



SPÉ SVT · TERMINALE

✓ EXIGIBLE AU BAC

PRIORITÉ P1

Reconstitution des climats passés

indicateurs climatiques et effet de serre

🎯 À LA FIN DE CETTE FICHE, TU SAURAS...

- ✓ Identifier les indicateurs climatiques (proxys) qui permettent de reconstituer les climats passés, comme la composition isotopique de l'oxygène.
- ✓ Expliquer comment les carottes de glace renseignent directement sur la composition passée de l'atmosphère, en gaz à effet de serre.
- ✓ Relier les cycles glaciaires-interglaciaires des derniers 800 000 ans aux cycles de Milankovitch, variations cycliques des paramètres orbitaux de la Terre.
- ✓ Expliquer le mécanisme de l'effet de serre et son rôle dans le réchauffement de la basse atmosphère.

TON PARCOURS DE RÉVISION — coche chaque partie une fois révisée !

- | | |
|--|---|
| ☐ 1 · Les mots à connaître | ☐ 7 · La carte mentale |
| ☐ 2 · Les règles essentielles | ☐ 8 · Trouve l'erreur |
| ☐ 3 · Méthode | ☐ 9 · Exercices type Bac |
| ☐ 4 · Exemple type Bac | ☐ 10 · QCM chrono (5 min) |
| ☐ 5 · Les pièges à éviter | ☐ 11 · Ta carte « 30 secondes » |
| ☐ 6 · Tips pour t'en souvenir | ☐ ∞ Corrections (pour les parents) |

👤 LE COIN DES PARENTS — pas besoin de connaître le cours, tout est justifié.

1. Consulte avec l'élève le calendrier des échéances (DS, épreuves de spécialité, Grand Oral) pour vérifier qu'aucune date n'est oubliée.
2. Propose un rythme de sessions de travail pour ce chapitre, durée, pauses, alternance des matières, sans intervenir sur le contenu scientifique.
3. Observe les signaux d'alerte (fatigue persistante, stress, décrochage) et échange avec l'élève, sans se substituer aux professionnels du lycée.

1

Les mots à connaître *surligne ceux que tu confonds !*

Paléoclimat — un climat qui a existé dans le passé de la Terre, avant les mesures directes de température et de composition atmosphérique, reconstitué à partir d'indicateurs indirects.

Indicateur climatique (proxy) — une trace naturelle, conservée dans une archive comme la glace, un sédiment ou un arbre, dont les caractéristiques renseignent indirectement sur le climat passé.

Composition isotopique de l'oxygène — le rapport entre deux isotopes de l'oxygène, ^{18}O et ^{16}O , mesuré dans la glace ou les sédiments océaniques ; sa valeur varie avec la température, mais en sens opposé selon l'archive : dans la glace, une valeur plus faible correspond à une période plus froide ; dans les sédiments océaniques, c'est l'inverse, car l'eau de mer s'enrichit en ^{18}O quand une grande quantité de ^{16}O reste stockée dans les calottes glaciaires. Dans les deux cas, ce rapport sert de marqueur indirect du climat passé.

Sédiment océanique — une couche de matière (débris, organismes microscopiques) qui s'accumule au fond des océans au fil du temps ; l'analyse de sa composition, notamment isotopique, permet de reconstituer les températures et climats passés.

Carotte de glace — un cylindre de glace prélevé par forage en Antarctique ou au Groenland, qui conserve des couches successives de glace ancienne et des bulles d'air piégées.

Pollen fossile — un grain de pollen conservé dans un sédiment, dont l'espèce végétale d'origine renseigne sur la végétation locale, et donc sur le climat, au moment de son dépôt.

Cernes des arbres — les anneaux de croissance annuels du tronc d'un arbre, dont la largeur varie avec les conditions climatiques de l'année ; leur étude, la dendrochronologie, est un indicateur climatique.

Gaz à effet de serre — un gaz atmosphérique, comme le CO_2 ou le méthane (CH_4), qui absorbe puis réémet une partie du rayonnement infrarouge terrestre, contribuant à l'effet de serre.

Effet de serre — le phénomène naturel par lequel certains gaz atmosphériques absorbent une partie du rayonnement infrarouge réémis par la Terre puis le réémettent en partie vers le sol, ce qui réchauffe la basse atmosphère.

Cycle glaciaire-interglaciaire — une alternance climatique d'environ 100 000 ans entre une période glaciaire, plus froide, et une période interglaciaire, plus chaude, observée sur les derniers 800 000 ans.

Cycles de Milankovitch (excentricité, obliquité, précession) — les variations cycliques de trois paramètres orbitaux de la Terre, qui modifient la répartition de l'énergie solaire reçue et déclenchent les cycles glaciaires-interglaciaires : l'excentricité (la variation de la forme de l'orbite terrestre, de quasi circulaire à plus elliptique, sur environ 100 000 ans), l'obliquité (la variation de l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre) et la précession (l'oscillation, en mouvement de toupie, de l'axe de rotation de la Terre).

ppm (partie par million) — une unité de concentration qui exprime le nombre de molécules d'un gaz pour un million de molécules d'air, utilisée pour mesurer la concentration en CO_2 dans l'atmosphère.

2

Les règles essentielles *chaque règle avec son exemple*

- 1 **Les paléoclimats sont reconstitués à partir d'indicateurs climatiques (proxys) conservés dans des archives naturelles : glaces polaires, sédiments océaniques, pollens fossiles ou cernes des arbres.**

exemple → La composition isotopique de l'oxygène dans les glaces polaires, la présence de pollens fossiles de plantes de climat froid ou chaud, ou la largeur des cernes des arbres sont des indicateurs climatiques complémentaires.

2 Les carottes de glace prélevées en Antarctique ou au Groenland piègent des bulles d'air ancien, qui renseignent directement sur la composition passée de l'atmosphère.

exemple → Une bulle d'air piégée dans une carotte de glace antarctique renseigne directement sur la concentration en CO₂ et en méthane (CH₄) de l'atmosphère au moment où la glace s'est formée.

3 Dans les glaces polaires, la composition isotopique de l'oxygène est un marqueur indirect de la température : elle varie avec les conditions climatiques lors de la formation de la glace.

exemple → Une valeur élevée du rapport 18O/16O dans une couche de glace correspond à une période plus chaude ; une valeur plus faible correspond à une période plus froide.

4 Sur les derniers 800 000 ans, il existe une corrélation étroite entre la concentration atmosphérique en gaz à effet de serre (CO₂, CH₄) et la température moyenne reconstituée.

exemple → Les périodes glaciaires correspondent à de faibles concentrations en CO₂, autour de 180 à 200 ppm ; les périodes interglaciaires correspondent à des concentrations plus élevées, autour de 260 à 280 ppm.

5 Les cycles glaciaires-interglaciaires, d'environ 100 000 ans, sont liés aux variations cycliques des paramètres orbitaux de la Terre, les cycles de Milankovitch.

exemple → L'excentricité de l'orbite terrestre varie sur un cycle d'environ 100 000 ans, un rythme proche de celui observé pour les cycles glaciaires-interglaciaires des derniers 800 000 ans.

6 L'effet de serre est un phénomène naturel : les gaz à effet de serre absorbent le rayonnement infrarouge terrestre puis le réémettent en partie vers le sol, ce qui réchauffe la basse atmosphère.

exemple → Sans effet de serre naturel, la température moyenne de surface de la Terre serait très inférieure à sa valeur actuelle, incompatible avec la plupart des milieux de vie.

Méthode — Calculer l'écart de concentration en CO₂ (en ppm) entre

3 une période glaciaire et une période interglaciaire à partir de valeurs lues sur un graphique de carotte de glace

Exemple suivi : écart de CO₂ entre une période glaciaire (190 ppm) et une période interglaciaire (280 ppm).

Étape 1 Repérer sur le graphique la valeur de concentration en CO₂ en période glaciaire, ici 190 ppm.

Étape 2 Repérer la valeur de concentration en CO₂ en période interglaciaire, ici 280 ppm.

Étape 3 Soustraire la valeur la plus basse à la valeur la plus haute : 280 – 190.

Étape 4 Calculer le résultat : 280 – 190 égal 90 ppm.

Étape 5 Interpréter : cet écart traduit une hausse de l'effet de serre associée au réchauffement interglaciaire.

4 Exemple type Bac — rédigé pas à pas

Une carotte de glace du Groenland indique une concentration en CO₂ de 200 ppm il y a 20 000 ans (période glaciaire) et de 270 ppm il y a 10 000 ans (période interglaciaire). Calculer l'écart de concentration en CO₂ entre ces deux périodes, en ppm.

Étape 1 — Identifier la valeur de concentration en CO₂ en période glaciaire : 200 ppm.

Étape 2 — Identifier la valeur de concentration en CO₂ en période interglaciaire : 270 ppm.

Étape 3 — Soustraire la valeur la plus basse à la valeur la plus haute, indépendamment de l'ordre chronologique : 270 – 200.

Conclusion : 270 – 200 égal 70 : la concentration en CO₂ a augmenté de 70 ppm entre la période glaciaire et la période interglaciaire, en cohérence avec le réchauffement observé.

5 Les pièges à éviter *les erreurs classiques en DS...*

X Confondre corrélation et causalité stricte : la hausse des gaz à effet de serre accompagne et amplifie le réchauffement, mais les cycles de Milankovitch déclenchent d'abord les variations climatiques.

X Croire que les bulles d'air des carottes de glace renseignent sur la température : elles renseignent directement sur l'atmosphère, la température est reconstituée indirectement via la composition isotopique de l'oxygène.

X Oublier qu'un cycle glaciaire-interglaciaire dure environ 100 000 ans, une durée bien supérieure à l'échelle d'une vie humaine ou de l'histoire industrielle.

X Confondre effet de serre naturel, indispensable à la vie sur Terre, et renforcement de l'effet de serre lié aux activités humaines, responsable du réchauffement climatique actuel.

6 Tips — pour t'en souvenir

Pour calculer un écart de concentration en CO₂, repère la valeur en période glaciaire et la valeur en période interglaciaire, puis soustrais la plus petite à la plus grande.

Retiens que les carottes de glace renseignent directement sur l'atmosphère, via les bulles d'air, et indirectement sur la température, via la composition isotopique de l'oxygène.

Associe toujours cycle glaciaire-interglaciaire (environ 100 000 ans) et cycles de Milankovitch (variations orbitales) : les seconds expliquent les premiers.

7 La carte mentale *dessiner, c'est mémoriser !*

« CLIMATS PASSÉS » au centre, 4 branches colorées : INDICATEURS CLIMATIQUES (proxys des archives naturelles), CAROTTES DE GLACE (bulles d'air, atmosphère), CYCLES GLACIAIRES-INTERGLACIAIRES (Milankovitch), EFFET DE SERRE (rayonnement infrarouge). Un exemple chiffré par branche. Redessine-la de mémoire après avoir lu la fiche.



ta carte mentale, de mémoire...

8 À toi de jouer — trouve l'erreur

Un élève affirme : « Les bulles d'air piégées dans les carottes de glace nous donnent directement la température qu'il faisait il y a des milliers d'années. »

→ *cherche l'erreur avant de lire la réponse !*

L'erreur : L'élève confond ce que mesurent directement les bulles d'air, la composition de l'atmosphère (CO₂, CH₄), avec la température, qui est un marqueur indirect obtenu par un autre indicateur, la composition isotopique de l'oxygène de la glace. Les bulles d'air renseignent directement sur la concentration en gaz à effet de serre de l'atmosphère ancienne. La température est reconstituée indirectement, à partir du rapport 18O/16O de la glace, corrélé avec la concentration en gaz à effet de serre sur les derniers 800 000 ans.

9 Exercices type Bac *corrections en fin de fiche ✂*

Exercice 1. Une carotte de glace indique une concentration en CO₂ de 185 ppm en période glaciaire et de 265 ppm en période interglaciaire suivante. Calcule l'écart de concentration en CO₂ entre ces deux périodes, en ppm.

Exercice 2. Sachant qu'un cycle glaciaire-interglaciaire dure environ 100 000 ans, calcule combien de cycles complets se sont succédé au cours des 800 000 dernières années documentées par les carottes de glace antarctiques.

10

QCM — 10 questions

⌚ 5 MIN MAX • OBJECTIF 8/10

Une seule bonne réponse par question, sans calculatrice — entraînement épreuve d'automatismes du Bac 2026.

1. Quelle affirmation décrit ce que renseignent directement les bulles d'air piégées dans une carotte de glace ?

- ☐ A la composition passée de l'atmosphère, dont sa concentration en CO₂ et en CH₄
- ☐ B la température exacte qu'il faisait au moment de leur formation
- ☐ C la végétation qui poussait autour du site de forage

2. Quel indicateur climatique est un marqueur indirect de la température, à partir des glaces polaires ou des sédiments océaniques ?

- ☐ A la concentration en CO₂ des bulles d'air
- ☐ B la composition isotopique de l'oxygène (rapport 18O/16O)
- ☐ C la présence de cernes de croissance

3. Sur les derniers 800 000 ans, quelle relation observe-t-on entre la concentration en gaz à effet de serre et la température moyenne ?

- ☐ A aucune relation n'a pu être établie
- ☐ B une relation inverse : plus de gaz à effet de serre correspond à une température plus basse
- ☐ C une corrélation étroite : plus de gaz à effet de serre correspond à une température plus élevée

4. Qu'appelle-t-on les cycles de Milankovitch ?

- ☐ A les variations cycliques des paramètres orbitaux de la Terre : excentricité, obliquité, précession
- ☐ B les variations cycliques de la concentration en CO₂ atmosphérique
- ☐ C les cycles de formation des carottes de glace en Antarctique

5. Quelle est la durée approximative d'un cycle glaciaire-interglaciaire observé sur les derniers 800 000 ans ?

- ☐ A 1 000 ans
- ☐ B 100 000 ans
- ☐ C 10 000 000 ans

6. Que définit l'effet de serre ?

- ☐ A le rayonnement solaire qui atteint directement le sol sans absorption
- ☐ B la disparition progressive de l'atmosphère terrestre
- ☐ C l'absorption puis la réémission partielle vers le sol du rayonnement infrarouge terrestre par certains gaz atmosphériques

7. Une carotte de glace indique 190 ppm de CO₂ en période glaciaire et 280 ppm en période interglaciaire. Quel est l'écart de concentration ?

- ☐ A 90 ppm
- ☐ B 470 ppm
- ☐ C 190 ppm

8. Combien de cycles glaciaires-interglaciaires complets d'environ 100 000 ans se sont succédé au cours des 800 000 dernières années ?

- ☐ A 80
- ☐ B 8
- ☐ C 800

9. Quel indicateur climatique est obtenu à partir de la largeur des anneaux de croissance des arbres ?

- ☐ A la composition isotopique de l'oxygène
- ☐ B la concentration en méthane des bulles d'air
- ☐ C les cernes des arbres

10. Quelle unité exprime la concentration en CO₂ dans l'atmosphère ?

- ☐ A le ppm (partie par million)
- ☐ B le degré Celsius
- ☐ C le pourcentage de masse totale de l'atmosphère

**11**

En 30 secondes — ta carte de dernière révision

découpe-la et garde-la dans ta trousse — révision de veille de contrôle !

- Les paléoclimats sont reconstitués à partir d'indicateurs climatiques : composition isotopique de l'oxygène, pollens fossiles, cernes des arbres.
- Les carottes de glace renseignent directement sur la composition passée de l'atmosphère, dont sa concentration en gaz à effet de serre (CO₂, CH₄).
- Sur 800 000 ans, une corrélation étroite relie gaz à effet de serre et température, au cours de cycles glaciaires-interglaciaires de 100 000 ans liés aux cycles de Milankovitch ; l'effet de serre réchauffe la basse atmosphère.

PLAN DE RÉVISION ESPACÉE — relis la carte et refais le QCM : ☐ J+1 ☐ J+3 ☐ J+7 ☐ J+14



QCM en ligne

VA PLUS LOIN — TESTE-TOI SUR CETTE NOTION

 Scanne le QR code (ou clique dessus) : le QCM chronométré de cette notion, note immédiate, chaque erreur expliquée. Gratuit, sans inscription.

 Pour t'entraîner — QCM en nombre, évaluations, explications détaillées, analyse de tes points faibles — l'abonnement Réussito (sans engagement) : via le QR code ou sur reussito.fr/abo

 Débloque toutes les fiches de Terminale : via le QR code ou sur reussito.fr/terminale



L'élève travaille sans les solutions sous les yeux ; vous corrigez ensemble avec ces pages. Chaque réponse est justifiée : pas besoin de connaître le cours.

Correction des exercices

Exercice 1. $265 - 185$ égal 80 : l'écart de concentration en CO₂ entre la période glaciaire et la période interglaciaire est de 80 ppm.

Exercice 2. $800\,000 \div 100\,000$ égal 8 : environ 8 cycles glaciaires-interglaciaires complets se sont succédé au cours des 800 000 dernières années.

Réponses du QCM — expliquées une par une

- 1 → A** Les bulles d'air piégées dans la glace renseignent directement sur la composition de l'atmosphère ancienne, dont les concentrations en gaz à effet de serre. *Piège : la température n'est pas mesurée directement par les bulles d'air, mais reconstituée indirectement via la composition isotopique de l'oxygène de la glace ; la végétation est renseignée par les pollens fossiles, un autre indicateur, pas par les bulles d'air.*
- 2 → B** La composition isotopique de l'oxygène varie avec les conditions climatiques lors de la formation de la glace ou du sédiment, mais en sens opposé entre les deux archives (le rapport 18O/16O baisse en période froide dans la glace, il augmente en période froide dans les sédiments océaniques), ce qui en fait, dans les deux cas, un marqueur indirect de la température. *Piège : la concentration en CO₂ renseigne directement sur l'atmosphère, pas indirectement sur la température ; les cernes de croissance sont un indicateur climatique obtenu à partir des arbres, pas des glaces polaires ou des sédiments océaniques.*
- 3 → C** Les carottes de glace montrent une corrélation étroite entre la concentration en CO₂, en CH₄ et la température moyenne reconstituée, au cours des cycles glaciaires-interglaciaires. *Piège : une absence de relation contredit les données des carottes de glace ; une relation inverse contredit aussi les observations, qui montrent au contraire une corrélation positive.*
- 4 → A** Les cycles de Milankovitch désignent les variations cycliques de l'orbite et de l'axe de rotation de la Terre, qui modifient la répartition de l'énergie solaire reçue. *Piège : la concentration en CO₂ est une conséquence corrélée aux cycles glaciaires-interglaciaires, pas leur définition ; la formation des carottes de glace est un processus géologique distinct des paramètres orbitaux.*
- 5 → B** Les cycles glaciaires-interglaciaires observés dans les carottes de glace durent environ 100 000 ans, en cohérence avec le cycle d'excentricité de l'orbite terrestre. *Piège : 1 000 ans est bien trop court pour un cycle climatique complet observé dans les archives glaciaires ; 10 000 000 ans est bien trop long, une durée qui dépasse largement les 800 000 ans documentés par les carottes de glace.*
- 6 → C** L'effet de serre est le phénomène naturel par lequel des gaz atmosphériques absorbent puis réémettent une partie du rayonnement infrarouge terrestre, réchauffant la basse atmosphère. *Piège : le rayonnement solaire direct au sol ne fait pas intervenir d'absorption atmosphérique, contrairement à l'effet de serre ; l'effet de serre ne fait pas disparaître l'atmosphère, il en modifie le bilan énergétique.*
- 7 → A** $280 - 190$ égal 90 : l'écart de concentration en CO₂ entre les deux périodes est de 90 ppm. *Piège : 470 ppm additionnerait à tort les deux valeurs au lieu de les soustraire ; 190 ppm reprendrait seulement la valeur glaciaire, sans calculer d'écart.*

8 → B

800 000 ÷ 100 000 égal 8 : environ 8 cycles complets se sont succédé sur cette période. *Piège : 80 diviserait à tort par 10 000 au lieu de 100 000 ; 800 confondrait la durée totale, en milliers d'années, avec le nombre de cycles.*

9 → C

Les cernes des arbres, dont la largeur varie avec le climat de l'année de croissance, permettent une datation appelée dendrochronologie. *Piège : la composition isotopique de l'oxygène est mesurée dans la glace ou les sédiments, pas dans le bois ; la concentration en méthane est mesurée dans les bulles d'air des carottes de glace, pas dans les arbres.*

10 → A

Le ppm exprime le nombre de molécules d'un gaz pour un million de molécules d'air, l'unité utilisée pour la concentration en CO₂ atmosphérique. *Piège : le degré Celsius mesure une température, pas une concentration de gaz ; le pourcentage de masse totale n'est pas l'unité conventionnellement utilisée pour exprimer la concentration en CO₂, trop faible pour ce format.*