

RECONSTITUTION DES PAYSAGES ANCIENS

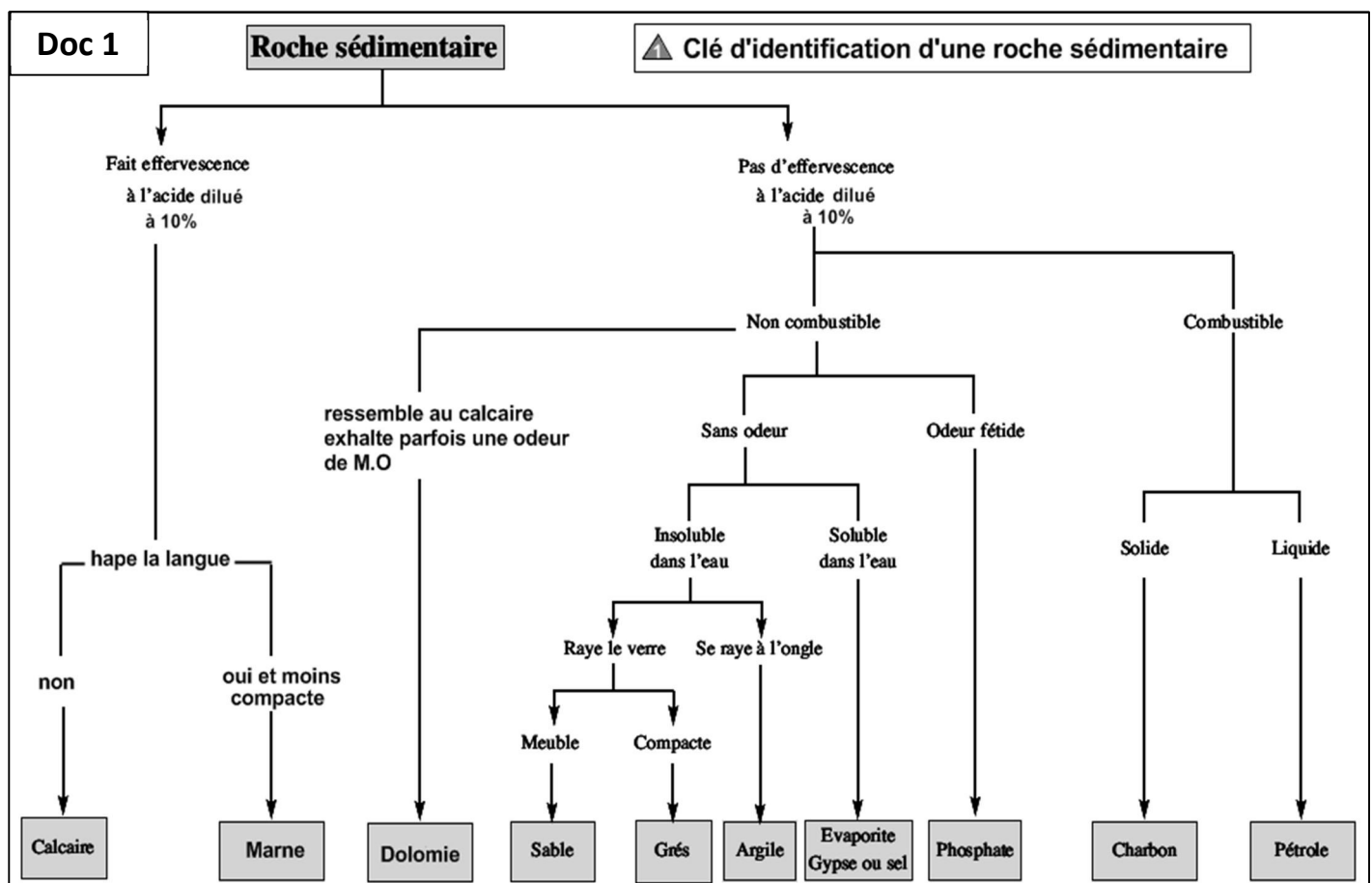
INTRODUCTION

- ❖ Les **roches sédimentaires** forment le gros morceau de la surface de la Terre (la **croûte terrestre**). Elles résultent du **transport** suivi d'une accumulation (**sédimentation**) de particules issues de l'**érosion**, lesquelles, très lentement, se transforment en roche (**diagénèse**). Elles évoluent donc avec le temps et permettent ainsi aux géologues, grâce à divers indices, de reconstituer l'**histoire des paysages**.
- ❖ Les **observations faites dans les milieux actuels**, transposées aux phénomènes du passé, permettent de **reconstituer certains éléments des paysages anciens** (milieux de sédimentations, type de climat, degré de salinité, niveau de la mer...etc). Les roches sédimentaires sont donc des archives des paysages anciens.
- ❖ Quels sont les indices et les techniques de base utilisés dans la reconstitution des paysages anciens ?

I – Identification des roches sédimentaires:

1) identification d'une roche sédimentaire :

- Une roche sédimentaire se forme à la surface du globe terrestre dans un bassin sédimentaire marin ou continental : c'est une roche exogène. Deux indices permettent de l'identifier : la stratification et la présence de fossiles.



2) classification d'une roche sédimentaire :

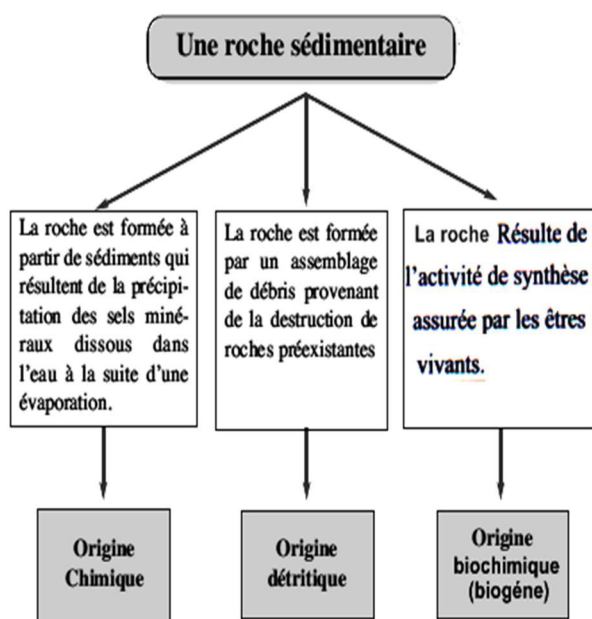
q1) dégager du doc2, le critère de classification des roches détritiques.

R1)

q2) en se basant sur les doc1 et 2 et vos connaissances, classer les roches suivantes selon l'origine des éléments qui les constituent : calcaire, Grés, Gypse, Phosphate, Dolomie, pétrole et charbon.

R2)

a - Classification des roches selon l'origine des éléments qui les constituent.



b - Classification simplifiée des roches détritiques.

Nom de la particule	Taille de la particule	Nom du sédiment	Classe	Nom de la roche solide
Blocs	> 256 mm	Graviers	Rudites	Conglomérats (poudingues si les particules sont arrondies, sinon c'est des brèches).
Gros cailloux	64-256 mm	Graviers		
Petits cailloux	2-64 mm	Graviers		
Sable	1/16-2 mm	Sables	Arénites	Grès
Silt	1/256 - 1/ 16 mm	Silts	Lutiles (Pélites)	Siltites
Argile	<1/256 mm	Argiles		Argilites

c - Classification des roches selon leur composition chimique.

Composition chimique	Classe de roche	Exemple de roche
Silice	Siliceuse	Le silex
Silicate d'alumine	Argileuse	L'argile
Carbonate de calcium	Carbonatée	calcaire , marne, dolomie
Phosphate de calcium	Phosphatée	Le phosphate
Matière organique	Carbonée	L'antracite
Chlorure, potassium, sodium ...	Evaporitique	Le sel

classification des roches sédimentaires

Doc 2

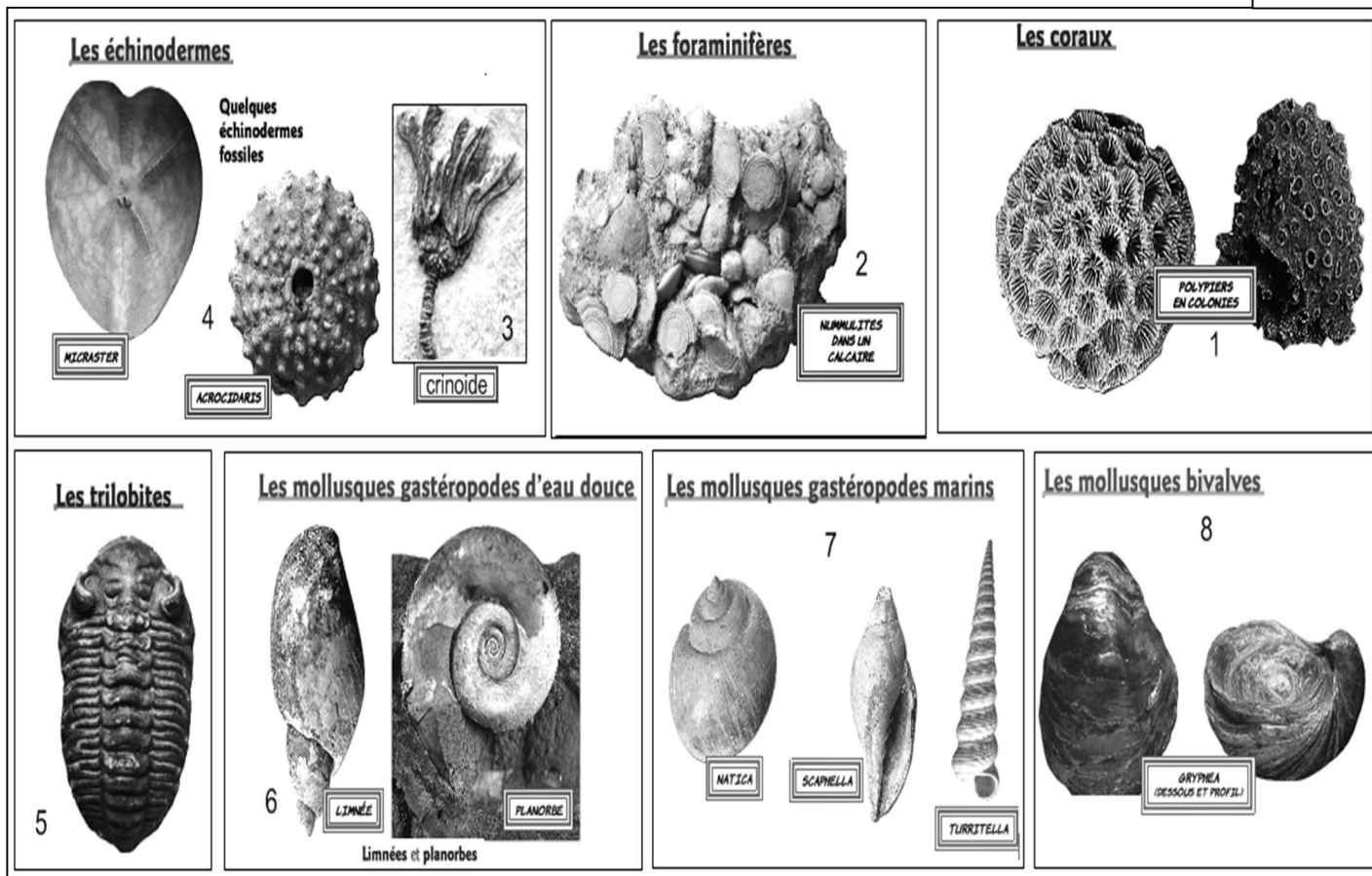
II- A la recherche du paysage ancien Grâce aux fossiles:

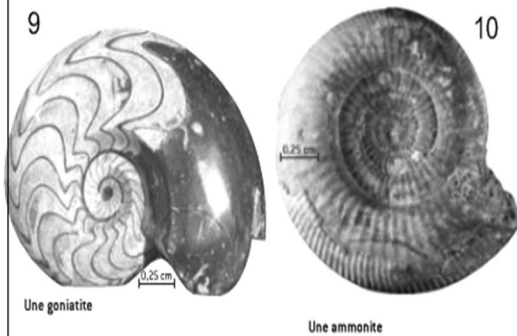
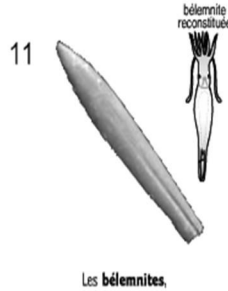
1) Clé d'identification des fossiles:

- À l'intérieur des couches sédimentaires, on peut rencontrer des restes, traces d'animaux ou végétaux morts qu'on appelle fossiles. Ils permettent aux géologues de reconstituer les milieux anciens de sédimentation.

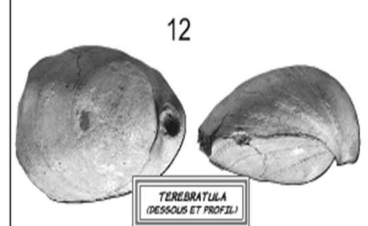
- Le docs3 propose une clé d'identification des principaux fossiles :

Doc 3



Les mollusques céphalopodes à coquille externeLes mollusques céphalopodes à coquille interne

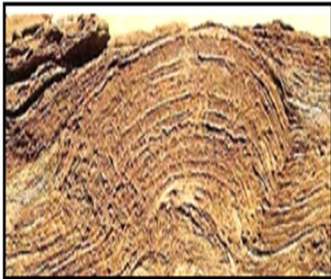
Les bélemnites.

Les brachiopodes

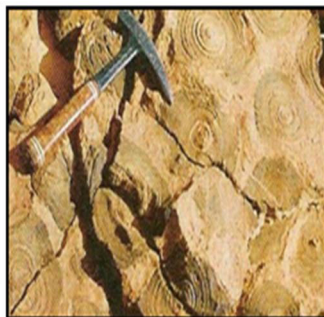
Doc 3

• Les Stromatolithes (ou Stromatolites) :

Dans des roches sédimentaires marines, on trouve des fossiles « bizarres », les stromatolithes, formés de couches concentriques. L'observation des qui semblent stromatolithes actuels permet de comprendre leur formation. Ce sont des couches de calcaire déposées par des cyanobactéries.



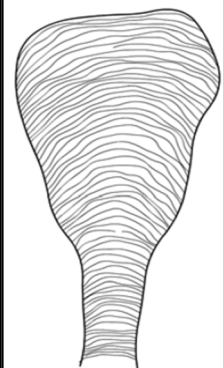
Coupe dans un stromatolite fossile.



stromatolite fossile



stromatolites Actuels (Australie)



Doc 4

Stromatolithe en coupe

Chaque ligne est une couche de bactéries dont l'activité photosynthétique s'est accompagnée de la production d'une couche de roche. Le marteau est là pour l'échelle.

Remarque : - la paléontologie est la science qui étudie les fossiles.

- Le faciès d'une roche : l'ensemble de ses caractères paléontologiques (ses fossiles) et pétrographiques (Caractères en relation avec sa nature) qui renseignent sur les conditions et le milieu de sa formation.

2) Classification des fossiles selon leur rôle pour le géologue :

L'étude des fossiles a permis de découvrir que ces derniers sont répartis en deux groupes :

- Les fossiles stratigraphiques : caractéristiques d'une époque géologique limitée dans le temps et ayant une large répartition géographique ;
- Les fossiles de faciès : Fossiles à répartition géographique limitée et dont l'existence s'étale sur une longue époque géologique. Ces fossiles permettent de déterminer les milieux de sédimentation et la paléogéographie.

q) donner deux fossiles de faciès et deux autres stratigraphiques parmi ceux proposés sur le doc 4.

r)-

3) Echelle stratigraphique (Echelle des temps géologiques):

En exploitant les fossiles stratigraphiques découverts dans les couches sédimentaires, les chercheurs ont subdivisé le temps géologique en différentes unités (ères, périodes, systèmes, époques, étages) et ont réalisé une échelle stratigraphique. Cette échelle permet une datation relative des couches sédimentaires en se basant sur leur contenu fossilifère. L'étude de la **radioactivité** des roches en se basant sur les éléments radioactifs a permis de donner un âge absolu et précis aux couches sédimentaires en millions d'années (M.a).

Ère	Période	Epoque	Etage	quelques Fossiles	Age (en Ma)	Doc 5
Cénozoïque	Quaternaire	Holocène		Mammouth 	0	Cycle orogénique alpin
		Pléistocène			-0,01 -1,8	
	Tertiaire	Pliocène	Sup.	Nummulites 	-3,4	
			Moy.		-5,3	
			Inf.		-6,5	
		Miocène	Sup.		-11	
			Messinien		-14,5	
			Tortonien		-16	
			Serravallien		-20	
			Langhien		-23,5	
			Burdigalien		-28	
			Aquitainien		-34	
	Paléogène	Oligocène	Chatteien		-37	
			Rupélien		-40	
		Eocène	Sup.		-46	
			Préborien		-53	
			Bartoniien		-59	
		Moy.	Lutétien		-65	
			Yprésien		-72	
		Inf.	Thanétien		-83	
			Danien		-87	
		Paléocène	Maastrichtien		-91	
Mésozoïque ou secondaire	Crétacé	Supérieur	Campanien	Ammonites 	-96	
			Santonien		-108	
			Coniacien		-114	
			Turonien		-116	
			Cénomannien		-122	
		Inférieur	Albien		-130	
			Aptien		-135	
			Barrémien		-141	
			Hauteriviien		-146	
			Valanginien		-154	
	Jurassique	Supérieur	Berriasien	Dinosaures 	-160	
			Tithonien		-167	
			Kimmeridgien		-176	
		Moyen	Oxfordien		-180	
			Callovien		-187	
			Bathonien		-194	
			Bajocien		-201	
			Aalenien		-205	
		Inférieur	Toarcien		-220	
			Pliensbachien		-230	
			Sinemurien		-235	
Paléozoïque ou primaire	Trias	Supérieur	Hettangien	Goniatites  Trilobites 	-240	Cycle hercynien
			Rhétien		-245	
			Norien		-295	
		Moyen	Carnien		-360	
			Ladinien		-410	
			Anisien		-435	
	Permien	Inférieur	Scythien		-500	Cycle calédonien
					-540	
					-2500	
					-3800	
Pré cambrien	Paléozoïque	Protérozoïque		bactéries, algues, invertébrés à corps mou	-4560	Plusieurs cycles orogéniques

Échelle des temps géologiques

1-Plateau de phosphate ; 2- Falaise Lalla fatna

Q1) définir l'ère paléozoïque.

R1).....

Q2) calculer la durée en millions d'années de chacune des ères (Primaire, secondaire, Tertiaire et quaternaire)

R2).....

Q3) quel est l'âge relative d'une couche sédimentaire riche en Nummulites.

R3)

4) Exercice:

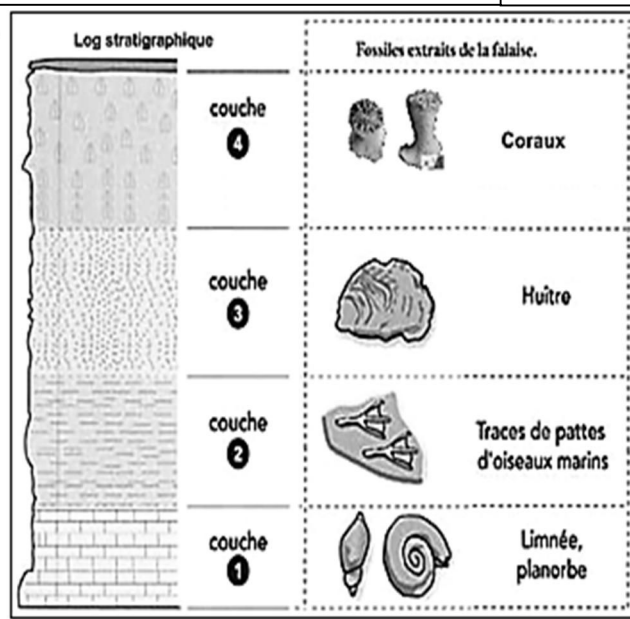
Doc 6

EXERCICE 2 À la recherche de paysages anciens grâce aux fossiles

*Dans une falaise, on a relevé le contenu en fossiles de différentes couches (ou strates) de roches sédimentaires superposées, et la nature de ces roches (Doc1):

Questions

- Classe ces couches de la plus ancienne à la plus récente.
- Retrouve le milieu de vie de chaque fossile en indiquant le principe utilisé.
- Reconstitue les événements qui se sont succédés au cours du temps.



Remarque : On appelle affleurement l'endroit où les roches du sous-sol sont directement visibles à la surface (falaise, carrière...).

Réponses :

-
-
-

III – Principaux milieux de sédimentation actuelle:

*Les éléments destinés à former un sédiment sont transportés à l'état solide ou en solution. Ils se déposent ou précipitent ensuite dans un milieu de sédimentation, un bassin (dépression) où règne un ensemble de facteurs physiques, chimiques et biologiques suffisamment constants pour former un dépôt caractéristique.

Ainsi, le géologue pourra reconstituer les conditions ayant régné dans un milieu ancien à l'aide des caractéristiques de ses dépôts.

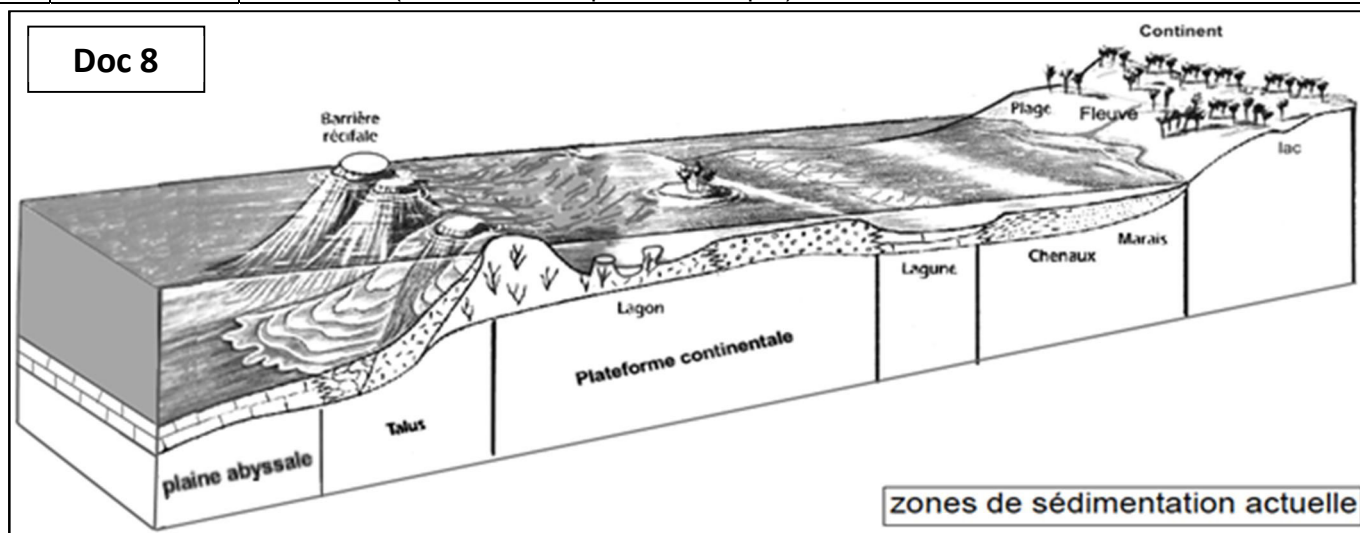
La reconnaissance et la répartition des milieux anciens de sédimentation constituent une des bases de la paléogéographie.

Doc 7

Milieux de Sédimentation		Types de sédiments		Doc 7
milieux continentaux	pentes		éboulis, coulées de solifluxion (glissement de terrain)	
	vallées torrentielles		alluvions	
	milieux glaciaires		Moraines (accumulations de blocs éboulés sur le glacier ou arrachés et transportés par lui)	
	dépôts éoliens		dunes de sables, loess (dépôt sédimentaire détritique meuble, non stratifié, argilo-calcaire et silteux, à grain inférieur à 62,5µm)	
	plaines alluviales		(grandes rivières permanentes): granulats (sables, graviers et galets)	
	Lacs et marécages	détritiques	sables, galets et vases	
		Chimiques	gypse, l'halite, la sylvite, calcaires rares.	
Organiques		roches carbonées (charbon, hydrocarbure), des diatomites.		
milieu marin	situés aux limites du domaine marin et du domaine continental et ont des caractères mixtes.			
	Estuaire	Embouchure d'un fleuve et où l'influence de la mer est prépondérante : dépôt essentiel est la		

milieux marins		vase formée de sable quartzeux ou calcaire ;
	Delta	Embouchure d'un fleuve qui a une action dominante sur les marées; sédimentation abondante : dépôts formés de sables surmontés par des argiles.
	Lagune	Étendue d'eau plus ou moins salée séparée de la mer par un cordon littoral. Evaporites (gypse, l'halite, la sylvite), calcaires dolomitiques, dolomies, marnes
	plage et plate-forme	le plateau continental , zone plane, légèrement inclinée vers la mer, large en moyenne de 80 km, profonde de 200 m tout au plus ; - sédimentation à dominance siliceuse quand l'apport détritique est fort - sédimentation à dominance carbonatée là où l'apport détritique est faible et le climat favorable au développement des organismes constructeurs (coraux par exemple).
	talus	la pente continentale (ou talus continental), large de 45 km en moyenne et dont la profondeur va de 200 à 4 000 m, entamée par des canyons sous-marins ; sédiments détritiques rythmés mis en place en bas du talus par les courants de turbidité.
	plaine abyssale	détritiques fins (argiles) venant du talus auxquels s'ajoutent les particules fines calcaires tombant de la surface: débris planctoniques,...dépôt de boues pélagiques (des êtres flottants ou nageants).
	Grands fonds	A plus de 5000m de profondeur Argiles rouges, avec absence du calcaire sous le niveau 5000m de compensation des carbonates (Carbonate Compensation Depth)

Doc 8



III- Caractères des sédiments d'origine dissoute:

1) Sédimentation chimique : exemple des lagunes

*L'eau de mer confinée dans des sites particuliers peut permettre par le biais d'une évaporation importante (supérieure à l'apport d'eau douce), la précipitation d'un certain nombre de complexes minéraux :

Les carbonates de calcium (CaCO_3) ou Les carbonates de calcium et magnésium ($(\text{Ca,Mg})(\text{CO}_3)_2$) sont les premiers à précipiter, suivis du gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), de l'halite (NaCl) et de la sylvite (KCl) (ou la sylvinite, mélange de NaCl et KCl), le tout accompagné de sels plus rares (dont plusieurs sels magnésiens).

Q1) choisir parmi les milieux suivants ceux qui sont propices au dépôt des évaporites :

a- Lagunes, b- mer intérieure (mer morte), c- mer ouverte, d- Estuaire.

R1)

Q2) expliquer le dépôt des carbonates en premier dans la série évaporitique.

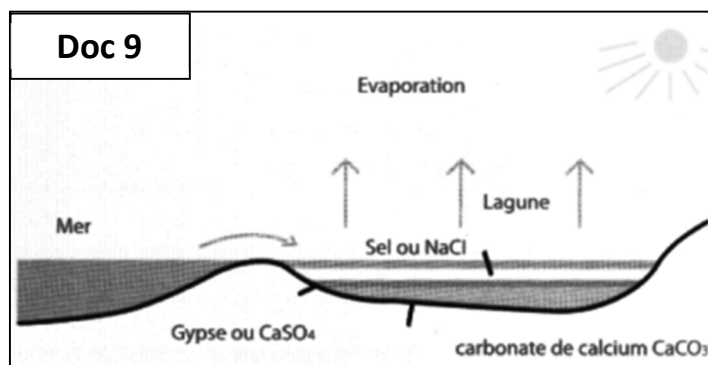
R2).....

.....

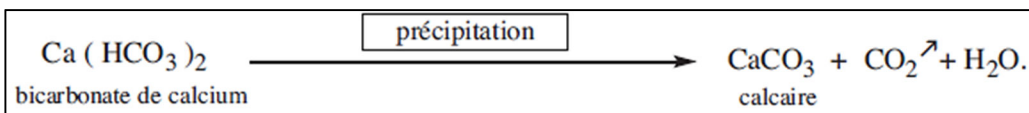
.....

Q3) écrire la réaction qui permet la formation des carbonates de calcium (CaCO_3).

Doc 9



R3)



2) Sédimentation biochimique (biogène):

*Un certain nombre d'éléments ioniques sont prélevés dans le milieu et concentrés par les organismes vivants ([tableau ci-dessous](#)) jusqu'à leur permettre de produire des complexes qui précipitent et contribuent à la construction de **tests**, **coquilles** et squelettes divers. Ces productions biologiques minérales constituent la **fraction biogène** des sédiments de deux manières :

- du vivant des organismes, appelés alors constructeurs, comme pour les formations récifales ;
- à leur mort par le dépôt des parties minéralisées, entièrement ou partiellement conservées, lors de leur enfouissement.

Éléments fixés par l'activité biologique	PRINCIPAUX ORGANISMES FIXATEURS			
	Zone néritique		Zone pélagique	
Fixation de calcium	Mollusques, Échinodermes Foraminifères benthiques (zoo- plancton) Algues encroûtantes	Cnidaires (construction récifale)	Foraminifères planctoniques (zoo-plancton) Coccolithophoridés (phyto-plancton)	
Fixation de silicium	Spongiaires		Diatomées (mers froides et tempérées)	Radiolaires (mers chaudes)

PRINCIPAUX ORGANISMES FIXATEURS D'IONS MINÉRAUX EN SOLUTION DANS L'EAU DE MER.

Doc 10

Remarque :

Néritique : S'applique à la zone marine située entre la zone littorale et le rebord du plateau continental (vers 200m de profondeur).

Pélagique : Se dit d'un animal ou d'un végétal marin qui ne vit pas sur le fond, mais qui nage ou qui flotte (leur ensemble forme respectivement le necton, ou le plancton).

Q) montrer, d'après ces données, le rôle des animaux constructeurs dans la sédimentation biochimique.

R).....

.....

.....

IV –caractères des sédiments détritiques:

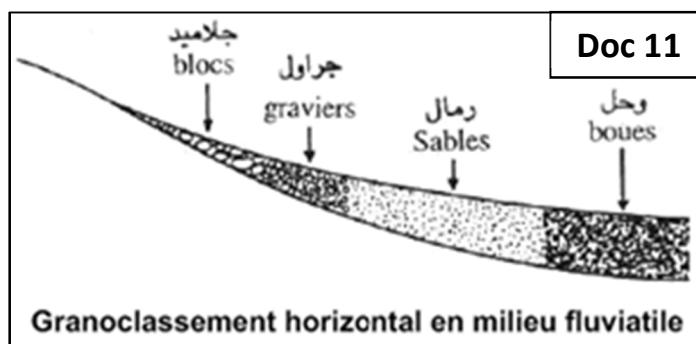
1) Quel comportement des particules détritiques transportées par un courant d'eau ou de vent ?

a- Granoclassement dans un cours d'eau:

* Le long d'une rivière, on assiste à 2 types de granoclassement (classement selon la taille des grains) des sédiments, l'un horizontal, l'autre vertical (*graded bedding*) :

Q1) Décrire chacun des deux types de granoclassement (latéral et vertical) puis donner une explication logique.

R1)- Dans le granoclassement vertical :



Doc 11

Granoclassement horizontal en milieu fluvial

.....

.....

.....

.....

- Dans granoclassement horizontal, on observe une diminution progressive de la taille des grains de l'amont vers

Doc 12

Q2) représenter sur le schéma du Doc12 par deux flèches les sens des forces qui déterminent ce granoclassement.

R2)

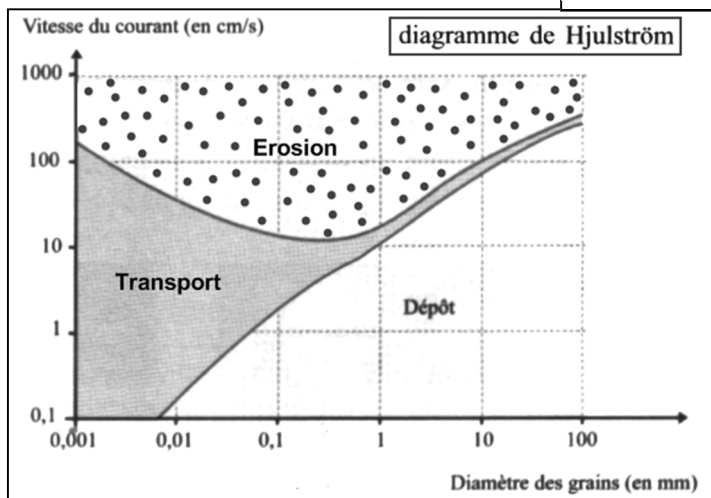
*Pour comprendre la relation entre la granulométrie et la vitesse du courant, on propose le diagramme de d'Hjulström (Doc12) suivant :

Q3) parmi les affirmations suivantes, choisir la (ou les) réponse(s) exacte(s) :

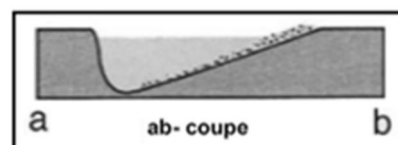
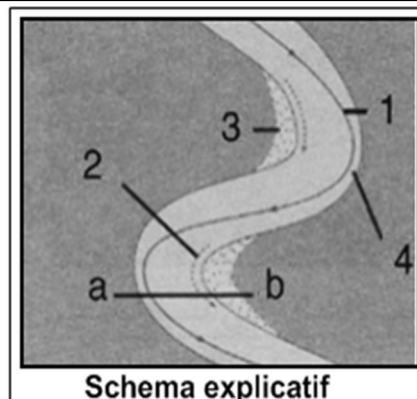
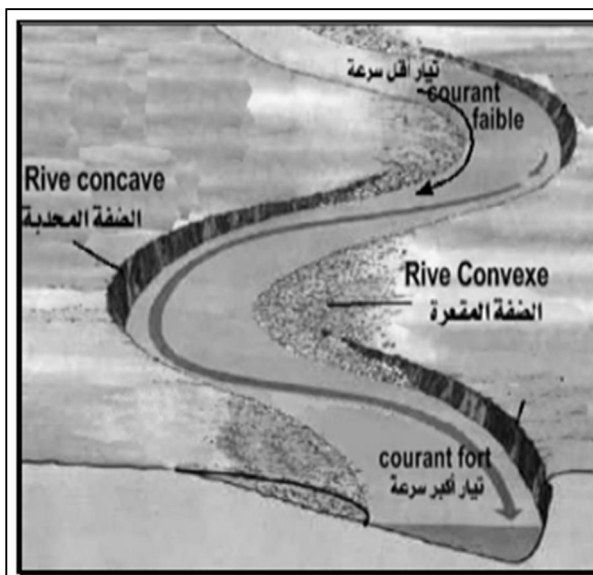
- 1- Lorsque l'eau circule à une vitesse de 1m/s, une particule de 1mm est :
a- Erodée, b- transportée, c- sédimentée
- 2- une particule de 0,1mm de diamètre est transportée uniquement par de l'eau circulant à :
a- 0,1 cm/s, b- 1cm/s, c- 10cm/s, d- 100cm/s.
- 3- une particule de 1mm de diamètre va uniquement sédimenter si la vitesse du courant d'eau est de :
a- 0,1 cm/s, b- 1cm/s, c- 10cm/s, d- 100cm/s.

R3)

*Les cours d'eau décrivent un tracé sinueux appelé Méandre comme le montre le doc13 :



Doc 13



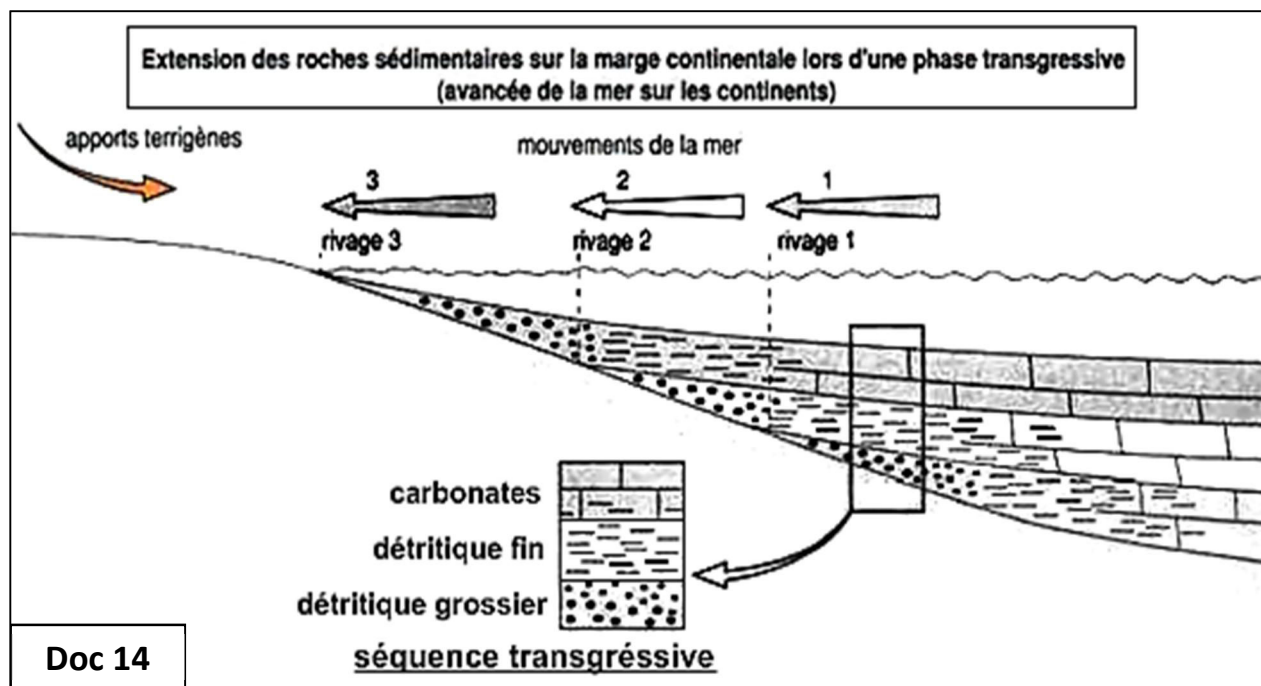
Q3) Légender le schéma à droite du Doc 13:

R3)

Q4) Décrire et comparer les deux rives du méandre, puis expliquer les différences notées entre elles.

R4)

à quel granoclasement lors d'une transgression ou une régression marine ?



*Les particules détritiques charriées par les fleuves ou apportées par le vent se déposent sur la plateforme continentale en fonction de leurs poids : Elles sont granoclassées des plus grosses au plus fines. Lorsque la profondeur est suffisante et si les conditions sont propices, des carbonates peuvent se déposer sur la marge continentale.

Deux paramètres vont contrôler l'extension des roches sédimentaires sur la plateforme continentale : la qté des apports terrigènes et la profondeur du milieu de dépôt. Cette extension va donc varier avec les mouvements d'avancée (**Transgression**) ou de recul (**Régression**) de la mer.

* La série sédimentaire lors d'une transgression ou lors d'une régression est représentée par une **séquence** (Ensemble de niveaux sédimentaires de natures différentes se succédant dans un ordre déterminé, habituellement limité au mur et au toit par des discontinuités stratigraphiques).

q1) à partir du texte et du Doc14, comparer le granoclasement du bas en haut, lors d'une transgression et lors d'une régression.

R1)

q2) Donner une définition des deux termes : Transgression et régression.

R2)- Transgression :

.....

-Régression :

.....

*L'alternance d'une transgression et d'une régression constitue un **cycle sédimentaire**.

Exercice:

Doc 15

Le document suivant représente une colonne stratigraphique de la rive gauche du Bouregreg au sud-est de Rabat. D1 et D2 sont des contacts anormaux entre les couches sédimentaires. Les couches se situant sous D1 et celles se situant sous D2 ont affleuré puis ont été érodées avant que de nouvelles couches viennent se déposer dessus.

Colonne stratigraphique*	Contenu rocheux	Contenu fossilifère	Milieu de sédimentation
Ere quaternaire D2 → 10m	Calcaires riches en fossiles <i>Poudingues</i>	Gastéropodes Foraminifères rares	
Ere tertiaire (Miocène) 00-200m	Marne	Foraminifères	
5-10m D1 → Ere primaire	Calcaires riches en fossiles - <i>Poudingues*</i>	Arthropodes - Lamellibranches Gastéropodes - Dents de requins	
	Grès et pélite	Trilobites	

- 1 - Compléter le tableau en déduisant le milieu de sédimentation (milieu marin profond ou peu profond) des couches sédimentaires représentées dans la colonne stratigraphique en se basant sur leurs contenus rocheux et fossilifère.
- 2 - Expliquer les variations du milieu de sédimentation mises en évidence dans la question 1.
- 3 - Montrer que la série sédimentaire du Miocène (tertiaire) entre D1 et D2 est une série transgressive.

Réponses :

- 1)
- 2)
- 3)

c- Morphoscopie des grains de quartz:

Pour observer les grains de **quartz*** du sable, on suit les étapes suivantes: - on lave le sable avec de l'eau pour éliminer les éléments argileux ; - on ajoute l'acide chlorhydrique pour éliminer les éléments calcaires ; - on ajoute l'eau oxygénée pour se débarrasser de la matière organique ; - on observe le sable par la loupe binoculaire. L'observation permet de distinguer trois types de grains.



Principales formes des grains de quartz dans les sables actuels

NU		Grains non usés : grains transparents, anguleux, aux arêtes tranchantes. Ils caractérisent un sable ayant subi un faible transport.
EL		Grains émoussés luisants : grains transparents, luisants et très arrondis. Ils caractérisent un sable ayant subi un long transport par l'eau.
RM		Grains ronds mats : grains arrondis dont la surface ressemble à du verre dépoli. Ils caractérisent un sable ayant subi un long transport par le vent.

Doc 16

q) Dessiner les grains de qz : NU, RM et EL .

.....

.....

.....

Exercice ;

L'étude statistique des grains de quartz de 3 échantillons de sable extrait de 3 couches distinctes a donné les résultats suivants :

Q1) transformer ces résultats en un diagramme circulaire.

Q2) conclure.

Doc 17

C	B	A	Qz
6 %	10 %	64 %	NU
68 %	20 %	20 %	EL
26 %	70 %	16 %	RM

R1)

.....

.....

.....

R2).....

.....

2) Analyse Granulométrique du sable :

a- Définition:

* **L'analyse granulométrique** est une opération consistant à étudier la distribution dimensionnelle des différents grains d'un échantillon de 100g de sable sec (granulat), en fonction de la taille (diamètre).

*cette analyse se fait par tamissage : classement des grains au moyen d'une série de tamis emboîtés les uns dans les autres (selon la norme AFNOR). Les dimensions des mailles des tamis sont décroissantes du haut vers le bas : Doc18.

*On appelle :

- REFUS sur un tamis : la quantité de sable qui est retenue sur le tamis.
- TAMISAT (ou passant) : la quantité de sable qui passe à travers le tamis.

b- Etapes de l'analyse Granulométrique:

Etape1 : tamissage et calcul des % de refus et de refus cumulés sur un tableau:

Après avoir fractionné les 100g de sable sec en plusieurs classes granulaires, on effectue les opérations suivantes :

- Peser le refus du tamis ayant la plus grande maille : soit R1 la masse de ce refus.
- Poursuivre la même opération avec tous les tamis de la colonne pour obtenir les masses des différents refus cumulés ...
- Les masses des différents refus cumulés Ri sont rapportées à la masse totale de l'échantillon m1.
- Les pourcentages de refus et de refus cumulés pour chaque tamis seront déduits :

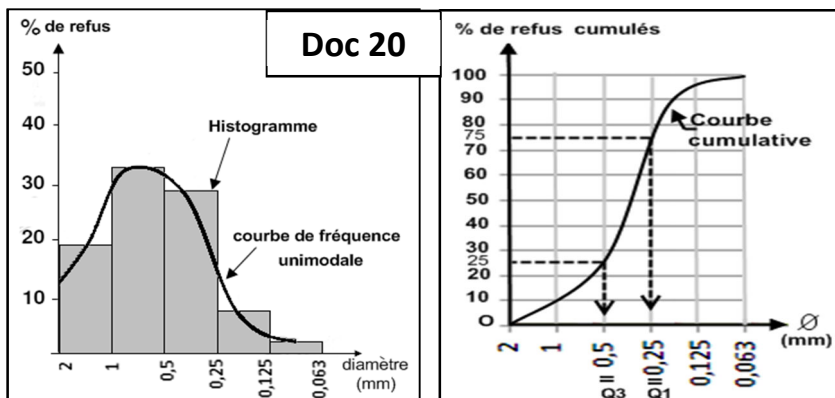
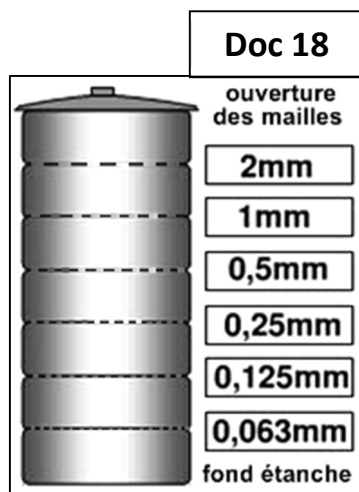
Doc 19

Ouverture des mailles	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063
Classe Granulométrique	>2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,125	<0,063
% Refus	a	b	c	d	e	f
% Refus Cumulé	a	a+b	a+b+c	a+b+c+d	a+b+c+d+e	100%

Etape2 : représentation graphique des résultats

Il suffit de porter les divers pourcentages des refus et de refus cumulés sur un papier millimétré :

- en abscisse : les dimensions des mailles sur une échelle logarithmique
- en ordonnée : les pourcentages sur une échelle arithmétique.
- Tracer l'histogramme et la courbe de fréquence.
- Tracer la courbe cumulative, avec la représentation des quartiles :



- Q_1 : le diamètre convenable pour 75% des grains.
- Q_3 : le diamètre convenable pour 25% des grains.
- le calcul de l'indice de Trask S_0 : $S_0 = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$

Doc 21

Indice de Trask S_0	Granoclassement			
	T.Bon	Bon	Mauvais	T.Mauvais
$S_0 < 2.5$	+			
$2.5 < S_0 < 3.5$		+		
$3.5 < S_0 < 4.5$			+	
$S_0 > 4.5$				+

Etape3 : analyse de la courbe de fréquence et de la courbe cumulée

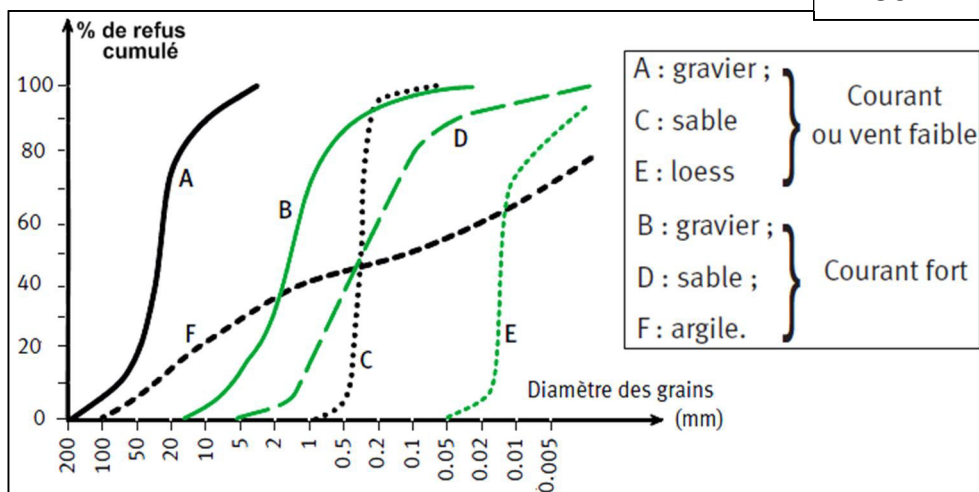
• pour la courbe de fréquence :

- Si la courbe de fréquence est unimodale, le sable est **homogène** :
- de plage ou d'origine éolien ou fluviatile.
- Si la courbe de fréquence est plurimodale, le sable est **hétérogène** : mélange de plusieurs sables.
- Dédire le milieu de sédimentation du sable par comparaison de la courbe de fréquence réalisée avec des courbes de fréquence caractéristiques des milieux de sédimentation actuelle connue.

Doc 22

• pour la courbe cumulative :

- Dédire le degré du granoclassement des grain de sable :
- Dédire le milieu de sédimentation du sable par comparaison de la courbe cumulative réalisée avec des courbes cumulatives caractéristiques des milieux de sédimentation actuelle connue.



Courbes granulométriques cumulatives de quelques sédiments

Etude d'un exemple :

► Le tamisage de deux sables anciens (Ech1 + Ech2) a donné les résultats indiqués dans le tableau.

QUESTIONS

- 1 Tracer la courbe de fréquence et la courbe cumulative.
- 2 Dédire les conditions de dépôt de ce sable. Justifier.
- 3 donner des hypothèses au mode de transport de ces sédiments en se basant sur le Doc22.

Ouverture des mailles	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063
Classe Granulométrique	>2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,125	0,125-0,063
% Refus- Ech1	0,8	9,8	25	31	23	10,4
% Refus - Ech2	0,5	24,5	17,5	34	21,5	2

Réponses :

Doc 23

3) Structures et figures sédimentaires :

Les *structures* ou *figures sédimentaires* constituent un important indicateur des conditions de transport et de dépôt des sédiments. Leur interprétation est facilitée d'une part par l'étude de la nature actuelle et d'autre part par l'expérimentation en laboratoire.

a- rides de courant (ripple-marks) à la surface des strates :

*Sur les surfaces de sédiments détritiques non consolidés, parcourues par un écoulement fluide (courant d'eau ou vent), s'observent des constructions de type « rides » ou « dunes ». Les observations sur le terrain (rides de plages, fonds sous-marins, rivières, déserts) ou les expériences de laboratoire (avec chenaux hydrauliques, souffleries) montrent que ces constructions sont souvent **transverses par rapport au courant**, et concernent surtout les sables : Doc24.

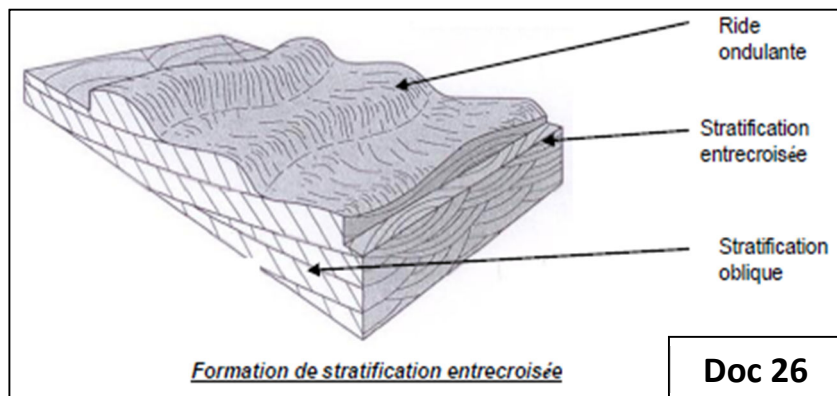
b- stratification oblique (en anglais cross-bedding) et

stratification entrecroisée : doc25 + doc 26

*L'intérieur des strates peut présenter une organisation litée avec des **fines**

couches obliques par rapport aux joints de stratification.

*Sur certaines coupes, plusieurs obliquités, de pendages différents, sont visibles. Les couches les plus jeunes recoupent les plus anciennes, qui sont tronquées, les couches sont arquées. Cette **stratification entrecroisée** apparaît dans des zones où les conditions hydrauliques varient, comme les rivières (alternance de crues et décrues), les deltas, et les milieux marins littoraux où divaguent des chenaux.



Doc 26

c- Fentes de Dessiccation (Mud cracks) :doc27

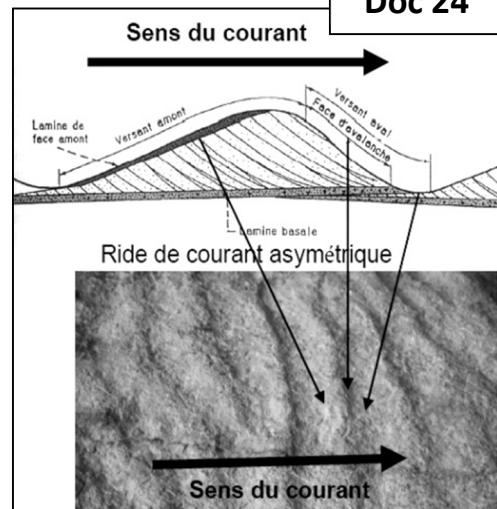
*Une surface de sédiment boueux (eau et argile) qui se dessèche (dessiccation) se rétracte et se fend. Les fentes de retrait qui dessinent des polygones de dessiccation. Ces figures caractérisent des milieux continentaux ou mixtes soumis à des variations saisonnières ou climatiques qui provoquent **des assèchements** de lacs, lagunes...

d- Perturbations liées aux êtres vivants : doc28

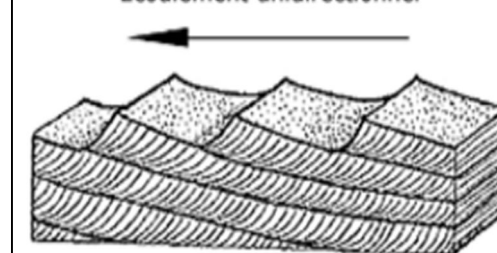
Par leur activité, les êtres vivants peuvent perturber la surface du sédiment, et ces traces peuvent être fossilisées (indurées, recouvertes d'un sédiment qui en fait moulage...). Il s'agit par exemple d'empreintes de pas (dinosaures), de terriers de vers... L'identification des êtres vivants responsables de ces traces participe à la reconstitution des paléoenvironnements.

4) Conclusion :

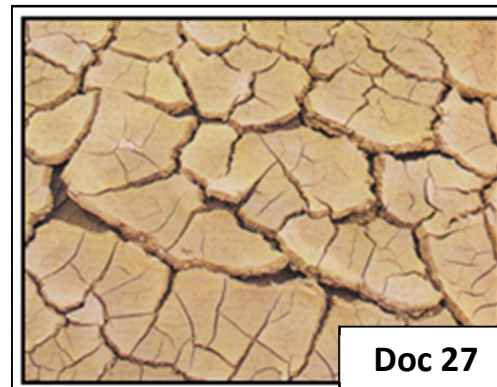
Doc 24



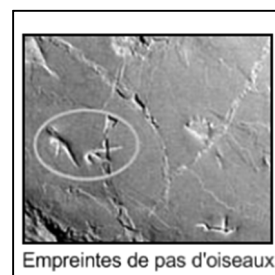
Ecoulement unidirectionnel



Doc 25



Doc 27



Doc 28

Avec l'étude granulométrique, l'étude de la forme des grains, et l'analyse des figures sédimentaires, on arrive à reconstituer des conditions du milieu de sédimentation : la stratification entrecroisée notamment, est un critère de polarité : elle permet de déterminer le haut (récent) et le bas (ancien) des couches.

VI- reconstitution de la paléogéographie du bassin Septentrional du phosphate marocain:

1) Localisation des gisements de phosphate marocain :

Le Maroc dont le sous-sol contient les $\frac{3}{4}$ des réserves mondiales en phosphates, dispose de plusieurs gisements :

- ✓ Ouled Abdoun (Khouribga)
- ✓ Ganntour (Youssoufia et Bengrir)
- ✓ Meskala (Essaouira-Chichaoua-Imi n'Tanout)
- ✓ Oued Eddahab (Boucraâ Laâyoune)

2) Caractères sédimentologiques et paléontologique et âge de la série phosphatée :

*La série phosphatée dessine une grande séquence positive, depuis des détritiques fins jusqu'à des carbonates au sommet. Les phosphates les plus purs, azoïques ou fossilifères sont interstratifiés avec des bancs stériles subhorizontaux constitués de calcaires à nodules et bancs discontinus de silex, de dolomites et de marnes.

*Les fossiles des phosphates racontent une histoire géologique allant de la fin du Crétacé (Maestrichtien) au début du Tertiaire (Lutétien de l'Eocène moyen) longue de 30 millions d'années.....Des découvertes

fondamentales ont été faites pour divers groupes, mammifères, oiseaux, ptérosaures, dinosaures, et reptiles marins, pour les plus spectaculaires....

* La faune présente de nombreux restes de Reptiles marins (Mosasaurus, Leiodon,) Crocodiliens marins. Les Poissons sont également très nombreux, notamment des Requins plus primitifs qui ont des analogues actuels vivants en mer tropicale.

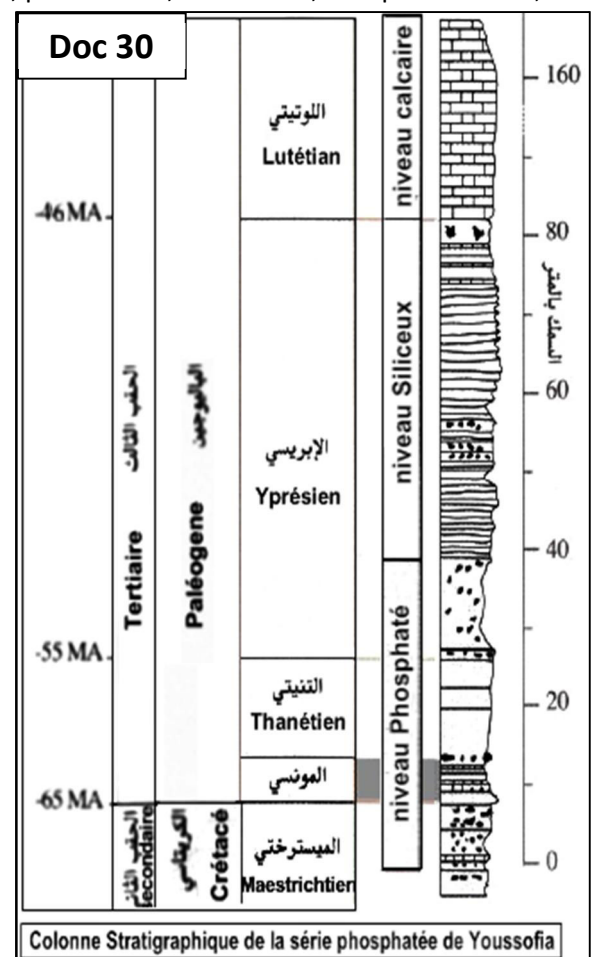
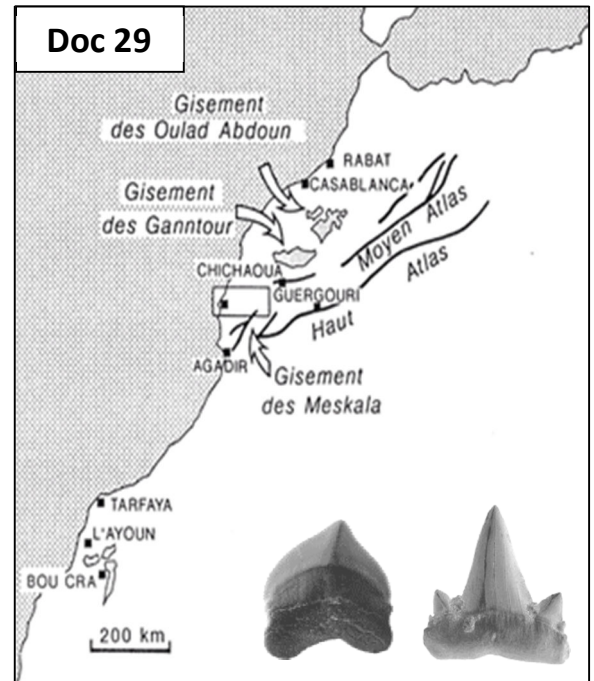
Q1) Que peut-on déduire de sur informations à propos de l'âge et l'origine des phosphates marocains (phosphatogenèse) ?

r1) -

-

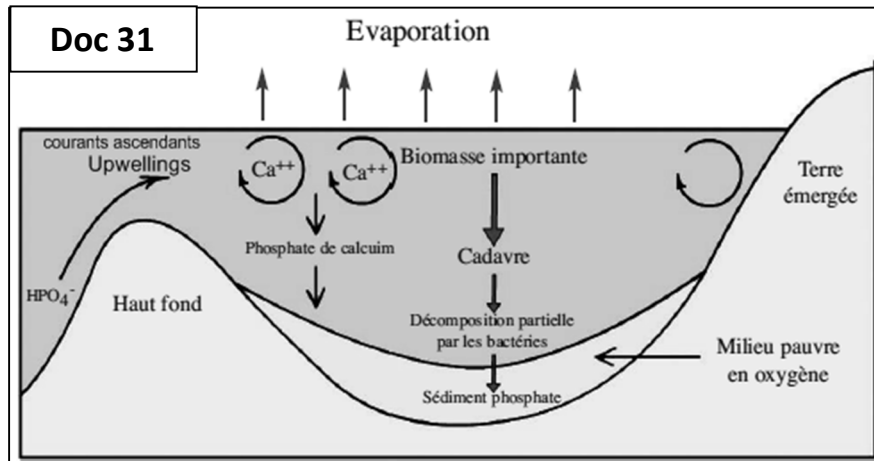
3) modèle théorique de la phosphatogenèse

*Les hypothèse de la phosphatogenèse de plusieurs auteurs (Bojou1972; sassi 1974...) ont montré que la phosphatogenèse se réalise dans des golfes peu profonds protégés par des hauts fonds . L'alimentation des organismes marins en phosphore est liée aux



upwellings waters.

Q2) En tenant compte de ces infos et du modèle théorique proposé (doc31), explique la phosphatogenèse au Maroc.



Upwellings waters :

courants ascendants qui remontaient des eaux froides riches en éléments ioniques notamment le

R2)

4) Paléogéographie du bassin septentrional du phosphate :

*La reconstitution paléogéographique des bassins phosphatés marocains au Maestrichtien et à l'Eocène montre qu'il s'agit d'une **plate-forme continentale** avec un certain nombre de golfes d'extension variable, qui vont constituer des zones dans lesquelles la sédimentation phosphatée va s'installer (Michard, 1976 ; Wadjinny, 1979 ; Belfkira, 1980 ; Prévot, 1990 ; Moutaouakil et Giresse, 1993 ; Soncini, 1990).

*Le bassin **septentrional** correspondait à un golfe très allongé entouré d'un environnement terrestre à relief fort évolué. Ce golfe présentait des seuils et des irrégularités (hauts fonds, rides) qui conditionnaient la sédimentation. Le golfe n'était pas profond et communiquait largement avec la haute mer.

Q1) dans quelle direction le bassin septentrional communiquait largement avec la haute mer ?

R1)

Q2) colorier en bleu la zone du golfe du bassin septentrional.

