

CONCOURS G2E

GÉOLOGIE

Durée : 3 heures

Les calculatrices programmables et alphanumériques sont interdites.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il en fait mention dans sa copie et poursuit sa composition. Dans ce cas, il indique clairement la raison des initiatives qu'il est amené à prendre.

Les candidats doivent respecter les notations de l'énoncé et préciser, dans chaque cas, la numérotation de la question posée.

Une grande attention sera apportée à la clarté de la rédaction et à la présentation des différents schémas si nécessaire.

La rédaction se fera uniquement à l'encre bleue ou noire.

Attention, sont strictement interdits :

- L'utilisation du blanc correcteur sous forme liquide, souris ou autre et effaceur.
- Les découpages et collages sur la copie.
- Les téléphones portables, "smartphones", les montres (connectées ou non), les chronomètres et les réveils.
- L'usage de tout ouvrage de référence et de tout document.

Attention : Les figures 8 et 11 et les tableaux 1, 2 et 3 fournis en annexe sont à rendre obligatoirement avec votre copie (même vierges). Pour certaines questions associées aux figures à rendre, les commentaires sont à rédiger exclusivement dans le cadre prévu à cet effet pour chaque document. Tout texte écrit hors des cadres ne sera pas pris en compte.

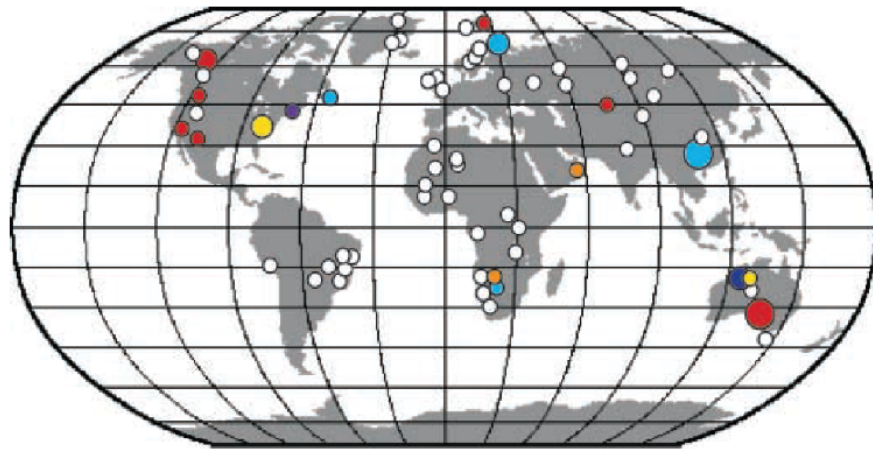
LE CLIMAT AU COURS DES TEMPS GÉOLOGIQUES

1. LES VARIATIONS CLIMATIQUES AU COURS DU PROTÉROZOÏQUE (5 points)

Le Protérozoïque est une subdivision des temps géologiques qui s'étend de -2,5 milliards d'années à -540 millions d'années. Cet intervalle de temps globalement « chaud » est interrompu par plusieurs épisodes froids dont l'intensité est débattue. Certains marqueurs suggèrent que la Terre aurait été fortement englacée, probablement jusqu'à proximité de l'équateur (hypothèse de la "Terre boule de neige"). Les dernières de ces glaciations, aussi appelées glaciations néoprotérozoïques, comprennent plusieurs phases d'englacement (-720 à -660 Ma et -650 à -635 Ma).

1.1. Définissez le climat et indiquez ce qu'est une variation climatique.

1.2. À partir de l'analyse de la figure 1, argumentez le fait que la Terre aurait pu être englacée jusqu'à proximité de l'équateur au Néoprotérozoïque. Expliquez la distribution actuelle des marqueurs de ces glaciations.



Paléolatitudes : ● 00-10° ● 10-20° ● 20-30° ● 30-40° ● 40-50° ● 50-60° ○ Absence de données
 ● "très fiable" ● "modérément fiable" ● "relativement fiable"

Figure 1. Paléolatitudes des dépôts glaciaires du Néoprotérozoïque déduite de l'analyse de l'aimantation des roches de cette période. Ces marqueurs se sont tous formés à faible altitude, à proximité du niveau de la mer.

1.3. Comment appelle-t-on un facteur qui perturbe l'équilibre radiatif de la Terre et qui peut conduire à une variation climatique ? À partir de l'analyse de la figure 2, identifiez-le ou les facteurs pouvant induire un englacement de la Terre lors du Néoprotérozoïque.

1.4. Comment appelle-t-on un processus susceptible d'amplifier une variation climatique ? Quel mécanisme peut amplifier la variation climatique lorsque la Terre commence à s'englacer ?

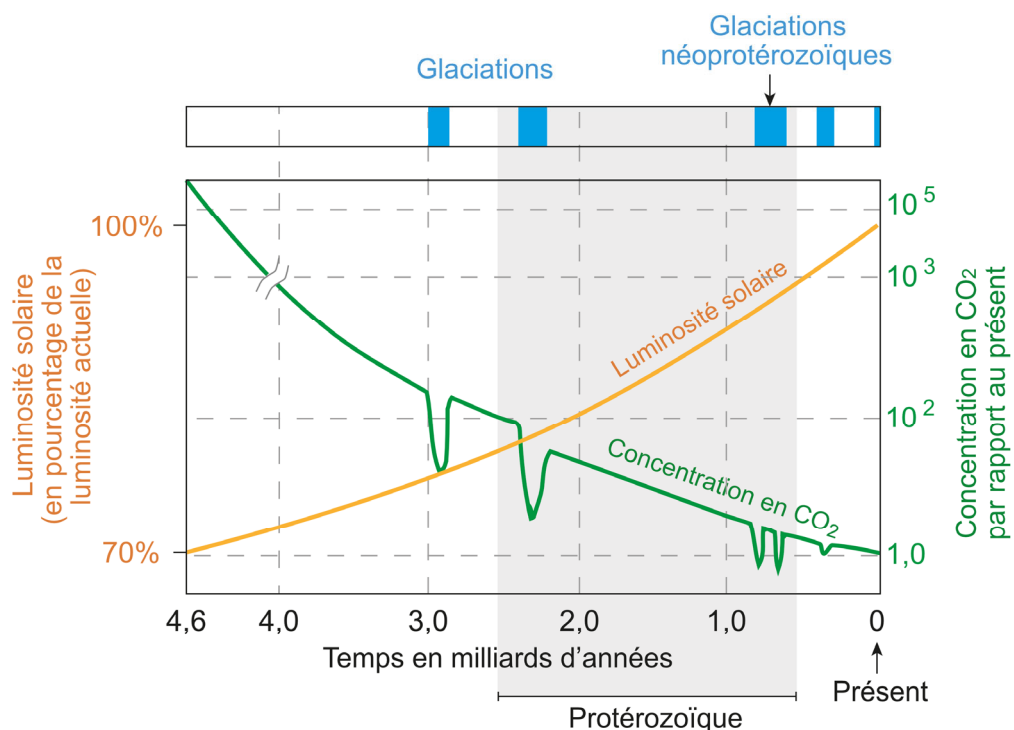


Figure 2. Modélisation de la luminosité du Soleil et de la concentration en CO_2 atmosphérique au cours de l'histoire de la Terre. Les valeurs de luminosité et de concentration en CO_2 sont données relativement au présent. Une luminosité de 100% correspond à la luminosité actuelle du Soleil soit $3,839 \times 10^{26}$ watts. Une concentration en CO_2 par rapport au présent de 1 indique qu'il y avait autant de CO_2 dans l'atmosphère du passé que durant la période préindustrielle (soit 280 ppm vers l'année 1750).

1.5. Les variations de la teneur en CO₂ atmosphérique sont contrôlées par le bilan entre sources et puits de CO₂ dans le cycle du carbone. Définissez une source et un puits de carbone (ou pompe à carbone).

1.6. Les glaciations du Néoprotérozoïque sont précédées par la mise en place de trapps. Les trapps désignent d'importants empilements de coulées de lave généralement basaltiques accumulées en domaine continental. Ils couvrent de très vastes étendues et sont constitués de volumes importants de roches de l'ordre de plusieurs millions de km³. L'analyse géochimique de ces basaltes indique qu'ils proviennent de la fusion partielle d'un panache mantellique. Expliquez succinctement quelle roche peut fondre et par quel mécanisme dans ce contexte.

1.7. Ces basaltes sont composés de minéraux silicatés comme l'anorthite (feldspath plagioclase calcique, minéral du groupe des silicates). L'altération de l'anorthite en kaolinite (une argile) est donnée par cette équation :



De quel type d'altération s'agit-il ?

1.8. Les ions produits par l'altération de l'anorthite sont transférés jusqu'en domaine aquatique où ils peuvent précipiter, formant notamment des roches carbonatées. Écrivez l'équilibre des carbonates et précisez les facteurs susceptibles de déplacer cet équilibre dans le sens de la précipitation. Sachant qu'au Protérozoïque les carbonates biochimiques les plus courants sont les stromatolithes, expliquez quel mécanisme aboutit à la précipitation des carbonates lors de leur formation.

1.9. Le bilan stœchiométrique de l'altération des silicates suivie de la précipitation des carbonates est-elle une source ou un puits de CO₂ ? Justifiez votre réponse. À long terme, c'est-à-dire plusieurs millions d'années après leur mise en place, l'altération de ces basaltes conduit-elle à un réchauffement ou à refroidissement du climat ?

1.10. Lors de leur mise en place, ces basaltes néoprotérozoïques s'épanchent à proximité de l'équateur. Quel peut être la conséquence de cette paléogéographie sur la vitesse d'altération ? Justifiez votre réponse.

1.11. En guise de conclusion, expliquez succinctement les causes de l'englacement de la Terre au Néoprotérozoïque.

2. LES VARIATIONS CLIMATIQUES AU COURS DU PHANÉROZOÏQUE (7,5 points)

Le Phanérozoïque correspond à la subdivision des temps géologiques suivant le Protérozoïque et s'entend de -540 millions d'années à aujourd'hui. Au cours de cet intervalle, des variations climatiques à grande échelle de temps peuvent être identifiées à partir des roches sédimentaires et de certains fossiles.

2.1. Seuls certains types de fossiles permettent d'obtenir une reconstitution paléoenvironnementale ou paléoclimatique précise. Définissez le terme « fossile ». Complétez le tableau 1 en annexe (**à rendre**) en indiquant les caractéristiques des fossiles de faciès et leurs différences avec les fossiles stratigraphiques.

2.2. La roche sédimentaire (Figure 3) permet également de reconstituer le paléoclimat qui existait lors de sa formation. La roche est rayable à l'ongle et présente une masse volumique de 2,3 g.cm⁻³. Lorsqu'elle est chauffée, elle blanchit et s'exfolie pour donner une poudre blanche couramment utilisée comme matériau de construction. Identifiez la roche.



Figure 3. Roche sédimentaire, Éocène (vers -45 millions d'années), bassin de Paris.

2.3. Précisez par quel processus et sous quelles conditions climatiques la roche (Figure 3) peut se former.

La figure 4 présente deux échantillons de roches. L'ensemble des minéraux observables est rayable à l'acier et fait effervescence à l'acide chlorhydrique dilué à 10%.

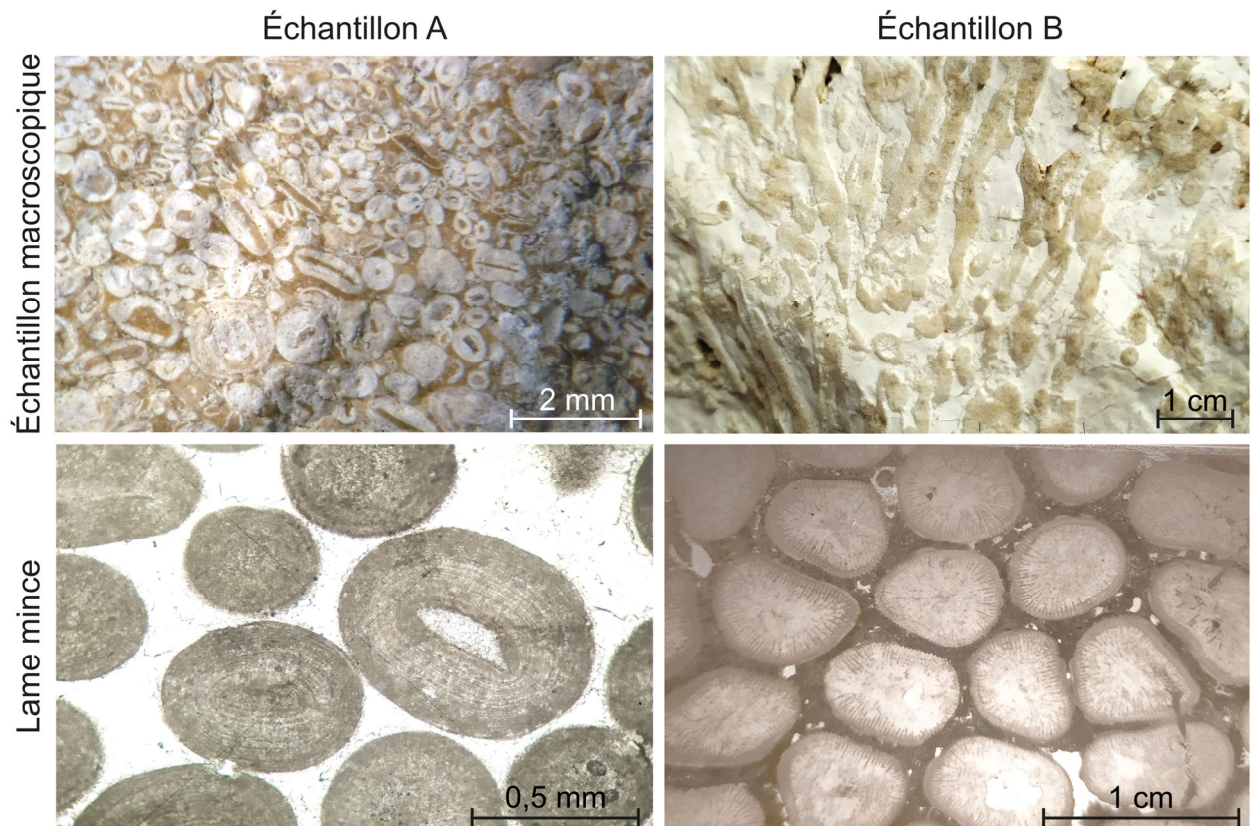


Figure 4. Échantillons du Jurassique (-170 et -160 millions d'années). Les lames minces sont observées en lumière polarisée non analysée.

2.4. À partir de l'analyse des échantillons (Figure 4), complétez le tableau 2 en annexe (**à rendre**). Vous veillerez à nommer précisément les deux échantillons A et B en utilisant la classification appropriée.

2.5. Pour déterminer les conditions de formation des échantillons de la figure 4, les géologues utilisent le principe d'actualisme. Énoncez ce principe et expliquez brièvement en quoi il consiste.

2.6. Une fois replacés sur une carte paléogéographique, les objets, comme par exemple ceux des figures 3 et 4, permettent de retracer les paléozonéographies climatiques à l'échelle globale. De telles reconstitutions sont présentées dans la figure 5. Comparez les deux cartes. Quelle variation climatique est observable entre le Pennsylvanien (anciennement Carbonifère supérieur, entre -299 et -324 millions d'années) et le Crétacé supérieur ? S'agit-il d'une variation climatique locale n'affectant qu'un continent ou d'une variation climatique globale ?

2.7. Les variations climatiques observées entre le Pennsylvanien (vers -310 millions d'années) et le Crétacé supérieur (vers -90 millions d'années) peuvent s'expliquer par les variations de la teneur en CO_2 atmosphérique. Cette teneur peut être quantifiée grâce à l'analyse de la densité stomatique (nombre de stomates par mm^2) sur les feuilles de végétaux actuels et fossiles. On considère que la relation entre densité stomatique et teneur en CO_2 que l'on observe aujourd'hui était identique dans le passé. À partir de l'analyse des deux documents (Figure 6), comparez quantitativement la teneur en CO_2 atmosphérique entre le Pennsylvanien et le Crétacé supérieur.

2.8. L'intensité de l'altération des continents dans le passé peut être estimée grâce à deux isotopes du strontium dont on mesure le rapport ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) dans les sédiments marins. D'après vos connaissances, quelle est le mode de formation de l'isotope ^{87}Sr ? Comment qualifie-t-on un tel isotope ?

2.9. Le rubidium (Rb) est un élément incompatible. Définissez la notion d'élément incompatible.

2.10. Lors de la différenciation de la Terre, la croûte continentale s'est formée par fusion partielle du manteau. Dans quelle enveloppe de la Terre le rubidium (et notamment l'isotope ^{87}Rb) a-t-il pu se concentrer ? Quelles sont les conséquences sur le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de cette enveloppe ?

Les variations de la teneur en CO_2 atmosphérique sont en partie contrôlées par l'altération des roches continentales comme cela a été montré dans les questions 1.7 à 1.9.

2.11. Le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ des sédiments marins dépend de la part relative de deux flux : l'hydrothermalisme océanique qui apporte un flux possédant un rapport proche de celui du manteau et un flux continental, dépendant de l'intensité d'altération chimique des roches de la croûte continentale. Comment peut-on interpréter le fait que le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ des sédiments marins soit bien plus important au Pennsylvanien qu'au Crétacé supérieur ? D'après vos connaissances, quel événement géologique pourrait expliquer le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ élevé observé au Pennsylvanien ?

2.12. Un autre facteur pouvant agir sur les flux de carbone est la formation de roches comme celles de la figure 7. Quelle est le nom de cette roche ?

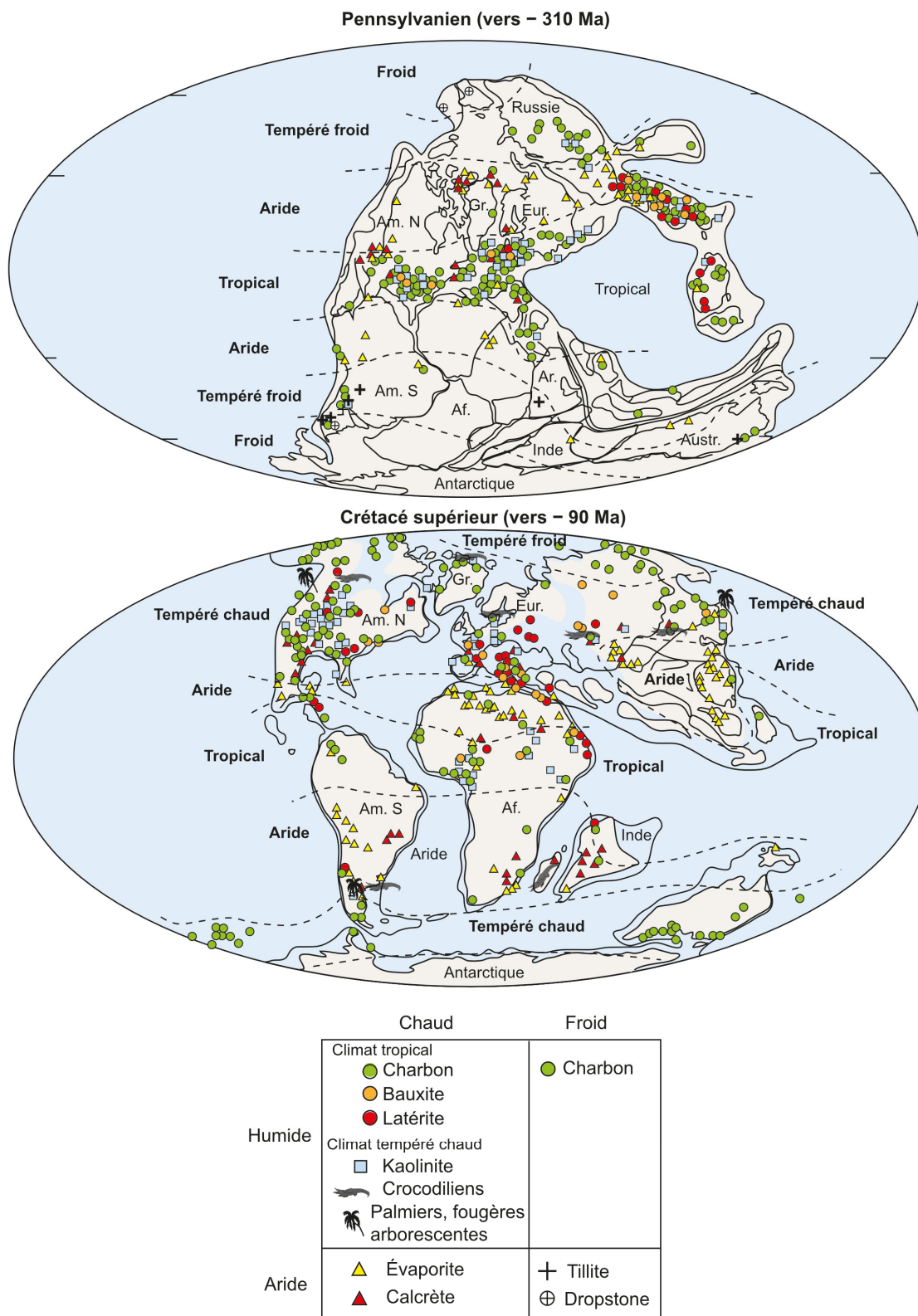


Figure 5. Reconstitution des ceintures climatiques de la Terre au Pennsylvanien (anciennement Carbonifère supérieur) et au début du Crétacé supérieur d'après les indices sédimentaires et paléontologiques. Les calcrètes sont des encroûtements carbonatés formés dans les sols des régions arides. Les tillites sont des dépôts glaciaires consolidés. Les dropstones sont des particules d'origine continentale transportées par les icebergs et libérées dans les sédiments lors de leur fonte.

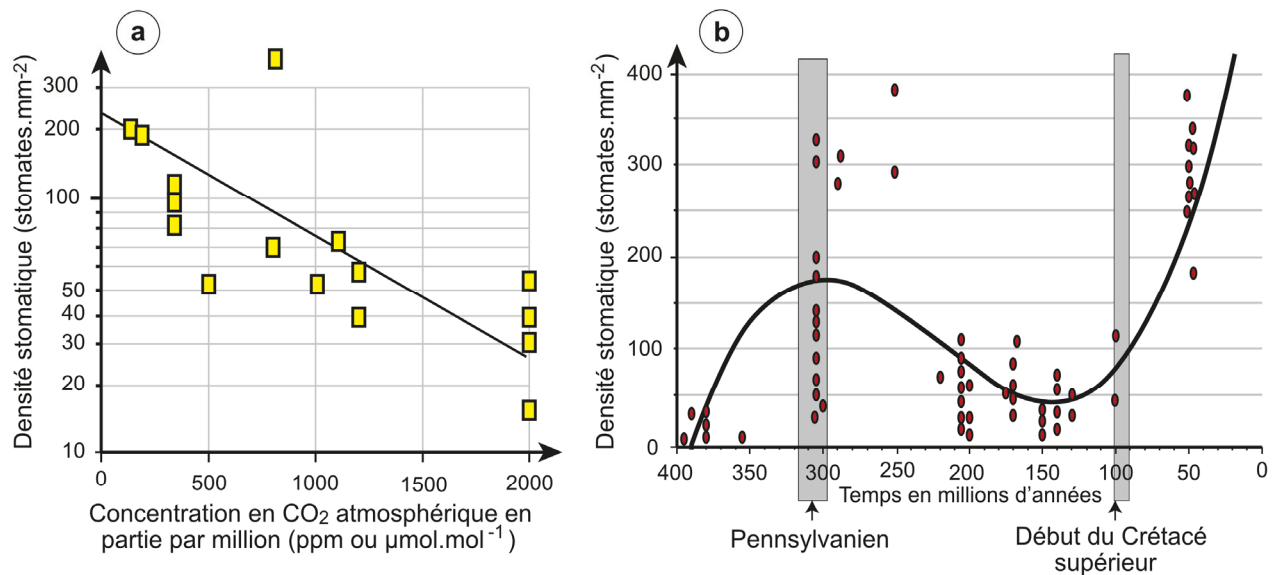


Figure 6. (a) Relation entre densité stomatique et concentration en CO₂ atmosphérique établie pour des espèces actuelles. **(b)** Reconstitution de la densité stomatique au cours du Phanérozoïque. Chaque point correspond à une mesure de la densité stomatique sur une feuille fossile. La courbe noire est une courbe de tendance.



Figure 7. Échantillon de roche. Sa masse volumique est d'environ 1,40 g.cm⁻³. La roche est combustible et laisse une trace noire lorsqu'elle est frottée entre les mains ou contre une feuille de papier.

2.13. Comment se forme la roche de la figure 7 ? Quel impact peut avoir sa formation sur la teneur en CO₂ atmosphérique ? Justifiez votre réponse.

2.14. Des roches similaires à celles de la figure 7 se sont formées en grande quantité au Pennsylvanien et de façon bien moindre au Crétacé. Ces roches se sont notamment accumulées au centre de la structure présentée sur la figure 8 (en annexe), dans les environs de Saint-Étienne (Loire). Elles sont présentes, associées à d'autres roches sédimentaires, dans la zone indiquée « h₃ » sur cette carte.

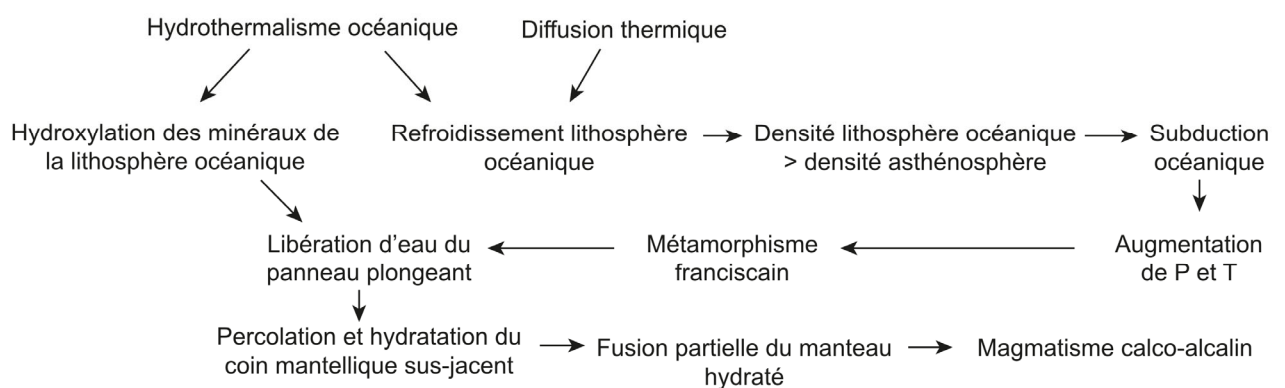
Sur la figure 8 (**à rendre**), réalisez la coupe A-B à l'emplacement indiqué par le trait de coupe. La légende de cette carte est fournie dans la figure 9. Les différentes unités et leurs limites, les accidents traversés, le pendage de la foliation et la nature des roches devront être représentés avec des figurés adaptés que vous indiquerez en légende. La topographie ne sera pas prise en compte.



2.15. Sur la carte (Figure 8) un objet géologique est indiqué par la lettre C. Quel est le nom de cette structure ? Précisez l'orientation des axes d'amincissement et d'allongement associée à la déformation. À quel type de tectonique cette structure est-elle associée ?

2.16. Nommez la structure géologique dans laquelle la roche de la figure 7 et l'ensemble des roches « h₃ » se sont formées. De quand date cette structure ? En quoi cette structure est-elle favorable à la formation de la roche de la figure 7 ?

2.17. À l'aide de vos réponses aux questions de la partie 2 et de vos connaissances, identifiez les facteurs de contrôle à l'origine du climat du Pennsylvanien et du Crétacé supérieur. Vous présenterez votre réponse sous forme d'un schéma conceptuel où figureront les liens de causalité entre ces facteurs de contrôle et le climat. Il est attendu un schéma similaire à celui présenté ci-dessous (bien qu'indiquant d'autres processus) :



3. LES VARIATIONS CLIMATIQUES AU COURS DU QUATERNAIRE (7,5 points)

Le Quaternaire est une subdivision des temps géologiques qui s'étend de -2,58 millions d'années à aujourd'hui. Au cours de cet intervalle de temps, des variations climatiques importantes et rapides sont enregistrées.

3.1. De nombreux indices sédimentaires et géomorphologiques permettent de reconstituer le climat du passé et de retracer l'évolution climatique du Quaternaire. Nommez les quatre objets paléoclimatiques présentés sur la figure 10 et précisez leur mode de formation dans le tableau 3 en annexe (**à rendre**). Quel était le climat qui régnait en Europe au moment de la formation de ces indices ?

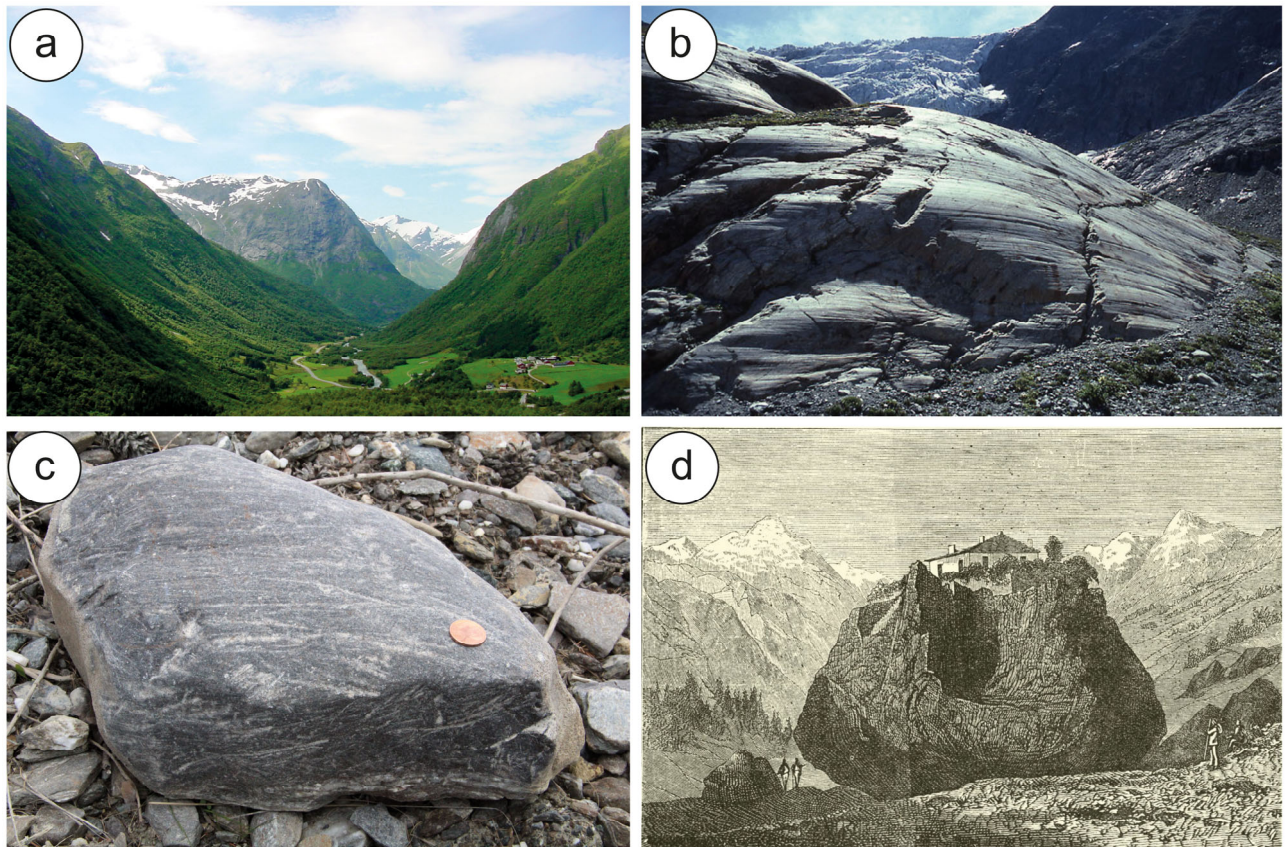


Figure 10. Indices sédimentaires et géomorphologiques des paléoclimats du Quaternaire d'Europe. **(a)** Vallée de Stryn, Norvège. **(b)** Affleurement rocheux de Steilimmigletscher, Alpes bernoises, Suisse, largeur de l'objet : 1,5m. **(c)** Échantillon de roche, Ville-Vieille, Queyras, France, la pièce donne l'échelle. **(d)** Pierre des Marmettes, bloc de roche du Paléozoïque reposant sur des roches sédimentaires du Mésozoïque et du Cénozoïque, Monthey, Suisse. La maison donne l'échelle.

3.2. La figure 11a est une vue de détail d'un échantillon analogue à la Pierre des Marmettes de la figure 10d. La localisation de cet échantillon est indiquée sur la carte de la figure 11b. Identifiez la roche dont est constitué l'échantillon 11a en justifiant votre détermination.

3.3. Grâce à la carte géologique de la figure 11b en annexe (**à rendre**) ainsi qu'à la légende de cette carte (Figure 9), entourez une localisation probable de l'affleurement d'où provient cet échantillon ainsi qu'un trajet de transport depuis son origine jusqu'au site où il se trouve aujourd'hui.

3.4. La figure 12 correspond à un diagramme pollinique établi à partir de l'analyse des pollens retrouvés dans la tourbe du site des Échets, situé dans le département de l'Ain. Indiquez brièvement comment ce type de diagramme est obtenu et comment il est possible de l'interpréter. Quelles évolutions climatiques sont identifiables grâce à ce diagramme ?

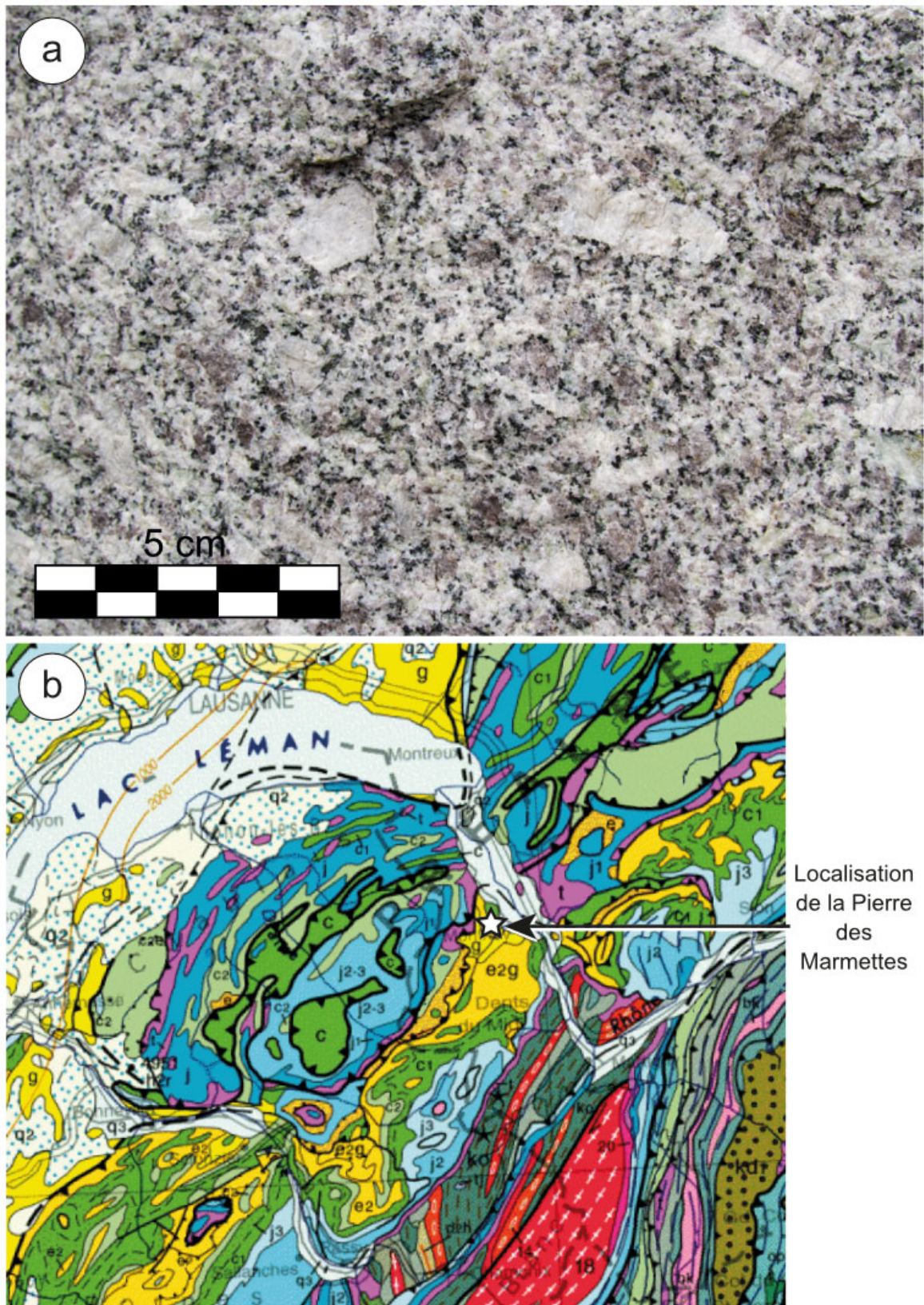


Figure 11. (a) Vue de détail d'un échantillon analogue à la Pierre des Marmettes (Figure10d). (b) Localisation de la Pierre des Marmettes sur la carte géologique de la France au millionième dont la légende est fournie dans la figure 9.

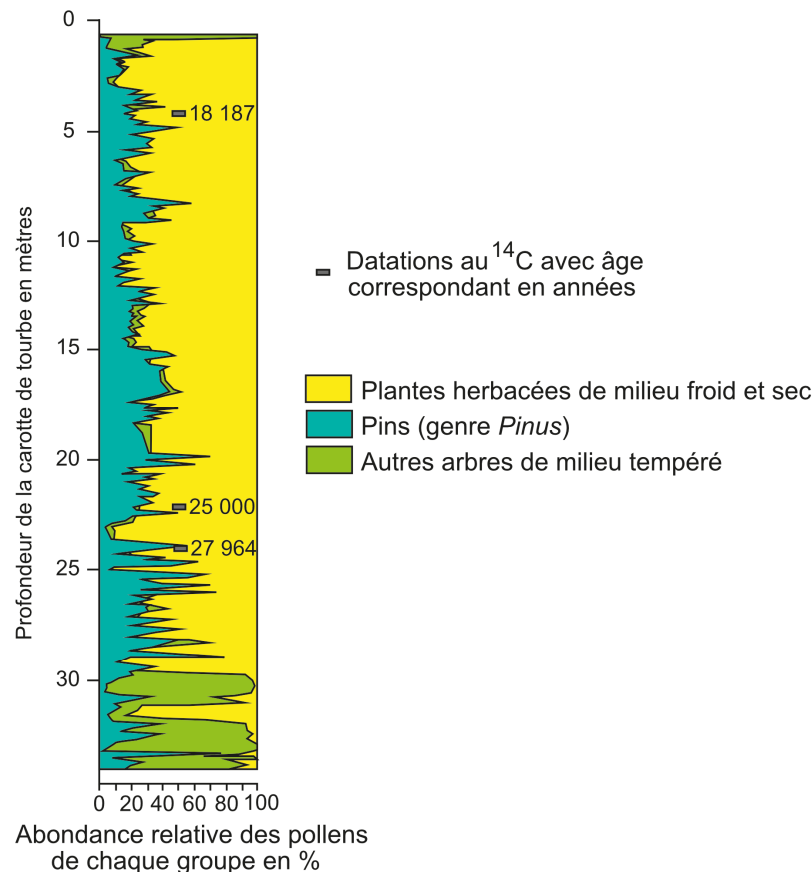


Figure 12. Diagramme pollinique des Échets à proximité de Lyon.

3.5. Pour être corrélable à d'autres enregistrements, l'âge de la tourbe doit être déterminé par radiochronologie. Il est courant de dater la tourbe et les pollens qu'elle contient grâce à la méthode carbone 14 (^{14}C). Expliquez le principe de cette méthode.

3.6. Un échantillon de tourbe ancienne ne possède plus que 18% de sa radioactivité par rapport à la même masse de tourbe actuelle. Si l'on considère que la teneur en ^{14}C initiale de l'échantillon est toujours la même, on peut affirmer que cet échantillon ne possède plus que 18% de sa radioactivité initiale. Ainsi, pour cet échantillon ancien $C^{14}_t / C^{14}_0 = 0,18$. Sachant que la demi-vie $t_{1/2}$ du ^{14}C est de 5730 ans, calculez l'âge de cet échantillon.

Données : $P_t = P_0 e^{-\lambda t}$ et $\lambda = \ln(2) / t_{1/2}$

P_t : quantité d'élément père au bout du temps t

P_0 : quantité d'élément père au moment de la fermeture du système

λ : constante de désintégration du couple étudié exprimé en an^{-1}

t : temps écoulé en années depuis la fermeture du système

$t_{1/2}$: temps de demi-vie du couple radioactif étudié en années

Les calculatrices n'étant pas autorisées, les résultats de certains calculs sont à votre disposition ci-dessous. Ces calculs doivent vous permettre de répondre à la question 3.6.

$$\ln(2) / 5730 = 1,20968 \cdot 10^{-4} \text{ an}^{-1}$$

$$5730 \times \ln(2) = 3972 \text{ ans}$$

$$-\ln(0,18) / 1,20968 \cdot 10^{-4} \text{ an}^{-1} = 14\,176 \text{ ans}$$

3.7. Ces enregistrements climatiques obtenus en France métropolitaine peuvent être complétés par l'analyse géochimique de carottes de glaces prélevées dans les calottes polaires comme celle du Groenland. Celles-ci ont l'avantage de présenter un enregistrement continu et bien daté des variations climatiques. Précisez comment peut être interprétée l'évolution du $\delta^{18}\text{O}$ de la glace présentée dans la figure 13.

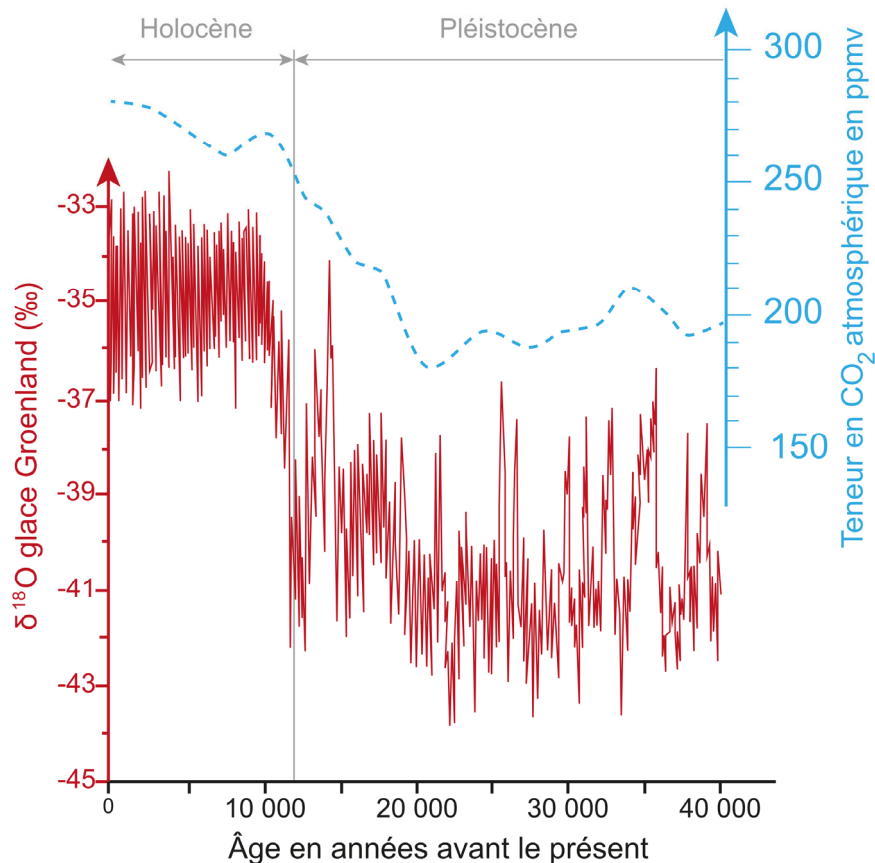


Figure 13. (Haut) Évolution de la teneur en CO_2 atmosphérique déterminée à partir de l'analyse des bulles d'air piégées dans la glace. **(Bas)** Évolution du $\delta^{18}\text{O}$ des glaces (en ‰ vs SMOW) d'une carotte de glace du Groenland. Le SMOW (Standard Mean of Ocean Water) correspond à la moyenne standard de l'eau océanique actuelle.

3.8. Comment pouvez-vous expliquer les variations de la teneur en CO_2 observables dans la figure 13 ? Quel rôle ont joué ces modifications de la teneur en CO_2 dans les variations climatiques identifiées dans la partie 3 ?

3.9. Les variations climatiques du Quaternaire ont été accompagnées d'importantes variations du niveau marin. Rappelez les trois facteurs pouvant engendrer une variation de la bathymétrie et de la position du trait de côte d'une zone donnée au cours du temps.

3.10. Les variations du niveau marin peuvent être enregistrées par le faciès et la géométrie des roches sédimentaires. La figure 14 est une coupe géologique simplifiée de la Manche. Comment peut-on expliquer le caractère discontinu des sédiments pléistocènes ? En comparant les sédiments quaternaires du Pléistocène (plus anciens que 11 700 ans) et de l'Holocène (plus récents que 11 700 ans), indiquez l'évolution du niveau marin enregistrée dans la Manche entre le Pléistocène et l'Holocène.

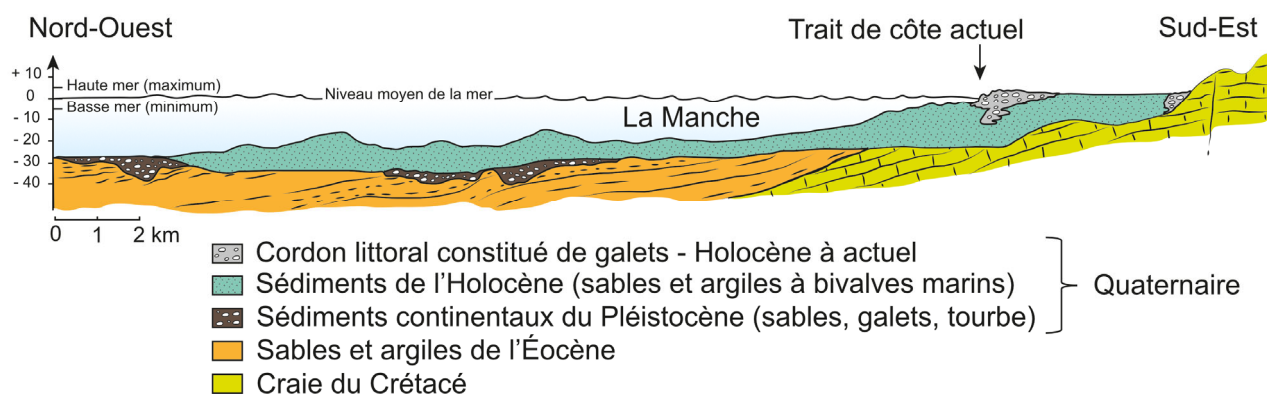


Figure 14. Coupe géologique simplifiée de la partie Sud-Est de la Manche.

3.11. La figure 15 présente une coupe de la grotte Cosquer située près de Marseille. Nommez le modelé du paysage que l'on peut observer dans ce contexte. Rappelez comment se forme une grotte et plus généralement ce modelé du paysage.

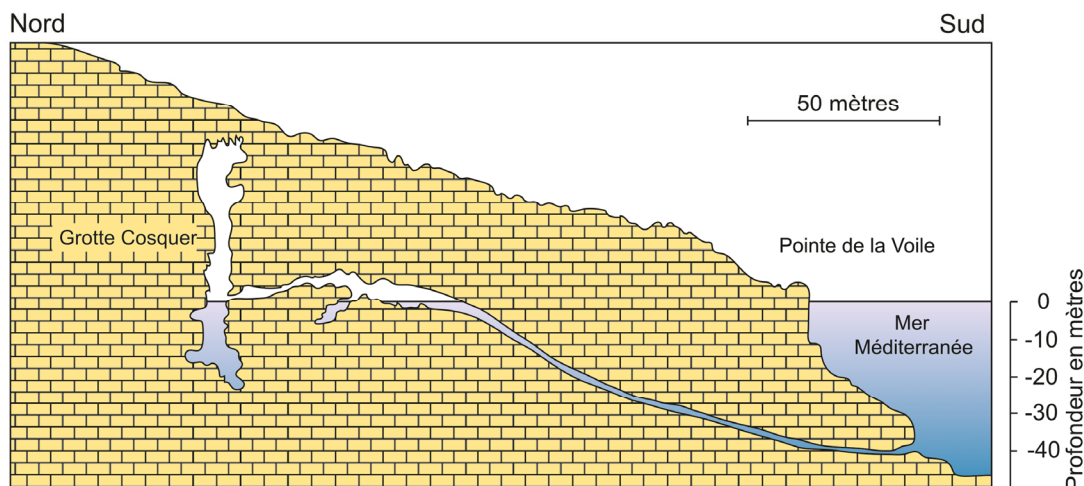


Figure 15. Coupe simplifiée de la grotte Cosquer, dans les Calanques près de Marseille. Le figuré en briques symbolise les calcaires du Crétacé.

3.12. L'entrée de cette grotte étant actuellement située à 37 mètres de profondeur sous la Méditerranée, elle est uniquement accessible en plongée. Pourtant elle est ornée de peintures rupestres datées d'il y a 20 000 ans (fin du Pléistocène) et réalisées par *Homo sapiens*. Quelle est l'évolution du niveau marin enregistrée entre le Pléistocène et aujourd'hui ? Cette observation est-elle cohérente avec celle de la question 3.10 ? En comparant cette interprétation et celle de la question 3.12, quel semble être le facteur primordial contrôlant l'évolution du niveau marin entre le Pléistocène et l'Holocène ?

3.13. Trois facteurs contrôlant le niveau marin et son évolution ont été identifiés à la question 3.9. Grâce à l'ensemble des observations réalisées dans la partie 3, ainsi que d'après vos connaissances, expliquez la cause de l'évolution du niveau marin enregistrée entre le Pléistocène et l'Holocène. On ne prendra pas en compte la partie la plus récente de l'Holocène correspondant aux temps historiques.

3.14. Dans le nord du Canada, de nombreux marqueurs de la position ancienne du trait de côte sont observables (cordons littoraux, coquilles d'organismes marins...). Ces indices qui se sont autrefois formés à l'altitude zéro (niveau de la mer) se retrouvent actuellement à des altitudes différentes de celle de leur formation. Leur altitude ainsi que leur âge sont indiqués dans la figure 16. Quelle évolution du niveau marin est enregistrée ici au cours de l'Holocène ?

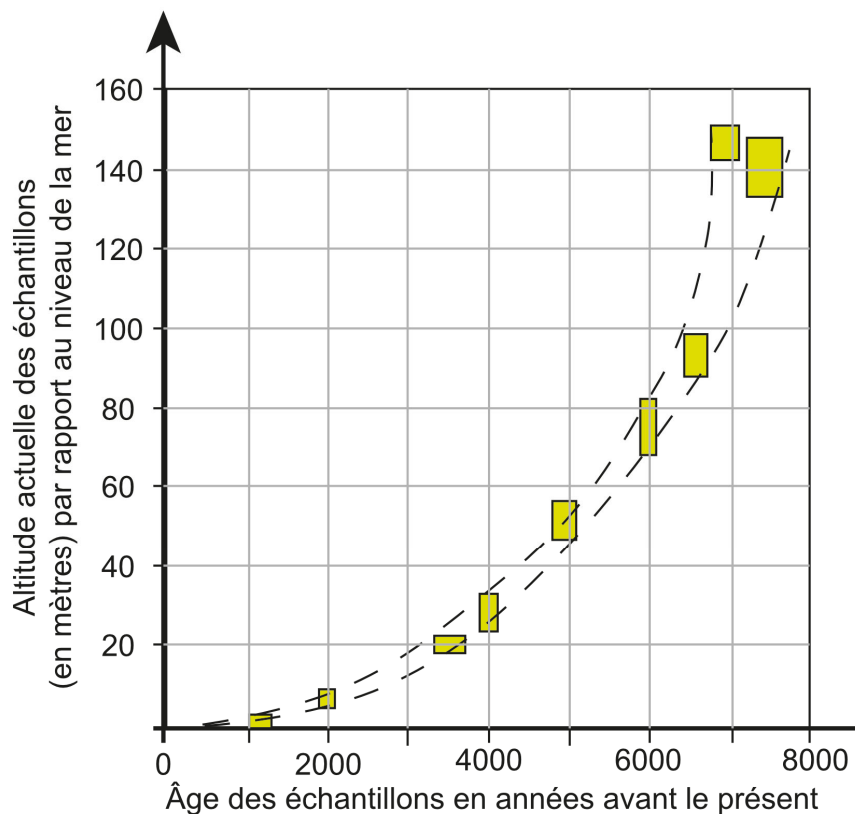


Figure 16. Altitude actuelle d'échantillons autrefois formés au niveau de la mer en fonction de leur âge. Échantillons de la Baie d'Hudson, Nord du Canada. Chaque rectangle représente un échantillon. Les courbes pointillées correspondent à l'estimation maximale et minimale de l'altitude des échantillons de chaque époque.

3.15. Dans cette région, de très nombreux objets comme ceux de la figure 10 sont retrouvés et datés de -20 000 ans environ. Comment pouvez-vous expliquer l'évolution du niveau marin enregistrée au Nord du Canada ? Précisez le mécanisme à l'origine du phénomène que vous mentionnez.

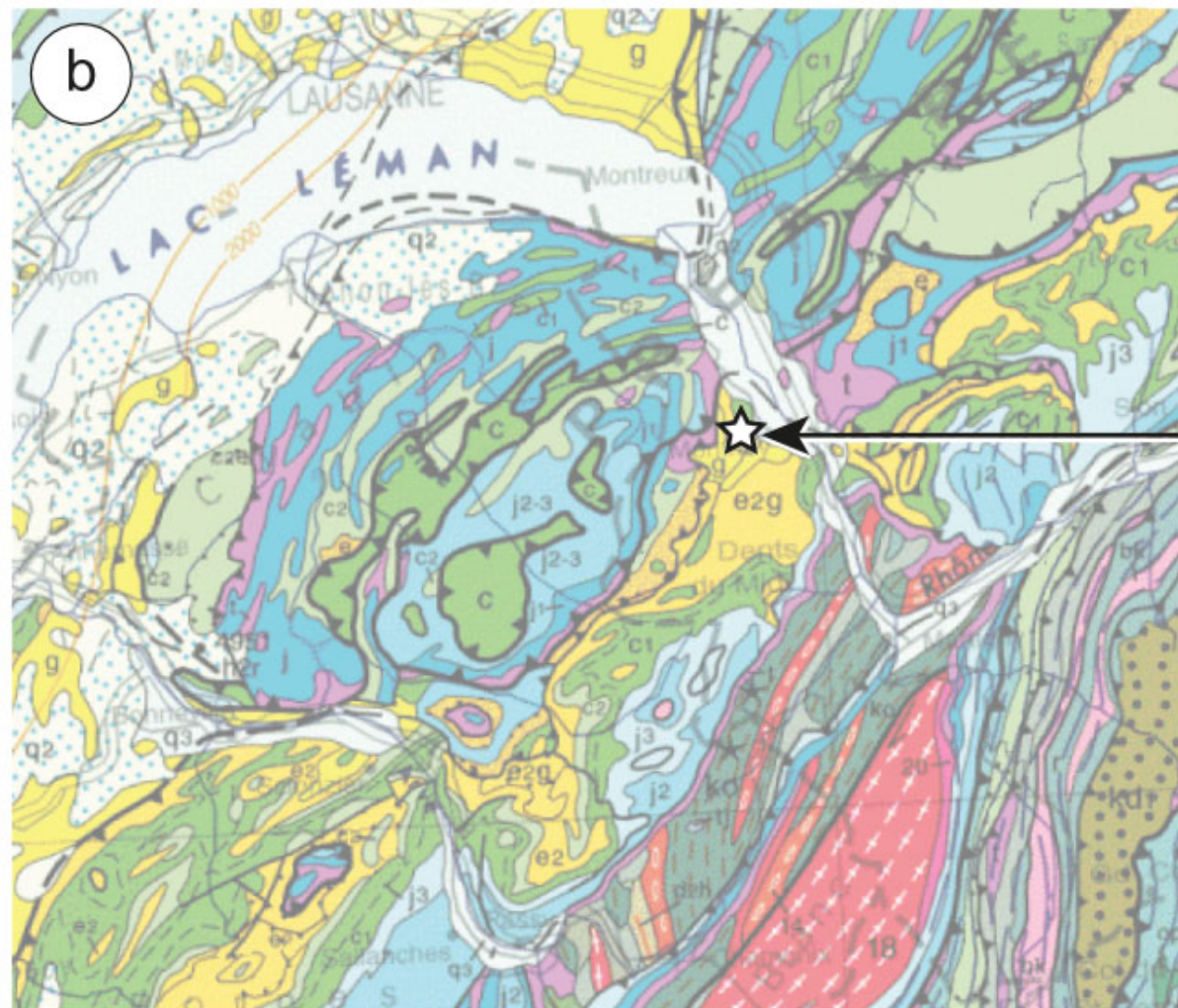
3.16. Comment pouvez-vous expliquer le décalage temporel entre le changement climatique ayant eu lieu à la transition entre l'Holocène et le Pléistocène et le phénomène observé ici figure 16 ?

3.17. Calculez la vitesse moyenne d'évolution des altitudes pour la période comprise entre 7000 et 5000 ans avant le présent. Exprimez le résultat en cm.an^{-1} . Même question pour la période comprise entre 5000 ans et aujourd'hui. Comment expliquez-vous ces différences de vitesse ?

3.18. On considère que le mouvement vertical total de la région (résultant du cumul de plusieurs processus) est de 560 mètres. Calculez l'épaisseur de glace qui devait exister à cet endroit et dont la fonte a induit cette variation d'altitude.

Données : $d_{\text{croûte continentale}} = 2,7$ $d_{\text{lithosphère}} = 3,12$ $d_{\text{asthénosphère}} = 3,25$
 $d_{\text{glace}} = 0,93$ $d_{\text{eau}} = 1,00$

3.19. D'après l'analyse de l'ensemble des documents de la partie 3, ainsi que d'après vos connaissances, expliquez brièvement l'origine des variations climatiques identifiées dans cette partie ainsi que leurs conséquences sur l'évolution du niveau marin. Vous présenterez votre réponse sous forme d'un schéma fonctionnel où figureront les liens de causalité entre les facteurs de contrôle, le climat et le niveau marin (même type de schéma que question 2.17).



Localisation
de la Pierre
des
Marmettes

Modèle CMEN-DR v2 ©EXATECH

Nom de famille :

(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

Numéro Inscription :

Né(e) le :

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'embarquement)

(Remplir cette partie à l'aide de la notice)

Concours / Examen : **Section/S spécialité/Série :**

Epreuve : **Matière :** **Session :**

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Numérotter chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.

ANNEXE A RENDRE IMPERATIVEMENT

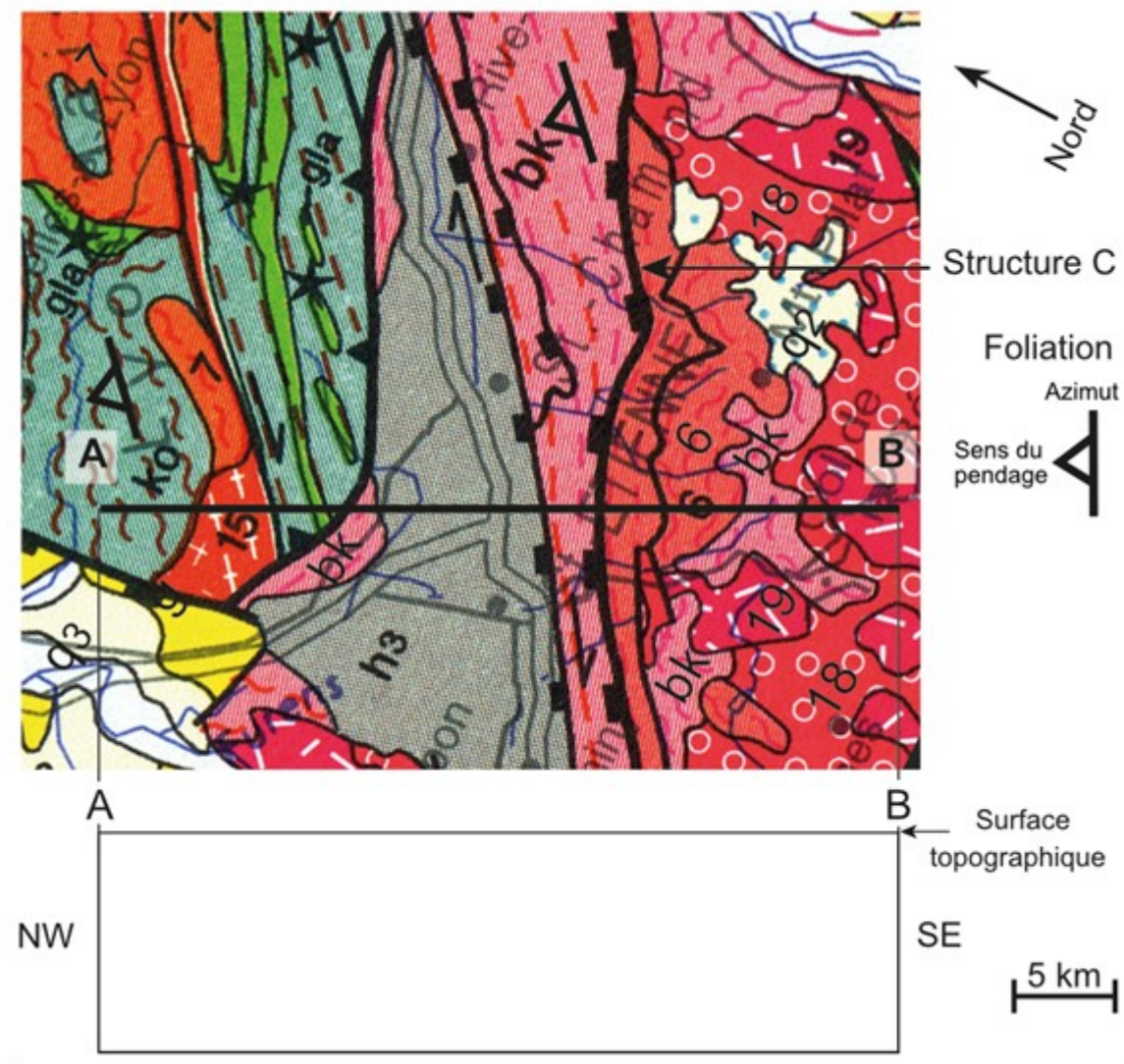
Tableau 1. Réponse à la question 2.1.

	Fossiles de faciès	Fossiles stratigraphiques
Intérêt en géologie		
Caractéristiques du fossile		
Exemple de groupe utilisé		

Tableau 2. Réponse à la question 2.4. Analyse des échantillons de roche de la figure 4.

Échantillon	Échantillon A	Échantillon B
Nom de la roche		
Conditions de formation		
Indication paléoclimatique		

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE



Légende de la coupe

Figure 8. Extrait de la carte géologique de la France au millionième dans les environs de Saint-Étienne. La figure 9 correspond à la légende de cette carte.

Tableau 3. Réponse à la question 3.1. Noms et mode de formation des indices paléoclimatiques du Quaternaire observables sur la figure 10.

Photographie	Nom de l'objet paléoclimatique	Mode de formation
a		
b		
c		
d		