TEST DE SÉLECTION

Olympiades internationales de géosciences

Du 3 au 7 avril 2018

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

CONSIGNES

Ce test comprend **48 questions sous forme de questions à choix multiples** et **38 pages.** L'usage de la calculatrice 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 ;

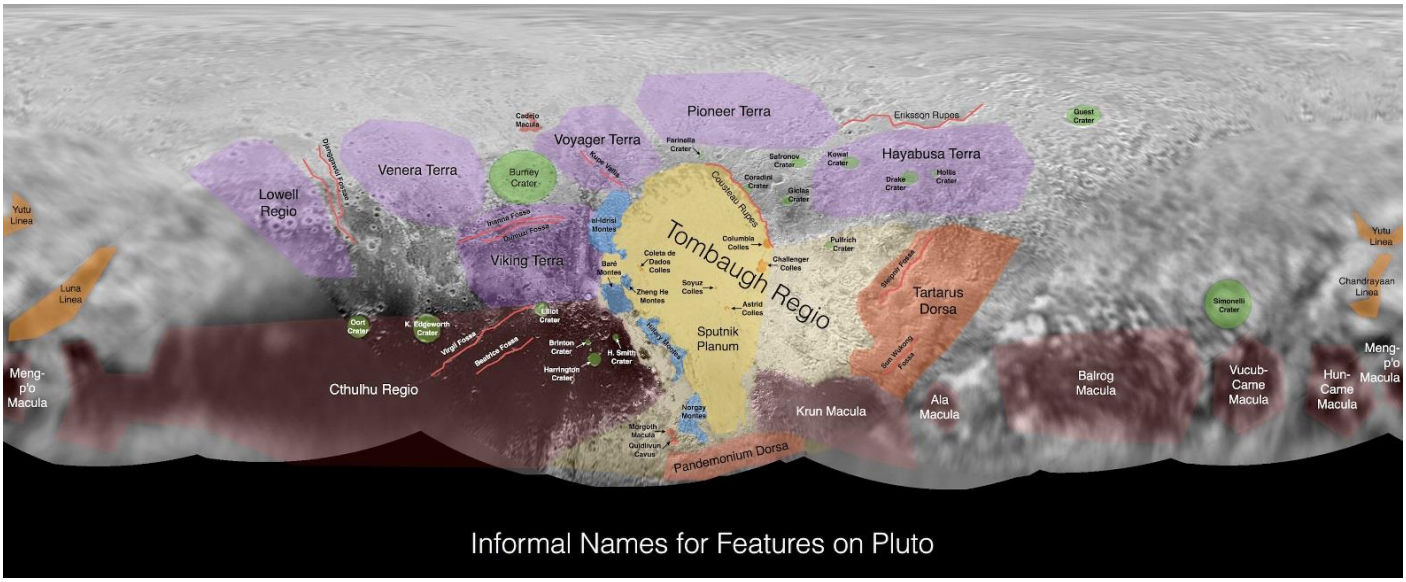
- La question sera notée zéro si toutes les réponses sont cochées.

PARTIE I : De nouvelles découvertes sur Pluton …

La mission New Horizons de la NASA a exploré, le 14 Juillet 2015, une nouvelle région de notre Système solaire, encore vierge de l'exploration spatiale : Pluton et la Ceinture de Kuiper. Les clichés obtenus par la sonde, qui s'est approchée à 11 095 km de distance de Pluton à une vitesse relative de 13,78 km/s, et les interprétations possibles associées permettent d'en apprendre un peu plus sur cet objet du Système solaire.

La sonde a visité un monde semblable à aucun autre et les surprises ont été nombreuses. Elle a révélé sur Pluton des volcans de glace, une activité géologique intense, des dunes, des glaciers et une atmosphère bleue azur et stratifiée. Autre surprise, Pluton et ses cinq satellites mènent un ballet d'une étonnante complexité.

La mission New Horizons s'en va maintenant explorer un petit objet transneptunien de 100 km, qu'elle attendra en 2019.



***Document 1** : Fiche d'identité et noms associés à certaines localisations de Pluton*

Informations sur Pluton :

- Découverte : le 18 février 1930 par Clyde Tombaugh
- Période de révolution : 248 ans
- Demi grand axe : 39,4 UA*
- Excentricité : 0,250
- Périhélie : 29,6 UA*
- Aphélie : 49,3 UA*
- Inclinaison de l'axe de rotation sur l'orbite : 119,6°
- Période de rotation : 6,387 jours
- Albédo moyen : 5,8
- Rayon équatorial : 1187 ± 4 km
- Atmosphère : N_2 avec traces de CH_4 et CO
- Pression atmosphérique : 1 Pa (10^5 Pa sur Terre)
- Température moyenne : -230°C
- Pas de champ magnétique
- Nombre de satellites : 5

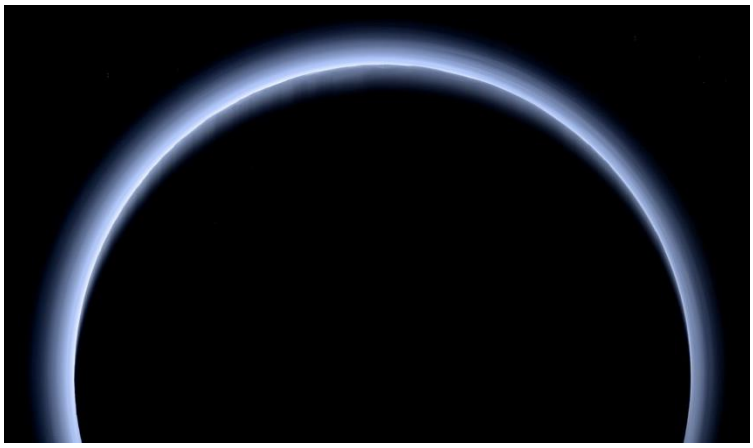
* 1 UA = $1{,}50.10^8$ km

Question 1 - En utilisant vos connaissances ainsi que les informations extraites du document 1, <u>choisissez les propositions exactes</u> parmi les suivantes.

- **A. Pluton n'est pas soumise à l'attraction gravitationnelle du Soleil car elle en est trop éloignée**
- **B. Il y a des saisons sur Pluton car l'axe de rotation est incliné sur l'orbite**
- **C. Il n'y a pas de saisons sur Pluton car elle n'a pas de champ magnétique**
- **D. Il y a des aurores polaires sur Pluton, comme sur Terre**
- **E. L'orbite de Pluton est à peu près circulaire comme c'est le cas de l'orbite terrestre**
- **F. Sur Pluton, il fait globalement plus chaud au périhélie qu'à l'aphélie**
- **G. Sur Pluton, il fait globalement plus chaud à l'aphélie qu'au périhélie**
- **H. Depuis Pluton, le diamètre apparent du Soleil est en moyenne 40 fois plus petit que depuis la Terre**

Question 2 - En utilisant uniquement vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u> parmi les suivantes.

- **A. Proxima du Centaure, située à 4,2 années lumières, est la plus proche étoile de la Terre**
- **B. Il y a trois classes de planètes dans le Système solaire**
- **C. Les planètes géantes ont une densité proche de 1**
- **D. Les planètes telluriques ont toutes des satellites**
- **E. Les planètes géantes ont toutes des anneaux**
- **F. Il existe des planètes rocheuses autour d'autres étoiles**
- **G. Sur Vénus, on assiste à un fort effet de serre qui porte la température de la planète à 460°C**



Document 2 *: Image en vraies couleurs de l'atmosphère de Pluton prise par la sonde New Horizon, juste après son survol de Pluton. Plusieurs couches de brumes bleues flottent dans l'atmosphère (source : NASA).*

Question 3 - En utilisant les informations extraites des documents 1 et 2 ainsi que vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u> parmi les suivantes.

- **A. Sur l'image, on voit la lumière réfléchie par l'atmosphère de Pluton**
- **B. Sur l'image, on voit la lumière transmise et diffusée par l'atmosphère de Pluton**
- **C. Sur l'image, on voit le rayonnement de corps noir émis par l'atmosphère de Pluton**
- **D. Une explication possible à la faible épaisseur de l'atmosphère de Pluton est la faible gravité**
- **E. La couleur bleue de l'atmosphère terrestre s'explique par la diffusion du rayonnement solaire par les molécules de l'air**
- **F. La pression sur Pluton est 10 000 fois moindre que la pression atmosphérique terrestre**
- **G. Le CH_4 dans l'atmosphère de Pluton entraîne un effet de serre sur la planète naine**

Question 4 - Pluton est 5,4 fois plus petite et 460 fois moins massive que la Terre. Sur Pluton, vous pesez… : ***(une seule bonne réponse possible).***

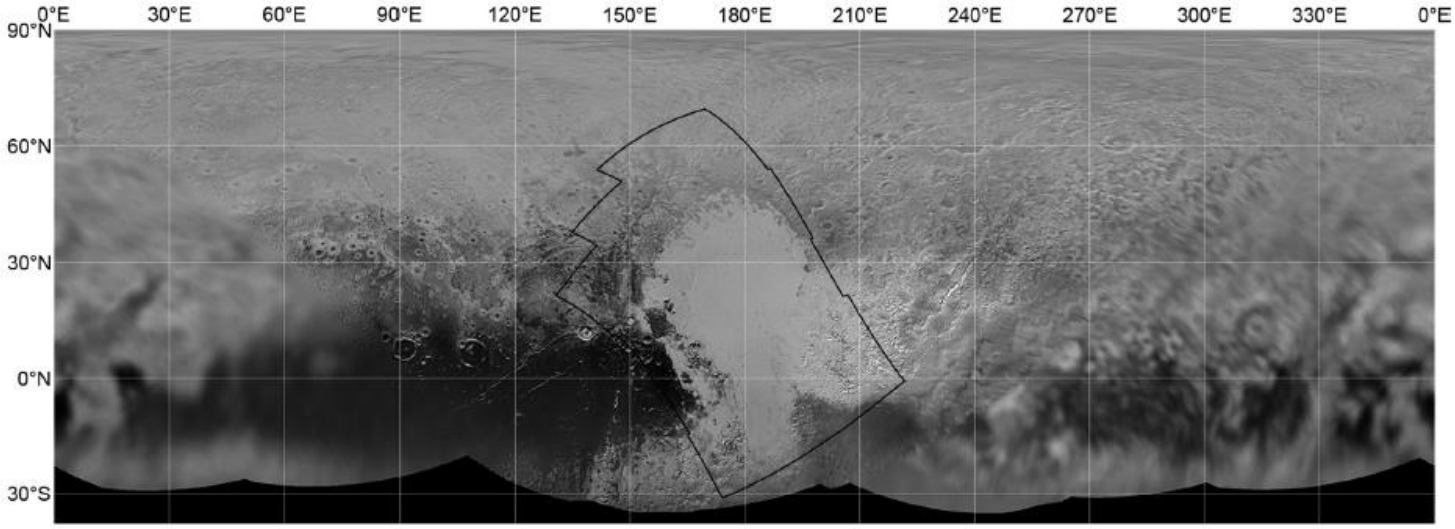
- **A. 460 fois moins lourd**
- **B. 230 fois moins lourd**
- **C. 29 fois moins lourd**
- **D. 16 fois moins lourd**
- **E. 5,4 fois moins lourd**
- **F. Comme sur Terre**

Question 5 - En utilisant vos connaissances, choisissez LA bonne proposition qui justifie que Pluton n'est plus une planète au sens de la définition officielle de l'Union Astronomique Internationale ***(une seule bonne réponse possible).***

- **A. Son atmosphère est trop ténue par rapport à celle de la Terre**
- **B. Elle n'a pas « fait le ménage » sur son orbite**
- **C. Elle n'est pas assez grosse**
- **D. Elle n'a pas une forme parfaitement sphérique, à cause de son relief montagneux**
- **E. Il n'y a pas d'eau liquide à sa surface**
- **F. Elle n'a pas de champ magnétique**
- **G. Elle a une orbite elliptique**
- **H. Elle tourne autour du Soleil**

* * *

Depuis la mise en place du Système solaire, les différents objets sont soumis à l'érosion spatiale qui, avec le temps, modifie leur surface (assombrissement, rougissement…).



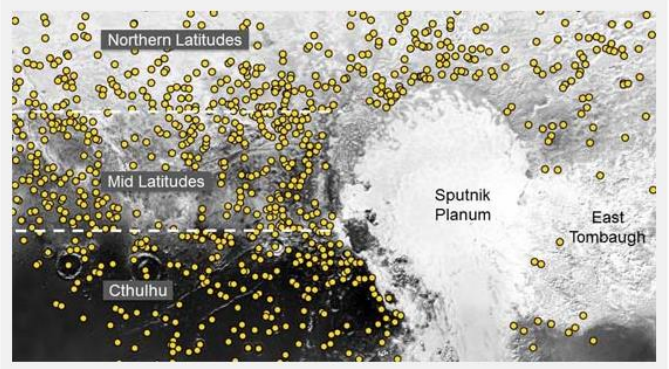
Document 3 *: Image de Pluton acquise par la camera LORRI (Long Range Reconnaissance Imager) à bord de la sonde New Horizons de la Nasa (source : NASA).*

Question 6 - En utilisant vos connaissances ainsi que les informations extraites du document 3, choisissez <u>les propositions exactes</u> parmi les suivantes.

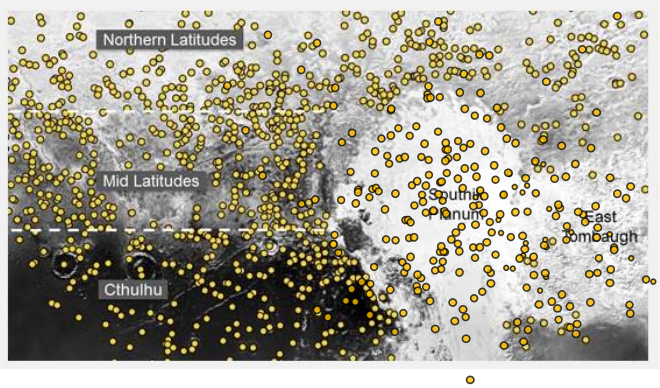
- **A. L'étude de l'albédo est intéressante pour cartographier une planète car cela donne accès à une composition précise des terrains**
- **B. L'albédo, très contrasté sur Pluton, ne peut pas être un argument utilisable pour proposer des hypothèses quant à la composition des terrains**
- **C. Sur Pluton, on observe des régions proches avec un albédo très contrasté, illustrant probablement une forte diversité géologique des terrains en surface**
- **D. L'étude de l'albédo peut être utilisée pour dater relativement les terrains de Pluton, dans ce cas la région de Sputnik Planum serait plus récente que celle de Cthulhu**
- **E. L'étude de l'albédo peut être utilisée pour dater relativement les terrains de Pluton, dans ce cas la région de Sputnik Planum serait plus ancienne que celle de Cthulhu**
- **F. Le degré de cratérisation peut aussi être utilisé pour trouver un âge relatif des terrains sur un objet du Système solaire**
- **G. Cette image montre que Pluton est un objet présentant une activité récente sinon il serait uniformément clair**
- **H. Cette image montre que Pluton est un objet présentant une activité récente sinon il serait uniformément sombre**

Ci-dessous, quatre photographies de Pluton ont été retravaillées pour proposer quatre répartitions possibles (a,b,c,d) des cratères sur cet objet du Système solaire. Ces cratères sont représentés par les points.

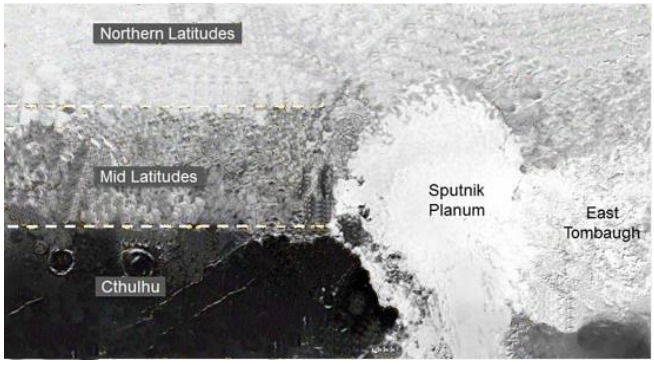
a.



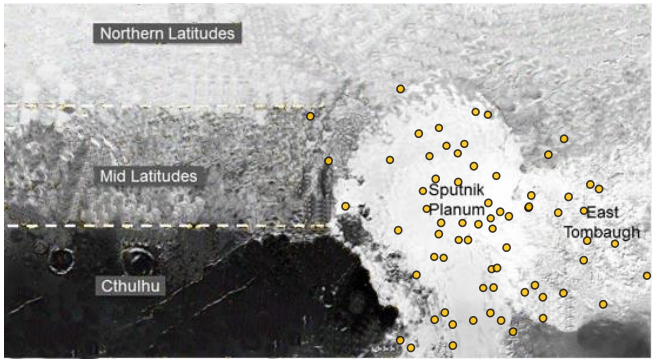
b.



c.



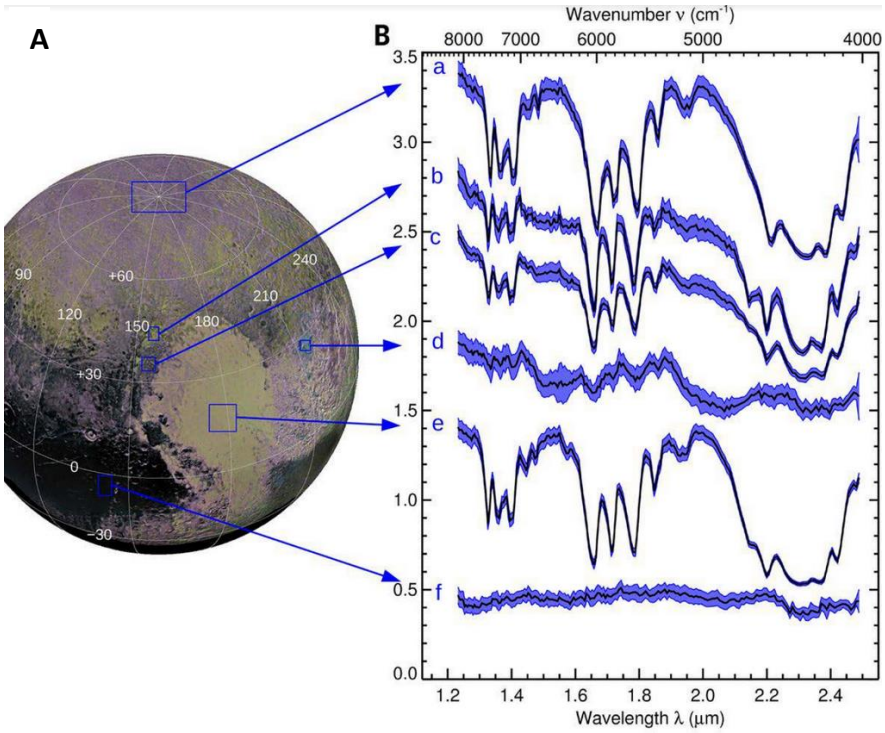
d.

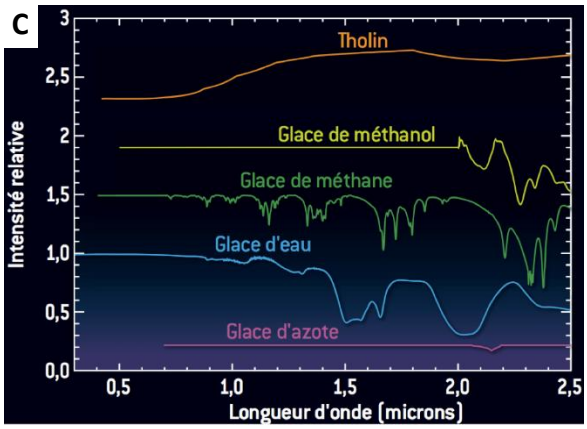


Question 7 - Choisissez <u>les propositions exactes</u> parmi les suivants.

- **A. La répartition la plus plausible des cratères est celle de la photographie « a »**
- **B. La répartition la plus plausible des cratères est celle de la photographie « b »**
- **C. La répartition la plus plausible des cratères est celle de la photographie « c »**
- **D. La répartition la plus plausible des cratères est celle de la photographie « d »**
- **E. Il est fortement probable que les impacteurs proviennent de la ceinture principale d'astéroïdes de par la position de Pluton dans le Système solaire**
- **F. Il n'y a pas d'impact sur Pluton, donc une absence de cratère, car cet objet est protégé des impacteurs par Charon**
- **G. Il est fortement probable que les impacteurs proviennent de la ceinture de Kuiper de par la position de Pluton dans le Système solaire**
- **H. Il y a une répartition homogène des cratères sur Pluton car cet objet a une vitesse de rotation élevée**

Pluton est un objet glacé. Pour déterminer la composition des glaces, les chercheurs utilisent la spectroscopie qui permet d'obtenir des informations sur la nature des terrains en surface de l'objet étudié.

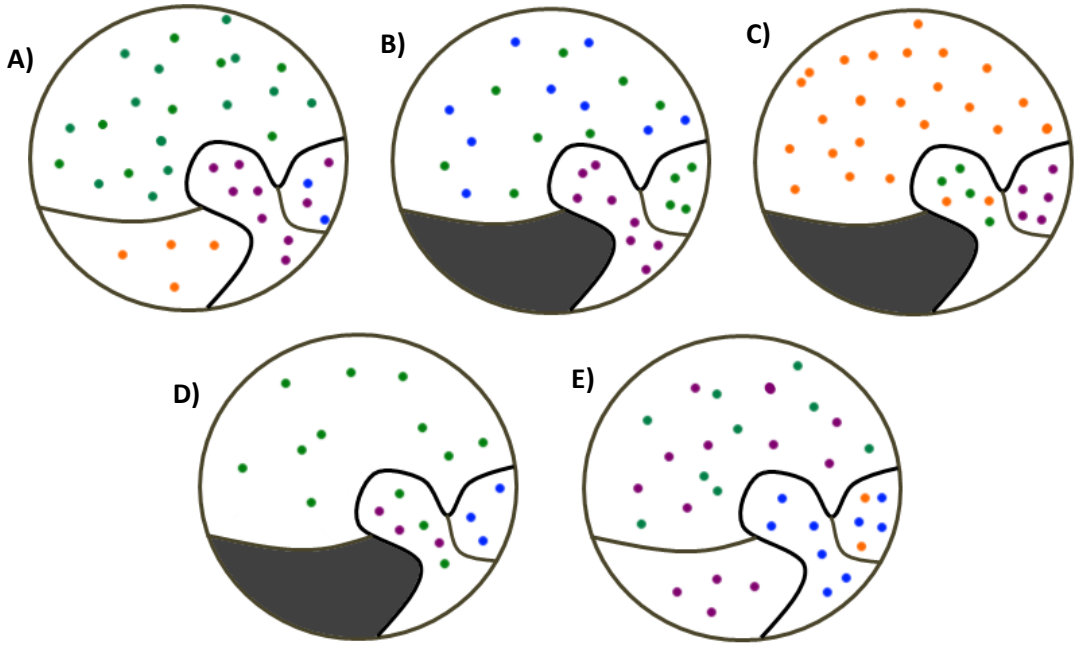




***Document 4** : **A**. Localisation sur Pluton des différents profils de spectroscopie obtenus en **B** (localisations a,b,c,d,e,f) (source : Sciences).*

***C**. Spectres théoriques obtenus en laboratoire pour différentes molécules.*

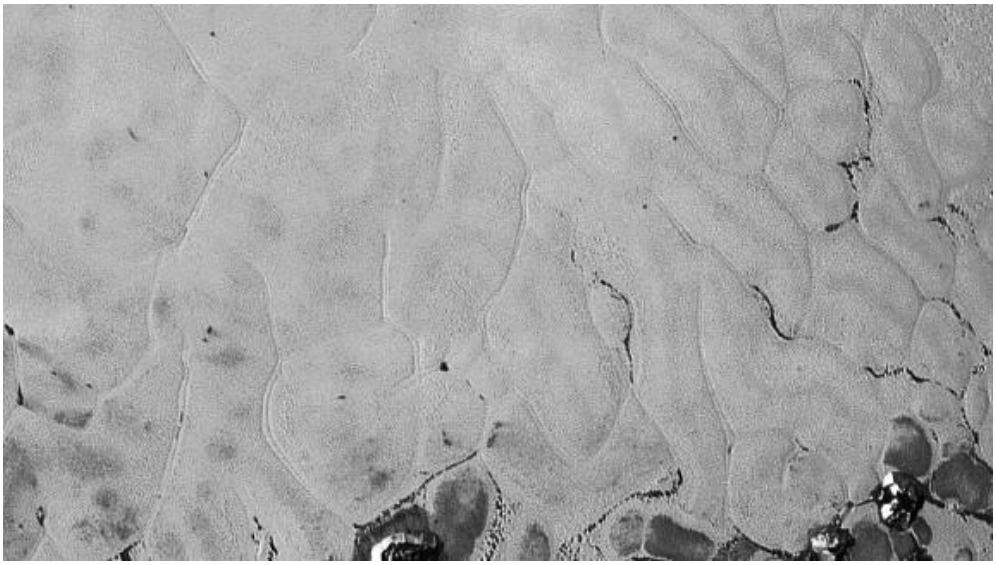
Question 8 - En utilisant les informations extraites du document 4, choisissez LA représentation ci-dessous correspondant à la répartition la plus probable des glaces sur Pluton en fonction de leur nature chimique (tholin, méthane, azote, eau) *(une seule bonne réponse).*



Légendes : point vert = méthane ; point violet = azote ; point bleu = eau ; point orange = tholin *(voir planche de documents en couleur si le sujet est imprimé en noir et blanc)*

A. **Proposition A**
B. **Proposition B**
C. **Proposition C**
D. **Proposition D**
E. **Proposition E**

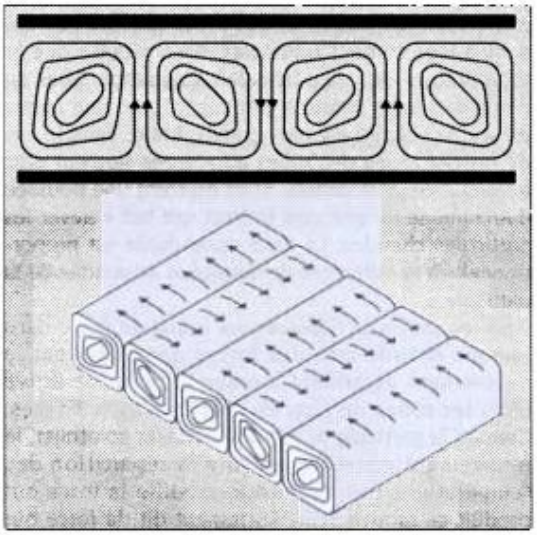
En 2015, suite aux premières images de Pluton obtenues par la mission New Horizons, les chercheurs pensaient que les formes observables sur le document 5 correspondaient à des fentes de dessiccation mises en place par contraction thermique. Depuis, cette hypothèse a été réfutée et un autre mécanisme pouvant expliquer l'origine de ces formes est mis en avant…

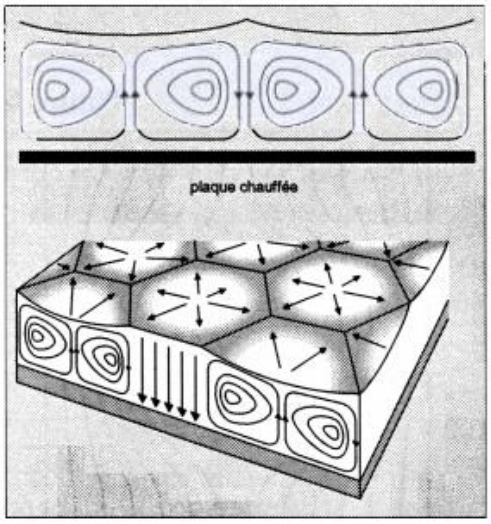


***Document 5** : Image de Pluton obtenue par la sonde New Horizons, zoom sur la région de Sputnik Planum.*

(source : NASA/John Hopkins University, 2015)

Ces formes pourraient être associées à un modèle de transfert de chaleur par convection. En fonction des conditions, les cellules de convection peuvent prendre différentes formes comme l'illustre le document 6.





Document 6 *: Morphologies de cellules de convection obtenues selon différentes conditions. Le trait épais noir correspond, dans les deux cas, à une plaque (ou couche) au sein de laquelle le transfert de chaleur ne se fait pas par convection mais par conduction.*

Question 9 - En utilisant les informations extraites des documents 5 et 6 ainsi que vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. On obtient des cellules en forme de rouleaux lorsque le transfert de chaleur se fait par convection entre deux plaques dont la température de la plaque la plus profonde est supérieure à celle de la plaque la plus superficielle**
- **B. On obtient des cellules en forme de polygones dans une mince couche de fluide chauffée par le bas et qui n'est pas recouverte par une plaque**
- **C. On obtient des cellules en forme de rouleaux lorsque le transfert de chaleur se fait par convection entre deux plaques dont la température de la plaque la plus profonde est inférieure à celle de la plaque la plus superficielle**
- **D. La convection dans le manteau terrestre correspond au modèle de cellules en rouleaux, la couche inférieure correspondant à la lithosphère et la couche supérieure à la couche D''**
- **E. La convection dans le manteau terrestre correspond au modèle de cellules en rouleaux, la couche inférieure correspondant à la couche D'' et la couche supérieure à la lithosphère**
- **F. La convection dans le manteau terrestre correspond au modèle de cellules polygonales avec une couche de manteau riche en péridotite chauffée par le bas**
- **G. Le modèle de convection que l'on pourrait appliquer pour la région de Sputnik Planum sur Pluton est le modèle de cellules en rouleaux**
- **H. Le modèle de convection que l'on pourrait appliquer pour la région Sputnik Planum sur Pluton est le modèle de cellules polygonales**
- **I. La convection correspond à un échange d'énergie thermique avec mouvement de matière à l'inverse de la conduction**
- **J. La convection correspond à un échange d'énergie thermique sans mouvement de matière à l'inverse de la conduction**

Le nombre de Rayleigh, du nom du physicien anglais Lord Rayleigh, est un nombre sans dimension utilisé en mécanique des fluides caractérisant le transfert d'énergie thermique. Au-delà d'une valeur de **1000 = nombre de Rayleigh critique**, le transfert d'énergie thermique s'opère par convection. En dessous de 1000, il s'opère par conduction.

Ce nombre dépend de différents paramètres selon l'expression suivante :

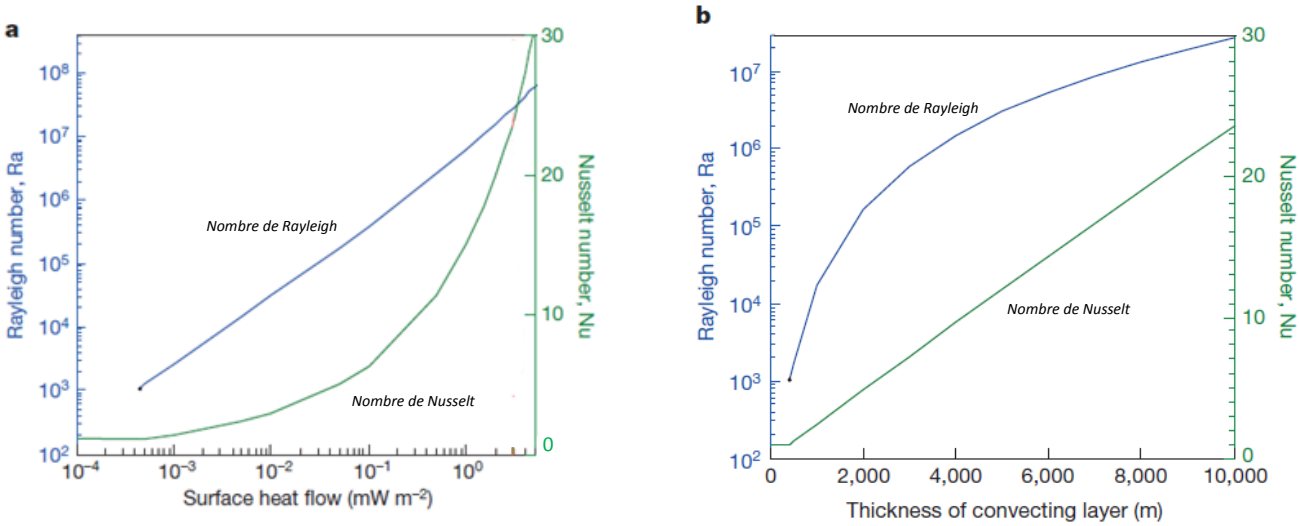
$$Ra = \frac{g \alpha \Delta T L^3}{\kappa \nu}$$

avec
- g champ de gravité [m s^{-2}]
- α coefficient de dilatation thermique [K^{-1}]
- ΔT différence de température [K]
- L taille du système (épaisseur de la couche) [m]
- κ diffusivité thermique [m^2 s^{-1}]
- ν viscosité dynamique [m^{2}s^{-1}]

Question 10 - Dans le cas de Sputnik Planum sur Pluton, il est difficile de calculer - selon vous - le nombre de Rayleigh à partir de l'expression littérale précédente à cause… *(plusieurs bonnes réponses possibles)*.

- **A. D'une incertitude que la couche soit constituée d'un matériel homogène, car la spectroscopie donne une indication uniquement de la composition en surface de la planète**
- **B. D'une incertitude sur l'épaisseur de la couche sachant qu'avec la spectroscopie les chercheurs sont certains de la composition en profondeur**
- **C. D'une impossibilité de connaître le champ de gravité « g » sur Pluton**
- **D. D'une impossibilité de connaître le delta de température entre le bas et le haut de la couche convective, ces mesures n'étant pas réalisables sur Pluton**
- **E. D'une impossibilité de connaître la pression précise en surface, mesure nécessaire pour valider le régime convectif**

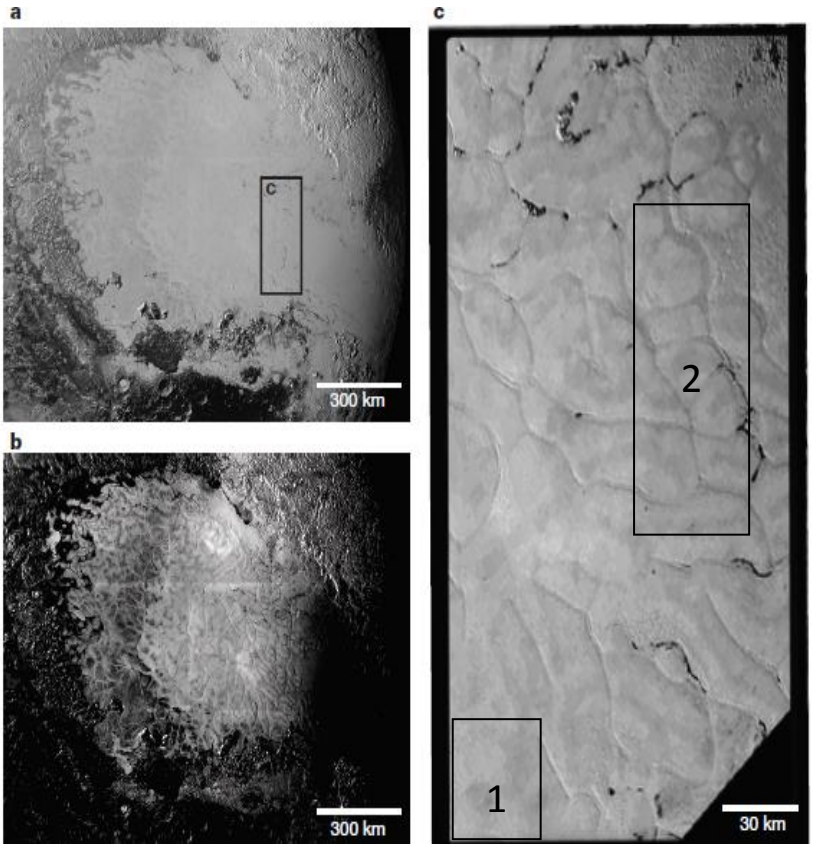
En laboratoire, les chercheurs ont utilisé des modèles établis pour valider la convection en prenant une estimation du flux d'énergie thermique de Sputnik Planum de **3 mW/m2**.



***Document 7** : Le nombre de Rayleigh et le nombre de Nusselt en fonction du flux de chaleur et de l'épaisseur de la couche convective sont représentés respectivement en **a** et **b**.* Surface heat flow = flux de chaleur = flux d'énergie thermique ; Thickness of convecting layer = épaisseur de la couche convective *(source :* A. J. Trowbridge ; *LETTER*).

Question 11 - En utilisant les informations extraites du document 7 et vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u> parmi les suivantes.

- **A. Le nombre de Rayleigh dans Sputnik Planum est de 2 ordres de grandeur supérieur au nombre de Rayleigh critique**
- **B. Il ne peut pas y avoir de convection, le nombre de Rayleigh dans Sputnik Planum est de 2 ordres de grandeur inférieur au nombre de Rayleigh critique**
- **C. Le nombre de Rayleigh, dans Sputnik Planum, est de 4 ordres de grandeur supérieur au nombre de Rayleigh critique**
- **D. La marge d'erreur pour le flux d'énergie thermique estimé est assez importante pour affirmer que la convection est possible dans Sputnik Planum**
- **E. L'épaisseur de la couche convective est d'environ 5 km**
- **F. L'épaisseur de la couche convective est d'environ 7 km**
- **G. L'épaisseur de la couche convective est d'environ 10 km**
- **H. On ne peut pas déterminer l'épaisseur de la couche convective à partir des gammes de valeurs proposées sur les courbes**
- **I. L'épaisseur de la couche convective dans Sputnik Planum est du même ordre de grandeur que celle du manteau terrestre qui est de 2900 km**
- **J. L'épaisseur de la couche convective dans Sputnik planum n'est pas du même ordre de grandeur que l'épaisseur de la couche convective du manteau terrestre**
- **K. L'épaisseur de la couche convective dans Sputnik Planum est du même ordre de grandeur que celle du manteau terrestre qui est de 30 km**
- **L. Il s'agit d'une convection d'azote dans Sputnik Planum alors que, dans le manteau terrestre, c'est un matériel très riche en olivine qui convecte**
- **M. Il s'agit d'une convection d'azote dans Sputnik Planum alors que, dans le manteau terrestre, c'est un matériel très riche en amphibole qui convecte**



Document 8** : Image de Pluton obtenue par New Horizons, zoom sur la région de Sputnik Planum. L'image **b** est une version contrastée de l'image **a**. L'image **c** représente un zoom de l'encadré de l'image **a.

(source : NASA/John Hopkins University-Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute, 2015)

Les données en laboratoire montrent un ratio de 1 : 3 entre la profondeur d'une couche convective et le diamètre de la cellule convective.

Question 12 - En utilisant cette information et les documents 7 et 8, choisissez <u>les propositions exactes</u> parmi les suivantes.

- **A. La zone 2 de la photographie du document 8c confirme les données issues des courbes du document 7 car le diamètre des cellules convectives est de 15 km en moyenne**
- **B. La zone 2 de la photographie du document 8c confirme les données issues des courbes du document 7 car le diamètre des cellules convectives est de 30 km en moyenne**
- **C. La zone 2 de la photographie du document 8c confirme les données issues des courbes du document 7 car le diamètre des cellules convectives est de 20 km en moyenne**
- **D. Cela ne correspond pas car le diamètre d'une cellule convective est d'environ 900 km**
- **E. Dans la zone 1 du document 8c, les cellules de convection sont plus profondes que dans la zone 2**
- **F. Dans la zone 1 du document 8c, les cellules de convection sont moins profondes que dans la zone 2**
- **G. La convection est homogène dans toute la zone de Sputnik Planum**
- **H. La profondeur de la zone 1 du document 8c est de plus de 500 m**
- **I. La profondeur de la zone 1 du document 8c est de moins de 500 m**

Document 9 *: Lac de lave du Nyiragongo, République démocratique du Congo (à gauche) et surface de l'ancien lac de lave du Kilauea Iki, Hawaï (à droite).*

Question 13 - En utilisant les informations extraites du document 9 et vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u> parmi les suivantes.

- **A. À Hawaï et au Nyiragongo, on observe une lave de composition basaltique fluide alors que sur Sputnik Planum on retrouve de l'azote**
- **B. Dans l'ancien lac de lave d'Hawaï et dans celui du Nyiragongo la convection se fait dans un matériel parmi les plus siliceux**
- **C. La convection se fait à une température d'environ 100°C à Hawaï alors qu'elle se fait à 1000°C sur Pluton**
- **D. La convection se fait à une température d'environ 100°C à Hawaï alors qu'elle se fait à -230°C sur Pluton**
- **E. La convection se fait à une température d'environ 1000°C à Hawaï alors qu'elle se fait à -230°C sur Pluton**

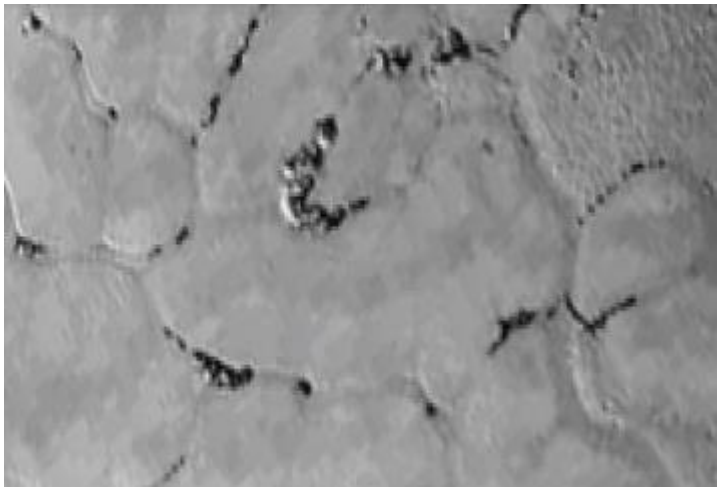
F. La convection peut se faire dans des matériaux très différents et à des températures variables

G. Le volcanisme à Hawaï et au Nyiragongo permet de mettre en place des volcans boucliers typiques du volcanisme Hawaïen

H. Le volcanisme à Hawaï et au Nyiragongo permet de mettre en place des stratovolcans typiques du volcanisme Hawaïen

I. Les photographies prises à Hawaï et au Nyiragongo témoignent d'un volcanisme de type explosif

J. Les photographies prises à Hawaï et au Nyiragongo témoignent d'un volcanisme de type effusif



Document 10 *: Le nunatak de Juneau - vue d'un hélicopter - Alaska (à gauche) et zoom de la photographie* ***c*** *du document 8 - Sputnik Planum - Pluton (à droite).*

Un nunatak est une surface non glaciaire entourée de glaciers.

Question 14 - En utilisant les informations extraites des documents 6 et 10 ainsi que vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u> parmi les suivantes.

A. Les mouvements ascendants de convection dans le modèle polygonal sont sur les bords et les mouvements descendants au centre, expliquant la répartition des monts sombres sur les bords des cellules convectives de Sputnik Planum

B. Les mouvements ascendants de convection dans le modèle polygonal sont sur les bords et les mouvements descendants au centre, expliquant la répartition des monts sombres au centre des cellules convectives de Sputnik Planum

C. Les mouvements ascendants de convection dans le modèle polygonal sont au centre et les mouvements descendants sur les bords, expliquant la répartition des monts sombres au centre des cellules convectives de Sputnik Planum

D. Les mouvements ascendants de convection dans le modèle polygonal sont au centre et les mouvements descendants sur les bords, expliquant la répartition des monts sombres sur les bords des cellules convectives de Sputnik Planum

E. Si ces monts sont constitués de glace d'eau, cela veut dire que la viscosité de la glace d'eau est supérieure à la viscosité du matériel environnant

F. Si ces monts sont constitués de glace d'eau, cela veut dire que la viscosité de la glace d'eau est inférieure à la viscosité du matériel environnant

Il s'agit maintenant de comprendre pourquoi les chercheurs ont mis de côté l'hypothèse des fentes de dessiccation pour expliquer les structures polygonales observables à la surface de Pluton.

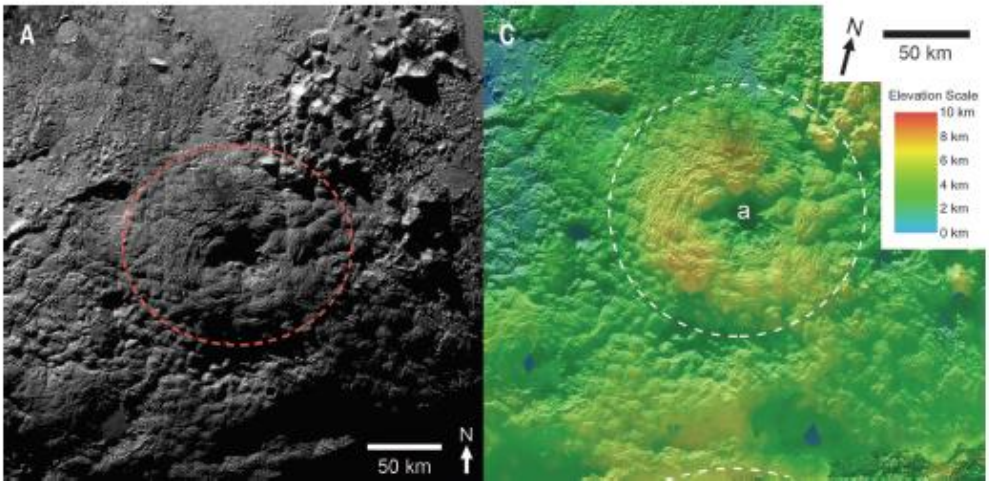
Document 11 *: Fentes de dessiccation observées à Hyères les Palmiers (à gauche) et orgues basaltiques observés à Reynifjara, Islande (à droite).*

Question 15 - Il est admis que les formes polygonales mises en place par contraction thermique ont leur plus grande longueur égale à 5 fois la profondeur à laquelle la vague thermique pénètre la surface entre l'hiver et l'été. Cette profondeur est de 100 m pour l'azote.

En utilisant les informations extraites des documents 8 et 11 ainsi que vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. Les fentes de dessiccation de Hyères les Palmiers ont été mises en place dans un terrain de nature granitique**
- **B. Les fentes de dessiccation de Hyères les Palmiers ont été mises en place dans un terrain de nature argileux**
- **C. L'épaisseur moyenne des fentes de dessiccation à Hyères les Palmiers est d'environ 1 cm**
- **D. L'épaisseur moyenne des fentes de dessiccation à Hyères les Palmiers est d'environ 10 cm**
- **E. L'épaisseur moyenne des fentes de dessiccation à Hyères les Palmiers est d'environ 5 cm**
- **F. Les chercheurs ont réfuté l'hypothèse des fentes de dessiccation pour Pluton car, dans ce cas, leur diamètre devrait être de 500 m**
- **G. Les chercheurs ont réfuté l'hypothèse des fentes de dessiccation pour Pluton car leur diamètre aurait dû être 60 fois plus petit que ce qui est observé**
- **H. Les chercheurs ont réfuté l'hypothèse des fentes de dessiccation pour Pluton car leur diamètre aurait dû être 60 fois plus grand que ce qui est observé**
- **I. Les chercheurs ont réfuté l'hypothèse des fentes de dessiccation pour Pluton car il n'y a ni granite ni argile sur cet objet**
- **J. Les orgues basaltiques observés en Islande présentent une base polygonale, la coulée de lave qui leur a donné naissance s'est déplacée du haut vers le bas de la photographie**
- **K. Les orgues basaltiques observés en Islande présentent une base polygonale, la coulée de lave qui leur a donné naissance s'est déplacée de la gauche vers la droite de la photographie**

L'hypothèse que les structures polygonales de Sputnik Planum soient associées à une coulée volcanique sur Pluton a été mise de côté. Cependant, cela n'exclut pas la présence de structures particulières liées au volcanisme…

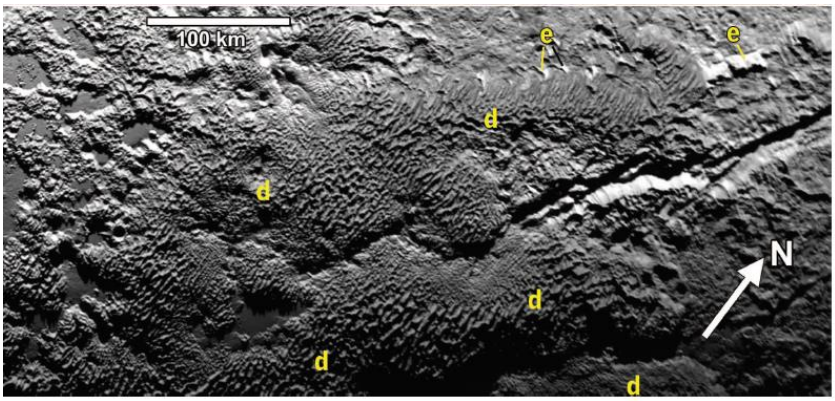


Document 12 *: Vue de Wright Mons, structure circulaire retrouvée au sud de Sputnik Planum.*

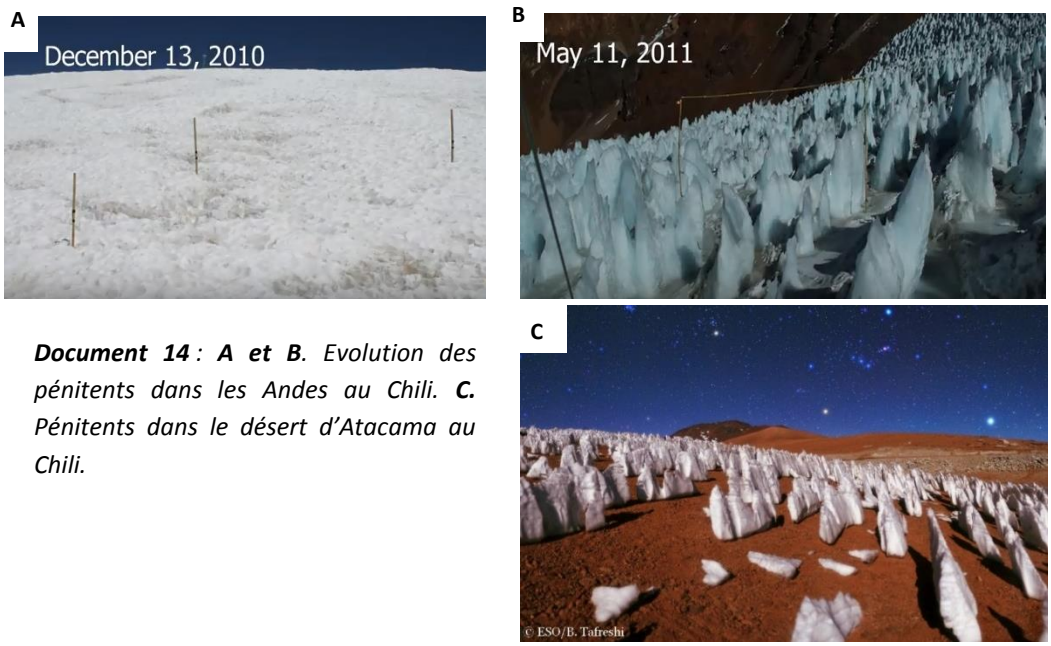
Question 16 - En utilisant les informations extraites du document 12 et vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. Le Wright Mons a un relief qui pourrait s'apparenter à un volcan sous-marin retrouvé au niveau des dorsales océaniques sur Terre de par sa structure circulaire et sa dépression centrale**
- **B. Le Wright Mons a un relief qui pourrait s'apparenter à un volcan bouclier sur Terre de par sa structure circulaire et sa dépression centrale**
- **C. Le Wright Mons a un relief qui pourrait s'apparenter à un volcan sous-marin retrouvé au niveau des dorsales océaniques sur Terre de par sa structure circulaire et son élévation centrale**
- **D. Le Wright Mons a un relief qui pourrait s'apparenter à un volcan bouclier sur Terre de par sa structure circulaire et son élévation centrale**
- **E. Il est probable que de l'eau, du méthane et/ou de l'azote soient éjectés de ce volcan**
- **F. Il est probable que de la lave de composition andésitique soit éjectée de ce volcan**
- **G. Il est probable que les produits volcaniques ne soient présents qu'à l'état de fluide comme c'est le cas sur Terre**
- **H. Il est probable que les produits volcaniques soient présents sous trois états (solide, liquide, gazeux) comme c'est le cas sur Terre**
- **I. Il est probable qu'une source de chaleur interne liée au noyau rocheux de Pluton soit à l'origine du volcanisme**
- **J. Il est probable qu'une source de chaleur interne liée au noyau ferreux de Pluton soit à l'origine du volcanisme**
- **K. Les volcans terrestres sont une manifestation de la libération d'énergie thermique dont la source principale est l'énergie d'accrétion de la planète**
- **L. Les volcans terrestres sont une manifestation de la libération d'énergie thermique dont la source principale est la radioactivité**
- **M. S'il y a des éléments radioactifs dans le cœur de Pluton, ils devraient avoir une longue demi-vie pour avoir un impact énergétique actuel**
- **N. S'il y a des éléments radioactifs dans le cœur de Pluton, ils devraient avoir une courte demi-vie pour avoir un impact énergétique actuel**

Les images obtenues par la sonde New Horizons montrent d'autres structures très particulières, cette fois ci localisées à l'est de Sputnik Planum …



Document 13 *: Zoom de la zone de Tartarus Dorsa à l'est de Sputnik Planum sur Pluton.*

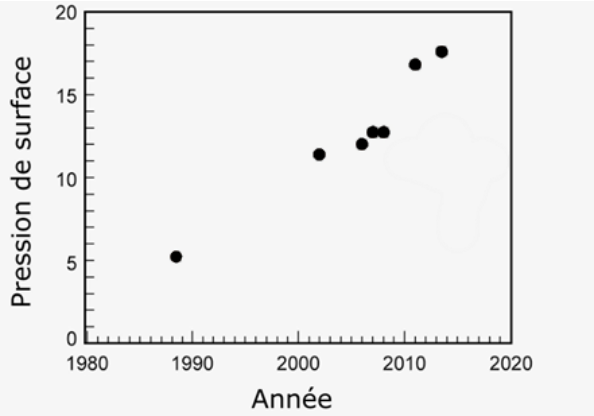


Document 14 *:* ***A et B****. Evolution des pénitents dans les Andes au Chili.* ***C.*** *Pénitents dans le désert d'Atacama au Chili.*

Question 17 - En utilisant les informations extraites des documents 13 et 14 ainsi que vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. Les sculptures observées sur Pluton et sur Terre pourraient résulter du passage de glace de l'état solide à l'état liquide et à son transport autour de blocs expliquant l'escarpement des terrains obtenus**
- **B. Les sculptures observées sur Pluton et sur Terre pourraient résulter du passage de glace de l'état solide à l'état gazeux - ou sublimation - expliquant l'escarpement des terrains obtenus**
- **C. Sur Terre, les pénitents sont constitués de glace de méthane et/ou d'azote alors qu'ils sont constitués de glace d'eau sur Pluton**
- **D. Sur Terre, les pénitents sont constitués de glace d'eau alors qu'ils sont constitués de glace de méthane et/ou d'azote sur Pluton**
- **E. L'orientation préférentielle des pénitents pourrait être reliée à l'ensoleillement**
- **F. L'orientation préférentielle des pénitents fait penser qu'un vent fort a érodé la glace de manière différentielle**

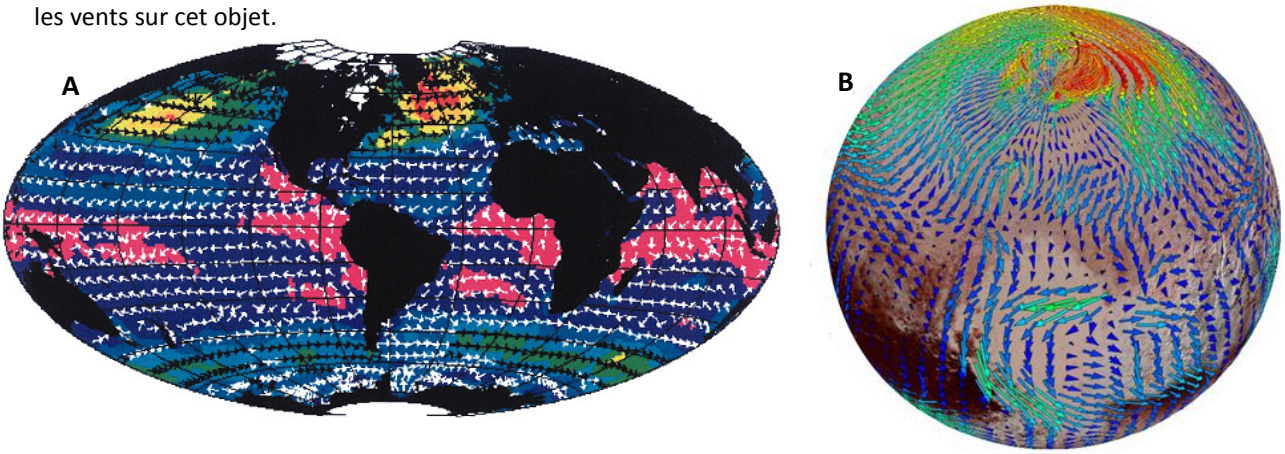
***Document 15** : Évolution de la pression atmosphérique à la surface de Pluton au cours du temps.*



Question 18 - En utilisant les informations extraites du document 15 et vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

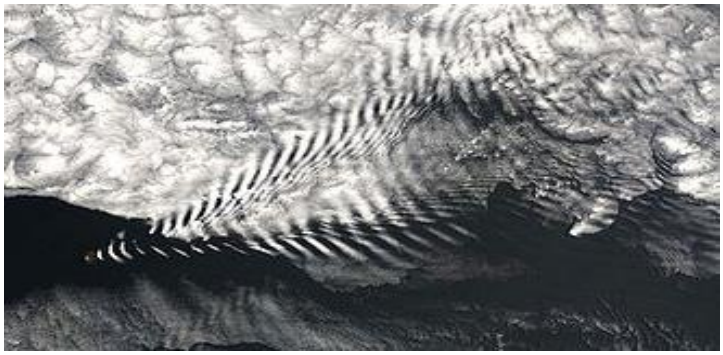
- **A. L'augmentation de la pression atmosphérique sur Pluton peut être reliée à une diminution de l'épaisseur de l'atmosphère**
- **B. L'augmentation de la pression atmosphérique sur Pluton peut être reliée à une augmentation de l'épaisseur de l'atmosphère**
- **C. L'évolution de la pression atmosphérique sur Pluton n'est pas reliée à une variation de l'épaisseur de l'atmosphère**
- **D. Une intensification des vents solaires pourrait expliquer cette variation**
- **E. L'évolution de la pression atmosphérique peut être reliée à une sublimation plus importante de l'azote**
- **F. L'évolution de la pression atmosphérique peut être reliée à une condensation plus importante de l'azote**
- **G. La composition de l'atmosphère terrestre a été stable au cours du temps et la pression atmosphérique n'a pas varié autant que sur Pluton**
- **H. L'évolution de la pression atmosphérique sur Pluton peut être reliée à une variation d'ensoleillement d'un réservoir de glace sur une dizaine d'année**
- **I. Sur Terre, on observe une variation de la pression atmosphérique verticalement, la pression augmentant avec l'altitude**
- **J. Sur Terre, on observe une variation de la pression atmosphérique verticalement, la pression diminuant avec l'altitude**

En étudiant plus particulièrement l'atmosphère de Pluton et sa dynamique, les chercheurs ont réussi à modéliser les vents sur cet objet.



***Document 16** : **A.** Carte de la répartition des vents sur Terre, les flèches indiquent la direction **B.** Carte de la répartition des vents sur Pluton **C.** Motif nuageux formé par les ondes de gravité en aval de l'île d'Amsterdam, une île volcanique de l'océan Indien (page suivante). **D.** Cliché de l'atmosphère de Pluton (page suivante).*

C



D

Une onde de gravité correspond, en météorologie, à des variations concentriques de la pression atmosphérique crées par la chute d'une masse d'air qui subit la poussée d'Archimède et remonte si sa densité est supérieure à l'environnement. Ces oscillations verticales sont souvent liées au passage de vents sur un relief, on parle d'ondes de gravité de montagne. Ces oscillations ont été mises en évidence dans les basses couches de l'atmosphère de Pluton, les plus lumineuses.

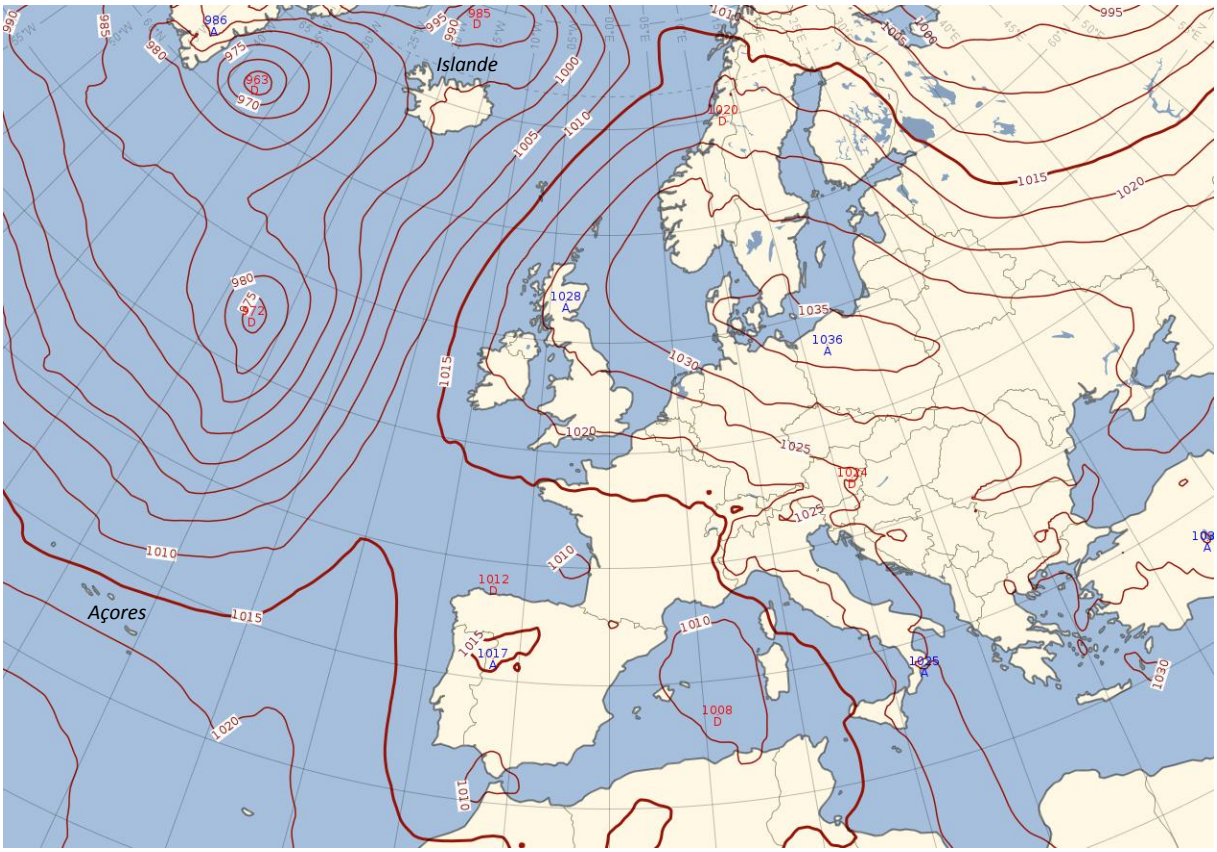
Question 19 - En utilisant les informations du document 16 et vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. Sur Terre, les vents d'Ouest convergent vers l'équateur car il s'agit d'une zone de basse pression**
- **B. Sur Terre, les Alizés convergent vers l'équateur car il s'agit d'une zone de basse pression**
- **C. Sur Terre, les Alizés convergent vers l'équateur car il s'agit d'une zone de haute pression**
- **D. Sur Terre, les vents d'Ouest convergent vers l'équateur car il s'agit d'une zone de haute pression**
- **E. D'après la répartition des vents sur Pluton, il est difficile d'établir une circulation avec deux cellules atmosphériques comme c'est le cas sur Terre**
- **F. D'après la répartition des vents sur Pluton, il est difficile d'établir une circulation avec trois cellules atmosphériques comme c'est le cas sur Terre**
- **G. Il y a sur Pluton comme sur Terre, globalement et pour une latitude donnée, un même sens des vents**

Question 20 - En utilisant les informations extraites du document 16 et vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. Les zones blanches des ondes de gravité de montagne correspondent à une zone où l'humidité relative augmente et on atteint la saturation de l'air**
- **B. Les zones noires des ondes de gravité de montagne correspondent à une zone où l'humidité relative augmente et on atteint la saturation de l'air**
- **C. Une masse d'air est plus comprimée en altitude, son volume diminue, la température diminue et l'humidité relative augmente**
- **D. Une masse d'air est moins comprimée en altitude, son volume augmente, la température diminue et l'humidité relative augmente**
- **E. Dans les zones descendantes de l'onde, l'air se réchauffe et l'humidité relative passe sous la saturation, ce qui dégage le ciel**
- **F. Dans les zones ascendantes de l'onde, l'air se réchauffe et l'humidité relative passe sous la saturation, ce qui dégage le ciel**
- **G. L'effet de foehn correspondrait à la situation des zones blanches des motifs nuageux liés aux ondes de gravité**
- **H. L'effet de foehn correspondrait à la situation des zones noires des motifs nuageux liés aux ondes de gravité**
- **I. Il est plausible de parler d'ondes de gravité de montagne sur Pluton car il s'agit d'un objet présentant des reliefs variés**

PARTIE II : Étude d'une situation météorologique de janvier 2018 …



Document 17 *: Pression atmosphérique réduite au niveau de la mer le 08/01/2018 à 12 UTC, les lignes rouges correspondent aux isobares (source : Météo-France).*

Question 21 - En utilisant les informations du document 17 et vos connaissances, choisissez LA proposition exacte qui, sur la carte, traduit une situation éloignée de la circulation atmosphérique moyenne en surface *(une seule bonne réponse)*.

- **A. Les pressions sont plus basses que la normale autour de l'Islande**
- **B. Les pressions sont plus élevées que la normale autour des Açores**
- **C. Les vents viennent de l'ouest sur une large partie de l'Europe Centrale**
- **D. Les vents viennent de l'est sur une large partie de l'Europe Centrale**

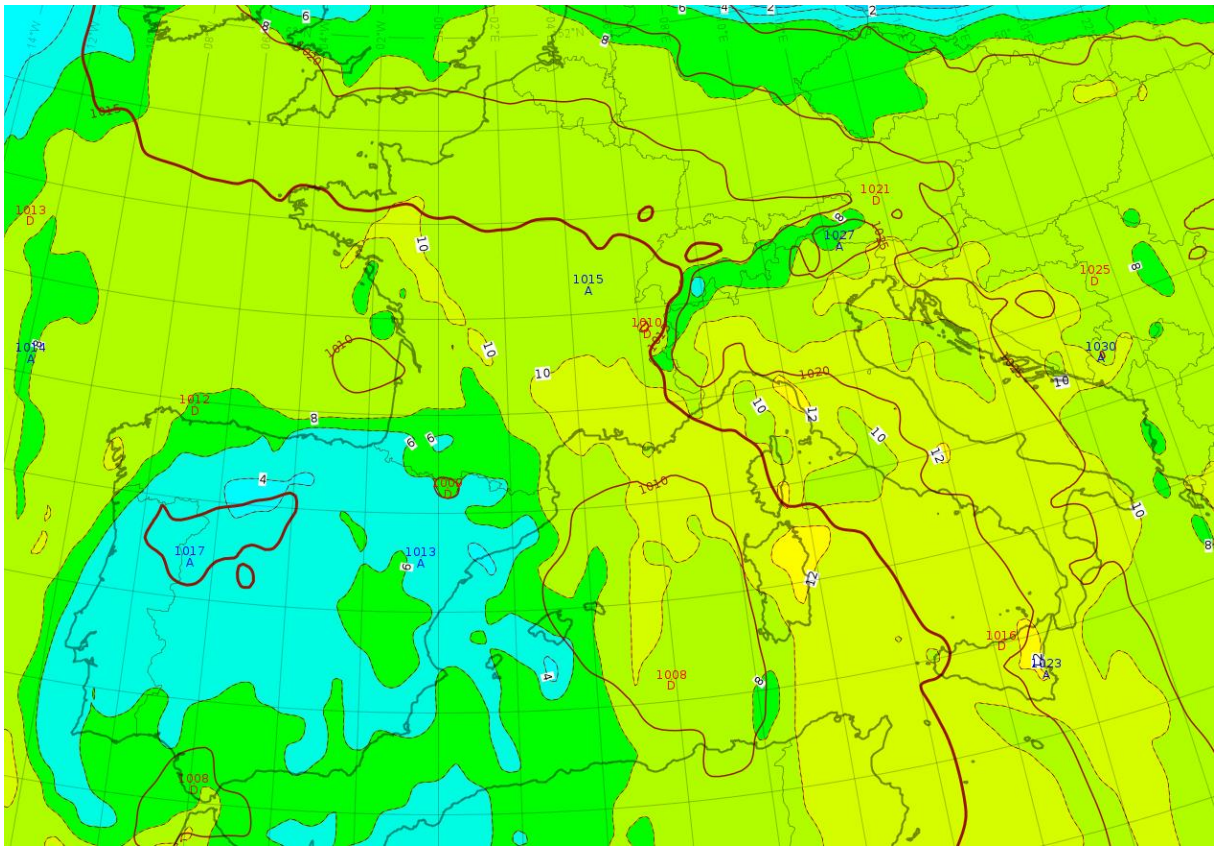
Document 18 *: Pression atmosphérique réduite au niveau de la mer le 08/01/2018 à 12 UTC, les lignes rouges correspondent aux isobares (source : Météo-France).*

Question 22 - En utilisant les informations du document 18 et vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u> concernant le quart sud-est de la France.

- **A. La pression est majoritairement supérieure à 1015 hPa**
- **B. La pression est majoritairement inférieure à 1015 hPa**
- **C. La pression est influencée, en premier lieu, par une dépression à 1008 hPa entre les Baléares et la Sardaigne**
- **D. La pression est influencée, en premier lieu, par un anticyclone à 1017 hPa situé au nord-est du Portugal**

Question 23 - En utilisant les informations du document 18 et vos connaissances, choisissez LA proposition exacte concernant l'extrême sud-est de la France *(une seule bonne réponse)*.

- **A. Le vent est assez fort en provenance du nord-ouest**
- **B. Le vent est assez fort en provenance du nord-est**
- **C. Le vent est assez fort en provenance du sud-ouest**
- **D. Le vent est assez fort en provenance du sud-est**



Document 19 *: Pression atmosphérique réduite au niveau de la mer et θ'w (température pseudo-adiabatique) à 850 hPa le 08/01/2018 à 12 UTC (source : Météo-France). La température pseudo-adiabatique est indiquée par un chiffre noir entouré d'un carré blanc. Les couleurs du fond de carte indiquent l'évolution de cette température : bleu pour les zones où la θ'w est la plus basse, puis vert foncé, vert clair et jaune pour les zones où elle est plus élevée (voir planche de documents en couleur si le sujet est imprimé en noir et blanc).*

Question 24 - La θ'w est la température pseudo-adiabatique du thermomètre mouillé. Cette variable dépend à la fois de la température et de l'humidité : les valeurs sont d'autant plus élevées que l'air est chaud et/ou humide. Cette variable est consultée à 850 hPa, soit une altitude d'environ… ***(une seule bonne réponse).***

- **A. 850 mètres**
- **B. 1500 mètres**
- **C. 3000 mètres**
- **D. 8500 mètres**

Question 25 - On s'intéresse à la masse d'air qui survole le sud-est de la France sur un transect Corse-Alpes. En utilisant les informations du document 19 et vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u> qui caractérisent cette masse d'air.

- **A. Elle s'est accélérée au niveau de la Corse par resserrement des isobares**
- **B. Elle s'est humidifiée au contact de la mer Méditerranée**
- **C. Elle est chaude car elle est en provenance de l'Afrique du Nord**
- **D. Elle s'est refroidie au contact de la mer Méditerranée qui est plus froide que le continent en janvier**
- **E. Elle s'est réchauffée au contact de la mer Méditerranée qui est plus chaude que le continent en janvier**
- **F. Elle est soulevée au contact des reliefs rencontrés en arrivant sur le continent**

Question 26 - Autrement dit, comment vont évoluer la température (T), le point de rosée (Td) et la pression de vapeur d'eau (e) durant le cheminement de la masse d'air… *(une seule bonne réponse).*

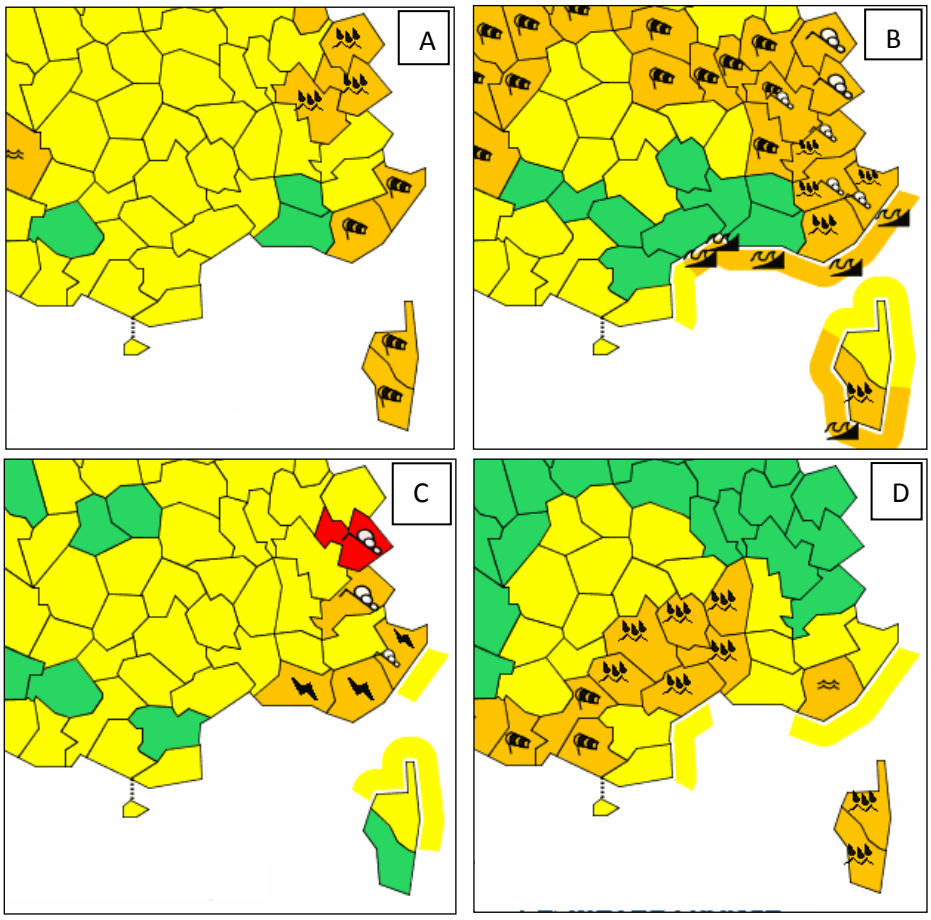
- **A. À la fois « T », « Td » et « e » augmentent**
- **B. Seule « T » augmente**
- **C. Seul « Td » augmente**
- **D. Seule « e » augmente**
- **E. Seuls « Td » et « e » augmentent**

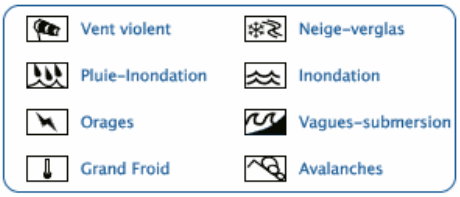
Question 27 - Pour cette situation, choisissez <u>les localisations</u> pour lesquelles les plus fortes précipitations ont été attendues.

- **A. Vers les Cévennes (Sud du Massif Central)**
- **B. Vers la Côte d'Azur**
- **C. Sur la côte ouest de la Corse**
- **D. Vers les Alpes du Sud et frontalières (versant Italien)**

Question 28 - Des impacts de foudre ont été détectés au sein de ces précipitations. Quel est LE type de nuage associé à ce type de phénomène ? *(une seule bonne réponse).*

- **A. Cumulus**
- **B. Cumulonimbus**
- **C. Altostratus**
- **D. Nimbostratus**





***Document 20** : Cartes de Vigilance (A,B,C,D) émises par Météo-France et légendes de différents phénomènes (source : Météo-France).*

Question 29 - À partir du document 20, choisissez LA carte de vigilance qui a été émise par Météo-France l'après-midi du 8 janvier *(une seule bonne réponse).*

- **A. Carte de vigilance « A »**
- **B. Carte de vigilance « B »**
- **C. Carte de vigilance « C »**
- **D. Carte de vigilance « D »**

* * *

Question 30 - Des nuages séparés ayant l'aspect de cheveux peuplent le ciel dans l'étage supérieur. Choisissez LE genre nuageux correspondant à cette *situation (une seule bonne réponse).*

- **A. Stratus**
- **B. Cumulonimbus**
- **C. Cirrus**
- **D. Cumulus**

Question 31 - L'endroit où je me trouve est plongé dans un épais brouillard. Donner LE genre nuageux que l'on trouvera dans cette couche une fois qu'elle ne sera plus en contact avec le sol *(une seule bonne réponse)*.

- **A. Stratus**
- **B. Cumulonimbus**
- **C. Altocumulus**
- **D. Cumulus**

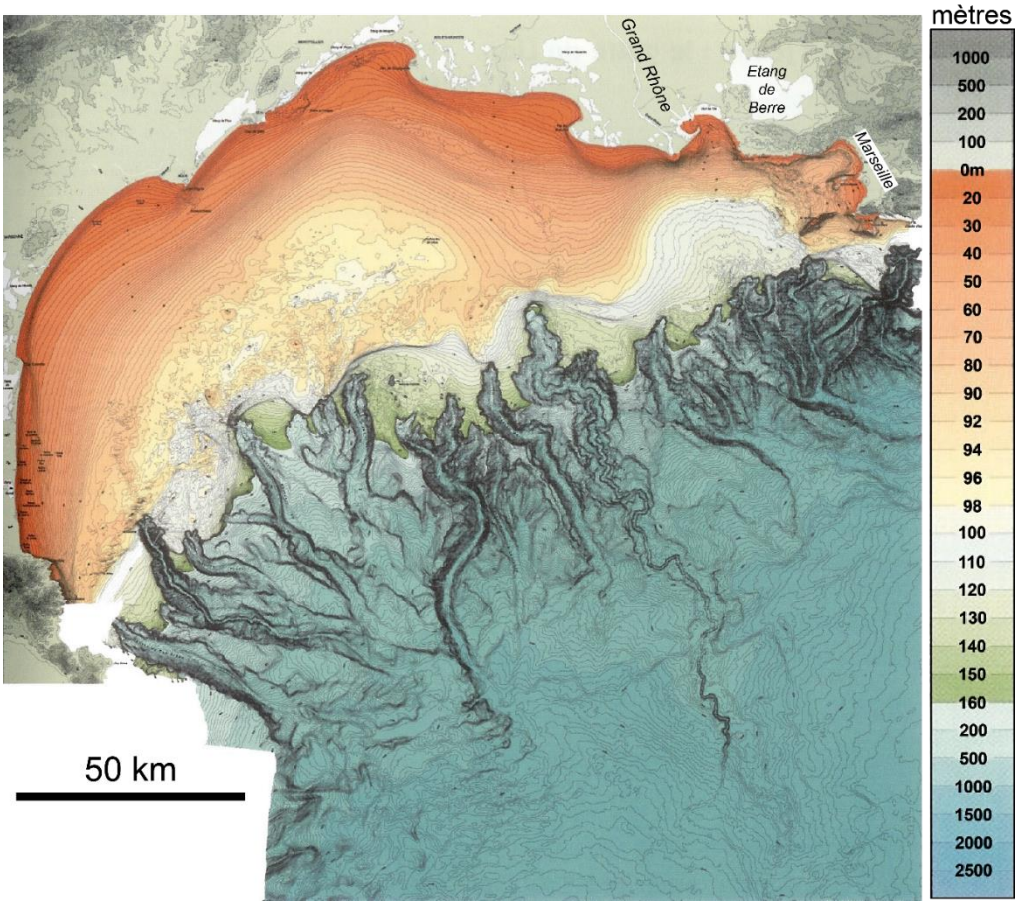
Question 32 - Choisissez <u>les types nuageux</u> desquels peuvent tomber des granules de glace.

- **A. Altocumulus**
- **B. Altostratus**
- **C. Nimbostratus**
- **D. Strato-cumulus**

PARTIE III : Autour du golfe du Lion …

Généralités sur le golfe du Lion

Le golfe du Lion borde la côte entre Marseille et la frontière espagnole dans le sud de la France. Il s'agit d'une zone marine (mer Méditerranée) qui recueille les sédiments en provenance des Alpes, du Massif Central et des Pyrénées. De nombreuses campagnes océanographiques ont permis de découvrir les caractéristiques des fonds marins de cette zone.



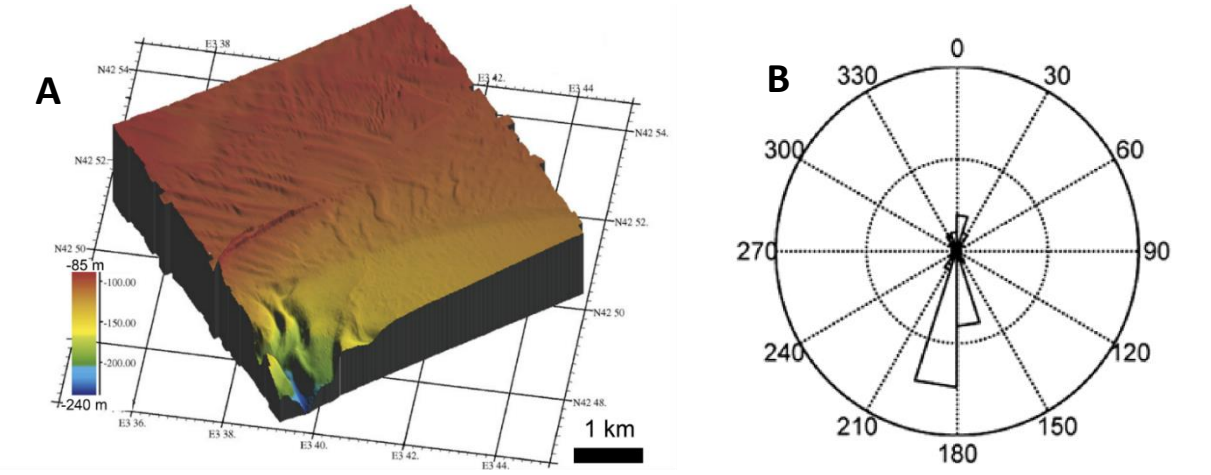
***Document 21** : Morphologie du golfe du Lion et des terres émergées à sa périphérie (Berné* et al.*, 2006).*

Question 33 - En vous appuyant sur l'analyse du document 21 et en utilisant vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

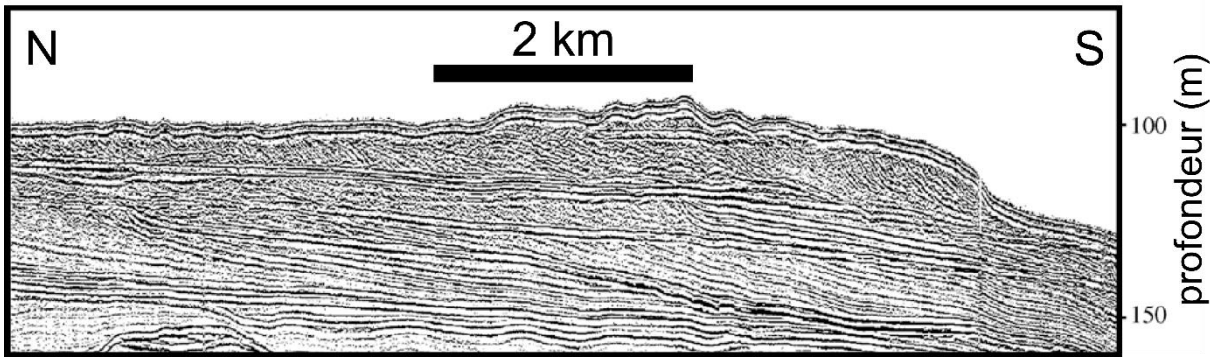
- **A. La zone la plus profonde du golfe du Lion correspond à une fosse de subduction**
- **B. La zone la plus profonde du golfe du Lion correspond à une plaine abyssale**
- **C. La zone la moins profonde du golfe du Lion correspond à une plaine alluviale**
- **D. La zone la moins profonde du golfe du Lion correspond à une plaine deltaïque**
- **E. La zone la moins profonde du golfe du Lion correspond à un plateau continental**
- **F. La zone la moins profonde du golfe du Lion correspond à une pente continentale**
- **G. Le golfe du Lion correspond à une zone de transition entre une croûte continentale et une croûte océanique**
- **H. Le golfe du Lion est un domaine exclusivement océanique**
- **I. Le golfe du Lion est un domaine de croûte continentale exclusivement**

La sédimentation marine dans le golfe du Lion

Le golfe du Lion est une zone d'importante sédimentation marine. Les sédiments s'y déposent partout, à la fois dans les domaines les moins profonds (profondeur < 250 m) et les plus profonds (profondeur > 2000 m).



Document 22 *: Bathymétrie d'un secteur peu profond du golfe du Lion (Bassetti et al., 2006).* ***A****. Détail de la zone d'étude située à une profondeur de l'ordre de 200 m.* ***B.*** *Rosace de la distribution moyenne des courants au niveau du fond marin dans la zone d'étude (Bourrin et al., 2006). Les valeurs autour du cercle sont données en degrés. Les bandes dans le diagramme illustrent les directions et sens préférentiels des courants et leur taille dépend de leur importance spatiale.*

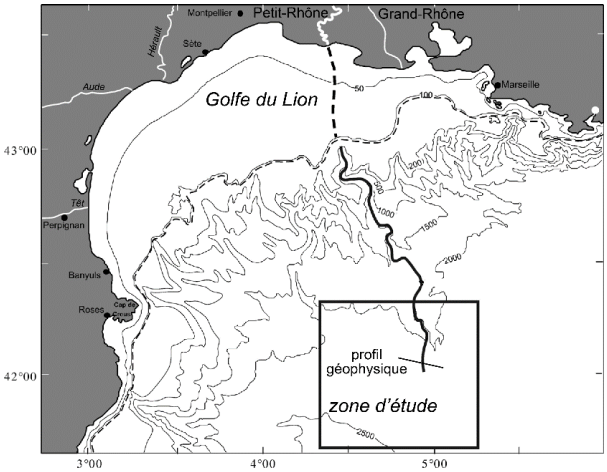


Document 23 *: Profil géophysique levé perpendiculairement aux structures sédimentaires allongées visibles sur le document 22-A (Bassetti et al., 2006).*

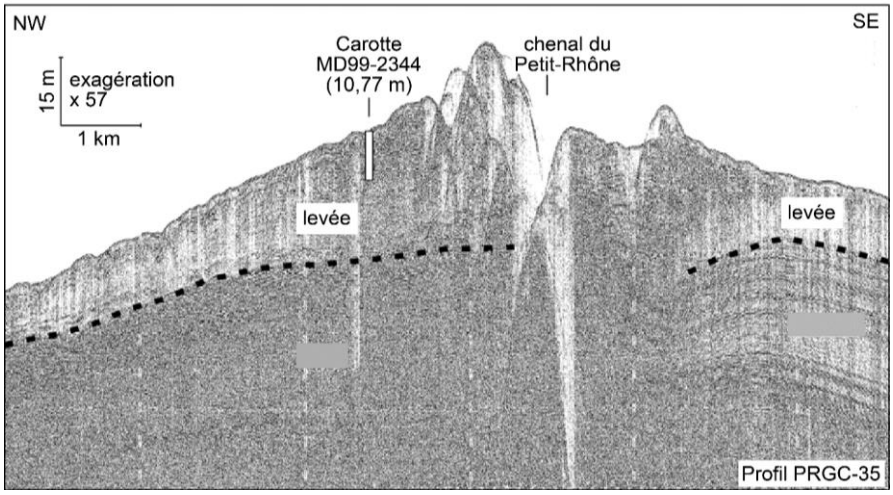
Question 34 - En vous appuyant sur l'analyse des documents 22 et 23 et en utilisant vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. Ce secteur du golfe du Lion est soumis à des courants de marée**
- **B. Ce secteur du golfe du Lion est soumis à l'action de courants associés à la dérive littorale (courants parallèles à la côte)**
- **C. Les structures sédimentaires allongées observées sur le document 22-A sont d'origine éolienne**
- **D. Les structures sédimentaire allongées observées sur le document 22-A se sont formées sous l'action de courants marins**
- **E. Les courants marins se déplacent préférentiellement vers le sud**
- **F. Les courants marins se déplacent préférentiellement vers le nord**

La zone profonde du golfe du Lion (colonne d'eau > 2000 m) accueille des sédiments en provenance du continent (bassin versant du fleuve Rhône). Les sédiments sont transportés par des écoulements denses sous-marins qui se déplacent au niveau du fond en empruntant des chenaux sous-marins. Un tel chenal a été identifié lors d'expéditions océanographiques au sud de l'embouchure du Petit-Rhône (document 24). Un profil géophysique a été levé perpendiculairement à l'axe du chenal, selon une orientation NW-SE (document 25). Une carotte a été prélevée dans la levée NW pour étudier les caractéristiques des dépôts sédimentaires. Des données concernant cette carotte sédimentaire sont présentées sur le document 26.



Document 24 *: Carte de localisation du chenal sous-marin du Petit-Rhône (ligne noire continue épaisse) et du profil géophysique du document 25 (Dennielou et al., 2008).*

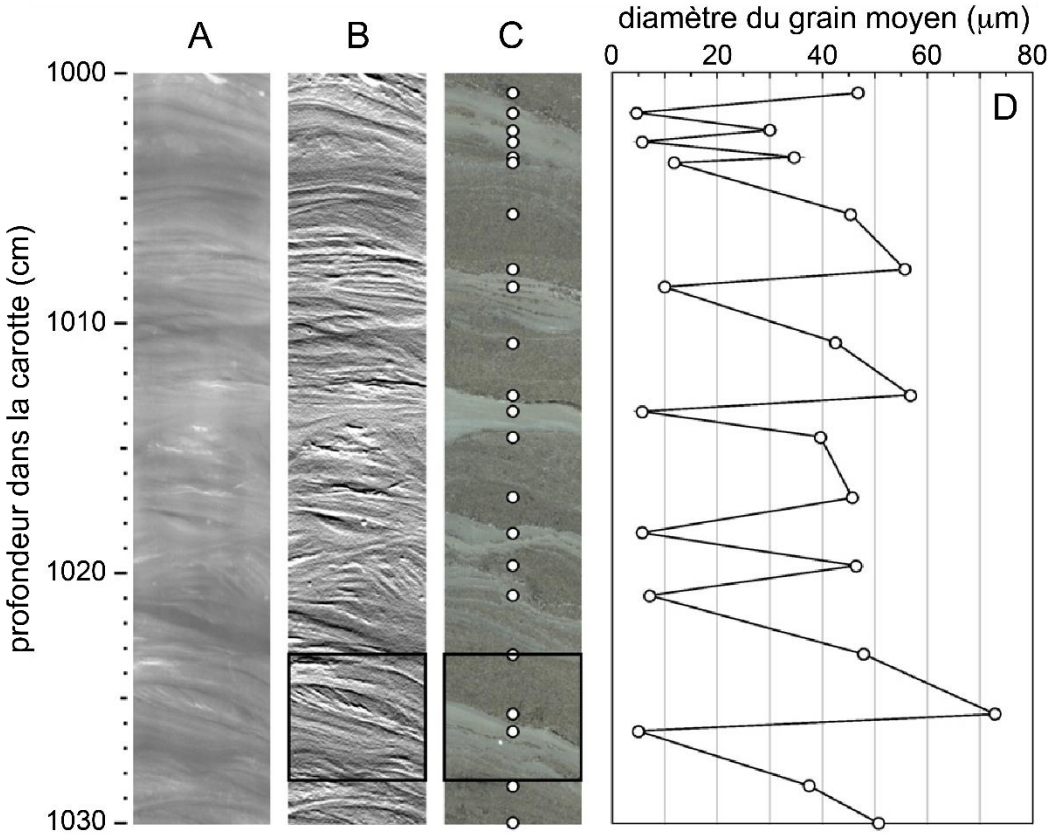


Document 25 *: Profil géophysique à travers le chenal sous-marin du Petit-Rhône (Dennielou et al., 2006).*

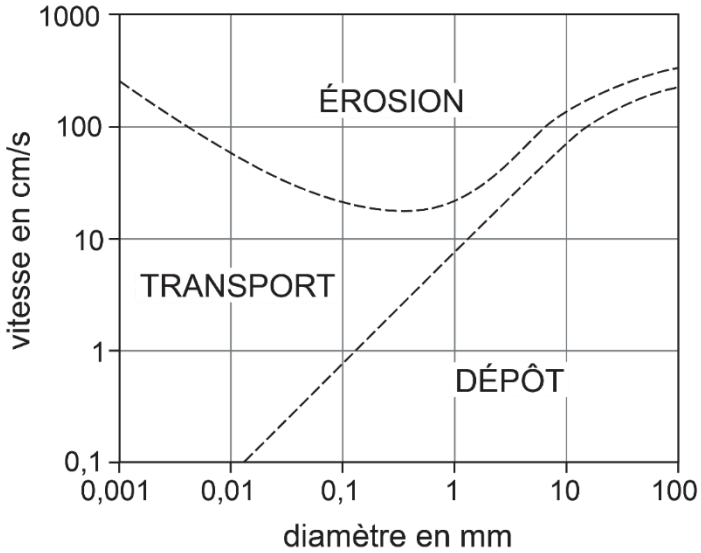
Document 25 *: Profil géophysique à travers le chenal sous-marin du Petit-Rhône (Dennielou et al., 2006).*

Question 35 - En vous appuyant sur l'analyse des documents 24 et 25 et en utilisant vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. Le profil géophysique présenté sur le document 25 est obtenu par l'analyse des séismes naturels**
- **B. Le profil géophysique présenté sur le document 25 est obtenu à l'aide d'une source acoustique activée à la surface de la mer depuis un navire**
- **C. Le profil géophysique présenté sur le document 25 est obtenu à l'aide d'ondes acoustiques qui se propagent dans l'eau et se réfléchissent sur les interfaces des différents niveaux sédimentaires**
- **D. La vitesse de propagation du son dans l'eau de mer est de l'ordre de 100 $m.s^{-1}$**
- **E. La vitesse de propagation du son dans l'eau de mer est de l'ordre de 300 $m.s^{-1}$**
- **F. La vitesse de propagation du son dans un milieu dépend de sa densité**
- **G. Les ondes acoustiques peuvent être réfléchies ou obéissent aux mêmes lois que l'optique**
- **H. La propagation n'est pas affectée par les propriétés physiques des milieux dans lesquels elle se propage**



Document 26 *: Images d'un tronçon de la carotte sédimentaire prélevée dans la levée NW.* ***A****. Radiographie aux rayons X.* ***B****. Radiographie aux rayons X après traitement de l'image pour faire ressortir les niveaux de gris.* ***C****. Photographie de la surface de la carotte.* ***D****. Evolution le long de la carotte du diamètre moyen des particules sédimentaires (données granulométriques présentées en micromètres ; les ronds blancs représentés sur la photographie* ***C*** *correspondent aux échantillons dont les analyses sont reportées sur le diagramme* ***D****).*



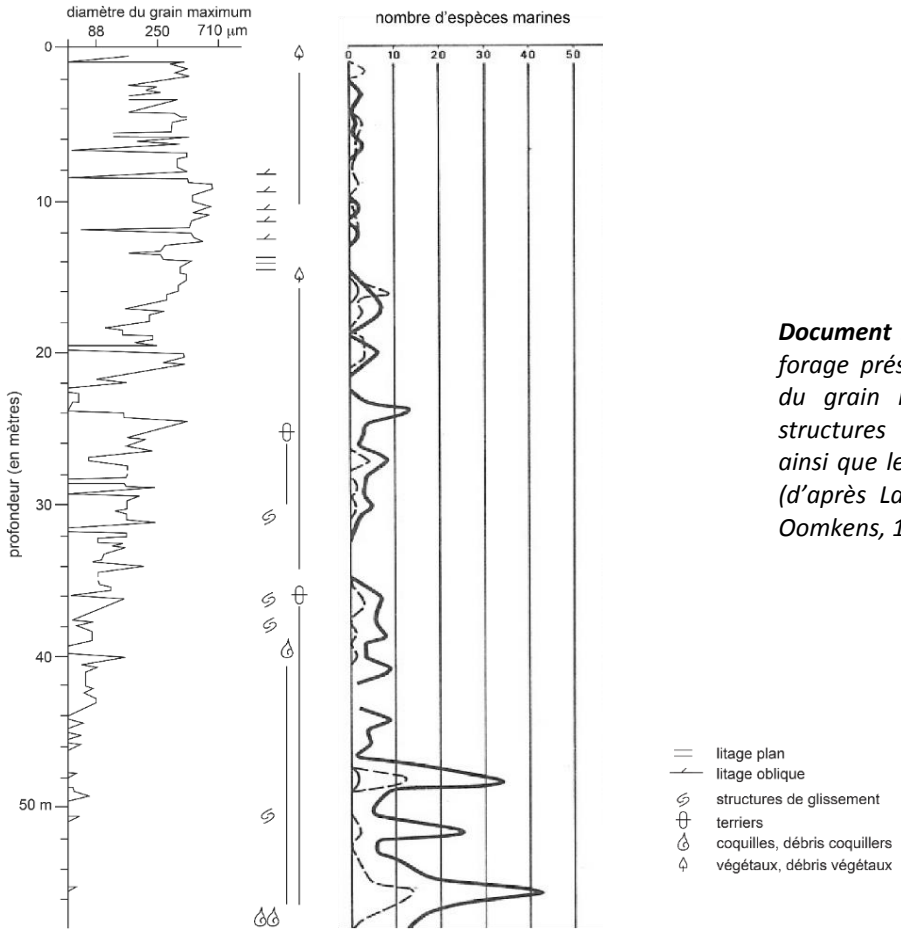
Document 27 *: Diagramme de Hjulström (1939) présentant les conditions de l'érosion, du transport et du dépôt sédimentaire en fonction du diamètre des particules sédimentaires et de la vitesse du courant appliqué.*

Question 36 - En vous appuyant sur l'analyse des documents 25, 26 et 27 et en utilisant vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. La sédimentation au niveau de la levée est continue au cours du temps**
- **B. Le diamètre moyen des grains est en relation avec l'énergie de l'écoulement sédimentaire**
- **C. Les intervalles de sédiment fin se déposent plus vite que les intervalles de sédiment plus grossier**
- **D. Les écoulements sédimentaires qui alimentent la levée en sédiments ont une vitesse moyenne de l'ordre de 10 cm.s^{-1}**
- **E. Les écoulements sédimentaires qui alimentent la levée en sédiments ont une vitesse moyenne de l'ordre de 1 m.s^{-1}**
- **F. Les écoulements sédimentaires qui alimentent la levée en sédiments ont une vitesse moyenne de l'ordre de ou supérieure à 1 m.s^{-1}**
- **G. La dissymétrie des levées est liée à l'influence des courants de marée sur l'écoulement sédimentaire**
- **H. La dissymétrie de la taille des levées est liée à l'influence de la force de Coriolis sur l'écoulement sédimentaire**
- **I. Les écoulements sédimentaires sous-marins qui alimentent la levée peuvent être liés à des épisodes de crues du Petit-Rhône**

Le Rhône et son delta

Le Rhône est un fleuve qui se jette dans le golfe du Lion, au niveau d'un delta. De nombreuses recherches ont été effectuées pour comprendre l'évolution du delta et de sa physiographie (description de la géomorphologie et des phénomènes qui s'y rapportent). Entre autres, un forage a été réalisé dans le delta du Rhône pour étudier les caractéristiques des sédiments, leur succession verticale et le contenu en fossiles marins des sédiments (document 28).

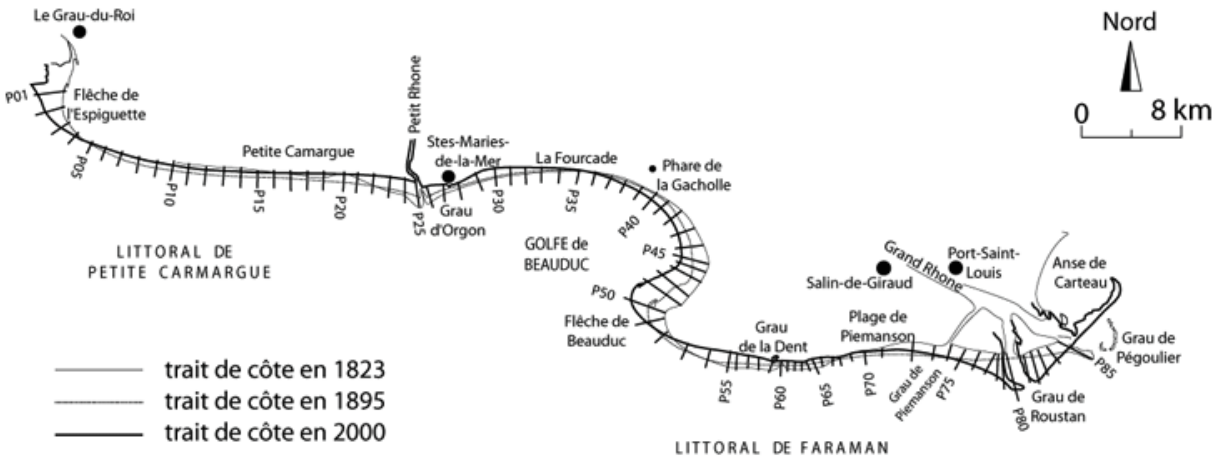


***Document 28** : Coupe sédimentaire du forage présentant l'évolution verticale du grain moyen des sédiments, les structures sédimentaires observées ainsi que le contenu en fossiles marins (d'après Lagaaij et Kopstein, 1964 et Oomkens, 1970).*

Question 37 - En vous appuyant sur l'analyse du document 28 et en utilisant vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. Au cours du temps, l'influence des apports du fleuve Rhône augmente**
- **B. Au cours du temps, l'énergie des apports du fleuve Rhône diminue**
- **C. Un delta est un système sédimentaire qui avance vers la mer au cours du temps**
- **D. Un delta est un système sédimentaire qui recule vers le continent au cours du temps**
- **E. L'influence marine dans la sédimentation diminue du sommet à la base du forage**
- **F. Plus les sédiments déposés au niveau du delta du Rhône sont grossiers, plus l'énergie du transport sédimentaire est élevée**

L'évolution du trait de côte a été étudiée au niveau du delta du Rhône depuis le début du XIXe siècle et est basée sur des profils (document 29, P01 à P95) réalisés perpendiculairement à la ligne de rivage.

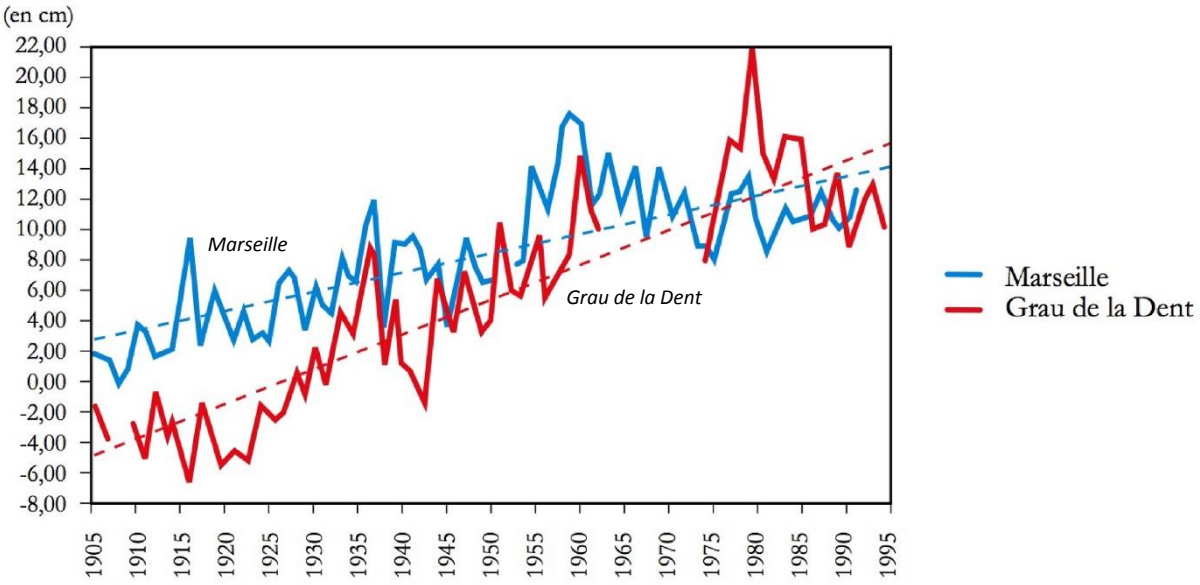


***Document 29** : Évolution au cours du temps du trait de côte du delta du Rhône entre Le Grau-du-Roi et l'embouchure du Grand-Rhône (Sabatier, 2001).*

Question 38 - En vous appuyant sur l'analyse du document 29, choisissez LA proposition exacte *(une seule bonne réponse).*

- **A. Il y a uniquement un recul du trait de côte depuis 1895**
- **B. Il y a uniquement une avancée du trait de côte depuis 1895**
- **C. Un courant de dérive littorale orienté globalement vers l'ouest affecte l'évolution du trait de côte depuis 1823**
- **D. L'embouchure du Petit-Rhône est la zone la plus dynamique du delta depuis 1895**
- **E. Le trait de côte est globalement stable depuis 1895**

Parallèlement à ces études, l'évolution du niveau marin relatif a été étudié à l'aide de marégraphes, celui de Marseille situé hors du delta et celui du Grau de la Dent sur le rivage du delta du Rhône. Les mesures marégraphiques réalisées au cours du XXe siècle sont reportées sur le graphique du document 30.

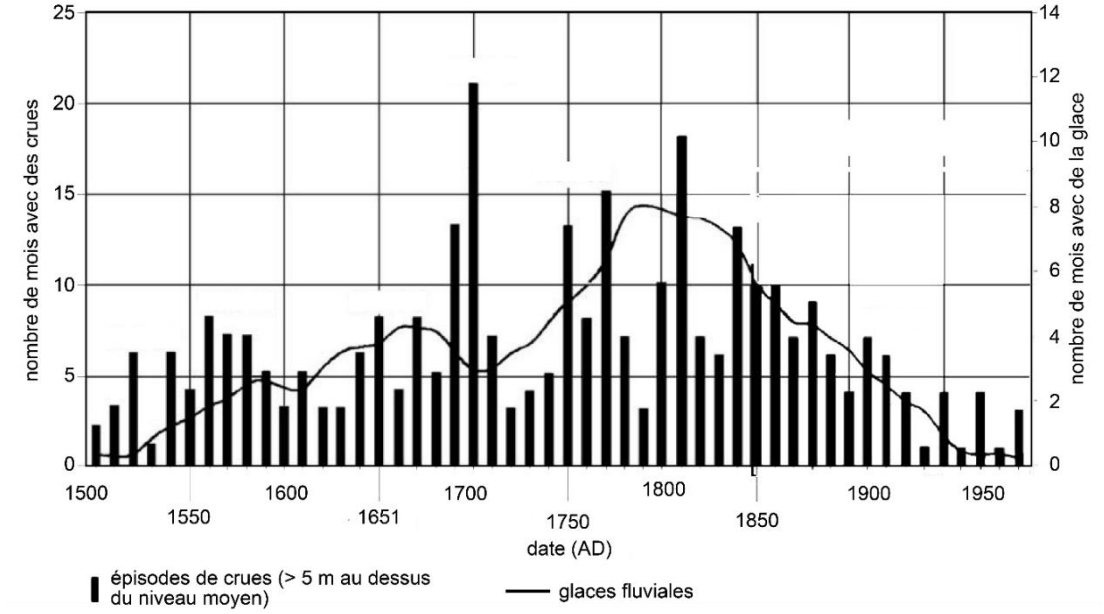


Document 30 *: Évolution du niveau relatif de la mer au cours du XXe siècle à Marseille (marégraphe d'Endoume ; courbe bleue) et dans le delta du Rhône (marégraphe du Grau de la Dent). Noter l'interruption des mesures du marégraphe du Grau de la Dent (courbe rouge) entre 1960 et 1975 (Sabatier, 2001).*

Question 39 - En vous appuyant sur l'analyse du document 30 et en utilisant vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. Le niveau relatif de la mer augmente avec la même amplitude au niveau des deux stations**
- **B. Le niveau marin relatif augmente plus rapidement au niveau du delta du Grau de la Dent qu'à Marseille**
- **C. L'augmentation du niveau marin relatif à Marseille est lié à une variation de l'activité des dorsales océaniques**
- **D. L'augmentation du niveau marin relatif à Marseille pourrait être lié à un réchauffement climatique**
- **E. L'influence du climat sur l'augmentation du niveau marin relatif est différente au niveau des deux marégraphes**
- **F. L'augmentation du niveau marin relatif au niveau du delta du Rhône est liée à une élévation de l'altitude du trait de côte**
- **G. La baisse du niveau marin relatif au niveau du delta du Rhône est liée à une subsidence**
- **H. L'augmentation du niveau marin relatif au niveau du delta du Rhône pourrait être liée à un phénomène de subsidence**

Avant la construction de barrages au XXe siècle sur les cours du fleuve Rhône et de ses affluents, des crues importantes se produisaient jadis en amont du delta. Le document 31 présente les épisodes de crues au cours du temps (période 1500-1980). Sur le même diagramme les durées des périodes d'englacement du Rhône sont indiquées.



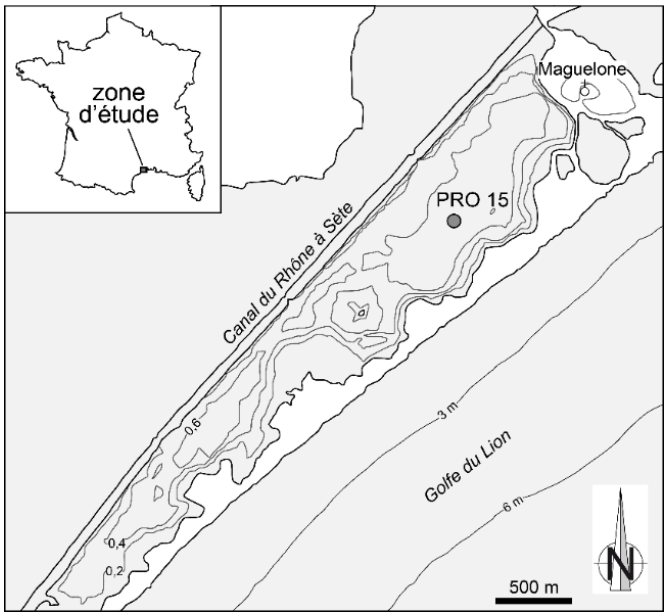
Document 31 *: Distribution du nombre de mois avec des crues et de mois avec un englacement du Rhône au cours des décennies successives entre l'an 1500 et la fin du XXe siècle (Sabatier, 2001).*

Question 40 - En vous appuyant sur l'analyse du document 31 et en utilisant vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. Les crues sont essentiellement liées à la fonte des neiges**
- **B. Les crues sont principalement à mettre en relation avec des épisodes de précipitations**
- **C. La dynamique du fleuve Rhône n'est pas contrôlée par le climat depuis le XVIe siècle**
- **D. Le climat était plus chaud qu'actuellement du XVIe siècle au début du XXe siècle**
- **E. Le climat était plus froid qu'actuellement du XVIe siècle au début du XXe siècle**
- **F. Le réchauffement climatique depuis le milieu du XIXe siècle est lié à une éruption volcanique du Popocatepetl (Mexique)**
- **G. Le refroidissement climatique depuis la fin du XIXe siècle est lié à la révolution industrielle**

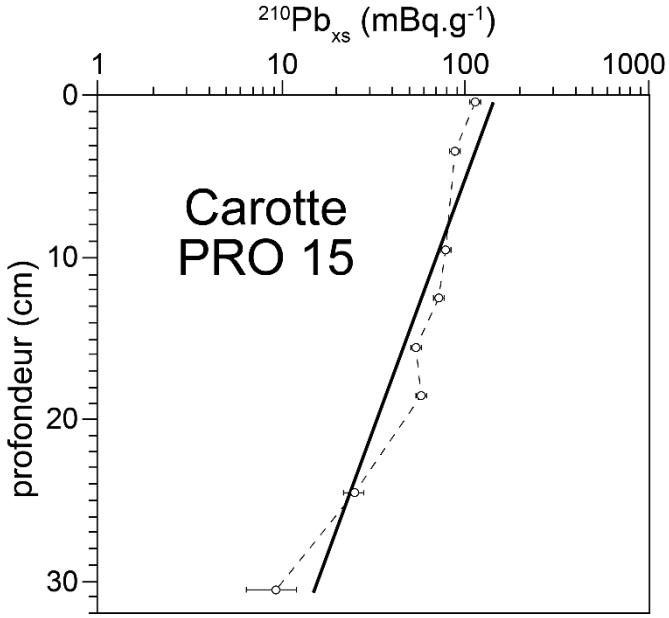
Les archives sédimentaires des lagunes côtières du Languedoc

En Languedoc, le littoral du golfe du Lion est marqué par la présence d'étangs côtiers qui correspondent à des lagunes séparées de la mer Méditerranée par des cordons sableux. Des carottes de sédiments ont été prélevées dans ces lagunes, en particulier celle de Pierre Blanche, pour étudier l'évolution de leur remplissage sédimentaire et des facteurs qui le contrôlent au cours du temps.

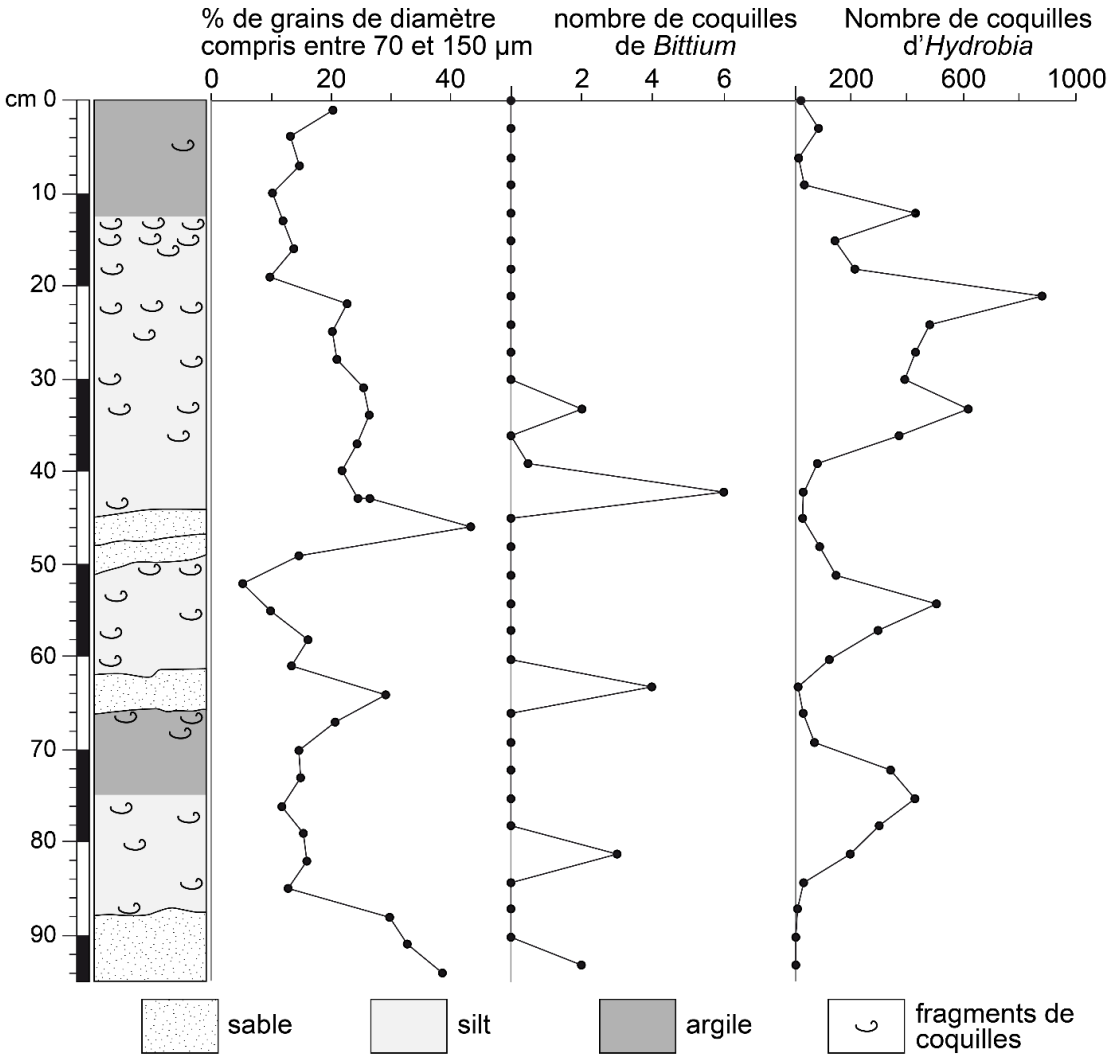


Document 32 *: Carte de la lagune de Pierre Blanche avec localisation de la carotte PRO 15. Les surfaces en grisé sur la carte matérialisent les zones en eau (mer, lagune, canal). Les profondeurs d'eau sont indiquées en mètres. (Sabatier et al., 2008).*

Le ^{210}Pb est un isotope radioactif qui se désintègre rapidement avec une demi-vie de 22 ans. Le document 33 présente l'évolution de l'activité du ^{210}Pb avec la profondeur dans la carotte PRO 15 prélevée dans la lagune de Pierre Blanche.



Document 33 *: Evolution de l'activité du ^{210}Pb (en excès) en fonction de la profondeur dans la carotte PRO 15. Le niveau « 0 » correspond à l'interface eau-sédiment (= fond de la lagune). D'après Sabatier et al. (2008).*



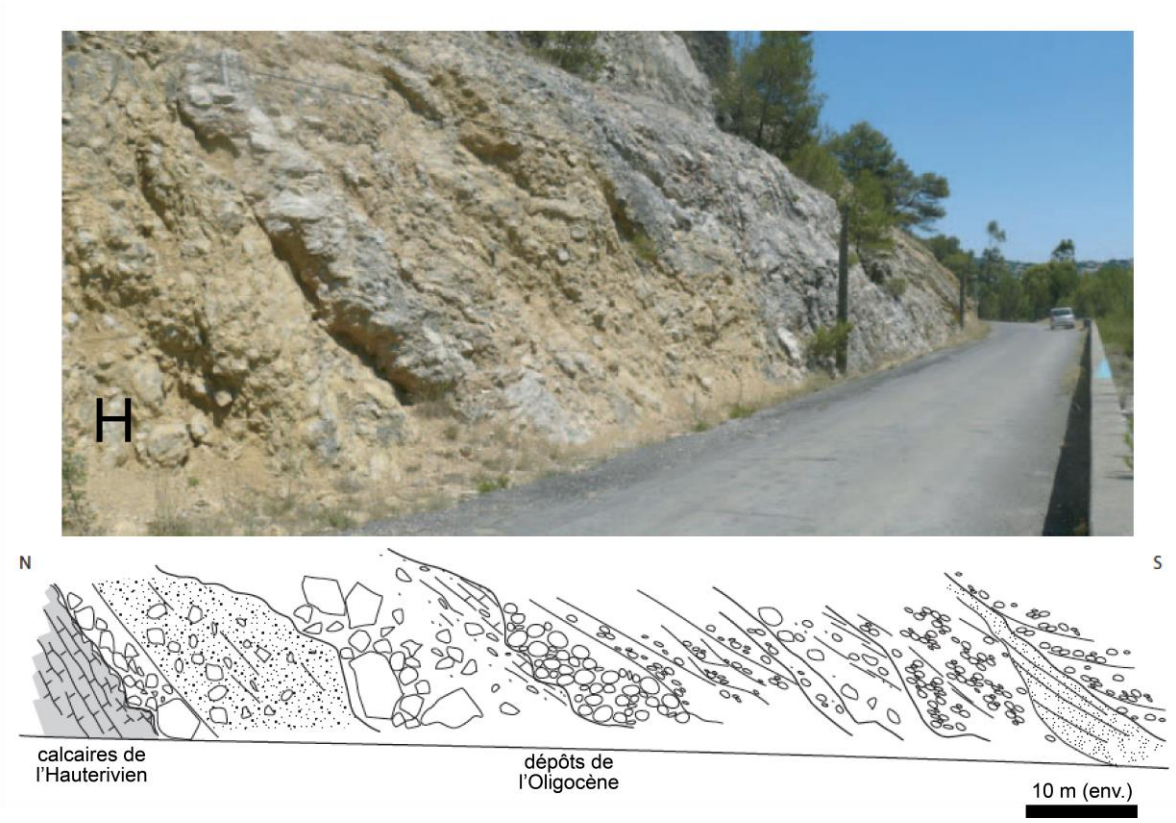
Document 34 *: Évolution de la taille des particules sédimentaires, du nombre de coquilles de Bittium reticulatum (petit gastéropode typique des environnements marins) et d'Hydrobia acuta (petit gastéropode typique des environnements lagunaires) en fonction de la profondeur dans la carotte PRO 15 prélevée dans la lagune de Pierre Blanche (Sabatier et al., 2008).*

Question 41 - En vous appuyant sur l'analyse des documents 32, 33 et 34 et en utilisant vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. On distingue deux niveaux sableux dans la carotte PRO 15**
- **B. On distingue 3 niveaux grossiers dans la carotte PRO 15**
- **C. Les niveaux sableux présents sont chacun l'enregistrement d'une invasion marine de la lagune avec rupture du cordon littoral**
- **D. Les niveaux sableux présents témoignent d'apports détritiques de sédiments provenant du continent**
- **E. Les dépôts grossiers se sont déposés successivement en 1820 et 1905**
- **F. Les dépôts sableux se sont déposés successivement autour de 1740, 1840 et 1895**
- **G. Les dépôts grossiers se sont déposés successivement en 1815, 1870 et 1893**

Tectonique et sédimentation dans le bassin d'Alès

Un relief calcaire constitué de couches sédimentaires de différents âges affleure en bordure du bassin sédimentaire d'Alès (fossé d'effondrement).



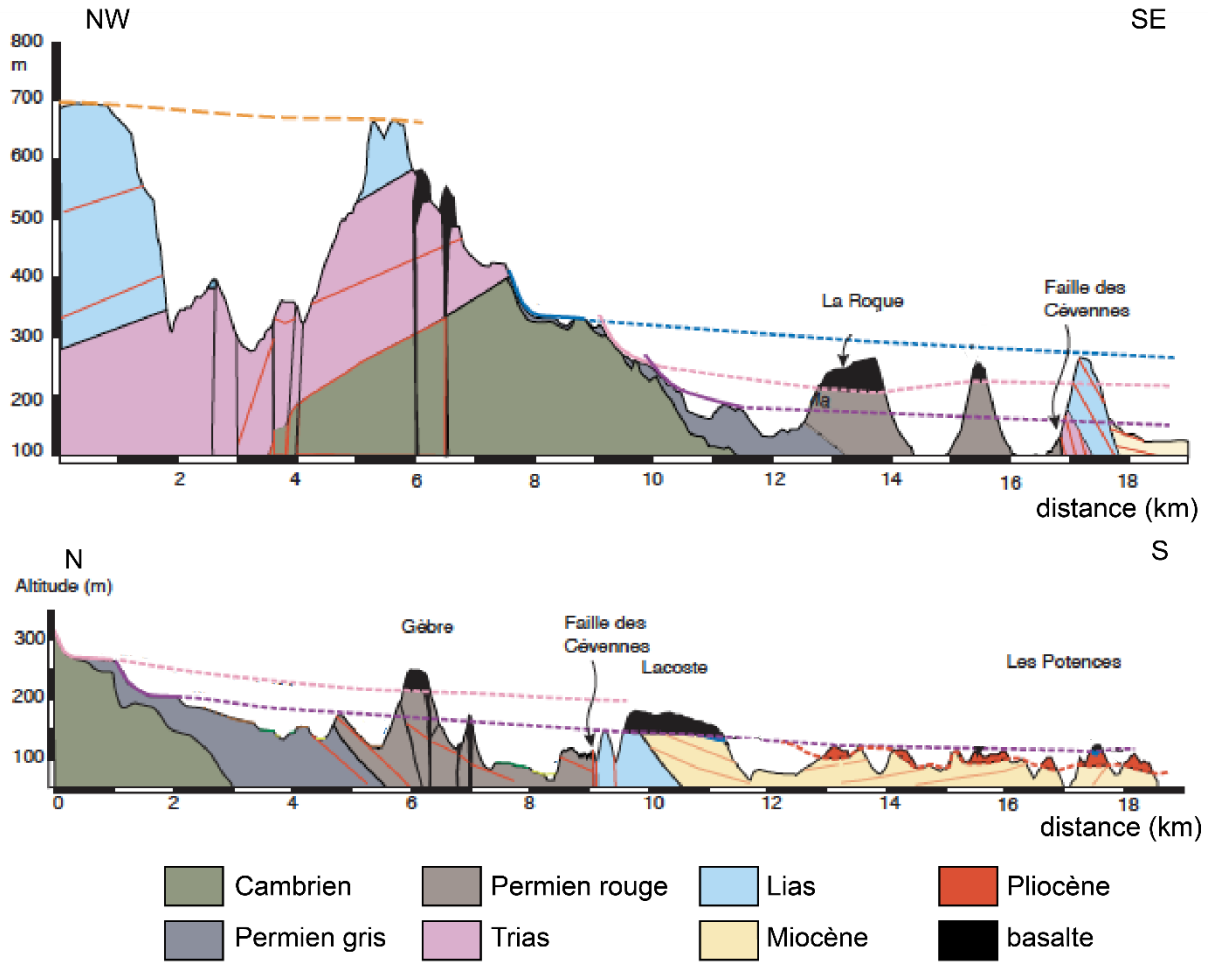
Document 35 *: Photographie d'un affleurement de roches sédimentaires en bordure du bassin sédimentaire d'Alès et dessin interprétatif. Elles se disposent contre un affleurement de calcaires de l'Hauterivien (période du Crétacé) signalé par la lettre* ***H*** *sur la photographie (Séranne et al., 2011).*

Question 42 - En vous appuyant sur l'analyse du document 35 et en utilisant vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. Les roches déposées contre les calcaires de l'Hauterivien sont des roches détritiques**
- **B. Les roches sont constituées exclusivement de grès**
- **C. Les roches sont constituées exclusivement de brèches**
- **D. Ces roches se sont déposées dans un environnement marin calme**
- **E. Ces roches ont pu se former par l'érosion des calcaires de l'Hauterivien**
- **F. Les calcaires de l'Hauterivien sont les roches les plus récentes**
- **G. Les calcaires de l'Hauterivien sont les roches les plus anciennes**
- **H. Les limons ou « silts » ont une granularité comprise entre celle des grès et des brèches**

Le volcanisme dans le Languedoc : caractéristiques et âge

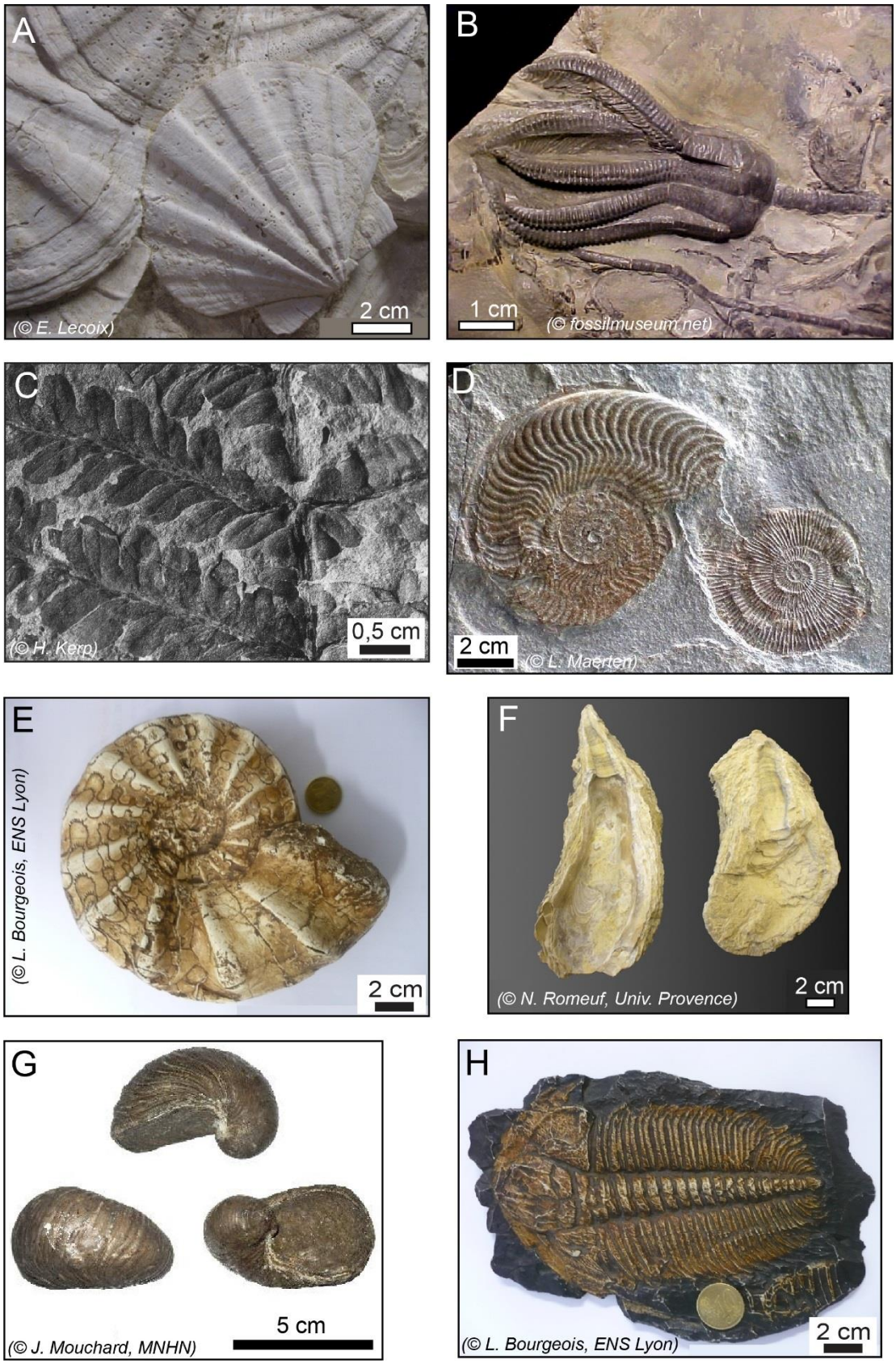
Des édifices et des roches volcaniques affleurent dans le Languedoc. Les formations volcaniques sont associées à des unités géologiques d'âge variable, datées du Cambrien à l'Actuel. C'est le cas dans le bassin de la Lergue (document 36).



Document 36 *: Deux coupes géologiques illustrant les relations entre les formations volcaniques et les unités géologiques du bassin sédimentaire de la Lergue (Séranne et al., 2002) (voir planche de documents en couleur si le sujet est imprimé en noir et blanc).*

Question 43 - À partir de l'analyse du document 36 et en utilisant vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. Le volcanisme est post-permien et anté-triasique**
- **B. Le volcanisme est anté-cambrien**
- **C. Le volcanisme est anté-miocène**
- **D. Le volcanisme est post-miocène exclusivement**
- **E. Les roches volcaniques présentes forment des intrusions et des coulées**
- **F. Les roches volcaniques sont partiellement cristallisées**



Document 37 *: Quelques fossiles découverts dans les formations géologiques de la région de la Lergue.*

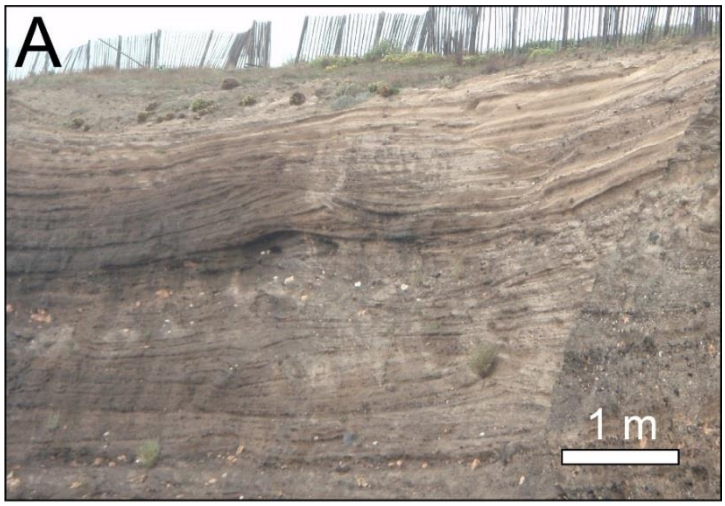
Question 44 - À partir de la reconnaissance des fossiles du document 37 et en utilisant vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. Le fossile F peut être présent dans les basaltes**
- **B. Le fossile E est présent dans les formations du Permien et du Trias**
- **C. Les fossiles D et G peuvent être simultanément présents dans les formations du Lias**
- **D. Le fossile H est présent dans les formations du Trias**
- **E. Les fossiles C et H sont présents dans les formations du Cambrien**
- **F. Le fossile B est présent dans les formations du Cambrien**
- **G. Le fossile F est présent dans les formations du Permien**
- **H. Le fossile F est présent dans les formations du Cambrien**
- **I. Le fossile A est présent dans les formations du Miocène**

Questions 45 - À partir de la reconnaissance des fossiles du document 37 et en utilisant vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. Le fossile H est un organisme qui a vécu dans un environnement lacustre**
- **B. Le fossile C est un organisme qui a vécu dans en milieu lacustre profond**
- **C. Le fossile H est un organisme qui a vécu dans un milieu marin**
- **D. Le paléo-environnement était de type lacustre dans cette région du Cambrien au Trias**
- **E. Le paléo-environnement était de type continental dans la région étudiée du Cambrien au Lias**
- **F. Le paléo-environnement était de type marin dans cette région du Cambrien au Trias**

Le secteur du Cap d'Agde montre la présence d'édifices volcaniques. Le document 38 présente des photographies d'affleurements de ces édifices volcaniques.



***Document 38** : Photos d'affleurements du Cap d'Agde. **A.** Vue générale de l'affleurement. **B.** Vue de détail d'une partie de l'affleurement.*

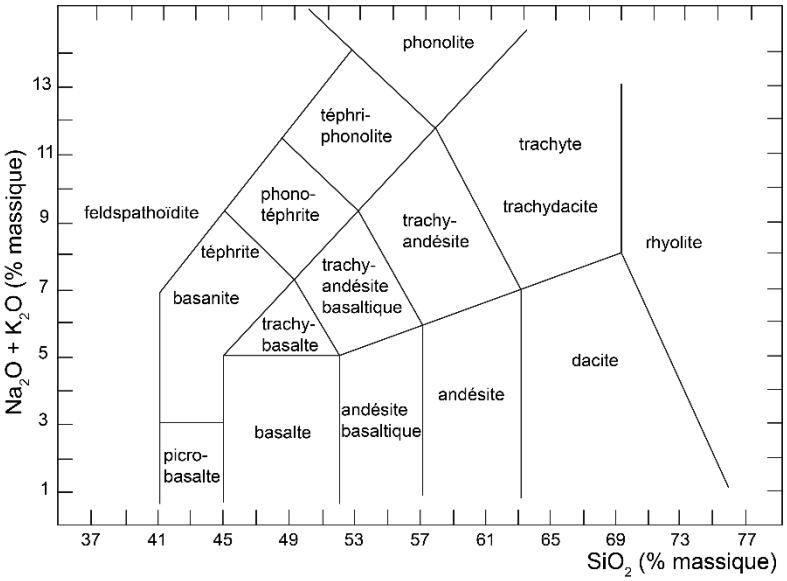
Question 46 - En vous appuyant sur l'analyse du document 38 et en utilisant vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. L'appareil volcanique est caractérisé par une activité explosive**
- **B. L'appareil volcanique est caractérisé par une activité explosive et effusive**
- **C. Les matériaux volcaniques observés sur le terrain sont en majorité des cendres volcaniques**
- **D. Les matériaux volcaniques observés sur le terrain correspondent à des coulées de lave**
- **E. La roche sombre visible sur la photographie B est un fragment de basalte**
- **F. La roche sombre visible sur la photographie B est un fragment de bitume**
- **G. Une éruption effusive libère plus d'énergie qu'une éruption explosive**

A

	A	B
SiO_2	48,45	49,78
Al_2O_3	16,10	10,43
Fe_2O_3	10,77	11,40
MgO	6,88	8,65
CaO	8,85	10,06
Na_2O	4,15	3,19
K_2O	1,58	1,29
TiO_2	3,22	3,81
P_2O_5	–	0,78
H_2O	–	0,61
Total	100,00	100,00

B



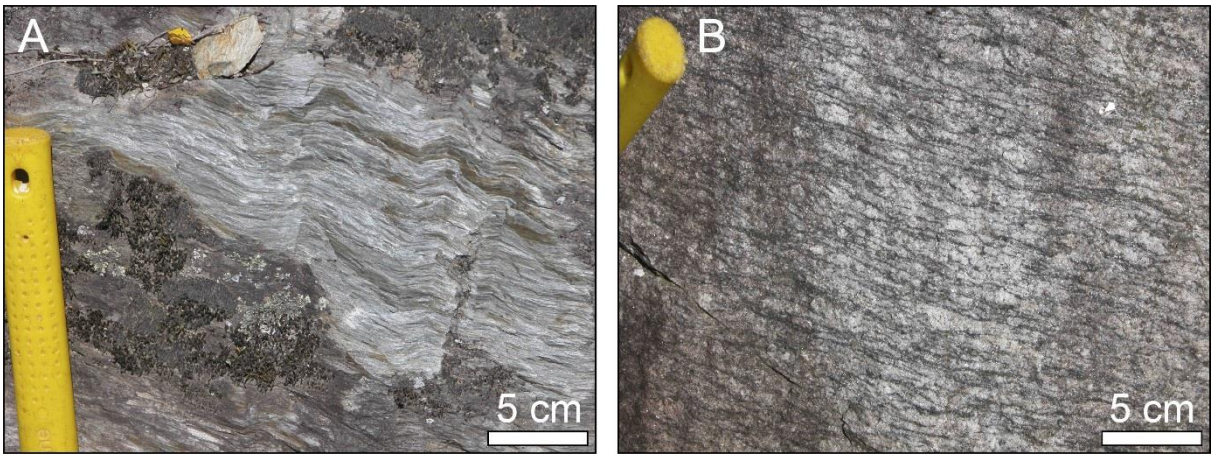
***Document 39** : **A.** Composition chimique de deux roches volcaniques du volcan du cap d'Agde (teneurs des différents éléments chimiques exprimées en % de poids d'oxydes ; Brousse, 1961). **B**. Classification chimique des roches volcaniques basée sur les teneurs respectives en SiO_2 et $Na_2O + K_2O$.*

Question 47 - En vous appuyant sur l'analyse du document 39 et en utilisant vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. Les roches A et B sont des basaltes**
- **B. La roche A est un basalte et la roche B une andésite**
- **C. La roche B est un basalte et la roche A est une andésite**
- **D. La roche A est plus acide que la roche B**
- **E. La roche B est plus basique que la roche A**
- **F. La roche B renferme plus de minéraux ferro-magnésiens que la roche A**
- **G. La roche B est plus acide que la roche A**
- **H. La roche B est plus alcaline que la roche A**

Le socle du massif de l'Agly

Un socle est constitué de roches anciennes, généralement déformées sur lequel reposent des roches plus récentes et non (ou peu) déformées. Le massif de l'Agly est une zone où affleurent des roches qui représentent le socle des bassins sédimentaires plus récents du Languedoc.



Document 40 *: Photographies de roches (A et B) à l'affleurement.*

Question 48 - En vous appuyant sur l'analyse du document 40 et en utilisant vos connaissances, choisissez <u>les propositions exactes</u>.

- **A. Les roches A et B sont des roches sédimentaires**
- **B. Les roches A et B sont des roches métamorphiques**
- **C. La roche B présente une schistosité**
- **D. Les roches A et B présentent une foliation**
- **E. La roche A présente une schistosité**
- **F. La roche B est un schiste**
- **G. La roche A présente une foliation**
- **H. Schistosité et foliation se développent au cours de la déformation des roches**
- **I. La roche A présente un litage sédimentaire et correspond à des dépôts de dunes éoliennes.**