

Réalisation de la carte paléogéographique d'une région

Introduction : La paléogéographie fait partie de la géologie qui s'intéresse à la reconstitution théorique de la géographie d'une région donnée durant un temps géologique ancien.

Au cours des temps géologiques le volume et l'emplacement des sédiments continentaux et océaniques connaissent des changements continus, ces changements laissent des indices emmagasinés dans les sédiments qui témoignent différents événements géologiques anciens. L'étude de ces indicateurs permet de reconstituer la carte paléogéographique ancienne d'une région donnée.

+ Quel est l'apport de l'étude des sédiments dans la reconstitution des anciens milieux sédimentaires ?

I- Les études granulométriques et morphoscopiques des sédiments :

1- Les figures sédimentaires :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

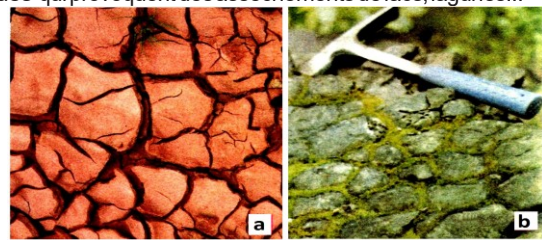
.....

.....

.....

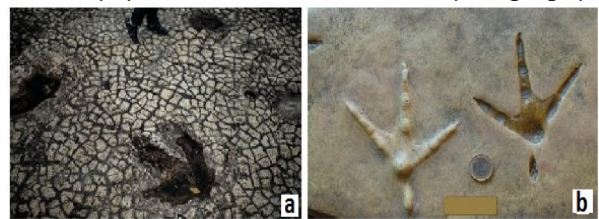
Document 01

Figure 1 : Une surface de sédiment boueux qui se dessèche, se rétracte et se fend : les fentes de dessiccation. Ces figures caractérisent les milieux continentaux soumis à des variations saisonnières ou climatiques qui provoquent des assèchements de lacs, lagunes...



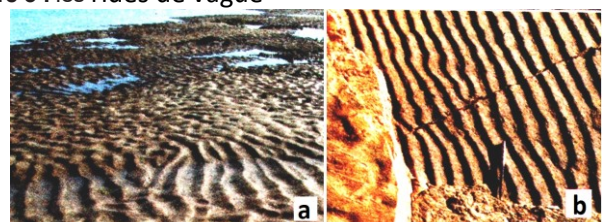
a- Fentes de dessiccation récente
b- Fentes de dessiccation ancienne

Figure 2 : L'activité des organismes vivant à l'intérieur du sable humide du littoral, peut perturber et laisser des traces sur et dans le sédiment : On parle de bioturbation. Ces traces vont être conservées : ce sont les traces fossiles qui permettent la reconstitution de la paléogéographie.



a- empreinte fossile de pattes de Sino-saures.
b- empreinte fossile de pattes d'oiseaux.

Figure 3 : les rides de vague



a- Rides de sable sur une plage actuelle
b- Rides de sable fossilisées

2- L'étude statistique des constituants des sédiments :

Document 02

a- Classification des sédiments détritiques selon leur taille :

Un sédiment est un dépôt meuble laissé par les eaux, le vent et les autres agents de transport. Il se compose donc de particules de différentes tailles provenant de l'érosion de roches antérieures (les éléments détritiques). Le géologue Wentworth a divisé les constituants des sédiments détritiques selon leur diamètre et à élaboré une échelle de classification des sédiments :

Diamètre (mm)	> 256	256 - 64	64 - 2	2 - 1/16	1/16 - 1/256	< 1/256
Sédiment	Blocs	Galets	Graviers	Sables	Limons	Argiles



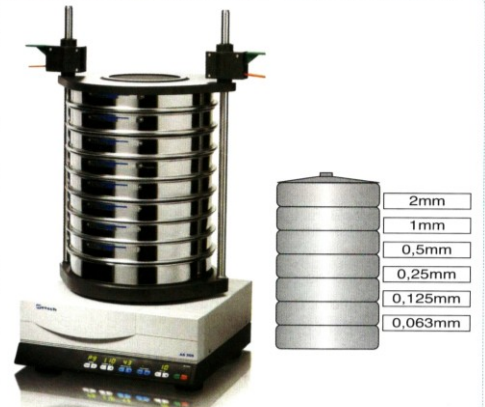
b- fiche technique pour l'analyse granulométrique du sable :



Matériel : Échantillons de sable – colonne de tamis - tamiseuse - HCl - eau oxygénée - eau distillée.

Étapes :

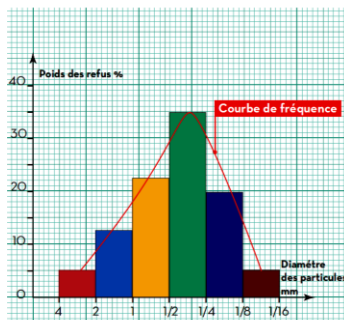
- ▶ Prendre un échantillon de sable;
- ▶ Laver le sable par l'eau pour se débarrasser de l'argile et du limon;
- ▶ Traiter le sable par l'HCl pour éliminer le calcaire, puis par l'eau oxygénée pour éliminer la matière organique;
- ▶ Rincer le sable et le sécher;
- ▶ Déposer une quantité de 100 g de chaque échantillon de sable dans une colonne de tamis;
- ▶ Mettre à vibrer la colonne sur la tamiseuse pendant 10 min ;
- ▶ Peser les fractions retenues par les tamis successifs.



3- Représentation graphiques et indice de classement :

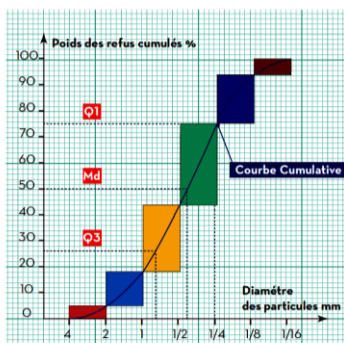
Document 03

a. Comment réaliser l'histogramme et la courbe de fréquence



L'exploitation des résultats est faite sous forme de graphiques :

- **La courbe de fréquence :** c'est la représentation la plus simple sur laquelle le pourcentage pondéral des particules du refus de chaque classe est exprimé en ordonnées et le diamètre des particules de chaque refus est représenté en abscisses. On obtient un histogramme dont le caractère discontinu peut être supprimé en traçant la courbe de fréquence, qui passe par le centre des barres horizontales et permet de définir le ou les modes.
- La courbe a un maxima correspond à une distribution unimodale, et indique l'homogénéité du sédiment.
- La courbe a Deux ou plusieurs maxima correspondant à une distribution bi ou plurimodale : sédiment hétérogène.

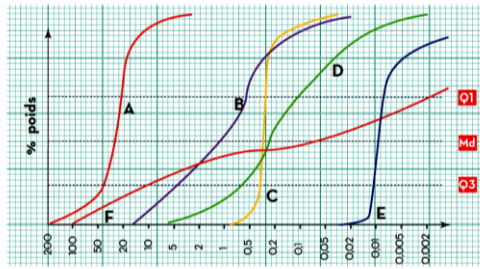


- **La courbe cumulative :** On représente le pourcentage des refus cumulés en ordonnées et le diamètre des particules de chaque refus en abscisses. la courbe passe par les diagonales des rectangles correspondants à chaque diamètre. À partir du tracé de cette courbe, il est possible de mesurer la dimension des particules correspondant à un pourcentage de poids donné : ce sont les quartiles. On utilise le plus couramment :
 - Le quartile Q1 : l'abscisse de l'ordonnée 75%.
 - La médiane Md : l'abscisse de l'ordonnée 50%.
 - Le quartile Q3 : l'abscisse de l'ordonnée 25%.
 Il est donc nécessaire d'évaluer l'intensité du triage des matériaux détritiques d'un sédiment. On utilise pour cela l'indice de classement de TRASK S_o .

$$S_o = \sqrt{\frac{Q3}{Q1}}$$

Document 03

b. Comment réaliser une courbe cumulative et déterminer l'indice de classement



Cet indice de classement (S_0) indique la qualité du classement.



$S_0 < 1.23$	Très bon classement
$1.23 < S_0 < 1.41$	Bon classement
$1.41 < S_0 < 1.74$	Classement modéré
$1.74 < S_0 < 2$	Classement mauvais
$S_0 > 2$	Classement très mauvais

▲ Courbes cumulatives de référence de quelques sédiments.

A : gravier fluviatile; B : gravier de plage; C : sable dunaire; D : sable fluviatile; E : loess; F : sédiment glacier(moraine).

exercice 01

Les résultats de l'étude granulométrique de 3 échantillons de sable appartenant à 3 milieux sédimentaires différents

Diamètre des mailles en mm	2 1.6	1.6 1.25	1.25 1	1 0.8	0.8 0.63	0.63 0.5	0.5 0.4	0.4 0.31	0.31 0.25	0.25 0.2	0.2 0.16	0.16 0.125	0.125 0.1	0.1 0.08
Echantillon 1	2,4	5,7	15,5	31,4	24,4	16,3	2,8	1,2	0,3	0	0	0	0	0
Echantillon 2	4	9	11,6	5	4,7	8	9,3	11,4	14	10	7	4	1,5	0,5
Echantillon 3	0	0	0	0	0	0	0,1	5,1	26,1	57,4	9,1	1,6	0,6	0

- 1- Tracer sur papier millimétré l'histogramme et le polygone de fréquence de chaque échantillon ?
- 2- Analyser chaque polygone ? que déduisez-vous concernant l'homogénéité du sable ?
- 3- Tracer sur papier millimétré la courbe cumulative des échantillons ① et ② ?
- 4- Déterminer Q1 et Q3 des échantillons ① et ② ? puis calculer l'indice de Trask S_0 ? déduire le classement de chaque échantillon ?
- 5- Déterminer l'origine de chaque échantillon ?

2 -

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4-	Echantillon 1	Q1 = Q3 =	$S_0 =$	
	Echantillon 2	Q1 = Q3 =	$S_0 =$	

5 -

.....

.....

4- L'étude morphoscopique du sable.

Document 04



Matériel : - Échantillons de sables - loupes binoculaires- verres de montre - aiguilles.

Étapes :

- ▶ Prendre 100 grains de quartz d'un échantillon de sable préalablement traité ;
- ▶ Identifier, sous la loupe binoculaire, les trois types de grains de quartz ;
- ▶ Compter le pourcentage de chaque type ;
- ▶ Représenter les résultats dans un diagramme circulaire.

Figure 1 : Fiche technique pour l'étude morphoscopique du sable.

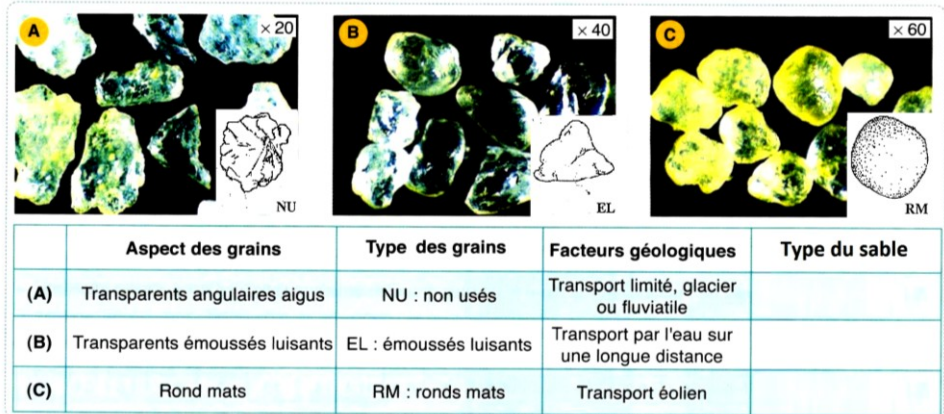


Figure 2 : Caractéristiques des trois types de grains de quartz.

Exercice : Résultats d'une étude morphoscopique de trois échantillons de sable.

	%NU	%EL	%RM
E1	15	20	65
E2	12	55	33
E3	62	20	18

1- Dégager les principales catégories de quartz de chaque échantillon E1, E2, E3 ?

2- Montrer que ces sables ont subi des modes de transports différents ?

II- Les conditions de sédimentation dans les principaux milieux de sédimentation actuels :

1- Les facteurs du transport, d'érosion et de sédimentation des sédiments :

Selon leur énergie, les fleuves et rivières peuvent transporter une charge de fond (graviers, galets) plus ou moins importante, pour expliquer ce phénomène on procède à l'expérience suivante.

Document 05

Figure 1 : Données expérimentales

- On Place un mélange d'arène granitique (500 g de sable + 500 g de graviers + 500 g de galets) sur deux gouttières de toit en matière synthétique qui représentent un cours d'eau.
- On Incline une gouttière avec un support de 30 cm de hauteur et l'autre avec un support de 50 cm de hauteur.
- On place un bac en aval sous chacune des gouttières simulant le bassin de sédimentation.
- On Verse délicatement 200 ml d'eau en amont de chacune des gouttières.

	h=30 cm	h=50 cm
Sable	344 g	484 g
Graviers	28 g	185 g
Galets	0 g	46 g
Total	372 g	705 g

Inventaire des produits recueillis dans le bac de récupération après 4 minutes

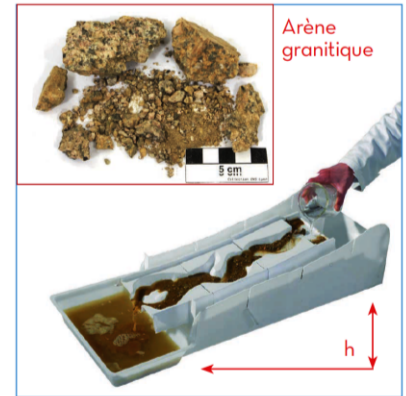
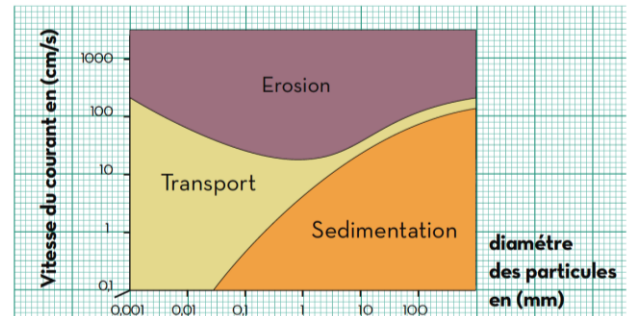


Figure 2 : Diagramme de Hjulströme

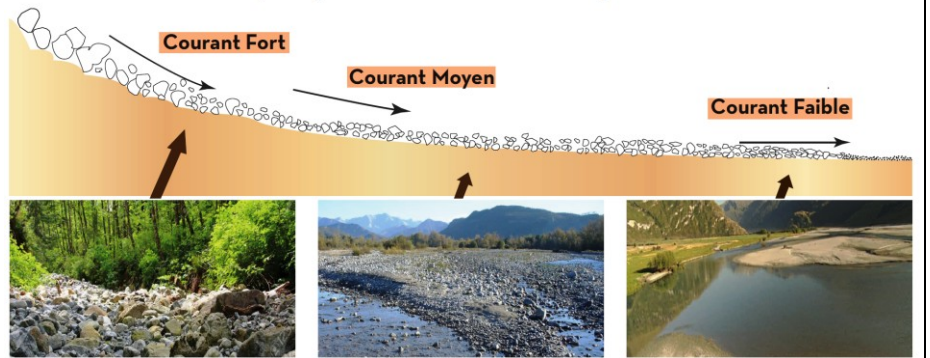
Le diagramme de Hjulström illustre le comportement des particules en fonction de leur taille et de la vitesse du courant. Ce diagramme a été basé sur des expériences en laboratoire afin de déterminer la vitesse minimale d'un courant nécessaire pour mobiliser, transporter et déposer des grains (aussi connue comme vitesse critique de mise en mouvement).



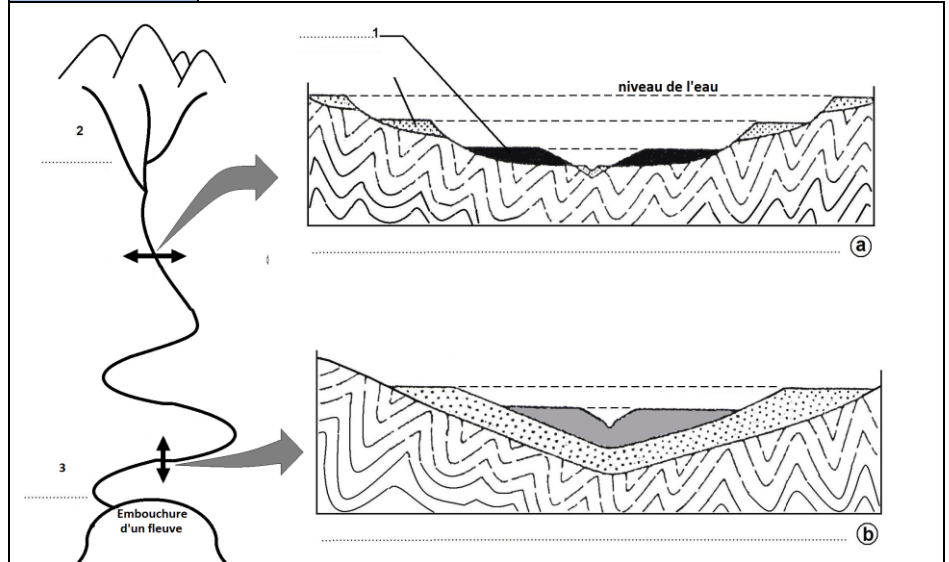
2- Les conditions de sédimentation dans les milieux continentaux:

Document 06 Les conditions de sédimentation dans les cours d'eau

Le profil longitudinal des systèmes fluviaux matures est caractéristique et résulte d'un équilibre à long terme entre la charge transportée et la pente. La décroissance générale de la pente du profil, explique le fait que le débit diminue vers l'aval et que la granulométrie des sédiments transportés diminue.

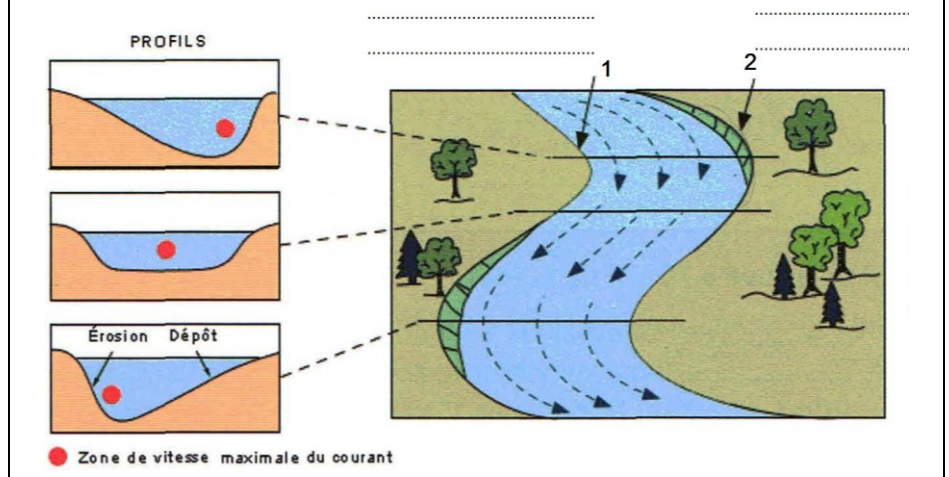


Document 07 La sédimentation dans les terrasses fluviales



Document 08 La sédimentation dans les méandres

Dans un cours d'eau qui se trouve dans une zone plaine, la vitesse du courant est faible, et les dépôts d'alluvions sont forts et importants :



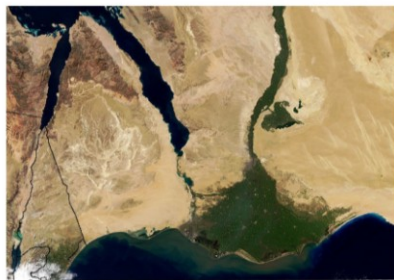
3- Les conditions de sédimentation dans les milieux intermédiaires.

A l'embouchure de la rivière au contact du milieu marin naissent des conditions de sédimentation particulières dans les deltas et les estuaires. Ces deux milieux sont qualifiés d'intermédiaires auxquels on peut ajouter d'autres milieux comme les lagunes.

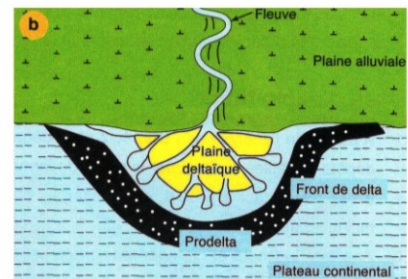
Document 09 Les conditions de sédimentations dans les deltas

Les deltas se développent lorsque les rivières amènent au milieu marin plus de sédiments que ce que l'érosion marine peut mobiliser. On peut subdiviser un delta en plusieurs sous-environnements :

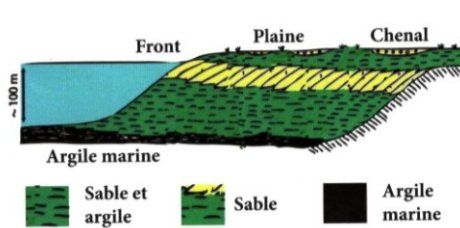
- La plaine deltaïque est le prolongement de la plaine alluviale. Elle est parcourue par un réseau de **chenaux**.
- Le front du delta est le prolongement de la plaine deltaïque sous la mer.
- Le prodelta est la partie la plus externe et la plus profonde du delta ; il repose sur les sédiments marins.



a- Delta du Nil (vue spatiale / 24 000 km² de superficie)



b- Morphologie d'un delta



c- Progradation des faciès deltaïques sur une plate-forme

La plaine deltaïque : les sédiments sont des barres sableuses et des galets qui se déposent dans les chenaux. Les zones interdistributaires sont constituées de limons et d'argiles, riches en matière organique ou en évaporites selon le climat.

Le front du delta : la forme de sédimentation dépend de la densité de l'eau du fleuve, de la charge, et de la taille des particules transportées.

Le prodelta : les sédiments déposés sont fins généralement **bioturbés** car ils sont très riches en matière organique d'origine continentale.

4- Les conditions de sédimentation dans les milieux marins :

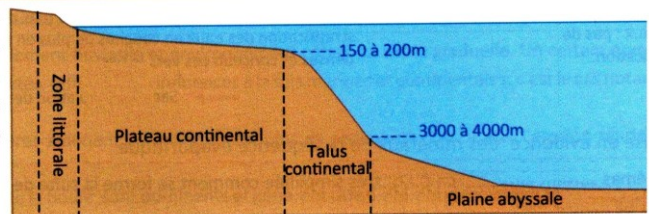
Document 10

Benthique : qui vit au fond des eaux

pélagique : qui vit en suspension ou à la surface des eaux

a La zonation du domaine marin

La topographie des fonds marins permet de différencier divers milieux de sédimentation, chacun d'eux possède des caractéristiques hydrodynamiques et sédimentaires appropriées.



b La sédimentation dans le plateau continental

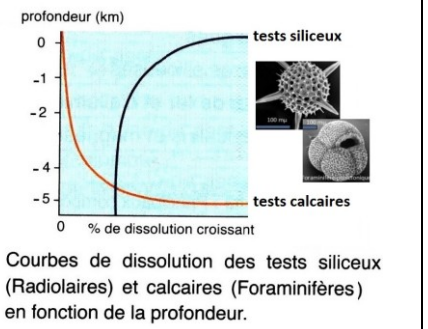
Le plateau continental est caractérisé par des courants marins qui participent à la répartition des sédiments détritiques sur la plateforme alors que les éléments fins restent en suspension pour aller vers le large de la mer. On peut distinguer trois types de sédiments :

- Sédiments détritiques (sables, argiles) qui résultent de l'érosion du continent ;
- Sédiments provenant de l'activité des êtres vivants pélagiques : sédiments carbonatés avec des restes de la faune pélagique ;
- Sédiments provenant de l'activité des êtres vivants benthiques : boue calcaire ou siliceuse

Exercice

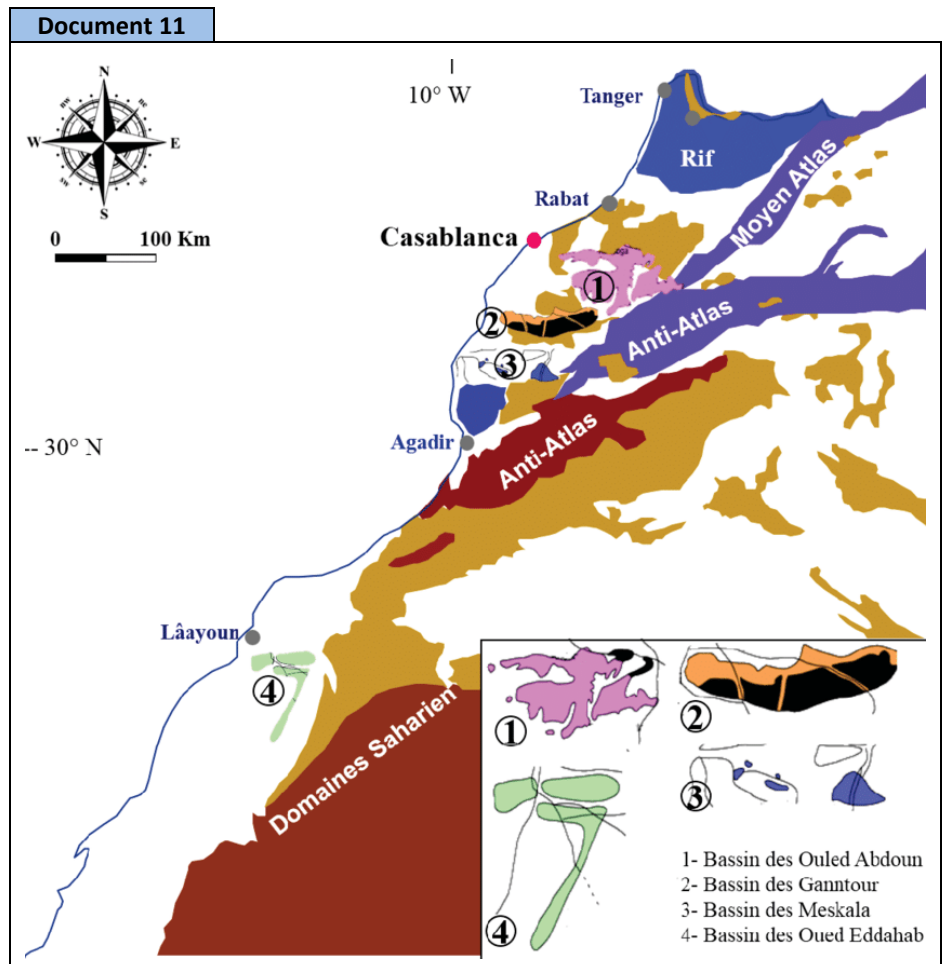
Les microorganismes marins possèdent des testés siliceux (diatomées, radiolaires...) ou calcaires (foraminifères...) sont voués, après leur mort, à tomber dans les profondeurs océaniques où ils contribuent à la formation des sédiments marins. Les tests, les coquilles vont subir une dissolution en fonction de la profondeur, comme le décrit très bien le document ci-contre :

- 1- Comment évolue la dissolution des tests calcaires et siliceux en fonction de la profondeur ?
2. Expliquer le fait qu'en dessous de 5 km aucun test calcaire ne sera trouvé ?
3. proposer une répartition théorique des sédiments siliceux et calcaire dans la plaine abyssale ?

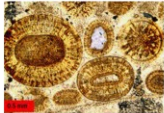




III- la carte paléogéographique des bassins de phosphates:

1- Les gisements de phosphates au Maroc :



2- Les propriétés des sédiments phosphates du Maroc :

Document 12			
Les sédiments phosphatés marocains sont riches en fossiles, les plus communs sont :			
Fossiles	Les oolithes 	Mâchoire Mosasaure 	Dents Otodus obliquus 
Caractéristiques	Petits grains sphériques calcaire, composé d'un corps central entouré de fines couches concentriques de phosphate	Grand reptile préhistorique semi-aquatique qui peut atteindre 18 m de long, adapté à la vie marine.	Genre éteint de requin, qui devrait mesurer plus de 6 m de long. Ses dents fossiles sont très abondantes dans les gisements marocains
Paléoenvironnement	Plateau continental à profondeur inférieure à 5m	Les côtes maritimes peu profondes et vaseuses	Large plate forme épicontinentale peu profonde à eaux tempérées et chaudes.

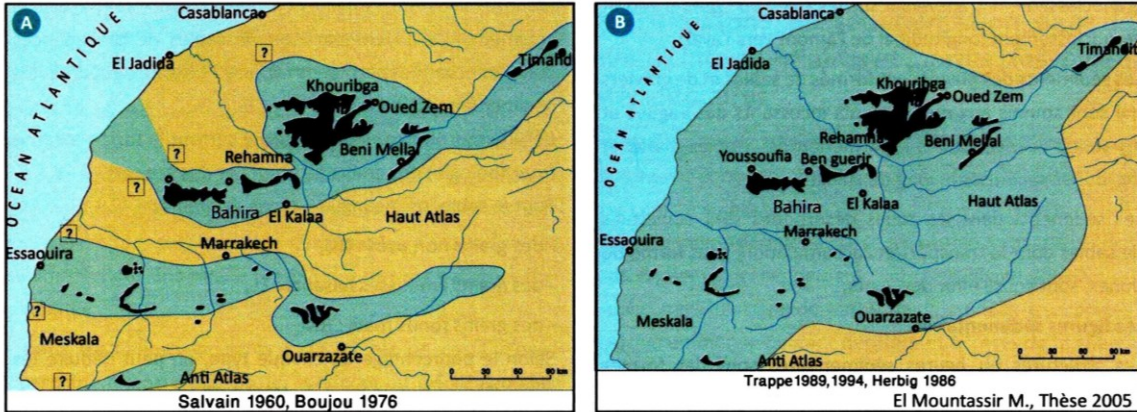
3- Les conditions de formation des phosphates :

Document 13
<p>Plusieurs théories ont été avancées pour expliquer l'origine des sédiments phosphatés :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Théorie de l'origine minérale des phosphates : L'origine du phosphore dans les roches phosphatées est due aux coulées volcaniques et aux eaux thermales sous-marines ainsi qu'à l'altération et au lessivage des roches volcaniques continentales riches en Apatite. • Théorie de l'origine biologique des phosphates : Du fait de la richesse des sédiments phosphatés en fossiles de vertébrés, cette théorie considérait que l'origine du phosphore dans ses sédiments est due à l'altération chimique et biochimique des restes d'animaux au fond des bassins sédimentaires. Le phosphore libéré réagit avec d'autres minéraux pour donner le phosphate. • Théorie moderne -Théorie des courants ascendants ou Upwilling (KAZAKOV, 1937) : La source principale du phosphore contenu dans les roches phosphatées est l'apatite, minéral présent en grandes quantités dans les roches éruptives. L'altération de ces roches par les eaux météoriques libère le phosphore minéral qui est transporté par les eaux superficielles vers la mer. <p>Au niveau des eaux marines, le phosphore est intégré dans le cycle biologique, essentiellement par le plancton qui, après leur mort, restituent le phosphore de nouveau aux eaux marines par l'action des bactéries qui minéralisent la matière vivante, ce qui assure la libération du phosphore et du CO₂.</p> <p>la sédimentation du phosphate nécessite la remontée des eaux profondes riches en phosphore et CO₂ vers la surface. Cette remontée permet la sédimentation du carbonate de calcium en premier lieu suivi du phosphate de calcium.</p>

4- Réalisation de la carte paléogéographique des bassins de phosphates:

Document 14

Reconstitutions paléogéographiques du Maroc central et occidental durant la période des phosphates (Maestrichtien-Eocène moyen) A. d'Après Boujou (1976) B. d'Après Trappe (1991) :



Deux tendances sont envisageables liées à la reconstitution paléogéographique de l'ensemble du Maroc central et des marges atlasiques durant la période à dépôt phosphaté, qui va du Maestrichtien à l'Yprésien terminal :

- Une première tendance (Salvain 1960 ; 1986 ; Boujou 1976) qui propose un système de golfes séparés par des terres émergées venant de l'Atlantique **A** dont le golfe septentrional est responsable de l'extension phosphatée des Oulad Abdoun.
- Une deuxième tendance (Herbig 1986. Trappe 1989,1994) qui considère que le domaine du Maroc central et occidental était occupé par une seule étendue de mer épicontinentale et qui communique principalement en direction Ouest avec l'océan Atlantique **B**. La répartition des sédiments phosphatés est expliquée par la présence de hauts-fonds marins n'assurant pas la sédimentation phosphatée et des bas-fonds marins où le seuil de sédimentation s'est réalisé.

L'étude des conditions de formation des phosphates a permis de reconstituer l'environnement sédimentaire dans lesquels s'est formé le phosphate. L'importance de la période d'érosion qui a suivi la sédimentation des phosphates a rendu très difficile la détermination avec précision les limites des bassins de phosphates, pour cela deux modèles théoriques ont été proposées pour la reconstruction de la carte paléogéographique de ces bassins :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Conclusion

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Exercice 01

1 Mettre dans la case « V » pour l'expression vraie et « F » pour l'expression fausse.

- Le sable éolien est formé de petites graines.
- Le sable fluviatile est bien classé.
- L'indice de Trask est calculé à partir de la détermination de Q_1 et Q_2 .
- Les grains de quartz NU sont issus d'un faible transport.
- Les grains de quartz RM sont issus d'un long transport aquatique.
- Le long d'un fleuve, les sédiments détritiques sont granoclassés de l'amont vers l'aval.
- Les galets morainiques portent des stries dans un seul sens.
- La sédimentation lagunaire est tributaire du rapport évaporation/renouvellement de l'eau.
- Les Upwellings est la tendance la plus acceptée pour expliquer les origines des phosphates marocains.

2 Questions à choix multiples : mettre une (X) devant la suggestion correcte

1. le talus continental est situé entre :

- A. 0-200 m.
- B. 200-1000 mm.
- C. 200-2000m.
- D. 0-2000 m.

2. la sédimentation dans le plateau continental distal est tributaire :

- A. des conditions climatiques.
- B. des marées.
- C. des courants sous-marins.
- D. des glissements des sédiments.

3. le CCD est la profondeur où :

- A. tous les tests calcaires se dissolvent.
- B. tous les tests siliceux se dissolvent.
- C. aucune sédimentation de tests siliceux.
- D. la sédimentation est quasiment détritique.

3. le phosphate exploité au Maroc est un(e):

- A. calcaire phosphaté.
- B. marne phosphatée.
- C. silex phosphaté.
- D. phosphate sableux.

Exercice 02

complète-la à l'aide des définitions suivantes :

- 1.** Principe qui permet de reconstituer le passé à partir du présent.
- 2.** Sédiment qui est à l'origine de la formation d'un grès.
- 3.** Adjectif qui qualifie une roche formée à partir d'un dépôt.
- 4.** Milieu de sédimentation marin actuel où se dépose du sable.
- 5.** Traces d'êtres vivants dans une roche.
- 6.** Dépôt qui se solidifie par la suite pour donner une roche sédimentaire.
- 7.** Roche sédimentaire formée de grains de sable.

