

**ACADEMIES
D'AMIENS, CAEN,
CRETEIL, NANTES,
RENNES, ROUEN**

Durée de l'épreuve : 4h.

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

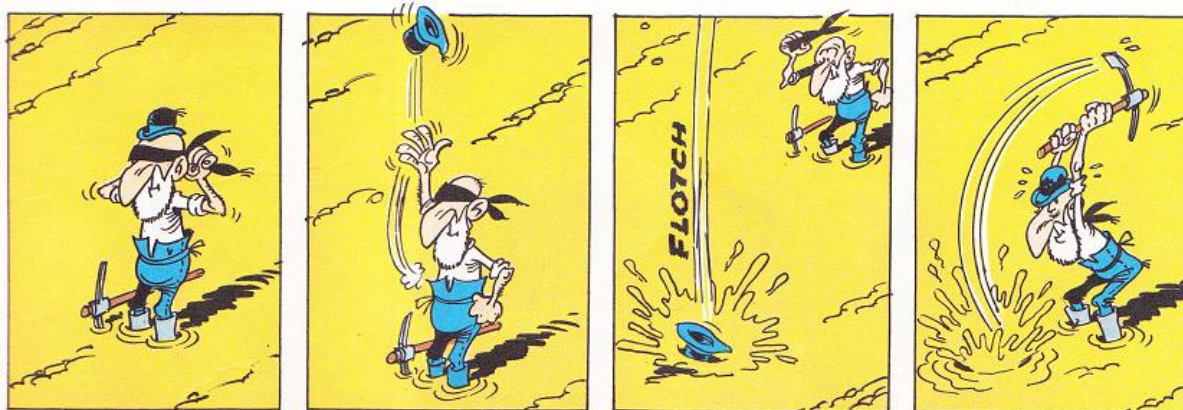
Il comporte de nombreux documents, mais leur exploitation et les réponses attendues sont courtes.

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.

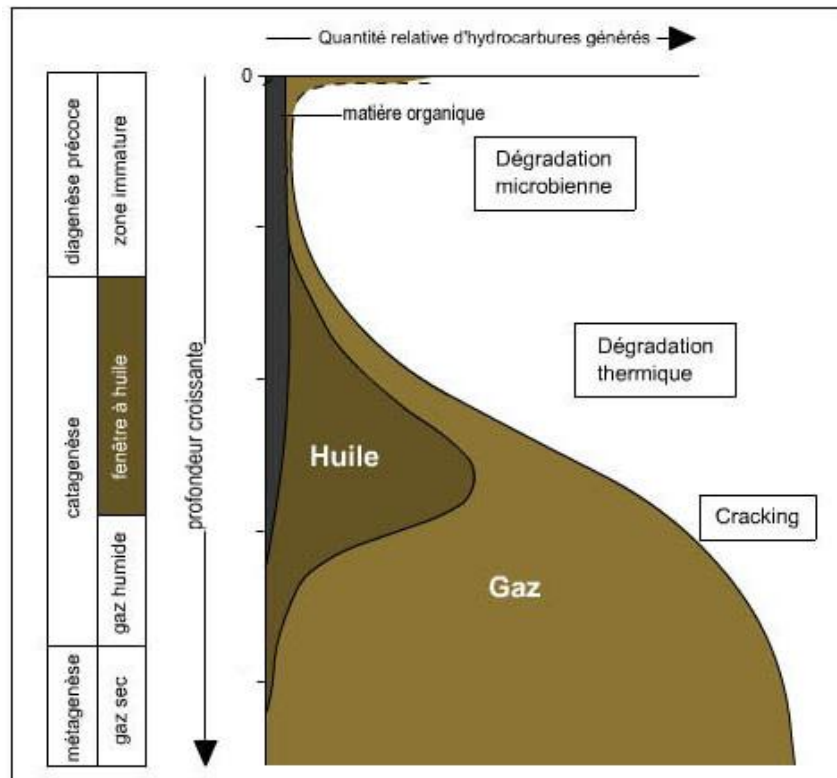
A FORMATION DU PETROLE A PARTIR D'UNE ROCHE MERE PLANCTONIQUE

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.

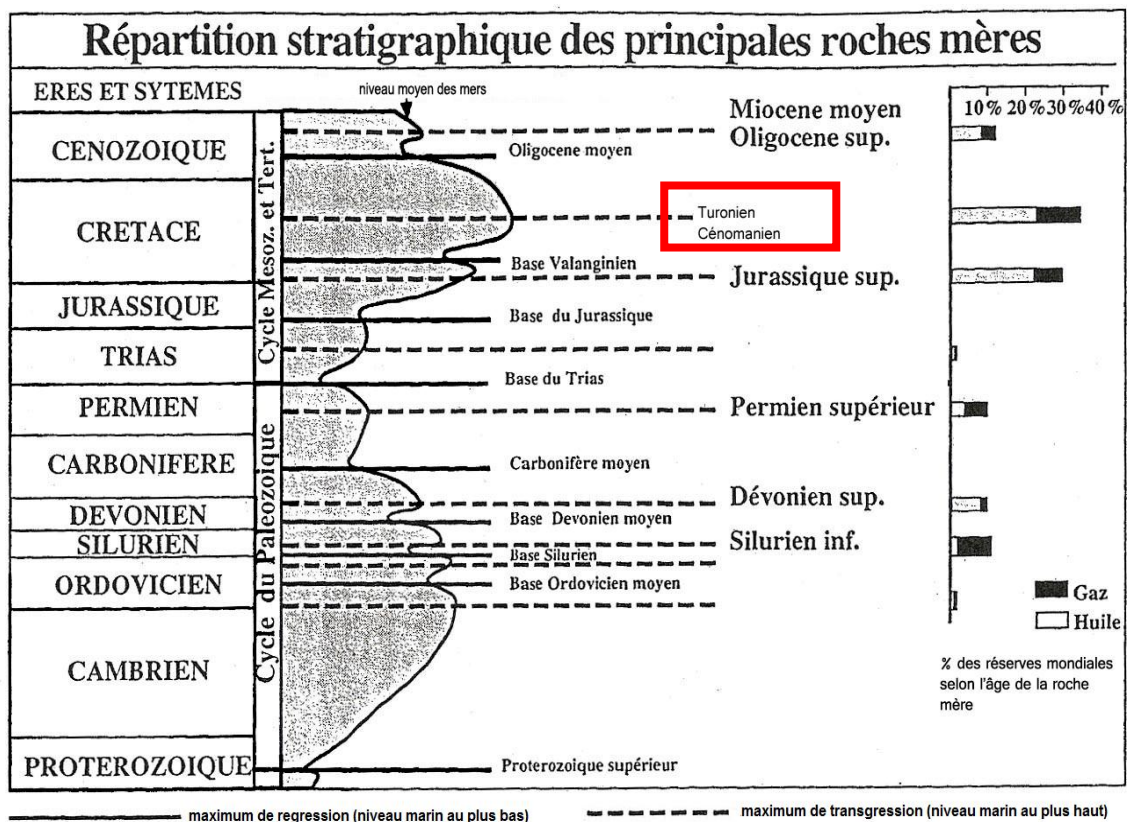
On estime qu'il se dépose en moyenne 50 m de sédiments par million d'années. La température croît au cours de l'enfouissement en moyenne de 3°C tous les 100 m. Cet enfouissement conduit, d'une part à une transformation progressive des sédiments en roches et, d'autre part, à la dégradation thermique des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

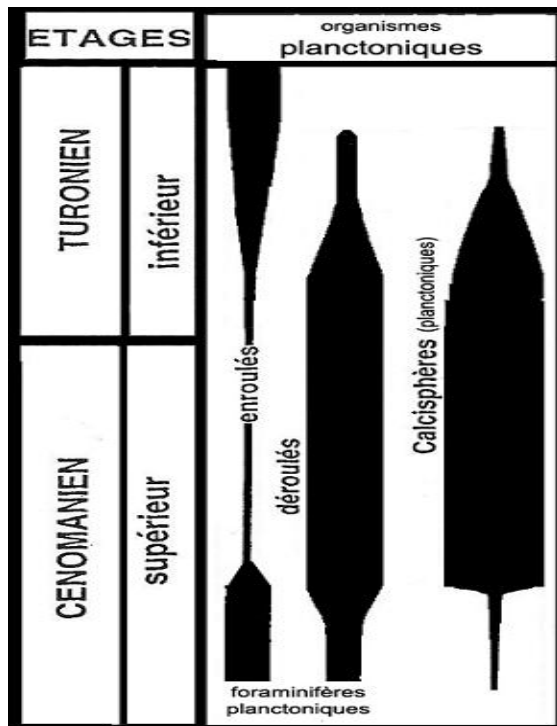
Doc.1a : Les conditions de formation du pétrole



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)

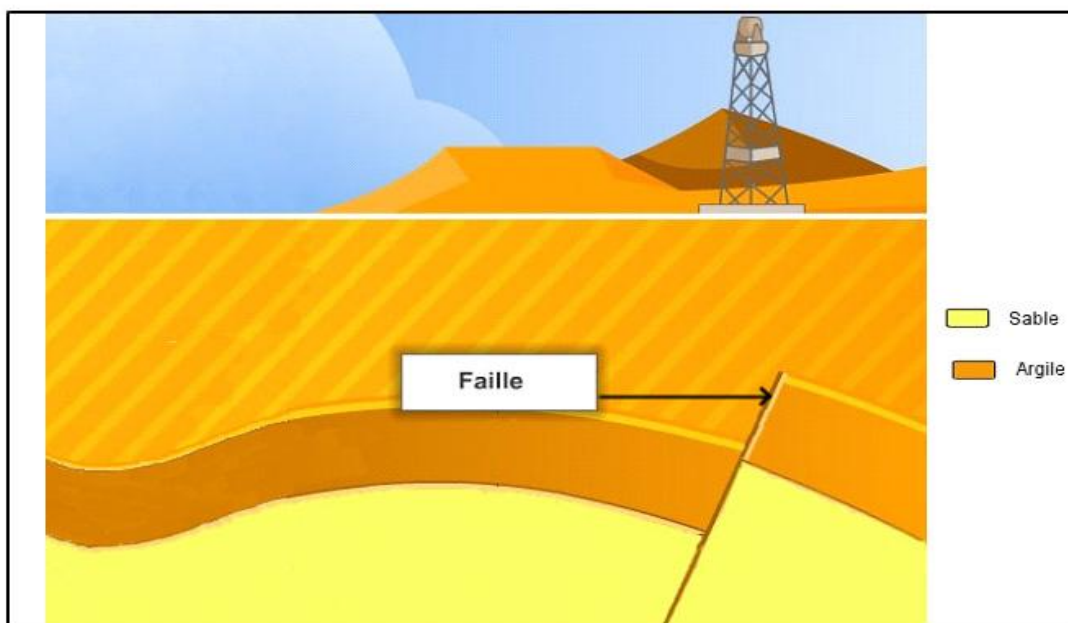


Doc. 2b : Abondance de quelques groupes marins au cours du Cénomanién supérieur et du Turonien inférieur (d'après J. Philip, 1986)

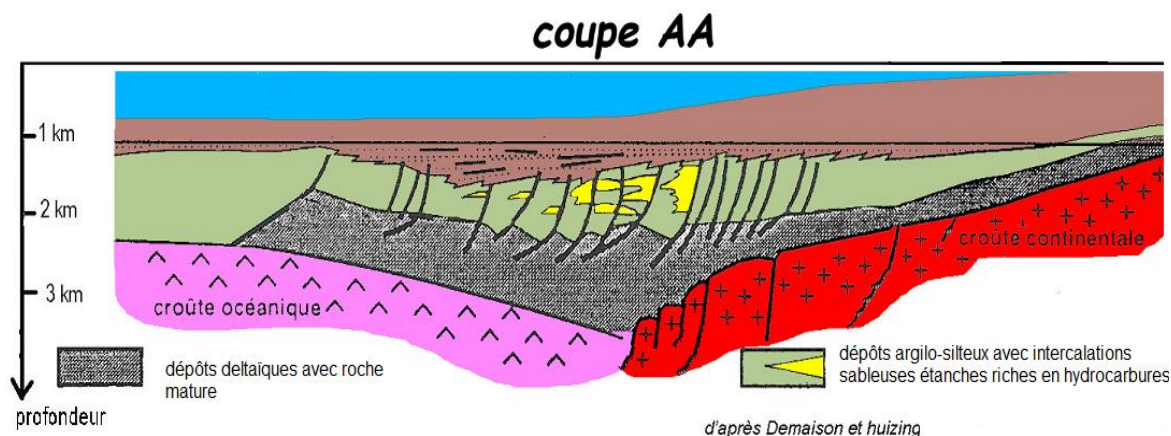
B MIGRATION ET PIEGEAGE DU PETROLE

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.

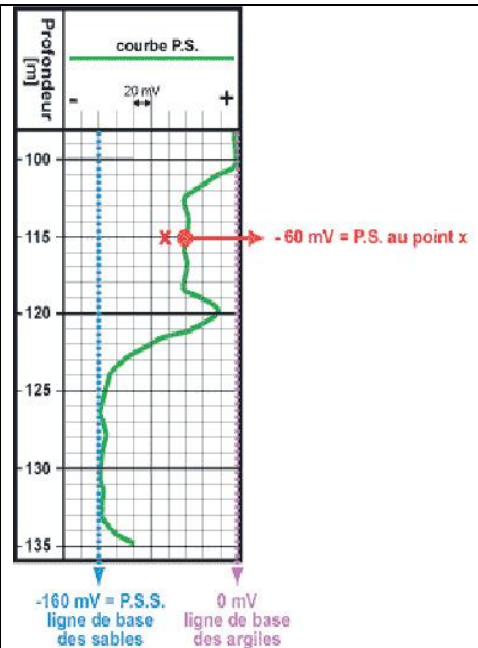
Détermination de la concentration en argile d'une couche :

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

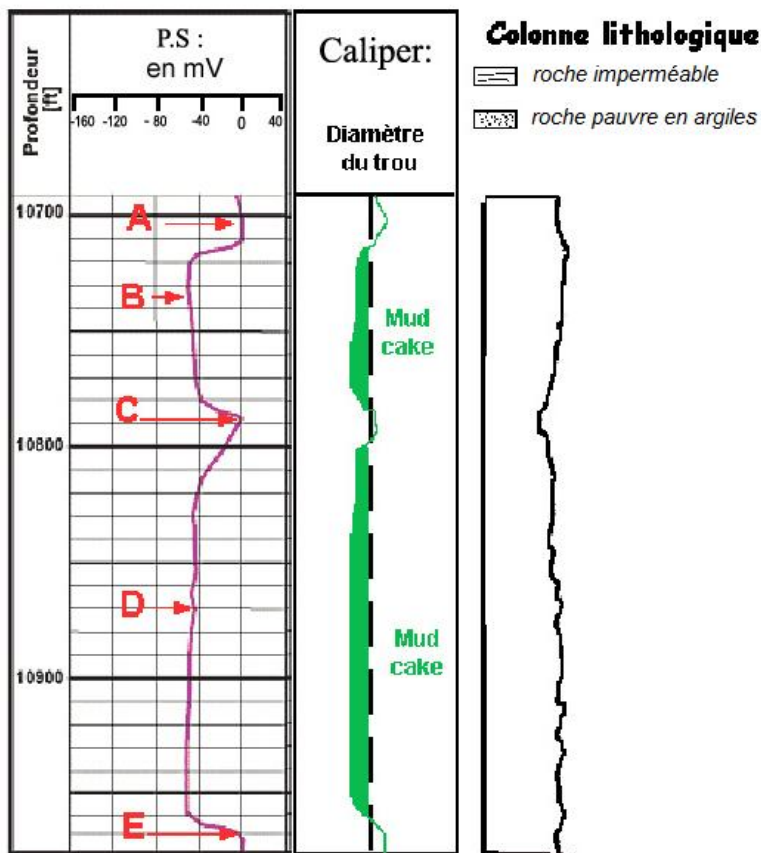
Vsh = volume d'argile [en %]

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

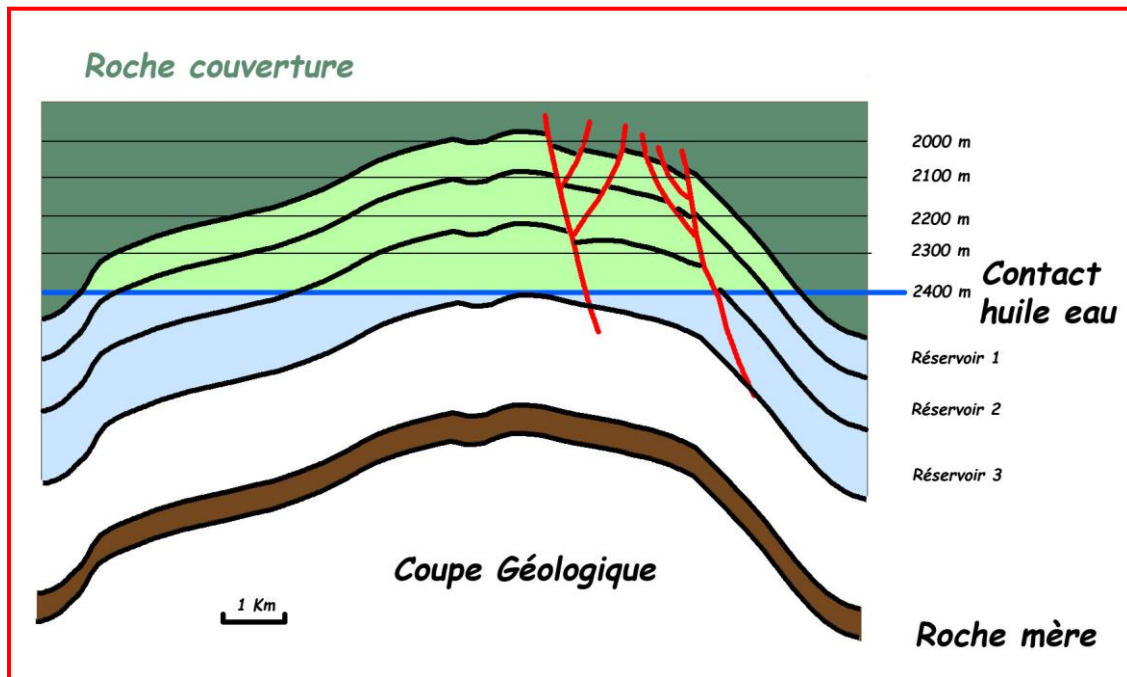


Doc 5c : Etude d'un sous-sol par diagraphie (log P.S. et caliper) et colonne lithologique associée à ce forage.

D- L'EXPLOITATION

On cherche à évaluer combien peut rapporter l'exploitation d'un champ pétrolier. Le pétrole est vendu en barils (un baril = $0,159 \text{ m}^3$) 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 ³	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'Ile-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.

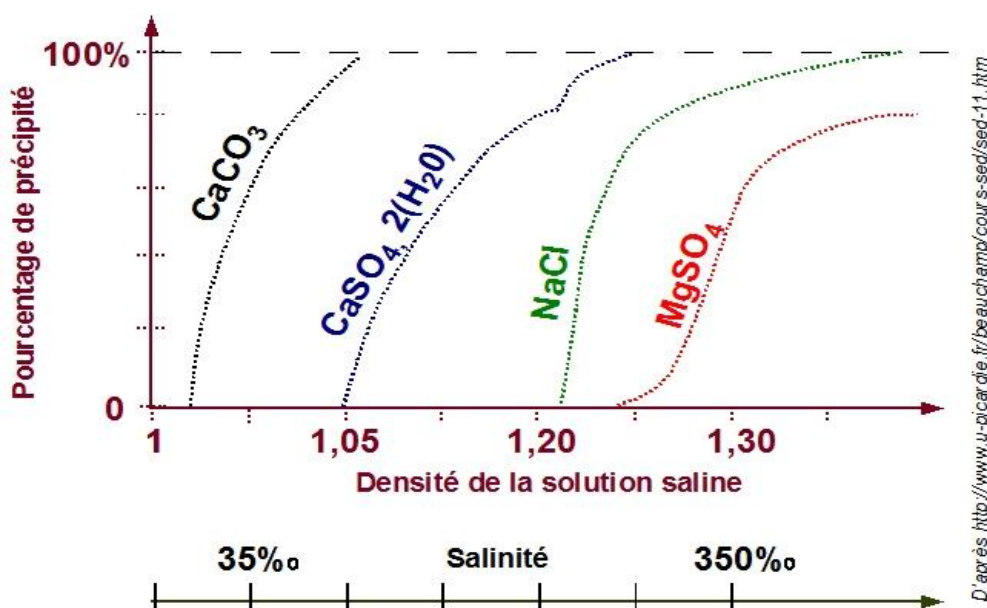
Principaux ions de l'eau de mer			Minéraux déposés par évaporation	
Ions	Charge	Teneur en g.L^{-1}	Nom commun	Formule
Chlorure	Cl^-	19,5	Sel commun	NaCl
Sodium	Na^+	11	Sel commun	NaCl
Sulfate	SO_4^{2-}	2,7	Gypse	$\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$
Magnésium	Mg^{2+}	1,3	Sel d'Epsom	MgSO_4
Calcium	Ca^{2+}	0,45	Gypse et Calcite	$\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$ et 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.

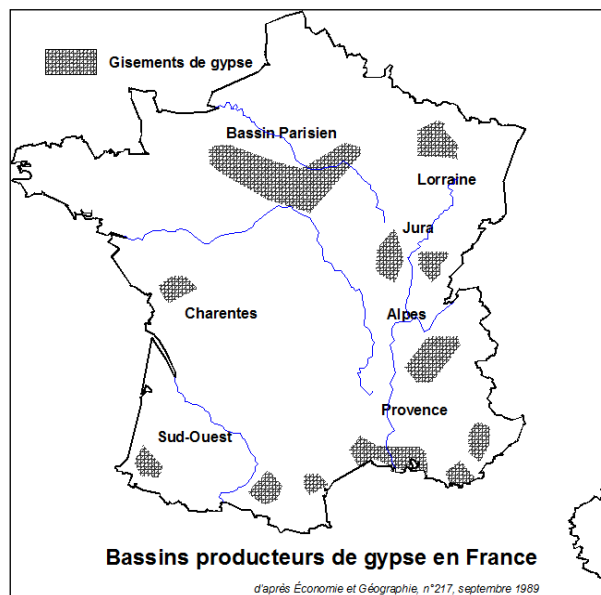
Le graphique ci-dessous représente la quantité de matériaux précipités dans une solution saline en cours d'évaporation en fonction de sa densité, reflet de sa concentration.



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

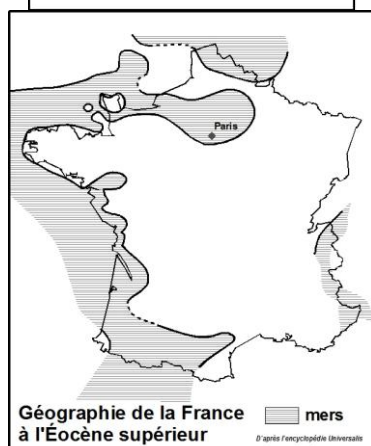
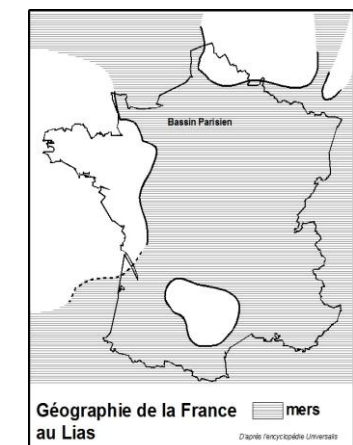
Document 2a - Les gisements français

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 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)

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

Document 3 - Le plâtre : du gypse au gypse !

Au XIX^{ème} 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 hélihydrate (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	$\text{CaSO}_4, 1/2(\text{H}_2\text{O})$	72%
Anhydrite	CaSO_4	18%
Calcite	CaCO_3	7%
Argile et silice		2%
Magnésite	MgCO_3	1%
Adjuvants		<1%

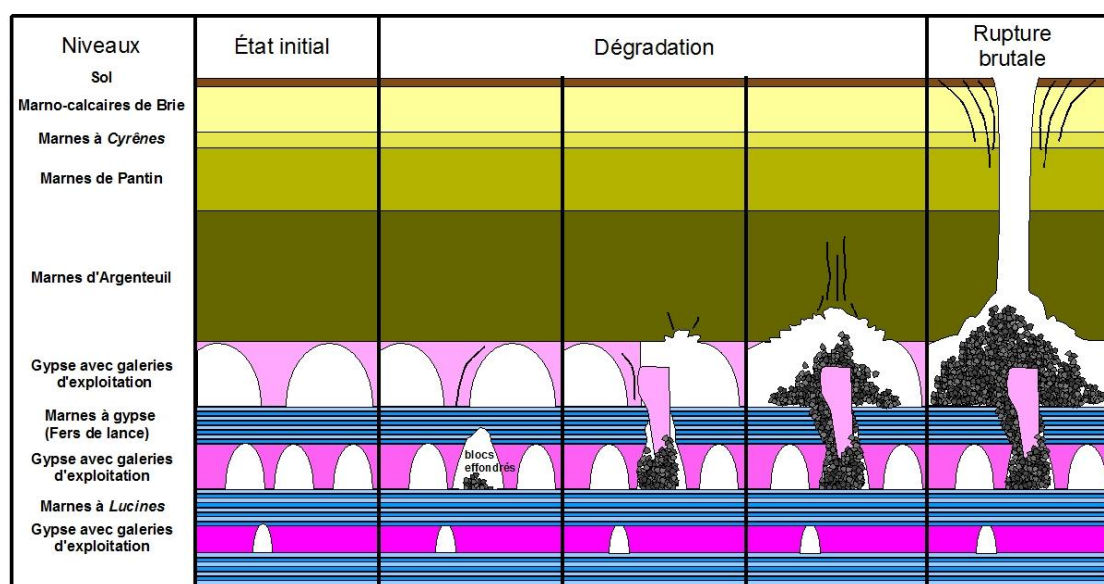
D'après
Le bulletin de l'union des physiciens
vol. 91 – Janvier 1997

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.

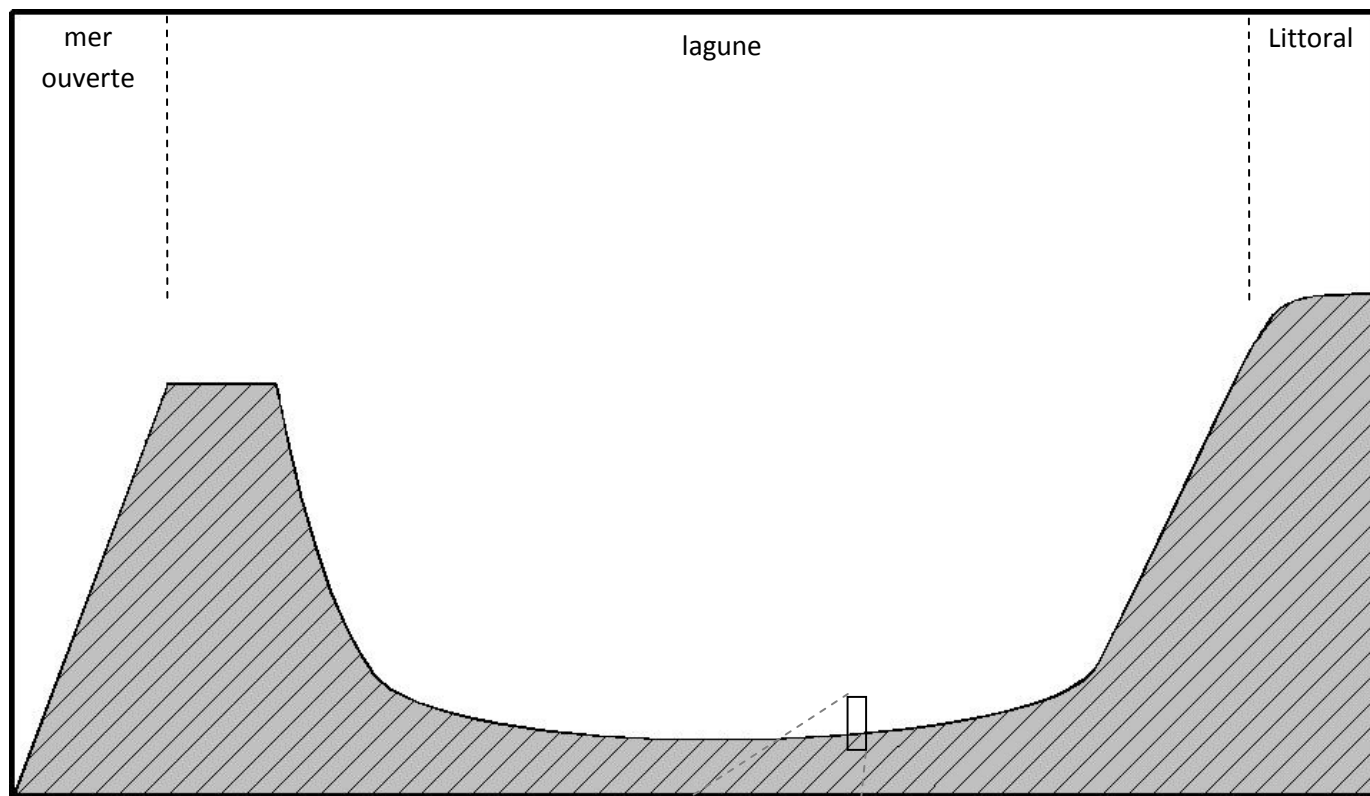
5. le document 4 : donner les raisons géologiques expliquant que le Bassin Parisien connaît de nombreux effondrements de terrains. Proposer une solution envisageable pour prévenir ces risques.

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

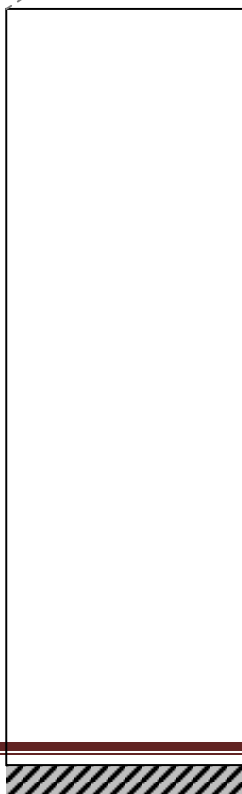
NOM :

Prénom :

Document annexe 1



Document annexe 2

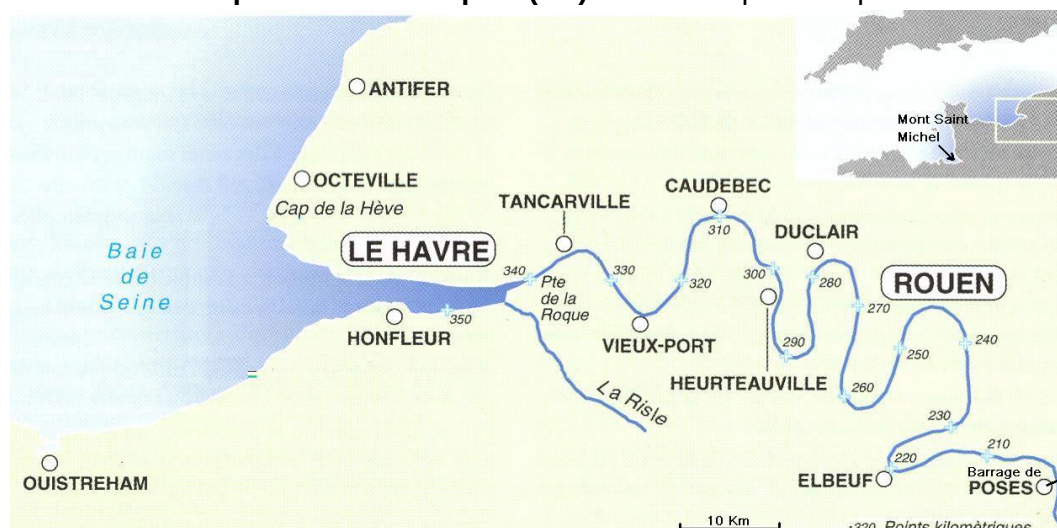


Exercice 3 : une Armada en Seine

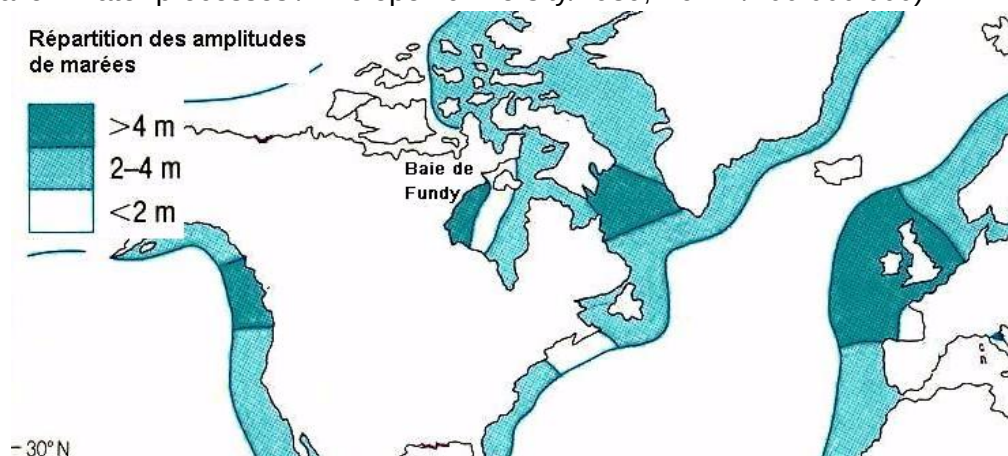
Tous les 4 ans a lieu à Rouen, au mois de juillet, un grand rassemblement de bateaux prestigieux : l'Armada. Les plus gros navires doivent pouvoir atteindre le port de Rouen, lieu de cette manifestation, situé dans l'estuaire de la Seine. Le terme estuaire vient du latin « aestus » qui signifie marée : c'est un bras de mer pénétrant une vallée fluviale jusqu'à la limite amont de la propagation de la marée. Pour la Seine, cette limite amont est située au barrage de Poses (document 1). L'estuaire de la Seine est très particulier par la singularité de ses marées : c'est un système dit « macrotidal » (de « tide » = marée en anglais), il est même l'un des plus importants au monde, derrière la Baie de Fundy à l'Est du Canada et le Mont Saint Michel (document 2). Nous allons envisager quelques questions pratiques relatives à la navigation dans l'estuaire.

Document 1 : carte de l'estuaire de la Seine (D'après « Courants, vagues et marées : les mouvements de l'eau », programme scientifique Seine-Aval, 2001)

Les nombres sont des **points kilométriques (PK)** mesurés à partir du pont Marie à Paris.

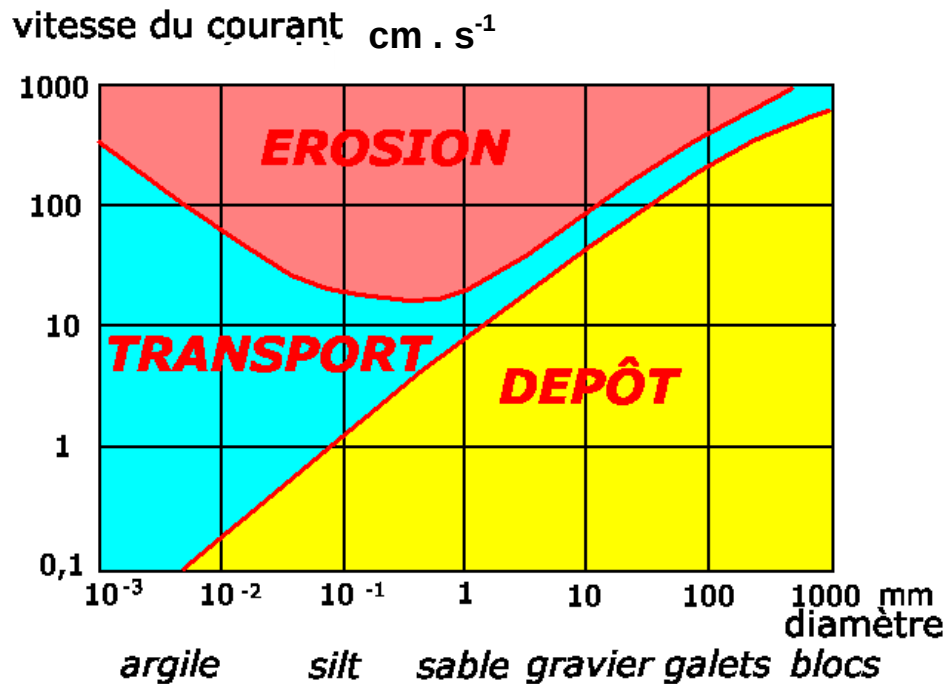


Document 2 : carte de la répartition des amplitudes de marées. (D'après: Waves, tides and shallow-water processes / The open university/1989, Ech. 1/100 000 000)

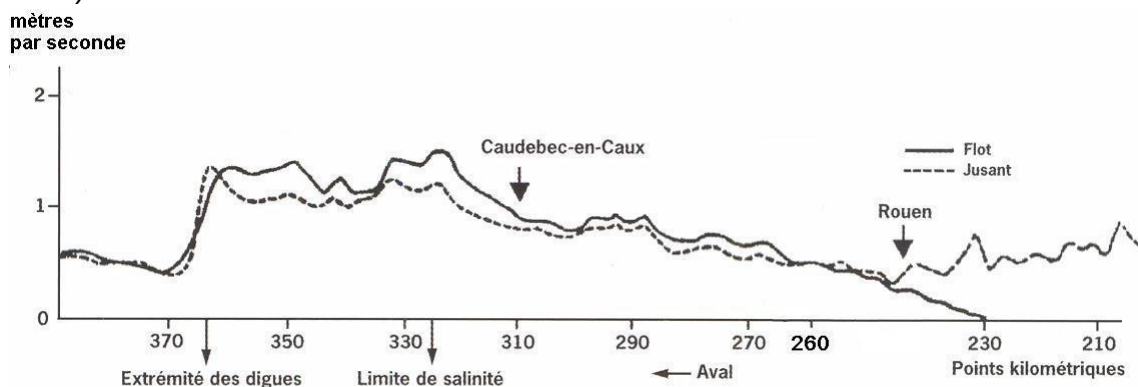


Document 3 : à rendre avec la copie, voir page 18.

Document 4 : diagramme de Hjulström : donne le comportement de particules en fonction de leur taille et de la vitesse du courant.



Document 5 : diagramme de vitesse des courants dans l'estuaire, au flot et jusant. (D'après « Courants, vagues et marées » édité par le Programme Scientifique Seine-Aval, 2001)



Le flot : phase ascendante de la marée

Le jusant : phase descendante de la marée

Questions :

1- A partir de la carte du document 2 et des données de l'introduction, définir ce qu'est un « système macrotidal ».

2- Sur le document 3 à rendre avec la copie, indiquer les marées hautes (pleine mer) et basses (basse mer), et positionner les périodes de flot et de jusant.

3- L'onde de marée se déplace d'aval en amont. Les courants de marée se déplacent vers l'amont lorsque le niveau d'eau monte (période de **flot), vers l'aval lorsque le niveau d'eau descend (période de **jusant**).**

Sachant que l'onde de marée se déplace à environ $8,5 \text{ m.s}^{-1}$ sur la Seine, calculer en combien de temps la pleine mer atteindra Rouen (Considérer Le Havre au PK 350, et Rouen au PK 245).

4- Tracer sur le document 3 le marégramme correspondant à Rouen pour le 5 juillet. Arrondir le décalage horaire à la demi-heure.

5- Le tirant d'eau est la distance verticale entre la ligne de flottaison d'un bateau et le point le plus bas de sa quille. Le chenal de Rouen dans lequel les bateaux circulent a une profondeur moyenne de 7m sous le 0 de référence (0 CMH, voir document 3).

En utilisant le tracé précédent, déterminer un horaire de départ du Havre pour qu'un bateau ayant un tirant d'eau de 10m et se déplaçant à une vitesse de 15 km h^{-1} , puisse atteindre Rouen dans la journée du 5 juillet.

6- Déterminer à l'aide du document 4 à partir de quelle vitesse du courant un grain de sable de 1 mm se déplace. En déduire à partir du document 5 le comportement des grains de sable de 1 mm de diamètre, entre l'extrémité des digues et le PK 260, puis au delà du PK 260.

7- Identifier le problème posé pour la navigation des bateaux de plus de 10 mètres de tirant d'eau au PK 260. Proposer une solution pour résoudre ce problème.

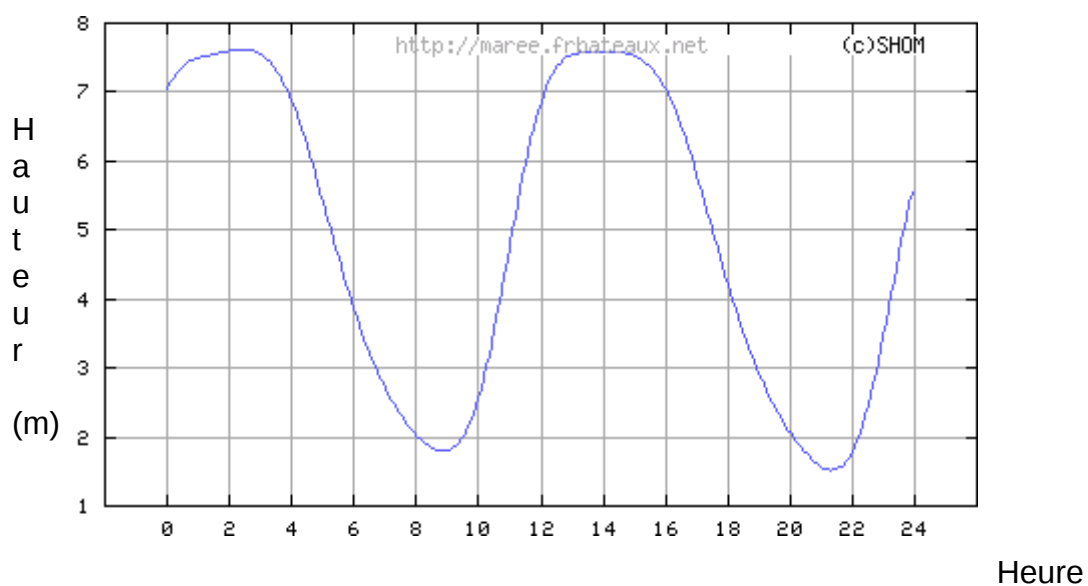
NOM :

PRENOM :

Document 3 : à rendre avec la copie

Marégramme du 5 juillet 2008 au Havre.

(Modifié d'après site : <http://maree.frbateaux.net>)



Le zéro de référence (O CMH : Zéro Cote Marine du Havre) est le niveau des plus basses mers du Havre.

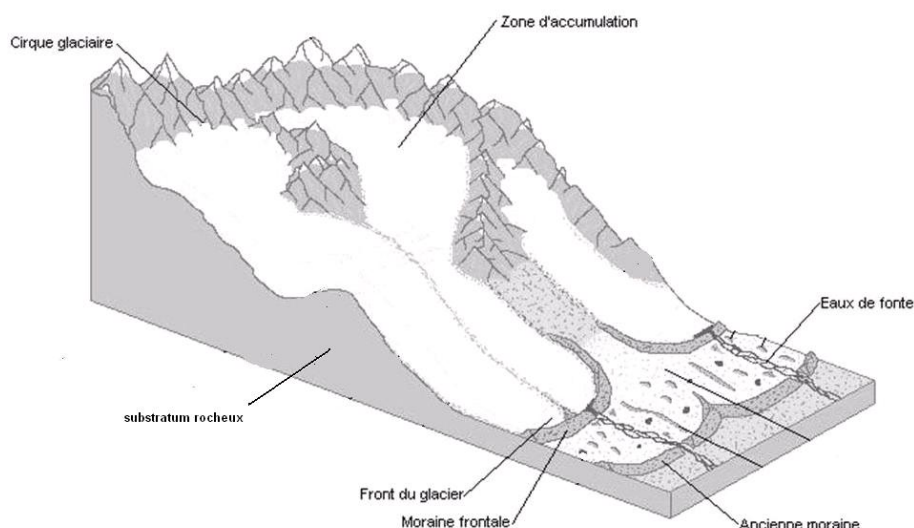
Exercice 4 : Les déplacements des masses de glace dans la région de Chamonix



Par son accès facile au Mont Blanc et la présence de glaciers régulièrement visités par les randonneurs, la région de Chamonix, au début du XIX^{ème} siècle, devient le siège des premières analyses scientifiques sur la capacité des glaces à se déplacer et changer de forme. Progressivement, la région de Chamonix se transforme en un haut lieu culturel et scientifique, où se croisent non seulement peintres et écrivains, mais aussi naturalistes et physiciens.

Dans cet exercice, nous cherchons la relation entre les mouvements subis par les glaciers et les facteurs qui les gouvernent à différentes échelles de temps, à travers deux exemples régionaux.

Document 1 : Coupe schématique d'un glacier



D'après Richard P. (2007), A la découverte des glaciers de montagne - Espace muséographique Glacialis.

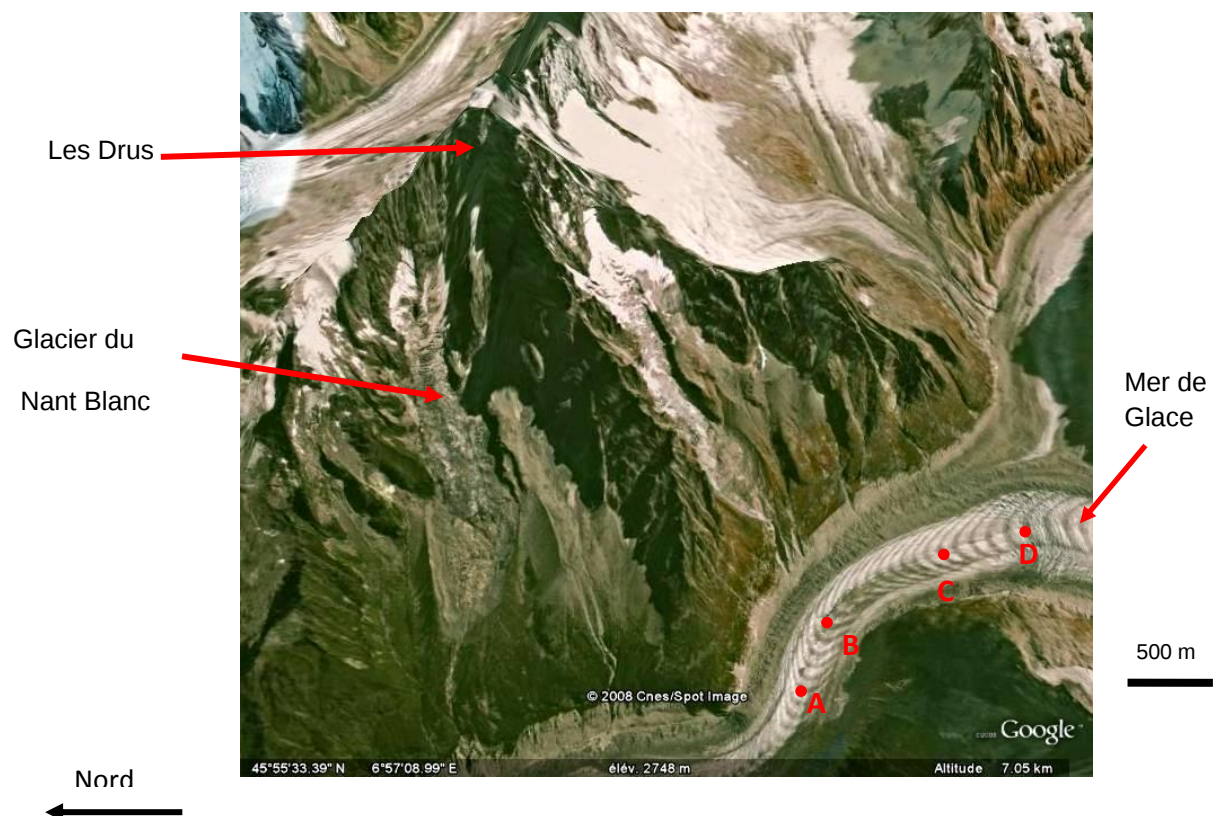
En montagne, en fonction de la topographie, la neige peut s'accumuler en emprisonnant des fragments de roches qui tombent des sommets alentour. Dans la *zone d'accumulation*, cette neige se compacte et devient de la glace au bout de quelques mois. En fonction de la pente, cette couche de glace, plus ou moins épaisse, s'écoule en arrachant sur son passage des roches et des sédiments du *substratum*. En aval, la température atmosphérique augmentant, la glace fond : les roches charriées se déposent alors au *front du glacier*, formant une *moraine frontale*.

Le volume des glaces est susceptible d'évoluer au gré des changements climatiques (décennaux ou plurimillénaires), marqués par des avancées et des retraits du front du glacier. Les évolutions des paysages, associées à ces modifications environnementales, sont visibles puisque des formes de dépôt (*anciennes moraines*) et des formes d'érosion peuvent être préservées.

I - La dynamique saisonnière de la Mer de Glace

- En 1832, James Forbes retrouve des morceaux de l'échelle en bois que le naturaliste et géologue M. de Saussure avait perdu en 1788 lors de son séjour d'observation au col du Géant, 3 300 mètres plus haut.
- A la surface d'un glacier, la présence de zébrures appelées *bandes de Forbes*, révèle son écoulement au fil des saisons : l'hiver, le glacier est recouvert par les précipitations neigeuses et prend une teinte blanche. L'été, des poussières et des roches tombées des sommets voisins lui donnent une teinte grise. L'image satellitale ci-dessous révèle l'allure des bandes de Forbes à la surface de la mer de Glace.

Document 2 : Image du glacier de Nant Blanc et de la Mer de Glace (Spot image)



II - Le mouvement du glacier du Nant Blanc depuis 150 ans

La situation du glacier du Nant Blanc par rapport à la Mer de Glace est donnée par le document 2, mais également par la carte topographique de Chamonix ci-dessous (document 3). Sur cette carte, il est possible d'identifier le front actuel des moraines et celui laissé lors de la précédente avancée du glacier de Nant Blanc dans la vallée, il y a environ 150 ans (front morainique du « petit âge de glace » (PAG)).

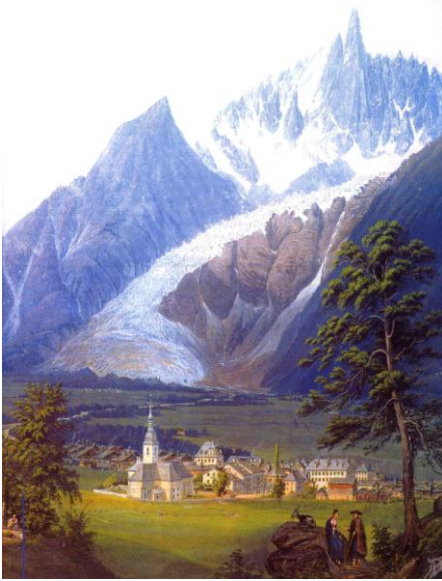


Document 3 : Vue cartographique du glacier du Nant Blanc (IGN, extrait de la carte TOP 25 n°3630.OT, échelle 1: 25 000)

La carte topographique illustre la situation géographique actuelle du glacier du Nant Blanc, qui s'écoule vers l'Ouest. Les courbes de niveau (lignes bleues sur la glace ou brunes sur les reliefs rocheux) indiquent les points de même altitude et sont équidistantes de 10 mètres, c'est-à-dire que deux points sur deux lignes contiguës présentent une différence d'altitude de 10 mètres.

III – Les mouvements de la mer de Glace depuis 350 ans

Document 4 : Le témoignage d'un guide de Chamonix



Le glacier des Bois en 1820 devenue l'actuelle Mer de Glace.
(source : Jean Dubois)

« Cette année 1825, les glaciers n'ont pas atteint nos champs. Au village des Bois, aux Tines [...] on craignait de voir des maisons détruites comme à la Rosière, il y a cent ans. Le temps est maintenant meilleur et j'ai encore pu conduire une caravane au Mont Blanc, la treizième depuis la **conquête de 1786**. [...] A l'époque, il n'y avait presque plus de glaciers. Aujourd'hui, ils avancent et reculent sans que l'on sache pourquoi. Peut-être que dans 200 ans ces glaciers auront disparu de nos montagnes : qui sait ? ».

Extrait d'un texte de Joseph-Marie Couttet, guide à Chamonix, dit « le Capitaine du Mont-Blanc ».

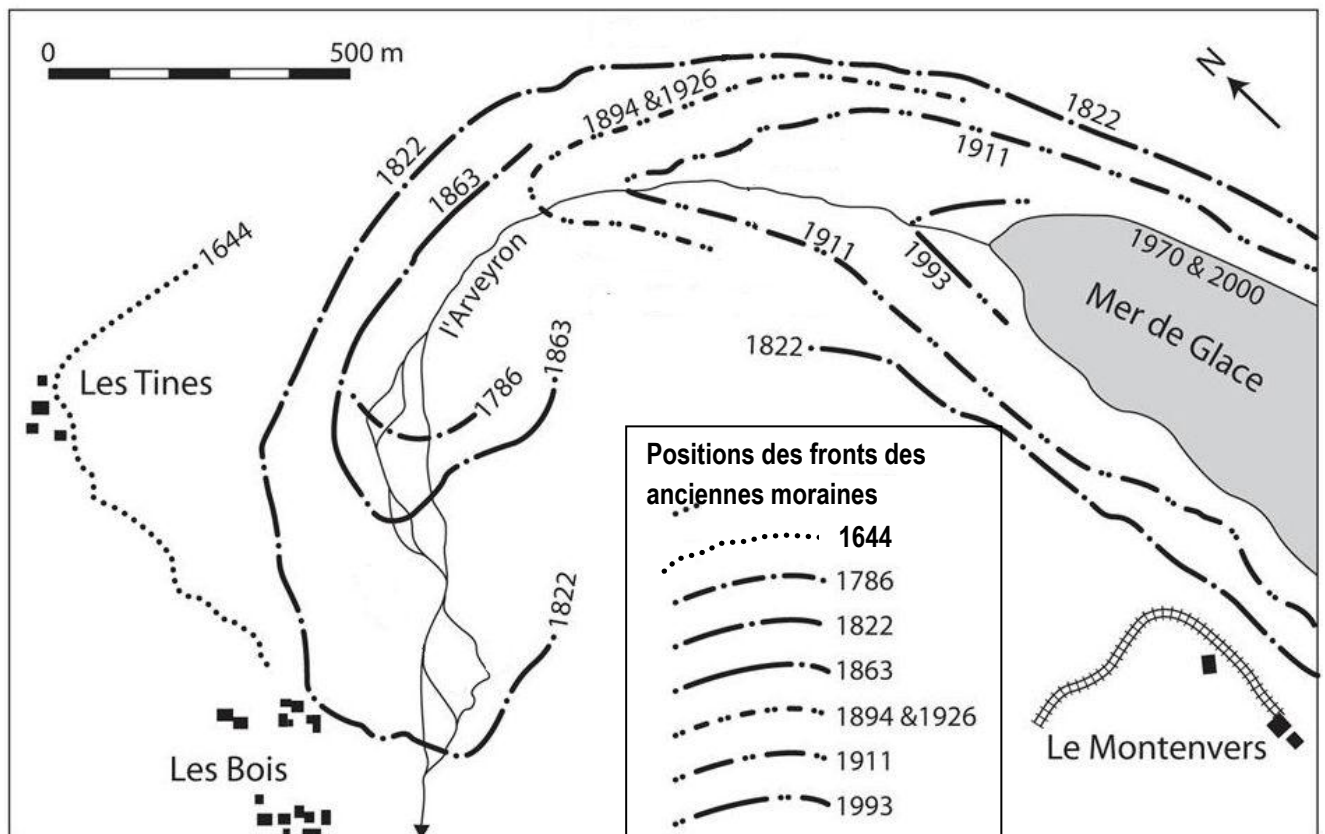


Questions

1. Dédurre de la découverte de Forbes (échelle en bois de M. de Saussure) la vitesse moyenne d'écoulement du glacier en surface durant cette période de temps.
2. Après avoir expliqué la forme arquée des bandes de Forbes, calculer les vitesses d'écoulement en surface de la Mer de Glace, entre les points A et B (vitesse AB) et entre les points C et D (vitesse CD). Proposer une hypothèse pour expliquer les différences constatées entre ces deux vitesses.
3. A partir du document 3, estimer le retrait du glacier en 150 ans (en mètres d'altitude).
4. Sachant que la température atmosphérique varie de 0,65°C pour 100 mètres de dénivelé, calculer la variation locale de la température atmosphérique entre le moment où s'est déposée la moraine ancienne du petit âge glaciaire et aujourd'hui.
5. En mettant en relation les documents 4 et 5, indiquer la tendance générale des mouvements du front du glacier depuis 1786.
6. Sur la carte du document 5 remise avec la copie, figurer, à l'aide de flèches numérotées, les mouvements d'avance (en bleu) et de retrait (en rouge) du front glaciaire entre 1644 et 2000.
7. Proposer une ou plusieurs hypothèses explicatives des mouvements de ce front glaciaire depuis 350 ans.

DOCUMENT A RENDRE AVEC LA COPIE

NOM / NUMERO DE CANDIDAT :



Document 5 : carte des fronts des moraines de la mer de Glace, de 1644 à 2000

(source : Reynaud et al., 2001)