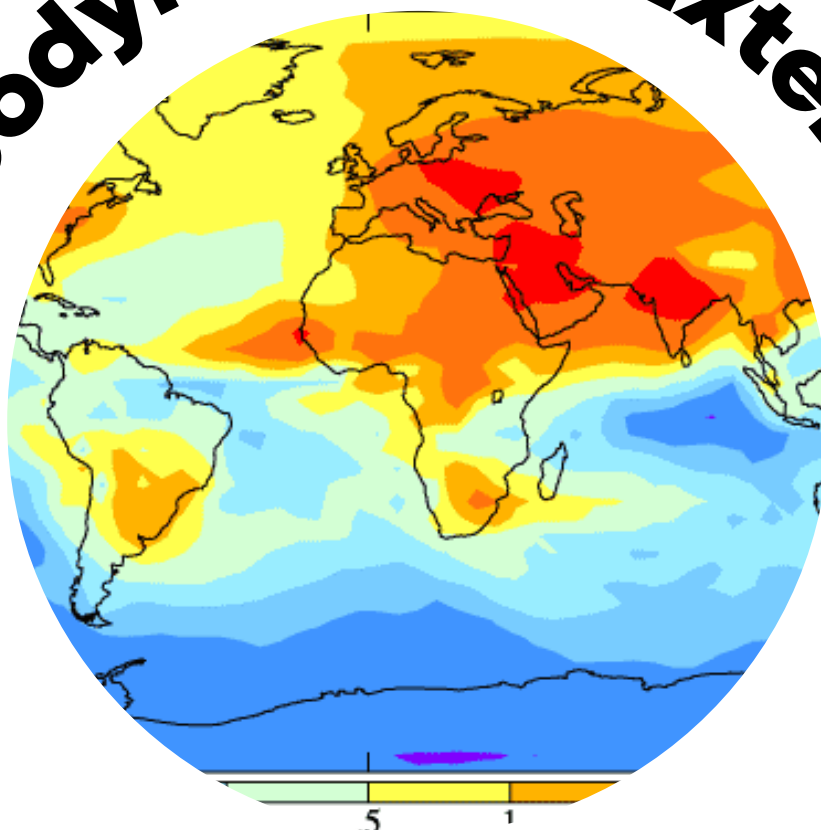


Géodynamique Externe



SCIENCES DE LA
VIE ET DE LA TERRE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

Géodynamique externe Paléoclimatologie

Prof. Abdel-Ilah MIHRAJE

Département : Géologie

Filière : Licence d'Etudes Fondamentales Sciences de la
Terre et de l'Univers STU Module : M10

Faculté des Sciences Tétouan
Université Abdelmalek Essaadi

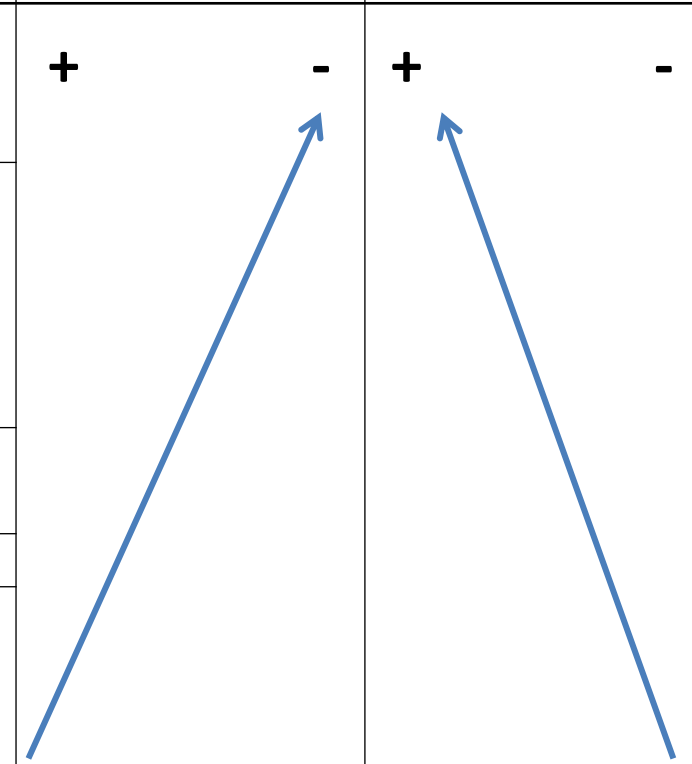
2019 -2020

I.5. Paléoclimatologie :

- la science qui étudie les climats passés et leurs variations
- Reconstitution des variations climatiques et leurs causes
- Utilisation des indicateurs paléoclimatiques
 - Géochimiques
 - Sédimentologiques
 - Paléontologiques

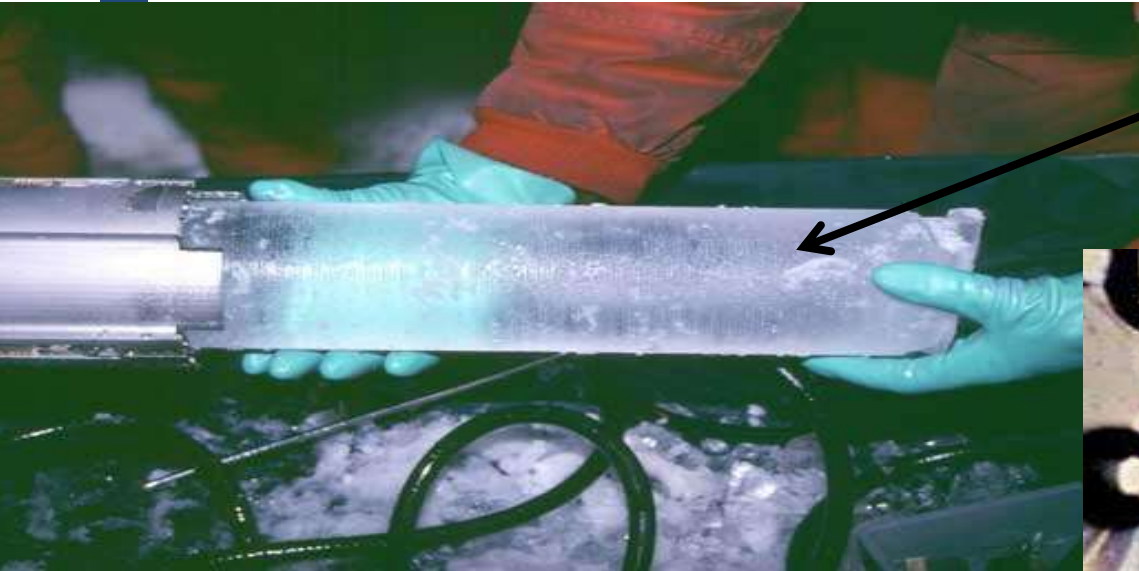
I.5. Paléoclimatologie :

	Climats	Données sédimentologiques	Données paléontologiques	Données géochimiques	
				$\Delta^{18}\text{O}$ dans les tests des foraminifères	CO_2 dans les carottes glaciaires
Période chaude	Chaud aride	évaporite et calcaires	Pollen d'herbacées (steppe)	+	-
	Tropical	Argiles rouges (Latérites et Bauxites)	Coraux, foraminifères dextre (Neogloboquadrina pachyderma)		+
	Tempéré chaud	Charbon, Evaporite, Kaolinite	forêt abondante		-
	Tempéré froid	Charbon et Tillites			
Période glaciaire	Froid	Tillites, roches striées	foraminifères dextre (Neogloboquadrina pachyderma)		



I.5. Paléoclimatologie :

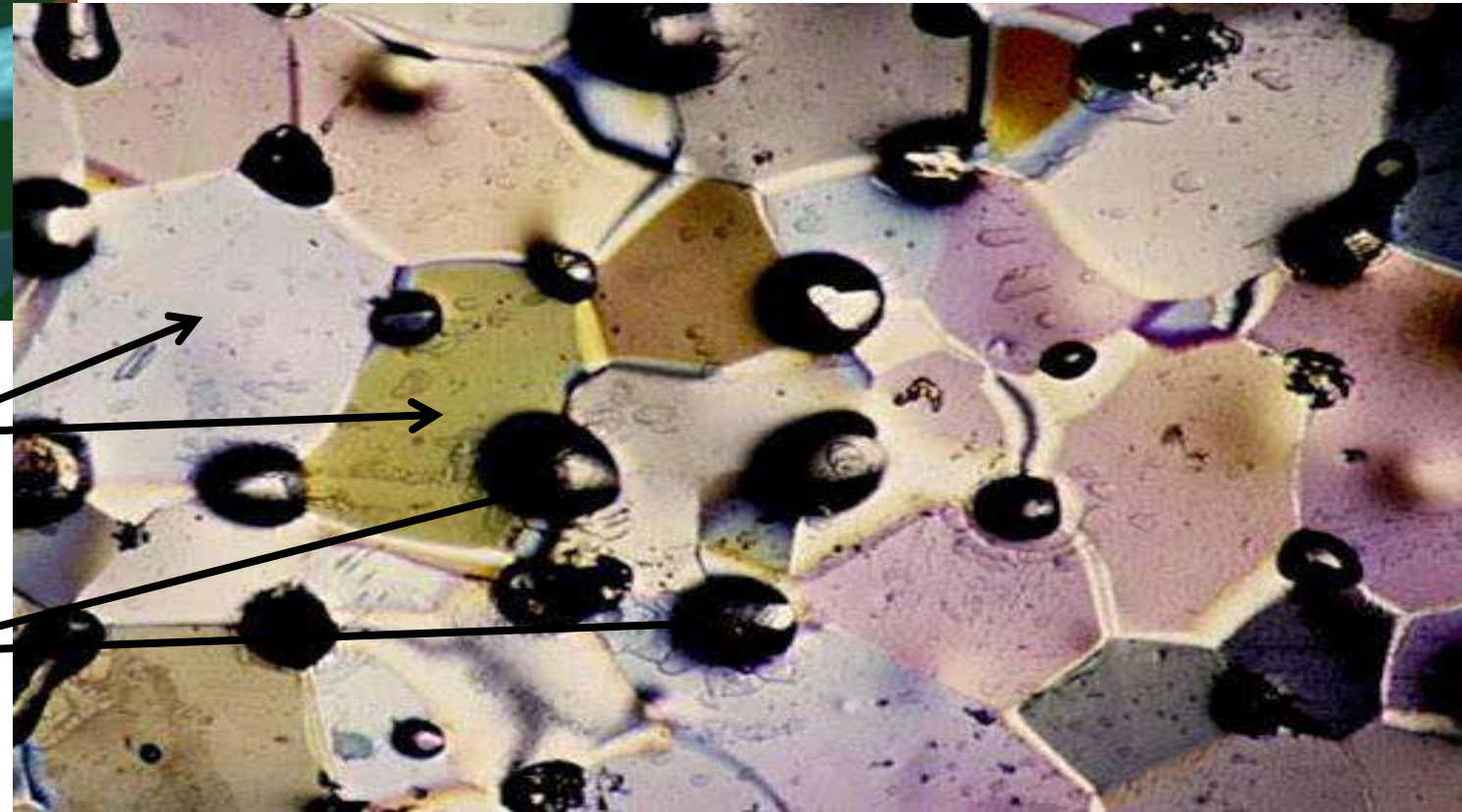
I.5.1 Indices géochimiques :



Carotte de glace

Cristaux de glace

Bulles d'air



I.5. Paléoclimatologie :

I.5.1 Indices géochimiques :

❖ Carottes glaciaires:

- Analyse des isotopes d'oxygène de l'eau des glaces
- Analyse des gaz contenus dans les bulles d'air (CO_2 et CH_4)

❖ Carottes sédimentaires marins:

- Analyse des isotopes d'oxygène dans les tests de foraminifères

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.1 Indices géochimiques :

Utilisation des isotopes d'oxygène dans la paléoclimatologie

L'oxygène O possède 3 isotopes différents :

O^{16} : 8P+8N
+ léger
98.7 % du total

O^{17} : 8P+9N

O^{18} : 8P+10N
+ lourd
0.2 % du total

Dans les océans actuels : $O^{18}/O^{16} = 1/500 = 2 \times 10^{-3}$

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.1 Indices géochimiques :

$$\delta^{18}O = \left(\frac{\left(\frac{^{18}O}{^{16}O} \right)_{\text{échantillon}}}{\left(\frac{^{18}O}{^{16}O} \right)_{\text{standard}}} - 1 \right) \times 1000$$

$\delta^{18}O$ est calculée par rapport à un **échantillon standard**:

➤ **SMOW**: Standard Mean Oceanic Water
(pour l'analyse de l'eau de la glace)

➤ **PDB**: Peedee Belemnite
(pour l'analyse des carbonates des tests de Foraminifères)

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.1 Indices géochimiques :

Remarque :

De la même manière on peut utiliser les isotopes d'hydrogène

Hydrogène: ${}^2\text{H}/{}^1\text{H} = \text{D}/\text{H} = (0,3 \times 10^{-3})$ ${}^2\text{H}$ est nommé **deutérium** = **D**.

On calcule : $\delta\text{D} = ({}^2\text{H}/{}^1\text{H})_{\text{éch}} - ({}^2\text{H}/{}^1\text{H})_{\text{sdt}} / ({}^2\text{H}/{}^1\text{H})_{\text{sdt}}$

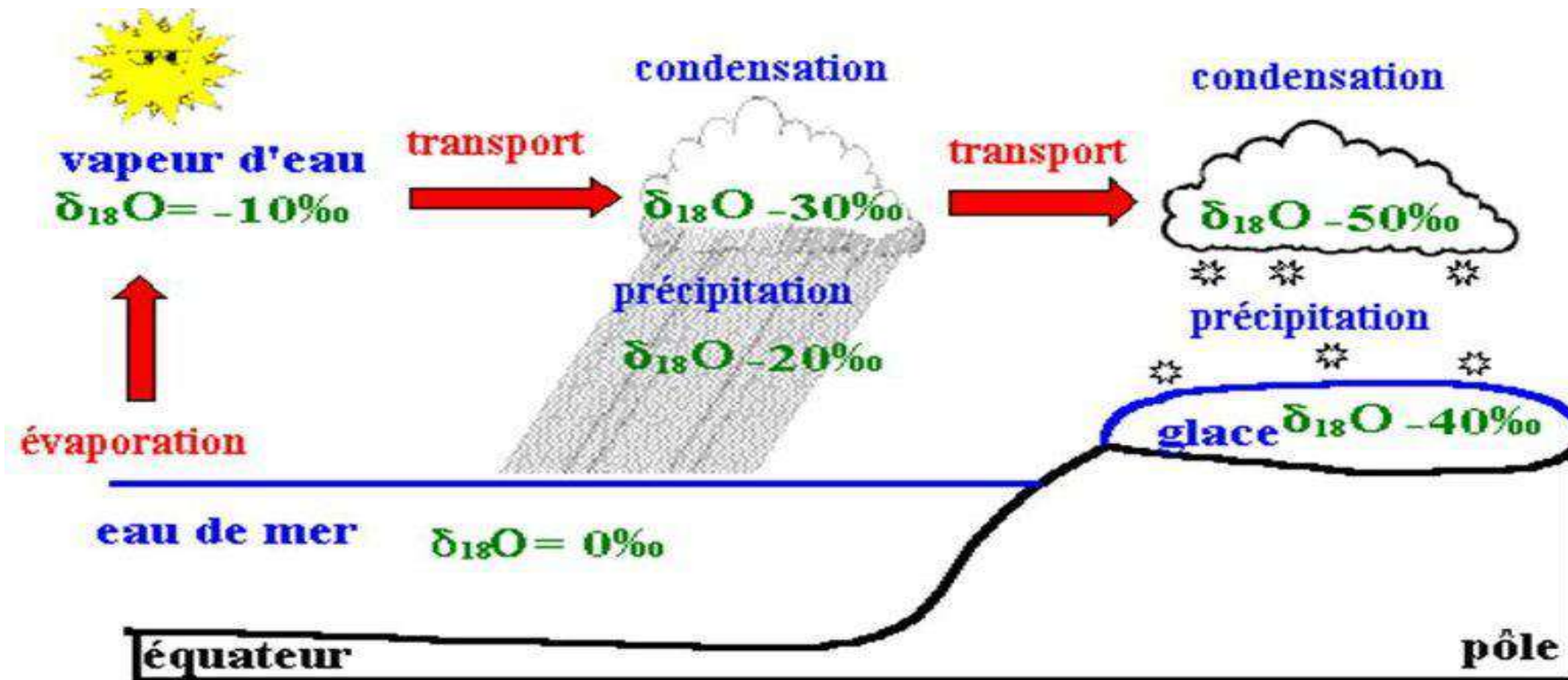
Relation entre les compositions isotopiques de l'oxygène et de l'hydrogène:

$$\delta\text{D} = 8 \times \delta^{18}\text{O} + 10,$$

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.1 Indices géochimiques :

Evolution latitudinale de $\delta^{18}\text{O}$:



I.5. Paléoclimatologie :

I.5.1 Indices géochimiques :

Evolution latitudinale de $\delta^{18}\text{O}$

- **Evaporation** : l'oxygène 16, étant plus léger que l'oxygène 18, s'évapore plus facilement que celui-ci. Les nuages ainsi formés seront plus riches en oxygène 16 qu'en oxygène 18.
- **Condensation** : oxygène 18, plus lourd, précipite préférentiellement. Ainsi, les pluies seront plus chargées en oxygène 18 qu'en oxygène 16.

Ceci explique que les nuages ait un $\delta^{18}\text{O}$ plus faible que celui de l'océan.

Les nuages vont globalement de l'équateur vers les pôles et s'appauvrissent progressivement en oxygène 18. Le $\delta^{18}\text{O}$ devient de plus en plus négatif de l'équateur vers les pôles.

Le $\delta^{18}\text{O}$ varie donc avec la latitude.

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.1 Indices géochimiques :

Evolution latitudinale de $\delta^{18}O$:



En période froide :

- l'évaporation est faible et concerne essentiellement du ^{16}O . Le rapport $^{18}O/^{16}O$ dans les nuages est donc très faible ($^{16}O \gg ^{18}O$). Ainsi, le $\delta^{18}O$ des nuages est très faible.
- Quand le nuage arrive aux pôles, il n'a quasiment que du ^{16}O à précipiter, **le $\delta^{18}O$ des glaces est donc très faible (très négatif).**

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.1 Indices géochimiques :

Evolution latitudinale de $\delta^{18}\text{O}$:

Période chaude

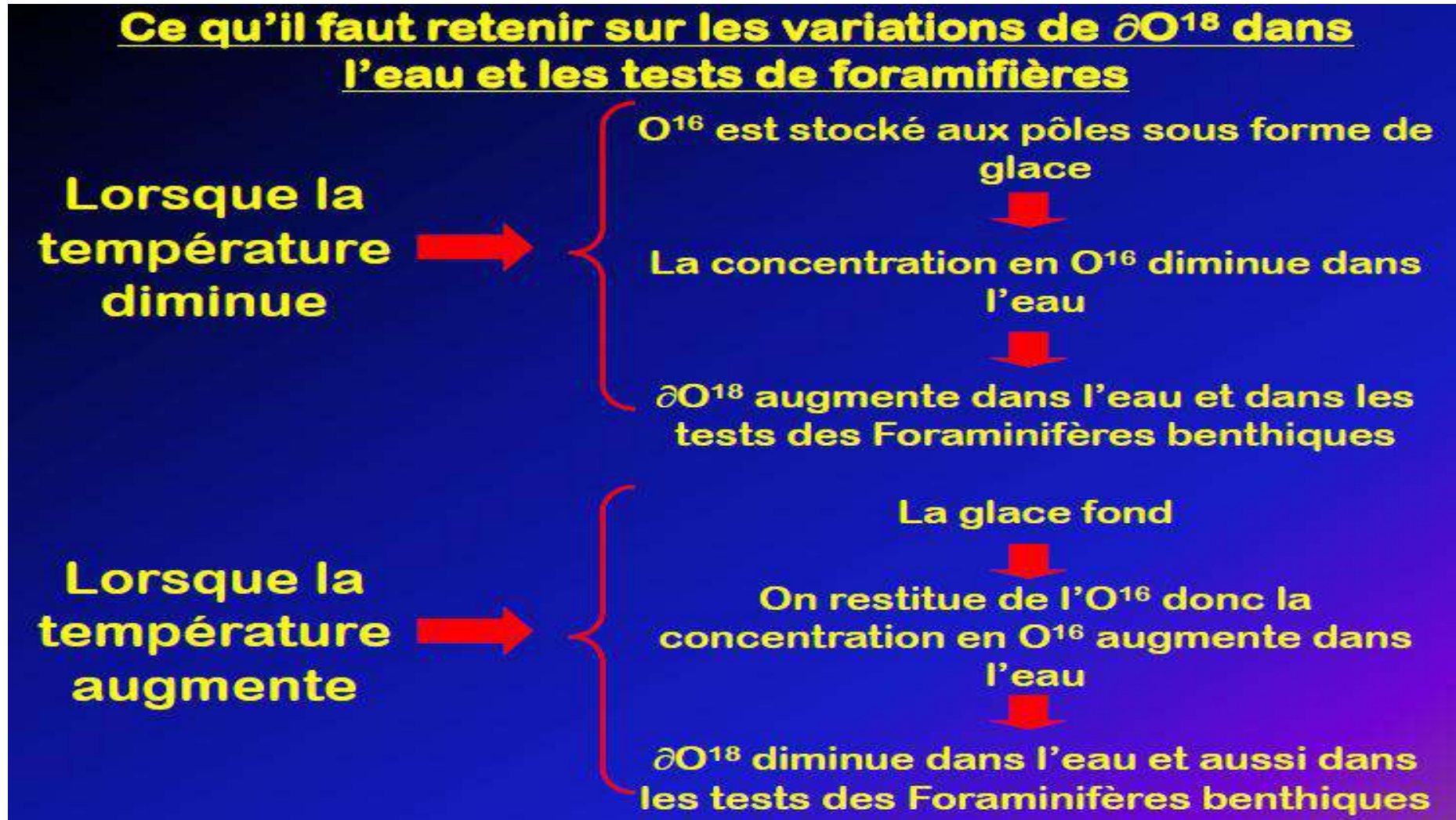


En période chaude :

- l'évaporation est forte et intéresse essentiellement du ^{16}O mais aussi du ^{18}O . Donc, le nuage est plus chargé en ^{18}O pendant une période chaude que pendant une période froide et son $\delta^{18}\text{O}$ est plus élevé.
- En arrivant au pôle, le nuage relargue du ^{16}O mais aussi du ^{18}O puisqu'il en contient. Ainsi, le $\delta^{18}\text{O}$ de la glace sera donc plus élevé.

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.1 Indices géochimiques :



I.5. Paléoclimatologie :

I.5.1 Indices géochimiques :

Attention l'évolution de δO^{18} dans la glace est l'inverse de celle observée dans l'eau et les test des Foraminifères

Lorsque la température diminue



δO^{18} de la glace diminue

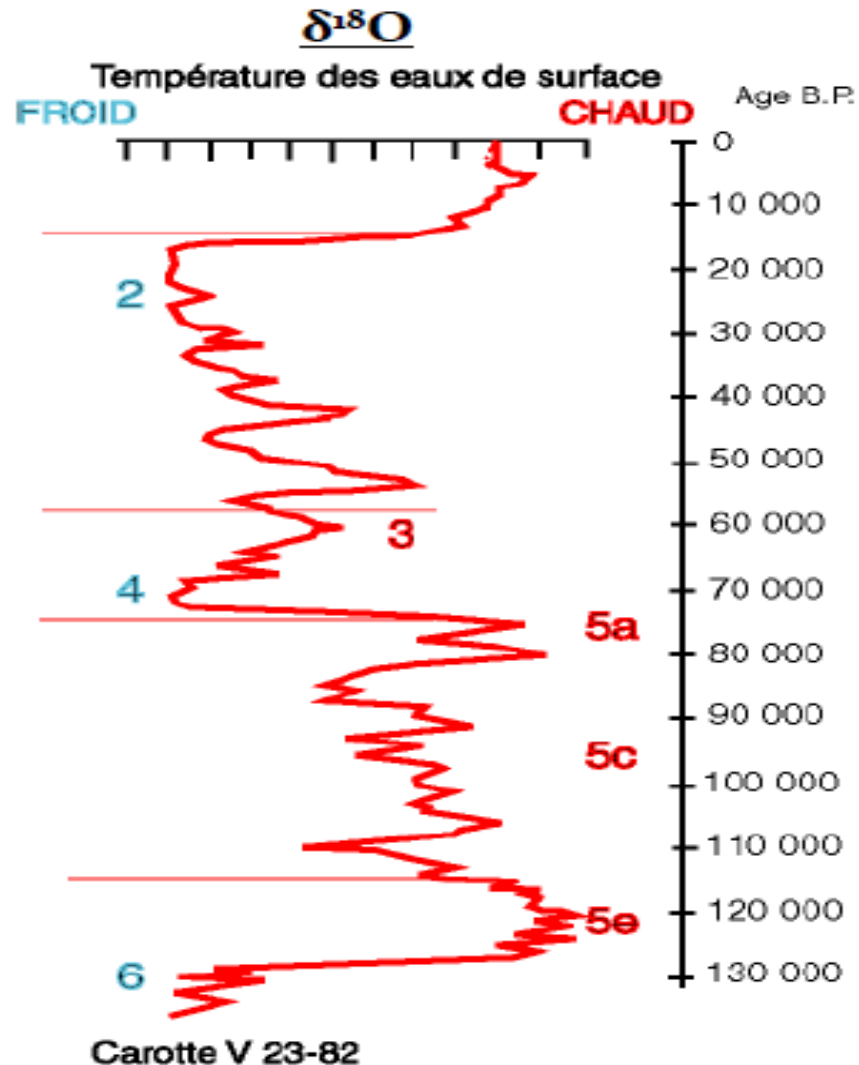
Lorsque la température augmente



δO^{18} de la glace augmente

I.5. Paléoclimatologie :

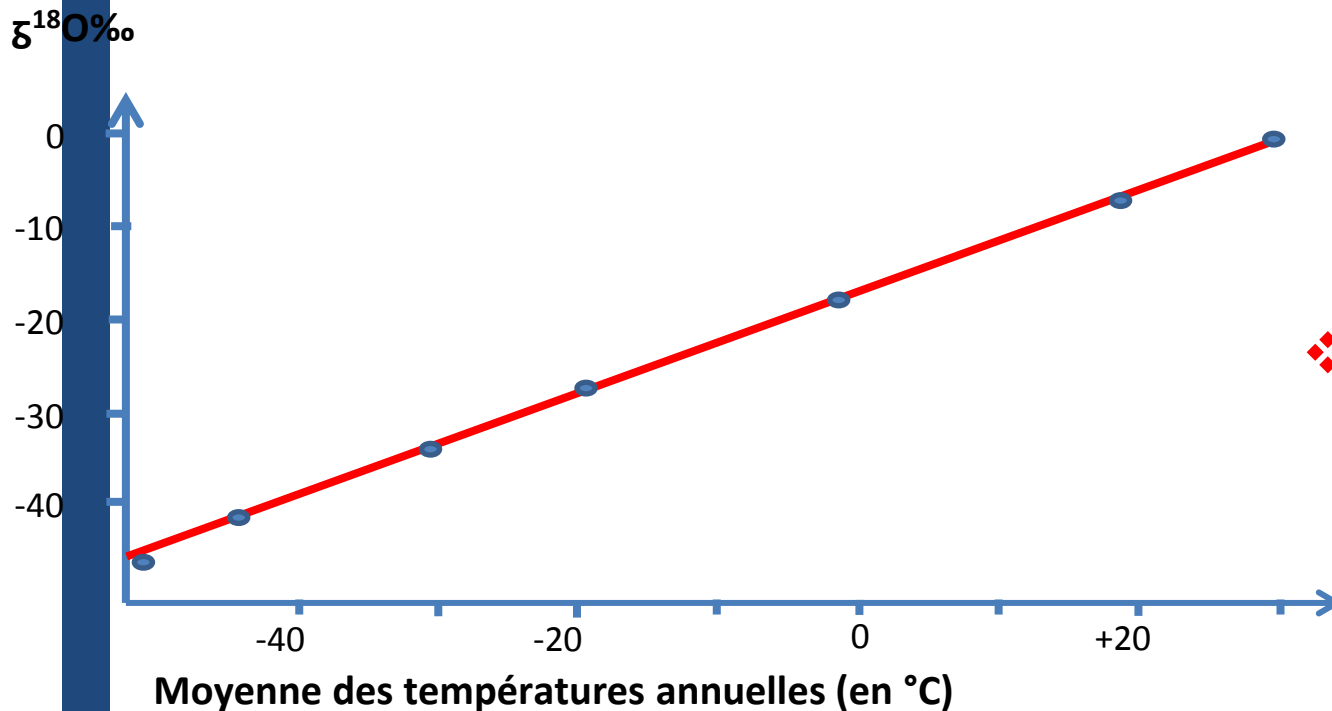
I.5.1 Indices géochimiques : exemple d'application



- Les variations de la température de l'eau de l'océan au cours des 130 000 dernières années déduites du rapport isotopique de l'oxygène des tests de foraminifères ($\delta^{18}\text{O}$).
- On voit qu'il y'a une succession de stades froids et d'interstades chauds.
- Par convention on attribue un numéro impair aux interstades chauds et un numéro pair aux périodes d'extension des glaces, c'est-à-dire des glaciations.

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.1 Indices géochimiques : exemple d'application

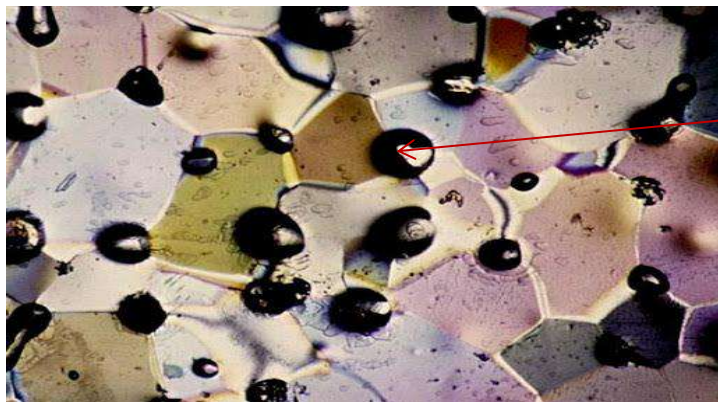


❖ Il existe un lien étroit entre la température de formation de la neige et sa composition isotopique en oxygène 18 : **variation linéaire.**

❖ En mesurant la composition isotopique des couches de glace d'une carotte, il est donc possible de déterminer la température qui régnait lors du dépôt de la neige à l'origine de la glace.

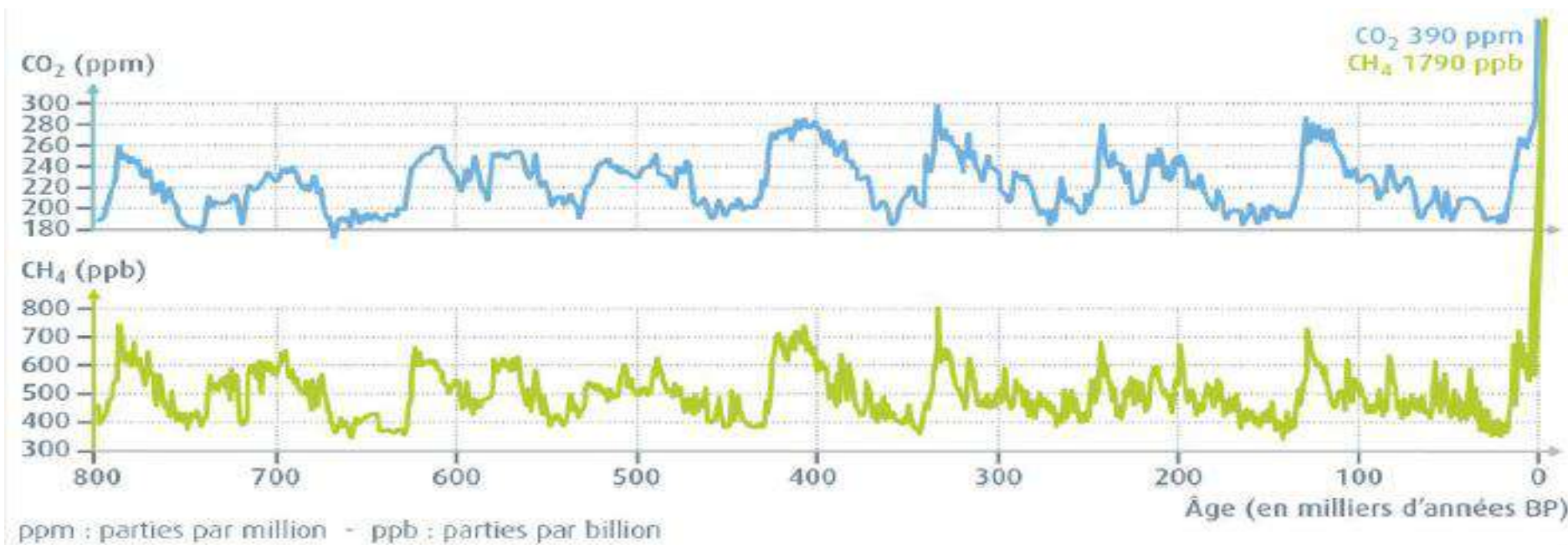
I.5. Paléoclimatologie :

I.5.1 Indices géochimiques :



L'analyse des gaz piégés dans la glace

Une idée sur l'évolution de la composition de l'atmosphère



I.5. Paléoclimatologie :

I.5.2 Indices paléontologiques :

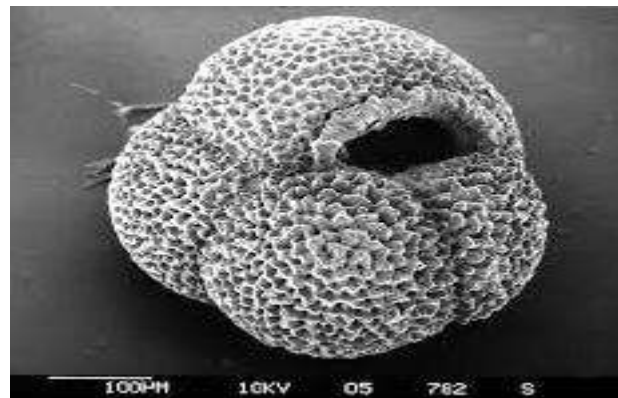
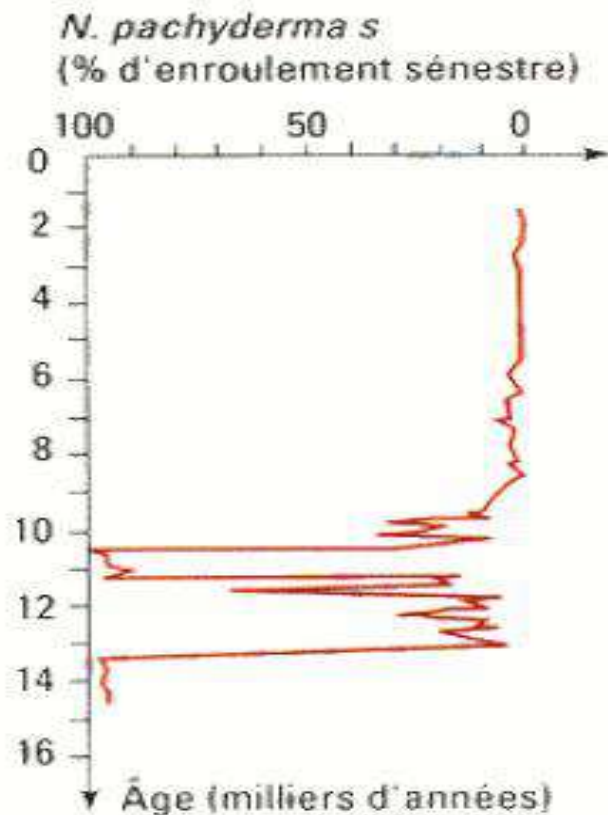
	Climats	Données sédimentologiques	Données paléontologiques	Données géochimiques	
				$\delta^{18}O$ dans les tests des foraminifères	CO2 dans les carottes glaciaires
Période chaude	Chaud aride	vaporite et calcaires	Pollen d'herbacées (steppe)	+	-
	Tropical	Argiles rouges (Latérites et Bauxites)	Coraux, foraminifères dextre (Neogloboquadrina pachyderma)		+
	Tempéré chaud	Charbon, Evaporite, Kaolinite	forêt abondante		-
	Tempéré froid	Charbon et Tillites			
Période glaciaire	Froid	Tillites, roches striées	foraminifères dextre (Neogloboquadrina pachyderma)		

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.2 Indices paléontologiques : Foraminifères

Les climats passés de la terre peuvent être déterminés par l'analyse de la **distribution des flores et des faunes qui sont sensibles au climat.**

Exemple : *Neogloboquadrina pachyderma* est un foraminifère dont l'enroulement du test dépend de la température de l'eau de surface de la mer:



➤ **Enroulement dextre** (vers la droite) lorsque l'eau de surface est **chaude**.

➤ **Enroulement senestre** (vers la gauche) lorsque l'eau de surface est **froide**.



I.5. Paléoclimatologie :

I.5.2 Indices paléontologiques : Pollen

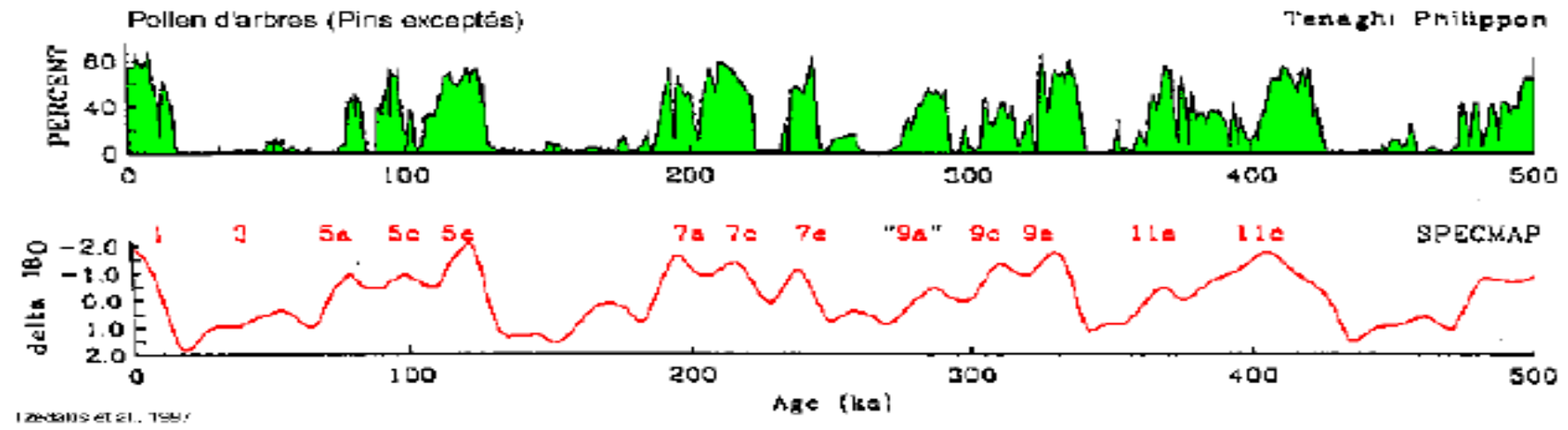
Les sédiments continentaux peuvent contenir des grains de pollen,



Pin



chêne



- Une carotte prélevée dans un lac de Grèce a permis de figurer l'abondance de pollens d'arbres au cours des 500 000 dernières années.
- L'extension de la forêt suit les périodes chaudes de la courbe de référence (SPECMAP).

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.3 Indices sédimentologiques :

	Climats	Données sédimentologiques	Données paléontologiques	Données géochimiques	
				$\Delta 18O$ dans les tests des foraminifères	CO2 dans les carottes glaciaires
Période chaude	Chaud aride	Evaporite et calcaires	Pollen d'herbacées (steppe)	+	-
	Tropical	Argiles rouges (Latérites et Bauxites)	Coraux, foraminifères dextre (Neogloboquadrina pachyderma)		
	Tempéré chaud	Charbon, Evaporite, Kaolinite	forêt abondante		
	Tempéré froid	Charbon et Tillites			
Période glaciaire	Froid	Tillites, roches striées	foraminifères dextre (Neogloboquadrina pachyderma)		

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.3 Indices sédimentologiques :

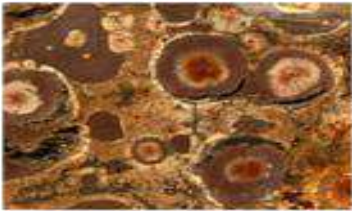




Les climats passés de la terre peuvent être déterminés par l'analyse de la **distribution des dépôts** (désertiques, glaciaires, ...).

Certaines roches peuvent être utilisées comme **marqueurs de température** : leurs conditions de formation sont des **indicateurs climatiques**.

- tillites, loess, **dépôts glaciaires** = **froid**
- coraux, argiles rouges, évaporites = **chaud**

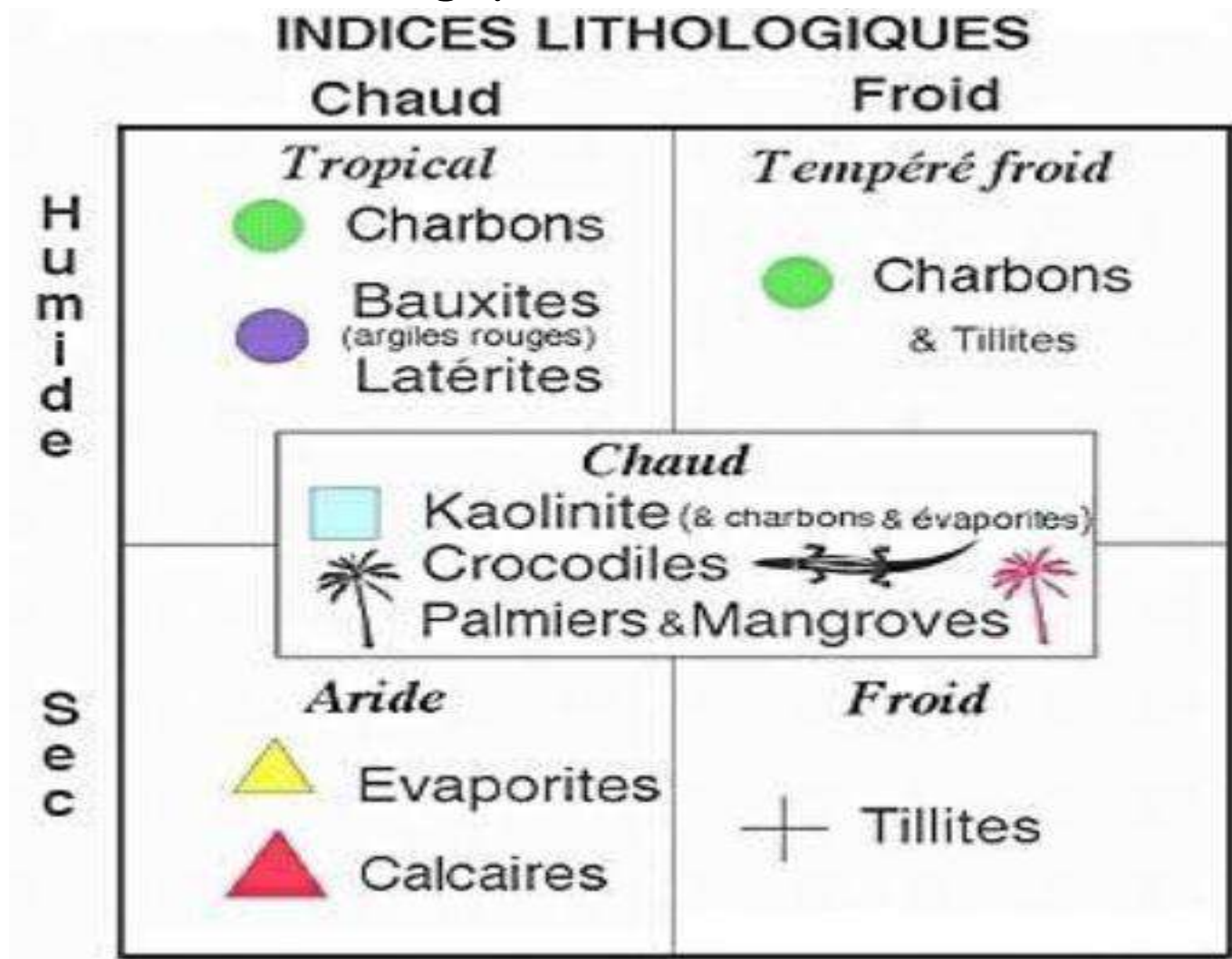
I.5. Paléoclimatologie :

I.5.3 Indices sédimentologiques :

	Bauxite et latérite	Évaporite	Pétrole	Charbon	Tillite et blocs isolés
Roches sédimentaires					
Processus de formation	Altération continentale par hydrolyse des roches silicieuses	Précipitation des ions d'une solution salée sursaturée	Accumulation puis transformation du phytoplancton	Accumulation puis transformation des végétaux continentaux ou littoraux	Accumulation et compaction des produits de l'érosion glaciaire des continents
Contexte favorable	Climat chaud et humide	Évaporation intense d'un bassin salé	Marge continentale anoxique à forte productivité primaire	Bassin continental subsident à forte productivité primaire	Présence d'une calotte glaciaire ou d'un glacier
Aires climatiques					
Polaire			•		•
Tempéré froid				•	
Tempéré			•	•	
Aride		•	•		
Tropical	•		•	•	

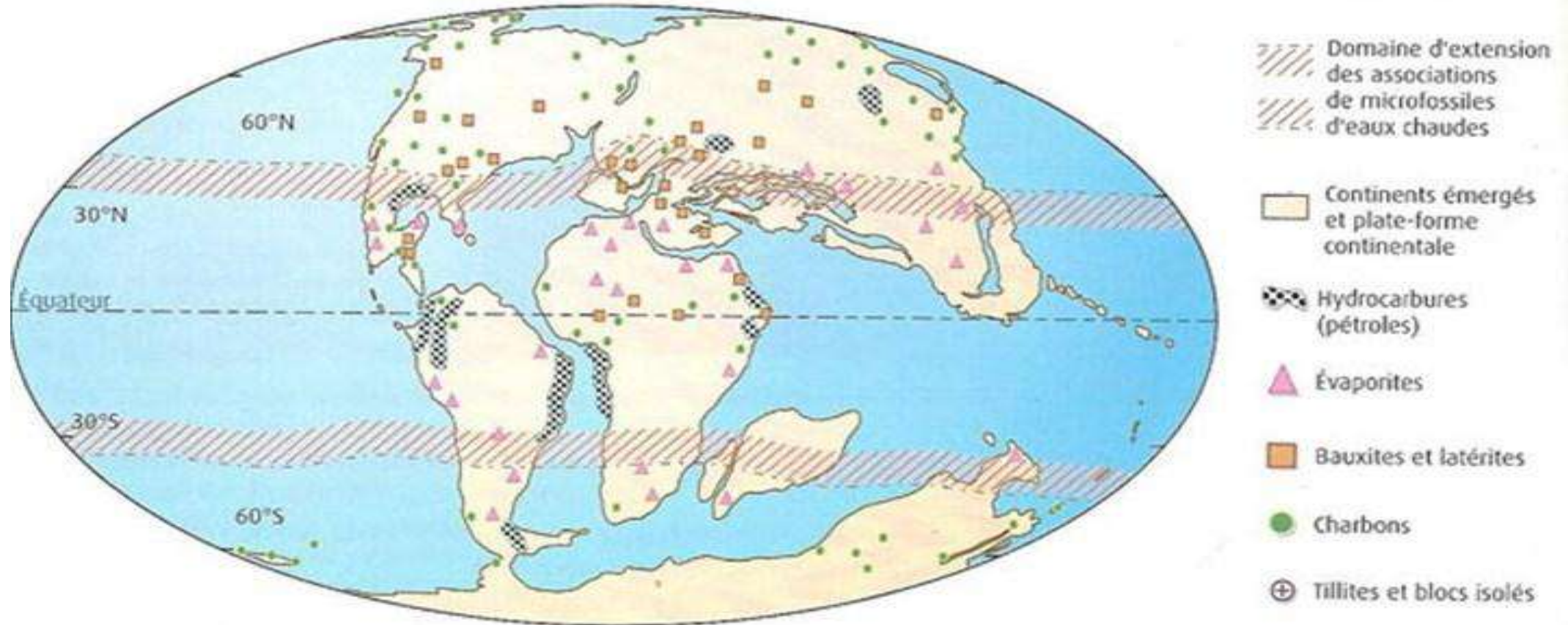
I.5. Paléoclimatologie :

I.5.3 Indices sédimentologiques :



I.5. Paléoclimatologie :

I.5.3 Indices sédimentologiques : exemple Crétacé



Carte de la répartition mondiale de quelques roches sédimentaires au Crétacé supérieur -90 à -65 MA (Belin TS spécialité 2012)

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.3 Indices sédimentologiques : évaporites



I.5. Paléoclimatologie :

I.5.3 Indices sédimentologiques : Bauxite



Bauxite : minerai d'aluminium (roche riche en oxydes ferrique)

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.3 Indices sédimentologiques : Latérite



Latérite : sol rouge riche en argile et coloré par les oxydes de Fer et d'Aluminium.

I.5. Paléoclimatologie :

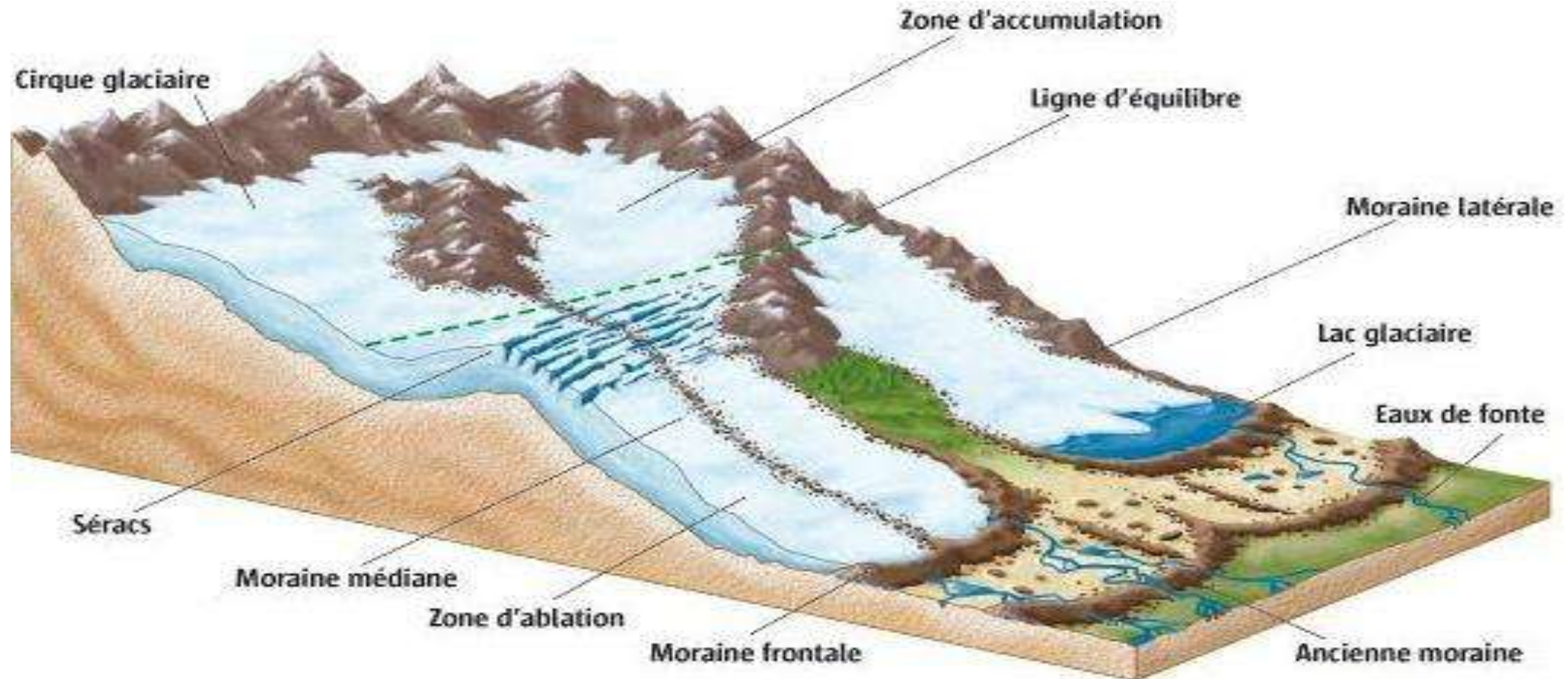
I.5.3 Indices sédimentologiques : charbon



roche sédimentaire combustible, riche en carbone, de couleur noire, formée à partir de la dégradation partielle de la matière organique des végétaux.

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.3 Indices sédimentologiques : tillites



Tillite: conglomérat résultant de la compaction d'un dépôt morainique. Cela traduit d'anciennes glaciations.

I.5. Paléoclimatologie :

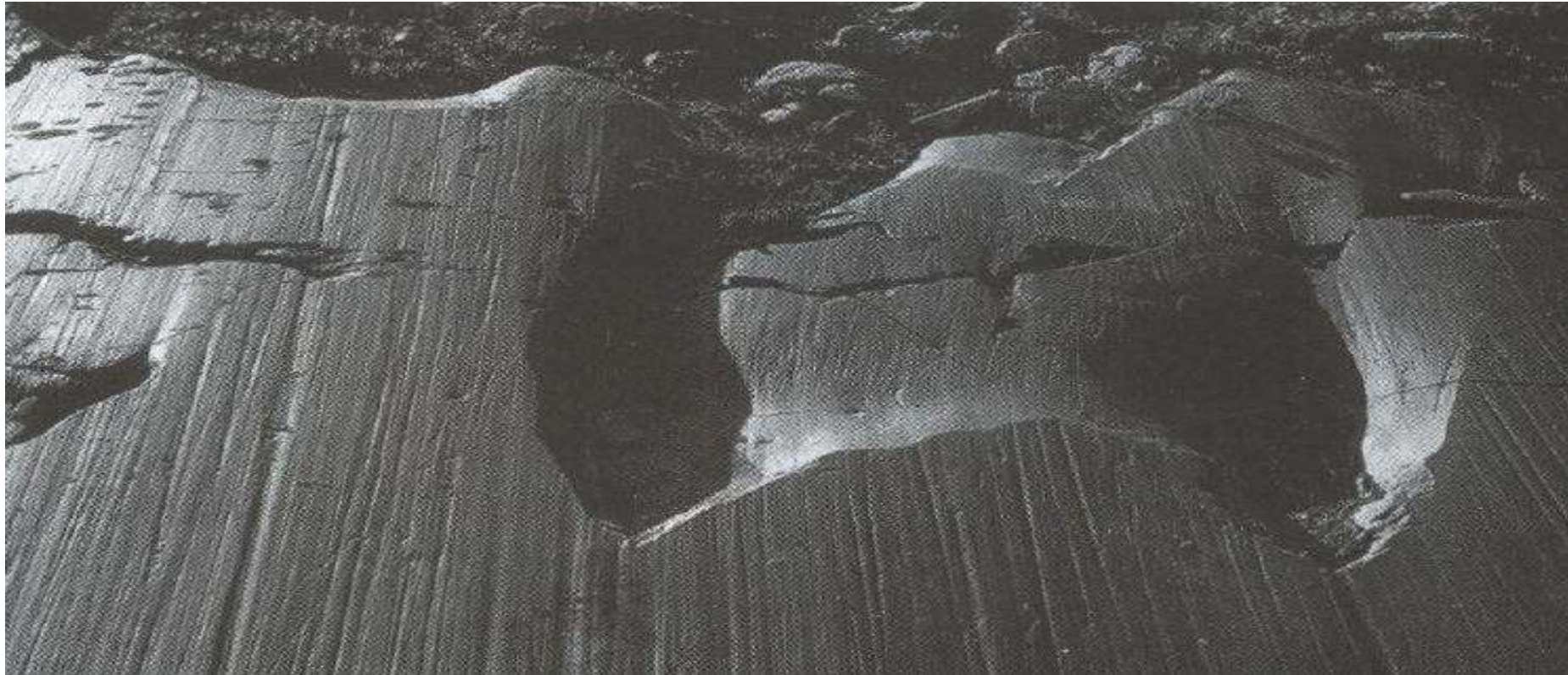
I.5.3 Indices sédimentologiques : tillites



Tillite: conglomérat résultant de la compaction d'un dépôt morainique.

I.5. Paléoclimatologie :

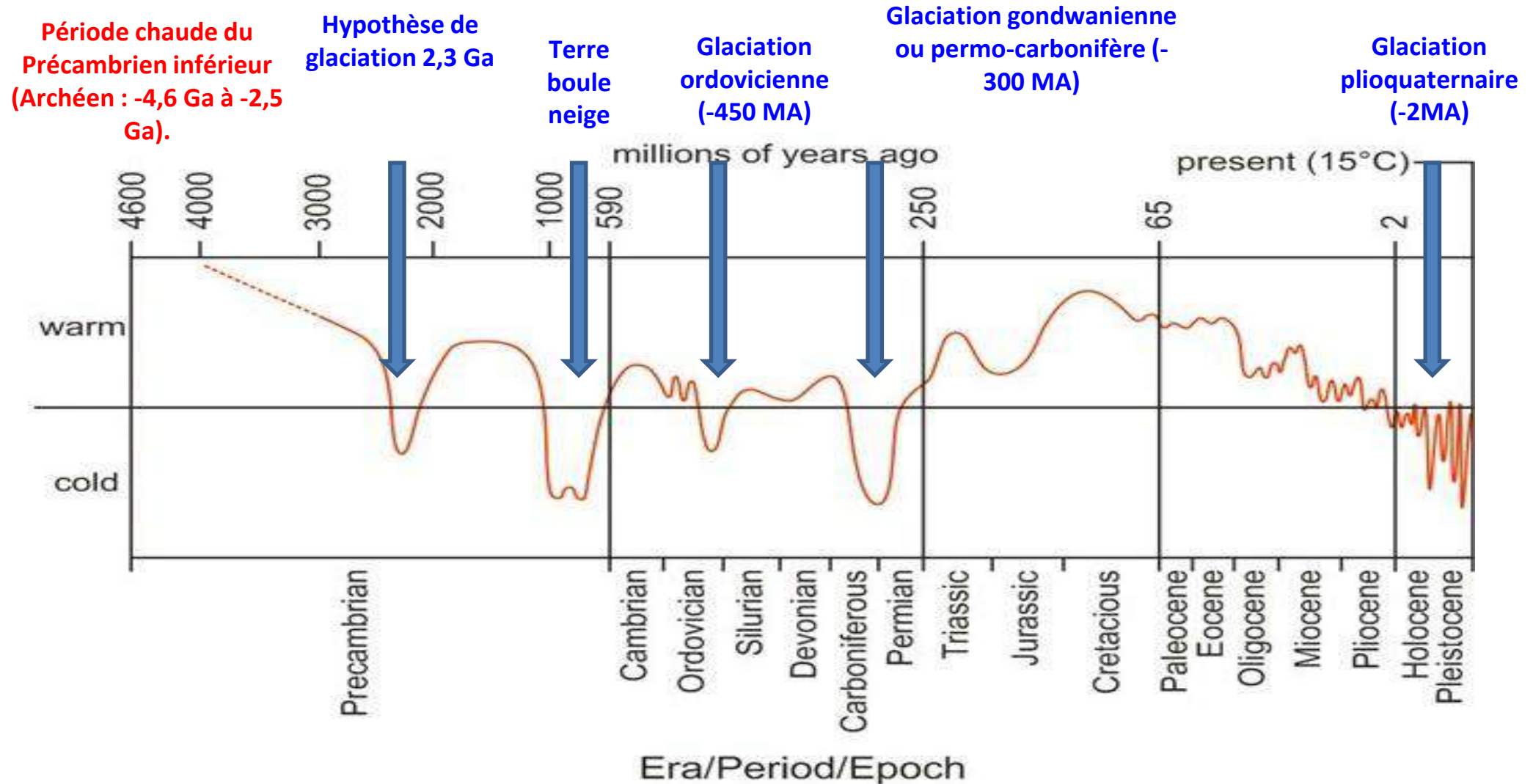
I.5.3 Indices sédimentologiques : roches striées



Roche striée: les matériaux transportés dans la masse glaciaire sculptent et érodent la roche mère en créant des stries qui indiquent l'écoulement des glaces.

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 PaLéoclimats: principales glaciations



I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 Paléoclimats: principales glaciations

Depuis le Cambrien, la Terre a connu trois **glaciations** majeures :

(1) à la fin de l'Ordovicien (445-444 Ma),

(2) à la limite **Carbonifère-Permien** (300-270 Ma)

(3) depuis la base de l'Oligocène (35-0 Ma).

Le Trias et la base du Jurassique (250-175 Ma), et surtout **le Crétacé**, sont probablement parmi les **périodes les plus chaudes de l'histoire de la Terre**.

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 PaLéoclimats: principales glaciations

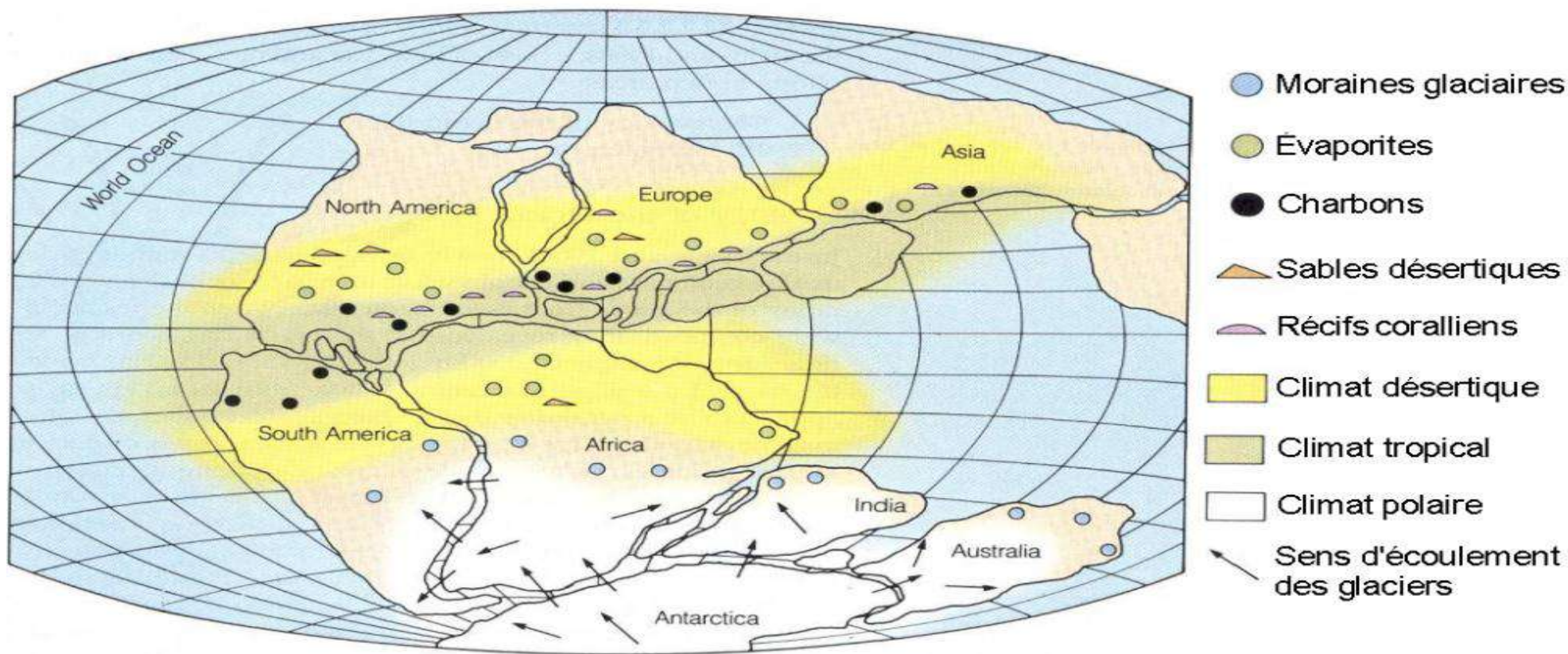
a-1. Exemple de glaciation permo-carbonifère :

- ❖ Au **carbonifère** et au **permien**, les **continents étaient regroupés vers les latitudes sud**. De nombreux **indices (moraines, stries glaciaires...)** montrent qu'une imposante **calotte polaire** recouvrait ces zones.
- ❖ A la même époque, la France se trouvait à des latitudes proches de l'équateur. Les **terrains carbonifères** que l'on trouve en France en particulier contiennent des traces (**bois fossilisés, charbon**) qui attestent de la **présence de forêts** très importantes caractéristiques d'un climat tropical.

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 Paléoclimats: principales glaciations

α-1. Exemple de glaciation permo-carbonifère :



I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 PaLéoclimats: principales glaciations

a-1. Exemple de glaciation permo-carbonifère :

- ❖ En Afrique de l'Ouest, Australie, Inde, Amérique Latine et Antarctique, on trouve des **roches caractéristiques des environnements glaciers** (roches moutonnées) âgées de 300 millions d'années « Carbonifère » ;
- ❖ L'étude précise de ces vestiges glaciaires permet de **reconstituer le sens d'écoulement** de la glace et **d'établir l'étendue passé de la calotte glaciaire**.

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 Paléoclimats: principales glaciations

a-1. Exemple de période chaude « Crétacé » :

Après la glaciation du Permo-Carbonifère, la Terre connaît une période chaude qui dure jusqu'à - 40 Ma.

La **localisation** et la **nature des roches** présentes au Crétacé nous fournissent des informations sur le **type de climat** qui a permis leur formation. En utilisant le **principe de l'actualisme**, on peut considérer que les conditions de formation de ces roches sont les mêmes qu'auparavant.

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 Paléoclimats: principales glaciations

a-1. Exemple de période chaude « Crétacé » :

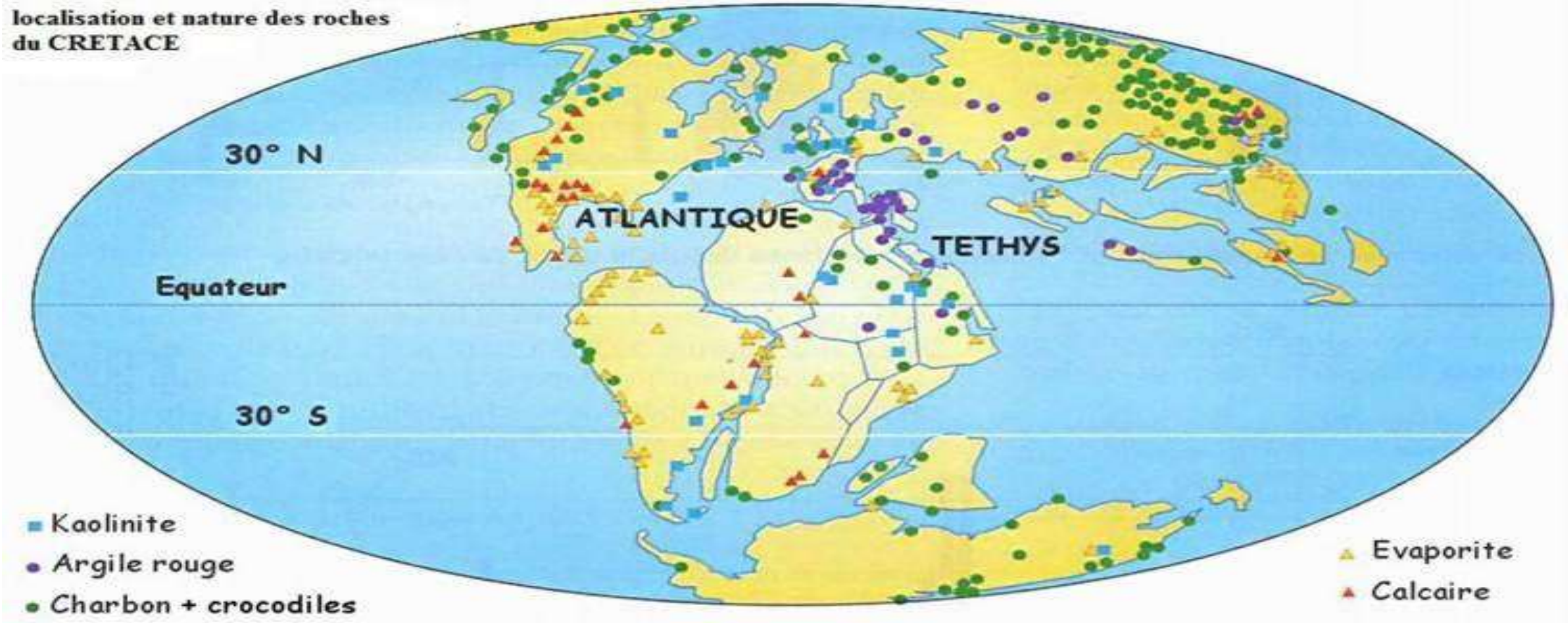
- ❖ Au **Crétacé**, les **roches indicatrices du climat chaud** se retrouvent à **proximité des pôles**. Des **crocodiles** par exemple ont été retrouvés au **Groënland** dont on démontre par ailleurs que sa position sur le globe a peu changé depuis cette époque.
- ❖ La Terre était entièrement dépourvue de glace et le **niveau marin était d'environ 250m au dessus du niveau actuel**.

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 Paléoclimats: principales glaciations

a-1. Exemple de période chaude « Crétacé » :

localisation et nature des roches du CRETACE



I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 Paléoclimats: principales glaciations

α-1. Exemple de période chaude « Crétacé » :



I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 PaLéoclimats: principales glaciations

b - Facteurs des variations historiques du climat de la terre :

Les **variations de température de la Terre et les changements associés** ont des **causes complexes**. Elles peuvent être classées dans les catégories suivantes :

- ❖ Facteurs astronomiques : comme des variations dans **l'excentricité** de l'orbite de la terre autour du soleil, des **changements dans l'inclinaison de l'axe de la terre** (obliquité) et **la précession** de l'axe de la terre.
- ❖ Facteurs géologiques : comme la **dérive des continents**, les **éruptions volcaniques**, la **formation de montagnes**.
- ❖ Facteurs océaniques : changements dans la **circulation océanique**, des **variations du niveau de la mer**.
- ❖ Facteurs atmosphériques : tels que le rôle des **gaz à effet de serre**, les effets de la **couche nuageuse**.
- ❖ Couverture de la surface terrestre (Albedo).

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 Paléoclimats: principales glaciations

b - Facteurs des variations historiques du climat de la terre :

A l'échelle du million d'années, le mécanisme principal semble être la **tectonique des plaques** qui affecte la **répartition des continents et des mers**.

De la dizaine de milliers au million d'années, La transition entre les états climatique est contrôlée par les fréquences des **mécanismes de forçage astronomique**.

Du millier à la dizaine de milliers d'années, Variations de la **concentration en gaz à effet de serre** (CO₂ et méthane atmosphériques).

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 Paléoclimats: principales glaciations

b - Facteurs des variations historiques du climat de la terre :

b-1. Déplacement des continents à la surface de la terre :

- 1- Un point donné du globe peut être situé dans des **zones climatiques diverses**. Les vitesses de déplacement étant de l'ordre de quelques cm/an, un changement notable du climat ne pourra être appréciable que pour des **durées considérables**.
- 2- Les régions qui sont aujourd'hui en bordure des côtes, et dont les **climats sont tempérés**, ont eu un **caractère continental** très affirmé.
- 3- la **formation** de reliefs et en particulier de **chaînes de montagnes**.
- 4- **Redistribution** des **courants marins**.

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 Paléoclimats: principales glaciations

b - Facteurs des variations historiques du climat de la terre :

b-1. Déplacement des continents à la surface de la terre :

-250 000 000



-200 000 000



-150 000 000



-100 000 000



-50 000 000



Aujourd'hui



I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 Paléoclimats: principales glaciations

b - Facteurs des variations historiques du climat de la terre :

b-2. Forçages astronomiques :

Selon la théorie de Croll-Milankovitch, 3 paramètres astronomiques modulent le climat :

- ✓ Excentricité : le degré d'aplatissement de l'ellipse par rapport à un cercle.
- ✓ Obliquité : l'inclinaison de l'axe de la Terre par rapport à l'écliptique.
- ✓ Précession des équinoxes : changement graduel d'orientation de l'axe de rotation.

I.5. Paléoclimatologie :

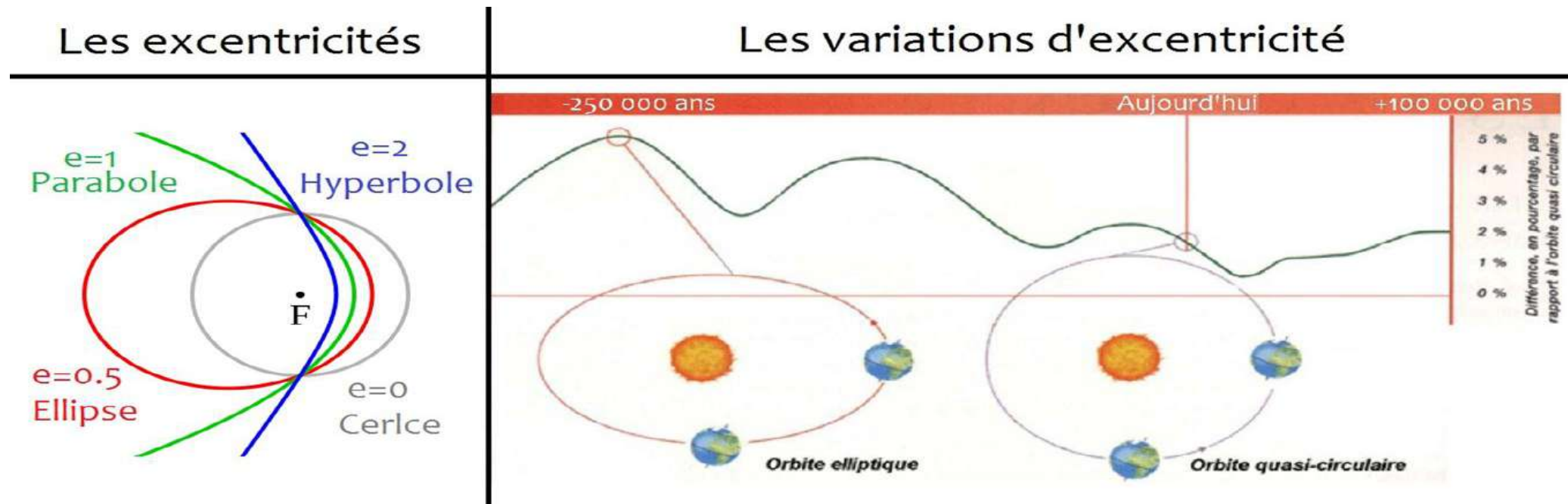
I.5.4 Paléoclimats: principales glaciations

b - Facteurs des variations historiques du climat de la terre :

b-2. Forçages astronomiques : 1- L'excentricité

L'excentricité décrit la forme de l'orbite terrestre :

- variant de 0 à 1 : circulaire ($e=0$), elliptique ($0 < e < 1$).
- valeur actuelle 0,017
- cycle de 100000 ans et 400000 ans.
- influence l'écart saisonnier.



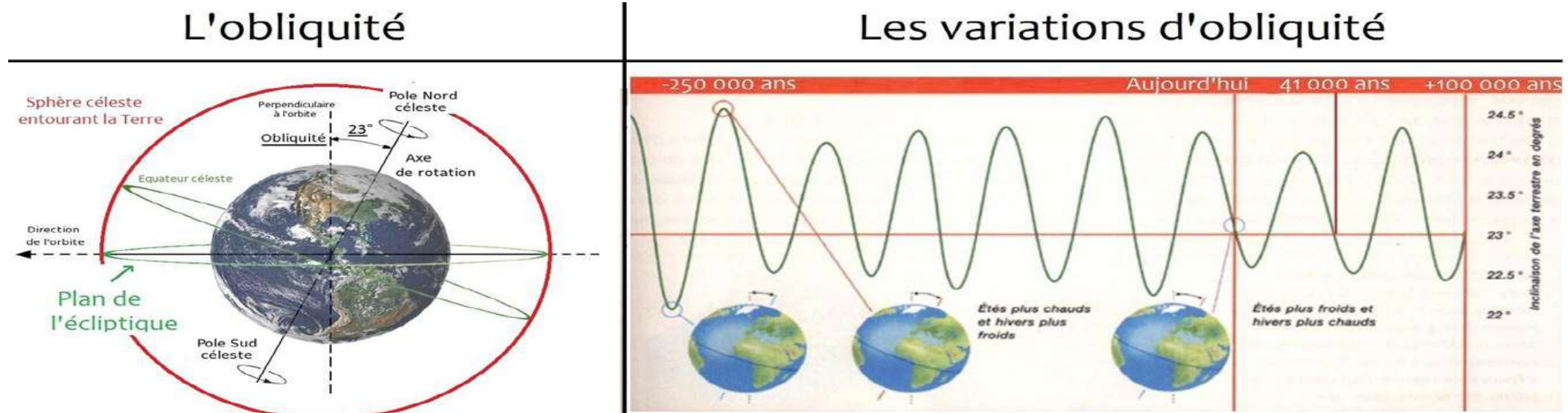
I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 Paléoclimats: principales glaciations

b - Facteurs des variations historiques du climat de la terre :

b-2. Forçages astronomiques : 2- Obliquité

- . Inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport à la perpendiculaire au Plan éclipstique.
- . Varie de 22° à 25° (valeur actuelle : $23^{\circ}26'$)
- . Cycle de 41000 ans (périodicité)
- . Si Obliquité = 0 : Pas de saisons
- . Si l'obliquité augmente = les saisons (été et hiver) sont plus contrastés.



I.5. Paléoclimatologie :

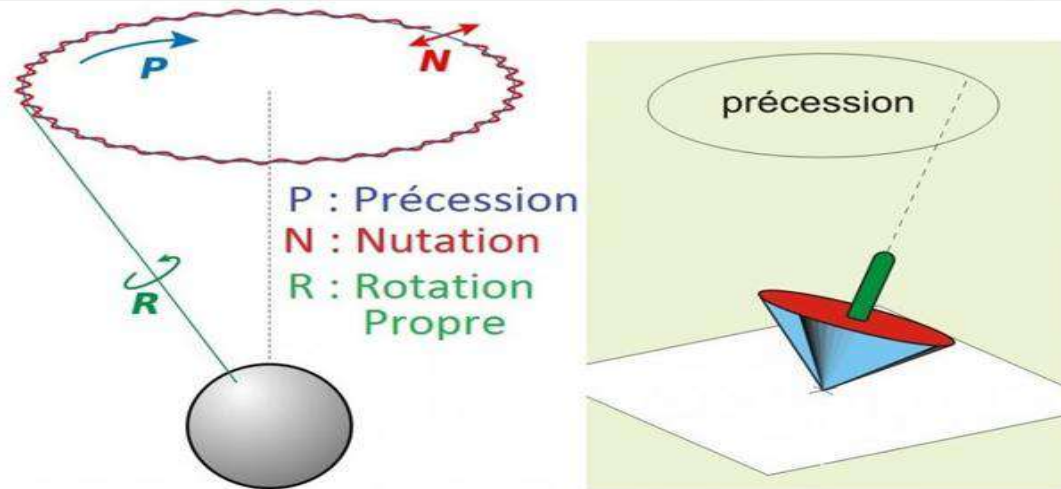
I.5.4 Paléoclimats: principales glaciations

b - Facteurs des variations historiques du climat de la terre :

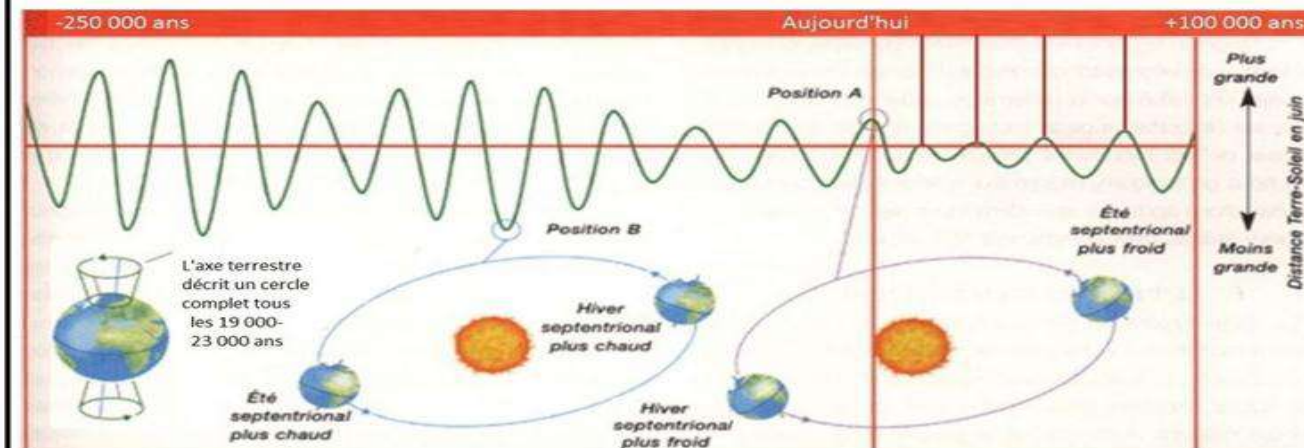
b-2. Forçages astronomiques : 3- Précession :

- l'axe de rotation de la terre est en mouvement conique autour de la perpendiculaire au plan éclipstique (toupie).
- Son orientation dans l'espace varie.
- Il s'inverse avec une périodicité de 26000 ans.

La précession



Les variations de précession



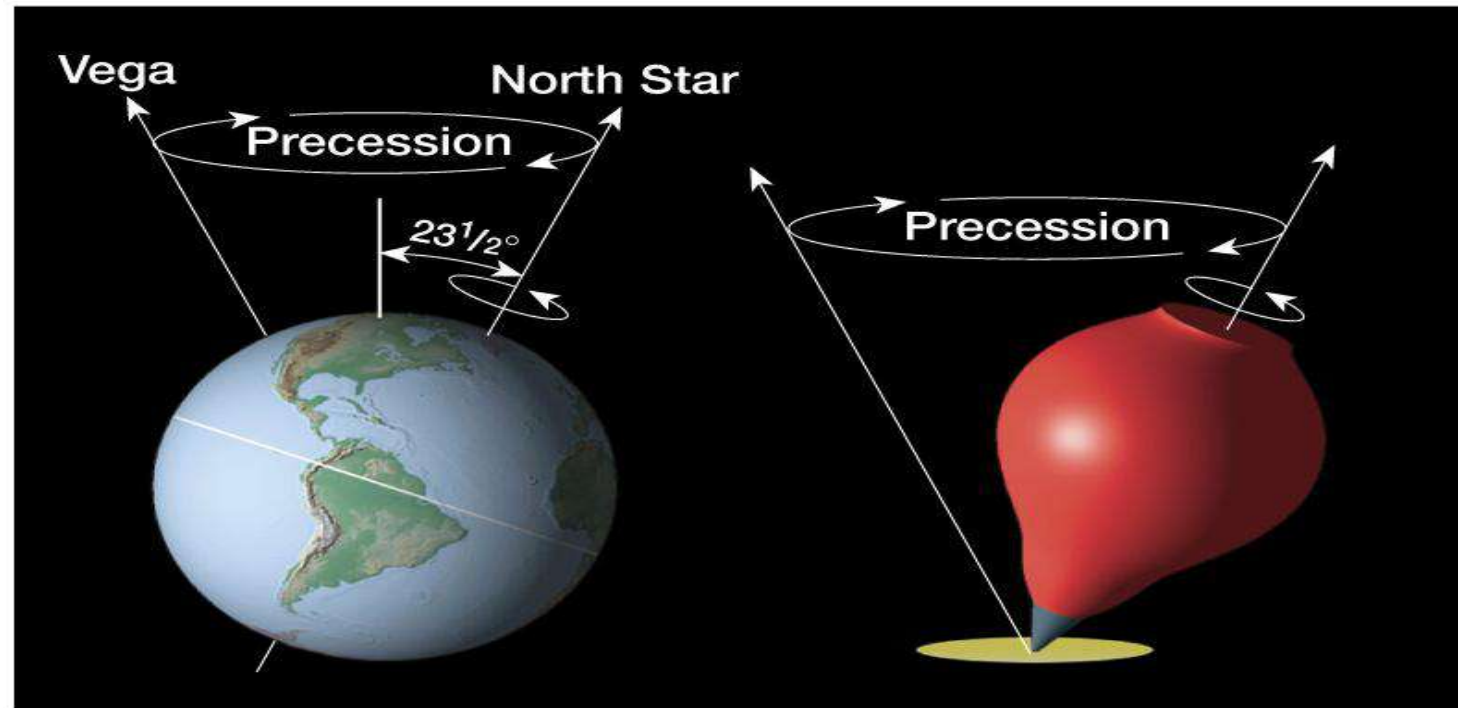
I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 Paléoclimats: principales glaciations

b - Facteurs des variations historiques du climat de la terre :

b-2. Forçages astronomiques : 3- Précession :

- terre tourne sur elle-même à la façon d'une toupie.
- La direction de l'axe de rotation varie et décrit un cercle



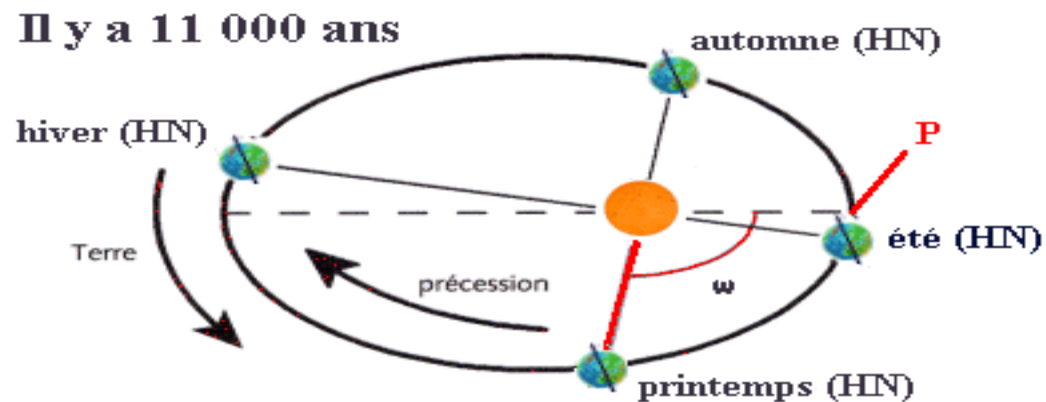
I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 Paléoclimats: principales glaciations

b - Facteurs des variations historiques du climat de la terre :

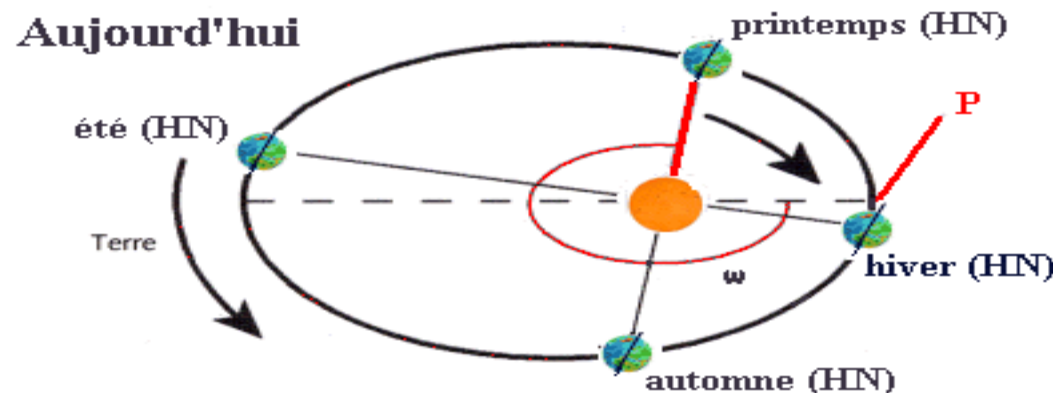
b-2. Forçages astronomiques : 3- Précession :

A cause de cette précession les saisons ne se passent pas dans les mêmes endroits sur l'orbite



L'été dans l'HN se produit lorsque la terre était plus proche du soleil : **été très chaud**

Avec la précession il se passe plutôt quand la terre était plus loin du soleil : **été plus frais**



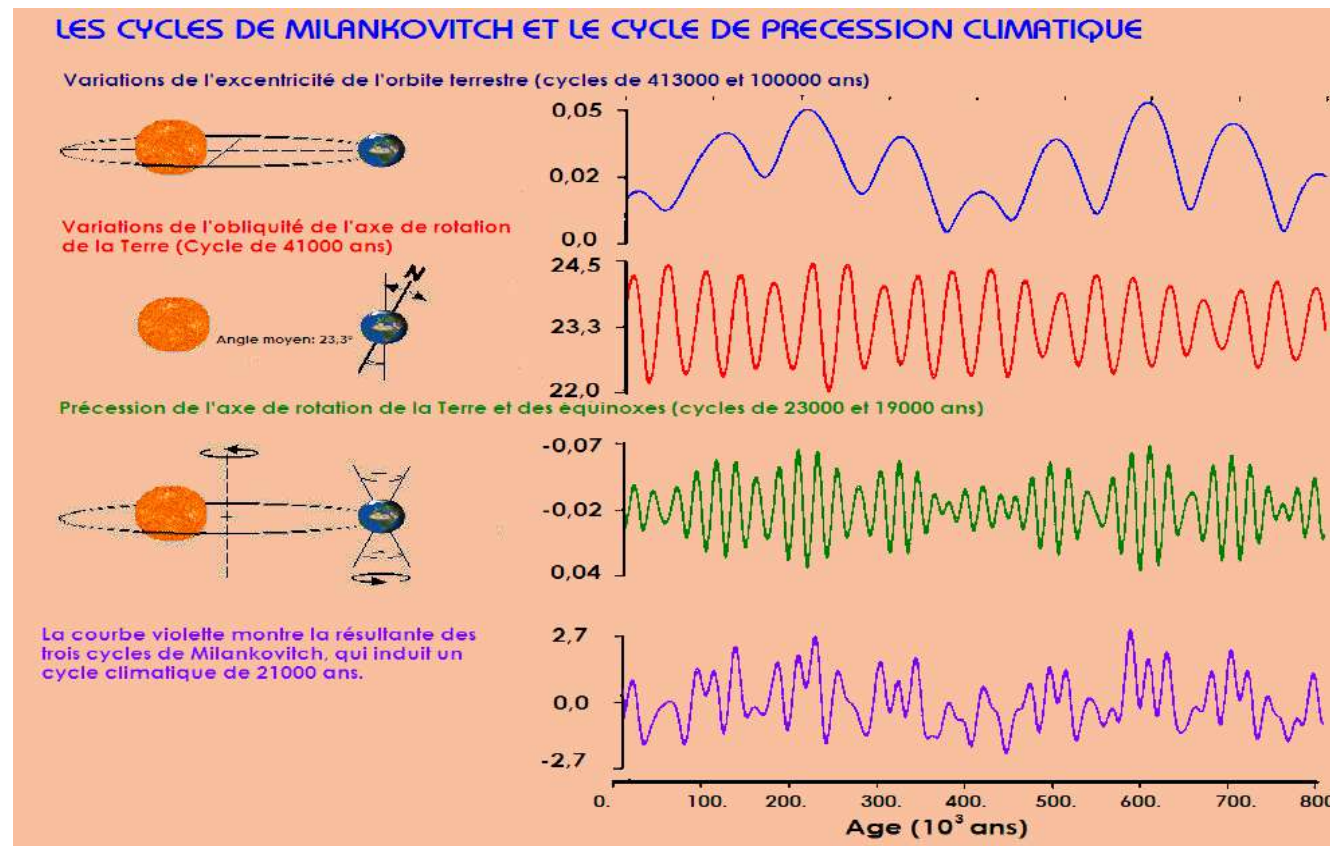
I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 Paléoclimats: principales glaciations

b - Facteurs des variations historiques du climat de la terre :

b-2. Forçages astronomiques : 1- Excentricité 2-Obliquité 3- Précession :

la **combinaison de ces trois paramètres** influence les climats de la Terre avec un cycle de 21000 ans.

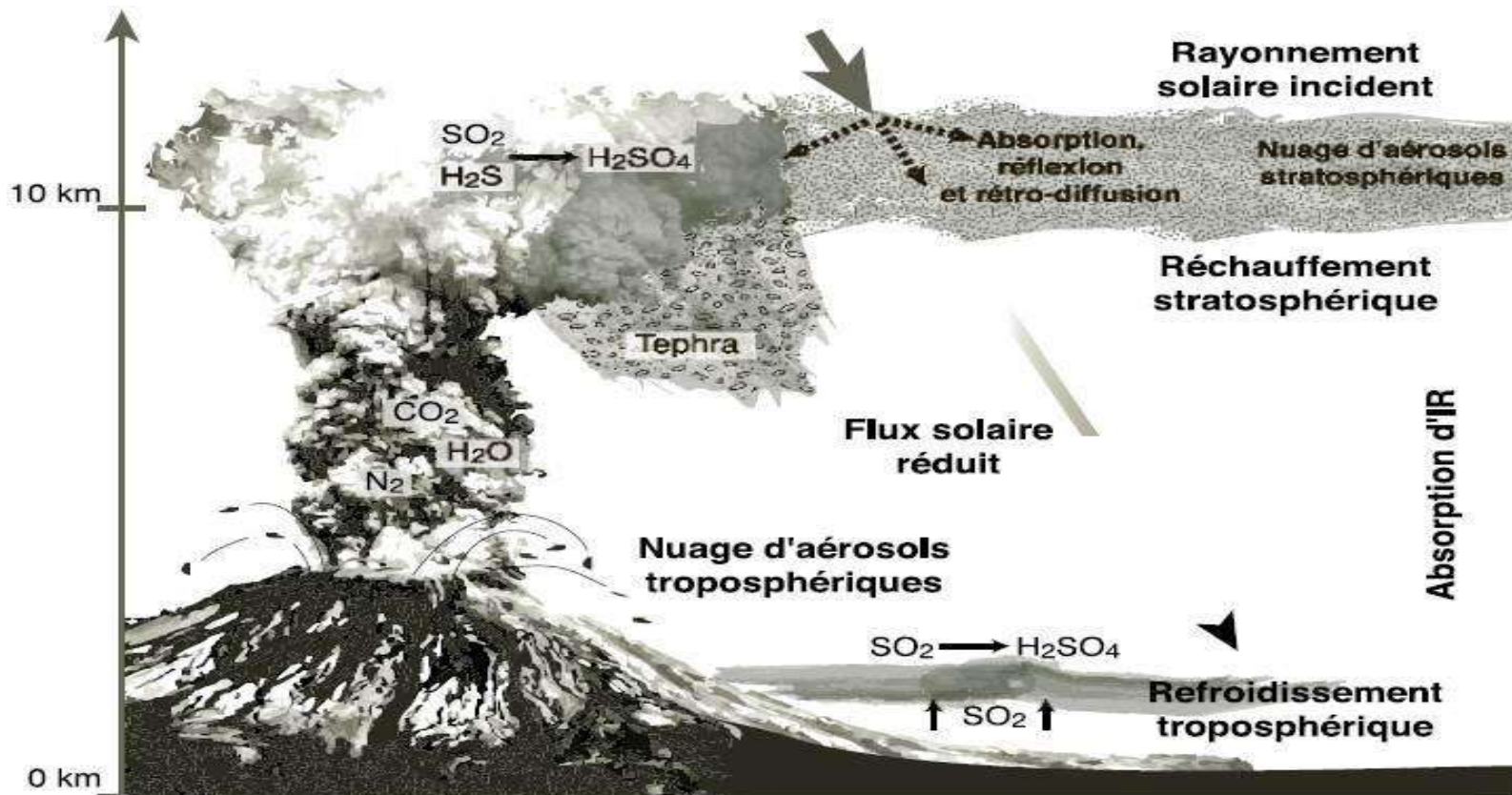


I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 Paléoclimats: principales glaciations

b - Facteurs des variations historiques du climat de la terre :

b-3. Modifications de l'atmosphère :

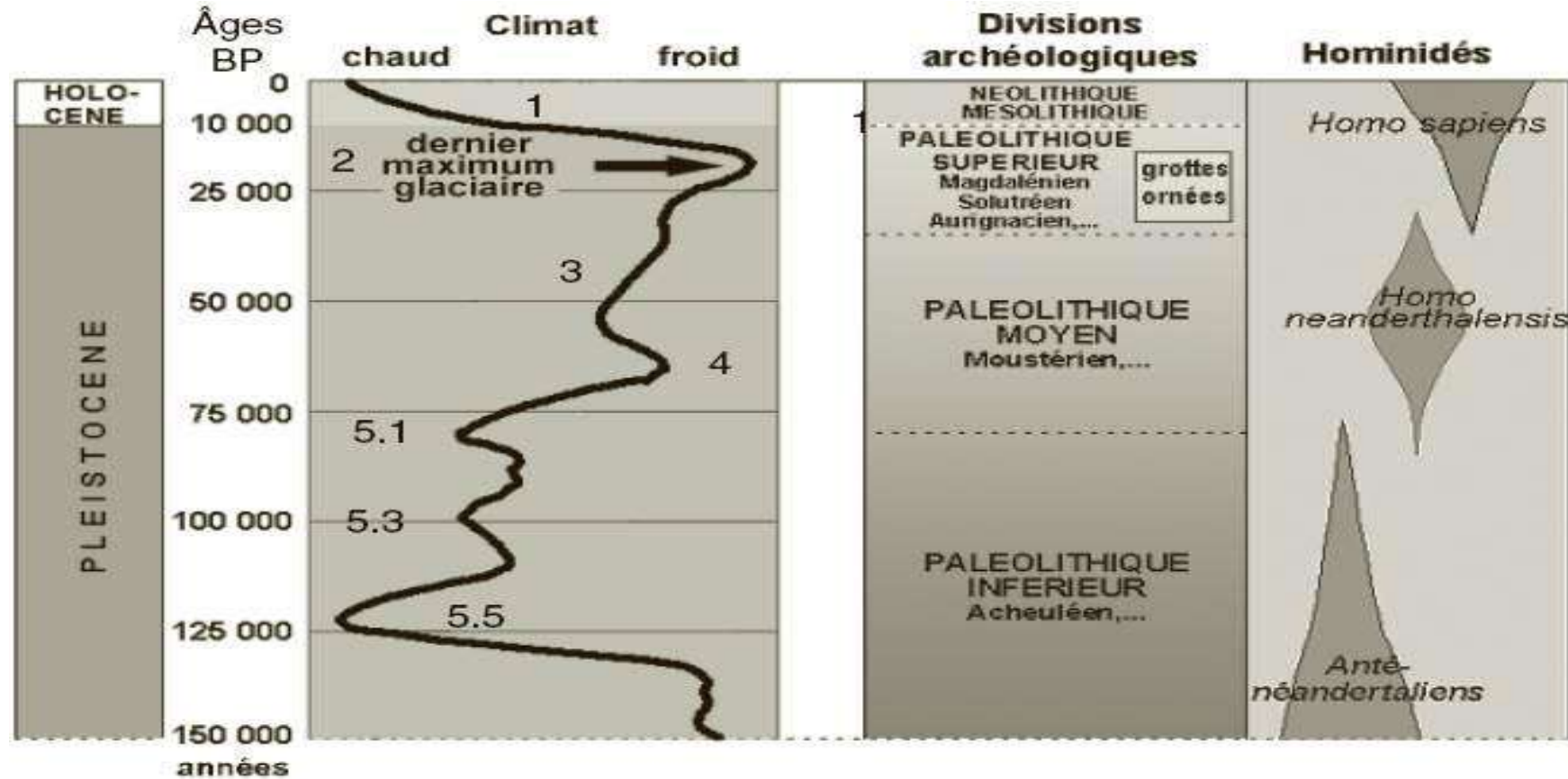


Impact d'une éruption volcanique sur l'atmosphère

I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 Paléoclimats: Variations au cours de l'histoire humaine

- ✓ Une partie de la préhistoire humaine s'est déroulée durant le dernier cycle glaciaire ;
- ✓ L'avènement néolithique de sa sédentarisation correspond au réchauffement holocène.



I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 PaLéoclimats: Variations au cours de l'histoire humaine

Le dernier millénaire :

D'après les données historiques, au cours des 1100 dernières années, la terre a connu des variations climatiques :

- ✓ 900 - 1200 : climat chaud «*Optimum médiéval*»
- ✓ Fin XIII : climat froid (600 ans) : «*Petit âge glaciaire*»

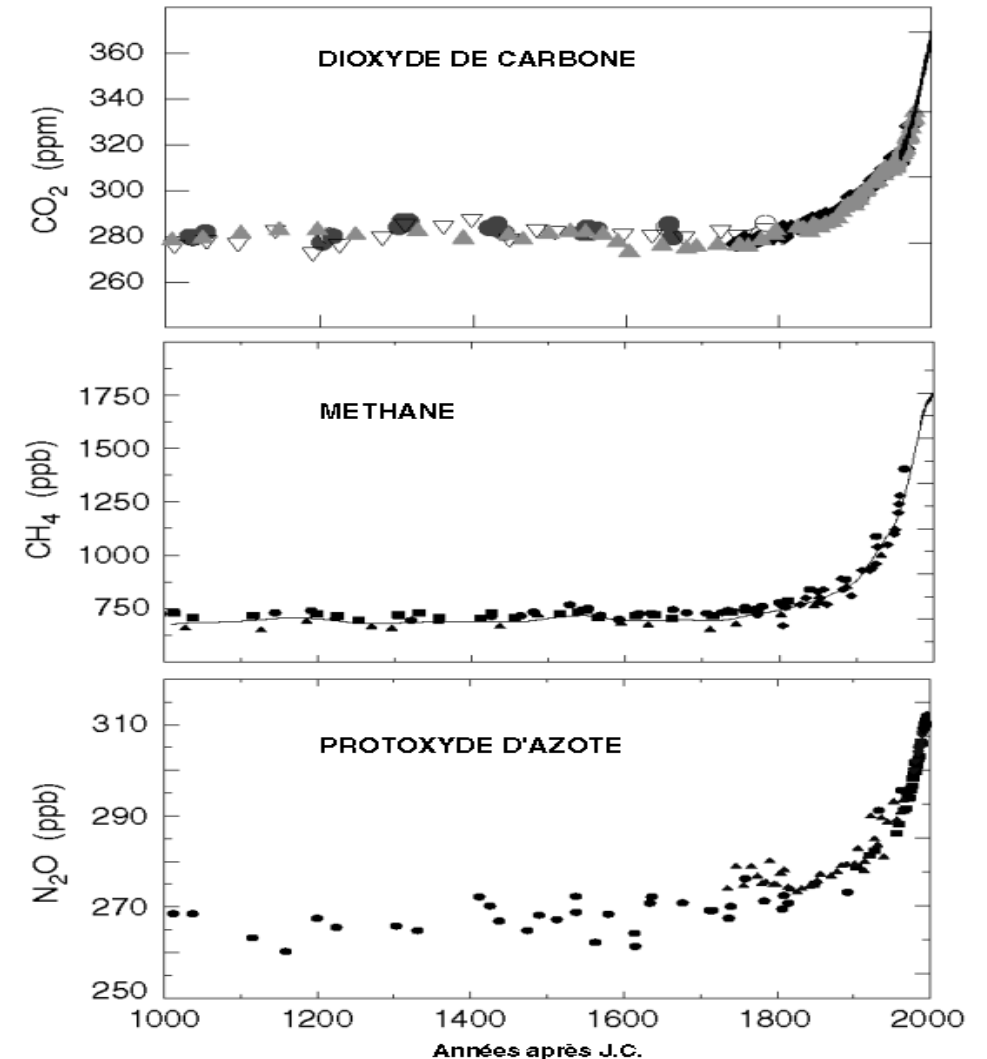
I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 Paléoclimats: Variations au cours de l'histoire humaine

L'époque industrielle :

✓ Si, jusqu'au XIXe siècle, les variations climatiques ont été guidées par des processus naturels, l'activité industrielle, qui s'est développée à partir de cette période, a apporté à ce fonctionnement des modifications non négligeables.

✓ Entre 1880 et 2008, l'augmentation a été d'environ 0,6 °C.



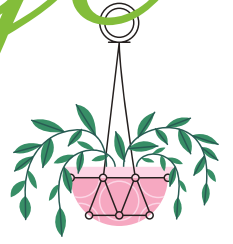
I.5. Paléoclimatologie :

I.5.4 PaLéoclimats:

Facteurs réchaufants	Facteurs refroidissants
Paramètres orbitaux : <ul style="list-style-type: none">→ Excentricité forte→ Inclinaison forte→ Faible distance Terre / soleil en été	Paramètres orbitaux : <ul style="list-style-type: none">→ Excentricité faible→ Inclinaison faible→ Grande distance Terre / soleil en été
Effet de serre augmenté par : <ul style="list-style-type: none">→ Volcanisme intense→ Précipitation des carbonates→ Dégazages de CH₄ , CO₂ ...	Effet de serre augmenté par : <ul style="list-style-type: none">→ Volcanisme de faible intensité→ Altération des roches→ Piégeage de la matière organique
Albédo diminué par : <ul style="list-style-type: none">→ Réduction des surfaces gelées	Albédo diminué par : <ul style="list-style-type: none">→ Augmentation des surfaces gelées

Merci pour votre attention

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

