

SESSION 2011

**Académies de Créteil,  
Guadeloupe, Guyane,  
Martinique, Paris,  
Réunion, AEFÉ.**

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.  
Les pages 9, 10, 11 et 20 sont à rendre avec la copie.*

# OLYMPIADES ACADEMIQUES DE GEOSCIENCES

## Session 2011

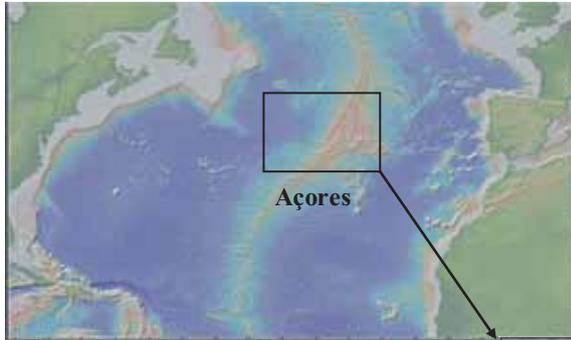
### **Note à l'attention des candidats**

- Dans l'exercice 3 en page 15, il convient de lire dans le titre : « La partie tectonique de Madagascar » au lieu de « La patrie tectonique de Madagascar ».
- Dans l'exercice 4 en page 24, à la question 5 ligne 3, il convient de lire « ... qui vous a sollicité » au lieu de « ... qui vous a sollicitée ».

# EXERCICE 1

## La caldeira de Furnas

L'archipel des Açores est situé au milieu de l'océan Atlantique et est constitué de 9 îles. Une chaîne de montagnes volcaniques donne à São Miguel, île orientale des Açores, un relief très accidenté. Dans le massif oriental de l'île se trouve le cratère appelé Caldeira das Furnas de 35 km<sup>2</sup> et de 300 m de profondeur au fond de laquelle se situe le lac de Furnas.

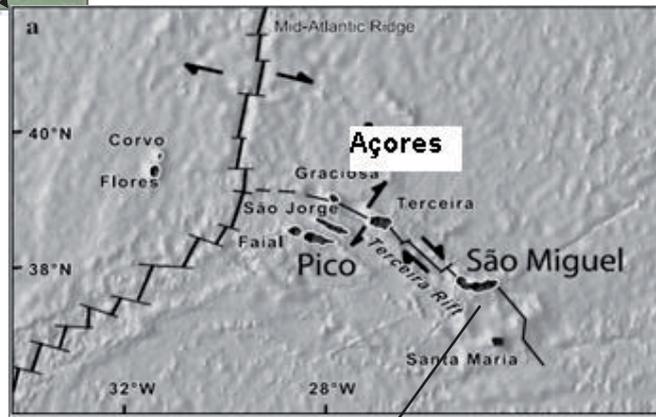


▲ Document 1 a : Archipel des Açores « GéoMapApp »



Où sont les Açores Bidulz ?

Document 1b ▼ : Les 9 îles des Açores. D'après Elliott. L'origine du manteau enrichi sous Sao Miguel, Açores



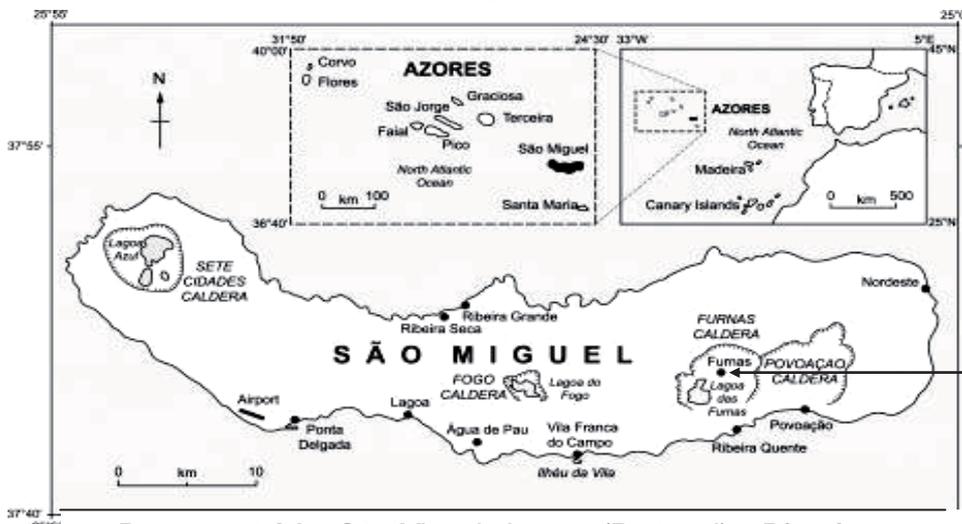
Eh bien du côté de l'anticyclone, Nath !

↔ Mouvements relatifs de plaques



◀ Doc 2a

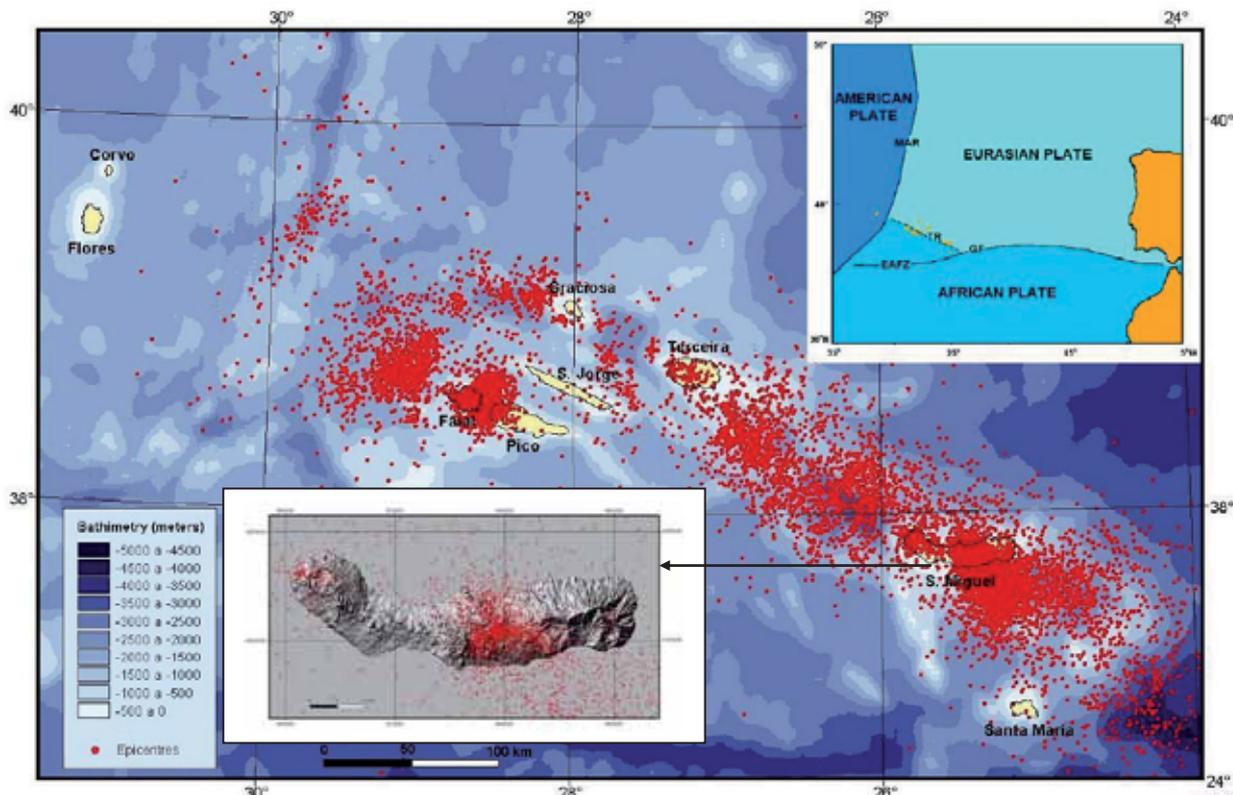
Un conseil, les questions auxquelles tu répondras sont en fin d'énoncé. Lis-les avec attention !



On va essayer d'en savoir plus sur cette Caldeira



▲ Document 2 b : São Miguel, Açores (Portugal) – D'après Rowland-Smith, A.1630 après JC : Eruption volcanique de Furnas, thèse, Miami 2007



**Document 3** : Situation géographique, milieu tectonique et sismicité (1980-2001) des Açores (données sismiques à partir de SIVISA 2001).  
 Bathymétrie de Lourenc, O et al. (1998).  
 Les épicentres sont figurés en rouge.  
 Légende du cartouche en haut à droite : MAR - Dorsale médio-atlantique ; EAFZ - Açores-Orient zone de fracture ; TR - Rift Terceira; GF – faille Gloria ; Plate : plaque lithosphérique



| Année     | Volcan  | Début - Fin de l'éruption  | Durée en jour   | île                     |
|-----------|---|--|-----------------|-------------------------|
| 1630      | Pico da Areia (Furnas)                                      | 3 septembre 1630 au 2 novembre 1630                                | 61 j            | São Miguel              |
| 1720      | éruption sous-marine entre Terceira et São Miguel           | 10 octobre 1720 au 7 décembre 1720 ?                               | 58 j ?          | apparition d'une île    |
| 1811      | éruption sous-marine au large de São Miguel, île de Sabrina | 1 février 1811 au 9 février 1811 et 14 juin 1811 au 4 juillet 1811 | 8 et 20 j       | île éphémère de Sabrina |
| 1907      | éruption sous-marine au large de São Miguel                 | 1er avril 1907 au ?  | ?               | Banc de Monaco          |
| 1911      | éruption sous-marine au large de São Miguel                 | 7 mars 1911  | quelques heures | Banc de Monaco          |
| 1957      | Capelinhos  | 27 septembre 1957 au 24 octobre 1958                               | 393 j           | Faial                   |
| 1958      | Caldeira  | 14 mai 1958  | 1 j             | Faial                   |
| 1981      | éruption sous-marine au large de São Miguel                 | 2 juillet 1981   | 1 j             | Banc de Monaco          |
| 1998-1999 | éruption sous-marine au large de Terceira (9 à 14 km)       | 23 décembre 1998 à fin février 1999                                | 65 j            | Serrata                 |

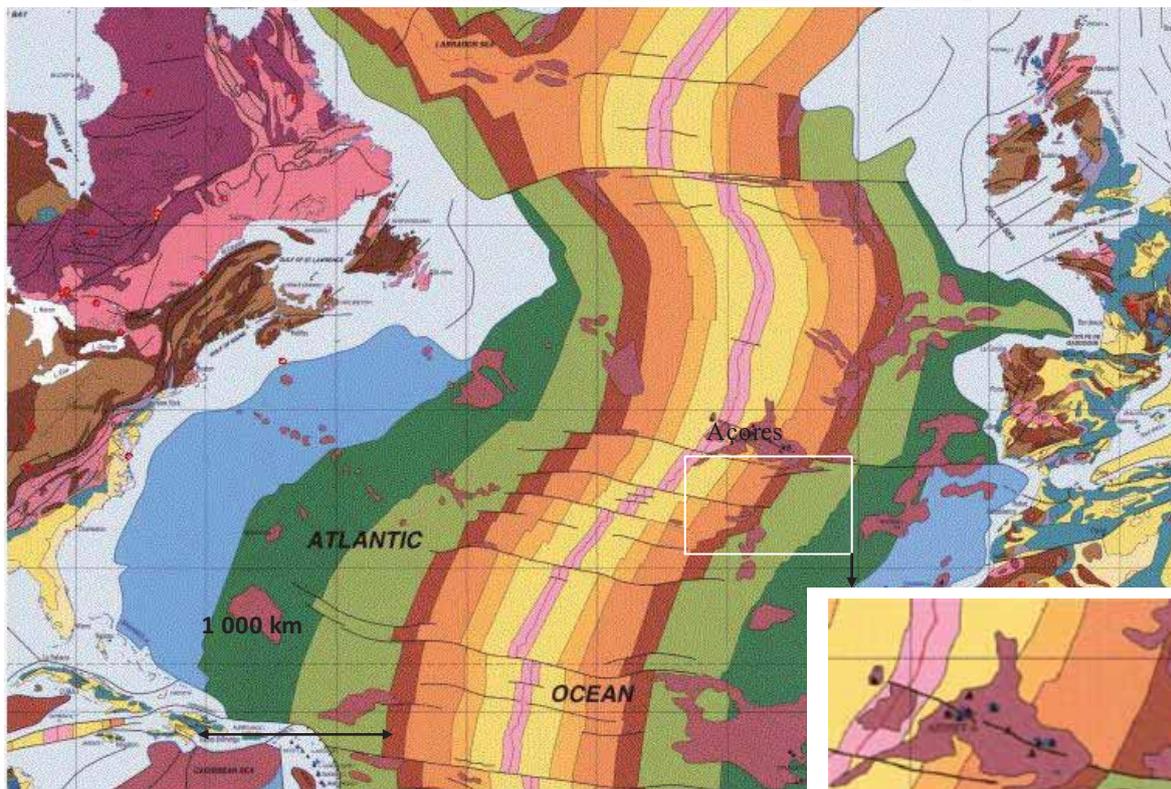
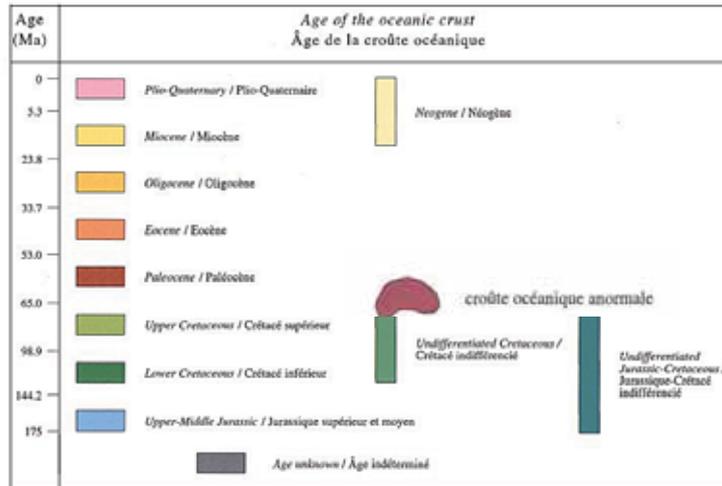


**Document 4** : Eruptions historiques de l'archipel des Açores depuis 1630.

Volcanique le petit Bidulz!



Document 5



▲ Volcans

● îles



Pour t'aider, tu as ci-dessus les différentes plaques lithosphériques au niveau des Açores et la carte des âges des roches océaniques avec sa légende.  
D'après La carte géologique du monde, UNESCO - CCGM.

La région de Furnas est une Caldeira (du portugais *caldera* qui signifie *chaudron*). C'est une large dépression générée par l'effondrement d'un édifice volcanique suite à une éruption explosive majeure qui vide partiellement ou complètement la chambre magmatique. Cette chambre magmatique était située à quelques kilomètres de profondeur. Lors de la grande éruption de 1630 elle s'est vidée partiellement par un épisode explosif résultant de la rencontre du magma et de l'eau : c'est ce qu'on appelle un *phénomène phréatomagmatique*. Le toit rigide de la chambre magmatique s'est effondré, formant cette vaste dépression à fond plat. L'effondrement se produit après la formation d'une faille en anneau.



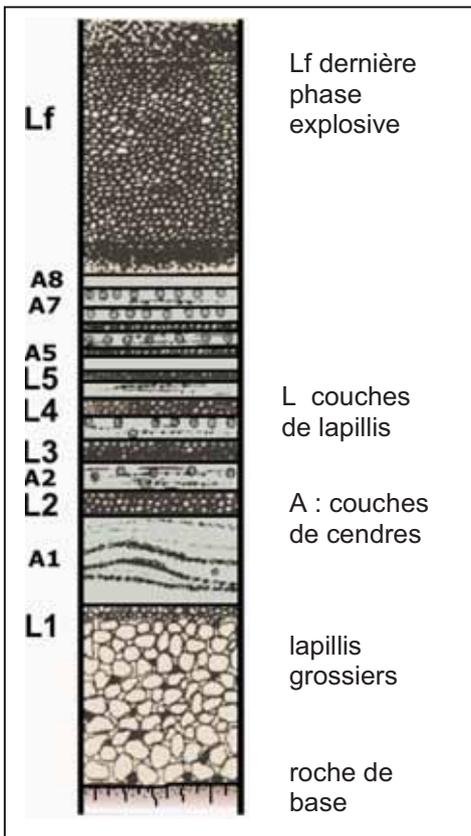
**Document 6 : la Caldeira de Furnas et schéma d'interprétation – D'après Rowland-Smith, A. (2007)**



Superbe ! mais terriblement dangereux au moment de sa formation à cause des coulées pyroclastiques émises lors de l'explosion du volcan. Elles correspondent à un mélange de cendres et lapillis à haute température ayant une grande vitesse (300 à 600 km.h<sup>-1</sup>). Les trachytes, laves visqueuses, forment souvent des dômes. Les roches trachytiques sont généralement de couleur gris très clair.



Document 7



Voilà à gauche la colonne stratigraphique du dépôt du Furnas (1630 après JC). Quelques précisions : **L1-A8** : couches de pierre ponce et de cendres représentant l'activité magmatique en alternance avec l'activité phréatomagmatique. **Lf** : phase finale d'explosion, purement magmatique avant la formation du dôme.  
- D'après Rowland-Smith, A. 2007 -.



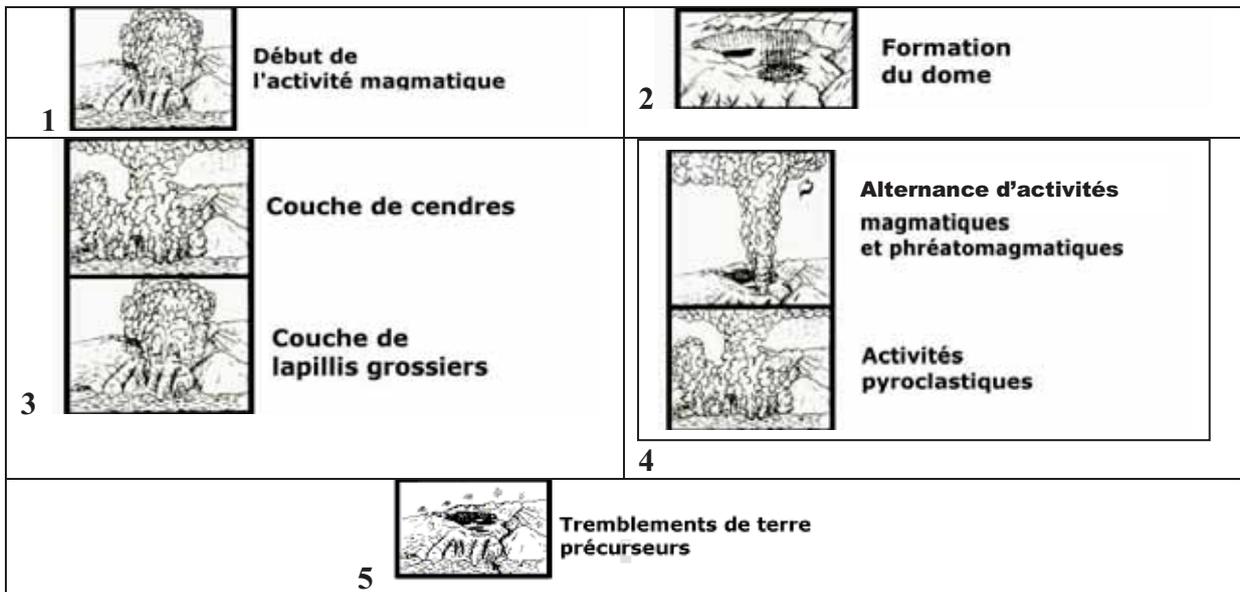
Je te rappelle qu'un **lapilli** est un fragment de lave éjecté par les volcans. La taille d'un lapilli est comprise entre 2 et 64 mm. La roche formée par compaction des lapillis se nomme le tuf.



Document 8



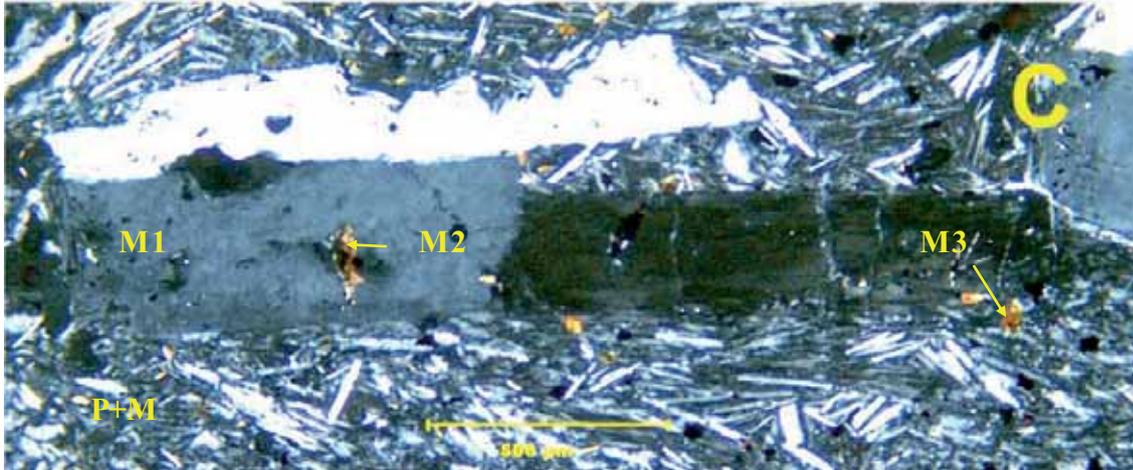
Euh, j'ai fait une bêtise. J'ai mélangé les étapes de la reconstitution de la formation de la caldeira de Furnas établi par Cole et al, 1995. Peux-tu m'aider, s'il te plait ?



Document 9



Et maintenant, passons à une observation au microscope !



Qu'est ce que c'est beau cette lame mince !

**C** : microphotographie pétrographique caractéristique d'un échantillon de basalte des Furnas.

**M1** : un grand minéral de sanidine (feldspath potassique)

**P+M** : microlithes **M** inclus dans une « pâte » non cristallisée **P**,

**M2** : inclusions de biotite dans la sanidine,

**M3** biotite dans la pâte.

D'après Rowland-Smith, A. (2007).



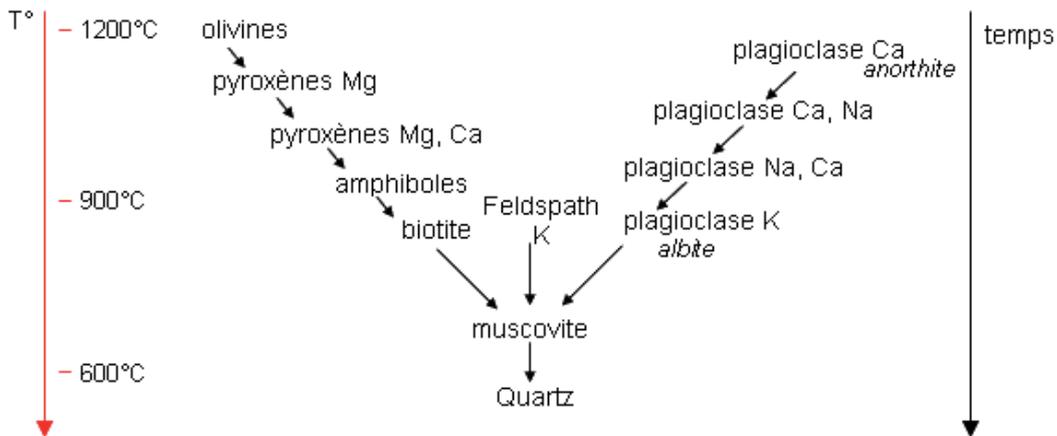
Savais-tu que la cristallisation des minéraux s'effectuait suivant une séquence appelée suite réactionnelle de Bowen ?



Bien sûr, la voici ci-dessous

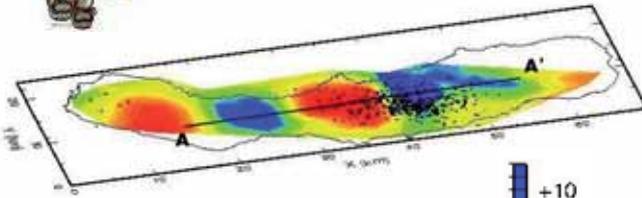
**Document 10 : Suite réactionnelle de Bowen**

Cristallisation fractionnée = cristallisation dans un ordre défini des silicates d'un magma, produisant des assemblages minéralogiques différents.





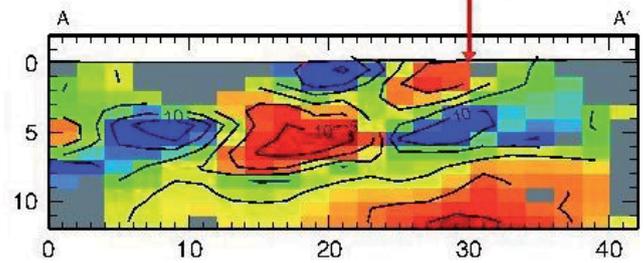
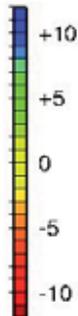
Allez, un dernier effort ! On va utiliser tes connaissances sur les ondes sismiques P et S et les anomalies de vitesse de propagation permettant de définir des zones en relation avec la température de ces couches.



Perturbation de vitesse en %

Anomalie négative = plus chaud

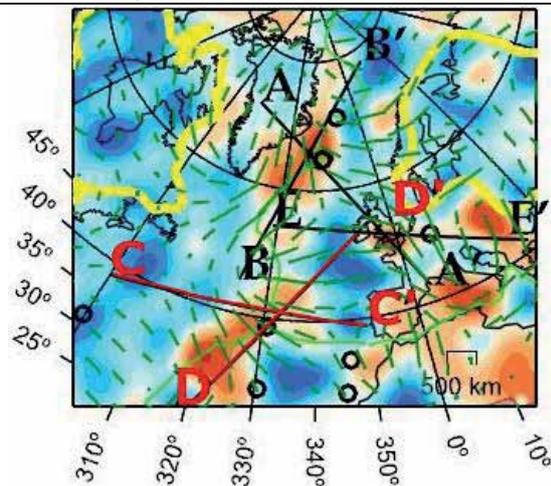
Anomalie positive = plus froid



▼ Profondeur en km

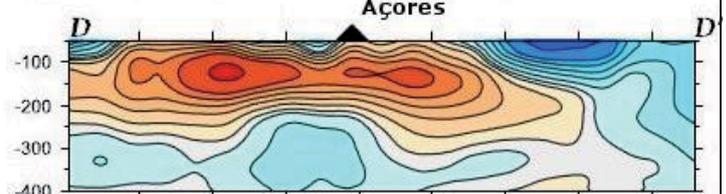
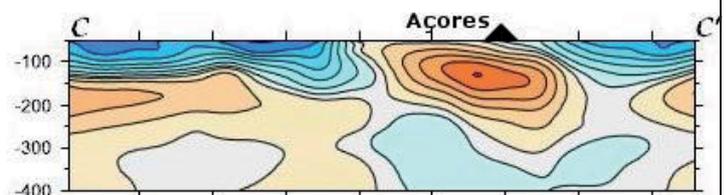
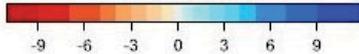
► Distance en km

**Document 11** : Tomographie sismique locale en 3 dimensions de l'île de São Miguel / Açores. D'après Riedel, C., Tryggvason, A., Silveira, D., Escuer, M., Wallenstein N. VP et VS, Geophysical Journal International, 2009.



Anomalie de vitesse des ondes S

% Sv perturbation



▼ Profondeur en km

► Distance en km

**Document 12** : Tomographie sismique par anomalie de vitesse des ondes sismiques S. D'après Montelli, Raffaella. Finite-Frequency Tomography Reveals a Variety of Plumes in the Mantle.



Il faut déjà se quitter... A bientôt sur le terrain...

C'est trop dur, on s'amusait si bien !



**Questions :** Répondre directement dans les cases appropriées en cochant la ou les réponse(s) exacte(s) et la ou le justifiant éventuellement.

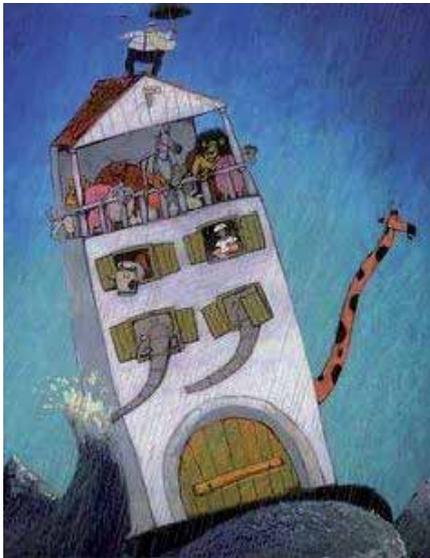
|   | Propositions  | Cocher la case de la ou des réponse(s) exacte(s)  | Documents utilisés, arguments, ou calculs |
|--|---|---|---|
| <p><b>Q1 :</b> Comment peut-on qualifier le type de frontière entre les plaques africaines et eurasiennes ?</p>                          | <p>Convergente<br/>Divergente<br/>Coulissante<br/>Active<br/>Passive</p>                          | <p><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/></p> | <p>Documents utilisés</p>                 |
| <p><b>Q2 :</b> En utilisant les données du document 5 quel est l'ordre de grandeur de la vitesse d'expansion de l'océan atlantique ?</p> | <p>Quelques<br/>mm.an<sup>-1</sup>.<br/>cm.an<sup>-1</sup><br/>dizaines de cm.an<sup>-1</sup></p> | <p><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/></p>   | <p>Justifier</p>                          |
| <p><b>Q3 :</b> La formation des Açores est :</p>   | <p>antérieure au Jurassique<br/>Jurassique à Miocène<br/>Paléocène à l'actuel</p>                 | <p><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/></p>   | <p>Documents utilisés</p>                 |
| <p><b>Q4 :</b> Quelle(s) hypothèse(s) peut-on formuler sur l'origine des Açores ?</p>  | <p>Volcanique<br/>Tectonique<br/>Sédimentaire</p>   | <p><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/></p>   | <p>Documents utilisés</p>                 |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| <p><b>Q5 :</b> D'après le doc 8, l'ordre des étapes de l'éruption de 1630 après JC est :</p>  | <p>1, 2, 3, 4, 5<br/>5, 4, 3, 2, 1<br/>5, 3, 4, 1, 2<br/>5, 1, 3, 4, 2<br/>5, 1, 4, 3, 2</p>  | <p><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/></p>                              |  |
| <p><b>Q6 :</b> Quels sont, parmi ces différents critères, ceux qui permettent d'identifier les minéraux d'une lame mince en microscopie polarisante ?</p> | <p>La taille<br/>La forme<br/>La couleur<br/>La composition<br/>Le clivage<br/>Les macles</p>   | <p><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/></p> |  |
| <p><b>Q7 :</b> Quel est l'ordre de cristallisation des minéraux M1, M2, M3, des microolithes et de la pâte ?</p>  | <p>M1, M2, M3<br/>Microolithes, pâte<br/>M3, M2, M1<br/>Microolithes, pâte<br/>M2, M1, M3,<br/>Microolithes, pâte<br/>M3, M2, M1<br/>Microolithes, pâte<br/>Microolithes, pâte<br/>M2, M1, M3</p> | <p><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/><br/><input type="checkbox"/></p>                              |  |

|   |  |   |                                  |
|---|--|---|----------------------------------|
| <p><b>Q8 :</b> D'après les documents 9 et 10, à quelles températures peuvent se produire les cristallisations de la biotite (B) et de la sanidine (S) ?</p> | <p>1100 à 1200 ° C<br/>900 à 1000 ° C<br/>850 à 900 ° C<br/>600 ° C</p>  | <p>B <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>S <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> |                                  |
| <p><b>Q9 :</b> Les températures de cristallisation de la biotite et de la sanidine sont-elles compatibles avec la réponse 7 ?</p>                           | <p>Oui<br/>Non</p>   | <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>  | <p><b>Justifier:</b></p>         |
| <p><b>Q 10 :</b> D'après les données tomographiques les Açores sont issues :</p>  | <p>du fonctionnement d'un point chaud<br/>du fonctionnement du rift de Terceira<br/>du fonctionnement d'une zone de subduction<br/>du fonctionnement d'un point chaud associé à un rifting</p> | <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>  | <p><b>Documents utilisés</b></p> |

## EXERCICE 2

### UN PHENOMENE GEOLOGIQUE A L'ORIGINE D'UN MYTHE ?



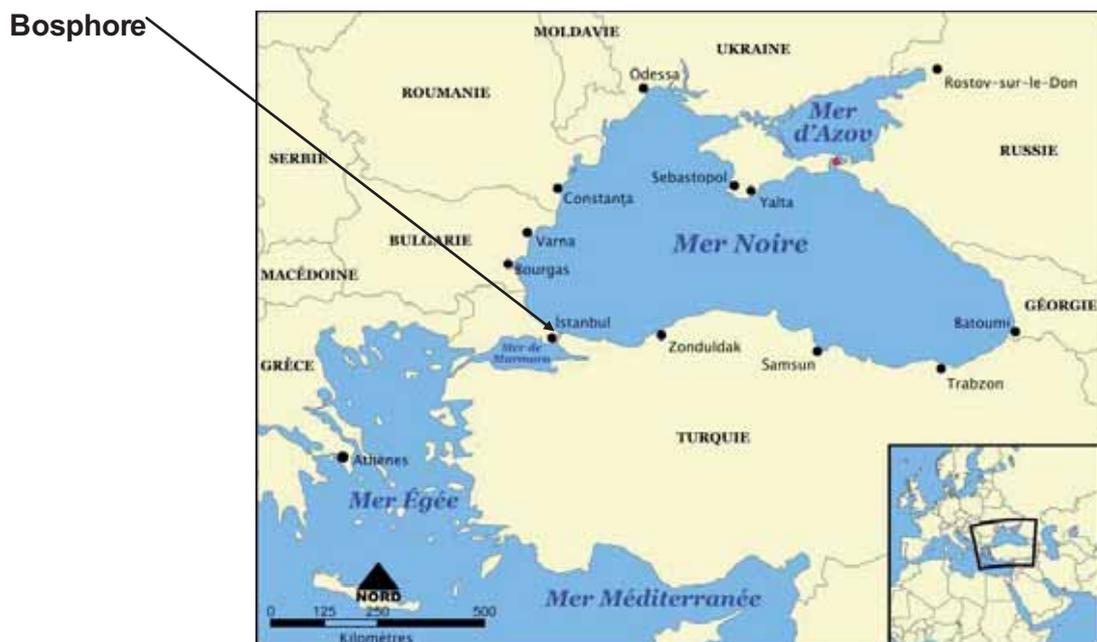
La prophétie des grenouilles.

Le **Déluge** est un des mythes les plus anciens, répandu en particulier dans de nombreuses cultures du Moyen-Orient et d'Europe orientale : mésopotamienne, grecque, hébraïque, coranique, médique, ...

Il relate des pluies catastrophiques provoquant des inondations qui exterminent hommes et animaux, à l'exception de quelques individus de diverses espèces.

Lors de la dernière période glaciaire, le niveau des mers et océans était plus bas que le niveau actuel.

Selon la théorie de W Ryan et W Pittman, il y a 9 000 ans la mer Noire, alors isolée de la Méditerranée, était un lac d'eau douce dont le niveau était inférieur à l'actuel de près de 150 mètres. A partir de cette période, la poursuite de la fonte des glaces provoque notamment la remontée du niveau de la mer Méditerranée mais pas celui de la mer Noire isolée par le seuil du Bosphore. Celui-ci atteint, les eaux auraient envahi brutalement le lac "mer Noire". Ce phénomène naturel pourrait être à l'origine du déluge.

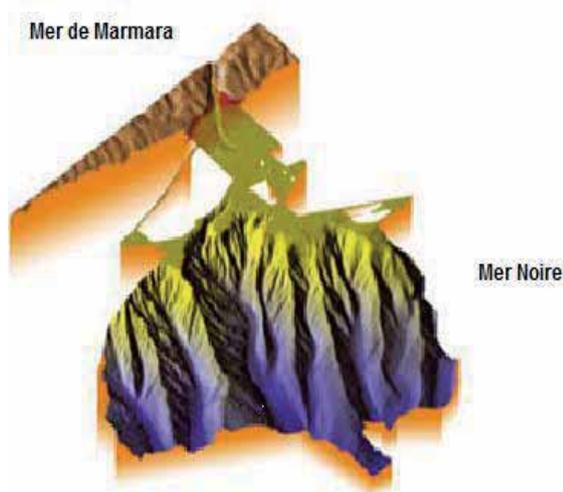


Document de référence : carte situant la mer Noire, la mer Méditerranée, le détroit du Bosphore

### Document 1 : détroit du Bosphore

Il relie la mer Noire et la mer de Marmara. Il est long de 32 km pour une largeur de 698 à 3 000 m et une profondeur de 35 à 85 m.

D'après <http://fr.wikipedia.org/>



### Document 2 : relevé cartographique du débouché du Bosphore en mer Noire

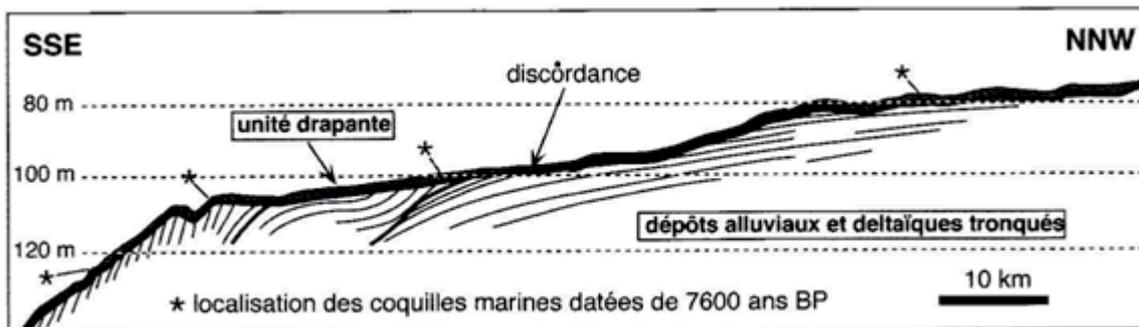
En août 2002, le *Suroît*, un navire océanographique de l'Ifremer, a effectué ce relevé. Sur l'image obtenue par sondages multifaisceaux, des canyons orientés est-ouest entaillent la plate-forme.

D'après leur morphologie, il apparaît que celles-ci sont relativement récentes, sans doute formées il y a moins de 18 000 ans.

Canyon : vallée étroite souvent creusée par des cours d'eau ou par des courants de turbidités (c.-à-d. des courants de sédiments présents en masse).

D'après :

[http://www.ifremer.fr/drogm\\_uk/Perso/lericolais/larecherche04-2003.pdf](http://www.ifremer.fr/drogm_uk/Perso/lericolais/larecherche04-2003.pdf)



### Document 3 : coupe sismique interprétée du plateau continental de la mer Noire

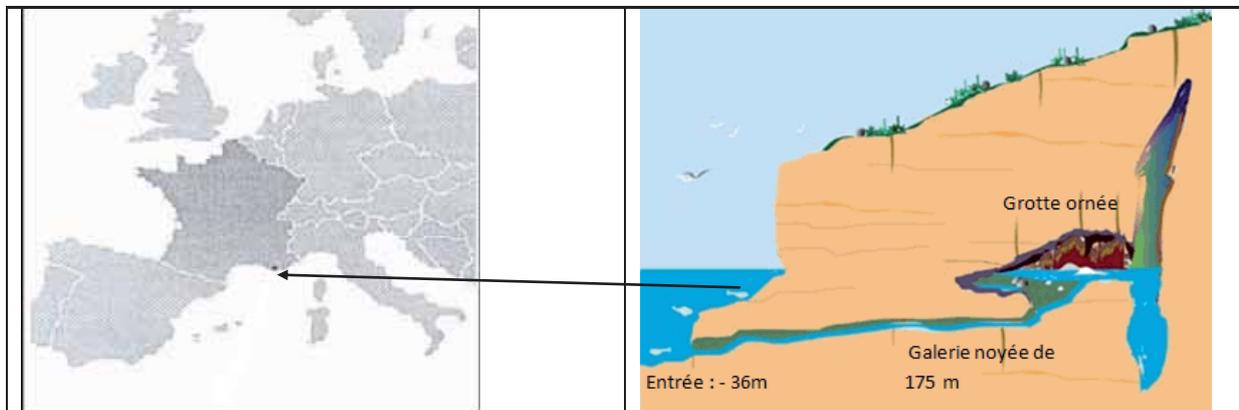
L'ensemble des fonds du plateau continental sont recouverts de sédiments discordants (unité drapante) - d'après Ryan et al, 1997.

**Document 4 : synthèse de l'analyse des 38 carottes prélevées entre 2 200 et 15 mètres de profondeur au-dessous du niveau de la mer.**

| Nature    | Fossiles   |                         | Âges   |
|-----------|--|-------------------------|--|
| Sédiments | <i>Mytilaster lineatus</i><br><i>Cardium edule</i><br><i>Mytilus galloprovincialis</i> | Mollusques d'eau de mer | 0 année<br>7 150 ans (±) 100 ans               |
| Sédiments | <i>Dreissenia rostriformis</i><br><i>Viviparus viviparus</i>                           | Mollusques d'eau douce  | 10 400 ans (±) 55 ans<br>14 700 ans (±) 65 ans |

D'après Schneider, J.L. *Les traumatismes de la Terre*, Vuibert (2010).

**Document 5 : la grotte Cosquer**



La grotte Cosquer est située dans les Calanques de Marseille, au cap Morgiou. Elle est accessible par un tunnel long de 175 mètres, dont l'entrée est à -36 mètres de profondeur. Cette grotte sous-marine abrite plusieurs dizaines d'œuvres peintes et gravées. Des datations montrent qu'elle a connu plusieurs phases d'occupation humaine. La dernière phase d'occupation (-20 000 ans à -7 000 ans) est riche en peintures et gravures d'animaux.

D'après <http://www.culture.gouv.fr/fr/archeosm/fr/fr-medit-prehist.htm>

**Document 6 : découverte dans une douzaine de sites d'Europe centrale et du Moyen-Orient**

On observe dans les accumulations de débris domestiques datées de -7 500 ans (±) 200 ans, l'apparition soudaine de fragments de poteries aux "céramiques linéaires". Une population disparue usant de ces pratiques semble avoir migré brutalement et s'être répandue depuis le Sud de l'Ukraine.

<http://www.larecherche.fr/>

**Questions :**

**1 – Retrouver, dans les documents fournis, les données qui ont permis à W. Ryan et W. Pittman de proposer leur théorie.**

**2 - Proposer une date à cet événement. Argumenter.**

### Exercice 3 La patrie tectonique de Madagascar

**La position originelle au sein du Gondwana de l'île de Madagascar pose un problème aux géologues.**

Au début du 20<sup>ème</sup> siècle Alfred Wegener, élabore la théorie de la « dérive des continents » présentant la dislocation d'un supercontinent : le Gondwana Il s'appuie sur plusieurs arguments :

- des arguments géographiques : la correspondance entre les formes des continents ;
- des arguments géologiques : la correspondance, après emboîtement des continents aujourd'hui disjoints, des grandes structures géologiques : cratons, boucliers, chaînes de montagne, failles...
- des arguments paléontologiques : les analogies des faunes et des flores fossiles qui imposent des liaisons intercontinentales ;
- des arguments paléoclimatiques : les traces glaciaires qui ne peuvent se comprendre que si les continents du Gondwana ont été autrefois réunis.

Depuis, sa théorie a été validée par des données complémentaires :

- des arguments cinématiques : des mesures du déplacement des plaques lithosphériques révélé par GPS ou par datation des fonds océaniques ont été réalisées.

Aujourd'hui, on retrouve dans la littérature scientifique plusieurs représentations anciennes et récentes de ce supercontinent, contradictoires sur la localisation de la future île de Madagascar.

Certaines reconstitutions placent la future île de Madagascar au niveau de l'actuel golfe du Zambèze (Hypothèse H1 = hypothèse Sud), d'autres au niveau de l'actuelle île de Zanzibar (Hypothèse H2 = hypothèse Nord).

**Vous disposez** d'une série de documents à exploiter pour résoudre le problème :

- 2 documents présentant les hypothèses formulées (H1, H2)
- une échelle des temps géologiques qui vous servira de document de référence
- 5 documents dans lesquels vous trouverez des arguments (documents A1 à A5)

**1 - En utilisant la méthode employée par Wegener pour reconstituer le supercontinent, proposer une position** de Madagascar dans le Gondwana.

Pour cela, vous rechercherez dans chaque document, le ou les argument(s) en faveur de l'une ou l'autre des hypothèses.

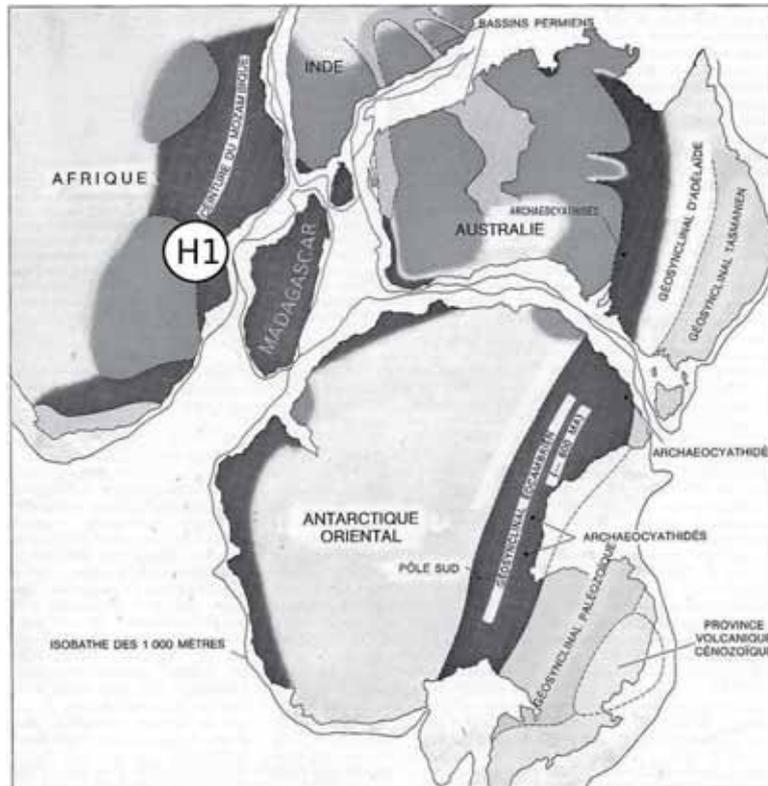
*On attend une réponse construite présentant pour chaque type d'argument l'analyse réalisée et les conclusions établies.*

**2 - Reconstituer la position** de Madagascar à la fin du Jurassique sur la carte fournie en annexe (à rendre avec la copie). Vous complèterez ce document en ajoutant les arguments évoqués précédemment qui vous semblent les plus déterminants.

**Documents présentant les hypothèses**

**Document H1 : hypothèse Sud**

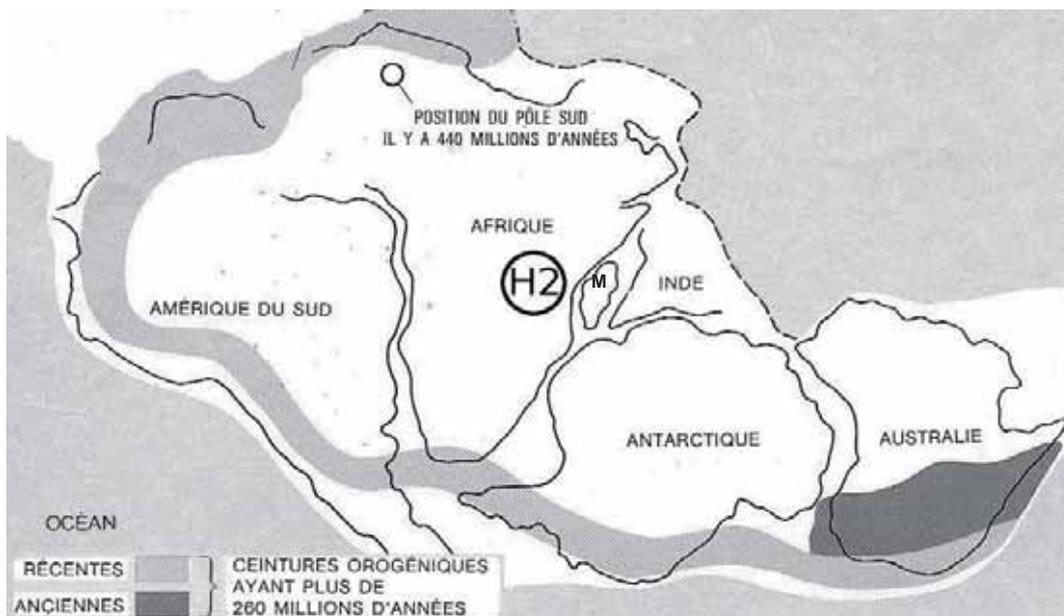
*Claude Allègre – Pour la Science, 1980*



**Document H2 : hypothèse Nord**

*Claude Allègre – Pour la Science, 1980*

M : Madagascar

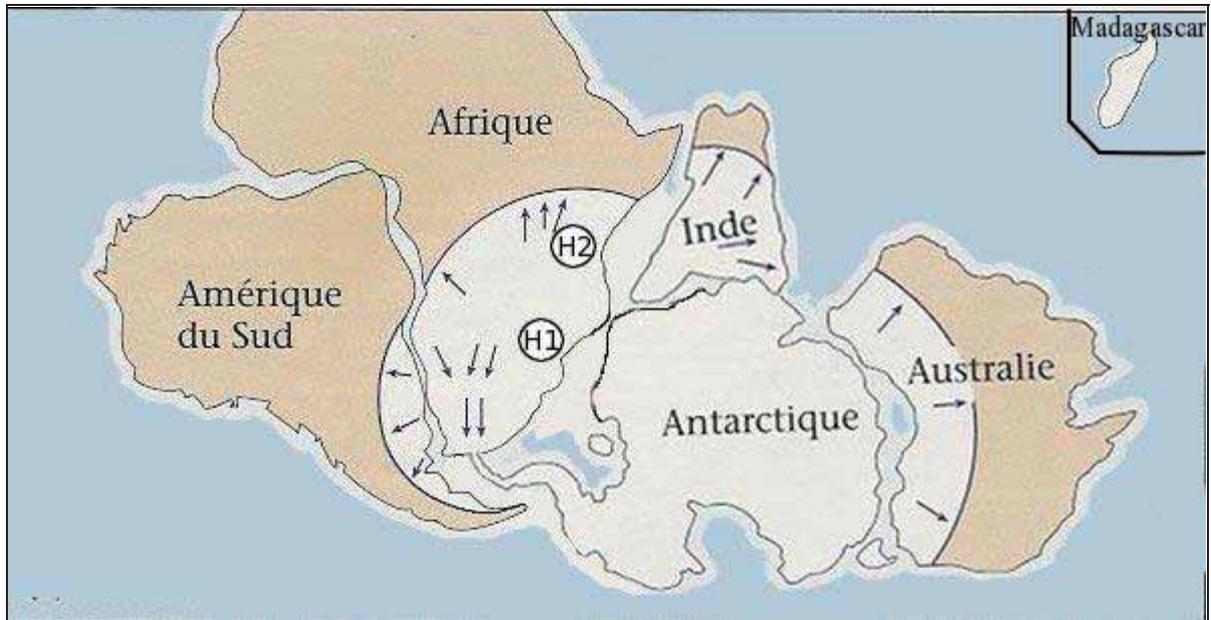


## Documents permettant la recherche d'arguments

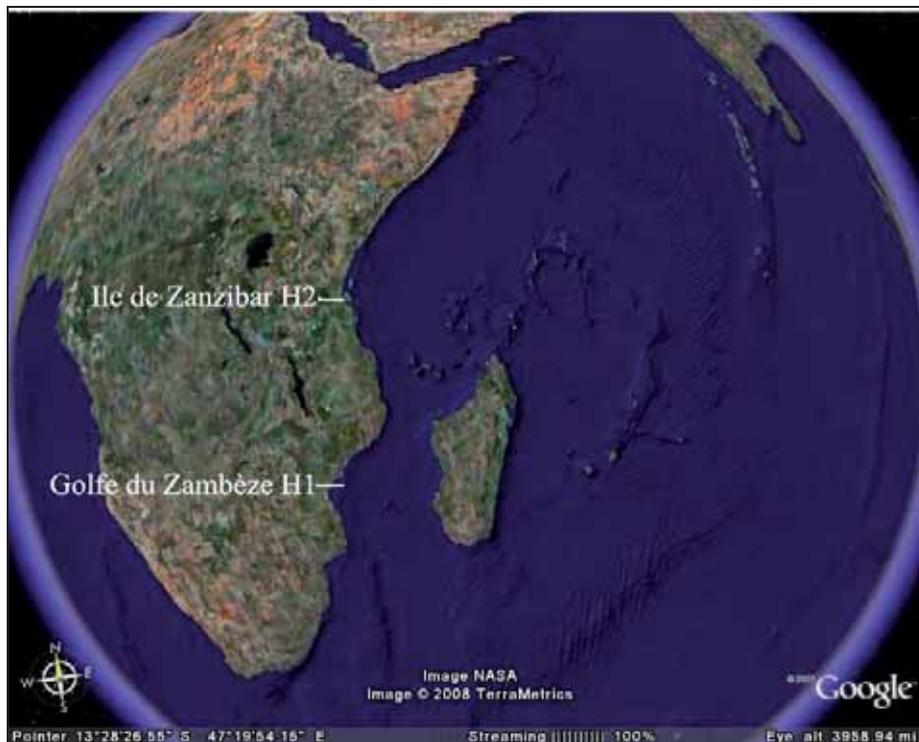
### Document A1 : distribution des dépôts glaciaires (en clair) à la fin du Carbonifère

Madagascar ne figure pas sur la carte, mais a été placée en haut et à droite. On retrouve des dépôts glaciaires carbonifères sur cette île.

<http://sciencesviete.free.fr/Dossiers/DEFAULT.HTM>



### Document A2 : image satellite – image NASA

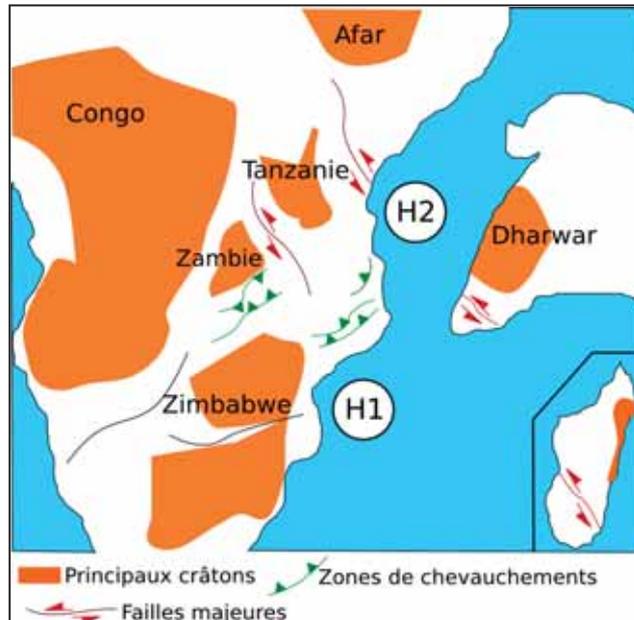


**Document A3 : principales failles et cratons de la zone étudiée**

<http://sciencesvieterre.free.fr/Dossiers/DEFAULT.HTM>

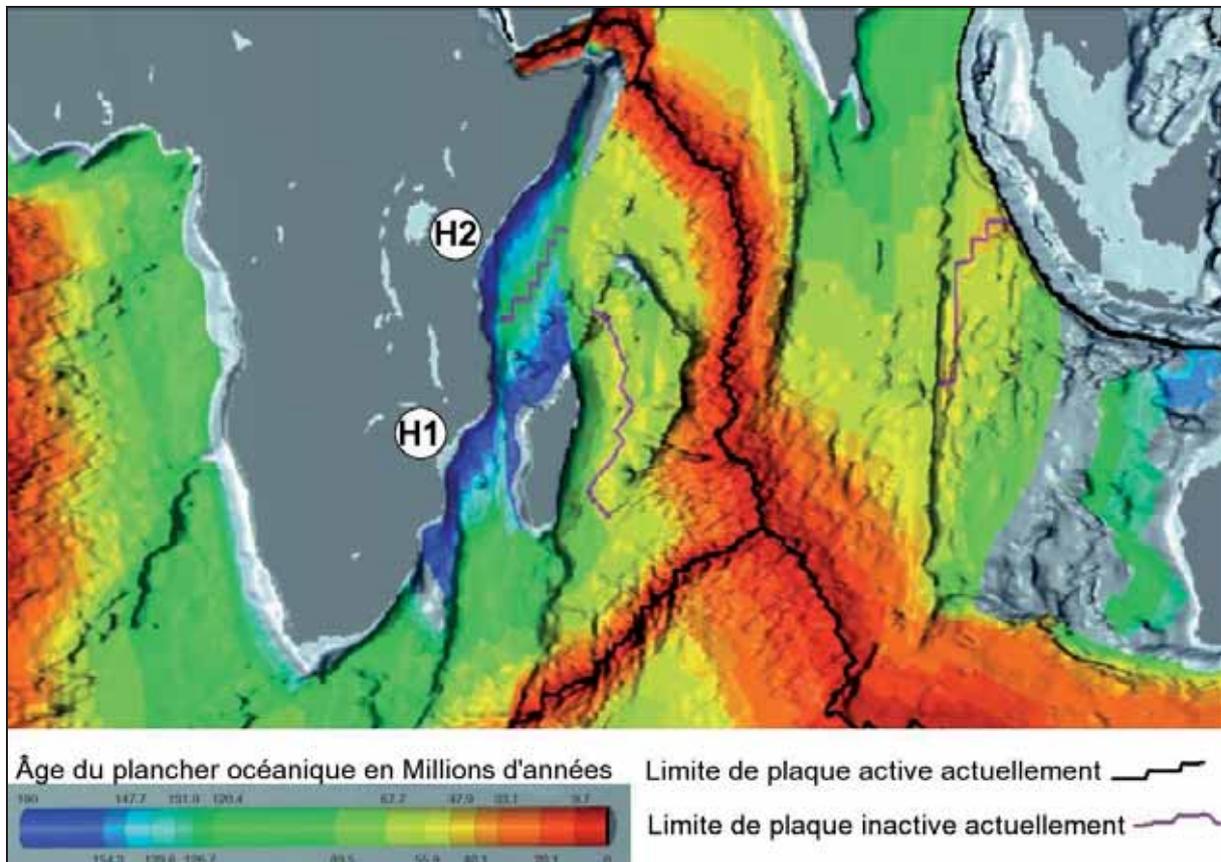
Les cratons (en orange sur le document) sont des vestiges d'un palécontinent. Le continent Antarctique ne figure pas sur la carte et Madagascar est représentée en bas à droite.

Le Dharwar est une province d'Inde du Sud.



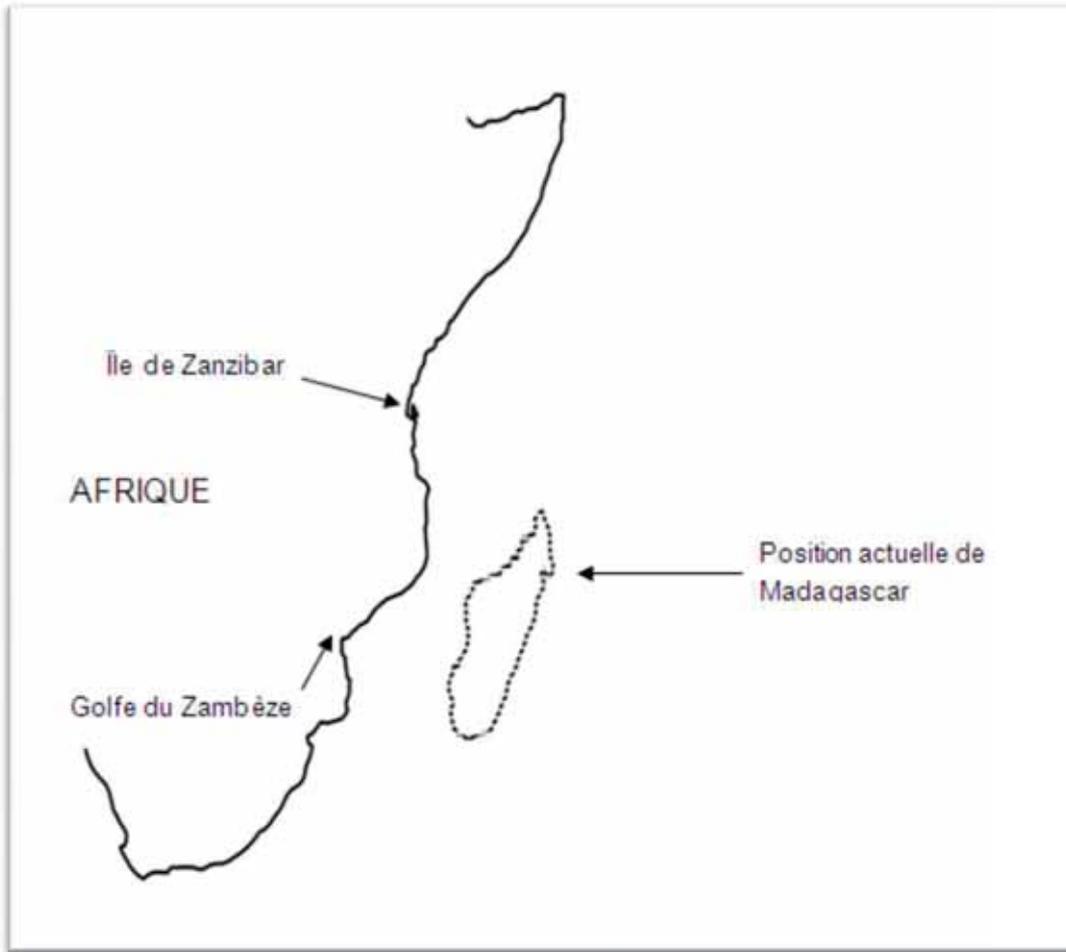
**Document A4 : datation des basaltes du plancher océanique au niveau de la région étudiée**

<http://sciencesvieterre.free.fr/Dossiers/DEFAULT.HTM>





**DOCUMENT A RENDRE AVEC LA COPIE**



Ile de Madagascar à découper et à replacer à sa position à la fin du Jurassique



## Exercice 4 : Limpide comme de l'eau de roche !

L'agriculture intensive nécessite le recours massif à des engrais azotés, pour maintenir de hauts rendements, en particulier pour la production de céréales.

La chimie industrielle de l'azote à l'origine de la production d'engrais, nécessite le brassage d'importantes quantités d'eau. L'exemple choisi dans ce sujet porte sur une usine implantée à Grandpuits, en Seine et Marne.

Les documents ci-contre, 1a et 1b illustrent l'implantation de l'usine et ses principales productions de dérivés azotés (à raison de plus de 2 500 tonnes par jour, en 2004).

### Localisation de l'usine à Grandpuits

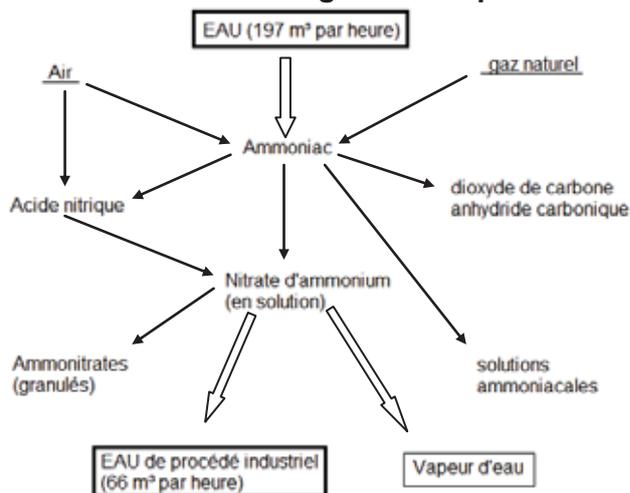


**Vis à vis de l'eau, les trois problèmes pour l'activité de cette usine sont :**  
**se procurer un important volume d'eau pour les productions azotées ;**  
**éliminer de grandes quantités d'eau de procédé, résultant du processus de fabrication ;**  
**ne pas polluer les nappes d'eau souterraines existantes.**

**Une association de protection de l'environnement fait appel à votre expertise de géologue afin de valider le choix adopté par cette usine.**

### Document 1 : Caractéristiques techniques de l'activité de l'usine de Grandpuits

#### Document 1a : schéma général de production



*"Géologues" revue officielle de l'union française des géologues n°142 de septembre 2004*

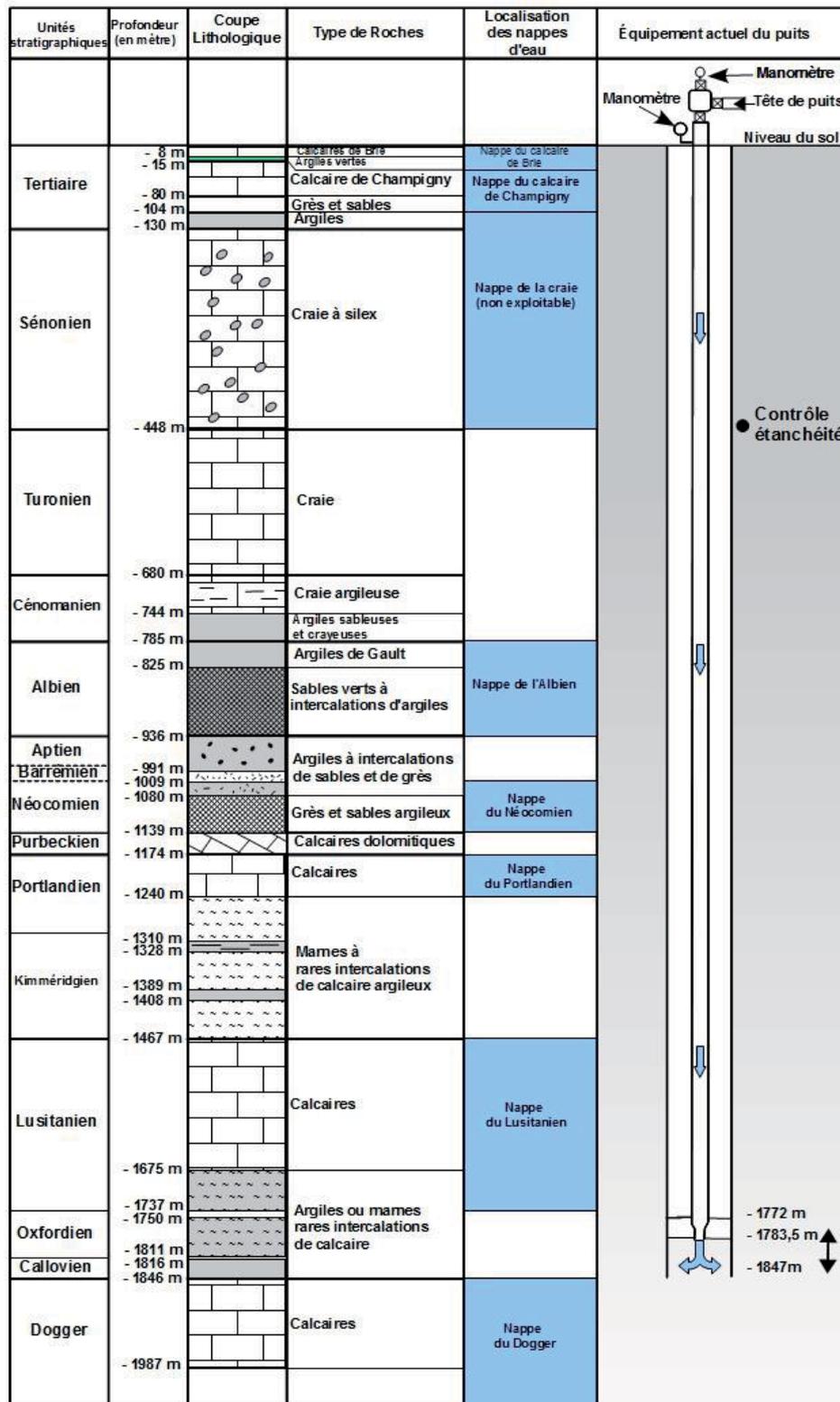
#### Document 1b

Les besoins en eau pour les transformations chimiques et la production industrielle sont de l'ordre de 197 m<sup>3</sup> par heure. Une partie de cette eau, non dissipée sous forme de vapeur, forme l'eau de procédé industriel qu'il faut éliminer à raison d'environ 66 m<sup>3</sup> par heure.

Le rejet dans la Seine après retraitement des eaux de procédé n'a pas été retenu, pour des raisons économiques et écologiques. La solution retenue, depuis la création de l'usine en 1970, est celle de l'injection dans le sous-sol en profondeur. Pour l'alimentation en eau, c'est aussi grâce au sous-sol, par des captages, que l'usine se fournit. Pour ne pas qu'il y ait d'interférences, les forages de pompage et de réinjection doivent éviter tout mélange des deux eaux dans le sous-sol.

## Document 2 : Caractéristiques géologiques

### Document 2 a : informations sur le forage d'injection de Grandpuits



Le forage d'injection est représenté dans la colonne à droite.

En 30 ans l'eau injectée a formé une nappe en forme de disque d'environ 2 800 m de diamètre au niveau du toit du Dogger (= limite supérieure) et n'a que peu augmenté la pression dans la strate. Les transferts verticaux de cette eau injectée (remontée par infiltration) sont évalués à une vitesse de 4,5 mm par an.

La composition ionique de l'eau injectée est surveillée, car les précipitations salines qui pourraient se former dans les tubes d'injection risqueraient d'empêcher l'écoulement.

↑ ↓ = Intervalle d'injection de l'eau entre -1 783,5 et -1 847 mètres de profondeur, soit au niveau du toit de la formation géologique des calcaires du Dogger.

"Géologues" revue officielle de l'union française des géologues n°142 de septembre 2004

## Document 2 b : Propriétés des roches vis-à-vis de l'eau

| Porosité et perméabilité de quelques roches | Porosité totale (%) | Perméabilité (m/Jour) |
|---|---------------------|-----------------------|
| Sable et gravier                            | 25 à 40             | 1 000 à 10            |
| Sable fin                                   | 30 à 35             | 100 à 0,1             |
| Argile                                      | 40 à 50             | < 0,1                 |
| Craie                                       | 10 à 40             | 100 à 1               |
| Calcaire (fissuré)                          | 1 à 10              | < 1                   |

Les marnes sont des roches constituées d'un mélange de calcaire et d'argile (sources "Eduterre")

## Document 3 : comparaison entre les eaux de la nappe du Dogger et les eaux injectées

| Paramètres:                    | Eaux du Dogger            | Eaux injectées           |
|--------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Température (°C)               | 75                        | 25                       |
| pH                             | 6,4                       | 6,5 à 8,5                |
| Total des sels dissous, dont : | 23 000 mg.L <sup>-1</sup> | 5 575 mg.L <sup>-1</sup> |
| Chlorures                      | 14 000 mg.L <sup>-1</sup> | 1 200 mg.L <sup>-1</sup> |
| Sulfates                       | 700 mg.L <sup>-1</sup>    | 160 mg.L <sup>-1</sup>   |
| Ammonium                       | 25 mg.L <sup>-1</sup>     | 520 mg.L <sup>-1</sup>   |
| Nitrates                       | -                         | 1 400 mg.L <sup>-1</sup> |

Les ions nitrates, de même qu'un pH proche de la neutralité ou légèrement basique, activent la dissolution des sels sous forme ionique, évitant leur précipitation (comme par exemple le sulfate de calcium)

*"Géologues" revue officielle de l'union française des géologues n°142 de septembre 2004*

## Document 4 : informations sur les nappes d'eau du sous-sol de Grandpuits

### Document 4a : le forage de pompage et d'alimentation en eau de l'usine

L'alimentation en eau de l'usine est assurée essentiellement par deux captages dans le calcaire de Champigny pour un débit moyen de 177 m<sup>3</sup> par heure.

### Document 4b : nappe d'eau potable

La nappe du Néocomien est une nappe de secours en eau potable en Ile de France. Elle est, de ce fait, préservée et surveillée. Elle doit pouvoir fournir 30 m<sup>3</sup> par heure en permanence.

Des analyses ont indiqué que son alimentation datait d'infiltrations d'eau de l'ancien trajet de la Loire d'il y a environ 30 000 ans.

*"Géologues" revue officielle de l'union française des géologues n°142 de septembre 2004*

## Questions

1. A l'aide des documents 1 et 2, citez des arguments justifiant le choix initial du calcaire du Dogger pour l'injection de l'eau de procédé de l'usine de Grandpuits.
2. A l'aide des documents 2a et 3, expliquez l'intérêt de contrôler la composition chimique de l'eau injectée. Précisez ce qu'il en est dans la situation étudiée.
3. A partir des documents 1, 2a et 4a, justifiez le choix du calcaire de Champigny comme source d'eau de captage pour l'usine.
4. Évaluez l'ordre de grandeur du temps nécessaire pour une éventuelle contamination de la nappe du Néocomien par l'eau injectée dans le Dogger. Estimez le risque que cela représente.
5. Rédigez une courte synthèse validant le choix de fonctionnement de cette usine en réponse aux inquiétudes de l'association de défense de l'environnement qui vous a sollicitée.