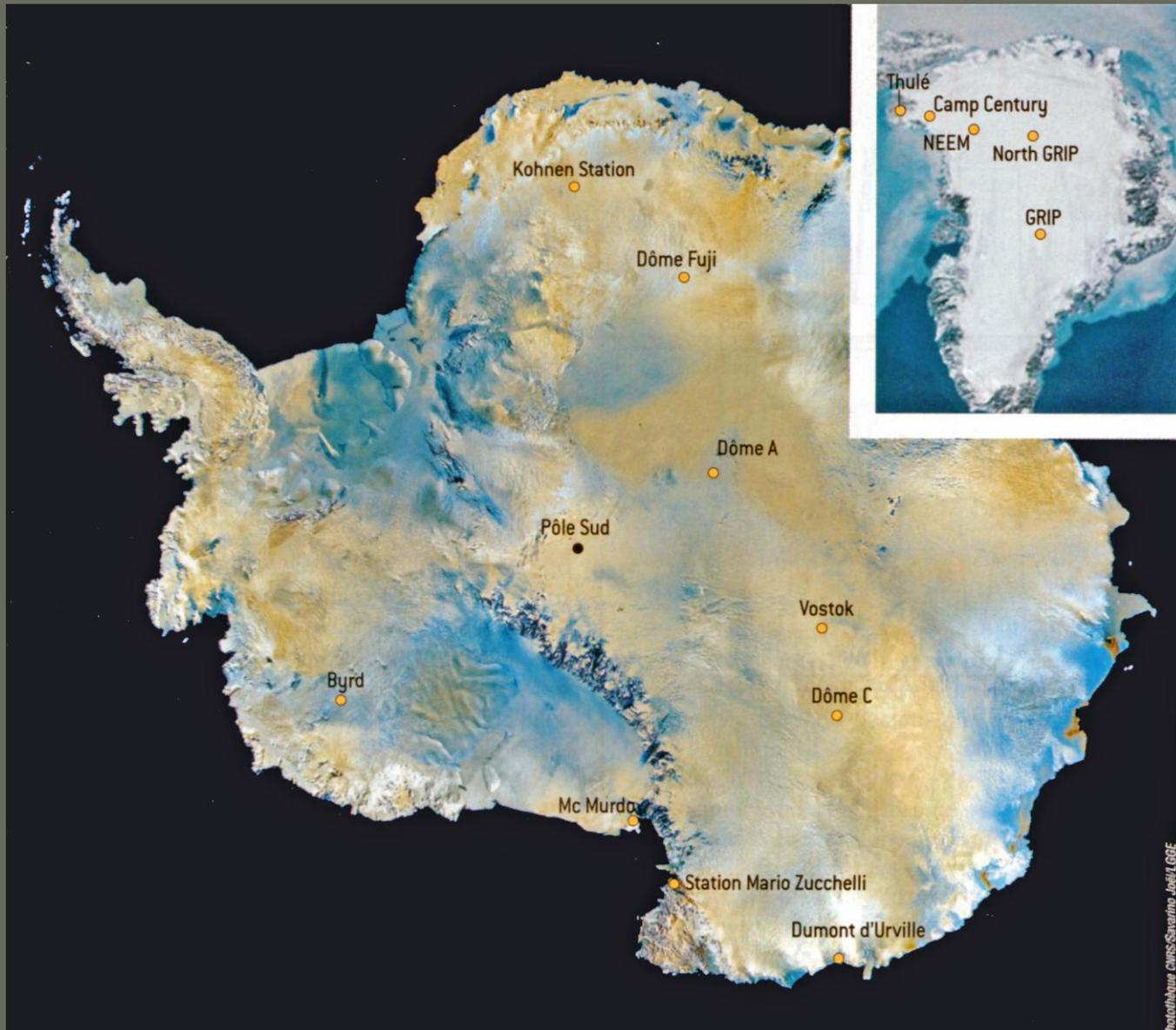
# I . Des indices des variations climatiques

1. L'idée de variations climatiques dans le passé.
2. Les indices géologiques des anciennes glaciations.

## **II. Des indices des variations climatiques**

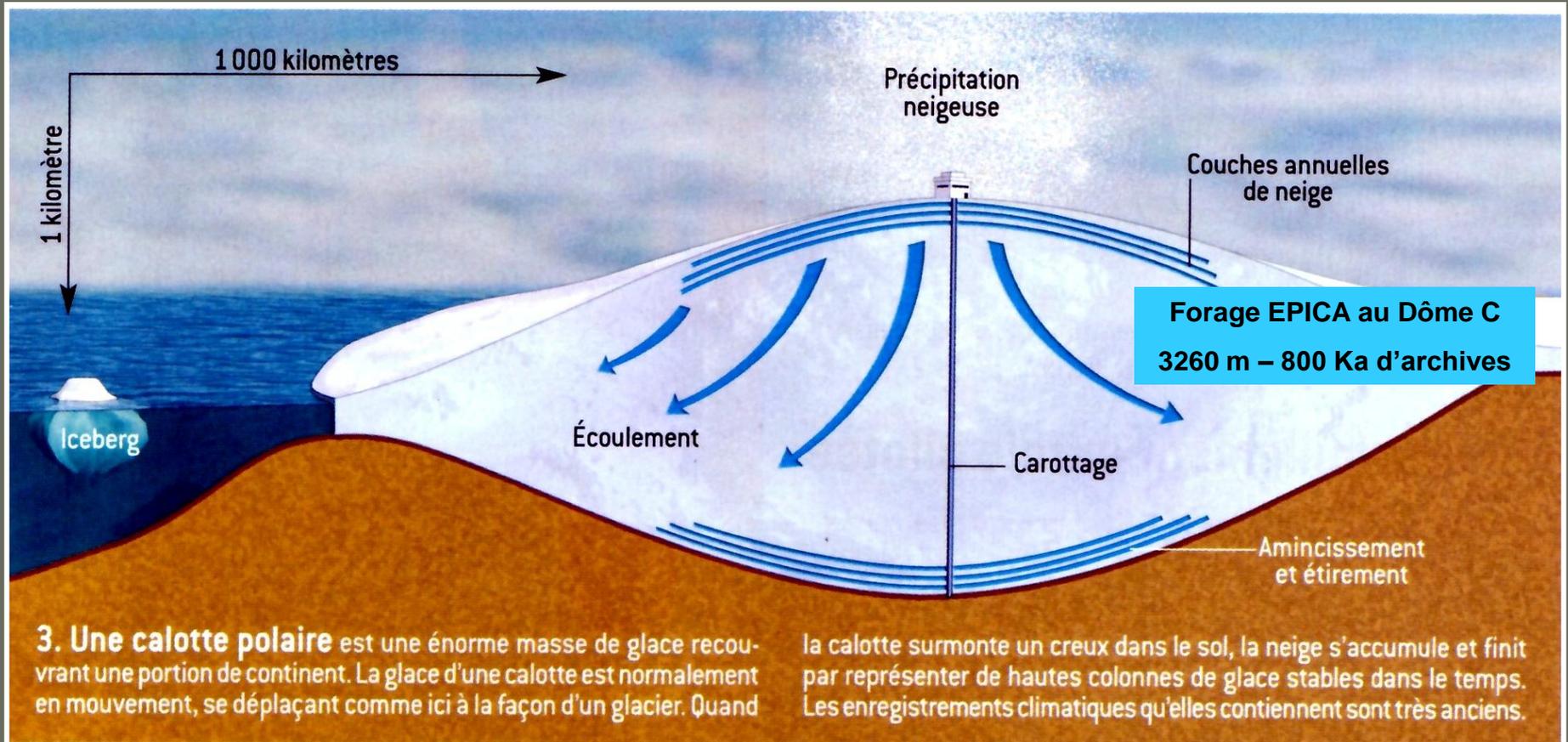
**3 . Les archives climatiques des glaces polaires.**

# Les sites des forages en Antarctique et au Groenland



# Calotte polaire :

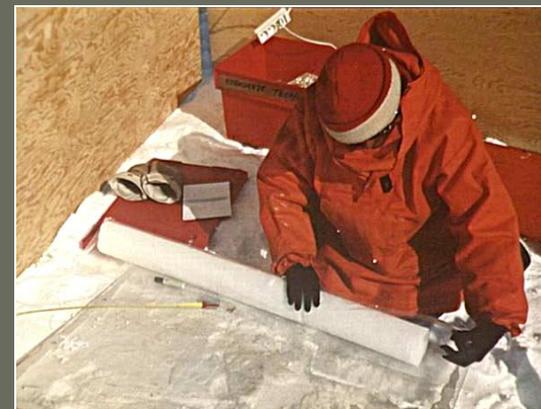
énorme masse de glace recouvrant une portion de continent



**3. Une calotte polaire** est une énorme masse de glace recouvrant une portion de continent. La glace d'une calotte est normalement en mouvement, se déplaçant comme ici à la façon d'un glacier. Quand

la calotte surmonte un creux dans le sol, la neige s'accumule et finit par représenter de hautes colonnes de glace stables dans le temps. Les enregistrements climatiques qu'elles contiennent sont très anciens.

# Carottage en Antarctique, au site de Vostok



# Datation des couches de glace de la carotte

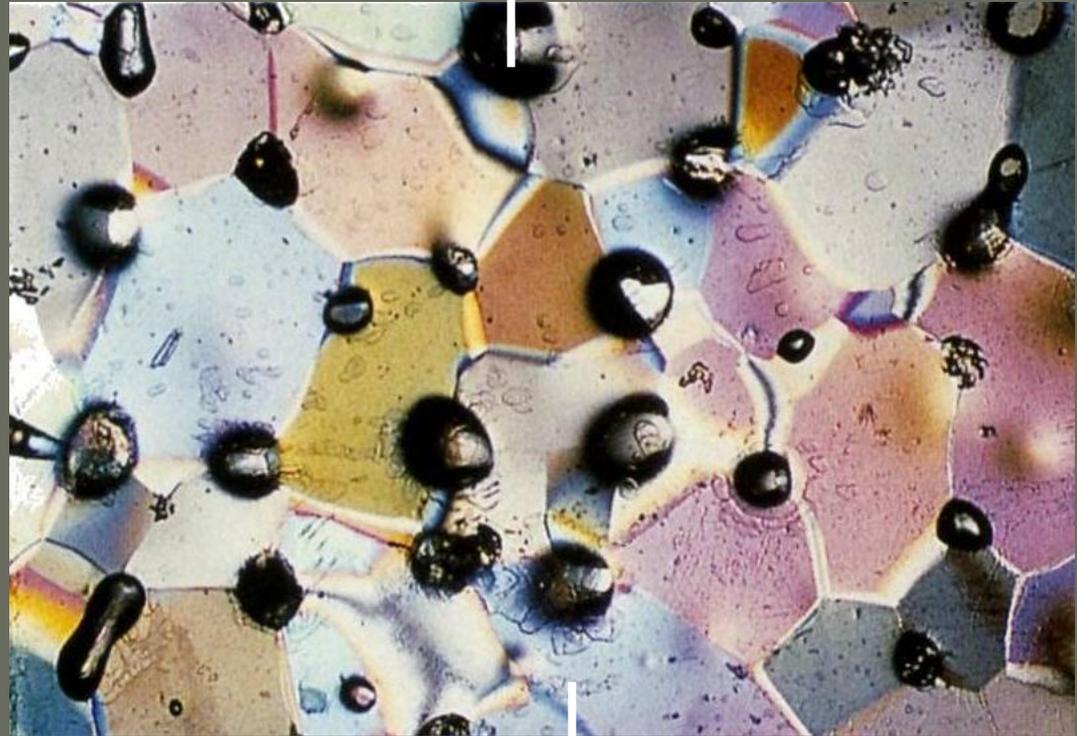
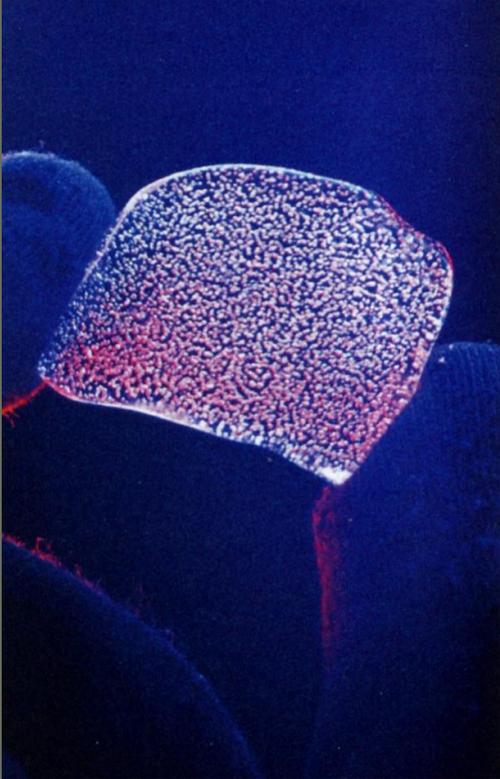
## Une remontée dans le temps



Les couches annuelles de neige marquées par des poussières indiquent le temps écoulé depuis le dépôt. Souvent visibles à l'œil nu elles sont généralement horizontales mais peuvent être tassées et déformées par de lents mouvements du glacier.

# Analyse de la glace des calottes polaires

Analyse de l'air fossile



Mesure des rapports isotopiques de l'eau fossile

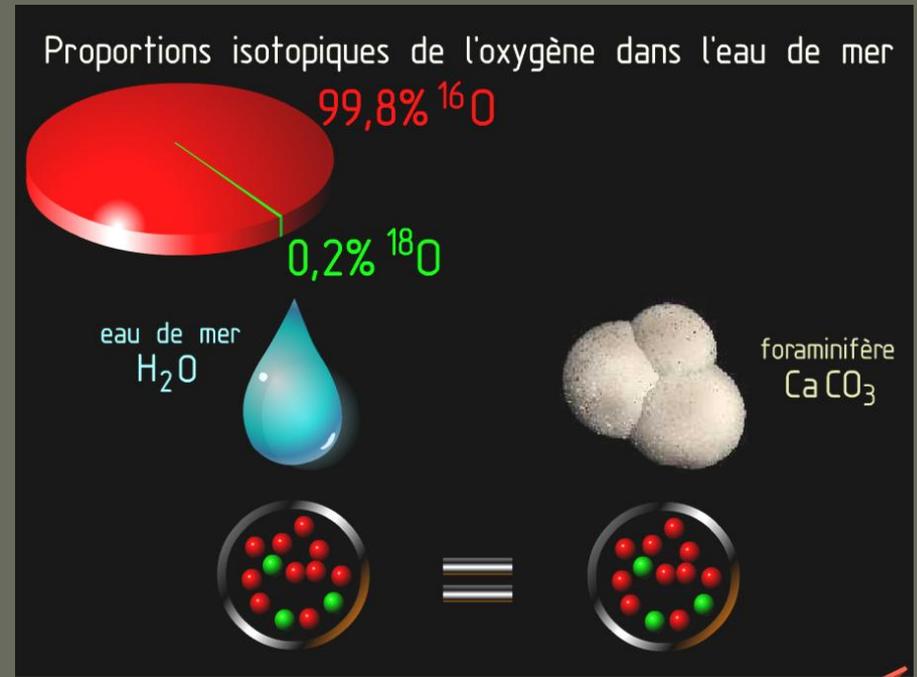
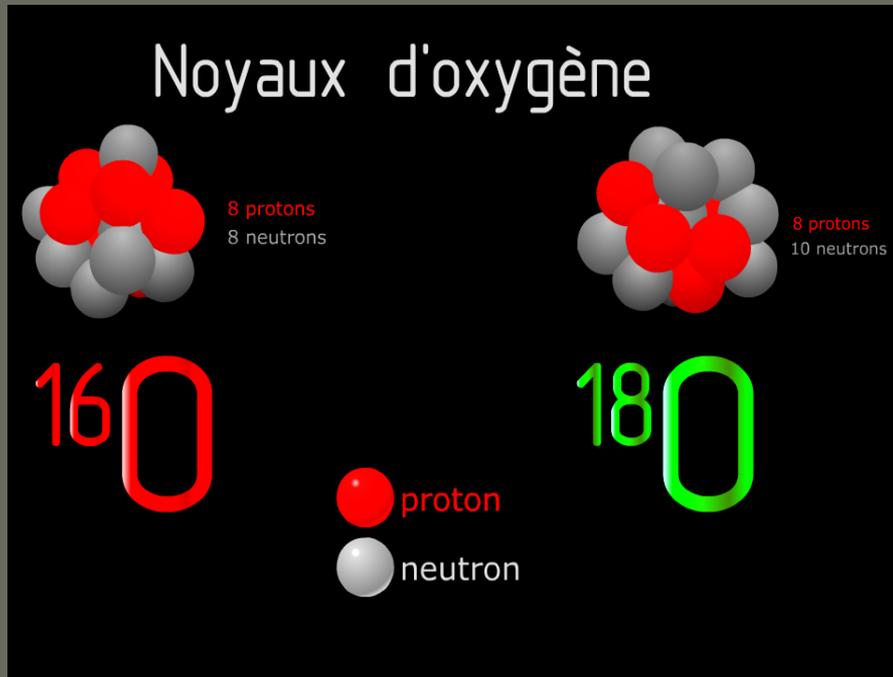
$^{18}\text{O} / ^{16}\text{O}$  et  $\text{D} / \text{H}$

# Les éléments du thermomètre isotopique $^{18}\text{O}$ / $^{16}\text{O}$

L'oxygène contenu dans la molécule d'eau (eau liquide, vapeur, glace) comporte deux isotopes stables  $^{16}\text{O}$  et  $^{18}\text{O}$ .

L'isotope  $^{16}\text{O}$  est beaucoup plus abondant que l'isotope  $^{18}\text{O}$ .

L'eau de mer est constituée de 99,8 % de molécules d'eau avec l'isotope  $^{16}\text{O}$  et de 0,2 % molécules d'eau présentant l'isotope  $^{18}\text{O}$ .

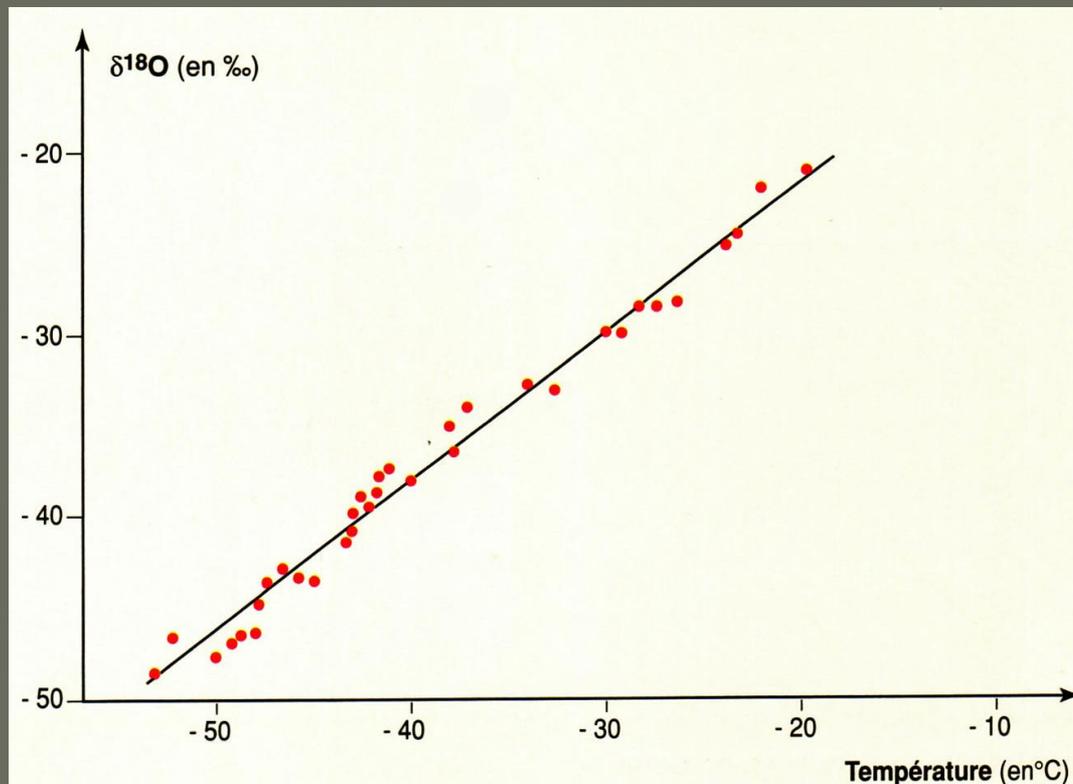


# Le thermomètre isotopique $^{18}\text{O} / ^{16}\text{O}$

Le rapport  $^{18}\text{O} / ^{16}\text{O}$  de l'eau ou la glace varie avec la température

Ce rapport est exprimé en prenant comme référence le rapport  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  de l'eau de l'océan actuel  
(SMOW = *Standard Mean Ocean Water*)

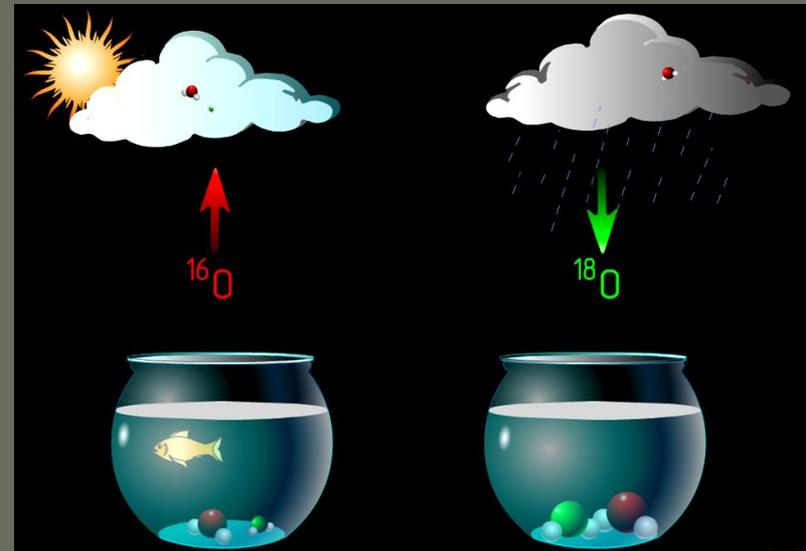
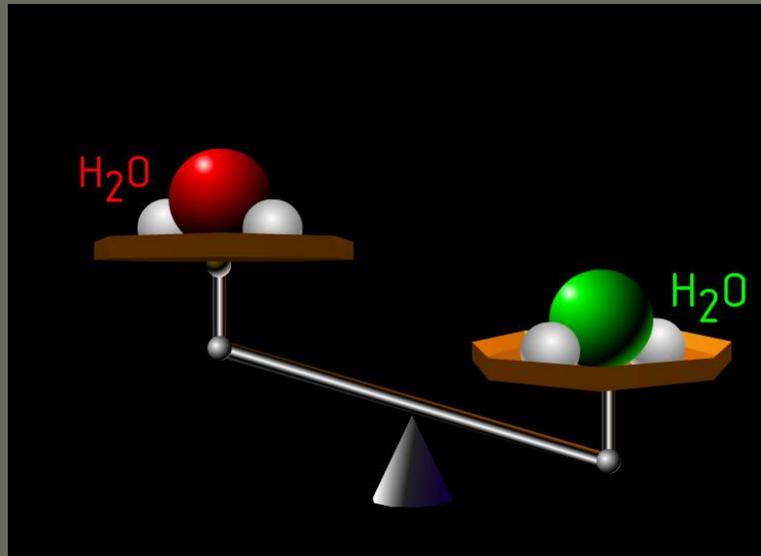
$$\text{Delta } ^{18}\text{O} = \delta^{18}\text{O} = \left[ \frac{(^{18}\text{O} / ^{16}\text{O}) \text{ échantillon} - (^{18}\text{O} / ^{16}\text{O}) \text{ smow}}{(^{18}\text{O} / ^{16}\text{O}) \text{ smow}} \right] \times 1000$$



Variation du  $\delta^{18}\text{O}$  de l'air  
en fonction de la température  
de la neige

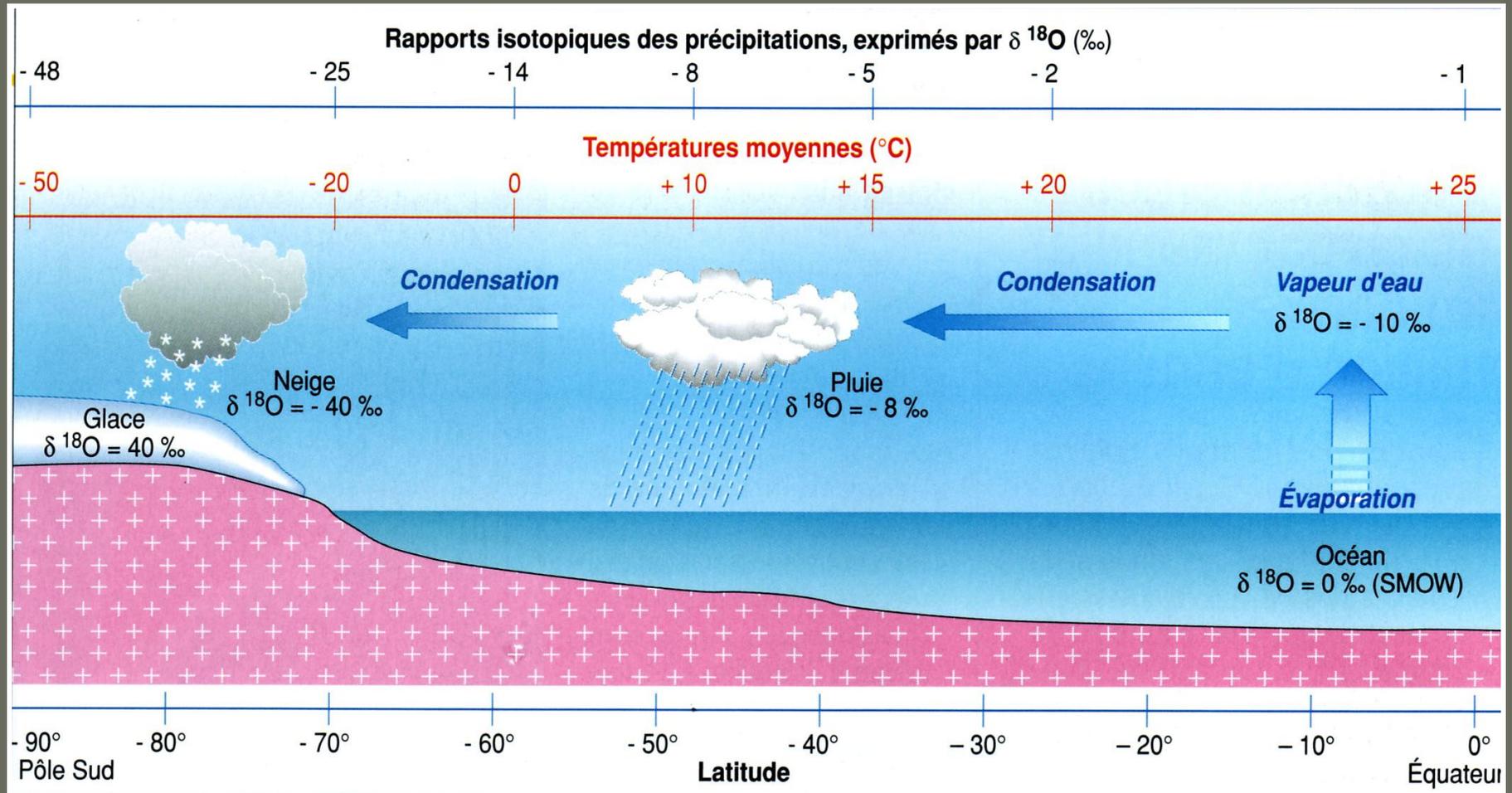
Résultats de mesures effectuées dans  
différentes stations antarctiques.

# Une explication de la variation du rapport $^{18}\text{O} / ^{16}\text{O}$



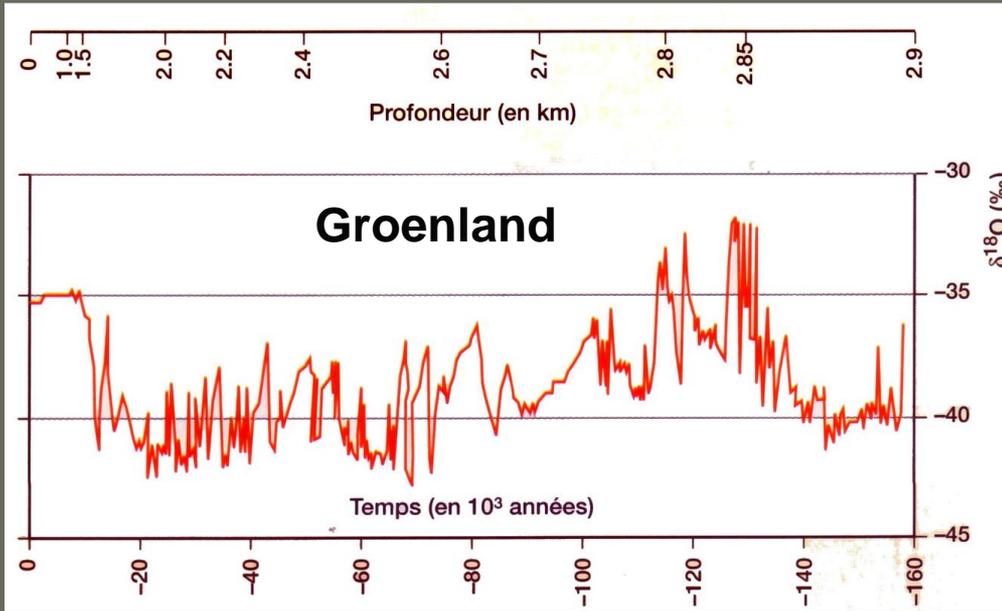
L'évaporation favorise le passage de l'océan vers l'atmosphère des molécules d'eau les plus légères constituées par l'isotope  $^{16}\text{O}$  : l'eau des précipitations est donc plus pauvre en isotope lourd  $^{18}\text{O}$  que l'eau de mer.

# Évolution du $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau en fonction de la latitude (fractionnement isotopique)



L'eau contenant l' $^{16}\text{O}$  s'évapore préférentiellement par rapport à l'eau contenant l' $^{18}\text{O}$ .  
Lors du refroidissement, la vapeur se condense partiellement ; c'est l'eau contenant l' $^{18}\text{O}$  qui se condense préférentiellement, ce qui appauvrit encore l'eau résiduelle en  $^{18}\text{O}$

# Résultats de l'analyse des glaces du Groenland et de l'Antarctique

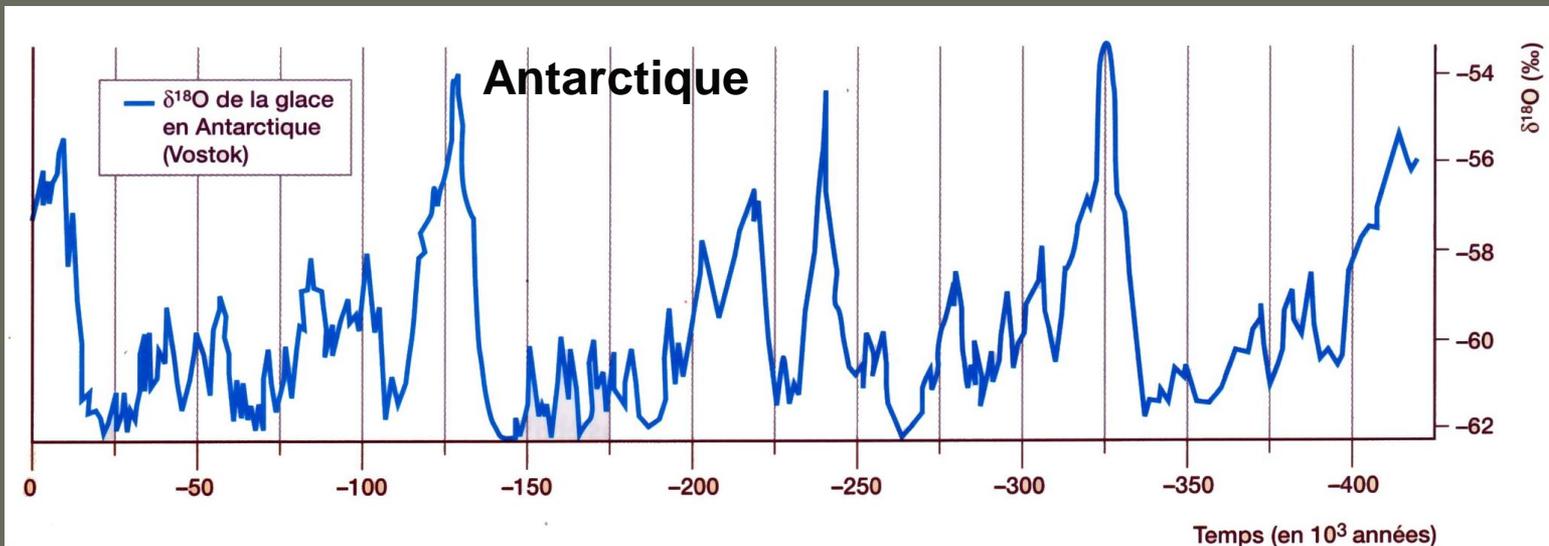


Des variations cycliques de la température.

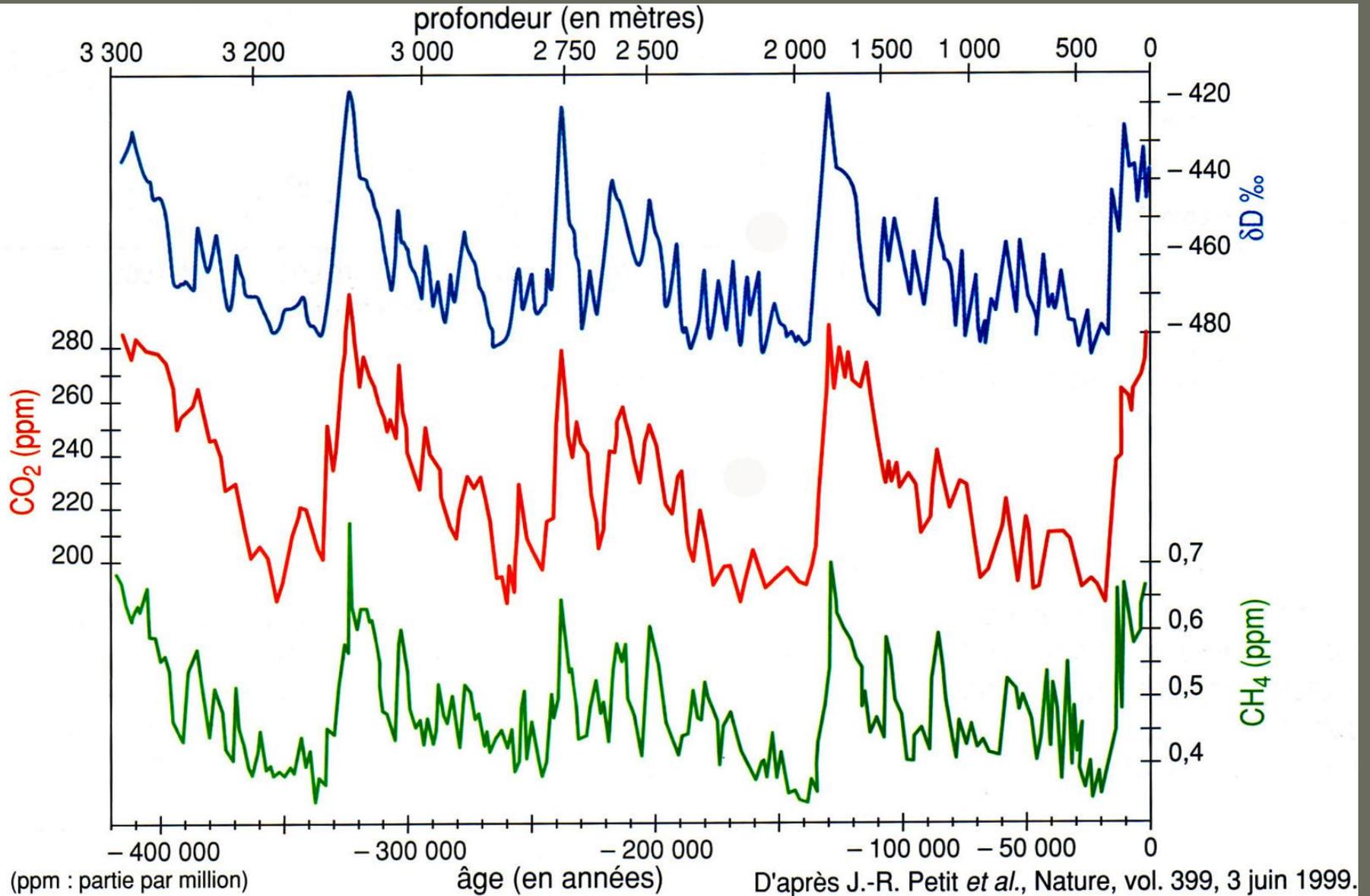
Périodicité dominante des couples « glaciaire-interglaciaire » : 100 000 ans.

Des réchauffements plutôt brutaux.

Des refroidissements très progressifs et en « dents de scie ».



# Résultats de l'analyse des carottes de glace de Vostok



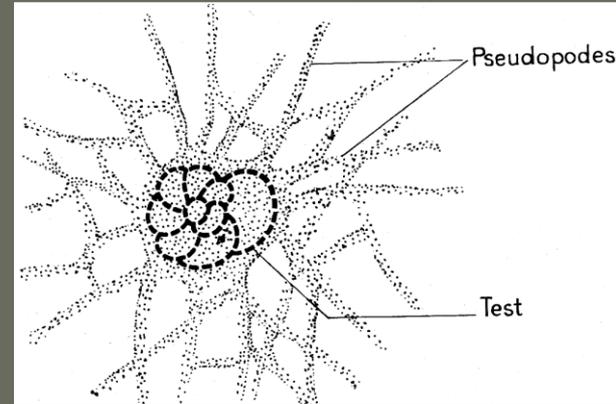
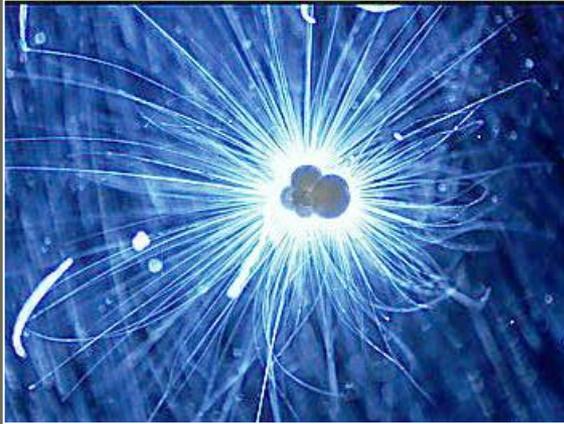
# I . Des indices des variations climatiques

1. L'idée de variations climatiques dans le passé.
2. Les indices géologiques des anciennes glaciations.
3. Les archives climatiques des glaces polaires.

## **II. Des indices des variations climatiques**

### **4. Les foraminifères des sédiments marins.**

# Les Foraminifères



Protozoaires planctoniques et benthiques qui élaborent leur test calcaire à partir des ions  $\text{CO}_3\text{H}^-$  et  $\text{Ca}^{2+}$  prélevés dans l'eau de mer.



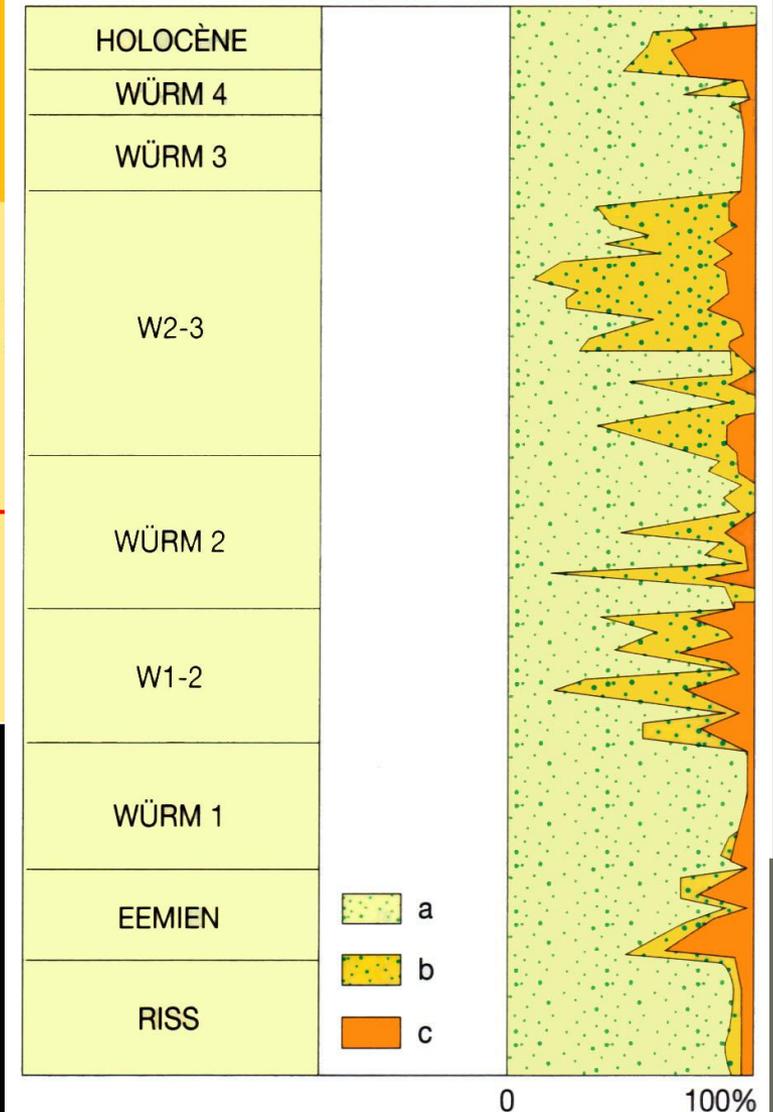
*Globorotalia menardii menardii*.  
Espèce tropicale et subtropicale commune



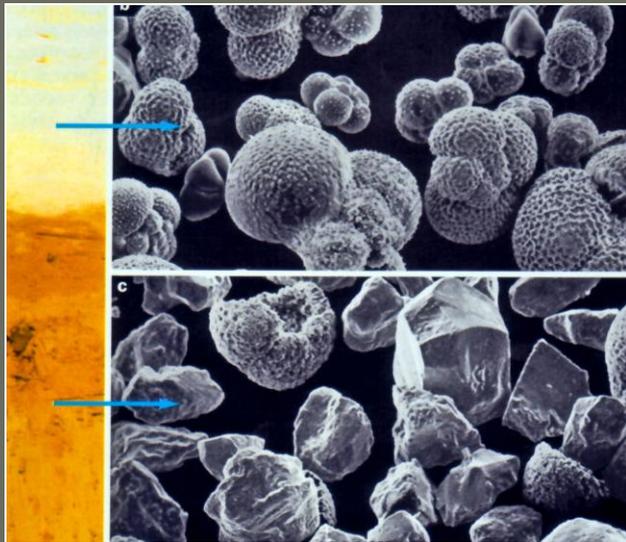
*Globigerina pachyderma*.  
Espèce dominante dans les eaux polaires.

# Préférences climatiques et répartition des Foraminifères

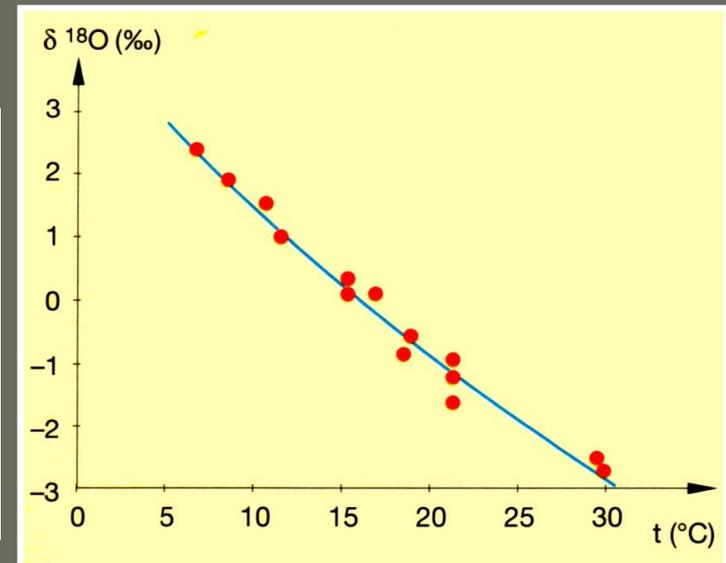
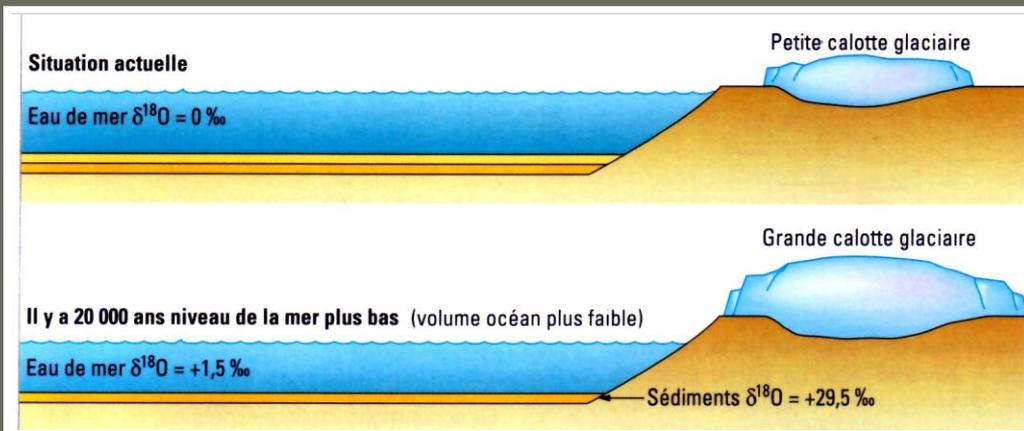
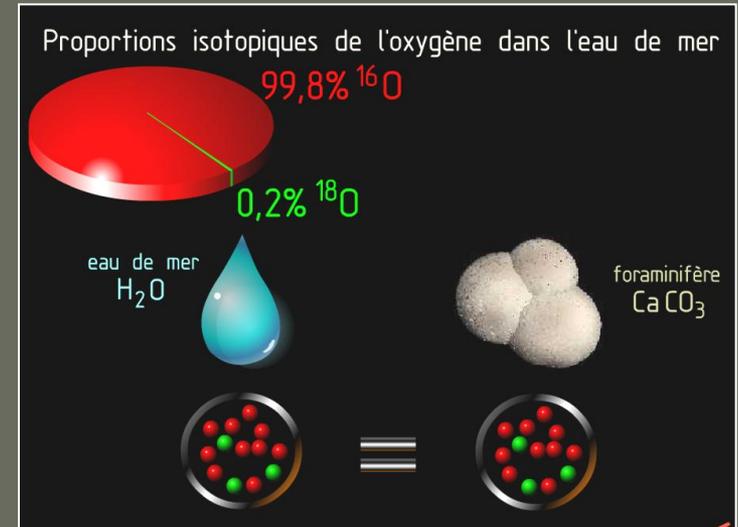
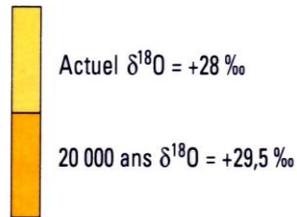
espèces	zones arctiques et antarctiques	zones sub-arctiques et subantarctiques
	0 à 5 °C	5 à 10 °C
<i>Globigerina pachyderma</i> <b>a</b>	+++	++
<i>Globigerina quinqueloba</i> <b>b</b>	++	+++
<i>Globigerina bulloides</i>	++	+++
<i>Globigerinita glutinata</i>	(+)	+      ++
<i>Globorotalia scitula</i>	(+)	+
<i>Globorotalia inflata</i> <b>c</b>		++
<i>Globorotalia hirsuta</i>		
<i>Orsulina inversa</i>		
<i>Globigerinella aequilateralis</i>		
<i>Uloglobigerinoides ruber</i>		



# Le thermomètre isotopique $\delta^{18}\text{O}$ des Foraminifères des sédiments marins

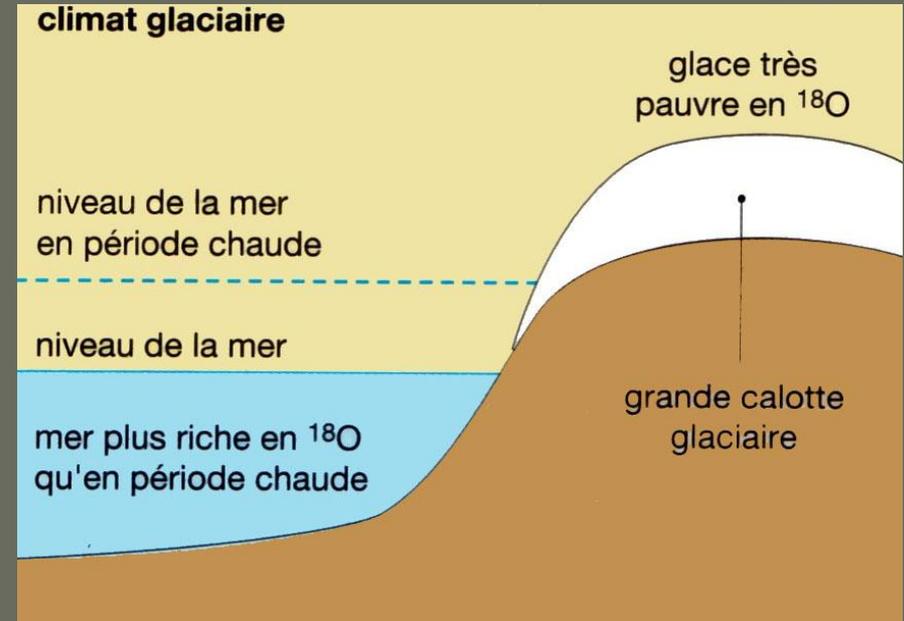
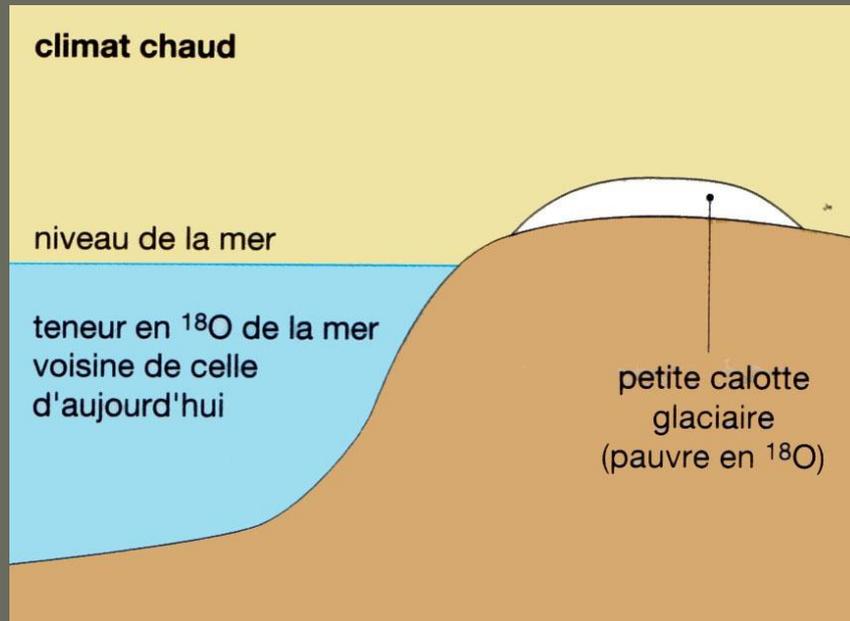


Carotte sédimentaire :  
mesure de la composition  
isotopique des tests  
de foraminifères benthiques

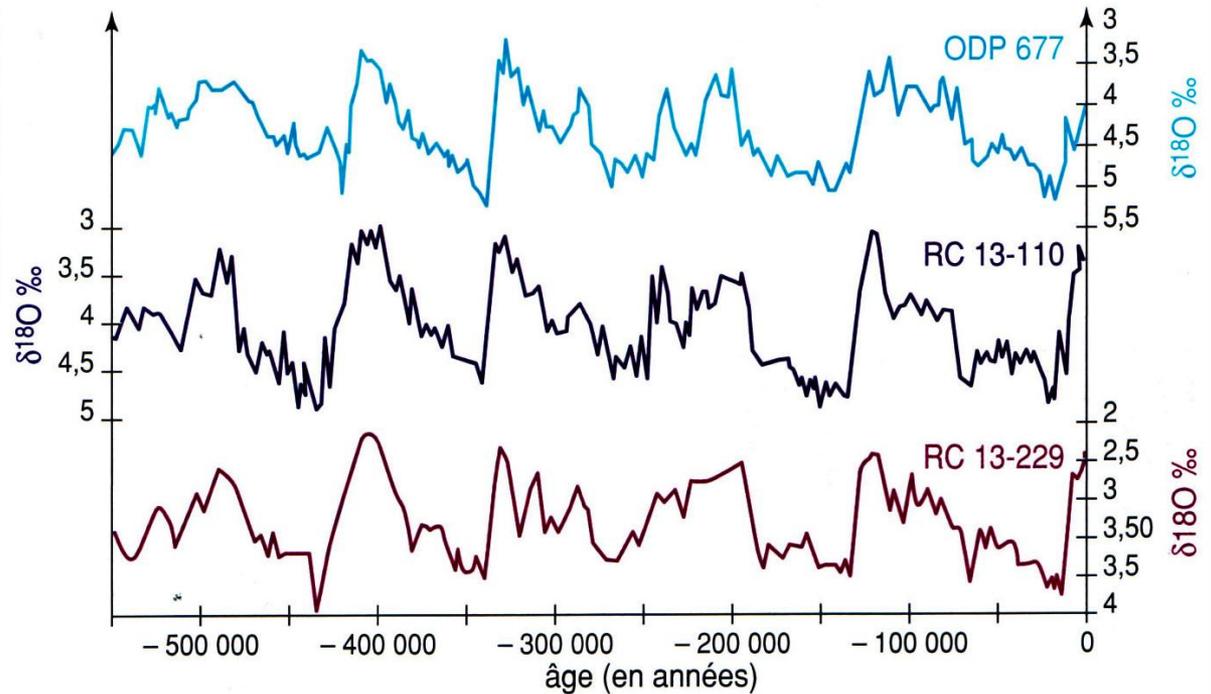
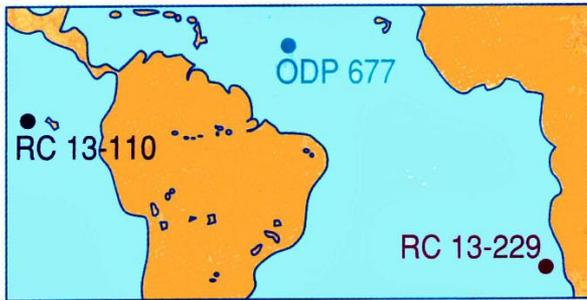


# Le $\delta^{18}\text{O}$ Foraminifères des sédiments marins nous renseigne sur :

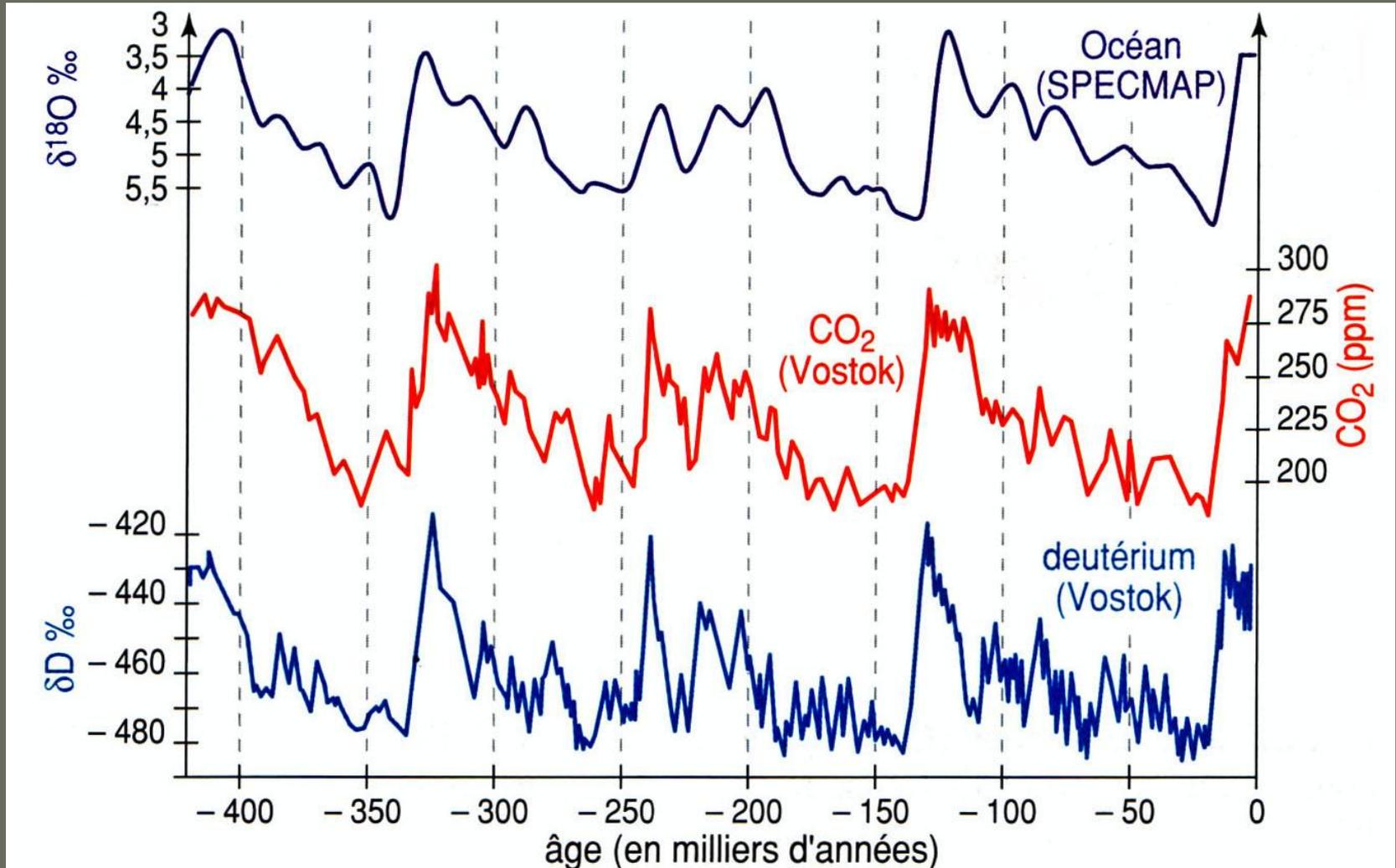
la température , le niveau marin et l'épaisseur des glaces polaires



# Données climatiques des Foraminifères benthiques de 3 forages



# Parallélisme entre les données glaciaires et les données océaniques



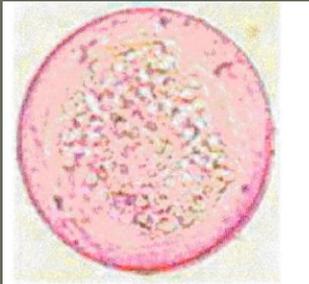
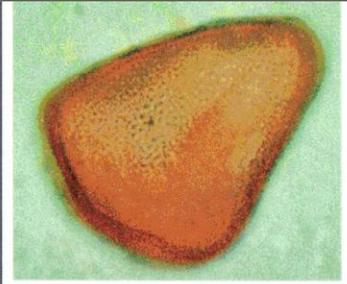
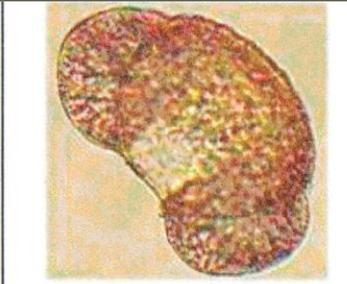
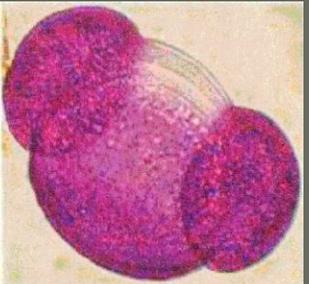
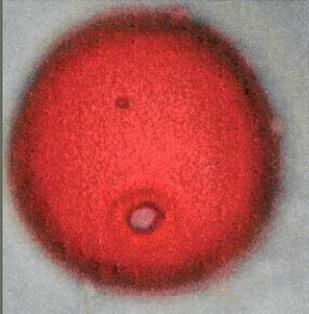
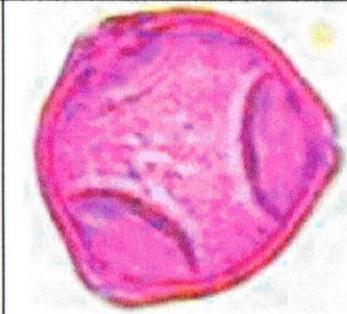
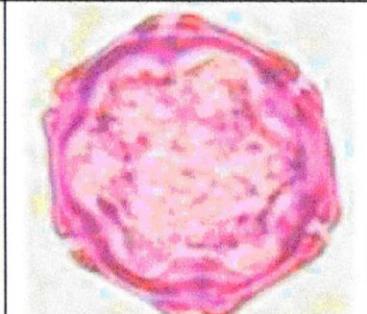
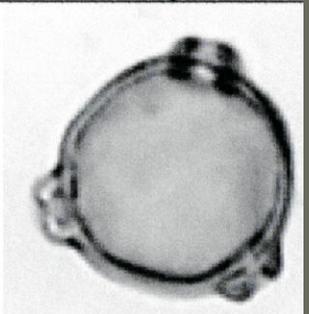
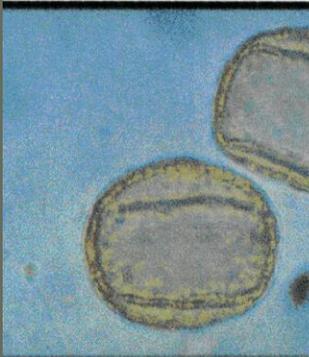
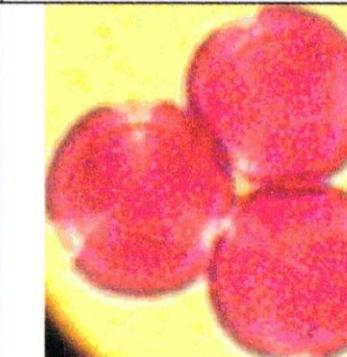
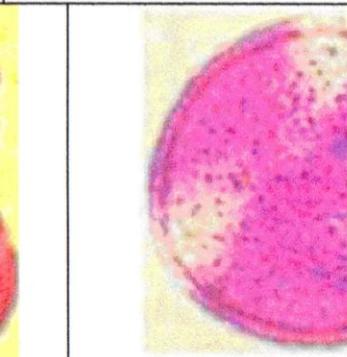
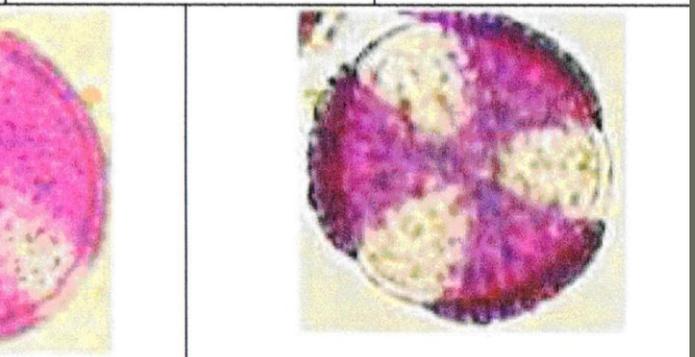
# I . Des indices des variations climatiques

1. L'idée de variations climatiques dans le passé.
2. Les indices géologiques des anciennes glaciations.
3. Les archives climatiques des glaces polaires.
4. Les foraminifères des sédiments marins.

## **II. Des indices des variations climatiques**

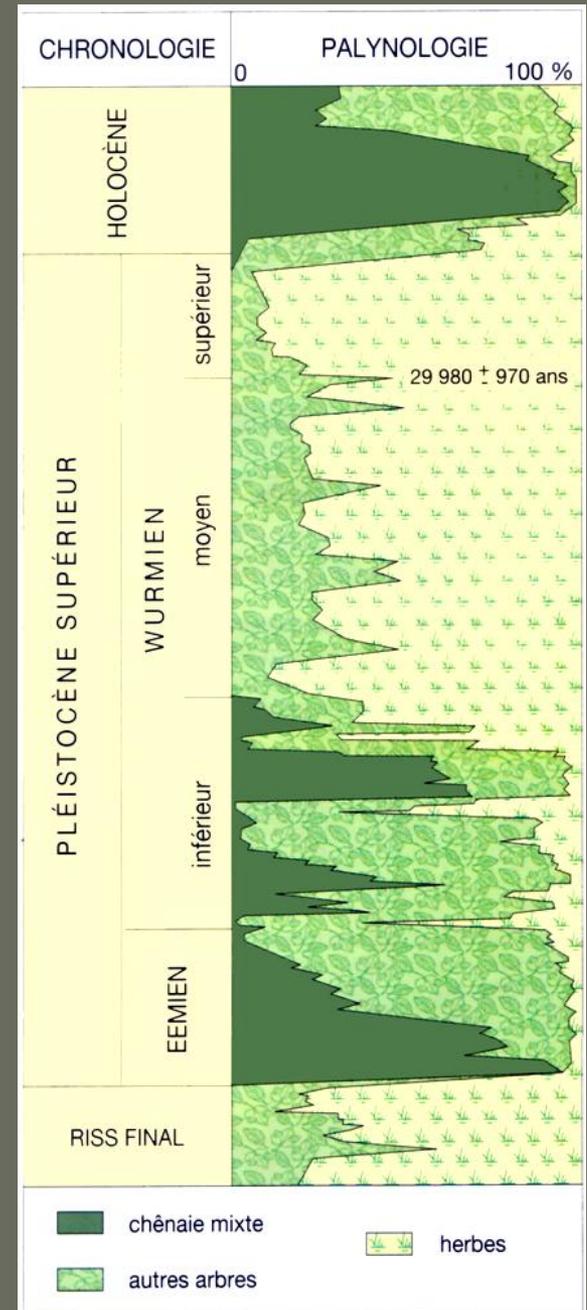
### **5 . Les paléoflores et les paléofaunes.**

# Pollens fossiles et paléoflores

				
Mélèze	Cypéracées	Cèdre	Pin	Sapin
				
Poacées (graminées)	Charme	Noisetier	Aulne glutineux	Bouleau
				
Chêne	Frêne	Renoncule	Colza (Brassica)	

# Diagramme pollinique d'une tourbière

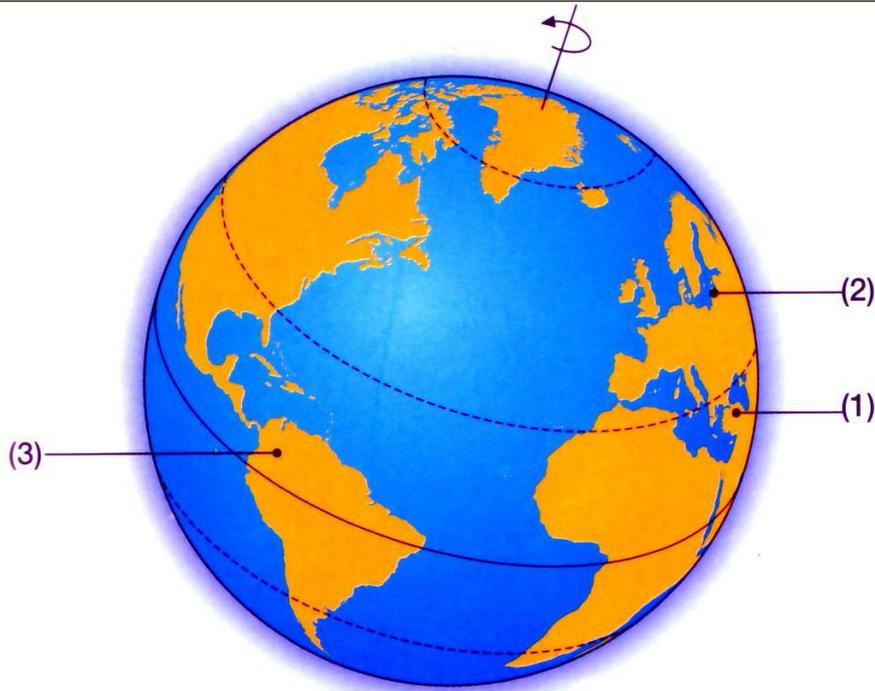
Tourbière de la Grande Pile  
en Haute-Saône



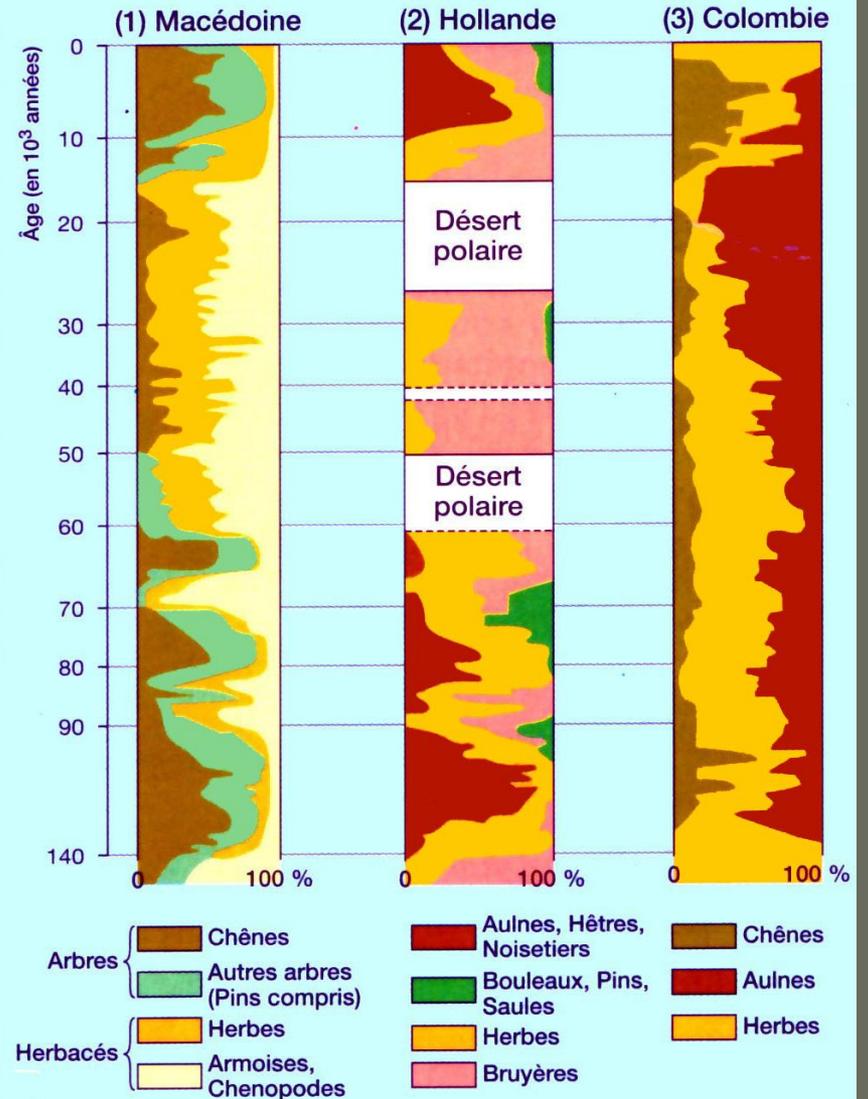
	température moyenne en °C
Chêne pédonculé	10 à 15
Pin sylvestre	7 à 13
Épicéa	5 à 8

**Préférences climatiques de quelques essences forestières (d'après Ozenda).** Un refroidissement plus important entraîne une régression rapide de la forêt.

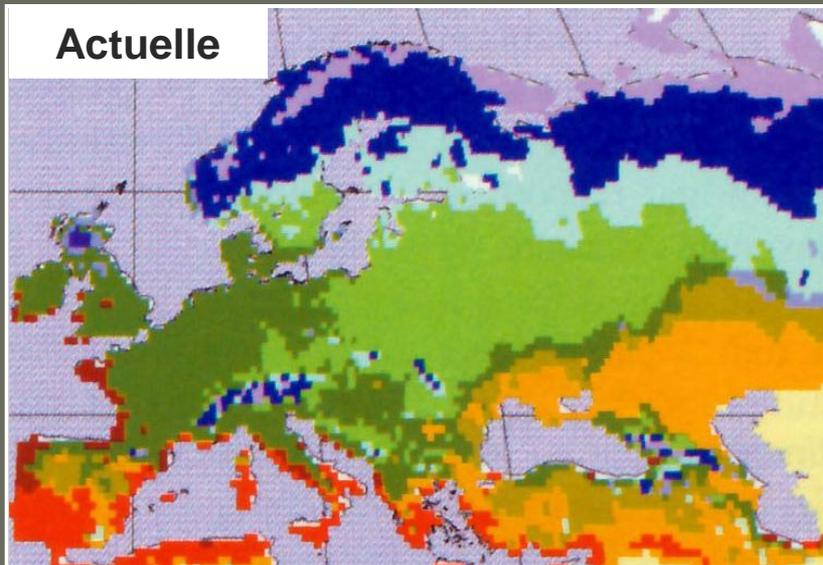
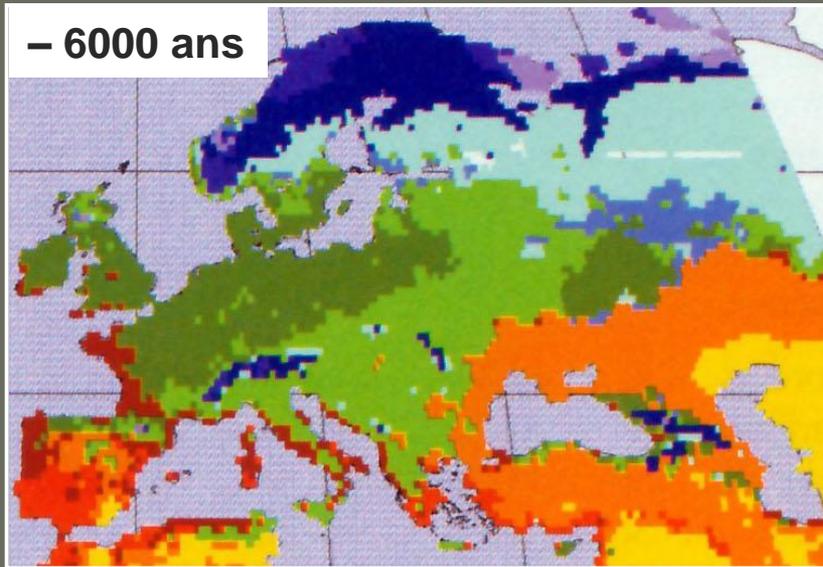
# Diagrammes polliniques de 3 régions



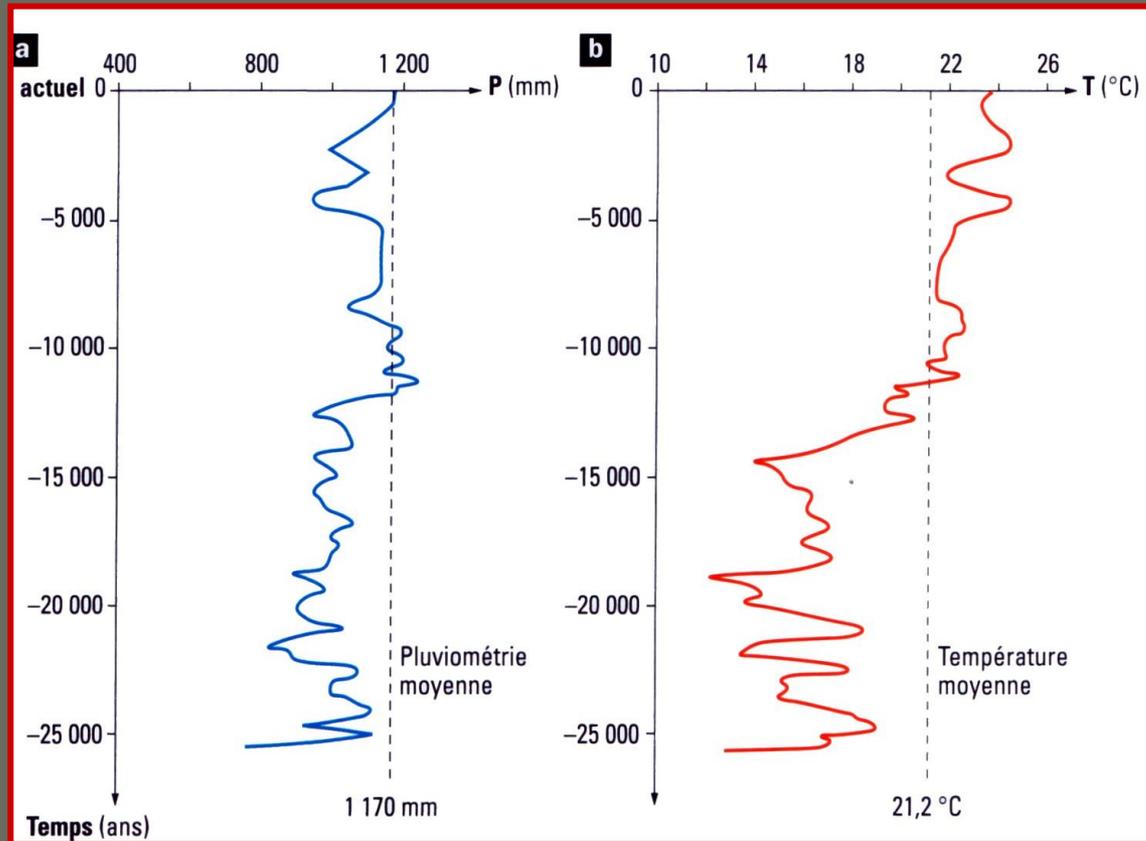
(1) Grèce (Macédoine) (2) Hollande (3) Colombie



# Reconstitution de la végétation européenne d'il y a 6 000 ans

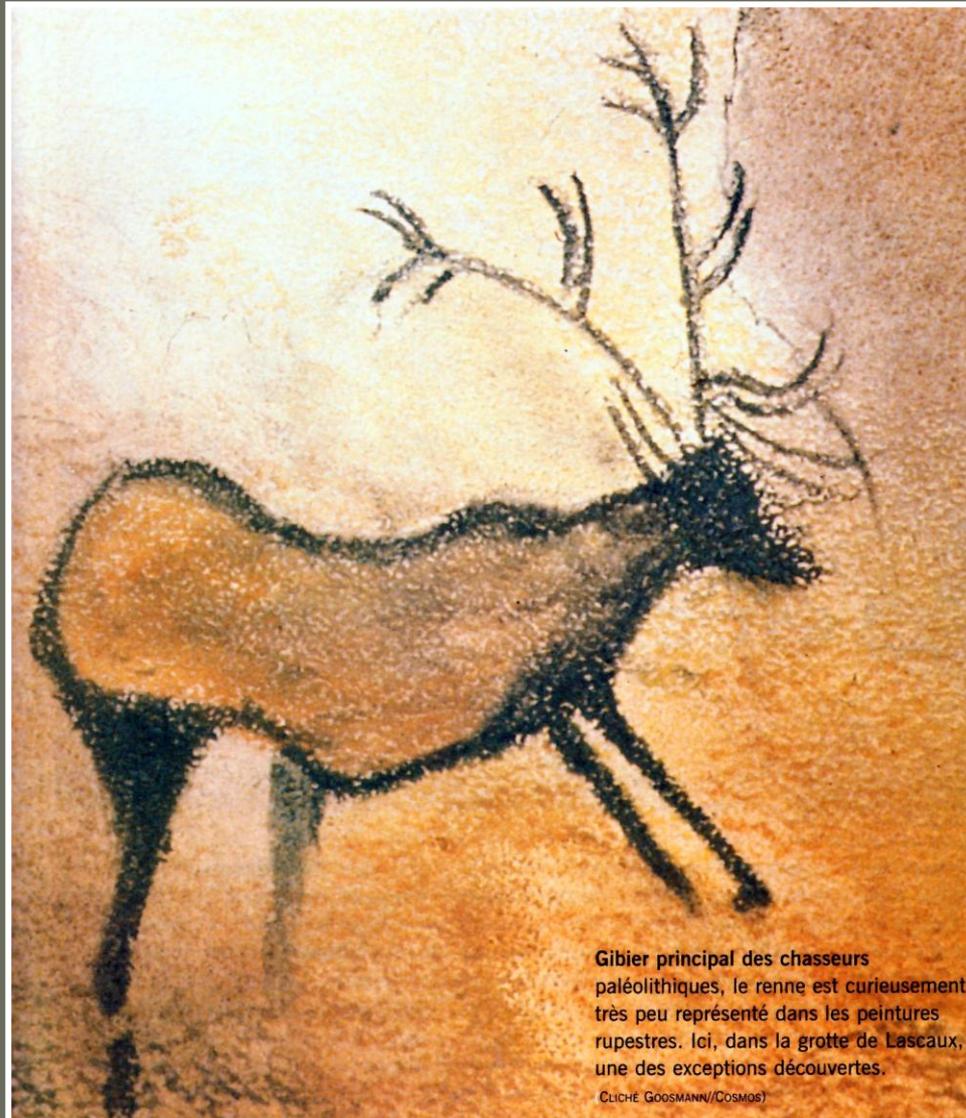


# Évolution de la pluviométrie (a) et de la température moyenne (b) déduite d'un diagramme pollinique de sédiments lacustres



La reconstitution du climat à partir de données polliniques est fondée sur la technique des analogues (principe de l'actualisme): pour chaque spectre pollinique ancien, on cherche les spectres polliniques actuels qui ressemblent le plus.

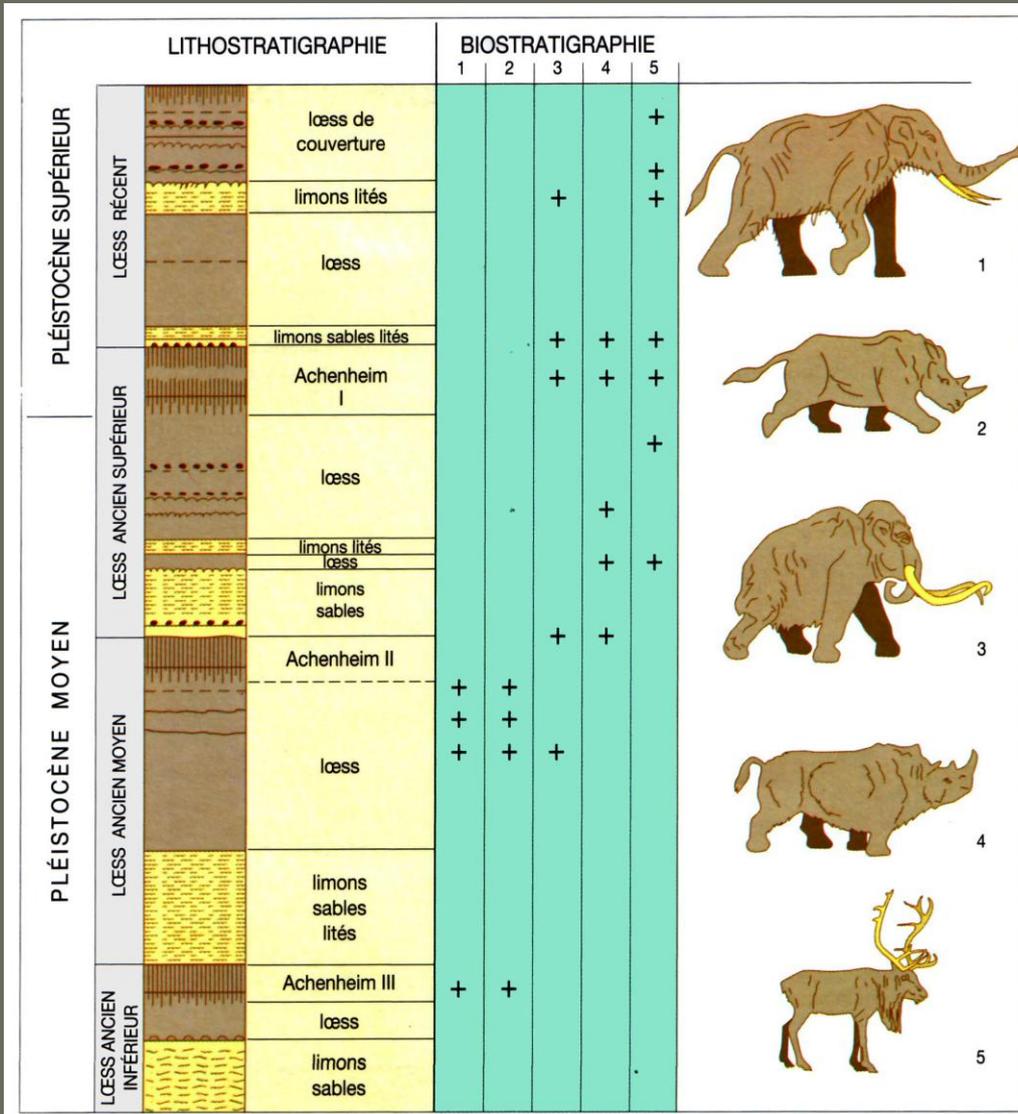
# Les paléofaunes



Gibier principal des chasseurs paléolithiques, le renne est curieusement très peu représenté dans les peintures rupestres. Ici, dans la grotte de Lascaux, une des exceptions découvertes.

(CLICHE GOODMAN/COSMOS)

# Paléofaune dans les loess et les paléosols d' Achenheim ( Alsace)



135 000 BP

*Elephas anticus*

*Dicerorhinus mercki*,

*Elephas primigenius*

*Rhinoceros tichorhinus*

*Rangifer tarandus*

150 000 BP

# Restes d'Éléphant antique

Pléistocène

*Tourbière sud – Plage de la Parée – Brétignolles sur mer*



# Les mammifères des périodes chaudes et froides du Quaternaire

périodes chaudes	périodes froides
Felis leo (Lion)	Dicrostomys torquatus (Lemming)
Elephas meridionalis	Crocota spelaea (Hyène des cavernes)
Elephas antiquus	Ursus spelaeus (Ours des cavernes)
Dicerorhinus etruscus (Rhinoceros)	Elephas primigenius (Mammouth)
Dicerorhinus mercki (Rhinoceros)	Rhinoceros tichorinus (Rhinoceros laineux)
Hippopotamus major	Rangifer tarandus (Renne)
	Ovibos moschatus (Bœuf musqué)



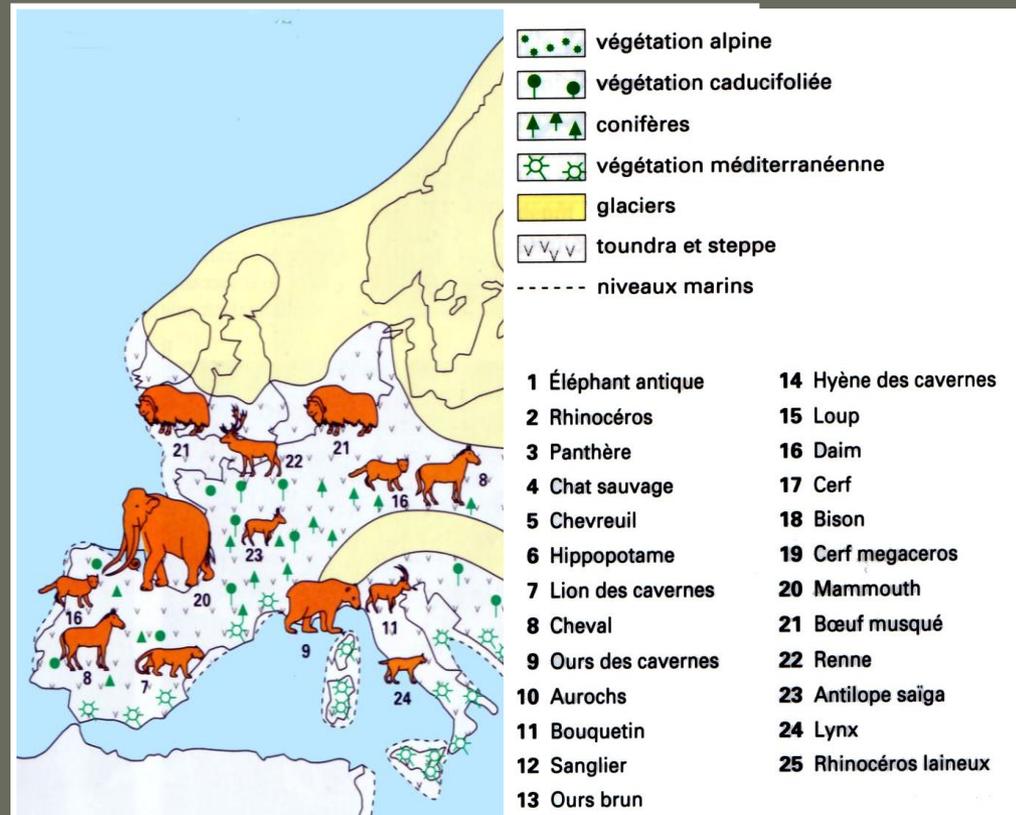
Les fossiles des Mammifères , les gravures les peintures rupestres laissées par des Hominidés confirment les alternances de périodes chaudes et froides

# Reconstitution des paléofaunes européennes

- 120 000 ans



- 20 000 ans



# I . Des indices des variations climatiques

1. L'idée de variations climatiques dans le passé.
2. Les indices géologiques des anciennes glaciations.
3. Les archives climatiques des glaces polaires.
4. Les foraminifères des sédiments marins.
5. Les paléoflores et paléofaunes.

## **II. Des indices des variations climatiques**

### **6. La dendrochronologie**

# La dendrochronologie



## **II. Des indices des variations climatiques**

### **7. Les indices historiques**

# Des indices historiques



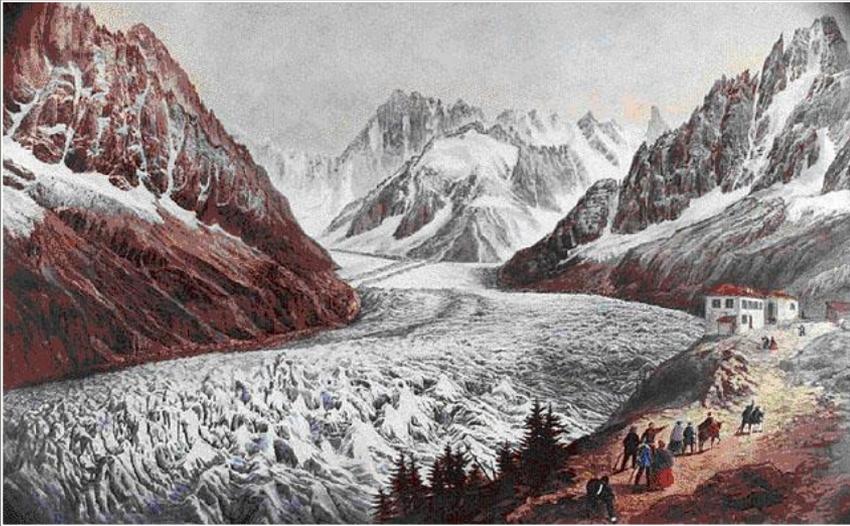
Calendriers et registres de l'Église : de précieux indicateurs climatiques

Les paysages  
du " Petit âge glaciaire "

ont inspiré les Bruegel  
de père en fils (16ème siècle) .



# Évolution de la « Mer de glace » depuis la fin du « petit âge glaciaire »

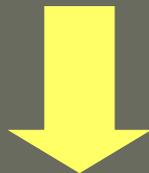




**La date d'ouverture des vendanges renseigne les historiens sur les températures du printemps et de l'été**

# Des indices historiques

- **Les descriptions directes du temps (ensoleillement , nuages , neige,...)**
  - Chroniques ,Lettres , Agendas météorologiques ( Fin du XV<sup>e</sup> – débuts de l'Astronomie) , peintures , Gravures...
- **Les données indirectes qui relatent des évènements liés aux conditions climatiques**
  - Les registres d'églises ( ex:cérémonies des Rogations en Espagne )
  - La maturité des cultures ,la surveillance du gel des canaux en Hollande...

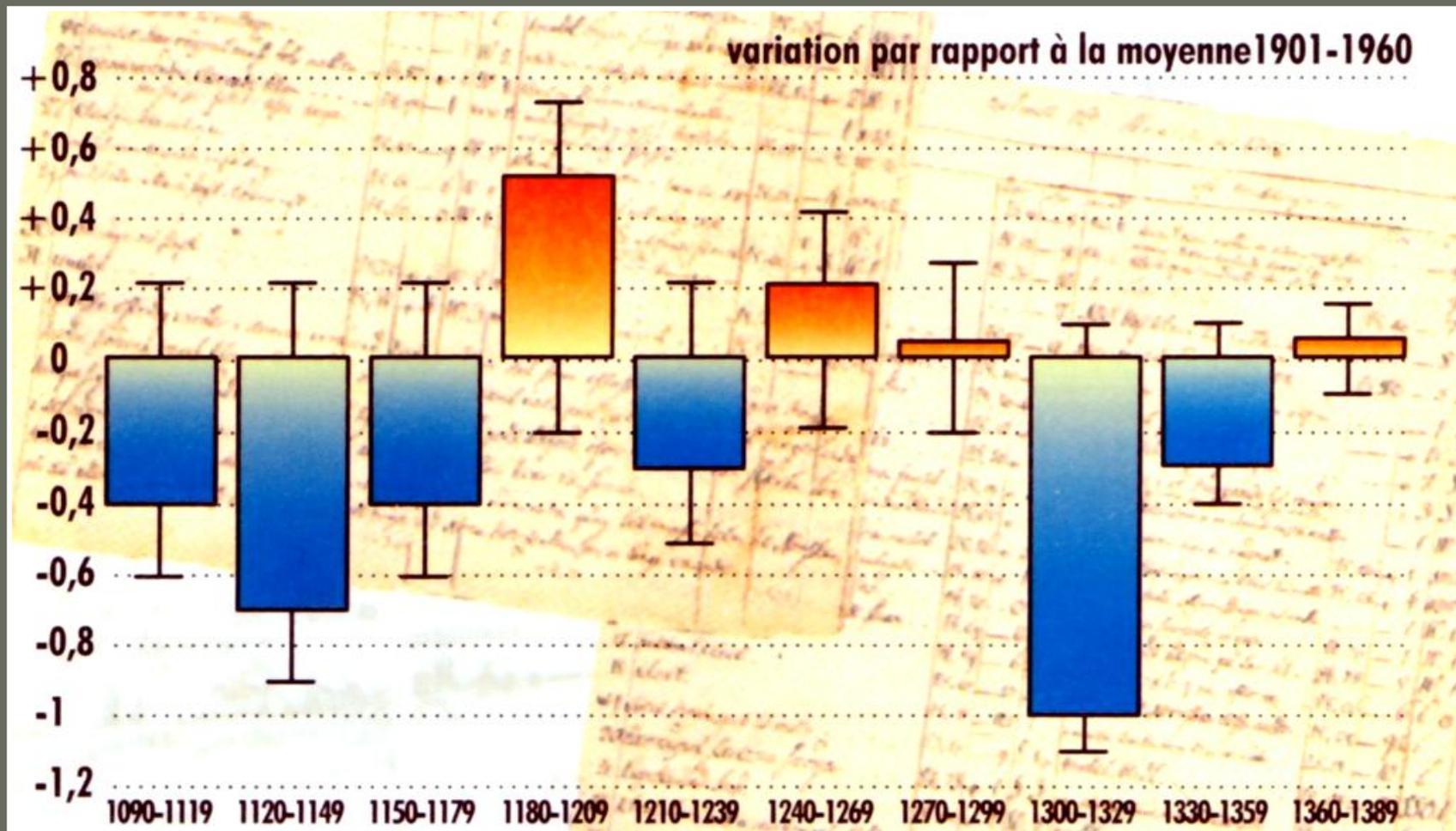


## 3 grandes périodes climatiques dans le dernier millénaire

- Une période chaude entre 1000 et 1300
- Une période de refroidissement lent
- Une période froide appelée « le petit âge glaciaire » de 1550 à 1850

**Une grande variabilité climatique au sein de ces périodes**

# Températures hivernales en Europe centrale de 1090 à 1389



Un traitement mathématique d'archives historiques sur le climat

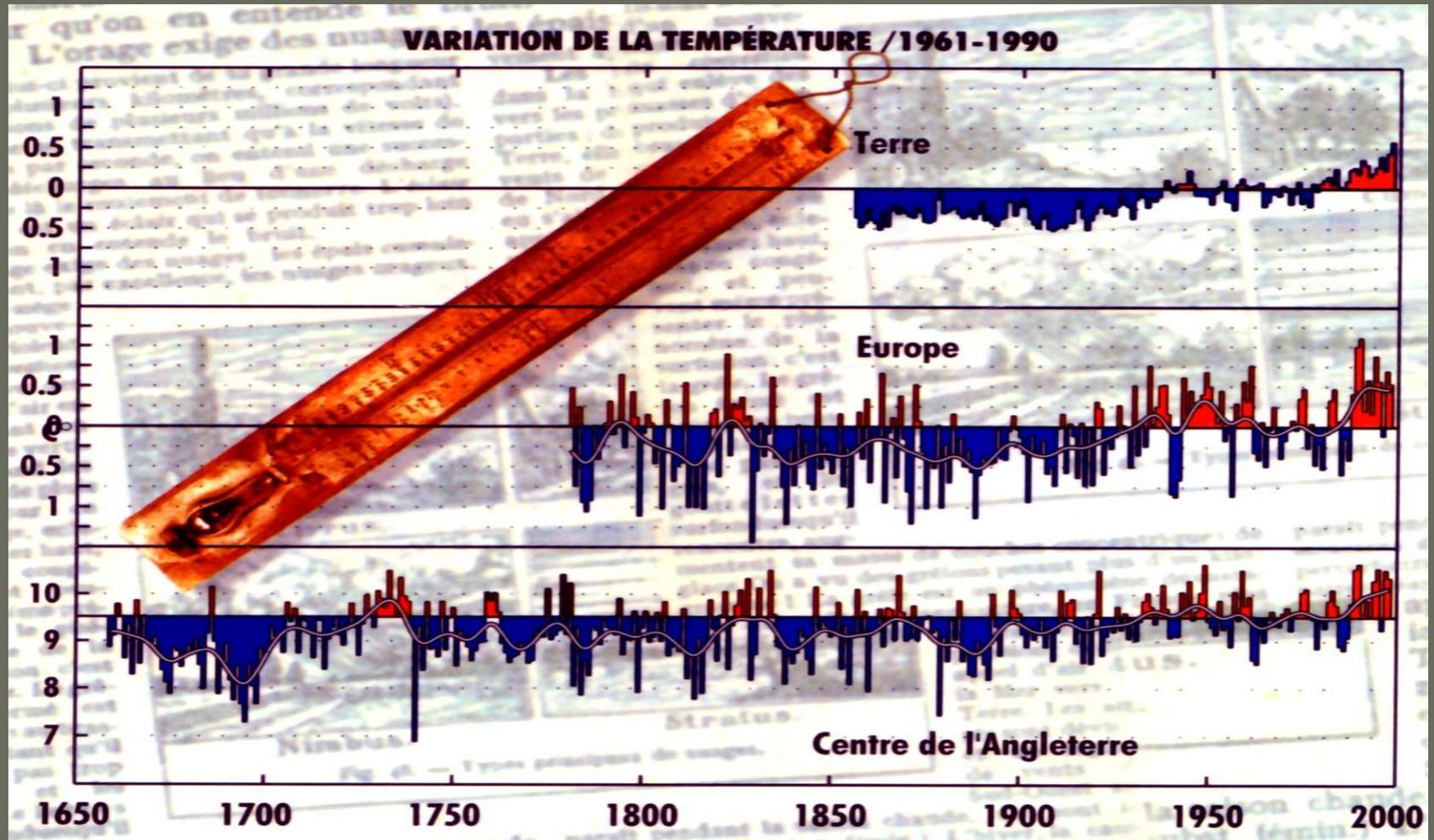
# I . Des indices des variations climatiques

1. L'idée de variations climatiques dans le passé.
2. Les indices géologiques des anciennes glaciations.
3. Les archives climatiques des glaces polaires.
4. Les foraminifères des sédiments marins.
5. Les paléoflores et paléofaunes.
6. La dendrochronologie.
7. Les indices historiques

## **II. Des indices des variations climatiques**

### **8. Les données des thermomètres depuis 350 ans**

# Ce que nous apprennent les thermomètres depuis 350 ans



Les écarts de température par rapport à la période de référence 1961 - 1990

# I . Des indices des variations climatiques

1. L'idée de variations climatiques dans le passé.
2. Les indices géologiques des anciennes glaciations.
3. Les archives climatiques des glaces polaires.
4. Les foraminifères des sédiments marins.
5. Les paléoflores et paléofaunes.
6. La dendrochronologie.
7. Les indices historiques
8. Les données récentes des thermomètres

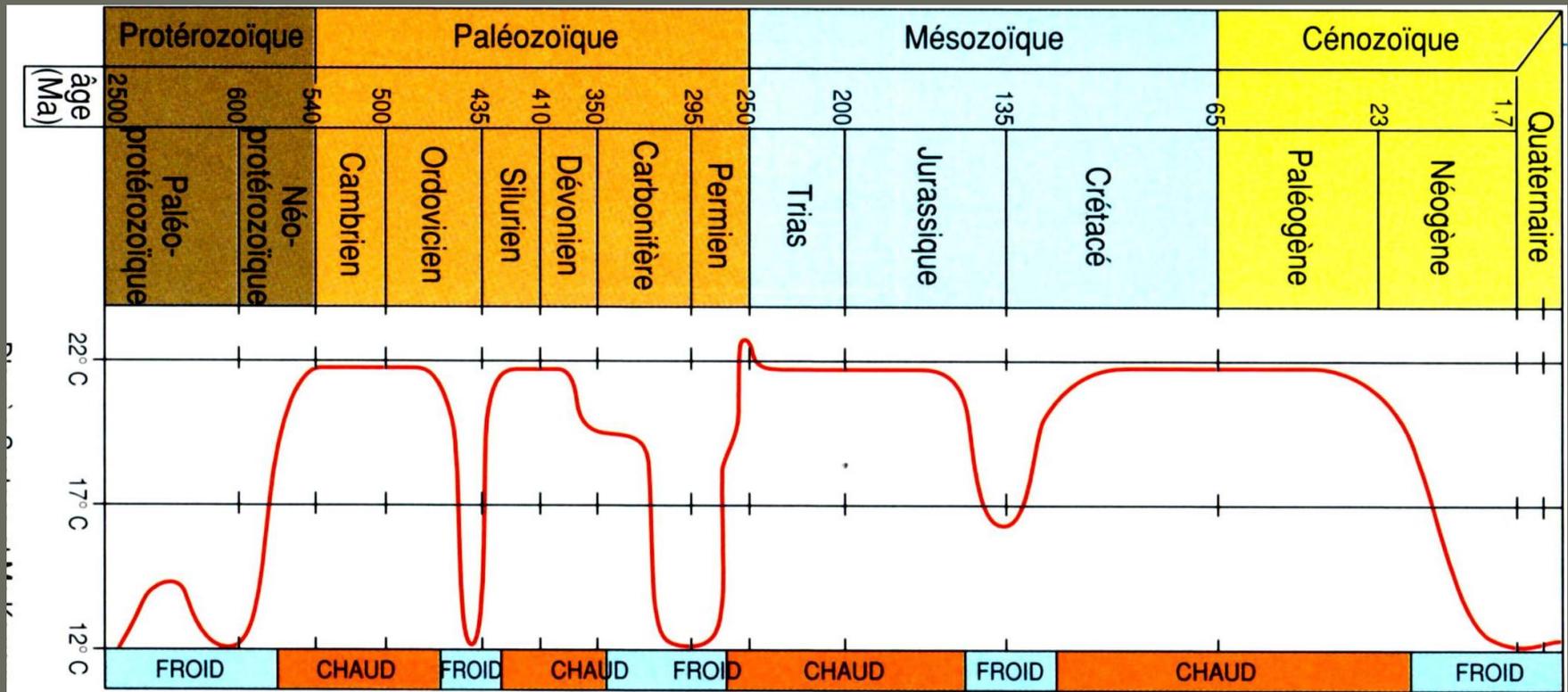
# Les variations climatiques au Quaternaire

- I. Les intérêts de cette étude
- II. Les indices des variations climatiques
- III. La nature des variations climatiques
- IV. Les causes des variations climatiques
- V. Les conséquences sur le niveau marin

# **III . La nature des variations climatiques**

# Des variations climatiques à différentes échelles

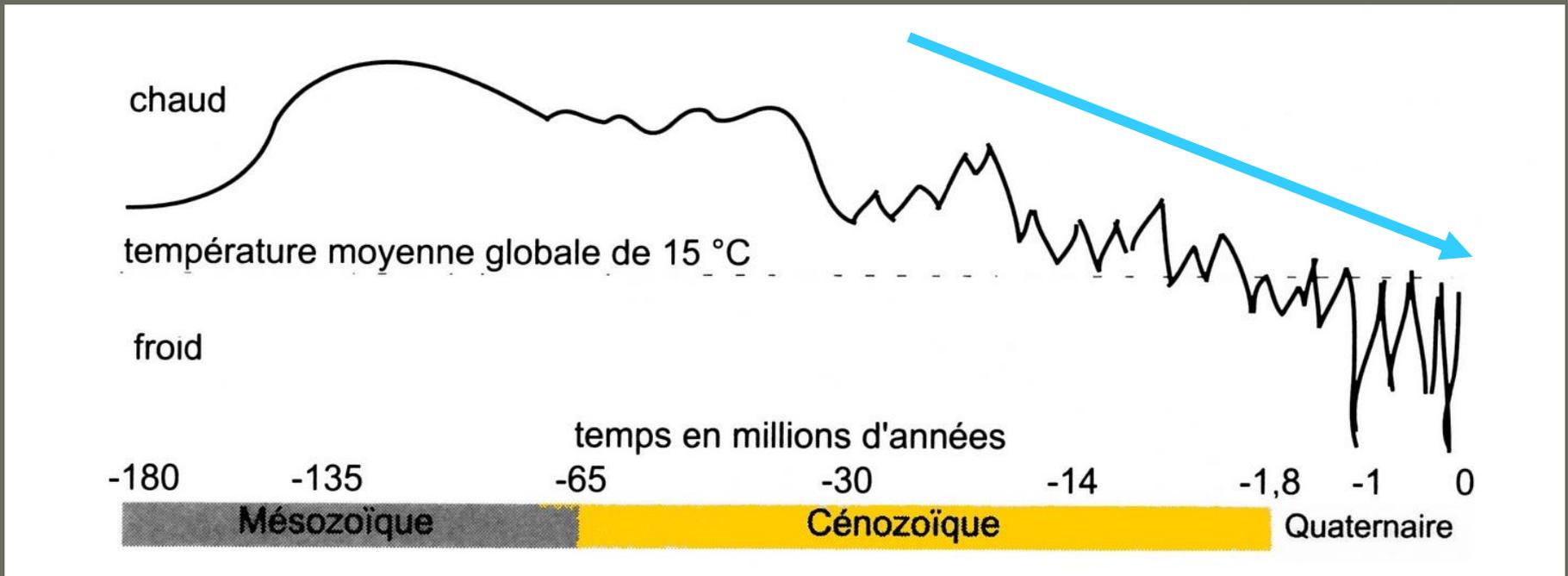
A l'échelle des temps géologiques



Le quaternaire est une période froide !

# Des variations climatiques à différentes échelles

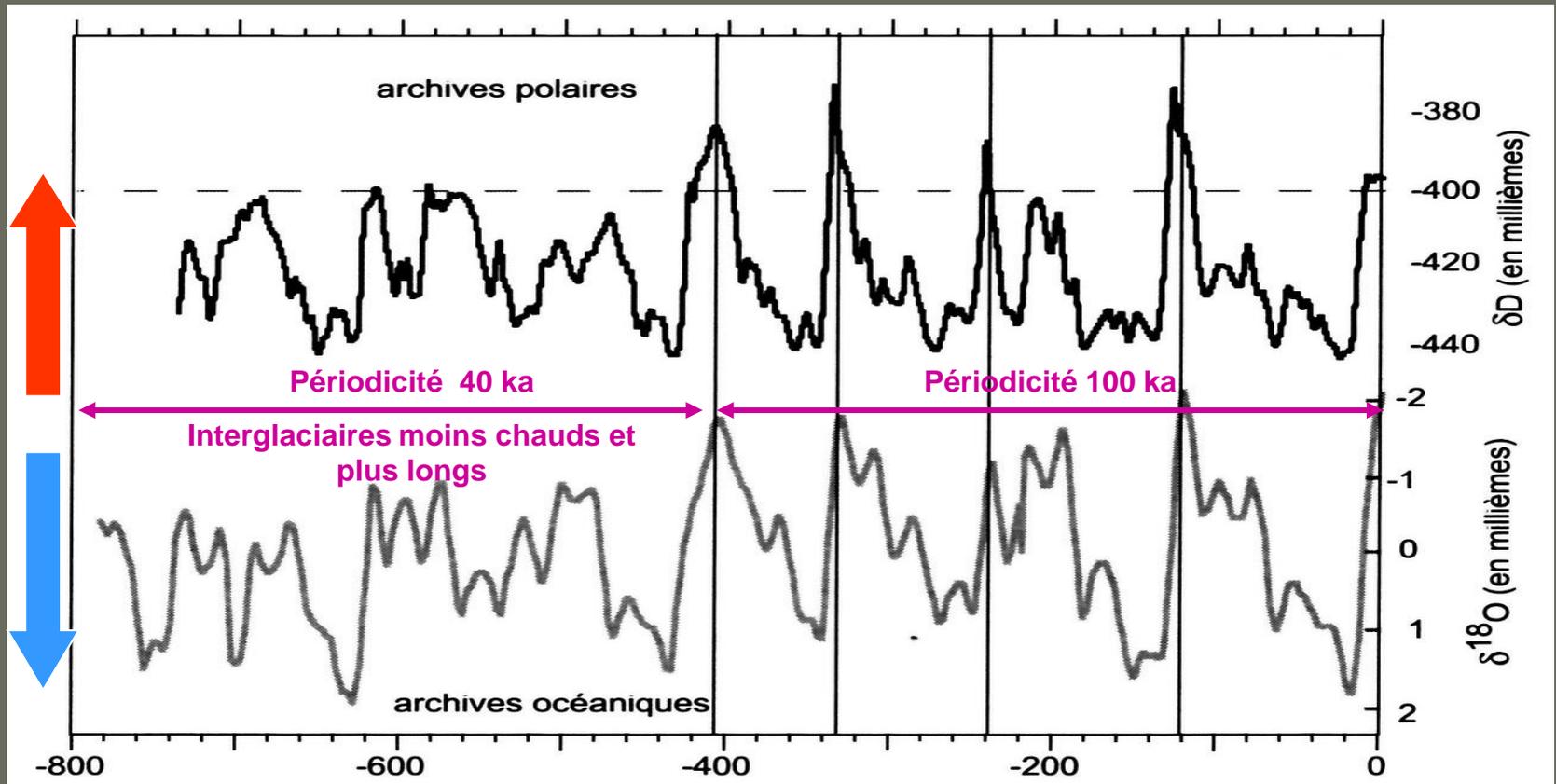
A l'échelle des dizaines de millions d'années



Une descente lente et irrégulière vers le froid depuis 30 millions d'années

# Des variations climatiques à différentes échelles

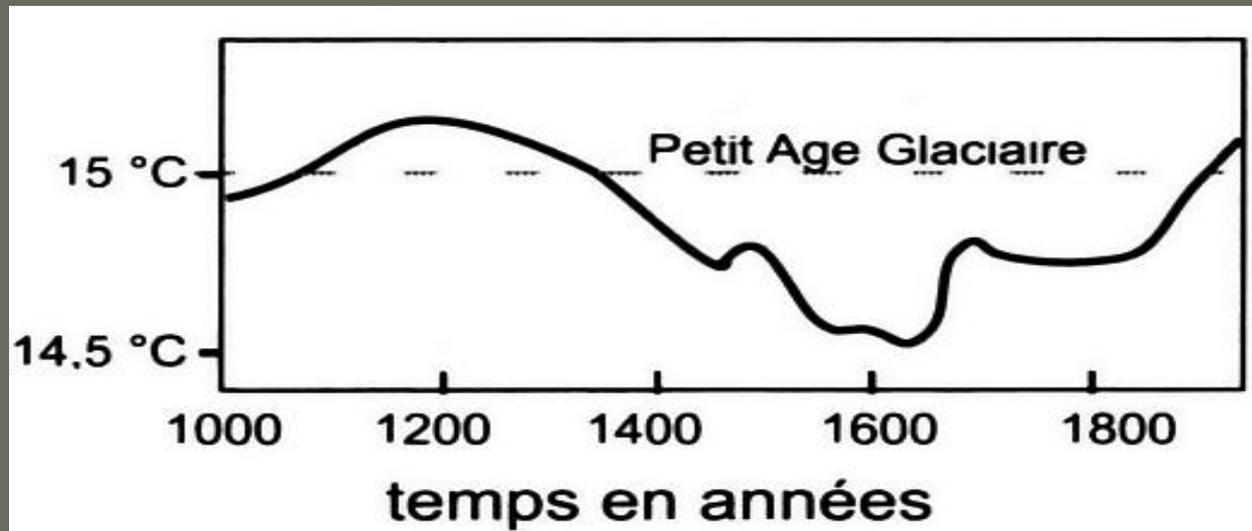
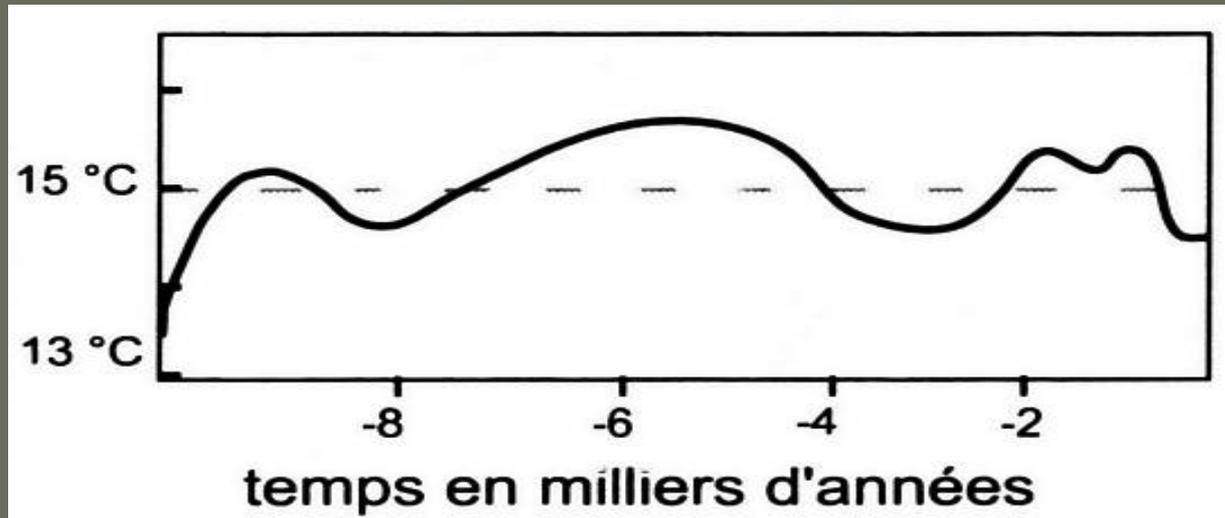
A l'échelle des centaines de milliers d'années



800 000 ans de **chaud** et **froid**

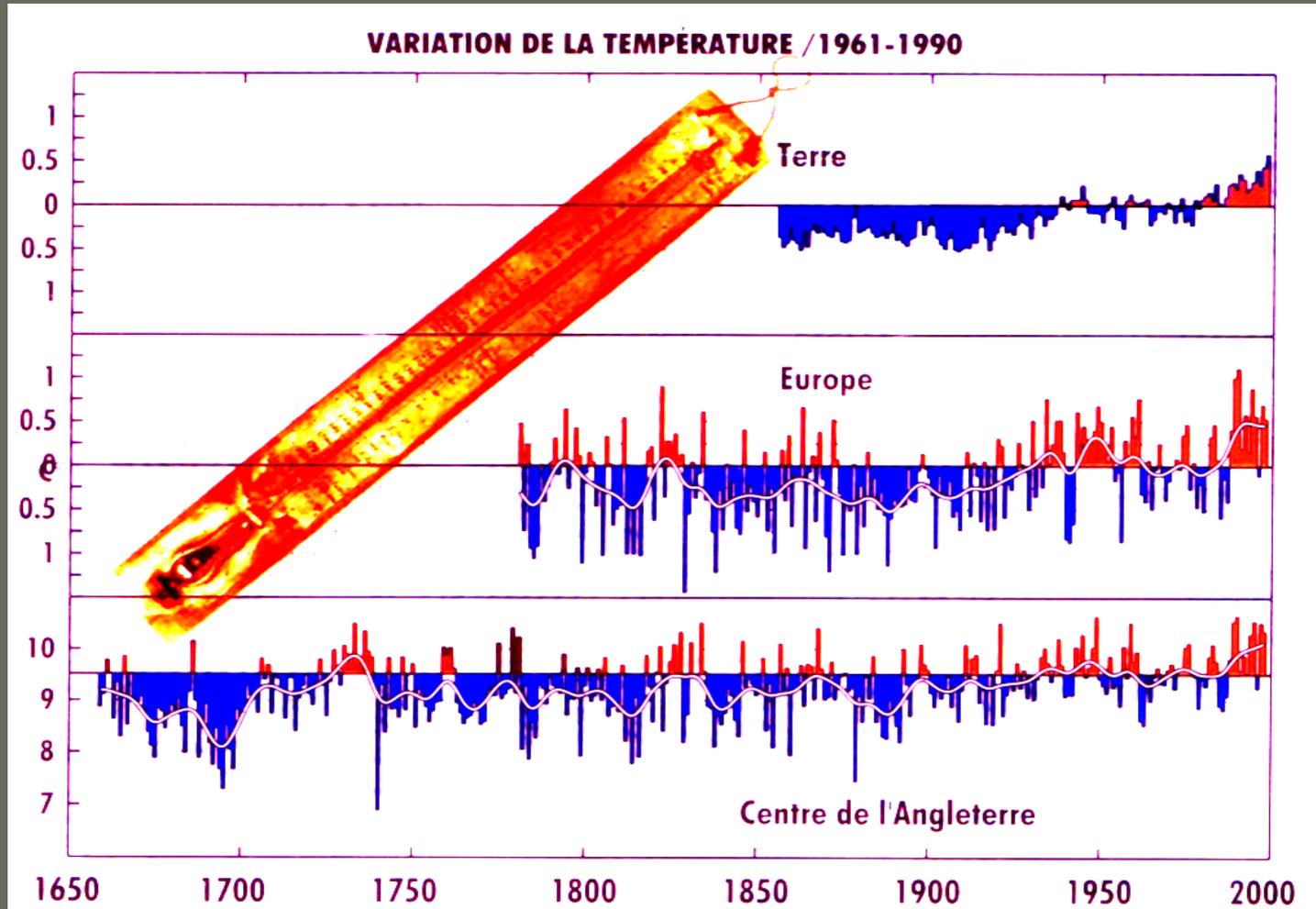
# Des variations climatiques à différentes échelles

A l'échelle des millénaires



# Des variations climatiques à différentes échelles

A l'échelle des siècles derniers



# Chronologie des phases glaciaires et des civilisations

DATES	PHASES GLACIAIRES	CIVILISATIONS
		Métaux Néolithique Mésolithique
-10 000	Würm IV	Magdalénien
-20 000		Solutréen
-30 000	Würm III 32 000	Aurignacien- Perigordien
-40 000	Würm II	Paléolithique moyen
-50 000		
-60 000	Würm I	
-70 000		
-80 000		
-90 000	Interglaciaire Riss-Würm	
-100 000	Riss III	Acheuléen
-200 000	Riss II	
-300 000	Riss I	
	Interglaciaire Mindel-Riss	
-400 000	Mindel II	Chelléen-
-500 000	Mindel I	Abbevillien
	Transgression sicilienne	
-700 000	Günz II	
-1 000 000	Günz I	Pebble Culture
-1 500 000	Interglaciaire Donau-Günz	
-2 000 000	Donau III	Pebble Culture
	Interglaciaire	
-2 500 000	Donau II	
	Interglaciaire	
-3 000 000	Donau I	
-3 500 000		
-4 000 000		

# Chronologie du Quaternaire

