Chapitre 17 : Reconstituer et comprendre les variations climatiques passées

1. L’évolution du climat depuis la révolution industrielle

Comment évolue la température terrestre depuis la révolution industrielle ?

Voir Polycopié TD : 16-05-2025

1. Les indices des variations climatiques du quaternaire

Quaternaire (qui commencé à 2,6 Milliard d’années)

La reconstituions des climats est basée sur le principe d’actualisme c’est-à-dire que les processus dans le passé sont les mêmes qui ceux d’aujourd’hui

1. Premier indice : indices géologiques : la glace

Doc 1 :

La mesure des rapports isotopiques (delta ∂ 018) (voir formule) est un indicateur révélant la proportion des isotopes O18 et isotope O16

Référence du document 1 :

Deux isotopes de l’oxygène

16O ou oxygène léger (plus abondant)

18O oxygène lourd

Comme l’oxygène rentre dans la composition de l’eau on aura de l’eau légère avec 16O et de l’eau lourde 18O

Doc 2 :

Il y un **Fractionnement isotopique** lors **des processus d’évaporation et de condensation**

Il existe un fractionnement isotopique entre l’oxygène 16 et l’oxygène 18 car ils n’ont pas la même masse, et cela dépend de la température

Doc 3 :

**Plus le ∂ 018 est négatif plus la Température est froide**

Doc 4 :

**Plus ∂ 018 au pôle est faible (très négatif) plus il fait froid et s’il fait plus froid aux pôles, alors il fait plus froid sur Terre.**

Doc 5 :

On observe une alternance de périodes glaciaires (froides) et interglaciaires (plus douces) au cours des 400 000 ans

1. Deuxième Indice : indice pollinique

**La matière organique piège les pollens des espèces présente dans l’environnement**

Doc 6 :

Analyse du diagramme pollinique

De -13000 ans à -11000 ans les pollens retrouvés sont majoritairement des espèces herbacées (grainés, armoises, cypéracées) et des pins et bouleaux

La végétation de cette période est typique des toundras et des taïgas et se situent aux hautes latitudes d’où le climat plus froid

A partir de -11 000 et jusqu’à nos jours, les pollens retrouvés sont des arbres à feuillus chênes, hêtre, noisetiers typiques des forêts tempérées et se situe à nos latitudes. Donc le climat s’est réchauffé

1. Troisième indice : Analyse associations de foraminifères

En milieu marin, les foraminifères sont utilisés pour connaitre le climat

Constitué d’un test calcaire

Test formé à partir des éléments présents dans l’eau

Le dioxygène s’associe au CO2 pour former l’ion carbonate

On peut utiliser le fractionnement isotopique de l’oxygène pour connaitre la température au moment de la formation du test du foraminifère

**Plus le rapport isotopique de ∂ 18O dans les carbonates est élevé et plus la température est basse et inversement**

Attention c’est inverse dans les glaces

1. 4ème indice les glaciers :

Dans un paysage glaciaire des éléments qui peuvent être transportés moraines et blocs erratiques

Éléments qui restent sur place : relief et cirque glaciaire, moraine, blocs erratiques, stries glaciaires etc…

Moraine = amas de débris rocheux érodé et transporté par un glacier

Blocs erratiques = fragment de roche d’origine morainique qui a été déplacé par un glacier sur de grandes distances

Lors de la fonte du glacier, le bloc erratique reste sur place

1. Cinquième indice : les grottes

Entre -27 000 ans et -19 000 ans, le niveau de la mer était plus bas. Donc le climat était plus froid qu’actuellement (-37 mètre en dessous du niveau actuel)

Actuellement le niveau des océans est plus élevé ceci traduit un climat plus chaud

1. Les causes des variations climatiques du Quaternaire et des 500 derniers millions d’années :

Comment expliquer qu’au quaternaire le Terre connait une alternance de périodes froides (périodes glaciaires) et des périodes chaudes (période interglaciaire) ?

**3 paramètres orbitaux**

* **L’excentricité** : qui correspond à l’aplatissement de l’ellipse qui décrit la terre autours du Soleil
* **L’obliquité** : l’angle d’inclinaison de l’axe des pôles de la terre par rapport à la perpendiculaire au plan de la trajectoire de la terre
* **La précession** : des équinoxes qui correspond au déplacement de l’axe de rotation de la terre sur lui-même (toupie)

Comment décrire les paramètres orbitaux lorsque le climat est froid et lorsqu’il est chaud ?

Lors d’une **période interglaciaire (+ chaude), l’obliquité, l’excentricité et la précession ont des valeurs élevées** = les contrastes entre l’été et l’hiver sont forts

Lors d’une période glaciaire, c’est l’inverse

Quand on modifie un paramètre orbital on ne modifie pas l’énergie solaire envoyées sur la Terre, on modifie uniquement la distribution dans l’espace (surface terrestre) et selon les saisons de cette énergie solaire.

Comment expliquez que les paramètres orbitaux peuvent avoir un effet sur la température ?

Tableau

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Exp Témoin | Expérience Test | Résultats | Conclusion  |
| **1/ Mise en évidence des paramètres orbitaux** | État initial : sélectionner préindustriel (non modifié par le changement climatique actuel)Durée de simulation : 100 000 ansLa température reste constante  | Obliquité à une valeur minimale | Température diminue | La diminution de l’obliquité est à l’origine d’un refroidissement et de l’entrée en période glaciaire |
| **2/ Rôle de l’insolation dans les régions polaires en été** | On utilise l’expérience précédente de 100 000 ans avec l’obliquité minimale | Désactiver la rétroaction de l’albédo, fixer l’albédo constant | La température reste constante | C’est la modification de l’albédo qui induit la modification de la température quand l’obliquité diminue |
| **3/ Concentration en CO2 en période glaciaire** | L’expérience précédente de 100 000 ans avec l’obliquité minimale | On réalise une simulation identique à celle de contrôle, maintenir la solubilité du CO2 constante quel que soit la température |  CO2 constanteTempérature diminue | L’océans sont plus froid, plus de solubilité du CO2 forte dans l’océanDiminution du CO2 atmosphérique |
| **4/ Variations climatiques aux échelles de temps géologiques : Le permo-carbonifère****(paléozoïque)** | On lance une simulation préindustrielle d’un million d’années, sans changer aucun paramètre. Température constante  | Superposer une simulation dans laquelle on active le stockage biologique, avec un taux de séquestration du carbone de 0,0014 Gt/ppm/an = Carbonifère | Diminution du CO2, la température diminue, la calotte glaciaire s’étend = forte glaciation et un équilibre s’établit | Le stockage biologique entraîne une diminution du CO2 et diminution de la température l’entrée en glaciation à la fin du Carbonifère |
| **5/ Variations climatiques aux échelles de temps géologiques le crétacé****(mésozoïque)** | Idem précédent | Doubler les émissions de CO2 par volcanisme et activités des dorsales. Actuellement d’environ 0,08 Gt/an, mettre à 0,2 Gt/an  | Augmentation du CO2 puis se stabilise et augmentation de la température | Augmentation du CO2 par volcanisme et activités des dorsales = augmentation du CO2 atmosphérique donc la température augmente |
| **6/ Variations climatiques aux échelles de temps géologiques le cénozoïque** | Idem | On superpose une simulation où on double le taux de consommation de CO2 par altération continentale | Le CO2 diminue et la température diminue et un équilibre s’établit  | L’augmentation du puits de CO2 pat altération continentale entraîne une diminution du CO2 d’où la diminution de la température |

1. Si la terre est moins oblique le soleil va éclairer plus l’équateur et moins les pôles, en éclairant moins les pôles la calotte polaire va pouvoir s’étendre plus facilement
2. L’albédo du système Terre-atmosphère est la fraction de l’énergie solaire qui est réfléchie vers l’espèce. Sa valeur est comprise entre 0 et 1. Plus une surface est réfléchissante, plus son albédo est élevé

Quand l’obliquité diminue, les rayons du soleil arrivent de manière plus inclinée dans les régions polaires de l’Hémisphère Nord en été, augmentation de l’extension de la calotte glaciaire = augmentation de l’albédo de la planète. La planète réfléchit davantage le rayonnement solaire, en absorbe moins, donc la température diminue

1. Le CO2 est un gaz à effet de serre, en période glaciaire, la diminution de sa concentration atmosphérique amplifie le refroidissement : **c’est une rétroaction positive**

**Bilan : Période froide pendant le Paléozoïque = ère primaire (de -541 à -252 Ma)**

Importante glaciation pendant le permo-carbonifère

Diminution du CO2 atmosphérique

Car fossilisation de la MO (CO2 piégé)

Altération de la chaine hercynienne (CO2 piégé)

**Bilan : Période chaude pendant le Mésozoïque = ère scedonaire (-252 à -65 Ma)**

Indices : accumulation de roches calcaires, et évaporites…, extension faune et flore tropicale

Facteurs à l’origine du rechargement climatique : expansion océanique, dislocation du supercontinent la pangée

Activité dorsale augmentation, important dégazage de CO2

**Bilan : tendance au refroidissement pendant le cénozoïque = ère Tertiaire (de -65 à 2,6 Ma)**

Température des océans baisse

Diminution de répartition des espèces tropicales

Augmentation des glaciers (témoins moraines glaciaires et zone striées)

Facteur à l’origine du refroidissement : formation des chaines de montagne, altération des minéraux consommatrice de CO2, diminuons du CO2 atmosphérique

**Vocabulaire :**

Moraine = amas de débris rocheux érodé et transporté par un glacier

Blocs erratiques = fragment de roche d’origine morainique qui a été déplacé par un glacier sur de grandes distances

Lors de la fonte du glacier, le bloc erratique reste sur place