

SESSION 2008

OLYMPIADES DES GEOSCIENCES

Centre

Durée de l'épreuve : 4h.

Le sujet se compose de quatre exercices notés sur dix points chacun.

*Il comporte de nombreux documents mais leur exploitation et les réponses attendues sont courtes.
La page 9 est à rendre avec la copie.*

La calculatrice est autorisée.

EXERCICE 1

Des roches sédimentaires à la tectonique des plaques

DOCUMENT 1 : Deux paysages actuels entre Marseille et La Ciotat et leur positionnement relatif

Grès cénomaniens
Marnes bleues aptiennes



Doc 1a
Falaise du château de
Cassis (13)

Doc 1b
Roquefort La Bédoule (13)

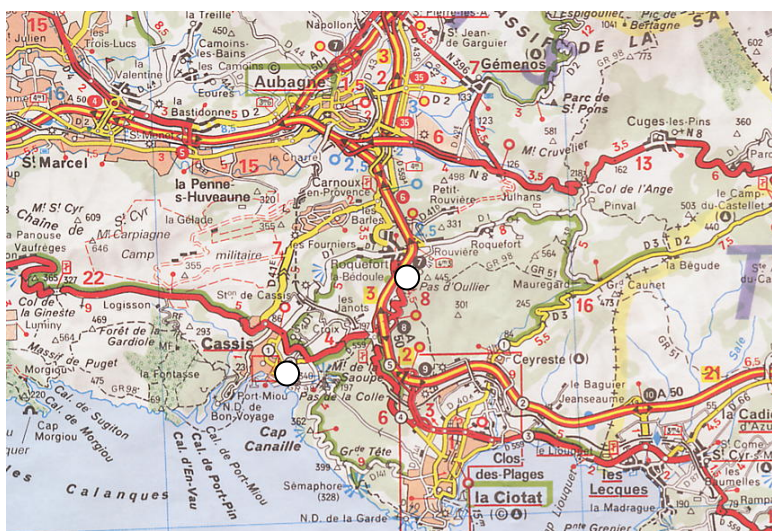


Calcaire cénomanien à rudistes

Marnes bleues aptiennes



Echelle 1/250 000



Doc 1c. Carte routière : les
deux points blancs localisent
les deux paysages précédents.

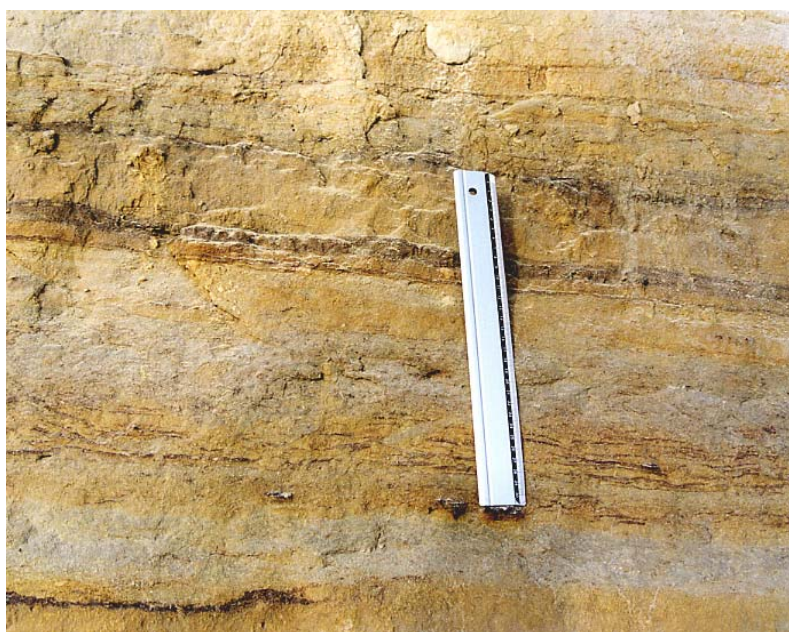
DOCUMENT 2: Les grès cénomaniens de la falaise du château de Cassis (13)



a vue d'ensemble d'un affleurement de grès à la Pointe des Lombards.



b vue rapprochée du même affleurement.



c vue de détail de la roche. Le triple-décimètre donne l'échelle.

C2. Cénomanien

C2M. grès ferrugineux et marnes sableuses

de la région de Cassis, qui contiennent des débris de rudistes et des fragments de coquilles d'huîtres et de tests et de piquants d'oursins.

d Extrait de la notice explicative de la carte géologique Aubagne-Marseille 1/50 000

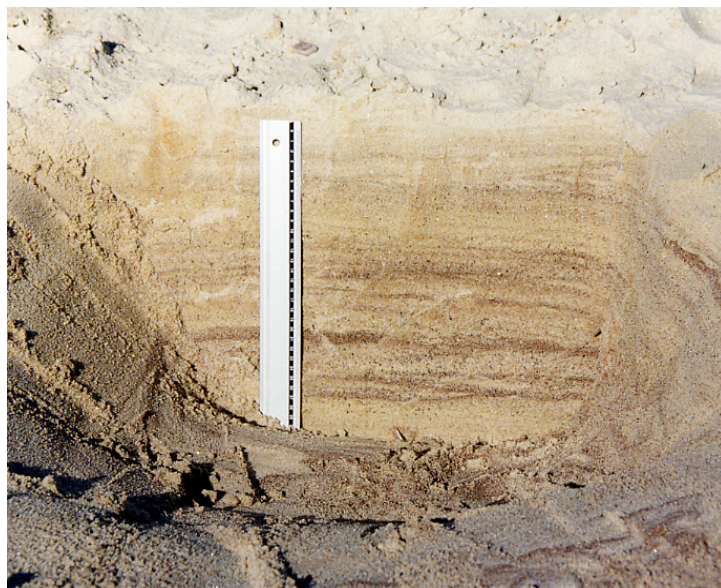
DOCUMENT 3: Un sable de plage actuelle (Plage de Cavalière-Var)



a. Creusement d'une excavation dans le sable d'une plage.



b. Observation de l'excavation réalisée.



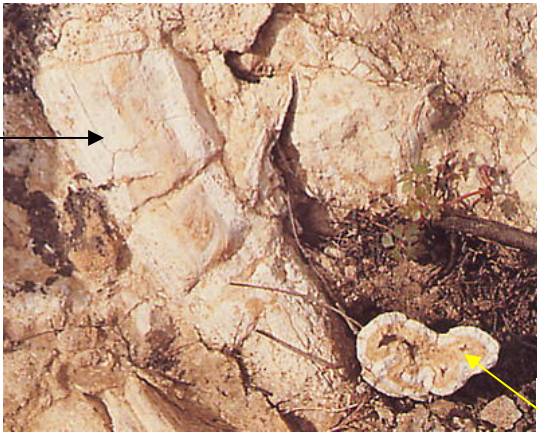
c. Vue de détail. Le triple-décimètre donne l'échelle.

DOCUMENT 4 : Le calcaire cénomanien à rudistes de la Bédoule (13)

C2. Céno-manien

C2 R Calcaires à rudistes qui ont livré une riche faune : *Caprina adversa*, *Ichtyosarcolithes triangularis*, *Apricardia carantonensis*, *Sphaerulites foliaceus*, *Sauvagesia nicaisei*. On recueille aussi des lamellibranches (*Chondrodonta joannae*), des Madréporaires, des Spongiaires, des Orbitolines (*Orbitolina conica*)

Valve inférieure

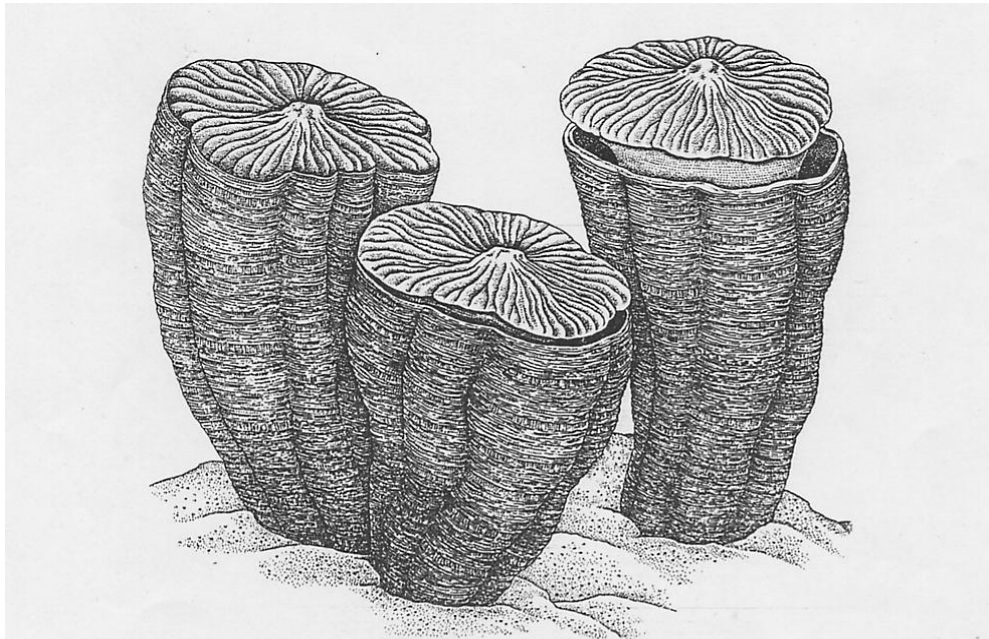


Doc 4a : rudistes (x 0,5)

Section transversale

Doc 4b Extrait de la notice explicative de la carte géologique Aubagne-Marseille 1/50 000

Doc 4c : Reconstitution et organisation de la coquille des Rudistes. (d'après Pour la Science)

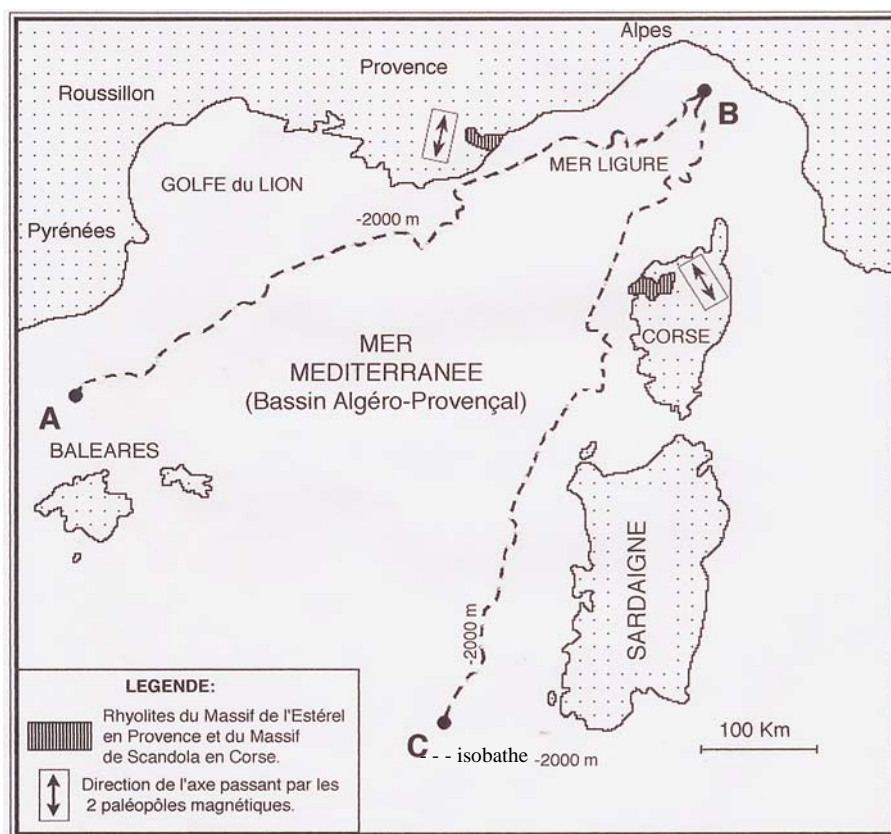


Les rudistes, mollusques bivalves, étaient les principaux organismes bâtisseurs de récifs dans les mers et océans peu profonds du Crétacé. Contrairement aux coraux actuels, les rudistes n'étaient reliés que par leur coquille et non par leurs tissus mous. Les rudistes, d'une hauteur généralement inférieure à 20 cm, atteignaient parfois plus d'un mètre. Ils disparurent complètement à la fin de cette période laissant désormais les coraux hexacoralliaires actuels s'imposer comme les principaux bâtisseurs de récifs.

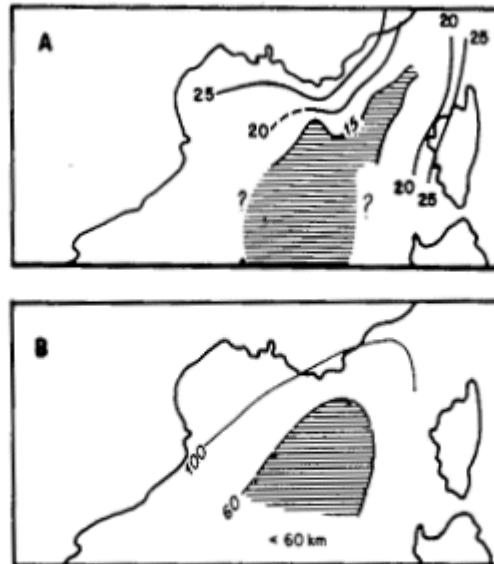
- 1°) A partir des informations apportées par l'exploitation des documents 2 et 3, préciser le paléoenvironnement sédimentaire à l'origine de la formation des grès du Cénomaniens (Crétacé) de Cassis (document 1a)
- 2°) A partir des informations apportées par le document 4, préciser le paléoenvironnement sédimentaire à l'origine de la formation du calcaire à rudistes du Cénomaniens (Crétacé) de La Bédoule (document 1b).
- 3°) Justifier à partir des réponses précédentes que la paléogéographie de cette région il y a 95 millions d'années (Crétacé) était inversée par rapport à la géographie actuelle.

On se propose maintenant d'expliquer l'origine de cette inversion de géographie.

DOCUMENT 5. paléomagnétisme des rhyolites permienne (250 Ma) de l'Estérel et de Corse et tracé de l'isobathe -2000 mètres en Mer Méditerranée occidentale. (In Géologie au cycle central – CRDP Aix-Marseille 1999)

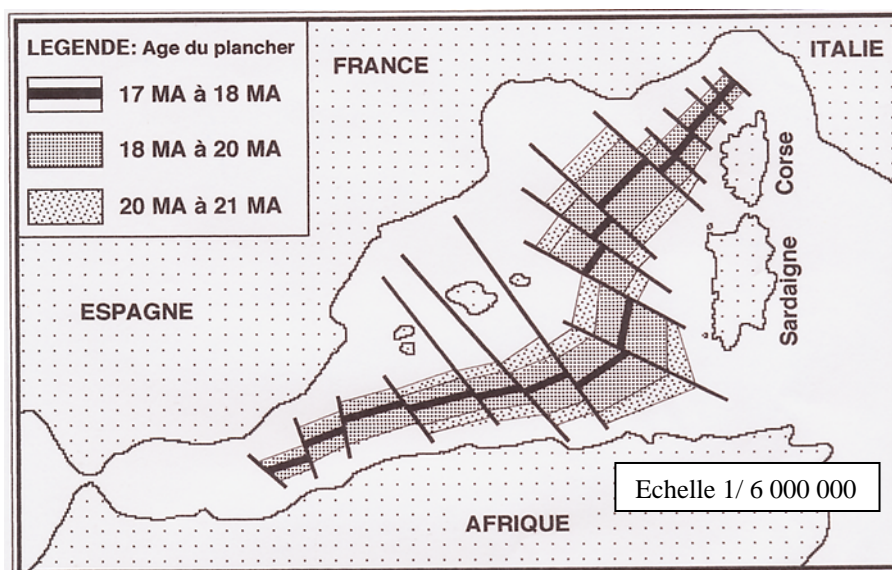


DOCUMENT 6 : données de sismique réfraction au large du Golfe du Lion.



Profondeur (km) du Moho (A) et de la limite asthénosphère-lithosphère (B) dans le bassin nord-occidental de la Méditerranée. En A, la surface ombrée correspond à la croûte océanique (d'après SOURIAU-THEVENARD, 1978 et LE DOUARAN et al., 1984).

DOCUMENT 7 : âge de la croûte océanique et/ou croûte continentale très amincie du Golfe du Lion. (Inspiré de REHAULT et al. 1984, in Géologie au cycle central – CRDP Aix-Marseille 1999)



4°) A partir de l'analyse des données fournies par les documents 5, 6 et 7, proposer une explication de la position actuelle de la Corse et la Sardaigne.

5°) En quoi vos réflexions précédentes apportent -elles une réponse au problème initial soulevé par la disposition spatiale des grès et du calcaire à rudistes du Cénomaniens dans la région de Cassis ?

6°) Calculer à partir des informations du document 7 le taux d'expansion océanique maximum (en $\text{cm}\cdot\text{an}^{-1}$) de cette portion de la mer méditerranée au début du Miocène (Burdigalien 21 à 17 Ma).

EXERCICE 2

Rome ne fut pas construite en un jour...

« Ville éternelle », capitale d'un empire auquel elle donna son nom, Rome a conservé de son passé des trésors comme le Colisée qui lui valent d'être considérée comme la première ville musée du monde. On s'attardera cependant sur deux autres monuments, les colonnes de Marc Aurèle et de Trajan réalisées au II^{ème} siècle (document 1). Situées en deux points distincts de la ville, ces colonnes, d'une trentaine de mètres de haut, sont décorées d'une frise continue en bas-reliefs enroulée en spirale jusqu'au sommet montrant des scènes de batailles et des groupes d'ennemis vaincus durant les guerres menées par les Romains.

1°) L'examen attentif des bas reliefs de ces colonnes montre aujourd'hui une anomalie pour l'une d'entre elles. Surligner directement sur le document 1 cette anomalie que l'on va chercher à expliquer.

La région de Rome a toujours connu une certaine sismicité. Le réseau sismologique de surveillance permet de comparer les sismogrammes lors d'évènements sismiques récents. Le document 2 correspond aux sismogrammes enregistrés sur deux stations localisées au Nord Est de Rome lors d'un séisme récent local. Le document 3 représente le résultat d'une modélisation d'élèves de première S réalisée à l'occasion d'un TPE.

2°) Mettre en relation les informations tirées des documents 2 et 3 pour formuler une hypothèse explicative aux différences constatées sur les sismogrammes des stations sismologiques.

La ville de Rome a connu, dans son illustre passé, quelques séismes majeurs destructeurs. La fin de l'Empire romain fut notamment marquée par d'importants tremblements de terre (en 442 et en 508), qui provoquèrent de graves dommages dans la ville impériale. Le document 4 localise, dans Rome, l'emplacement des colonnes impériales.

3°) A partir de l'ensemble des documents 1 à 4, expliquer pourquoi l'anomalie n'est constatée que sur une des deux colonnes.

Aujourd'hui, Rome n'est plus seulement la cité de marbre laissée par les empereurs romains, elle est devenue capitale de l'Italie et connaît une expansion urbaine peu commune et souvent incontrôlée. Durant tous ces siècles, la ville de Rome et sa région ont connu et connaissent encore de multiples secousses telluriques. Un aléa sismique qu'il convient de mieux appréhender au moment où l'agglomération urbaine est peuplée par près de quatre millions de personnes.

4°) Expliquer les dommages constatés, reportés sur le document 5, suite à un important séisme dans les Apennins en 1915.

5°) La ville de Rome vous consulte en tant que géologue, quels conseils réalistes pourriez-vous donner, d'après l'ensemble des documents, pour guider les responsables de l'urbanisation dans cette ville.

A rendre avec la copie. NOM :

PRENOM :

Document 1 : Les colonnes impériales aujourd'hui (source : Wikipedia)



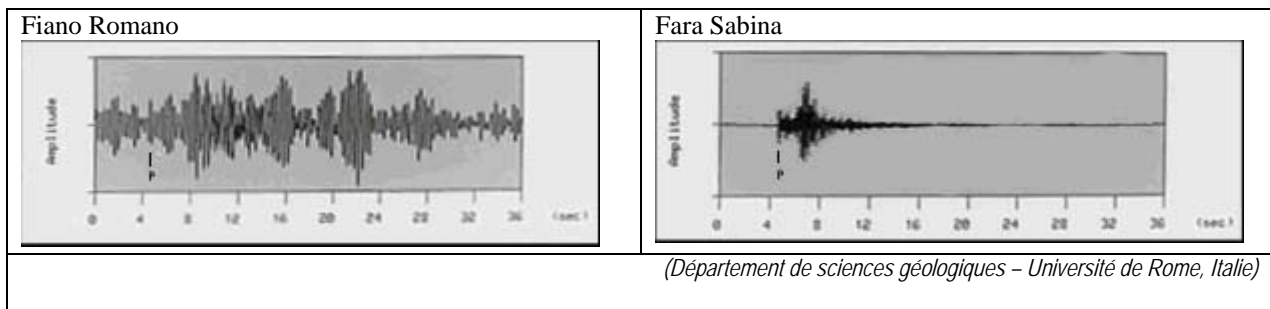
Colonne de Trajan et détail du bas relief

Colonne de Marc Aurèle et détail du bas relief

La réalisation de ces monuments nécessita la mise en œuvre de techniques complexes. Il s'agissait en effet de superposer des blocs de marbre d'un poids d'environ 40 tonnes et de les faire coïncider parfaitement, en tenant compte soit des reliefs, probablement ébauchés déjà et progressivement finis au cours du chantier, soit de l'escalier intérieur en colimaçon, qu'il fallait déjà avoir creusé dans les blocs avant de les disposer.

Document 2 : Enregistrements obtenus pour un même séisme en deux endroits.

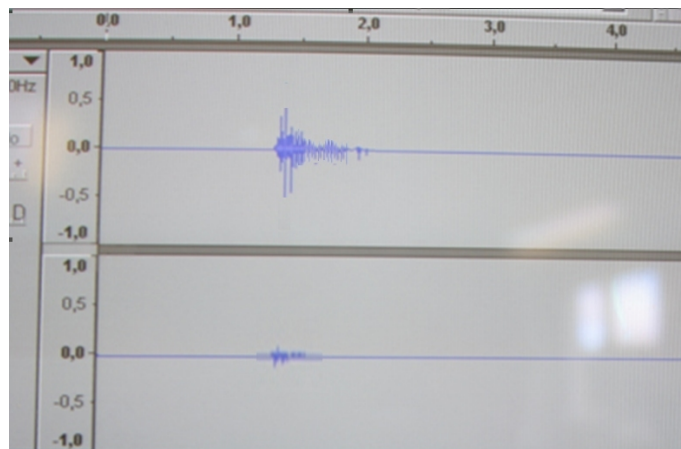
Ces deux stations sont équidistantes du foyer du séisme. Le sismomètre de Fiano Romano est aménagé sur des dépôts sédimentaires meubles (sables) et celui de Fara Sabina sur des roches (grès = sables consolidés). L'échelle des amplitudes est la même sur chaque sismogramme.



(Département de sciences géologiques – Université de Rome, Italie)

Document 3 : Modélisation d'un effet de site (réalisée par des élèves de 1^{ère} S, en TPE)

Le dispositif se compose d'une poutre en bois évidée, puis comblée de plusieurs couches de sable. Deux cellules piézoélectriques (microphones) respectivement posées sur le bois et sur le sable enregistrent les secousses créées par un choc, à l'opposé de la boîte.

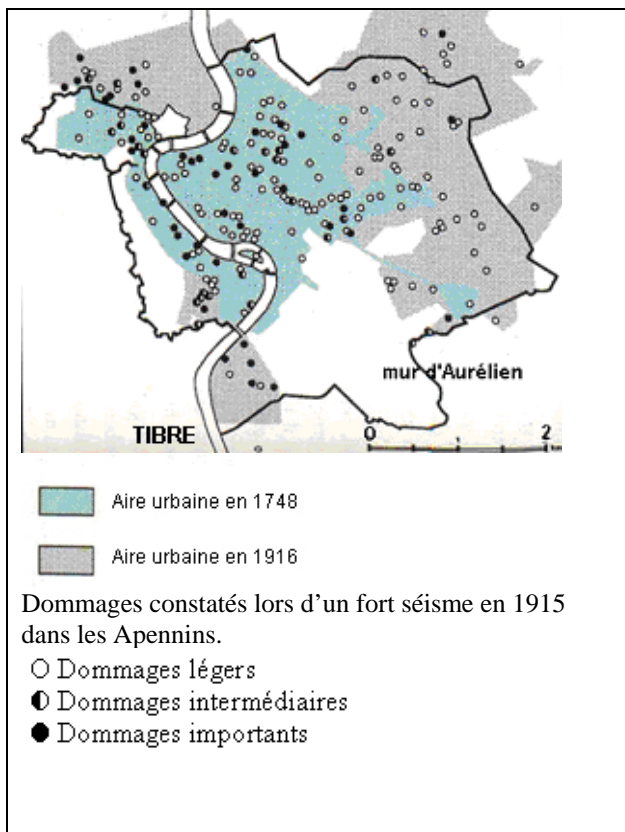
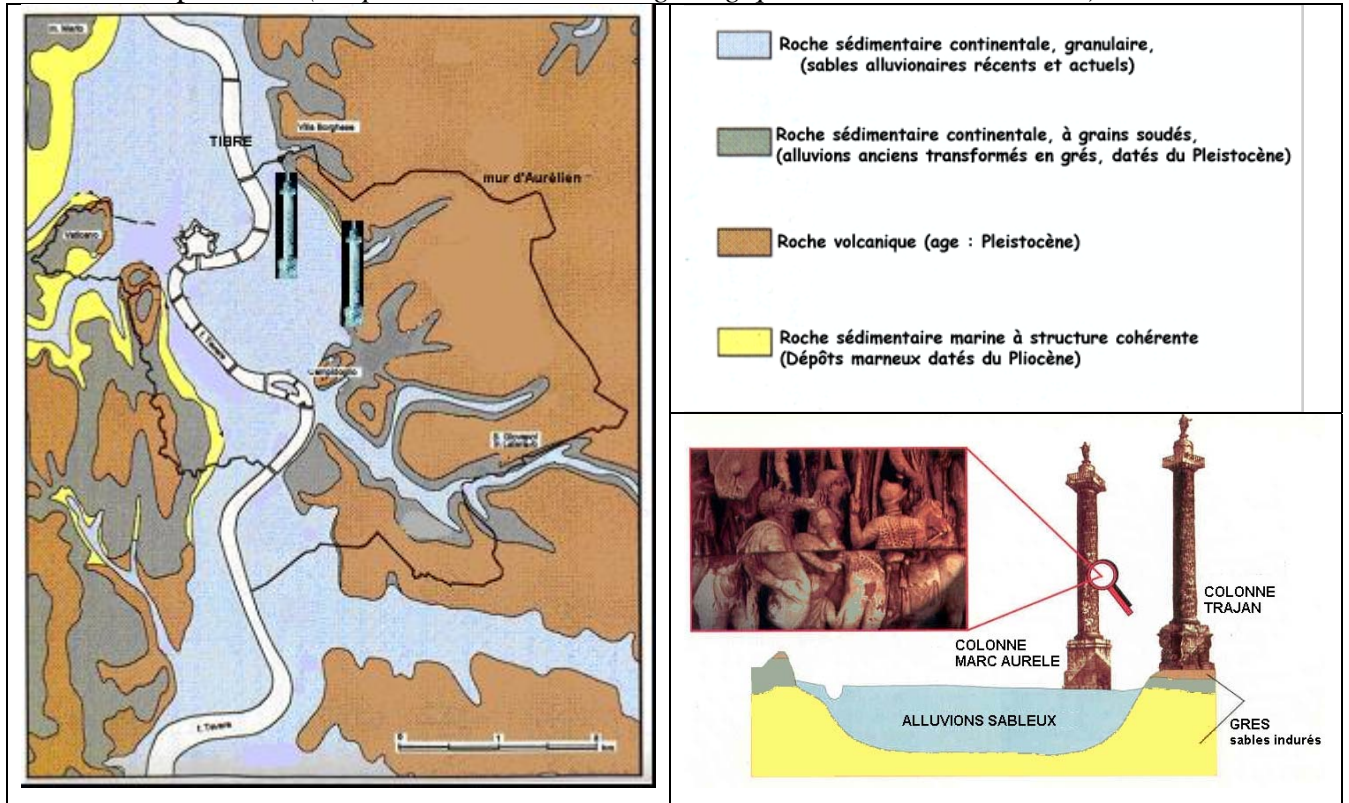


A : signal enregistré sur le sable.

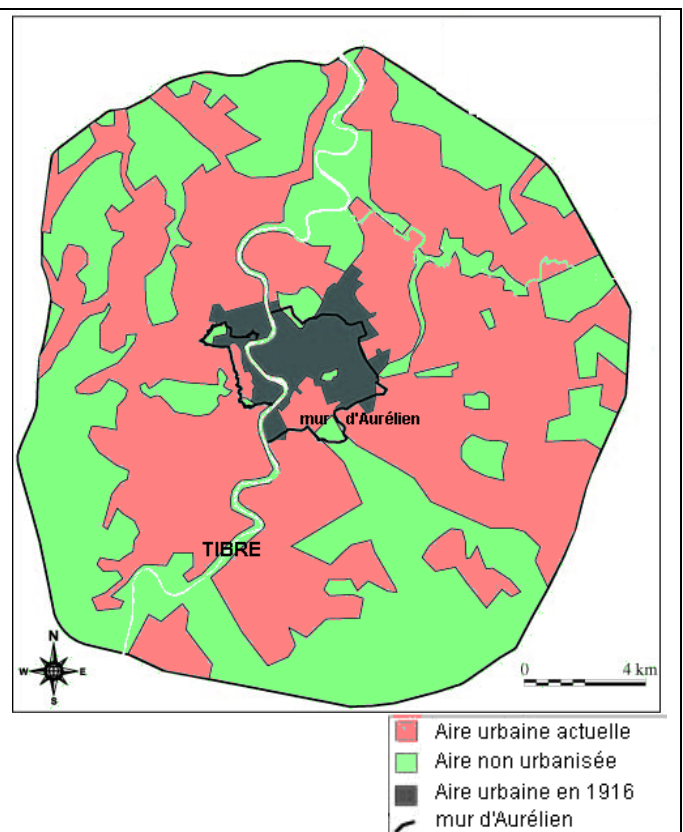
B : signal enregistré sur le bois.

(D'après « cahier du SISMO » -CRDP NICE)

Document 4 : carte géologique simplifiée de l'agglomération romaine et emplacement des colonnes impériales (*Département de sciences géologiques- Université de Rome.*)



Document 5 : Chronologie de l'urbanisation de Rome et intensité des dégâts constatés dans la ville lors d'un important séisme en 1915 (*Département de sciences géologiques – Université de Rome, Italie*)



Document 6 : Urbanisation actuelle de l'agglomération de Rome (*Département de sciences géologiques – Université de Rome, Italie*)

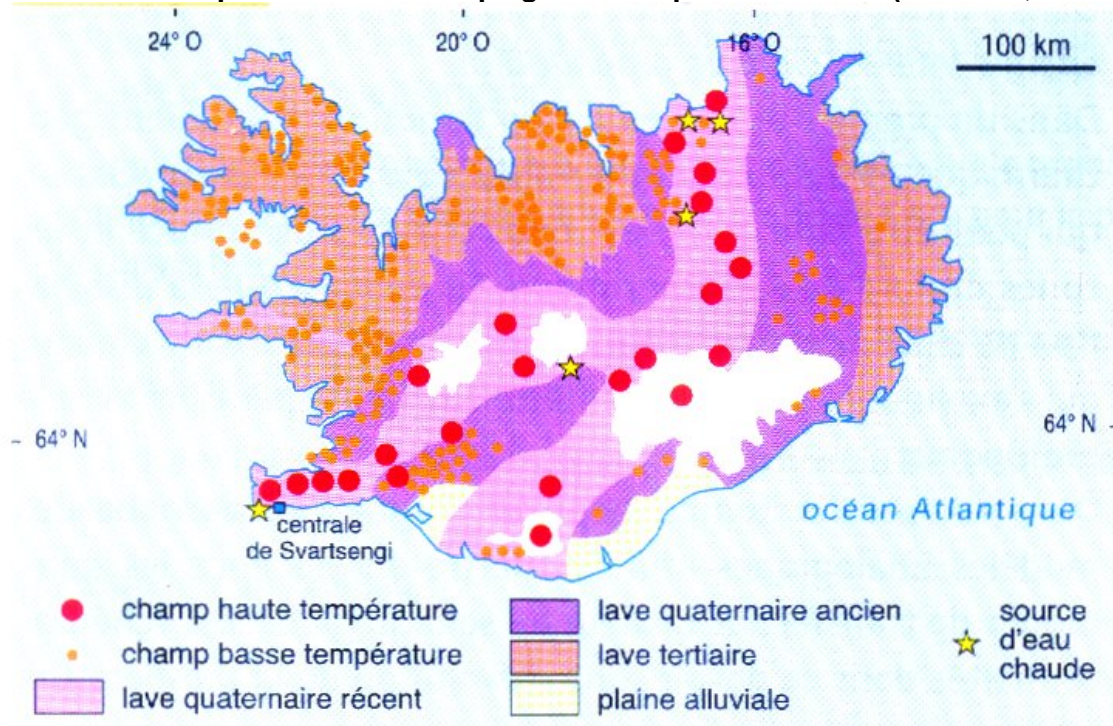
EXERCICE 3

L'Islande et la géothermie.

Parmi les pays utilisant le plus l'énergie géothermique, l'Islande est probablement le plus remarquable : depuis 1960, l'énergie géothermique permet la production d'électricité et chauffe plus de 85 % de la population. De 1970 à 2005, l'utilisation des combustibles fossiles pour l'usage domestique (chauffage) a été réduite de 50% au profit de l'énergie géothermique.

On se propose, à partir de documents, de préciser le contexte géologique particulier qui a pu faire de l'Islande un pays exemplaire en matière d'utilisation d'énergie géothermique.

Document 1 : Répartition des champs géothermiques en Islande (Hachette, 1^{ère} S)

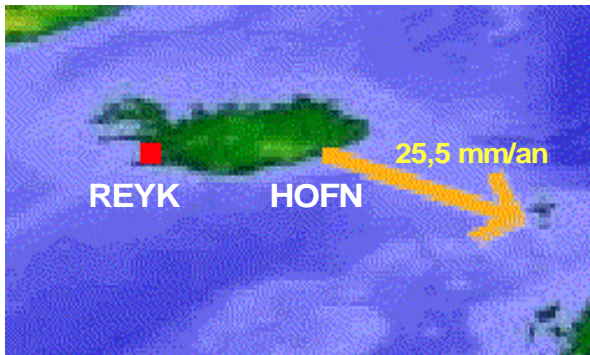


Document 2 : Données GPS (D'après le logiciel TECTOglob)

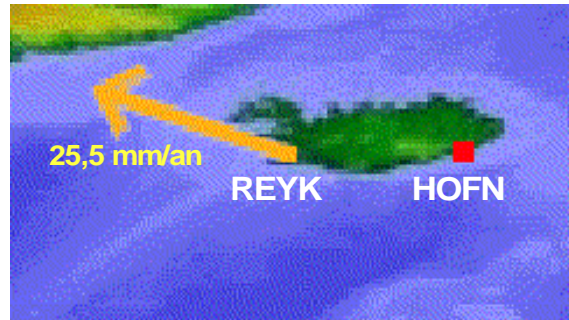
Vecteurs indiquant le déplacement relatif de plaques lithosphériques obtenus par le logiciel TECTOGLOB

La construction résulte de mesures GPS concernant la position de deux stations islandaises : REYK = Station Reykjavik et HOFN = Station Hofn.

1er Cas: Station REYK considérée comme fixe

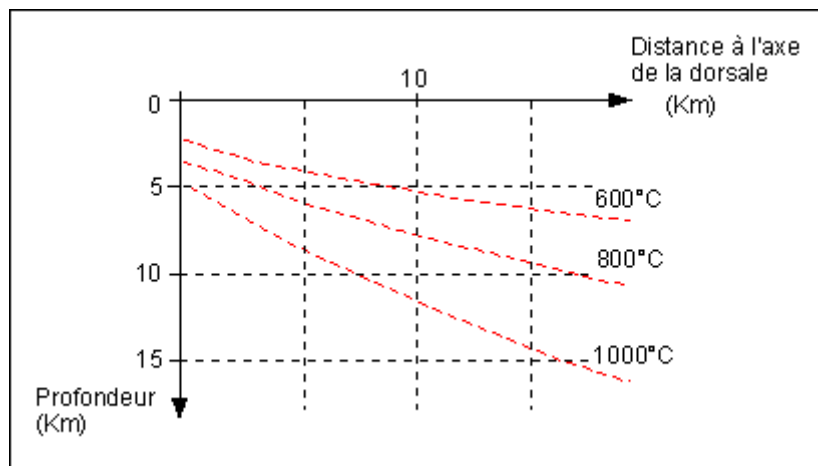


2eme cas: Station HOFN Considérée comme fixe



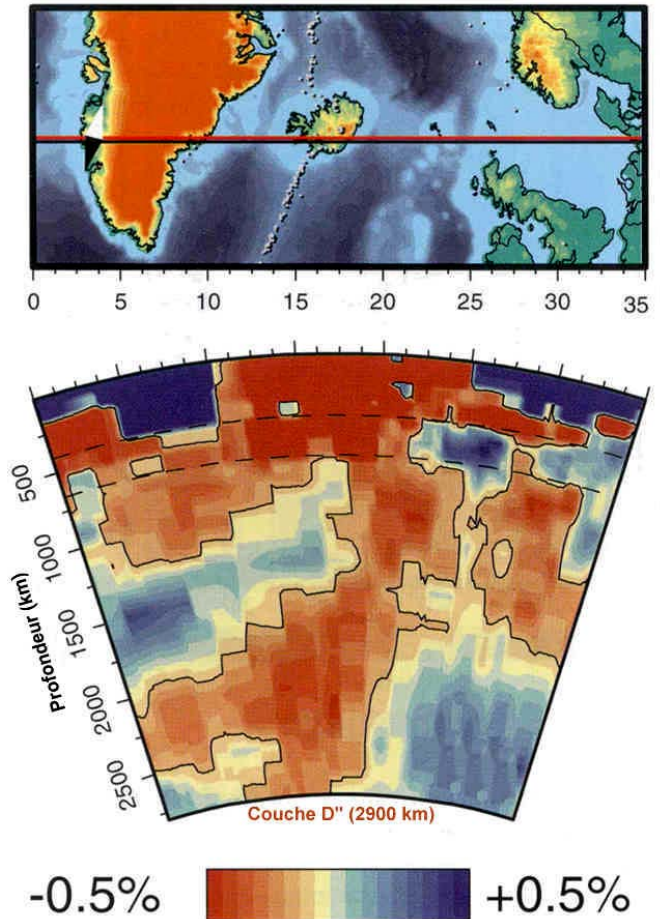
Document 3 : Données thermiques (D'après Hachette, 1^{ère} S)

Le document ci-dessous représente la répartition des isothermes au voisinage de la dorsale Atlantique (site ATL du document 5).



Document 4 : Tomographie sismique du manteau sous l'Islande (D'après ENS Lyon)

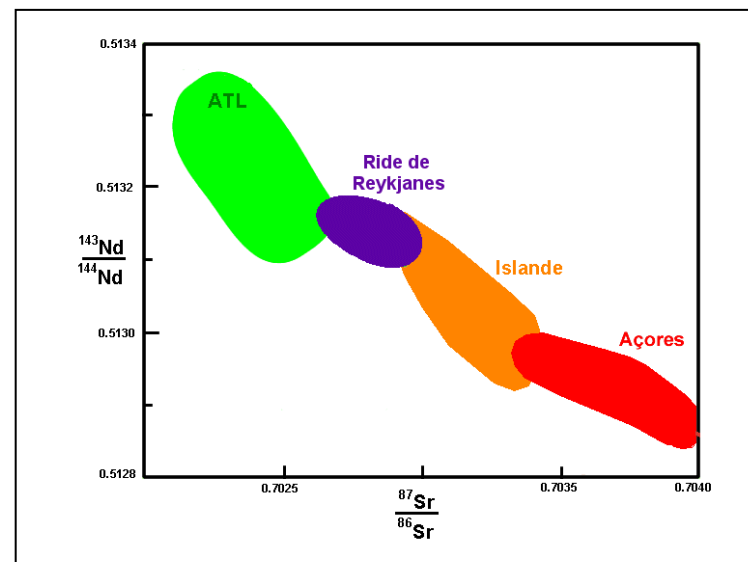
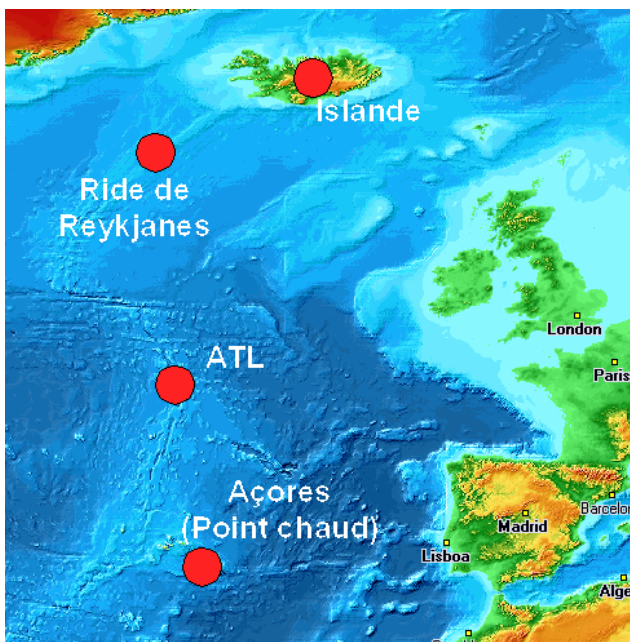
Cette technique permet de réaliser une cartographie des vitesses sismiques à une profondeur donnée du manteau. Les variations de vitesse par rapport à une vitesse moyenne de référence sont interprétées comme des variations de température ; une vitesse lente correspond à un "manteau plus chaud", une vitesse rapide correspond à un "manteau plus froid".



Document 5 : Données géochimiques et localisation des sites d'étude (D'après ENS Lyon)

Pour comprendre l'origine des basaltes islandais, on réalise une étude géochimique. La composition isotopique en éléments néodyme (^{143}Nd , ^{144}Nd) et strontium (^{87}Sr et ^{86}Sr) des basaltes reflète leur origine.

Le document ci-dessous indique les résultats de ces études géochimiques réalisées sur les basaltes récoltés sur 4 sites d'étude : Islande, Reykjanes, ATL (basaltes océaniques produits au niveau de la dorsale Atlantique) et Açores (basaltes produits par magmatisme de point chaud).



^{143}Nd et ^{144}Nd : isotopes du néodyme
 ^{87}Sr et ^{86}Sr : isotopes du strontium

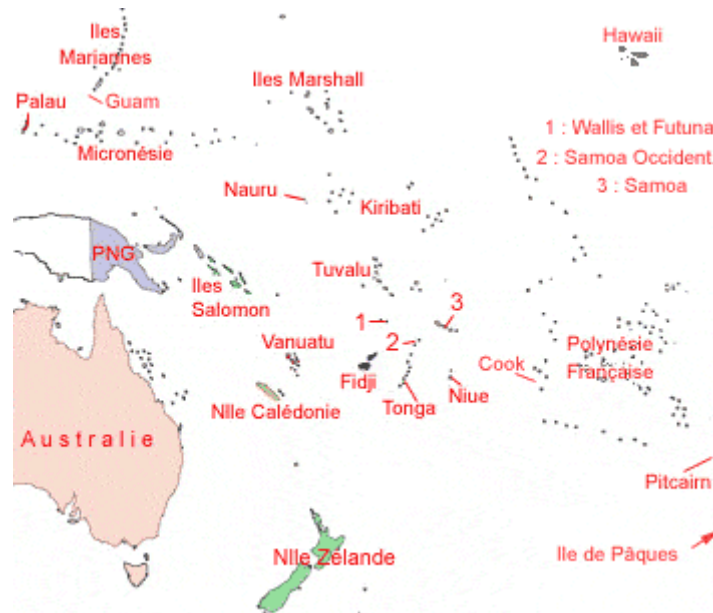
Questions :

1. Relevez dans les documents 1 et 2 les arguments permettant de montrer que l'Islande correspond à la partie émergée de la dorsale Atlantique.
2. A partir du document 3, calculez le gradient géothermique à l'aplomb de la dorsale et à 15 Km de celle-ci. Comparez les valeurs. Montrez que ces résultats, mis en relation avec le document 1, permettent d'expliquer la forte activité géothermique de l'Islande.
3. A partir de l'analyse des documents 4 et 5, proposez une hypothèse explicative de l'origine du magmatisme islandais.

Nauru, la formation d'une ressource géologique non renouvelable et sa gestion désastreuse

Nauru est un minuscule Etat insulaire de l'Océan Pacifique, indépendant depuis 1968. Ses coordonnées géographiques sont 0°32' S, 166°56' E.

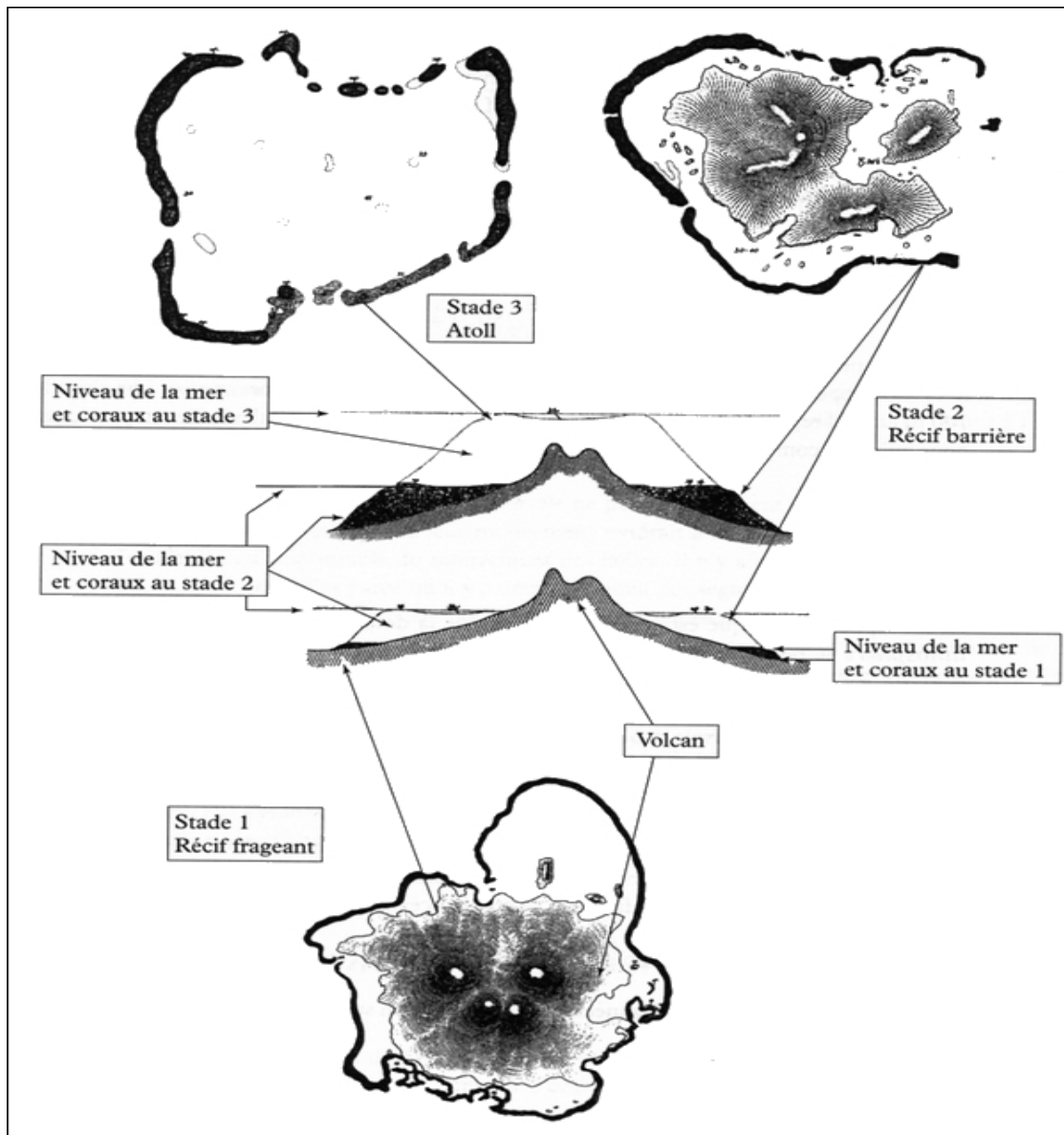
Document 1 : Localisation de l'île de Nauru



I- La Formation de l'île de Nauru :

Observant la morphologie des îles coralliennes au cours de son long périple sur le Beagle, Charles Darwin en dresse une typologie qu'il présente dans son ouvrage « The structure and distribution of coral reefs » (1862) .

Document 2 : Dessins de Charles Darwin sur les formations coralliennes
« Problèmes résolus de Sciences de la Terre et de l'Univers », Jean-Yves Daniel, Vuibert



Il ne parvient cependant pas à expliquer de manière satisfaisante le passage de l'île volcanique entourée d'un massif frangeant à un atoll.

1. Utilisez vos connaissances (relatives au vieillissement de la lithosphère océanique) pour proposer une explication cohérente aux faits relatés par Darwin.

L'île est formée d'un calcaire d'origine corallienne daté de 5 millions d'années à 300 000 ans et d'une épaisseur de 500 mètres. Une glaciation datée de 15 000 ans a fait émerger cette formation qui a alors subi une érosion de type conduisant aux pinacles si caractéristiques du paysage nauruan d'aujourd'hui.

Document 3 : les pinacles dégagés par l'extraction du phosphate (*Wikipédia*)



II- La richesse de Nauru, les gisements de phosphate

L'île de Nauru doit sa prospérité passée au minerai de phosphate, le minerai de phosphate s'est accumulé sur 24 mètres d'épaisseur entre ces pinacles.

Plusieurs hypothèses sont avancées pour expliquer la mise en place des gisements de phosphate. Parmi elles, figure l'origine aviaire par l'accumulation de fientes d'oiseaux. Elles constituent le guano formé d'ammoniac, d'acide urique, de phosphore, d'acides oxalique et carbonique.

Cette origine aviaire est discutée comme l'attestent les extraits publiés dans *Le Magasin Pittoresque* d'Edouard Charton de 1862.

Document 4 : Extraits d'un article « Les diverses espèces de guano »
Le Magasin Pittoresque de 1862

Pour que le guano ait été accumulé en aussi énormes quantités dans les *huaneros*, il a fallu le concours de circonstances aussi favorables à sa production qu'à sa conservation : un climat d'une sécheresse exceptionnelle, sous lequel les oiseaux n'aient pas à se garantir de la pluie; des accidents de terrain offrant des crevasses, des anfractuosités où ils pussent reposer, pondre et couvrir à l'abri des fortes brises du sud; enfin, une nourriture telle qu'ils la trouvent dans les eaux qui baignent la côte. Nulle part au monde le poisson n'est plus abondant. Il arrive quelquefois, pendant la nuit, comme M. Boussingault en a été témoin à Payta, qu'il vient échouer vivant sur la plage en nombre prodigieux, sans que la mer soit agitée, comme s'il voulait échapper à la poursuite d'un ennemi.

Les gisements de guano sont tellement considérables que l'on a douté qu'ils fussent réellement formés par des oiseaux appartenant à l'époque actuelle. Humboldt était très-enclin à les considérer comme des amas de coprolithes ayant conservé leur matière organique originelle. Il reculait devant l'âge qu'il faudrait assigner à ces dépôts, dont l'épaisseur atteint jusqu'à 30 mètres, parce qu'il supputait qu'en trois siècles les déjections des oiseaux qui fréquentent les îles de Chincha ne dépasseraient pas une épaisseur d'un centimètre.

M. F. de Rivero croit, au contraire, que cette prodigieuse accumulation de guano est tout naturellement expliquée par la multitude de *guanaes* désignés, sur les côtes du Pérou, sous le nom de *piqueros*, *sarcillas*, *gaviotas*, *alcatraces*, *pájaro-niños*, *patillos*, etc. « Si aujourd'hui, dit-il, malgré la persécution qu'ont soufferte et que souffrent encore les *guanaes*, on en voit néanmoins des milliards se poser sur les récifs ou sur les sommets escarpés des îlots, qu'était-ce avant l'occupation du Pérou par les Européens, lorsqu'ils étaient pour ainsi dire les seuls habitants du littoral? »

Huaneros : dépressions entre les pinacles
Coprolithe : excrément fossile

2. Relevez les arguments en faveur et contre l'hypothèse d'une origine aviaire des gisements de phosphate.

3. Sachant que l'île de Nauru a une superficie de 21 km², que le minerai occupe environ le tiers du volume extractible et que celui-ci a une densité de 3,2, calculez en tonnes la quantité totale de minerai de phosphate disponible avant son exploitation.

III- Nauru, l'histoire d'un développement non soutenable

Document 5 : Autopsie d'une catastrophe, d'après Claude Picher.

La Presse, samedi 20 décembre 2001

« L'histoire que je vais vous raconter met en scène la république de Nauru, petite île nation perdue dans l'immensité de l'océan, avec ses 12 000 habitants et ses 21 kilomètres carrés ».

L'île a été administrée par différentes puissances. En 1968, les Nauruans ont opté pour l'indépendance. Malgré sa taille minuscule, le nouvel État semblait promis à un avenir brillant. Il possédait de fabuleux gisements de phosphate, tellement fabuleux en fait que le produit intérieur brut (PIB) par habitant, à Nauru, était presque trois fois supérieur à celui des États-Unis!

Certes, les gisements de phosphate avaient déjà été abondamment exploités par des intérêts étrangers. Lors de l'accession à l'indépendance, ils étaient déjà épuisés aux deux tiers. Mais le tiers restant était encore amplement suffisant pour assurer aux Nauruans un niveau de vie exceptionnel.

La petite île, en effet, est devenue un véritable paradis. Ni taxes ni impôts. Éducation et soins de santé entièrement gratuits. Financement public du téléphone, de l'électricité et du logement. Un jeune Nauruan qui veut poursuivre des études post-secondaires en Australie peut le faire, tous frais payés par Nauru. La plupart des Nauruans n'ont pas besoin de travailler.

Et après avoir montré autant de générosité, il y avait encore beaucoup d'argent. Le gouvernement s'en est servi pour investir hors de l'île : projets immobiliers en Australie et en Nouvelle-Zélande, création d'une compagnie aérienne, placements financiers.

Aujourd'hui, ce paradis a disparu. Les gisements sont épuisés depuis longtemps, laissant un paysage de désolation des anciennes carrières qui n'ont pas été réaménagées. Rendant tout développement du tourisme impossible.

Il n'y a aucune activité économique. Le PIB par habitant n'est plus que le quart de celui des États-Unis. Comme le rapporte *The Economist*, "il semble que l'activité favorite des Nauruans soit de faire le tour de l'île en voiture en ingurgitant moult bières et en balançant les canettes vides par la fenêtre". Les Nauruans se nourrissent mal, et leur taux d'obésité est un des plus élevés de la planète. Brillantes perspectives sociétales !

Certes, il n'y a plus de phosphate, mais l'île a aussi été victime de la folie des grandeurs de ses dirigeants. La valeur de ses investissements immobiliers et financiers s'est effondrée. Air Nauru s'est révélée un véritable gouffre financier, en partie à cause de sa mauvaise gestion.

Aujourd'hui, Nauru emprunte, notamment à Taiwan, qui est prête à faire bien des concessions pour obtenir une reconnaissance internationale. Elle est devenue un des centres les plus laxistes de blanchiment d'argent. Toutes ces mesures sont insuffisantes pour maintenir les finances en bonne santé. Le gouvernement est lourdement endetté. L'eau et l'électricité sont rationnées. Le tiers de la fonction publique a été remercié. L'unique appareil que possède encore Air Nauru est cloué au sol. »

4. En justifiant votre choix citez deux erreurs commises en terme de gestion raisonnée des ressources et de l'environnement.