Corrigé et barème – Climats anciens : Cénozoïque, Crétacé et glaciation permo-carbonifère

Climats anciens à l'échelle des millions d'années : amplitude et causes (bilan des sources et des puits de CO_2, position des continents), Crétacé chaud et activité des dorsales (isochrones et vitesses d'expansion, niveau marin), refroidissement du Cénozoïque ($\delta^{18}O$ benthique, altération des reliefs du Tertiaire, circulation océanique), glaciation du Carbonifère-Permien reconstituée par les tillites et les paléolatitudes, et ses causes (altération de la chaîne hercynienne, enfouissement de matière organique).

Durée : 120 min – Calculatrice interdite – Sur 20 points · Spe-svt Terminale

Exercice 1 – Mobiliser ses connaissances : le Crétacé chaud ★★ *(6 pts)*

a) **Indices** : fossiles de végétaux et de reptiles à hautes latitudes, forêt pluviale près de 82° S en Antarctique vers -90 Ma, absence de tillites, eaux profondes tièdes, eaux tropicales vers 33-35 °C. **Cause** : CO_2 plusieurs fois supérieur à la valeur préindustrielle. **Origine** : dislocation de la Pangée, expansion océanique rapide (dorsales longues et actives, mesurées par l'écart entre isochrones sur la carte géologique du monde) ; la fusion partielle du manteau libère du CO_2 ; grandes provinces magmatiques (Ontong Java vers -120 Ma). Sources $>$ puits $\rightarrow$ CO_2 en hausse $\rightarrow$ effet de serre renforcé $\rightarrow$ climat chaud. **Nuance** : l'altération, accélérée par la chaleur, freine la hausse sans l'annuler. Schéma : dorsales rapides $\rightarrow$ dégazage $\uparrow \rightarrow CO_2 \uparrow \rightarrow$ effet de serre $\uparrow \rightarrow$ réchauffement, avec la flèche de rétroaction négative de l'altération. (3)

b) **Deux causes** : l'absence de calottes (la fonte des glaces actuelles n'élèverait la mer que d'environ 65 m) et surtout le **volume des dorsales** jeunes et chaudes, moins denses, qui réduit la capacité des bassins : l'eau envahit les continents (plus d'une centaine de mètres au-dessus de l'actuel). Le même moteur, l'activité des dorsales, élève le CO_2 et le niveau marin. **Roches** : craie des mers qui recouvrent le Bassin parisien ; absence de tillites ; bauxites et latérites des continents chauds et humides ; évaporites des ceintures subtropicales. (3)

Piège — Expliquer la mer haute du Crétacé par la seule fonte des glaces : elle n'en explique qu'une petite partie.

Exercice 2 – Le refroidissement du Cénozoïque ★★ *(6 pts)*

a) Le $\delta^{18}O$ benthique augmente de 0,0 à 3,2 ‰ : eaux profondes plus froides et/ou glaces plus étendues, donc **refroidissement par paliers** depuis l'optimum de l'Éocène. Entre -35 et -33 Ma, le saut vaut $2{,}6 - 1{,}4 = 1{,}2$ ‰ en 2 Ma, très rapide : c'est l'installation de la calotte antarctique. Part due à la température : $1{,}2 - 0{,}7 = 0{,}5$ ‰, soit $0{,}5 \div 0{,}25 = \mathbf{2\ ^\circ C}$ de refroidissement des eaux profondes ; le reste traduit le volume des glaces. (1,5)

b) La collision Inde-Asie forme l'Himalaya et le Tibet : érosion mécanique, roches fraîches exposées, mousson renforcée → **altération des silicates** accrue ; le calcium gagne l'océan où précipitent des carbonates : $\mathbf{CaSiO_3 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + SiO_2}$. Le puits augmente, le CO_2 baisse, l'effet de serre s'affaiblit. La hausse du $^{87}Sr/^{86}Sr$, qui suit la collision, témoigne d'une altération continentale plus intense. **Limite** : une partie du ^{87}Sr vient de carbonates, dont l'altération ne piège pas de CO_2 ; l'indice peut surestimer l'altération des silicates. (1,5)

c) Le passage de Tasmanie s'ouvre vers -34 Ma, en même temps que la calotte : le courant circumpolaire qui en résulte isole thermiquement l'Antarctique, mais la coïncidence ne prouve pas la cause. Le passage de Drake s'ouvre vers -30 Ma, **après** l'installation de la calotte : il n'a pas pu la déclencher, seulement renforcer l'isolement. La baisse du CO_2 jusqu'à un seuil est le facteur principal d'après les modèles ; la circulation océanique et l'albédo de la calotte amplifient. (1,5)

d) Altération des reliefs et ouverture des passages agissent sur des **millions d'années**, des dizaines de fois la durée d'un cycle de 100 000 ans. Ces causes expliquent la tendance au refroidissement qui rend possibles les glaciations ; le rythme de 100 000 ans relève des paramètres orbitaux amplifiés par des rétroactions. (1,5)

Méthode — Une cause doit précéder son effet : vérifier les dates avant de conclure.

Exercice 3 – La glaciation du Carbonifère-Permien ★★★ *(8 pts)*

a) La tillite la plus éloignée du pôle est en Australie, à 44° S : la calotte atteignait au moins $90 - 44 = 46^\circ$ de latitude du pôle, soit $46 \times 111 = \mathbf{5\ 106\ km}$. Le site à 26° S, sans dépôt glaciaire, montre que les glaces s'arrêtaient avant cette latitude : limite entre 44° S et 26° S. Ces régions, dispersées aujourd'hui, formaient le sud du Gondwana autour du pôle Sud : une même calotte. (2)

b) **Pôle** : tillites (calotte). **Subtropiques** : gypse et grès éoliens à 26° S → évaporation forte, vents, climat aride, comme sous les déserts tropicaux actuels. **Équateur** : à Montceau, charbon et flore luxuriante de marécage → climat chaud et humide, comme les forêts équatoriales actuelles ; la paléolatitude équatoriale converge avec la flore. Piège : à sa latitude actuelle ($46{,}7^\circ$ N), on attendrait un climat tempéré. (2)

c) $1\ 600 \div 400 = \mathbf{4}$: le CO_2 est divisé par 4. Deux puits : **altération** intense des silicates de la chaîne hercynienne équatoriale (reliefs, chaleur, pluie ; bilan $CaSiO_3 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + SiO_2$) et **enfouissement** de la matière organique des forêts marécageuses, riche en lignine, qui échappe à la décomposition et devient du charbon (photosynthèse : $6\ CO_2 + 6\ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$). Le Gondwana polaire porte la calotte ; son albédo renforce le froid. (2)

d) $1\ 000 \div 400 = \mathbf{2{,}5}$: le CO_2 est multiplié par 2,5. La chaîne hercynienne s'arase (moins de relief, moins d'altération), l'intérieur de la Pangée devient aride (moins d'eau, moins de marécages et de charbon) : les puits faiblissent alors que le dégazage volcanique continue. Le CO_2 remonte, l'effet de serre se renforce, la glaciation prend fin. (2)

Piège — Interpréter une tillite ou un charbon à leur latitude actuelle au lieu de leur paléolatitude.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).