

Olympiades de géosciences - 2016

Académies hexagonales et AEFÉ

Épreuve écrite du 31 mars 2016

Durée de l'épreuve : 4h

Le sujet se compose de trois exercices notés sur dix points chacun. Il comporte de nombreux documents, mais leur exploitation et les réponses attendues sont courtes.

La calculatrice est autorisée.

Exercice 1 - Exploitation d'une ressource géologique sur l'île de la Martinique : l'argile

La Martinique possède de nombreux gisements d'argile qui furent exploités dès les premiers peuplements amérindiens pour la fabrication des objets du quotidien. Aujourd'hui, l'essentiel de la production de briques et tuiles en terre cuite est assuré par la poterie industrielle des Trois-Îlets fondée en 1783. Elle est la plus ancienne entreprise de la Martinique. La production annuelle est de l'ordre de 30.000 t (briques : 28.500 t, tuiles : 500 t, claustras : 150 t, dalles : 100 t).

On cherche à expliquer la présence d'autant d'argile sur le site de la poterie des Trois-Îlets.

À partir des documents fournis, expliquer, dans le cadre du modèle de la tectonique des plaques, l'origine géologique du gisement d'argile de la commune des Trois-Îlets en Martinique.

Document 1a : la poterie des Trois-Îlets

Les briques et les poteries sont fabriquées à partir d'un mélange de deux types d'argile présents sur le site et qui possèdent des caractéristiques minéralogiques spécifiques :

- Une formation ocre-rouge, visible sur le chemin menant au village de la poterie, qui résulte de l'altération intense d'une coulée de dacite à grenat, pyroxène et quartz. Cet épanchement provient d'un cône volcanique égueulé au niveau de l'habitation Phaeton, au sud, appartenant au complexe dacitique de Gros-îlet, daté d'environ 6 Ma. L'altération fumerolienne¹ intense a produit des argiles de la famille des smectites, dont le minéral dominant est ici la montmorillonite. Elles sont d'aspect grumeleux, de couleur bariolée et contiennent des cristaux de quartz automorphes résiduels d'une phase d'altération hydrothermale. Ces argiles sont aussi nommées « terres maigres ». Cette argile ocre apporte aux poteries leur propriété réfractaire (résistance aux hautes températures), leur dureté et limite le retrait lié à la cuisson.
- Une formation d'argile appelée « terre grasse », collante, plastique et claire, évoluant vers le brun au cours de la pédogénèse, provenant de l'altération météoritique² des « terres maigres ». Elle est principalement constituée de kaolinite et contient parfois des morceaux de bois fossiles silicifiés. Cette argile claire confère aux produits leur malléabilité avant la cuisson.

Extraction des horizons à smectites	Broyage des horizons à kaolinite
	

D'après « La Poterie des Trois-Îlets », BRGM / RP-61443-FR / rapport final

¹ Causée par une circulation souterraine d'eau chaude favorisée par une source de chaleur, souvent d'origine volcanique.

² Causée par l'eau provenant des précipitations.

Document 1b : carte de la baie de Génipa

localisation de la poterie des Trois Îlets : ○

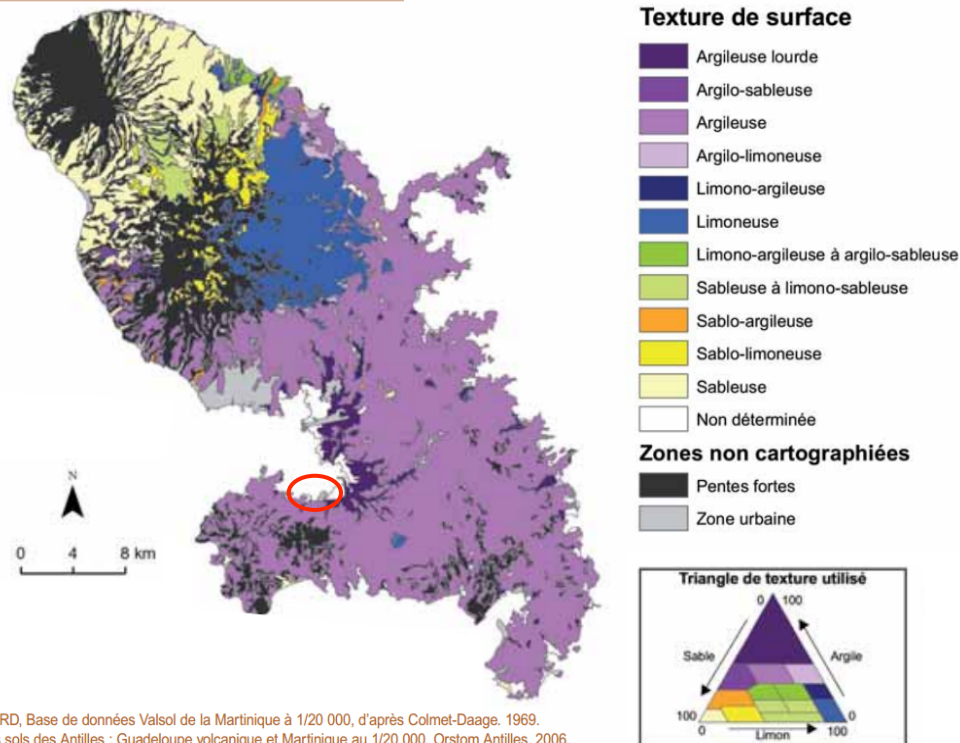


Document 2a : texture de la surface des sols en Martinique

En Martinique, la roche mère est principalement constituée de roches volcaniques, tandis que des roches calcaires (3% de l'ensemble seulement) apparaissent à la presqu'île de la Caravelle ainsi qu'à la pointe méridionale de l'île. En fonction des microclimats, des degrés d'altération de la roche mère produisent des sols variés (horizons supérieurs). Ainsi, en surface, le sud de la Martinique est surtout de texture argileuse, correspondant à des sols évolués de volcanisme ancien. Les sols peu évolués de volcanisme récent du nord de l'île sont de texture limoneuse à sableuse.

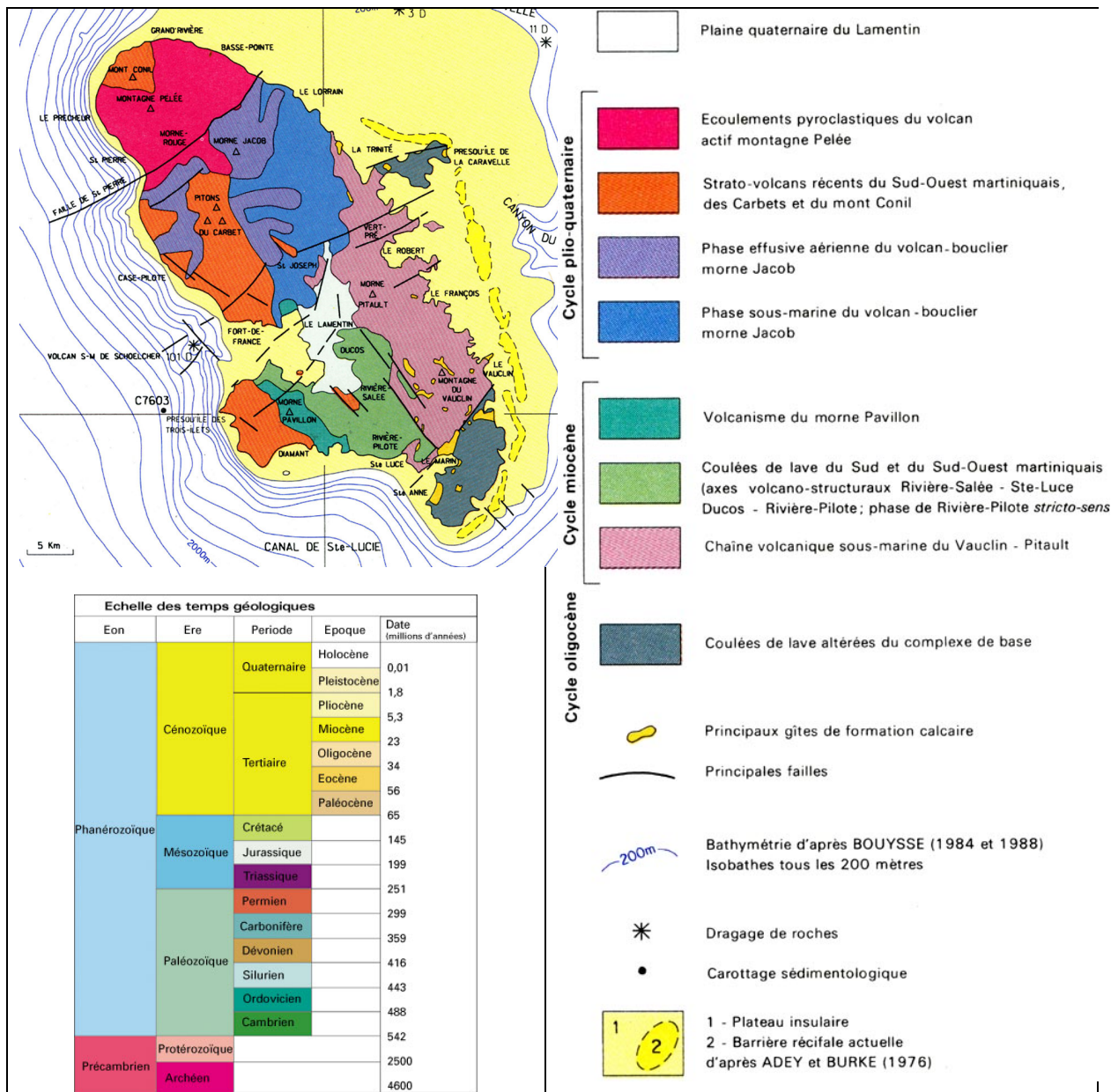
localisation de la poterie des Trois Îlets : ○

Les textures des horizons supérieurs du sol à la Martinique



Source : IRD, Base de données Valsol de la Martinique à 1/20 000, d'après Colmet-Daage. 1969.
Carte des sols des Antilles : Guadeloupe volcanique et Martinique au 1/20 000. Orstom Antilles, 2006.

Document 2b : carte géologique de la Martinique



Document 3 : généralités sur les argiles

Pour mériter le nom d'argile, une roche sédimentaire doit présenter plus de 50% de minéraux argileux, silicates d'alumine hydratés qui constituent des feuillets et dont la taille des grains est inférieure à 2 µm. On peut distinguer 4 familles principales de minéraux argileux :

- les **kaolinites**, caractérisées par une teneur élevée en alumine, sont souvent dites argiles nobles et prioritairement destinées aux usages céramiques et réfractaires ;
- les **smectites** (montmorillonite, beidellite, hectorite et saponite), caractérisées par leur possibilité d'hydratation qui leur valent le nom d'argiles gonflantes ;
- les **illites**, surtout caractérisées par la présence de potassium ;
- les **paligorskites**, caractérisée par la présence de magnésium, et qui présentent une forte capacité d'absorption.

Les minéraux argileux sont le plus souvent formés aux dépens des roches de la croûte terrestre au cours de processus d'altération chimiques soit :

- en liaison avec les eaux météoritiques, en milieu continental ;
- en liaison avec des circulations hydrothermales.

Les minéraux argileux peuvent aussi être formés par précipitation chimique en milieu marin ou lagunaire (illite).

Deux grands types de gisements d'argiles pourront être rencontrés suivant que l'argile reste sur place (gîte résiduel) ou est transportée en milieu aquatique (gîte sédimentaire) que ce dernier soit continental ou marin.

D'après BRGM / RP-54917-FR / rapport final/ décembre 2006

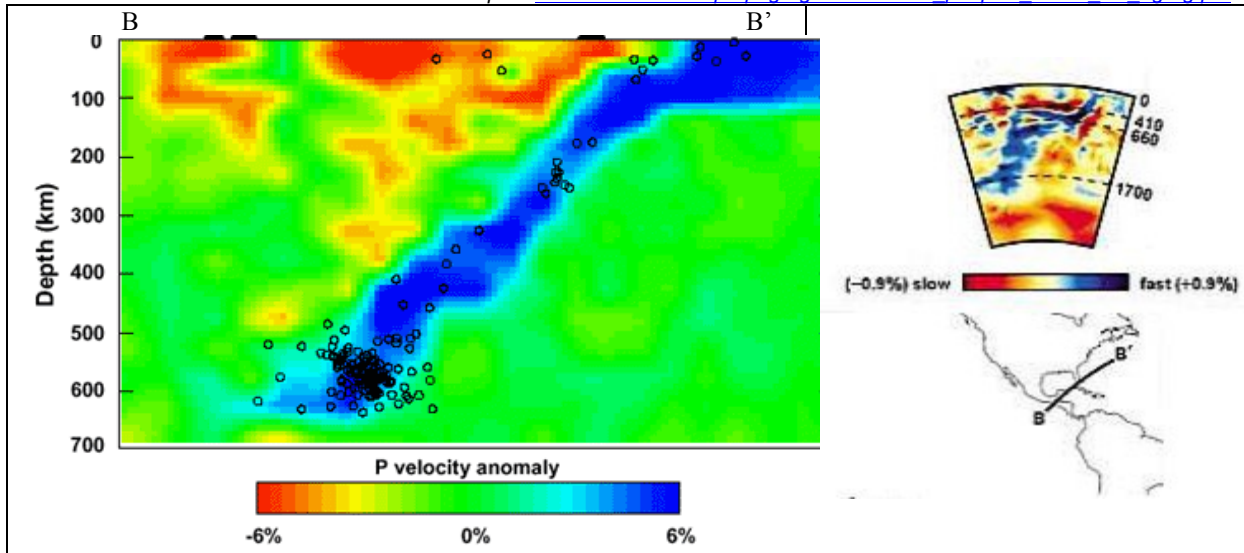
Document 4 : les 3 types de volcanisme

volcanisme de subduction	volcanisme de dorsale (accrétion)	volcanisme intra-plaque (point chaud)
Actuellement, les magmas associés aux zones de subduction se forment par la fusion partielle des matériaux de la plaque chevauchante suite à leur hydratation et parfois, lorsque la plaque lithosphérique subduite est jeune et encore « chaude », directement à partir de la fusion partielle des matériaux entraînés dans la subduction. Leur composition est donc variable mais généralement calco-alcaline, enrichie en silicium. Les roches volcaniques qui en dérivent sont des basaltes calco-alcalins, des andésites des dacites et des rhyolites.	Les magmas associés aux dorsales océaniques sont riches en Fe et pauvres en Na et K pour une même valeur en Si. Les roches volcaniques dérivant de ces magmas sont des basaltes tholéiitiques saturés en SiO ₂ .	Les magmas associés au volcanisme intra-plaque ont une composition plus variable. Ils peuvent être alcalins (riches en K et Na). Les roches qui en dérivent (basaltes, basanites, téphrites ou phonolites) sont alcalines et peuvent contenir des feldspathoïdes dans leur composition.

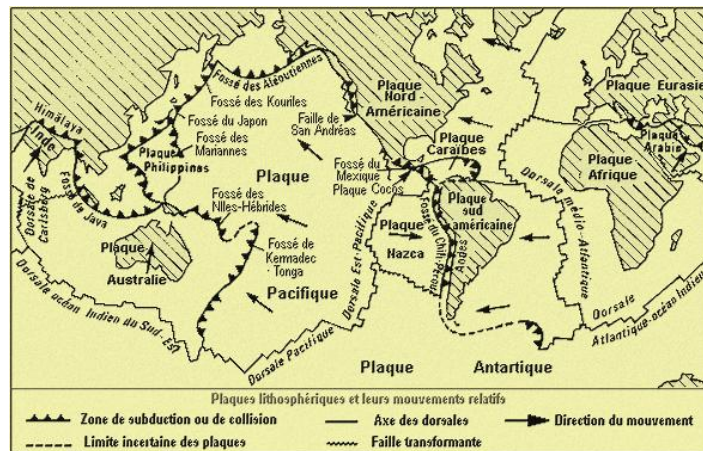
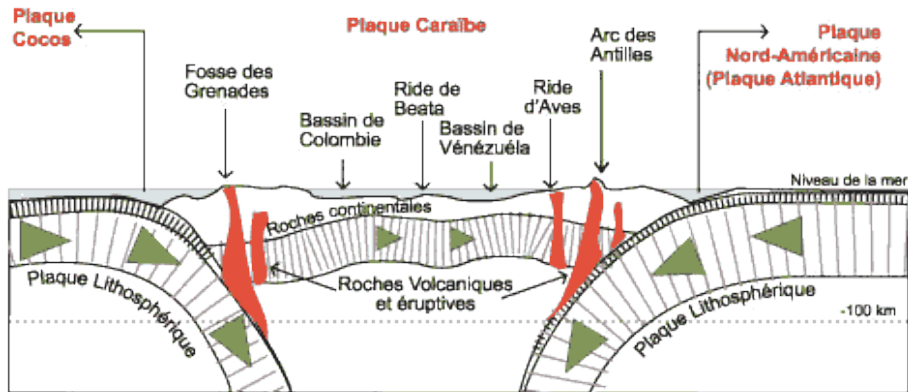
Document 5 : tomographie sismique au niveau de l'arc antillais

La tomographie sismique peut être assimilée à un scanner de la Terre. Les couleurs représentent un changement « anormal » de la vitesse de propagation des ondes sismiques par rapport à une référence. Vers le bleu, la vitesse devient plus rapide, vers le rouge, plus lente. Les ronds noirs représentent des foyers de séismes.

D'après www.ac-nice.fr/svt/prepagreg/IMG/.../tecto_plaques_1ereS_TP_agreg.pdf



Document 6 : une lithosphère découpée en plaques [www.ogmc-guadeloupe.org]



Exercice 2 - 1941- 1944 : des U-Boot* en mer Méditerranée



*U-Boot : abréviation d'Unterseeboot, désigne les sous-marins allemands des deux guerres mondiales

Wikipedia

Durant la seconde guerre mondiale, les Alliés étaient en mesure d'approvisionner leurs armées en mer Méditerranée alors que les convois de l'Axe y subissaient des pertes sévères. La Kriegsmarine (marine de guerre allemande) lança des opérations sous-marines pour cibler les différents débarquements en Europe du Sud. Une soixantaine de sous-marins allemands accomplirent le passage dangereux entre Atlantique et Méditerranée, un seul accomplit ce voyage dans les deux sens.

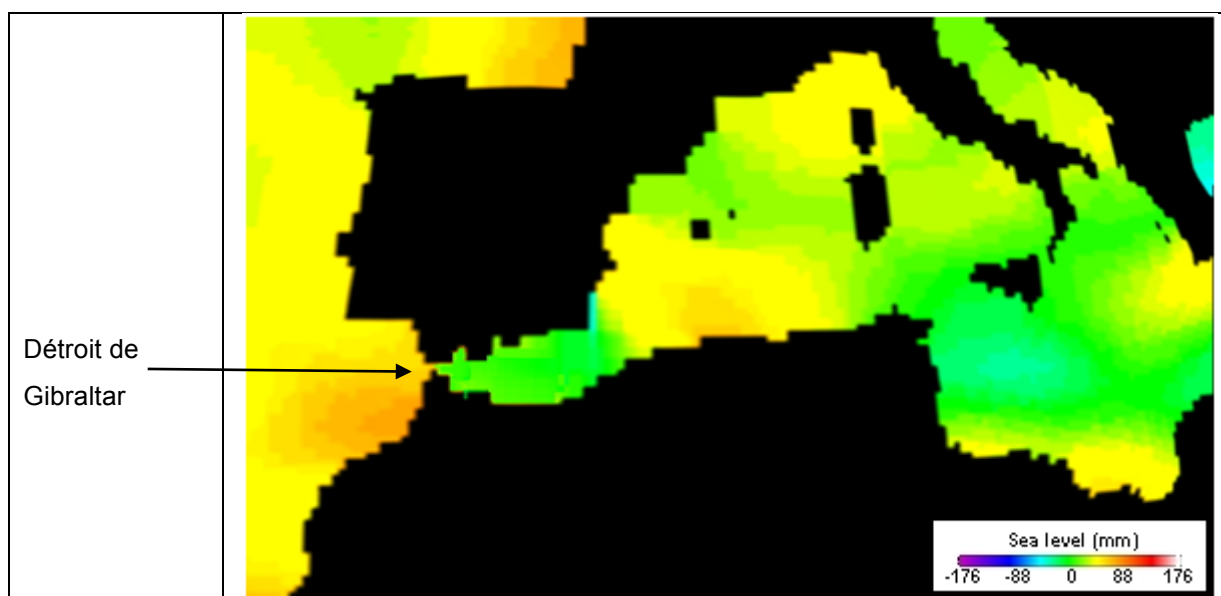
Extrait du carnet de bord de l'U-Boot 455 :

Pour un sous-marin allemand, passer Gibraltar était un vrai défi, cette forteresse anglaise étant contrôlée 24h/24 par des escorteurs, des avions, des radars. Les forces anglaises ont coulé 9 U-Boot ces derniers mois. 10 autres ont dû renoncer à passer le détroit après des combats. Comment réussir là où tant d'autres ont échoué ? Vu l'important trafic ennemi, le Commandant Scheibe décide de passer Gibraltar de nuit, porté par le courant qui entre en Méditerranée.

« On ne pouvait pas naviguer avec les diesels. Le régime silencieux signifie le silence complet et une légère propulsion aux moteurs électriques. Cela veut dire aussi qu'à bord, nous portions des chaussures en liège pour ne pas faire de bruit. Il ne fallait pas parler non plus. Après 40 heures de plongée, le U-455 rejoint la surface. Le taux d'oxygène à l'intérieur est au plus bas. Les hommes sont au bord de l'évanouissement. Qu'importe, ils sont passés. »

Expliquer comment le contexte hydrogéologique a permis aux sous-marins allemands de déjouer la vigilance des Britanniques pour entrer et sortir de Méditerranée. Illustrer la réponse en complétant le profil bathymétrique du détroit de Gibraltar en annexe (à découper et à coller à la copie).

Document 1 : altimétrie océan Atlantique – mer Méditerranée



Nasa's Eyes

Niveau marin des eaux de l'océan Atlantique et de la mer Méditerranée
(Sea level = niveau marin)

Document 2 : bilan hydrologique en mer Méditerranée

La mer Méditerranée est un bassin semi-fermé qui est le siège d'une évaporation intense, compensée par divers processus. Les géologues ont montré que si le détroit de Gibraltar se fermait, ce qui s'est produit au Messinien, il y a environ 6 millions d'années, la mer Méditerranée s'assècherait.

Processus	mm
Evaporation	1 240
Précipitations	390
Apports des fleuves	204
Apports de la Mer Noire	76
Apports de l'Atlantique	570

J. Tixeront

Document 3 : dérive d'une balise Mermaid en mer Méditerranée

Les MERMAID (*Mobile Earthquake Recording in Marine Areas*) sont des balises équipées d'un hydrophone associé à un logiciel leur permettant d'analyser des signaux phoniques. Elles sont immergées entre 1000 m et 2000 m de profondeur et ont pour vocation d'enregistrer les ondes acoustiques générées par l'arrivée d'ondes sismiques mais aussi les bruits de l'océan (bateaux, chants des baleines...).

Ces « petites sirènes » permettent d'avoir accès à des informations sur les séismes, les phénomènes météorologiques, les courants marins...

À chaque enregistrement significatif, la balise envoie les données par satellite, ce qui permet de suivre son déplacement :



© Géoazur

Balise Mermaid



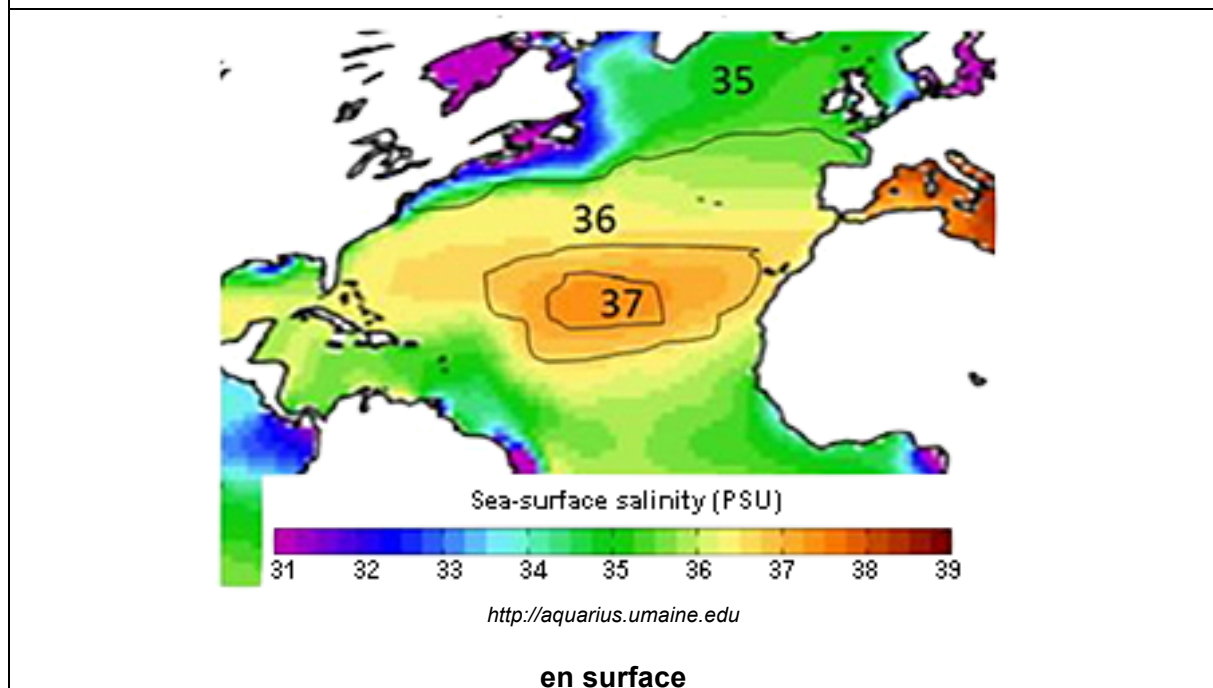
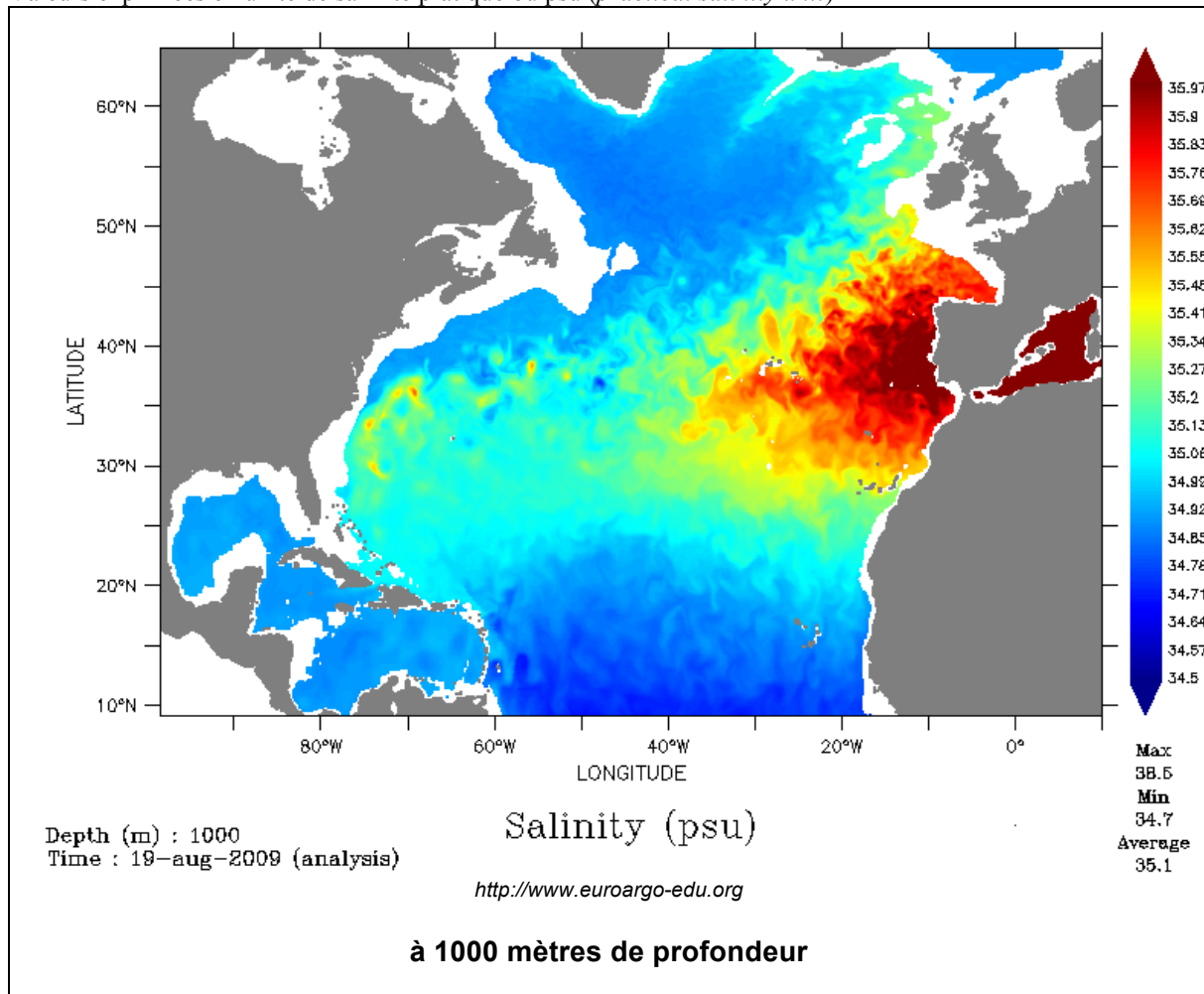
<https://geoazur.oca.eu>

Trajectoire de Mermaid n°17 en mer Méditerranée

Document 4 : salinité des eaux

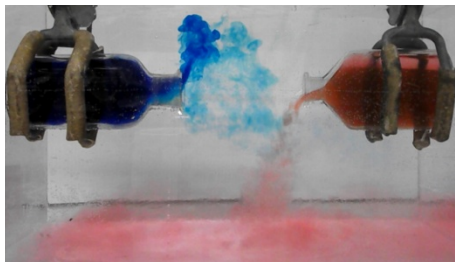
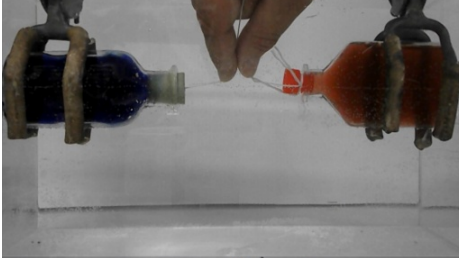
Document 4a : cartes de salinité dans l'océan Atlantique à différentes profondeurs

Valeurs exprimées en unité de salinité pratique ou psu (*practical salinity unit*)



Document 4b : comportement de liquides de salinité différente

Deux bouteilles remplies respectivement d'eau très salée (NaCl à 200 g.L⁻¹, colorée en rouge) et douce (colorée en bleu) sont placées dans un aquarium rempli d'eau peu salée (NaCl à 50 g.L⁻¹) puis sont débouchées :



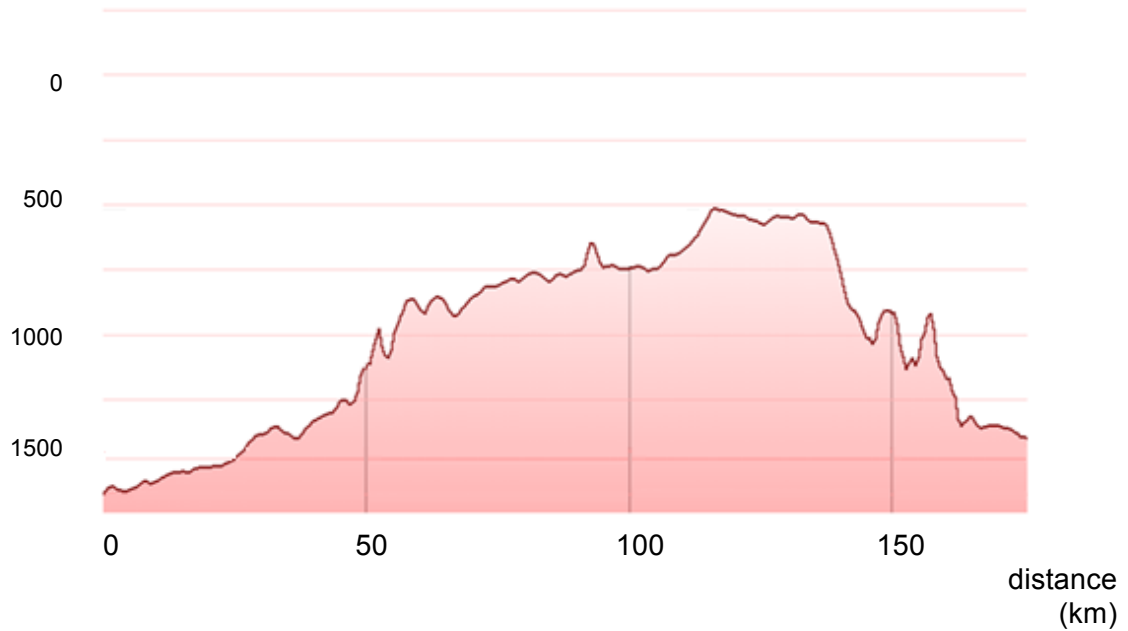
Clichés L. Bonal

Document réponse : (à découper et à coller sur votre copie)

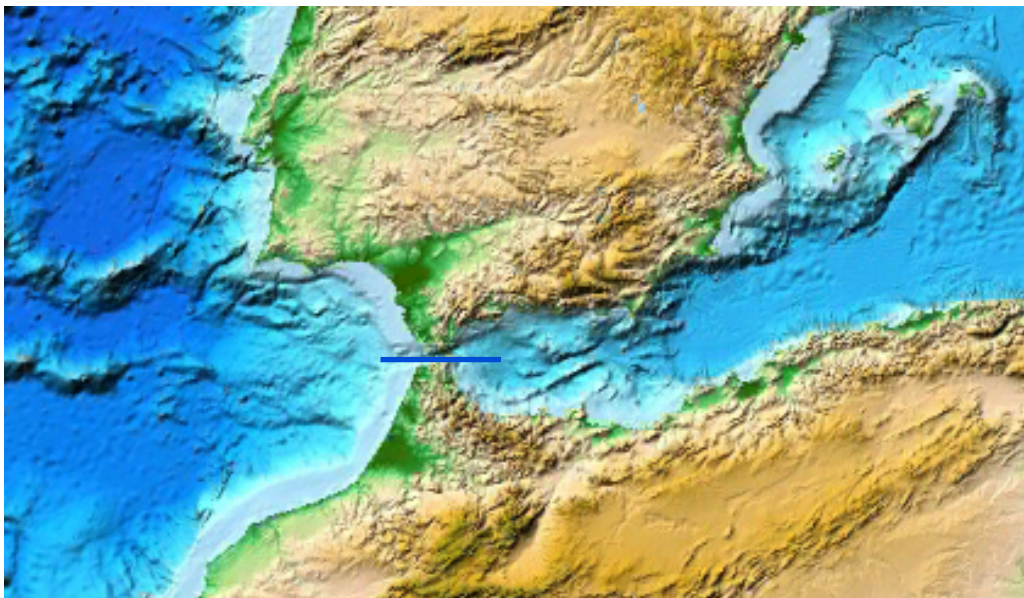
Ouest

Est

profondeur
(m)



Profil bathymétrique des fonds marins au niveau du détroit de Gibraltar
à compléter



D'après Google Earth

Topographie des fonds marins de l'océan Atlantique et de la mer Méditerranée

— Tracé du profil bathymétrique

Exercice 3 - DE L'OR NOIR DANS LA GRANDE BLEUE ?

La société Melrose Mediterranean Limited a obtenu un permis de recherche d'hydrocarbures liquides et gazeux dit « permis Rhône Maritime ». Ce projet GOLD concerne le sous-sol de la mer au large des départements des Bouches-du-Rhône et du Var (Sud-Est de la France), sur une superficie de 25 000 km² (arrêté du 29 octobre 2002). Dans un avis rendu le 19 décembre 2014, le conseil d'État français a rejeté le pourvoi du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie qui souhaitait annuler le permis d'explorer les fonds méditerranéens français à la recherche de pétrole accordé à la société Melrose Mediterranean Limited.

1. Les documents 1a à 1c présentent les conditions nécessaires à la genèse d'un gisement d'hydrocarbures. Les documents 1d à 1h présentent des données sur la géologie passée et actuelle du bassin liguro-provençal.

À partir de l'ensemble de ces documents, dégager les arguments géologiques expliquant l'intérêt des compagnies pétrolières à investir dans la recherche d'hydrocarbures en Méditerranée.

2. Argumenter, à travers l'exploitation des photographies A, B, C et des documents 2a à 2e, les fondements de la polémique suscitée par une éventuelle exploitation pétrolière au large des côtes provençales.



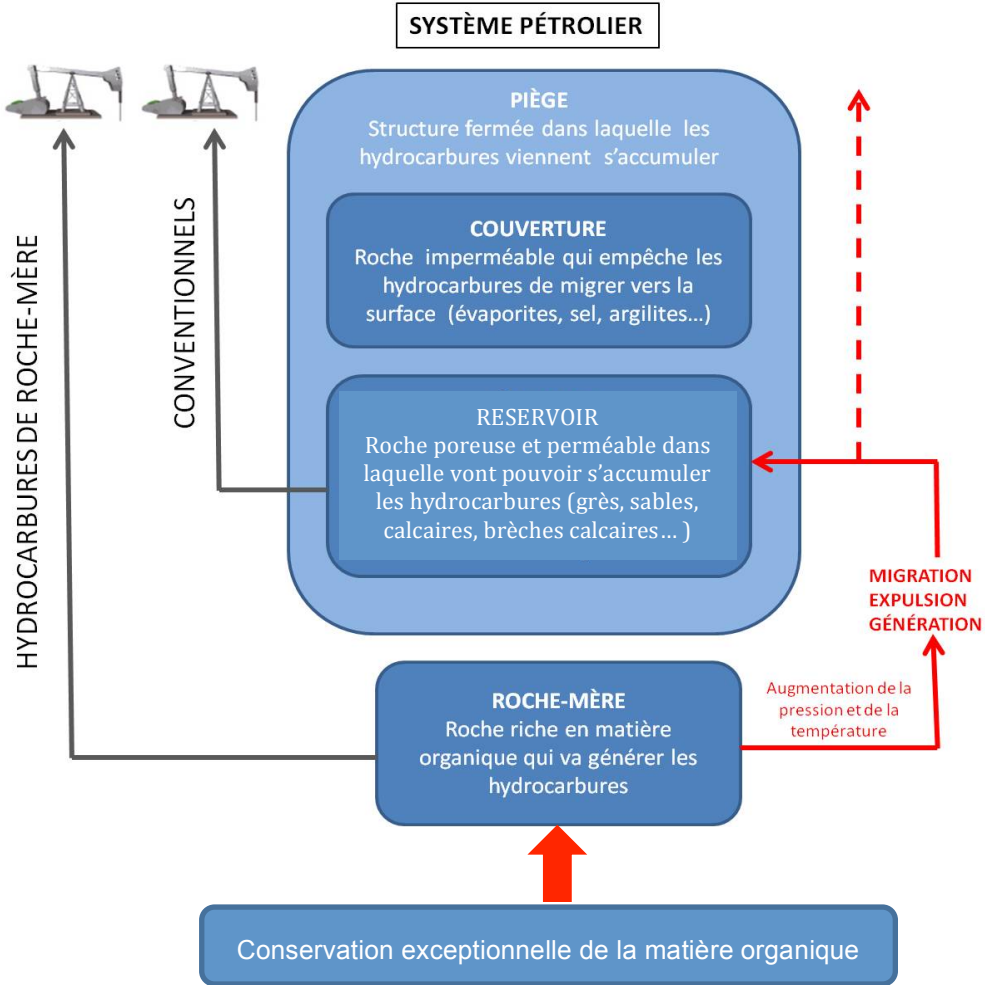
A. Baie de Cassis et falaises de Soubeyran vues depuis la route D559.

B. Plateforme Deepwater Horizon dans le Golfe du Mexique lors de la catastrophe d'avril 2010 (<http://www.bizjournals.com/>)

C. Plateforme pétrolière en mer du Nord (Erik Christensen)

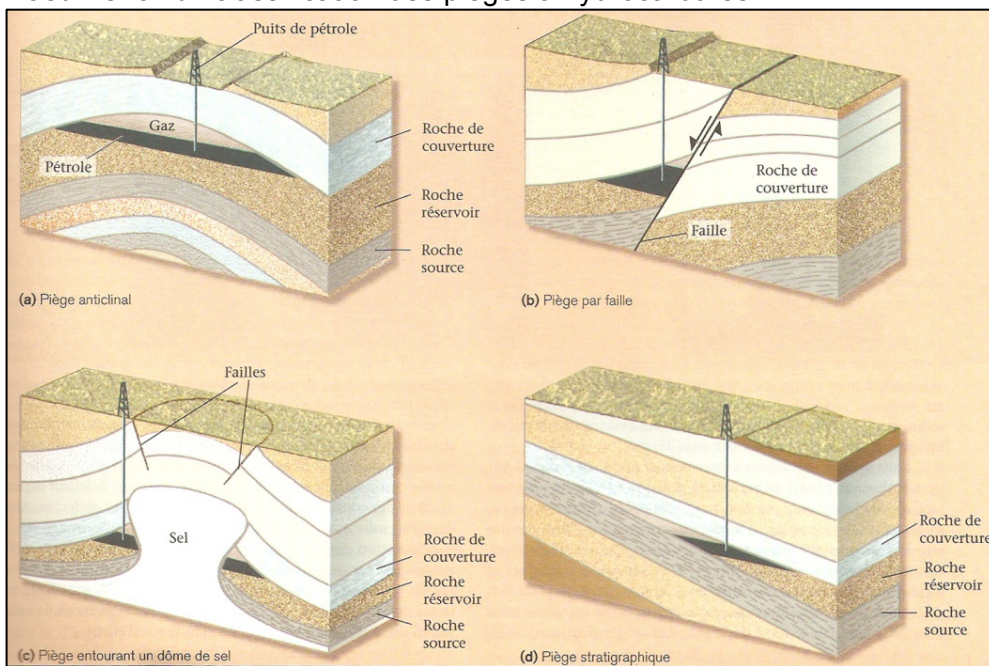
Documents 1a à 1c : conditions nécessaires à la genèse d'un gisement d'hydrocarbures

Document 1a : conditions de genèse d'un système pétrolier



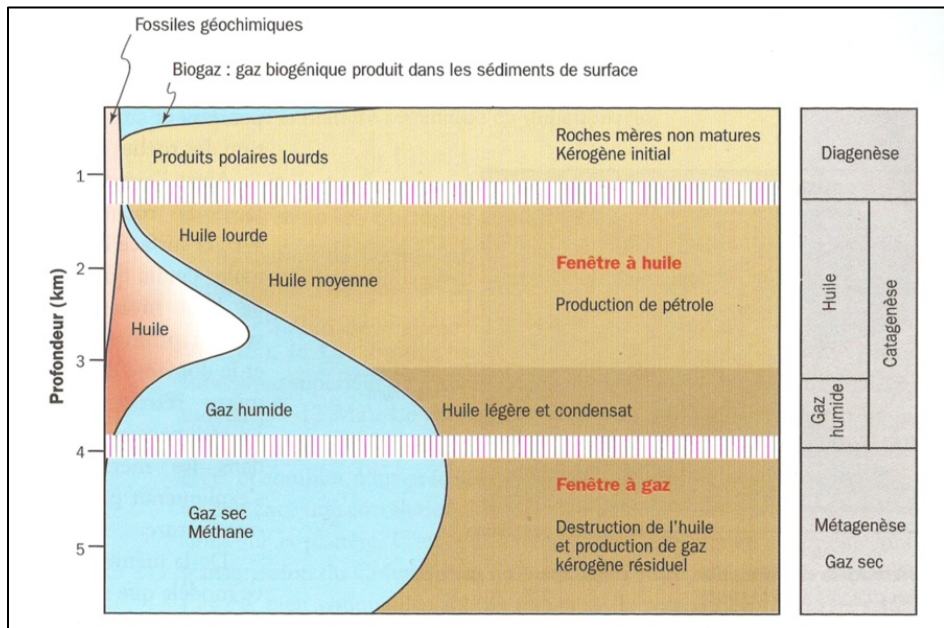
modifié d'après Vially, 2015

Document 1b : classification des pièges à hydrocarbures



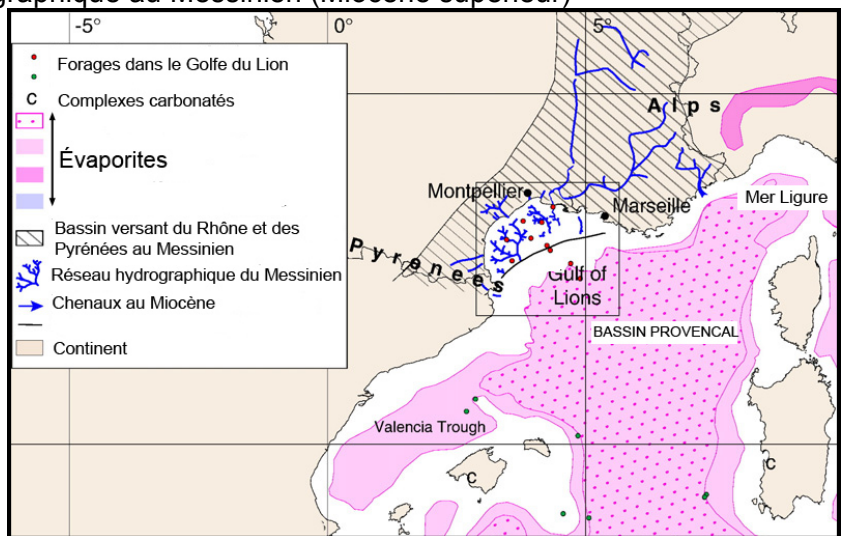
Marshak, 2012

Document 1c : transformation de la matière organique dans une colonne sédimentaire (d'après Tissot et Welte, 1978, Durand 1987 in Robert *et al.*, 2013)



Documents 1d à 1h : géologie actuelle et passée de la marge liguro-provençale

Document 1d : carte de localisation des séries évaporitiques en Méditerranée occidentale et réseau hydrographique au Messinien (Miocène supérieur)



modifié d'après Bache et al., 2009.

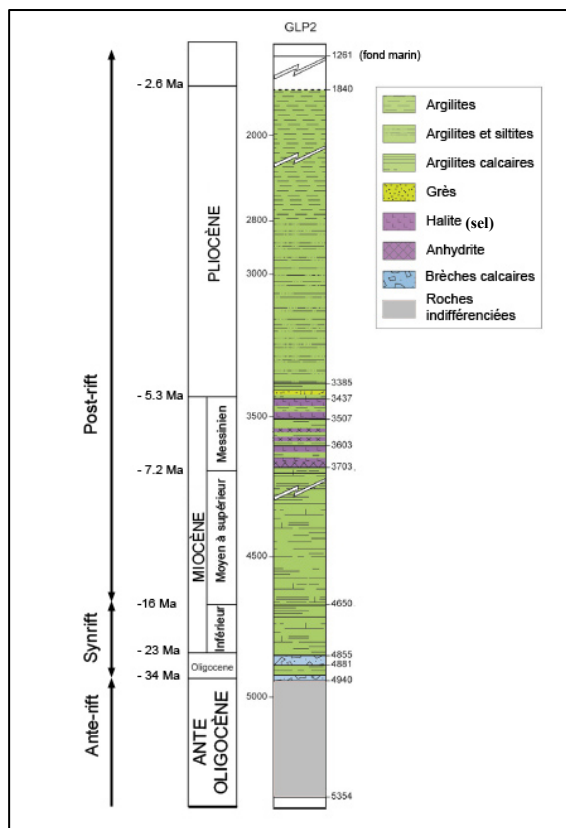
Document 1e : origine de la matière organique en milieu marin et données sur la charge sédimentaire du Rhône actuel

En domaine marin, la matière organique provient essentiellement de la biomasse marine. Toutefois, dans les estuaires et la zone côtière le matériel organique d'origine terrestre tend à prédominer. Les domaines deltaïques constituent donc des sites privilégiés de leur accumulation.

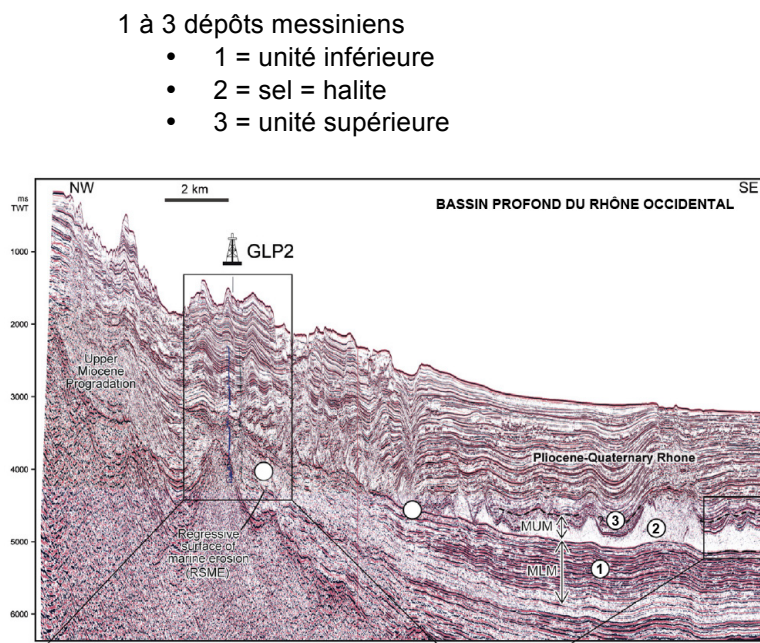
	Débit annuel	Bassin versant	Matière en suspension	Quantité de carbone organique
Rhône	1700 m ³ .s ⁻¹	97 800 km ²	1.2 à 19 10 ⁶ t.an ⁻¹	19 ± 6 10 ⁴ t.an ⁻¹

(données d'après Bourgeois et al., 2011)

Document 1f : colonne litho-stratigraphique du puits GLP2 foré au large de Marseille (d'après Bache *et al.*, 2015)



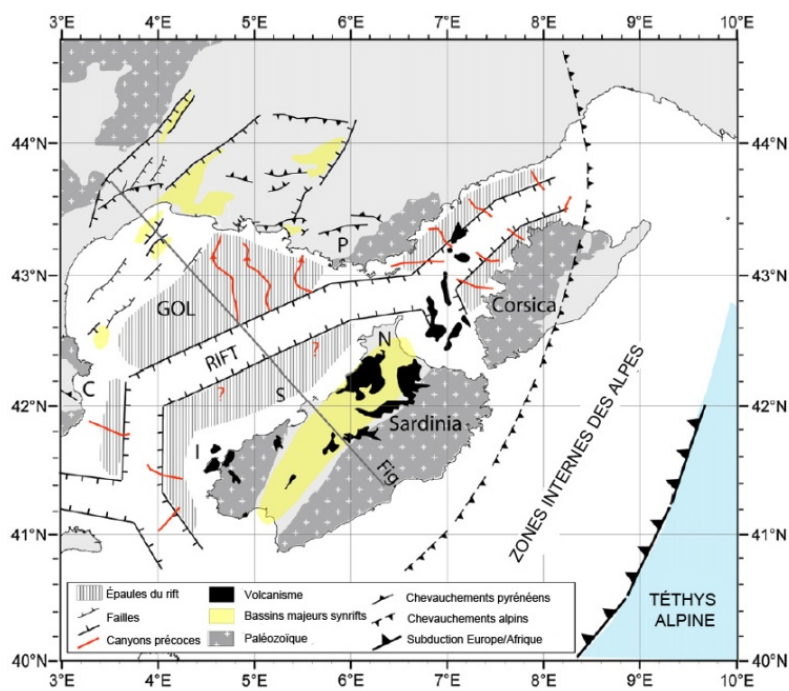
Document 1g : profil sismique au large du delta du Rhône (d'après Gorini *et al.*, 2015)



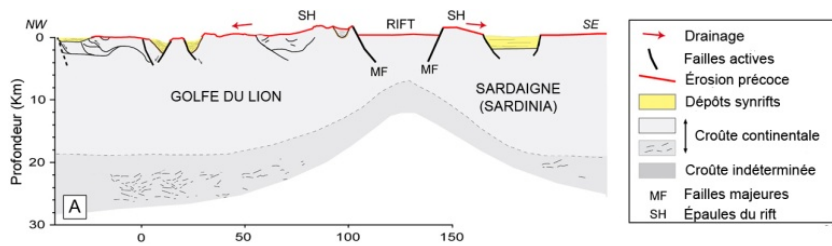
1 à 3 dépôts messiniens

- 1 = unité inférieure
- 2 = sel = halite
- 3 = unité supérieure

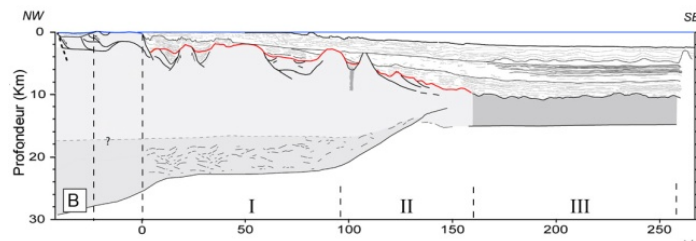
Document 1h.



Localisation du rift liguro-provençal et de la coupe A sur la carte paléogéographique à l'Oligocène



A : reconstitution du rift Liguro-Provençal à l'Oligocène



B : interprétation de la marge actuelle (à partir de données sismiques)

modifié d'après Bache et al., 2010

Documents 2 :

Document 2a : conséquences de la catastrophe Deepwater Horizon en 2010

[...] Survenue le 20 avril 2010, l'explosion de la plateforme Deepwater Horizon à 80 km au large de La Nouvelle-Orléans, a fait 11 morts et causé le déversement de 760 millions de litres de pétrole brut dans le golfe du Mexique.

L'accident s'est avéré être la pire catastrophe écologique que les États-Unis aient jamais connue. Pas de moins de 1.600 kilomètres de côte ont été touchés par la marée noire dégradant l'écosystème qu'abritait le Golfe du Mexique. Selon les spécialistes, il faudra ainsi à la région des décennies pour retrouver un semblant de ce qu'elle était avant le 20 avril 2010. Marécages, coraux, des milliers d'oiseaux et des centaines de tortues et de dauphins comptent dans les dommages directs de cet accident de l'or noir.

Les deux activités dont dépendaient les habitants du Golfe du Mexique, le pétrole et la pêche, ont été toutes deux interdites dans les mois qui ont suivi la catastrophe ce qui a entraîné de nombreuses faillites et des désertions. [...]



Émeline Ferard, le 19 février 2012:

<http://www.maxisciences.com/> Copyright © Gentside
Découverte.

Document 2b : richesse floristique et faunistique du Parc des Calanques (<http://www.calanques-parcnational.fr/>)



Les calanques abritent une étonnante biodiversité terrestre et marine.

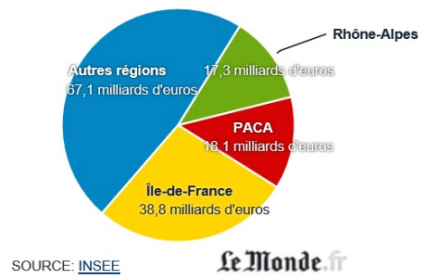
Le parc national compte **60 espèces marines patrimoniales**, et **14 habitats d'intérêt communautaire** (considérés comme rares et fragiles par l'Europe).

L'**herbier de posidonie**, constitué par une plante marine à fleurs (la posidonie), à croissance racinaire lente (1 siècle pour 1 m) et endémique de Méditerranée. L'herbier de posidonie sert de nurserie, de refuge et de nourriture à une faune riche et diversifiée. Plus en profondeur, le **coralligène** est un écosystème caractérisé par l'abondance d'organismes marins, formant des paysages colorés.

Document 2c : données économiques concernant la région PACA

134 milliards d'euros, c'est ce qu'ont dépensé, en 2011, les touristes français et étrangers dans les régions françaises.

Trois régions concentrent à elles seules la moitié de ces 134 milliards d'euros : l'Ile-de-France et son patrimoine culturel et architectural, Provence-Alpes-Côte d'Azur et ses plages et Rhône-Alpes et ses stations de ski.



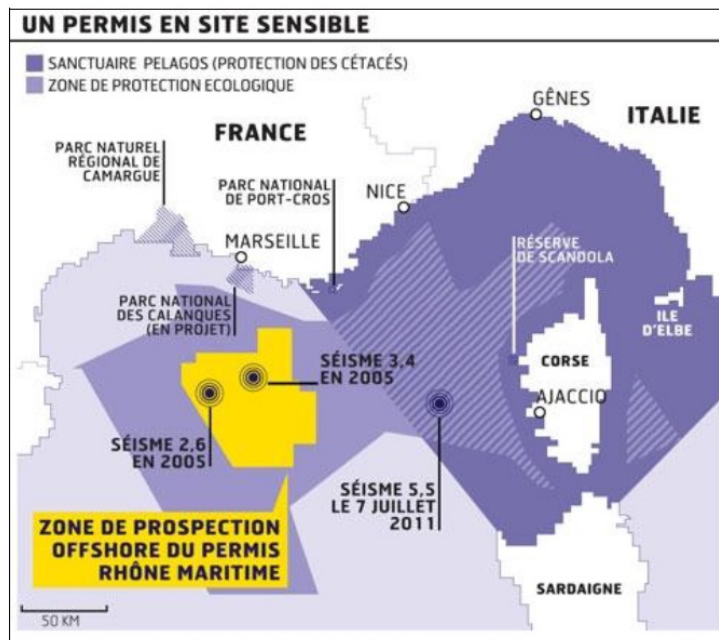
Le Parc des Calanques accueille chaque année entre 1,5 et 2 millions de visiteurs par an à terre et en mer (touristes, public scolaire et scientifiques, plaisanciers...).

Document 2d : origine des importations françaises de pétrole brut en 2012 par zone géographique (© Connaissance des Énergies <http://www.connaissancedesenergies.org>).

La France a produit près de 807 000 tonnes de pétrole en 2012 sur son sol. Cette production ne permet de couvrir que près de 1% de ses besoins en pétrole. Pour satisfaire la demande, 56,8 millions de tonnes supplémentaires de pétrole brut ont été importées, auxquelles s'ajoutent des importations de produits déjà raffinés, notamment de gazole et de fioul domestique.

Le premier fournisseur de pétrole brut de la France est la Russie, qui satisfait 14,6% des importations françaises. Suivent l'Arabie Saoudite (13,8% des importations françaises de brut), le Kazakhstan (12,6%), la Libye (11,2%)...

Document 2e : carte de la zone de prospection offshore du permis Rhône – Maritime



Institut Français de la Mer