

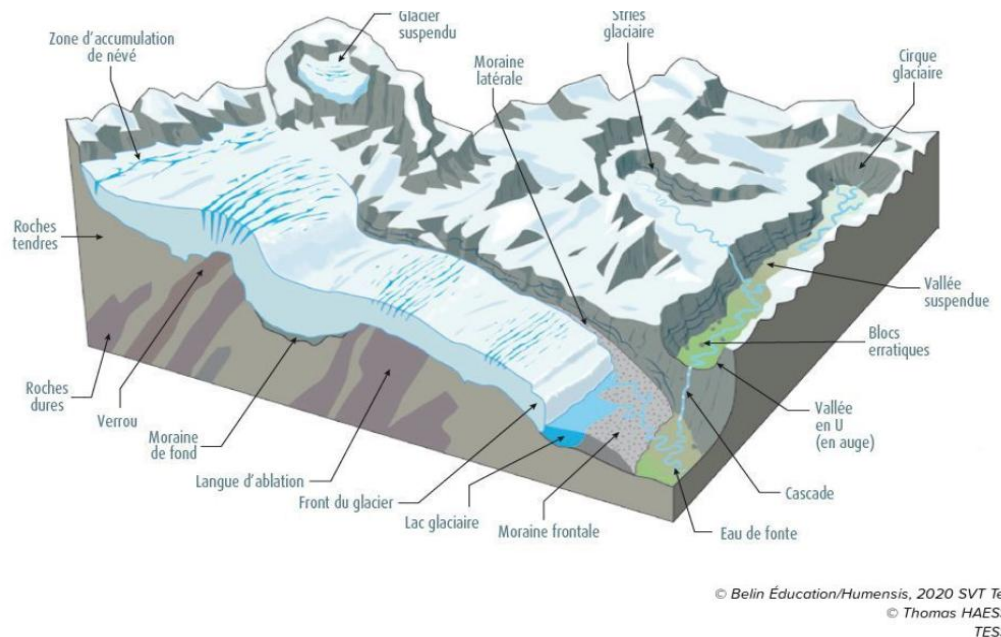
C – Les apports de la géologie (p243)

De nombreux indices géologiques attestent de l'existence de plusieurs périodes glaciaires en Europe au cours des derniers millions d'années. L'épisode le plus froid de cette glaciation, appelé « dernier maximum glaciaire » s'est déroulé il y a environ 20000 ans.

Quels indices géologiques permettent de caractériser le dernier maximum glaciaire ?

Document 1 : Un paysage glaciaire :

On retrouve en France des traces des glaciers qui recouvraient une grande partie de l'Europe au Pléistocène. L'érosion glaciaire creuse des vallées en U et se manifeste aussi par des surfaces polies arrondies (roches moutonnées) souvent striées par les blocs de roche enchâssés dans la glace lors de son déplacement. **Les moraines** sont des accumulations des roches arrachées par le glacier. **Les blocs erratiques** ont été transportés par le glacier et laissés en place après sa fonte.



Vidéo National géo

Les glaciers sont des agents de transport et d'érosion qui laissent des traces dans le paysage : on remarque un modelé glaciaire et des dépôts glaciaires caractéristiques.

Dans son parcours, le glacier entraîne avec lui des débris rocheux qui constituent les **moraines**. Les blocs tombés des parois forment les moraines latérales. Par confluence, deux moraines latérales peuvent donner une moraine médiane. Les blocs entraînés sur le fond du glacier constituent la moraine de fond. Les blocs arrachés par la poussée du glacier forment la moraine frontale.

Lors de la fonte et du recul du glacier, celui-ci abandonne ses moraines. Les moraines latérales se retrouvent sur les bords de la vallée, et les moraines de fond peuvent donner des collines allongées suivant l'écoulement de la glace, ou drumlins.

La moraine frontale forme une colline en croissant concave vers l'amont (amphithéâtre, ou vallum morainique) qui marque la limite maximale d'extension du glacier et peut également constituer un barrage naturel (verrou morainique) de retenue des eaux.

Les glaciers, dans leur course vers les vallées, ont transporté d'énormes blocs rocheux qu'ils abandonnent lors de leur retrait à des distances parfois très grandes, loin de leur lieu d'origine, ce sont les **blocs erratiques**.

Document 2 : les indices géologiques du dernier maximum glaciaire

Le principe d'actualisme

Au XVIII^e siècle, le géologue James Hutton énonça le **principe d'actualisme***, qui postule que les processus observés de nos jours s'opéraient de la même façon dans le passé. Son disciple Charles Lyell formula ce principe de la façon suivante : « Le présent est la clé du passé » (*Principles of geology*, 1830-1833).



Les glaciers du dernier maximum glaciaire ont fortement reculé, mais ils ont laissé des traces dans les paysages qui permettent de reconstituer leur étendue : vallée en U (A), restes d'anciennes moraines (B), blocs erratiques (C), ou encore terrasses fluviales* formées par les torrents de fonte.

A Un exemple de vallée glaciaire.



B Une ancienne moraine, près de Grenoble.



C Bloc erratique dans un fjord*, en Norvège.



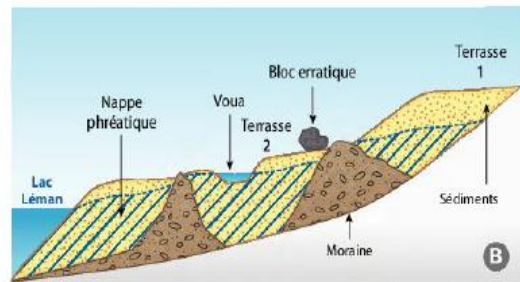
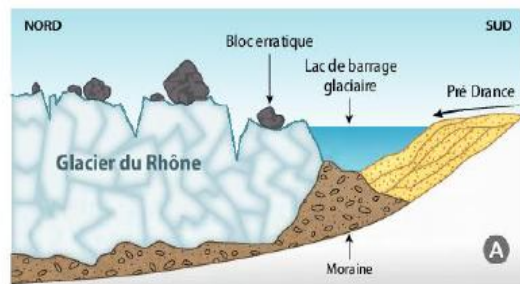
Glaciations_Quaternaires.kmz

1 Des indicateurs géologiques

Posée au milieu des champs en Haute-Savoie, la « Pierre à Martin » mesure 9 m de long, et 7,30 m de haut. Il s'agit d'un bloc de gneiss, identique aux roches présentes dans le Valais Suisse à 50 km à l'Est. C'est un bloc erratique qui témoigne du passage du glacier du Rhône.



a Photographie de la Pierre à Martin, à Ballaison, en Haute-Savoie



Source : Perret (2014)

b Schéma des conditions de dépôt d'un bloc erratique

A : - 18 000 ans, B : Époque actuelle

Le glacier a fondu en plusieurs étapes en laissant des dépôts appelés moraines glaciaires et des blocs erratiques qu'il a transportés depuis des zones rocheuses du Valais en Suisse. Des sédiments se sont déposés dans les lacs formés par les eaux de fonte.



Source : Campy (1988)

c Carte de l'extension du glacier du Rhône durant les dernières glaciations du Quaternaire. Le Würm représente la dernière glaciation (100 000 ans à 10 000 ans), après celle du Riss (380 000 ans à 130 000 ans).

L'étude du premier indicateur géologique montre la présence d'un gros rocher de plusieurs m³ de gneiss au milieu d'un champ en Haute-Savoie à Ballaison (doc. 1a). Lors du retrait du glacier, les blocs rocheux sont déposés sur place. Grâce à la présence de cet indice géologique, il est possible de déduire l'existence d'un climat froid à la fin du Quaternaire il y a 18 000 ans. D'autres indices géologiques (dépôts de moraines) indiquent la présence du glacier du Rhône recouvrant la région durant la période glaciaire de Würm.

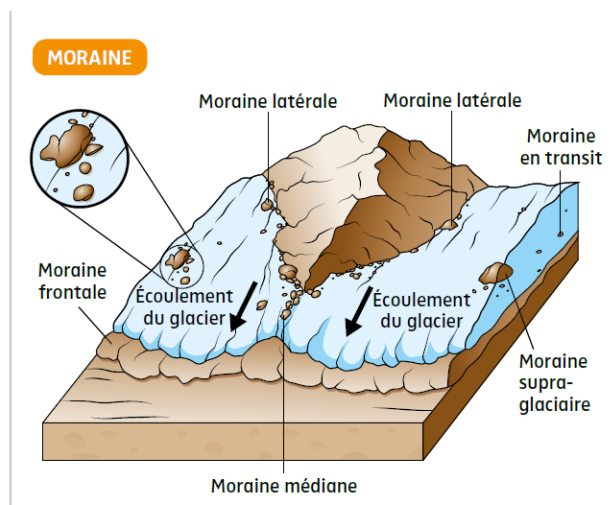
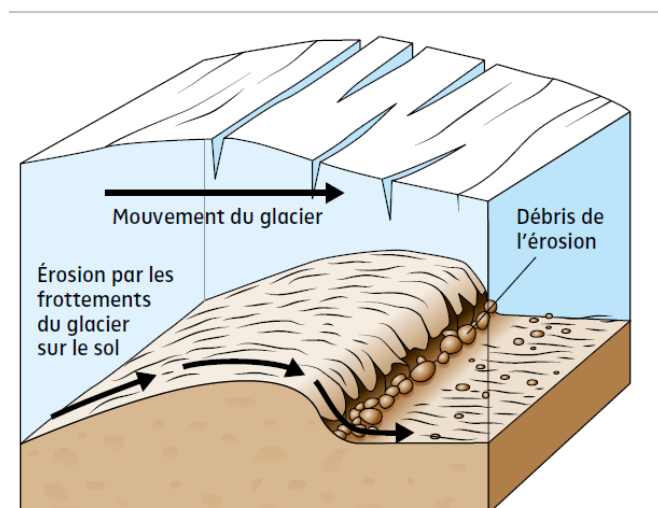
Pour infos :

<https://www.nouvelobs.com/videos/x7rqbyg.DMT/la-dramatique-fonte-de-la-mer-de-glace-et-des-glaciers-de-haute-savoie.html>

<https://www.nouvelobs.com/planete/20190628.OBS3872/avant-apres-regardez-comme-les-glaciers-francais-ont-fondu-en-150-ans.html>

Les glaciers sont responsables d'une érosion, d'un transport de matériaux et de dépôts sédimentaires spécifiques, les moraines. Il faut se représenter le glacier, constitué d'eau à l'état solide, comme un objet en mouvement.

<https://www.youtube.com/watch?v=qSV2mIFMj9k>



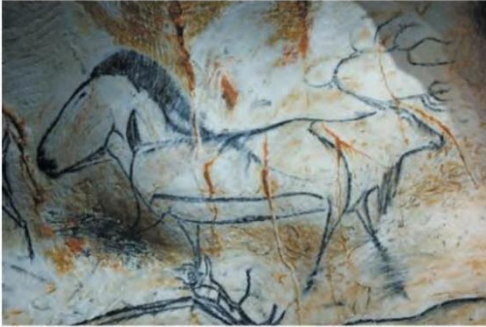
▲ Les phénomènes sédimentaires associés aux glaciers (érosion, transport et dépôt).

D- Les indices paléologiques (p245)

Les peintures rupestres peuvent-être utilisées pour étudier le climat qui existait au moment de leurs réalisations. De plus, la présence de ces peintures dans des grottes, signifie qu'elles étaient donc accessibles à l'époque et non inondées.

DOCUMENT 1 : La grotte Chauvet (Ardèche) et ses peintures

Dans cette grotte fréquentée par les humains entre -37000 ans et -28000 ans, on peut observer environ 400 peintures et gravures représentant un grand nombre d'animaux typiques des régions de toundras.



A Panneau des rennes de la grotte Chauvet (-30 000 ans).



B Rennes actuels dans leur environnement naturel.

Les Hommes du Paléolithique* ont représenté sur les parois des grottes les animaux qu'ils côtoyaient : chevaux sauvages, bouquetins, cervidés, mammouths... Certains de ces animaux ont disparu mais d'autres existent toujours. Dans des grottes du sud de la France (A), on retrouve des peintures de mammifères adaptés à un climat froid et sec, comparable au climat actuel de la Sibérie (B).

Mémo

» Les toundras sont des formations végétales que l'on observe dans les régions au climat polaire (températures froides toute l'année, températures moyennes du mois le plus chaud jamais supérieures à 10°C).



DOCUMENT 2 : La grotte Cosquer (Bouches-du-Rhône) et ses peintures.

<https://archeologie.culture.fr/archeo-sous-marine/fr/grotte-cosquer>

Peintures rupestres et gravures, des indices climatiques

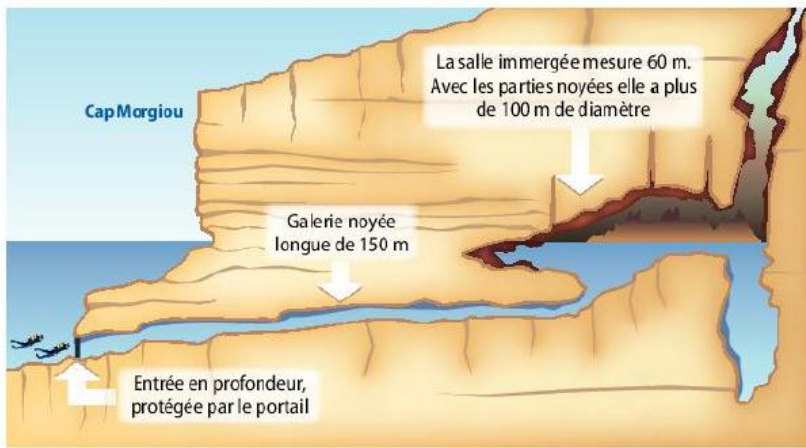


Glaciations_Quaternaires.kmz



La grotte Cosquer est une grotte sous-marine unique au monde, située dans les Calanques, près de Marseille, (Bouches-du-Rhône). Elle est accessible par un tunnel dont l'entrée est à 37 mètres de fond. Les murs sont couverts de plusieurs dizaines de peintures

rupestres ayant été datées grâce à la méthode de radiochronologie au carbone 14. Le document **b** présente un exemple des animaux dessinés par les humains ayant occupé ces grottes au cours du paléolithique (- 19 000 ans et - 27 000 ans).

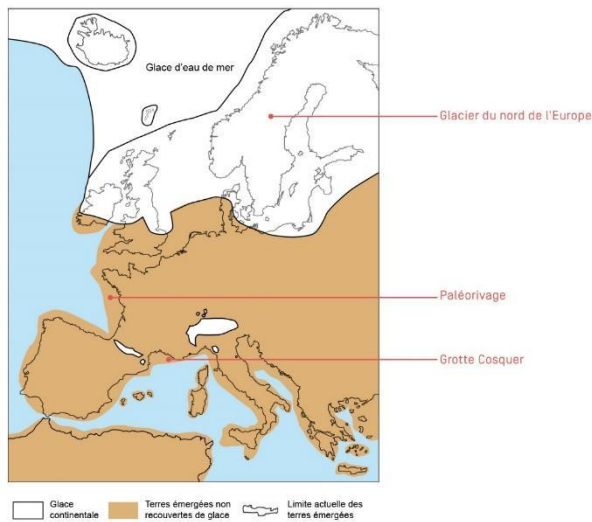


a Coupe géologique au niveau de la grotte Cosquer



b Représentation d'un pingouin datant de 27 000 ans
Pingouins, phoques, poissons et divers signes pouvant évoquer des méduses ou des poulpes ont été dessinés ou gravés dans la roche au cours de cette période.

DOCUMENT 3 : L'Europe, il y a 20 000 ans (épisode glaciaire)



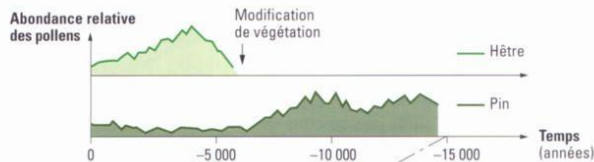
L'étude du troisième indicateur préhistorique montre la présence d'une grotte sous-marine près de Marseille comprenant des gravures rupestres datées de -19 000 ans et -27 000 ans. L'entrée de cette grotte est située 37 mètres sous le niveau de la mer actuel. Une des gravures représente un pingouin et est datée de -27 000 ans, d'autres animaux sont représentés, comme des phoques, des poissons. Cette grotte rupestre nous donne deux indices du climat passé : le premier est la présence de pingouins, qui nous indique un climat plutôt froid, le deuxième est une montée des eaux liée à un réchauffement climatique puisque l'entrée de la grotte est sous-marine. Dans la grotte Chauvet, les animaux peints par les humains entre -37 000 ans et -28 000 ans sont des animaux typiques des toundras. Or les toundras se retrouvent actuellement vers les hautes latitudes. Entre -27 000 ans et -19 000 ans, les humains accédaient à la grotte Cosquer par une entrée à l'air libre. Or, aujourd'hui, cette entrée est située à -36 mètres sous le niveau de la mer. Entre -27 000 ans et -19 000 ans, le niveau de la mer était donc plus bas. Or on sait que plus le climat est chaud, plus le niveau des océans est élevé. Les indices observés dans ces deux grottes montrent qu'au Pléistocène, dans le sud de la France, le climat était plus froid qu'aujourd'hui.

BILAN : Le recoupement d'indices variés, paléocéologiques (pollens, fossiles...), géologiques (roches, traces de glaciers...), préhistoriques (peintures ...), isotopiques ($\delta^{18}O$...) permet de connaître le climat du Quaternaire.

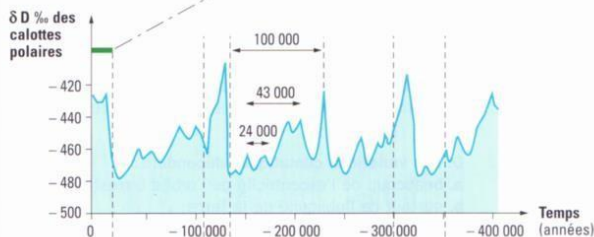


Les indices permettant de reconstituer le climat au Quaternaire.

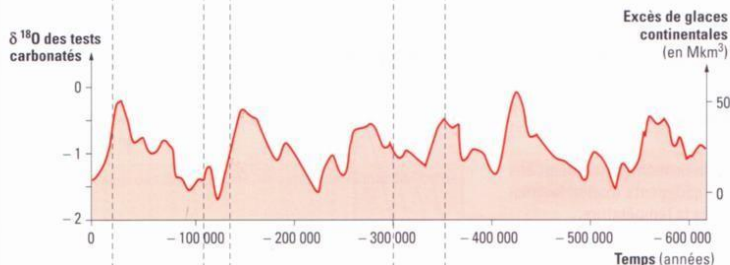
Les changements du climat des 700 000 dernières années



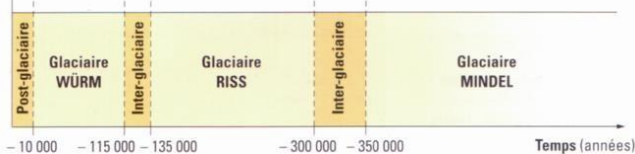
Pollens
Abondance relative entre espèces
↓
Modifications climatiques locales sur quelques milliers d'années



$\delta^{18}\text{O} \text{ ‰}$ ou $\delta D \text{ ‰}$ variations dans les glaces des calottes polaires
↓
Alternances climatiques périodiques

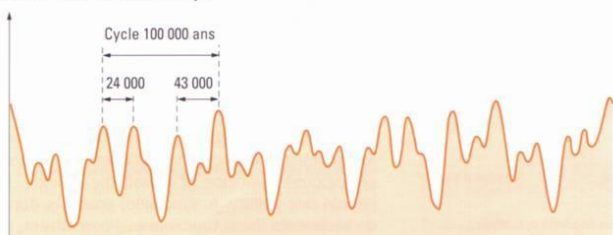


$\delta^{18}\text{O}$ variations dans les tests carbonatés de foraminifères benthiques
↓
Variations globales de volume des calottes glaciaires
↓
Variations du niveau marin



Variations climatiques globales : alternance de périodes glaciaires et inter-glaciaires

Combinaison des différents cycles des paramètres orbitaux = effet astronomique



Des phénomènes modulateurs amplificateurs ou atténuateurs : teneur atmosphérique en CO_2 et albédo, modulent l'effet astronomique

Le climat du Quaternaire depuis 2,6 Ma environ correspond à une alternance de périodes froides dites GLACIAIRES (périodes de temps où la baisse planétaire des températures conduit à une vaste extension des calottes glaciaires) et de périodes plus chaudes dites INTERGLACIAIRES. Actuellement, la Terre se situe dans une période interglaciaire. Le dernier épisode glaciaire a commencé il y a 100 000 ans et s'est terminé il y a 11 000 ans. Une calotte de glace recouvrait, alors, le nord l'Europe et le niveau de la mer était 120 m plus bas que le niveau actuel. Les différentes données mettent en évidence l'alternance de 8 périodes glaciaires et interglaciaires sur les derniers 800 000 ans.

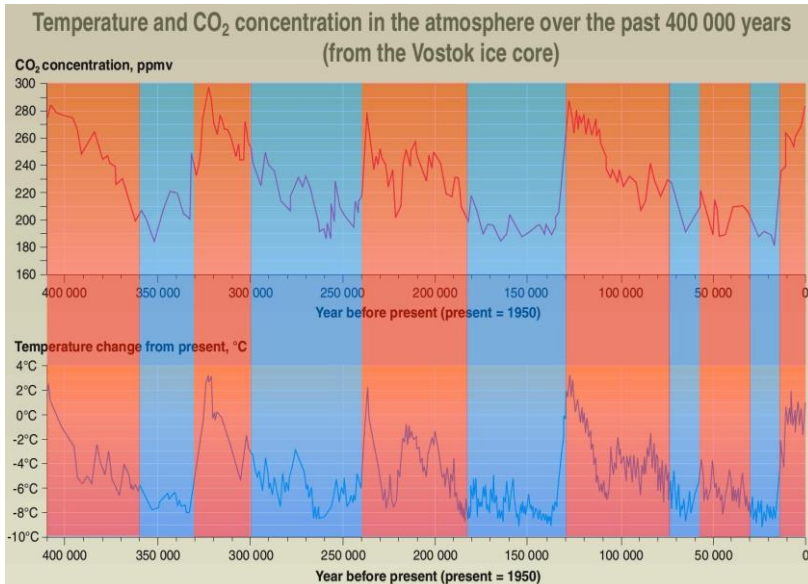
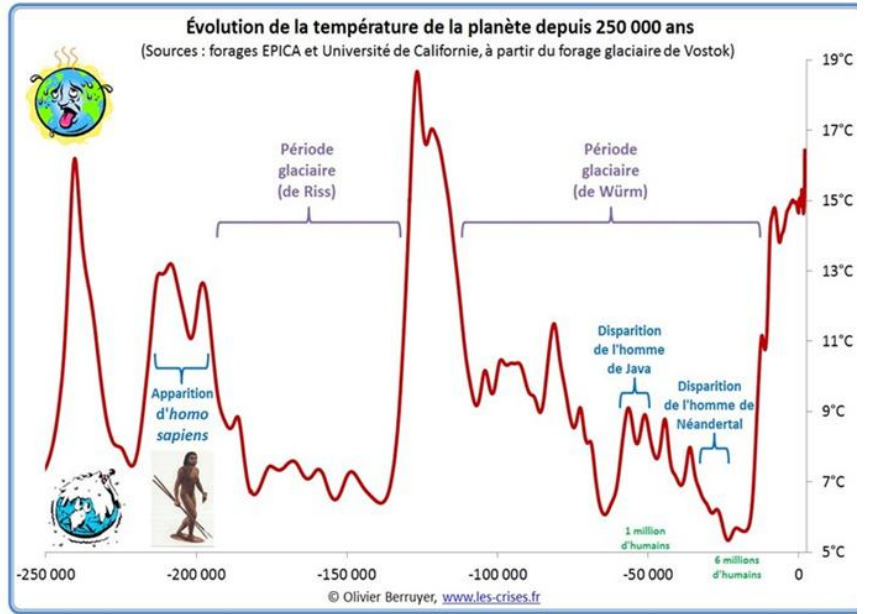
III- L'origine des alternances glaciaires /interglaciaires

Dans l'histoire du climat, il y a deux périodes qui se répètent à des intervalles plus ou moins réguliers :

- une période glaciaire qui dure dans son ensemble 100 000 ans
- une période interglaciaire qui dure 10 000 ans

Les refroidissements se font lentement alors que les réchauffements se font plus brutalement.

Il y a 21 000 ans les calottes de glaces étaient plus importantes, et recouvraient le nord de l'Europe et de l'Amérique : c'était alors le dernier maximum glaciaire (le Würm) , et nous sommes actuellement dans une période chaude dite interglaciaire.



Les variations climatiques montrent des alternances de périodes glaciaires (en bleu) et interglaciaires (en rouge)

Un cycle de 100 000 ans rythme les glaciations. Des cycles de réchauffement / refroidissement sont observés entre deux maximums glaciaires avec des périodes de 43 000, 24 000 et 19 000 ans.

Problématique : Comment expliquer les variations cycliques durant le Quaternaire ?