

**Hypothèse :** Grâce à l'application du principe d'actualisme, on peut essayer de connaître les conséquences actuelles des climats sur la formation des roches ou sur leur contenu puis de rechercher dans des roches âgées ces mêmes traces. On va donc rechercher des indices dans les roches : fossiles ; nature de la roche ; figure sédimentaire.

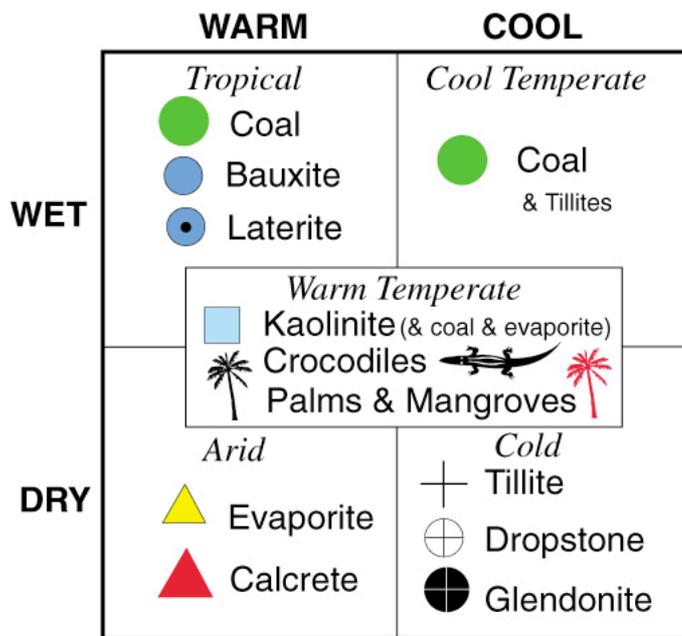
**I. Mise en relation des climats actuels et des formations géologiques associées.**

Doc. Pages 34 à 37.

Par la méthode paléogéographique nous pouvons déterminer les climats passés de la terre. Elle consiste à analyser la distribution des **charbons**, des **dépôts de désert**, des **paléosols tropicaux**, des **gisements de sels**, des **matériaux glaciaires**, aussi bien que la distribution des **flores** et des **faunes** qui sont sensibles au climat, tels que les crocodiles, les palmiers et les mangroves (forêts de palétuviers).

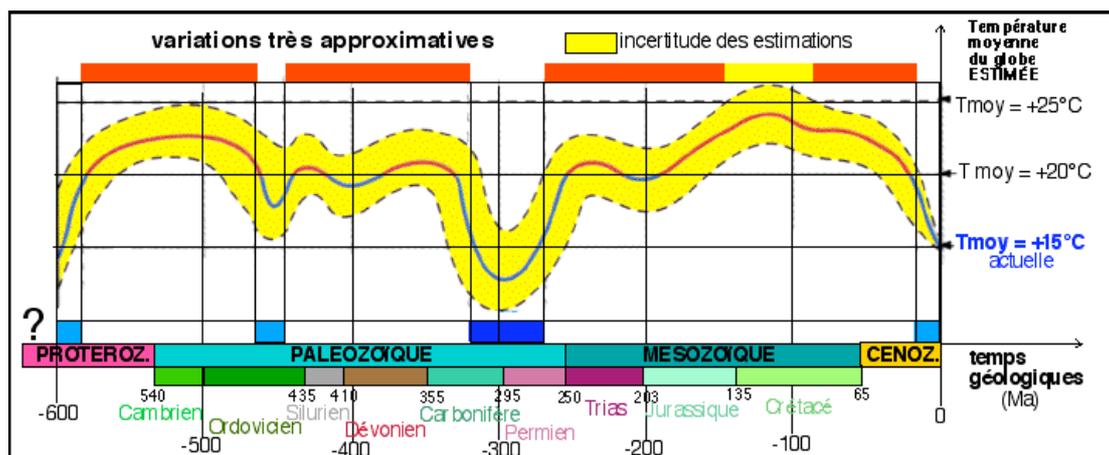
Pour reconstituer les climats terrestres sur plusieurs millions d'années, il faut s'appuyer sur des indicateurs paléoclimatiques : les données sédimentologiques et paléontologiques. La nature de certaines roches sédimentaires est révélatrice de leurs conditions de formation. Une fois ces données collectées et datées, on peut les replacer dans leur contexte latitudinal grâce à la théorie de la tectonique des plaques et ainsi reconstituer le climat de la Terre à une époque donnée.

Quelques indices sédimentologiques et paléontologiques, en résumé :



"Paratropical" = High Latitude Bauxites

Résultats :



**Bilan :** Doc3 page 39 :

On connaît ainsi d'autres **ères glaciaires** que celles du quaternaire, éventuellement beaucoup plus importantes, comme celle associée à la théorie de la "snow-ball", qui présente une Terre entièrement gelée juste avant le Cambrien. Les quatre dernières **ères glaciaires** sont :

- La glaciation panafricaine (vers -600 millions d'années),
- La petite glaciation ordovicienne,
- La glaciation permo-carbonifère,
- La glaciation mio-plio-quaternaire dans laquelle nous sommes.

La plus vieille de toutes ces ères glaciaires est datée de -3 milliards d'années.

**Les roches nous donnent donc bien des indices de changements climatiques à grande échelle :**

- Des traces de périodes glaciaires.
- Des traces de périodes chaudes.
- Des traces de changements brusques de climats.

Pb : Comment expliquer ces changements climatiques à de grandes échelles de temps ?

## II. Les mécanismes des variations climatiques à grande échelle de temps.

Deux périodes sont particulièrement importantes:

- **La période connue la plus froide**: du milieu du Carbonifère jusqu'au milieu du Permien, à la fin du Paléozoïque (entre -320 et -270 Ma); plus froide encore que la période glaciaire actuelle.
- **La période connue la plus chaude**: de la fin du Jurassique (vers -150 Ma) jusqu'à un peu plus du milieu du Crétacé (-80 Ma).

### 1. Etude de 2 périodes géologiques : le carbonifère, le crétacé.

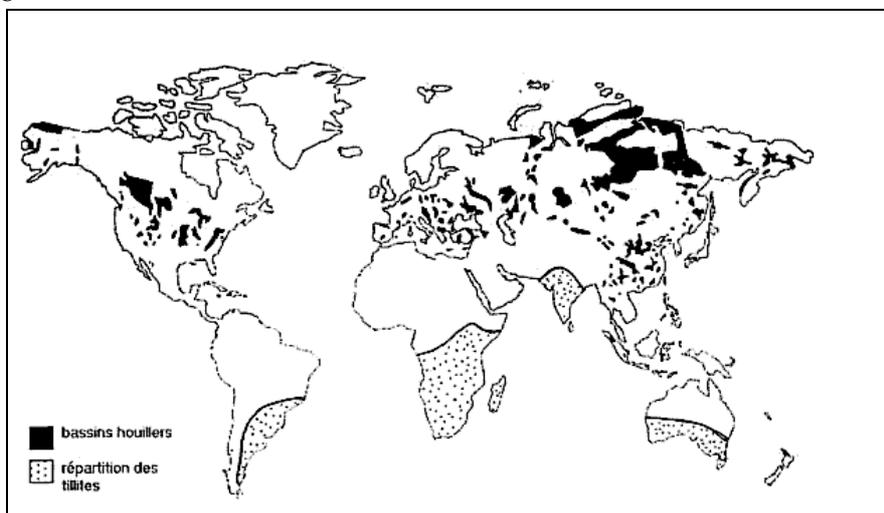
Docs pages 46/47.

- Quel climat global caractérise la Terre à ces 2 époques ? Justifiez.
- Recherchez des arguments pour expliquer la mise en place de ces climats.

Doc3 page 39.

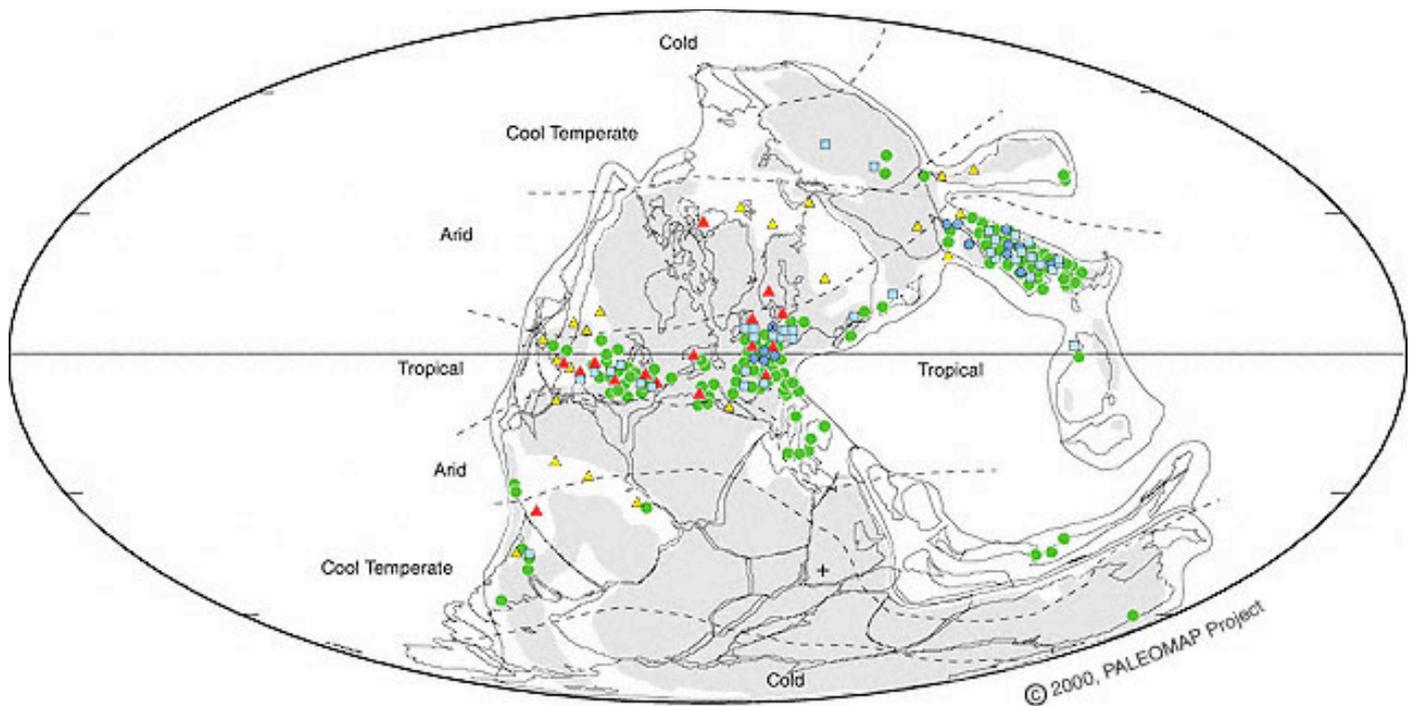
La glaciation du Carbonifère-Permien a duré au moins 60 MA. Le climat chaud du Crétacé supérieur a duré environ 80 MA jusqu'à la fin du Paléogène. La périodicité des variations des paramètres astronomiques ne peut expliquer l'installation et le maintien d'un climat chaud ou froid pendant des temps aussi longs.

BAC Métropole 2003



Bassins houillers : signent des climats chauds à tempérés, humides. Localisés en Amérique du nord, Europe, Asie.

Tillites : signent des climats secs et froids. Localisés au sud Amérique du sud, sud de l'Afrique et sud de l'Australie.



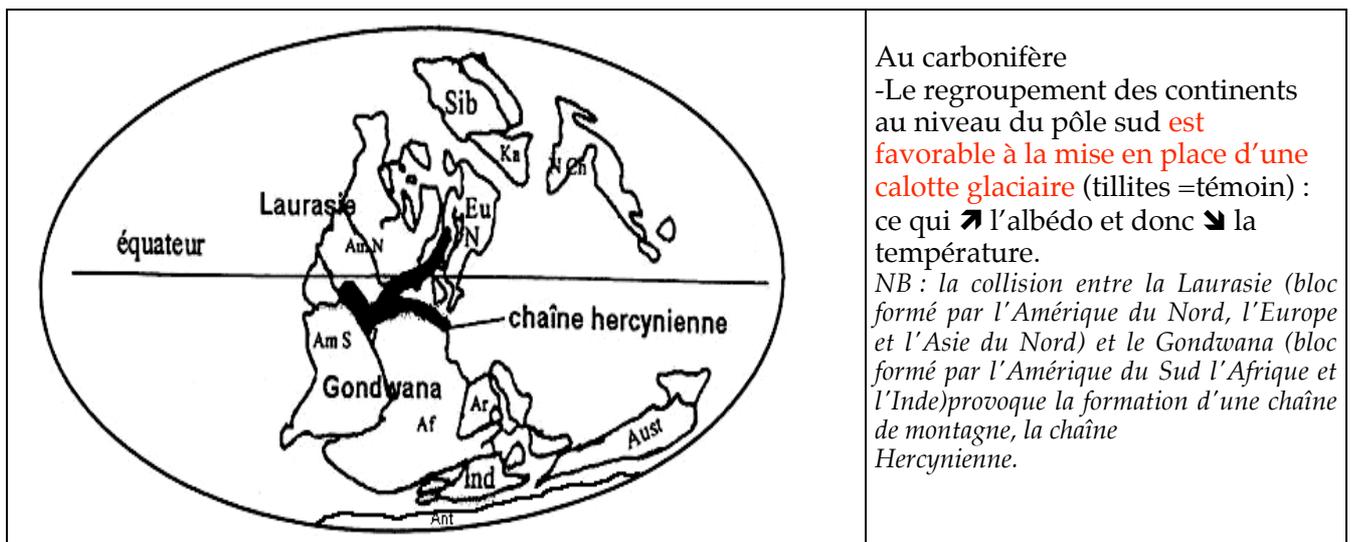
Upper Carboniferous (Gzelian)

## 2. Les origines probables de la baisse de la température au carbonifère.

### a) La localisation passée des continents.

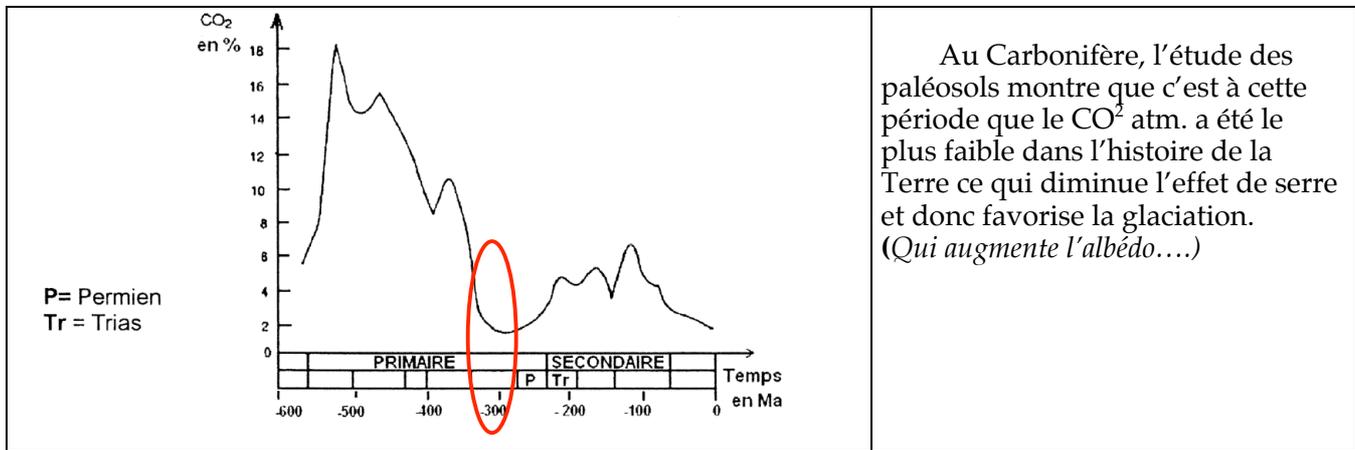
Pour voir les reconstitutions paléogéographiques : <http://www.scotese.com/earth.htm>

Choisir la période .



NB : Le substrat continental favorise l'accumulation des précipitation neigeuses et donc l'installation et l'extension des calottes polaires.

### b) La diminution du CO2 atmosphérique.

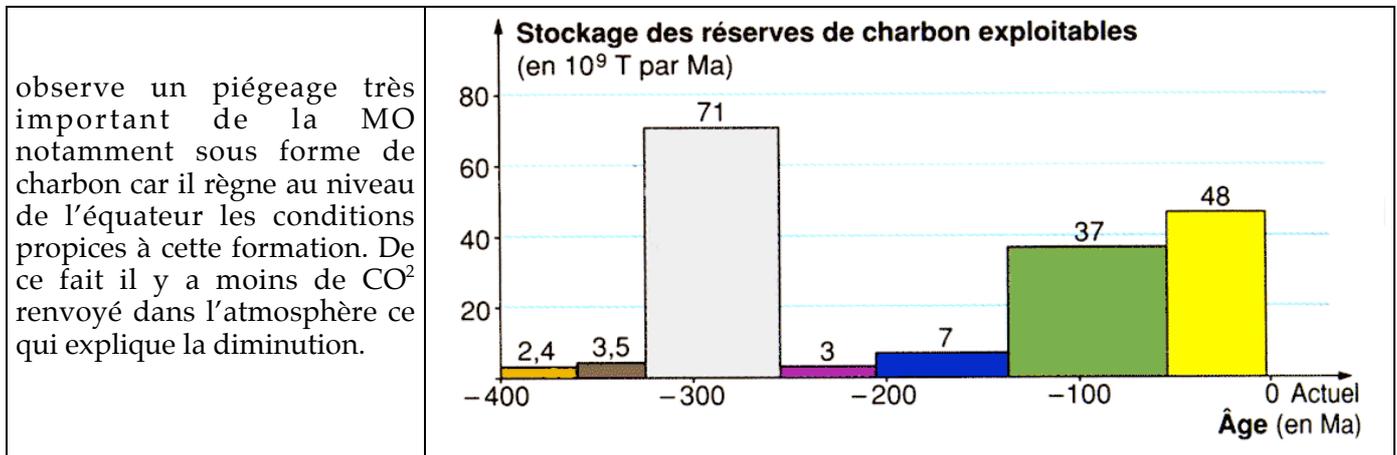


Pb : Comment expliquer cette diminution du CO<sub>2</sub> ?

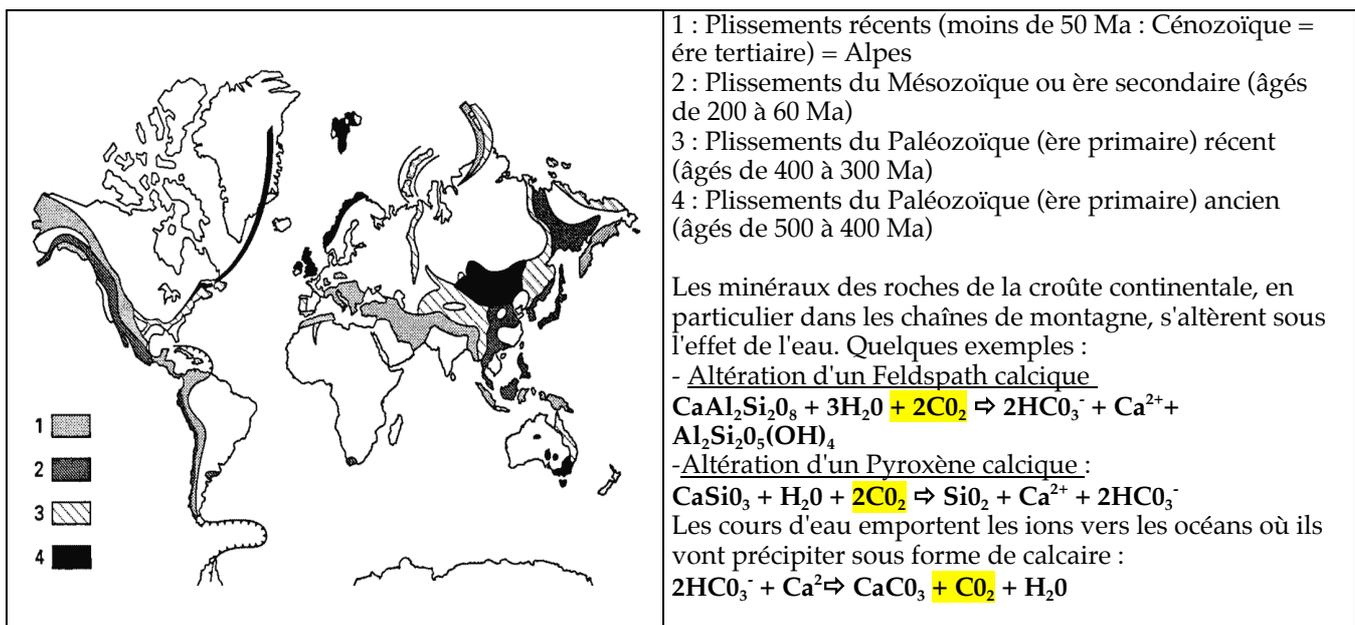
- Le charbon se forme par sédimentation, puis fossilisation de la matière organique produite par les végétaux. Du carbone quitte ainsi l'écosystème de façon durable. Il n'est plus restitué sous forme de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

Quand le Creusot était sous l'équateur...

<http://www.creusot.net/creusot/histoire/300millions/musee.htm>



- L'orogénèse Hercynienne.



Dans le cas du feldspath : 2 CO<sub>2</sub> atmosphérique sont consommés lors de l'altération alors qu'un seul retourne dans l'atmosphère lors de la formation des carbonates, l'autre est « piégé » dans le calcaire.

En bilan on a donc une diminution du  $\text{CO}_2$  atmosphérique lors de l'érosion des silicates qui composent la chaîne hercynienne au Carbonifère.

Par contre pour les carbonates : pas d'effet sur le  $\text{CO}_2$  car autant de consommé que rejeté.

L'importante végétation au Carbonifère contribue à augmenter l'altération des silicates et donc à faire baisser le  $\text{CO}_2$ .

**Au carbonifère, on a un minimum de dioxyde de carbone dans l'atmosphère qui s'explique par :**

La formation de roches riches en matière organique	↘ $\text{CO}_2$ atm
L'altération des grandes chaînes de montagne Hercynienne avec l'altération et la précipitation de certains éléments qui consomment ou qui libèrent du $\text{CO}_2$	
La précipitation des carbonates	+ 1 $\text{CO}_2$
La dissolution des carbonates	- 1 $\text{CO}_2$
L'altération des silicates calciques et magnésiens	- 2 $\text{CO}_2$
Bilan	↘ $\text{CO}_2$ atm

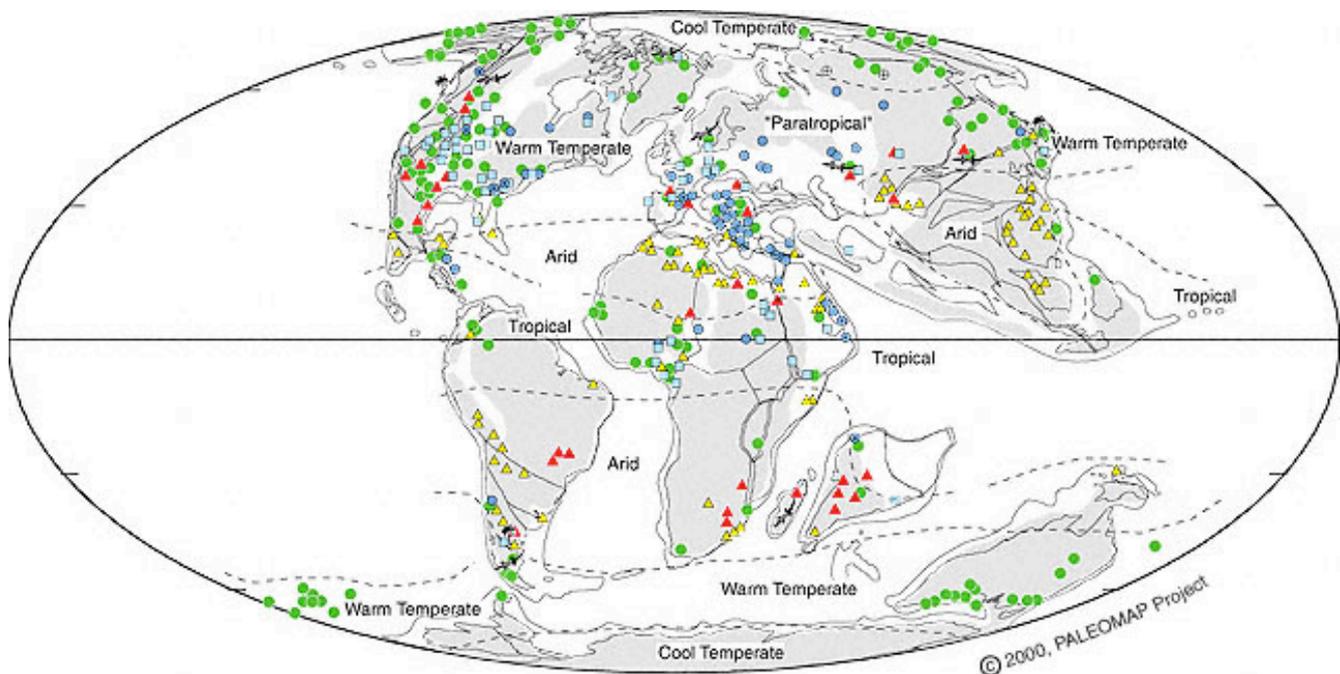
### 3. Les facteurs du climat au Crétacé.

Doc3 page 39.

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

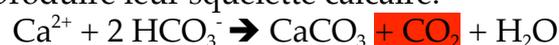
Pb : Comment expliquer ce climat très chaud du Crétacé supérieur ?

Parmi les roches datant du Crétacé, on peut noter la présence de **grands épanchements volcaniques** sous-marins en rapport avec l'activité des dorsales (ouverture de l'océan Atlantique) et continentaux (trapps du Deccan en Inde) ainsi que des **dépôts de craies** importants (accumulation de test de coccolithophoridés). D'autres roches peuvent servir d'indices climatiques. Leur position vous est indiquée sur la reconstitution paléogéographique ci-dessous.



Upper Cretaceous

Dans les eaux océaniques riches en ions hydrogencarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) et en ions calciques  $\text{Ca}^{2+}$ , on observe la formation de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ). Certains microorganismes réalisent la réaction ci-dessous pour produire leur squelette calcaire.



➤ Donc, production de  $\text{CO}_2$ .

**Au Trias, c'est-à-dire au début de l'ère Secondaire, l'ensemble des terres émergées était rassemblé en une seule masse continentale, un super-continent appelé « Pangée ».** Mus par les forces de la tectonique des plaques, les continents commencent à se séparer au début du Jurassique. Ainsi, on date l'ouverture de l'océan Atlantique à -140 millions d'années environ. A la fin du Crétacé, les continents avaient leur configuration presque actuelle, l'Inde étant encore un vaste continent s'étendant de l'emplacement actuel de l'île de la Réunion jusqu'à l'Asie avec qui elle s'apprêtait à entrer en collision ; l'Afrique était alors séparée de l'Europe par une vaste mer, la Téthys, mais des « ponts continentaux » permettaient le passage d'animaux entre Afrique et Eurasie, notamment via des terrains qui correspondent à l'Italie et à l'Espagne.

➤ Ainsi nous ne sommes pas en phase « orogénique » : surrection de chaînes de montagnes, s'accompagnant d'une forte érosion consommatrice de CO<sub>2</sub>.

En Inde, il est possible d'observer d'immenses empilements de lave basaltique, qui se sont formés au cours de la crise Crétacé-Tertiaire, connus sous le nom de **trapps du Deccan**.

La dimension des trapps du Deccan suggère que la formation de ceux-ci a été un événement volcanique majeur de l'histoire de la Terre. Ainsi, selon Vincent Courtillot, certaines coulées recouvrent plusieurs dizaines de milliers de km<sup>2</sup>, et leur volume dépasse **10 000 km<sup>3</sup>** ; l'épaisseur des coulées est en moyenne comprise entre 10 et 50 mètres, mais certaines atteignent 150 mètres ; dans la partie occidentale de l'Inde, l'épaisseur totale des trapps dépasse 2400 mètres (la moitié de la hauteur du Mont Blanc). A l'origine, l'ensemble devait recouvrir plus de 2 millions de km<sup>2</sup>, et le volume de lave dépasser 2 millions de km<sup>3</sup>. Cet épisode volcanique est donc exceptionnel.

### Composition des gaz volcaniques libérés (en tonne par an)

	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	HCl
Eruptions volcaniques à l'échelle de la planète	<b>180.10<sup>6</sup></b>	7,5 .10 <sup>6</sup>	7,5 .10 <sup>5</sup>

➤ Donc production exceptionnelle de CO<sub>2</sub>.

Au crétacé, les taux de CO<sub>2</sub> sont très élevés, ce qui a entraîné sans aucun doute une accentuation de l'effet de serre et un réchauffement global.

### BILAN :

<i>Des indices de réchauffement</i>	<i>Des indices de refroidissement</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>. Masses continentales fragmentées et séparées avec une bonne circulation océanique circum-équatoriale</li> <li>. Abondance de récifs coralliens, de fossiles d'organismes d'eaux chaudes aux latitudes élevées alors que les zones équatoriales sont désertiques et que les mers et lacs s'assèchent donnant des dépôts évaporitiques (halite, gypse: roches salines)</li> <li>. Des grandes éruptions volcaniques peuvent injecter de grandes quantités de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et favoriser ainsi transitoirement une augmentation de l'effet de serre et un réchauffement provisoire</li> <li>. Une période de faible productivité organique (attestée par une diminution des fossiles ou des accumulations carbonées) peut aussi augmenter la teneur atmosphérique en CO<sub>2</sub> et provoquer un réchauffement à plus ou moins long terme par augmentation de l'effet de serre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Masses continentales regroupées et extension des calottes glaciaires</li> <li>. La genèse de chaînes de montagnes importantes comme l'Himalaya (orogénèse) s'accompagne d'une érosion poussée de la chaîne en surrection; l'érosion consomme une grande quantité de CO<sub>2</sub> dont la baisse de la teneur atmosphérique peut diminuer l'effet de serre et accentuer un refroidissement</li> <li>. De grandes éruptions volcaniques à forte composante explosive injectant dans l'atmosphère des poussières qui peuvent diminuer de façon durable le rayonnement solaire</li> <li>. Une période de forte productivité organique (attestée par la densité des fossiles ou des accumulations carbonées) peut aussi diminuer la teneur atmosphérique en CO<sub>2</sub> et provoquer un refroidissement à plus ou moins long terme par diminution de l'effet de serre</li> </ul>