Time: 09:00 to 12:00 hrs **Date: August 29, 2019**

INSTRUCTIONS :

Les étudiants doivent finir **le test écrit n°1 et le test écrit n°2 en 3 heures**.

SVP, cochez "**V**" dans la case ou les cases correspondante(s) à votre/vos réponse(s) sur la **FEUILLE DE REPONSES.**

CORRECTION :

"Choisir UNE SEULE proposition correcte" indique qu'il n'y a qu'une seule réponse correcte. Pour ces questions, la correction est la suivante :

- Pour une **réponse correcte** : 1 point ;
- Pour une **réponse fausse** : 0 point ;
- Si **plusieurs réponses** sont cochées : 0 point.

"Choisir TOUTES les propositions correctes" indique qu'il y a plus d'une bonne réponse. Pour ces questions, la correction est la suivante :

- Pour chaque **réponse correcte** : +1 point ;
- Pour chaque **réponse incorrecte** : - 0.5 point (minus 0.5 point) ;

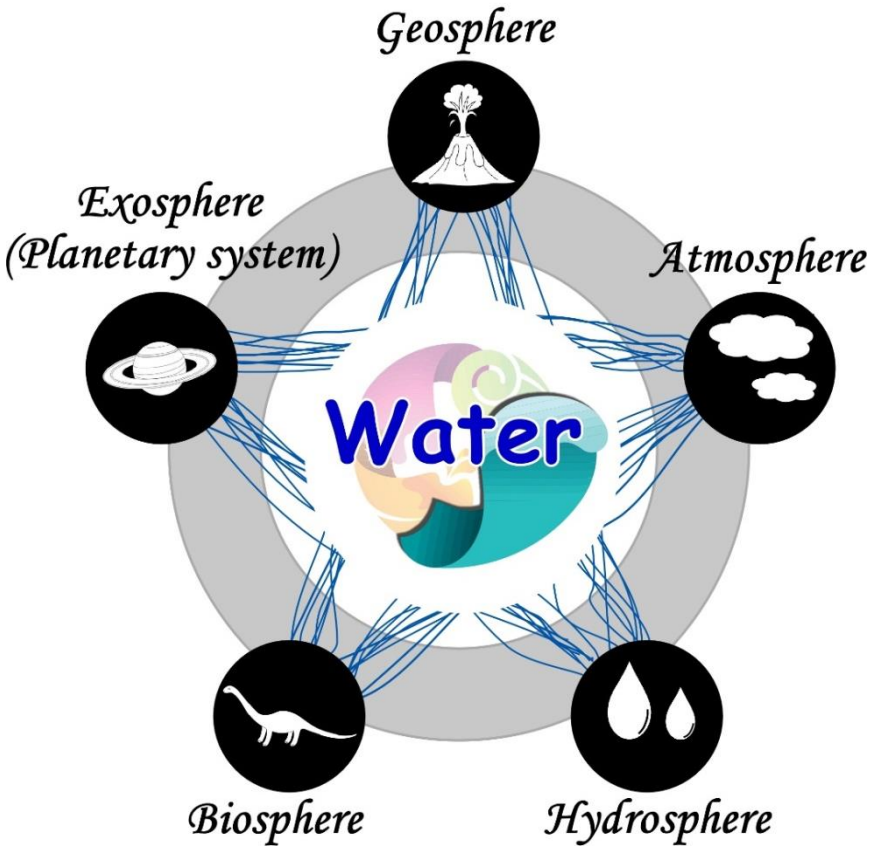
Aucune question ne sera notée en dessous de 0.

Thème : L'eau

L'eau est répartie sur toute la surface et à l'intérieur de la Terre, pas seulement dans les mers, les lacs et l'atmosphère, mais aussi dans les roches et les sols. L'eau circule à travers le système Terre et engendre plusieurs phénomènes.

Grâce à sa présence, la vie est apparue et de nombreuses formes de vie ont évolué et ont perduré. La Terre est devenue un espace habitable dynamique.

De plus, l'eau est présente sous différentes formes dans les corps célestes du Système solaire. Elle existe, comme sur Terre, notamment sous forme solide : la glace.



Dans ce test, nous allons évaluer vos connaissances et capacités de déduction à propos de la présence de l'eau sur Terre et dans le Système solaire et sur les interactions au sein de la géosphère, de l'atmosphère, de l'hydrosphère et de la biosphère.

Introduction à la question Q1

La Figure A représente des environnements de dépôts variés, allant des continents aux environnements marins. Les symboles de ⓐ à ⓗ présentent différents environnements :

ⓐ alluvial,
ⓑ éolien,
ⓒ plage,
ⓓ fluvial,
ⓔ delta,
ⓕ éventail sous-marin,
ⓖ plaine abyssale,
ⓗ environnement glaciaire.

La Figure B montre la topographie et les sédiments des environnements de dépôt ⓐ à ⓓ et ⓗ de la Figure A.

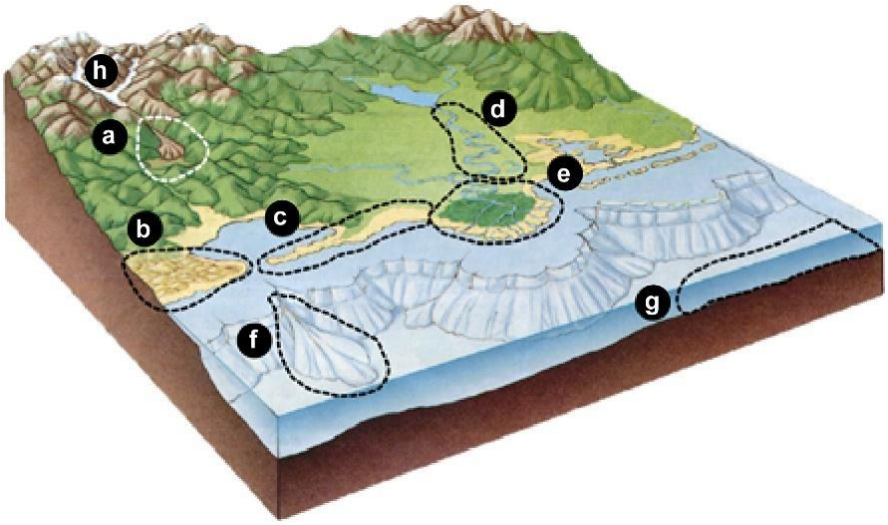


Figure A

Figure B

Q1) L'eau et le vent sont les principaux fluides responsables du transport des sédiments. Choisissez TOUTES les propositions correctes dans le contexte du transport de sédiments par l'eau et le vent.

a) La taille globale des sédiments alluviaux ⓐ est généralement plus importante que celle des sédiments des éventails sous-marins ⓕ
b) Les sédiments des plages ⓒ contiennent une forte proportion de fragments de roche anguleux
c) Dans les environnements fluviaux ⓓ les particules plus fines sont transportées en suspension tandis que les particules plus grosses sont transportées au contact du fond du lit du cours d'eau
d) Lorsque les sédiments sont transportés dans les rivières, la taille de leurs grains augmente progressivement et ils deviennent de moins en moins arrondis
e) Les sédiments les plus grossiers entre ⓐ et ⓗ, se déposent dans le delta ⓔ

Introduction aux questions Q2-Q3

Les falaises marines le long du détroit de Douvres, entre la France et la Grande-Bretagne, sont composées de lits horizontaux de roches blanches (Figure A).
Un échantillon (Figure B) pris sur ces falaises fait effervescence au contact d'une goutte d'acide chlorhydrique dilué. Un cliché pris au microscope électronique (Figure C) de l'échantillon de la Figure B montre que la roche est constituée de très fines particules et de fragments de coccolithophores, une espèce unicellulaire de phytoplancton calcaire.

(l'échelle est de 1cm pour la Figure B et 5µm pour la Figure C.)

Figure A

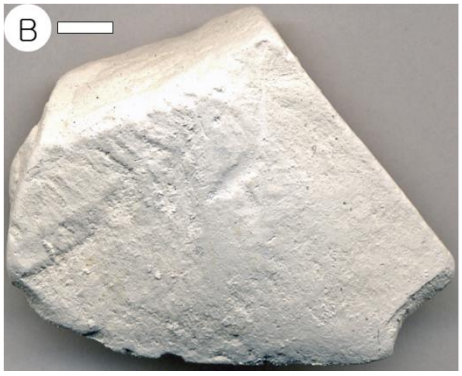


Figure B (Echelle : 1cm)

Figure C (Echelle 5µm)

Les sédiments qui constituent la roche de la Figure B (ci-dessus) sont en train d'être déposés dans la zone bleue de la Figure D. De tels sédiments se retrouvent aussi autour des îles Hawaïennes. La Figure E montre la topographie du plancher océanique et la profondeur d'eau le long du segment X-Y de la Figure D. Ces sédiments ne se retrouvent pas sur un plancher océanique situé à une profondeur d'eau > 3500m. La raison première de cette observation est l'équilibre entre l'apport et la dissolution de sédiments carbonatés, qui fait référence à la profondeur de compensation des carbonates (CCD).

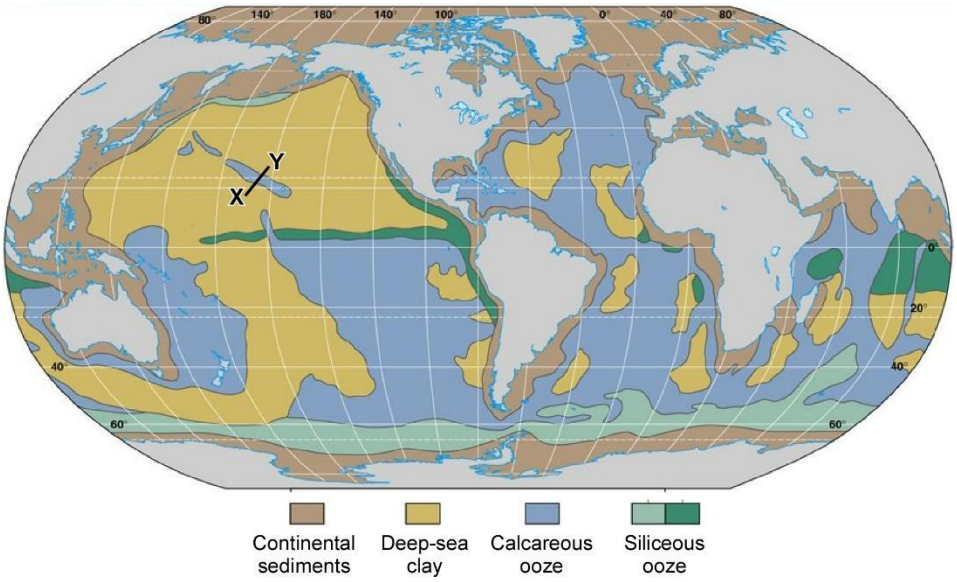


Figure D

Continental sediments *: Sédiments continentaux*
Deep sea clay *: Argiles des grands fonds*
Calcareous ooze *: Boue calcaire*
Siliceous ooze *: Boue siliceuse*

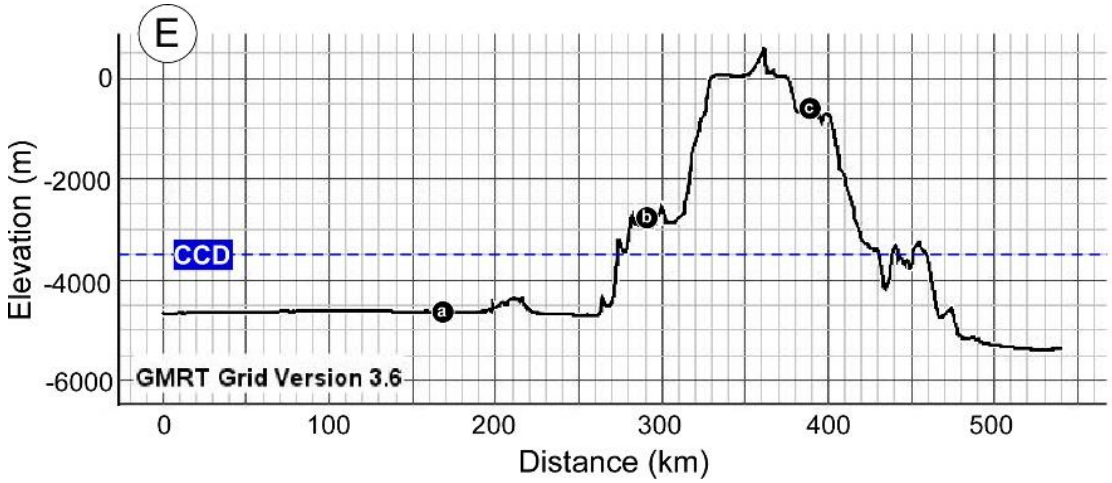


Figure E

Q2) Sélectionnez TOUTES les propositions correctes à propos des sédiments et des environnements de dépôts impliqués dans la formation de la roche blanche de la Figure B.

a) Cette roche peut être classée en tant que sédiment chimique / une roche sédimentaire
b) Cette roche est principalement composée de carbonate de calcium, minéral appelé calcite
c) La calcite à pour origine le carbonate de calcium sécrété par les organismes planctoniques vivants proches de la surface de l'océan
d) Des roches similaires se forment aujourd'hui dans des environnements marins tropicaux par l'agrégation de squelettes de carbonate de calcium, conduisant à la formation de récif corallien
e) Cette roche est un résidu de silice sécrétée par des organismes planctoniques accumulés sur le plancher océanique
f) Cette roche représente des interactions directes entre la géosphère et la biosphère
g) Cette roche représente seulement l'influence de la biosphère sur la géosphère

Q3) Sélectionnez TOUTES les propositions correctes à propos des sédiments en ⓐ, ⓑ et ⓒautour des îles Hawaïennes de la Figure E.

a) La solubilité du carbonate de calcium minéral tend à diminuer quand la profondeur d'eau augmente de ⓒà ⓐ
b) Une forte pression d'eau entraîne une augmentation de la solubilité du carbonate de calcium minéral en ⓐ
c) Les sédiments en ⓑ sont principalement composés de résidus d'organismes calcaires
d) Les sédiments en ⓐsont principalement composés de coquilles de foraminifères et de fragments d'autres organismes calcaires
e) Les sédiments en ⓑet ⓒcontiennent à la fois des sédiments siliceux et calcaires

Introduction aux questions Q4-Q6

P et Q sont des magmas de composition différente. Les figures ci-dessous illustrent la relation entre la viscosité et la température du magma en condition sèche (Figure A), et la relation entre la viscosité et la teneur en eau en condition humide (Figure B).

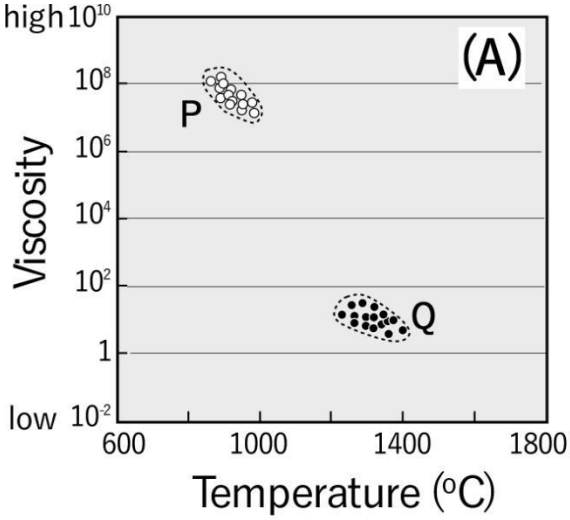


Figure A

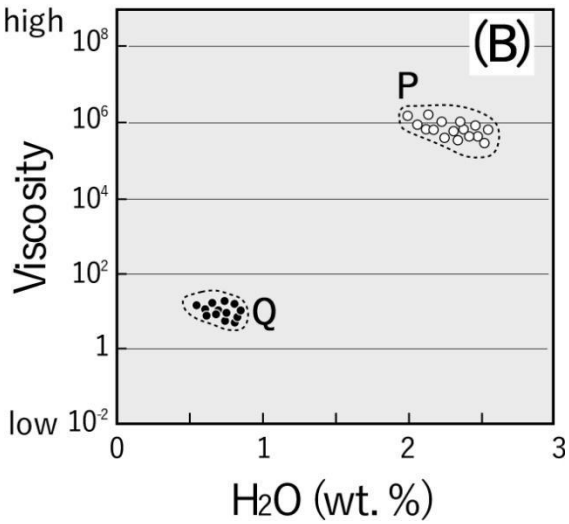


Figure B

Q4) Sélectionner TOUTES les propositions correctes à propos des magmas P et Q dans les Figures A et B.

a) Le magma P se forme à une plus haute température que le magma Q
b) Le magma P se forme à une plus basse température que le magma Q
c) Le magma Q a une teneur en eau supérieure au magma P
d) La viscosité du magma P décroît quand la teneur en eau augmente
e) Le magma P a une teneur en silice inférieure à celle du magma Q
f) Le magma P a une teneur en silice supérieure à celle du magma Q

Deux types de volcans sont représentés sur les images satellites ci-dessous (avec le profil topographique en section) : l'île volcanique Jeju se situe dans le sud de la péninsule coréenne (Figure C) et le volcan Pinatubo se situe au nord de l'île de Luzon aux Philippines (Figure D).

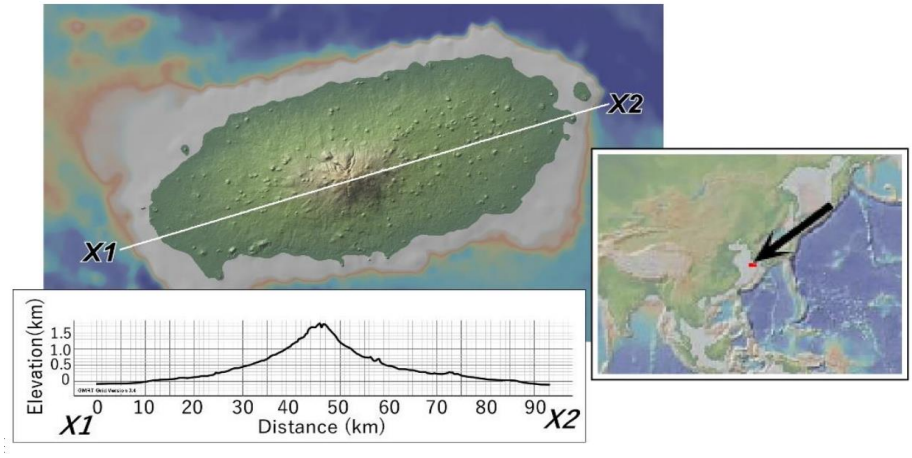


Figure C

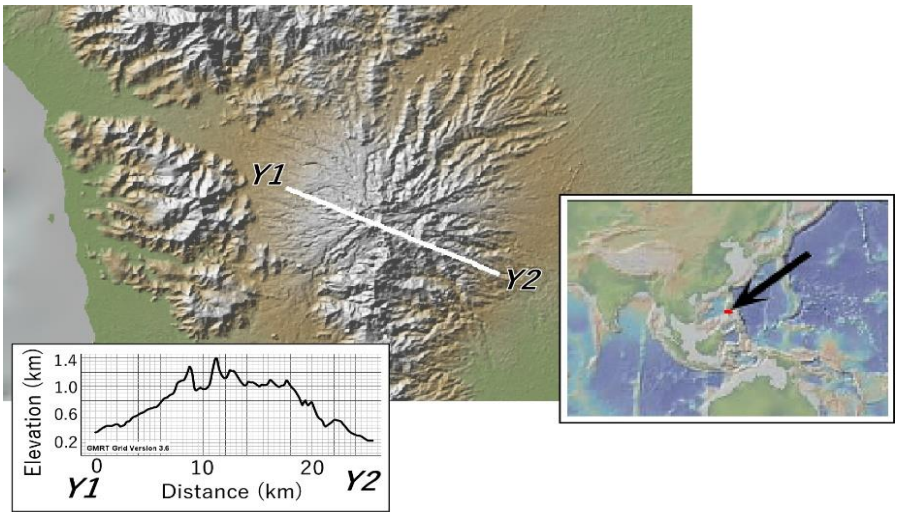


Figure D

Q5) Sélectionner TOUTES les propositions correctes à propos des volcans des Figures C et D.

a) Le volcan en Figure C est formé de magma P des Figures A et B
b) Le volcan en Figure D est formé de magma P des Figures A et B
c) Le volcan en Figure C est formé de magma Q des Figures A et B
d) Le volcan en Figure D est formé de magma Q des Figures A et B
e) Le volcan en Figure C est composé principalement de rhyolithe
f) Le volcan en Figure C est composé principalement de basalte
g) La différence de pente entre les deux volcans est le résultat de la variation de composition du magma

La Figure E est une image satellite de l'Islande avec la dorsale médio-Atlantique et l'activité volcanique associée. La Figure F représente des agrandissements des régions X et Y de la Figure E. Le volcan Krafla (région X), localisé dans le nord de l'Islande, est entré en éruption

le long de fissures, car le magma a une faible viscosité. D'autre part, dans la partie sud, le volcan Eyjafjallajökull (région Y) est un volcan explosif qui rejette une grande quantité de cendres volcaniques.

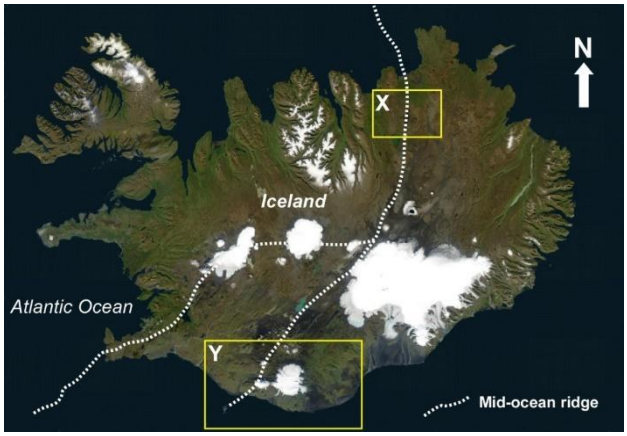


Figure E

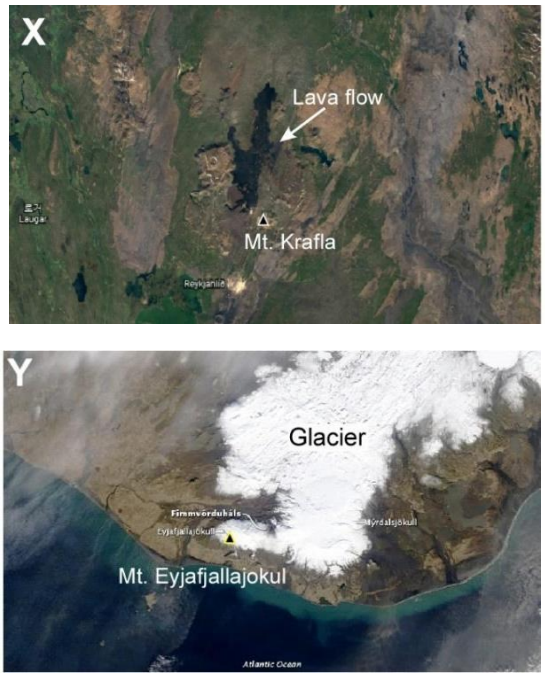


Figure F

Q6) Sélectionner TOUTES les propositions correctes à propos des deux régions volcaniques d'Islande.

a) Les volcans des régions X et Y sont formés de magma P montré en figures A et B
b) Les volcans des régions X et Y constituent une limite de plaque divergente
c) La région X forme un terrain de haute altitude à cause de la forte viscosité de la lave
d) Les volcans des régions X et Y ont principalement émis du basalte formé à partir du magma Q montré en Figures A et B
e) L'activité volcanique explosive de la région Y est due à un apport d'eau de l'extérieur
f) Les régions X et Y ne sont pas propices à l'installation de centrales géothermiques

Introduction aux questions Q7-Q8

La Figure 1 est une carte de la colonne totale de vapeur d'eau (moyenne mensuelle). La colonne totale signifie quantité intégrée verticalement, en [g.cm^{-2}].

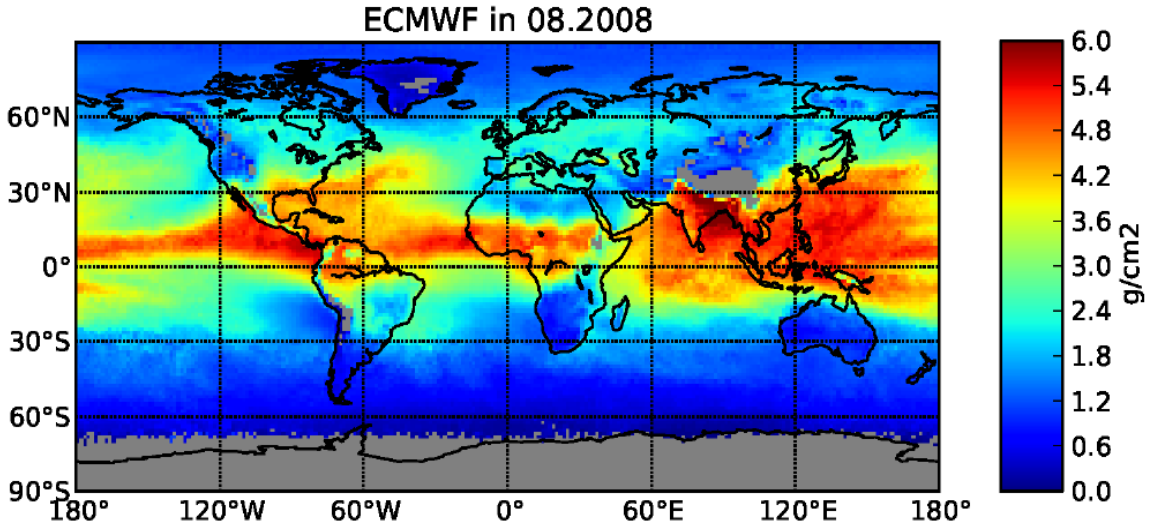


Figure 1

La Figure 2 illustre un protocole expérimental pour mesurer la pression de vapeur saturante de l'eau pure à une température spécifique (T) et pression (P), où h est la hauteur de la colonne de mercure (Hg).

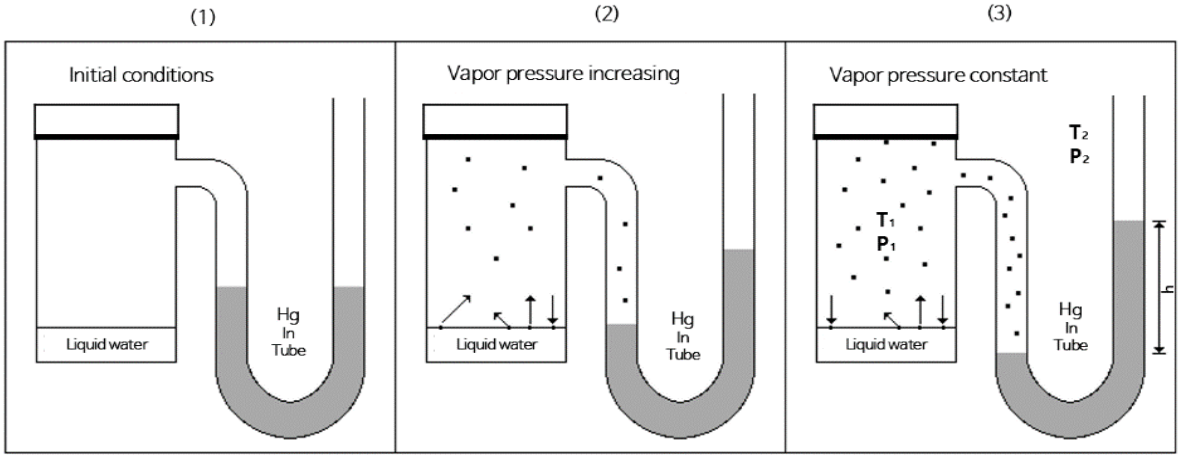


Figure 2

Q7) Sélectionner TOUTES les propositions correctes à propos de la Figure 2.

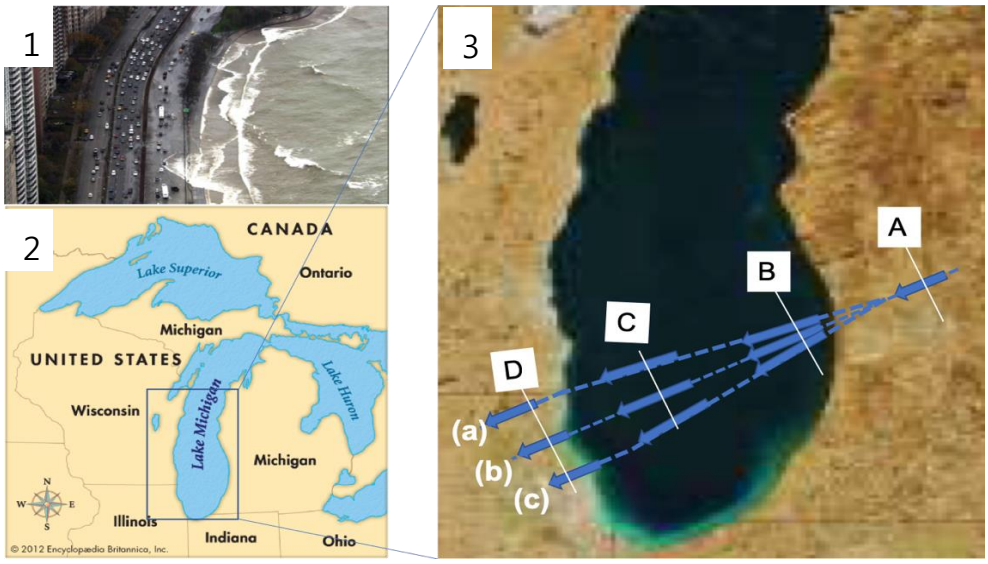
a) La hauteur de mercure dans le tube de la vignette (3) monte quand T1 augmente
b) La hauteur de mercure dans le tube de la vignette (3) monte quand P1 augmente
c) La hauteur de mercure dans le tube de la vignette (3) monte quand T1 diminue
d) La hauteur de mercure dans le tube de la vignette (3) monte quand P2 diminue
e) La hauteur de mercure dans le tube de la vignette (3) monte quand P2 augmente
f) La hauteur de mercure dans le tube de la vignette (3) monte quand T2 et P2 augmentent simultanément

Q8) En se basant sur l'expérience de la Figure 2, sélectionnez TOUTES les descriptions expliquant la répartition de la colonne de vapeur d'eau dans l'atmosphère terrestre de la Figure 1.

a) Une plus haute température à basse latitude implique une plus grande quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère
b) La pression atmosphérique sur l'Océan Pacifique tropical ouest est plus grande que celle de l'Océan Pacifique tropical est
c) La température atmosphérique de l'Océan Pacifique tropical ouest est plus grande que celle de l'Océan Pacifique tropical est
d) La colonne de vapeur d'eau au-dessus de l'Océan équatorial est plus grande que celle de l'Océan subtropical
e) L'air au-dessus des océans sur les côtes Est des continents aux moyennes latitudes contient plus de vapeur d'eau que celui présent au-dessus des océans des côtes Ouest à cause de la présence plus fréquente de zone de basse pression

Introduction à la question Q9

Des vents forts soufflant sur un espace d'eau ouvert, comme un lac, peuvent générer des vagues qui oscillent d'avant en arrière (Figure 1). Les Figures 2 et 3 montrent la vitesse et la direction du vent lorsque l'air chaud et humide s'écoule au-dessus d'un grand lac de l'Hémisphère Nord.
En position A, le vent souffle à 5 m/s de l'ENE ;
En position B, le vent souffle à 7,5 m/s ;
En position D, le vent souffle de nouveau à 5 m/s de l'ENE.

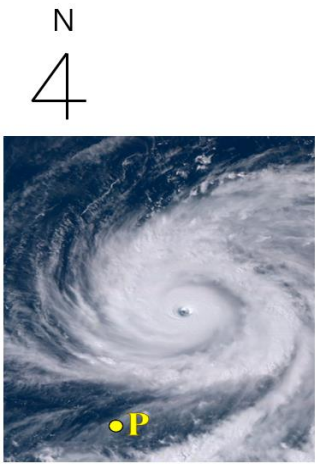


Q9) Choisissez TOUTES les affirmations correctes concernant les vents locaux qui traversent une grande étendue d'eau, comme sur la figure ci-dessus.

a) La trajectoire possible du vent est (a)
b) La trajectoire possible du vent est (b)
c) La trajectoire possible du vent est (c)
d) Le vent souffle plus vite en position B car le frottement avec la surface est plus faible
e) L'augmentation de la vitesse du vent sur le lac diminue la force de Coriolis
f) La différence entre la température de l'air et le point de rosée en position C est supérieure à celle en position D
g) Les vagues peuvent causer de grandes inondations sur la côte du lac au vent

Introduction à la question Q10

Un typhon (tempête tropicale) est un phénomène météorologique causé par l'interaction entre l'atmosphère et l'hydrosphère. La figure A est une image satellite représentant l'apparence d'un typhon. La figure B montre la pression atmosphérique, la vitesse et la direction du vent au point P (Figure A) pendant le passage du typhon.



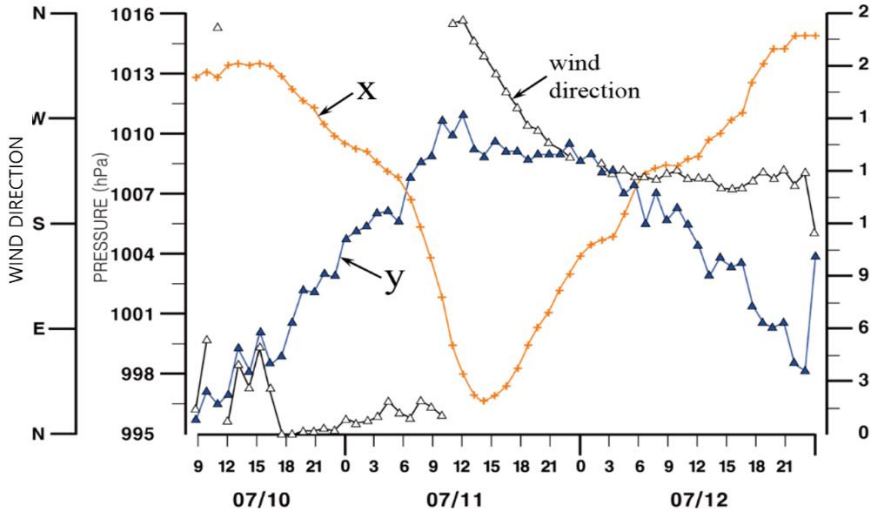


Figure A **Figure B**

Wind direction : *direction du vent*

Q10) Choisissez TOUTES les propositions correctes en ce qui concerne les figures ci-dessus.

a) Ce typhon s'est produit dans l'hémisphère sud
b) 'x' est la pression atmosphérique et 'y' la vitesse du vent
c) Le point P est situé à droite de la trajectoire du typhon
d) Le centre du typhon est passé près du point P vers 14h00 le 11 juillet
e) Après le passage du centre du typhon, la direction du vent au point P a changé du sud-est au nord-est

Introduction à la question Q11

Comme le montre la figure A, la distribution latitudinale de la quantité annuelle moyenne d'eau dans l'atmosphère n'est pas équilibrée. L'atmosphère perd de l'eau car les précipitations sont supérieures à l'évaporation au niveau des tropiques et au niveau des moyennes et hautes latitudes alors que l'atmosphère gagne de l'eau dans les zones subtropicales car l'évaporation est plus importante que les précipitations. Les vecteurs rouges indiquent les directions méridionales de chaque vent (vent d'est polaire, vent d'ouest et les alizés (*trade winds*)). Cette différence latitudinale du bilan hydrique détermine la distribution climatique globale. La Figure B (page suivante) présente le schéma de classification climatique le plus connu, qui repose principalement sur les précipitations et la température.

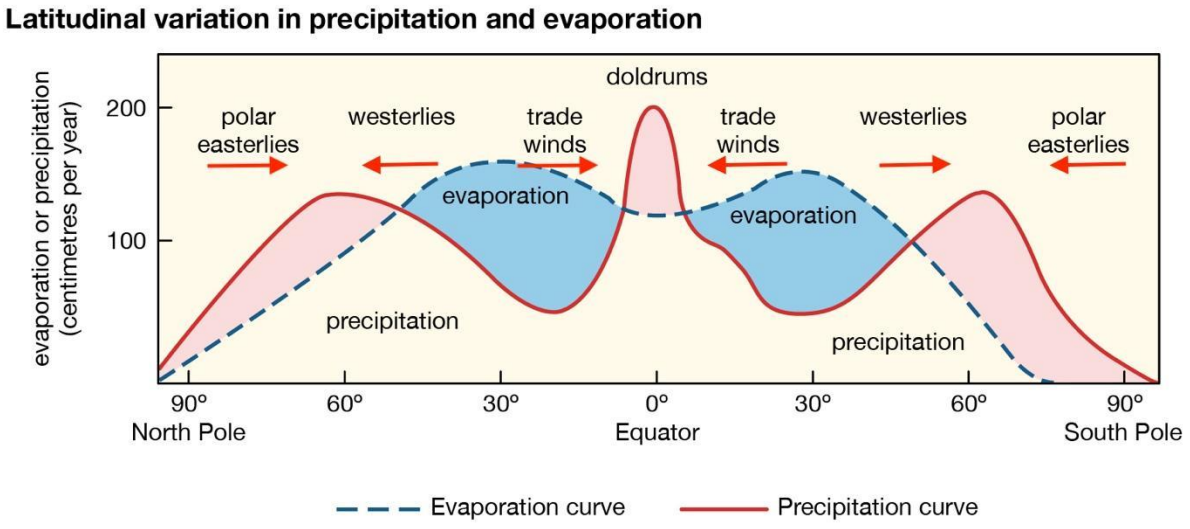


Figure A.

Evaporation curve *: courbe d'évaporation*
Precipitation curve *: courbe de précipitation*

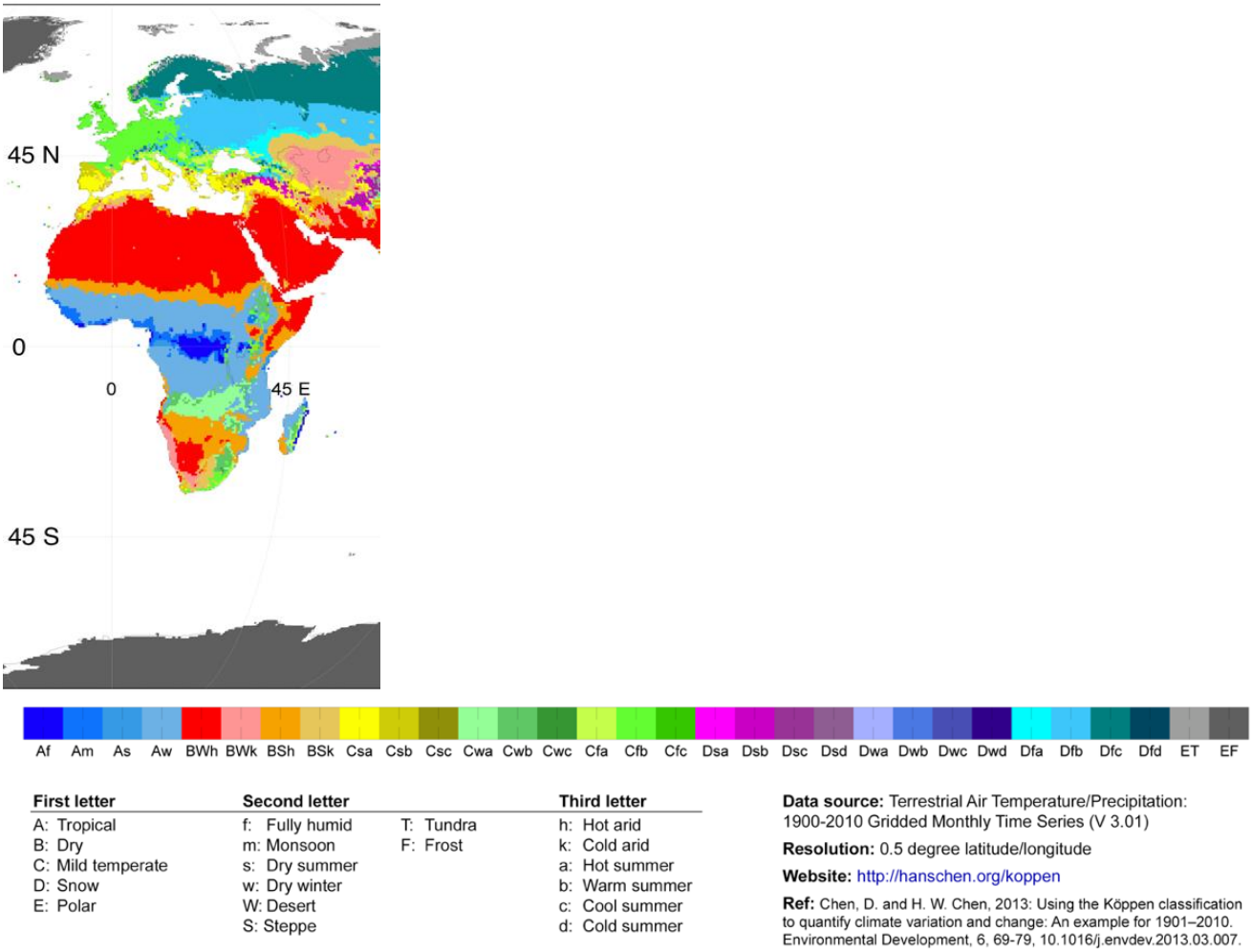


Figure B

Dry *: sec*
Mild temperate *: Doux*
Fully humid *: entièrement humide*
Monsoon *: mousson*
Steppe *: Steppe*

Q11) En vous basant sur les Figures A et B, choisissez TOUTES les propositions correctes sur l'eau dans l'atmosphère et son impact sur le climat régional.

a) Près de 30°N et 30°S le fait que l'évaporation soit plus intense que les précipitations contribue à la formation de grandes zones BWh (désert chaud sec et aride)
b) Le déficit en eau dans l'atmosphère au-dessus du Pot au Noir dû à des précipitations plus importantes que l'évaporation est complété par la convergence horizontale de l'eau dû aux alizés des deux hémisphères
c) L'atmosphère perd beaucoup d'eau en raison de précipitations plus importantes que d'évaporation au niveau du Pot au Noir, ce qui donne une atmosphère sèche et un climat à prédominance BWh (désert chaud sec et aride)

d) L'atmosphère gagne plus d'eau en raison d'une évaporation plus importante que les précipitations près de 30°N et 30°S, ce qui donne une atmosphère humide et un climat à prédominance Cfa (doux tempéré, entièrement humide et chaud en été)
e) Comme le pic de précipitations au niveau des tropiques ne varie pas au cours de l'année, le climat Af (tropical, entièrement humide) peut être mis en évidence près de l'équateur

Introduction aux questions Q12-Q13

Le glacier de Thwaites en Antarctique occidental couvre une superficie de 182 000 kilomètres carrés.

Les mesures satellitaires montrent que son taux de perte de glace a doublé depuis les années 1990. Ce glacier peut potentiellement faire monter le niveau de la mer de plusieurs centimètres dans un proche avenir.

Les glaciers ont des lits tout comme les rivières, et la plupart des lits des glaciers descendent dans la même direction, comme les lits des rivières le font.

Le lit du glacier Thwaites fait l'inverse : il progresse dans le sens inverse de l'écoulement. Le lit rocheux sous le front du glacier en direction de l'océan est plus important que le lit rocheux plus à l'intérieur, qui a été poussé vers le bas au cours des millénaires par sa glace épaisse.

Thwaites a perdu tellement de glace que son côté vers l'océan flotte maintenant là où il était fixé au lit rocheux. Cela a ouvert un passage sous le glacier où l'eau océanique peut s'infiltrer. Chaque année, la ligne d'échouage (où la roche, la glace et l'eau de mer se rencontrent) s'enfonce davantage. Les falaises de glace sont instables à des hauteurs supérieures à 200 m. Elles s'effondrent.

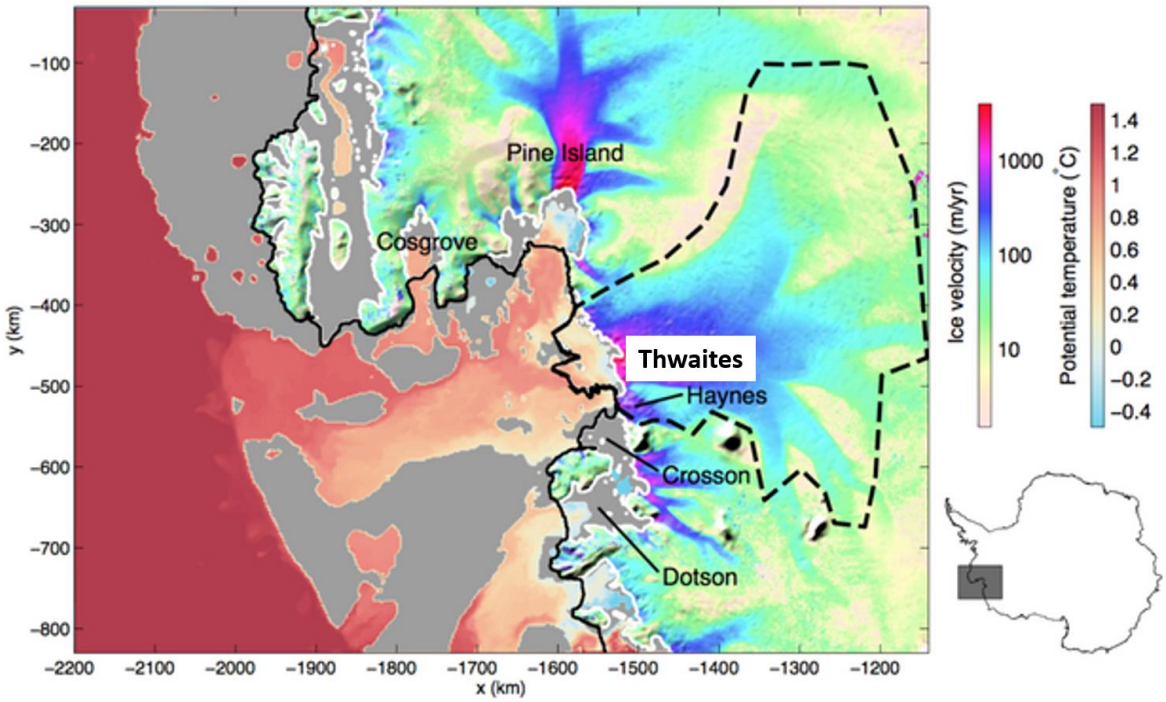
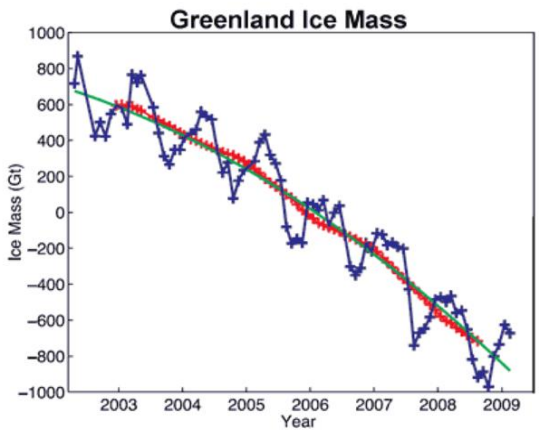


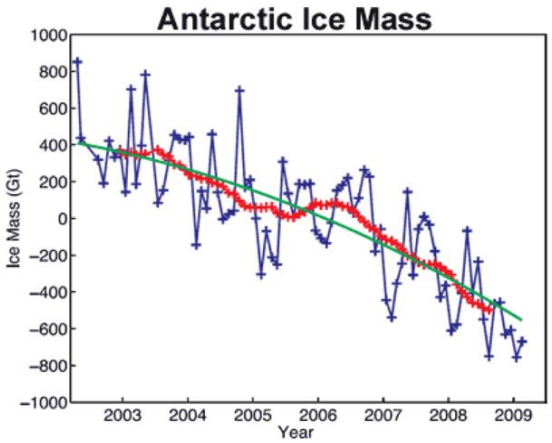
Figure 1. Vitesse de la glace (mètres par année) du glacier Thwaites (emplacement approximatif délimité par une ligne pointillée) et des glaciers voisins en Antarctique occidentale ; la carte en cartouche indique la position. La température du fond de l'océan apparaît en nuance de rouge (degrés Celsius). Les zones océaniques représentées en gris sont trop superficielles pour affecter les fonds glaciaires. Crédit : NASA/JPL-Caltech

Q12) Lesquels des éléments suivants pourraient accélérer à la fois la fonte et l'écoulement du glacier Thwaites ? Choisissez TOUTES les bonnes réponses.

a) Une augmentation de la température de l'océan au niveau de la face océanique du glacier
b) Une diminution de la température de l'océan sous le glacier à l'endroit où il flotte
c) Les canaux marécageux et les cours d'eau se trouvant sous le glacier
d) Une diminution de la salinité de l'eau de l'océan en contact avec la glace
e) Une augmentation du niveau de la mer
f) Une augmentation de l'albédo de la surface glaciaire

Le graphique en page suivante est tiré de Skeptical Science ; il montre les estimations d'Isabella Velicogna à propos de la masse de la calotte glaciaire du Groenland. Les croix bleues représentent les données non filtrées.
Les données filtrées, pour éliminer les variations saisonnières, sont représentées par des croix rouges. Le meilleur ajustement par une fonction carrée est indiqué en vert. Les données proviennent de l'expérience GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment).
Ce projet remarquable utilise une paire de satellites pour mesurer avec précisions de petites variations d'un endroit à l'autre dans le champ gravitationnel de la Terre. Lorsque les calottes glaciaires fondent, GRACE peut le détecter.





※ L'axe des Y (masse de glace) indique l'écart par rapport à la moyenne climatologique sur la période indiquée en X.

Q13) En vous basant sur les deux graphiques ci-dessus, choisissez TOUTES les propositions correctes.

a) Le Groenland connaît une perte de masse glaciaire plus rapide que l'Antarctique
b) La différence entre la perte de masse de glace au Groenland et en Antarctique peut être attribuée, en partie, à la différence de latitude
c) La différence entre la perte de masse de glace au Groenland et en Antarctique peut être attribuée en partie à une différence de taille des calottes glaciaires
d) La différence entre la perte de masse de glace au Groenland et en Antarctique peut être attribuée en partie au fait que le Groenland est exposé à de l'air plus chaud et des courants océaniques
e) La différence entre la perte de masse de glace au Groenland et en Antarctique peut être attribuée, en partie, au fait que le Groenland est exposé à plus de suie, de poussière et de carbone noir provenant de l'Hémisphère Nord plus industrialisé
f) La différence entre la perte de masse de glace au Groenland et en Antarctique peut être attribuée, en partie, au fait que l'Hémisphère Sud a une superficie beaucoup plus grande couverte par des déserts qui contribue à la formation de plus de poussières dérivées de désert dans l'Hémisphère Sud
g) Les deux graphiques montrent un cycle annuel d'accumulation de masse de glace pendant les mois froids et de perte de masse de glace pendant les mois chauds
h) Le Groenland a une variation annuelle de perte de glace plus grande que l'Antarctique

Introduction aux questions Q14-Q15

La sismologie peut être utilisée pour comprendre la structure interne de la Terre ainsi que d'autres planètes ou satellites, notamment pour savoir s'il y a des mers sur les satellites des grandes planètes gazeuses comme Europe et Encelade, dont la glace est le principal composant (Fig. A). La Figure B représente le modèle prédictif de propagation des vitesses

des ondes P et S en fonction de la profondeur à partir de la surface de la Terre (a), du satellite de Jupiter Europe (b) et du satellite Encelade de Saturne (c). L'intervalle de profondeur de l'axe Y correspond au rayon de chacun des corps célestes.

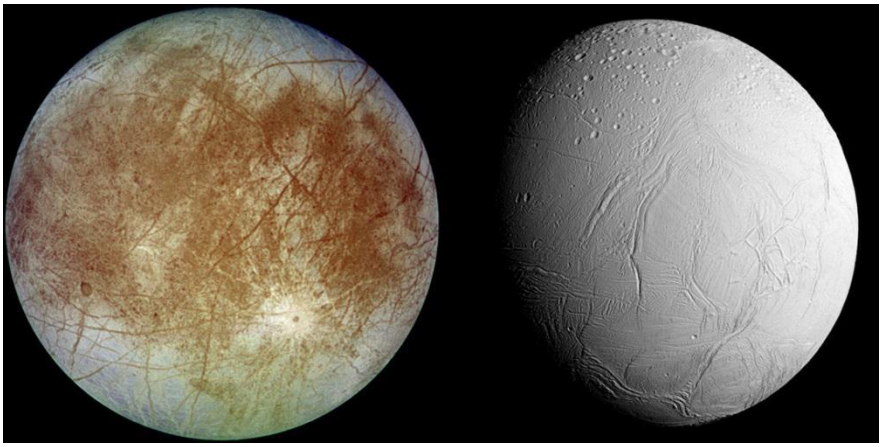


Figure A. Le satellite de Jupiter Europe (à gauche) et le satellite de Saturne Encelade (à droite). (pas à l'échelle)

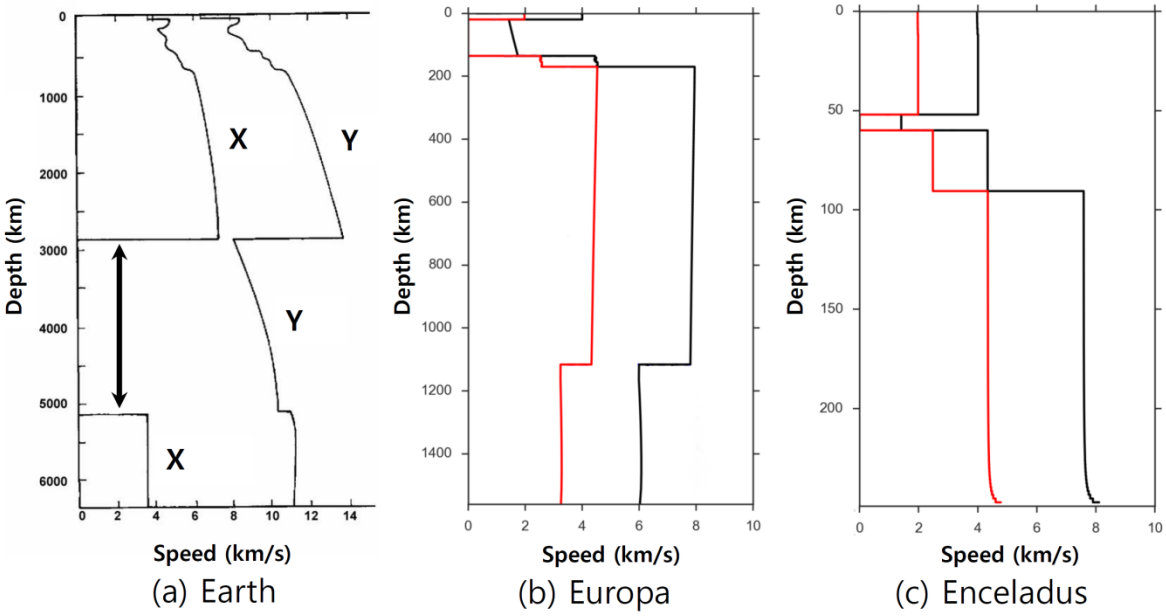


Figure B

Depth = *profondeur*
Speed = *vitesse*

Q14) Sélectionnez TOUTES les interprétations correctes relatives à la Figure B.

a) Dans le graphique (a), X représente la courbe profondeur-vitesse de l'onde P et Y celle de l'onde S
b) Dans le graphique (a), la densité augmente de 1 000 km de profondeur à 2 900 km de profondeur
c) Dans le graphique (a), la double flèche fait référence à une zone fluide
d) Dans l'intervalle de 200 à 1100 km à partir de la surface de l'Europe [graphique (b)], on s'attend à ce que la densité diminue avec la profondeur
e) L'intérieur d'Encelade [graphique (c)] est clairement divisé en quatre zones distinctes en accord avec les discontinuités de vitesses sismiques

Q15) Europe et Encelade sont loin du Soleil. Leur température de surface est donc très basse, il en résulte une couche de glace. Il peut y avoir de l'eau ou de la glace de mer en dessous de cette couche de glace. Sélectionnez TOUTES les propositions correctes.

a) La couche de glace est plus épaisse à la surface d'Europe qu'à la surface d'Encelade
b) La couche de glace est plus mince à la surface d'Europe qu'à la surface d'Encelade
c) L'épaisseur de la mer d'Europe est supérieure à celle d'Encelade
d) L'épaisseur de la mer d'Europe est inférieure à celle d'Encelade
e) Le volume de la mer d'Europe est supérieur à celui d'Encelade
f) Le volume de la mer d'Europe est inférieur à celui d'Encelade.