

Chapitre 1 : la réalisation de la carte paléogéographique d'une région

Activité 2 : étude granulométrique des sédiments

L'objectif de l'analyse granulométrique est de quantifier la répartition des particules d'un sédiment en fonction de leur taille, offrant ainsi de précieuses informations sur le passé sédimentaire d'une roche détritique.

- Quels sont les étapes de cette étude statistique ?
- Comment peut-on exploiter les résultats de cette étude ?

Document 1 : l'analyse granulométrique du sable

- **Préparation du sédiment pour le tamisage :**

- Mettre l'échantillon du sédiment dans un tamis à mailles de 0.05 mm de diamètre.
- Laver sous une eau abondante pour éliminer le limon et l'argile.
- Ajouter de l'acide chlorhydrique pour éliminer le calcaire.
- Ajouter de l'eau oxygénée pour éliminer la matière organique
- Laver sous l'eau, sécher à l'étuve et peser l'échantillon de sable, prêt pour le tamisage.

- **Tamisage :**

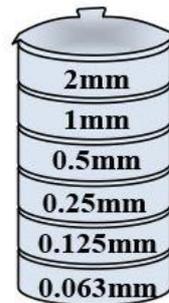
Une colonne de tamisage est composée d'une série de tamis de contrôle empilés les uns sur les autres, par ordre croissant d'ouverture de maille de bas en haut (1/16, 1/8, ... 16).

On dépose 100 g du sable préparé sur le tamis supérieur, et l'ensemble des tamis est soumis à des secousses conduisant à la répartition des particules le long de la colonne de tamisage.

Ces secousses peuvent être provoquées manuellement ou grâce à une machine à tamiser.

Chaque tamis divise les particules qui lui sont appliquées en deux fractions : un refus, correspondant aux particules retenues sur le tamis, et un tamisât (ou passant), correspondant aux particules appliquées au tamis inférieur.

A l'issue de l'agitation, les refus de chaque tamis sont recueillis et pesés avec soin.



1- A partir du doc 1, quel est le principe de l'étude granulométrique d'un sédiment

La granulométrie consiste en l'analyse de la distribution statistique des classes des particules élémentaires d'un sédiment, et ceci grâce au tri qui se fait par le tamisage

Document 2 : résultat de l'analyse granulométrique (Application)

On note la pesée du refus de chaque tamis sous forme d'un tableau, et on calcule le pourcentage de chaque refus de la masse totale, puis le pourcentage cumulée (le pourcentage d'un refus + le pourcentage des refus des tamis supérieurs)

Diamètre des particules	8 à 16	4 à 8	2 à 4	1 à 2	1/2 à 1	1/4 à 1/2	1/8 à 1/4	1/16 à 1/8
Poids du refus (en g)	6.25	11.25	20	24.4	22	12.25	2.5	1.35
Pourcentage du refus (%)	6.25%	11.25%	20%	24.4%	22%	12.25%	2.5%	1.35%
Poids cumulée (en g)	6.25	17.5	37.5	61.9	83.9	96.15	98.65	100
Pourcentage cumulée (%)	6.25%	17.5%	37.5%	61.9%	83.9%	96.15%	98.65%	100%

2- Compléter le tableau ci-dessus

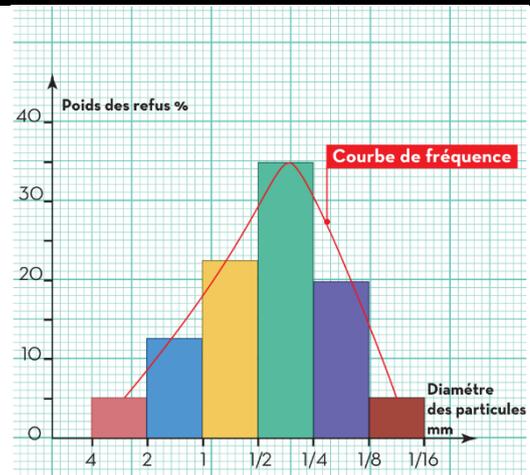
Document 3 : Histogramme et courbe de fréquence

L'exploitation des résultats est faite sous forme deux graphiques

- La courbe de fréquence :

Les valeurs sont reportées sur un graphe comportant en abscisse le diamètre des particules de chaque refus ou le diamètre des mailles de tamis, et en ordonnées le pourcentage des particules de refus de chaque classe, on obtient un histogramme composé de rectangles et on trace la courbe de fréquence en reliant successivement les médianes des rectangles.

- Si la courbe est unimodale, le sable est homogène (plage, éolien ou fluviatile)
- Si la courbe de fréquence est plurimodale, le sable est hétérogène (mélange de plusieurs sables)



- La courbe cumulative

On représente le pourcentage des refus cumulés en ordonnées et le diamètre des particules de chaque refus en abscisses. Et on passe la courbe par les diagonales des rectangles correspondants à chaque diamètre, sur la courbe cumulative on détermine les quartiles :

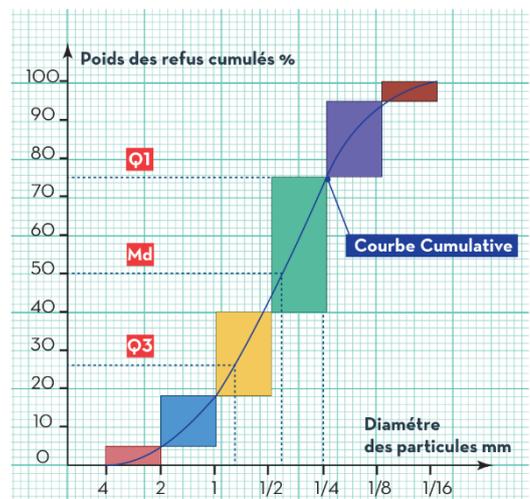
Q1 : le diamètre convenable pour 75% des fréquence cumulées

Q3 : le diamètre convenable pour 25% des fréquence cumulées

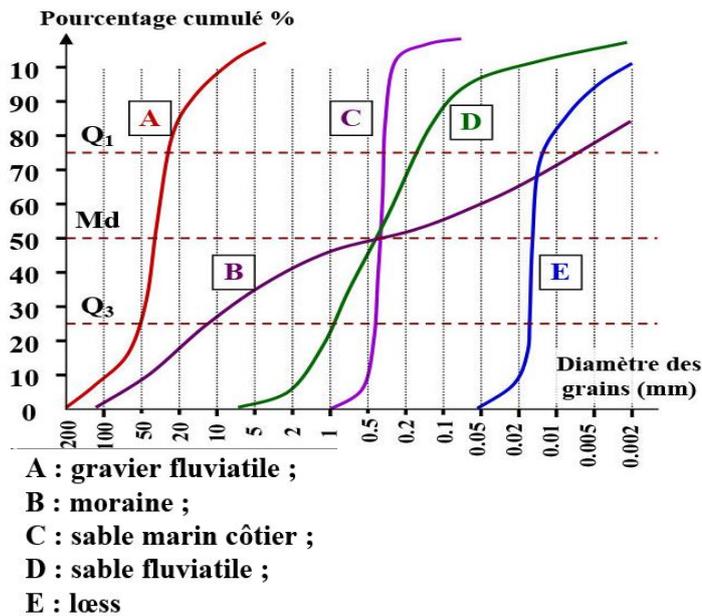
Les valeurs Q1 et Q3 sont utilisées pour calculer l'indice de classement (indice de TRASK S_0)

selon la formule suivante :

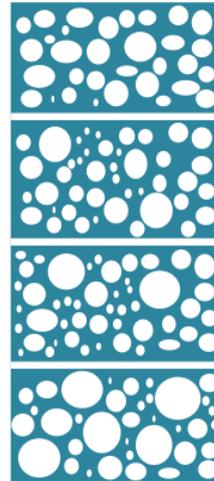
$$S_0 = \sqrt{\frac{Q3}{Q1}}$$



Document 4 : courbe cumulative et indice de classement

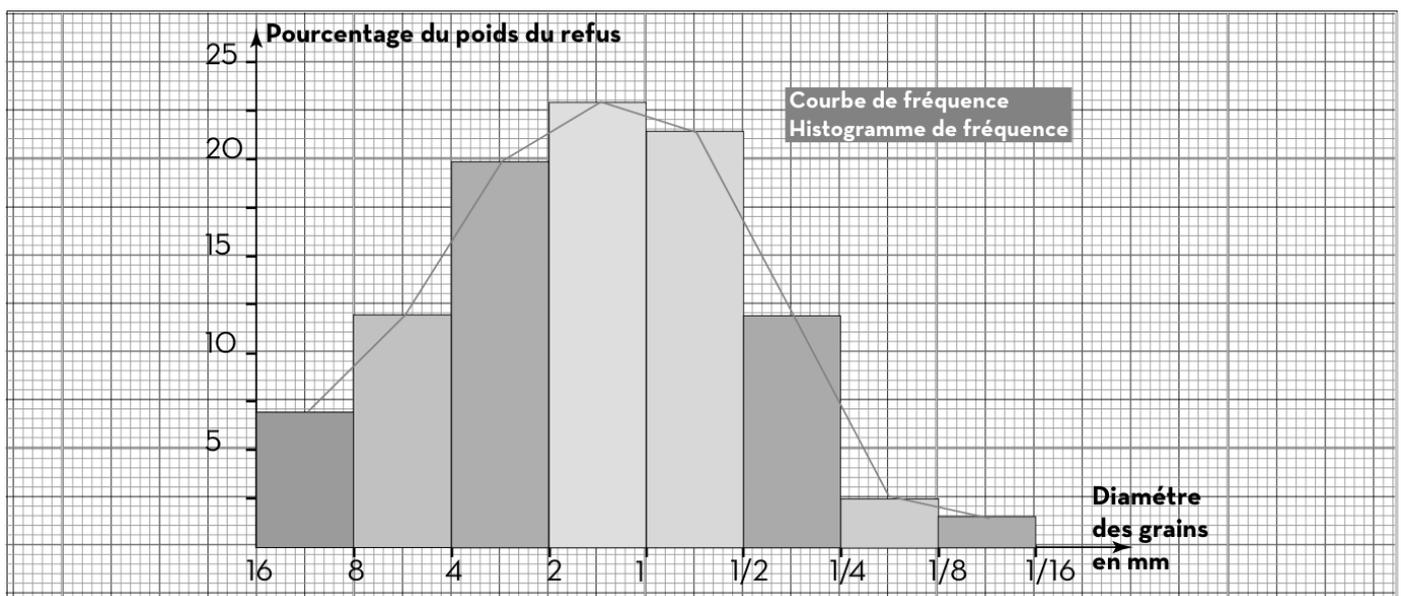


Cet indice de classement (S_o) indique la qualité du classement.



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

3- Tracer la courbe de fréquence et déduire le degré d'homogénéité du sédiment analysé (doc 2)

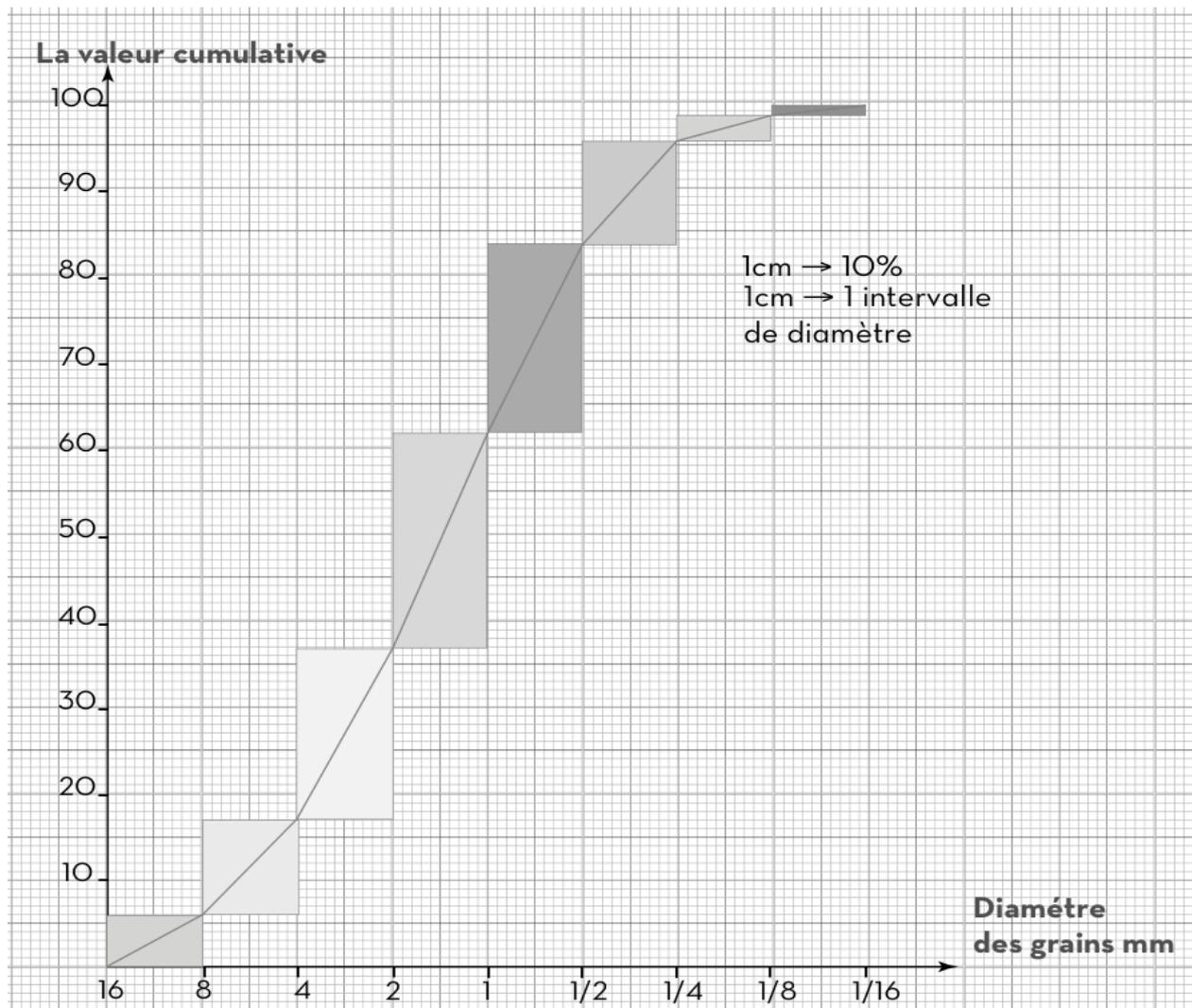


A partir de diagramme réalisé, on a obtenu une courbe unimodale et large, donc le sable étudié est homogène et constitué de grains grossiers et fins.

NB : l'analyse de la courbe de fréquence permet de tirer des informations sur l'origine du sable étudié :

- **Une courbe unimodale étroite** : indique un sable homogène et bien classé. Il s'agit d'un sable de plage s'il est constitué de grains grossiers, par contre si le sable est constitué de grains fins il s'agit alors de sable saharien
- **Une courbe unimodale large** (sable constitué de grains grossiers et fins) indique un sable mal classé. Il s'agit généralement du **sable fluviatile**
- **Une courbe plurimodale** indique un sable hétérogène et non classé, c'est un sable mélangé, on peut rencontrer ce type de sable en milieu fluviatile

4- Tracer la courbe cumulative.



5- Calculer S0 et déterminer le degré de classement du sédiment et puis déduire l'origine du sédiment étudié.

Q_1 = L'abscisse correspondante à l'ordonnée 75 % = 0.65

Q_3 = L'abscisse correspondante à l'ordonnée 25 % = 3.2

- Calcul de l'indice de classement S0 :

$$S_0 = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}} = \sqrt{\frac{3.2}{0.56}} = 2.21$$

D'après le tableau (doc4), on remarque que la valeur de S0 est supérieure à 2 donc le classement du sable est très mauvais et on peut dire qu'il s'agit d'un sable d'une rivière

Activité 3 : l'étude morphoscopique des grains de sable

Pendant le transport des sédiments, ces derniers peuvent subir des changements morphologiques qui modifient leur aspect d'origine. L'étude de ces particules nous permet de déduire leur milieu de dépôt ainsi que l'agent du transport

- Comment se déroule cette étude morphoscopique ?
- Comment peut-on exploiter les résultats de cette étude ?

Document 1 : les caractéristiques des principales catégories de grains de quartz

Dans le sable, les grains de quartz résistants à l'érosion sont abondants. L'observation microscopique à l'aide d'une loupe binoculaire permet de caractériser leur forme et leur aspect, révélant des informations sur leur histoire, les conditions de dépôt, l'agent de transport, et la durée de transport.

✓ Les grains « Non-Usés » (NU)

Sont caractérisés par leur forme anguleuses, à arêtes tranchantes, ces grains ont subi un faible transport hydrique (transport par l'eau ou la glace) à faible distance.



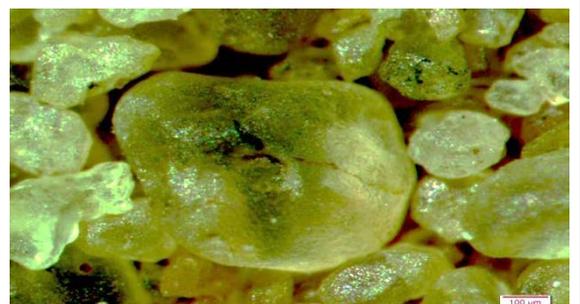
✓ Les grains « Emoussés luisants » (EL)

Ils présentent une dominance d'arêtes arrondies et peuvent parfois acquérir la forme de sphères presque parfaites. Leur aspect de surface est toujours très poli, brillant, luisant sous l'éclairage de la loupe binoculaire. Ils sont caractéristiques de longs transports en milieux aquatiques continentaux (rivières, fleuves), ou d'évolutions en milieux marins (plateau continental, plages, etc.).



✓ Les grains « Ronds-Mats » (RM)

Les « RM », comme leur nom l'indique, ont une morphologie générale sub-sphérique pouvant parfois atteindre celle d'une sphère parfaite. Leur aspect de surface est toujours dépoli et mat. Ils sont caractéristiques d'une évolution en milieu éolien (transport par le vent), et ils sont trouvés sur les dunes littorales et dans certains environnements désertiques.



1- Déterminer sous forme d'un tableau, les caractéristiques des trois catégories de grains de quartz (aspect, agent de transport et durée de transport)

Type des grains	NU	EL	RM
Caractéristiques des grains	Grains non usés, peuvent être transparent ou colorés, ils ont une forme anguleuse	Grains émoussés avec des arrêtes subarrondies et une surface polie et brillante	Grains ronds mats, à surface dépolie, mate
Facteur et durée de transport	Transport à faible distance par l'eau ou la glace	Transport long et le facteur est l'eau	Transport très long, le facteur est le vent

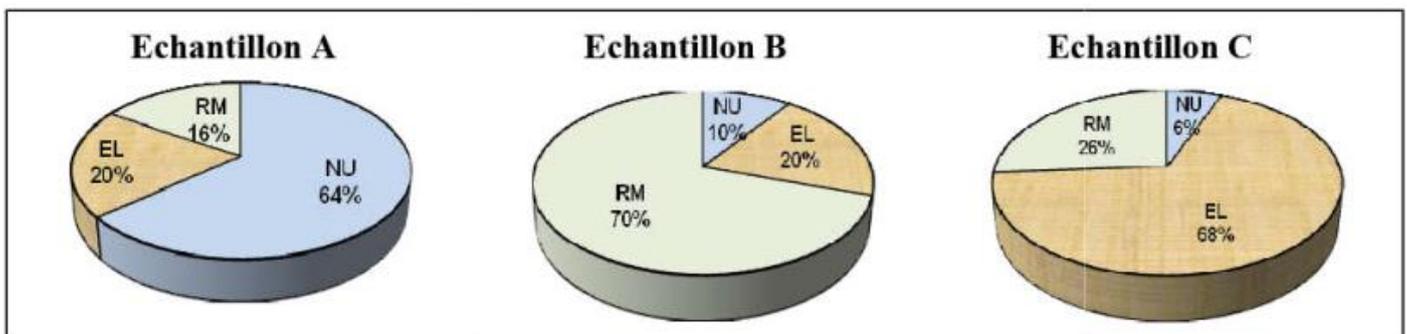
Nature de milieu de dépôt	Dépôts glaciaires	Les embouchures Les plages lithorales	Les dunes littorales ou desertiques
----------------------------------	-------------------	--	--

Document 2 : résultats à exploiter

Les résultats de L'étude de trois types de sable A, B et C, sont représentés dans le tableau suivant :

Grains de quartz	Sable A	Sable B	Sable C
NU	64%	10%	6%
EL	20%	20%	68%
RM	16%	70%	26%

2- a. Transformer les résultats du tableau en diagramme circulaire pour les trois échantillons de sable.



b. déterminer la durée et le mode de transport subis par les trois échantillons ainsi leur milieu de dépôt.

Echantillon A : dominance des grains NU dont transport court ou absent, dépôt glaciaires ou près de la roche mère

Echantillon B : dominance de grains RM donc transport très long par le vent, dépôts au niveau des dunes côtières ou désertiques

Echantillons C : dominance des grains EL dont transport long par l'eau, dépôts au niveau de la plage

Document 3 : étude morphoscopique des galets

Les galets sont des produits d'érosion qui sont transportés par différents agents (eau, vent et glace), leur étude morphoscopique portant sur leur degré d'arrondi et leur aspect, reflète leur histoire de trajet.



a- Glacier

Très émoussé, avec stries glaciaires qui résultent du frottement lors de l'éboulement.



b- Eolien

Anguleux avec plusieurs facettes, possède des surfaces gravées et des arêtes finement émoussées



c- Fluviale

Forme circulaire, bien arrondie et aplatie, avec des arêtes arrondies et une surface lisse, polie et rarement striée.



d- Côtier

Plus ou moins sphérique, aplati, émoussé et porte des traces de choc et des pores dues aux vagues et à la salinité de l'eau.

3- Établir la relation entre l'aspect et la morphologie des galets et leur dynamique de transport, et déduire le milieu de dépôt.

- a- Galets très émoussés, présentant des stries qui résultent du frottement et du choc lors de l'éboulement glaciaire donc le transport est court par la glace et le milieu de dépôt est le milieu glaciaire
- b- Galets à plusieurs facettes, aux arêtes émoussées, surface mate, et dépolie, reflétant un long transport éolien donc le milieu de dépôt est le milieu désertique
- c- Galets à forme aplatie, bien arrondie, surface lisse et polie reflétant un long transport par l'eau donc le milieu de dépôt est le milieu fluviatile
- d- Galets plus ou moins sphériques, émoussés, à surface trouée par des pores causés par la salinité de l'eau de mer alors le milieu de dépôt est le milieu côtier

Activité 4 : Etude des figures sédimentaires

Les roches sédimentaires enregistrent au cours de leur formation des structures et des déformations qui sont autant d'indices pour reconstituer les étapes de leur histoire : figures sédimentaires. On peut identifier ces structures et les utiliser pour reconstituer les conditions de formation d'un ensemble sédimentaire

- Quelles sont les figures observables ? comment les reconnaître, les identifier ? comment les interpréter et donc les utiliser pour reconstituer

Doc. 1 : Rides et dunes de sable

Les surfaces des sédiments détritiques non consolidés parcourues par un écoulement fluide (courant d'eau ou vent), s'observent des constructions de type « rides » ou « dunes »

→ Rides (figure 1)

Les rides sont des ondulations centimétriques liées à l'hydrodynamisme dont la taille et la forme dépend de la dimension des particules et de la force du courant. Elles peuvent être **asymétriques (rides de courant)** ou **symétriques (rides de vagues)**

→ Dunes (figure 2)

Les dunes sont des structures liées à l'aérodynamisme, marqueurs de sédimentation éolienne, qui peuvent atteindre 5 à 10 mètres de hauteur, elles peuvent être littorale ou continentales, prennent des tailles, et des formes variées.

A= Barkhanes (dune en forme de croissant)

B= Dunes linéaires

C= Dunes transversales

D= Dunes paraboliques

E= Dune en étoile

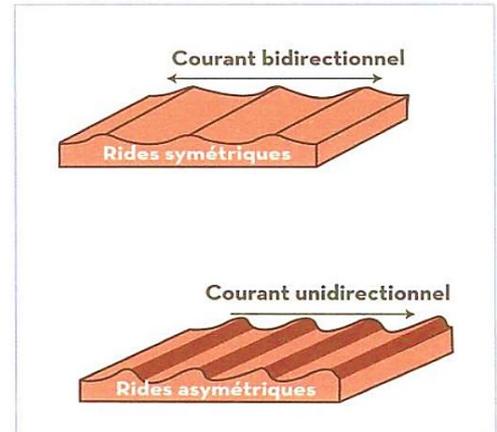


Figure 1 : Rides

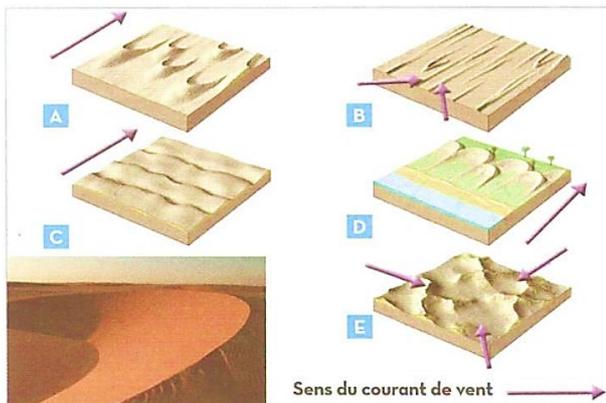
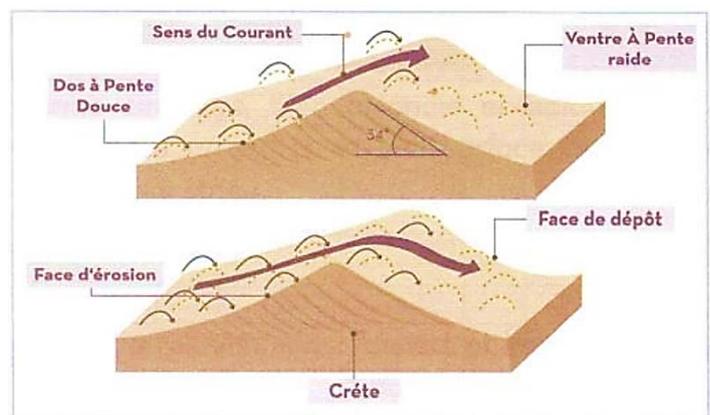
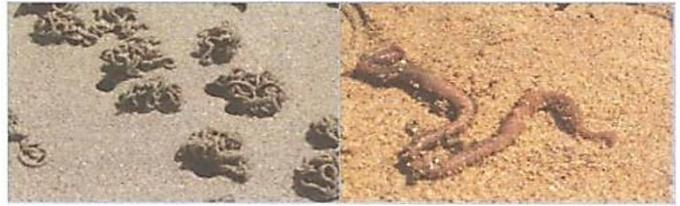


Figure 2 : Dunes



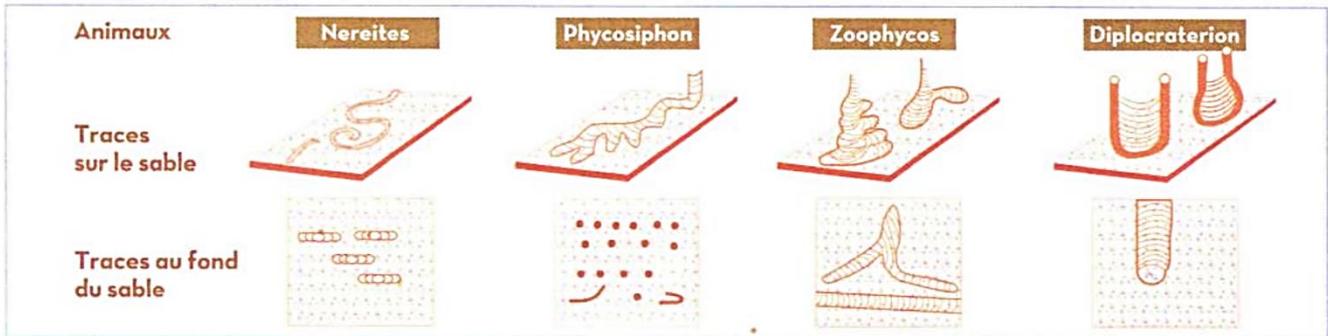
Doc. 2 : traces d'activités des êtres vivants

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 après lithification : ce sont les traces fossiles ou ichnofossiles qui permettent la reconstitution de la paléogéographie.



▲ Trace de tortillons de sable.

▲ Vers Arénicoles.



1- D'après le document 1 et 2, **dessinez** un tableau qui résume le type de chaque figure sédimentaire et son signification



▲ Ichnofossile des pas de dinosaures.



▲ Empreinte fossile de pattes d'oiseaux.

Bioturbation : transfert et perturbation des sédiments par l'activité des êtres vivants

Lithification : transformation d'un sédiment meuble en roche consolidé

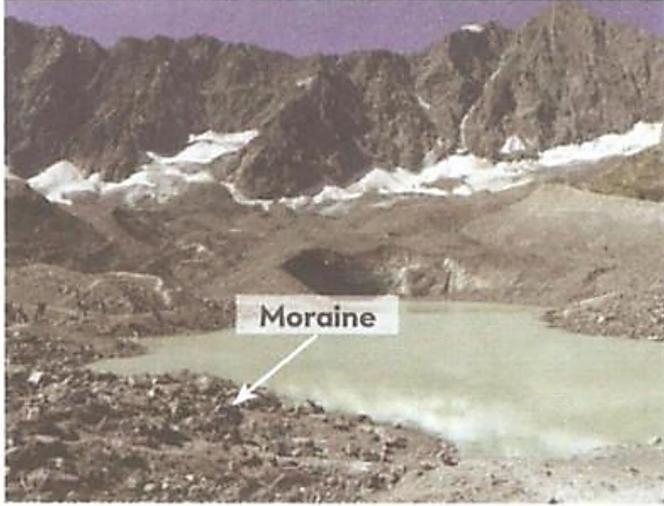
Figures sédimentaires		Significations	
Rides (Traces liées à l'hydrodynamisme)	Symétrique	Le courant est bidirectionnel	
	Asymétriques	Le courant est unidirectionnel	
Dunes (Traces liées à l'aérodynamisme)	Les Barkhanes, dunes paraboliques, linéaires, transversale	Indique le sens ou la direction du courant (vent)	
	Dunes en étoile	Reflétant le régime changeant des vents	
Fentes de dessiccation	Climatique	Elles marquent une période d'émersion et un climat aride	
Fossiles	Biologiques	Ça donne une idée sur la nature du paléoenvironnement d'après le type des fossiles trouvés (aquatique ou continentale ...)	

Activité 5 : Conditions de sédimentation dans les milieux continentaux

Les éléments destinés à former un sédiment sont d'abord transportés à l'état solide ou en solution. Ils se déposent ou précipitent ensuite dans un milieu de sédimentation, qui est une unité géomorphologique de taille et de forme déterminée où règne un ensemble de facteurs physiques, chimiques, et biologiques suffisamment constants pour former un dépôt caractéristique. Les bassins continentaux comprennent les milieux glacières, fluviales, désertiques et lacustres

- Quels sont les caractéristiques des différents milieux de dépôt continentaux ?

Doc. 1 : les caractéristiques de la sédimentation glacière



Le glacier se répand sur une certaine distance, à une altitude très forte où les températures moyennes sont au-dessus de 0°C, les pentes trop raides facilitent l'arrachement des matériaux au substrat rocheux, tout ce matériel sédimentaire produit porte le nom général de **moraine**.

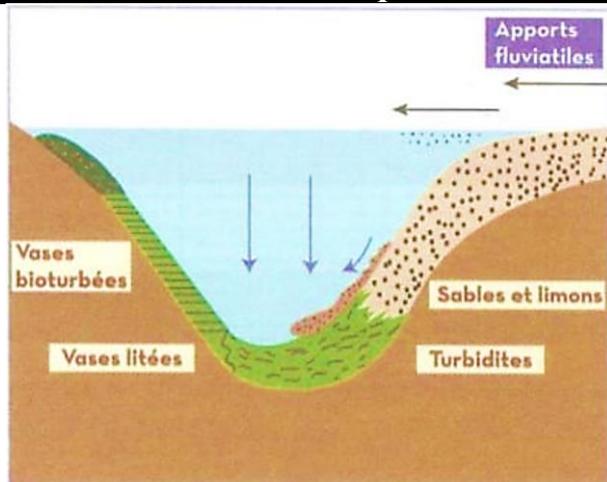
Les moraines sont des **accumulations détritiques** très complexes et variées, caractérisées par l'**absence de stratification et l'hétérogénéité de la granulométrie (mauvais classement)**. Les blocs et les galets sont **anguleux, striés** parfois à cause de la force du frottement. Les grains de quartz sont **non usés**.

Doc. 2 : les caractéristiques de la sédimentation désertique

Dans les milieux désertiques, ce sont les dépôts éoliens, qui constituent la majeure partie des sédiments actuels. Les roches sédimentaires d'origine désertiques sont caractérisées par des **grains sableux arrondis et dépolis** (rond-mat) **bien classés** et à matrice argileuse pauvre et des **galets à trois faces dépolies**. Les dépôts de sables forment des dunes (Barkhane, linéaires, transversales, étoilé selon la dynamique du courant éolien



Doc. 3 : les caractéristiques de la sédimentation lacustre



Un lac est un **corps d'eau** permanent enclavé dans le continent et généralement constitué d'eau douce, les caractères des lacs varient **en fonction du climat**, de **l'apport des rivières**, de **l'environnement géologique**, de **la végétation sur les berges** et de **l'activité biologique** dans le lac.

Les matériaux apportés par les rivières se déposent dans un lac selon une **zonation concentrique** assez théorique qui dépend de **l'hydrodynamisme** : **galets** le long des rives, **sables** dans les zones périphériques soumises à l'action des vases, **vases** dans le centre plus calme. Dans les parties profondes du lac, se déposent des **turbidités** contenant des éléments grossiers.

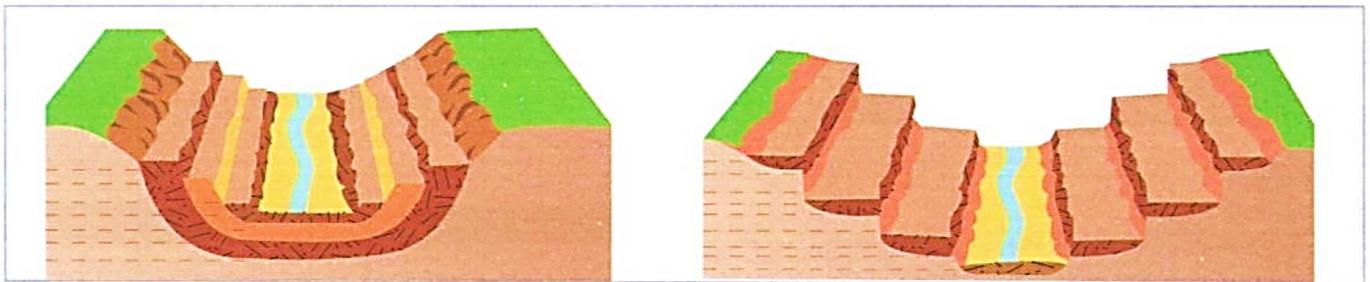
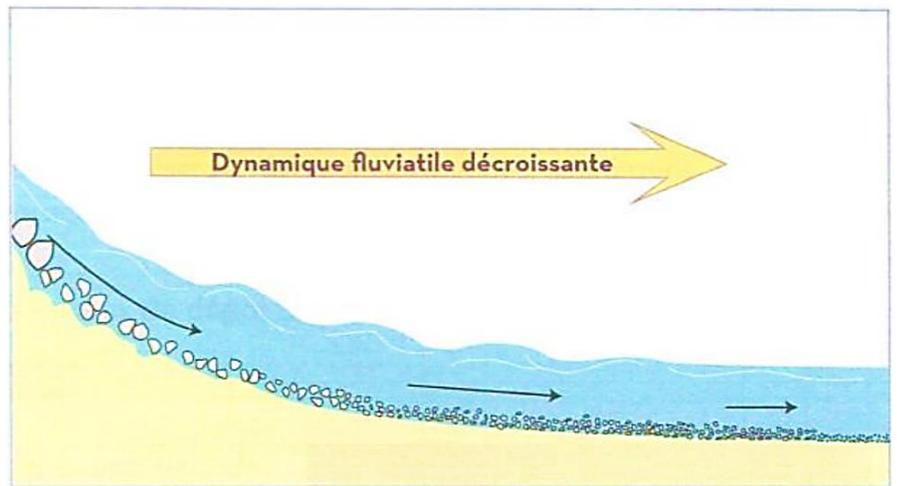
1- A partir du doc 1, 2 et 3 : **dégagez** sous forme de tableau les caractéristiques des différents milieux de dépôt continentaux, caractères des sédiments et conditions de sédimentation)

Doc. 4 : les caractéristiques de la sédimentation fluviale

Les rivières sont surtout des agents de transport, qui déposent néanmoins aux endroits où la vitesse diminue. Le long de leur cours est marqué par un **granoclassement décroissant d'amont vers l'aval**.

Les galets sont **usés**, **aplatis** et **brillants**, les **sables** sont **mal** ou **bien classés** selon la longueur du transport, les **grains** sont **peu usés** ou **anguleux** et montrent des traces de chocs. La proportion d'argile est toujours notable.

L'alternance des périodes d'érosion et de sédimentation dans l'histoire d'une rivière produit des niveaux fluviaux **étagés** (à phase **érosive dominante**) ou **emboîtés** (à phase de **sédimentation dominante**) appelés **terrasses**. Une terrasse alluviale ou fluviale est une zone plane, située sur les versants d'une vallée et constituée par des **alluvions (sédiments)**, sa formation est due à une variation de la **dynamique du cours** qui dépend du **climat, pente, débit** et **quantité de matériel transporté**.



▲ Terrasses emboîtées.

▲ Terrasses étagées.

Les méandres que peut former un cours d'eau sont des lieux de **dépôt particulières**. En effet, dans un méandre, l'érosion se produit sur la **rive concave**, à pente raide, là où la **vitesse du courant est la plus grande**. Le dépôt se réalise sur la **rive convexe**, là où la **vitesse de courant est la plus faible**. Le couple érosion-dépôt entraîne une migration latérale du méandre causant alors un élargissement de la vallée.

2- En exploitant le document 4 :

- Dégagez** les caractéristiques du milieu fluvial, ses conditions de sédimentation et les caractéristiques des sédiments
- Comparer** et **expliquer** la différence entre les terrasses emboîtées et celles étagées
- Décrivez** la sédimentation dans un méandre par un **schéma détaillé**

1- **Dégagez** sous forme de tableau les caractéristiques des différents milieux de dépôt continentaux caractères du milieux, caractère des sédiments et conditions de sédimentation)

Milieu	Caractéristiques du milieu	Conditions de sédimentation	Caractéristiques des sédiments
Milieu désertique	<ul style="list-style-type: none"> - Milieu aride à vaste superficie - Faible pluviométrie - Forte chaleur - Flore rare et faune adaptée 	<ul style="list-style-type: none"> - Dynamisme du courant c-à-d la vitesse et le sens d vent 	<ul style="list-style-type: none"> - Dunes du sable à forme et taille différentes - Sable bien classé - Grains de quartz ronds mats - Galets à plusieurs facettes
Milieu glaciaire	<ul style="list-style-type: none"> - Précipitation sous forme de neige - Basse température - Flore rare et faune adaptée 	<ul style="list-style-type: none"> - Pentes raides qui facilitent l'arrachement des matériaux - Agent de transport : la glace, transport court ou absent 	<ul style="list-style-type: none"> - Moraines hétérogènes et mal classé - Grains de quartz NU - Galets striés
Milieu lacustre	<ul style="list-style-type: none"> - Corps d'eau douce permanent enclavé alimenté par la pluviométrie, la fonte des neiges et les rivières - Flore et faune abondantes 	<ul style="list-style-type: none"> - L'action des vagues - La profondeur du lac - L'apport des rivières - Le climat qui change selon les saisons - L'activité biologique 	<ul style="list-style-type: none"> - Galets le long des rives - Sable dans la périphérie - Vases dans le centre - Turbidités dans les profondeurs du lac

2-

a) **Dégagez** les caractéristiques du **milieu fluviatile**, ses éléments sédimentaires et ses conditions de sédimentation

Milieu fluviatile	Caractéristiques du milieu	Conditions de sédimentation	Caractéristiques des sédiments
	<ul style="list-style-type: none"> - Un courant d'eau douce permanent qui prend naissance à partir des sources de nappes ou de la fonte des neiges. - Topographie différente. - Faune et flore riches 	<ul style="list-style-type: none"> - Changement de la vitesse du courant selon la topographie - L'alternance des périodes d'érosion et de sédimentation selon les saisons (érosion pendant l'hiver et sédimentation pendant l'été) 	<ul style="list-style-type: none"> - Granoclassement décroissant de l'amont vers l'aval - Galets aplatis et polis - Sable mal ou bien classé - Grains de quartz NU ou EL - Argile souvent abondant

b) **Comparer** et **expliquer** la différence entre les terrasses emboîtées et celle étagées

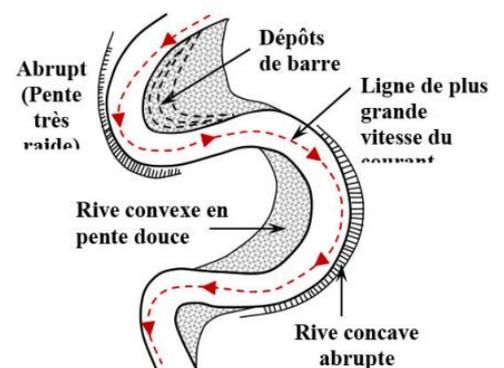
Les milieux fluviatiles (rivières, fleuve ...) sont caractérisés par des structures sédimentaires appelées terrasses fluviatiles. On distingue deux types : **terrasses étagées** et **terrasses emboîtées**.

- **Les terrasses étagées** dans les zones à forte pluviométrie (résultant d'une érosion qui domine la sédimentation)
- **Les terrasses emboîtées** dans les zones à faible pluviométrie (résultant d'une sédimentation qui domine l'érosion)

c) **Décrivez** la sédimentation dans une méandre avec un **schéma détaillé**

Un méandre est une sinuosité du cours d'un fleuve ou rivière

Dans un méandre, l'érosion se produit sur la rive concave, à pente raide, là où la vitesse du courant est la plus grande. Le dépôt se réalise sur la rive convexe, là où la vitesse du courant est la plus faible



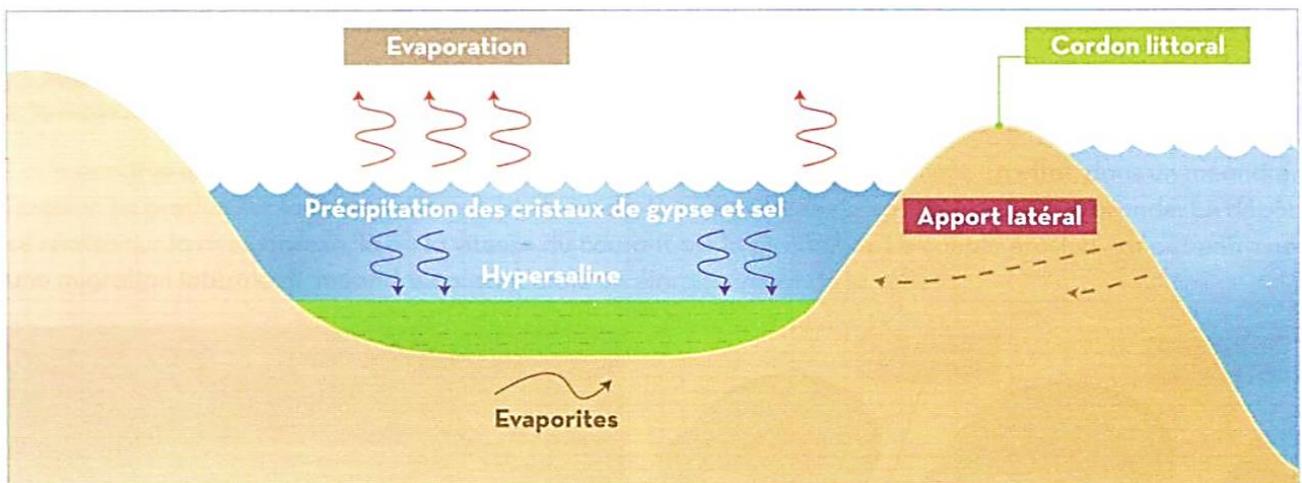
Activité 6 : Conditions de sédimentation dans les milieux intermédiaires

Les milieux de dépôt intermédiaires sont des bassins transitoires qui marquent des stades de déséquilibre temporaire dans la morphogenèse globale. Ils sont situés aux limites du domaine marin et du domaine continentale et présentent des caractères mixtes. Parmi eux on cite les **lagunes**, les **deltas** et les **estuaires**.

- Quels sont les caractéristiques de différents milieux de dépôts intermédiaires ?

Doc. 1 : les caractéristiques de la sédimentation lagunaire

La lagune est un plan d'eau littoral de faible profondeur, séparé de la mer par un cordon littoral constitué essentiellement de sables fins. Ce plan d'eau alimenté par l'eau de mer grâce à une ou plusieurs ouvertures étroites et par les eaux douces continentales issues des bassins versants. Les lagunes sont soumises à une forte évaporation qui favorisent le dépôt des sédiments carbonatés et des particules détritiques (sable à granulométrie très variable), et en manque d'apport latéral, l'eau se concentre jusqu'à la formation des cristaux de gypse, calcite et de sel qui tombent au fond (les évaporites).

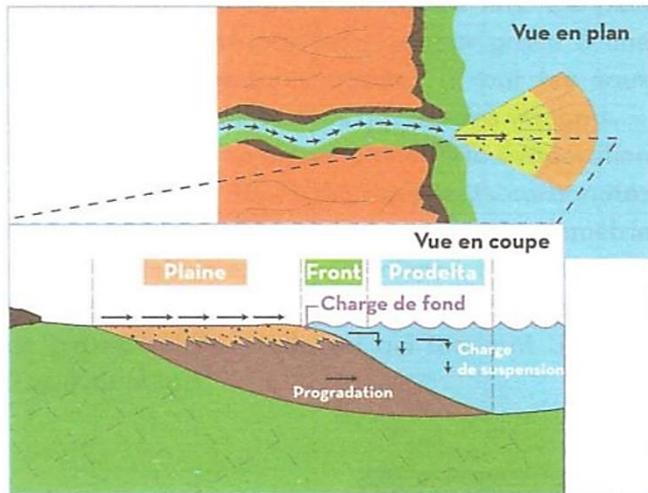


Doc. 2 : Les caractéristiques de la sédimentation à l'embouchure

L'embouchure d'un cours d'eau dans la mer représente un domaine intermédiaire où s'affrontent les influences marines et fluviales. Le fleuve apporte des matériaux qui s'accumulent et gagnent sur la mer ; la mer déblaie et remanie les matériaux apportés. Le résultat dépend du rapport de force existant entre le fleuve et la mer. **Lorsque le fleuve a une influence dominante**, il construit un **delta** (Fig. a) ; **lorsque la mer est dominante**, l'embouchure est un **estuaire** (Fig. b)

→ Delta

A une vitesse assez élevée, la charge du cours d'eau arrive dans la mer, le courant perd son énergie et les sédiments se dispersent, en s'étalant sur une zone d'accumulation triangulaire en plan (de là le terme de delta). C'est en **front deltaïque** où se déposent les sédiments **le plus grossiers, sables et graviers**. La charge en **suspension**, se dépose plus au large pour former ce qu'on appelle le **prodelta**. Ces éléments fins sont gorgés d'eau et forment des pentes assez fortes



▲ Fig : a

→ Estuaire

L'embouchure est un estuaire quand le fleuve apporte peu de matériaux grossiers, surtout des suspensions fines et des matières en solution, et quand l'hydrodynamisme marin est fort.

La marée montante refoule l'eau douce en amont sur une distance qui peut être importante, la vitesse du courant fluvial diminue et les matériaux en suspension se sédimentent, les argiles s'agglomèrent en flocons (floculation) sous l'action des ions de l'eau de mer et forment un « **bouchon vaseux** ».

Le sédiment caractéristique est la **vase**



▲ Fig : b

- 1- **Dégagez** sous forme d'un tableau les caractéristiques des différents milieux de dépôt intermédiaires (caractéristiques du milieu, caractères des sédiments et conditions de sédimentation)

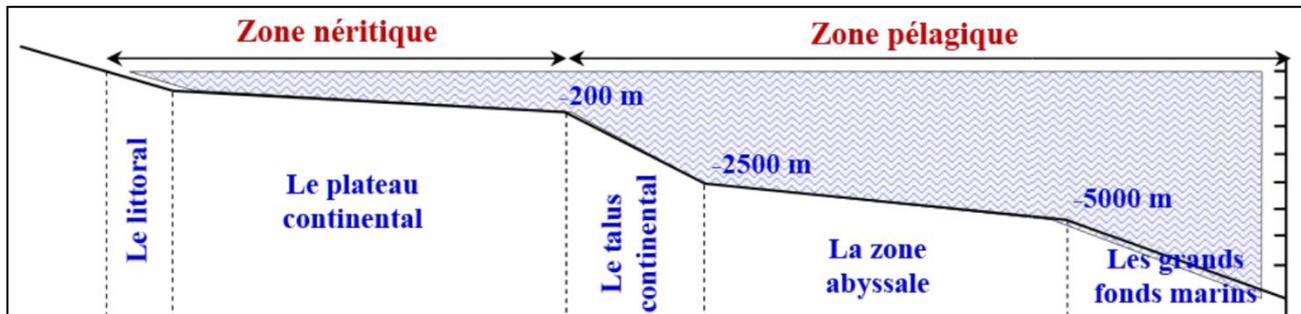
Milieu	Caractéristiques du milieu	Conditions de sédimentation	Caractéristiques des sédiments
Milieu lagunaire	<ul style="list-style-type: none"> - Une étendue d'eau salée, en zone côtière peu profonde, isolée de la mer par un cordon littoral, alimenté par l'eau de mer grâce à une ouverture étroite 	<ul style="list-style-type: none"> - Les facteurs climatiques gouvernent une forte évaporation ce qui fait augmenter la densité, d'où, précipitation des sédiments - L'apport de l'eau de mer 	<ul style="list-style-type: none"> - Les évaporites, le sel et les dépôts carbonatés - Eléments détritiques
L'embouchure	<ul style="list-style-type: none"> - Est un milieu intermédiaire où s'affrontent les influences marines et fluviales. - La faune et la flore sont rares 	<ul style="list-style-type: none"> - La charge du courant fluviale - La dynamique du courant marin - Si la dynamique du fleuve domine, il se forme un delta - Si la dynamique marine domine, il se forme un estuaire 	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Dans un delta : dépôts de sédiments détritiques sous forme d'éventail (sable, argile, limon) ➔ Dans un estuaire : l'apport de peu de matériaux grossiers, des suspensions fines et des matières en solution, les argiles s'agglomèrent sous forme d'un bouchon vaseux.

Activité 7 : Conditions de sédimentation dans les milieux marins

Les **sédiments marins** proviennent de l'apport des cours d'eau. Arrivés à la mer, ils se déposent dans les zones plus ou moins éloignées du rivage. Les sédiments marins sont constitués également de **restes des êtres vivants** et des éléments des **précipitations des éléments chimiques**.

- Quels sont les caractéristiques des différents milieux de dépôt marin ?

Doc. 1 : Topographie du milieu marin



Doc. 2 : Caractéristiques de la sédimentation au niveau de la zone littorale et du plateau continental

Dans ces milieux les sédiments détritiques sont généralement de plus en plus fins en **s'éloignant des côtes**. Le **sable** est limité aux zones d'eaux peu **profondes** en perpétuelle agitation sous l'action des **vagues** et des marées, tandis que le **limon** et l'**argile** se déposent dans les eaux plus **profondes** et plus calmes situées plus au large.

Sur le plateau, la vie benthique est abondante, grâce à la combinaison de trois éléments essentiels à sa prolifération :

- Une intensité lumineuse élevée car le milieu est peu profond.
- Une température chaude.
- Une bonne oxygénation.

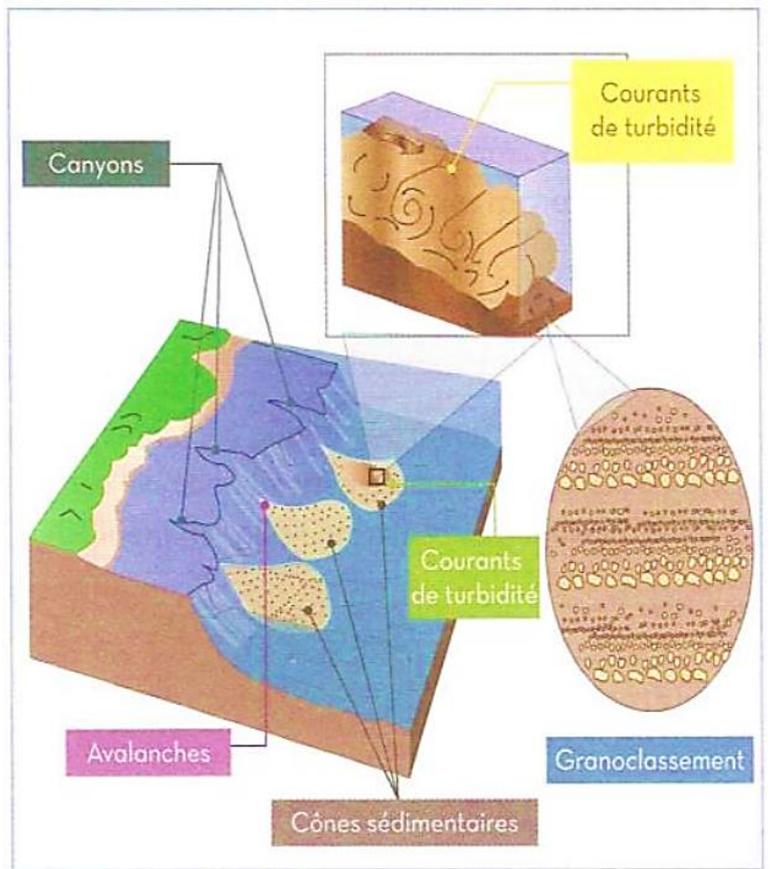
Tous ces facteurs contribuent à une **sédimentation carbonatée** importante qui consiste à des récifs coralliens et des vastes zones d'accumulation de débris de squelettes calcaires d'organismes planctons



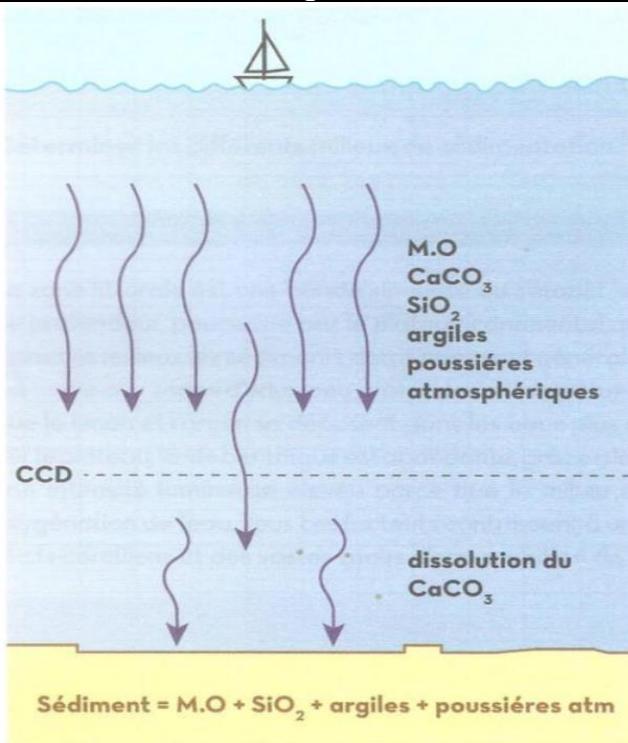
Doc. 3 : Caractéristiques de la sédimentation au niveau du talus continental

Le talus continental est la zone sous-marine, en pente qui assure la liaison entre le plateau continental et la plaine abyssale située généralement entre 4000 et 5000 mètres de profondeur.

La charge sédimentaire du littoral, soit les sédiments plus grossiers, sable et graviers sont apportées à la base du talus, sur le **glacis continental**. Ces sédiments sont chenalisés dans les canyons **sous-marins**. Les sédiments y sont transportés par divers mécanismes, tels les **avalanches** (le glissement en **masse**), les courants de **turbidité**, ou la simple reptation (glissement très lent de la masse sédimentaire). Il se forme des **cônes** sédimentaires très volumineux à l'embouchures des canyons, avec un granoclassement parfait



Doc 4 : Caractéristiques de la sédimentation au niveau de la plaine abyssale



La plaine abyssale et la partie plate de la zone abyssale océanique (Grand-Fonds marins) en général entre 5000 et 6000 mètres de profondeur c'est un milieu très calme, riche en faune, caractérisé par l'**obscurité** et la **température froide** est recouvert de sédiments qui provient de deux origines :

- **Particules terrigènes argileuse** d'origine continentale apportée en suspension par les **courants océaniques** et **poussière** transportée par les **vents**

- Une pluie de particules issues du plancton (squelettes et débris carbonatés et siliceux).

il existe une limite naturelle en milieu océanique qu'on appelle la **CCD** (carbonate compensation depth) = niveau de compensation du carbonate et qui a une influence importante sur la composition des sédiments des fonds océaniques. Lorsque des particules de CaCO₃ qui viennent du plancton atteignent ce niveau, elles sont dissoutes et se retrouvent dans l'eau sous leur forme ionique Ca²⁺ et HCO₃⁻ - ce niveau est contrôlé par la température de l'eau

1- A partir des docs 2,3,4 : **dégagez** sous forme de tableau les caractéristiques des différents milieux de dépôt marin (caractéristiques du milieu, caractéristiques des sédiments et conditions de sédimentation)

Milieu	Caractéristiques du milieu	Conditions de sédimentation	Caractéristiques des sédiments
Plateau continental	<ul style="list-style-type: none"> - Un prolongement du continent sous la surface de l'eau qui peut s'étendre jusqu'à 200m de profondeur. - Riche en vie benthique + bonne oxygénation - Forte luminosité - Température chaude 	<ul style="list-style-type: none"> - La dynamique des vagues - La profondeur - L'éloignement du littoral - L'activité biologique 	<ul style="list-style-type: none"> - Une sédimentation terrigène (dans un ordre décroissant de la côte vers le large) - Sédimentation carbonatée (récif corallien. Débris et squelettes calcaire d'organismes plancton)
Le talus continental	<ul style="list-style-type: none"> - Zone sous-marine en pente, assurant la liaison entre le plateau continental et la plaine abyssale. - Profondeur comprise entre 4000 et 5000m - Absence de faune et de flore. 	<ul style="list-style-type: none"> - Les avalanches, le glissement de masse. - Les courants de turbidité ou la simple reptation (un glissement très lent de la masse sédimentaire). 	<ul style="list-style-type: none"> - Les sédiments plus grossiers sables graviers sont chenalisés dans les canyons sous-marins - Cônes de sédimentation énormes dans le glacis continental avec un granoclassement parfait
La plaine abyssale	<ul style="list-style-type: none"> - Partie plate de la zone abyssale océanique (grands fonds marins) de profondeur entre 5 000 et 6000 - Milieu très calme, obscure et riche en faune, et à température froide 	<ul style="list-style-type: none"> - Le courant océanique - Le vent - Le C.C.D 	<ul style="list-style-type: none"> - Particules terrigènes argileuses d'origine continentale en suspension - Poussières apportées par le vent - Sédiments carbonatés (squelettes d'organisme vivants et plancton)

Activité 8 : Conditions de sédimentation dans un milieu de sédimentation ancien (Cas du bassin des phosphates au Maroc)

Les réserves marocaines en phosphate (roches exogènes riches en P_2O_5) constituant l'une des ressources minières du Maroc, elles représentent près de 75% des réserves mondiales identifiées et se distinguent, en plus, par leur richesse exceptionnelle en phosphore

- Quels sont les conditions de sédimentation des bassins phosphatés du Maroc ?
- Comment peut-on reconstituer la paléogéographie des bassins phosphatés du Maroc ?

Doc. 1 : Répartition des gisements de phosphate au Maroc

Le Maroc contient 75% des réserves mondiales en phosphates. Il dispose de plusieurs gisements. La figure 1 montre la répartition des gisements phosphatés au Maroc et la figure 2 montre la répartition stratigraphique des phosphates à Khouribga

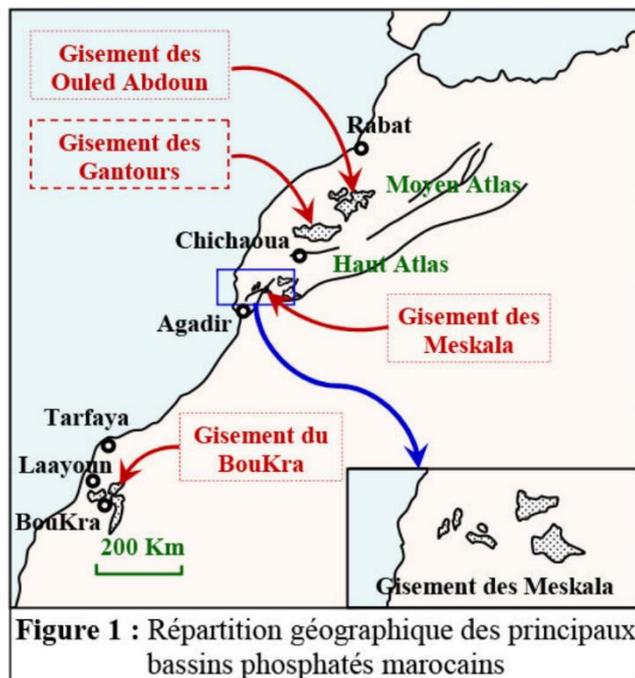


Figure 1 : Répartition géographique des principaux bassins phosphatés marocains

- 1- **Dégagez** les différents gisements de phosphate au Maroc et les caractéristiques stratigraphiques des dépôts phosphatés

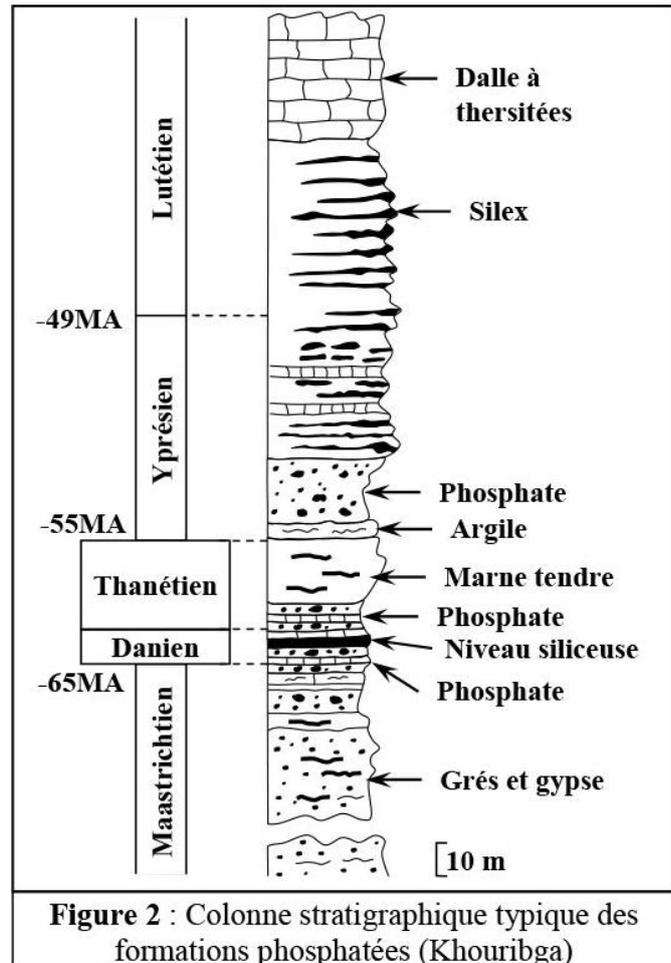


Figure 2 : Colonne stratigraphique typique des formations phosphatées (Khouribga)

- 1- Au Maroc, il existe 4 grands gisements :
- Gisement d'Ouled Abdoun à Khouribga, c'est le plus important
 - Gisement de Gantour, près de Youssoufia
 - Gisement de Meskala, région d'Essaouira
 - Gisement d'Oued Eddahab (Boukraa), sud de Laâyoune

Les roches de phosphate se déposent en couches horizontales de faible épaisseur, généralement en alternance avec des couches siliceuses, argileuses, marneuses, et calcaires. La formation des bassins de phosphate marocain s'étale du Maastrichtien (la fin du Crétacé) au Lutétien (Début du Tertiaire) durant une période de 15 millions d'années

Doc. 2 : Caractéristiques pétrographiques et paléontologiques des roches phosphatées

→ Caractéristiques pétrographiques

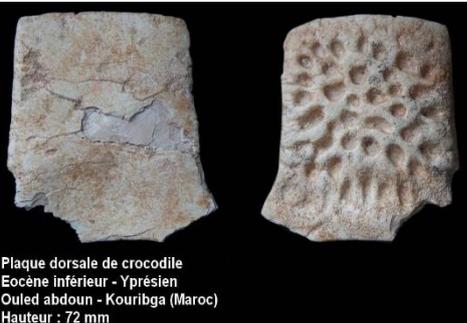
Les gisements des phosphates au Maroc présentent trois types essentiels de roches phosphatées (faciès phosphatés) :

Sable phosphaté	Calcaire phosphaté	Silex phosphaté
		

→ Caractéristiques paléontologiques

Les roches phosphatées se distinguent par leur diversité de composés paléontologiques (les fossiles)

Suite doc 2 : Caractéristiques pétrographiques et paléontologiques des R.P

 Ammonite fossile	 <small><i>Otodus obliquus</i> (AGASSIZ, 1843) Dent inférieure Eocène inférieur - Yprésien Kouribga (Maroc) Hauteur : 89 mm</small> Dent inférieure de requin	 <small>Plaque dorsale de crocodile Eocène inférieur - Yprésien Ouled abdoun - Kouribga (Maroc) Hauteur : 72 mm</small> Plaque dorsale de crocodile
---	--	--

2- Déterminer les différentes formes de roches phosphatées (caractéristiques pétrographiques) et leurs composition paléontologiques

2- On distingue trois types de roches phosphatées :

- Sable phosphaté : formé par des grains fins de formes variées comme la glauconie (silicate de fer hydraté) et contenant des foraminifères phosphates (Protozoaires marins), des oolithes phosphatés.
- Silex phosphaté : contenant un faible taux de phosphate et caractérisé par des couleurs très variées.
- Calcaire phosphaté : présents dans tous les gisements sous forme d'une roche compacte constituée de calcaire à ciment phosphaté

Ces roches phosphatées se caractérisent par leur richesse en fossiles littoral et pélagiques comme des ammonites, des dents des requins, etc...

Doc 3 : Conditions de sédimentation des roches phosphatées

Répartition des poissons fossiles en fonction du climat et de profondeur d'eau

Les milieux actuels Les poissons fossiles	Répartition en fonction la profondeur des eaux			Répartition en fonction du climat			
	Zone littorale	Zone pélagique	Zone néritique	Mers tropicales	Mers subtropicales tempérées et chaudes	Mers tempérées	Mers froides
Notidanus	+	+	-	+	+	-	-
Odontaspis	+	+	-	+	+	+	-
Lamna	+	+	-	+	+	+	-
Squalus	+	-	-	+	+	+	+
Carcharodon	+	+	-	+	+	-	-
Rhombodus	+	-	-	+	+	-	-
Galcorhinus	+	-	-	+	+	+	-

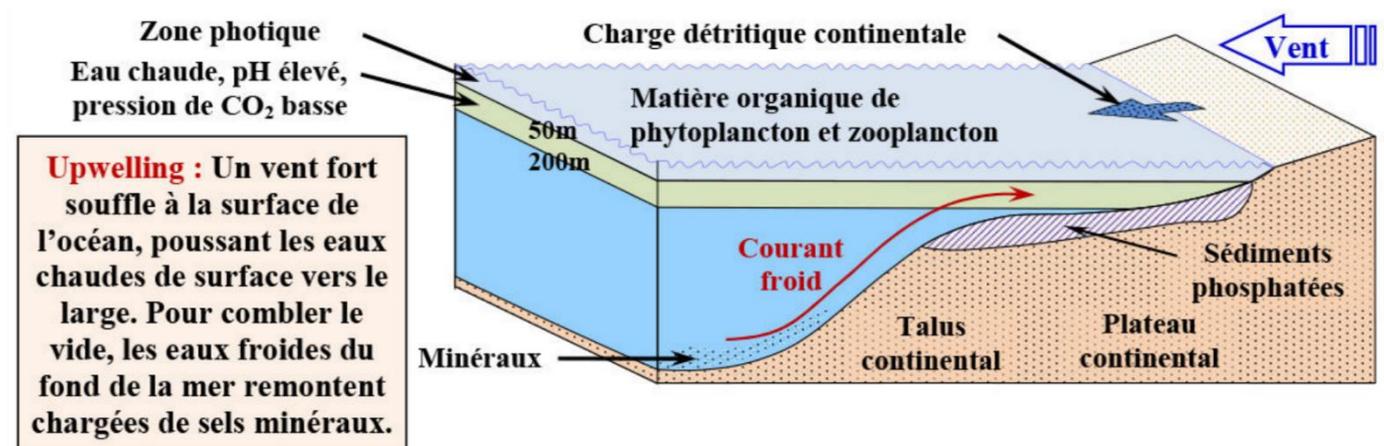
NB : La signe (+) indique la présence de poisson fossile

3- a- Que déduisez-vous à partir de ce tableau ?

Afin d'expliquer la formation des phosphates, plusieurs théories ont été émises :

- **Théorie abiolithique ou minérale (1952)** : les phosphates sont le résultat de précipitation des composés phosphatés directement de l'eau de mer
- **Théorie biolithique (1936)** : l'accumulation des phosphates est le fait d'êtres vivants par fixation du phosphore dans les squelettes des vertébrés ou par les algues.
- **Théorie de Kazakov (1937)** : La teneur en P₂O₅ de l'eau de mer augmente avec la profondeur, le minimum se trouve dans la zone de photosynthèse (Zone photique) où le phosphore est consommé et le maximum se trouve vers 500m. Selon cette théorie, le phosphore précipiterait chimiquement sur les bords du plateau continental, après y avoir été amené par des courants froids ascendants (**Upwelling**). Avec échauffement des eaux, il y a augmentation du pH et diminution de la pression partielle de CO₂, ce qui amène à une précipitation de CaCO₃ puis de phosphates

Suite Doc 3 : Conditions de sédimentation des roches phosphatées



b- à partir de l'analyse des données de ce document, déterminer les conditions de formation des roches phosphatées

- 3- a- on observe que les poissons fossiles présentes dans les roches phosphatées vivait dans les zones littorales et dans les mers tropicales et tempérées, donc on déduit que **Le phosphate est une roche sédimentaire marine qui est formée dans un milieu marin peu profond**

b- la sédimentation chimique des phosphates ne peut se produire dans les régions profondes ? là où la pression partielle du CO_2 est trop élevée, ni dans la zone de photosynthèse où le phosphore est consommé. C'est donc entre 50 et 200 mètres environ que la phosphorite précipitera. Pour cela il faut une communication facile avec la mer ouverte et des courants ascendants.

Le phosphate qui précipitait chimiquement sur les bords du plateau continental, après y avoir été amené par des courants froids ascendants (Upwellings). Avec échauffement des eaux, il y a augmentation du pH et diminution de la pression partielle en CO_2 , ce qui amène une précipitation du $CaCO_3$ puis des phosphates

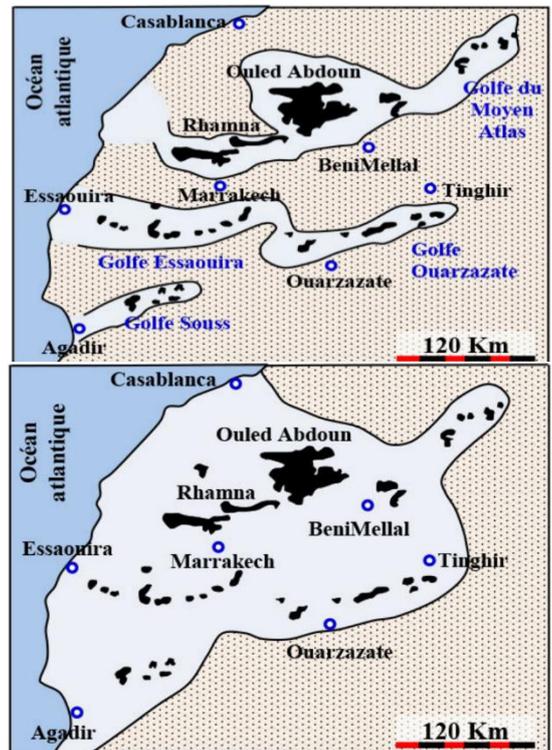
Doc 4 : Reconstitution de paléogéographique des bassins de phosphate Marocains

Pour expliquer la genèse des phosphates au Maroc, deux théories ont été abordé :

→ **Boujo (1976) et Salvin (1960)** : Propose un système de golfes en provenance de l'océan Atlantique séparé, y compris le Golfe du nord dans laquelle le dépôt du phosphate de Oulad Abdoun

→ **Trappe (1989) et Herbig (1986)** : Propose une extension Marine reliée à l'océan Atlantique et passe par le centre et l'ouest du Maroc. Pour la répartition des gisements de phosphate dans ce cas, elle peut être expliqué par la présence de fonds faibles à conditions favorable de dépôt et d'autres hauts qui ne favorisait pas le dépôt.

4- En exploitant les données de ce document, **discuter** la reconstitution la paléogéographie de bassins de phosphate marocains



4- Deux théories sont proposées pour reconstituer la paléogéographie des bassins phosphatés au Maroc :

- Boujo et Salvin : la mer des phosphates était sous forme de golfes de faible profondeur en liaison avec l'océan Atlantique
- Trappe et Herbig, proposent que le centre et l'ouest marocains étaient submergés par une mer épicontinentale en liaison avec l'océan Atlantique.