TEST DE SÉLECTION

Olympiades internationales de géosciences

Mercredi 5 février 2020

Durée : 2 heures

Validation de la préparation française

Prénom et Nom :

Date de naissance :

Classe :

Établissement scolaire :

Je m'engage sur l'honneur à ne pas diffuser le contenu du test avant l'annonce des résultats.

Signature de l'élève

PRÉSENTATION DU TEST

Ce test comprend **47 questions sous forme de questions à choix multiples réparties sur 37 pages.**

L'USAGE DES CALCULATRICES EST AUTORISÉ

DURÉE DU TEST

Les élèves ont **1 heure 50 minutes** pour composer sur le test imprimé en entourant au stylo les réponses choisies pour chaque question et **10 minutes** pour saisir leurs réponses sur le formulaire en ligne.

- ⇨ La durée totale du test est de **2 heures**

BAREME DES QUESTIONS À CHOIX MULTIPLES

- ⇨ Questions avec une seule réponse correcte

1 point pour la réponse correcte et 0 point pour une réponse fausse

- ⇨ Questions avec plusieurs réponses correctes

1 point par réponse correcte et -0.5 point pour chaque réponse fausse

Remarques *:*

- Aucune question ne sera notée en dessous de zéro même si le nombre de réponses fausses dépasse le nombre de réponses correctes ;

- Il y a toujours au moins une réponse fausse ;

- La question sera notée zéro si toutes les réponses sont cochées.

Introduction questions 1 - 10

Il est possible de déterminer approximativement la température T d'une planète en calculant sa température d'équilibre $\mathbf{T_{eq}}$.

Une planète qui serait à l'équilibre réémettrait autant d'énergie lumineuse dans le domaine infrarouge qu'elle en absorberait du Soleil dans le domaine visible.

Puissance solaire absorbée = puissance rayonnée en infrarouge

$$F/D^2 * \pi R^2 * (1 - A) = 4 \pi R^2 * \sigma * T_{eq}^4$$

- **F** = flux solaire = 1368 $W.m^{-2}$ à 1 UA du Soleil

- **R** = rayon de la planète

- **A** est l'albédo de Bond = énergie solaire réfléchie par la planète vers l'espace par rapport à l'énergie solaire reçue par la planète. On suppose que A = 0,3 pour la Terre.

- **D** = distance entre des objets du Système solaire, exprimé en UA (Unité Astronomique)

- $\mathbf{T_{eq}}$ = température exprimée en Kelvin

On rappelle la conversion des degrés Celsius en degré Kelvin (mesure de températures dans le système international) : T(°C) = T(K) - 273,15

- σ = constante de Stefan-Boltzmann = 5,6705 10^{-8} $W.m^{-2}.K^{-4}$

***Document 1**. Température d'équilibre d'une planète.*

Question 1 : À partir de l'analyse du document 1 et de vos connaissances, choisissez LES propositions correctes.

a. **La température d'équilibre d'une planète dépend de sa taille**
b. **La température d'équilibre d'une planète dépend de son albédo**
c. **La température d'équilibre d'une planète dépend de sa distance au Soleil**
d. **La puissance est une grandeur physique qui s'exprime en Joules**
e. **L'énergie rayonnée par un corps varie comme la puissance quatrième de sa température**
f. **0 K (le zéro absolu) correspond à -273,15°C**

Question 2 : Calculer la température d'équilibre de la Terre (UNE seule réponse correcte).

a. **255 K**
b. **265 K**
c. **275 K**
d. **285 K**
e. **295 K**
f. **305 K**
g. **315 K**

Question 3 : La température moyenne observée sur Terre est de 15°C. Il y a donc un écart entre la température calculée précédemment et la température observée. En utilisant vos connaissances, choisissez LA proposition permettant d'expliquer un tel écart.

a. **Le flux solaire à 1 UA du Soleil est très variable sur l'année**
b. **Les gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère terrestre contribuent à augmenter la température d'équilibre**
c. **Le champ magnétique de la Terre déséquilibre le bilan thermique**
d. **La géothermie (énergie interne de la Terre) réchauffe significativement la planète**
e. **Il faut tenir compte du flux de météorites sur Terre (100 tonnes par jour !)**
f. **Aucune des réponses précédentes**

	Jupiter	**Saturne**	**Uranus**	**Neptune**
Distance (UA)	5,2	9,55	19,22	30,11
Albédo	0,34	0,34	0,30	0,29
***Température à l'équilibre (K)**	110	82	58	48
****Température effective (K)**	124	95	59	70

** Température à l'équilibre calculée à partir de la formule du document 1*

*** Température effective calculée à partir du flux planétaire réellement mesuré*

L'atmosphère des planètes géantes est essentiellement constituée des éléments hydrogène et hélium, avec quasiment pas de gaz à effet de serre.

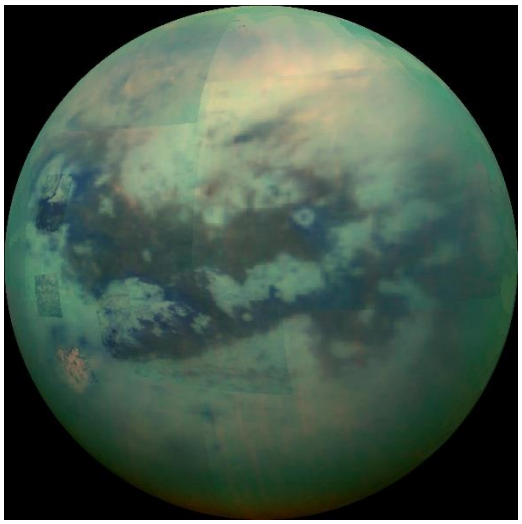
***Document 2**. Température de planètes géantes.*

Question 4 : À partir de l'analyse des documents 1 et 2 et de vos connaissances, choisissez LES propositions correctes.

a. **La température d'équilibre de Neptune est la plus basse car c'est la planète la plus éloignée du Soleil**
b. **Si Jupiter était à la distance de Neptune, sa température d'équilibre serait plus élevée que celle de Neptune**
c. **Neptune est la planète la plus sombre**
d. **Les planètes géantes émettent plus d'énergie qu'elles n'en reçoivent**
e. **L'écart par rapport à la température effective est largement dû, comme pour la Terre, à l'effet de serre**
f. **Cet écart doit sans doute son origine à la fusion nucléaire, comme c'est le cas pour le Soleil**

Question 5 : Choisissez LES propositions correctes relatives aux caractéristiques communes partagées par les quatre planètes géantes du Système solaire.

a. **Elles sont gazeuses**
b. **Elles ont une densité faible (autour de 1)**
c. **Elles ont un très grand nombre de satellites**
d. **Elles ont un système d'anneaux**
e. **Elles possèdent un champ magnétique**
f. **Elles ont une faible masse comparée aux planètes telluriques**
g. **Elles n'obéissent pas aux lois de Kepler**
h. **Elles ont des périodes de rotation lentes par rapport aux planètes telluriques**
i. **Elles sont connues depuis l'antiquité**



Titan, le plus gros satellite de Saturne, mesure 5151 km de diamètre. Titan tourne autour de Saturne en **15 jours et 22 heures**. Comme notre Lune, et beaucoup de satellites de planètes géantes, Titan est en rotation synchrone, c'est à dire que sa **période orbitale** est identique à sa **période de rotation**. Titan orbite à peu près dans le plan équatorial de Saturne et est très peu incliné (0,28°) sur son orbite.

Saturne orbite autour du Soleil en **29,44 années** à une distance moyenne du Soleil de **9,55 UA** et est inclinée sur son orbite de 26,73°.

***Document 3**. Titan, lune de Saturne, image recomposée de Titan en infrarouge vu par la sonde Cassini en novembre 2015. Crédit : NASA*

Question 6 : À partir de l'analyse du document 3 et de vos connaissances, choisissez LES propositions correctes.

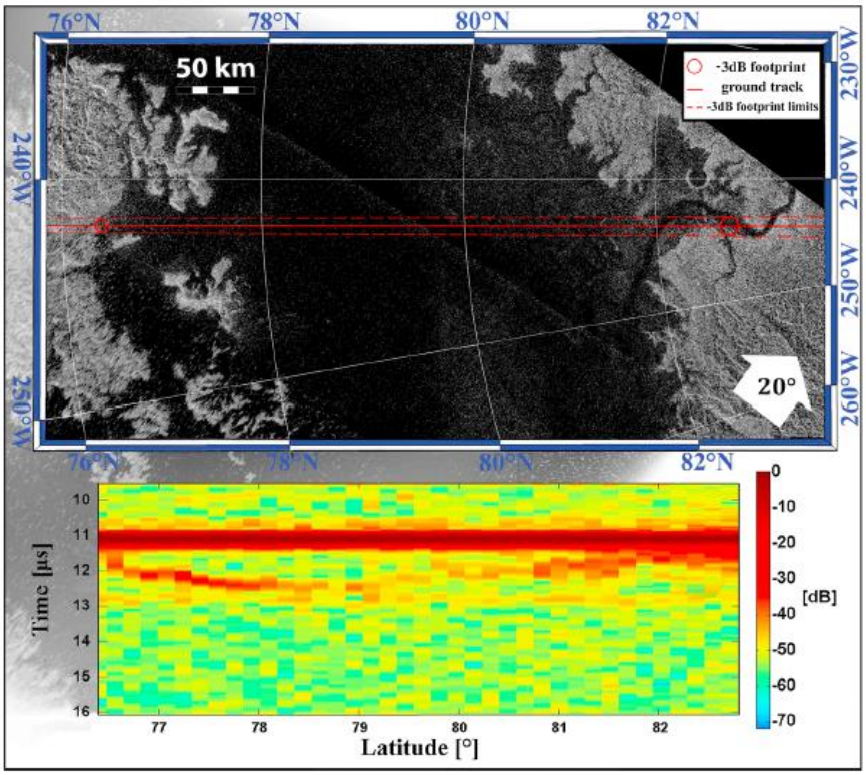
a. **Titan est en rotation synchrone à cause des effets de marée de Saturne**
b. **Depuis Titan, on voit toujours la même face de Saturne**
c. **Il n'y a pas de saisons sur Titan**
d. **Il y a des saisons sur Saturne et chaque saison dure environ 7,5 années**
e. **Un jour sur Titan dure 29,44 années**
f. **L'année de Saturne dure 29,44 années**
g. **L'année de Titan dure 29,44 années**
h. **La gravité sur Titan est plus grande que celle sur Terre**

La température d'équilibre de Titan, situé à 9,55 UA du Soleil, est de T_{eq} = 82,5 K.

La pression à la surface de Titan est très proche de celle sur Terre : 1,5 bar. Comme sur Terre, le composé principal est le diazote (98%), mais le second composé le plus abondant est le méthane (CH_4, 1,5 %), suivi de H_2 (0,1%) puis de l'éthane (0,001%). On trouve des grandes étendues liquides à la surface de Titan : plusieurs centaines de lacs et des mers de plusieurs centaines de kilomètres de long. Titan possède un cycle du méthane.

Les mers sont principalement constituées de méthane et d'éthane liquides. La mission Cassini a réalisé en 2014 une mesure de la profondeur de la mer Ligeia (la deuxième plus grande de Titan).

***Document 4**. L'atmosphère de Titan.*



L'image du haut montre l'image radar de la mer Ligeia, avec l'empreinte au sol de la mesure d'altimétrie. L'image du bas est un diagramme de l'écho radar le long de la mer Ligeia. L'échelle sur la gauche indique le délai (aller/retour) du signal radar. On remarque un premier écho très fort

correspondant à la surface de la mer, puis un second plus faible correspondant au fond marin. On suppose que l'indice de réfraction de cette mer d'hydrocarbure est **n=1,3**.

La vitesse de propagation d'une onde électromagnétique dans un milieu d'indice de réfraction *n* est donnée par la relation: ***v = c/n*** où *c* = 300 000 km/s est la célérité de la lumière dans le vide.

Document 5*. Bathymétrie d'une mer de Titan, Mastrogiuseppe et al. 2014*

Question 7 : À partir de l'analyse du document 4 et de vos connaissances, choisissez LES propositions correctes.

a. **Les conditions sur Titan font que l'on peut trouver H_2O sous forme solide et liquide**
b. **Le méthane joue le même rôle sur Titan que l'eau sur Terre dans les processus externes**
c. **Le flux solaire est environ 10 fois plus faible sur Titan par rapport à la Terre**
d. **Le méthane joue un rôle d'effet de serre pour Titan**
e. **Depuis Titan, le diamètre apparent du Soleil est environ 100 fois plus petit que vu depuis la Terre**

Question 8 : À partir de l'analyse du document 5 et de vos connaissances, choisissez LES propositions correctes. Sur la photographie (haut), on pourrait noter la présence…

a. **De nuages**
b. **D'une bordure de côte**
c. **D'un delta**
d. **D'un estuaire**
e. **D'une coulée volcanique**
f. **D'un impact météoritique**
g. **De fjords**
h. **D'une modification de l'état physique de l'eau au cours du temps sur Titan**

Question 9 : À partir de l'analyse minutieuse du document 5, choisissez LES propositions correctes.

a. **La partie la plus profonde de la mer se situe entre les latitudes 76° et 77°**
b. **La partie la plus profonde de la mer se situe entre les latitudes 77° et 78°**
c. **La partie la plus profonde de la mer se situe entre les latitudes 78° et 79°**
d. **La partie la plus profonde de la mer se situe entre les latitudes 80° et 81°**
e. **La pente du fond marin est plus douce vers le Sud**
f. **La pente du fond marin est plus douce vers le Nord**

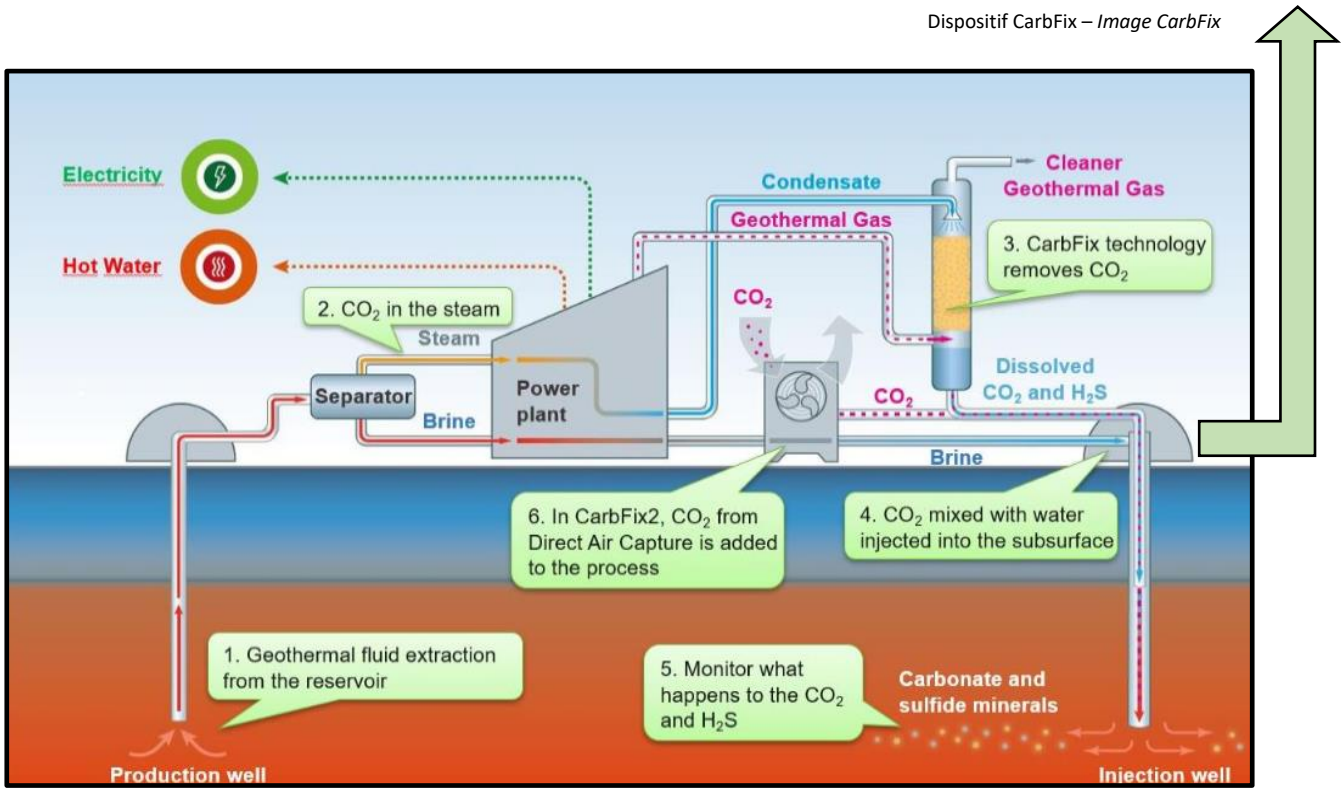
Question 10 : Choisissez LA profondeur maximale de Ligeia Mare.

a. **85 m**
b. **170 m**
c. **340 m**
d. **510 m**
e. **680 m**
f. **1020 m**
g. **1230 m**

Introduction questions 11 - 15

In 2018, global carbon emissions reached a record high and the United Nations warned we could have just 12 years left to prevent the catastrophic effects of climate change. While countries are making the shift towards clean energy, few are decarbonizing fast enough to meet the 2016 Paris Agreement climate targets. Some scientists have been working on other ways to mitigate global warming, including capturing carbon emissions from power plants and industrial processes, and then sequestering them safely underground. In 2012, a team of international researchers and engineers began injecting carbon dioxide (CO_2) into porous basalt rock, formed from cooling lava, at an underground test site in southwest Iceland *(red dot on the map).* About 40,000 tonnes of CO_2 and 9,000 tonnes of H_2S are produced out of the geothermal reservoir annually along with a minor amount of H_2, N_2, Ar, and CH_4.

Dispositif CarbFix – *Image CarbFix*



***Document 6**. Représentation schématique de la centrale géothermique d'Hellisheidi et du dispositif CarbFix. La géothermie vise à étudier et exploiter le phénomène d'augmentation de la température en fonction de la profondeur. Steam = vapeur ; Brine = eau salée.*

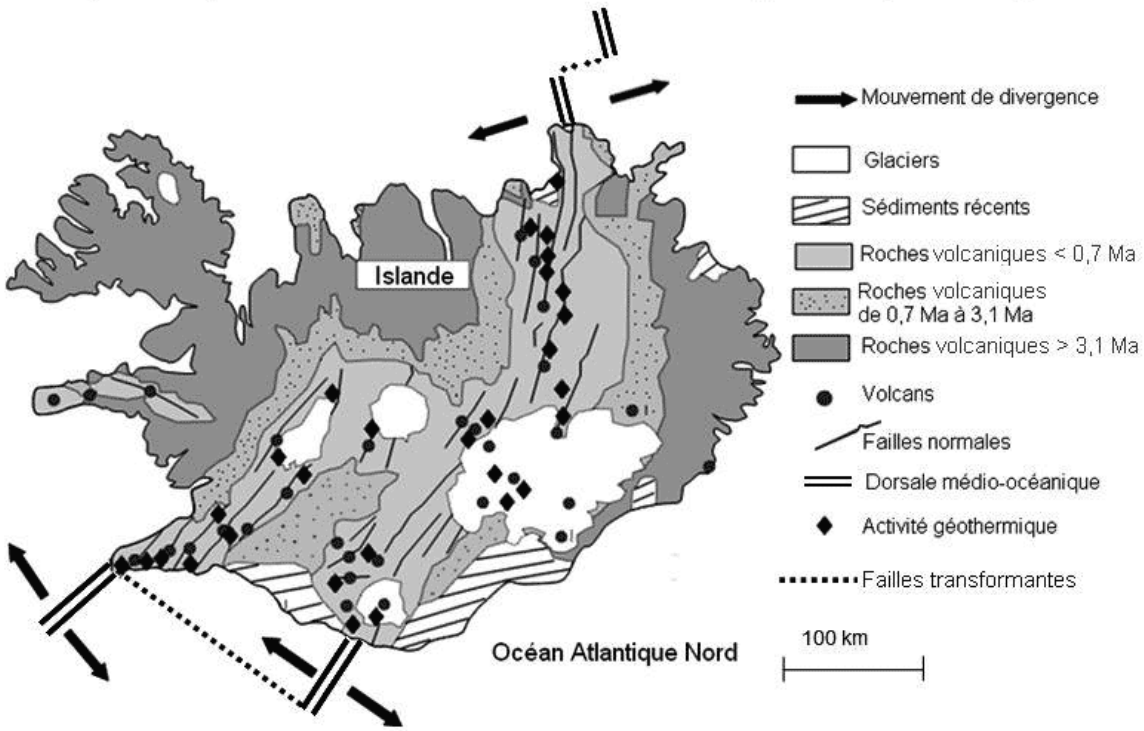
Question 11 : Choisissez LES propositions correctes relatives aux installations « centrale géothermique / dispositif CarbFix ».

a. **Les fluides géothermiques sont possiblement extraits à une profondeur de 2000 mètres**
b. **Un gaz produit dans la centrale géothermique peut être de l'H_2S**
c. **La vapeur d'eau produite par la centrale géothermique ne constitue pas un gaz à effet de serre**
d. **Il est fortement probable que Hellisheidi soit placée sur une zone non volcanique**
e. **À l'étape 4, les gaz peuvent être dissous suite à une augmentation de pression dans le conduit**
f. **Le succès de cette méthode réside dans la possibilité de stocker de manière permanente et sécuritaire le CO_2 dans les roches**
g. **Ces installations ne font pas partie des « énergies propres » mentionnées dans le texte**

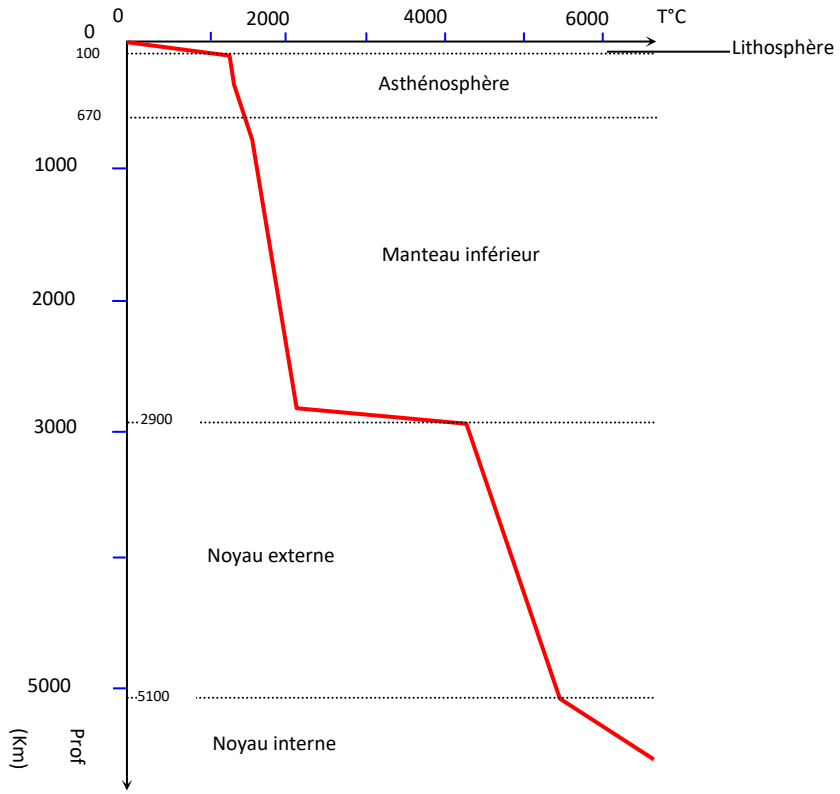
Question 12 : Choisissez LES propositions correctes relatives aux installations « centrale géothermique / dispositif CarbFix ».

a. **Ces installations illustrent des interactions entre la géosphère et l'hydropshère uniquement**
b. **Ces installations illustrent des interactions entre l'atmosphère et l'hydrosphère**
c. **Une interaction hydrosphère/géosphère est illustrée à l'étape 5**
d. **Ces installations illustrent des interactions entre l'atmopshère, l'hydrosphère et la géosphère**

A



B



***Document 7**. Carte géologique de l'Islande (**A**) et courbe du géotherme (**B**).*

Question 13 : Choisissez LES propositions correctes relatives aux étapes 1-2 du document 6 ainsi qu'en utilisant vos connaissances.

a. **Dans la zone de la centrale géothermique, la courbe du géotherme est déplacée vers la droite**
b. **L'évacuation de la chaleur dans l'asthénosphère se fait par convection**
c. **Entre les étapes 1 à 2, il y a une transformation d'énergie mécanique en énergie thermique puis en énergie électrique**
d. **L'eau froide ne peut pas être réinjectée dans les rivières car elle est très riche en sels minéraux pouvant perturber les écosystèmes**
e. **On ne peut pas parler d'énergie renouvelable à l'échelle humaine car l'eau réinjectée est froide et prendra du temps à se réchauffer**
f. **L'Islande présente une dynamique en extension que l'on peut associer à une extension arrière-arc des zones de subduction**
g. **L'extension se fait à une vitesse de 3 cm.an^{-1}**
h. **L'extension se fait à une vitesse de 5 cm.an^{-1}**
i. **L'extension se fait à une vitesse de 7 cm.an^{-1}**
j. **L'une des sources de l'énergie géothermique est la radioactivité du manteau (Thorium, Potassium, Uranium)**

Question 14 : Choisissez LES propositions correctes relatives aux phrases suivantes : *"Some scientists have been working on other ways to mitigate global warming, including capturing carbon emissions from power plants and industrial processes, and then sequestering them safely underground. In 2012, a team of international researchers and engineers began injecting carbon dioxide (CO_2) into porous basalt rock, formed from cooling lava".*

a. **La limitation du réchauffement climatique n'inclut pas les processus de séquestration du CO_2 par les forêts**
b. **Les chercheurs souhaitent injecter du CO_2 dans de la lave encore en fusion**
c. **Les chercheurs ont injecté du CO_2 dans des roches pauvres en silice (par rapport à un granite)**
d. **La lave dans laquelle est injectée le CO_2 contient des bulles de gaz**
e. **Un autre moyen de limiter le réchauffement climatique pourrait consister à développer davantage de centales géothermiques que de centrales à charbon**

Gas	Reactions
CO_2	$CO_{2(g)} + H_2O = H_2CO_3$
	$H_2CO_3 = HCO_3^- + H^+$
	$HCO_3^- = CO_3^{-2} + H^+$
H_2S	$H_2S_{(g)} = H_2S_{(aq)}$
	$H_2S_{(aq)} = HS^- + H^+$
	$HS^- = S^{-2} + H^+$

Minerals	Dissolution reaction
Albite	$NaAlSi_3O_8 + 4\,H^+ = Al^{+3} + Na^+ + 3\,SiO_2 + 2\,H_2O$
Anorthite	$CaAl_2Si_2O_8 + 8\,H^+ = Ca^{+2} + 2\,Al^{+3} + 2\,SiO_2 + 4\,H_2O$
Diopside	$CaMgSi_2O_6 + 4\,H^+ = Ca^{+2} + Mg^{+2} + 2\,SiO_2 + 2\,H_2O$
Enstatite	$MgSiO_3 + 2\,H^+ = Mg^{+2} + SiO_2 + H_2O$
Fayalite	$Fe_2SiO_4 + 4\,H^+ = 2\,Fe^{+2} + SiO_2 + 2\,H_2O$
Ferrosilite	$FeSiO_3 + 2\,H^+ = Fe^{+2} + SiO_2 + H_2O$
Forsterite	$Mg_2SiO_4 + 4\,H^+ = 2\,Mg^{+2} + SiO_2 + H_2O$

***Document 8**. Réactions de dissolution se déroulant dans la cuve (étape 4 du document 6), tableau du **haut**. Réactions de dissolution de minéraux présents dans le réservoir basaltique, tableau du **bas**.*

Remarque : Ce document est un document en anglais, l'écriture Ca^{+2} correspond à Ca^{2+}.

Question 15 : En utilisant le document 8 et vos connaissances, choisissez LES propositions correctes.

a. **Les réactions qui se déroulent dans la cuve augmentent l'acidité de l'eau injectée en subsurface**
b. **Les réactions qui se déroulent dans la cuve sont nécessaires pour dissoudre le basalte en subsurface**
c. **La dissolution du basalte n'est pas nécessaire car sa porosité permet le stockage de l'eau enrichie en CO_2**
d. **Les minéraux présents ne sont pas tous des minéraux silicatés**
e. **Le diopside et la ferrosilite sont des minéraux intéressants pour la formation de carbonate de calcium**
f. **Parmi cette liste de minéraux, certains doivent être de l'olivine et d'autres des pyroxènes**
g. **La précipitation de carbonate de calcium serait théoriquement plus intéressante avec l'anorthite que le diopside car le pH sera d'autant moins important**

Introduction questions 16 - 18 Le $\delta^{18}O$, un indicateur paléo-climatique

Les deux isotopes de l'oxygène les plus fréquents sont l'oxygène 16 (^{16}O) et l'oxygène 18 (^{18}O) respectivement avec une abondance de 99 % et de 0,2 % dans les océans actuels. Ces deux isotopes entrent dans la composition de la molécule d'eau. On trouve donc dans les océans actuels 99 % d'eau constituée d'oxygène 16 et 0,2 % d'eau constituée d'oxygène 18.

Quand l'eau passe de l'état liquide des océans à l'état gazeux dans l'atmosphère ou de l'état gazeux à l'état liquide dans l'atmosphère les rapports entre $H_2{}^{16}O$ et $H_2{}^{18}O$ sont modifiés. C'est ce que l'on appelle le fractionnement isotopique de l'eau. Plusieurs mécanismes entre en jeu :

- l'eau constituée d'oxygène 16 s'évapore plus facilement des océans que l'eau constituée d'oxygène 18 ;
- l'eau constituée d'oxygène 18 de l'atmosphère condense plus vite et précipite sous forme de pluie donc plus vite que l'eau constituée d'oxygène 16 ;
- Quand les températures diminuent la condensation est accentuée.

Pour évaluer les variations des rapports isotopiques de l'eau de pluie et des glaces, on calcule le $\delta^{18}O$.

<u>Par définition</u> :

$$\delta^{18}O = \frac{\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)_{échantillon} - \left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)_{smow}}{\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)_{smow}} X1000$$

$\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)_{échantillon}$ est la valeur mesurée par spectrométrie de masse de l'échantillon d'eau.

$\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)_{smow}$ est la valeur de référence actuelle des océans. *Smow* est l'abréviation de *Standard Mean Océan Water.*

Question 16 : ^{18}O est un isotope de l'oxygène… (UNE seule réponse correcte)

a. **Stable et radioactif**
b. **Stable et non radioactif**
c. **Instable et radioactif**
d. **Instable et non radioactif**

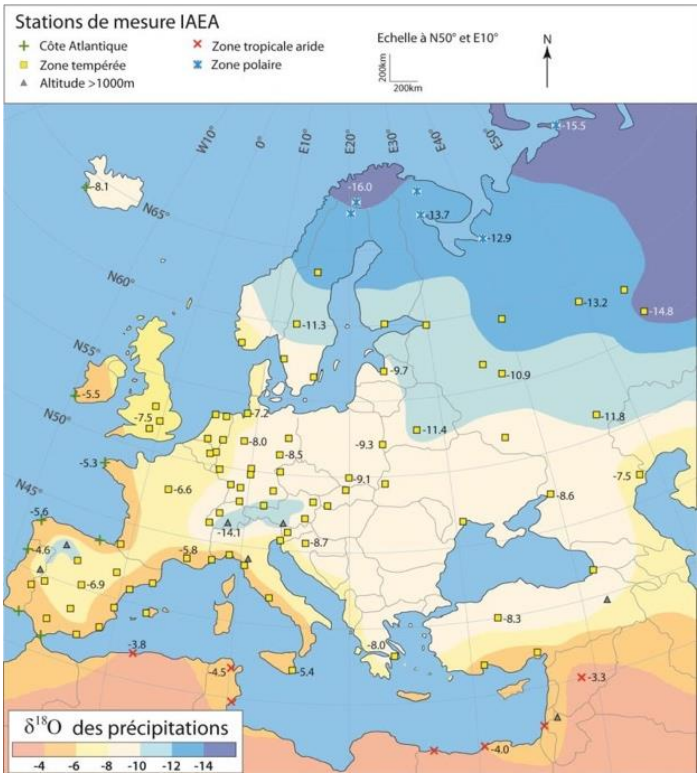
Question 17 : La valeur de référence des océans donnée par $(\frac{^{18}O}{^{16}O})_{smow}$ est égale à… (UNE seule réponse correcte)

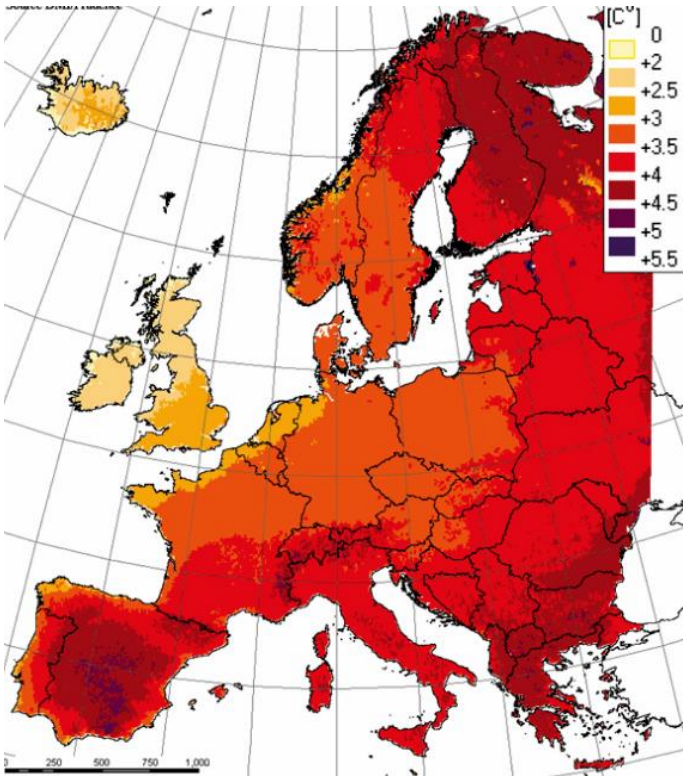
a. **Ce n'est pas calculable car cela varie tout le temps**
b. **1.10^{-3}**
c. **2.10^{-3}**
d. **2.10^{-2}**
e. **1.10^{-2}**

Question 18 : Quand les températures diminuent le $\delta^{18}O$… (UNE seule réponse correcte)

a. **Des glaces diminue**
b. **Des glaces augmente**
c. **Est stable**
d. **On ne peut pas le savoir**

Questions 19 - 20 Mesures actuelles du $\delta^{18}O$ et projections en 2050





***Document 9**. Carte présentant les valeurs moyennes du $\delta^{18}O$ dans les eaux de pluie en 2006 (**à gauche**) et carte donnant les variations de températures prévisibles sur l'un des scénarios (A2) du réchauffement climatique pour 2050 (**à droite**).*

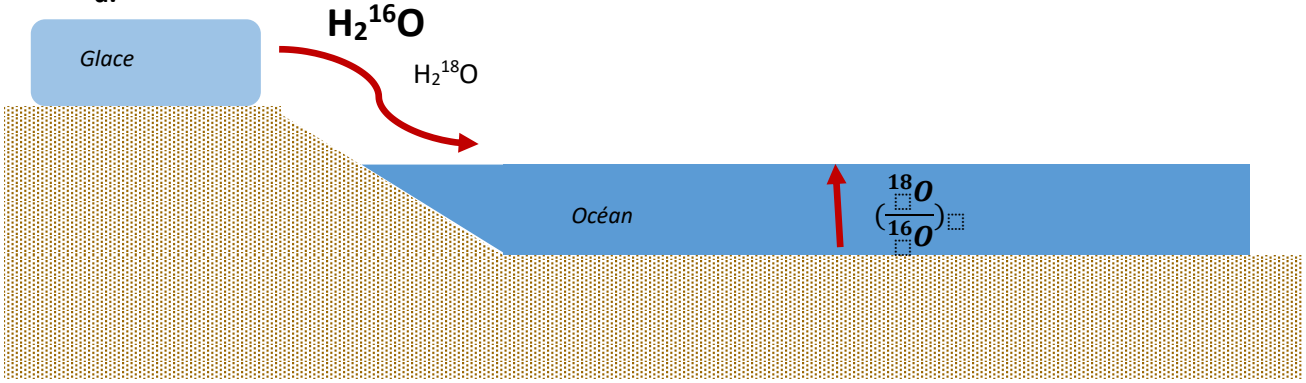
Question 19 : À Paris, en 2050, les températures moyennes seront comparables à celles de la bordure de la Méditerranée. La valeur du $\delta^{18}O$ tendra vers… (UNE seule réponse possible)

a. -4
b. -7
c. -10
d. -12

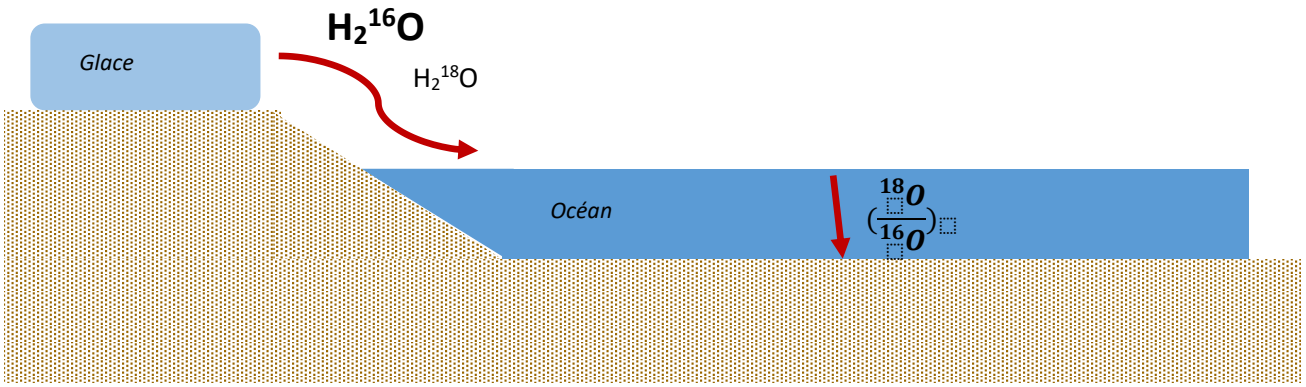
La quantité d'$H_2{}^{16}O$ et d'$H_2{}^{18}O$ étant constante à l'échelle du globe, la fonte des calottes glaciaires va provoquer une modification du rapport isotopique $(\frac{^{18}O}{^{16}O})$ des océans en 2050.

Question 20 : Choisissez LA proposition correcte à propos des isotopes de l'oxygène. La quantité relative d'$H_2{}^{16}O$ et d'$H_2{}^{18}O$ fournit par la glace est montrée par la taille de la police utilisée. L'augmentation ou la diminution du rapport $^{18}O/^{16}O$ est notée par les flèches rouges dans l'océan.

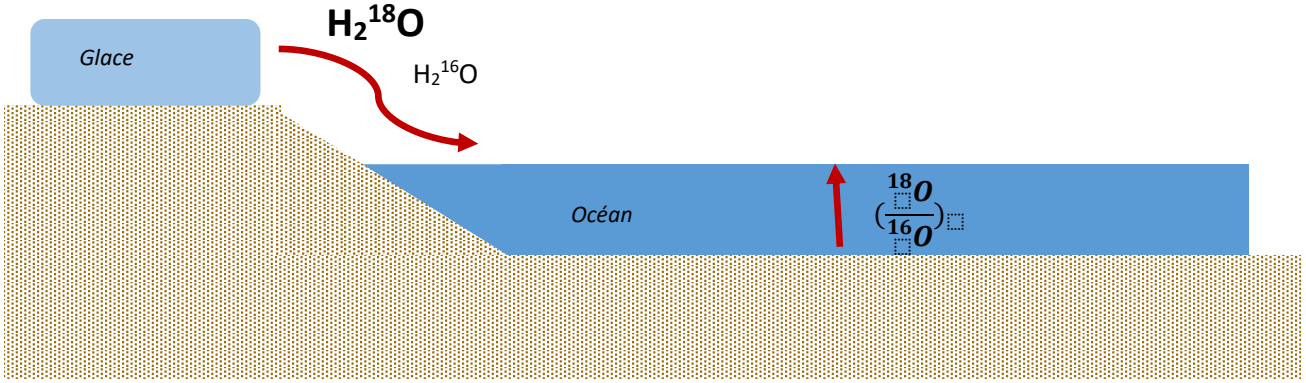
a.



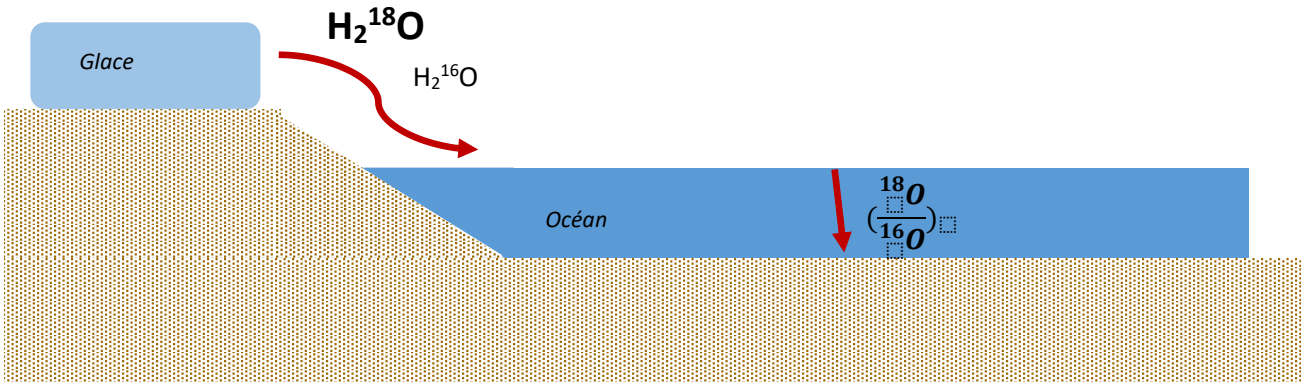
b.



c.

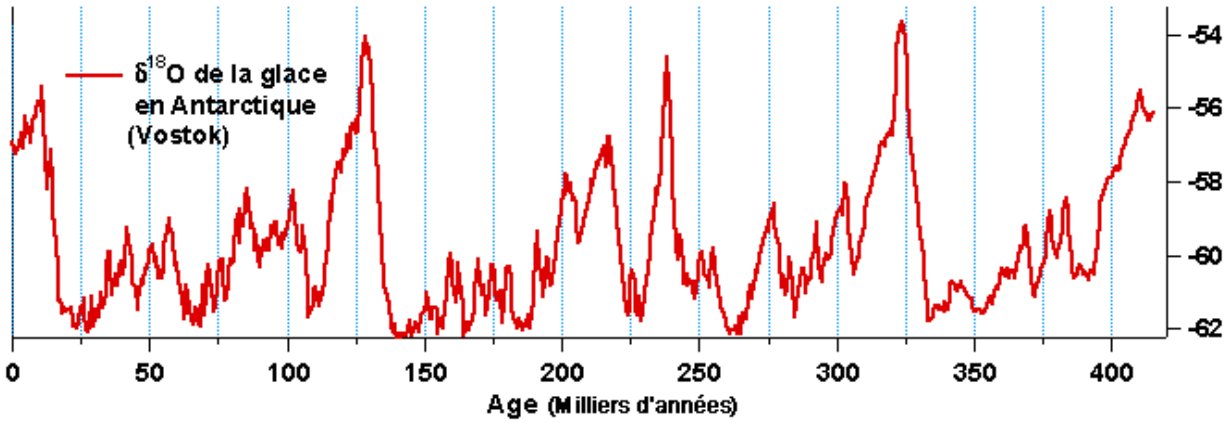


d.



Introduction question 21 Reconstitutions passées à partir du $\delta^{18}O$ des glaces du pôle Sud

On peut connaître la composition passée des eaux de pluies (ou de la neige) en mesurant le $\delta^{18}O$ dans les glaces des pôles.



***Document 10**. Variation du $\delta^{18}O$ de la glace de Vostok, une station de recherche sur le climat, en Antarctique.*

Question 21 : L'analyse de ce graphique permet de déduire… (PLUSIEURS réponses possibles)

a. **qu'à -125 000 ans a eu lieu un pic de réchauffement**
b. **qu'à -125 000 ans a eu lieu un pic de refroidissement**
c. **que de -25 à -110 000 ans est enregistré un refroidissement par rapport à l'actuel**
d. **que de -25 à -110 000 ans est enregistré un réchauffement par rapport à l'actuel**
e. **On observe des périodicités dans les changements climatiques avec une période de 100 000 ans environ**
f. **On observe des périodicités dans les changements climatiques avec une période de 25 000 ans environ**
g. **On peut mettre en relation ces périodicités avec des variations des paramètres orbitaux de notre planète**

Introduction questions 22 - 24 Le $\delta^{18}O$ des carbonates

De nombreux organismes marins fabriquent des carbonates qui rentrent par exemple dans la constitution des « coquilles » des mollusques marins.

On peut simplifier les différentes étapes de la production avec les équations chimiques suivantes :

1) Dans l'eau de mer les carbonates réagissent avec le dioxyde de carbone et l'eau pour former des ions hydrogénocarboniques et des ions calcium qui sont tous les deux solubles.

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftarrows 2\ HCO_3^- + Ca^{2+}$$

2) Les organismes qui produisent des éléments carbonatés (coquilles ou autres) prélèvent les ions calcium et les ions hydrogénocarboniques dans l'eau de mer. La réaction est donnée ci-dessous.

$$Ca^{2+} + 2\ HCO_3^- \rightarrow 2\ Ca(HCO_3)^{2-} \rightarrow 2\ \mathbf{CaCO_3} + 2\ H_2O + 2\ CO_2$$

Question 22 : Le rapport isotopique $(\frac{^{18}O}{^{16}O})$ des coquilles actuellement formées dans les océans est… (PLUSIEURS réponses possibles)

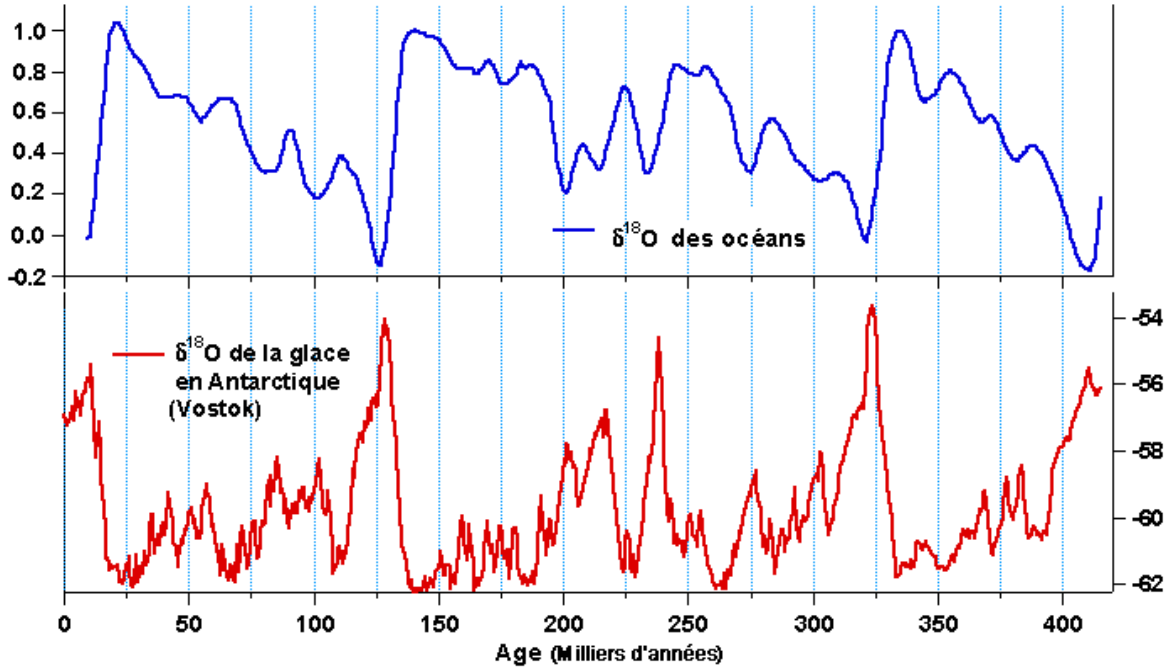
a. **Égal à celui des océans**
b. **Inférieur à celui des océans**
c. **Supérieur à celui des océans**
d. **Cela dépend de la température des océans**
e. **On ne peut pas le savoir**

Lors des grandes glaciations, les calottes polaires augmentent en volume. L'eau mobilisée sous forme de glace est en proportion plus riche en $H_2{}^{16}O$ qu'en $H_2{}^{18}O$. Pendant les périodes glaciaires l'océan diminue de volume et en proportion s'enrichit en $H_2{}^{18}O$.

Question 23 : Le $\delta^{18}O$ des carbonates indique donc… (PLUSIEURS réponses possibles)

a. **Directement les températures passées**
b. **Indirectement les températures passées**
c. **Directement le volume d'un bassin océanique**
d. **Indirectement le volume d'un bassin océanique**

Dans le document ci-après le « $\delta^{18}O$ des océans » est déduit des mesures réalisées sur les carbonates produits par des organismes.



Document 11. *Variation du $\delta^{18}O$ de la glace de Vostok, une station de recherche sur le climat, en Antarctique.*

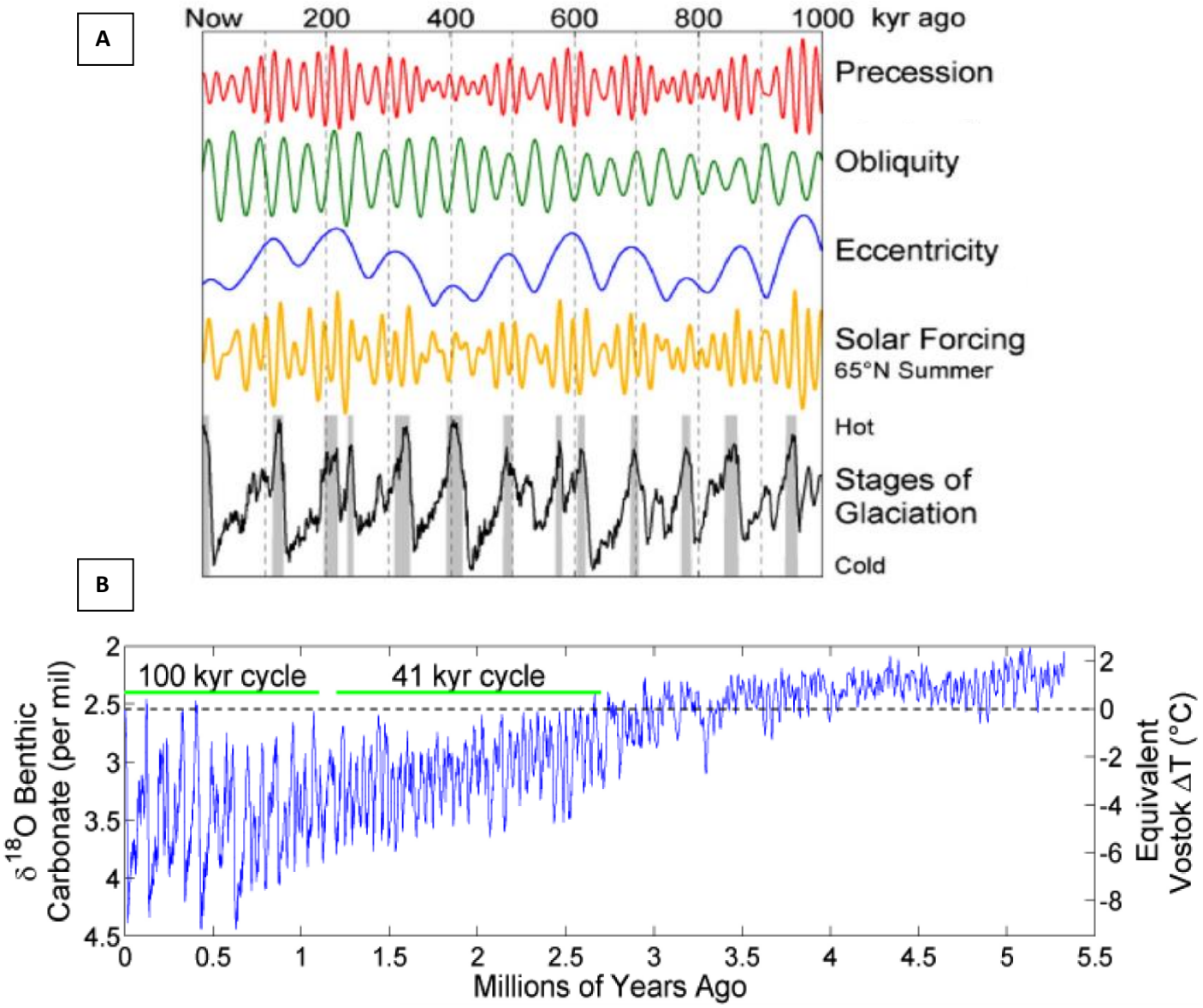
Question 24 : On peut expliquer les variations en sens opposé du $\delta^{18}O$ des océans et du $\delta^{18}O$ des glaces par… (PLUSIEURS réponses possibles)

a. **Une augmentation plus rapide de la température de l'atmosphère que celle de l'océan**
b. **Une augmentation plus rapide de la température de l'océan que celle de l'atmosphère**
c. **La plus grande mobilisation des molécules d'eau lourdes que des molécules d'eau légères dans les glaces**
d. **La plus grande mobilisation des molécules d'eau légères que des molécules d'eau lourdes dans les glaces**

Introduction questions 25 - 27 Phénomènes cycliques

La figure **A** ci-dessous montre les variations des paramètres orbitaux (précession des équinoxes, obliquité, excentricité) et le résultat du changement d'insolation à 65°N au cours du dernier million d'années. Les épisodes glaciaires/interglaciaires sont déduits du $\delta^{18}O$ de foraminifères benthiques. Les périodes interglaciaires sont représentées selon les barres grisées.

La figure **B** ci-dessous montre des données du $\delta^{18}O$ sur les 5 derniers millions d'années. Les microfossiles sont récupérés à partir de carottes de sédiments et analysés par spectromètre de masse. La variation de température (delta température) est présentée. Les données montrées ci-dessous représentent une compilation de données de 57 carottes de sédiments.



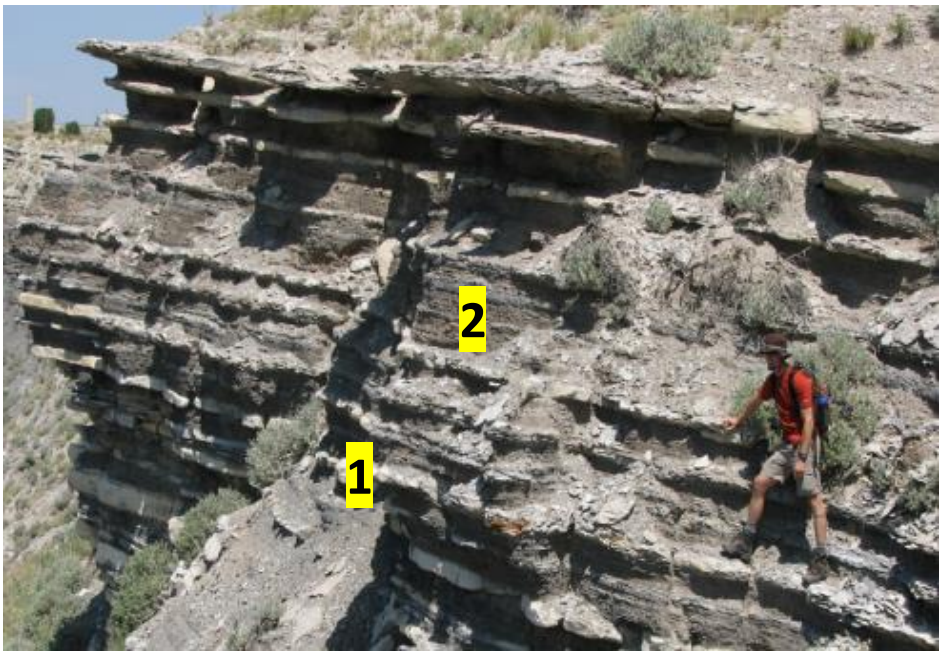
***Document 12**. Variation des paramètres orbitaux et glaciations (A), variation du $\delta^{18}O$ (B).*

Question 25 : Choisissez LES propositions correctes relatives à l'influence des paramètres orbitaux sur les périodes glaciaires et interglaciaires.

a. **La variation des paramètres de Milankovitch influence la température et les précipitations sur Terre**
b. **La variation de ces paramètres influence davantage les basses latitudes que les hautes latitudes**
c. **Si l'obliquité diminuait, les contrastes de saisons entre les hautes et basses altitudes seraient moindre et favoriseraient la glaciation**
d. **Une augmentation de l'obliquité est associée à une période glaciaire**
e. **Dans cet enregistrement (B), les glaciations ont été initiallement influencées par l'obliquité puis par l'excentricité**
f. **On note une diminution de l'amplitude des cycles glaciaires et une augmentation de leur fréquence au cours du temps**

Question 26 : Si l'âge à 62 mètres en dessous du niveau de la mer de la carotte (core) 198-1208A-8H est de 1,211 million d'années et que l'âge à 85 mètres sous le niveau de la mer est de 1,770 million d'années (âge basé sur la magnétostratigraphie), choisissez LES propositions correctes relatives à la cyclicité présente dans cette carotte.

a. **La période est d'environ 80 000 ans**
b. **La période est d'environ 110 000 ans**
c. **La période est d'environ 90 000 ans**
d. **Le calcul peut être effectué uniquement si la sédimentation a été constante**
e. **Il peut s'agir d'une varve**
f. **Les parties sombres sont probablement moins riches en carbone que les parties claires**
g. **Cette carotte doit présenter des minéraux capables d'enregistrer le champ magnétique**



***Document 13**. Affleurement géologique.*

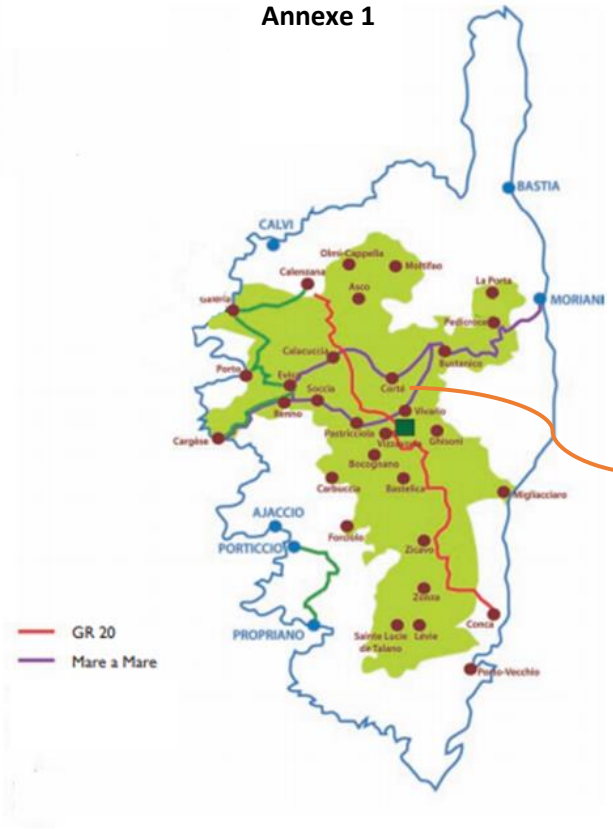
Question 27 : L'affleurement présente une alternance de marne et de calcaire. Choisissez LES propositions correctes.

a. **Il est fortement probable que les bancs (1) de la photographie soient des marnes et que les bancs (2) soient du calcaire**
b. **Il est fortement probable que les bancs (1) de la photographie soient du calcaire et que les bancs (2) soient des marnes**
c. **Sur la simple photographie, on ne peut pas avoir d'idée de l'échelle de temps de mise en place de cette formation**
d. **Ces dépôts ne peuvent pas être corrélés à une variation du niveau de la mer**
e. **La présence de banc calcaire pourrait illustrer un climat chaud et un environnement d'eau peu profonde**

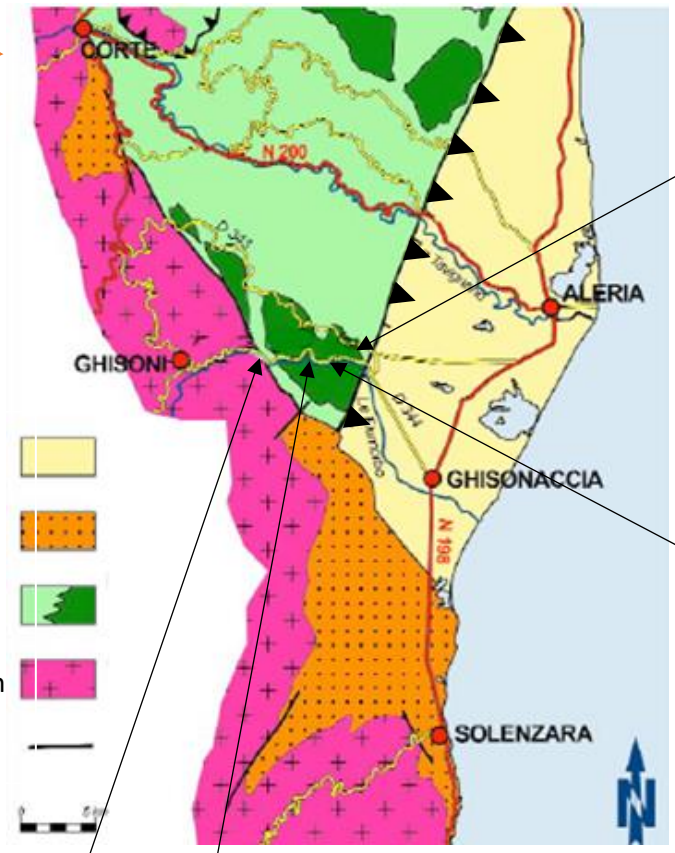
Introduction questions 28 - 40

La Corse est une île remarquable de par ses affleurements qui témoignent d'une histoire géologique riche. La Corse est une destination prisée des randonneurs du monde entier avec son célèbre GR20, un trek de 170 km qui traverse l'île et présente des affleurements variés. À travers le chemin du GR20, l'objectif sera de retracer les grandes lignes de l'histoire géologique de la Corse. L'annexe 1 présente une carte de la Corse avec les différents chemins d'intérêt, l'annexe 2 montre une carte du premier chemin étudié « Marche autour de Corte ».

Annexe 1



Annexe 2 *(partie 1)*



Front de charriage

1er arrêt

2ème arrêt

3ème arrêt

4ème arrêt

Miocene

Eocene

Couche alpine

Granite Hercynien

Faille

PARTIE I : Trek autour de Corte

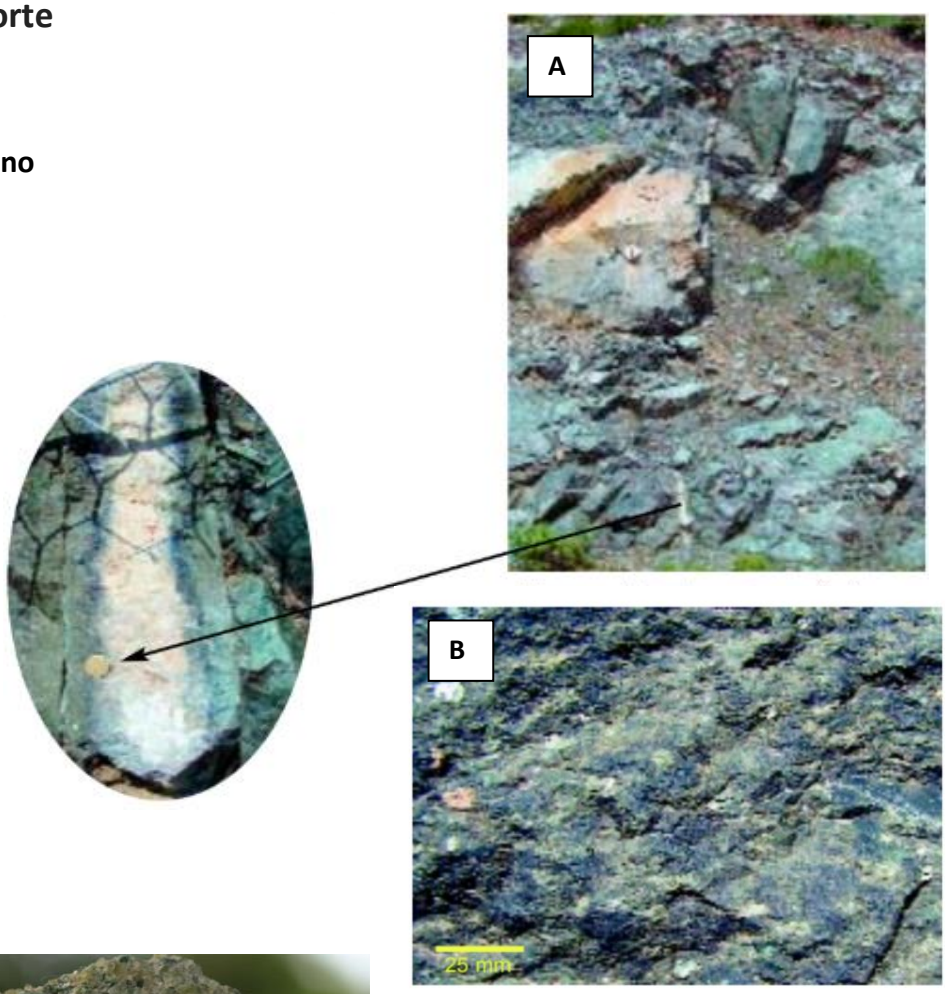
- **Premier arrêt – Pino**

***Document 14. A** : Photographie de l'affleurement et zoom d'une partie de l'affleurement.*

***B** : Photographie de la roche majoritairement présente à l'affleurement.*

Ces roches sont constituées d'olivines et de pyroxènes hydratés qui sont issus de la transformation de la roche présentée en (C).

***C** : Roche grenue, essentiellement constituée d'olivine, qui après hydratation a donné la roche (B). On dit que la roche (C) est le protolithe de la roche (B).*



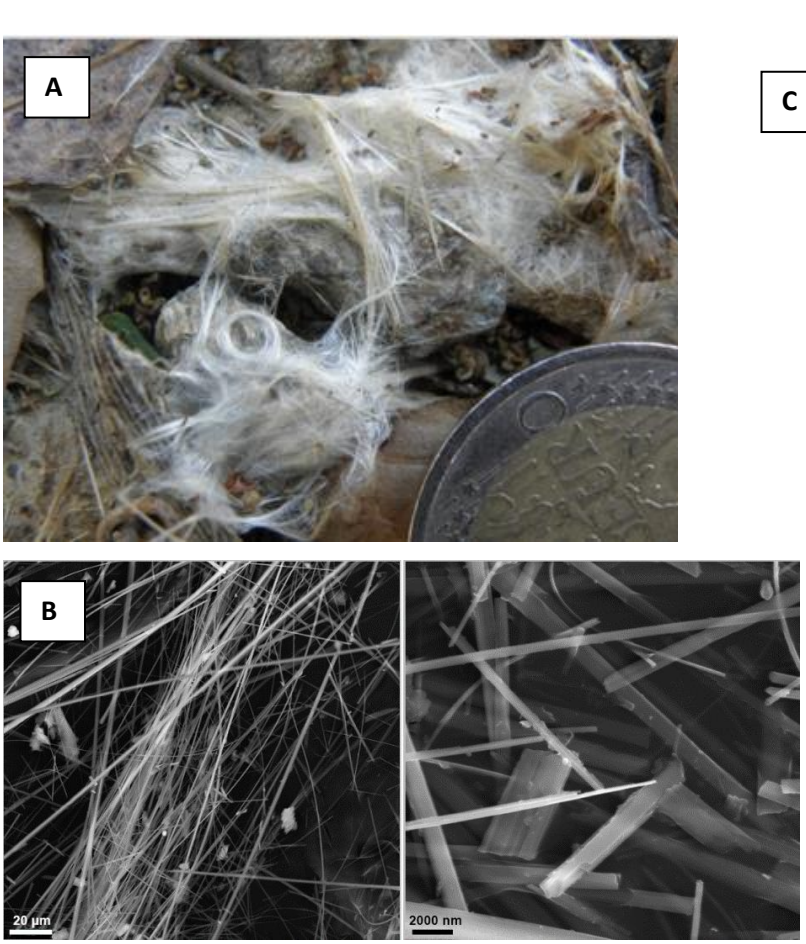
Question 28 : À propos de l'affleurement de Pino, choisissez LES réponses correctes concernant la couche Alpine.

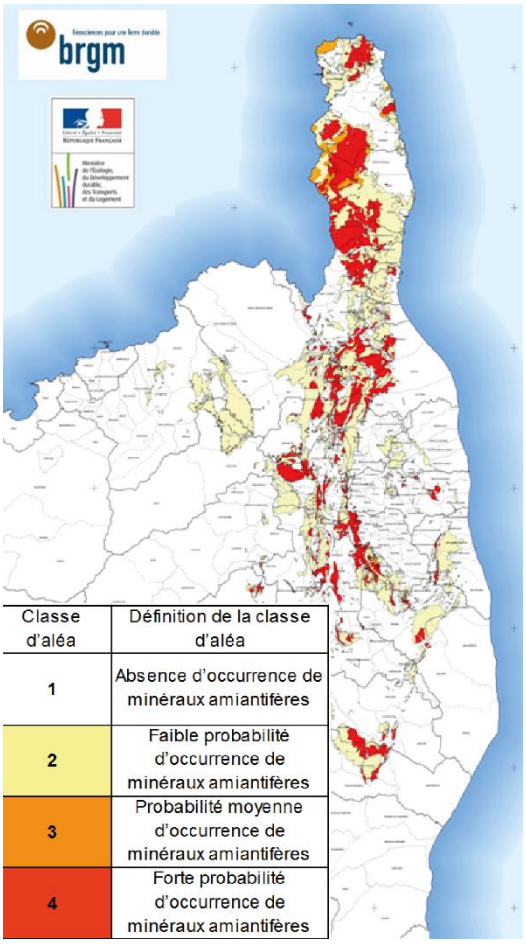
a) **L'affleurement consiste en des roches sédimentaires détritiques intactes**
b) **L'affleurement consiste en des roches magmatiques qui ont subi des transformations minéralogiques**
c) **S'il s'agit d'une roche sédimentaire, on peut dire qu'elle est composée d'une agglomération de différents types de roches sédimentaires, l'une étant riche en carbone**
d) **La roche B peut provenir d'un granite calco-alcalin**
e) **La roche B peut provenir d'une péridotite**
f) **La roche B peut provenir de matière organique**

Question 29 : La structure claire du zoom du document 14.A peut-être datée de façon relative par rapport à la roche B avec LE (ou LES) argument(s) suivant(s)

a) **La structure claire a été formée après la roche B car elle la recoupe**
b) **La structure claire a été formée avant la roche B car elle est recoupée**
c) **La structure claire a été formée après la roche B car elle est incluse dans la roche B**
d) **La roche B a été formée après la structure claire car elle entoure la structure claire**

Cette formation contient des minéraux constituant l'amiante qui a été largement utilisé dans l'industrie du fait de sa résistance à la chaleur, à l'électricité ainsi qu'à l'érosion chimique. Ces qualités ont fait de l'amiante un matériau intéressant pour l'industrie, cependant, il est fortement toxique et responsable de maladies pulmonaires.



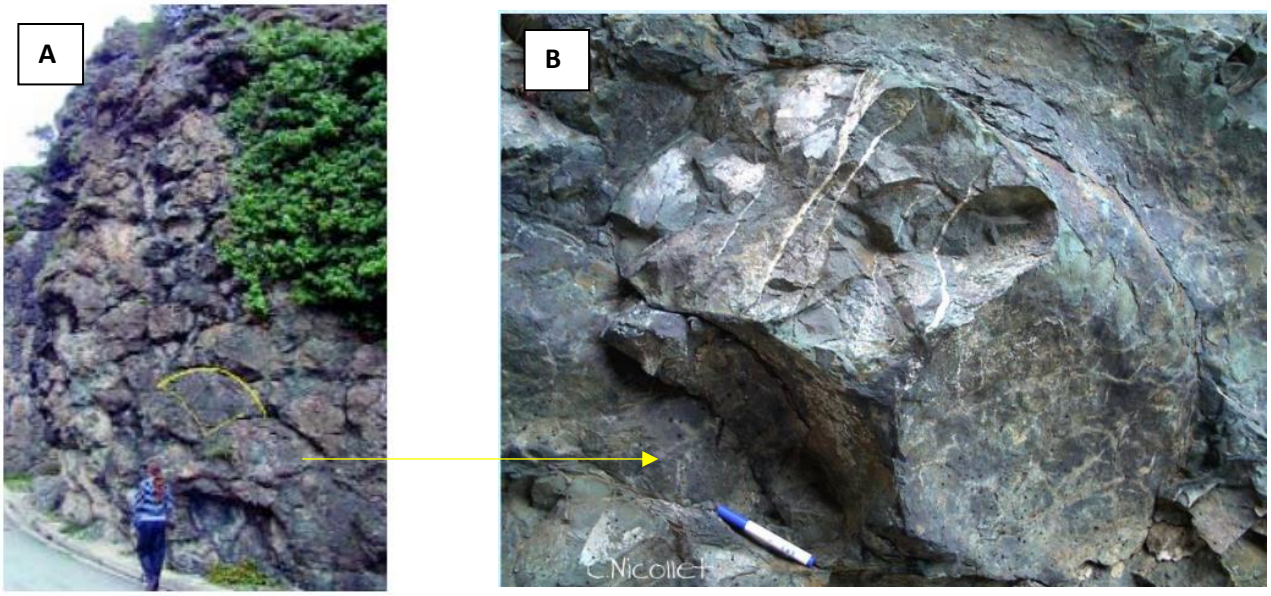


***Document 15. A** : Fibres de Tremolite (amiante) **B** : Minéraux constituant l'amiante (microscopie électronique) **C** : Carte du risque environnemental lié à l'amiante.*

Question 30 : Au sujet de l'amiante trouvé à l'affleurement, choisissez LES propositions correctes

a) **Il est probable de trouver les minéraux constituant l'amiante sous les roches Miocène de la zone**
b) **La vulnérabilité pourrait augmenter par l'érosion**
c) **Les minéraux constituant l'amiante sont distribués de manière homogène au niveau de la Corse Alpine**
d) **L'activité humaine ne peut pas augmenter le risque lié à l'amiante en Corse**
e) **La structure fibreuse des minéraux les rend intéressants en tant que matériaux isolants**

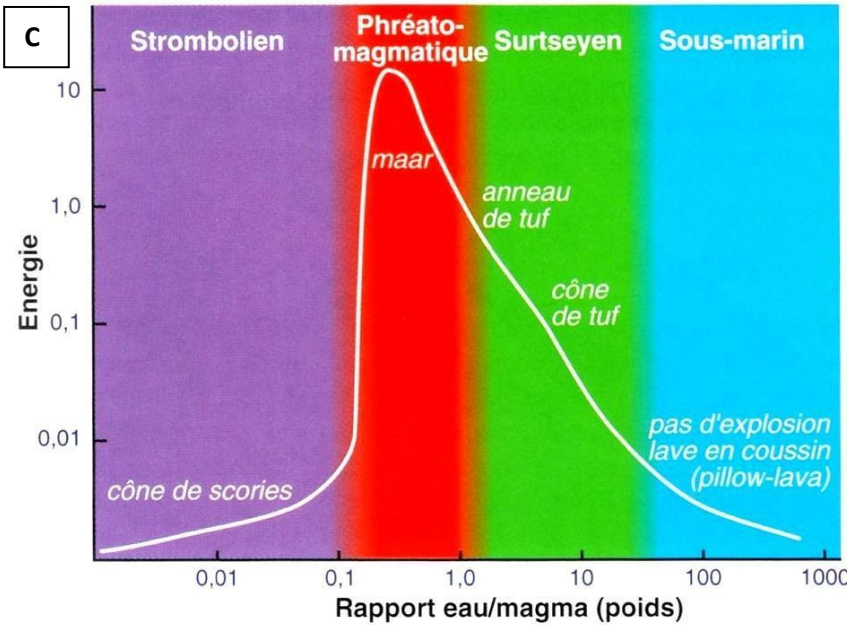
- **Deuxième arrêt - Inzecca**



Document 16.

***A** : Affleurement Inzecca*

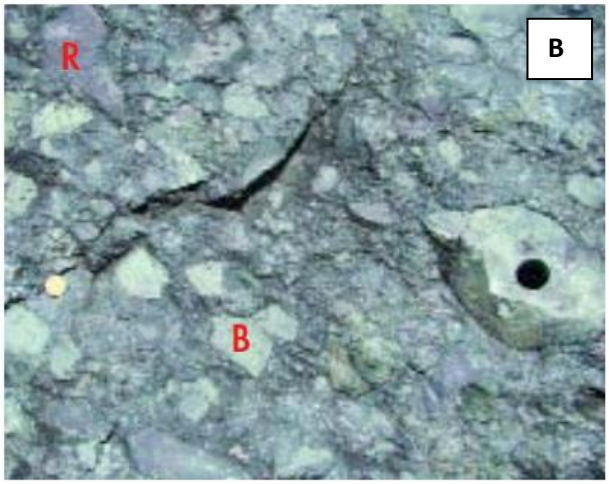
***B** : Agrandissement de la structure jaune en (A) **C** : Énergie relâchée (unité arbitraire) lors d'un épanchement de lave en fonction du ratio H_2O/magma*

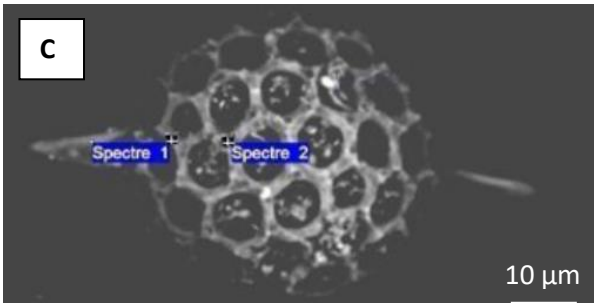


Question 31 : S'il s'agit d'un affleurement fait de roches magmatiques, on peut dire que… (PLUSIEURS réponses possibles)

a) **L'affleurement montre une coulée magmatique qui se serait déplacée de la droite vers la gauche de l'image**
b) **Il s'agit d'un affleurement de basalte en filons**
c) **La structure jaune est un pillow lava**
d) **La structure jaune est un cône de scories**
e) **La structure jaune est un anneau de tuf**
f) **La lave à l'origine de la formation n'implique pas d'eau dans l'environnement lors de son épanchement**
g) **La lave à l'origine de la formation implique de l'eau dans l'environnement lors de son épanchement**
h) **La formation d'un tel affleurement est liée à un faible relâchement d'énergie lors de l'épanchement avec un ratio de 0.001 : 1 pour H_2O/magma**
i) **La formation d'un tel affleurement est liée à un fort relâchement d'énergie lors de l'épanchement avec un ratio de 1 : 1 pour H_2O/magma**
j) **La formation d'un tel affleurement est liée à un faible relâchement d'énergie lors de l'épanchement avec un ratio de 1000 : 1 pour H_2O/magma**
k) **Lors d'un évènement de fort relâchement d'énergie, lapilli et cendres devraient être trouvés le long de cette formation**

- **Troisième arrêt – Sorbo**





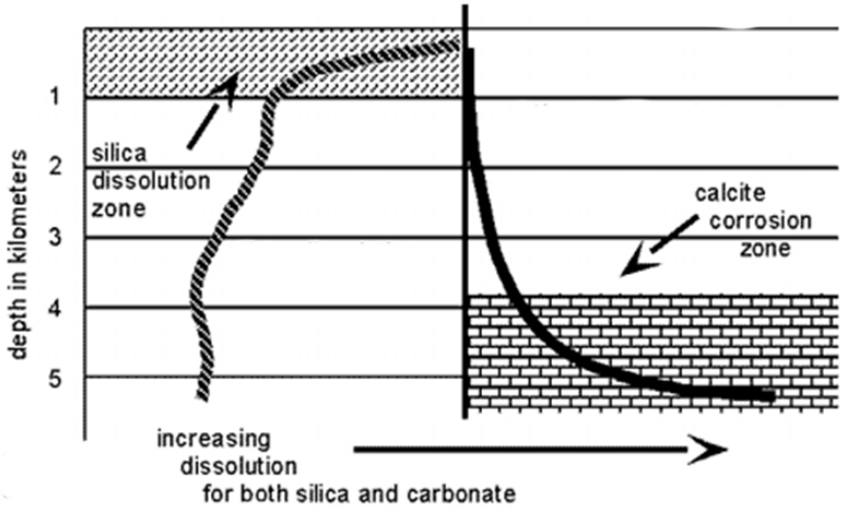
D

Spectre	C	O	Na	Mg	Al	Si	Ca	Total
1	20,86	45,06	0,68	0,28	1,94	29,79	1,40	100,00
2	14,18	51,93	-	-	3,20	27,64	3,06	100,00

***Document 17. A** : Affleurement Sorbo **B** : Roches trouvées à l'affleurement : éléments de même nature que la roche du document 16 (B) et petits fragments de roches appelées radiolarite (R) incluant des fossiles présentés en **C** dont l'analyse chimique est fournie en **D.** Les résultats sont donnés en pourcentage massique (%).*

Question 32 : En utilisant les informations extraites du document 17, choisissez LES bonnes réponses.

a) **Il n'y a pas de déformation, les roches sédimentaires sont organisées en couches régulières**
b) **La structure verticale de l'affleurement pourrait avoir pour origine un phénomène tectonique**
c) **Les roches semblent présenter un clivage**
d) **La roche "B" est une brèche de radiolarite**
e) **La roche "B" est une brèche de "la roche du document 16"**
f) **La roche B est un poudingue de radiolarite**
g) **Avant la diagenèse, les éléments constituant la roche sédimentaire ont subi un long transport**
h) **La couleur rougeâtre de l'affleurement pourrait être due à la présence de fer**
i) **La couleur rougeâtre de l'affleurement pourrait être due à la présence de grenat**

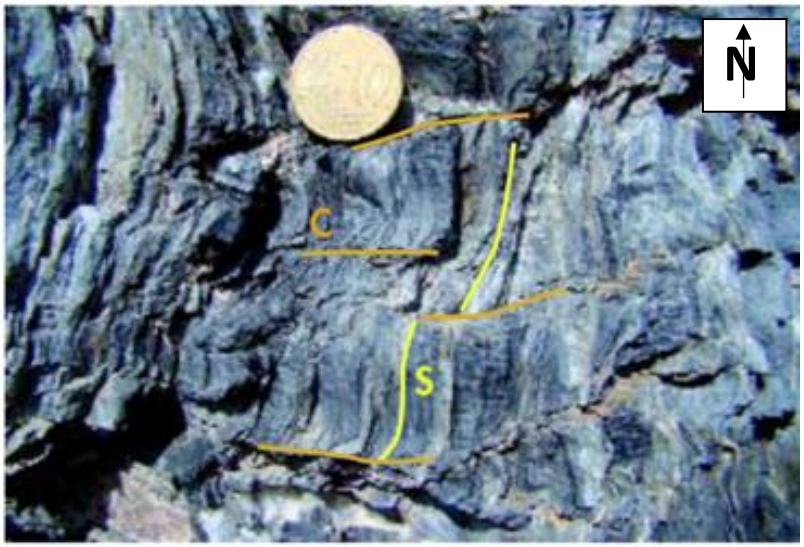


Document 18. *Évolution de la dissolution de la silice et de la calcite en fonction de la profondeur (en km).*

Question 33 : En utilisant les documents 17 et 18, choisissez LES propositions correctes.

a) **L'analyse de l'affleurement de Sorbo montre qu'il n'y avait pas de fossiles carbonatés présents dans l'environnement de dépôt**
b) **Le carbone trouvé dans les fossiles de l'affleurement provient de la biosphère qui est un réservoir de carbone**
c) **Le carbone détecté dans l'analyse chimique doit avoir pour origine une contamination lors de l'analyse de l'échantillon**
d) **La profondeur de dépôt n'est pas un facteur limitant pour la conservation de dépôt siliceux**
e) **La calcite biogénique est en équilibre avec les eaux de surface**
f) **La bathymétrie de l'environnement de dépôt est en dessous de 4000 mètres**
g) **La bathymétrie de l'environnement de dépôt est au-dessus de 4000 mètres**

- **Quatrième arrêt – Pont de Sampolo**



Document 19. *Schistes lustrés d'un affleurement incluant des calcschistes.*

<u>Note</u> : Ces roches réagissent à l'acide chlorhydrique.

Question 34 : En utilisant le document 19 et la carte des arrêts (annexe 2), choisissez LES propositions correctes.

a) **La bathymétrie n'a pas été modifiée entre le dépôt des radiolarites et le dépôt des calcschistes**
b) **Les schistes lustrés montrent que la bathymétrie a diminué entre le dépôt des radiolarites et le dépôt des calcschistes**
c) **Les changements de bathymétrie ne peuvent pas être expliqués par des phénomènes tectoniques**
d) **Sur la photographie de l'affleurement, le cisaillement est Nord-Sud**
e) **Sur la photographie de l'affleurement, le cisaillement est Ouest-Est**

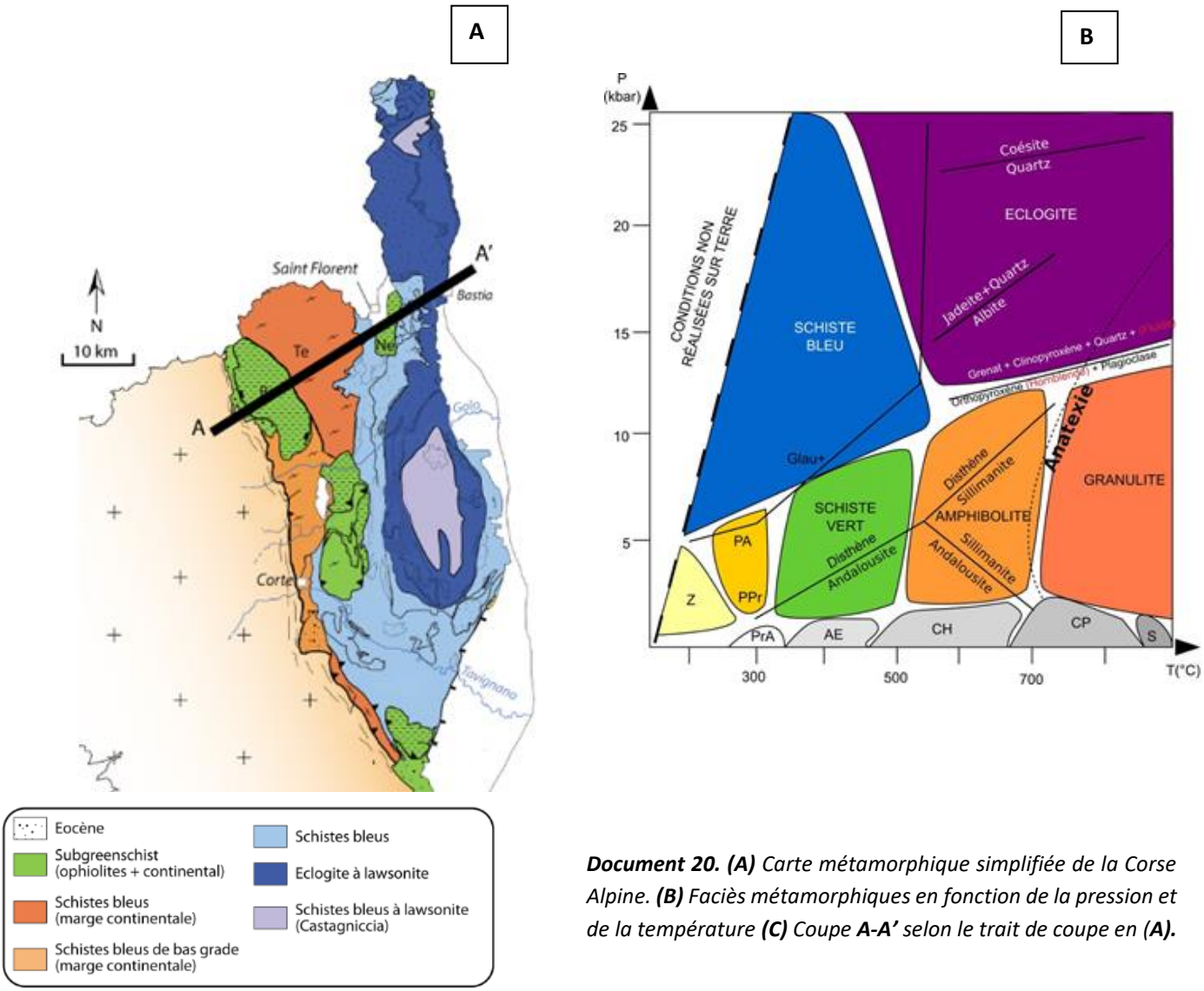
Question 35 : Le document 19 et la carte des arrêts (annexe 2) montrent que la faille qui sépare la Corse Alpine de la Corse Hercynienne a une direction… (UNE seule bonne réponse)

a) **NNE-SSW**
b) **N-S**
c) **NNW-SSE**
d) **E-W**

Question 36 : Tous les arrêts qui viennent d'être étudiés autour de Corte suggèrent… (PLUSIEURS réponses possibles)

a) **Des unités continentales**
b) **Des unités océaniques**
c) **Une varve**
d) **Une ophiolite partielle**
e) **Une turbidite**

PARTIE II : À TRAVERS LA MARE A MARE

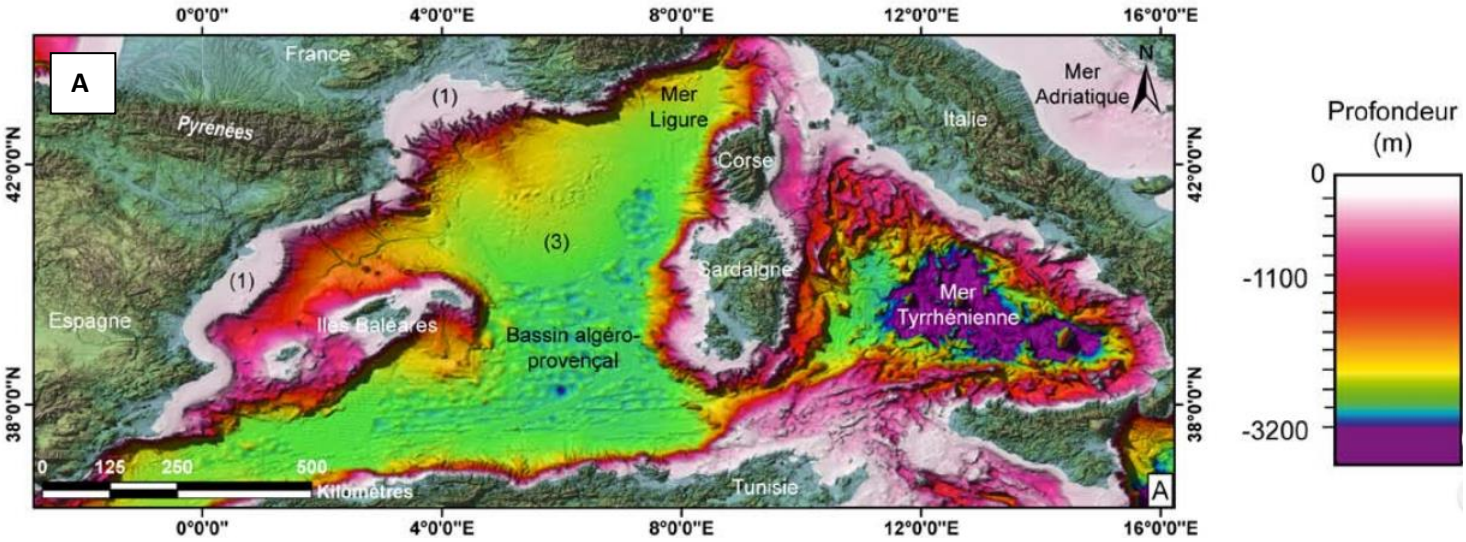


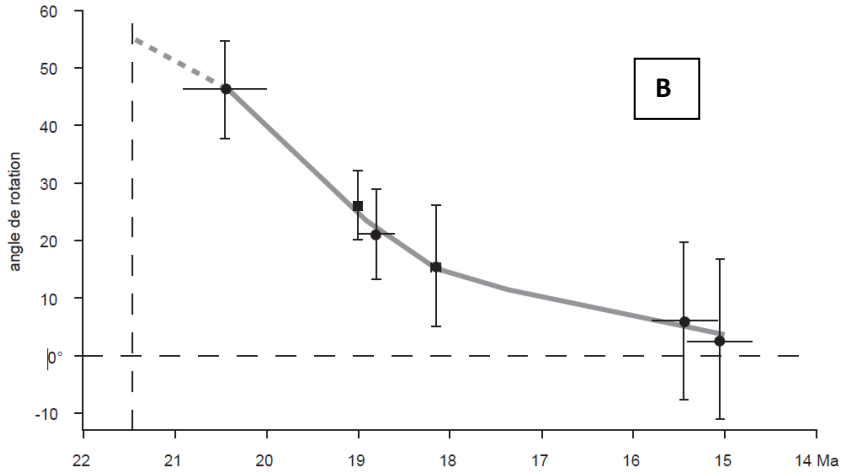
Document 20. (A) *Carte métamorphique simplifiée de la Corse Alpine.* ***(B)*** *Faciès métamorphiques en fonction de la pression et de la température* ***(C)*** *Coupe* ***A-A'*** *selon le trait de coupe en (****A****).*

Question 37 : En utilisant les informations extraites du document 20 (et annexes), choisissez LES propositions correctes.

a) **Le métamorphisme est une fusion partielle d'un protolithe sous des conditions de pression et de température spécifiques**
b) **Les températures atteintes lors de la transformation des roches sont d'autant plus fortes quand on se déplace d'Est en Ouest**
c) **Les températures atteintes lors de la transformation des roches sont d'autant plus fortes quand on se déplace d'Ouest en Est**
d) **Une géomorphologie d'anticlinal est présente au site "Ne"**
e) **Les roches au site "Te"ont vraisemblablement une résistance à l'érosion plus importante que les roches aux sites « B » et « Ne »**
f) **Le métamorphisme consiste en une transformation à l'état solide d'une roche en fonction des conditions de pression et de température**

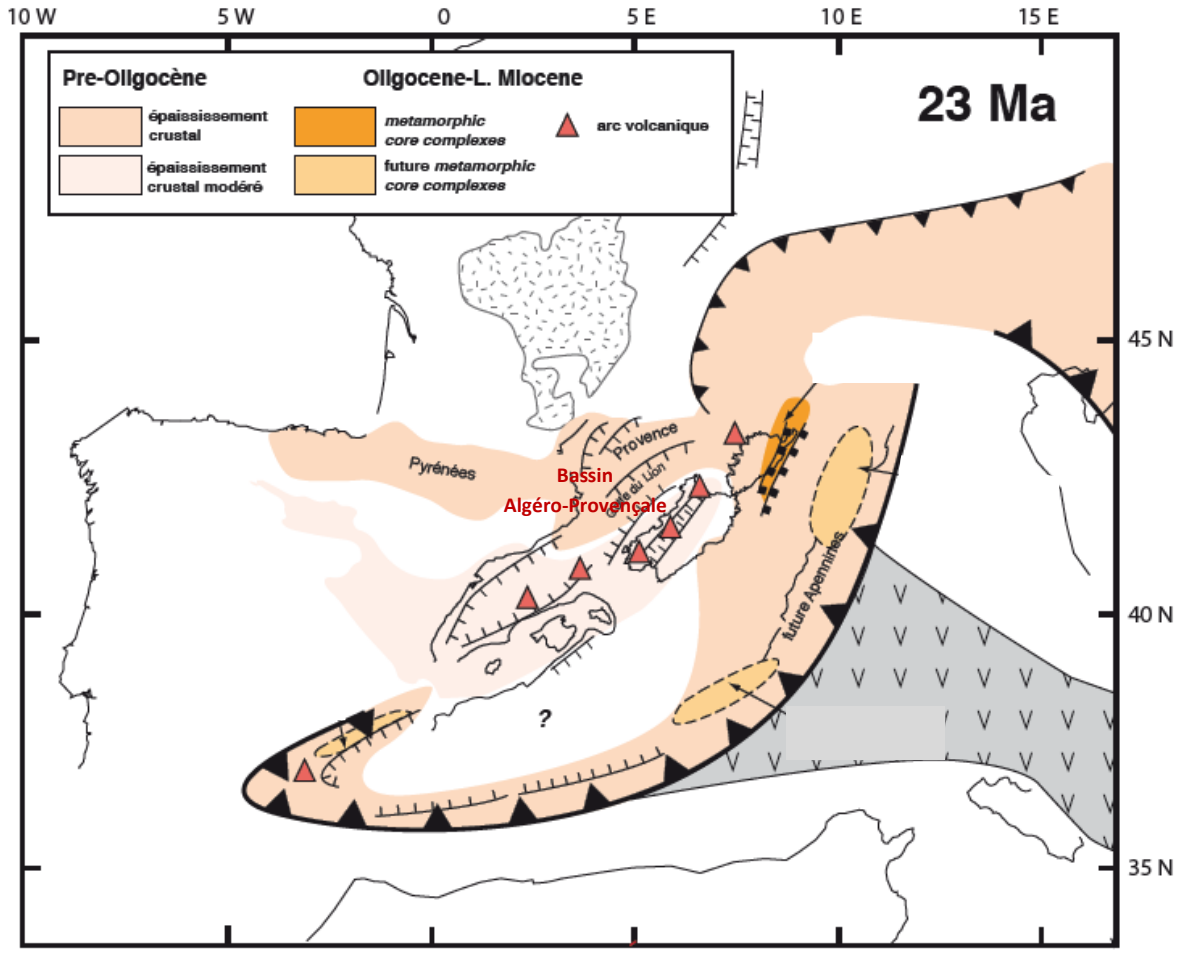
PARTIE III : Histoire géologique – Comprendre la position de la Corse et de la Sardaigne (bloc Corso-Sarde)





***Document 21. (A)** Carte bathymétrique de la mer Méditerranée. **(B)** Angle de rotation de la Corse **(C)** Reconstitution géodynamique de la Méditerranée il y a 23 millions d'années (page suivante).*

C



Question 38 : En utilisant les informations du document 21, choisissez LES propositions correctes.

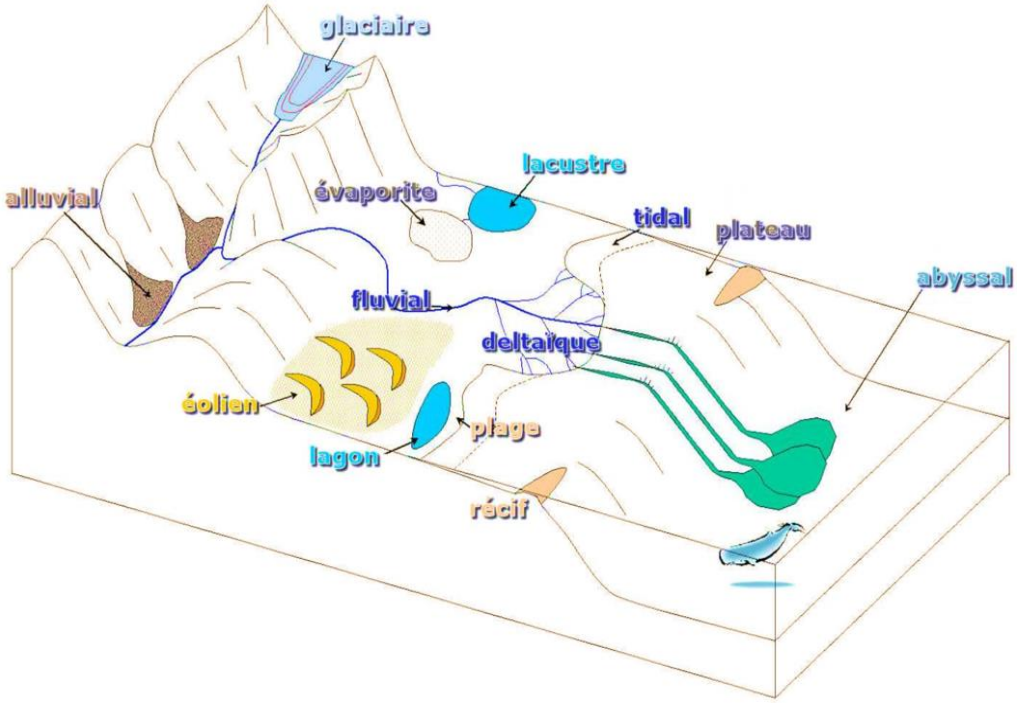
a) La Corse et la Sardaigne ont effectué une rotation anti-horaire au même moment
b) La morphologie des marges pourrait être un argument pour déterminer la position de la Corse il y a 30 millions d'années
c) La rotation a été à son paroxysme entre -19 et -15 millions d'années
d) La vitesse de rotation de la Corse a été homogène de -21 à -15 millions d'années
e) L'origine de la position de la Corse est une rotation de 50 degrés qui s'est faite pendant environ 6 millions d'années

Question 39 : Le bassin Algéro-Provençal est interprété comme un bassin d'arrière-arc, on peut expliquer son origine par… (PLUSIEURS réponses possibles)

a) Un point chaud
b) Une dorsale
c) La rotation du bloc Corso-Sarde
d) L'effondrement des Alpes
e) L'étirement provoqué par un panneau lithosphérique plongeant

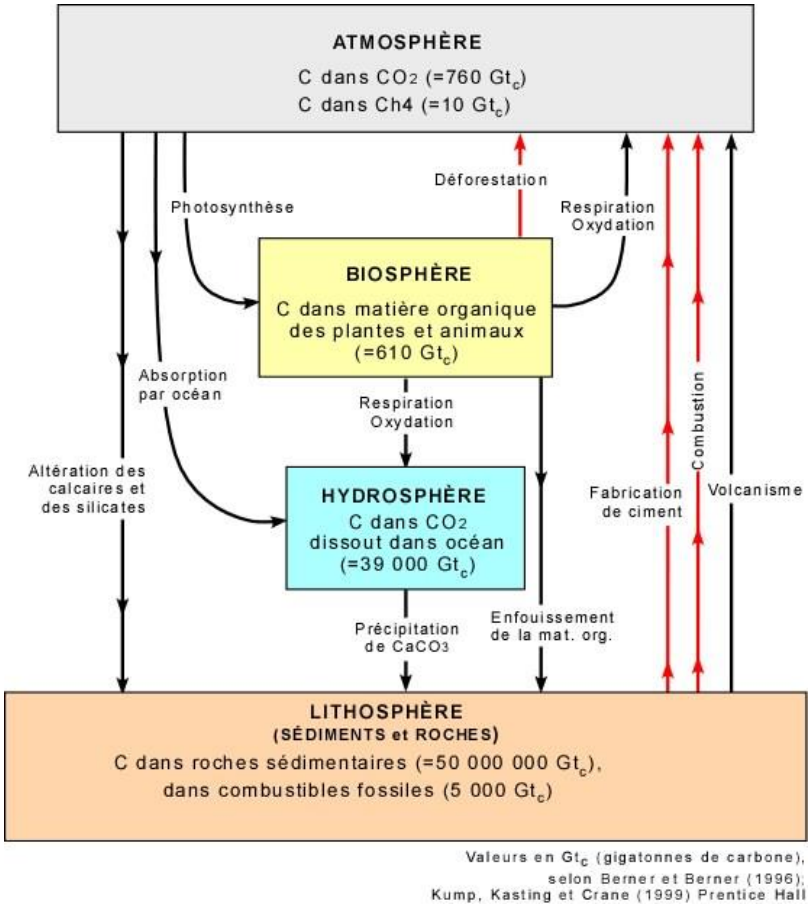
Questions 40 – 41

Question 40 : Choisissez la ligne du tableau qui établit LA bonne correspondance entre les environnements de dépôt (figure ci-dessous) et les photographies présentes dans le tableau ci-dessous également.



Propositions				
A	Lagon	Plateau	Éolien	Plage
B	Tidal	Abyssal	Plage	Glaciaire
C	Éolien	Alluvial	Deltaïque	Évaporite
D	Alluvial	Éolien	Abyssal	Récif

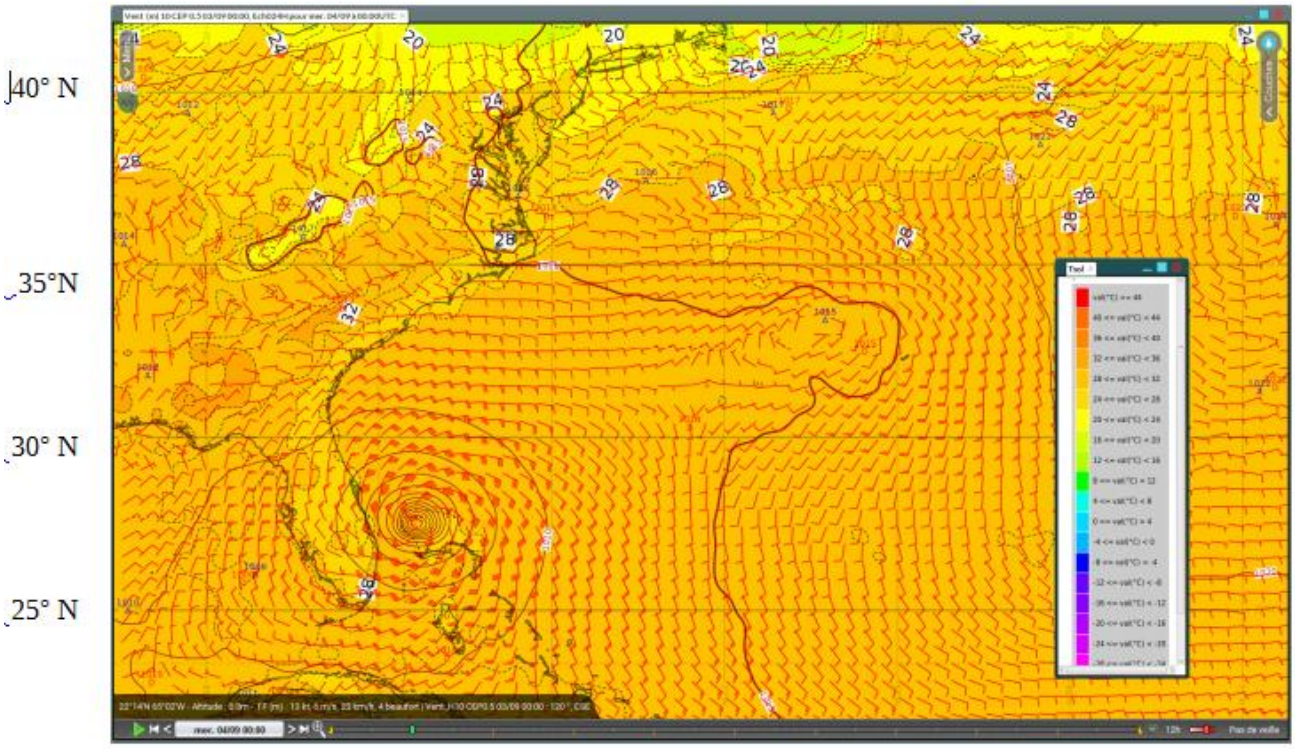
Question 41 : Choisissez LES propositions correctes relatives au cycle du carbone.



a. **L'altération des roches silicatées a un impact sur le climat**
b. **Si la quantité de carbone absorbé par les végétaux est égale à la quantité de carbone rejeté par respiration, alors la biosphère n'influence pas le piégeage de carbone à long terme**
c. **Le carbone présent dans la matière organique qui subit un enfouissement ne sera jamais rejeté dans l'atmosphère**
d. **La matière organique peut être transformée en diamant lors de son enfouissement**
e. **Si le volume de la lithosphère représente plus de 1000 fois le volume de l'hydrosphère alors l'hydrosphère serait un réservoir de carbone plus intéressant en terme de piégeage**

Introduction questions 42 – 44 Etude du cyclone DORIAN

L'image ci-dessous présente les champs de pression, de vitesse du vent et de température à la surface de la mer dans l'Atlantique Nord au moment où le cyclone se rapproche de la Floride :



***Document 22**. Image du modèle CEP.*

Question 42 : Si la température de la surface de la mer était le seul critère de persistance du cyclone, jusqu'à quelle latitude pourrait-il se déplacer ? (UNE seule bonne réponse)

- **a) 20°N**
- **b) 38°N**
- **c) 41°N**
- **d) 5°S**

Question 43 : Choisissez LES propositions correctes relatives au document 22.

- **a) Le vent au niveau du cyclone tourne dans le sens trigonométrique**
- **b) La vitesse ne varie pas en différents points du cyclone**
- **c) La vitesse est plus importante au niveau de l'œil du cyclone**
- **d) Le cyclone influence les vents jusqu'au continent Américain**
- **e) Le cyclone influence les vents jusqu'au point le plus à l'Est de l'océan Atlantique sur la carte**

Question 44 : Choisissez parmi les propositions suivantes CELLES qui décrivent de manière correcte les échanges d'énergie au sein d'un cyclone.

a) **L'évaporation à la surface de l'océan entraîne un dégagement massif de chaleur qui réchauffe l'atmosphère et entraîne le soulèvement brutal de la masse d'air**

b) **L'évaporation à la surface de l'océan absorbe une grande quantité de chaleur, cela explique qu'après le passage du cyclone l'océan s'est significativement refroidi en surface**

c) **Le mouvement ascendant initial de la masse d'air entraîne dans un premier temps son refroidissement par détente adiabatique et la diminution de la pression de vapeur saturante qui pourra générer de la condensation**

d) **La rencontre de la masse d'air avec les Alizés génère le mouvement rotatif et l'apparition du tourbillon**

e) **La condensation refroidit la masse d'air, ce qui stoppe son ascension**

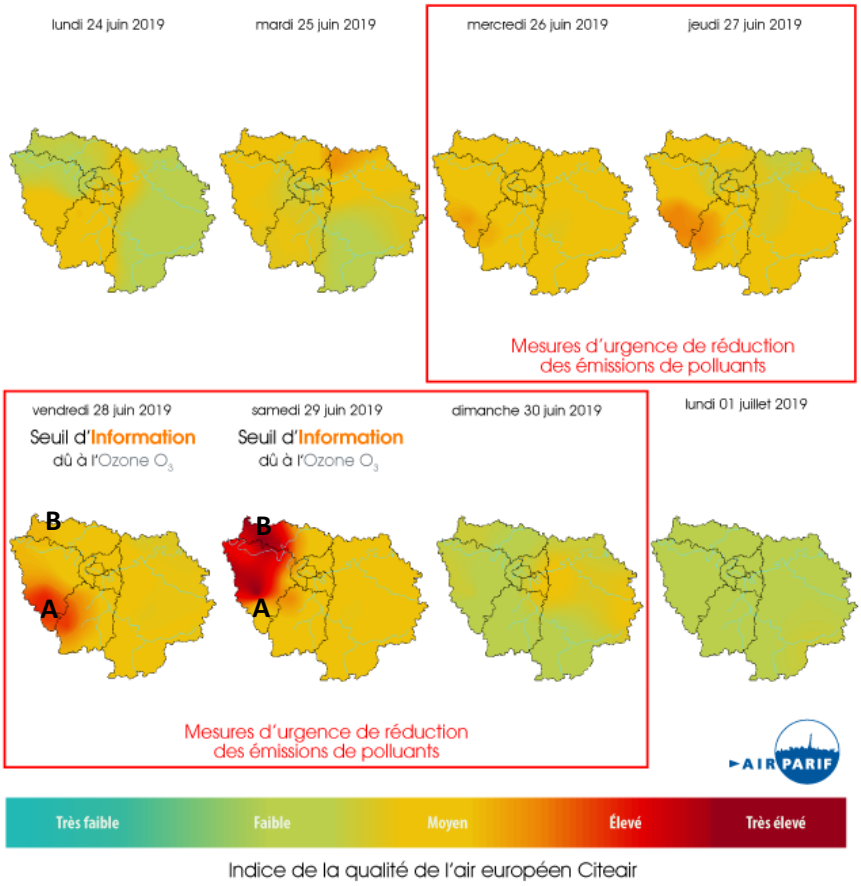
f) **La condensation réchauffe la masse d'air, ce qui accentue sa vitesse d'ascension**

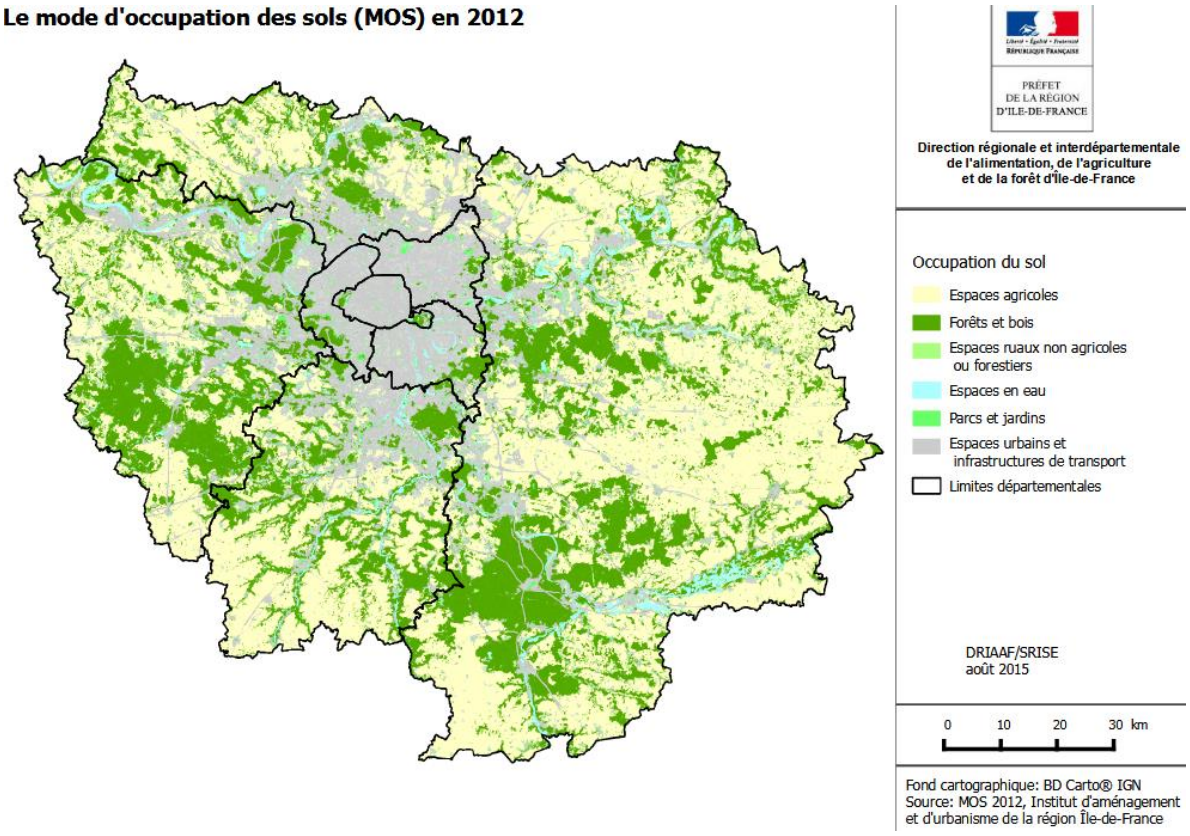
g) **Cette vitesse conjuguée à la force de Coriolis contribue à entretenir le tourbillon**

Introduction questions 45 – 47

Les cartes ci-dessous présentent les évolutions de la concentration d'ozone troposphérique en île-de-France sur la période allant du 24 juin au 1er juillet 2019. (Source : site Airparif)

***Document 23**. Carte de concentration de l'ozone.*





***Document 24**. Carte de l'occupation des sols en région parisienne.*

La famille des Composés Organiques Volatils (COV) regroupe plusieurs milliers de composés (hydrocarbures, solvants, ...) aux caractéristiques très variables. Ils ont un impact direct sur la santé. Ce sont des gaz et des vapeurs qui contiennent du carbone. Ils interviennent dans le processus de formation d'ozone dans la basse atmosphère et participent donc au réchauffement de la planète. Ces COV entrent dans la composition des carburants mais aussi de nombreux produits courants : peintures, encres, colles, détachants, cosmétiques, solvants... pour des usages ménagers, professionnels ou industriels. Ils sont émis lors de la combustion de combustibles (notamment dans les gaz d'échappement), ou par évaporation lors de leur fabrication, de leur stockage ou de leur utilisation. Des COV sont émis également par le milieu naturel (végétation méditerranéenne par exemple) et certaines aires cultivées.

Les effets de COV sont très variables selon la nature du polluant envisagé. Ils vont d'une certaine gêne olfactive à des effets mutagènes et cancérigènes, en passant par des irritations diverses et une diminution de la capacité respiratoire.

Question 45 : En utilisant les documents 23 et 24, choisissez LES propositions correctes.

a) **Les véhicules nombreux à Paris et en petite couronne émettent du dioxyde d'azote qui, suite à des réactions chimiques, conduit à la production d'ozone**
b) **Les véhicules nombreux à Paris et en petite couronne émettent de l'ozone**
c) **L'occupation des sols en région parisienne n'a pas d'impact sur la concentration en ozone troposphérique**
d) **Les zones boisées à l'Ouest de Paris ont probablement influencé la concentration en ozone troposphérique**

Question 46 : En utilisant le document 23, choisissez LES propositions correctes. Au vue des cartes de répartition de l'ozone troposphérique des 28 et 29 juin, il se peut que…

a. **Les vents n'aient pas influencé la répartition de l'ozone**
b. **Que la pression atmosphérique au point A soit bien inférieure à la pression atmosphérique au point B, le 28 juin**
c. **Que la pression atmosphérique au point A soit bien supérieure à la pression atmosphérique au point B, le 29 juin**
d. **Les pressions atmosphériques au point A et au point B soient égales le 28 juin**
e. **La force de Coriolis entre dans l'équilibre géostrophique et impacte le sens des vents**
f. **La force de Coriolis n'ait pas d'impact à cette échelle locale**

Question 47 : Le pic d'ozone relevé sur la région parisienne fin juin 2019 était concomitant à un épisode de canicule. À partir de cette information et en utilisant vos connaissances, choisissez LES propositions correctes.

a. **L'ozone troposphérique filtrant les ultra-violets, sa forte concentration aura évité des coups de soleil aux habitants qui ont eu des activités en extérieur malgré la canicule**
b. **L'ozone troposphérique est un polluant oxydant qui altère la fonction respiratoire, son pic de concentration a donc dû aggraver la sensation de malaise liée aux fortes températures**
c. **L'ozone stratosphérique repose sur la dissociation de molécules de dioxygène**
d. **Le pic d'ozone a pu influencer d'une manière ou d'une autre le trou dans la couche d'ozone.**