

SESSION 2009

ACADEMIES DE GUADELOUPE, GUYANE & MARTINIQUE

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 11 et 21 sont à rendre avec la copie.

Exercice 1 : les hydrates de méthane... manne énergétique ou bombe écologique à retardement

Ces dernières décennies, l'exploration des fonds océaniques a permis d'étonnantes découvertes avec entre autres l'existence jusqu'alors insoupçonnée d'importantes quantités d'hydrates de méthane. Les réserves traditionnelles d'hydrocarbures s'épuisant, ces hydrates de méthane font rêver ... mais le réchauffement climatique pourrait aussi les faire sortir naturellement de leur réserve avec perte et fracas...

Document 1 : que sont les hydrates de méthane ?

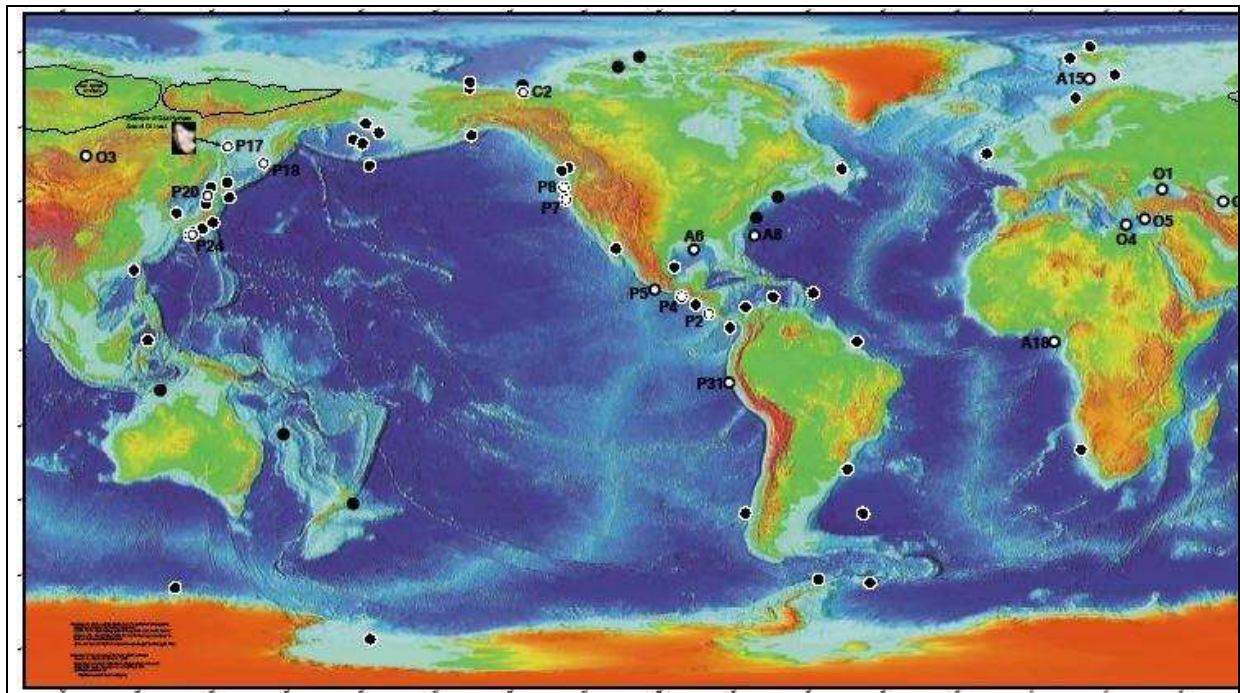
Le méthane résulte de la décomposition, à l'abri de l'oxygène de l'air, de débris animaux et végétaux (essentiellement du zooplancton et du phytoplancton) qui précipitent sur le plancher des océans. Une fois formé, le méthane peut partir rapidement dans l'atmosphère, ou, dans des conditions particulières de température et de pression, peut s'associer à de l'eau et former un cristal mixte d'eau et de méthane, qui s'appelle... un hydrate de méthane. Cela ressemble à de la glace ...sauf que c'est de la glace qui brûle en libérant du dioxyde de carbone et de l'eau.

www.manicore.com

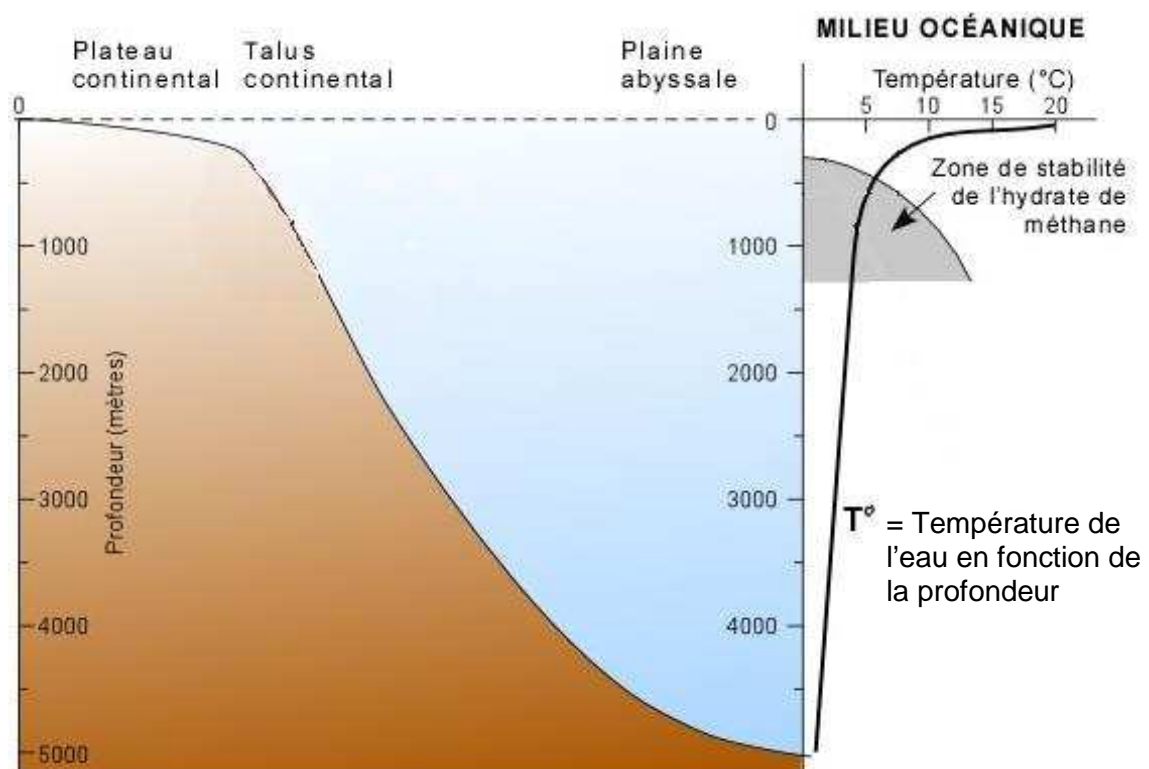
Document 2 : localisation des hydrates de méthane

Régions du monde où la présence d'hydrates est avérée par des prélèvements (ronds blancs) ou supposée par le biais d'analyses sismiques ou d'analyses de puits dans lesquelles des carottes ont été prélevées (ronds noirs).

Source Keith A. Kvenvolden and Thomas D. Lorenson, USGS, 2000



Document 3 : zone de stabilité des hydrates de méthane



D'après Bourques - Université de Laval Canada

L'hydrate de méthane est stable à l'état de glace dans les conditions de température et de pression exprimées par la zone en gris, et instable sous les conditions à l'extérieur de cette zone.

Document 4 : quelques valeurs...

Consommation énergétique mondiale en 2005 : 8,10 Gtep (Gigatonnes équivalents pétrole)

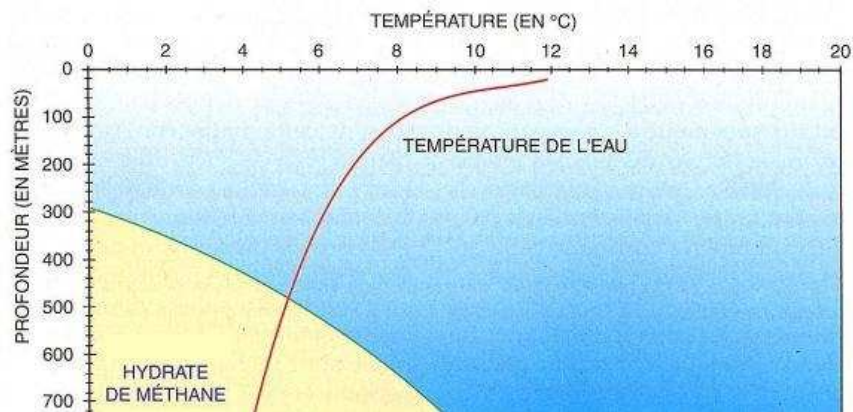
(source: conseil mondial de l'énergie 2007)

1 tep = 42 GJ (Gigajoules)

La combustion d'un kg de méthane libère 55 600KJ (kilojoules)

Estimation de la quantité de méthane au fond des océans : $2 \cdot 10^{15}$ Kg
Milkov 2005

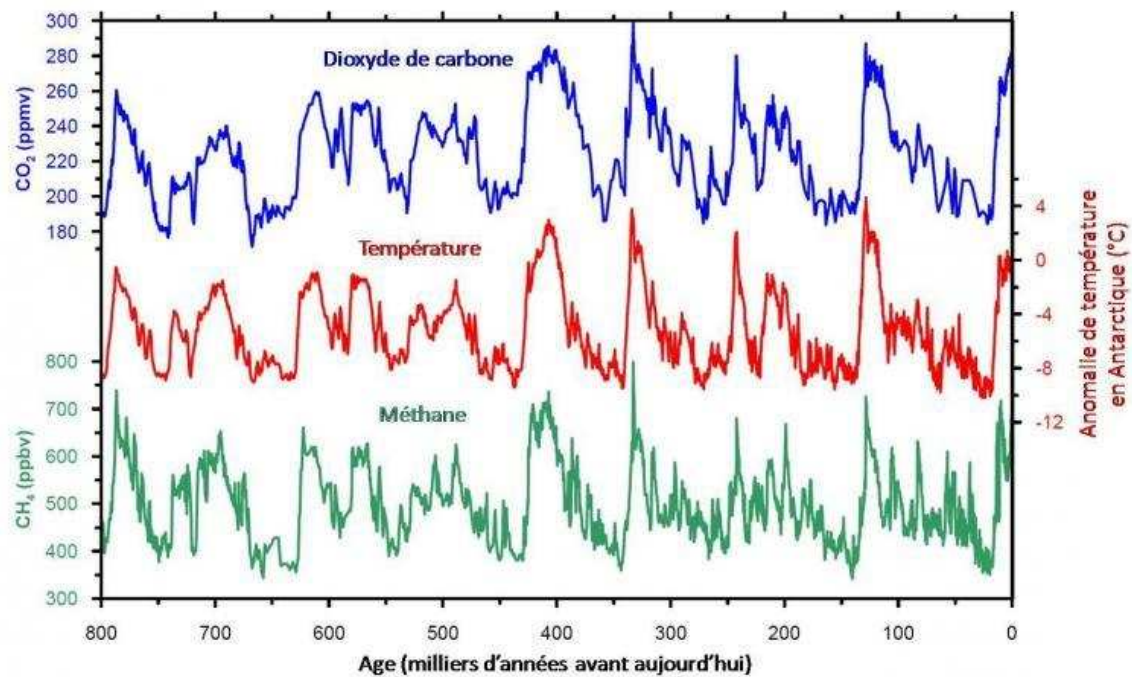
Document 5 : diagramme de stabilité des hydrates de méthane



La courbe rouge représente la température moyenne de l'eau sous la surface de l'océan, à des latitudes moyennes (en fait, quelle que soit la latitude, la température de l'eau à quelques centaines de mètres de profondeur est presque la même, à quelques degrés près). La zone colorée en jaune représente la zone de stabilité potentielle des hydrates de méthane.

www.manicore.com d'après données usgs 2005.

Document 6 : Mai 2008 ... la carotte du dôme C nous raconte



Evolution des deux gaz à effet de serre de l'atmosphère les plus importants après la vapeur d'eau : le dioxyde de carbone (courbe bleue) et le méthane (courbe verte), au cours des derniers 800 000 ans. La reconstitution de la température en Antarctique (courbe rouge) est issue des mesures des isotopes de l'eau constituant la glace. Les données de dioxyde de carbone proviennent de plusieurs carottes de glace (Vostok, Taylor Dome, EPICA Dôme C). Celles du méthane sont entièrement issues du forage EPICA Dôme C.
Université de Berne et LGGE. 15 Mai 2008

QUESTIONS

1. a. A l'aide des documents 1, 2 et 3, localiser les hydrates de méthane présents dans les océans.
 b. Hachurer cette zone sur le document 3 qu'il faudra rendre avec la copie.
2. Les réserves d'hydrates de méthane présentent potentiellement une source d'énergie importante. En considérant que la consommation d'énergie reste constante, calculer durant combien d'années les hydrates de méthane permettraient d'assurer l'approvisionnement énergétique du monde.
3. A l'aide d'une détermination graphique sur le document 5, indiquer l'effet d'un réchauffement global océanique de 2°C sur le devenir des hydrates de méthane présents à 550 m de profondeur.

4. Sachant que la communauté scientifique s'accorde sur un réchauffement climatique à venir, justifier l'expression " les hydrates de méthane constituent une bombe écologique à retardement".

Exercice 2 : les travaux de construction d'un parking souterrain

Les documents utilisés dans cet exercice sont tirés de l'étude géotechnique d'auditorium et de parking souterrain réalisée par Nicolas Carpentier de la société ANTEA

La ville de Bordeaux souhaite construire un parking souterrain. Celui-ci est un ouvrage rectangulaire, prévu sur 10 niveaux de sous-sol. Compte tenu du contexte géologique et des études préalables, votre agence s'est vu proposer, par le maître d'œuvre, l'étude géotechnique complémentaire des terrains où celui-ci sera construit.

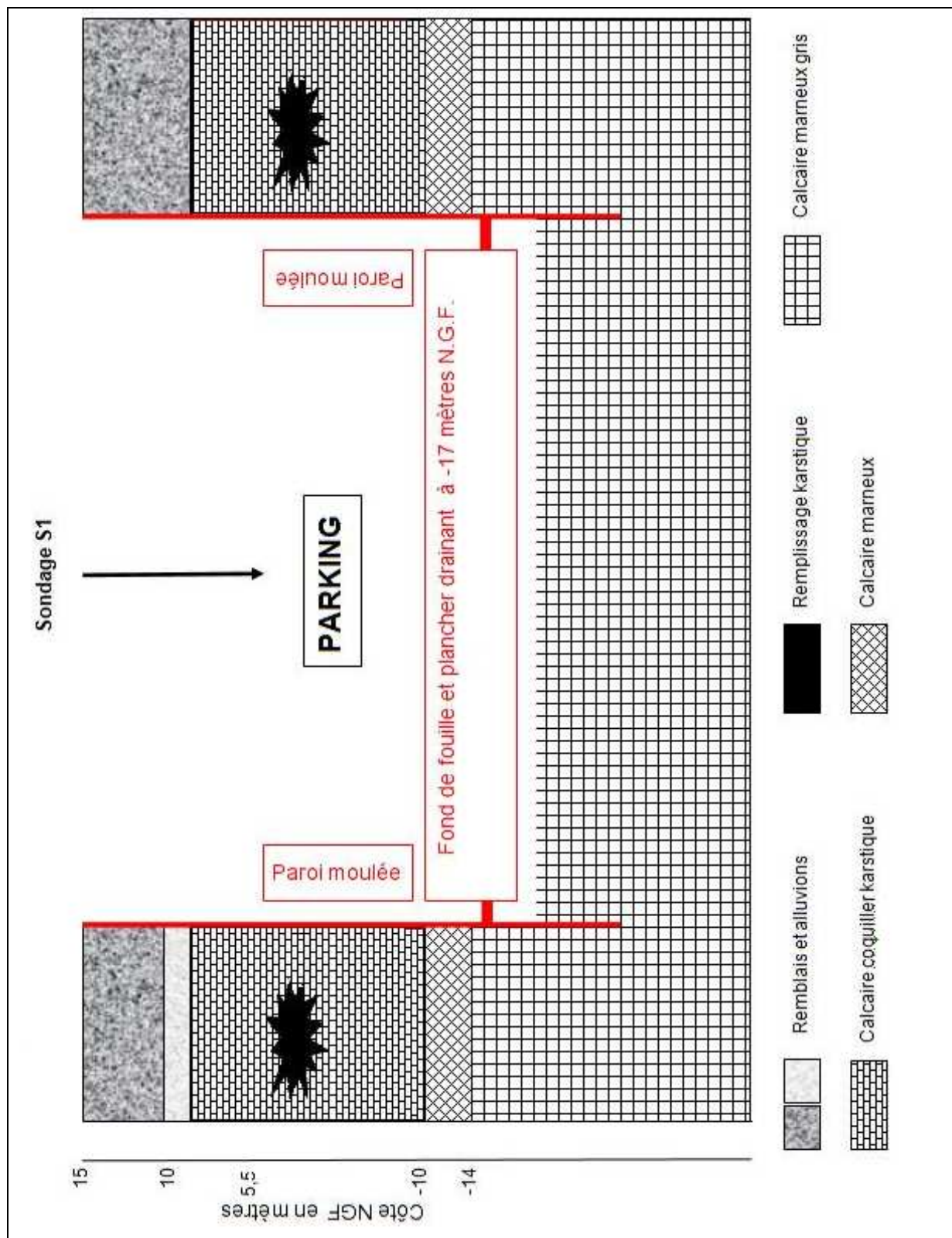
Cette étude a porté sur plusieurs points : la reconnaissance de la nature des roches du sous sol, leurs caractéristiques mécaniques et l'étude hydrogéologique du lieu.

Votre étude terminée, vous conseillez au maître d'œuvre l'utilisation de parois moulées ancrées dans le substratum de calcaire marneux ainsi que la mise en place d'un radier drainant.

Le document 1 présente la solution envisagée.

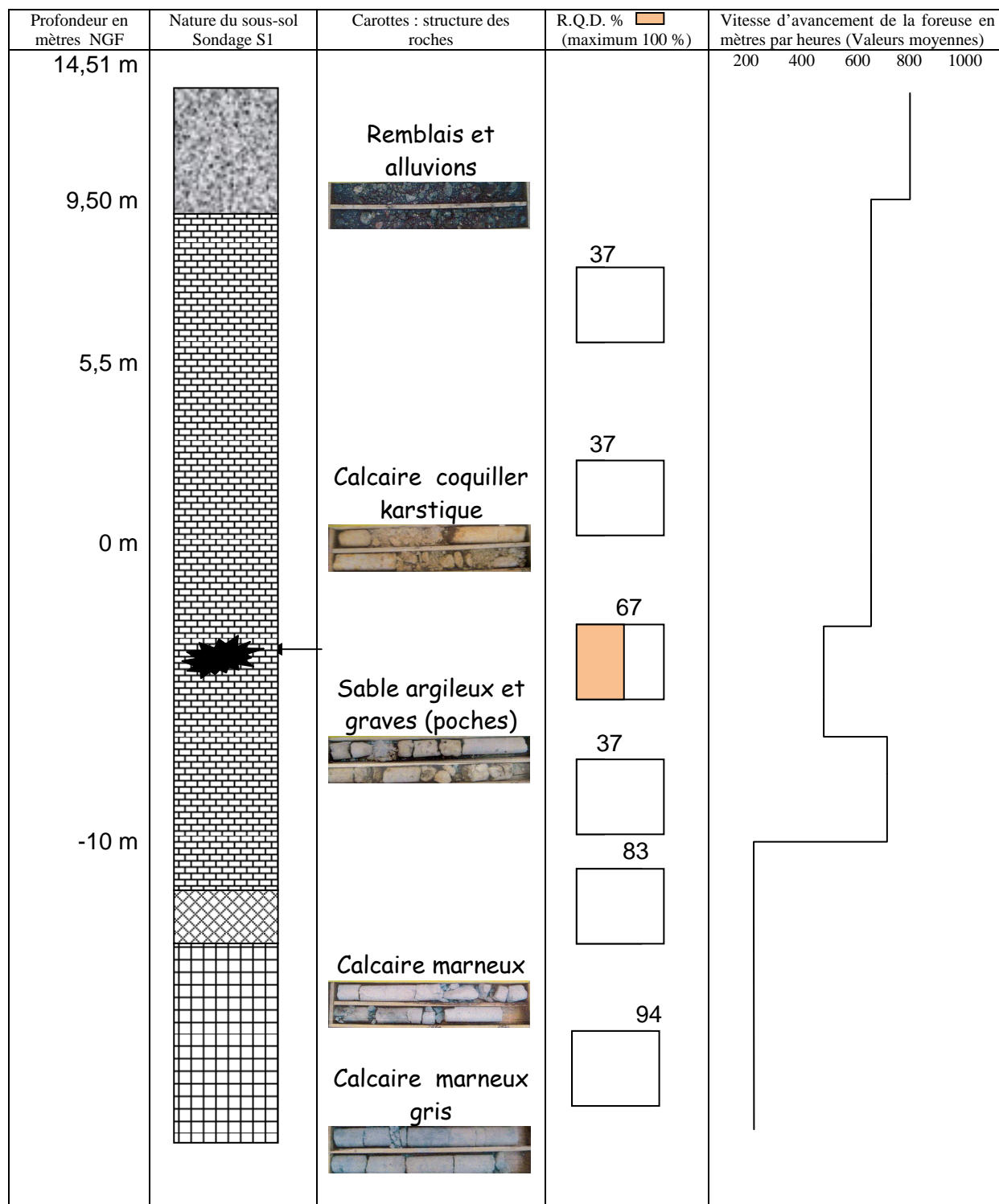
- 1. D'après l'ensemble des informations recueillies (documents 2 à 4), quelles difficultés ce type de sous-sol présente-il pour la construction de cet ouvrage ?**
- 2. Sur le document 5 représenter le trajet de l'eau.**
- 3. Le document 1 présente le projet simplifié proposé par votre agence. Justifier la présence des parois moulées et du plancher drainant.**

Document 1 : Projet



Document 2 : coupe du sondage S1 et caractéristiques physiques des roches

N.G.F : Niveau Géographique Français correspondant au 0 du niveau de la mer à Marseille
R.Q.D : « Rock Qualification Design » exprime la densité de fracturation. Sur 1 mètre de carotte on mesure la somme des morceaux dont la taille est égale ou plus grande que 10 centimètres et on calcule le pourcentage. Plus celui-ci est élevé moins la roche est fracturée.



Document 3 : caractéristiques des roches rencontrées au cours du forage

Roches	Caractéristiques
Remblais et alluvions	<p>Remblais urbains grossiers à dominance argilo-sableuse, avec des graves (mélange de sables et de gravillons) et des morceaux de brique.</p> <p>Les alluvions se présentent soit sous le faciès argile compacte avec de petits galets, soit sous le faciès sable graveleux.</p>
Calcaire karstique	<p>Couche hétérogène constituée de bancs très altérés, tendres, fracturés, friables et de bancs calcaires massifs et très compacts.</p> <p>Présence de cavités remplies d'argiles meubles avec ou sans graves ou vides.</p>
Calcaire marneux	<p>Calcaire coquiller peu marneux cohérent. Avec présence de marnes, roche homogène, peu perméable, non altérée et non karstifiée.</p>

Document 4 : caractéristiques hydrodynamiques

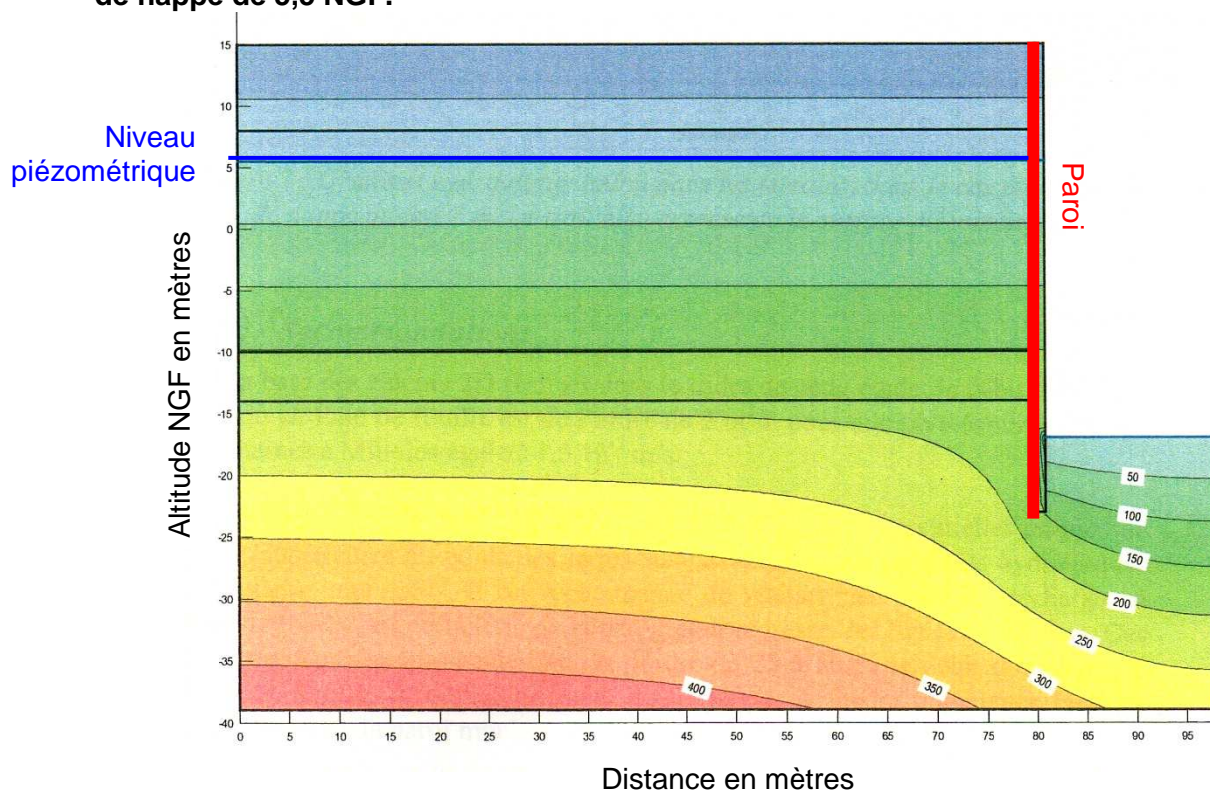
4 a : contexte hydrogéologique, par référence aux données du sondage S1

Le tableau suivant présente les différentes formations géologiques rencontrées sur le site, décrites du haut vers le bas et les perméabilités associées.

Formation	*Perméabilités horizontales
Remblais	
Calcaires karstiques	1.10^{-5} à $1.10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$
Calcaires marneux	$3.10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$
Paroi moulée	$5.10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$

* La perméabilité d'un milieu est son aptitude à laisser passer l'eau.

4b : modélisation de la distribution de la *pression interstitielle (kPa) pour un niveau de nappe de 5,5 NGF.



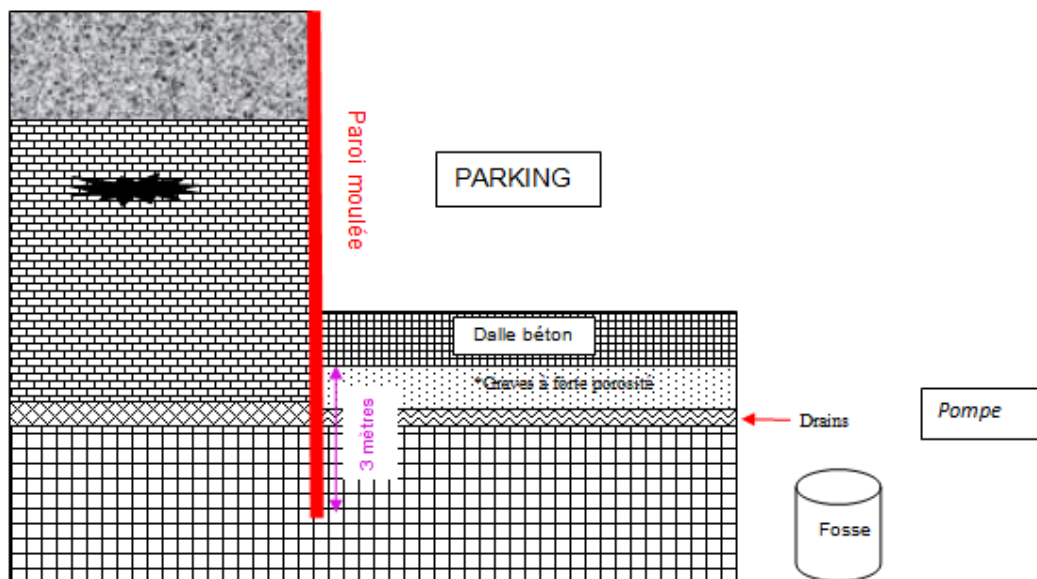
* La pression interstitielle est la pression exercée par l'eau

Document 5 à rendre avec la copie

Schématisation du plancher drainant préconisé par le cabinet d'études

Le radié drainant est constitué de 30 centimètres de graves à forte porosité, et d'un réseau de drains sous le plancher béton. La circulation de l'eau se fait le long de la paroi. L'eau est envoyée dans une fosse et reprise avec une pompe de relevage.

Remarque : sur ce schéma, les échelles, l'épaisseur et la profondeur des couches ne sont pas respectées.



Exercice 3 : Les diamants

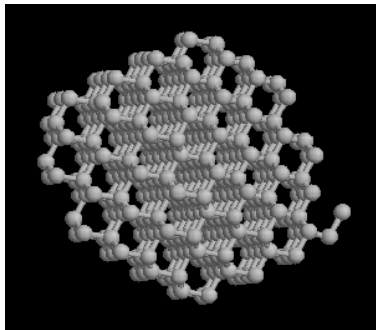
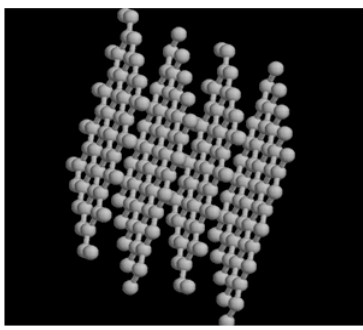
Les diamants sont des minéraux très rares se formant dans le manteau de notre planète. Les civilisations humaines leur ont donné un caractère sacré, et beaucoup sont entourés de légendes. Ils sont surtout utilisés en bijouterie. Ils constituent aussi des matériaux de choix dans les hautes technologies du fait de leurs propriétés physiques. Ce sont par exemple d'excellents conducteurs thermiques qui absorbent très rapidement la chaleur, ce qui en fait des composants essentiels des diodes lasers.

Les diamants ont plusieurs origines possibles. On étudiera ici une de ces origines : celle qui a généré les gisements les plus abondants en surface du globe.

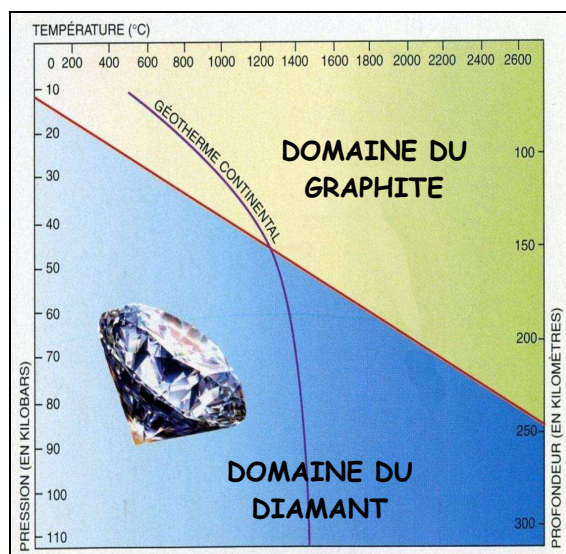
QUESTIONS

1. A l'aide des informations fournies par les documents 1, 2 et 3, expliquez pourquoi la formation des diamants ne peut survenir qu'à de grandes profondeurs dans notre planète, et est un phénomène rare.
2. "Les anciens cratons constituent de bons réservoirs de diamants" : expliquez pourquoi à l'aide des informations contenues dans les documents 2, 4 et 5.
3. Grâce aux informations des documents 2, 6 et 7, expliquez comment se forme un gisement de diamants en surface.
4. A partir de vos réponses précédentes, donnez 3 arguments expliquant la très grande rareté des diamants à la surface du globe.

Document 1 : Structure et composition de deux minéraux : le diamant et le graphite

Minéraux	DIAMANT	GRAPHITE
Formule brute	C	C
Densité	3,517	2,25
Dureté (échelle de Mohs)	10	1 à 2
Structure cristalline	cubique	En feuillet
Représentation schématique tridimensionnelle de la structure cristalline		

Document 2 : Domaines de stabilité du diamant et du graphite



D'après le dossier Pour La Science n°35
avril-juin 2002 (modifié)

Ce document indique les conditions de températures et de pressions pour lesquelles les diamants et le graphite sont stables. On peut passer d'un domaine de stabilité à l'autre en faisant varier ces paramètres. Cependant, le facteur temps est aussi à prendre en compte : une variation trop rapide de température et/ou de pression ne permettra pas un changement d'état, alors que des variations lentes durant plusieurs millions d'années autoriseront un changement d'état.

Rappel : le géotherme continental indique les températures et les pressions en fonction de la profondeur, au dessous des continents.

Document 3 : Composition chimique du manteau

Les diamants se forment essentiellement dans le manteau. Le tableau suivant indique la proportion de divers atomes dans cette enveloppe de notre planète, qui représente près de 85 % du volume de la Terre.

	O	Si	Al	Ca	Mg	Fe	Na	K	C	Autres
% dans le manteau	39	23	1,3	1,5	24	4	0,7	0,3	0,1	6,1

D'après Nathan 1^{ère} S édition 2001

Document 4 : La croissance des diamants en profondeur

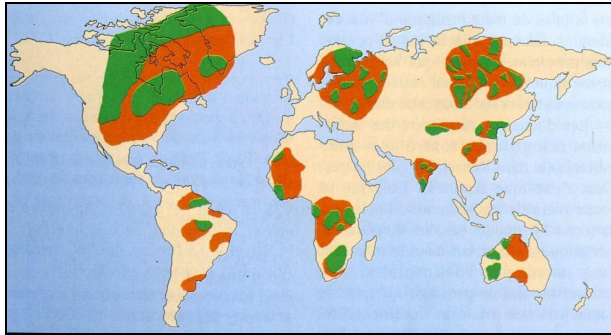
Les diamants sont des minéraux «zonés», c'est-à-dire que l'on y distingue différents épisodes de croissance. Ces épisodes de croissance sont extrêmement longs et nécessitent plusieurs centaines de millions d'années, voire plus d'un milliard d'années. L'interprétation la plus simple consiste à considérer la formation des diamants lors de réactions chimiques d'oxydo-réduction à partir d'un fluide contenant du carbone, par exemple l'oxydation de méthane ou la réduction de carbonate ou de dioxyde de carbone ; ces réactions entraîneraient la précipitation de carbone sous forme de diamant.

La visualisation tridimensionnelle de la position des diamants à l'intérieur d'une roche mère a révélé que ces derniers ne sont pas localisés de manière aléatoire dans la roche mère, mais au contraire situés le long de veines. Ils se sont formés à partir du carbone initialement contenu dans un fluide, et introduit dans la roche mère après sa formation.

D'après le dossier Pour La Science n°35 avril-juin 2002 (modifié)

Document 5 : Les réservoirs de diamants sous les cratons

5a -Localisation des anciens cratons



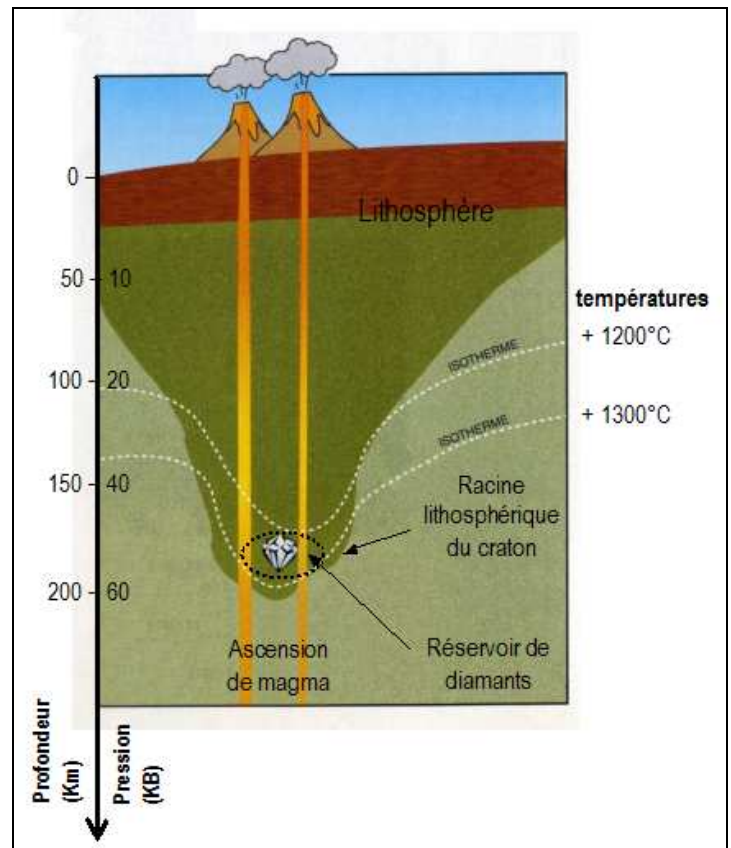
Orange : âge supérieur à 1,5 milliards d'années

Vert : âge supérieur à 2,5 milliards d'années

Les cratons sont des portions de lithosphères continentales très anciennes, restées stables au cours du temps car elles ont été peu ou pas affectées par la tectonique des plaques. Certains cratons très anciens sont âgés de plus de 2,5 milliards d'années : ils ont résisté aux multiples bouleversements tectoniques qui ont remodelé la surface de notre planète durant tout ce temps, si bien que leur manteau lithosphérique a été très peu remanié. La lithosphère de ces cratons forme une racine très profonde, qui s'enfonce jusqu'à près de 200 km de profondeur.

D'après le dossier Pour La Science n°35 avril-juin 2 002 (modifié)

5b -Localisation d'un réservoir de diamants sous un craton



Document 6 : La formation des magmas kimberlitiques

Certains gisements diamantifères ont été le siège d'un volcanisme particulier, dit kimberlitique, nom issu de Kimberley, un célèbre gisement d'Afrique du Sud où les kimberlites ont été identifiées pour la première fois. La plupart des kimberlites connues datent du Crétacé (entre 65 et 130 millions d'années), car ce volcanisme particulier a connu un paroxysme il y a environ 100 millions d'années. Toutefois, bien que les laves qui en témoignent soient assez rares, d'autres épisodes kimberlitiques se sont produits, notamment au Protérozoïque (entre 545 millions d'années et 2,5 milliards d'années). Ces éruptions auraient été provoquées par de gigantesques panaches de matière chaude, les points chauds, qui sous la poussée d'Archimède, remontent à une vitesse de quelques mètres par an et traversent la planète, depuis la frontière entre le noyau et le manteau (vers 2900 kilomètres de profondeur) jusqu'à la base de la lithosphère. Lorsqu'ils atteignent le plancher océanique, ces panaches perforent aisément la lithosphère et produisent un volcanisme peu explosif (celui de la Réunion, par exemple). L'éruption est bien différente lorsqu'un panache débouche sur la racine d'un craton. Le magma fait fondre les matériaux de la racine, dont certains composants se mêlent au magma. On obtient un magma kimberlitique capable de migrer très rapidement vers la surface, arrachant au passage des matériaux du manteau qu'il emporte avec lui vers la surface. Les géophysiciens estiment que la remontée du magma se fait à des vitesses élevées de 10 à 30 kilomètres par heure, allant même jusqu'à 150 kilomètres par heure à partir de failles intracrustales. Les kimberlites agissent comme transporteurs en amenant les diamants à partir du manteau qui correspond à plus 150 kilomètres de profondeur, jusqu'à la surface.

D'après le dossier Pour La Science n°35 avril/juin 2 002 (modifié) et le site Planet-Terre (ENS de Lyon)

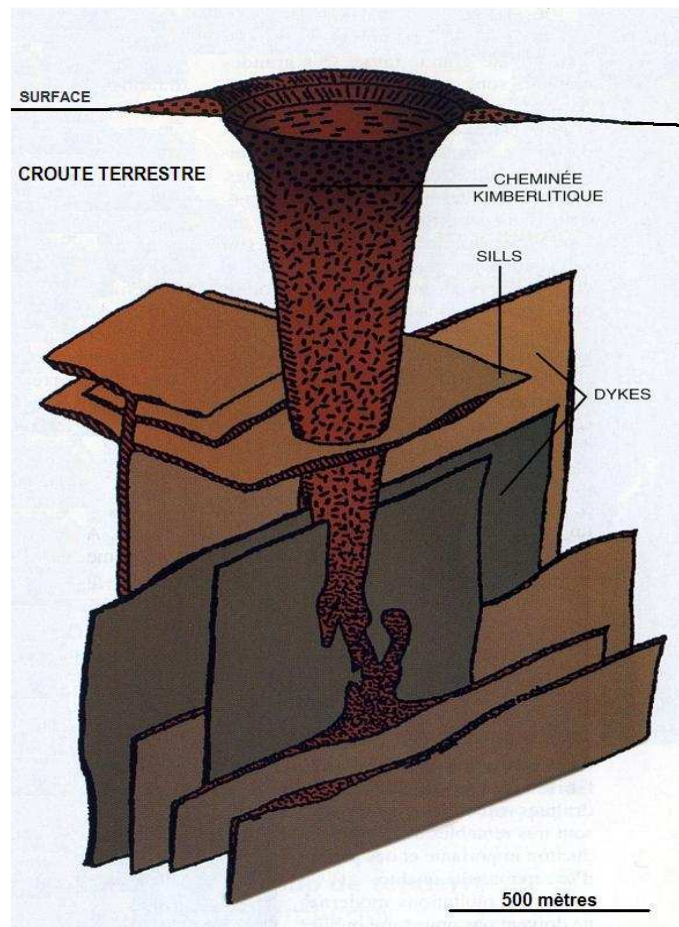
Document 7 : Les gisements de diamants en surface

7a - Gisement de diamant en Sibérie



La photo ci-dessus représente un gisement de diamants exploité en Sibérie (les bâtiments en haut à gauche donnent une idée de l'échelle). La plupart des gisements dans le monde sont analogues à celui-ci. Il s'agit d'une cheminée kimberlitique dont le schéma ci-contre représente la structure générale. Ces cheminées sont composées d'une roche volcanique appelée kimberlite et se font formées lors de l'ascension d'un magma vers la surface. En s'insinuant dans la croûte terrestre, ce magma a formé des filons horizontaux appelés sills ou des filons verticaux appelés dykes. Ce sont dans les kimberlites de ces cheminées que l'on trouve des diamants. On trouve aussi dans ces roches des morceaux de péridotites provenant du manteau.

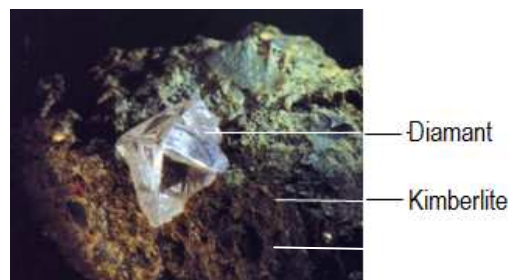
7b - Structure profonde d'un gisement, vue en coupe



7c - Diamant dans une kimberlite

D'après le principe d'inclusion, tout élément qui est contenu dans un autre lui est antérieur

*D'après le dossier Pour La Science
n°35 avril-juin 2002 (modifié)*



Exercice 4 : L'activité de la Terre à l'origine de catastrophes pour l'humanité...

Le 26 décembre 2004 à 00h 58min 53s UTC (7h 58 min 53 s heure locale à Jakarta et Bangkok) a eu lieu l'un des plus violents **séismes** jamais enregistrés dans le monde au large de l'île indonésienne de Sumatra un d'une magnitude de 9,1 à 9,3.



Document 1 : arrivée du tsunami en Thaïlande
(wikipedia)

Il a provoqué un raz-de-marée (ou tsunami) qui a frappé l'Indonésie, le Sri Lanka et le sud de l'Inde, ainsi que le sud de la Thaïlande et l'île touristique de Phuket.

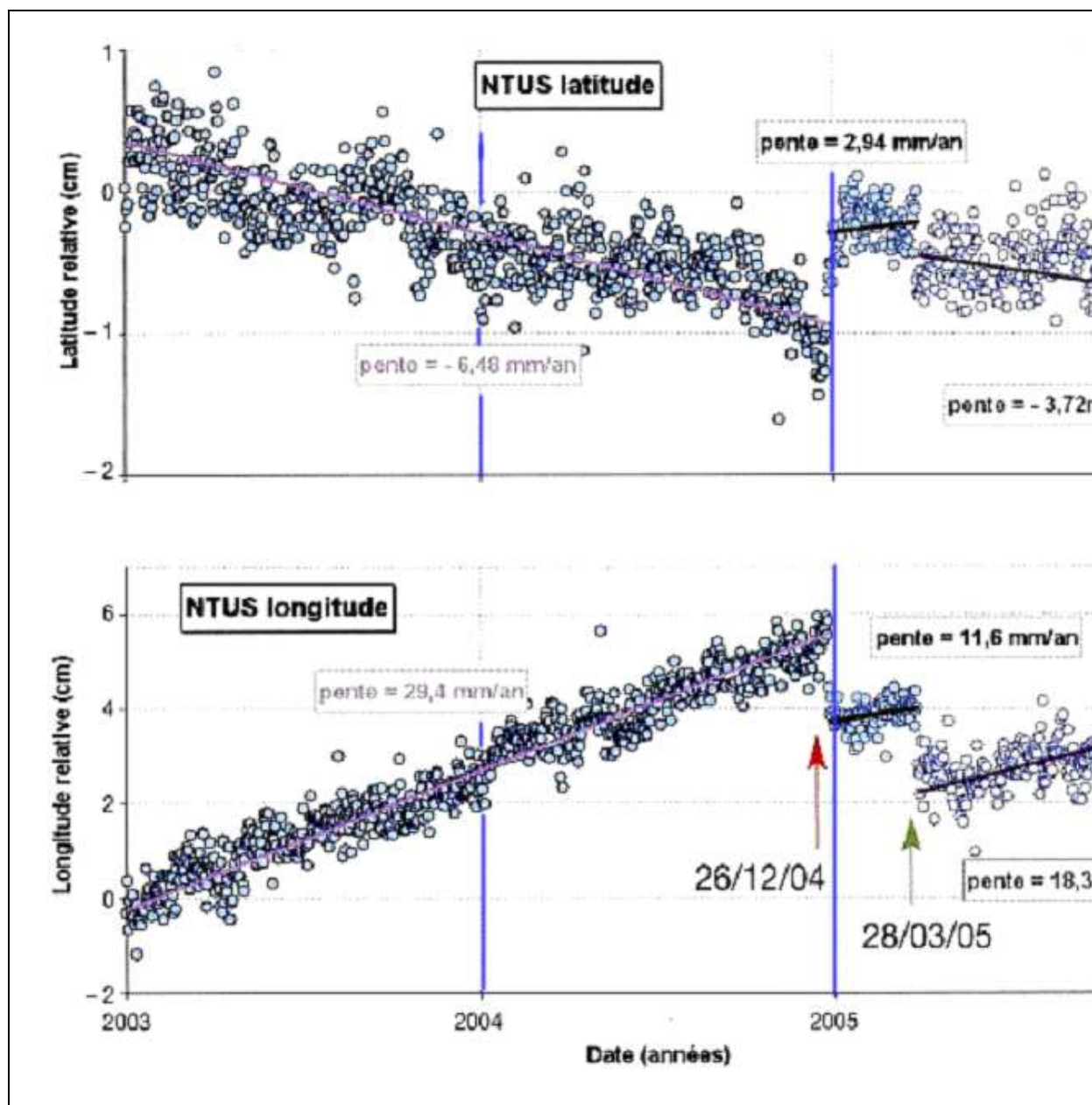
Le bilan en pertes humaines a été énorme.

Document 2 : ce document est à rendre avec la copie, il est présenté à la fin de l'énoncé de cet exercice.

Document 3 : vitesses de déplacement des 3 stations

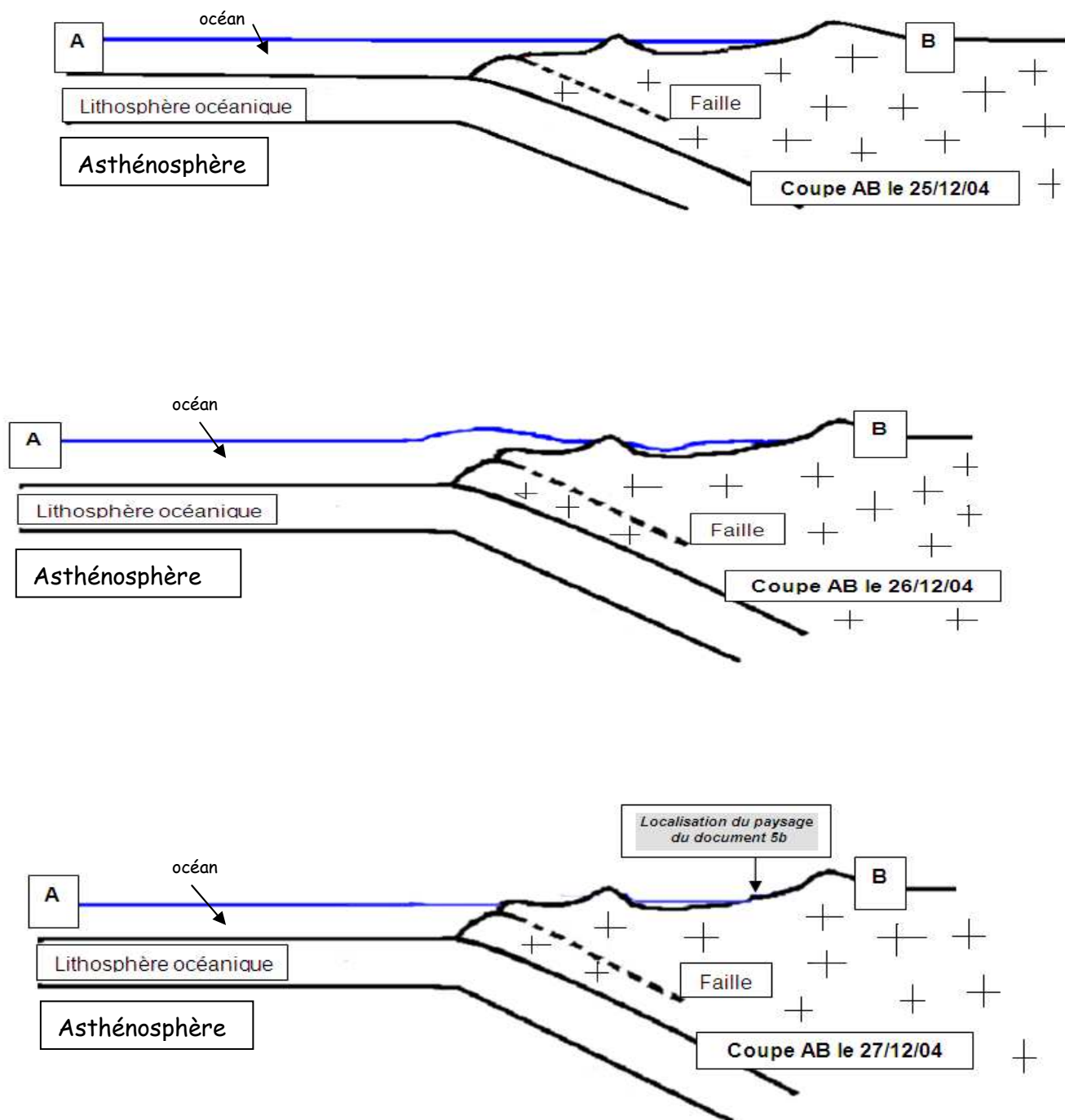
Station	vitesse latitudinale (mm.an ⁻¹)	vitesse longitudinale (mm.an ⁻¹)
BAKO	-7,01	24,25
COCO	49,14	44,44
NTUS	-7,3	29,09

http://www.ac-nantes.fr:8080/peda/disc/svt/tri_gps/index.htm#visu



Document 4 : variations de la latitude et de la longitude enregistrées à la station NTUS

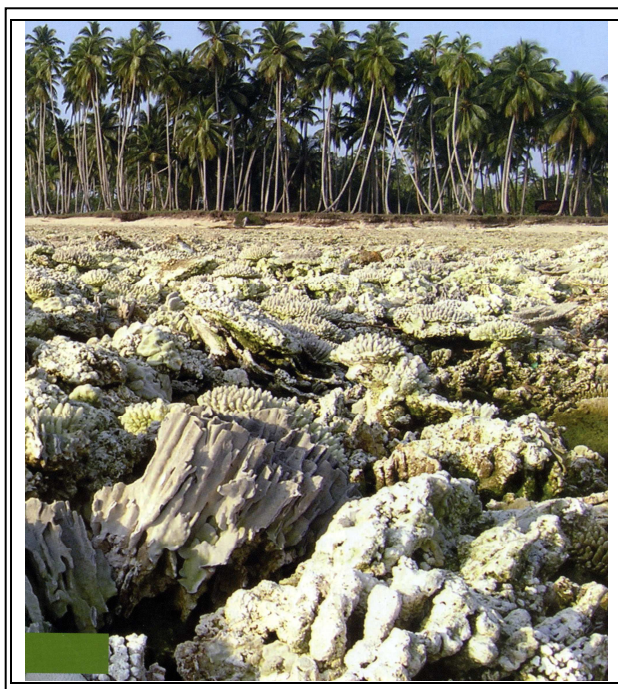
(<ftp://sideshow.jpl.nasa.gov:21/pub/mbh/point/series/6param/BAKO.lat>)



Document 5a : coupes schématiques le long du trait de coupe AB du document 2 les 25, 26 et 27 décembre 2004

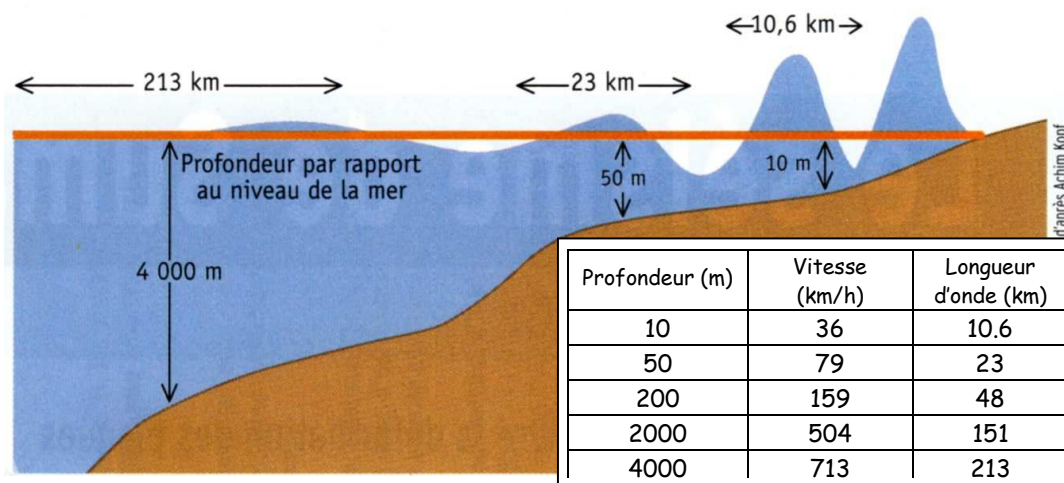
Les échelles ne sont pas respectées sur les schémas ci-dessus.

(D'après http://www.ac-nantes.fr:8080/peda/disc/svt/gps_sismo/sumatra.htm)



Document 5b : photographie de coraux émergés
(Revue « Geology »)

Lors de ce type de séisme, le fond marin se soulève par saccades, il refoule une grande masse d'eau qui s'évacue vers le haut et sur les côtés en formant un tsunami. Le tsunami du 26 décembre 2004 a atteint toutes les côtes de l'Océan Indien dont la Thaïlande et le Sri Lanka.



Document 6 : « des vagues aussi rapides que des avions... »
(Dossier Pour la Science « Les éléments en furie » avril-juin 2006)

Questions

1. Utiliser les données du document 3, pour tracer les vecteurs correspondant aux déplacements au niveau des deux stations GPS « COCO » et « BAKO » de la carte du document 2 à l'aide de l'échelle fournie. Puis, identifier les mouvements relatifs des deux plaques tectoniques.

Remarque : les vecteurs doivent être tracés sur le document 2 à rendre avec la copie.

2. Proposer une interprétation tectonique aux variations de latitude et de longitude entre janvier 2003 et janvier 2005, à partir des informations extraites du document 4,

3. Expliquer la position actuelle des coraux de la photographie 5b, à partir des informations extraites du document 5a.

4. Utiliser les informations extraites de l'ensemble des documents, pour préciser l'origine probable du tsunami.

5. a. A partir des données du tableau du document 6, tracer un graphique exprimant la vitesse de propagation du tsunami en fonction de la profondeur de l'océan.

b. En utilisant ces données graphiques, estimer le temps mis par le tsunami pour atteindre les côtes du Sri Lanka, distantes de 1570 km de l'épicentre du séisme.

6. Expliquer pourquoi ce tsunami atteint les côtes de la Thaïlande, distantes de 500 km en deux heures.

7. Proposer des mesures de prévention afin d'éviter ou du moins limiter ce type de catastrophe humaine.

N° DE CANDIDAT :

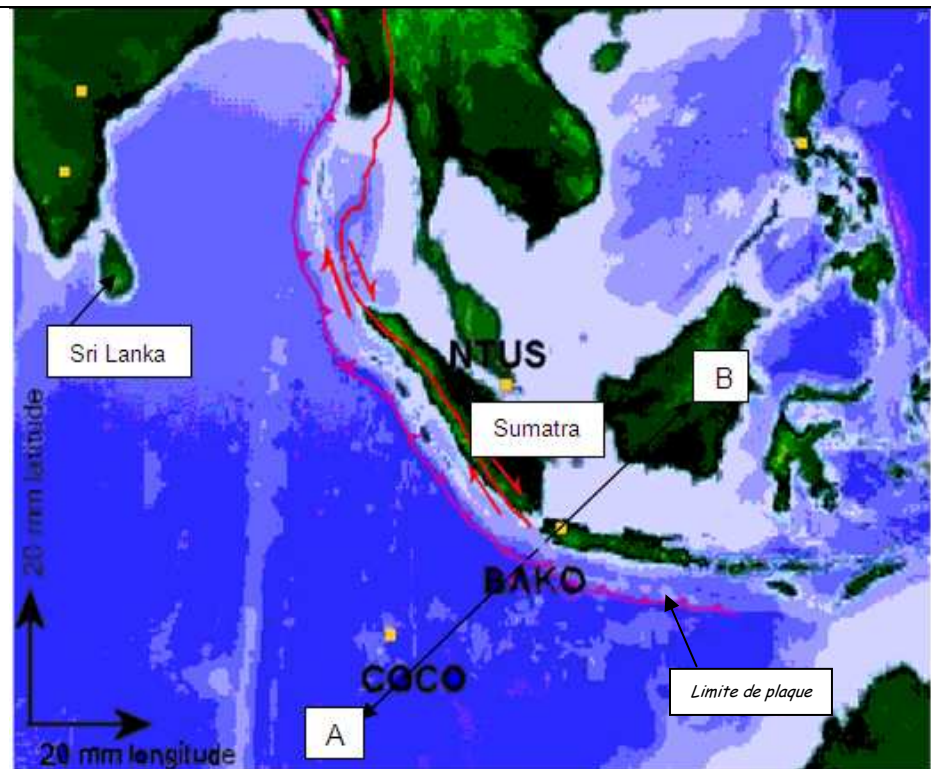
Document à rendre avec la copie

Document 2 :
Carte établie à
partir du logiciel
Tri_GPS.

COCO, BAKO et
NTUS sont
trois stations GPS
dans les environs
de Sumatra :
BAKO est
positionnée à
Cibimong sur l'île
de Java, **NTUS** est
à Singapour sur la
plaque asiatique et
COCO sur les îles
Cocos dans l'océan
indien sur la plaque
indo-australienne.

Des
enregistrements
GPS ont donné,
pour ces trois
stations les
vitesses de
déplacement des
plaques
consignées dans le
tableau du
document 3.

AB matérialise un
trait de coupe.



(D'après http://www.ac-nantes.fr:8080/peda/disc/svt/gps_sismo/sumatra.htm)