

SESSION 2010

# OLYMPIADES ACADEMIQUES DE GEOSCIENCES

ACADEMIES DE  
BORDEAUX, LIMOGES,  
ORLEANS-TOURS  
POITIERS, TOULOUSE,  
VERSAILLES

Durée de l'épreuve : 4h.

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

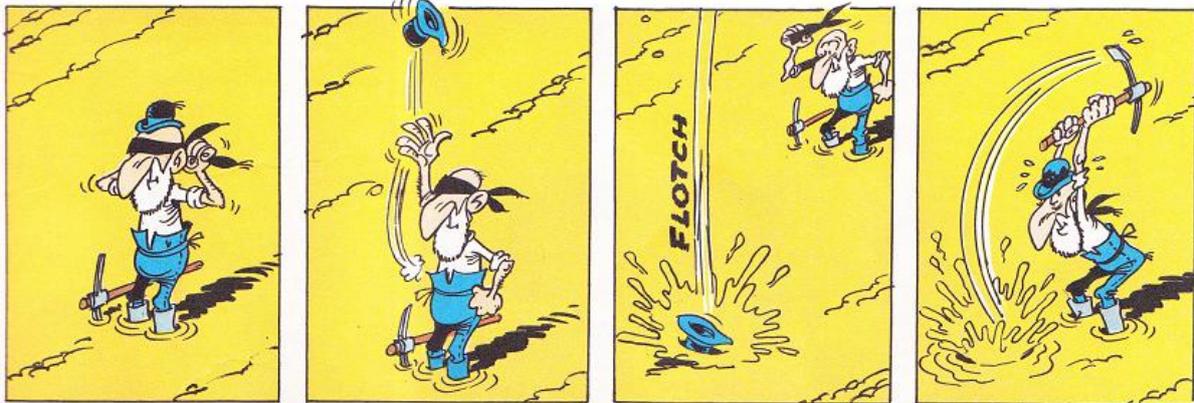
*Il comporte de nombreux documents, mais leur exploitation et les réponses attendues sont courtes.*

*Attention, dans certains exercices, des documents sont à rendre avec votre copie.*

*La calculatrice est autorisée.*

## Exercice 1 : à la recherche du pétrole !

Aux débuts de la prospection en Pennsylvanie en 1860, les méthodes étaient "hautement scientifiques".



(A l'ombre des derricks, Morris, éditions Dupuis, 1997)

Depuis, la consommation de pétrole a augmenté et les gisements les plus facilement exploitables se sont taris. Aussi, la prospection nécessite une bonne connaissance des conditions de formation du pétrole et de très hautes technologies.

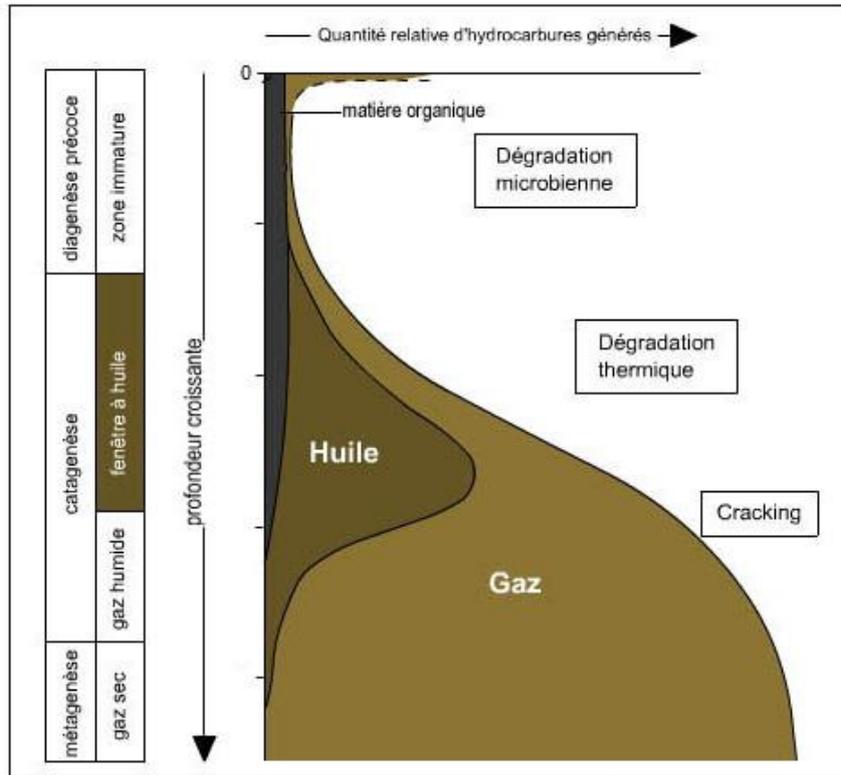
### A FORMATION DU PETROLE A PARTIR D'UNE ROCHE MERE PLANCTONIQUE

Le pétrole est un mélange naturel d'hydrocarbures et de quelques autres composés. Il se forme au sein de bassins sédimentaires par transformation de la matière organique principalement d'origine planctonique, incorporée dans les sédiments. Une des conditions essentielles à la formation de pétrole réside dans l'accumulation d'une importante quantité de matière organique qui doit être enfouie rapidement, afin de limiter les dégradations bactériennes en présence d'oxygène.

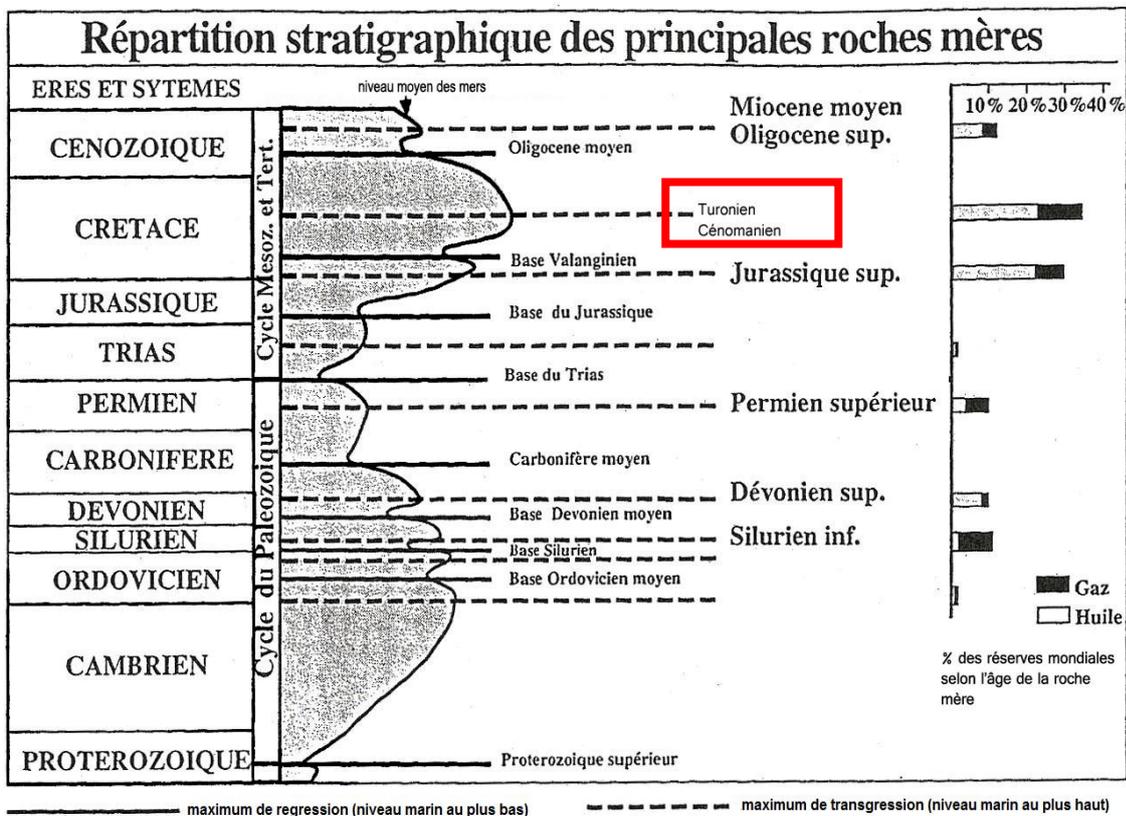
On estime qu'il se dépose en moyenne 50 m de sédiments par million d'années. La température croît au cours de l'enfoncement en moyenne de 3°C tous les 100 m. Cet enfouissement conduit, d'une part à une transformation progressive des sédiments en roches et, d'autre part, à la dégradation thermique des matières organiques en pétrole. La roche dans laquelle se forment les gouttelettes d'hydrocarbures est appelée **roche-mère**.

En langage pétrolier, on appelle "**fenêtre à l'huile**" la fourchette de profondeurs où se forme l'huile, c'est-à-dire le pétrole. Cette huile se forme en moyenne entre 60 et 100°C. Le gaz est produit en grande quantité à partir de 85°C, et au-delà de 130°C, l'huile est détruite.

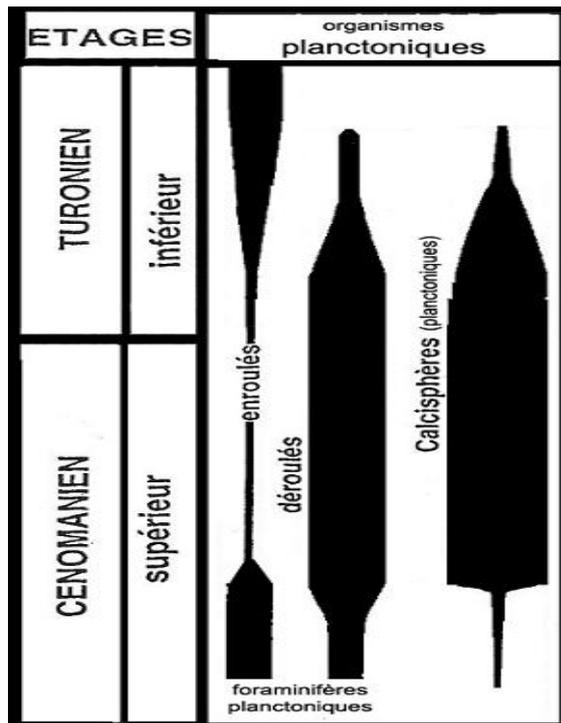
#### Doc.1a : Les conditions de formation du pétrole



Doc.1b : Quantité d'hydrocarbures en fonction de la profondeur (extrait de *La planète Terre*, Caron et al.)



Doc. 2a : Répartition stratigraphique des principales roches-mères dans le monde et variations du niveau marin. (D'après Ulmichek et Klemme, 1991)

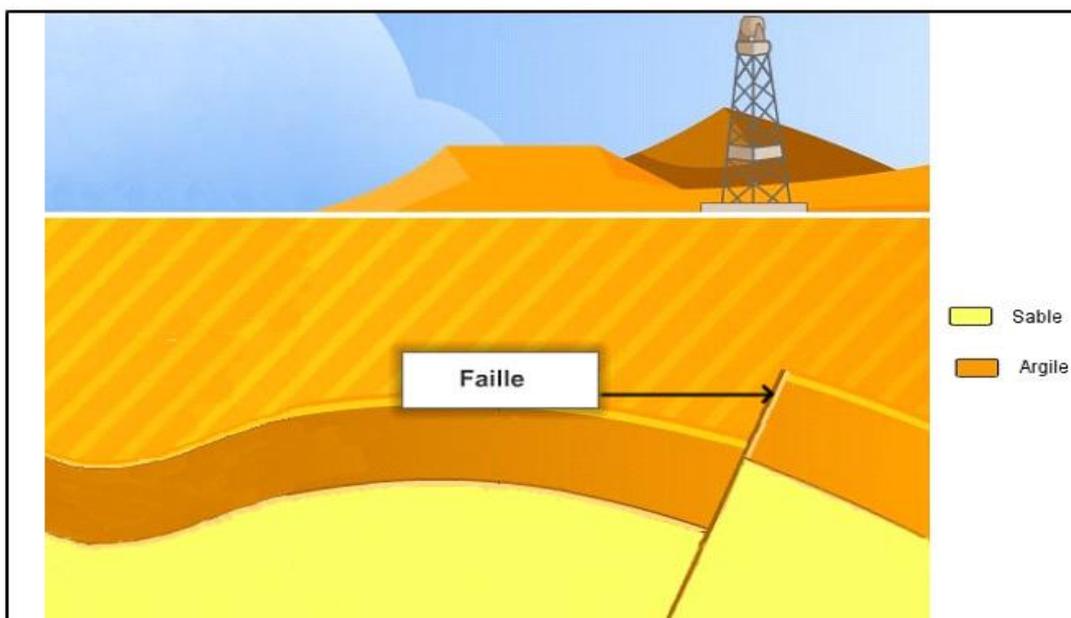


Doc. 2b : Abondance de quelques groupes marins au cours du Cénomanién supérieur et du Turonien inférieur (d'après J. Philip, 1986)

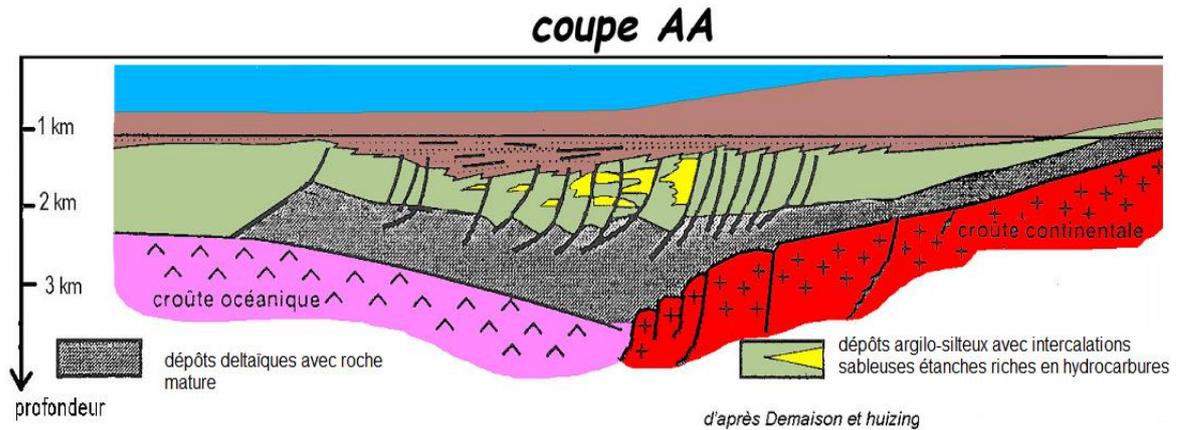
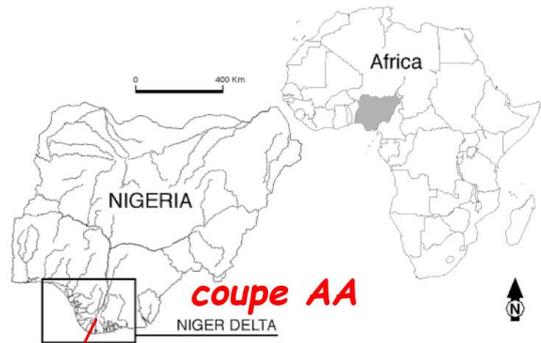
## B MIGRATION ET PIEGEAGE DU PETROLE

Les hydrocarbures nouvellement formés dans la roche-mère sont constitués par des molécules de faible densité. Ils commencent une lente ascension vers la surface. Cette migration ne pourra être stoppée que par la rencontre d'une couche imperméable par exemple, une couche argileuse nommée « couverture ». Les hydrocarbures sont alors piégés dans une roche poreuse (sable, grès, ...) sous-jacente appelée roche-réservoir. Certaines structures tectoniques favorisent le piégeage du pétrole.

Doc.3a : Devenir du pétrole après sa formation.



Doc.3b : Coupe dans une zone d'exploitation de pétrole (à rendre avec la copie).



**Doc. 4 : Champ pétrolier du delta du Niger.**

**C- PROSPECTION PETROLIERE**

Le pétrole est extrait de la roche-réservoir grâce à des forages. Pour implanter les forages, il est nécessaire de connaître précisément la nature des roches du sous-sol. On peut utiliser la technique de la diagraphie qui consiste à faire descendre dans le forage un tube contenant plusieurs appareils de mesures dont le caliper, qui mesure le diamètre et la forme du puits, ainsi qu'un appareil mesurant la polarisation spontanée.

Le diamètre du trou est celui de l'outil de forage	Le diamètre du trou est plus large que celui de l'outil de forage	Le diamètre du trou est plus faible que celui de l'outil de forage
Roche dure	Présence de « trou cavé » : parois éboulées ou dissoutes par la circulation de la boue du forage	Présence de « mud cake » : gâteau de boue : la roche est poreuse, la partie liquide du fluide de forage a envahi la roche, tandis que la partie solide (argile) se colle sur la paroi du trou.
Calcaire massif, calcaire argileux	Argiles récentes, non consolidées	Sable, grés poreux

**Doc.5a : Mesures fournies par le caliper**

**Une des premières diagraphies est le log de polarisation spontanée** (appelée log P.S.) qui enregistre des différences de potentiel électrique dues à des causes naturelles. Ces différences sont mesurées entre une électrode de référence fixe, placée en surface, et une électrode mobile qui parcourt toute la longueur du forage.

Le log P.S. permet :

- de mettre en évidence les strates poreuses et perméables,
- de localiser certains niveaux imperméables,
- de calculer le pourcentage d'argile contenu dans la roche réservoir.

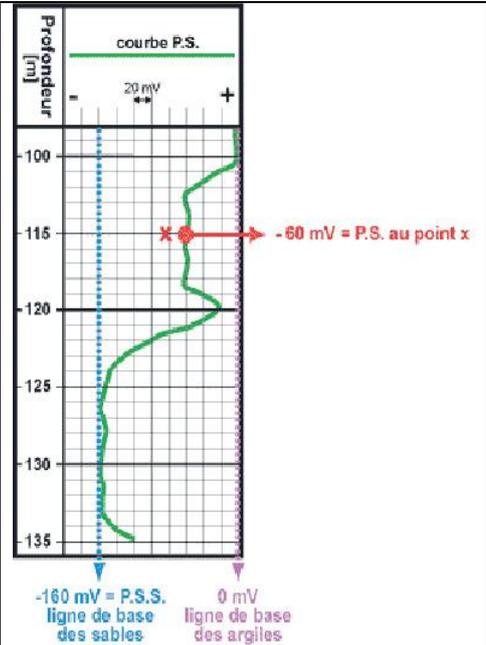
**Détermination de la concentration en argile d'une couche :**

$$V_{sh} = \frac{PSS - PS \text{ au point } x}{PSS} \times 100$$

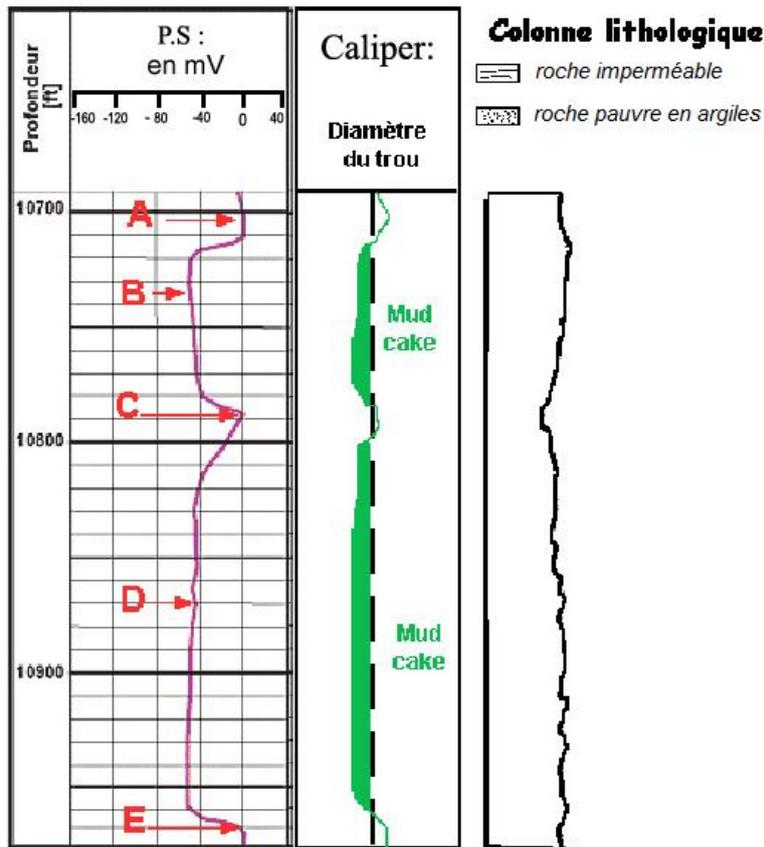
$V_{sh}$  = volume d'argile [en %]

PSS = valeur maximum de la déflexion PS dans l'intervalle considéré, valeur correspondant à la ligne de base des sables [en mV]

PS au point x = valeur de la déflexion PS à la profondeur choisie [en mV]



### Doc.5b : Mesure de polarisation spontanée

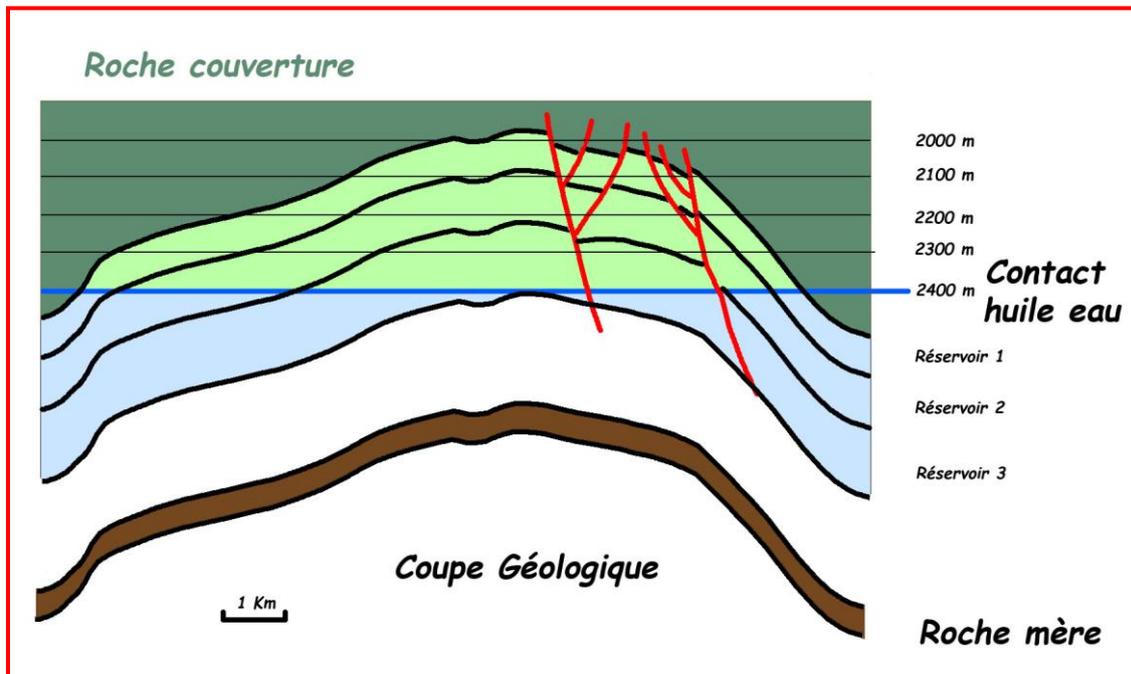


**Doc 5c : Etude d'un sous-sol par diagraphie (log P.S. et caliper) et colonne lithologique associée à ce forage.**

## D- L'EXPLOITATION

On cherche à évaluer combien peut rapporter l'exploitation d'un champ pétrolier. Le pétrole est vendu en barils (un baril = 0,159 m<sup>3</sup>) dont le prix moyen est actuellement de 70 dollars.

Un champ pétrolier est situé dans un anticlinal de 11 km de long par 5 km de large et comprend au dessus d'une roche mère de 25m d'épaisseur, trois niveaux de réservoirs ayant des propriétés physiques différentes



### Doc. 6a : Coupe géologique du champ pétrolier étudié

Les géologues ont calculé le volume de roche poreuse imprégnée dans chacun des ces réservoirs.

- L'étude des carottes d'un puits d'exploration a permis d'estimer la porosité de la roche : volume de vide entre les grains de la roche.
- Des mesures physiques ont permis de connaître la saturation en huile et le coefficient de dégazage : l'huile étant toujours associée avec de l'eau, la saturation en huile représente le pourcentage d'huile dans le fluide contenu dans le réservoir.
- Des calculs ont permis d'évaluer le phénomène de 'Shrinkage' : lors de la remontée vers la surface du fait de la diminution de pression, les gaz dissous dans le pétrole s'échappent (comme lorsque l'on ouvre une bouteille d'eau gazeuse ce qui produit une diminution du volume d'huile (l'estimation de 90 % signifie qu'il y a une perte de volume de 10 %).

	Volume de roche m <sup>3</sup>	Porosité (%)	Saturation en huile (%)	Shrinkage (%)
Réservoir 1	100 000 000	15	95	90
Réservoir 2	85 000 000	20	90	85
Réservoir 3	60 000 000	18	80	80

Enfin, le coefficient de récupération du pétrole lors de l'exploitation est de 50 % dans le réservoir 1, 60% dans le réservoir 2 et 40 % dans le réservoir 3. La densité du pétrole est de 0,8.

**Doc 6b : Caractéristiques des réservoirs de ce champ pétrolier**

**Questions :**

**1) Document 1**

**Calculer les profondeurs de la fenêtre à huile.**

**Déterminer la durée moyenne nécessaire à l'enfouissement de matière organique à 3 000 m de profondeur.**

**2) Documents 1a et 2**

**Préciser les conditions les plus favorables à la formation des roches-mères. Argumenter votre réponse.**

**3) Document**

**Colorer sur le document 3b qui sera rendu avec la copie, les zones où le pétrole peut se trouver piégé.**

**4) Document 4**

**Identifier des caractéristiques géologiques à l'origine du fort potentiel pétrolier du plateau continental du Niger.**

**5) Document 5**

**Exploiter les résultats des deux méthodes de prospection, afin de déterminer les caractéristiques des couches concernées par le forage aux points A, B, C, D, E.**

**Compléter la colonne lithologique en utilisant les figurés fournis et en indiquant les roches susceptibles d'être des roches réservoirs. Ce document sera rendu avec la copie.**

**6) Document 6**

**Calculer le tonnage de pétrole récupérable dans ce champ pétrolier et son équivalent en dollars.**

## EXERCICE 2 : LE GYPSE, UN MINERAL ACTEUR DE L'ENVIRONNEMENT

### Des villes bâties sur du vide

Les Gaulois craignaient que le ciel ne leur tombe sur la tête. Mais, pour plusieurs millions de Français vivant dans le Bassin Parisien, le danger vient d'ailleurs. Il est bien réel et ils ne le savent pas. Le sol risque à tout moment de s'ouvrir sous leurs pieds.

C'est le TGV-Nord qui déraile après l'effondrement d'une galerie souterraine, trois pavillons qui se lézardent et sont évacués à Bourgtheroulde (Eure), une chaussée qui s'ouvre au Mesnil-Aubry (Val-d'Oise) ou un chemin départemental qui manque de disparaître dans un trou à Thorigny-sur-Marne (Seine-et-Marne). Parfois, les conséquences sont plus dramatiques. Le 1er juin 1964, à Issy-les-Moulineaux (Hauts-de-Seine), une vingtaine d'immeubles construits sur d'anciennes carrières souterraines de calcaire s'affaissent, faisant 21 morts, 50 blessés et plus de 200 sinistrés. Le 11 mars 1991, vers 22 heures, un cratère de 30 mètres de diamètre s'ouvre sur la commune de Chanteloup-les-Vignes, dans les Yvelines, et ensevelit deux caravanes. Bilan : un disparu.

En France, 5 000 communes au moins sont menacées d'effondrement. Un casse-tête pour les maires et une angoisse pour les habitants.

*D'après L'Express - Des villes bâties sur du vide - Benhamou Guy, le 24/02/2000*



*Le 16/12/08 – Le Raincy (Seine-Saint-Denis)*

<http://www.raincy-nono.com/article-25862411-6.html>



*Un fontis à Gagny en 1974 (Seine-Saint-Denis)*

*Découverte géologique de Paris et de l'Île-de-France,  
C. Pomerol - Ed. BRGM 1988*

**On cherche à comprendre l'origine géologique des effondrements observés dans le Bassin Parisien.**

## Document 1 - Le gypse, une évaporite

### Document 1a - Conditions et chronologie de formation

Le gypse est un minéral composé de sulfate hydraté de calcium de formule :  $\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$ . C'est aussi le nom que l'on donne à la roche sédimentaire évaporitique correspondante. Les roches évaporitiques (les évaporites) se forment, en milieu littoral, au niveau de lagunes d'eau de mer coupées de la mer. L'eau salée se retrouve piégée temporairement et va alors s'évaporer rapidement. L'eau de mer contient différents ions, dont les éléments Na et Cl qui représentent à eux seuls plus de 85 % de la masse totale (voir tableau). Ces ions forment des minéraux qui précipitent au cours de l'évaporation.

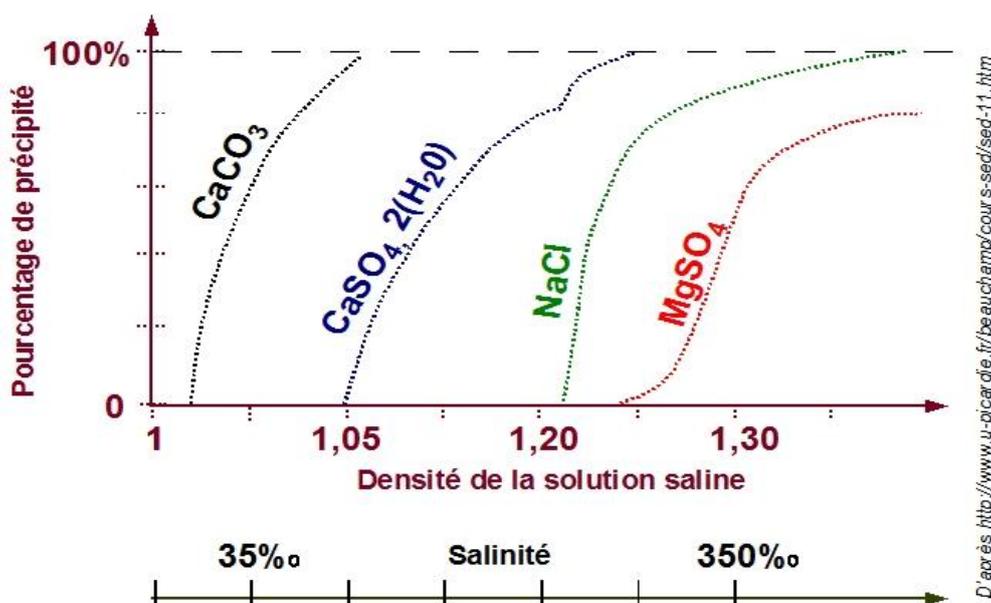
Principaux ions de l'eau de mer			Minéraux déposés par évaporation	
Ions	Charge	Teneur en $\text{g.L}^{-1}$	Nom commun	Formule
Chlorure	$\text{Cl}^-$	19,5	Sel commun	$\text{NaCl}$
Sodium	$\text{Na}^+$	11	Sel commun	$\text{NaCl}$
Sulfate	$\text{SO}_4^{2-}$	2,7	Gypse	$\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$
Magnésium	$\text{Mg}^{2+}$	1,3	Sel d'Epsom	$\text{MgSO}_4$
Calcium	$\text{Ca}^{2+}$	0,45	Gypse et Calcite	$\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$ et $\text{CaCO}_3$

D'après <http://pagesperso-orange.fr/SVT.ocean-indien/>

### Document 1b - Séquence évaporitique

Lors de l'évaporation, le volume de l'eau piégée diminue et les ions forment des minéraux qui précipitent selon un ordre précis qui dépend de la concentration de la solution. Le dernier précipite quand 98% de la solution se sont évaporés. Les minéraux déposés constituent une séquence évaporitique qui traduit l'ordre de formation des différents précipités.

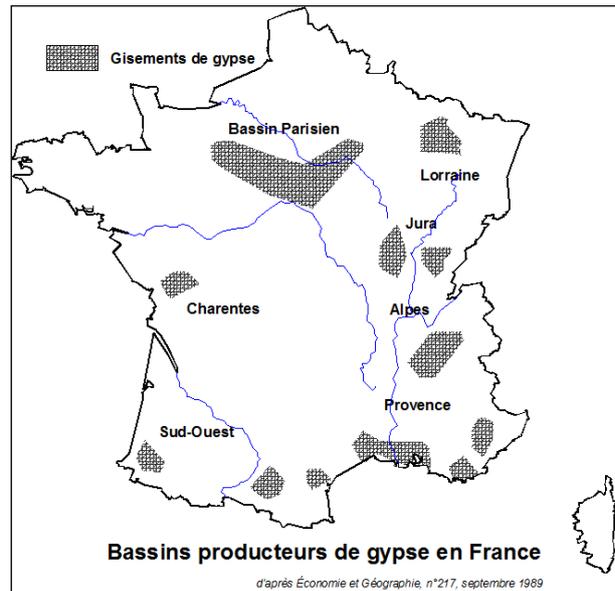
Le graphique ci-dessous représente la quantité de matériaux précipités dans une solution saline en cours d'évaporation en fonction de sa densité, reflet de sa concentration.



## Document 2 - Le gypse de l'Île-de-France

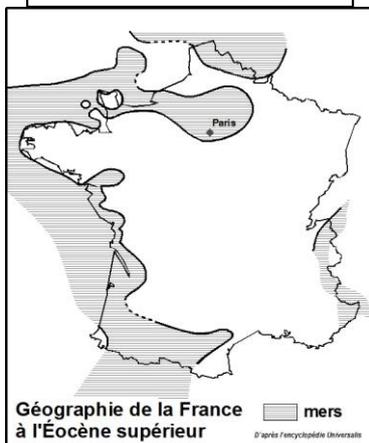
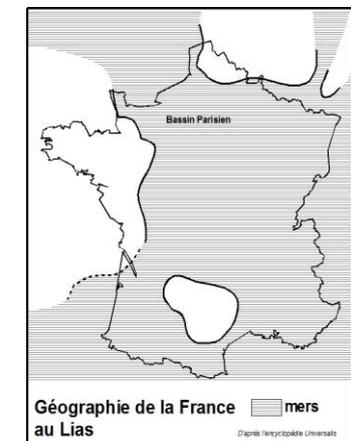
### Document 2a - Les gisements français

La France détient d'importantes réserves de gypse dont 70 % se trouvent dans le Bassin Parisien (ce qui représente 3 400 hectares exploitables). Le gisement est constitué de 3 ou 4 couches successives de gypse séparées par des marnes (argiles calcaires), qui ont protégé le gypse de la dissolution. La couche la plus proche de la surface est la plus épaisse (jusqu'à 21 m), la deuxième couche étant plus mince (environ 7 m). Ces 2 couches sont les seules actuellement exploitées. L'érosion intense du quaternaire n'a laissé subsister que des buttes dans lesquelles sont effectuées les exploitations actuelles. Les réserves exploitables de gypse du Bassin Parisien qui étaient estimées, il y a 25 ans pouvoir durer 100 ans, ne sont plus actuellement que de 30 à 40 ans du fait de l'urbanisation et de la réclamation.



Sources diverses : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Gypse>, <http://ruedeslumieres.morkitu.org>, ...

### Document 2b - Géographie de la France au cours des temps géologiques



Échelle des temps géologiques  
(en millions d'années)

	<b>Quaternaire</b>	
- 1,8 Ma	<b>Cénozoïque</b>	Néogène
		Pliocène
	Paléogène	Miocène
		Oligocène
		Éocène
- 65 Ma	<b>Mésozoïque</b>	Paléocène
		Supérieur
	Crétacé	Inférieur
		Malm
		Jurassique
		Dogger
		Lias

### Document 3 - Le plâtre : du gypse au gypse !

Au XIX<sup>ème</sup> siècle, le gypse est largement exploité dans le nord du Bassin Parisien. C'est à partir de cette époque que de nombreuses carrières souterraines et à ciel ouvert apparaissent. Le « plâtre de Paris », utilisé en construction, acquiert alors sa renommée mondiale. Lors d'un procédé industriel de fabrication, le gypse est transformé en hémihydrate (ou bassanite) et en anhydrite. Le mélange de ces deux éléments constitue alors, après broyage, le plâtre. Lorsqu'il est additionné d'eau, ce mélange fait prise en cristallisant sous forme de fines baguettes enchevêtrées de gypse... En fait, la fabrication du plâtre n'est autre qu'une transformation du gypse pour redonner du gypse.

Composition d'un plâtre pour enduits		
Hémi-hydrate	CaSO <sub>4</sub> , 1/2(H <sub>2</sub> O)	72%
Anhydrite	CaSO <sub>4</sub>	18%
Calcite	CaCO <sub>3</sub>	7%
Argile et silice		2%
Magnésite	MgCO <sub>3</sub>	1%
Adjuvants		<1%

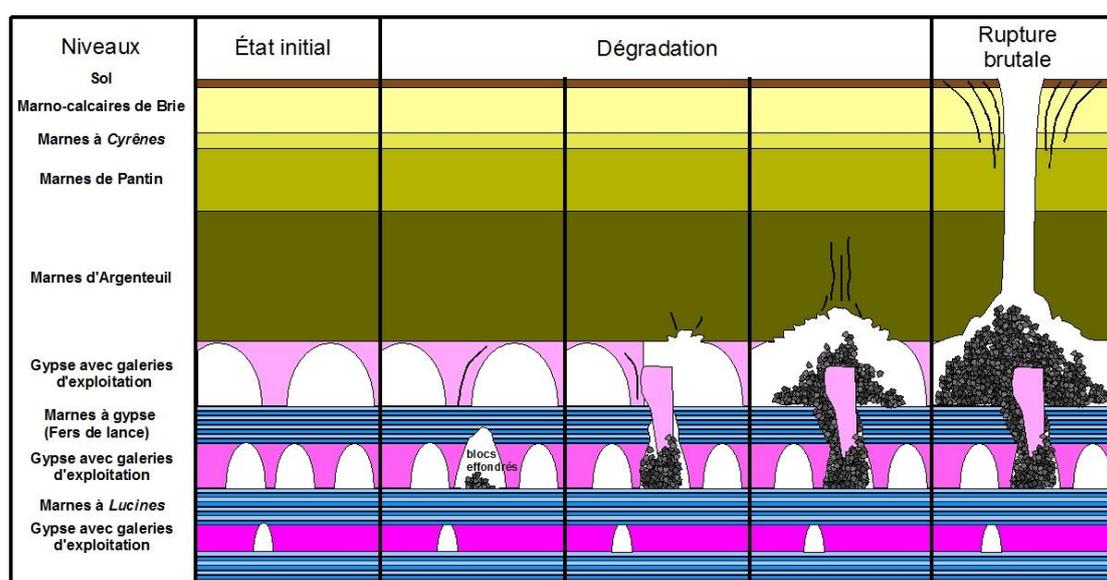
*D'après : Les évaporites : matériaux singuliers, milieux extrêmes JM Rouchy et MM Blanc-Valleron*

*D'après  
Le bulletin de l'union des physiciens  
vol. 91 – Janvier 1997*

### Document 4 – Formation de fontis

Un fontis correspond à un effondrement du sol en surface provoqué par la dégradation progressive des terrains sous-jacents à partir d'une cavité souterraine naturelle ou créée par l'Homme. Le gypse est une roche qui est propice à la formation des fontis. Les cavités sont à l'origine de l'instabilité des terrains situés au-dessus du gypse. Ces effondrements peuvent être provoqués par la rupture brutale de cavités d'anciennes carrières abandonnées. En surface, la stabilité des ouvrages est alors compromise, qu'il s'agisse de constructions en milieu urbain, d'aménagements routiers ou ferroviaires.

Schématisation des étapes de formation d'un fontis (exemple du sous-sol du Bassin Parisien)



*D'après <http://www.seine-saint-denis.pref.gouv.fr/>*

Questions à partir des informations apportées par, :

1. le document 1a :

- retrouver la succession des événements amenant à la formation d'une évaporite ;
- compléter le document annexe 1 (page 14) afin de schématiser la formation d'une évaporite

2. le tableau du document 1a et le graphique du document 1b :

- représenter, dans la colonne du document annexe 2 (en dernière page de l'exercice), une séquence évaporitique complète en respectant l'ordre des dépôts et en estimant leur épaisseur relative ;
- argumenter la réponse.

3. l'ensemble du document 2 : reconstituer les conditions de formation du gypse exploité dans le Bassin Parisien et proposer une époque compatible avec ce dépôt.

4. le document 3 : proposer un procédé simple permettant d'obtenir de la poudre de plâtre à partir du gypse.

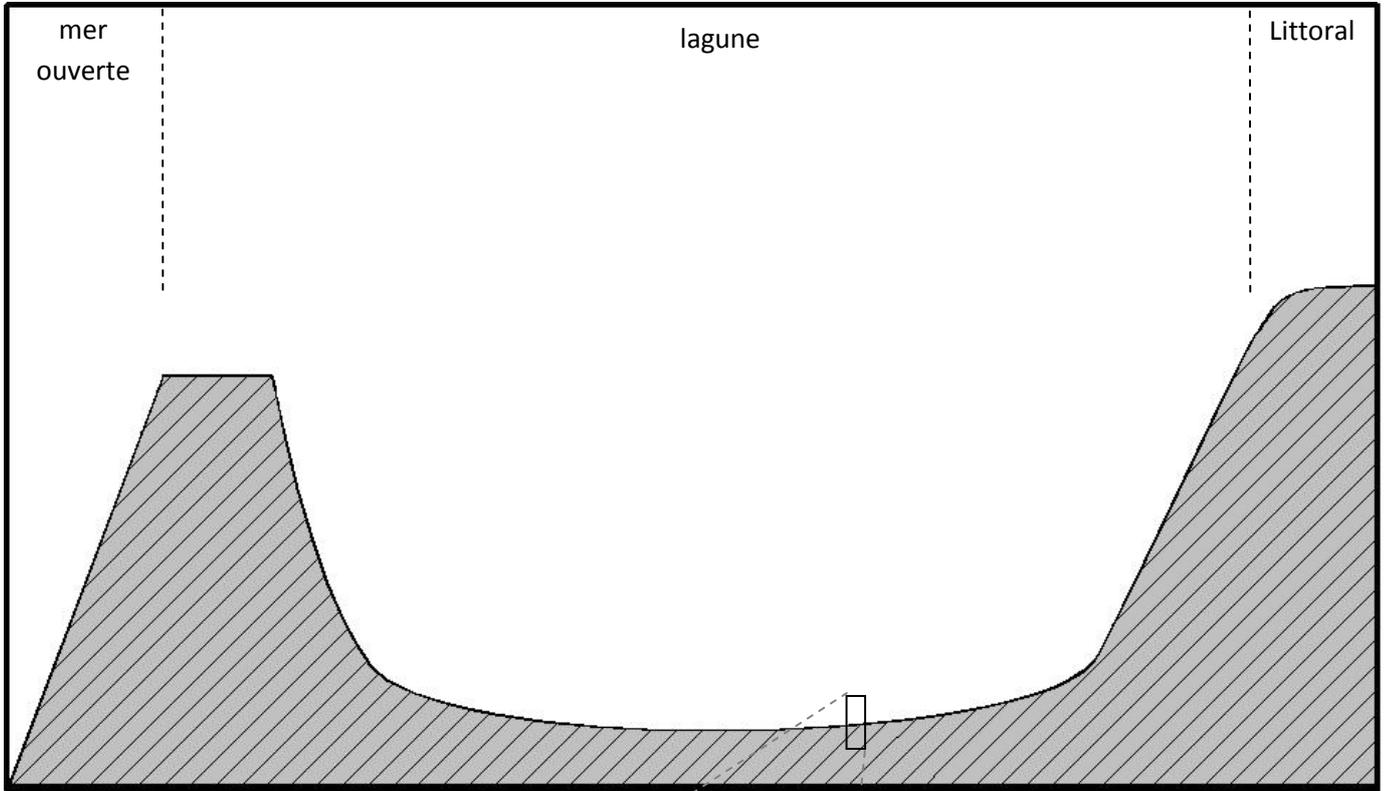
5. le document 4 : donner les raisons géologiques expliquant que le Bassin Parisien connaît de nombreux effondrements de terrains. Proposer une solution envisageable pour prévenir ces risques.

>> Documents annexes à compléter et à rendre avec la copie <<

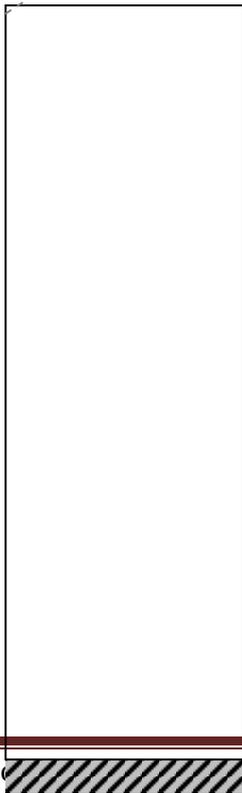
NOM :

Prénom :

Document annexe 1



Document annexe 2

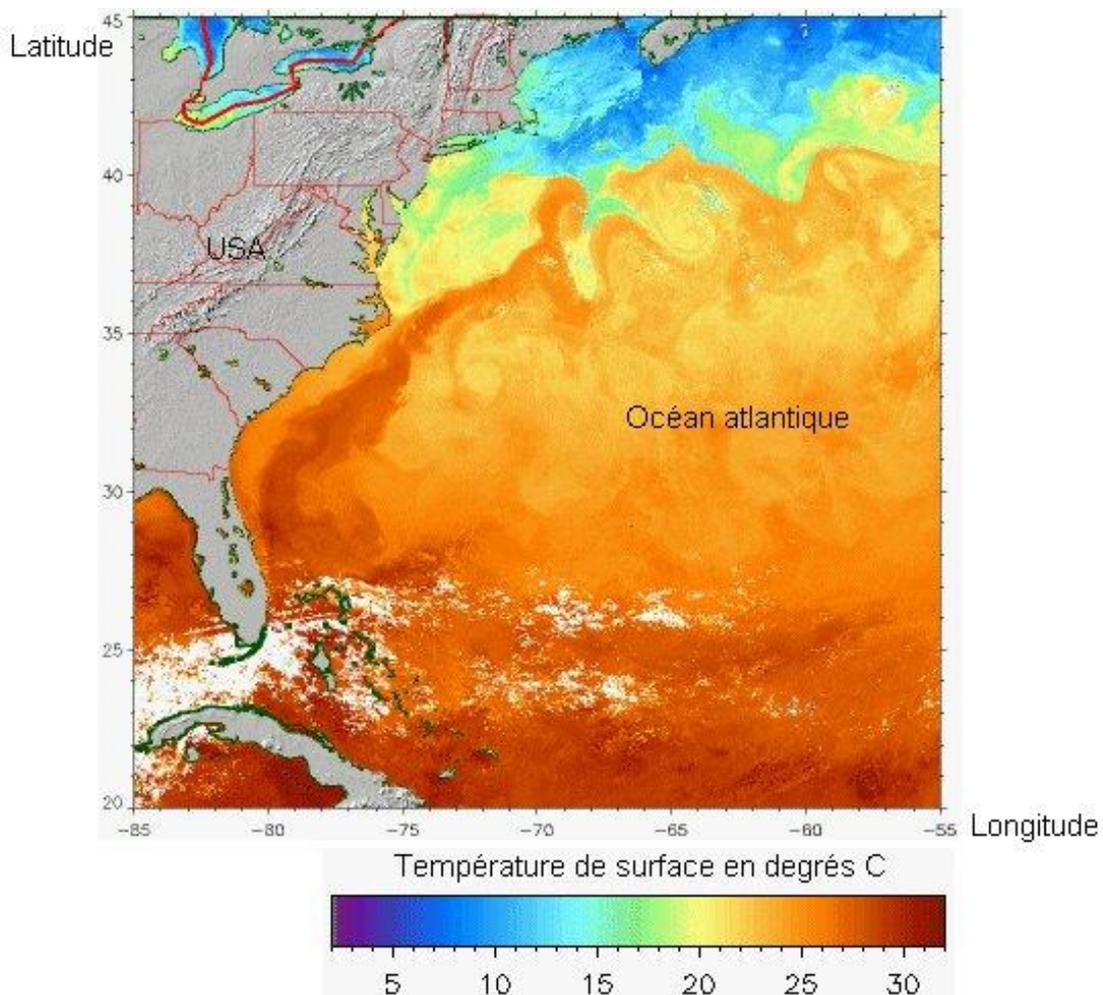


## Exercice 3 : un réchauffement global peut-il refroidir l'Europe ?

Le Gulf Stream est le principal système de courants de l'Atlantique occidental. Formé à l'Est de la Floride par la réunion de plusieurs masses d'eaux issues du Golfe du Mexique, il se divise rapidement en plusieurs segments, aux tracés sinueux, variant en latitude et dirigés vers l'est et le nord-est.

### 1 Quelques caractéristiques du Gulf Stream

**Document 1a** : image d'un satellite NOAA traduisant la température de surface de la mer. Les rayonnements captés se situent dans les longueurs d'onde de l'infrarouge thermique et les données acquises sont converties en températures. Les images présentées résultent de compilations d'images acquises pendant trois jours (du 26 au 28 mai 2006), ce qui permet d'éliminer presque tous les nuages (sauf ceux qui apparaissent en blanc sur l'image).



Copyright © 2006 by the Ocean Remote Sensing Group, Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory

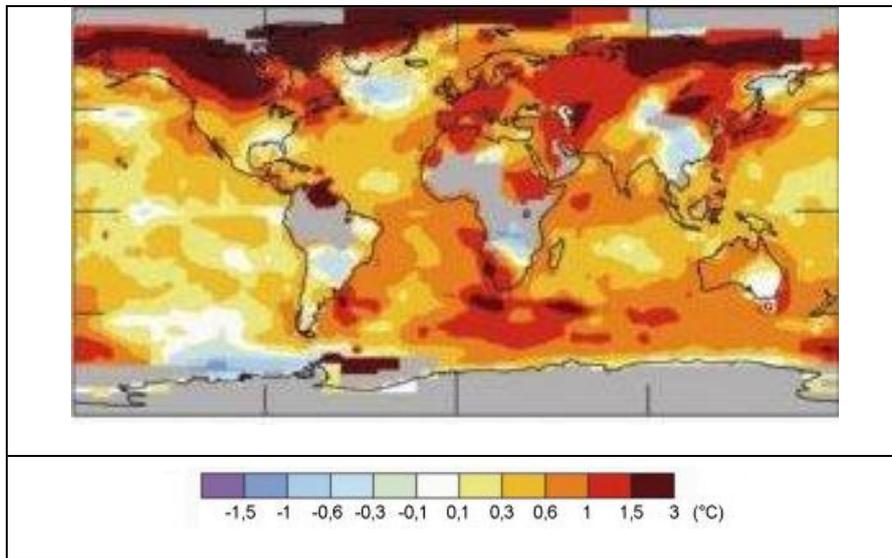
**Document 1b** : le Gulf Stream circule sur une hauteur de 500 m et sa vitesse moyenne est de  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Le débit d'un courant s'exprime en Sverdrup.  $1 \text{ Sv} = 1 \text{ million de } \text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ .

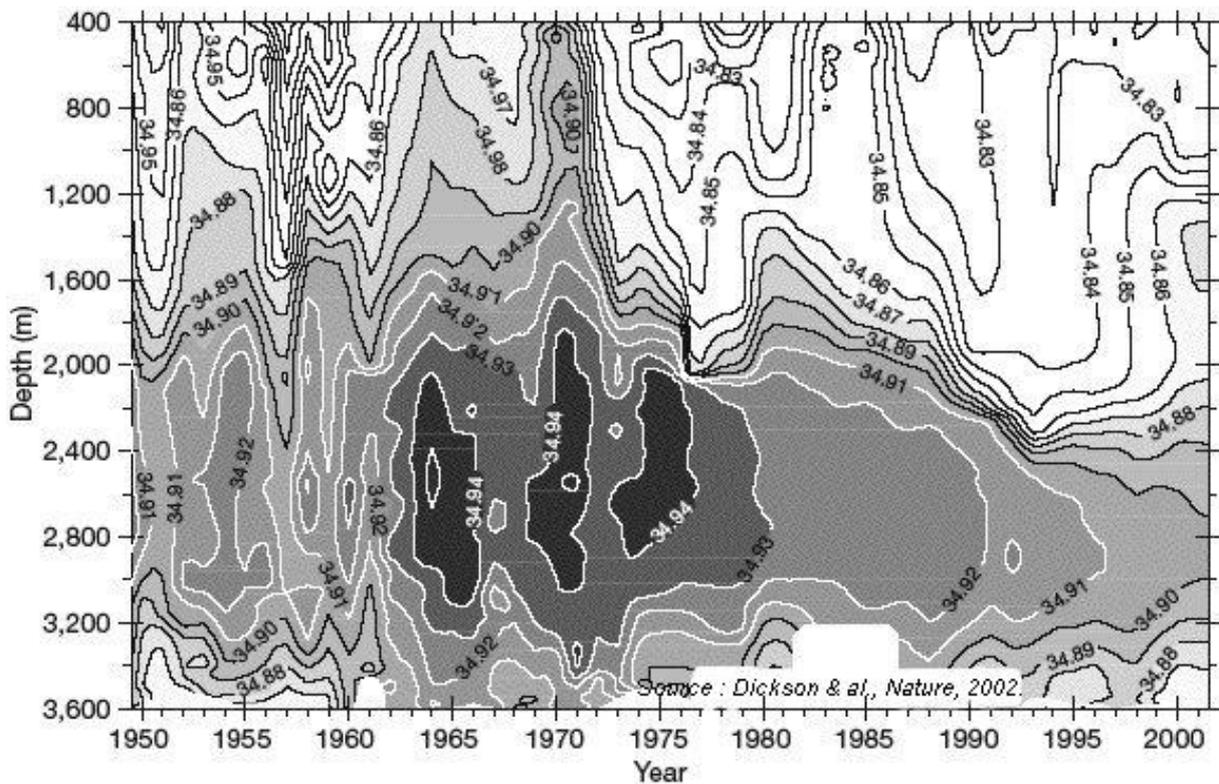


### 3 Evolution des courants dans le temps

Document 3a : l'augmentation de la température de surface dans le monde entre 1880 et 2003. (<http://www.insu.cnrs.fr/a3132,pollution-arctique.html>)



Document 3b : Salinité (exprimée en  $\text{g.L}^{-1}$ ) de l'eau de la partie centrale de la mer du Labrador, en fonction de la profondeur (axe vertical) et du temps (axe horizontal).



**Document 3c** : Harry Bryden et ses collaborateurs ont mesuré le débit de l'eau à partir de données collectées à intervalles réguliers depuis une cinquantaine d'années sur la section de l'Atlantique située à 25° de latitude Nord. Les courants cités sont référencés sur le document 2a.

**Débit d'eau mesuré le long du parallèle 25°N en fonction de la profondeur**

	1957	1981	1992	1998	2004
<b>Profondeur inférieure à 1 000 m</b>					
<b>Gulf stream (courant 1)</b>	+35.6	+35.6	+35.6	+37.6	+37.6
<b>Boucle subtropicale (courant 2)</b>	-12.7	-16.9	-16.2	-21.5	-22.8
<b>Bilan calculé pour les profondeurs inférieures à 1000 m (courant 3)</b>	+22.9	+18.7	+19.4	+16.1	+14.8
<b>De 1 000 à 3 000 m</b>	-10.5	-9.0	-10.2	-12.2	-10.4
<b>De 3 000 à 5 000 m (courant 4)</b>	-14.8	-11.8	-10.4	-6.1	-6.9
<b>Profondeur supérieure à 5000 m</b>	+2.4	+2.1	+1.2	+2.2	+2.5

(d'après Nature, vol. 438, 1 dec 2005, 655-657)

Les valeurs sont données en Sverdrup. Les valeurs positives indiquent un mouvement vers le nord et les valeurs négatives vers le sud.

Le débit dans la branche nord-atlantique (3) est égale au débit du Gulf Stream (1) moins le débit dans la boucle sub-tropicale (2)

**4 Les enseignements du passé**

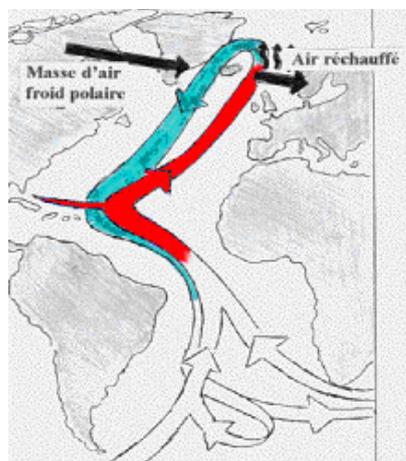
**Document 4a : "le petit âge glaciaire"** ( D'après La Recherche n° 405 Février 2007)

L'Europe a connu entre 1200 et 1850 un climat particulièrement rude. Pendant ce petit âge dit glaciaire, il y aurait eu un ralentissement des grands courants de l'Atlantique Nord. On pense actuellement qu'il peut y avoir un lien entre l'évolution des courants et celle du climat.

**Document 4b : Effet du Gulf Stream sur le climat.**

Le Gulf Stream aujourd'hui

<http://www.manicore.com>



## QUESTIONS

A partir des informations extraites,

1- du document 1 :

- calculer en km, la largeur de la zone la plus chaude (supérieure à 30°C) du Gulf Stream à 30° de latitude nord, sachant qu'à cette latitude, 1 degré de longitude vaut  $111 \cdot \cos 30^\circ$  soit 96 km.
- calculer en sverdrup le débit du Gulf Stream à la même latitude.

2- des documents 3a et 3b :

- décrire puis expliquer l'évolution globale de la salinité à 1 000 m de profondeur.

3- du document 3c :

- décrire l'évolution des débits des courants de l'Atlantique Nord au-dessus du 45<sup>ème</sup> parallèle Nord.

4- des documents 4a et 4b :

- expliquer le refroidissement pendant le petit âge glaciaire.

5- du document 2 et de toutes les informations précédentes :

- expliquer pourquoi le réchauffement de la planète pourrait paradoxalement provoquer à l'avenir un refroidissement du climat en Europe.

## Exercice 4 : La surveillance d'un volcan actif, le Piton de la Fournaise

Le Piton de la Fournaise est un volcan actif situé sur l'île de la Réunion. C'est probablement le volcan qui présente le plus grand nombre d'éruptions par an dans le monde. Vingt-sept éruptions ont eu lieu entre 1998 et 2007 et on a observé sur un siècle, en moyenne une phase éruptive tous les neuf mois.

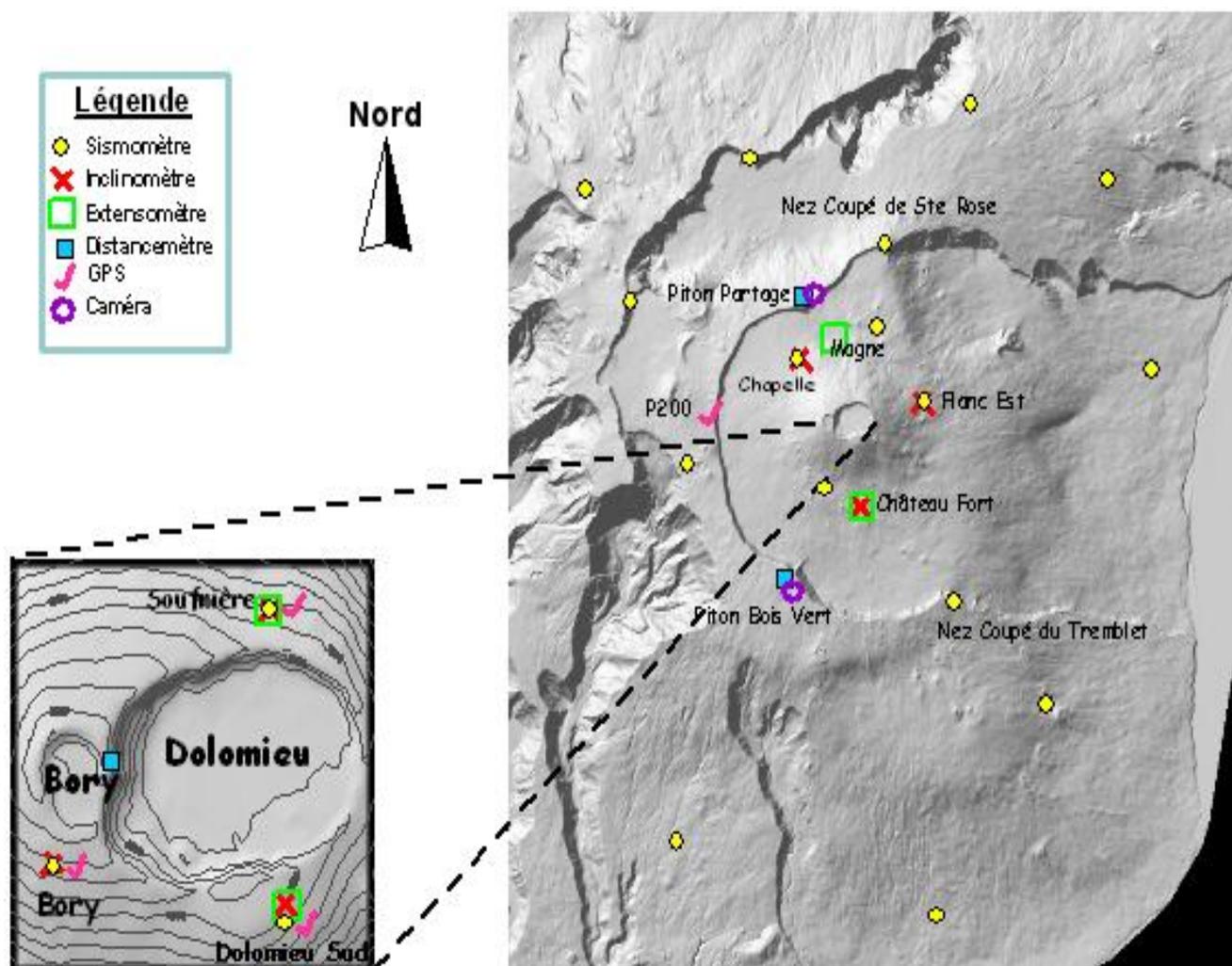


**Localisation du Piton de la Fournaise et manifestations d'une éruption**  
(le cadre indique la zone agrandie sur les documents 1 et 5).

L'Observatoire Volcanologique du Piton de La Fournaise a été créé à la suite de l'éruption de 1977 qui avait partiellement détruit le village de Piton Sainte Rose. Il a deux objectifs : la recherche sur le fonctionnement des volcans et la surveillance 24 heures sur 24 de l'activité du Piton de la Fournaise.

**Engagé(e) en tant que scientifique responsable de l'Observatoire, vous êtes missionné(e) pour justifier le dispositif mis en place et fournir un avis aux autorités civiles au sujet du plan de prévention des éruptions volcaniques.**

Document 1 : Les réseaux de surveillance du Piton de la Fournaise.



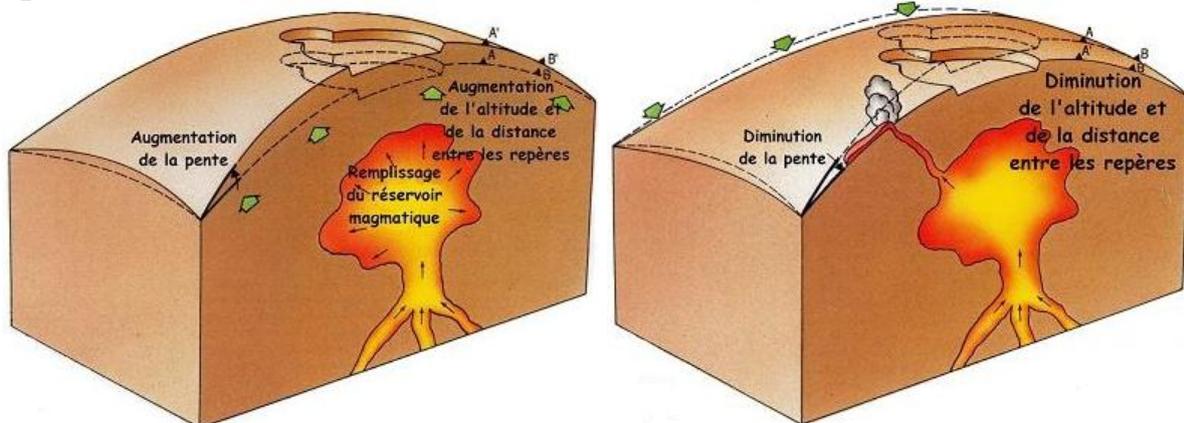
Extrait de : [http://www.ipgp.fr/pictures\\_lib/1087.jpg](http://www.ipgp.fr/pictures_lib/1087.jpg)

Instrument	Elément détecté / mesuré
Sismomètre	Ondes sismiques
Inclinomètre	Modification de la pente sur les flancs du volcan
Extensomètre	Ecartement entre les bords d'une fissure
Distancemètre	Variation de la distance entre 2 points sur le volcan
GPS	Position d'un point (déterminée grâce à un réseau de satellites)
Caméra	Aspect du volcan

Les réseaux fonctionnent en continu, 24h/24 et 365 jours par an. Le bon fonctionnement des réseaux est vérifié tous les jours par le personnel de l'observatoire. L'ensemble des données collectées est dépouillé chaque jour.

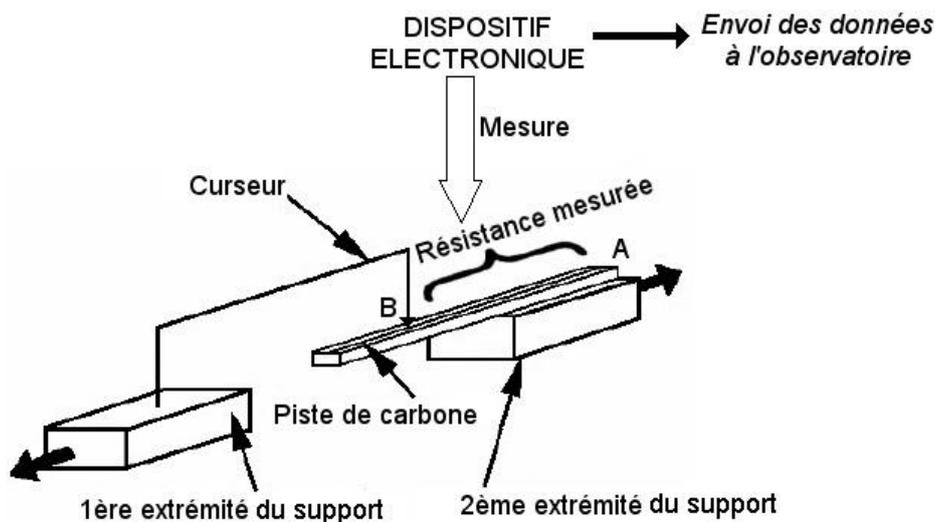
## Document 2 : Des modifications possibles d'un volcan avant une éruption.

La poussée du magma provoque un gonflement du volcan (à gauche). Après l'éruption, la déformation disparaît généralement (à droite). Le gonflement du volcan s'accompagne également de l'ouverture de nouvelles fissures et d'un écartement des fissures existantes.



Extrait de : <http://www.ipgp.fr/pages/0303090202.php>

## Document 3 : Principe de fonctionnement d'un instrument utilisé à l'observatoire.



Cet instrument utilise une piste en carbone et un curseur qui sont fixés de part et d'autre du support et qui sont mobiles l'un par rapport à l'autre. Il comporte un dispositif électronique qui mesure les variations de la résistance électrique entre le curseur (point B) et l'une des extrémités de la piste de carbone (point A), comme représenté sur le schéma ci-dessus.

La résistance électrique croît avec la longueur de la portion AB de la piste de carbone. Les variations de la position du curseur peuvent ainsi être connues avec une précision de l'ordre du centième de millimètre.

Extrait de : plaquette « Les instruments de surveillance du Piton de la Fournaise » publiée sur le site de l'OVPF.

**Document 4 : Données enregistrées par le réseau de surveillance avant et pendant les éruptions du 20/07/2006 et du 21/09/2008.**

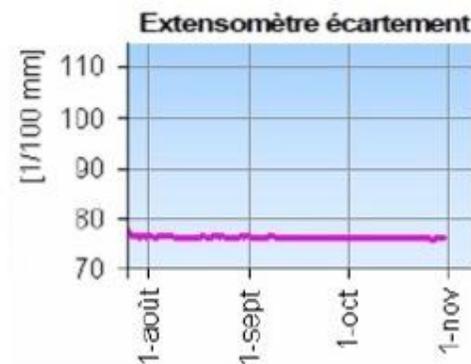
Eruption du 20/07/2006 – Extrait de : *Bulletin OVPF janvier 2007.*

Eruption du 21/09/2008 – Extrait de : *Bulletin OVPF sept. – oct. 2008.*

Nombre total journalier de séismes (en rouge) enregistrés par le réseau de sismomètres lors des deux éruptions (en bleu : crises sismiques) :



Exemples d'écartements mesurés au niveau d'un extensomètre:



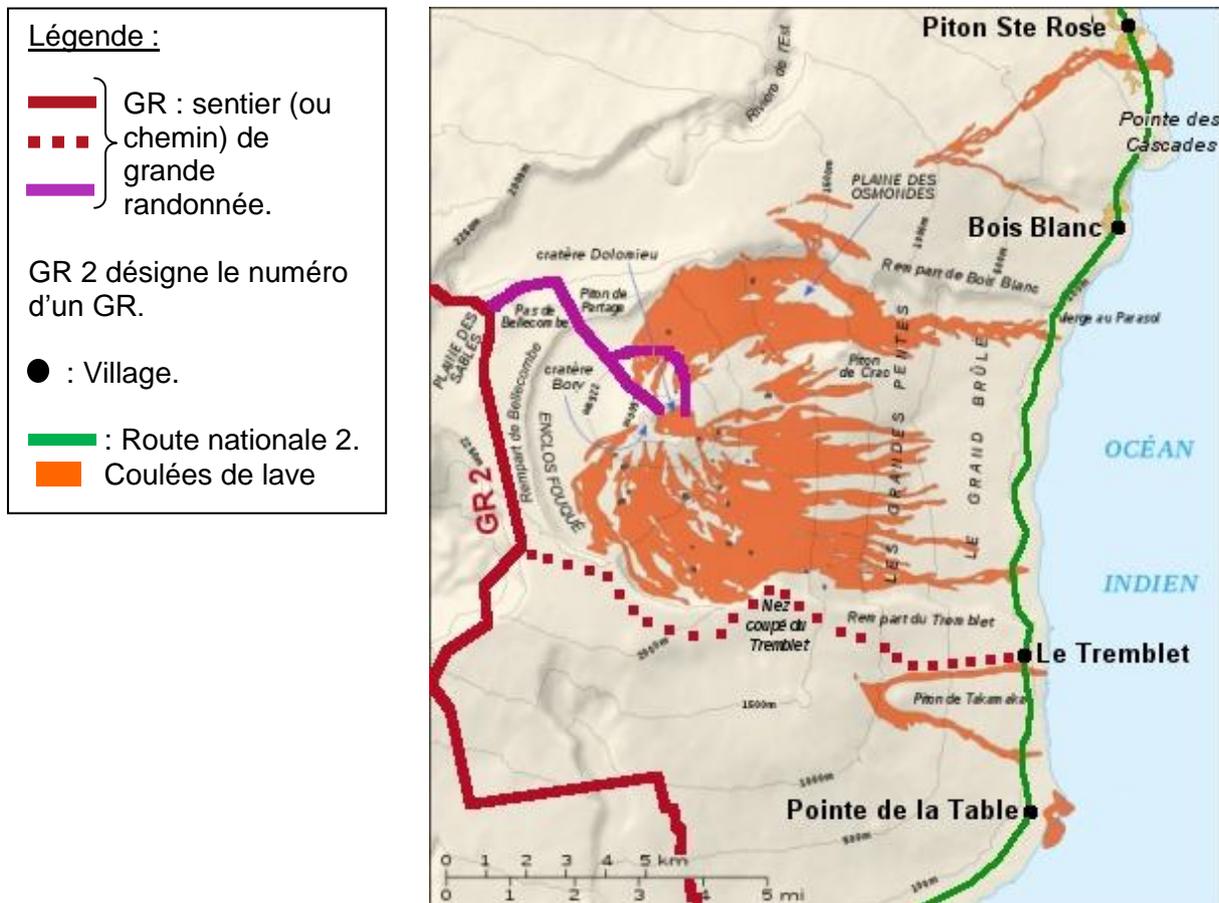
Peu de variations ont été observées au niveau des inclinomètres. Lors de l'ouverture des fissures éruptives, des déformations de 21 cm vers l'est ont été enregistrées par le GPS DSRG « Dolomieu Sud », et de 6 à 7 cm vers le NNE par le GPS SNEG « Soufrière ». La station BORG « Bory », pourtant très proche de l'éruption, n'a vu que de très faibles mouvements.

Aucune variation n'a été enregistrée au niveau des inclinomètres. Aucun signe de déformation pré-éruptive n'est venu du réseau de stations GPS situées sur le volcan

## Document 5 : Coulées récentes du Piton de la Fournaise et infrastructures de l'île de la Réunion.

Les éruptions du Piton de la Fournaise se manifestent par des coulées de lave. Des éboulements peuvent survenir au niveau du cratère pendant ou après les éruptions.

La carte ci-dessous montre l'emplacement des coulées de lave émises lors des éruptions entre 1972 et 1992 ainsi que les infrastructures présentes sur l'île.



Extrait de : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Piton\\_de\\_la\\_Fournaise](http://fr.wikipedia.org/wiki/Piton_de_la_Fournaise) (modifié).

### Questions :

1. En reliant les informations des documents 1 et 2, montrer que le dispositif actuel de surveillance du Piton de la Fournaise est pertinent.
2. Indiquer, en le justifiant, si l'instrument du document 3 est un inclinomètre, un extensomètre ou un sismomètre.
3. Expliquer, à partir des informations du document 4, pourquoi il est difficile d'identifier de façon certaine l'entrée dans une période pré-éruptive.
4. A partir des informations du document 5 :
  - a. citer les infrastructures affectées par les éruptions volcaniques passées.
  - b. proposer un ensemble de mesures visant à protéger la population en cas d'une nouvelle éruption.