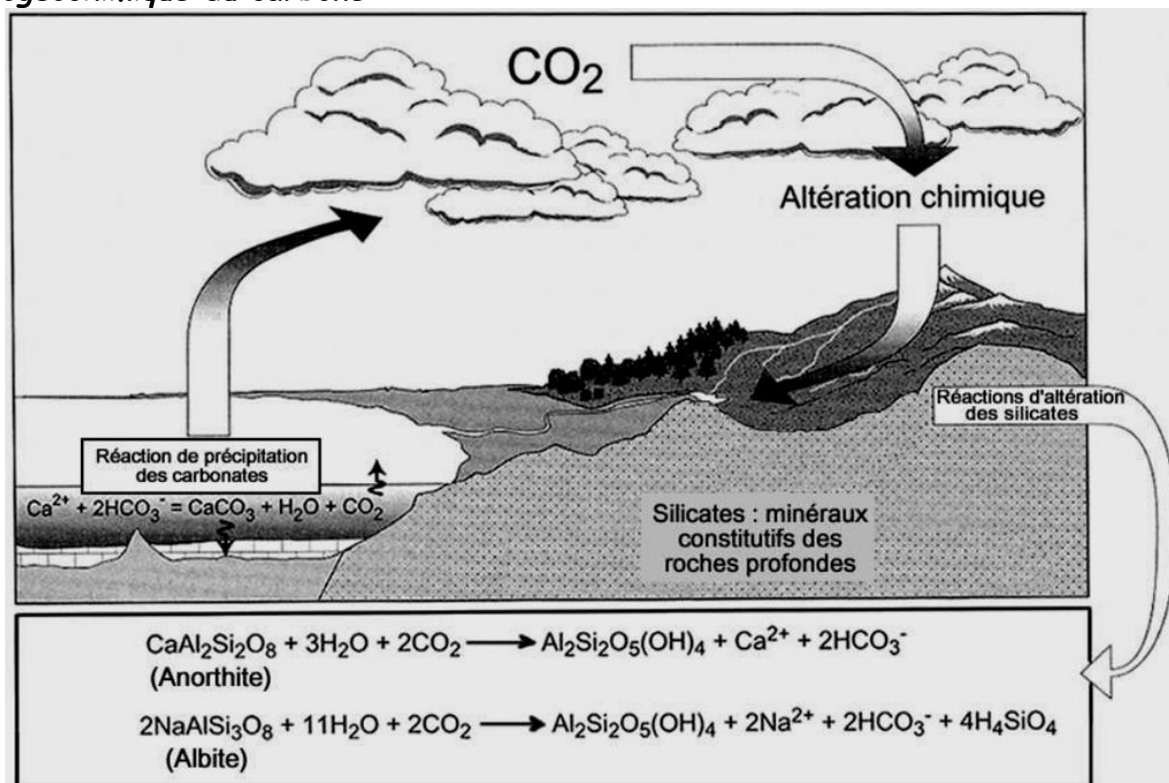


Chapitre 4.1: Reconstituer et comprendre les variations climatiques passées sur de grandes échelles de temps

Mots clés : Bilan radiatif, forçage, boucle de rétroaction, effet de serre, gaz à effet de serre, cycle du carbone, albédo, principe d'actualisme, thermomètre isotopique (dO18), tectonique des plaques, circulation océanique, altération des silicates.

Notions	Activités, exemples
Des indices géochimiques (données isotopiques), paléontologiques (fossiles) et géologiques (roches sédimentaires) permettent de reconstituer des tendances climatiques sur de plus grandes échelles de temps (500 derniers MA). Les variations d'insolation liées aux paramètres astronomiques ne peuvent pas expliquer de telles variations climatiques importantes sur plusieurs dizaines de millions d'années. D'autres forçages ont dû jouer un rôle majeur : Modifications de l'intensité de l'effet de serre liées à des phénomènes consommateurs de CO₂ (piégeage de la matière organique, altération des grandes chaînes de montagne) ou libérateurs de CO₂ (volcanisme intense) 1. L'étude de certaines formations sédimentaires, des isotopes de l'oxygène des sédiments océaniques, des méthodes indirectes d'estimations de la teneur atmosphérique en CO₂ permettent de reconstituer des climats très anciens. a. Certaines roches sédimentaires et leurs fossiles témoignent du climat local au moment de leur formation : Ce sont des indicateurs climatiques que l'on peut exploiter en appliquant le principe de l'actualisme. - Bauxite et latérites, roches résultant d'une altération poussée en climat chaud et humide, témoignent d'un climat tropical - Les évaporites sont des roches indicatrices d'un climat chaud et aride - Les tilites témoignent de dépôts glaciaires caractéristiques d'un climat froid - L'étude de la répartition mondiale de ces indicateurs permet de reconstituer les grandes aires climatiques (tropicale, tempérée et polaire) et d'étudier les variations de leur extension latitudinale au cours des temps géologiques. b. Le thermomètre isotopique de la glace indique les variations de la température terrestre jusqu'à -800 000 ans, âge des plus vieilles glaces. Au-delà, on utilise le thermomètre isotopique benthique (isotopes contenus dans les sédiments). c. Concernant la teneur en CO₂ atmosphérique, différentes méthodes peuvent être combinées afin d'obtenir une estimation indirecte - L'abondance des stomates à la surface des feuilles fossiles est inversement proportionnelle à la quantité de CO₂ à l'époque - L'étude des roches détritiques et sédimentaires nous renseigne sur l'importance de l'altération chimique des roches continentales (processus qui consomme du CO₂ et donc réduit l'effet de serre)	

Schéma 2 : Processus d'altération des silicates et conséquence sur le cycle biogéochimique du carbone



L'anorthite et l'albite sont deux minéraux silicatés de la maille des feldspaths, très abondants au niveau de la croûte continentale

- La reconstitution des vitesses d'expansion des fonds océaniques permet d'estimer les quantités de CO₂ libérés par l'activité magmatique des dorsales (plus les dorsales sont actives, plus la quantité de CO₂ produite est importante)

2. Au Cénozoïque (de -65 MA à l'actuel) de nombreux indices révèlent un refroidissement global progressif depuis -30 MA aboutissant aux glaciations du quaternaire.

L'altération chimique de grandes chaînes de montagne piégeant le CO₂ (Alpes, Himalaya) et des modifications de circulations océaniques liées à la tectonique des plaques seraient en grande partie responsables de ce refroidissement.

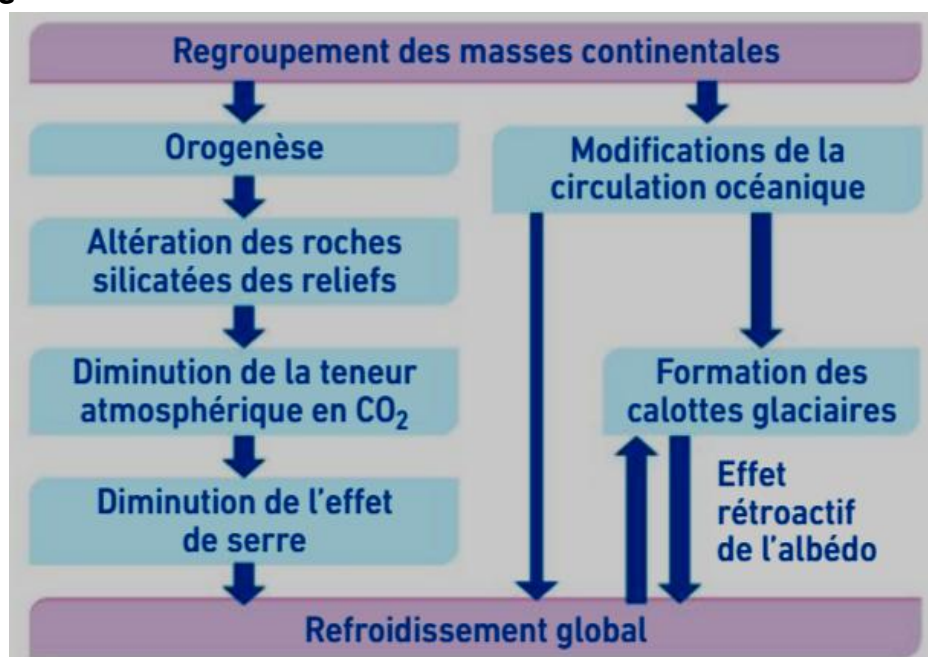
a. Lien entre tectonique des plaques et cycle géochimique du carbone :

- Les orogénèses provoquées par la réunion de blocs continentaux ont donné naissance à des chaînes de montagne (Alpes, Himalaya)
- L'altération chimique des minéraux qui accompagne l'érosion des chaînes de montagnes se traduit par une diminution de la teneur atmosphérique en CO₂ (voir schéma 2 : la réaction d'altération consomme 2 CO₂, tandis que la formation des sédiments carbonatés ne libère que 1 CO₂)
- Ainsi la diminution du CO₂ atmosphérique, donc de l'effet de serre expliquerait le refroidissement.

b. Lien entre tectonique des plaques et modification des circulations océaniques :

- La fermeture d'un vaste domaine océanique centré sur l'équateur aurait provoqué la disparition d'un courant intertropical faisant le tour du globe et favorisant un climat globalement chaud
- L'isolement du continent Antarctique aurait permis l'installation d'un courant froid circumpolaire (autour de l'Antarctique) favorisant la formation d'une calotte polaire au Sud à partir de - 30 MA (donc augmentation de l'albédo, donc refroidissement accentué)
- L'installation de la circulation thermohaline (courants de direction Nord-Sud) aurait accentué des différences de température selon la latitude, favorable à l'installation d'un refroidissement global.

Schéma 3 : Mécanismes susceptibles d'expliquer le refroidissement au cours du Cénozoïque



3. Au Mésozoïque (-251 à -65 MA) de nombreux indices révèlent que le Crétacé était une période très chaude de l'histoire de la Terre

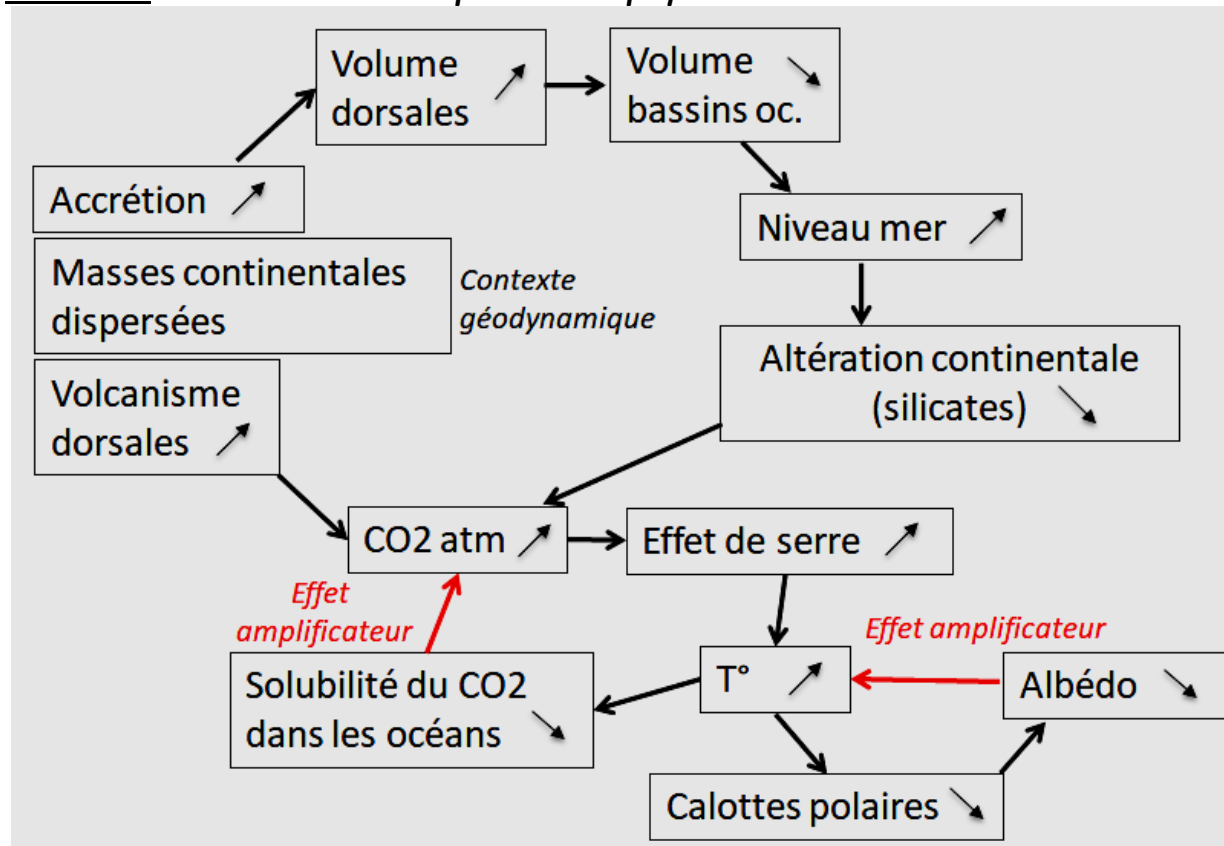
a. Les indices géologiques permettant la reconstitution de paléo-ceintures climatiques durant cette période montrent l'absence de dépôt glaciaires (donc pas de calottes polaires) et le développement de climats chauds à des latitudes élevées (Exemple : bauxite, témoin un climat tropical en Provence)

b. Les méthodes indirectes révèlent à cette période des taux élevés de CO₂ atmosphérique ayant entraîné un effet de serre important

- Cette augmentation de la teneur atmosphérique en CO₂ résulte d'une augmentation de l'activité des dorsales, dont le volcanisme libère du CO₂

- En effet, cette période se caractérise par une dispersion des masses continentales avec un taux d'expansion océanique particulièrement élevé.

Schéma 4 : Mécanismes susceptibles d'expliquer le climat chaud au Crétacé



4. Au Paléozoïque (-541 à 252 MA), de nombreux indices révèlent une glaciation de grande ampleur au Carbonifère-Permien.

a. Au Carbonifère, la répartition des dépôts glaciaires aux basses latitudes révèle une extension particulièrement grande de la calotte polaire (jusqu'à 30° de latitude c'est-à-dire les tropiques)

b. Les méthodes indirectes révèlent à cette période des taux faibles de CO₂ atmosphérique ayant entraîné un effet de serre peu intense donc un climat froid. Plusieurs phénomènes sont susceptibles d'expliquer la diminution du taux de CO₂ atmosphérique :

- Altération d'une de la chaîne Hercynienne (vaste chaîne de montagne située à proximité de l'équateur) favorisant le piégeage du CO₂
- Fossilisation de grandes quantités de matière organique par enfouissement de matière végétale (formation de charbon), évitant ainsi le retour à l'atmosphère du CO₂ causé par la décomposition de la matière organique.

Schéma 5 : Mécanismes susceptibles d'expliquer le climat froid au Carbonifère

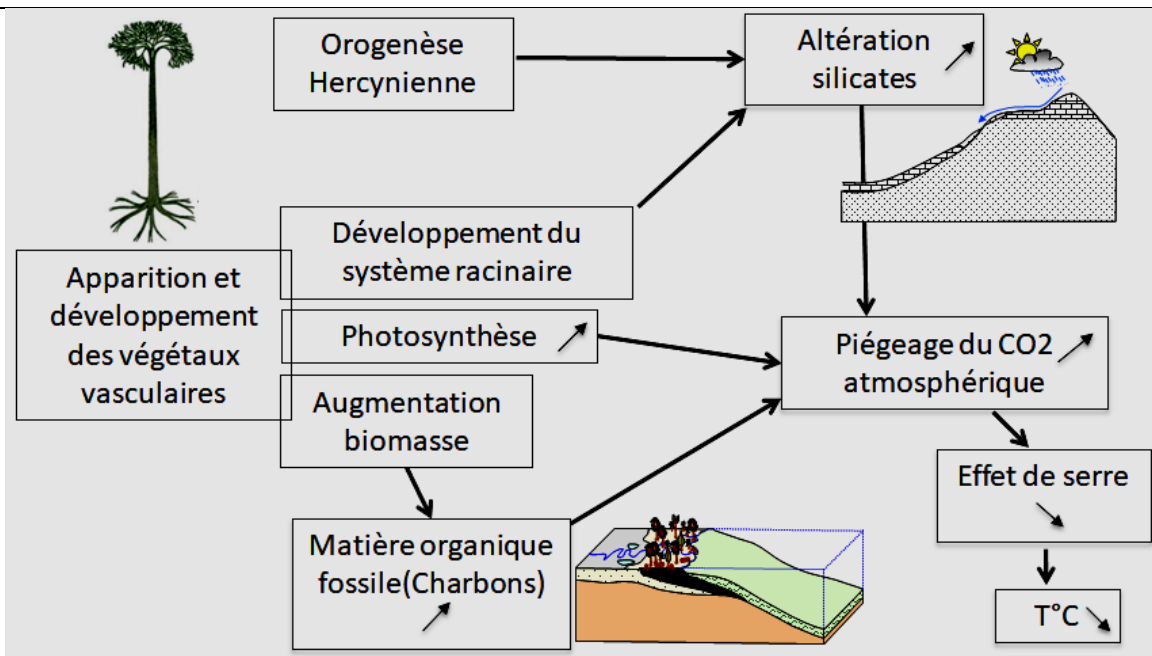


Schéma 6 : Mécanismes susceptibles d'expliquer le climat froid au Permien

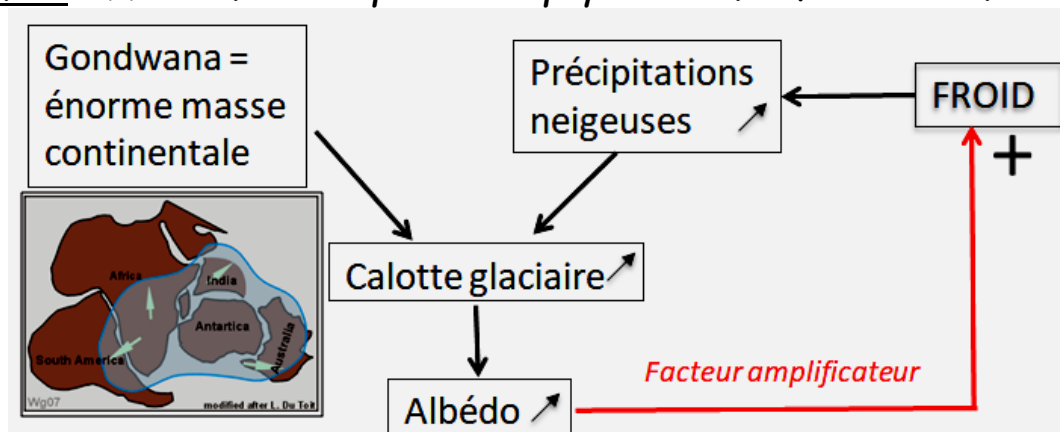


Schéma Bilan : Mécanismes susceptibles d'expliquer les variations climatiques à l'échelle globale

