



	THÈME : LES CLIMATS DE LA TERRE : COMPRENDRE LE PASSÉ POUR AGIR AUJOURD'HUI ET DEMAIN Chapitre : Reconstituer et comprendre les variations climatiques passées	<h1 style="font-size: 2em;">3</h1> Term spé
	Les indices des variations climatiques au cours du Phanérozoïque	

> Objectifs	<input type="checkbox"/> Exploiter la carte géologique du monde pour calculer les vitesses d'extension des dorsales aux périodes considérées. <input type="checkbox"/> Exploiter les équations chimiques associées aux transformations d'origines géologiques pour modéliser les modifications de la concentration en CO ₂ atmosphérique.
--------------------	---

> Compétences et capacités travaillées	 Fragile 1 critère sur 3	 Intermédiaire 2 critères sur 3	 Avancé 3 critères sur 3 (avec aide)	 Expert 3 critères sur 3 (sans aide)
PRATIQUER DES LANGAGES				
6. Communiquer sur ses démarches, ses résultats et ses choix à l'écrit en utilisant un langage rigoureux et des outils pertinents	- La production écrite ne répond pas à la demande : elle ne présente ni démarche et / ou résultats et / ou choix.	- La production écrite répond à la demande : les informations et / ou les connaissances scientifiques sont présentes, le vocabulaire scientifique est correct. - Le langage n'est pas suffisamment rigoureux. - Les outils ne sont pas pertinents.	- La production écrite répond à la demande : les informations et / ou les connaissances scientifiques sont présentes, le vocabulaire scientifique est correct. - Le langage est suffisamment rigoureux. - Les outils ne sont pas pertinents.	- La production écrite répond à la demande : les informations et / ou les connaissances scientifiques sont présentes, le vocabulaire scientifique est correct. - Le langage est suffisamment rigoureux. - Les outils sont pertinents, en adéquation avec le sujet.

Mise en situation : Des méthodes directes comme les peintures rupestres, les pollens ou le $\delta^{18}O$ des glaces permettent de déterminer le climat récent du Quaternaire. Néanmoins, ces indices ne peuvent être utilisés que pour déterminer des climats d'il y a maximum 800 000 ans. Pour remonter plus loin dans le temps, il faut utiliser des méthodes indirectes qui permettent de reconstituer les climats très anciens de l'histoire de la Terre.

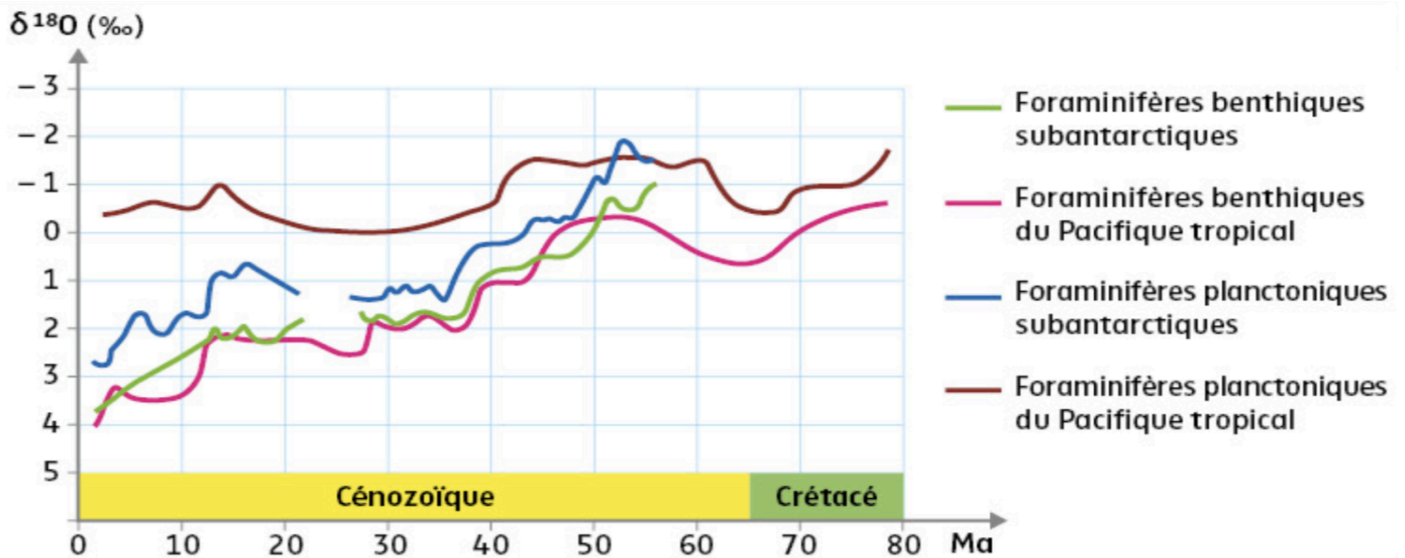
Question scientifique : Comment reconstituer et expliquer les variations climatiques à l'échelle des temps géologiques ?

Consigne : À l'aide de l'ensemble des différents ateliers et de vos connaissances, caractériser et expliquer les variations du climat de la Terre pour les 3 ères géologiques :

- Cénozoïque
- Mésozoïque (on ne travaillera que sur le Crétacé)
- Paléozoïque (on ne travaillera que sur la transition Carbonifère / Permien)

Vous répondrez sous la forme de 3 schémas fonctionnels indiquant l'enchaînement des faits et des mécanismes engendrant le climat pour les 3 ères étudiées.

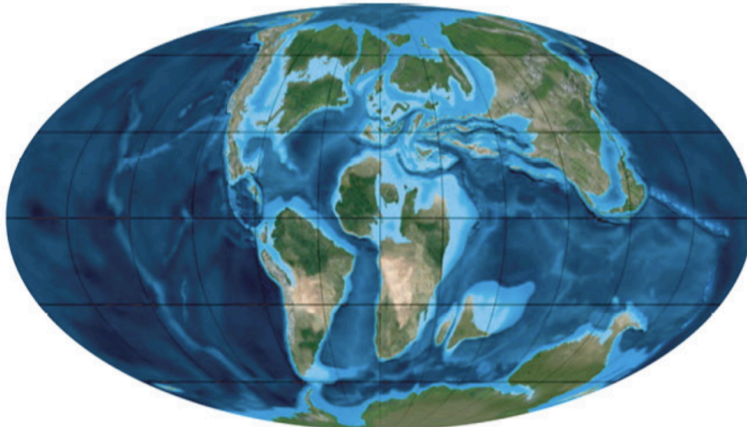
PARTIE 1 : LES INDICES GÉOLOGIQUES SUR LE CLIMAT DU CÉNOZOÏQUE



Les tests de foraminifères ont été obtenus par forages réalisés dans le Pacifique et l'Atlantique. L'évolution de la température de l'océan reflète l'évolution de la température de l'atmosphère.

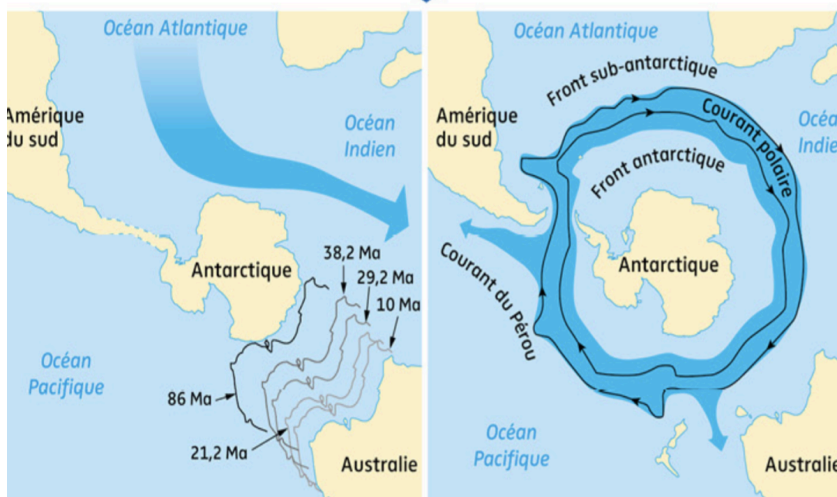
Le $\delta^{18}O$ déterminé à partir des carbonates a une valeur qui évolue en lien avec le volume de glace continentale stocké : plus le volume de glace stocké augmente, plus le $\delta^{18}O$ des carbonates augmente également.

Document 1 : Variation de la valeur de $\delta^{18}O$ calculées à partir des tests de foraminifères benthiques (au fond) et planctoniques (nageant).



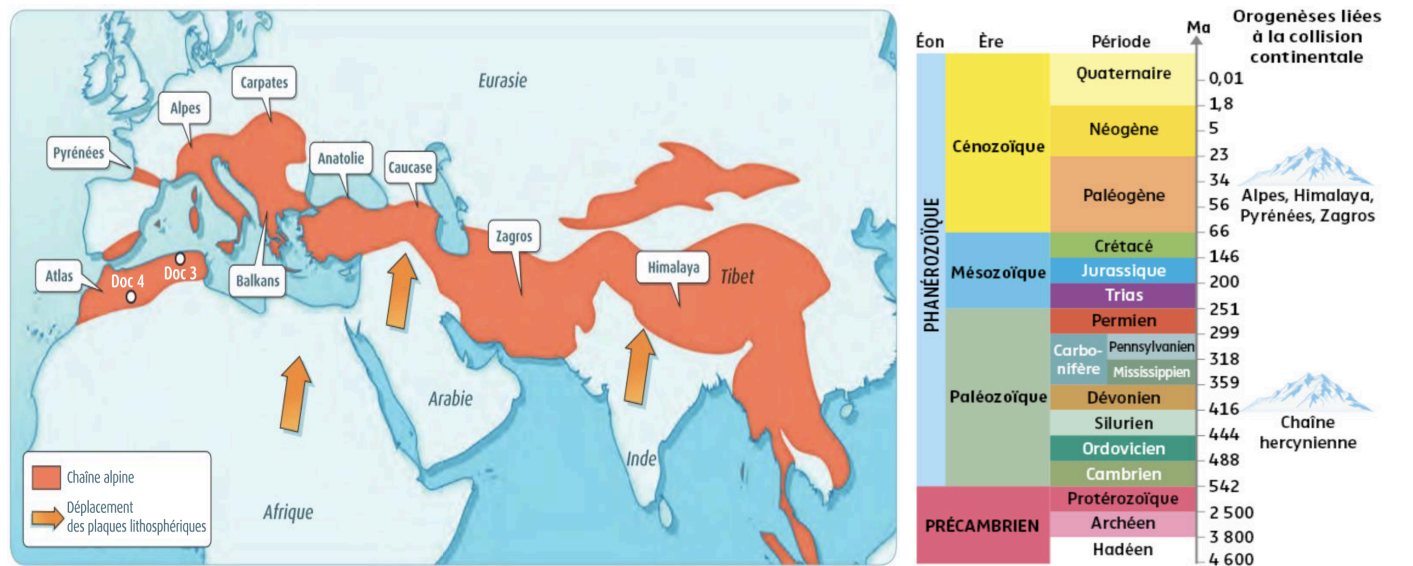
L'emplacement des continents a une influence importante sur la température du globe car il modifie la circulation océanique et atmosphérique qui, à son tour, peut favoriser un réchauffement ou un refroidissement du climat.

Au Cénozoïque, la séparation de l'Australie et de l'Antarctique (ouverture du passage de Drake) a favorisé la mise en place du « courant circumpolaire » à partir du Miocène (23,5 Ma).



Ce courant marin froid ($1^{\circ}C$ même lors de l'été Austral) a favorisé l'installation de la calotte glaciaire sur l'Antarctique.

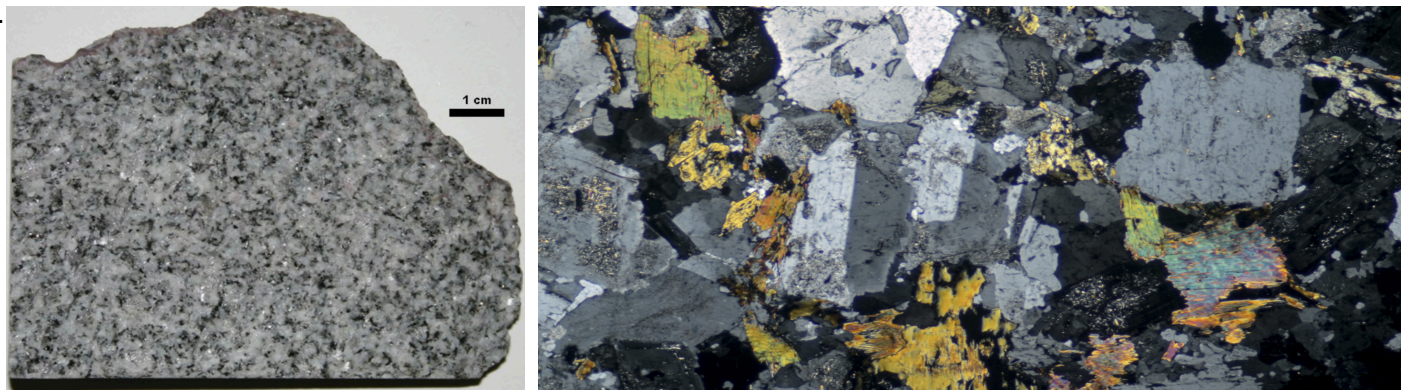
Document 2 : Les conséquences de l'emplacement des continents sur le climat planétaire du Cénozoïque.



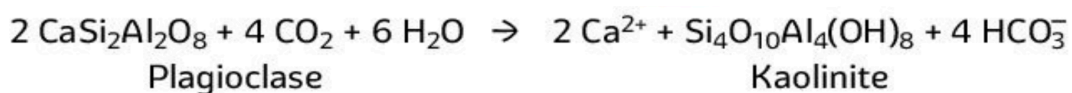
Document 3 : La formation des principales chaînes de montagnes au début du Cénozoïque.

1. À partir du logiciel Tectoglob 3D, réaliser le protocole suivant afin de visualiser et dater les grands évènements géodynamiques du Cénozoïque.

- Ouvrir Tectoglob 3D.
- Faire " Action " puis "Extras" et sélectionner "Distribution passée des continents".
- Choisir le modèle de Scotese et déplacer le curseur de la date pour visualiser la paléogéographie du Cénozoïque aux deux zones étudiées.



Dès leur formation au niveau des chaînes de montagne, les roches comme le granite (photographie à gauche) subissent en surface une altération chimique sous l'effet de l'eau chargée en CO_2 . L'observation au microscope polarisant en LPA d'un granite altéré (à droite) montre la transformation des plagioclases en de nombreux cristaux d'un minéral argileux, la kaolinite :



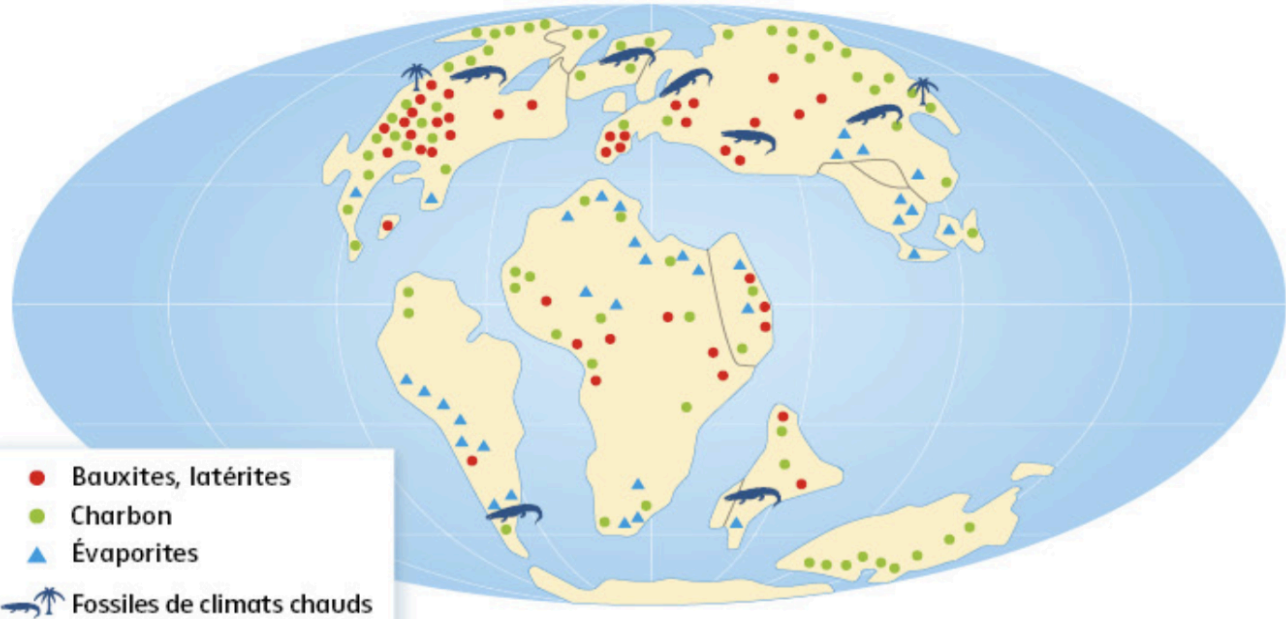
Les ions Ca^{2+} et HCO_3^- ainsi formés passent en solution et sont transportés par les cours d'eau. Lorsque les conditions sont réunies, ils précipitent, le plus souvent grâce à l'action des êtres vivants, et forment des sédiments carbonatés suivant la réaction, dite de précipitation des carbonates :



Document 4 : Altération des roches continentales et libération du CO_2 .



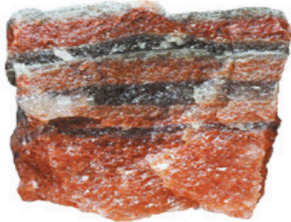
2. Exploiter les équations chimiques des transformations géologiques afin de faire le lien entre altération continentale et concentration en CO_2 atmosphérique.

PARTIE 2 : LES INDICES GÉOLOGIQUES SUR LE CLIMAT DU MÉSOZOÏQUE



Les géologues utilisent des roches sédimentaires mais aussi des fossiles comme indices des climats du passé. Ils arrivent ainsi à reconstituer les zones climatiques à l'échelle du globe, ou paléoceintures climatiques.

Document 5 : Paléoceintures climatiques au Mésozoïque.

	Latérites (ex. : bauxite)	Charbon	Évaporites
			
Mode de formation	Altération continentale par hydrolyse de roches contenant de l'aluminium (ex. : granite).	Accumulation et transformation de végétaux continentaux dans les bassins sédimentaires.	Précipitation des ions en solution.
Aires climatiques de formation	Tropicale humide car nécessite à la fois une température annuelle d'au moins 25 °C, ainsi qu'une forte pluviométrie (> 1 500 mm/an).	Étendues (tempérée froide, tempérée et tropicale) car c'est le rapport entre production primaire et dégradation par respiration/fermentation qui est à prendre en compte.	Aride car l'intense évaporation permet d'augmenter la concentration des ions.

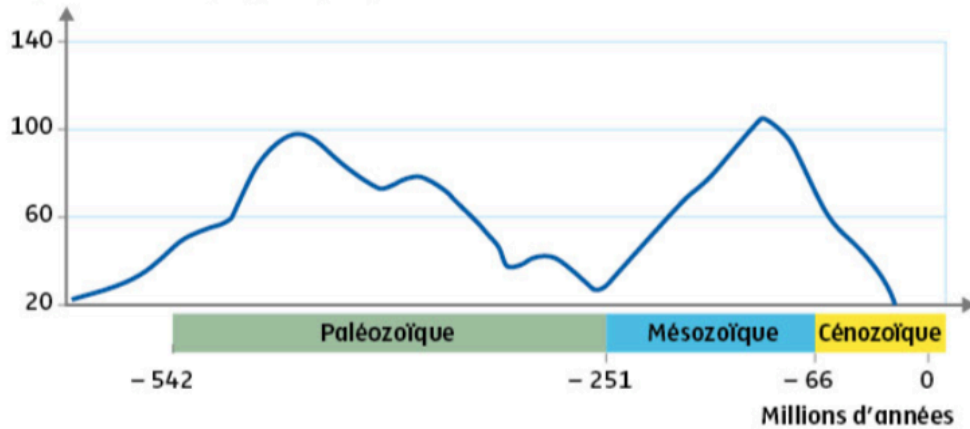
Document 6 : Conditions de formation de quelques roches sédimentaires au Mésozoïque.



Les falaises d'Étretat sont constituées de craie. Il s'agit d'une roche sédimentaire appelée calcaire, formée au Crétacé supérieur. Cette craie est formée de micro-algues marines, les Coccolithophoridés (ex. *Emiliana huxley*) dont les tests (« coquilles ») sont constitués de plaques de carbonate de calcium ou coccolithes. La présence de ces microorganismes planctoniques renseigne sur leurs exigences écologiques : mer chaude, peu profonde, luminosité importante, forte quantité de nutriments.

Document 7 : D'importante quantité de craie formée au Crétacé.

Expansion océanique (en km/Ma)



Au cours des temps géologiques, l'activité globale des dorsales peut varier en fonction de l'état plus ou moins fragmenté des plaques lithosphériques. Or, la production d'une croûte océanique au niveau d'une dorsale s'accompagne d'une activité volcanique émettrice de CO_2 .

Document 8 : Production de lithosphère océanique au cours des temps géologiques.

Au Crétacé, l'ouverture de l'océan Atlantique amorcée dans sa partie nord au Jurassique se poursuit et s'étend au sud. Le Crétacé est donc une période de très forte activité des dorsales océaniques. La production de magma est énorme : plusieurs millions de km^3 de roches magmatiques se mettent en place chaque million d'années.

Document 9 : La formation de pillows-lava par magmatisme de dorsale océanique.

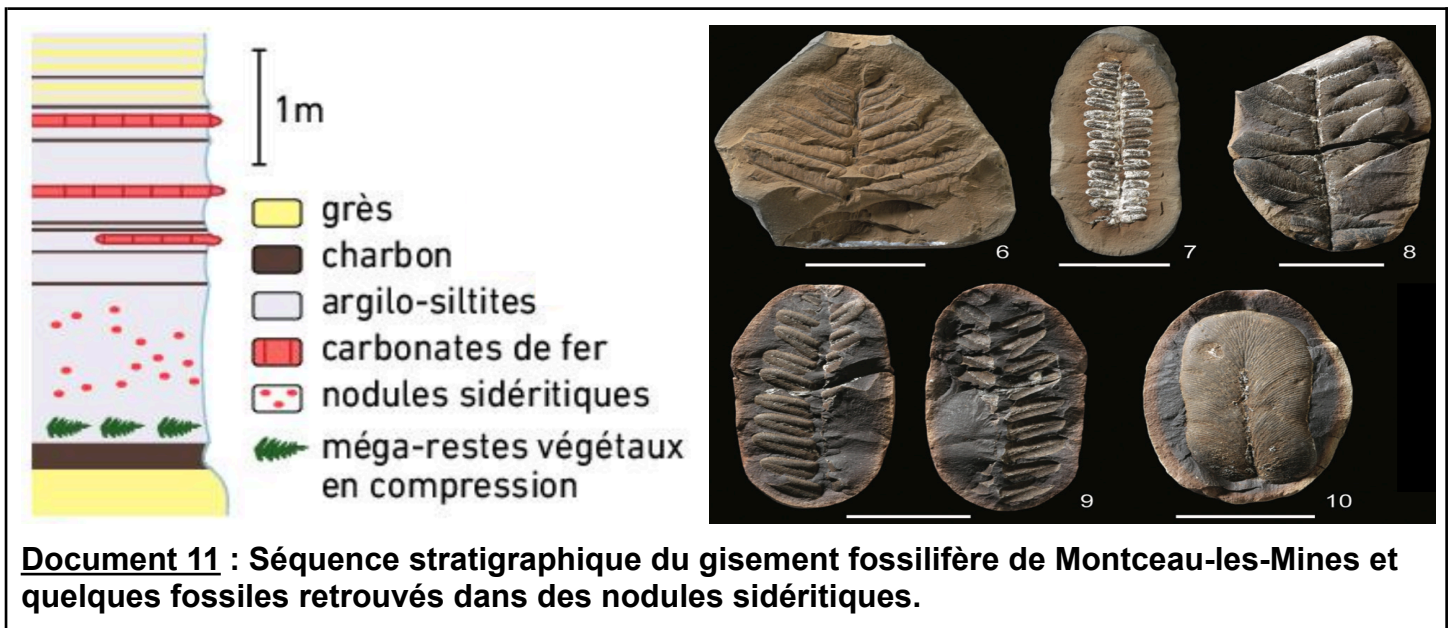
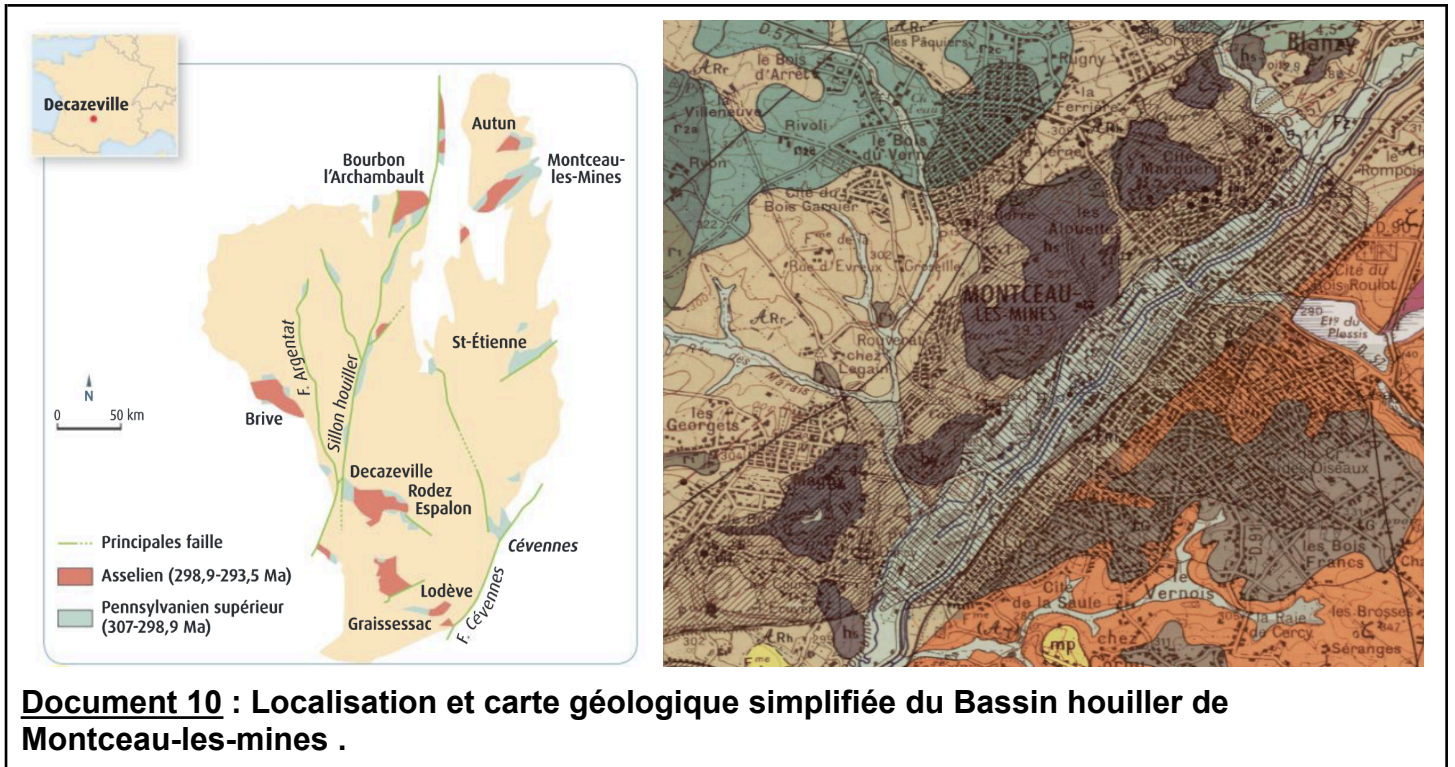


3. À partir du logiciel Tectoglob 3D, réaliser le protocole suivant afin de visualiser la forte activité volcanique au niveau des dorsales au Crétacé.

- Ouvrir Tectoglob 3D.
- Faire "Données affichées" puis "Cartes géologiques" et sélectionner "Âge du plancher océanique".
- À l'aide de l'échelle de l'âge en Ma située en bas de l'écran, repérer les couleurs correspondant au Crétacé et au Jurassique. Se placer dans l'océan Atlantique Nord (Entre l'Amérique du Nord et l'Afrique de l'Ouest).
- Faire "Action" puis "Mesurer une distance".
- Mesurer une longueur perpendiculaire à l'axe de la dorsale en cliquant sur 2 points correspondant aux limites inférieures du Crétacé de part et d'autre de la dorsale.
- Calculer la vitesse d'expansion en cm / an au Crétacé (formule vitesse : $V = D/t$).
- Réaliser 3 mesures à différents endroits de la dorsale et effectuer une moyenne.
- Reproduire le même protocole pour le Jurassique. Les mesures aux deux périodes proposées seront effectuées sur la même zone de la dorsale étudiée.

4. Comparer la vitesse d'expansion au Crétacé et au Jurassique afin de déterminer le lien entre activité volcanique des dorsales océanique et la concentration en CO_2 océanique puis atmosphérique.

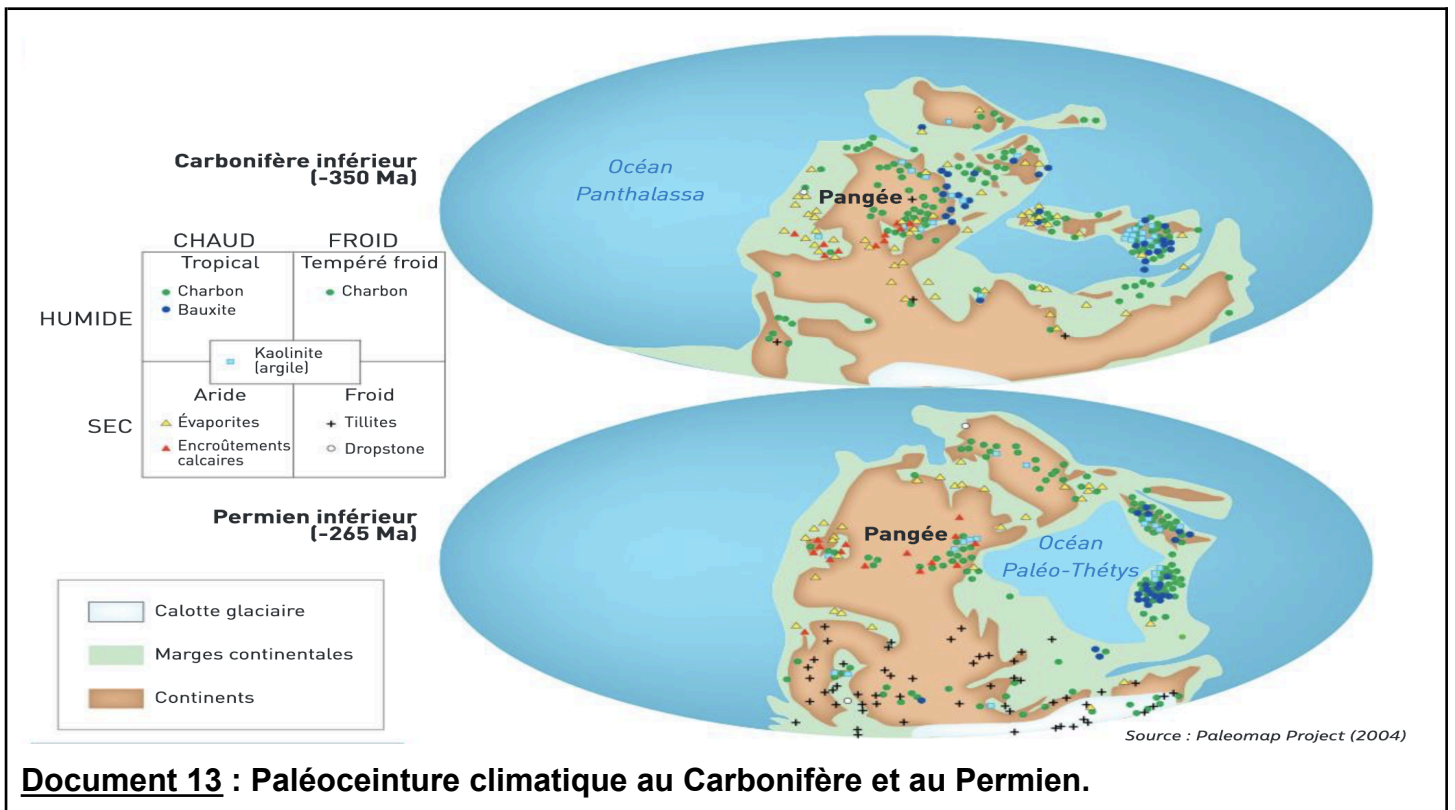
PARTIE 3 : LES INDICES GÉOLOGIQUES SUR LE CLIMAT DU PALÉOZOÏQUE



En Europe, le Carbonifère est connu pour ses gisements de charbon, exploités depuis le XIXème siècle. Le site de Montceau-les-Mines a fait l'objet d'une étude depuis cette époque. La très bonne conservation des fossiles végétaux à l'intérieur de nodules a permis la reconstitution d'un environnement chaud et humide propice au développement d'une forêt dense, peuplée d'espèces aujourd'hui disparues. La forte production de matière végétale et son enfouissement rapide sont à l'origine du charbon, une roche riche en carbone.

Document 12 : Reconstitution de la forêt houillère de Montceau-les-Mines.





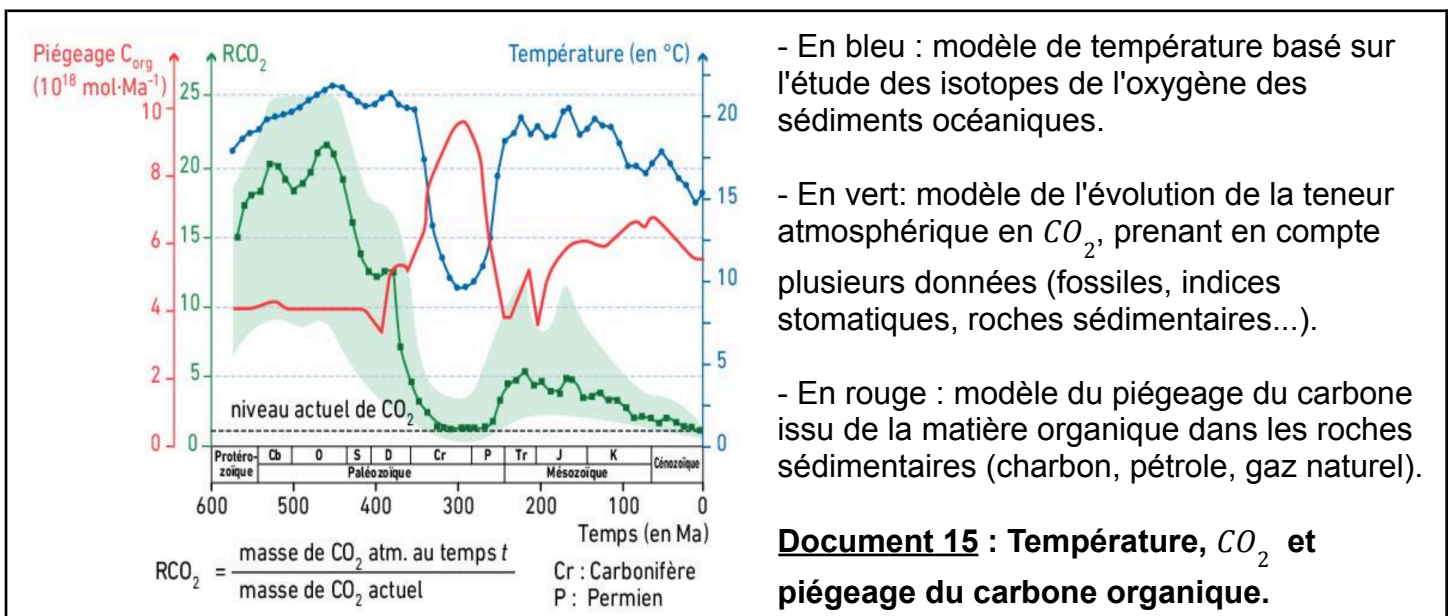
Document 13 : Paléoceinture climatique au Carbonifère et au Permien.



Les tillites sont constituées d'un mélange hétérogène de grains, de cailloux et de blocs souvent anguleux et de natures très différentes. Il s'agit d'anciens dépôts sédimentaires mis en place lors de la fonte de glacier. La formation de Dwyka en Afrique du Sud est datée de la transition Carbonifère / Permien.

Document 14 : Tillites d'Afrique du Sud.

5. À partir du logiciel Tectoglob 3D, visualiser l'évolution de la paléogéographie lors de la transition Carbonifère / Permien et visualiser les 2 grands événements géodynamiques du Paléozoïque.



6. Identifier les mécanismes qui ont pu être à l'origine de la glaciation du Carbonifère / Permien.

