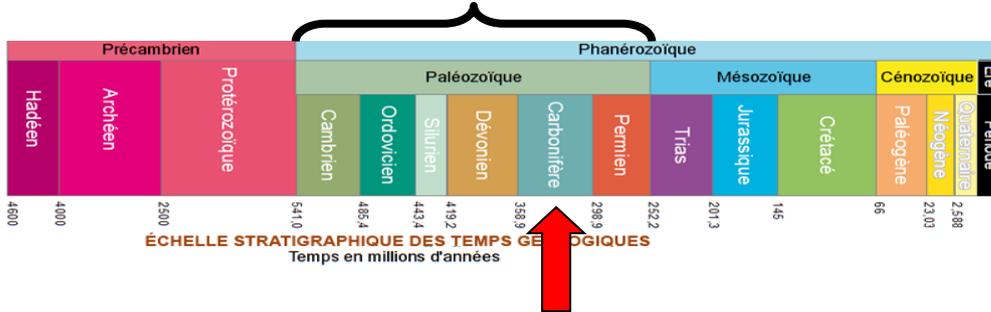


CORRECTION

Le Carbonifère est une période de la fin du Paléozoïque (ère primaire) s'étendant entre -360 et -290Ma. Le Carbonifère doit son nom aux nombreux gisements de charbon datant de cette époque en Europe.

A cette époque, les continents étaient regroupés en un supercontinent que l'on a appelé la Pangée. Ce dernier était entouré d'un vaste océan : la Panthalassa.

Découvrir et interpréter les indices des climats passés est une mission de plus en plus délicate lorsque l'on remonte aussi loin dans le temps.



Reconstitution d'une forêt du Carbonifère

Objectif : On cherche, à partir d'indices variés, à déterminer le climat de Carbonifère et à en déterminer les causes.

Consigne :

À l'aide de vos connaissances et de l'exploitation des documents proposés, montrer que le Carbonifère a été marqué par un climat particulier dont vous expliquerez la mise en place.

Vous répondrez sous forme d'une carte mentale présentant les indices utilisés et les causes de cette variation climatique.

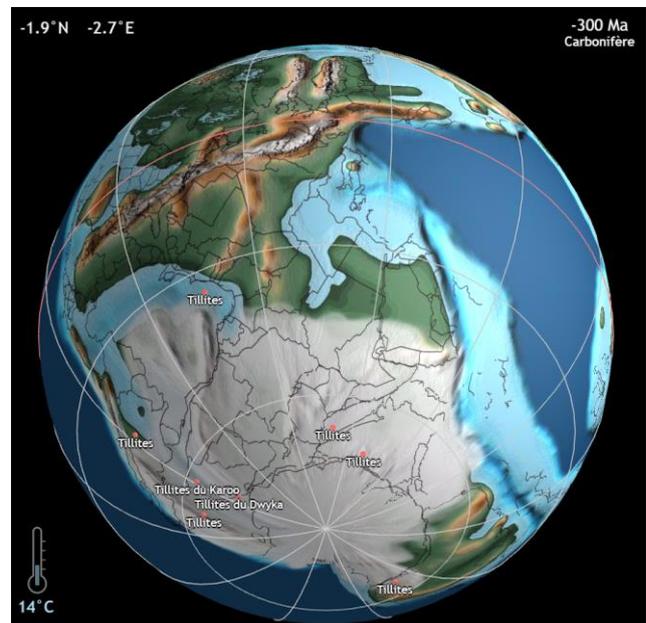
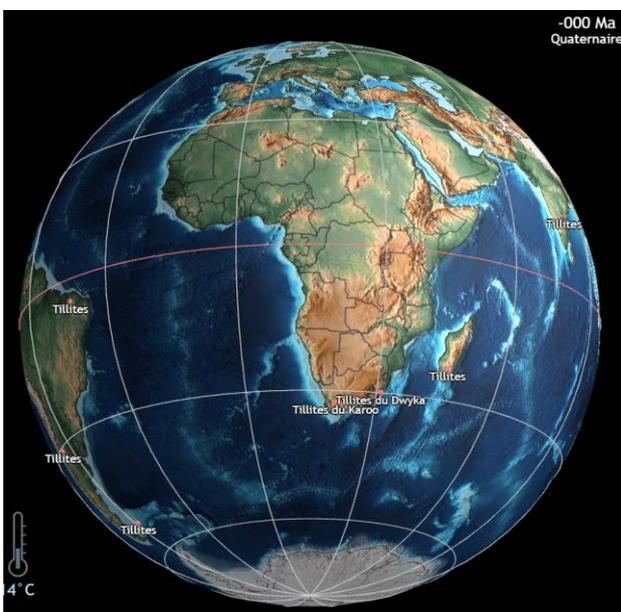
Vous complèterez aussi la carte ci-dessous en y plaçant les paléoceintures climatiques du Carbonifère (tempéré et froid).

➤ Les différents indices permettant de reconstituer le climat du Carbonifère

→ Indices pétrographiques (roches sédimentaires)

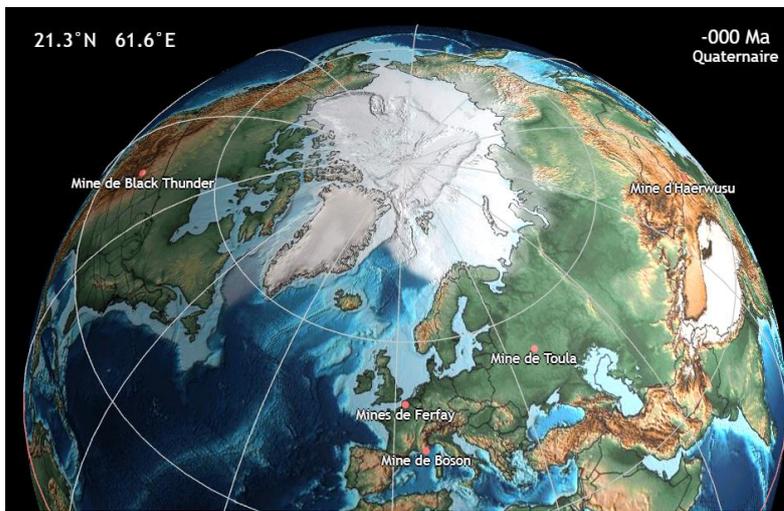
On peut constater que les tillites (roches nécessitant la présence d'un glacier ou d'une calotte glaciaire) sont nombreuses durant le Carbonifère (Doc 3). Elles sont regroupées sur une large partie de La Pangée située au niveau de l'hémisphère Sud (du pôle jusqu'au tropique du Capricorne).

Cela démontre que le Carbonifère est marqué par une calotte polaire sud très étendue marquant un climat froid.

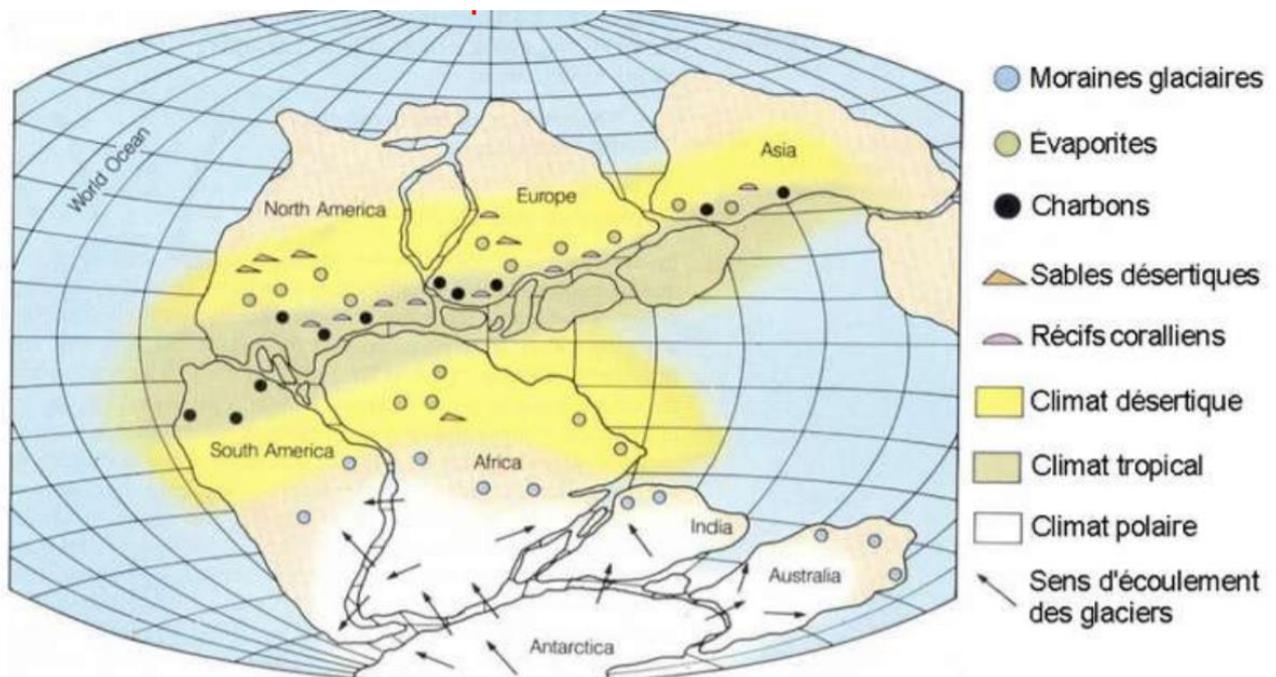
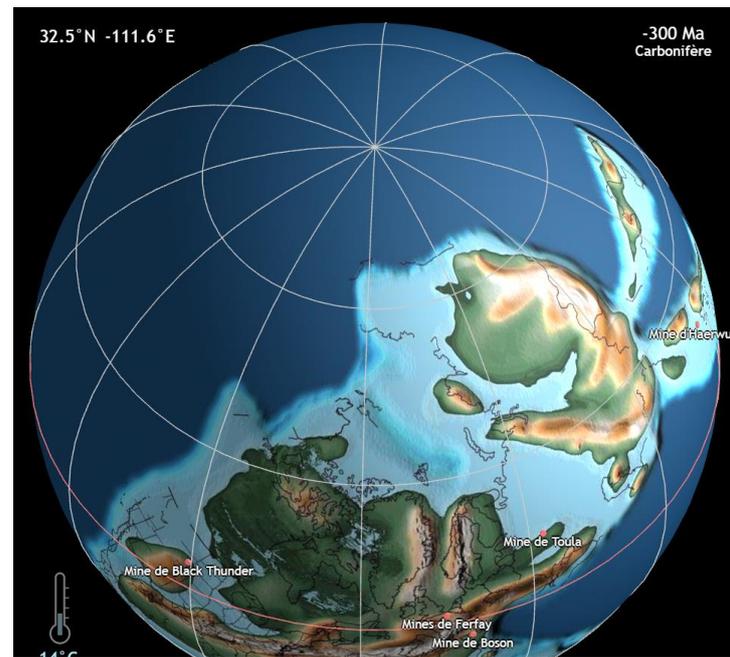


Localisation des tillites datant du Carbonifère

Des gisements importants de charbon datant de cette époque sont exploités dans de nombreuses mines en France, en Chine, aux Etats Unis...(docs 1 et 2). Cela va à l'encontre des données précédentes, car le charbon se forme notamment sous les climats tropicaux humides. En prenant en compte la position passée des continents (paléogéographie), on se rend compte que les gisements de charbon étaient essentiellement localisés au niveau de l'Equateur.



Localisation des mines de charbon (gisements datant du Carbonifère)



Paléoceintures climatiques au Carbonifère

Ce climat froid est confirmé par l'étude des variations du $\delta^{18}\text{O}$ benthique des foraminifères. Au Carbonifère, il est élevé (environ 1‰) ce qui correspond à une température moyenne d'environ 13°C soit 2°C de moins que l'actuel.

➤ Les causes du climat du Carbonifère

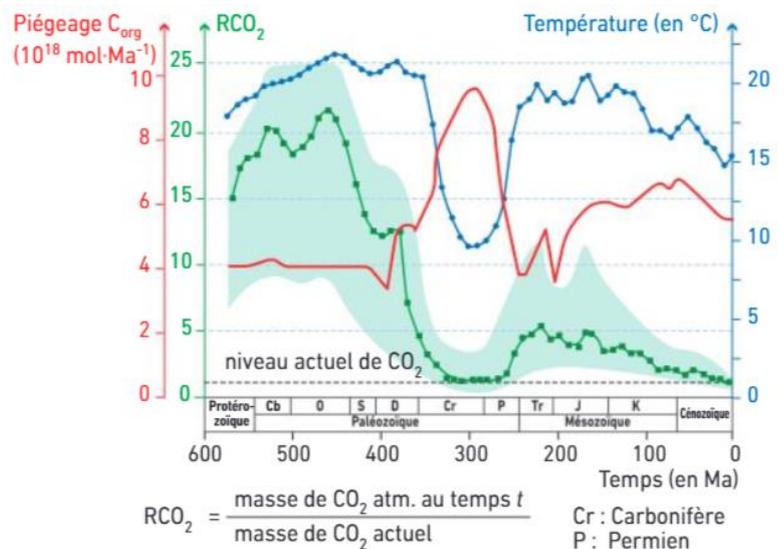
→ Piégeage du CO₂ atmosphérique :

Au Carbonifère, dans les zones situées entre les 2 tropiques, d'importantes forêts se sont mises en place. Les végétaux ont commencé à produire de la lignine à partir de -380Ma, ce qui a permis aux plantes de gagner en rigidité et donc de croître (doc 2).

Or les champignons responsables de la décomposition de cette molécule ne sont apparus qu'il y a 200M. A la mort des végétaux, ils vont donc s'accumuler sans être décomposés, d'autant plus qu'ils vont être rapidement recouverts par des sédiments provenant de l'érosion intense de la chaîne Hercynienne (plus le climat est chaud et humide, plus l'altération et l'érosion des reliefs sont importantes). Ce qui explique que la matière organique piégée soit presque 3 fois supérieure à la valeur actuelle.

Lors de ces processus, la matière organique ne se décomposant pas, le CO₂ qui a été capté par les végétaux lors de la photosynthèse, est donc **stocké (piégé) dans le charbon** (et non pas libéré dans l'atmosphère par respiration et fermentation liées à la décomposition des végétaux morts). Cela a donc participé à la diminution importante de la quantité de CO₂ atmosphérique.

Température, dioxyde de carbone et piégeage de la matière organique



→ Altération de la chaîne hercynienne et taux de CO₂ atmosphérique :

Le Carbonifère marque la fin de l'orogénèse Hercynienne, au cours de laquelle s'est mise en place la chaîne de montagnes du même nom (doc 4). Or nous savons que dès sa mise en place, une chaîne de montagnes est soumise à l'action de l'altération et de l'érosion (d'autant plus qu'elle est située au niveau de la zone tropicale).

Lors des réactions chimiques de l'altération de certains minéraux, il y a consommation de 2 molécules de CO₂ atmosphérique. Etant donné la quantité importante de roche altérée suite à l'orogénèse hercynienne, l'altération et l'érosion de la chaîne hercynienne ont activement participé à la forte baisse du taux de CO₂ atmosphérique (doc 5).

Vingt km de croûte aurait disparu sur une surface de 240 000 Km², soit un volume de 4 800 000 km³ soit $4.8 \times 10^{15} \text{ m}^3$. En utilisant la densité des roches, on obtient une masse de $1.44 \times 10^{19} \text{ kg}$ pour l'ensemble du massif érodé. Si on considère dans cette masse 2% de silicates calciques, on obtient une masse pour ces derniers de $2.88 \times 10^{17} \text{ kg}$.

L'altération a donc consommé, $2.88 \times 10^{17} \text{ kg} \times 0.78$ soit $2.264 \times 10^{17} \text{ kg}$ de CO₂.

Comparé à la teneur en CO₂ atmosphérique actuelle, $2.264 \times 10^{17} / 2.75 \times 10^{15} = 82$

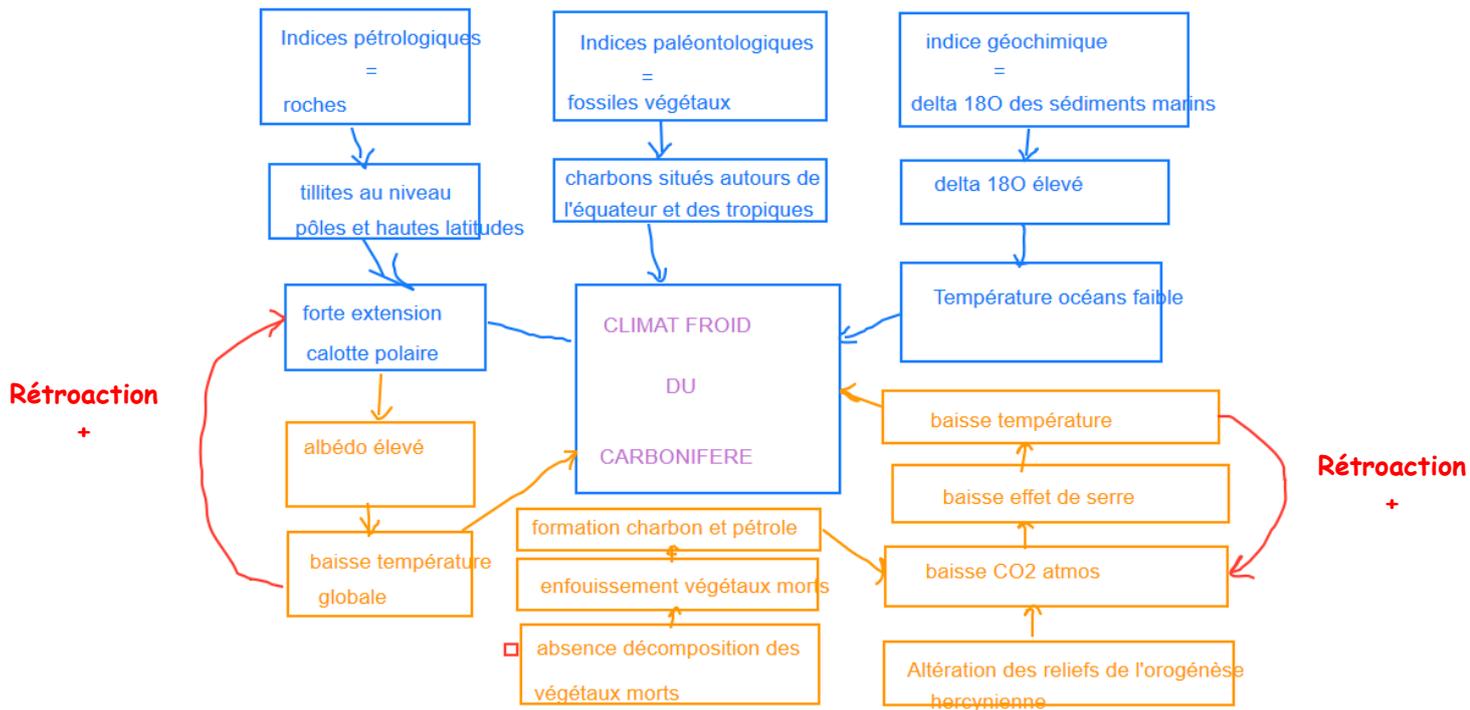
Selon cette estimation, l'altération de la chaîne hercynienne aurait consommé 82 fois la quantité de CO₂ atmosphérique actuelle.

→ Action des phénomènes amplificateurs :

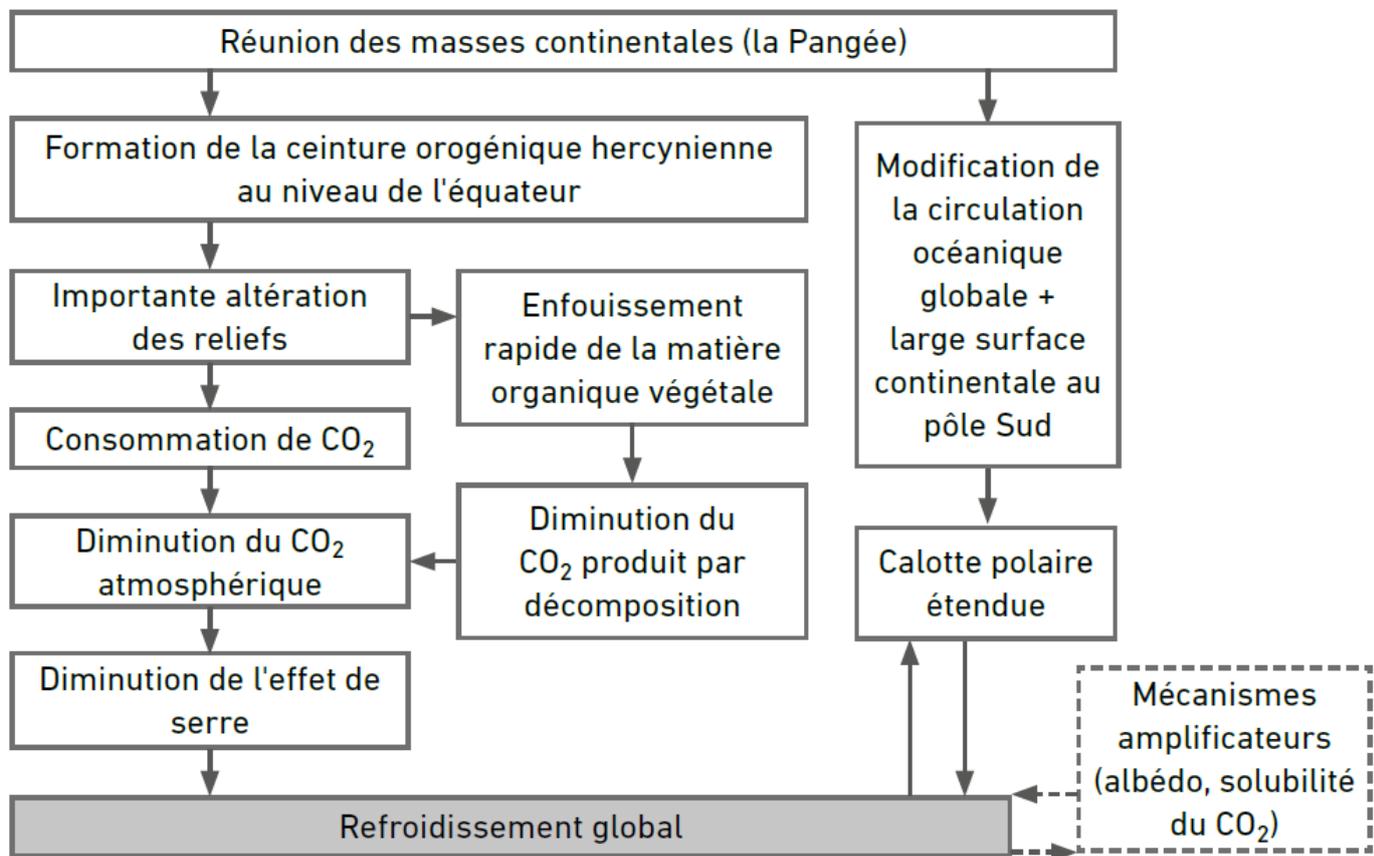
La diminution très importante de la quantité de CO₂ atmosphérique durant tout le Paléozoïque, notamment lors du Carbonifère (au total elle a été divisée par 18) a entraîné un effet de serre sera donc moins prononcé, ce qui aura pour conséquence une diminution de la température terrestre globale.

Le développement de la calotte polaire (doc 3) a fortement augmenté l'albédo, ce qui a diminué l'énergie solaire absorbé par la Terre et entraîné en retour une baisse de la température.

Nous pouvons donc résumer en disant que le climat globalement froid du Carbonifère peut s'expliquer par une augmentation de l'albédo et une chute de la teneur en CO₂ atmosphérique.



Exemple de carte mentale présentant les indices et les causes du climat froid du Carbonifère



■ Modèle explicatif du climat au Carbonifère-Permien.

Bilan :

* Les indices paléontologiques (fossiles) et géologiques (roches sédimentaires) mondiaux associés à l'étude de la position passée des continents (paléolatitudes) montrent que le Paléozoïque (= ère primaire), et plus précisément le Carbonifère et le Permien (-350 à -250 Ma), est une période froide marquée par une importante glaciation.

* Ce refroidissement est dû à une modification du cycle géochimique du carbone avec une forte diminution du CO_2 atmosphérique liée à 2 causes :

- la fossilisation importante de la matière organique végétale : au Carbonifère existaient de nombreuses forêts de type tropical. La matière organique végétale riche en carbone a été enfouie sans être décomposée et fossilisée en grands gisements de charbon et de pétrole ce qui a piégé le CO_2 . Ainsi, le charbon que nous utilisons aujourd'hui rejette dans l'atmosphère du CO_2 piégé il y a 300Ma !!

- l'altération des roches de la chaîne hercynienne a piégé le CO_2 atmosphérique (comme au Cénozoïque).

Schéma-bilan : voir carte mentale