Corrigé et barème – Climats passés : les indices et le thermomètre isotopique

Indices et archives des climats passés lus par l'actualisme (roches, moraines, paléolatitude), thermomètre isotopique ($\delta^{18}O$ des glaces et des carbonates marins), carottes de glace et âge de l'air, pollens, faune et mégafaune des peintures rupestres, datation des archives, convergence et discordances des indices sur le dernier maximum glaciaire et l'Holocène.

Durée : 120 min – Calculatrice interdite – Sur 20 points · Spécialité SVT Terminale

Exercice 1 – Mobiliser ses connaissances ★★ *(6 pts)*

a) Définition : $\delta^{18}O = (R_{éch} \div R_{réf} - 1) \times 1\,000$, en ‰, avec $R = {}^{18}O/{}^{16}O$. **Fractionnement** : $H_2{}^{16}O$ s'évapore plus facilement, $H_2{}^{18}O$ se condense en premier ; en allant vers les pôles, la vapeur perd son ^{18}O à chaque précipitation, d'autant plus que l'air est froid. **Glace** : $\delta^{18}O$ bas = froid ; relation à peu près linéaire ($\approx 0{,}7$ ‰ par °C au Groenland ; $\delta D \approx 6$ ‰ par °C en Antarctique) : thermomètre de la température locale. **Foraminifères** : en période glaciaire, l'eau riche en ^{16}O est stockée dans les calottes, l'océan s'enrichit en ^{18}O ; la calcite formée en eau froide en incorpore aussi davantage : $\delta^{18}O$ élevé = glaciaire, reflet surtout du volume des glaces. **Miroir** : c'est la même eau, partagée entre calottes et océan. Schéma : océan → évaporation (vapeur appauvrie) → précipitations successives → neige polaire très appauvrie → calottes ; océan enrichi en ^{18}O. (3)

b) **Comptage de couches annuelles** : glace (alternances saisonnières de poussières, de $\delta^{18}O$, d'acidité), varves des lacs ; âge absolu, moins précis en profondeur (couches amincies). **Carbone 14** ($T = 5\,730$ ans) : bois, tourbe, pollens, tests de foraminifères ; jusqu'à environ 50 000 ans, sensible aux contaminations près de cette limite. **Marqueurs** : cendres et pics de sulfates d'une éruption datée, inversions du champ magnétique dans les sédiments marins ; ils synchronisent des archives éloignées. **Vitesse de sédimentation** et interpolation entre repères : supposent une vitesse constante, risquées hors des repères. Les méthodes se contrôlent mutuellement. (3)

Piège — Lire une hausse du $\delta^{18}O$ des foraminifères comme un réchauffement : c'est l'inverse de la glace.

Exercice 2 – Températures antarctiques et âge de l'air ★★ *(6 pts)*

a) Niveau profond : -451 ‰ < -399 ‰. La vapeur perd ses molécules lourdes à chaque condensation sur le trajet vers le pôle ; plus l'air est froid, plus la condensation est poussée et plus la neige est appauvrie. Le niveau profond, plus appauvri, s'est formé sous un air plus froid : **période glaciaire**. (1,5)

b) Écart : $451 - 399 = 52$ ‰ ; $\Delta T = 52 \div 6{,}5 = \mathbf{8\ °C}$ de moins dans le niveau profond (température locale, au-dessus de l'Antarctique). (1,5)

c) L'air n'est piégé qu'à la base du névé, où il circule encore : il est plus jeune que la glace qui l'entoure. Âge de l'air : $27\,300 - 3\,600 = \mathbf{23\,700\ ans}$. Pour comparer CO_2 et température à une même date, on associe cet air à la glace de 23 700 ans, située plus haut. (1,5)

d) Le pic signale une grande éruption volcanique. Si elle est datée par ailleurs (archives historiques, cendres datées, comptage dans une autre carotte), ce niveau reçoit un âge ; reconnue dans d'autres archives (autre carotte, sédiment lacustre), elle devient un **repère de même âge** qui les synchronise. (1,5)

Méthode — Âge de l'air = âge de la glace − décalage : on retire, on n'ajoute pas.

Exercice 3 – Du dernier maximum glaciaire à l'Holocène ★★★ *(8 pts)*

a) A : herbacées steppiques $24 + 23 = \mathbf{47\ \%}$, thermophiles **6 %** ; B : herbacées $3 + 10 = \mathbf{13\ \%}$, thermophiles **69 %**. Par actualisme : A = steppe avec pins et bouleaux épars (le pin, surreprésenté, n'indique pas une pinède) → climat froid et sec ; B = chênaie mixte → climat tempéré, doux et humide. (2)

b) 18 000 ans : $\delta^{18}O$ maximal (4,96 ‰) → niveau glaciaire. Causes : le ^{16}O, qui s'évapore plus facilement, est stocké dans les calottes, l'océan s'enrichit en ^{18}O ; la calcite formée en eau plus froide incorpore davantage de ^{18}O. Baisse : $1{,}2 \div 0{,}1 = 12$; $12 \times 10 = \mathbf{120\ m}$. Le niveau de 124 000 ans ($3{,}12\ ‰ < 3{,}28\ ‰$) est un interglaciaire à calottes un peu plus réduites qu'aujourd'hui. (2)

c) $2{,}58\ m = 2\,580\ mm$; $2\,580 \div 0{,}3 = \mathbf{8\,600\ ans}$: l'âge est confirmé. Hypothèses : vitesse constante, surface d'âge nul, tassement négligé ; or l'accumulation de tourbe dépend du climat et de la végétation : il faut une datation indépendante (carbone 14 sur la tourbe, sous 50 000 ans). (2)

d) Convergence : à 18 000 ans, océan enrichi en ^{18}O et mer 120 m plus bas (calottes étendues) ; à 12 900 ans, steppe froide en Europe ; à 8 600 ans, chênaie tempérée, et aujourd'hui $\delta^{18}O$ bas (calottes réduites) : des archives indépendantes (sédiment marin, tourbière) décrivent la même évolution, d'un climat glaciaire au réchauffement de l'Holocène (depuis 11 700 ans). Retard : les arbres thermophiles doivent recoloniser la région depuis leurs zones refuges, croître et former des sols : la végétation répond au climat avec retard, et le pollen date l'arrivée de la forêt, pas celle du climat doux. (2)

Piège — Prendre un fort pourcentage de pin pour une pinède : son pollen voyage loin.

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).