

**SESSION 2010**

**ACADEMIES  
D'AIX-MARSEILLE,  
CLERMONT-FERRAND,  
GRENOBLE, LYON  
MONTPELLIER, NICE**

**Durée de l'épreuve : 4h.**

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

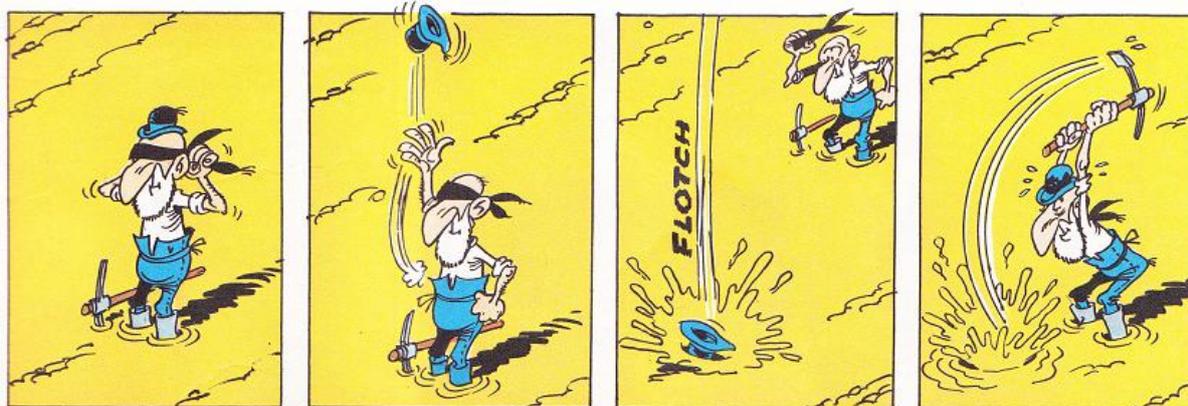
*Il comporte de nombreux documents, mais leur exploitation et les réponses attendues sont courtes.*

*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.

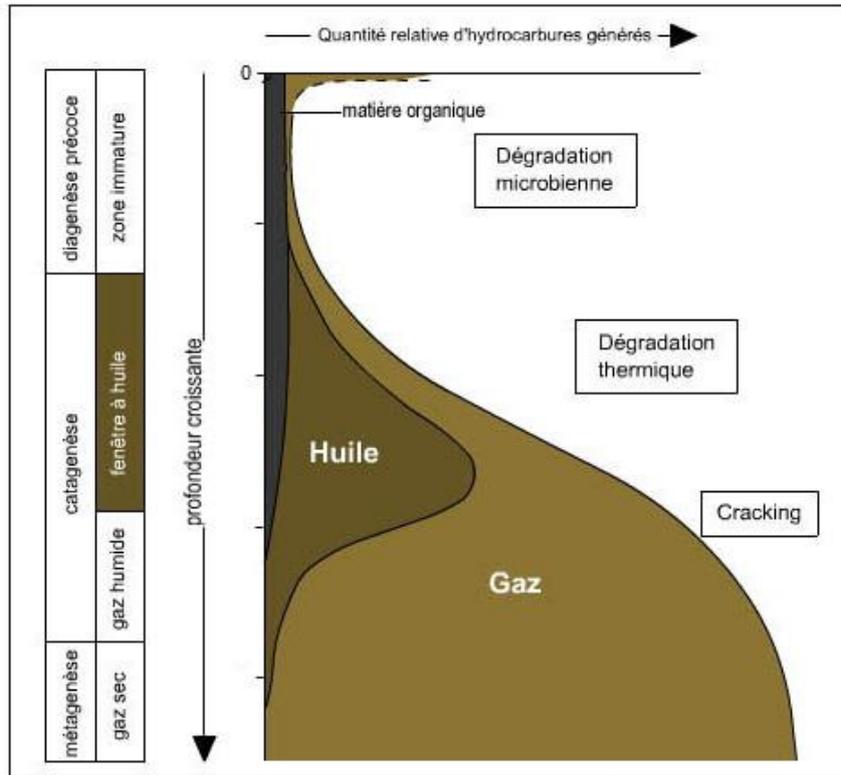
### A FORMATION DU PETROLE A PARTIR D'UNE ROCHE MERE PLANCTONIQUE

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.

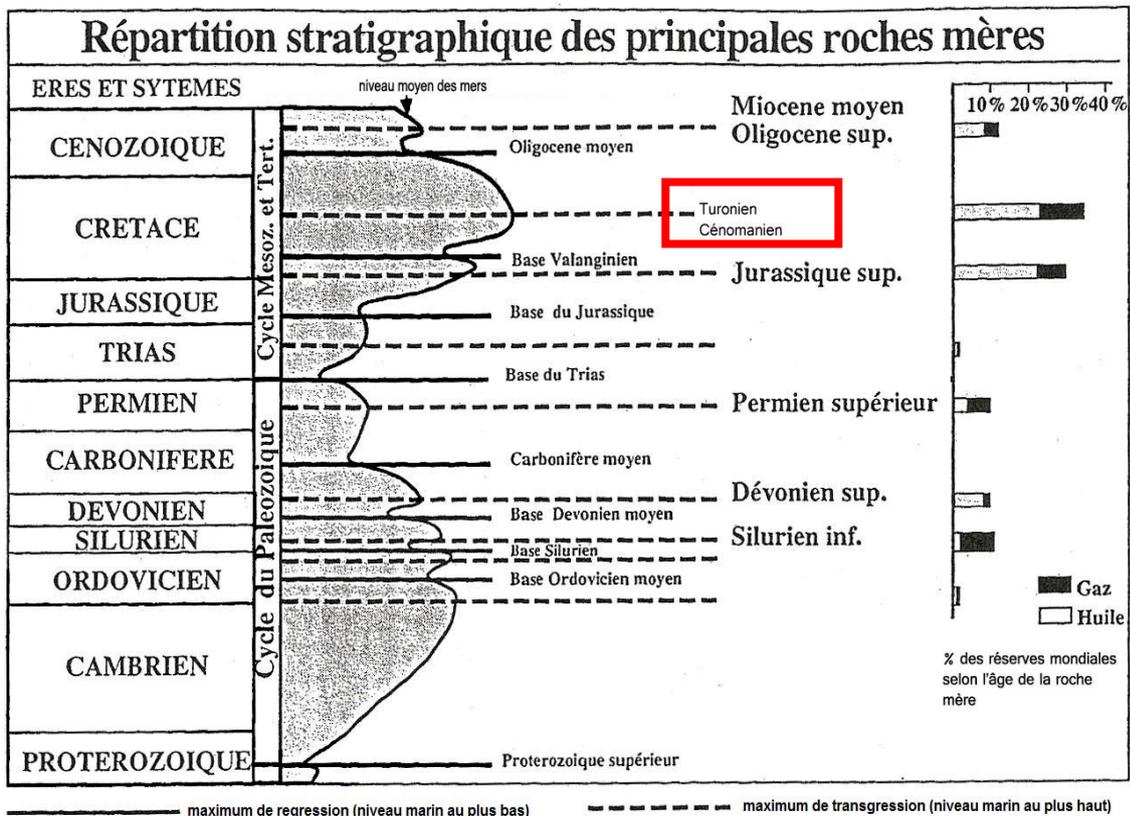
On estime qu'il se dépose en moyenne 50 m de sédiments par million d'années. La température croît au cours de l'enfoncement en moyenne de 3°C tous les 100 m. Cet enfouissement conduit, d'une part à une transformation progressive des sédiments en roches et, d'autre part, à la dégradation thermique des 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.

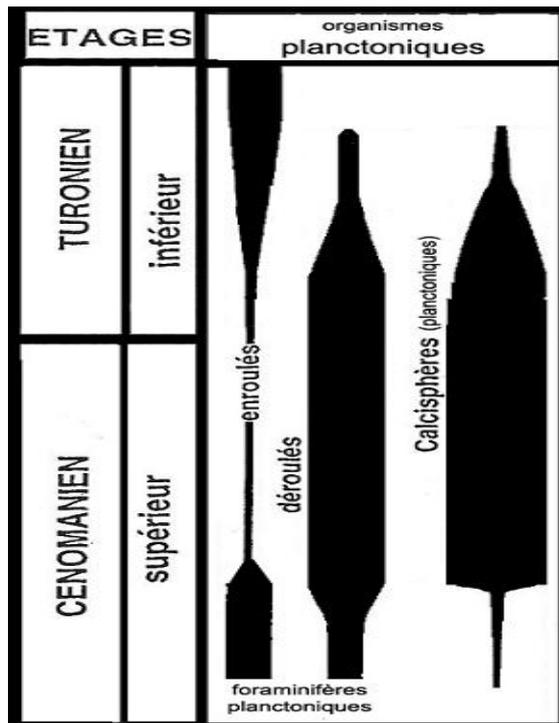
**Doc.1a : Les conditions de formation du pétrole**



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)

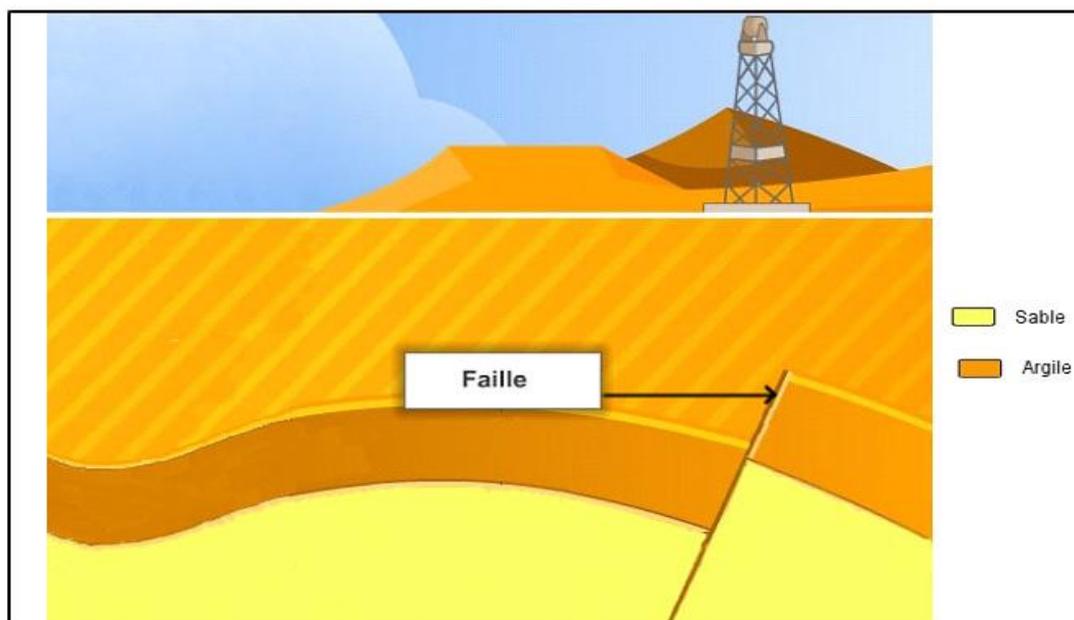


Doc. 2b : Abondance de quelques groupes marins au cours du Cénomanién supérieur et du Turonien inférieur (d'après J. Philip, 1986)

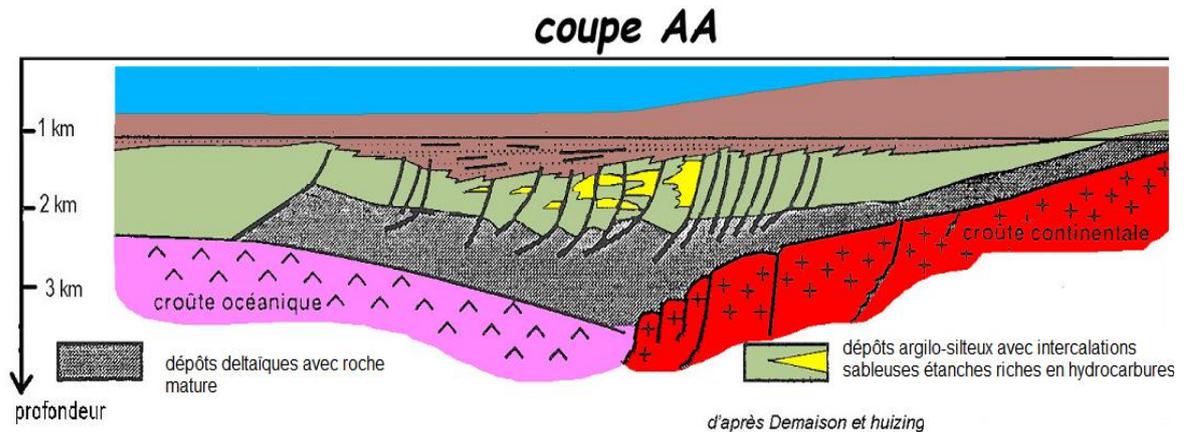
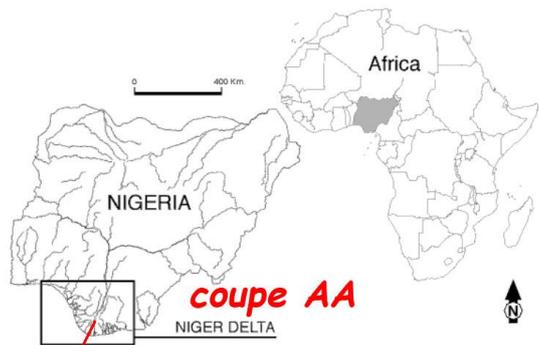
## B MIGRATION ET PIEGEAGE DU PETROLE

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, grès 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.

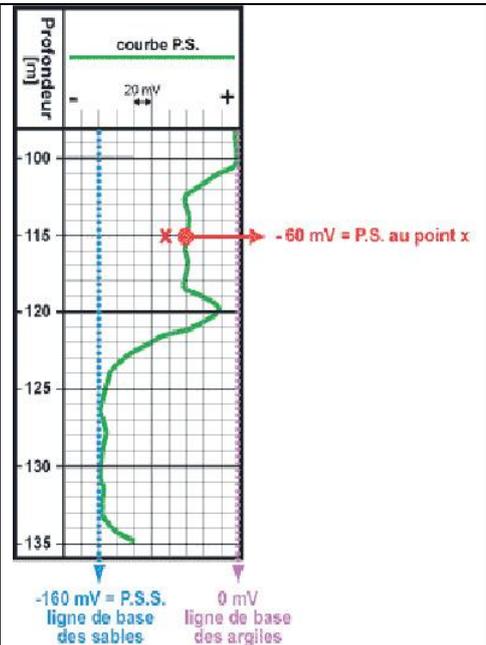
**Détermination de la concentration en argile d'une couche :**

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

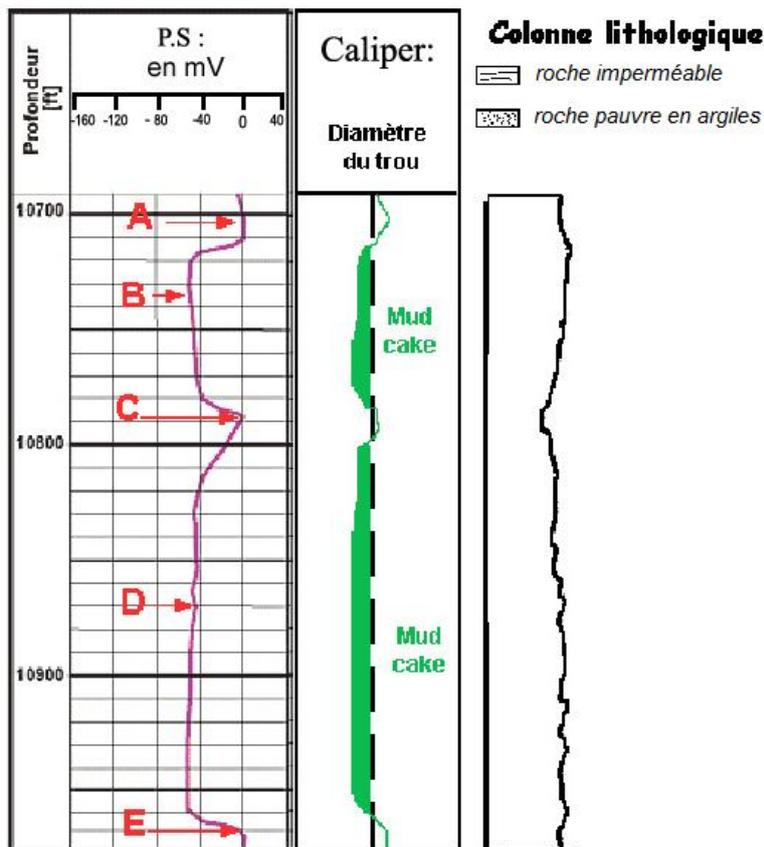
Vsh = volume d'argile [en %]

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

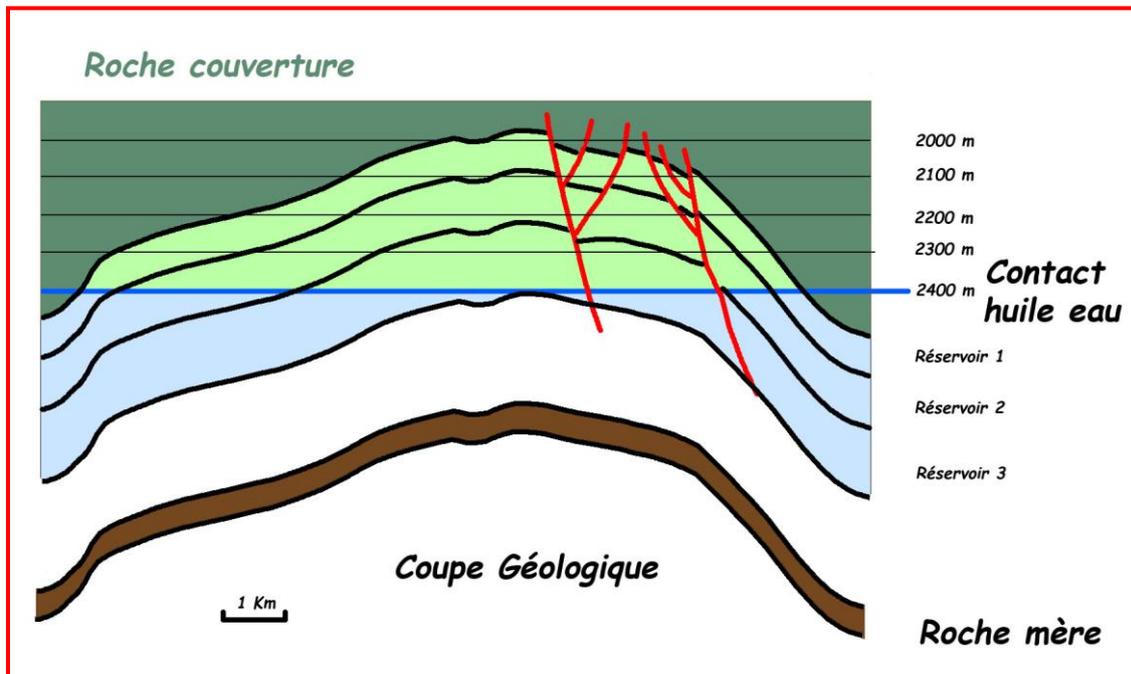


**Doc 5c : Etude d'un sous-sol par diagraphie (log P.S. et caliper) et colonne lithologique associée à ce forage.**

## 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.

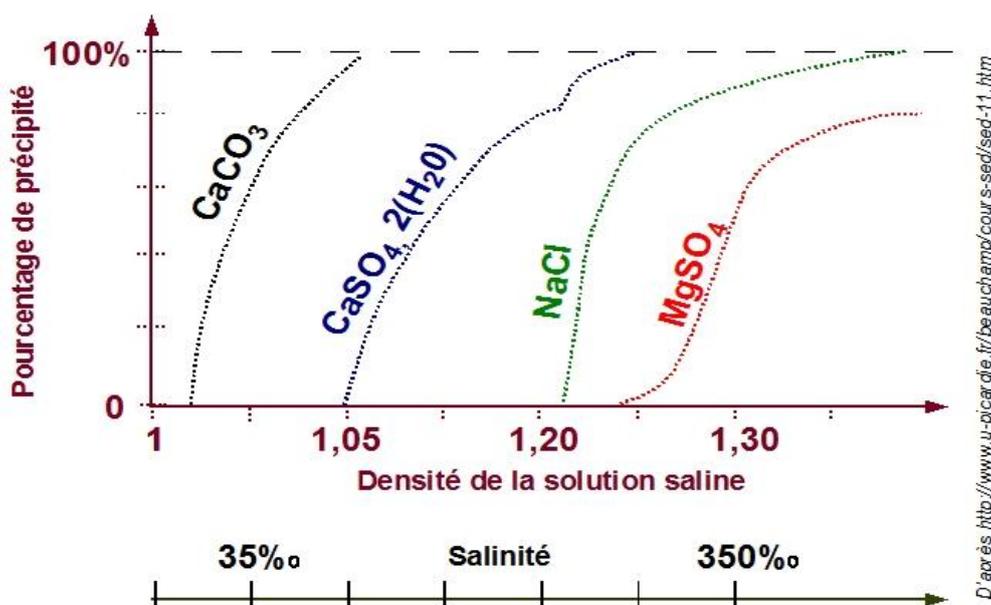
Principaux ions de l'eau de mer			Minéraux déposés par évaporation	
Ions	Charge	Teneur en g.L <sup>-1</sup>	Nom commun	Formule
Chlorure	Cl <sup>-</sup>	19,5	Sel commun	NaCl
Sodium	Na <sup>+</sup>	11	Sel commun	NaCl
Sulfate	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2,7	Gypse	CaSO <sub>4</sub> · 2(H <sub>2</sub> O)
Magnésium	Mg <sup>2+</sup>	1,3	Sel d'Epsom	MgSO <sub>4</sub>
Calcium	Ca <sup>2+</sup>	0,45	Gypse et Calcite	CaSO <sub>4</sub> · 2(H <sub>2</sub> O) et CaCO <sub>3</sub>

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.

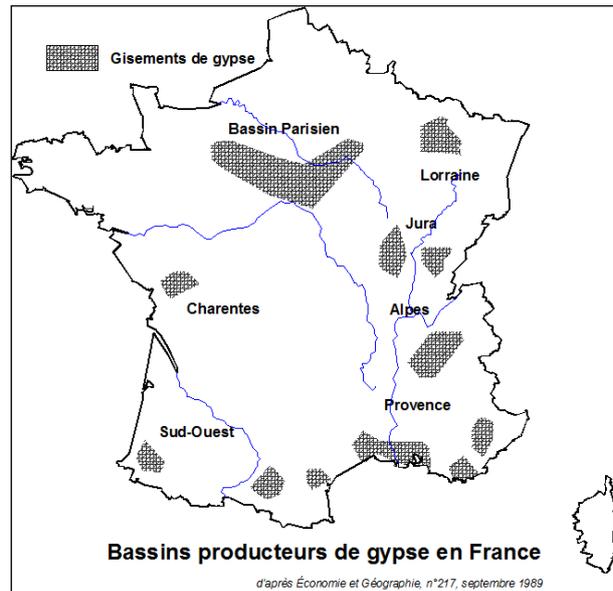
Le graphique ci-dessous représente la quantité de matériaux précipités dans une solution saline en cours d'évaporation en fonction de sa densité, reflet de sa concentration.



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

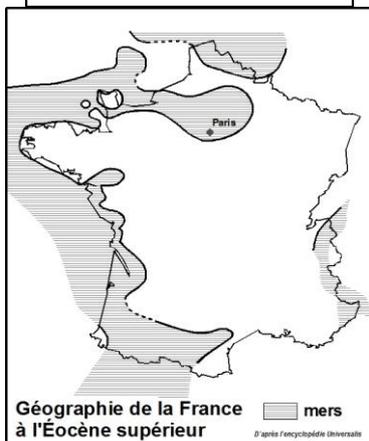
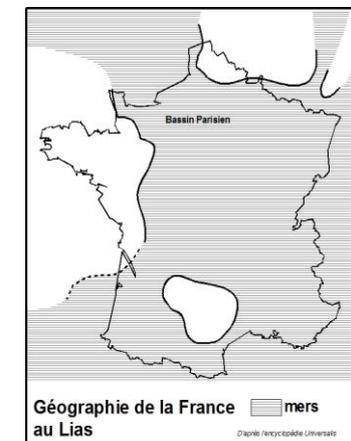
### Document 2a - Les gisements français

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 réglementation.



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
		Miocène
		Oligocène
	Paléogène	Éocène
		Paléocène
- 65 Ma		<b>Mésozoïque</b>
	Crétacé	Supérieur
		Inférieur
	Jurassique	Malm
		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%

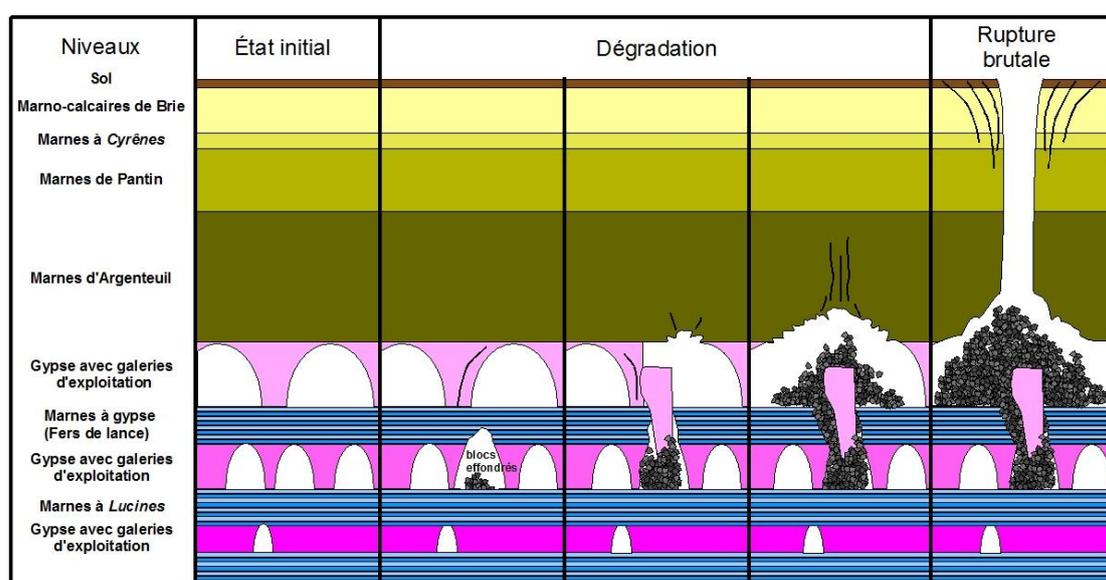
D'après  
Le bulletin de l'union des physiciens  
vol. 91 – Janvier 1997

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

### 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.

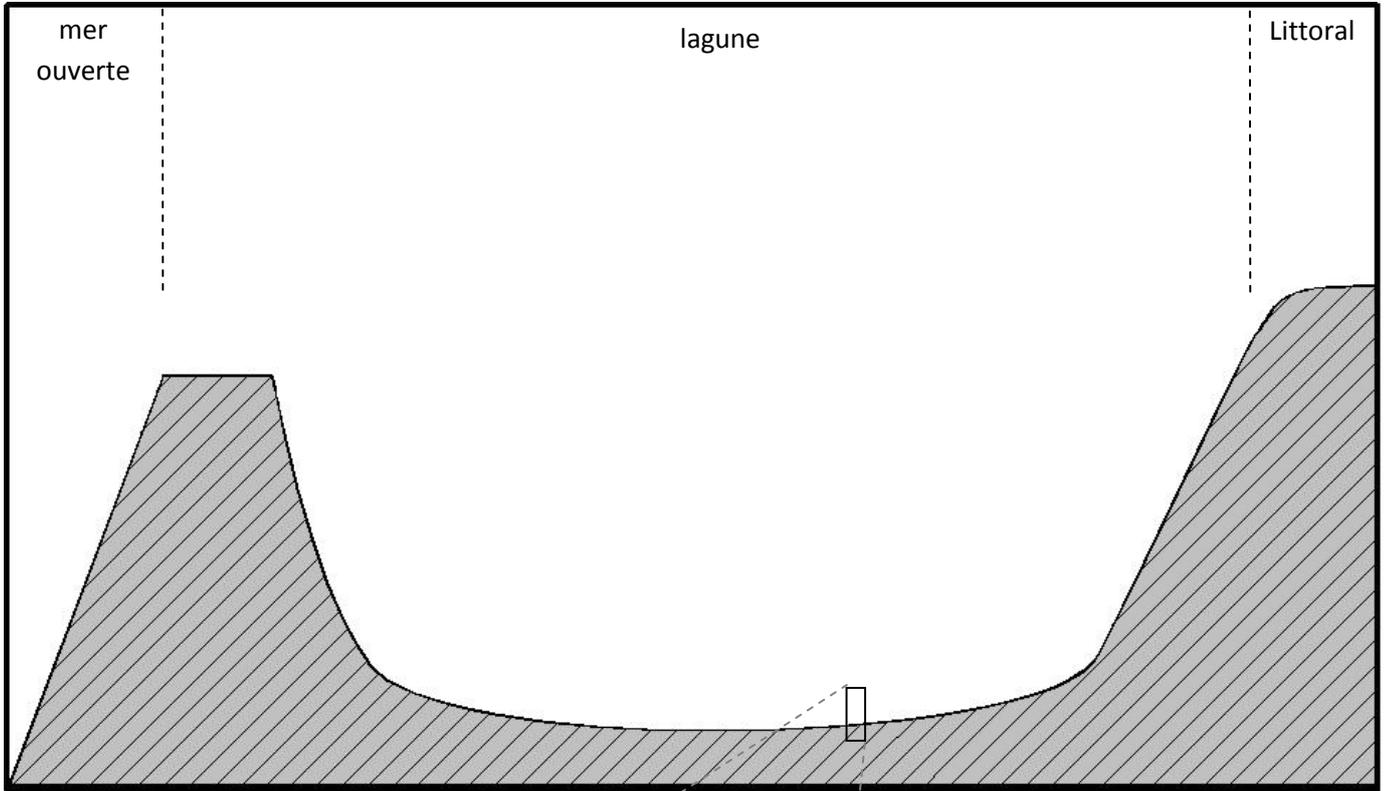
5. le document 4 : donner les raisons géologiques expliquant que le Bassin Parisien connaît de nombreux effondrements de terrains. Proposer une solution envisageable pour prévenir ces risques.

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

NOM :

Prénom :

Document annexe 1



Document annexe 2



## Exercice 3 : un tunnel sous la Méditerranée ?

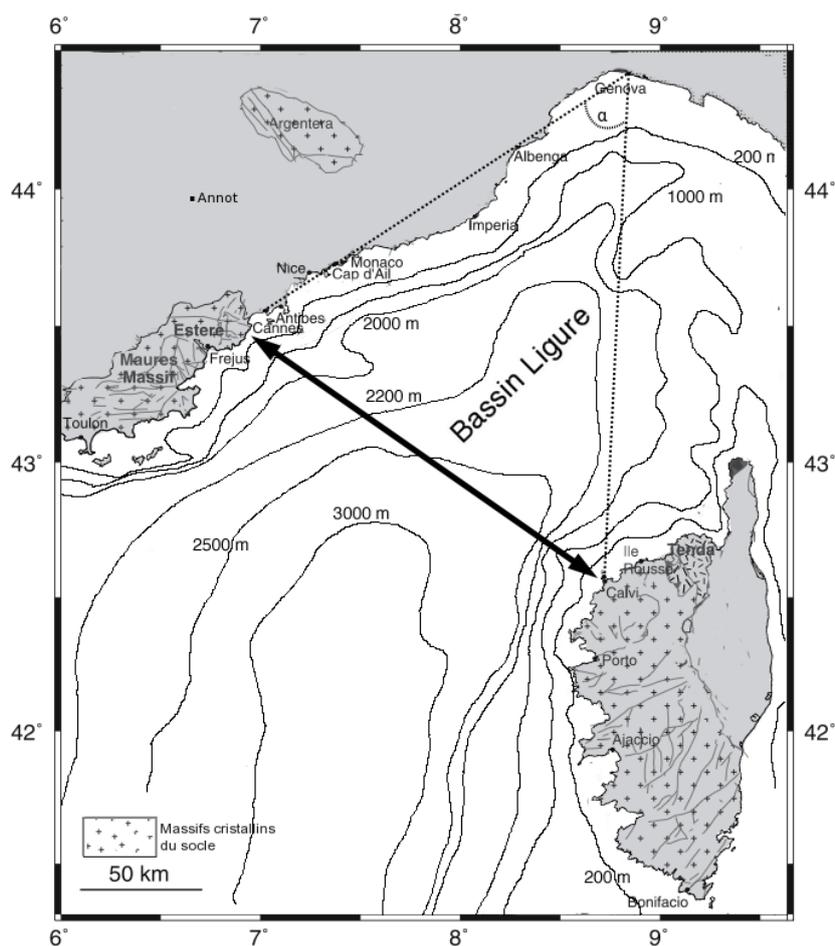
Le tunnel sous la Manche, mis en service en 1994, permet de relier à grande vitesse l'Angleterre à l'Europe.

Vous êtes chargé(e) de réaliser une étude de façon à savoir si un tel projet serait réalisable entre la Corse et la Côte d'Azur (entre Calvi et Cannes).

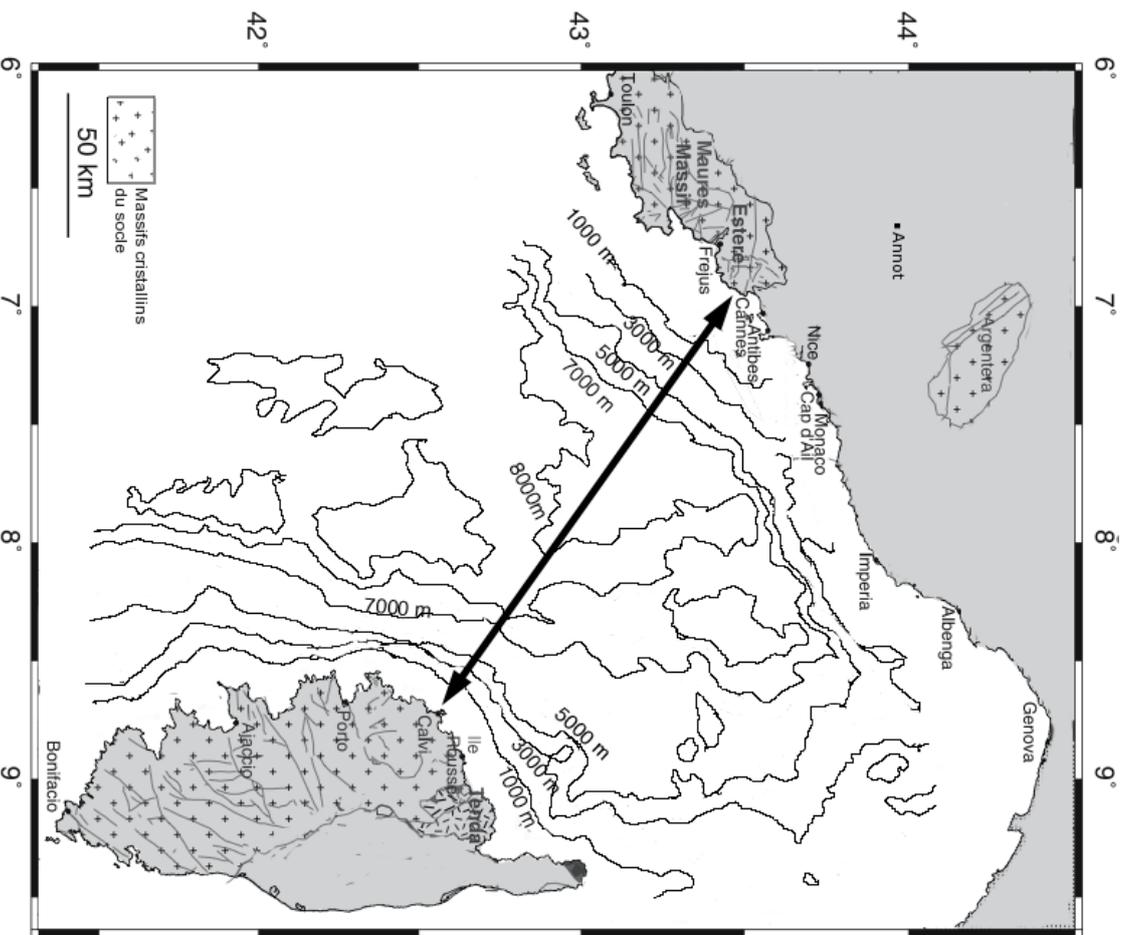
Pour cela vous devez, en utilisant les documents fournis :

- déterminer la structure géologique située entre Cannes et Calvi ;
- reconstituer l'histoire de cette structure et son évolution actuelle ;
- comparer les caractéristiques de ce projet avec celles du tunnel sous la Manche pour estimer sa faisabilité.

### Documents première partie



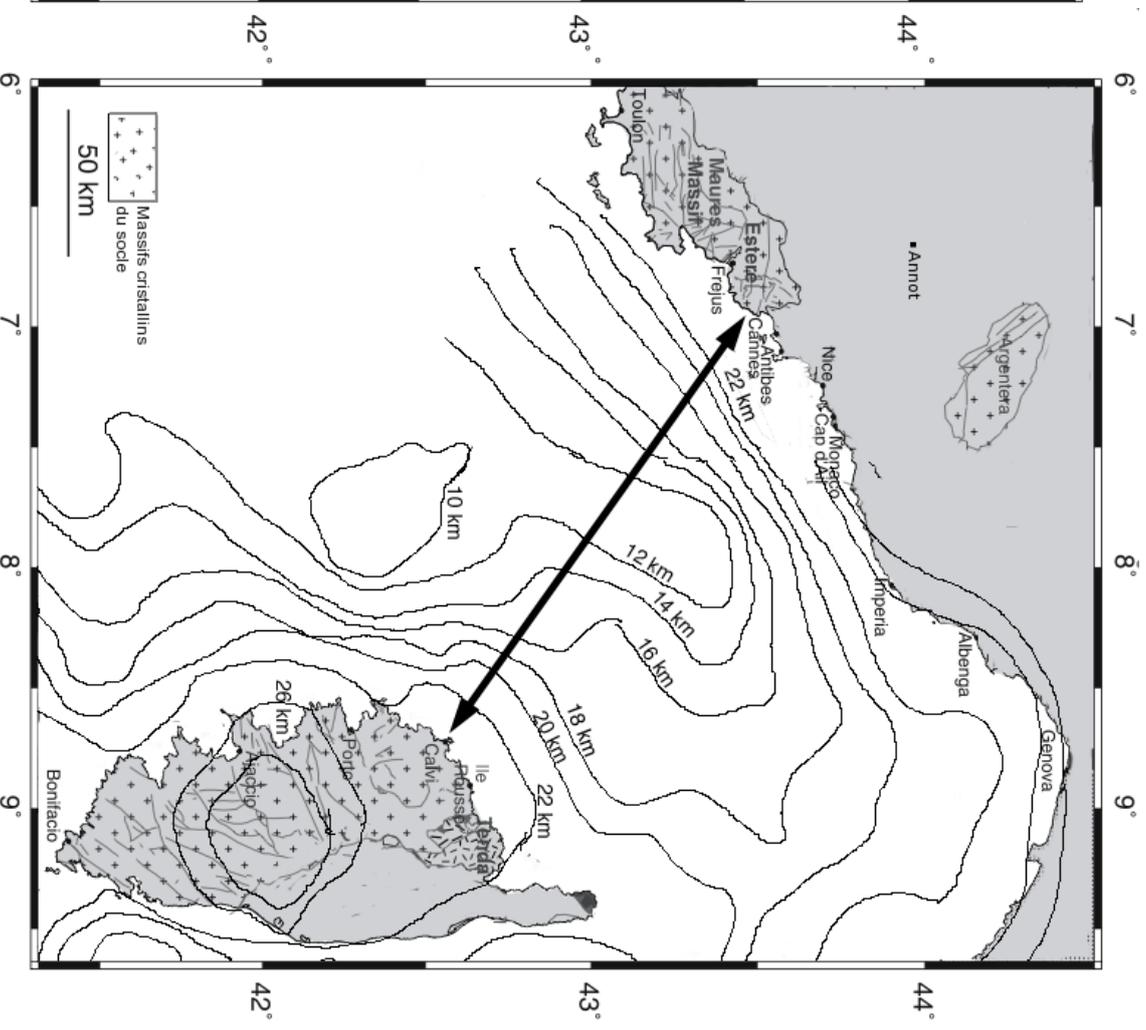
**Carte bathymétrique** : profondeurs du fond marin exprimées en mètres (source : IFREMER)



**Carte de la profondeur de la base des sédiments (estimations à partir de données de sismique réflexion) profondes**

exprimées en mètres

(D'après Rollet et al, 2002)



**Carte de la profondeur du Moho**

profondeurs exprimées en kilomètres

(D'après Contrucci, 1998)

## Documents deuxième partie

### Données pétrologiques

Il existe, en Provence, des roches sédimentaires (grès d'Annot dans les Alpes de Haute Provence, poudingues de La Ciotat à l'ouest de Toulon, etc.). Elles démontrent qu'au cours de l'ère secondaire, et jusqu'au Tertiaire moyen (- 25 Ma environ), des apports détritiques continentaux venaient du Sud.

Les poudingues de La Ciotat sont, par exemple, riches en galets de roches magmatiques identiques à celles présentes en Corse. Inversement, on a trouvé en Corse des galets provenant d'une formation du Crétacé (- 70 Ma environ) qui n'existe pas sur cette île.

(D'après *Comprendre et enseigner la planète Terre – Editions Ophrys*)

### Données du paléomagnétisme

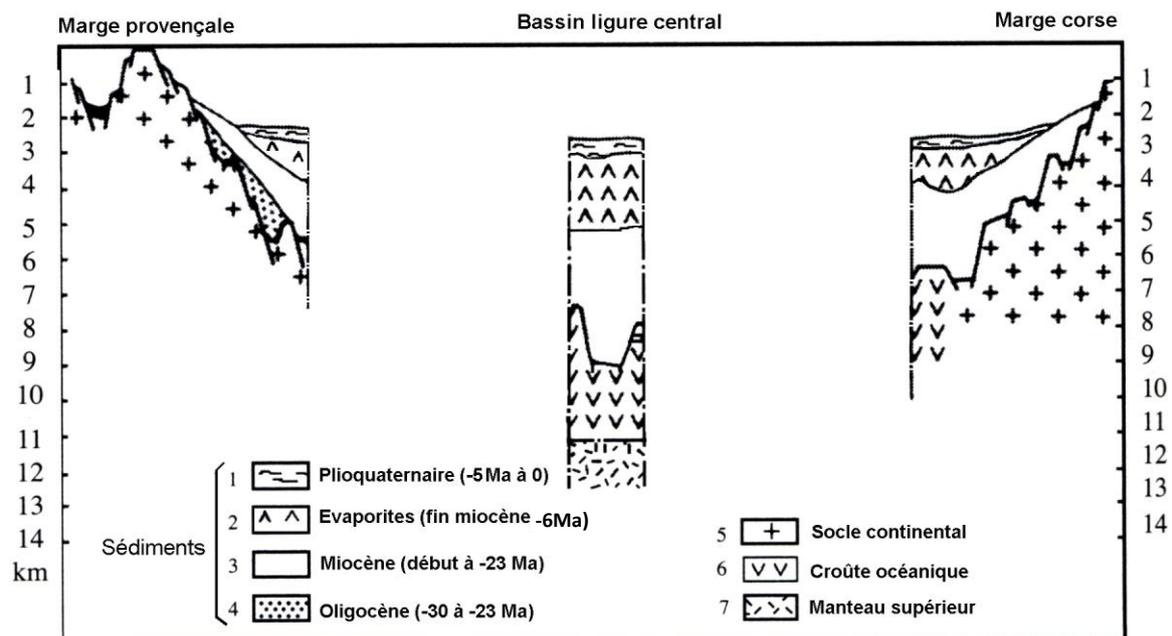
La Corse et la Sardaigne forment un bloc continental : le bloc corso-sarde. Il n'existe pas en Corse de laves datant du Tertiaire ; de telles roches abondent en Sardaigne. Des mesures de variations des déclinaisons du champ magnétique des laves tertiaires sardes ont été réalisées sur des formations datant de - 25 à - 15 Ma (Tertiaire moyen et supérieur). Elles permettent d'évaluer la position du bloc corso-sarde par rapport à la Provence.

Age en Ma	Angle Cannes Gênes Calvi (en degrés)
0	53
5	53
10	53
15	53
20	18
25	13
30	13
35	13

(D'après *Comprendre et enseigner la planète Terre – Editions Ophrys*)

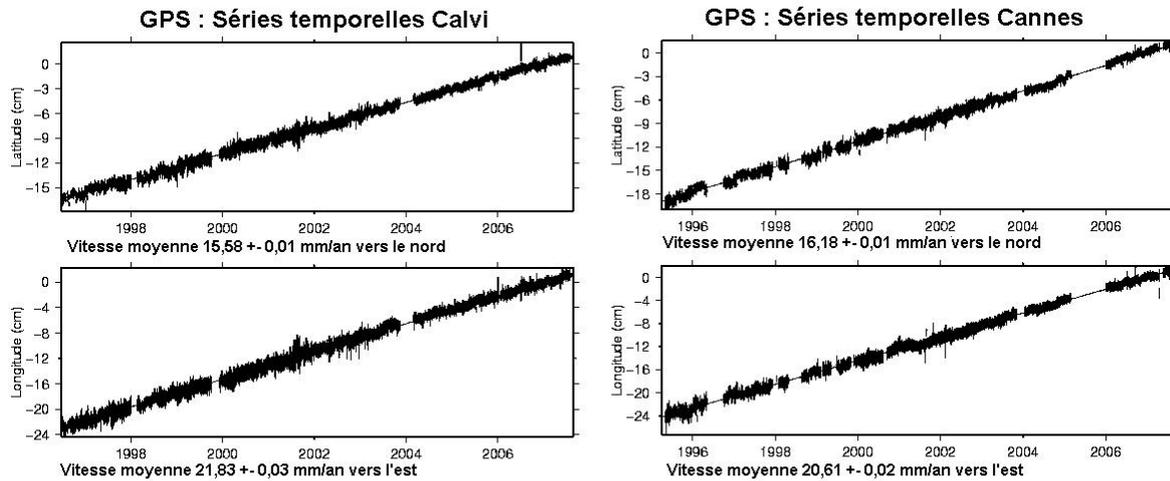
### Données de sismique réflexion

Ces coupes sont déterminées par sismique réflexion au niveau de trois sites, localisés à proximité de Cannes (marge provençale), à proximité de Calvi (marge corse) ou à mi distance entre ces deux sites (bassin ligure central) (d'après *Mauffret et al.*)



## Données GPS

Le GPS est une technique de localisation par satellites utilisée pour suivre le déplacement d'une balise au cours du temps. Les séries temporelles ci-dessous montrent l'évolution dans le temps de la position en latitude et en longitude de deux stations localisées à Calvi et à Cannes. La vitesse de déplacement est déduite à partir de ces résultats en calculant le rapport entre la distance parcourue par les stations et le temps mis pour parcourir cette distance, pour chaque composante du déplacement.

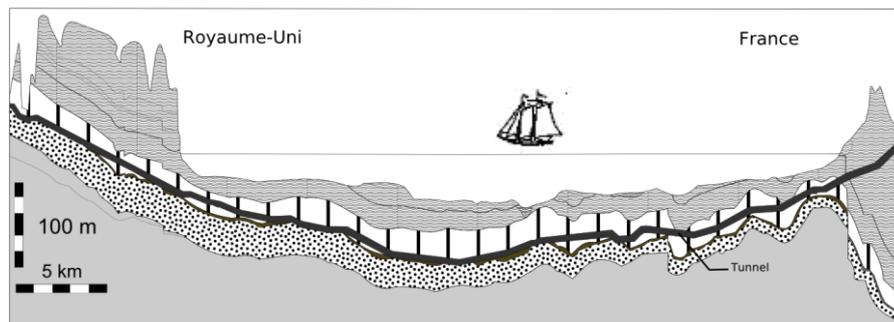


\* Ces tracés représentent les déplacements de la lithosphère en latitude et longitude

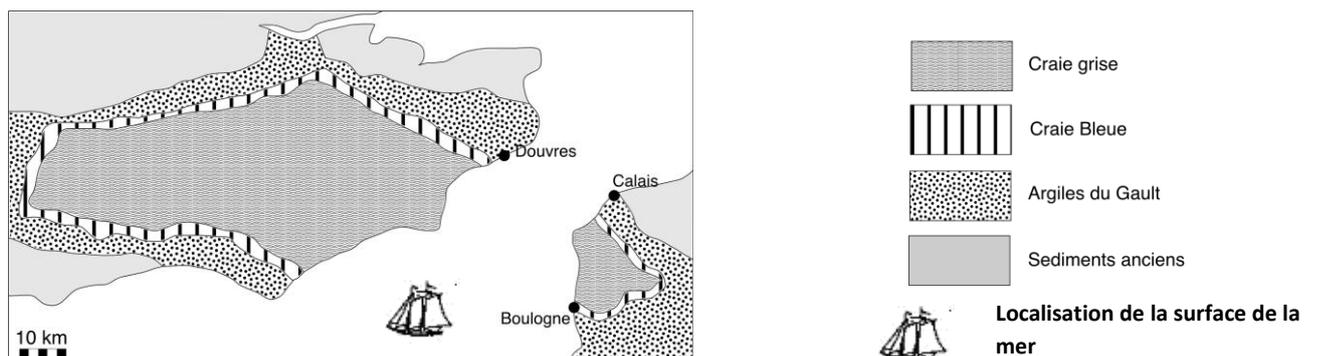
(Sources : RENAG)

## Documents troisième partie

Coupe (a) et carte (b) géologiques de la zone dans laquelle a été creusé le tunnel ( — ) sous la Manche (D'après [www.theotherside.co.uk](http://www.theotherside.co.uk)) (a)



(b)



## Questions

### **Première partie : on cherche à déterminer la structure géologique du bassin Ligure entre la Corse et la Côte d'Azur**

**1** – Tracer, sur la fiche réponse, un profil correspondant à une coupe entre Cannes et Calvi, sur lequel figureront :

- la limite de la base des sédiments (le tracé a été amorcé)
- le Moho (ou discontinuité de Mohorovicic)

Remarque : la bathymétrie et les principales failles normales ont été représentées.

**2** - Citer, à partir des caractéristiques déduites de ce profil, des arguments en faveur de la présence d'un océan. Indiquer un argument, non fourni par ce profil, qui permettrait de confirmer cette présence d'un océan.

### **Deuxième partie : on cherche à savoir si cet océan est toujours actuellement en extension**

**3** - Reconstituer l'histoire de l'océan mis en évidence dans la première partie en exploitant successivement les données pétrologiques, paléomagnétiques et de sismique réflexion.

Pour cela, indiquer les informations apportées par chaque document et votre interprétation, puis dégager, en conclusion, les étapes identifiées.

**4** - Pour savoir si cet océan est toujours en extension, utiliser les données GPS et estimer le déplacement relatif actuel des deux blocs (aucun calcul n'est attendu).

### **Troisième partie : on discute la faisabilité du projet de tunnel sous la Méditerranée**

**5** – Comparer les deux projets en utilisant les données ci-dessous et les informations liées au contexte géologique déduites des parties précédentes pour renseigner le tableau de la fiche réponse.

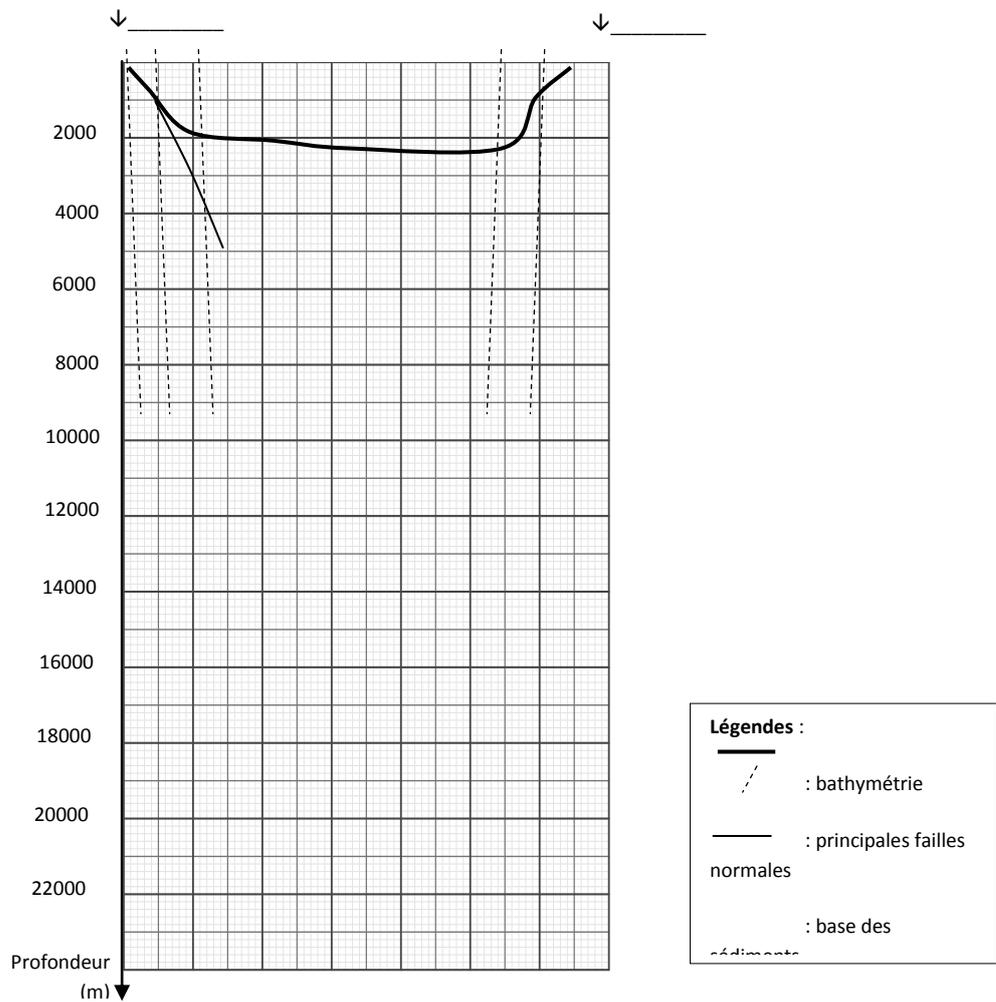
Le tunnel sous la Manche a été creusé dans une couche de craie, imperméable et résistante aux fractures, continue entre les deux bords de la mer (Craie « bleue », voir documents). La distance minimale entre les deux rives est de 33 km. La profondeur maximale de la Manche à cet endroit est de 150 m.

L'ouvrage a coûté 16 milliards d'euros, la construction a duré 7 années.

À l'heure actuelle 15 millions de passagers empruntent chaque année le tunnel sous la Manche. Le trafic passager vers la Corse représente au total 2 millions de passagers aériens et 3 millions de passagers par voie maritime.

**6** – Discuter, en conclusion, la faisabilité économique et technique de ce projet de tunnel sous la Méditerranée.

**A rendre avec votre copie** Première partie



Titre : \_\_\_\_\_

Troisième partie : Comparaison entre le tunnel sous la Manche et le tunnel sous la Méditerranée

	<b>Tunnel sous la Manche</b>	<b>Tunnel sous la Méditerranée</b>
<b>Distance entre les deux rives</b>		
<b>Profondeur maximale du bassin</b>		
<b>Roches à traverser</b>		
<b>Structure géologique entre les deux bords à relier</b>		
<b>Coût</b>		
<b>Durée de construction</b>		
<b>Nombre de passagers attendus</b>		

## EXERCICE 4 : LES EXOPLANÈTES

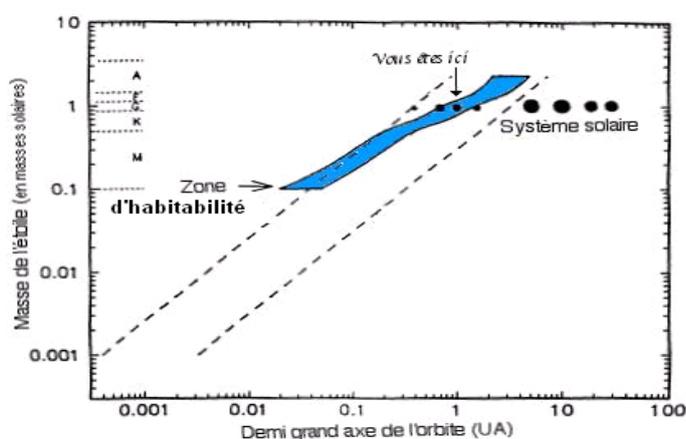
L'amélioration des techniques d'observation en astronomie permet aujourd'hui de détecter des planètes extrasolaires : les exoplanètes, dont certaines sont telluriques. Elles constituent des lieux potentiels de vie. On connaît déjà une quinzaine de « super Terre » !

On étudie l'appartenance des exoplanètes à la fenêtre d'habitabilité et aux limites des techniques de détection de celles-ci.

### A - Les bonnes candidates pour être des « super Terre » doivent se trouver dans une fenêtre d'habitabilité

#### **Document 1 : La zone d'habitabilité**

Elle permet de situer en fonction des conditions de température les limites pour lesquelles l'eau liquide peut exister. Dans ce modèle, les conditions de température dépendent seulement de deux paramètres, la distance orbitale de la planète et la masse de l'étoile autour de laquelle gravite la planète.



La masse de l'étoile est définie par rapport à celle du Soleil

Une UA (unité astronomique) correspond à la distance Terre-Soleil

*D'après Loxurion.fr*

**Le document 1 est à rendre avec votre copie**

Les « super Terre » situées dans la zone d'habitabilité sont particulièrement recherchées. Pour autant, elles n'abritent pas nécessairement la vie.

## Document 2 : Quelques données récentes sur des exoplanètes et leur étoile

Les planètes Gl 581d et Gl 581c gravitent autour d'une étoile Gliese 581, de masse 0,33 Ms (Ms pour masse par rapport à la masse du Soleil).

CoRoT 7b gravite autour de CoRoT 7, de masse 0,9 Ms, alors que OGLE-2005-BLG-390Lb est en orbite autour de OGLE-2005-BLG-390, de masse 0,22 Ms.

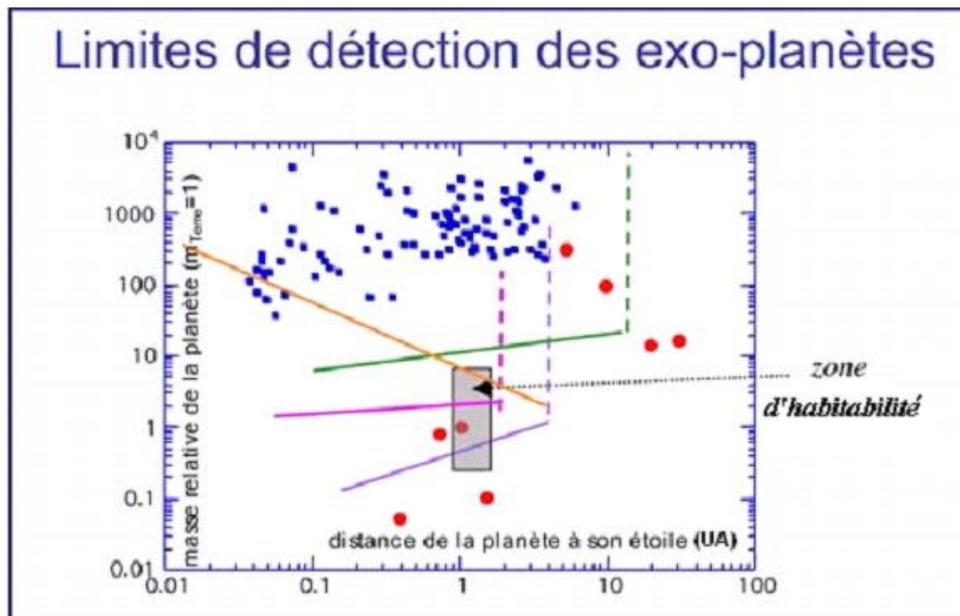
Pour chacune de ces exoplanètes, les scientifiques ont envisagé qu'elle soit « habitable ».

Planète	Nom de l'étoile autour de laquelle se fait la gravitation	Distance à l'étoile (UA)	Masse	Rayon	Densité	Température moyenne de surface (°C)
Terre	Soleil	1	1 Mt	1 Rt	5,5	18
Gl 581c	Gliese 581	0,075	5,4 Mt	1,5 Rt	Non connu	- 3
Gl 581d	Gliese 581	0,22	7-8 Mt	2 Rt	Non connu	Non connu
CoRoT 7b	CoRoT 7	0,017	5 Mt	1,8 Rt	5,5	1 000
OGLE-2005-BLG-390Lb	OGLE-2005-BLG-390	2,6	5 Mt	1,5 Rt	Non connu	- 220

Mt : masse par rapport à la masse de la Terre

Rt : rayon par rapport au rayon de la Terre.

## Document 3 : Les techniques de détection des exoplanètes et leurs limites



Dans le diagramme, chaque segment coloré indique la limite sous laquelle on ne peut rien détecter pour chacun des moyens d'observation :

- en vert, la détection par de nombreux télescopes depuis le sol ;
- en rose les limites pour le satellite CoRoT lancé en 2006 ;
- en violet les limites pour le satellite Kepler lancé en mars 2009 ;
- en orange celles pour le satellite GAIA, mission d'astrométrie de l'ESA (lancement prévu pour 2011).

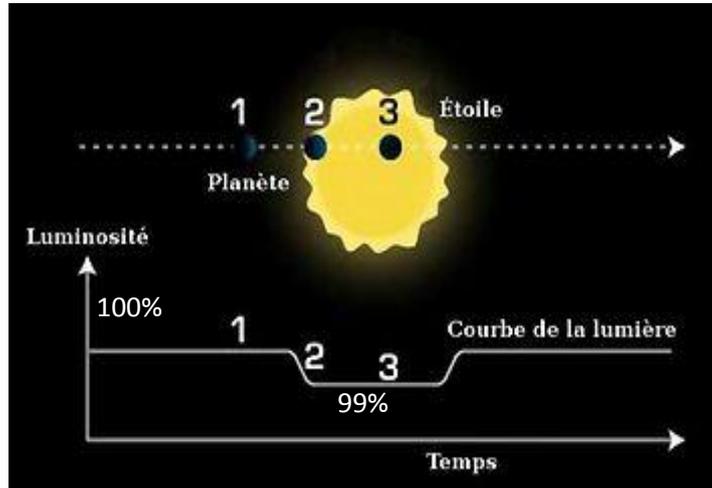
Les carrés bleus indiquent les exoplanètes détectées avant 2008

Les ronds rouges sont les planètes de notre système solaire

**Document 4 : Principe de détection d'exoplanètes par interposition**

Lorsque la planète passe entre l'étoile autour de laquelle elle gravite et la Terre, elle occulte une partie de l'étoile.

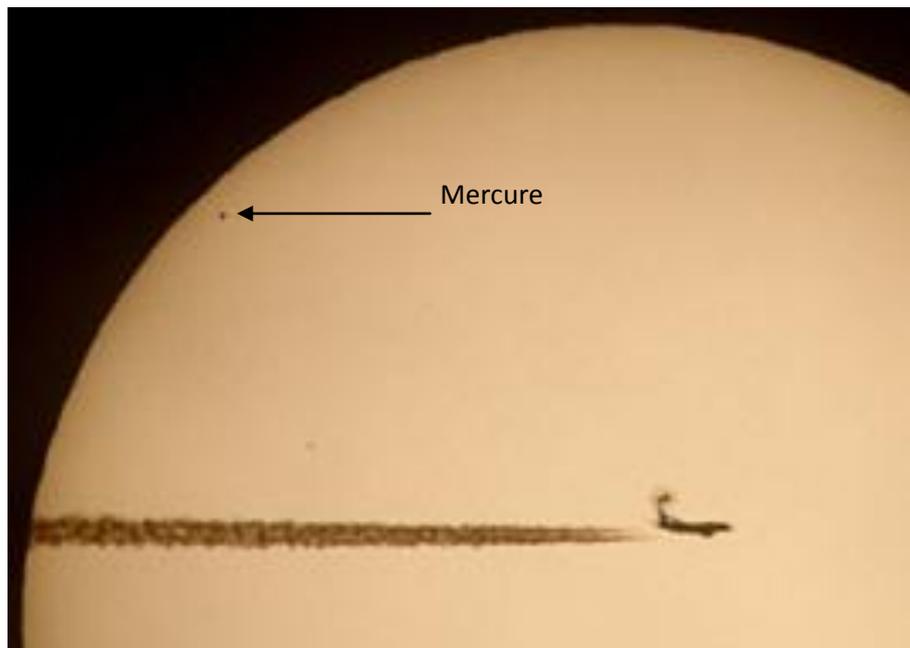
*D'après astrofiles.net*



**Document 5 : Passage de Mercure devant le Soleil**

On y voit également le passage conjoint d'un avion dans le champ d'observation.

*D'après l'observatoire MIAM-GLOBS*



## Questions

1. Déterminer, en vous appuyant sur le document 1, les limites de la zone d'habitabilité autour de chaque étoile ; pour ce faire, utiliser la masse ( $M_s$ ) des étoiles. Compléter le tableau ci-dessous **que vous recopierez sur la copie**.

ÉTOILES	Limites de la zone d'habitabilité (UA)
Soleil	
Gliese 581	
CoRoT 7	
OGLE -2005- BLG-390	

2. À l'aide des documents 1 et 2, et du tableau complété, discuter pour chaque exoplanète la possibilité d'héberger la vie en raisonnant sur les paramètres présentés et sur l'appartenance de l'exoplanète à la zone d'habitabilité.

En déduire quelle est la planète la plus apte à héberger la vie d'après ces paramètres.

3. Proposer une hypothèse permettant d'expliquer pourquoi on détecte davantage de planètes qui sont de mauvaises candidates pour héberger la vie.

4. Justifier l'usage de satellites pour identifier des exoplanètes comparables à la Terre au détriment des méthodes d'observation au sol.