Test de validation de la formation

Préparation française des Olympiades Internationales de Géosciences

Du 23 au 27 mars 2015

CONSIGNES

- Ce test comprend 50 questions et 42 pages.
- La durée du test est de 1 heure 50. Il faut prévoir dix minutes à la fin des deux heures pour saisir vos réponses sur le formulaire (feuille du tableur).
- Vous rendrez la version imprimée du test à votre enseignant, après avoir inscrit votre nom, prénom, date de naissance, classe et établissement.
- Les questions sont des questions à choix multiple (une ou plusieurs bonnes réponses). Vous entourerez au stylo la (ou les) lettre(s) correspondant à la réponse de votre choix.
- Il y a toujours au moins une réponse juste : si vous ne cochez aucune lettre, ou si vous les cochez toutes, la question ne sera pas notée.
- Les réponses exactes sont prises en compte positivement (1 point) ; les réponses fausses donneront lieu à une pénalisation (-0,25 points).
- Pour certaines parties, les questions posées peuvent relever de plusieurs domaines (atmosphère, géosphère, hydrosphère, espace).
- L'usage de la calculatrice est interdit.

Prénom et nom de famille : _____

Date de naissance : _____

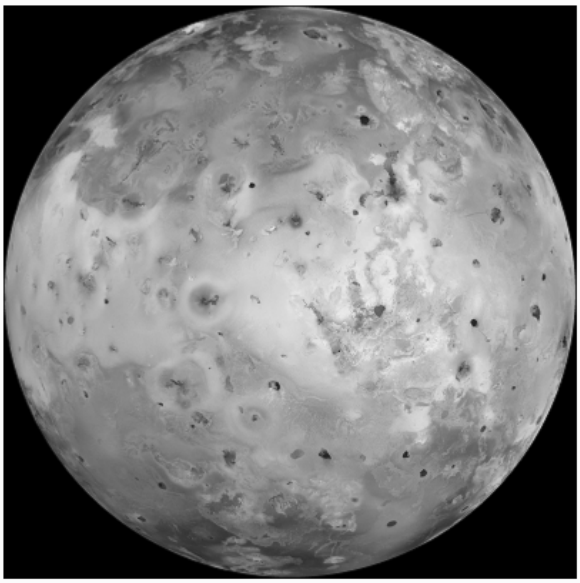
Établissement scolaire et classe : _____

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

Signature de l'élève :

Première partie

Planétologie comparée : Io, la Lune, la Terre



(a) Observation de Io

NASA/JPL/University of Arizona, 1999

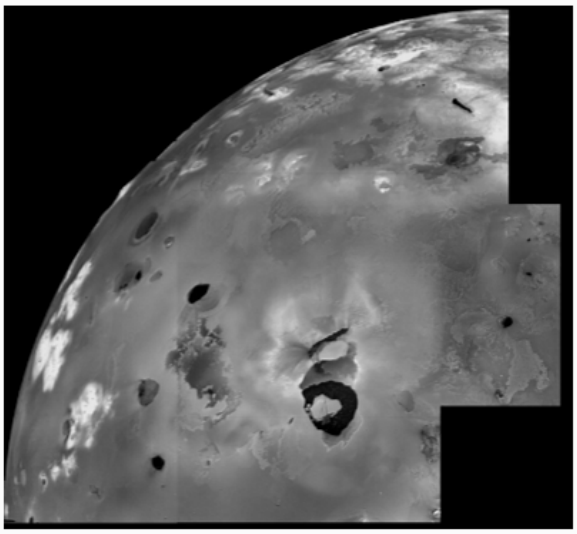
Io est un satellite naturel de Jupiter.

Io est l'un des quatre satellites galiléens, le plus proche de la planète. Il se situe a une distance de $4{,}22 \times 10^5$ km de Jupiter.

Io est le quatrième plus grand satellite du système solaire. Son rayon est de $1{,}82 \times 10^3$ km et sa masse est estimée à $8{,}93 \times 10^{22}$ kg.

Pour comparaison, le rayon de Jupiter est de $7{,}15 \times 10^4$ km et sa masse est estimée à $1{,}89 \times 10^{27}$ kg.

Io fait le tour de Jupiter en environ 40 h. Durant sa révolution autour de Jupiter, Io ne se trouve pas à la même distance de sa planète. Cela engendre des déformations qui se traduisent par deux renflements de cent mètres d'amplitude.



(b) Observation de la surface de Io

NASA/JPL/University of Arizona, 1998

Document 1 – **Io, un satellite de Jupiter**

(a) Observation de la Lune

Gregory H. Revera, 2010

La Lune est l'unique satellite naturel de la Terre.

Elle se situe a une distance de 3,84 x 10^5 km de la Terre.

Son rayon est de 1,74 x 10^3 km et sa masse est estimée à 7,35 x 10^{22} kg.

Pour comparaison, le rayon de la Terre est de 6,38 x 10^3 km et sa masse est estimée à 5,97 x 10^{24} kg.

(b) Observation de la surface de la Lune

NASA/Lunar and Planetary Institute, mission Lunar Orbiter 4, 1967

Document 2 – **La Lune, notre satellite**

1. En utilisant vos connaissances et l'analyse de l'image (b) du document 2, indiquez laquelle ou lesquelles de ces affirmations est/sont vraie(s) :

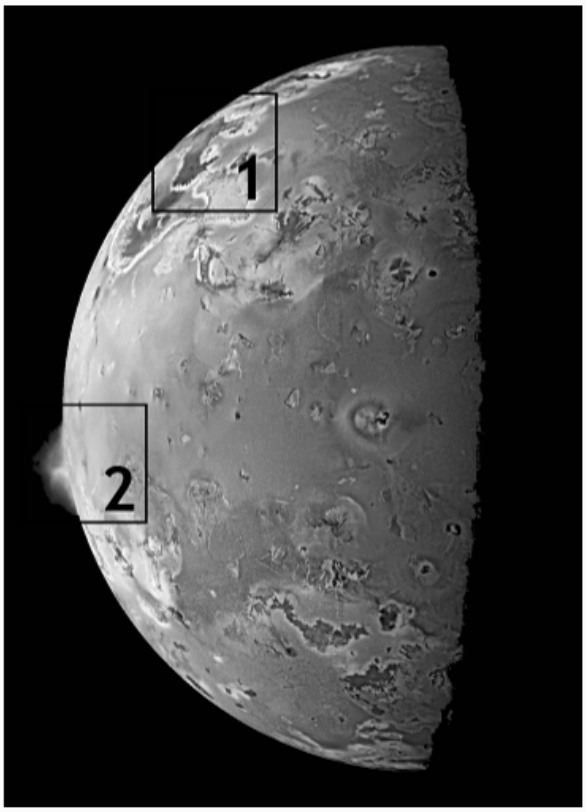
   A. La partie gauche de l'image correspond à une "terre lunaire" et la partie droite correspond à une "mer lunaire".

   B. La partie gauche de l'image correspond à une "mer lunaire" et la partie droite correspond à une "terre lunaire".

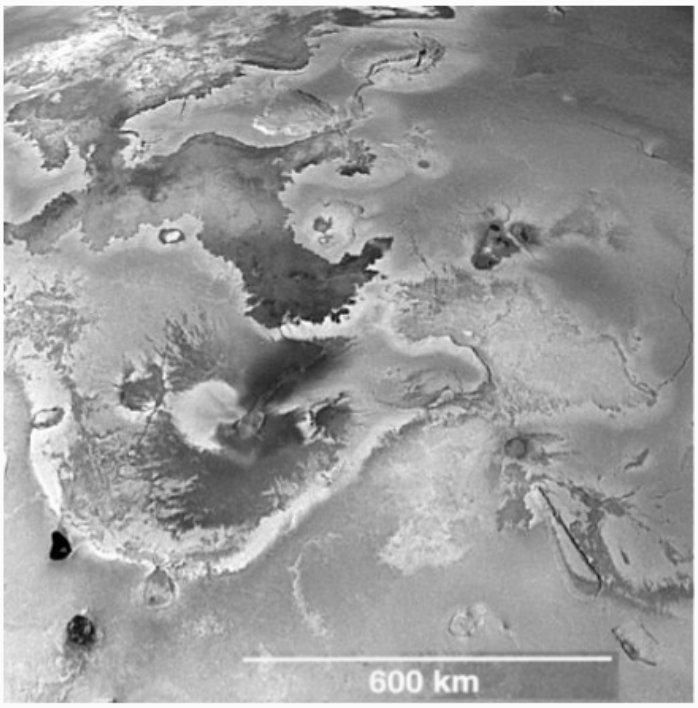
   C. Les mers lunaires correspondent à d'anciens bassins remplis d'eau (l'eau a disparu depuis).

   D. Les mers lunaires correspondent à d'anciens bassins sédimentaires.

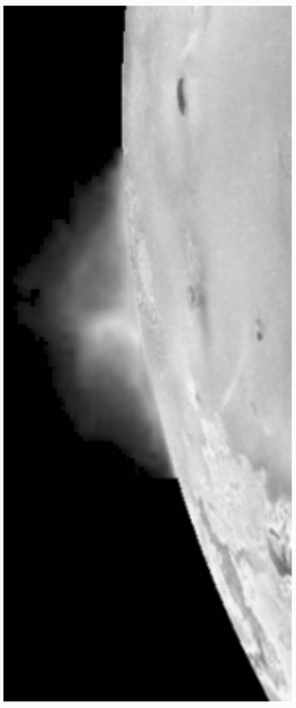
   E. Les mers lunaires correspondent à d'anciennes coulées volcaniques.



(a) Observation de Io par Galileo
NASA/JPL/University of Arizona, 1997



(b) Grossissement de la zone 1
NASA/JPL/USGS, 1997



(c) Grossissement de la zone 2
NASA/JPL/USGS, 1997

Document 3 – **Io, analyse des phénomènes de surface (1)**

2. En analysant le document 3, indiquez laquelle ou lesquelles de ces hypothèses vous semble(nt) raisonnable(s).
   La zone 1 observée sur l'image (b) pourrait être :

   A. une coulée de lave de plusieurs centaines de kilomètres.
   B. un dyke volcanique.
   C. une dorsale.
   D. une zone de subduction.
   E. une zone de failles.
   F. un champ de dunes.
   G. un champ de moraines.
   H. un réseau fluviatile.
   I. un panache de poussières.

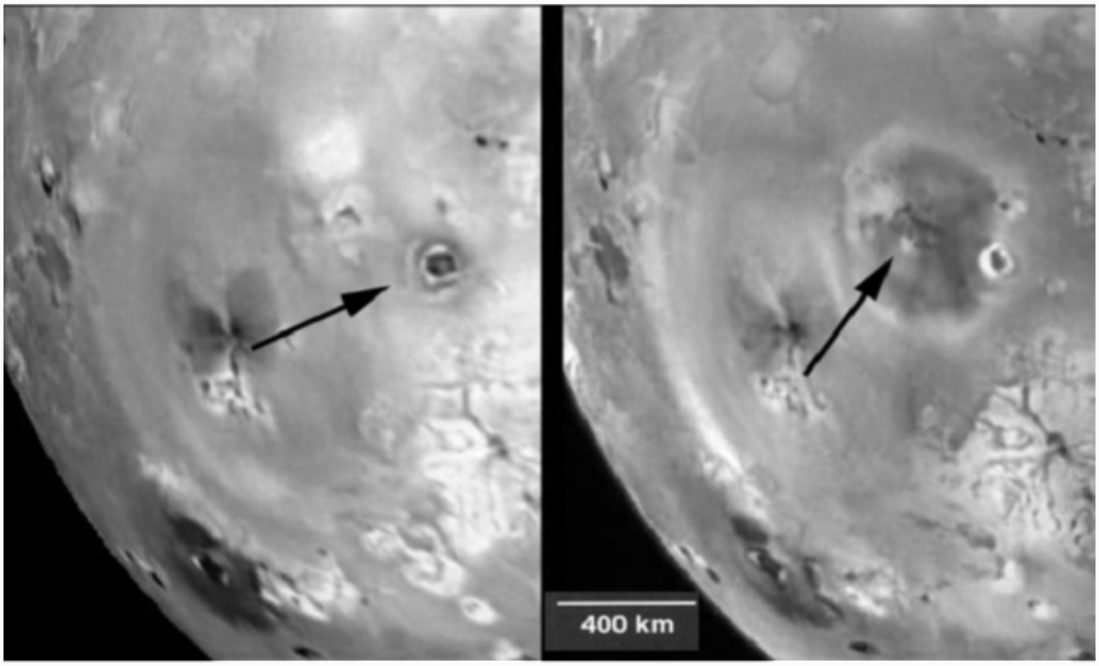
3. En analysant le document 3, indiquez laquelle ou lesquelles de ces hypothèses vous semble(nt) raisonnable(s).
   La zone 2 observée sur l'image (c) pourrait être :

   A. une coulée de lave de plusieurs centaines de kilomètres.
   B. un dyke volcanique.
   C. une dorsale.
   D. une zone de subduction.
   E. une zone de failles.
   F. un champ de dunes.
   G. un champ de moraines.
   H. un réseau fluviatile.
   I. un panache de poussières.

4. A partir de vos conclusions précédentes, indiquez laquelle ou lesquelles de ces hypothèses vous semble(nt) raisonnable(s).
   Les zones observées sur les photographies (b) et (c) sont un indice :

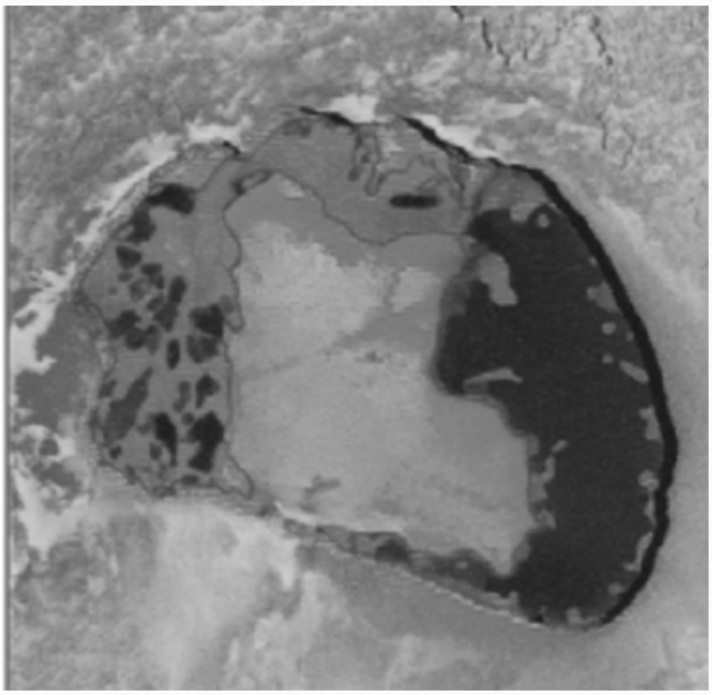
   A. de l'absence d'une activité interne récente sur Io.
   B. de la présence d'un volcanisme récent sur Io.
   C. d'une tectonique des plaques récente sur Io.
   D. d'une activité interne récente sur Io.

Observation de la région de Pilian Patera sur Io, l'image de gauche a été prise en avril 1997 et l'image de droite a été prise en septembre 1997. Les flèches noires indiquent la même zone.



(a) Observation de la région de Pilian Patera sur Io par Galileo

NASA/JPL/USGS, 1998



Observation de la région de Tupan Patera, les couleurs sombres correspondent à des émissions thermiques importantes (températures entre 900 et 1300° C), les couleurs claires correspondent à des températures beaucoup plus faibles.

(b) Observation de la région de Tupan Patera sur Io par Galileo (la largeur de l'image correspond à 50 km environ)

Alfred S.Mc Ewen, 2002

Document 4 – **Io, analyse des phénomènes de surface (2)**

5. En comparant l'image de gauche et l'image de droite du document 4 (a), indiquez laquelle ou lesquelles de ces hypothèses vous semble(nt) raisonnable(s) :

   A. Une auréole de métamorphisme de 400 km de diamètre pourrait être apparue entre avril et septembre 1997.

   B. Un dépôt de projections pyroclastiques de 400 km de diamètre pourrait être apparu entre avril et septembre 1997.

   C. Une coulée de lave de 400 km de diamètre pourrait être apparue entre avril et septembre 1997.

   D. Une chaîne de montagnes de 400 km de diamètre pourrait être apparue entre avril et septembre 1997.

   E. Une inversion du champ magnétique pourrait s'être produite entre avril et septembre 1997.

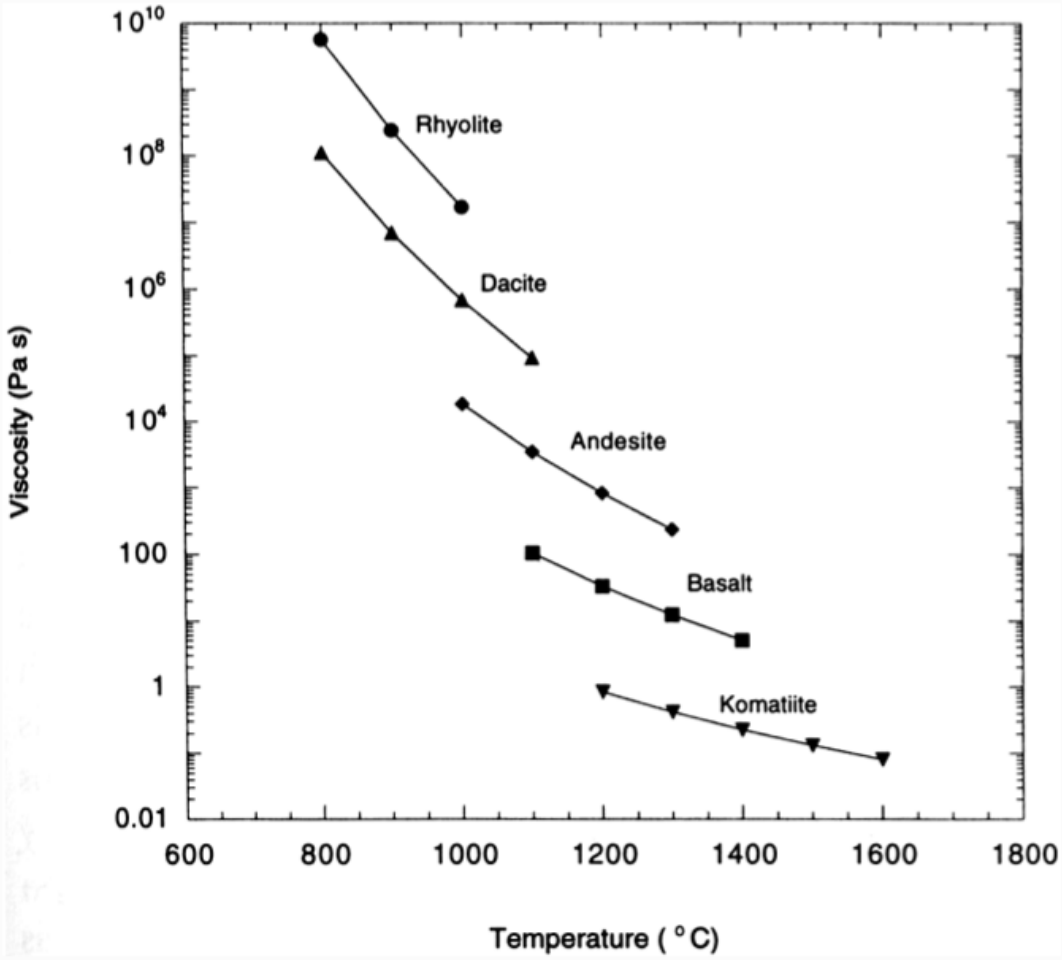
6. En étudiant l'image du document 4 (b), indiquez laquelle ou lesquelles de ces affirmations vous semble(nt) raisonnable(s) :

   A. L'image de la région de Tupan Patera pourrait révéler des laves liquides centrales entourées de laves solidifiées en périphérie.

   B. L'image de la région de Tupan Patera pourrait révéler des laves solidifiées centrales entourée de laves liquides en périphérie.

   C. L'image de la région de Tupan Patera pourrait révéler un dépôt sédimentaire central entouré d'eau liquide en périphérie.

   D. L'image de la région de Tupan Patera pourrait révéler un dépôt sédimentaire périphérique entourant un bassin rempli d'eau liquide au centre.



La viscosité de différents matériaux en fonction de leurs températures

Spera, 2000

Document 5 – **Viscosité de différents matériaux**

7. En utilisant vos connaissances, indiquez laquelle ou lesquelles de ces affirmations est/sont vraie(s) :
   Sur Terre, le volcanisme effusif (hawaïen à dominante lavique) est caractérisé par :

   A. un magma très visqueux.
   B. un magma peu visqueux.
   C. un magma riche en fer et en magnésium.
   D. un magma pauvre en fer et en magnésium.
   E. un magma riche en silice.
   F. un magma pauvre en silice.

8. En utilisant vos connaissances et les informations extraites du document 5, indiquez laquelle ou lesquelles de ces affirmations est/sont vraie(s) :
   Sur Terre, lors d'un magmatisme très différencié, les éruptions peuvent donner des édifices volcaniques :

   A. constitués d'un empilement de coulées de laves de basaltes par exemple.
   B. constitués d'un empilement de coulées de laves de rhyolites par exemple.
   C. constitués d'un empilement de projections de basaltes par exemple.
   D. constitués d'un empilement de projections de rhyolites par exemple.
   E. souvent qualifiés de volcans boucliers.
   F. souvent qualifiés de dômes.

9. En utilisant vos connaissances ainsi que les informations extraites des documents 4 (b) et 5, on peut émettre l'hypothèse que les matériaux constituant les structures observées en périphérie de l'image du Tupan Patera (document 4 (b)) :

   A. sont très visqueux.
   B. sont peu visqueux.
   C. pourraient être des rhyolites ou des dacites.
   D. pourraient être des basaltes ou des komatiites.

10. Lors des précédentes explorations sur la Lune, les astronautes ont rapportés plusieurs sortes d'échantillons. Les échantillons retrouvés sont des roches riches en plagioclase, olivine et en pyroxène. Certaines sont entièrement cristallisées, d'autres contiennent plus ou moins de verre. Indiquez laquelle ou lesquelles de ces affirmations est/sont vraie(s) :

    A. Les roches à la surface de la Lune pourraient être des basaltes et des gabbros.

    B. Les roches à la surface de la Lune pourraient être des rhyolites et des granites.

    C. Les roches à la surface de la Lune pourraient être des calcaire et du silex.

    D. Les roches prélevées à la surface de la Lune sont le témoin d'un plutonisme récent ou ancien.

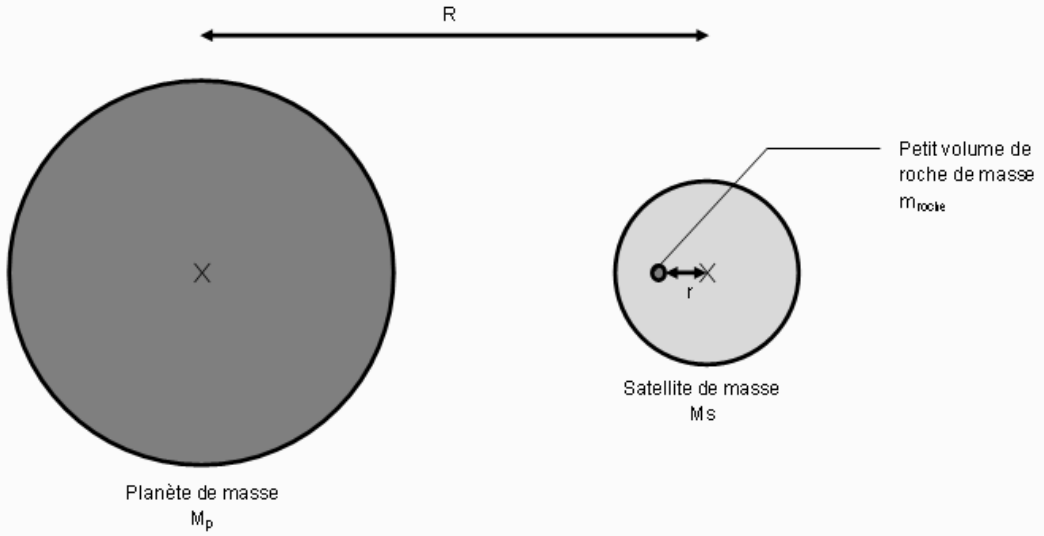
    E. Les roches prélevées à la surface de la Lune sont le témoin d'un volcanisme récent ou ancien.

    F. Les roches prélevées à la surface de la Lune sont le témoin d'un magmatisme récent ou ancien.

    G. Les roches prélevées à la surface de la Lune sont le témoin d'un métamorphisme récent ou ancien.

    H. Les roches prélevées à la surface de la Lune sont le témoin de phénomènes sédimentaires récents ou anciens.

La force de marée est une conséquence secondaire de la force d'attraction gravitationnelle et elle est la cause des marées.



L'intensité de la force de marée est égale à :

$$2.G.m_{roche}.M_p.r/R^3$$

R : distance entre la planète et le satellite
r : distance entre le petit volume de roche du satellite et le centre du satellite
Mp : masse de la planète
m_{roche} : masse du petit volume de roche du satellite
G : constante universelle de la gravitation

dans le cas où une des masses (la masse du satellite Ms) est beaucoup plus grande que l'autre (la masse du petit volume de roche dans le satellite m_{roche}) et où la distance entre le petit volume de roche du satellite et le centre du satellite (r) est beaucoup plus petite que la distance qui sépare le satellite de la planète (R).

Lorsque les forces de marées sont très fortes, le mouvement relatif des masses à l'intérieur d'un objet engendre d'importantes déformations. Ces déformations provoquent alors des forces de frictions entre les différentes masses constituant l'objet. Ces forces de friction sont responsables d'un échauffement des masses à l'intérieur de l'objet.

Document 6 – **Les forces de marées**

11. En supposant que les densités de Io et de la Lune sont similaires, en utilisant vos connaissances et en mettant en relation les informations extraites des documents 1, 2 et 6, indiquez laquelle ou lesquelles de ces affirmations est/sont vraie(s) :

    A. Les forces de marées qu'exerce Jupiter sur Io sont du même ordre de grandeur (x 1) que les forces de marées qu'exerce la Terre sur la Lune.

    B. Les forces de marées qu'exerce Jupiter sur Io sont d'un ordre de grandeur (x 10) plus important que les forces de marées qu'exerce la Terre sur la Lune.

    C. Les forces de marées qu'exerce Jupiter sur Io de deux ordres de grandeur (x 100) plus importants que les forces de marées qu'exerce la Terre sur la Lune.

    D. Les forces de marées qu'exerce Jupiter sur Io sont de trois ordres de grandeur (x 1000) plus importants que les forces de marées qu'exerce la Terre sur la Lune.

    E. Les forces de marées qu'exerce Jupiter sur Io sont d'un ordre de grandeur (x 10) moins important que les forces de marées qu'exerce la Terre sur la Lune.

    F. Les forces de marées qu'exerce Jupiter sur Io sont de deux ordres de grandeur (x 100) moins importants que les forces de marées qu'exerce la Terre sur la Lune.

12. En utilisant les informations précédentes et celles extraites des documents 1, 2 et 6, indiquez laquelle ou lesquelles de ces affirmations est/sont vraie(s).
    Les forces de marées qui s'exercent sur Io sont responsables :

    A. d'une radioactivité importante au sein du satellite.

    B. d'importantes déformations au sein du satellite.

    C. d'importantes forces de friction au sein du satellite.

    D. d'un échauffement important à l'intérieur du satellite.

Sur Terre, la chaleur libérée provient :

- De la radioactivité naturelle : la désintégration des isotopes radioactifs du thorium, de l'uranium et du potassium contenus dans la croûte et le manteau libère entre 15 et 25 TW.
- De la cristallisation de la graine (chaleur latente de cristallisation) fournit une puissance estimée à 1 TW.
- Des marées terrestres (frottements engendrés par les déformations internes de la Terre dues aux autres astres : Lune, Soleil) fournissent 0,1 TW.
- De la chaleur initiale de la Terre (énergie potentielle gravitationnelle, énergie cinétique des collisions entre planétésimaux, chaleur des éléments radioactifs à courte durée de vie...).

Document 7 – **La chaleur de la Terre**

13. L'analyse isotopique des échantillons lunaires, montre que la Lune et la Terre sont similaires. Les silicates de la Lune ont une composition chimique voisine de celle du manteau terrestre. En utilisant vos connaissances et les informations extraites des documents 6 et 7, indiquez laquelle ou lesquelles de ces affirmations vous semble(nt) juste(s) :

    A. La Lune devrait libérer une quantité de chaleur par unité de volume beaucoup plus faible que la chaleur dégagée par unité de volume par la Terre.

    B. La Lune devrait libérer une quantité de chaleur par unité de volume proche de la chaleur dégagée par unité de volume par la Terre.

    C. La Lune devrait libérer une quantité de chaleur par unité de volume beaucoup plus forte que la chaleur dégagée par unité de volume par la Terre.

    D. La Lune possède une activité interne récente car la désintégration des éléments radioactifs qu'elle contient dégage une grande quantité de chaleur.

    E. La Lune possède une activité interne récente car l'énergie engendrée par les marées à l'intérieur de la Lune engendre d'importantes forces de friction.

    F. La Lune ne possède plus d'activité interne aujourd'hui car son rapport surface/volume est élevé.

    G. La Lune ne possède plus d'activité interne aujourd'hui car son rapport surface/volume est faible.

14. Si on suppose que l'âge et la composition chimique de Io sont similaires à l'âge et à la composition chimique de la Lune, en vous aidant de vos conclusions précédentes, indiquez laquelle ou lesquelles de ces affirmations vous semble(nt) raisonnable(s) :

    A. Io ne peut pas posséder d'activité interne car son diamètre est trop faible.

    B. Io ne peut pas posséder d'activité interne car son rapport surface/volume est trop élevé.

    C. Io n'a jamais possédé d'activité interne car son éloignement du Soleil est trop important.

    D. Io possède une activité interne récente car la désintégration des éléments radioactifs qu'il contient dégage une grande quantité de chaleur.

    E. Io possède une activité interne récente car la chaleur initiale est très importante.

    F. Io possède une activité interne récente car l'énergie engendrée par les marées à l'intérieur de Io engendre d'importantes forces de friction.

Deuxième partie

Questionnaire : Astronomie

15. L'Organisation internationale des nations unies (ONU) a proclamé 2015 "Année internationale de la lumière". La pollution lumineuse a dégradé la vision du ciel nocturne à l'œil nu et de ses milliers d'étoiles. Quelle en est/sont la/les cause(s) principale(s) ?

    A. Les débris spatiaux, qui depuis la conquête spatiale encombrent l'environnement orbital terrestre.
    B. Les gaz à effet de serre qui en réchauffant l'atmosphère créent de la turbulence.
    C. Les éclairages publics qui illuminent inutilement le ciel.
    D. L'augmentation de la population mondiale et l'urbanisation qui en découle.
    E. Les étoiles ne sont pas éternelles et s'éteignent au cours du temps.

~~16. La gravité à la surface de Mars n'est pas la même que sur Terre : Mars est 2 fois plus petite et 10 fois moins massive que la Terre. Sur Mars, vous pesez :~~

    ~~**A. 40% moins lourd**~~
    ~~B. 50% moins lourd~~
    ~~C. 70% moins lourd~~
    ~~D. 80% moins lourd~~
    ~~E. 90% moins lourd~~

17. Quelles caractéristiques communes partagent les planètes dites telluriques, comme la Terre ?

    A. Ce sont des planètes rocheuses.
    B. Ce sont des planètes gazeuses.
    C. Elles ont toutes une activité volcanique.
    D. Elles ont toutes une atmosphère.
    E. Si elles ont une atmosphère, celle ci ne représente qu'une part mineure de leur masse totale.
    F. Elles ont toutes un champ magnétique.
    G. Elles ont une densité supérieure à 1.

18. Lesquelles des affirmations suivantes sont vraies ?

    A. La Lune est le seul satellite naturel de la Terre.
    B. La Lune est aussi grosse que la Terre.
    C. La Terre exerce des effets de marée sur la Lune.
    D. La Lune exerce des effets de marée sur la Terre.
    E. La rotation de la Terre sur elle-même ralentit en même temps que la Lune s'éloigne de nous.
    F. Avec la Terre, la Lune est le seul astre de l'Univers, sur lequel l'Homme ait posé le pied.

19. L'étoile polaire donne la direction du Nord en France. Laquelle/lesquelles de ces affirmations est/sont vraie(s) ?

    A. Elle est visible de partout sur Terre.
    B. C'est actuellement l'étoile la plus brillante de la constellation de la Petite Ourse.
    C. C'est actuellement l'étoile la plus brillante de la constellation de la Grande Ourse.
    D. Elle n'était pas la même il y a 6000 ans.
    E. Sur la Lune, elle serait la même.
    F. C'est la seule étoile qui ne se couche pas, vue de la France.

20. Lesquelles des affirmations suivantes concernant les saisons sont vraies ?

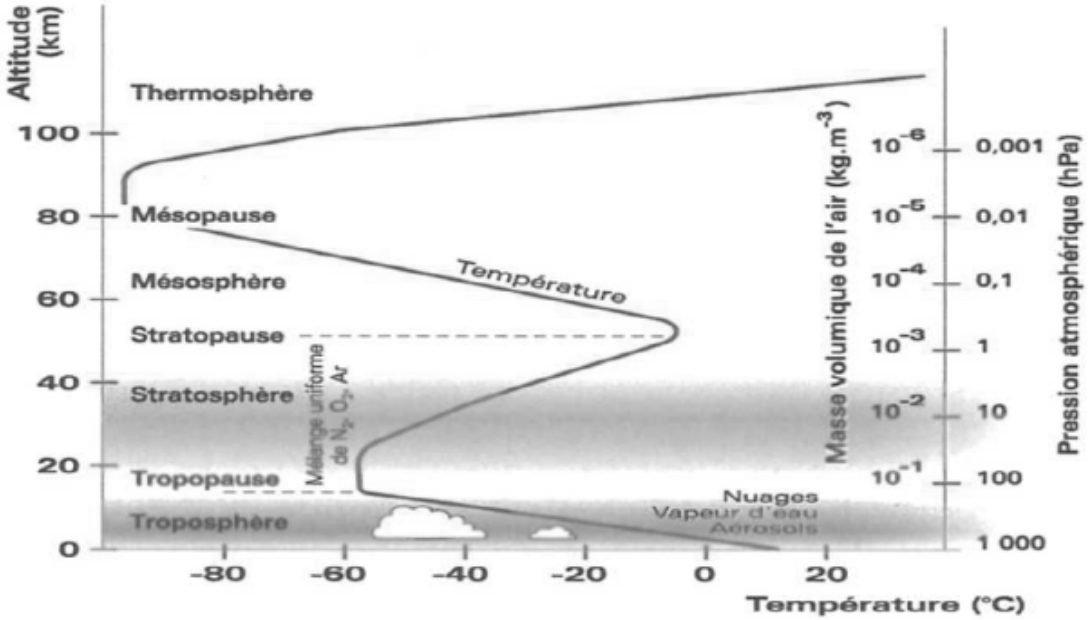
    A. L'axe d'inclinaison d'une planète est responsable du phénomène des saisons.
    B. La proximité de la Terre du Soleil est responsable de l'été.
    C. Les saisons ont des durées strictement égales.
    D. Les équinoxes et les solstices marquent les débuts et fins des saisons.
    E. Les saisons n'existent pas sur les satellites des planètes.
    F. La date du début du printemps 2015 en France est le 20 mars 2015 à 22 h 45 m 11 s UTC. Elle varie légèrement d'une année sur l'autre à cause de la précession des équinoxes.

21. L'effet de serre permet de réchauffer la température de surface de certaines planètes, pourquoi ?

    A. L'ozone capte la chaleur solaire.
    B. Les gaz à effet de serre produisent de la chaleur car ils sont légèrement radioactifs.
    C. Les océans ont une plus grande inertie thermique et conserve plus longtemps la chaleur.
    D. Les gaz à effet de serre sont transparents au rayonnement visible du soleil qui chauffe la surface, mais ensuite absorbent (et conservent) le rayonnement infrarouge émis par la surface.

Troisième partie

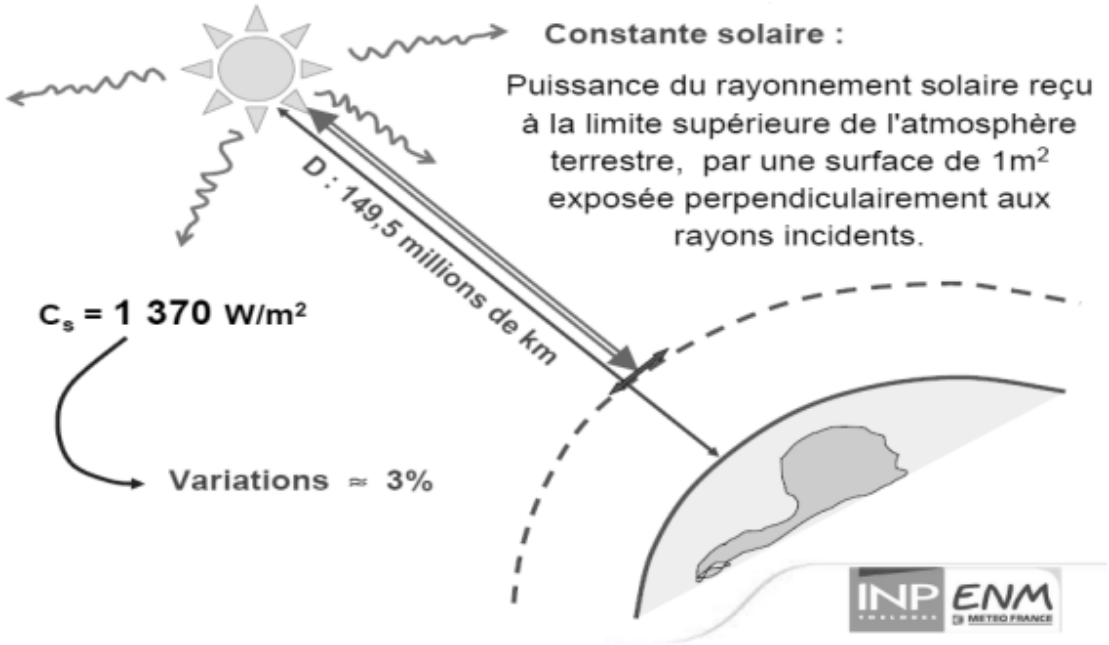
Questionnaire : Atmosphère - Hydrosphère



Document 8 – **Profil vertical de l'atmosphère, d'après l'ouvrage de S. Mallardel, à l'échelle du temps**

22. Le document 8 montre que la température de l'atmosphère diminue avec l'altitude, depuis le sol jusqu'à la tropopause (limite troposphère/stratosphère). La température augmente ensuite dans la stratosphère. Choisissez parmi les propositions suivantes celle qui explique correctement cette augmentation de température.

    A. On se rapproche du soleil avec l'altitude et on s'éloigne des sources de chaleur interne de la Terre.
    B. La tropopause renvoie du rayonnement vers l'espace.
    C. La stratosphère est la partie de l'atmosphère où la concentration d'ozone est la plus élevée. L'ozone absorbe une part importante du rayonnement ultra violet venant du Soleil et l'énergie correspondante réchauffe la stratosphère.
    D. La stratosphère est la partie de l'atmosphère où la concentration d'ozone est la plus élevée. L'ozone absorbe une part importante du rayonnement ultra violet venant de la Terre et l'énergie correspondante réchauffe la stratosphère.
    E. La stratosphère est la partie de l'atmosphère où la concentration d'ozone est la plus élevée. L'ozone absorbe uniquement le rayonnement infrarouge venant de la Soleil et l'énergie correspondante réchauffe la stratosphère.
    F. La stratosphère est la partie de l'atmosphère où la concentration d'ozone est la plus élevée. L'ozone absorbe uniquement le rayonnement infrarouge venant de la Terre et l'énergie correspondante réchauffe la stratosphère.



Document 9 – **Description de la constante solaire, D. Costes, ENM**

23. Le document 9 donne la définition et la valeur de la constante solaire : 1370 W/m^2. En déduire, parmi les valeurs proposées ci-dessous, quelle est la puissance moyenne du rayonnement reçu par une surface de 1 m^2 située au sommet de l'atmosphère et orthogonale à un rayon terrestre.

    A. 1370 W/m^2
    B. 1000 W/m^2
    C. 685 W/m^2
    D. 342 W/m^2

24. L'effet de serre existait-il avant la révolution industrielle ? Les scientifiques ont acquis la certitude que le réchauffement climatique observé résulte de la diffusion massive de Gaz à Effet de Serre (GES) par les activités humaines, depuis le début de l'ère industrielle. Quelle était la situation avant l'ère industrielle ?

    A. Les gaz à effet de serre étaient quasiment inexistant à l'état naturel. L'air était pur.
    B. Des gaz à effet de serre existaient à l'état naturel. Heureusement car sans eux la température sur terre aurait été glaciale.
    C. Des gaz à effet de serre existaient à l'état naturel. Heureusement car sans eux la température sur terre aurait été extrêmement chaude.
    D. L'ozone était le seul gaz à effet de serre. Il a migré depuis vers la stratosphère.

25. L'albédo d'une surface est :

    A. Le rapport entre le rayonnement solaire global non absorbé par une surface et le rayonnement solaire global.
    B. Le rapport entre le rayonnement solaire global absorbé par une surface et le rayonnement solaire global.
    C. Le rapport entre le rayonnement d'une surface et le rayonnement solaire global absorbé par cette surface.
    D. La température pour laquelle le rayonnement de la surface est maximal.

26. Le vent géostrophique résulte de l'équilibre entre les forces de pression et forces d'inertie. Décrivez son comportement dans l'hémisphère nord :

    A. Il laisse les hautes pressions sur sa gauche et s'enroule autour des basses pressions dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.
    B. Il laisse les hautes pressions sur sa gauche et s'enroule autour des basses pressions dans le sens des aiguilles d'une montre.
    C. Il laisse les hautes pressions sur sa droite et s'enroule autour des basses pressions dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.
    D. Il laisse les hautes pressions sur sa droite et s'enroule autour des basses pressions dans le sens des aiguilles d'une montre.
    E. Il laisse les basses pressions sur sa gauche et s'enroule autour des hautes pressions dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.
    F. Il laisse les basses pressions sur sa gauche et s'enroule autour des hautes pressions dans le sens des aiguilles d'une montre.
    G. Il laisse les basses pressions sur sa droite et s'enroule autour des hautes pressions dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.
    H. Il laisse les basses pressions sur sa droite et s'enroule autour des hautes pressions dans le sens des aiguilles d'une montre.

Quatrième partie

Épisode de pluie intense de novembre 2014, en région méditerranéenne

27. A la lecture de la carte du document 10, que peut-on dire de la pression sur la France :

    A. La pression est basse, entre une dépression vers l'Espagne et un anticyclone vers la Russie.
    B. La pression est haute, entre une dépression vers l'Espagne et un anticyclone vers la Russie.
    C. La pression est haute, entre un anticyclone vers l'Espagne et une dépression vers la Russie.
    D. La pression est basse, entre un anticyclone vers l'Espagne et une dépression vers la Russie.

28. A la lecture de la carte de du document 10, que peut-on dire du vent autour du Golfe du Lion :

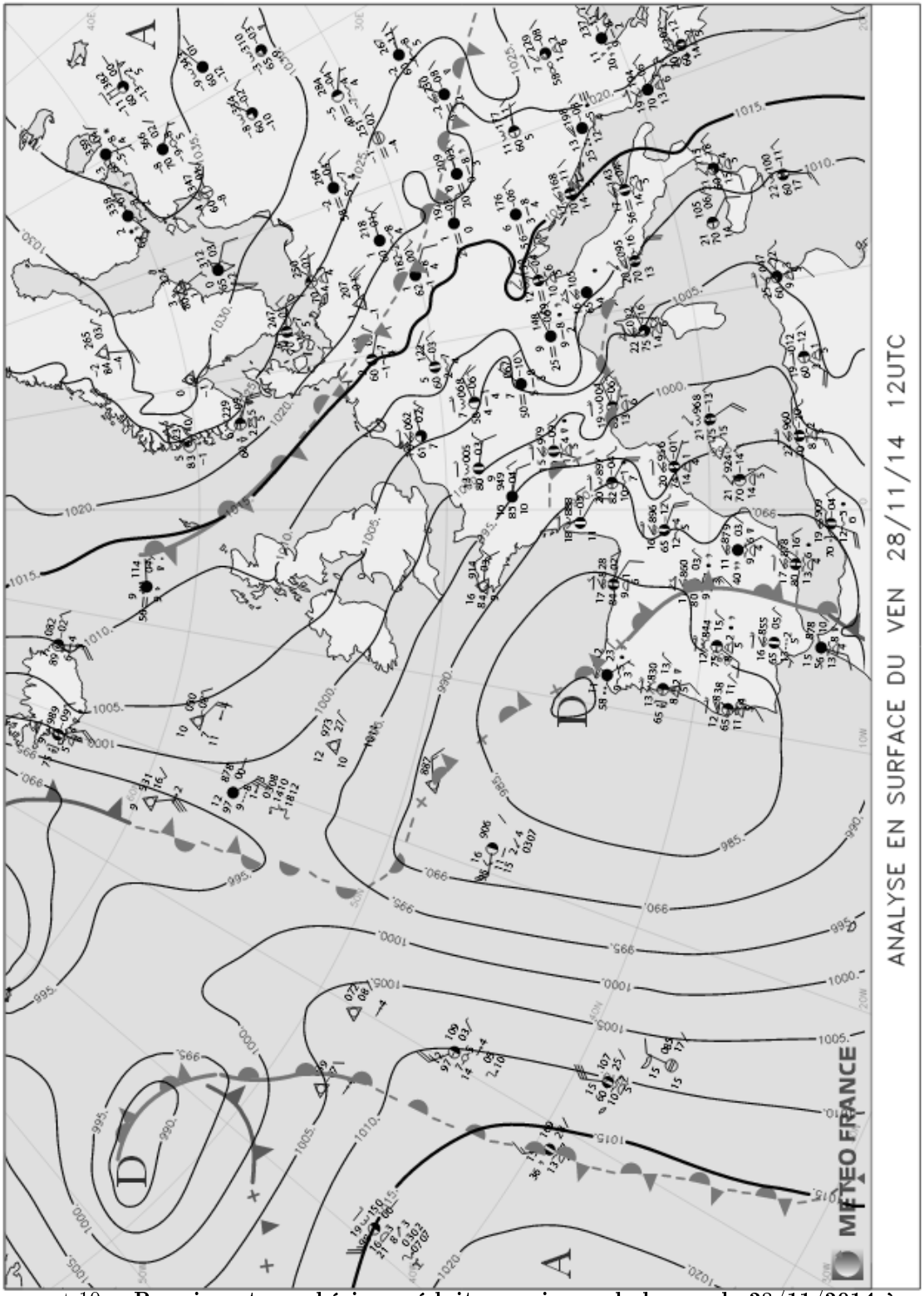
    A. Le vent est fort en provenance du nord-ouest.
    B. Le vent est fort en provenance du nord-est.
    C. Le vent est fort en provenance du sud-ouest.
    D. Le vent est fort en provenance du sud-est.

29. A la lecture de la carte du document 10 et parmi les propositions suivantes, lesquelles décrivent correctement les évolutions subies par l'air avant d'arriver sur le Golfe du Lion ?

    A. L'air s'accélère par resserrement des isobares.
    B. L'air s'humidifie au contact de la Mer Méditerranée.
    C. L'air se refroidit au contact de la Mer Méditerranée qui est plus froide que le continent en automne.
    D. L'air se réchauffe au contact de la Mer Méditerranée qui est plus chaude que le continent en automne.

30. D'après la(les) réponse(s) à la question précédente, comment vont évoluer la température (T), le point de rosée (Td) et la pression de vapeur d'eau (e) ?

    A. T, Td et e augmentent tous.
    B. Seule T augmente.
    C. Seul Td augmente.
    D. Seule e augmente.
    E. Seuls Td et e augmentent.



Document 10 – **Pression atmosphérique réduite au niveau de la mer le 28/11/2014 à 12 UTC, Météo-France, ENM**

31. A la lecture de la carte du document 10, en arrivant au contact des Cévennes (chaîne montagneuse du Massif central), l'air :

    A. Sera incapable de franchir la montagne.
    B. Va être soulevé brutalement et se détendre.
    C. Va contourner l'obstacle latéralement.
    D. Va être soulevé lentement mais sûrement.

32. A la lecture de la carte du document 10, quel temps et quels nuages sont susceptibles d'être observés entre le Golfe du Lion et les Cévennes ?

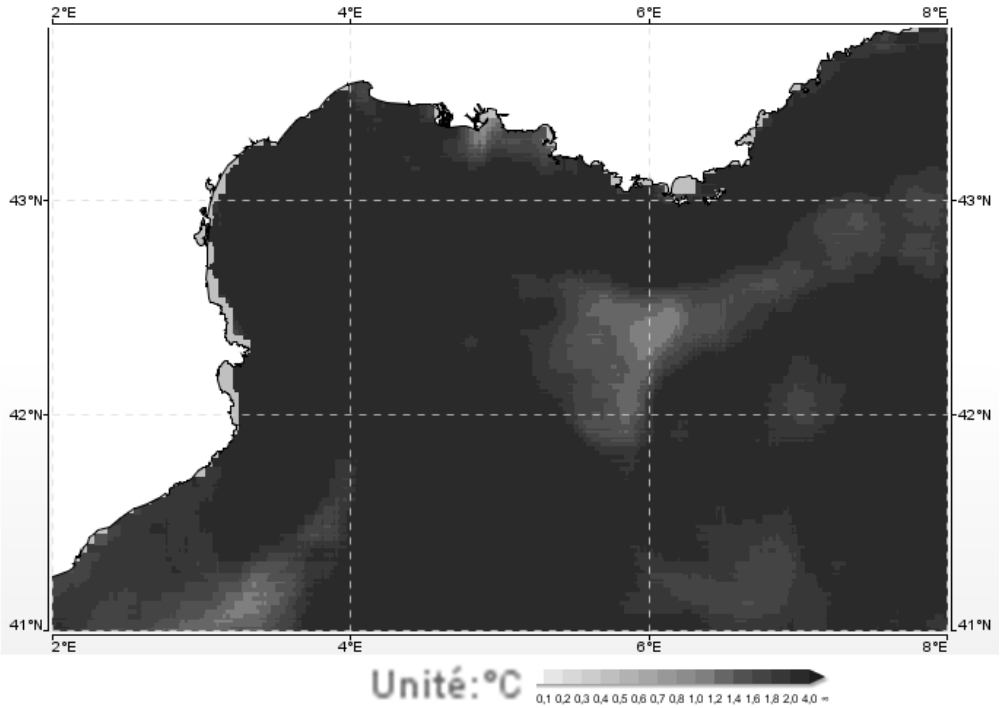
    A. De la grisaille (des stratus) et du brouillard.
    B. Un beau soleil d'automne avec juste quelques cumulus de beau temps pour décorer le ciel.
    C. De fortes pluies et des orages associés à des cumulonimbus.
    D. De petites pluies sous des Altostratus.
    E. De la neige sous des Altostratus.

33. La carte du document 11 présente l'anomalie de température de la mer (autrement dit l'écart par rapport aux valeurs normales) pour le mois de novembre 2014 autour du Golfe du Lion. Quelles sont les conséquences de cette anomalie (plusieurs réponses possibles) ?

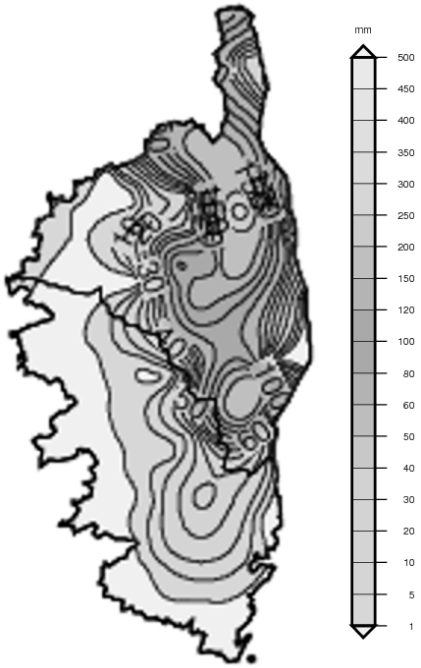
    A. Cette situation favorise des pluies plus intenses que la moyenne.
    B. Cette situation favorise des pluies moins intenses que la moyenne.
    C. L'air a tendance à contenir plus d'eau que dans une situation normale.
    D. L'air a tendance à contenir moins d'eau que dans une situation normale.

34. D'après du document 12 et sachant que le relief Corse est important sur la côte est, comment expliquez-vous la répartition des pluies en Corse le 28/11/2014 présentée par la carte du document 12 ?

    A. Les fortes pluies se déclenchent lorsque l'air maritime venant du sud-est redescend après avoir franchi le relief.
    B. Les fortes pluies se déclenchent à l'avant du relief, par soulèvement de l'air maritime venant du sud-ouest.
    C. Les fortes pluies se déclenchent à l'avant du relief, par soulèvement de l'air maritime venant du sud-est.
    D. Les fortes pluies se déclenchent lorsque l'air maritime venant du sud-ouest redescend après avoir franchi le relief.



Document 11 – **Anomalie mensuelle de la température de surface observée par satellite en novembre 2014, Météo-France, ENM**



Document 12 – **Pluies relevées en 24h le 28/11/2014 (en mm), Météo-France, ENM**

Cinquième partie

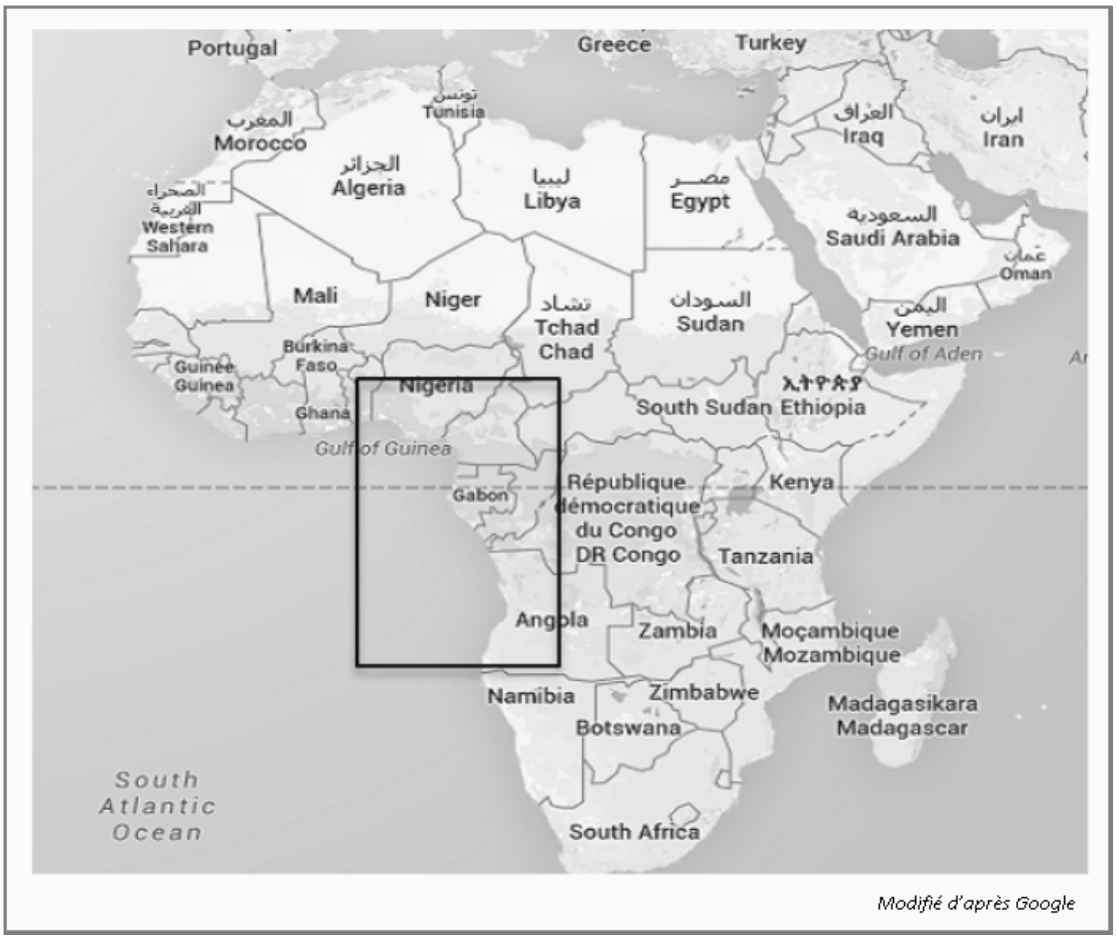
Exploration des hydrocarbures (pétrole et gaz) : cas de la marge africaine de l'Atlantique sud

On exploite le pétrole et le gaz sur la marge africaine de l'Atlantique sud depuis le Nigéria au nord jusqu'à l'Angola au sud.

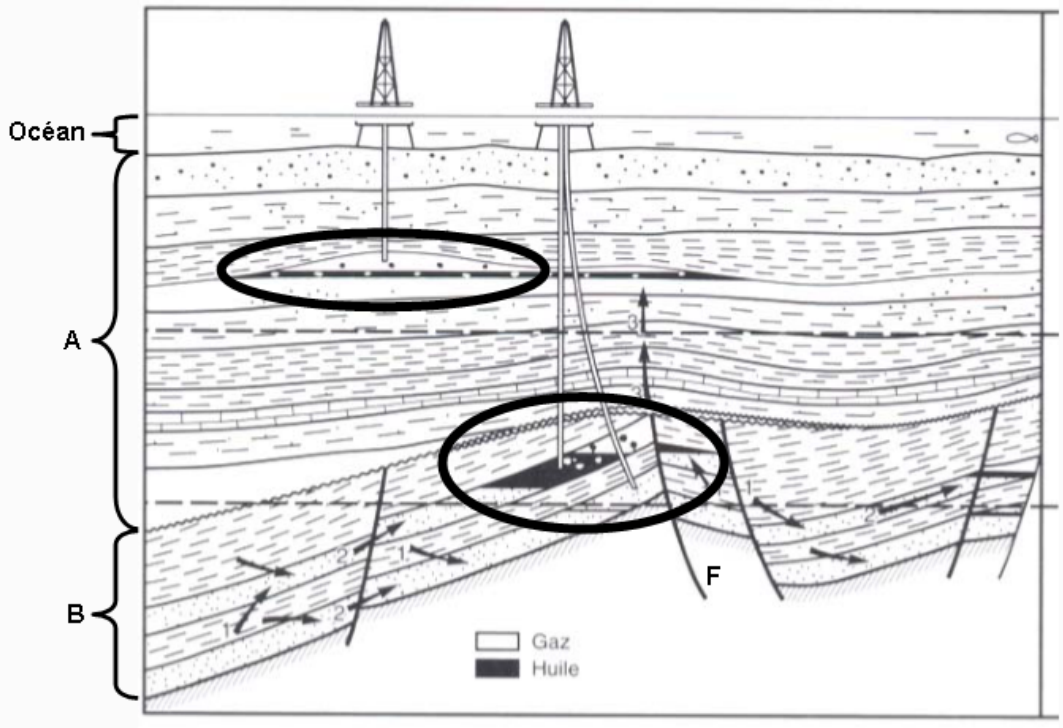
L'étude de cas suivante vise deux objectifs :

Comprendre pourquoi cette marge a été propice à la formation d'hydrocarbures.

Comprendre sur quels éléments se fondent les géologues pour localiser les gisements et étudier leur potentiel et leur exploitabilité afin de limiter le risque d'erreur, sachant que la mise en oeuvre d'un forage et d'une exploitation sont des processus très couteux.



Document 13 – **Localisation de la région étudiée**



La figure ci-dessus représente une coupe schématique d'une exploitation d'hydrocarbures sur un plateau continental.

L'accumulation d'hydrocarbures dans les deux réservoirs désignés par deux ovales (pétrole en noir et gaz en blanc) résulte d'une succession de phénomènes biologiques, chimiques, physiques et tectoniques.

Les petites flèches indiquent la migration des hydrocarbures des roches-mères vers les roches-réservoirs.

D'après B.Biju-Duval, Géologie sédimentaire, Technip
D'après B. Durand, mémoire SGF n°151, 1987

Document 14 – **Exploitation des gisements de pétrole**

35. Indiquez quelle(s) est/sont la/les affirmation(s) exacte(s) en vous appuyant sur vos connaissances et les informations tirées du document 14.
A propos des structures :

    A. Le dépôt des sédiments à l'origine de l'ensemble de couches B est vraissemblablement antérieur à la formation de failles F.

    B. La faille désignée par la lettre F est une faille inverse.

    C. La structure faillée qui affecte l'ensemble B comprend une association de failles normales et de failles inverses.

    D. La structure faillée qui affecte l'ensemble B correspond uniquement à un ensemble de failles normales.

    E. La structure faillée qui affecte l'ensemble B correspond uniquement à un ensemble de failles inverses.

    F. L'ensemble sédimentaire A est concordant sur l'ensemble B.

    G. L'ensemble sédimentaire A est discordant sur l'ensemble B.

36. Indiquez quelle(s) est/sont la/les affirmation(s) exacte(s) en vous appuyant sur vos connaissances et les informations tirées du document 14.
A propos du pétrole :

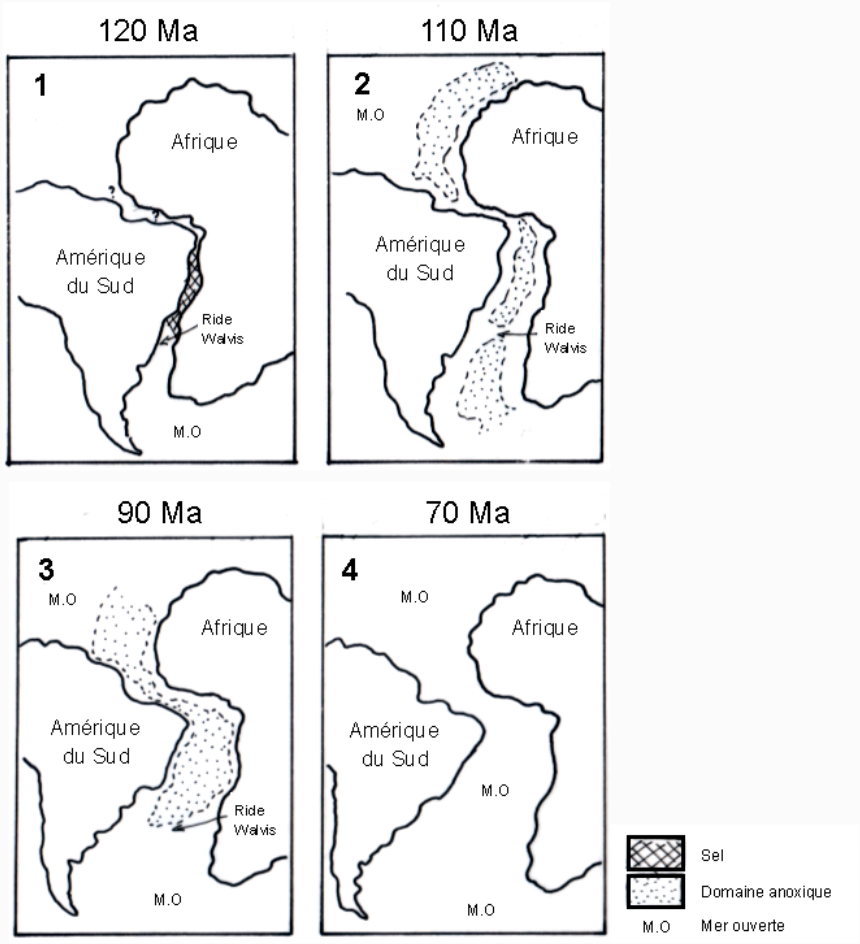
    A. L'ensemble des roches désignées de l'ensemble A au contact de B est globalement perméable au pétrole, au gaz et à l'eau.

    B. Le pétrole est une source d'énergie non renouvelable parce qu'il ne peut plus se former de pétrole actuellement.

    C. Si la découverte de nouveaux gisements exploitables de pétrole ne compense pas la consommation actuelle de pétrole, la ressource s'épuise progressivement.

Nous allons maintenant essayer de comprendre pourquoi la présence de gisements exploitables de pétrole est possible sur la marge ouest-africaine, en suivant les différentes étapes qui mènent à la formation d'un gisement de pétrole.

L'évolution de la paléogéographie, basée sur les reconstitutions cinématiques de l'ouverture de l'Atlantique sud au cours du temps, permet de caractériser les environnements de dépôts des roches mères principales à l'origine des grandes accumulations d'hydrocarbures dans les bassins de la marge ouest africaine.



Évolution schématique de la paléogéographie de l'ouverture de l'Atlantique sud

Les principaux types d'environnements sont donnés à droite (dépôts de formations salines, domaine océan étroit anoxique et mer ouverte)

Modifié d'après rapport US Geological survey, 2006

Document 15 – **Histoire de la marge africaine**

37. Choisissez la/les réponse(s) exacte(s) en utilisant vos connaissances et/ou les informations tirées du document 15.

    A. L'ouverture d'un océan est liée à une extension de la lithosphère continentale.

    B. L'ouverture d'un océan est liée à une extension de la seule croûte continentale.

    C. Quel que soit le contexte, la formation de pétrole nécessite un milieu peu oxygéné limitant la dégradation aérobie de la matière organique par la respiration.

    D. Quel que soit le contexte, la formation de pétrole nécessite un milieu bien oxygéné favorisant la photosynthèse et l'activité bactérienne qui dégrade la matière organique accumulée.

    E. La proximité des continents favorise l'apport en éléments minéraux propice à la multiplication des organismes photosynthétiques.

    F. La période la plus propice au dépôt d'une roche-mère marine se situe entre -110 et -90 millions d'années.

    G. La période la plus propice au dépôt d'une roche-mère marine se situe aux environs de -70 millions d'années.

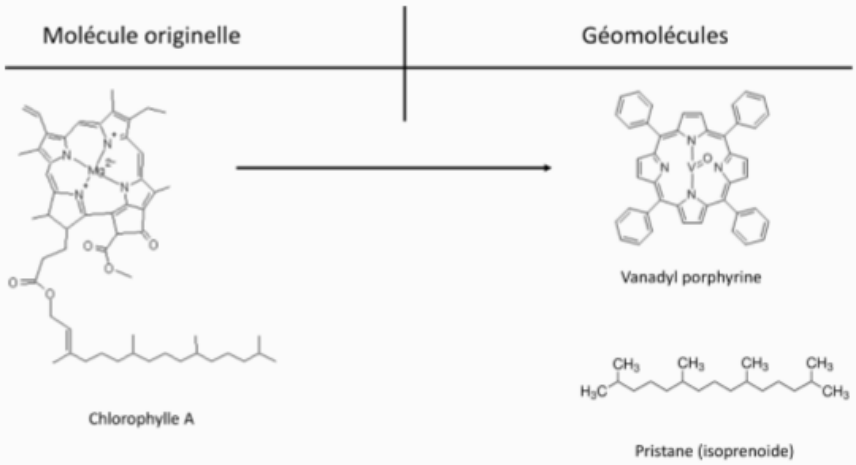
Pétrole et gaz sont le résultat de la transformation chimique de la matière organique pendant l'enfouissement.

Plusieurs types d'environnements (notés ci-dessous A, B et C) sont favorables à la formation de matière organique en quantité plus ou moins importante selon les conditions climatiques :

A : Des environnements deltaïques, où des fleuves se jettent dans des océans déjà larges et qui reçoivent essentiellement des débris de végétaux supérieurs continentaux. La matière organique contient alors en majorité des groupes polyaromatiques condensés et oxygénés, avec peu de chaînes aliphatiques.

B : Des milieux lacustres favorisant le développement de microorganismes comme *Botryococcus*, fabriquant une grande partie de lipides, avec des chaînes carbonées saturées proches des hydrocarbures du pétrole.

C : Des milieux marins confinés favorisant la multiplication du plancton marin (zoo et phytoplancton). La matière organique est alors riche en chaînes aliphatiques et en cycles naphténiques et aromatiques, peu oxygénés.



Les chaînes aliphatiques sont des molécules linéaires dans lesquelles se répètent des motifs $(CH_2)_n$ et (CH).

La chlorophylle montre un exemple de groupe polyaromatique ainsi qu'une molécule complexe qui en est dérivée et que l'on retrouve dans les huiles.

Document 16 – **Matière organique et hydrocarbures (1)**

On décrit d'autre part différents types de matière organique (notés ci-dessous I, II, III) caractérisés par leurs rapports H/C et O/C. Ces rapports dépendent des molécules organiques d'origine et de leur degré initial d'oxygénation.

Ces trois types de matière organique (I, II, III) sont portés dans le diagramme de Van Krevelen ci-dessous.

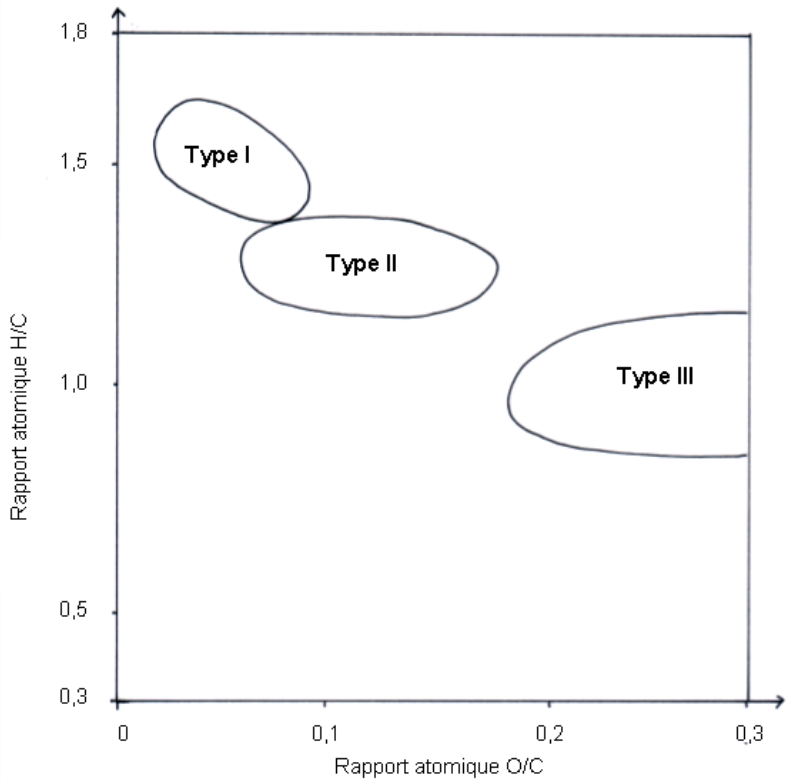


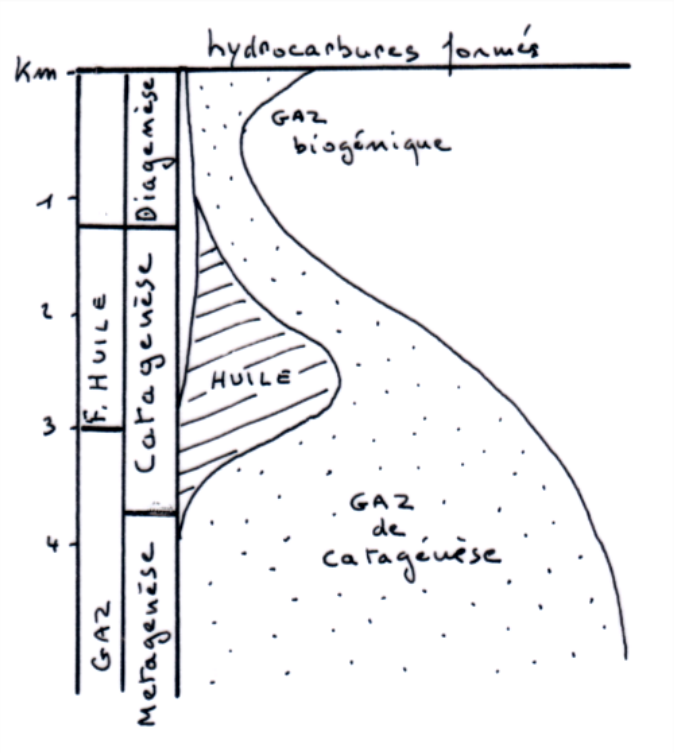
Diagramme de Van Krevelen

Document 17 – **Matière organique et hydrocarbures (2)**

38. Si l'on s'intéresse aux bassins sédimentaires de la marge ouest africaine parmi les suivantes, quelles sont les associations les plus vraisemblables entre le milieu de formation de la matière organique (A, B ou C - voir document 16), les différents types de matière organique (I, II ou III - voir document 17) et éventuellement la paléogéographie de l'océan Atlantique (1, 2, 3 ou 4 - voir document 15) ?

    A. A-III / B-I / C-II
    B. A-II / B-III / C-I
    C. A-I / B-II / C-III
    D. A-II-3 / C-III-4
    E. C-II-2 ou 3 / A-III-4

La plateau et le talus continentaux sont subsidents. Ils reçoivent un apport sédimentaire important. L'ensemble matière « organique - sédiment » est alors enfoui dans ce contexte subsident et subit des modifications qui conduisent à la formation d'une fraction liquide appelée « huile » (oil) et qui correspond au pétrole que l'on va ensuite extraire.



Hydrocarbures générés selon la profondeur

D'après A.Perrodon, ed. Masson, Elf Aquitaine, 1980

Document 18 – **Évolution de la matière organique en profondeur**

39. En vous appuyant sur la lecture du diagramme du document 18 et sur vos connaissances, choisissez la/les proposition(s) qui vous semble(nt) exacte(s).

    A. La matière organique produite par les êtres vivants est ensuite transformée en "huile et en gaz" au cours de l'enfouissement.

    B. La formation d'huile nécessite un enfouissement supérieur à 3 km de profondeur.

    C. Au delà de 4 km de profondeur, tout huile disparaît et donne du gaz, essentiellement sous l'effet de l'augmentation de la température qui entraine une coupure des molécules.

    D. Entre 2 et 4 km de profondeur et sous l'effet de l'augmentation de pression essentiellement, le gaz biogénique est comprimé et se transforme en huile.

    E. C'est entre 2 et 4 km de profondeur (environ) que l'on a le plus de chance de trouver un gisement d'huile exploitable, c'est ce que l'on appelle la "fenêtre à huile".

    F. C'est entre 2 et 4 km de profondeur (environ) que l'huile a le plus de chance de se former dans la roche-mère, c'est ce domaine que l'on appelle la "fenêtre à huile".

    G. Un réservoir doit obligatoirement se trouver dans la "fenêtre à huile" pour que le pétrole soit exploitable.

Les turbidites sont des dépôts gravitaires qui se déposent au large du plateau continental, en particulier sous forme de chenaux. Ces chenaux contiennent un mélange de produits sableux (d'origine continentale) et de produits argileux abondants (en grande partie d'origine pélagique). Ces chenaux peuvent donner de bons réservoirs. Ils sont donc recherchés par l'étude des profils sismiques, dont un exemple est schématisé ci-dessous.

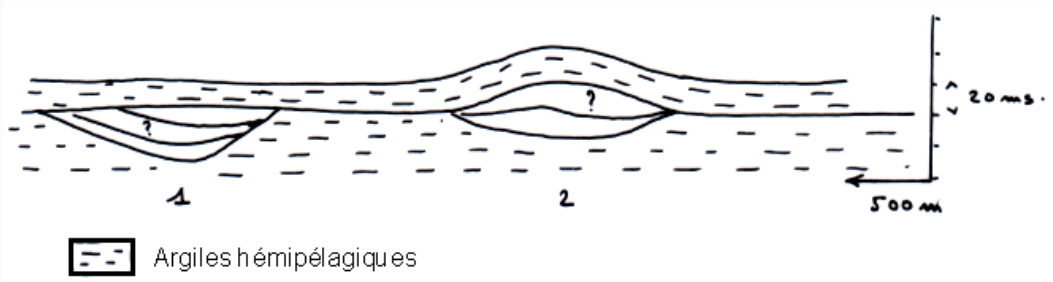
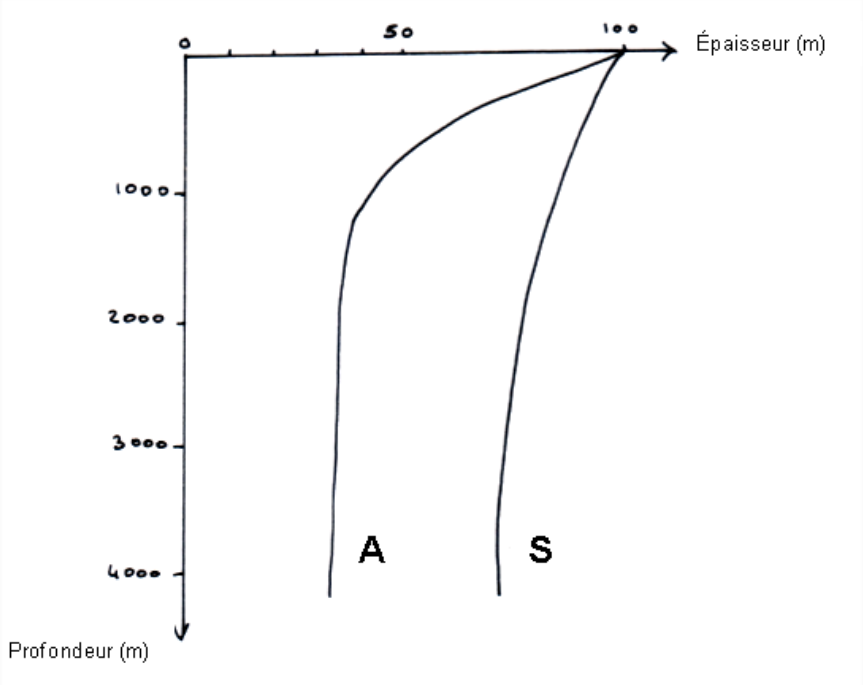


Schéma de chenaux (1 et 2) observés sur une ligne sismique

D'après document Total

Lors de leur enfouissement, les sédiments subissent une compaction plus ou moins importante qui varie selon le matériau d'origine. Cette compaction peut se mesurer par la variation de l'épaisseur de la formation.

La comparaison du comportement de matériaux sableux et argileux donne les résultats portés sur le diagramme ci-dessous (A pour les argiles et S pour les sables)



Document 19 – **Chenaux et comportement des sables et des argiles**

40. En vous appuyant sur la lecture du document 19, choisissez la/les proposition(s) qui vous semble(nt) exacte(s).

    A. Avec la profondeur, les argiles sont plus compactées que les sables.

    B. Entre 500 et 1500 m, une argile perd environ 80% de son volume.

    C. Entre 500 et 1500 m, une argile perd environ 50% de son volume.

    D. La compaction se fait plus rapidement aux fortes profondeurs qu'aux faibles profondeurs parce que la pente de la courbe est plus forte.

    E. C'est dans la "fenêtre à huile" que la différence de compaction entre argile et sable est la plus importante.

    F. Le chenal turbiditique 1 est certainement celui qui contient le plus de sable.

    G. Le chenal turbiditique 2 est certainement celui qui contient le plus de sable.

41. Pour conclure, choisissez la/les affirmation(s) exacte(s) en vous appuyant sur les résultats précédents et sur vos connaissances.
    Les sédiments turbiditiques sont susceptibles de donner de bons réservoirs parce que :

    A. Comme tous les sédiments d'origine détritique, ils donnent des roches perméables qui permettent aux huiles de circuler.

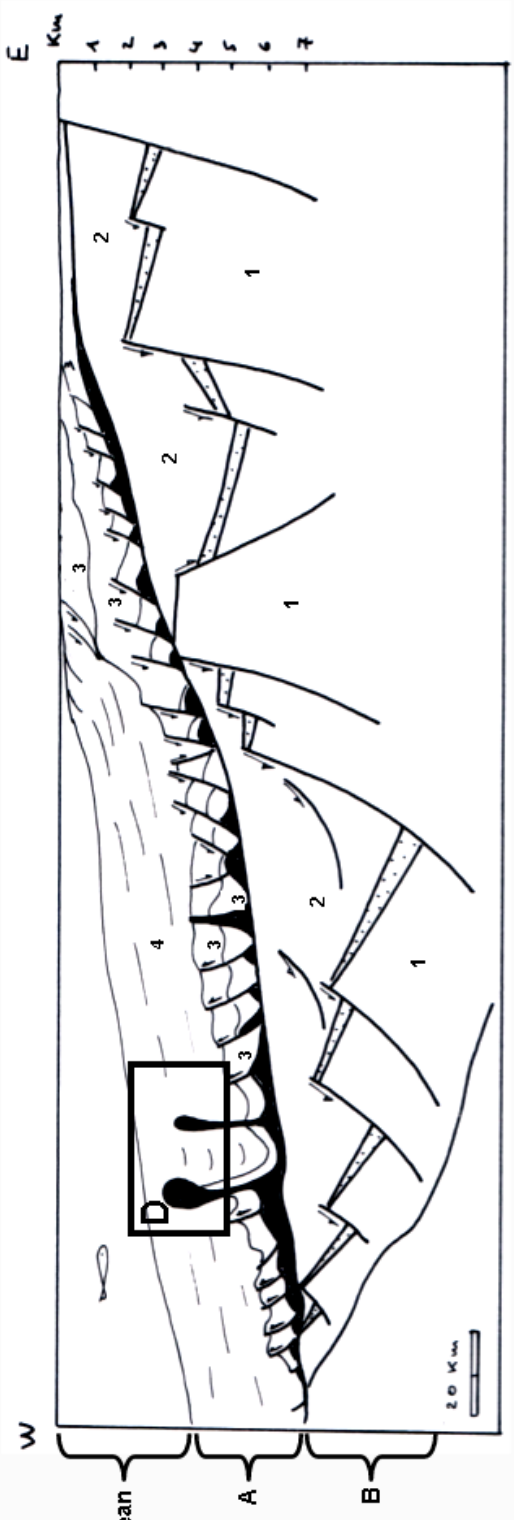
    B. Seuls les sédiments détritiques, suffisamment riches en sables, permettent aux huiles de circuler.

    C. La seule différence entre sédiments argileux et sableux est une différence de porosité liée à la différence de compaction.

    D. Les formations sableuses sont vraisemblablement les plus favorables pour donner des roches-réservoirs parce que la porosité y reste la plus importante.

    E. Les formations argileuses sont vraisemblablement les plus favorables pour donner des roches-réservoirs parce qu'elles sont imperméables et captent mieux le pétrole liquide.

La migration des huiles de la roche-mère vers les roches-réservoirs ne permet la formation d'un gisement exploitable que si la migration est arrêtée dans ce que l'on appelle un « piège à pétrole ».



Coupe schématique de la marge ouest africaine

Légendes : couche sombre : couche salifère

La coupe schématique de la marge montre deux ensembles structuraux superposés séparés par un dépôt salifère en noir :
- un ensemble inférieur B, caractérisé par de grands blocs basculés (1), impliquant le socle.
- un ensemble supérieur A, affecté par une tectonique gravitaire, l'ensemble (3) ayant glissé de la droite vers la gauche en raison de la couche salifère ductile.

D'après Jean-Jacques Jarrige, 2012

Document 20 – **Structure de la marge et pièges pétroliers**

42. A partir du document 20 et en vous aidant de vos connaissances, choisissez la/les proposition(s) qui vous semble(nt) exacte(s).
A propos des marges passives :

A. Une marge passive est subsidente parce qu'elle se refroidit progressivement et devient plus dense.

B. Le bas de la marge passive (1) (du document 20) est consitué d'éléments de la jeune croûte océanique formée dans la première étape de l'ouverture de l'océan.

C. Les sédiments en pointillé qui reposent sur (1) (du document 20) se sont déposés après la phase initiale d'effondrement des blocs.

D. Les sédiments en pointillé qui reposent sur (1) (du document 20) se sont déposés avant la phase initiale d'effondrement des blocs.

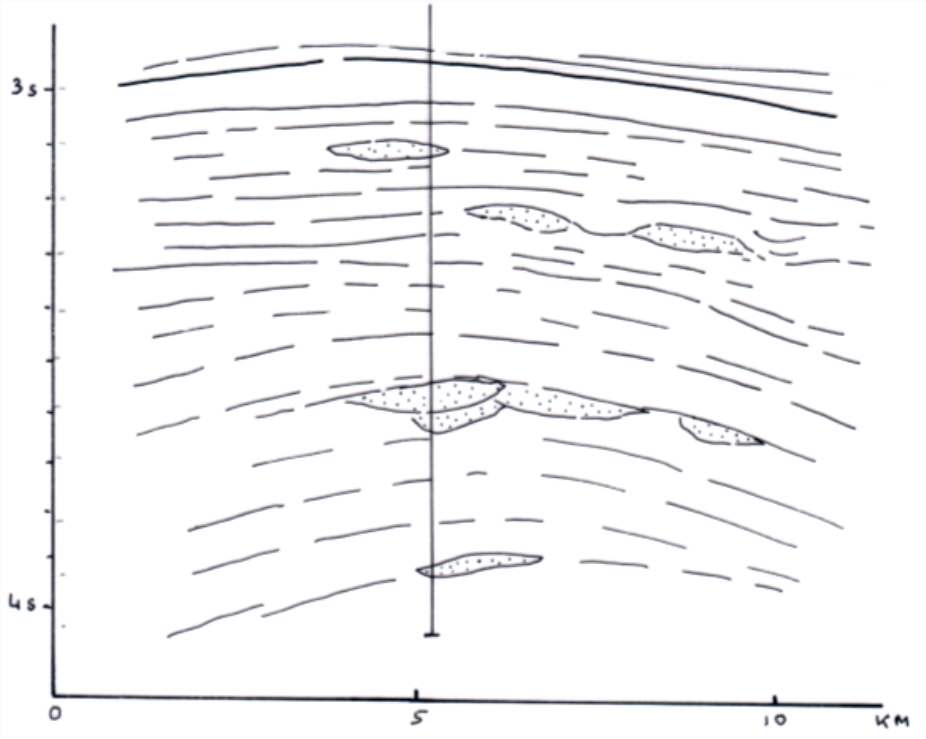
E. La fracturation des blocs de l'ensemble B (du document 20) est antérieure au glissement de la zone A.

F. La fracturation des blocs de l'ensemble B (du document 20) est postérieure au glissement de la zone A.

La zone encadrée et notée D dans le document précédent correspond au sommet de deux diapirs de sels qui paraissent être une zone favorable à l'exploitation pétrolière en grand fond.

La compagnie « O... » pressentie pour analyser le gisement en a réalisé l'étude de détail ci-dessous.

Un forage est envisagé dans la structure présentée ci-dessous.



Extrait de coupe réalisée à partir des profils sismiques effectués dans le secteur sélectionné

Légendes :
en pointillés, les chenaux turbiditiques riches en sable
l'encaissant riche en argile est présenté sans figuré.

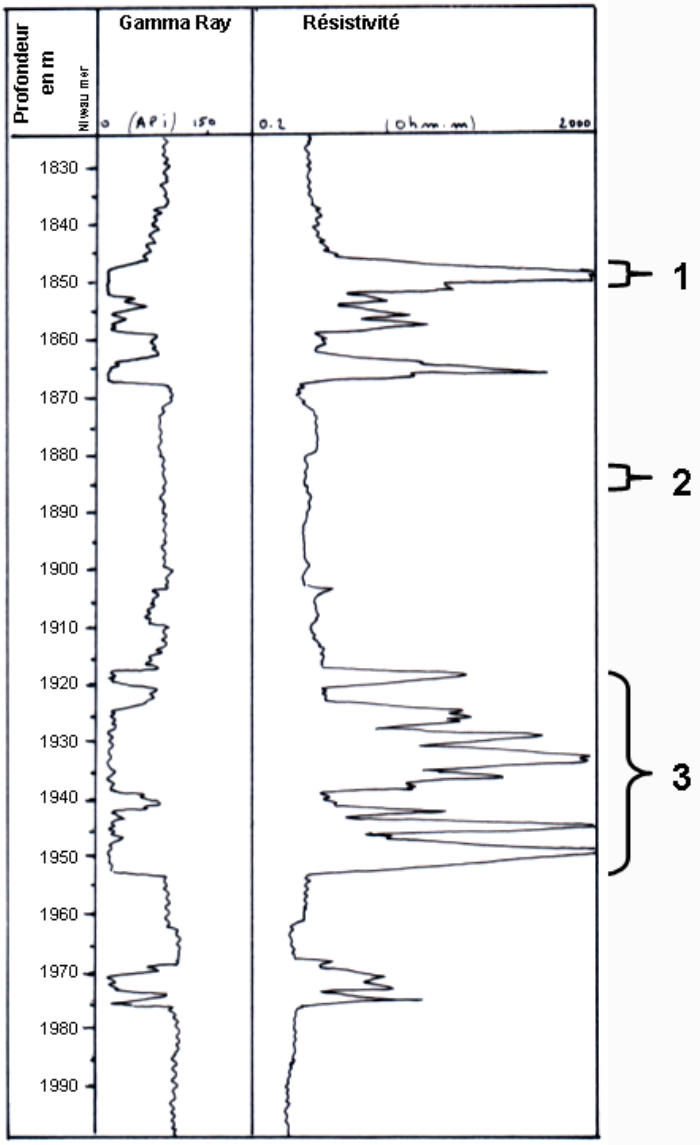
L'échelle verticale est en temps double (unité d'étude sismique en s) et l'échelle horizontale est en kilomètres (jusqu'à 10 km).

D'après documents Total

Document 21 – **De l'analyse théorique à la prospection (1)**

Pendant et après la réalisation du forage, des diagraphies sont enregistrées dans le puits. Elles donnent aux géologues des informations sur les caractéristiques physico-chimiques des sédiments traversés et sur les fluides qu'ils contiennent.

La figure ci-dessous présente deux enregistrements de diagraphies différées (enregistrements après forage), couramment utilisées en prospection pétrolière.



La courbe de la colonne de gauche correspond à un enregistrement de la radioactivité naturelle des terrains traversés. La radioactivité augmente avec la teneur en argile des formations. Des sables « propres » ont en général un faible rayonnement radioactif (unité API : American Petroleum Institute - radioactivité croissante de la gauche vers la droite).

La courbe de la colonne de droite est une mesure de la résistivité électrique des unités traversées à la périphérie du forage. La présence d'hydrocarbures modifie la réponse par rapport aux formations équivalentes contenant de l'eau. Dans cet environnement, on note une nette augmentation de la résistivité dans les réservoirs contenant des hydrocarbures. Sur la courbe, la résistivité est croissante de la gauche vers la droite.

Document 22 – **De l'analyse théorique à la prospection (2)**

43. A partir des documents 21 et 22 et en vous aidant de vos connaissances, choisissez la/les proposition(s) qui vous semble(nt) exacte(s).

A. Le point 1 de la diagraphie traduit une zone riche en argile et pauvre en pétrole.

B. Le point 2 de la diagraphie traduit une zone riche en argile et pauvre en pétrole.

C. Une zone pauvre en argile est donc relativement riche en sable, ce qui explique sa possible richesse en pétrole.

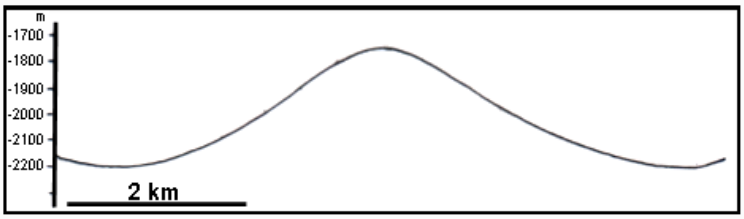
D. Une zone riche en argile est donc relativement pauvre en sable, ce qui explique sa possible richesse en pétrole.

E. La zone 3 est certainement un réservoir constitué d'unités discontinues pouvant correspondre en particulier à différents épisodes de dépôts turbiditiques.

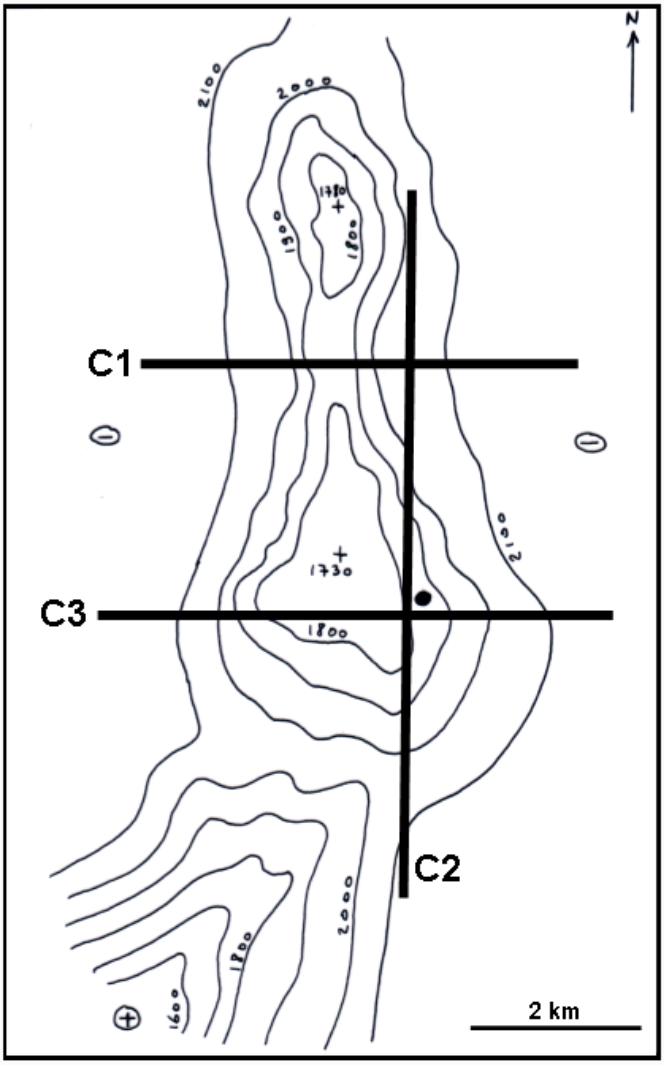
F. La succession des zones 3 à 1 traduit différents épisodes d'ouverture de l'océan Atlantique.

G. Les zones possibles de présence de pétrole sont dans la "fenêtre à huile".

Avant même d'effectuer le forage, les données sismiques ont été utilisées pour tracer une carte des isobathes du toit du réservoir. Un profil en coupe de ce toit a été également réalisé. Le point correspond au lieu choisi pour le forage en se fondant sur l'analyse sismique.



Profil en coupe du toit du réservoir



Carte des isobathes du toit du réservoir

Document 23 – **De l'analyse théorique à la prospection (3)**

44. A partir du document 23 et en vous aidant de vos connaissances, choisissez la/les proposition(s) qui vous semble(nt) exacte(s).

    A. Le trait de coupe passe en C1.
    B. Le trait de coupe passe en C2.
    C. Le trait de coupe passe en C3.
    D. Le forage a rencontré le toit du réservoir beaucoup plus tôt que ne le laissait prévoir l'analyse sismique.
    E. Le forage a rencontré le toit du réservoir beaucoup plus tard que ne le laissait prévoir l'analyse sismique.
    F. Le forage a rencontré le toit du réservoir pratiquement au niveau prévu par l'analyse sismique.
    G. L'analyse de la carte permet de situer la base probable du réservoir à 1730 m de profondeur.
    H. L'analyse de la carte montre que la base du piège se situe au maximum aux environs de 2000 m de profondeur.

Sixième partie

Questionnaire : Géosphère

45. Sur Terre, parmi les propositions suivantes, laquelle (ou lesquelles) constitue(nt) un indice de la présence de vie dans les océans passés ?

    A. Bélemnite.
    B. Calamites.
    C. Equus.
    D. Hyperion.
    E. Mammouth
    F. Stromatolites.
    G. Tyrannosaurus.
    H. Crinoïde.
    I. Sigillaria.

46. Le réchauffement climatique global entraîne une élévation du niveau de la mer en :

    A. faisant fondre les icebergs.
    B. faisant fondre les calottes glaciaires continentales.
    C. augmentant la circulation océanique.
    D. provoquant la dilatation de l'eau.

47. Il est établi que la Terre se refroidit en permanence. A quel niveau se trouve le flux maximal de chaleur ?

    A. Les dorsales océaniques.
    B. Les zones de subduction.
    C. Les chaînes de montagnes.
    D. Les boucliers précambriens.

48. L'existence d'un noyau interne solide est confirmée par le fait qu'un signal sismique traversant le noyau arrive...

    A. plus tôt que prévu à une station sismique donnée.
    B. plus tard que prévu à une station sismique donnée.
    C. au moment estimé comme prévu à une station sismique donnée.

49. Laquelle de ces affirmations est la plus exacte à propos des failles transformantes ?

    A. Elles peuvent avoir des segments actifs et des segments inactifs.
    B. Elles passent de normale à inverse le long de leur tracé.
    C. Elles sont associées aux rides médio-océaniques.
    D. Les réponses A et B sont correctes.
    E. Les réponses A et C sont correctes.
    F. Les réponses B et C sont correctes.

50. Choisissez toutes les structures sédimentaires qui peuvent être utiles à l'analyse des paléo-courants :

    A. Le granoclassement et les stratifications obliques entrecroisées.
    B. Le granoclassement et les fentes de dessication.
    C. Les fentes de dessication et les rides de plages.
    D. Les stratifications obliques entrecroisées et les rides de plages.