Corrigé et barème – Climats du Quaternaire : glaciations et paramètres orbitaux

Glaciations du Quaternaire et dernier maximum glaciaire, période et amplitude des cycles glaciaires-interglaciaires, paramètres orbitaux de Milankovitch et insolation d'été aux hautes latitudes de l'hémisphère Nord, rétroactions de l'albédo, du CO_2 océanique et de la vapeur d'eau, entrées et sorties de glaciation.

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

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

a) **Excentricité** : forme de l'orbite, de presque 0 à environ 0,06 (0,0167 aujourd'hui), périodes $\approx$ 100 000 et 405 000 ans ; elle change peu l'énergie annuelle (moins de 0,2 %) mais fixe l'écart de distance entre périhélie, $a(1-e)$, et aphélie, $a(1+e)$. **Obliquité** : angle entre l'axe de rotation et la perpendiculaire au plan de l'orbite, de 22,1° à 24,5° (23,4° aujourd'hui), période $\approx$ 41 000 ans ; faible, elle réduit l'insolation d'été des hautes latitudes. **Précession climatique** : saison du passage au périhélie, période $\approx$ 19 000 à 23 000 ans ; un été boréal à l'aphélie est plus frais, d'autant plus que l'excentricité est forte. Conclusion : obliquité faible + excentricité forte + été boréal à l'aphélie = étés frais vers 65° N, la neige persiste, une glaciation s'amorce. (3)

b) **Rétroaction** : réponse du système climatique, provoquée par la variation de température, qui l'amplifie (positive) ou l'atténue (négative) ; elle dépend du climat, contrairement au forçage. **Albédo** : la neige fraîche réfléchit 80 à 90 % du rayonnement, l'océan libre environ 6 % ; neige persistante $\rightarrow$ albédo accru $\rightarrow$ moins d'énergie absorbée $\rightarrow$ refroidissement $\rightarrow$ plus de neige (schéma en boucle fermée, flèches et signes). Elle est forte dans l'hémisphère Nord, dont les continents de hautes latitudes portent les calottes. **Solubilité** : une eau froide dissout davantage de CO_2 ; l'océan refroidi en retire de l'atmosphère $\rightarrow$ effet de serre réduit $\rightarrow$ refroidissement renforcé. Ces deux rétroactions positives transforment un faible signal orbital en refroidissement planétaire. (3)

Piège — Écrire que la Terre se refroidit parce qu'elle est plus loin du Soleil : c'est l'insolation d'été vers 65° N qui compte.

Exercice 2 – Configurations orbitales et entrée en glaciation ★★ *(6 pts)*

a) **B** : obliquité la plus faible (étés des hautes latitudes moins ensoleillés), excentricité la plus forte et été boréal à l'aphélie, au plus loin du Soleil. Les trois conditions réunies donnent des étés frais vers 65° N : la neige de l'hiver persiste. (1,5)

b) Excentricité de 0,004 : orbite presque circulaire ; les distances au périhélie, $a(1-e)$, et à l'aphélie, $a(1+e)$, sont presque égales. Que l'été ait lieu à l'aphélie ou au périhélie change donc très peu l'insolation : la précession n'a presque aucun effet. (1,5)

c) A cumule la plus forte obliquité et un été boréal au périhélie sur une orbite allongée : les étés vers 65° N sont très ensoleillés, la neige de l'hiver fond entièrement, aucune calotte ne peut s'installer. (1,5)

d) En hiver, il fait de toute façon assez froid aux hautes latitudes pour qu'il neige ; c'est la fonte estivale qui décide si la neige persiste d'une année à l'autre, s'accumule et se transforme en glace. (1,5)

Méthode — Pour chaque configuration, se demander si les étés vers 65° N sont frais : obliquité, excentricité, saison à l'aphélie.

Exercice 3 – Le rythme et le moteur des glaciations ★★★ *(8 pts)*

a) 4 maxima, 3 intervalles : $(345 - 19) \div 3 = 326 \div 3 \approx$ **109 milliers d'années**, soit environ 100 000 ans : **excentricité**. Avec l'obliquité (41 000 ans), on compterait sur la même durée environ $326 \div 41 \approx 8$ intervalles, et non 3 : ce n'est pas elle. (2)

b) Insolation d'été : de 436 à 545 $\mathrm{W \cdot m^{-2}}$, soit 109 $\mathrm{W \cdot m^{-2}}$ de plus, **25 %** ($109 \div 436 = 0{,}25$). Énergie annuelle : **0,1 %** seulement. La répartition change beaucoup, le total presque pas. Une Terre « plus éloignée du Soleil » recevrait moins d'énergie sur l'année : ce n'est pas le cas (0,1 %). Ce qui change, c'est la répartition de l'énergie entre saisons et latitudes : un été boréal à l'aphélie, sur une orbite allongée, est plus frais alors que l'été austral, au périhélie, est plus ensoleillé. Ce sont les étés frais vers 65° N qui laissent la neige persister (entrée en glaciation). (2)

c) Une calotte ne grandit que par accumulation de neige, limitée par les chutes de neige, année après année : la construction est lente. La fonte, elle, s'emballe : la glace qui recule découvre des surfaces sombres (albédo en baisse), l'océan qui se réchauffe dégaze du CO_2, l'air plus chaud contient plus de vapeur d'eau ; ces **rétroactions positives** accélèrent le réchauffement, d'où une terminaison rapide. (2)

d) L'hémisphère Nord porte environ les deux tiers des terres émergées, dont de vastes continents de hautes latitudes (Canada, Scandinavie, Sibérie) où la neige peut persister et former des calottes ; entre 45° S et 65° S, il n'y a presque que de l'océan, et l'Antarctique est déjà englacé. Le faible forçage orbital, régional, est amplifié puis généralisé : les calottes du Nord augmentent l'albédo ; l'océan refroidi dissout plus de CO_2, gaz réparti dans toute l'atmosphère, si bien que l'effet de serre baisse partout ; l'air froid contient moins de vapeur d'eau ; ces rétroactions étendent le refroidissement à toute la planète, jusqu'à environ 6 °C au dernier maximum glaciaire. (2)

Piège — Diviser par le nombre de maxima (4) au lieu du nombre d'intervalles (3).

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).