



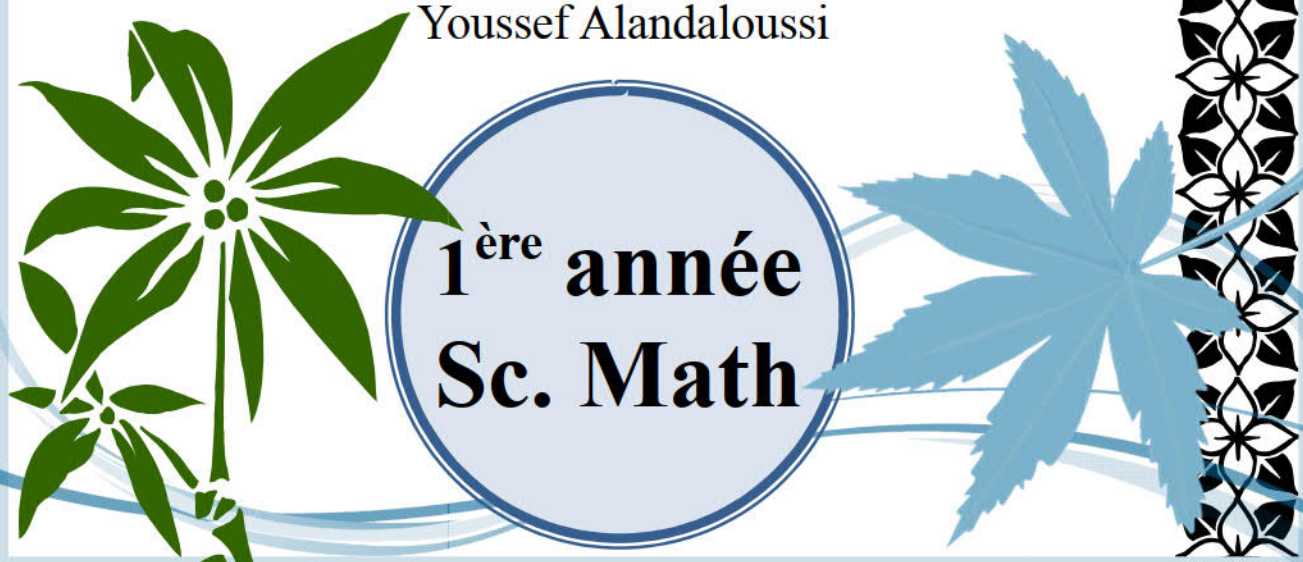
# sciences de la vie et de la terre

**1<sup>ère</sup> année du Baccalauréat Sc. Math**

**Partie  
1**

---

Réalisation:  
Youssef Alandaloussi

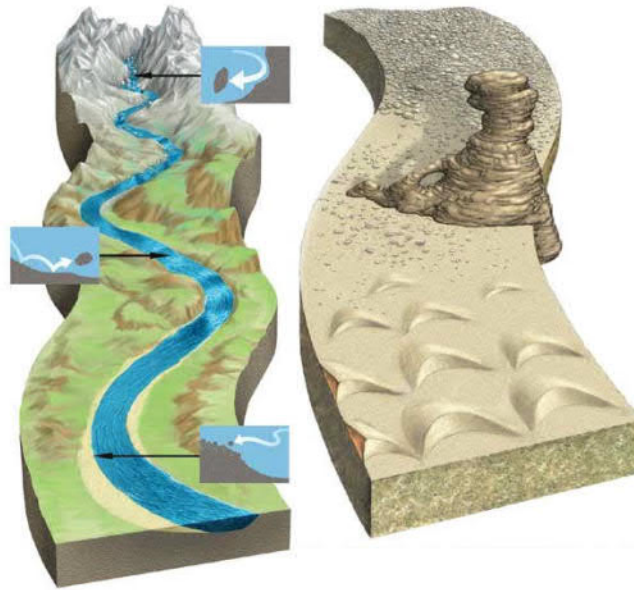


**1<sup>ère</sup> année  
Sc. Math**

# Unité 1:

## Phénomènes géologiques externes

### INTRODUCTION



La géodynamique externe étudie la structure et l'évolution des enveloppes externes de la Terre. Son domaine englobe tous les phénomènes dissipant une énergie qui provient, plus ou moins directement, du rayonnement solaire. L'enveloppe superficielle solide de la Terre : la lithosphère, est entourée de plusieurs enveloppes fluides. L'hydrosphère (Enveloppe liquide) et l'atmosphère (Enveloppe gazeuse). Ce sont des enveloppes dynamiques déterminant l'évolution de l'aspect extérieur de la croûte.

Les roches sédimentaires forment le gros morceau de la croûte terrestre. Elles résultent du transport suivi d'une sédimentation de particules issues de l'érosion, lesquelles, très lentement, se transforment en roche (diagenèse). Elles évoluent donc avec le temps et permettent ainsi aux géologues, grâce à divers indices, de reconstituer l'histoire des paysages.

- **Comment réaliser la carte paléogéographique d'une région ?**
- **Quels sont les principes et les méthodes adoptées pour récupérer l'histoire géologique d'une région Sédimentaires ?**



# Chapitre 1:

## Réalisation de la carte paléogéographique d'une région

### INTRODUCTION:

Un sédiment est le résultat d'une histoire complexe dans laquelle interviennent de multiples facteurs (Altération, transport, dépôt).

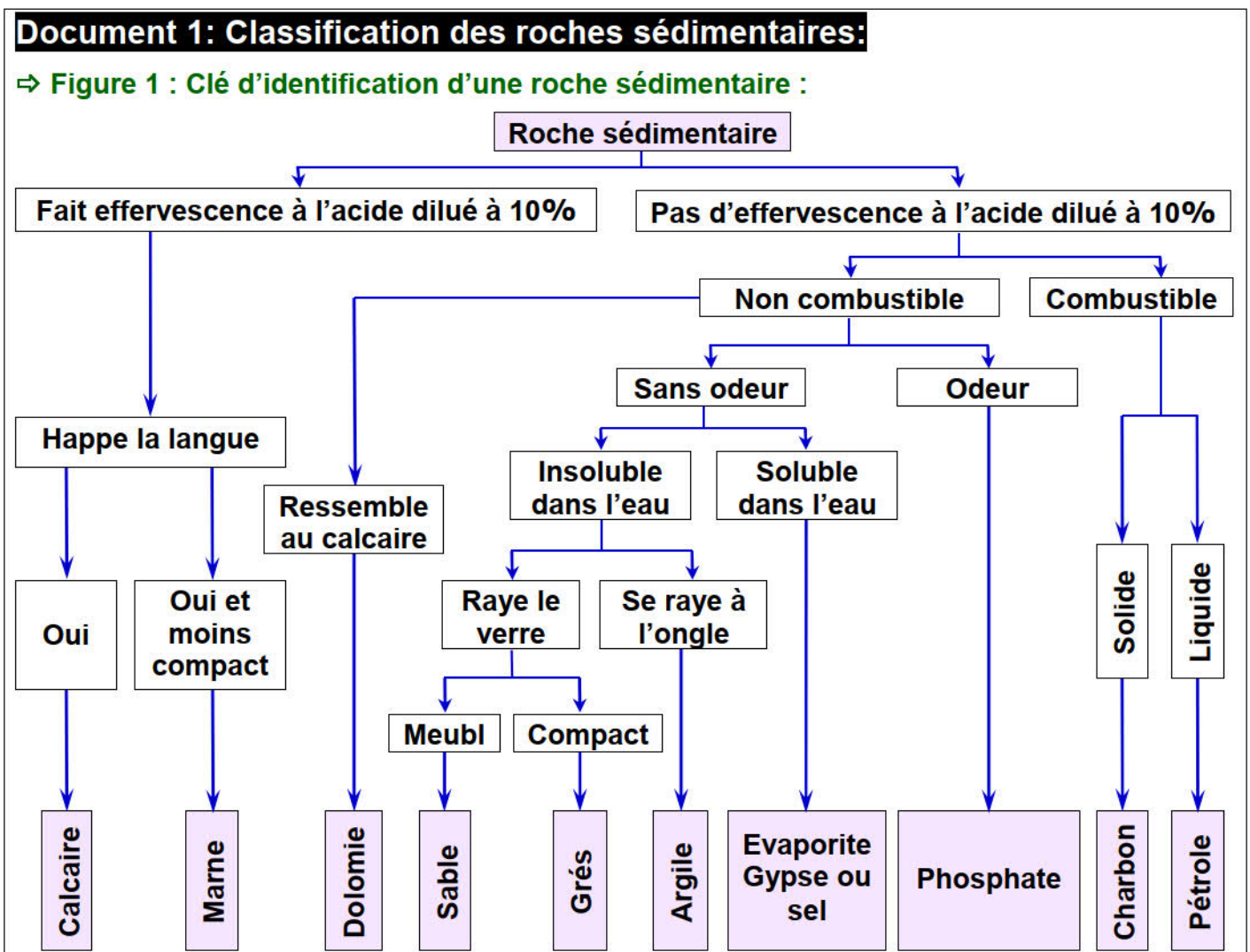
Les observations faites dans les milieux actuels, transposées aux phénomènes du passé, permettent de reconstituer certains éléments des paysages anciens (Principe d'actualisme).

Les roches sédimentaires sont donc des archives des paysages anciens.

- Quelles sont les propriétés des roches sédimentaires adoptées pour reconstituer les milieux sédimentaires ?
- Comment exploiter les propriétés de ces roches pour déterminer les conditions de dépôt et connaître la nature et les limites des anciens bassins sédimentaires ?

### I – Classification des roches sédimentaires:

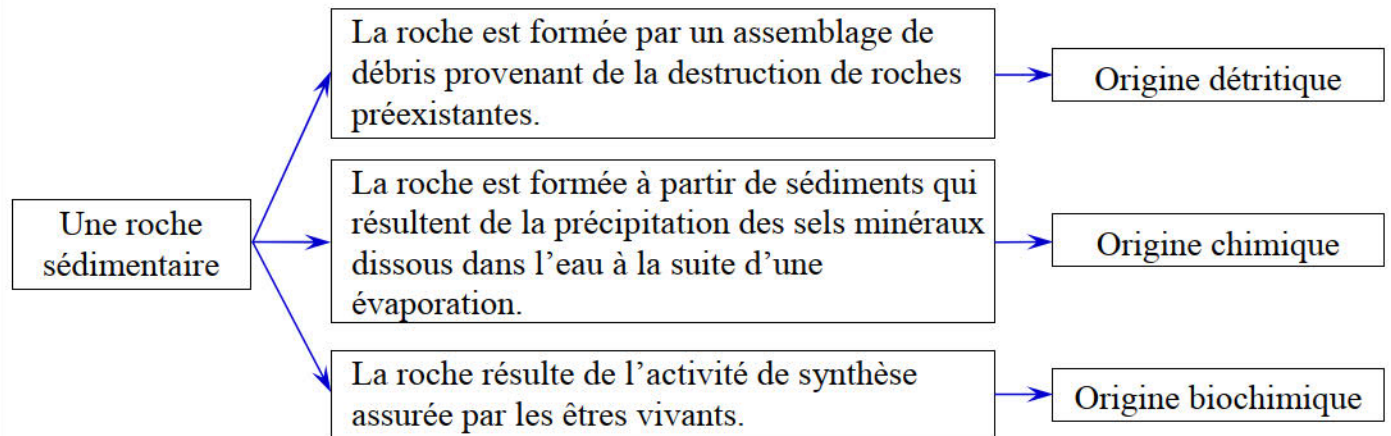
Une roche sédimentaire se forme à la surface du globe terrestre dans un bassin sédimentaire marin ou continental : c'est une roche exogène. Le document 1 présente les indices permettant d'identifier les roches sédimentaires. (Voir le document 1)



## Document 1 (Suite): Classification des roches sédimentaires :

⇒ **Figures 2 : Classification des roches sédimentaires :**

❶ **Classification selon l'origine des éléments qui les constituent :**



❷ **Classification simplifiée des roches détritiques:**

| Nom de la particule    | Taille de la particule | Nom du sédiment | Nom de la roche solide   | classe            |
|------------------------|------------------------|-----------------|--|-------------------|
| <b>Blocs</b>           | > 256 mm               | Graviers        | Conglomérats (Poudingues si les particules sont arrondies, si non c'est des brèches) | Rudites           |
| <b>Gros cailloux</b>   | 64-256 mm              |                 |  |                   |
| <b>Petits cailloux</b> | 2-64 mm                |                 |  |                   |
| <b>Sable</b>           | 1/16-2mm               | Sables          | Grès   | Arénites          |
| <b>Silt</b>            | 1/256-1/16mm           | silts           | Siltites   | Lutites (pélites) |
| <b>argile</b>          | < 1/256 mm             | argiles         | argiles  |                   |

❸ **Classification selon leur composition chimique:**

| Composition chimique               | Classe de roche | Exemple de roche         |
|------------------------------------|-----------------|--------------------------|
| <b>Silice</b>                      | Siliceuse       | Le silex                 |
| <b>Silicate d'alumine</b>          | Argileuse       | L'argile                 |
| <b>Carbonate de calcium</b>        | Carbonatée      | Calcaire, marne, dolomie |
| <b>Phosphate de calcium</b>        | Phosphatée      | Le phosphate             |
| <b>Matière organique</b>           | Carbonée        | L'anthracite             |
| <b>Chlorure, potassium, sodium</b> | Evaporitique    | Le sel                   |

En se basant sur les données de ce document et vos connaissances, dégager les critères de classification des roches détritiques.

Selon l'origine et la composition des roches sédimentaires on peut établir un classement assez précis :

★ **Roches chimiques et biochimiques :** elles sont le produit, de phénomènes physico-chimique ou d'une activité biochimique.

⇒ **Roches d'origines chimiques :** formées par des dépôts minéralogiques.

- Les roches carbonatées : ce sont les dépôts formés généralement par précipitation.
- Les roches siliceuses
- Les évaporites : roches salines provenant d'un lessivage continental ou d'une évaporation lagunaire.

⇒ **Roches biochimiques :** sont formées par accumulation de squelettes, de tests ou de constructions d'êtres vivants



- Calcaires d'accumulation
- Calcaires construits ou récifaux : Ils sont formés par l'accumulation, quasiment sur place, des squelettes des organismes constituant les récifs coralliens.
- Roches siliceuses : radiolarites (eaux tempérées), spongolites (spicules d'éponges), diatomites (eaux froides).

★ **Roches détritiques** : elles sont formées de particules minérales issues de l'altération de roches préexistantes.

- Rudites : Ces roches possèdent une majorité de particules dont le diamètre est supérieur à 2 mm
- Arénites : Grains, minéraux compris entre 50 µm et 2 mm
- Pélites ou lutites : Essentiellement siliceuses, les grains font moins de 50 µm. Les minéraux sont généralement des argiles, des micas, des quartzs, de la calcite.

★ **Roches d'origine organique** : elles sont le produit, d'une activité organique

- Charbons : Accumulation de débris végétaux qui sous l'action de micro-organismes anaérobies s'enrichissent en carbone (destruction de cellulose).
- Pétroles : Après l'accumulation de débris organiques en milieu aquatique plus ou moins confiné, il y a transformation des lipides et protéines en hydrocarbures par des micro-organismes.
- Bitumes : Il s'agit d'une forme plus ou moins solide d'hydrocarbure, liée soit à des calcaires soit à des schistes. Ces hydrocarbures peuvent, après traitement, fournir du pétrole exploitable.

## II – Etudes statistiques et morphoscopiques des sédiments:

### ① Les figures sédimentaires : (Voir le document 2)

#### Document 2: Les figures sédimentaires:

Le document présente des photos de quelques figures sédimentaires



**Figure 1: Rides actuelles (Ripple-marks).**



**Figure 2: Rides anciennes (ripple-marks) (-200Ma).**



**Figure 3: Fentes de dessiccation (Mud-cracks)**

Le document présente des photos de quelques figures sédimentaires :



**Figure 4: Fentes de dessiccation anciennes**



**Figure 5: stratification entre-croisée (Cross-bedding)**



**Figure 6: Terriers à la surface d'un banc.**

Décrivez les différentes formes sédimentaires et montrez leurs intérêts dans la connaissance des dynamiques des milieux sédimentaires



Les figures sédimentaires sont des structures qui s'observent sur les roches sédimentaires.

- ★ Les rides (Ripple marks), sont liées à l'écoulement d'un fluide (Eau ou vent) sur les sédiments détritiques.
- ★ Les fentes de dessiccation sont des fissures s'ouvrant dans un sédiment fin qui se dessèche. Elles marquent dans un sédiment ancien une période d'émersion et un climat aride.
- ★ La stratification entrecroisée est une organisation litée avec des fines couches obliques par rapport aux joints de stratification. Les couches les plus jeunes recoupent les plus anciennes. Cette stratification entrecroisée apparaît dans des zones où les conditions hydrauliques varient lors de la sédimentation, comme les rivières (alternance de crues et décrues).
- ★ Les terriers (Abri souterrain creusé par un animal dans la terre) : Par leur activité, les êtres vivants peuvent perturber la surface du sédiment laissant des traces qui peuvent être fossilisées (Empreintes de pas de dinosaures). Ces traces constituent des indicateurs de l'activité des organismes lors de la sédimentation (Indicateurs d'environnement).

Les figures sédimentaires peuvent donc constituer un important indicateur des conditions qui dominaient dans des milieux sédimentaires anciens.

## ② Dynamique et agents de transport des sédiments :

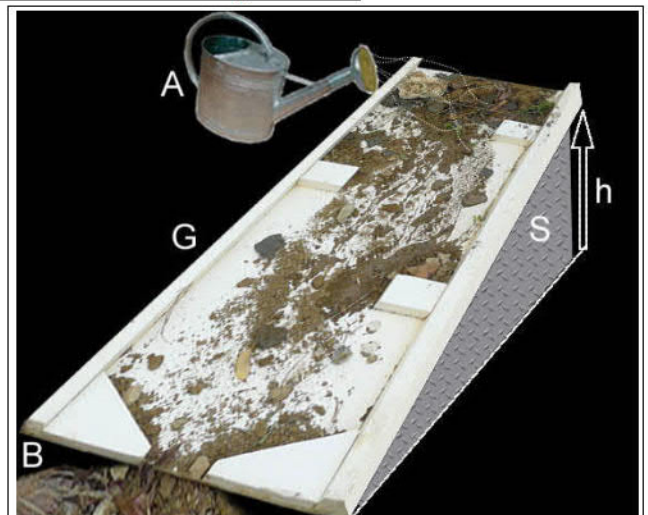
**Le transport des sédiments est assuré par les agents de transport, comme l'eau, le vent, la pesanteur, les glaciers... L'importance de ces agents varie d'une région à l'autre et d'une période à une autre.**

### a) Relation entre le courant et les particules transportées

⇒ **Manipulation : (Voir document 3)**

#### Document 3: Relation entre le courant et les particules transportées:

On dépose dans la partie supérieure de la gouttière (G), un mélange de 500g de sable, 500g de graviers et 500g de cailloux. On verse sur ces éléments une quantité d'eau par l'arrosoir (A). Le bassin (B) sous le bord inférieur de la gouttière, reçoit les éléments transportés par l'eau. Le tableau résume les résultats de deux manipulations effectués pendant la même durée, avec l'utilisation d'un support (S) de hauteur (h) respectivement 30cm et 50 cm.



- 1) A partir de l'analyse des résultats de ces manipulations, déterminer la relation qui lie la hauteur (h) et la vitesse du courant dans la gouttière, la vitesse du courant et la quantité de matière transportée, la vitesse du courant et la taille des éléments transportés.
- 2) Faite le lien entre le modèle expérimental et la pente de la vallée dans la nature.

|                 | h = 30cm   | h = 50cm   |
|-----------------|------------|------------|
| <b>Sable</b>    | <b>344</b> | <b>484</b> |
| <b>Graviers</b> | <b>28</b>  | <b>185</b> |
| <b>cailloux</b> | <b>0</b>   | <b>46</b>  |
| <b>total</b>    | <b>372</b> | <b>705</b> |

- 1) A partir de l'analyse des résultats des manipulations, on peut dire que:



- ★ Plus la valeur de la hauteur (h) du support (S) augmente, plus la vitesse du courant d'eau dans la gouttière augmente.
- ★ Plus la vitesse du courant augmente, plus la quantité de matière transportée augmente.
- ★ Plus la vitesse du courant augmente, plus la taille des éléments transportés augmente.

2) Nous concluons donc que le transfert d'éléments sédimentaires est le résultat de deux forces:

- ★ La puissance du jet d'eau liée au débit du liquide et à la pente.
- ★ La force du poids des éléments mobiles (gravité), liée aussi à la pente.

Le débit et la vitesse sont les principaux facteurs qui déterminent l'énergie à développer par un courant d'eau et de là son pouvoir érosif. La formule suivante explique cette relation:

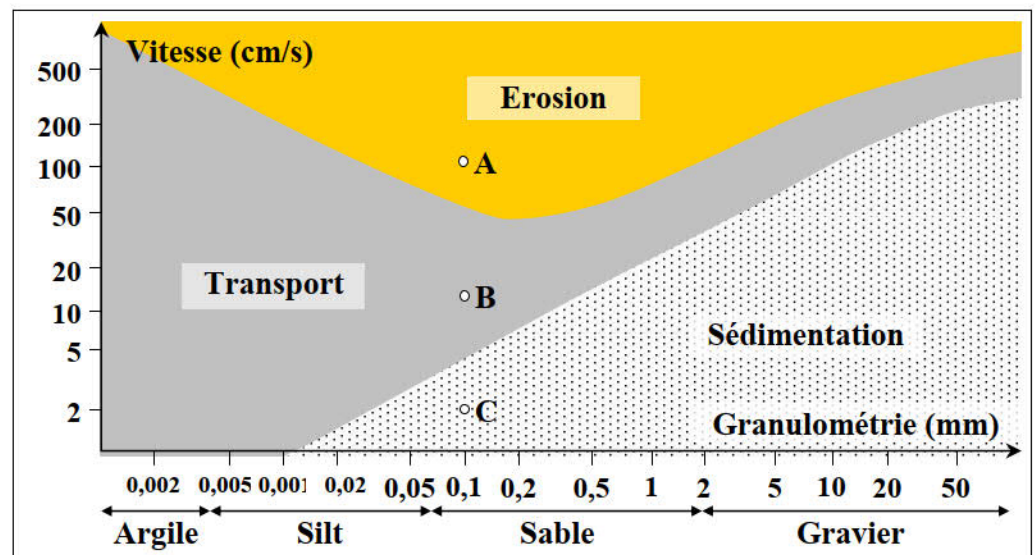
$$E = \frac{1}{2} \cdot M \cdot V^2 \quad (E = \text{L'énergie motrice}, M = \text{La masse en mouvement}, V = \text{La vitesse de la masse en mouvement})$$

⇒ **Relation entre la vitesse du courant et la taille des éléments transportés:**  
(Voir document 4)

#### Document 4: Diagramme de Hjulström :

Le diagramme de Hjulström permet de relier la vitesse d'un courant à son action sur des matériaux de granulométrie variée.

Le fond d'un chenal est tapissé de particules dont les diamètres sont connus et on observe leur comportement lorsque la vitesse du courant varie.



- 1) A partir de l'analyse du diagramme de Hjulström, indiquer l'attitude des particules de 0,1mm de diamètre, en A, B et C.
- 2) Pour un courant de vitesse égale à 100 cm/s, quel est le diamètre maximal des particules qui peuvent être transportées?

1) Pour les particules de 0,1mm:

- ★ En A: la vitesse de l'eau est élevée (100cm/s). L'eau circulant à une grande vitesse va séparer les particules et les transporter vers l'aval du chenal (il y a érosion).
- ★ En B: la vitesse est plus faible (14cm/s). L'eau transporte ces particules si ces dernières sont dissociées, par contre, elle ne pourra pas les arracher du fond du chenal où la cohésion des particules est suffisamment importante (il y a exclusivement transport).
- ★ En C: la vitesse du courant est très faible (2cm/s). Les particules qui arrivent dans le chenal se déposent sur place (il y a sédimentation).

2) Pour un courant de vitesse égale à 100 cm/s, le diamètre maximal des particules qui peuvent être transportées est 10 mm.

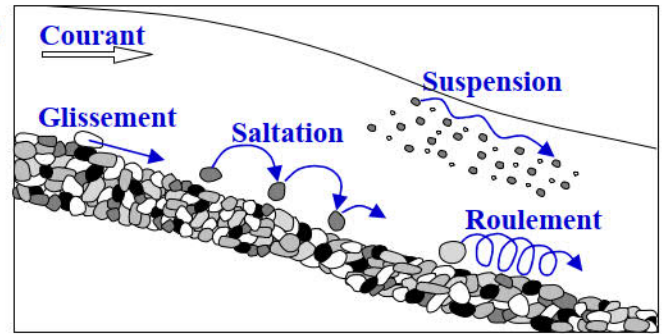


## b) Modes de transport des particules dans un courant : (Voir document 5)

### Document 5: Modes de transport des particules dans un courant:

La vitesse du courant d'eau augmente du fond vers la surface, ce qui constitue un gradient de vitesse. Le dessin ci contre présente les différentes modalités de transport des sédiments par un courant d'eau.

En exploitant les données de ce document, décrire les différentes modes de transport des sédiments par les courants d'eau.



Dans les cours d'eau, les mouvements des sédiments sont variables dans le temps et dans l'espace. Pour un même écoulement liquide, ces mouvements dépendent de la taille et de la densité des particules.

Plusieurs modes de transport ont été observés:

#### ⇒ Transport par suspension

La charge en suspension est constituée par des matériaux dont la taille et la densité leur permettent, dans des conditions d'écoulement déterminées, de se déplacer sans toucher le fond du lit. Le transport en suspension est en général constitué de matériaux fins, argiles et colloïdes et quelquefois de limons.

#### ⇒ Transport sur le fond:

La charge de fond est formée de matériaux trop grossiers pour être mis en suspension à cause de leur densité et de la vitesse du courant. Ces particules glissent, roulent ou se déplacent par saltation (transport par bonds, suite à des chocs successifs) sur le fond du chenal.

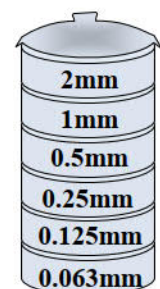
### ③ Etude granulométrique des sédiments:

#### a) Analyse granulométrique du sable : (Voir document 6)

### Document 6: Analyse granulométrique du sable:

L'analyse granulométrique nécessite l'utilisation d'une série de tamis emboîtés les uns sur les autres dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Les étapes sont :

- Prendre un échantillon de sable ;
- Dans un tamis de 0.063mm de diamètre de mailles, 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 l'eau oxygénée pour éliminer la matière organique ;
- Rincer le sable et le sécher ;
- Déposer une quantité de 100g de chaque échantillon de sable dans une colonne de tamis ;
- Mettre à vibrer la colonne sur la tamiseuse pendant 15mn ;
- Peser les fractions retenues par les tamis successifs (Refus).



**Réaliser la manipulation décrite par ce document et déterminer le pourcentage de chaque fraction.**



## b) Exploitation des résultats:

L'analyse granulométrique consiste à étudier la distribution dimensionnelle des différents grains d'un échantillon de sable sec (granulat), en fonction de la taille (diamètre). Cette analyse se fait par tamisage.

Pour exploiter les résultats de l'analyse granulométriques, on suit les étapes suivantes:

### ⇒ Etape1: Calcul des pourcentages de refus et de refus cumulés:

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

- On pèse le refus du tamis ayant la plus grande maille: soit  $R_1$  la masse de ce refus.
- On poursuit la même opération avec tous les tamis de la colonne pour obtenir les masses des différents refus.
- Les masses des différents refus cumulés  $R_i$  sont rapportées à la masse totale de l'échantillon  $m_1$ .
- Les pourcentages de refus et de refus cumulés pour chaque tamis seront déduits.

| Classe Granulométrique<br>(Diamètre des particules) | $\emptyset > 2$ | $2 \geq \emptyset > 1$ | $1 \geq \emptyset > 1/2$<br>[1-0.5 [ | $1/2 \geq \emptyset > 1/4$<br>[0.5-0.25 [ | $1/4 \geq \emptyset > 1/8$<br>[0.25-0.125[ | $1/8 \geq \emptyset > 1/16$<br>[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                                  | a+b+c+d+e+f                                  |

### ⇒ Etape 2: représentation graphique des résultats: (Voir document 7)

#### Document 7: Représentation des résultats de l'analyse granulométriques:

Les résultats de l'analyse granulométrique sont représentés graphiquement par un histogramme et une courbe de fréquence.

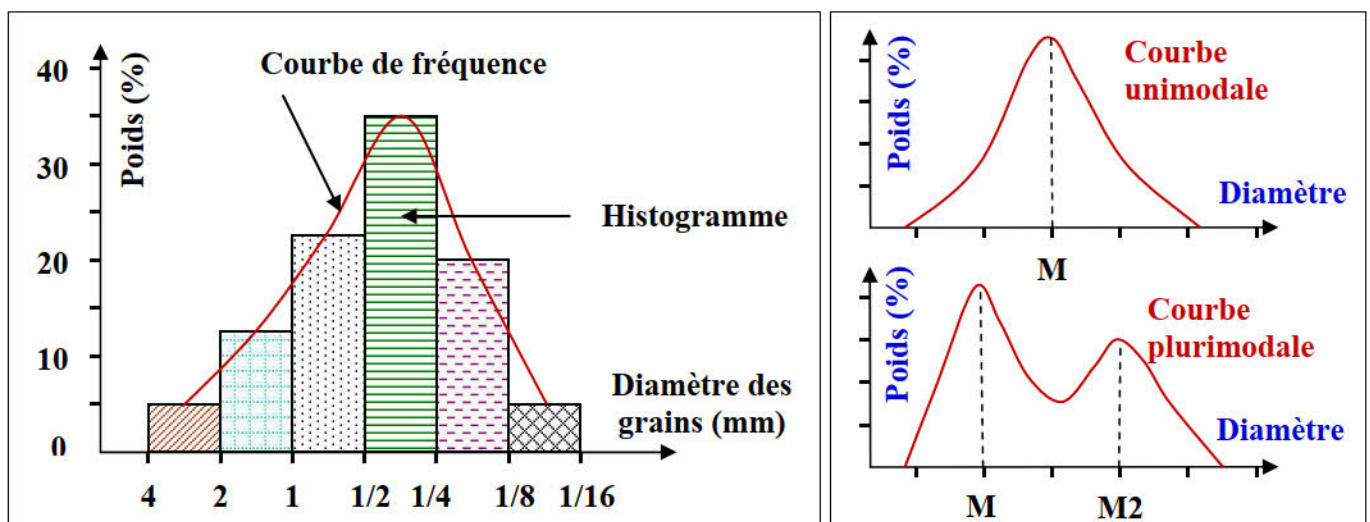


Figure 1 : Histogramme et courbe de fréquence

A partir de l'analyse de la courbe de fréquence on déduit que:

- ✓ Si la courbe de fréquence est unimodale (Un seul pic), le sable est homogène (Plage, éolien ou fluvial).
- ✓ Si la courbe de fréquence est plurimodale (Deux ou plusieurs pics), le sable est hétérogène (mélange de plusieurs sables).

## Document 7: Suite:

A fin de caractériser les sables analysés, on trace une courbe cumulative du poids de diverses fractions en additionnant successivement les fractions obtenues.

La courbe des fréquences cumulées croissantes nous permet de retrouver les quartiles  $Q_1$  et  $Q_2$  et la médiane  $Md$ .

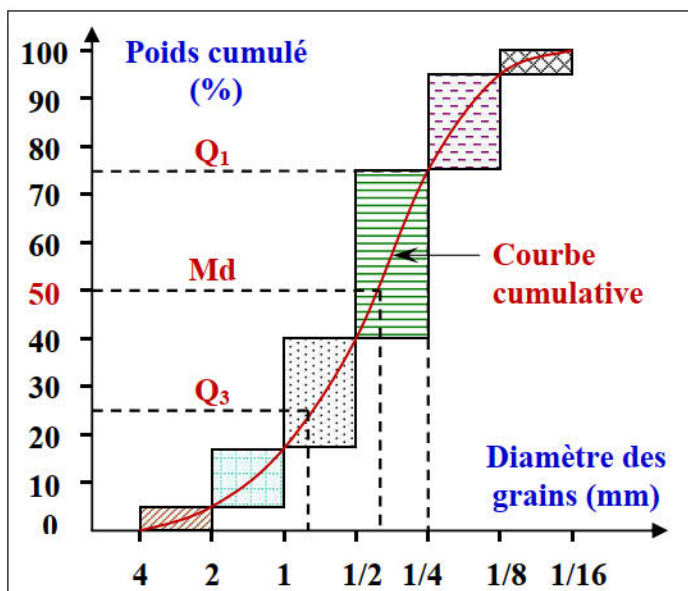


Figure 2 : Diagramme et courbe cumulative.

Pour représenter les distributions granulométriques, on porte les divers pourcentages des refus et de refus cumulés sur un papier millimétré et on réalise :

- Des histogrammes ou diagrammes à colonnes: (Figure 1, document 7)

Ils sont formés de rectangles jointifs dont les bases respectives représentent les intervalles de classes sur une échelle logarithmique et dont les hauteurs correspondent aux fréquences des différentes classes, sur une échelle arithmétique.

- Des courbes cumulatives: (Figure 2, document 7)

Elles représentent les variations des pourcentages en poids cumulés des sédiments sur une échelle arithmétique en fonction de diamètre des grains sur une échelle logarithmique.

### ⇒ Etape 3: Interprétation des résultats:

#### ★ Courbe de fréquence :

- Si la courbe de fréquence est unimodale, cela signifie que le sable étudié est homogène et on peut dire par la suite que les sédiments n'ont pas subi de remaniement liés au courant (courant stable).
- Si la courbe de fréquence est multimodale, cela signifie que le sable étudié est hétérogène ; on peut penser que les sédiments ont été remaniés et que la force du courant n'est pas constante (vagues de marées).

#### ★ Courbe cumulative :

La courbe cumulative permet de retrouver les quartiles :

- $Q_1$  qui est la valeur du diamètre des grains correspondant à l'ordonnée 75% des fréquences cumulées.
- $Md$  (Médiane) qui est la valeur du diamètre des grains correspondant à l'ordonnée 50% des fréquences cumulées.
- $Q_2$  qui est la valeur du diamètre des grains correspondant à l'ordonnée 25% des fréquences cumulées.



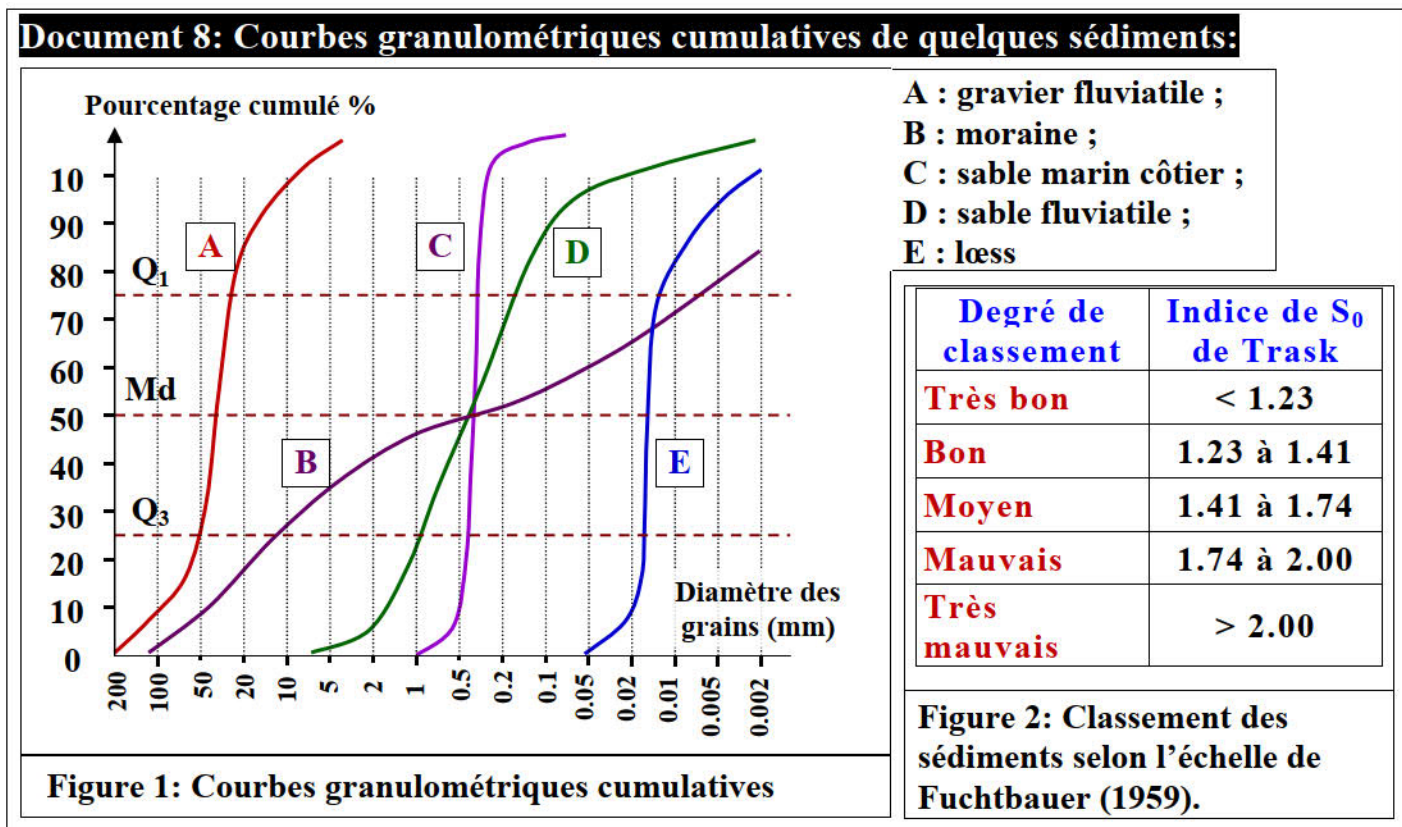
La courbe cumulative permet de calculer l'indice de classement de Trask  $S_0$  :

$$S_0 = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$$

**Exemple :** à partir de la figure 2 du document 7 :

$Q_1 = 0.25$ ,  $Q_3 = 0.8$  donc  $S_0 = \sqrt{0.8/0.25} = 1.79$

L'indice de classement de Trask  $S_0$  permet de déterminer le type de classement qui caractérise le sédiment étudié et déduire l'environnement de dépôt, en utilisant l'échelle de Fuchtbauer (1959), (Voir document 8).



$1.74 < S_0 < 2 \Rightarrow$  d'après l'échelle de Fuchtbauer, ce sédiment présente un mauvais classement, ce qui caractérise le sable fluviatile.

### c) Conclusion:

Les études morphoscopiques et statistiques des sédiments contribuent à la reconstitution de l'itinéraire évolutif probable de ces sédiments, et permettent la reconstitution de la paléogéographie du milieu sédimentaire.

### d) Exercices:

$\Rightarrow$  **Exercice 1:** (Voir document 9)

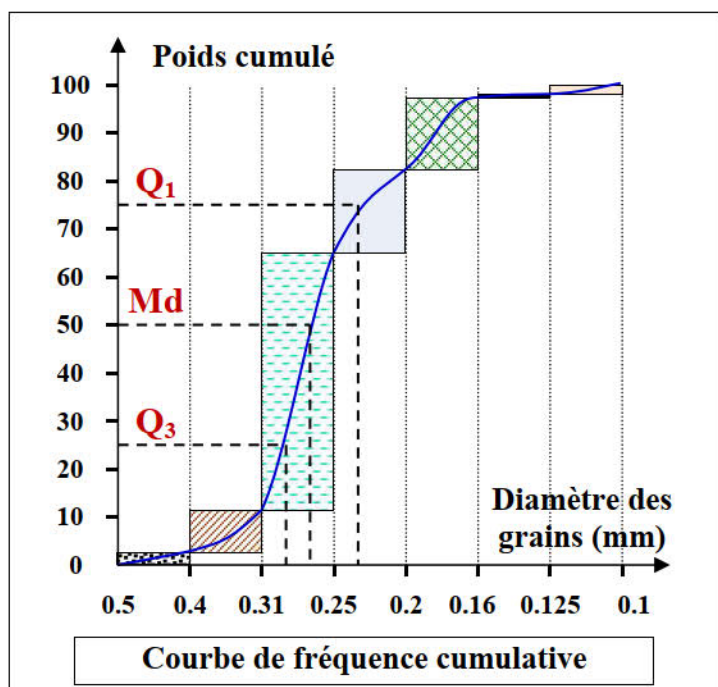
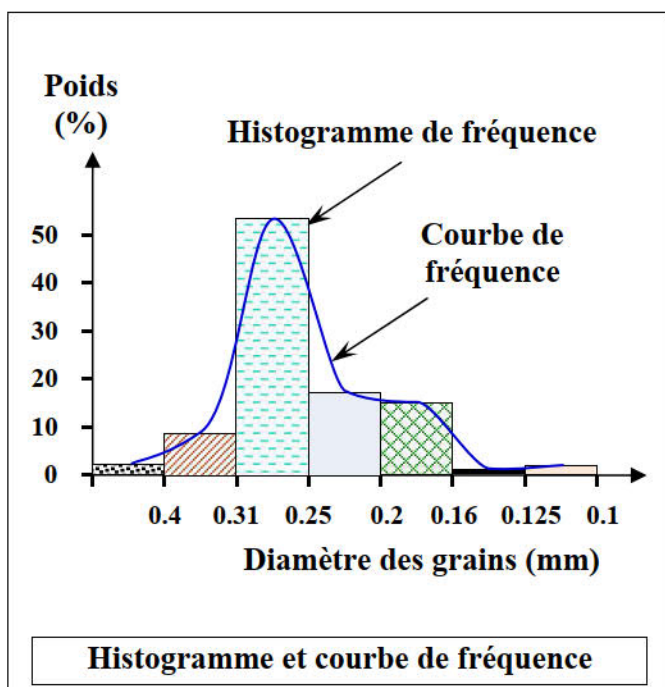
## Document 9: Exercice 1:

Le tamisage d'un échantillon de sables anciens a donné les résultats indiqués dans le tableau suivant :

| N° du tamis          | 1    | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7    |
|----------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Diamètre des mailles | 0.4  | 0.31  | 0.25  | 0.20  | 0.16  | 0.125 | 0.1  |
| Refus                | 0.6  | 12.8  | 69.8  | 23.8  | 20.9  | 0.3   | 0.4  |
| Pourcentage          | 0.47 | 9.95  | 54.28 | 18.51 | 16.25 | 0.23  | 0.31 |
| Pourcentage cumulé   | 0.47 | 10.42 | 64.7  | 83.21 | 99.46 | 99.69 | 100  |

- 1) Complétez le tableau puis construire sur le même graphique, l'histogramme et la courbe de fréquence. En utilisant les données du tableau, tracer la courbe cumulative
- 2) Retrouver les quartiles  $Q_1$ ,  $Md$  et  $Q_3$  puis calculer l'indice de Trask  $S_0$ .
- 3) Quelle conclusion peut-on tirer sur le classement de cet échantillon de sable ?

- 1) Calcule du pourcentage des refus : voir tableau sur le document ;  
 Construisons l'histogramme, la courbe de fréquence et la courbe cumulative:



2)  $Q_1 = 0.23$  ;  $Md = 0.26$  ;  $Q_3 = 0.27$  ; L'indice de Trask  $S_0 = \sqrt{0.27/0.23} = 1.08$

3)  $S_0 < 1.23 \Rightarrow$  d'après l'échelle de Fuchtbauer, ce sédiment très bien classé.

$\Rightarrow$  **Exercice 2:** (Voir document 10)



## Document 10: Exercice 2:

Le tableau suivant présente les résultats granulométriques de trois échantillons de 100g de sable :  $E_1$ ,  $E_2$  et  $E_3$ , prélevés de trois milieux sédimentaires différents:

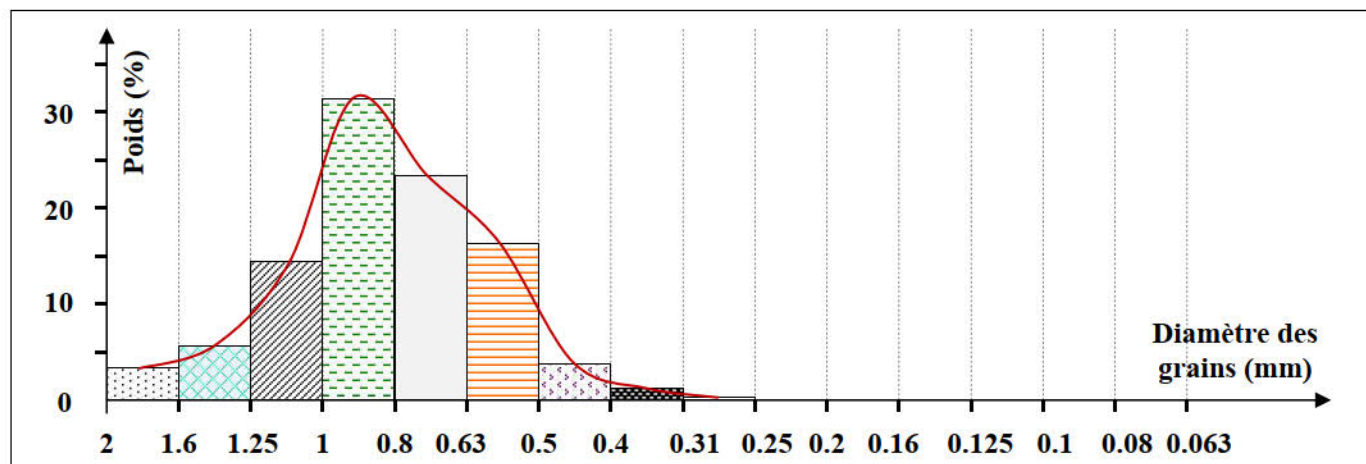
| Diamètre (mm) | 2 | 1.6 | 1.25 | 1    | 0.8  | 0.63 | 0.5  | 0.4  | 0.31 | 0.25 | 0.2  | 0.16 | 0.125 | 0.1  | 0.08 | 0.063 |
|---------------|---|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|
| $E_1$         | 0 | 3.4 | 5.7  | 14.5 | 31.4 | 23.4 | 16.3 | 3.8  | 1.2  | 0.3  | 0    | 0    | 0     | 0    | 0    | 0     |
| % cumulé      | 0 | 3.4 | 9.1  | 23.6 | 55   | 78.4 | 94.7 | 98.5 | 99.7 | 100  | 100  | 100  | 100   | 100  | 100  | 100   |
| $E_2$         | 0 | 4   | 9.3  | 11.6 | 5    | 4.7  | 8    | 9.3  | 11.4 | 14   | 10   | 6.5  | 3.2   | 2.5  | 0.5  | 0     |
| % cumulé      | 0 | 4   | 13.3 | 24.9 | 29.9 | 34.6 | 42.6 | 51.9 | 63.3 | 77.3 | 87.3 | 93.8 | 97    | 99.5 | 100  | 100   |
| $E_3$         | 0 | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.4  | 1.2  | 5.1  | 26.1 | 47.4 | 12.1 | 5.6   | 1.5  | 0.6  | 0     |
| % cumulé      | 0 | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.4  | 1.6  | 6.7  | 32.8 | 80.2 | 92.3 | 97.9  | 99.4 | 100  | 100   |

- 1) Complétez le tableau puis construisez l'histogramme et la courbe de fréquence. Pour chaque type de sable.
- 2) En utilisant les données du tableau, tracer sur le même graphique les courbes cumulatives des trois types de sable.
- 3) A partir des représentations graphiques précédentes, Quelle conclusion peut-on tirer sur le classement de ces trois types d'échantillon de sable?

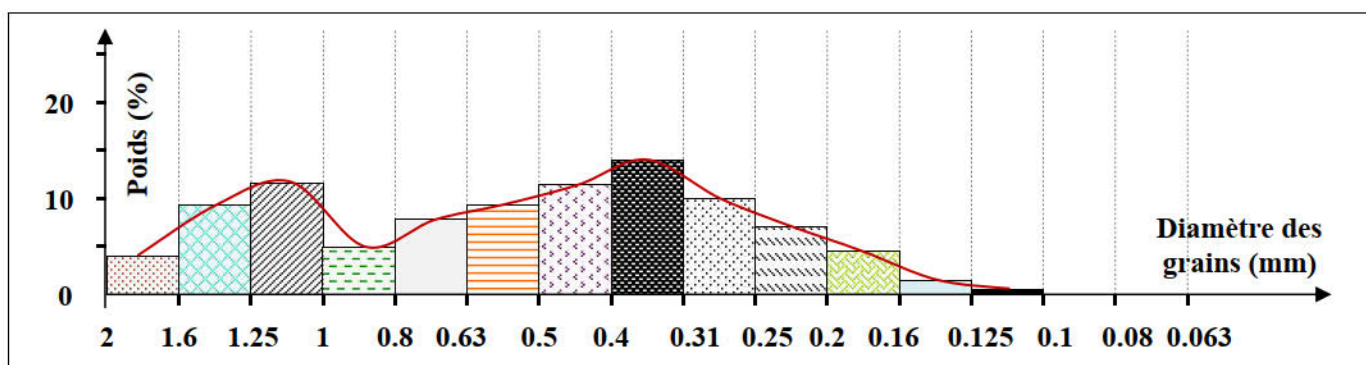
1) Complétons le tableau : (Voir tableau document 10)

Construisons l'histogramme et la courbe de fréquence des trois types de sable:

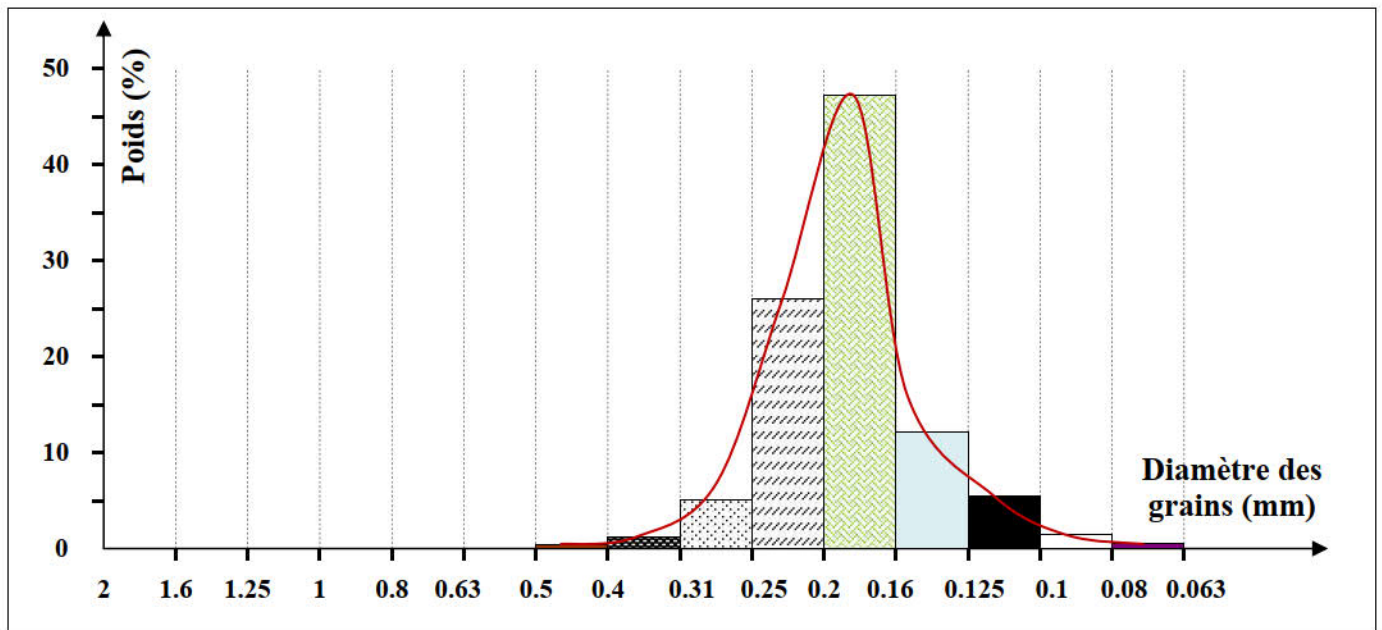
### ★ L'échantillon $E_1$ :



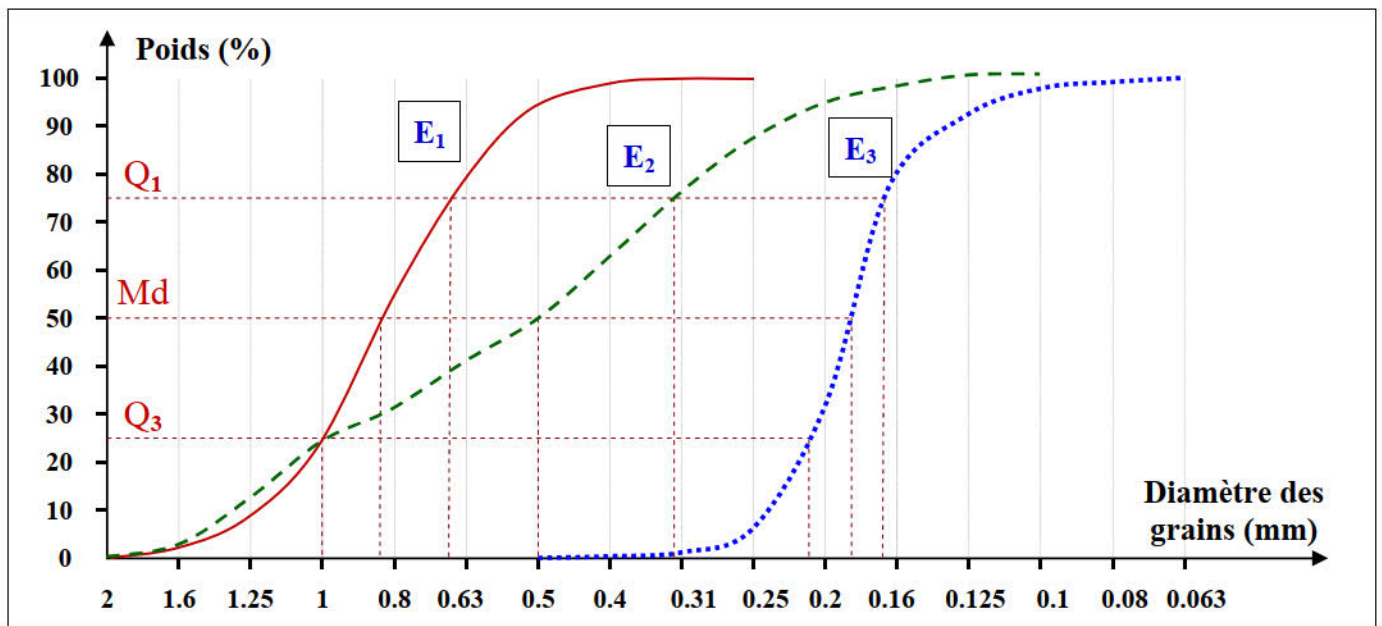
### ★ L'échantillon $E_2$ :



★ L'échantillon E<sub>3</sub>:



2) Traçons les courbes cumulatives des trois types de sable :



3) A partir de la courbe cumulative permet de calculer l'indice de classement de Trask S<sub>0</sub> pour chaque échantillon de sable :

★ L'échantillon E<sub>1</sub>:

$$Q_1 = 0.66, \quad Q_3 = 1 \quad \text{donc } S_0 = \sqrt{1/0.66} = 1.23$$

★ L'échantillon E<sub>2</sub>:

$$Q_1 = 0.32, \quad Q_3 = 1 \quad \text{donc } S_0 = \sqrt{1/0.32} = 1.77$$

★ L'échantillon E<sub>3</sub>:

$$Q_1 = 0.17, \quad Q_3 = 0.22 \quad \text{donc } S_0 = \sqrt{0.22/0.17} = 1.14$$

A partir des données précédentes, on peut établir le tableau suivant :



|                            | Echantillon E <sub>1</sub> | Echantillon E <sub>2</sub> | Echantillon E <sub>3</sub> |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>Courbe de fréquence</b> | Etroite unimodale          | Etalée plurimodale         | Etroite unimodale          |
| <b>Courbe cumulative</b>   | Forte pente                | Faible pente               | Forte pente                |
| <b>Degré de classement</b> | Bon classement             | Mauvais classement         | Très bon classement        |
| <b>Conclusion</b>          | Sable de plage             | Sable fluviatile           | Sable dunaire              |

#### ④ Etude morphoscopique des sédiments:

La forme et l'aspect des grains de quartz d'un sable observé à la loupe binoculaire témoignent de l'intensité et de la durée des actions d'érosion auxquelles ils ont été soumis.

##### a) Observation microscopique des grains de sable: (Voir document 11)

#### Document 11: Etude morphoscopique des grains de sable:

Pour observer les grains de quartz d'un échantillon de sable ayant reçu au préalable à une étude granulométrique, on suit les étapes suivantes :

- ✓ On lave le sable avec de l'eau pour éliminer les éléments argileux ;
- ✓ On lave le sable avec de l'acide chlorhydrique pour éliminer les grains de calcaire ;
- ✓ On lave le sable avec de l'eau oxygénée diluée pour éliminer les éléments organiques ;
- ✓ On observe le sable à l'aide d'une loupe binoculaire.

L'observation permet de distinguer trois types de grains :

|                          | Echantillon A  | Echantillon B  | Echantillon C                   |
|--------------------------|--|--|---------------------------------|
|                          |  |  |                                 |
|                          |  |  |                                 |
| <b>Aspect des grains</b> | Transparents, anguleux à arêtes tranchantes                                    | Transparents, facettes brillants à arêtes usées                            | Translucides, facettes dépolies |
| <b>Types de grains</b>   | Non usés (NU)  | Emoussés luisants (EL)   | Ronds mats (RM)                 |
| <b>Mode de transport</b> | Altération physique<br>Transport glaciaire ou fluviatile<br>(Faible transport) | Transport prolongé dans l'eau (plage marins, cours inférieurs des fleuves) | Un long transport par le vent   |

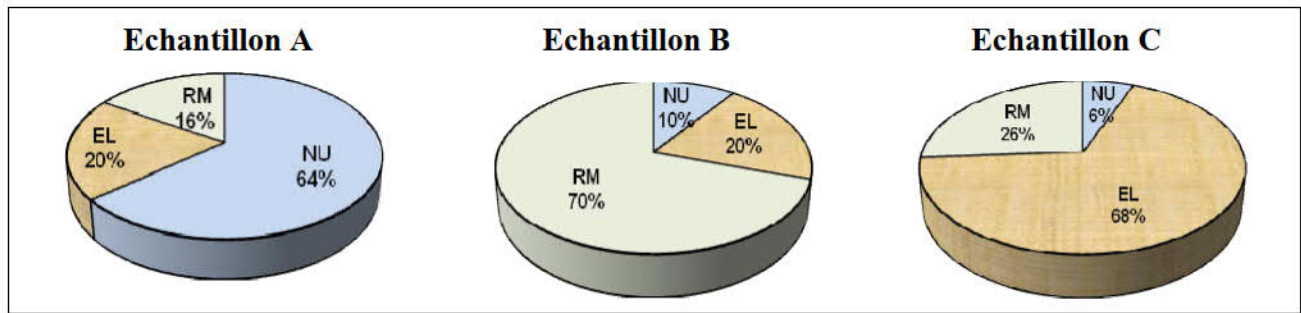
L'étude statistique des grains de quartz de trois échantillons de sable (A, B et C) extrait de trois couches distinctes a donné les résultats du tableau ci-dessous:

|                      | Forme des grains de sable |      |      |
|----------------------|---------------------------|------|------|
|                      | % NU                      | % EL | % RM |
| <b>Echantillon A</b> | 64                        | 20   | 16   |
| <b>Echantillon B</b> | 10                        | 20   | 70   |
| <b>Echantillon C</b> | 6                         | 68   | 26   |

- 1) Représentez les résultats du tableau sous forme d'un diagramme circulaire « en camembert »
- 2) Interprétez ces résultats et déterminez le mode de transport subi par ces échantillons de sable.



1) Représentons les résultats du tableau sous forme d'un diagramme circulaire :



2) Interprétation des résultats :

Pour caractériser un milieu de dépôt et déterminer l'agent et les conditions de transport, on procède à l'analyse morphoscopique des sédiments.

L'analyse des grains de quartz dans un sédiment permet de distinguer entre trois types : Les grains non usés (NU), les grains émoussés luisants (EL), les grains ronds mats (RM).

Selon les pourcentages des trois types de grains, on déduit l'agent de transport dominant :

- Si le pourcentage des grains EL > 30%, c'est un sable marin.
- Si le pourcentage des grains  $20\% < EL < 30\%$ , le sable est fort probable un sable marin (ou fluviatile).
- Si par contre le pourcentage des grains  $EL < 20\%$ , l'origine marine du sable est alors contestée (Mettre en cause).

D'après les données du tableau on constate que :

- Dans l'échantillon A : le pourcentage des grains NU est élevé (64%), cela signifie que le transport est limité. Puisque le pourcentage des grains EL est égal à 20%, c'est un sable fluviatile.
- Dans l'échantillon B : le pourcentage des grains RM est élevé (70%), cela signifie que le sédiment a subi un long transport par le vent (milieu éolien). Donc c'est un sable qui caractérise le milieu désertique.
- Dans l'échantillon C : le pourcentage des grains EL est élevé (68%), cela signifie que le sédiment a subi un long transport par l'eau. Donc c'est un sable qui caractérise le milieu marin côtier.

### **b) Conclusion:**

Les études statistiques et morphoscopiques des grains de quartz d'un sédiment, contribue à la reconstitution de l'itinéraire évolutif probable de ce sédiment, et permet la reconstitution de la paléogéographie de milieux de sédimentations.

### **III – Les milieux sédimentaires actuels:**

Les débris de l'érosion sont transportés par les agents de transport, et finissent par se déposer et s'accumuler dans un milieu de sédimentation.

Les milieux sédimentaires sont des structures géomorphologiques 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.



- Quels sont les principaux milieux de sédimentation ? (Voir document 12 et 13 (fig 1))

### Document 12: Principaux milieux de sédimentation actuels:

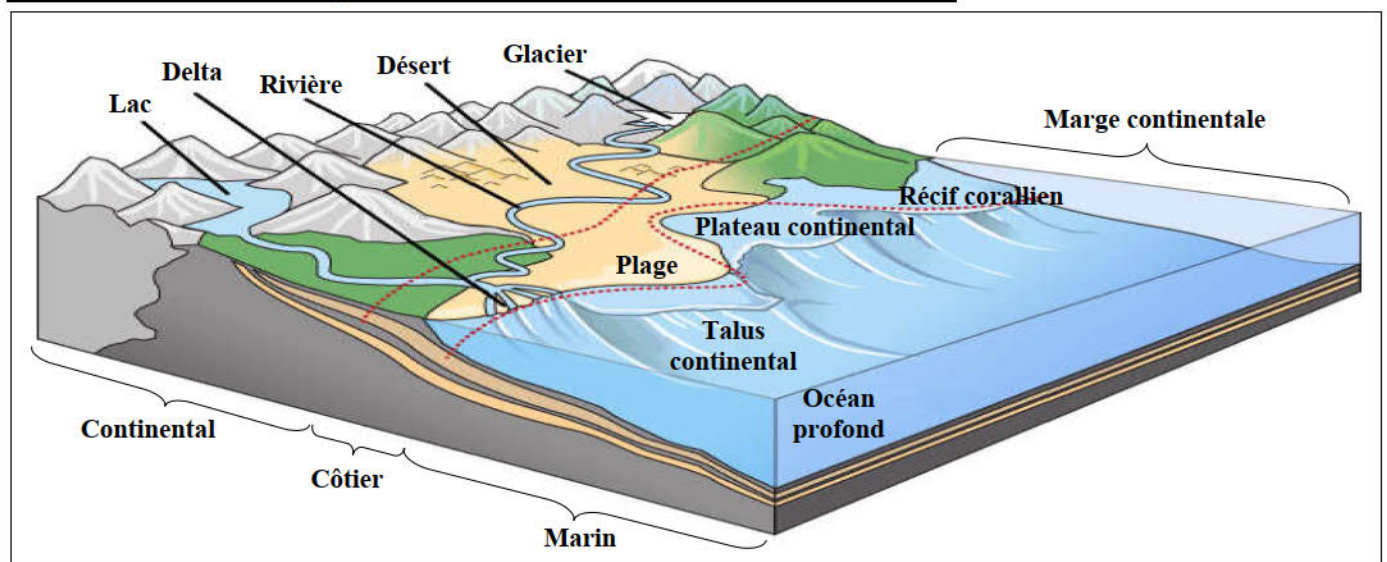
Le tableau suivant présente quelques caractéristiques des différents milieux de sédimentation actuels.

| Milieux de Sédimentation |                       | Types de sédiments  |
|--------------------------|-----------------------|---|
| milieux continentaux     | Vallées torrentielles | Alluvions (Dépôt de débris (sédiments))   |
|                          | 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   |
| Chimiques                |                       | gypse, l'halite, la sylvite, calcaires rares.   |
| Organiques               |                       | roches carbonées (charbon, hydrocarbure), des diatomites.   |
| Milieux intermédiaires   | Estuaire              | Embouchure d'un fleuve et où l'influence de la mer est prépondérante : dépôt essentiel est la 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.<br>Evaporites (gypse, l'halite, la sylvite), calcaires dolomitiques, dolomies, marnes   |
| milieux marins           | Plage et plate-forme  | <b>le plateau continental</b> , zone plane, légèrement inclinée vers la mer, large en moyenne de 80 km, profonde de 200 m tout au plus;<br>- sédimentation à dominance siliceuse quand l'apport détritique est fort ;<br>sédimentation à dominance carbonatée là où l'apport détritique est faible et le climat favorable au développement des organismes constructeurs (coraux par exemple). |
|                          | Talus                 | <b>la pente continentale</b> (ou talus continental), large de 45 km en moyenne et dont la profondeur va de 200 à 4000m, entamée par des canyons sous-marins ;<br>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 nageant).   |
|                          | Grands fonds          | A plus de 5000m de profondeur<br>Argiles rouges, avec absence du calcaire sous le niveau 5000m de compensation des carbonates.  |

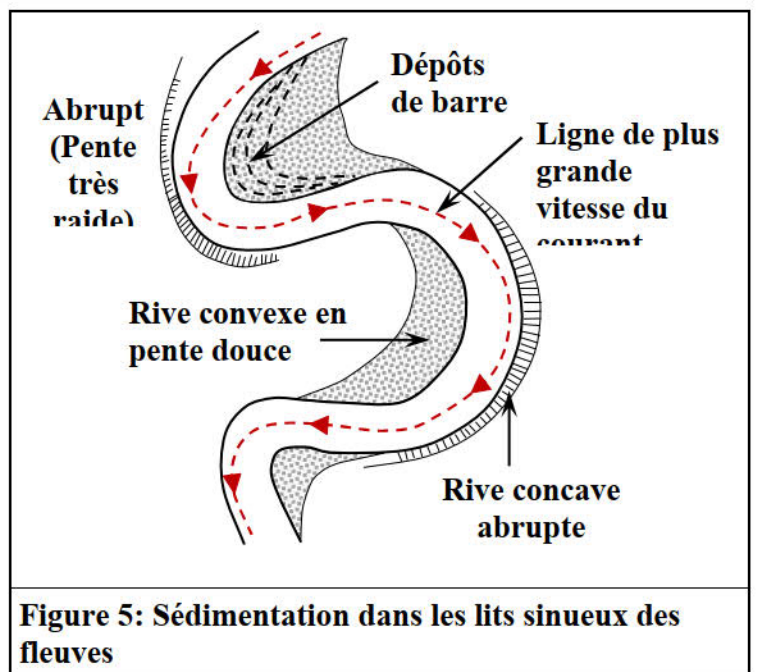
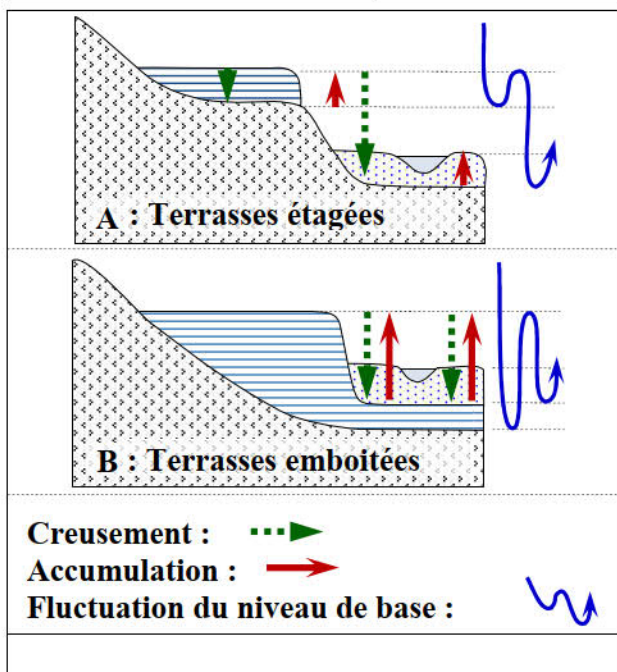
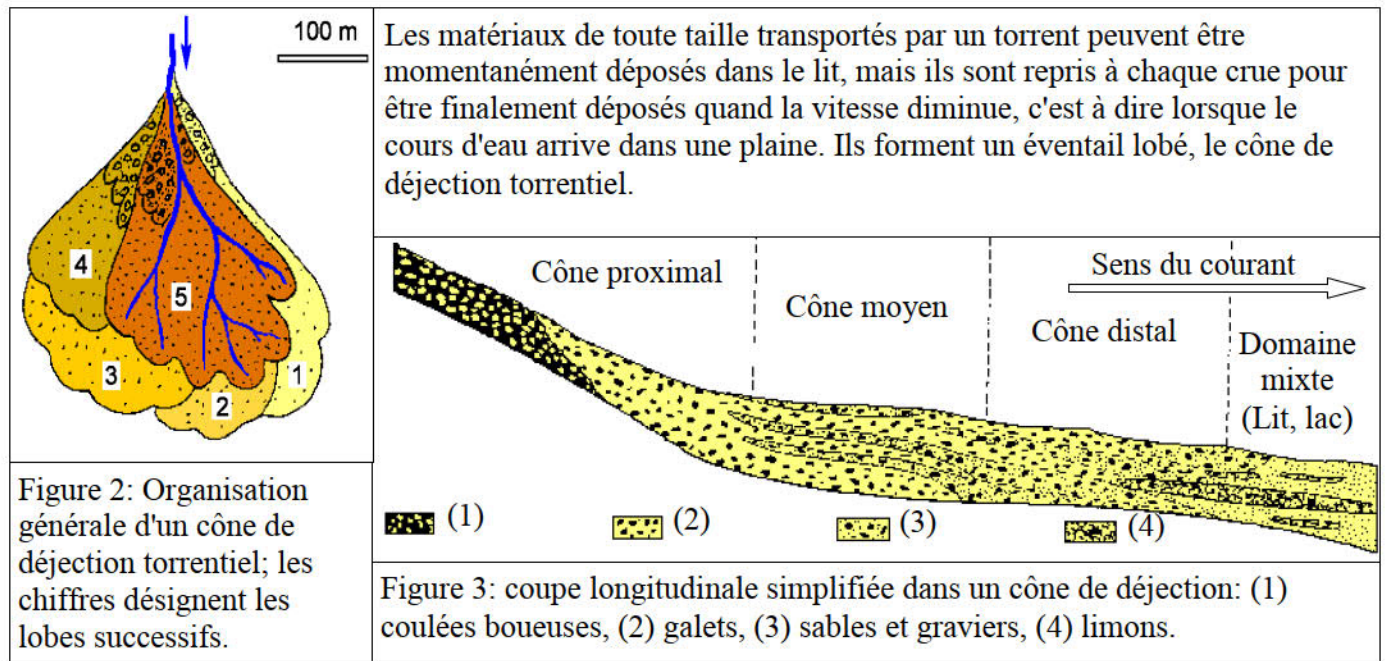
En se basant sur les données de ce tableau et les figures des documents 13, 14, 15 et 16, décrire les caractéristiques des milieux de sédimentation.



**Document 13: Principaux milieux de sédimentation actuels:**



**Figure 1: Principaux milieux de sédimentation.**





## ① Les milieux de sédimentation continentaux :

⇒ **La sédimentation torrentielle:** (Voir figure 2 et 3, document 13)

Ce sont des sédiments qui se déposent dans les torrents. Ils forment un éventail lobé, Le cône de déjection torrentiel correspond à l'étalement des matériaux lors d'une crue; ceux-ci sont granoclassés d'amont en aval, les éléments fins sont emportés le plus loin.

⇒ **La sédimentation fluviale:** (Voir figure 4 et 5, document 13)

Les milieux fluviaux (Rivières, fleuves...) sont caractérisés par des structures sédimentaires appelées terrasses fluviales. On distingue deux types : des terrasses étagées et des terrasses emboîtées.

Les rivières déposent des sédiments aux endroits où la vitesse du courant diminue, c'est à dire le long de leur cours et finalement à leur embouchure.

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

Les méandres sont des lieux de dépôt particuliers. 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 du courant est la plus faible, formant une terrasse alluviale (ou barre de méandre).

⇒ **La sédimentation Lacustre:**

Un lac est un corps d'eau permanent enclavé dans le continent. La nature de sédimentation dépend de plusieurs facteurs : le climat, la profondeur, du lac, l'apport des rivières et la végétation.

La sédimentation lacustre est caractérisée par des dépôts calcaires de nature chimique riche en fossiles indicateurs de conditions écologiques régnant dans ces milieux.

Les sédiments se déposent dans le lac selon une zonation concentrique (la taille des particules diminue de la périphérie vers le centre).

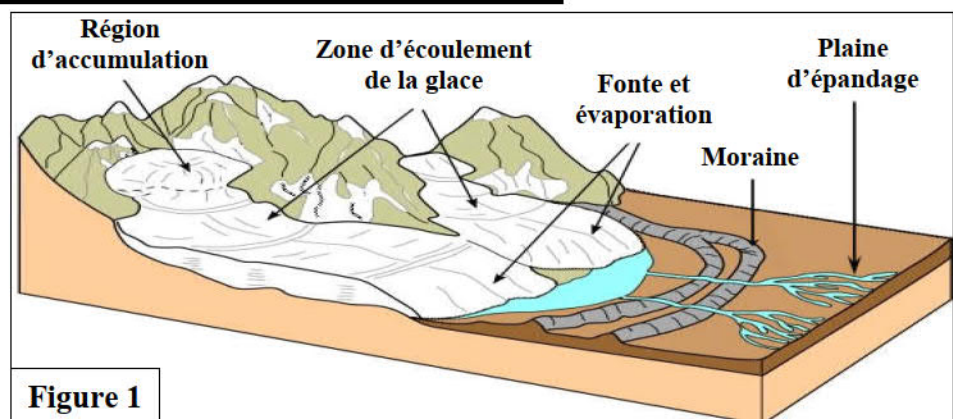
⇒ **La sédimentation glaciaire:** (Voir figure 1, document 14)

La sédimentation dans les montagnes glaciaire est liée surtout au climat. la force et l'énergie des glaciers en mouvement est à l'origine de l'érosion, du transport et de la sédimentation.

Les matériaux transportés par les glaciers se déposent lorsque la glace fond, et s'accumulent en une moraine (Amas de débris rocheux (appelé aussi till), entraînés par le mouvement de glissement d'un glacier). La moraine est caractérisée par des sédiments très hétérogènes, non classés formés de blocs et de galets anguleux, et parfois striés et de grains de quartz anguleux.

### Document 14: Principaux milieux de sédimentation actuels:

Figure 1: La sédimentation dans les milieux glaciaires.





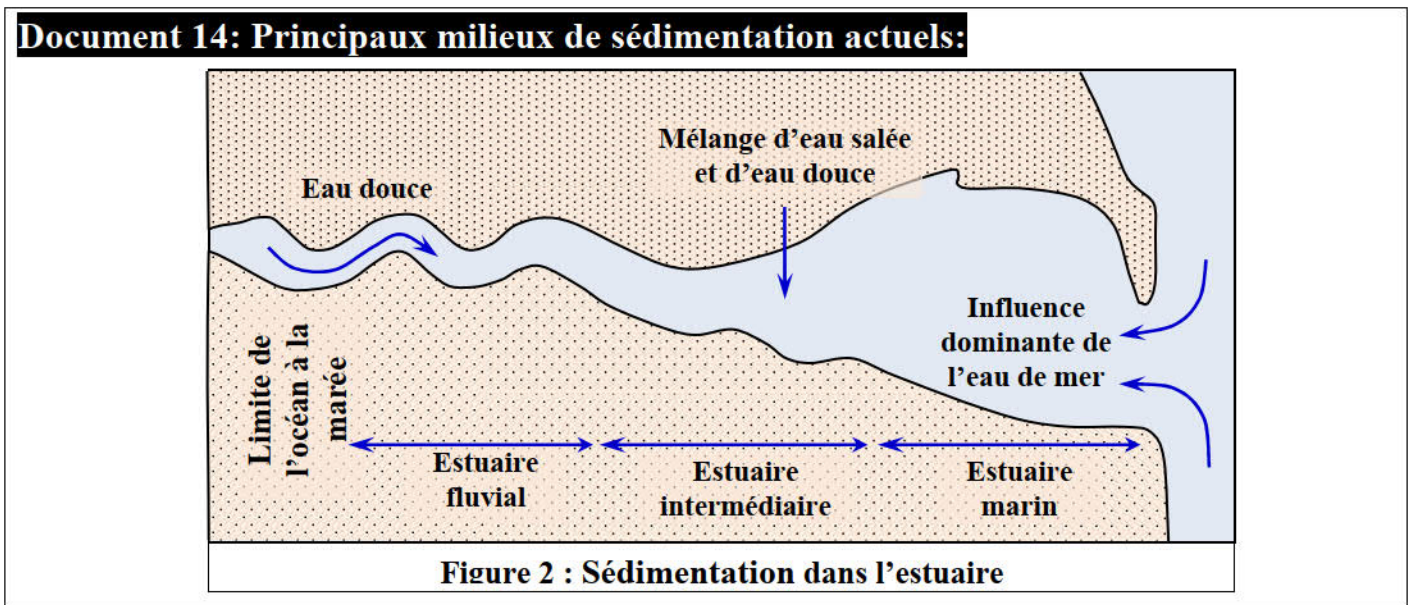
### ⇒ La sédimentation éolienne :

Dans les milieux désertiques, ce sont les dépôts éoliens qui constituent la majeure partie des sédiments actuels. Les roches sédimentaires d'origine désertique sont caractérisées par des grains sableux arrondis et dépoli (rond-mat) bien classés. Les dépôts de sables forment les dunes (nebka, barkhanes, seifs, ergs...). Les régions d'accumulation des sables alternent avec des régions dénudées.

### ② Les milieux de sédimentation intermédiaires:

Ils sont situés aux limites du domaine marin et du domaine continental et présentent des caractères mixtes. Ils sont soumis aux processus continentaux et aux processus marins.

### ⇒ L'estuaire: (Voir figure 2, document 14)



C'est l'embouchure d'un fleuve, de forme évasée et où la mer remonte (l'effet de la mer ou de l'océan dans lequel il se jette est dominant). C'est une zone de mélange entre eaux douces et eaux marines. La plupart des sédiments apportés par les rivières dans les estuaires sont piégés à l'intérieur de l'estuaire sous forme de boue.

### ⇒ Le delta: (Voir figure 3, document 14)

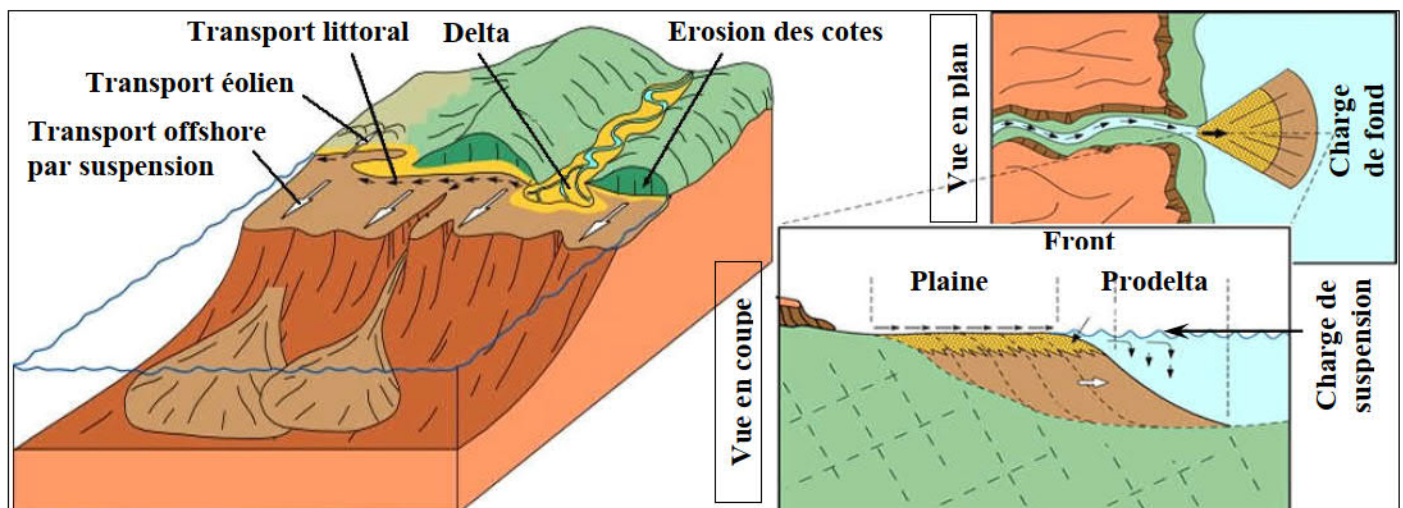


Figure 3: Sédimentation dans un delta



Lorsque le fleuve a une action dominante; on parle de delta.

Les sédiments dans le cours d'eau sont transportés souvent avec une vitesse assez élevée.

Lorsque la charge du cours d'eau arrive dans la mer, le courant perd son énergie et les sédiments se dispersent, en s'étalant sur un delta: une zone d'accumulation triangulaire en plan.

L'apport continu des sédiments dans le delta fait avancer ce dernier dans le domaine marin : c'est la progradation deltaïque.

⇒ **La lagune:** (Voir figure 4, document 14)

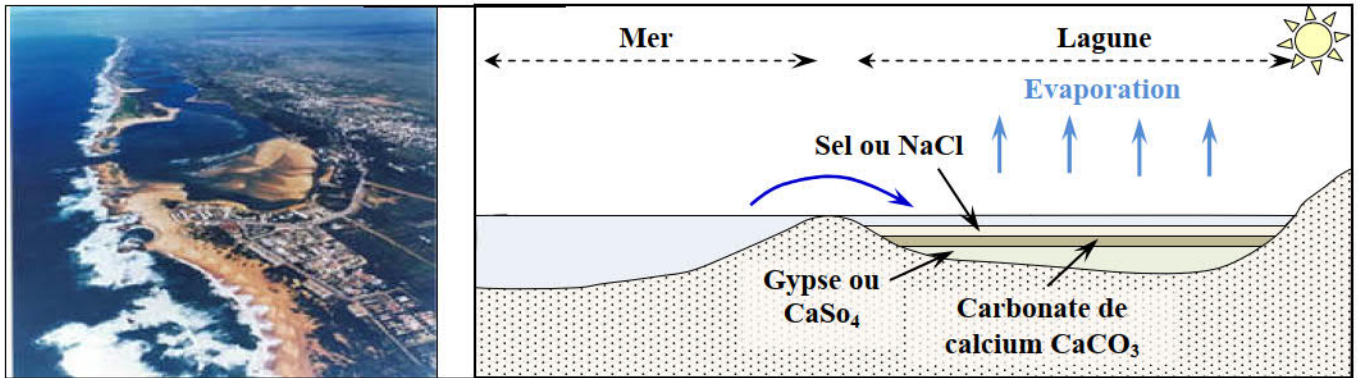


Figure 4: Sédimentation dans La lagune (Exemple Oualidia à El-Jadida, Maroc)

C'est une étendue d'eau généralement peu profonde séparée de la mer par un cordon littoral souvent constitué de sable fin.

A climat chaud, la concentration saline des lagunes augmente par la forte évaporation. Lorsque la saturation est atteinte, les sels cristallisent et se déposent au fond du bassin formant des évaporites (halite (NaCl), gypse ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), sylvite (KCl), borates ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ))

③ **Les milieux de sédimentation marins:** (Voir figure 5, document 14 et document 15 + 16).

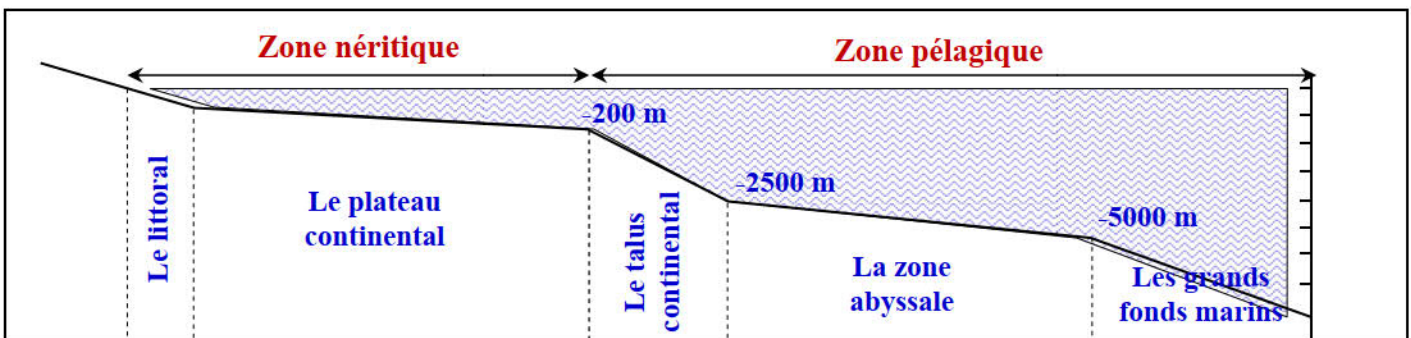


Figure 5: Morphologie du milieu marin et zones de sédimentation.

**Document 15: Les conditions de sédimentation dans le milieu marin:**

Un récif corallien est une structure naturelle qui résulte de l'activité d'êtres vivants fixés : les coraux, capables d'utiliser le calcium dissous dans l'eau pour édifier leur squelette.

Pour se développer, les coraux ont besoin de conditions de vie précises :

- Eau claire bien oxygénée.
- Température supérieure à 20°C.
- Profondeur inférieure à 100m (plateforme).



Figure 1 : les récifs coralliens



## Document 15: Les conditions de sédimentation dans le milieu marin:

Les courants de turbidité sont des écoulements gravitaires dans lesquels le sédiment est maintenu en suspension par la turbulence du fluide interstitiel. Ce mélange d'eau et de sédiment possède une densité plus grande que celle de l'eau et se déplace vers le bas sous l'effet de la gravité.

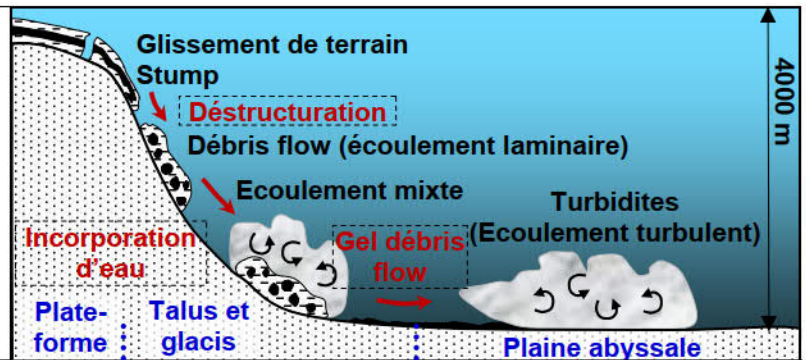
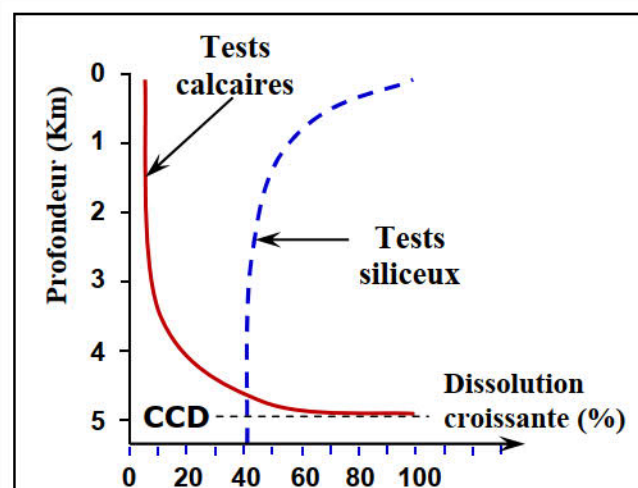
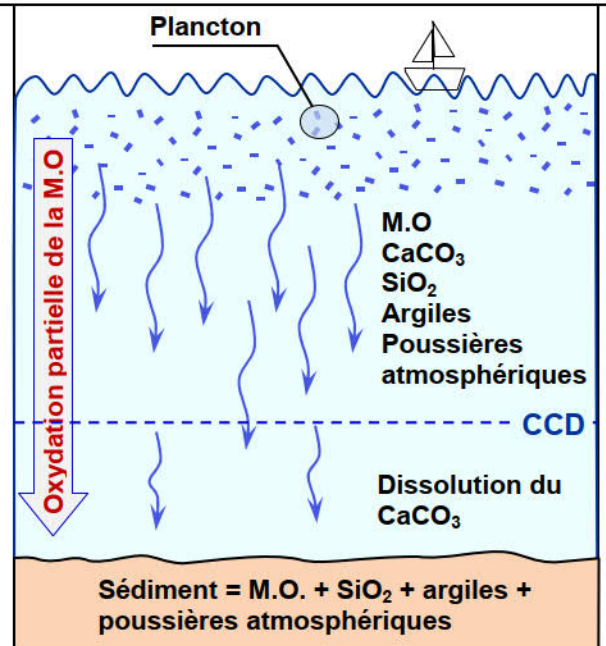


Figure 2 : Glissement de terrain dans la partie supérieure du talus continental.

Figure 3 : Le niveau de compensation des carbonates (CCD)

La CCD est un niveau en milieu océanique, sous lequel le carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) se dissocie, c'est-à-dire que lorsque des particules de  $\text{CaCO}_3$ , comme celles qui viennent du plancton, atteignent ce niveau, elles sont dissoutes et se retrouvent dans l'eau sous leur forme ionique  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{HCO}_3^-$ . Ce niveau est contrôlé par la température de l'eau. Il se situe à des profondeurs variables selon la latitude et la nature de la circulation océanique.

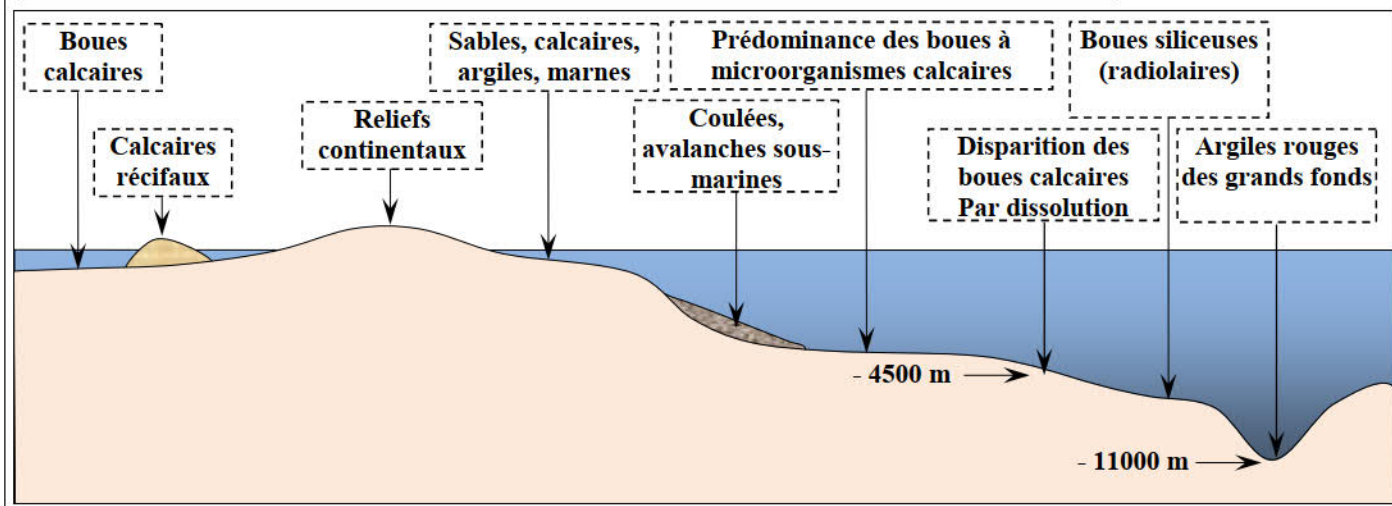


Courbes de dissolution des tests siliceux et calcaires en fonction de la profondeur.

La CCD exerce donc une influence sur la composition des sédiments des fonds océaniques. Les couches supérieures de la surface océanique produisent une pluie de matériaux fins composés de matières organiques, de  $\text{CaCO}_3$ , de  $\text{SiO}_2$ , ainsi que d'une certaine quantité d'argiles décantées de la sédimentation terrigène et de poussières atmosphériques qui se déposent à la surface des océans.



## Document 16: Répartition des principaux types de sédiments marins:



### ⇒ Zone littorale:

En plus de la cote, s'ajoute la plateforme immergée dont la profondeur ne dépasse pas 200m. On y trouve les dépôts amenés par les fleuves, le vent mais aussi des sédiments biochimiques et biologiques ainsi que des constructions d'organismes (récifs correspondant à des températures de 20 à 35°C et à des profondeurs faibles mais à eaux agitées permettant une bonne oxygénation).

Les dépôts détritiques de plate forme sont classés, répartis, étalés par les marées, les vagues et les courants littoraux et de plateaux.

- Sédimentation à dominance silico-clastique 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.

### ⇒ Le plateau continental:

C'est une plateforme qui s'incline progressivement vers les fonds marins. Sa largeur atteint 80km et sa profondeur avoisine 200m. Elle est caractérisée par la dynamique des eaux due aux vagues, aux orages et à l'alternance incessante des marées.

On distingue plusieurs types de sédiments en fonction de la dynamique des eaux. Dans les eaux profondes, l'état calme favorise la sédimentation d'éléments organiques.

### ⇒ Le talus continental:

C'est une formation géologique à pente raide (5° environ). Il est caractérisé par des glissements de terrains dans sa partie supérieure, ce qui mobilise une grande masse de sédiments aboutissant à la formation de courant de turbidité. Ces sédiments sont appelés des turbidites. Ils finissent par se déposer sous l'effet de la gravité.

### ⇒ Les grands fonds marins:

C'est à ce niveau qu'a lieu la sédimentation détritique fins venant du talus auxquels s'ajoutent les particules fines tombant de la surface (débris planctoniques, poussières volcaniques, dépôt de boues calcaires ou argileuses).

Le plancton constitue l'ensemble des microorganismes qui vivent à la surface des océans. Une grande proportion de ces microorganismes possède un squelette minéralisé, soit en carbonate de



calcium (CaCO<sub>3</sub>), comme par exemple les foraminifères, soit en silice (SiO<sub>2</sub>), comme les diatomées et les radiolaires.

Le carbonate de calcium est dissous en profondeur; il n'y a plus de carbonate dans les mers actuelles au delà de 5400 m de profondeur. Les tests calcaires de foraminifères issus du plancton sont dissous et ne laissent plus de trace dans le sédiment. La profondeur de compensation des carbonates (Carbonate Compensation Depth ou CCD) varie selon les mers actuelles, à plus forte raison pour les mers anciennes. Néanmoins on peut toujours affirmer qu'un sédiment carbonaté ne s'est pas formé à grande profondeur: c'est le cas de la craie constituée de test calcaires de micro-organismes planctoniques.

#### IV – Les conditions de sédimentation dans un milieu de sédimentation ancien (Cas du bassin des phosphates au Maroc):

a) Répartition spatiale et temporelle des gisements de phosphate au Maroc: Voir doc 17

##### Document 17 : Répartition des gisements de phosphate au Maroc:

Le Maroc contient 75% des réserves mondiales en phosphates. Il dispose de plusieurs gisements (Figure 1):

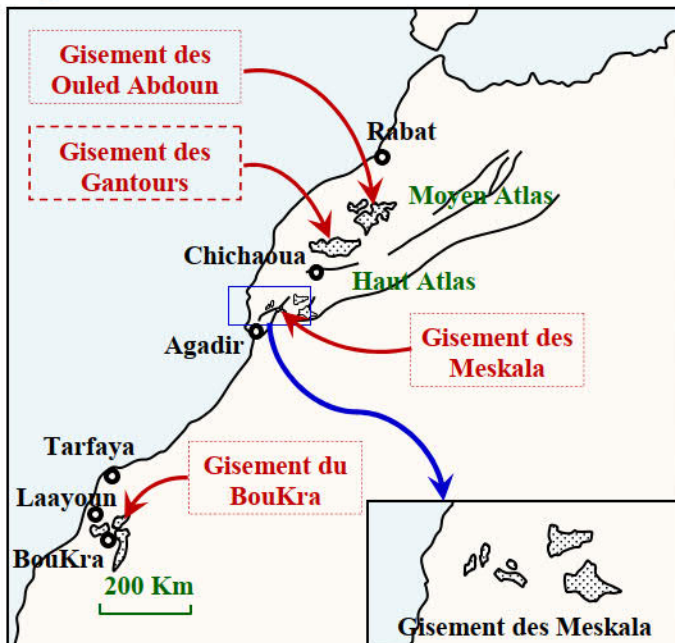


Figure 1 : Répartition géographique des principaux bassins phosphatés marocains

- ✓ Bassin d'Ouled Abdoun: à Khouribga. C'est le plus important (9000 Km<sup>2</sup>).
- ✓ Bassin de Gantour, près de youssoufia;
- ✓ Bassin de Meskala: à l'ouest de Marrakech;
- ✓ Bassin d'Oued Eddahab: Au sud dans la région du BouKraa (sud de laayoun).

Au Maroc les phosphates se trouvent à une profondeur de 100 à 160 m et sous différentes formes (Sable phosphatés; Silex phosphaté et calcaire phosphaté).

La série phosphatée d'Ouled Abdoun (Figure 2), débute du Maastrichtien par des dépôts phosphatés marneux et se termine au Lutétien par une dalle à thersitées (Gastéropodes).

A partir de l'analyse des données de ce document, dégager les caractéristiques des faciès phosphatiques (Ensemble des caractères lithologiques ou paléontologiques d'une roche qui témoignent de l'environnement de sa formation).

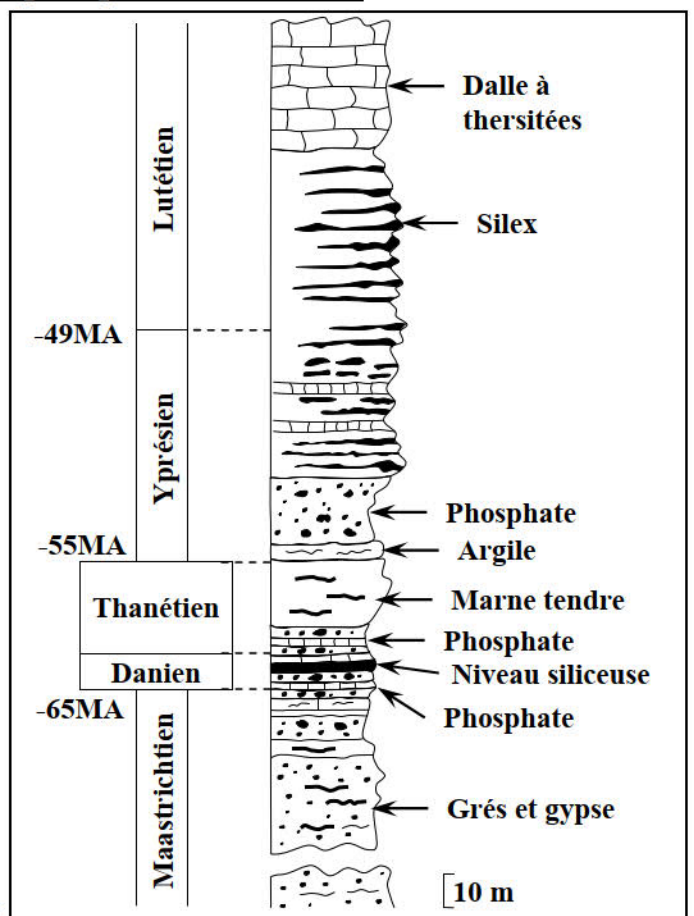


Figure 2 : Colonne stratigraphique typique des formations phosphatées (Khouribga)



Au Maroc les gisements de phosphates existent dans plusieurs bassins (Ouled Abdoun à Khouribga, Gantour à Youssoufia, Meskala à l'ouest de Marrakech, Oued Eddahab au Sahara)

Les roches de phosphate se déposent en couches horizontales de faible épaisseur, généralement en alternance avec des couches siliceuses, argileuses, marneuses et calcaires.

L'épaisseur des série phosphatée varie géographiquement d'un gisement à l'autre, et chronologiquement aussi, d'un étage stratigraphique à l'autre. La genèse des bassins de phosphate marocain s'étale du Maastrichtien (La fin du Crétacé) au Lutétien (Début du Tertiaire) durant une période de 15 million d'années.

**b) Nature et composition des roches phosphatées marocaines:**  
(Voir le document 18)

**Document 18: Nature et composition des roches phosphatées marocaines:**

La roche de phosphate a l'aspect d'un sable fin, assez compacte. Elle forme des couches horizontales de faible épaisseur. On distingue entre trois types de faciès: le phosphate sableux, le calcaire phosphatique et le silex phosphatique. Les roches de phosphate sont caractérisées par la diversité de leurs composés minéralogiques et paléontologiques.



**Figure 1 :** Sable phosphaté dans une carrière

| Composants                          | Pourcentage |
|-------------------------------------|-------------|
| Phosphate tricalcique               | 75 %        |
| Carbonate de calcium                | 8.5 %       |
| Fluorure de calcium                 | 6.5 %       |
| Sulfates de chaux                   | 3 %         |
| Eau combinée et matières organiques | 2.5 %       |
| Matières siliceuses                 | 2 %         |
| Oxyde de fer et d'alumine           | 0.5 %       |
| Sels alcalins et magnésiens         | 2 %         |
| Uranium                             | Traces      |

**Figure 2 :** principaux composants chimiques des roches de phosphate du gisement d'Ouled Abdoun



**Humérus (Reptile)**  
Maastrichtien  
Hauteur : 240mm



**Enchodus (Genre de poisson préhistorique)**  
Maastrichtien  
Longueur : 100 mm ; Hauteur dent : 15mm



**Nebrius (Requin)**  
Yprésien  
Hauteur : 10mm

**Figure 3 :** Quelques fossiles du gisement de phosphate d'Ouled Abdoun

En se basant sur les données de ce document, déterminer les différentes formes de roches phosphatées et leurs composition minéralogiques et paléontologiques.

Au Maroc les gisements de phosphate existent dans plusieurs bassins, et se caractérisent par leur richesse en fossiles littoral et pélagique. On distingue trois types de faciès:



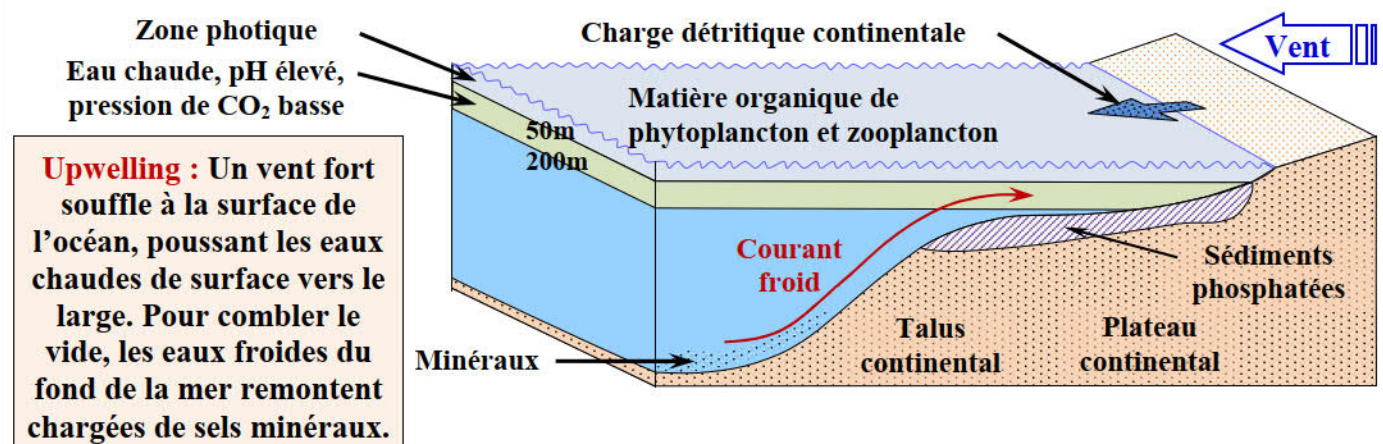
- ✓ Sable phosphatés : formé par des grains fins de formes variées comme la glauconie (Silicate de fer hydraté) et contenant des foraminifères phosphatés (Protozoaires marins), des oolithes phosphatés.
- ✓ Silex phosphaté : contenant un faible taux de phosphate et caractérisé par des couleurs très variées.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

### c) Conditions de sédimentation des roches phosphatées: (document 19)

#### Document 19: Conditions de sédimentation des roches phosphatées:

Pour expliquer la formation des phosphates, plusieurs théories ont été émises:

- 1) Théories minérales (1952): les phosphates sont le résultat de précipitation des composés phosphatés directement de l'eau de mer.
- 2) Théories biolithiques (1936): l'accumulation des phosphates est le fait d'êtres vivants par fixation du phosphore dans les squelettes des vertébrés ou par les algues.
- 3) Théories de Kasakov (1937): (Voir figure ci-dessous) la teneur en  $P_2O_5$  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  $CO_2$ , ce qui amène à une précipitation de  $CaCO_3$  puis de phosphates.



A partir de l'analyse des données de ce document, déterminer les conditions de formation des roches phosphatées au Maroc.

- ★ 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 200m environ que la phosphorite précipitera. Pour cela il faut une communication facile avec la mer ouverte et des courants ascendants.
- ★ Les idées sur l'origine des phosphates ont fait un grand progrès avec la théorie de russe Kasakov (1937).



Le phosphate qui précipitait 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 en  $\text{CO}_2$ , ce qui amène une précipitation du  $\text{CaCO}_3$ , puis des phosphates.

#### d) Reconstitution de la paléogéographie de bassins de phosphate Marocains: (doc 20)

##### **Document 20: Reconstitution de la paléogéographie de bassins de phosphate Marocains:**

Pour expliquer la genèse des phosphates au Maroc, plusieurs théories ont été présentées, nous citons les deux plus connues:

- La théorie d'une transgression au centre et à l'ouest du Maroc d'une mer épicontinentale formant un plateau continental qui conditionne la phosphatogenèse et avec des endroits à fond surélevés où il y a absence de ces conditions (Herbig 1986 et Trappe 1989).
- La théorie du bassin fermé en communication restreinte avec la haute mer (Boujo, 1976), ce modèle propose un système de golfs et prévoit que le phosphore et les autres minéraux des eaux froides profondes, nécessaires à la formation des phosphates, seront distribués par l'intermédiaire des courants de distribution dans des cuvettes peu profondes protégées des courants forts venus du large.

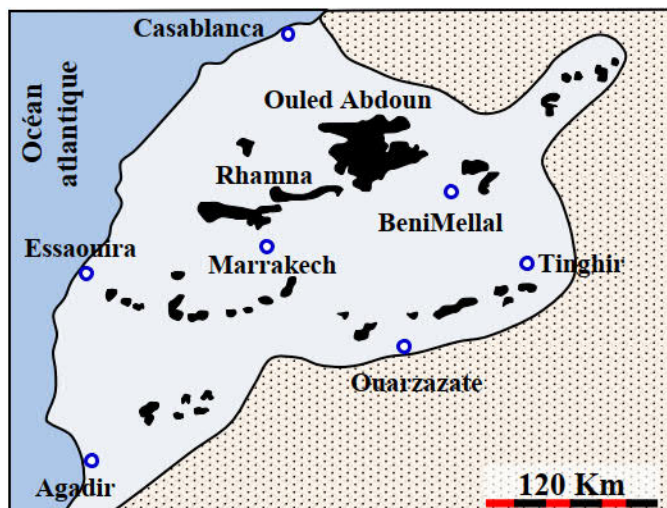


Figure 1: Modèle d'une mer épicontinentale (Modèle de Trappe 1989)

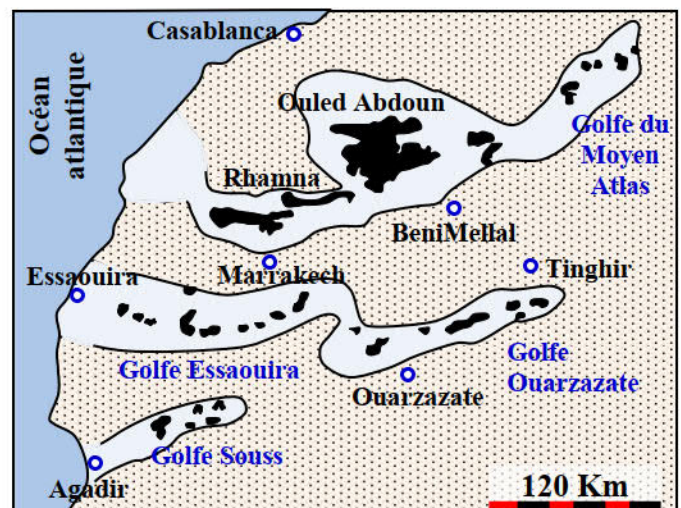


Figure 2: Le modèle des bassins fermés (Golfs) (Boujo 1976)

**En exploitant les données de ce document, discuter la reconstitution de la paléogéographie de bassins de phosphate Marocains.**

Les bassins de phosphate sont un exemple d'anciens bassins sédimentaires. L'analyse de leurs structures et de leurs constituants fournit des informations sur les conditions et les caractéristiques des bassins sédimentaires anciens.

En comparant la géographie actuelle du Maroc aux conditions de sédimentation des roches phosphatées, on a constaté que le littoral était plus à l'est. Il existe deux tendances qui peuvent être prises en considération pour reconstituer la géographie ancienne du Maroc central:

- ✓ Modèle de trappe qui suppose l'existence d'une mer épicontinentale au milieu et à l'Ouest du Maroc, communiquant avec l'océan atlantique. C'est un golf peu profond, très allongé, entouré d'un environnement terrestre à relief fort évolué. Ce golf présentait des seuils et des irrégularités (hauts fonds, rides) qui conditionnaient la sédimentation.



- ✓ Modèle de boujo qui suppose l'existence de golfes de faible profondeur provenant de l'atlantique, séparés par des terrains émergés. Ces golfes vont constituer des zones dans lesquelles la sédimentation phosphatée va s'installer.



## Chapitre 2:

# Histoire géologique d'une région sédimentaire tabulaire

### INTRODUCTION:

L'étude de la succession des formations rocheuses d'une région permet de reconstituer les événements géologiques qui se sont succédé dans cette région.

On appelle stratigraphie l'étude de la succession des couches sédimentaires (Strates).

La stratigraphie repose sur des principes de base appelés principes stratigraphiques.

- Quelles méthodes et principes utilisent les géologues pour déterminer l'âge relatif des événements géologiques?
- Comment peut-on exploiter ces principes dans la reconstitution de l'histoire géologique d'une région?
- Quels sont les bases de la réalisation de la carte et de la coupe géologique ?

### I – Les principes stratigraphiques et la datation relative des formations géologiques:

#### ① Principe de superposition: (Voir le document 1)

#### Document 1: Principe de superposition:

Les roches sédimentaires ont tendance à se former en couches plus ou moins horizontales. Elles se forment en effet à partir du dépôt de sédiments. Ces derniers se déposent toujours sur des structures déjà en place, formant éventuellement de nouvelles couches qu'on appelle strates.

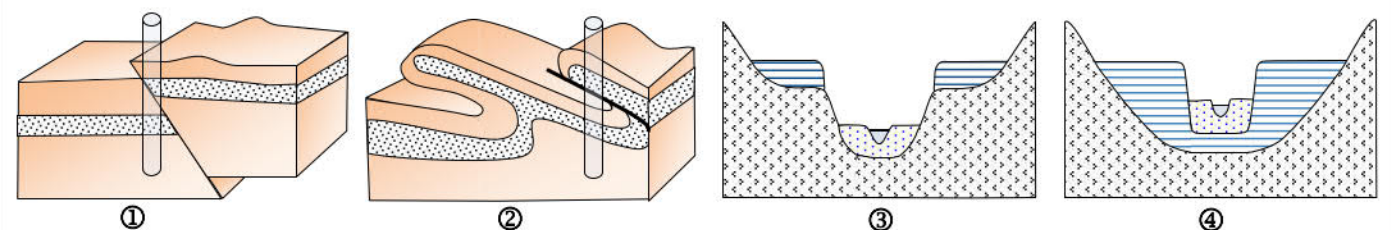
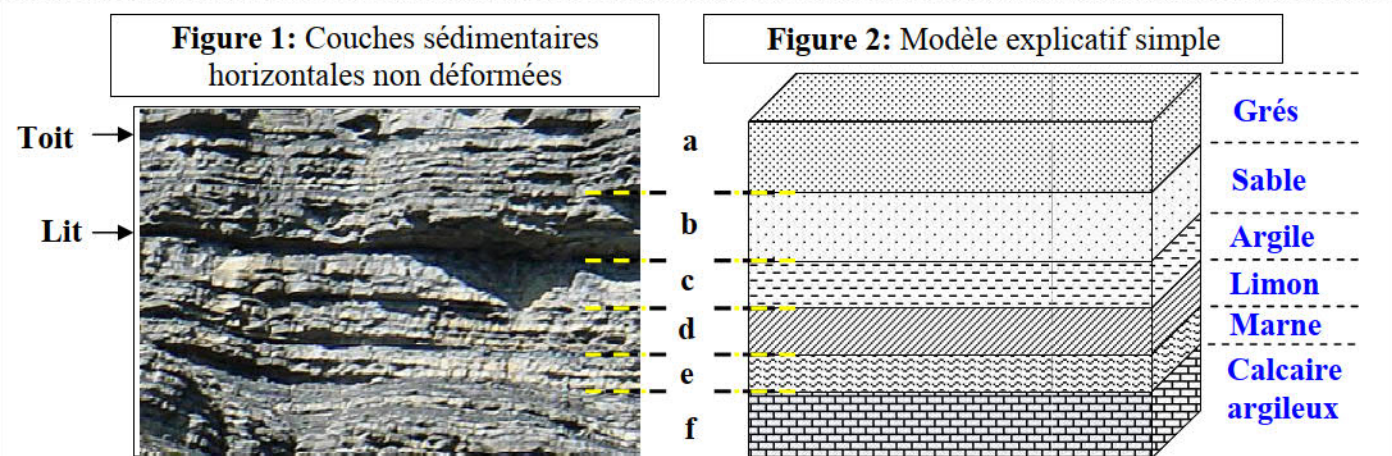


Figure 3: ①= Faille inverse ; ②= Pli couché ; ③ et ④ = Terrasses fluviales

En exploitant les données de la figure 1, 2 et 3:

- 1) Définir la strate, la stratification et la stratigraphie.
- 2) Classez les couches (a, b, ..., f) de la plus ancienne à la plus récente sachant qu'elles représentent des couches non déformées, puis énoncez le principe de superposition.
- 3) Déterminez les limites d'application du principe de superposition.



1) D'après les données de la figure 1 et 2, on peut donner les définitions suivantes:

- ★ Une strate est un ensemble sédimentaire ou volcanique délimité par deux surfaces plus ou moins parallèles, la base que l'on nomme « plancher, mur ou lit » et le sommet, que l'on nomme « toit ». La strate exprime le non rupture de la sédimentation ou le changement des constituants de cette roche de telle sorte qu'il est facile de la distinguer des autres roches avoisinantes.
- ★ En géologie, une stratification indique un empilage, une superposition de roches sédimentaires. On nomme chacune des couches de roches (souvent de couleurs visiblement différentes) des strates. Chacune des strates est séparée par un plan de stratification «S<sub>0</sub>».
- ★ La stratigraphie est une discipline des sciences de la Terre qui étudie la succession des formations rocheuses d'une région, ce qui permet d'établir une chronologie relative des événements géologiques qui se sont succédés dans cette région.

2) L'ordre chronologique des couches (a, b, ..., f) de la plus ancienne à la plus récente: f → e → d → c → b → a

Enoncé du principe de superposition : **La strate supérieure (Située en haut) dans une série sédimentaire, est considérée plus récente par rapport à la couche située en dessous, et plus ancienne que celle située en dessus (Celle qui la couvre).**

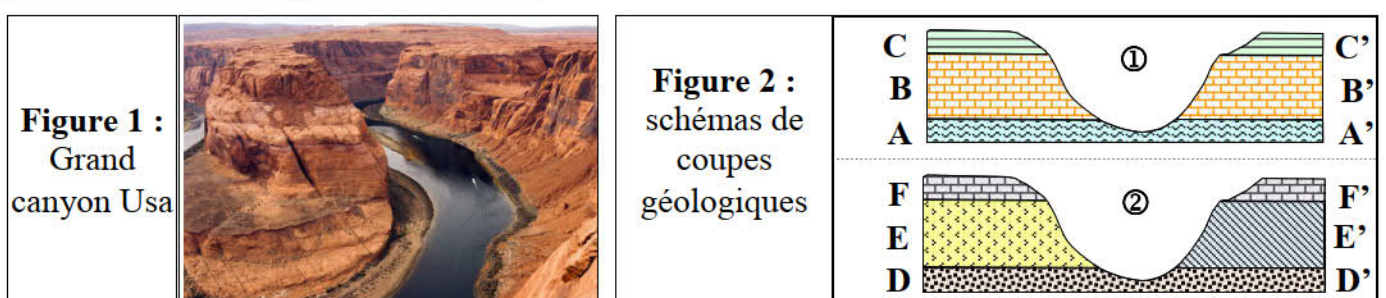
3) Les limites d'application du principe de superposition:

La lithosphère est en perpétuel dynamique, ce qui fait que les strates de roches, qui la constituent, subissent des déformations, et par conséquent un remaniement de l'ordre de dépôt de ces couches. Ce qui induit une exception au principe.

- ★ Les déformations tectoniques antérieures peuvent renverser les séries, comme le cas des failles, des plis et des chevauchements.
- ★ Au niveau du dépôt de terrasses alluviales, c'est la couche centrale, et souvent la plus basse, qui est la plus jeune: le lit du fleuve est plus récent que ses berges.

## ② Principe de continuité: (Voir le document 2)

### Document 2: Principe de continuité:



Une couche sédimentaire est de même âge en tous ses points.

A partir de l'exploitation des données de la figure 1 et la figure 2 :

- 1) Est ce que les strates A, B et C ont le même âge que les strates A', B' et C'?
- 2) Déterminez l'âge relatif des couches E et E'. justifiez votre réponse.
- 3) Formulez le principe de continuité et déterminez les limites de son application.

- 1) Sur ce schéma se superposent les couches : A, B et C ainsi que les couches : A', B' et C'. La couche A est la continuité de la couches A', elles ont donc le même âge. Les couche B et C, ont respectivement la même nature pétrographique que les couche B' et C'. Donc B a le même âge que B', et C a le même âge que C'.



- 2) Les roches constituant les formations notées E et E' sont de natures différentes. Elles ont été formées dans des conditions géographiques ou climatiques différentes. Les roches E et E' sont toutes les deux intercalées entre les couches D, D' et F, F' (couches repères). Les roches E et E' forment donc une même couche et ont le même âge.
- 3) Le principe de continuité: **L'âge d'une strate, à faciès déterminé, est le même sur toute la distance de son extension (Une couche sédimentaire est de même âge en tous ses points).**

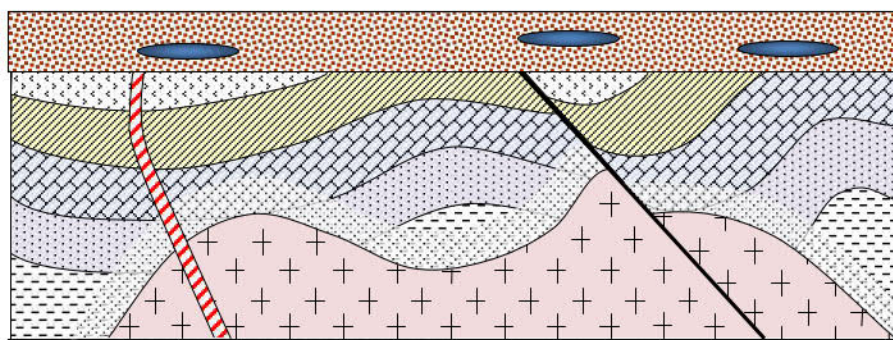
Les limites d'application du principe de continuité :

- ★ L'application du principe de continuité est limitée à de courtes distances ne dépassant pas une dizaine de kilomètre.
- ★ L'application du principe devient difficile si les sédiments se succèdent à des couches de roches semblables.

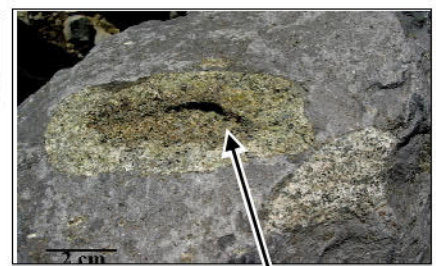
### ③ Principe de recoupement et d'inclusion: (Voir le document 3)

#### Document 3: Principe de recoupement et d'inclusion:

On cherche à établir la chronologie des événements géologiques ayant eu lieu dans une région donnée.



**Figure 1 :** Coupe géologique schématisée d'une région



**Figure 2 :** Enclave du socle granitique dans une coulée de basalte

|  |                                  |  |                   |  |                   |  |                      |
|--|----------------------------------|--|-------------------|--|-------------------|--|----------------------|
|  | Marnes                           |  | Marnes bleues     |  | Calcaire lacustre |  | Calcaire et dolomite |
|  | Argiles                          |  | Grès              |  | Granite           |  | Filon                |
|  | Zone de métamorphisme de contact |  | Inclusion (galet) |  | Faille            |  |                      |

A partir des données de ce document :

- 1) Retracer les différentes étapes qui ont abouti à l'obtention de la coupe géologique de la figure 1.
- 2) Énoncez le principe de recoupement et d'inclusion.

1) La chronologie des événements géologiques qui ont abouti à l'obtention de la coupe géologique de la figure 1 :

- ★ Selon le principe de superposition, la marne est la couche la plus ancienne, et le grès, la couche la plus récente. Donc il y a eu en premier, dépôt de la série sédimentaire formée de Marnes, Marnes bleues, Calcaire lacustre, calcaire et dolomite puis l'argile.
- ★ La région est soumise à une compression qui va produire un plissement des terrains. L'argile est la dernière strate plissée. On peut donc affirmer que la phase de plissement s'est déroulée postérieurement à la formation des dépôts que l'argile recouvre.



- ★ La série sédimentaire étant métamorphisée autour d'un pluton granitique, on en déduit que ce pluton est post sédimentaire. Ce pluton n'étant pas plissé, il est donc post-compression.
- ★ On constate que la faille recoupe les terrains de la série sédimentaire, ainsi que le pluton granitique. On peut donc dire que la faille est postérieure à toutes ces formations géologiques.
- ★ Le filon n'est pas déformé, il est donc postérieur au pluton granitique.
- ★ Une surface d'érosion limite les strates de la série sédimentaire précédente. On constate que le grès recouvre cette surface d'érosion, et il n'est pas touché par le plissement ni par la faille. on peut donc penser que cette surface s'est mise en place antérieurement au dépôt de grès. Ce dernier s'est déposé postérieurement.
- ★ Le grès renferme des inclusions (Galets) de roches avoisinantes qui lui sont antérieur.

2) Enoncé du principe de recoupement et d'inclusion :

Toute déformation ou formation de roche recoupant (Traversant) des sédiments la précédant, ou s'introduisant en son sein, est considérée plus récente que ces sédiments.










④ Principe d'identité paléontologique: (Voir document 4 et 5)

**Document 4: Principe d'identité paléontologique:**

Le tableau ci-dessous présente la répartition stratigraphique de quelques fossiles retrouvés dans les couches de phosphates d'Ouled Abdoun.

A partir de l'analyse des données de ce document :

- 1) Déterminez les caractéristiques des fossiles stratigraphiques et déduire leur importance dans la datation relative des strates.
- 2) Enoncez le principe d'identité paléontologique.

|   |   |  |   |  |
|---|---|--|---|--|
|   |   |   |   |  |
| Odontaspis  | Lamna-asc   | Lamna-bia  | Rhombodus   | Enchodus   |
|  |  |  |  |  |
| Ostrea  | Pseudaspi..   | Mosasaurus   | Corax   |  |

| Quelques fossiles retrouvés dans les couches de phosphates d'Ouled Abdoun | Répartition stratigraphique |          |          |               |         |           |          |          |
|---|-----------------------------|----------|----------|---------------|---------|-----------|----------|----------|
|   | Crétacé                     |          |          |               | Eocène  |           |          |          |
|   | Cénomannien                 | Turonien | Sénonien | Maastrichtien | Montien | Thanétien | Yprésien | Lutétien |
| <b>Odontaspis substriata</b>  |                             |          |          |               | +       | +         | +        |          |
| <b>Lamna aschersoni</b>   |                             |          |          |               |         | +         | +        |          |
| <b>Lamna biauriculata</b>   |                             |          |          | +             |         |           |          |          |
| <b>Rhombodus binkhorsti</b>   |                             |          |          | +             |         |           |          |          |
| <b>Enchodus libycus</b>   |                             |          |          | +             |         |           |          |          |
| <b>Corax pristodontus</b>   |                             |          |          | +             |         |           |          |          |
| <b>Ostrea canaliculata</b>  |                             |          |          |               | +       |           |          |          |
| <b>Pseudaspidoceras</b>   |                             | +        | +        | +             |         |           |          |          |
| <b>Mosasaurus leidon</b>  |                             |          | +        |               |         |           |          |          |



1) Caractéristiques des fossiles stratigraphiques et leur importance dans la datation relative des strates :

- ★ Les roches sédimentaires renferment, souvent, des fossiles qui renseignent sur les conditions, les milieux de sédimentation et leur âge relatif. Ces fossiles sont les restes ou les empreintes d'êtres vivants, morts au moment de la formation des roches sédimentaires.
- ★ On constate que les couches de phosphate d'Ouled Abdoun, contiennent un certain nombre de formes de fossiles, notamment des dents de requin. Certains de ces fossiles n'existent qu'à un niveau unique de la série stratigraphique, comme par exemple : *Lamna biauriculata*, *Rhombodus binkhorsti*, *Enchodus libycus*, *Corax pristodontus*, *Ostrea canaliculata* et *Mosasaurus leidon*. Cela s'explique par le fait que certains organismes ont eu une durée d'existence relativement brève au cours des temps géologiques. Ce sont donc de bons marqueurs temporels. On les appelle fossiles stratigraphiques.
- ★ Le fossile stratigraphique est un fossile caractéristique d'une époque géologique délimitée dans le temps, et qui a une forte extension géographique. il permet de dater aisément les couches dans laquelle il se trouve.

2) Enoncé du principe d'identité paléontologique : **Les formations sédimentaires, qui renferment un même bon fossile stratigraphique, sont considérées de même âge.**

**Document 5: fossile de faciès et fossile stratigraphique:**

Les récifs coralliens (Figure 1), sont des structures naturelles édifiées par des animaux marins (les coraux) apparus dans les régions tropicales et vivent encore dans les mers peu profondes, avec des eaux chaudes et riches (Entre le parallèle 30° nord et 30° sud).

Les ammonites (Figure 2), sont des mollusques marins exclusivement fossiles ayant vécu dans les mers épicontinentales du jurassique au crétacé.

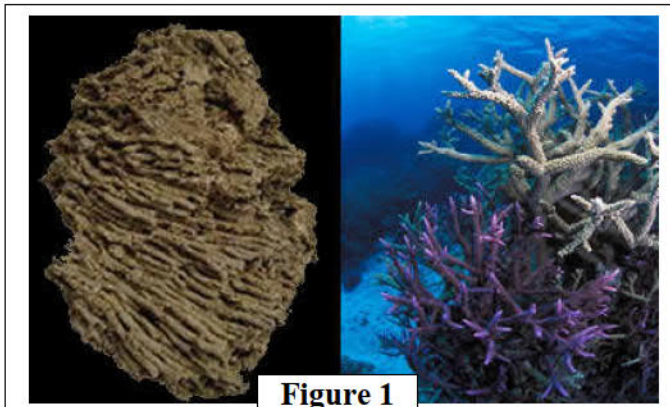


Figure 1

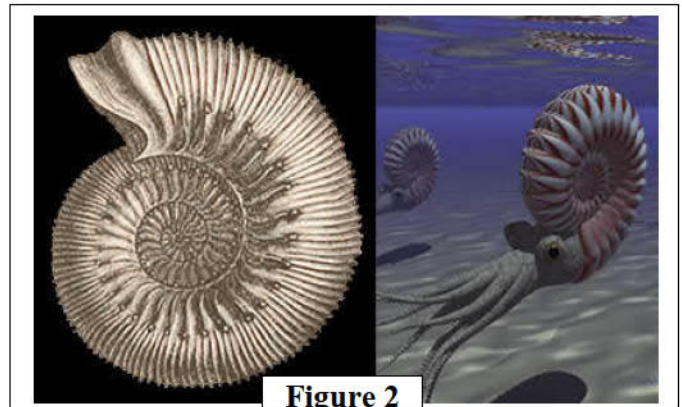


Figure 2

- 1) Comparez ces deux types de fossiles, et enlevez des arguments permettant d'affirmer que seules les ammonites constituent un excellent fossile stratigraphique permettant une datation relative des couches sédimentaires éloignées.
- 2) Déterminer l'importance des fossiles stratigraphiques dans l'établissement de l'échelle stratigraphique.

- 1) ★ Les récifs coralliens ont une distribution locale bien limitée, étroitement liée aux conditions physiques, chimiques et biologiques de l'environnement. On dit que les récifs coralliens ont une extension géographique étroite (Extension horizontale) et une extension verticale vaste (n'est pas limitée dans le temps). Ces fossiles nous donnent des informations sur l'environnement du milieu de sédimentation. On les appelle des fossiles de faciès.



★ Les ammonites sont caractéristiques d'une époque géologique délimitée dans le temps. La présence de ces fossiles dans une roche sédimentaire quelque soit sa localisation géographique indique qu'elle s'est formée à cette époque. Les ammonites permettent donc de dater les couches sédimentaires d'où elles sont issues. On les appelle donc des fossiles stratigraphiques.

2) Les différentes couches sédimentaires ne possèdent pas les mêmes fossiles et on a pu ainsi associer un âge relatif à chaque couche possédant une association de fossiles définie. On a ainsi construit l'échelle stratigraphique internationale des temps géologiques.

**Remarque :** Les limites d'application du principe d'identité paléontologique :

- ★ L'absence ou le non conservation des fossiles.
- ★ Fossiles n'ayant pas gardé leur position d'origine (Erodés ou déplacés).
- ★ Certains fossiles ne sont ni exclusivement continentaux, ni marins, ce qui rend la corrélation plus délicate.

## II – La construction de l'échelle stratigraphique:

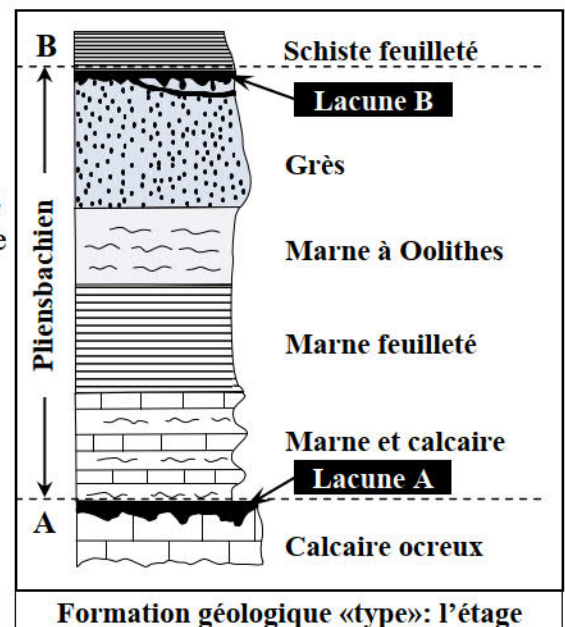
### ① La notion d'étage et de stratotype: (Voir le document 6)

#### Document 6: Notion d'étage et de stratotype:

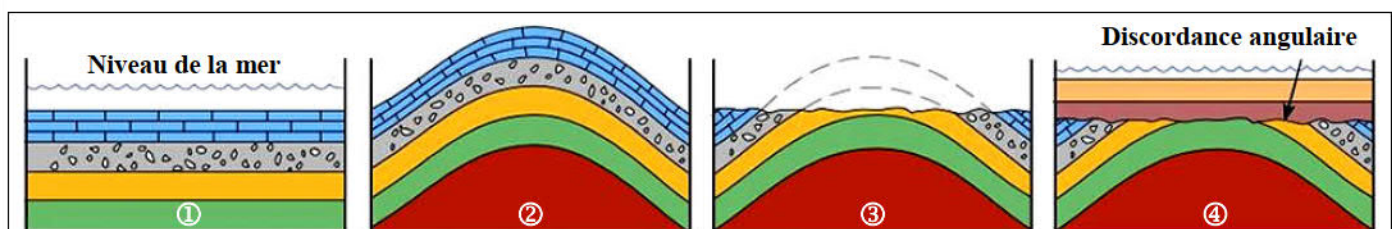
La limite A qui surplombe le calcaire ocreux, est formée d'enduit ferrugineux à nodules phosphatés, contenant des fossiles d'âges variés caractéristiques des couches rocheuses absentes dans la série sédimentaire, ce qui indique l'absence de sédimentation qui est due aux vagues et courants marins très forts. Cette limite s'appelle : lacune stratigraphique.

Dans la limite B on trouve des grès sableux et du fer Oolitique qui caractérisent des faciès marins peu profond, ce qui annonce une régression marine, cause de la lacune stratigraphique B.

A et B limitent un stratotype (Exemple : Stratotype Pliensbachien) se rapportant à la région de Pliensbach en Allemagne.



La figure ci-dessous représente un modèle explicatif de lacunes stratigraphiques.



En exploitant les données de ce document:

- 1) Identifiez les caractéristiques des limites du stratotype Pliensbachien.
- 2) Définissez la lacune stratigraphique, le stratotype et l'étage.
- 3) Montrez l'importance de la lacune stratigraphique dans la délimitation d'un stratotype.



1) Le Pliensbachien est un ensemble de couches sédimentaires marines constituées de marnes alternées par des bancs de calcaire. Ce stratotype est délimité par des intervalles de non dépôt (interruption de sédimentation), appelées lacunes stratigraphiques.

2) Définitions:

✓ La lacune stratigraphique:

Lorsqu'il n'y a pas de continuité chronologique entre deux couches sédimentaire, on parle de lacune. Il y a deux types de lacunes:

– Lacune d'érosion: l'érosion a enlevé des couches, puis la sédimentation a repris en laissant la lacune.

– Lacune de sédimentation: pendant la période correspondant à la durée de la lacune, la sédimentation s'est interrompue.

Lorsqu'il y a interruption de la sédimentation, suivie d'une déformation (failles ou plissement) et d'une érosion, puis sédimentation, il y a discordance entre les couches anciennes déformées et celles récentes, horizontales. On parle dans ce cas de discordance angulaire.

✓ Le stratotype:

C'est un ensemble de couches sédimentaires caractérisé par son contenu lithologique et paléontologique spécifique, choisie dans une série sédimentaire d'origine marine et fossilifère, délimitée par des lacunes stratigraphiques. Cette coupe représente un intervalle de temps précis.

✓ L'étage :

L'étage est une unité chronostratigraphique dont la valeur est universelle. Il est défini à partir d'une coupe de référence: le stratotype.

L'étage est donc une unité de temps qui correspond à un âge géologique. Il prend le nom du lieu géographique où le stratotype a été identifié pour la première fois en ajoutant le suffixe «ien» (Ex : Pliensbachien). Généralement un étage représente une durée de temps comprise entre 2 et 10 millions d'années.

3) Les lacunes stratigraphiques, facilitent le découpage stratigraphique d'une série, elles ont été mises en profit pour placer des coupures dans l'histoire géologique des bassins étudiés et par extension, dans l'histoire de la terre : limites d'étages.

## ② La notion du cycle sédimentaire: (Voir document 7)

### **Document 7: La notion du cycle sédimentaire:**

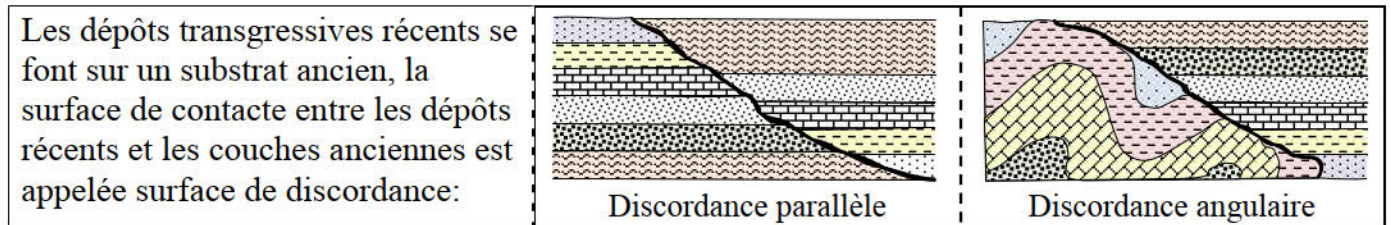
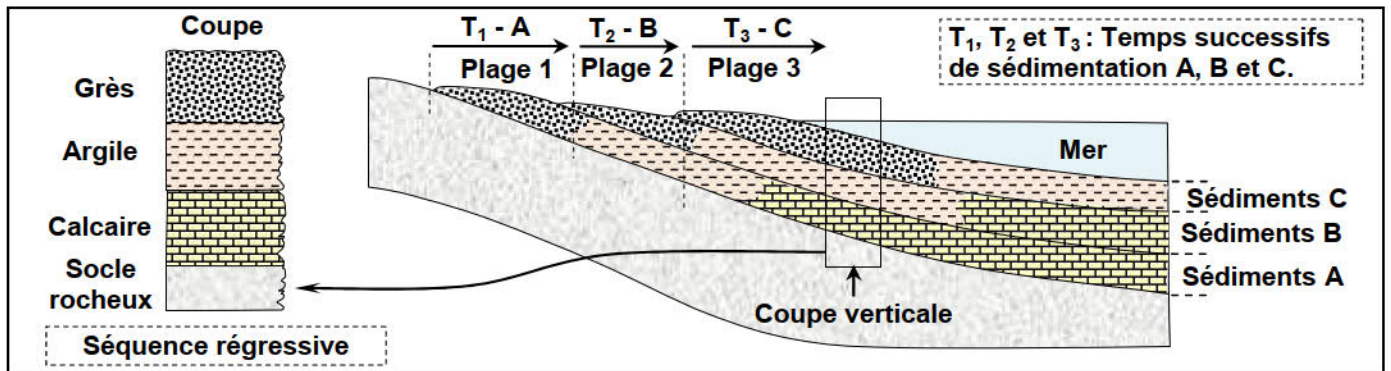
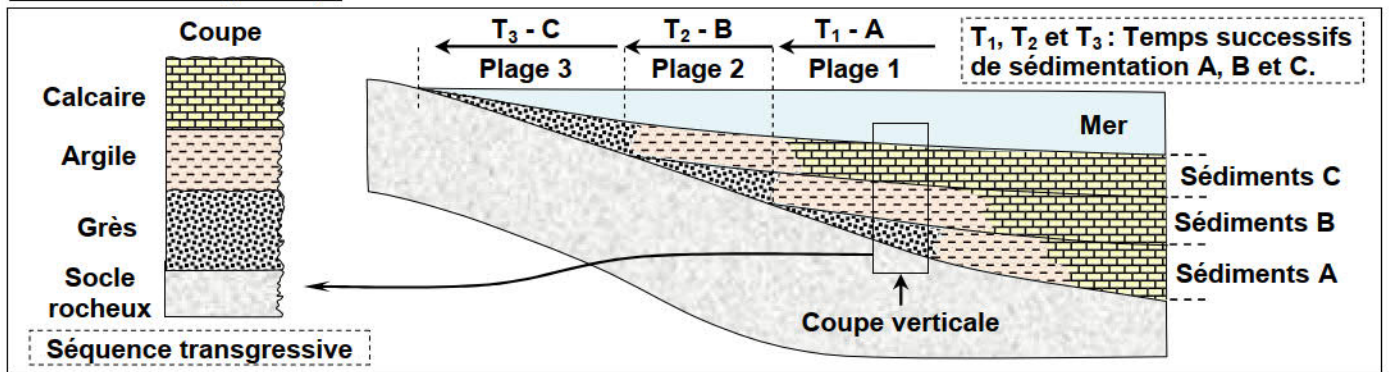
Le plateau continental est le lieu où les éléments détritiques, apportés par les fleuves ou par le vent, se déposent par gravité: les plus gros se déposent près du rivage, les plus fins sont transportés plus loin. Il en résulte un granoclassement latéral.

L'extension des différentes roches sédimentaires varie avec les mouvements d'avancée (transgression) ou de recul (régression) de la mer. Donc les roches sédimentaires par leur nature et leur extension enregistrent les variations relatives du niveau de la mer

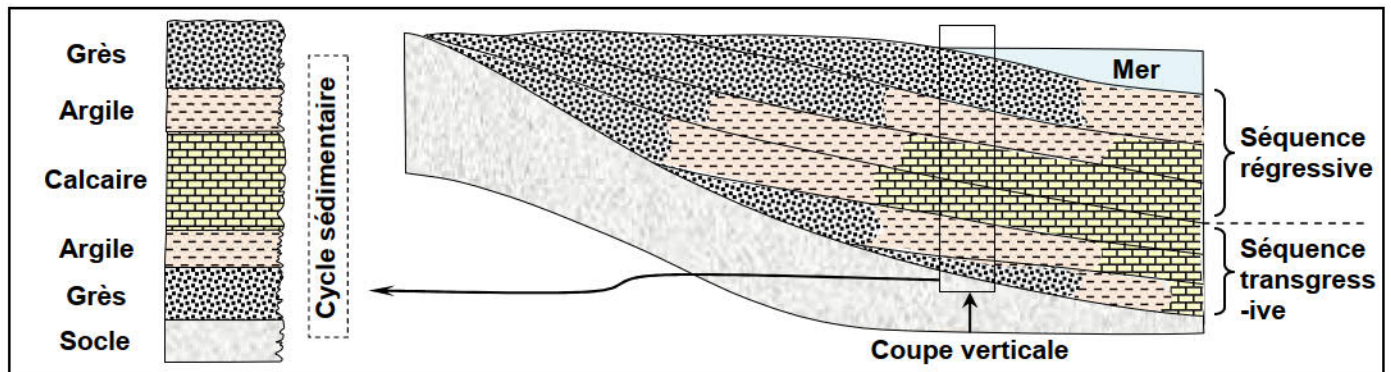
La séquence verticale des roches (granoclassement vertical) va donc changer selon qu'elle a enregistré une phase transgressive (séquence transgressive ou positive) ou une phase régressive (séquence régressive ou négative) (Voir les figures ci-dessous).



**Document 7: (Suite):**



Un même bassin peut être envahi à plusieurs reprises par la mer. L'ensemble des phénomènes sédimentaires accomplis entre une transgression et la régression suivante constitue un cycle sédimentaire (Voir figure ci-dessous).



En exploitant les données de ce document, comparez deux séries sédimentaires, l'une transgressive et l'autre régressive, et en déduire les attributs distinctifs de chacune d'elle et la notion de cycle sédimentaire.

⇒ Les caractéristiques des séquences transgressives et les séquences régressives:

★ La transgression:

Quand la mer avance progressivement sur une région continentale elle l'immerge, suite à des mouvements tectoniques (abaissement d'une région ou surélévation des fonds marins), les sédiments se déposent successivement en fonction de l'avancement de la mer, formant une série de dépôt sédimentaire caractéristique (Série transgressive) qui débute par des dépôts grossier (Conglomérat, grès) et s'achève par des dépôts très fins (argile, calcaire).



Les couches transgressives se déposent sur la surface du socle ancien qui a subi l'érosion et qui a une structure différente de la structure de couverture. La limite qui sépare le socle de la couverture s'appelle discordance. On distingue deux types de discordances :

- ✓ Discordance tabulaire ou parallèle: quand les dépôts récents horizontaux se trouvent sur des couches anciennes horizontales non déformées.
- ✓ Discordance angulaire : quand les dépôts récents horizontaux se trouvent sur des couches anciennes déformées.

#### ★ La régression:

Pour des raisons tectoniques telle que la surélévation d'une région continentale ou l'abaissement des fonds marins, les eaux de mer recule progressivement du continent vers le large de l'océan, les sédiments se déposent successivement en fonction du recule de la mer formant une série de dépôt sédimentaire caractéristique (Série régressive) qui débute par des dépôts fins (Calcaire, argile) et s'achève par des dépôts grossiers (Grès, conglomérat). On passe d'un faciès marin à un faciès continentale.

#### ⇒ Le cycle sédimentaire:

##### ★ Définition du cycle sédimentaire:

La succession d'une transgression suivie du dépôt d'une série transgressive et d'une régression précédée du dépôt d'une série régressive constitue un cycle sédimentaire. On appelle aussi cycle sédimentaire l'ensemble des sédiments déposés au cours de cette succession.

#### ③ La notion de biozone: (Voir document 8)

##### **Document 8: La biozone une unité stratigraphique:**

★ L'étage, en tant qu'unité stratigraphique, est essentiel dans la mise en place d'une échelle stratigraphique, mais il reste insuffisant. Ce qui a poussé les géologues à établir une unité aussi importante dite biozone. Cette dernière se base sur le contenu paléontologique de la strate étudiée.

★ La biostratigraphie est l'étude de la répartition des espèces dans les strates et donc dans les temps géologiques et qui permet un découpage en biozone (Biozonation).

★ Les extinctions massives et simultanées qui touchent des espèces variées sur une large échelle géographique, sont plus rares et sont qualifiés de crises biologiques. Ainsi, à chaque crise correspond une coupure qui permet de délimiter des ères géologiques:

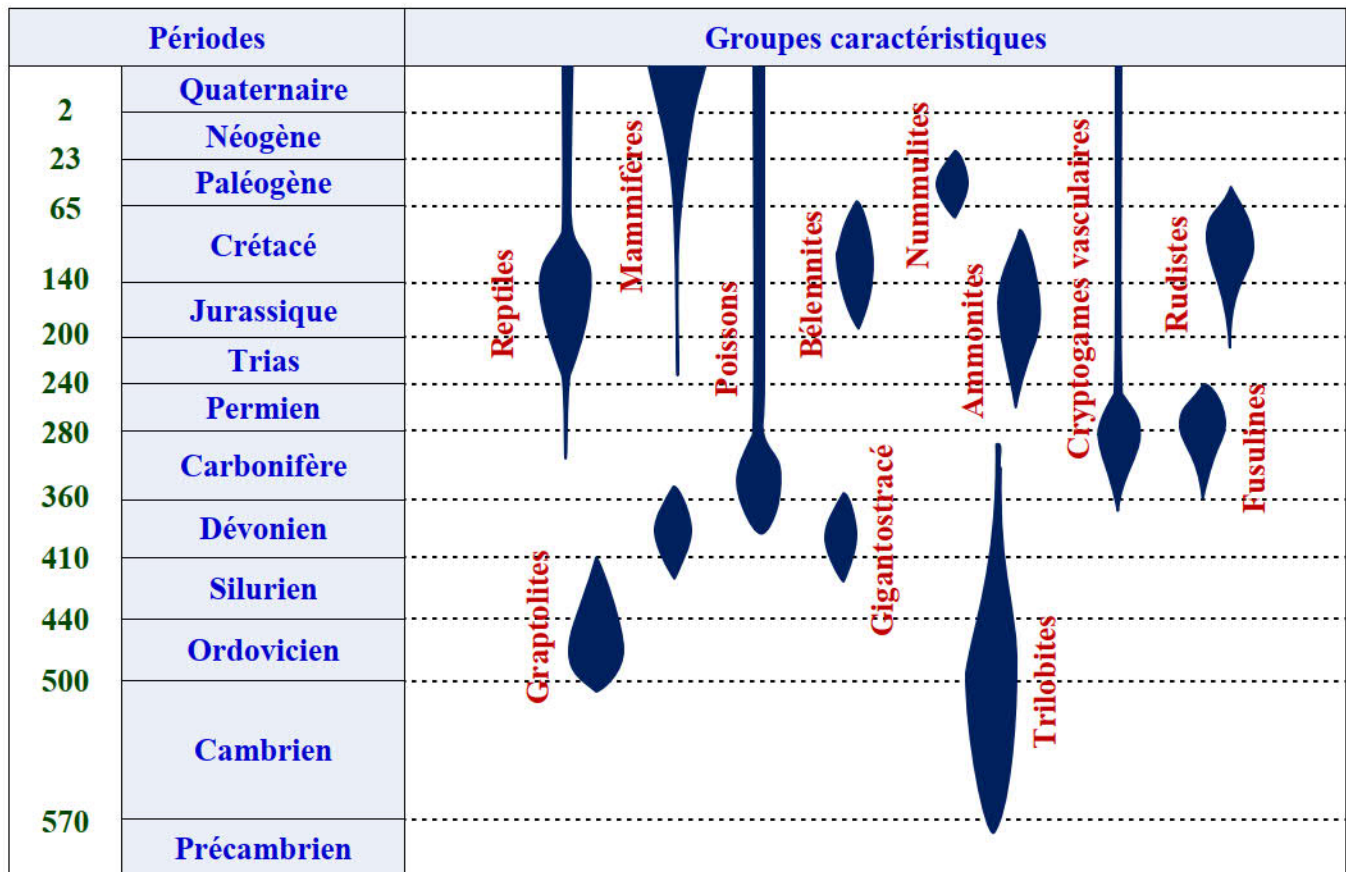
- ✓ Crise de la fin de l'ordovicien : Extinction d'environ le 1/3 de la faune marine en particulier les coraux.
- ✓ Crise de la fin du dévonien : Disparition de 90% des phytoplanctons et de 70% du zooplancton.
- ✓ Crise de la fin du permien : 96% des espèces éteintes. Cette crise a marquée la limite entre l'ère primaire et l'ère secondaire.
- ✓ Crise de la fin du crétacé et début du tertiaire : La disparition des dinosaures et d'autres animaux comme les foraminifères.





## Document 8: (Suite):

★ La figure suivante présente l'extension des principaux groupes de fossiles stratigraphiques.



En se basant sur les données de ce document, déterminez la notion de biozone et montrez son importance dans l'établissement de l'échelle stratigraphique.

L'évolution des êtres vivants peut être considérée comme un marqueur irréversible du temps. C'est pourquoi on utilise les fossiles présents dans les couches géologiques afin de définir des unités du temps.

Pour classer les couches géologiques d'un point de vue stratigraphique, on les divise en unités distinguées par des différences dans leur teneur en fossiles.

La biozone est l'unité de base de la biostratigraphie. Elle correspond à l'ensemble des couches successives contenant effectivement une ou plusieurs espèces fossiles.

L'apparition ou la disparition irréversible d'une espèce, constituent des repères chronologiques et permettent ainsi d'établir des coupures dans les temps géologiques.

### ④ La notion du cycle orogénique:

On appelle cycle orogénique ou cycle tectonique la succession des événements correspondant à la formation puis à la destruction d'une chaîne de montagnes. Un tel cycle comprend en général trois phases :

- ✓ Une sédimentation dans un bassin sédimentaire;
- ✓ Le plissement des sédiments accumulés dans le bassin sédimentaire et formation d'une chaîne de montagnes;
- ✓ L'érosion de la chaîne montagneuse.



Le début de chaque cycle est marqué, à la base des strates qui lui correspondent, par une discordance majeure sur les strates affectées par le cycle précédent. Cette discordance représente du temps géologique et peut-être utilisée dans la construction de l'échelle stratigraphique.

#### ⑤ **La notion de l'ère et de la période:**

L'échelle stratigraphique définit des repères mais il manque la notion de temps. En effet, une couche sédimentaire se dépose avec une certaine vitesse: on définit ainsi le temps de dépôt d'un étage par un âge et plusieurs étages forment une série ou époque (Crétacé inférieur et le Crétacé supérieur). Plusieurs séries forment un système ou période (le Crétacé, le Jurassique). Plusieurs systèmes forment un érathème ou ère.

Les temps géologiques ont été découpés par les géologues en une échelle chronologique. Ainsi, l'histoire des temps fossilifères a été divisée, dès le XIXe siècle, en trois ères: Le primaire, le secondaire, le tertiaire et le quaternaire.

#### ⑥ **L'échelle des temps géologiques:** (Voir document 9)



# Document 9: Echelle des temps géologiques (Echelle stratigraphique):

| Ere Sys                            |                                | Série                  | Etage            | Âg e             | Ere Sys                       | Série          | Etage        | Âg            |            |          |       |
|------------------------------------|--------------------------------|------------------------|------------------|------------------|-------------------------------|----------------|--------------|---------------|------------|----------|-------|
| <b>CENOZOÏQUE (Terti + Quater)</b> | Quat                           | Pléistocène \ Holocène |                  | 2,58             | <b>PALEOZOÏQUE (Primaire)</b> | <b>Permien</b> | Lopingien    | Changhsingien | 252,1      |          |       |
|                                    |                                | Pliocène               |                  | Piacenzien       |                               |                | 3,6          | Wuchiapingien | 254,14     |          |       |
|                                    |                                |                        | Zancéen          | 5,33             |                               |                | Capitanien   | 259,8         |            |          |       |
|                                    | <b>Néogène</b>                 | <b>Miocène</b>         |                  | Messinien        |                               |                | 7,25         | Wordien       | 265,1      |          |       |
|                                    |                                |                        |                  | Tortonien        |                               |                | 11,62        | Roadien       | 268,8      |          |       |
|                                    |                                |                        |                  | Serravalien      |                               |                | 13,82        | Kungurien     | 272,3      |          |       |
|                                    |                                |                        |                  | Langhien         |                               |                | 15,97        |               |            |          |       |
|                                    |                                |                        |                  | Burdigalien      |                               |                | 20,44        |               |            |          |       |
|                                    |                                | <b>Paléogène</b>       | <b>Oligocène</b> |                  |                               |                | Aquitanien   | 23,0          | Artinskien | 283,5    |       |
|                                    |                                |                        |                  |                  |                               |                | Chattien     | 28,1          | Sakmarien  | 290,1    |       |
|                                    |                                |                        |                  | <b>Eocène</b>    |                               |                |              | Rupélien      | 33,9       | Assélien | 295,0 |
|                                    |                                |                        |                  |                  |                               |                |              | Priabonien    | 38,0       | Gzhélien | 298,9 |
|                                    |                                |                        |                  |                  |                               |                | Bartonien    | 41,3          | Kasimovien | 303,7    |       |
|                                    | <b>Paléocène</b>               |                        |                  | Lutétien         |                               | 47,8           | Moscovien    | 307,0         |            |          |       |
|                                    |                                |                        |                  | Yprésien         |                               | 56,0           | Bashkirien   | 315,2         |            |          |       |
|                                    |                                |                        |                  | Thanétien        |                               | 59,2           | Serpukhovien | 323,2         |            |          |       |
|                                    |                                |                        |                  | Sélandien        |                               | 61,6           | Viséen       | 330,9         |            |          |       |
|                                    |                                |                        |                  | Danien           |                               | 66,0           |              |               |            |          |       |
|                                    | <b>MEZOZOÏQUE (Secondaire)</b> | <b>Crétacé</b>         | <b>Supérieur</b> | Maestrichtien    |                               | 72,1           | Tournaisien  | 346,7         |            |          |       |
|                                    |                                |                        |                  | Campanien        |                               | 83,6           | Famennien    | 358,9         |            |          |       |
|                                    |                                |                        |                  | Santonien        |                               | 86,3           | Frasnien     | 372,2         |            |          |       |
|                                    |                                |                        |                  | Coniacien        |                               | 89,8           | Givétien     | 382,7         |            |          |       |
|                                    |                                |                        |                  | Turonien         |                               | 93,9           | Eifélien     | 387,7         |            |          |       |
|                                    |                                |                        | <b>Inférieur</b> | Albien           |                               | 113,0          | Emsien       | 393,3         |            |          |       |
|                                    |                                |                        |                  | Aptien           |                               | 125,0          | Praguien     | 407,6         |            |          |       |
|                                    |                                |                        |                  | Barrémien        |                               | 129,4          | Lochkovien   | 410,8         |            |          |       |
|                                    |                                |                        |                  | Hauterivien      |                               | 132,9          |              |               |            |          |       |
|                                    |                                |                        |                  | Valanginien      |                               | 139,8          |              |               |            |          |       |
|                                    |                                | Berriasien             |                  | 145,0            |                               |                |              |               |            |          |       |
|                                    |                                | <b>Jurassique</b>      |                  | <b>Supérieur</b> |                               | Tithonien      | 152,1        | Pridoli       | 419,2      |          |       |
| Kimméridgien                       |                                |                        |                  |                  | 157,3                         | Ludfordien     | 423,0        |               |            |          |       |
| Oxfordien                          |                                |                        |                  |                  | 163,5                         | Ludlow         | 425,6        |               |            |          |       |
| Callovien                          |                                |                        |                  |                  | 166,1                         | Gorstien       | 427,4        |               |            |          |       |
| Bathonien                          |                                |                        | 168,3            |                  | Wenlock                       | 430,5          |              |               |            |          |       |
| <b>Moyen</b>                       |                                |                        | Bajocien         | 170,3            | Llandovery                    | 434,3          |              |               |            |          |       |
|                                    |                                |                        | Aalénien         | 174,1            | Télychien                     | 438,5          |              |               |            |          |       |
|                                    |                                |                        | Toarcien         | 182,7            | Aéronien                      | 440,8          |              |               |            |          |       |
|                                    |                                |                        | Pliensbachien    | 190,8            | Rhuddanien                    | 443,4          |              |               |            |          |       |
|                                    | Sinemurien                     |                        | 199,3            | Hirnatien        | 445,2                         |                |              |               |            |          |       |
| <b>Trias</b>                       | <b>Inférieur</b>               | Hettangien             | 201,3            | Katien           | 448,4                         |                |              |               |            |          |       |
|                                    |                                | Rhétien                | 208,5            | Sandbien         | 453,0                         |                |              |               |            |          |       |
|                                    |                                | Norien                 | 227,0            | Darriwilien      | 458,4                         |                |              |               |            |          |       |
|                                    |                                | Carnien                | 237,0            | Dapingien        | 467,3                         |                |              |               |            |          |       |
|                                    |                                | Ladinien               | 242,0            | Floien           | 470,0                         |                |              |               |            |          |       |
|                                    | <b>Moyen</b>                   | Anisien                | 247,2            | Trémadocien      | 477,7                         |                |              |               |            |          |       |
|                                    |                                | Olenékien              | 251,2            | Etage 10         | 485,4                         |                |              |               |            |          |       |
|                                    |                                | Induen                 | 252,17           | Furongien        | 489,5                         |                |              |               |            |          |       |
|                                    |                                |                        |                  | Jiangshanien     | 494,0                         |                |              |               |            |          |       |
|                                    |                                |                        |                  | Paibien          | 497,0                         |                |              |               |            |          |       |
| <b>PALEOZOÏQUE (Secondaire)</b>    | <b>Carbonifère</b>             | <b>Supérieur</b>       | Séries 3         | Guzhangien       | 500,5                         |                |              |               |            |          |       |
|                                    |                                |                        | Séries 2         | Drumien          | 504,5                         |                |              |               |            |          |       |
|                                    |                                |                        | Etage 5          | Etage 5          | 509,0                         |                |              |               |            |          |       |
|                                    |                                |                        | Etage 4          | Etage 4          | 514,0                         |                |              |               |            |          |       |
|                                    |                                |                        | Etage 3          | Etage 3          | 521,0                         |                |              |               |            |          |       |
|                                    |                                | <b>Inférieur</b>       | Etage 2          | Etage 2          | 529,0                         |                |              |               |            |          |       |
|                                    |                                |                        | Fortunien        | Fortunien        | 541,0                         |                |              |               |            |          |       |
|                                    |                                |                        | Protérozoïque    | Protérozoïque    | 2500                          |                |              |               |            |          |       |
|                                    |                                |                        | Archéen          | Archéen          | 4000                          |                |              |               |            |          |       |
|                                    |                                |                        | Hadéen           | Hadéen           | 4600                          |                |              |               |            |          |       |

Cycle orogénique alpin

Cycle orogénique hercynien

Cycle orogénique calédonien

Plusieurs cycles



### III – La carte géologique: bilan synthétique des études stratigraphiques

#### ① Réalisation de la carte géologique:

##### a) Rappel: la carte et profil topographique (Voir le document 10)

#### Document 10: La carte topographique:

La carte topographique est une représentation plane des reliefs de la surface terrestre, permettant de percevoir le relief, déterminer des altitudes et mesurer des pentes.

Les reliefs sont représentés par les courbes de niveau qui sont des lignes imaginaires placées sur la carte, qui joignent tous les points situés à la même altitude. Une courbe de niveau est la ligne d'intersection d'un plan horizontal avec le relief du terrain.

La figure ci-contre montre Principe de construction des courbes de niveaux.

E = équidistance : c'est la distance verticale séparant deux courbes de niveau.

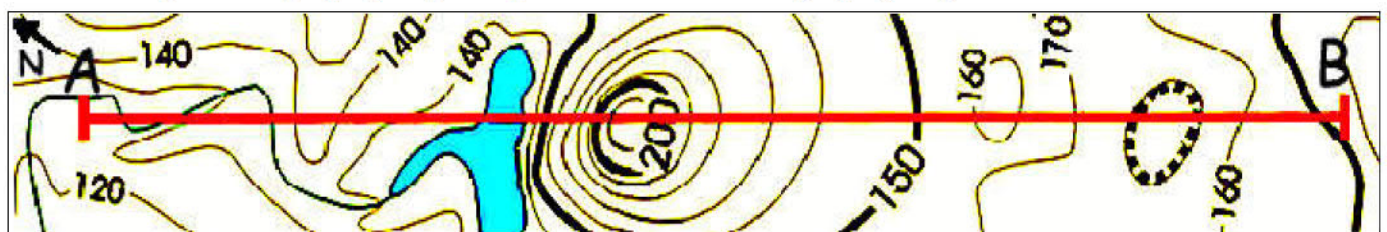
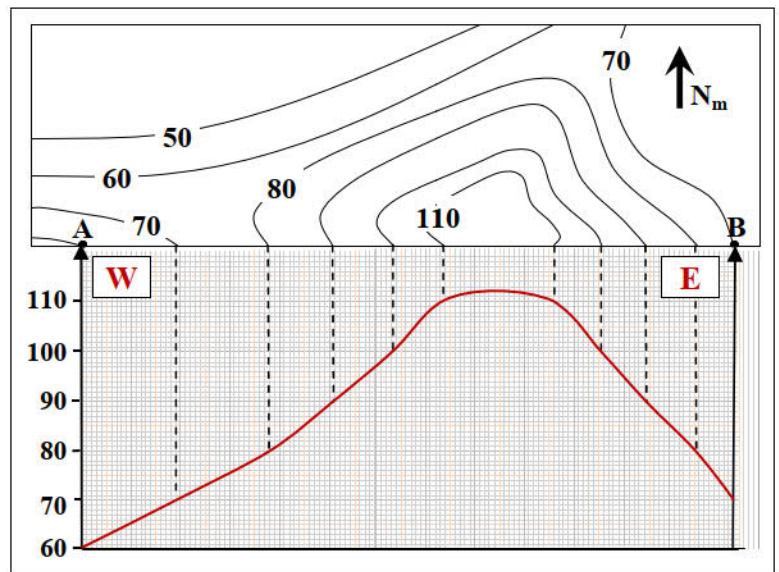
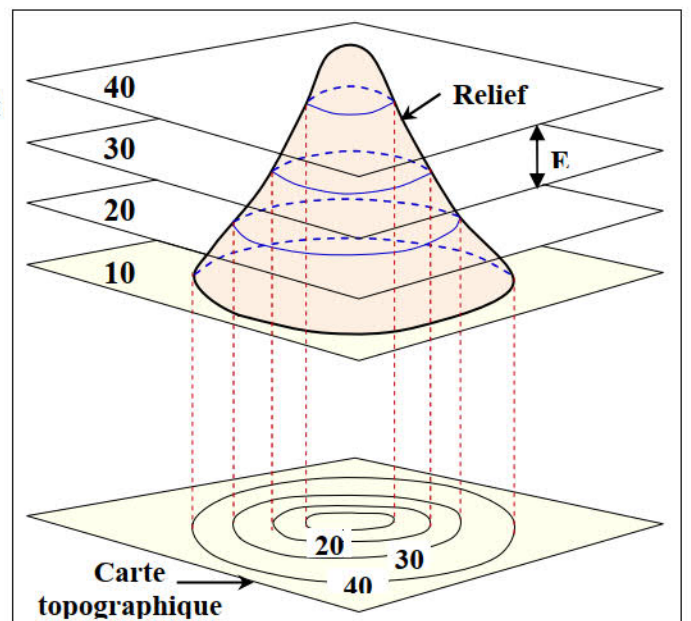
La carte topographique permet de tracer un profil topographique. Il s'agit d'une coupe verticale dans le relief selon un segment tracé sur la carte.

A l'aide des indications données sur la carte topographique ci-contre, reconstitue le relief situé entre A et B.

La procédure:

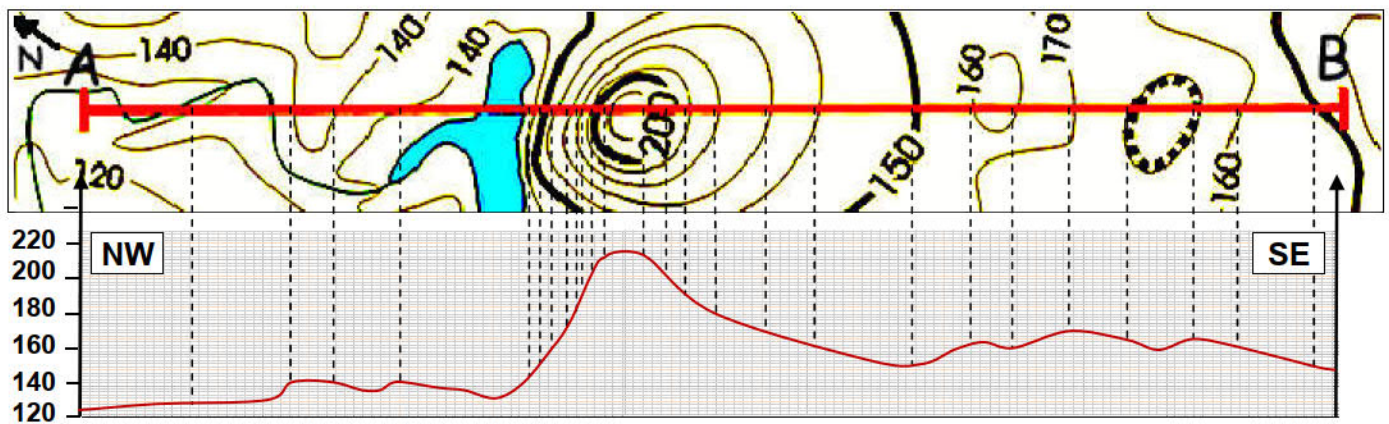
- ✓ Tracer un axe horizontal sur le papier millimétré en respectant l'échelle.
- ✓ Tracer un axe vertical en respectant l'échelle des
- ✓ Placer le bord du papier millimétré le long de l'axe AB. Chaque fois qu'une courbe de niveau recoupe cette ligne AB, marquer le bord du papier millimétré et indiquer l'altitude.
- ✓ Reporter ensuite chaque point en tenant compte de son altitude.
- ✓ Relier les points entre eux.
- ✓ Indiquer sur le profil topographique, l'orientation du tracé, la localisation Titre du profil Identification des éléments du paysage L'échelle horizontale L'échelle verticale Les grandes unités topographiques.
- ✓ Donner un titre en précisant à partir de quel extrait de carte géologique le profil a été réalisé.

Réalisez le profil topographique à partir de la carte topographique suivante selon AB:





Réalisation du profil topographique selon la coupe AB:

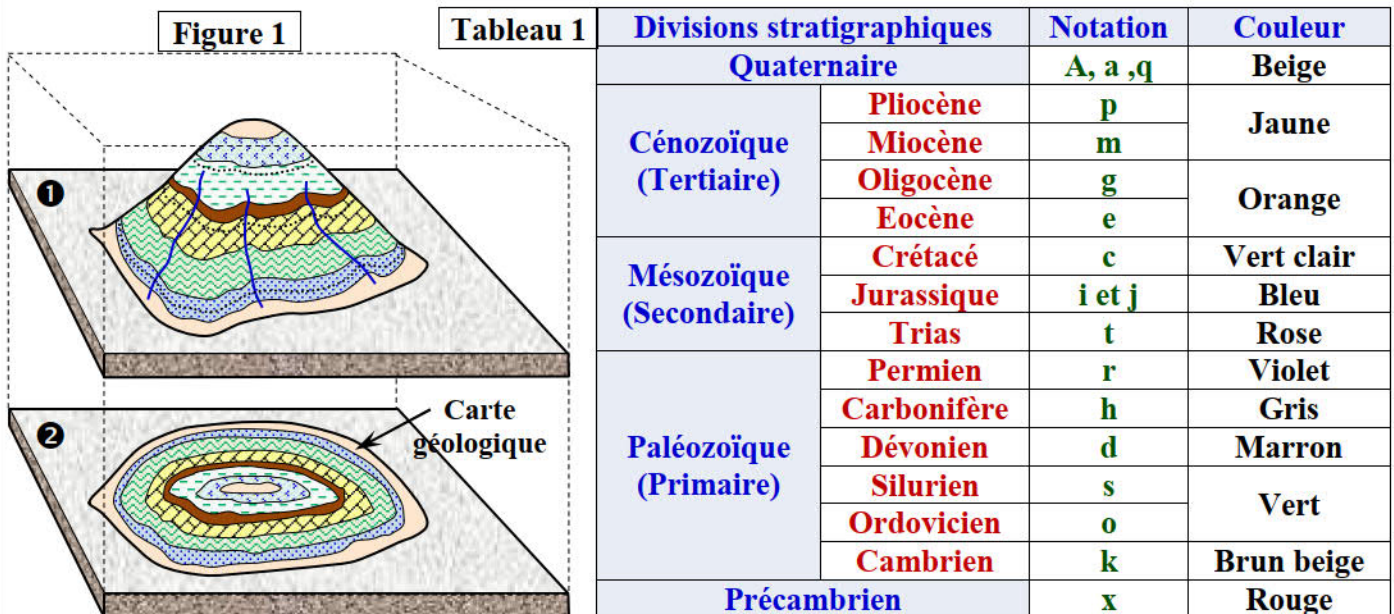


b) La carte géologique (Voir le document 11)

**Document 11: La carte géologique:**

★ La figure 1 représente la projection d'une colline (1) sur un plan (2).

★ Le tableau 1: La représentation sur une carte géologique des données stratigraphiques:



★ Le tableau 2: La représentation sur la carte géologique des données lithologiques:

| Roche  | Calcaire | Dolomite | Argile | Grés | Sable | Marne | Sel |
|--------|----------|----------|--------|------|-------|-------|-----|
| Figure |          |          |        |      |       |       |     |

★ Le tableau 3 ci-dessous: La représentation symbolique des données tectoniques:

| Degré d'inclinaison | Symbole |
|---------------------|---------|
| Nulle (0°)          | +       |
| Faible (10° → 30°)  | T       |
| Moyenne (30° → 60°) | T       |
| Forte (60° → 80°)   | T       |
| Verticale (90°)     | — —     |
| Inversée (> 90°)    | ⊥       |

|                          |               |               |
|--------------------------|---------------|---------------|
| Faille normale verticale | Bloc affaissé | Bloc soulevé  |
|                          | Bloc soulevé  | Bloc affaissé |
| Faille inverse           | Bloc affaissé | Bloc soulevé  |

En se basant sur les données de ce document, déduire les caractéristiques de la carte géologique.



Une carte géologique présente sur un fond de carte topographique, une série de taches de couleurs différentes et de dimensions plus ou moins grandes. Chacune de ces couleurs correspond à une roche affleurant en surface telle que le calcaire, la marne, l'argile, le sable, le granite, le micaschiste, le basalte, la craie, etc.

La carte géologique est un document important pour l'étude de l'écorce terrestre en ce sens qu'elle fournit beaucoup de renseignements sur la structure lithologique, tectonique, et sur l'évolution paléogéographique.

Comme toutes les cartes, la carte géologique a:

- ✓ Un nom et des indications permettant de la situer.
- ✓ Une échelle numérique et kilométrique.
- ✓ Des courbes de niveaux: maîtresses, secondaires et parfois intercalaires.
- ✓ Une équidistance des courbes de niveaux.
- ✓ Des points cotés.
- ✓ Une légende qui indique les terrains sédimentaires du plus jeune (en haut de la succession) au plus âgé (en bas de la succession).

## ② Réalisation de la coupe géologique:

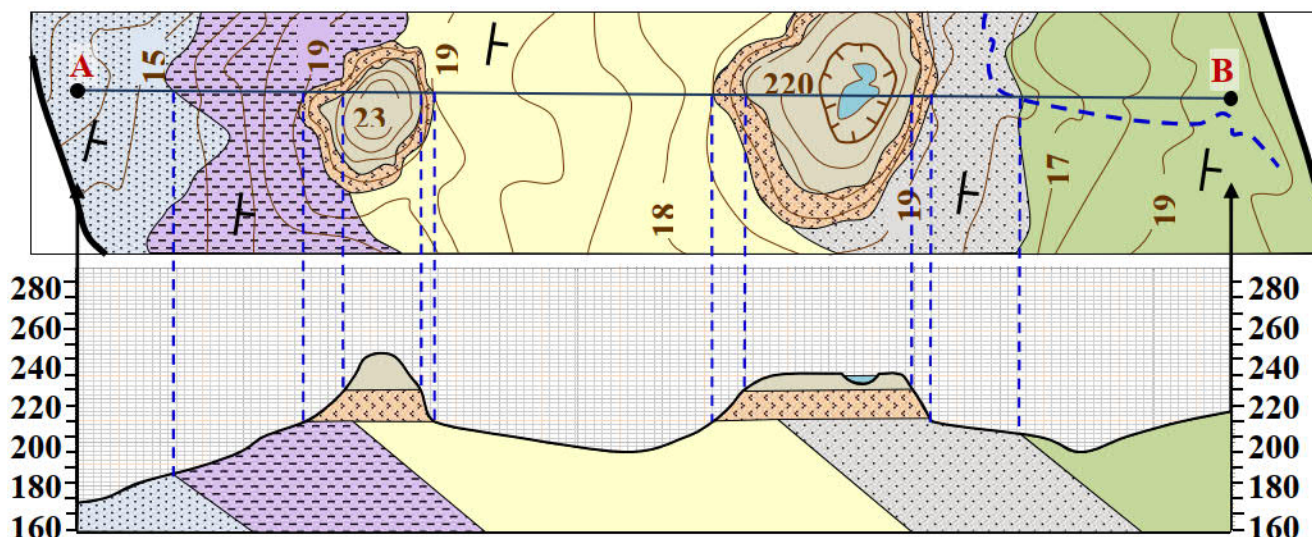
a) **Principes de réalisation de la coupe géologique:** (Voir le document 12)

### **Document 12: Principes de la réalisation d'une coupe géologique:**

Les coupes géologiques permettent de montrer la structure en profondeur. Elles sont réalisées à partir de la carte géologique en respectant les étapes suivantes:

- ✓ Bien lire la carte géologique ;
- ✓ Construire le profil topographique;
- ✓ Reporter les contours des couches géologiques et les failles sur le profil topographique;
- ✓ Calculer les pendages des limites de couche et des failles et reportez leurs amorces sur la coupe. Il est conseillé de prendre en compte l'épaisseur des couches indiquées généralement sur la légende ;
- ✓ Reconstruire la structure en profondeur de façon à respecter la stratigraphie (empilement des couches de la plus âgée à la plus jeune) sauf en cas de discontinuité (faille, discordance...);
- ✓ Enfin, compléter le schéma avec un titre, l'échelle, l'orientation et la légende.

Soit l'extrait d'une carte géologique représenté par la figure ci-dessous:





Le but de la coupe géologique est de représenter la structure en profondeur à partir des informations de surface: topographie, limites de couches, direction, pendage, etc.

La réalisation de cette coupe nécessite en premier temps la réalisation du profil topographique (voir document 12), en suite:

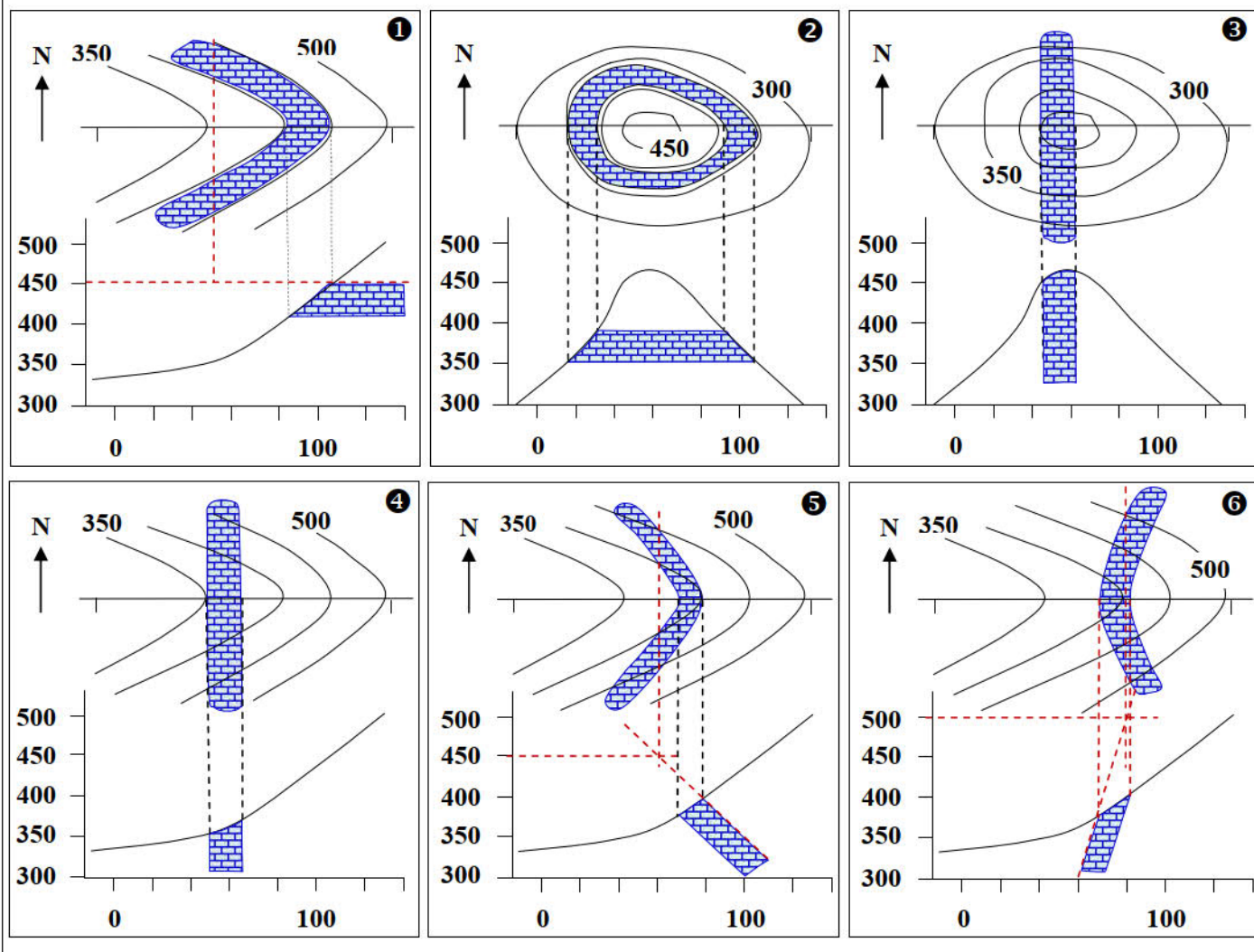
- On fait la projection des limites des couches verticalement sur le profil topographique. La strate, dont le toit et le lit apparaissent nettement, est dessinée en premiers.
- On met en place les autres strates selon les principes de superposition tout en en respectant l'épaisseur et le pendage des couches.
- On reporte sur la coupe les éléments de la carte géologiques (légende, orientation...).

La coupe géologique permet de reconstituer l'histoire d'une zone, aussi bien en termes de sédimentologie et d'environnements de dépôt que de déformation et tectonique.

### b) Détermination du pendage des couches géologiques: (document 13)

#### Document 13 : Détermination du pendage des couches géologiques.

Tracer une coupe géologique nécessite de déterminer le pendage des couches, c'est à dire de savoir dans quelle direction elles sont inclinées. Pour cela, on repère les V que dessine l'affleurement dans les vallées et observe où la limite de la couche recoupe deux fois la même courbe de niveau et où elle recoupe la courbe de niveau inférieure. Plusieurs cas de figure sont possibles. Les figures ci-dessous présentent ces cas:





On peut déterminer la position des strates sur une carte géologique en se basant soit:

- ✓ Sur les symboles d'inclinaison: Plus la queue de T est courte plus l'inclinaison est importante.
- ✓ Sur la relation entre les courbes de niveau et les contours d'affleurement des strates:  
On cherche sur la carte géologique l'emplacement d'un oued ou les courbes de niveaux forment un V et on observe la relation entre le V des courbes de niveaux avec les contours d'affleurement:
- Si les contours d'affleurement sont parallèles ou conformes aux courbes de niveau (carte ❶ et ❷), cette relation signifie que les couches sont horizontales.
- Si les contours d'affleurement coupent transversalement le V des courbes de niveaux (carte ❸ et ❹), cette relation signifie que la couche est verticale.
- Si les contours d'affleurement forment un V au niveau de l'oued, cela signifie que les couches sont inclinées.  
Pour déterminer le sens et l'amplitude de l'inclinaison on observe le V des contours d'affleurement, la pointe du V indique le sens, son ouverture indique l'amplitude:

Par exemple si la pointe du V du contour d'affleurement indique l'Est, son ouverture est assez grande: la couche est inclinée vers le Sud Est (carte ❺).

Ou bien si la pointe du V du contour d'affleurement indique l'Ouest, et son ouverture est grande: la couche est fortement inclinée vers le sud Ouest (carte ❻).

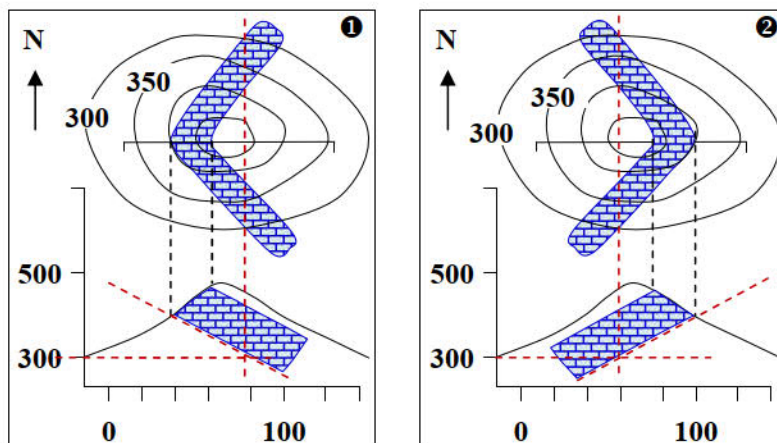
**Remarque:** (Voir le document 14)

#### Document 14 : Détermination du pendage des couches dans une colline.

La détermination du sens du pendage par l'intersection des contours d'une couche géologique avec les courbes de niveaux dépend de la topographie où le V est dessiné.

Les figures ci-contre présentent des cas d'intersection des contours de l'affleurement avec les courbes de niveau dans une colline.

Déterminez sur chaque figure le pendage de la couche géologique.



Si les contours des affleurements dessinent des formes V, la détermination du sens du pendage dépend de la topographie:

- ✓ Au niveau des vallées, la pointe du V, des contours de couches, indique le sens de pendage.
- ✓ Au niveau des collines, la pointe du V, des contours de couches, est opposée au sens du pendage.



### c) Exercices d'application:

#### Exercice 1 :

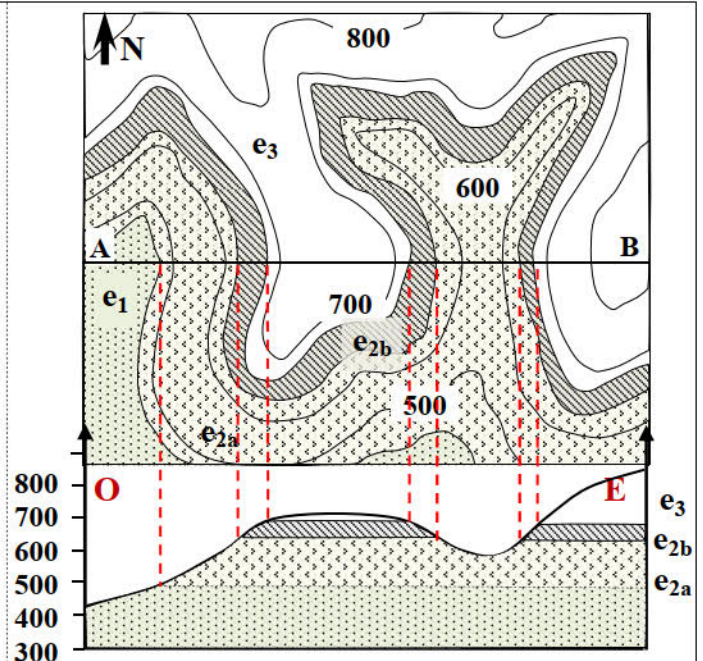
Réalisation d'une coupe géologique dans une région à structure tabulaire (Strates horizontales) ; (Voir le document 15)

#### Document 15 : Exercice d'application.

Soit l'extrait d'une carte géologique et le profil topographique (figure ci-contre).

$e_1 = 200\text{m}$ ;  $e_{2a} = 50\text{m}$ ;  $e_{2b} = 200\text{m}$ ;  $e_3 = 200\text{m}$   
Echelle : 1/100.000ème

- 1) Calculez la distance réelle AB, sachant que la distance AB sur la carte est 8 cm.
- 2) Classez par ordre chronologique de dépôt les différentes couches observées sur la carte.
- 3) Quelle est la structure observée sur la carte? Justifiez.
- 4) Réalisez la coupe géologique suivant le trait AB.



- 1) La distance réelle  $AB = 8 \text{ cm} \times 10000 = 80000 \text{ cm} = 800 \text{ m}$
- 2) L'ordre chronologique des différentes couches :  $e_1 \rightarrow e_{2a} \rightarrow e_{2b} \rightarrow e_3$
- 3) On a une structure horizontale ou tabulaire car les limites des couches et les courbes de niveau sont parallèles.
- 4) Réalisation de la coupe géologique (Voir le document 14)

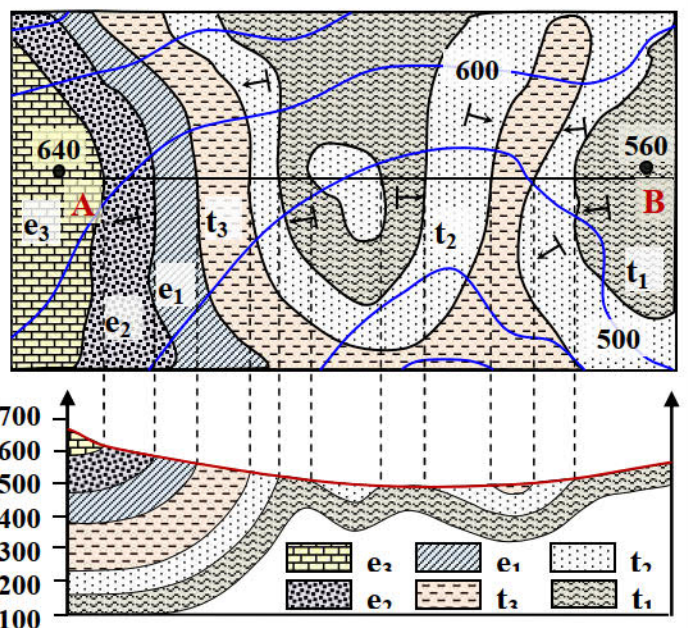
#### Exercice 2 :

Réalisation d'une coupe géologique dans une région à structure tabulaire (Strates déformées) (Voir le document 16)

#### Document 16 : Exercice d'application.

Soit l'extrait d'une carte géologique et le profil topographique (figure ci-contre).

- 1) Calculer l'échelle (E) de cette carte si la distance réelle (L) entre A et B est égale à 8,5 km, alors que la distance AB sur la carte est  $e=7\text{cm}$ .
- 2) Etablir l'ordre chronologique des couches. Quelle est l'importance de ce classement ?
- 3) Déterminer la structure géologique de cette carte. Justifier votre réponse
- 4) Réaliser le profil et la coupe géologique correspondants suivant le trait de coupe AB.





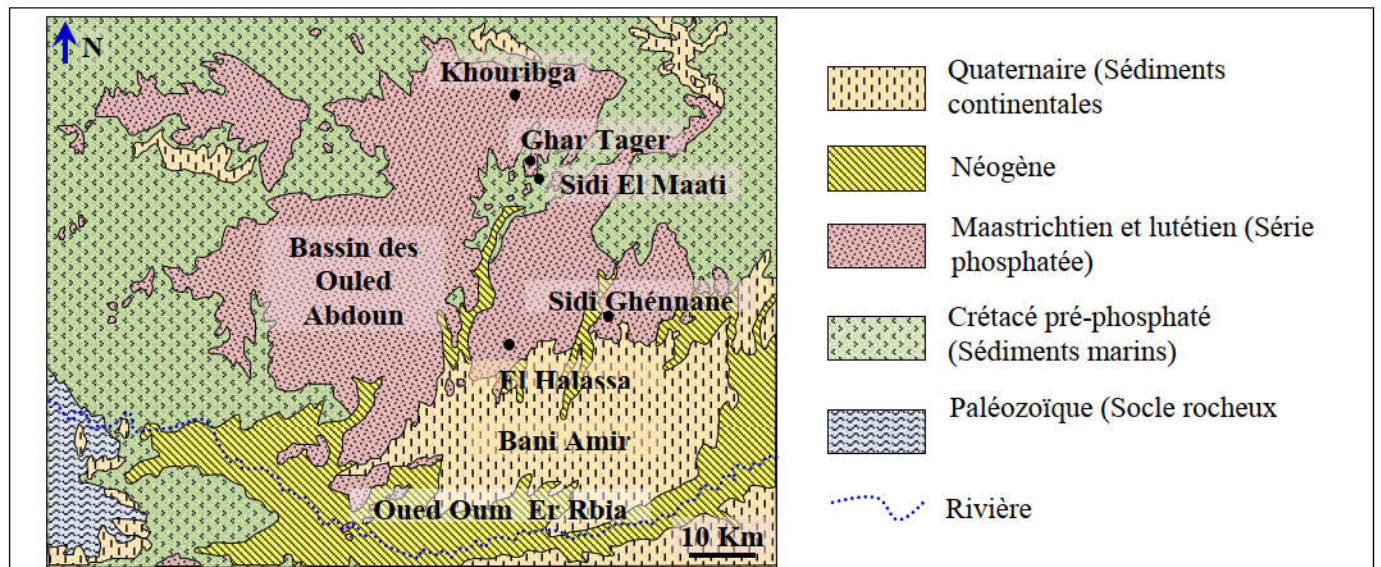
- 1) L'échelle (E) de cette carte si la distance réelle (L) entre A et B est égale à 8,5km; AB sur la carte étant e = 7 cm:  $E = L/e + 1/x$   
 $\Rightarrow x = L/e = 850000/7 = 50000$   
 $\Rightarrow E = 1/50000$
- 2) L'ordre chronologique des couches :  $t_1 ; t_2 ; t_3 ; e_1 ; e_2 ; e_3$
- 3) La structure géologique de cette carte est plissée car il y a:
  - ✓ Répétition des couches au niveau des terminaisons périclinales.
  - ✓ Pendages dans divers sens.
  - ✓ Limites des couches non parallèles aux courbes de niveau.
- 4) Coupe géologique correspondants suivant le trait de coupe AB :  
 (Voir document 16)

#### IV – Reconstitution de l'histoire géologique du bassin des phosphates:

##### **Document 17 : Reconstitution de l'histoire géologique d'un bassin phosphaté.**

La série phosphatée des Ouled Abdoun constitue la dernière série sédimentaire s'étant déposée sur le socle rocheux ancien (primaire), alors que les couches de ce dernier ont subi des déformations (plis et failles) à la fin du primaire, les couches secondaires quant à eux sont restées intactes.

★ La figure ci-dessous représente une carte géologique synthétique représentant le plateau des phosphates (Région de Khouribga).



Le tableau ci-dessous présente des données stratigraphiques et paléontologiques et une colonne stratigraphique synthétique des formations phosphatées du bassin nord (Ouled Abdoun) :



**Document 17 : (Suite).**

| L'étage stratigraphique     | Nature des sédiments   | Caractéristiques paléogéographiques  | Colonne stratigraphique |
|-----------------------------|--|--|-------------------------|
| <b>Lutétien</b>             | Formation de silex, calcaires et grès quartzeux                                      | Régression marine suite à l'orogénèse atlasienne.                              |                         |
| <b>Yprésien</b>             | Dépôts de silex  | Début de transgression marine  |                         |
| <b>Thanétien<br/>Danien</b> | - Divers dépôts phosphatés.<br>- Dépôts calcaires le long du bassin de sédimentation | - Apparition d'un effondrement du côté de Ben Guerir.<br>- Fermeture du golfe. |                         |
| <b>Maestrichtien</b>        | Extension du bassin de youssoufia à Timhdit  | Golf de faible profondeur, Apparition de quelques îles et grands fonds.        |                         |
| <b>Primaire</b>             | Socle rocheux déformé  | Cycle hercynien  |                         |

En exploitant les données de ce document, reconstituez l'histoire géologique du bassin phosphaté d'Ouled Abdoun.

La reconstitution de l'histoire géologique d'une région est la détermination de l'ensemble des événements géologiques s'étant succédé dans cette région. Elle fait appel aux données stratigraphiques, paléontologiques et tectoniques rassemblées à partir des études de terrain, de l'analyse des cartes et des coupes géologiques et des logs stratigraphiques.

Le bassin d'Ouled Abdoun (également connu sous le nom de Bassin de Khouribga) est le plus important du Maroc, avec 44% des réserves de phosphate du Maroc.

Le dépôt des sédiments phosphatés dans le bassin Nord-Marocain a commencé au Maestrichtien (Crétacé supérieur) et a poursuivi jusqu'au Lutétien (Paléogène).

- ✓ Au cours de Maestrichtien, un golf marin de faible profondeur a été formé avec quelques îles. Il s'étend de Youssoufia à l'Est au Timahdit à l'Ouest et communique avec l'océan entre Youssoufia et Chemaya. Les sédiments de cet étage se caractérisent par des faciès transgressifs (Présence d'éléments détritiques rugueux à la base.
- ✓ Au cours du paléocène (Thanétien-Danien), le bassin a subi une transgression et se caractérise par une succession de sédimentations sans arrêt avec sédimentation du phosphate sableux et calcaire phosphaté riche en fossile du *Cardita Coquandi* (Lamellibranches)
- ✓ Au cours de l'yprésien, la sédimentation est principalement phosphatée, se terminant par des dépôts de silex.



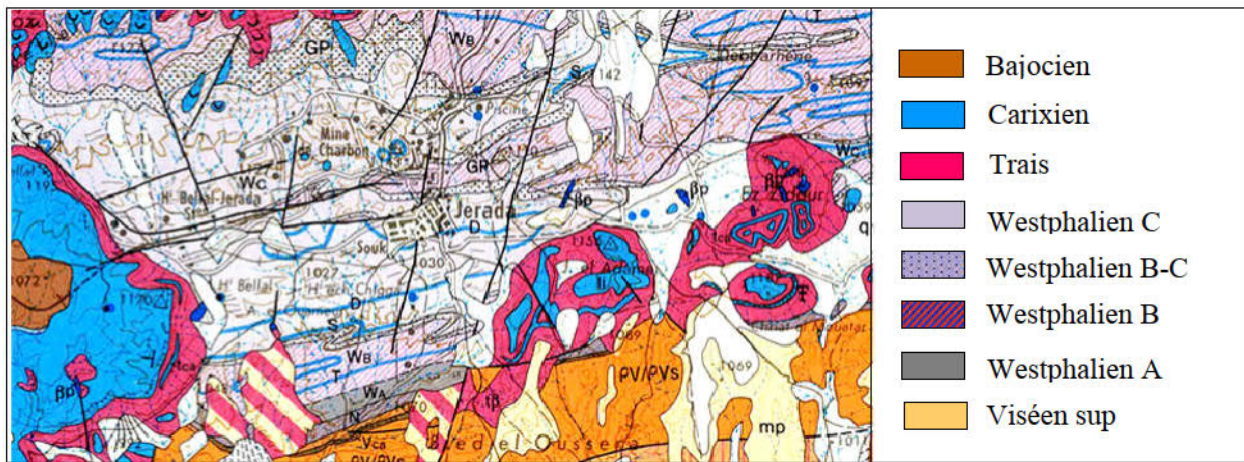
- ✓ L'étage lutétien se caractérise par une alternance de marne et de silex et des dépôts de calcaire phosphaté.  
Cet étage marque la fin du dépôt des phosphates. Il renferme des niveaux de silex et de calcaire surmonté par endroits de grès siliceux, indiquant ainsi la régression marine liée à l'orogénèse alpine.

**V – Reconstitution de l'histoire géologique du bassin houiller de Jérada:**  
(Voir document 18)

**Document 18: Reconstitution de l'histoire géologique du bassin houiller de Jérada.**

★ Situation géographique et cadre géologique du bassin houiller de Jérada au Maroc:

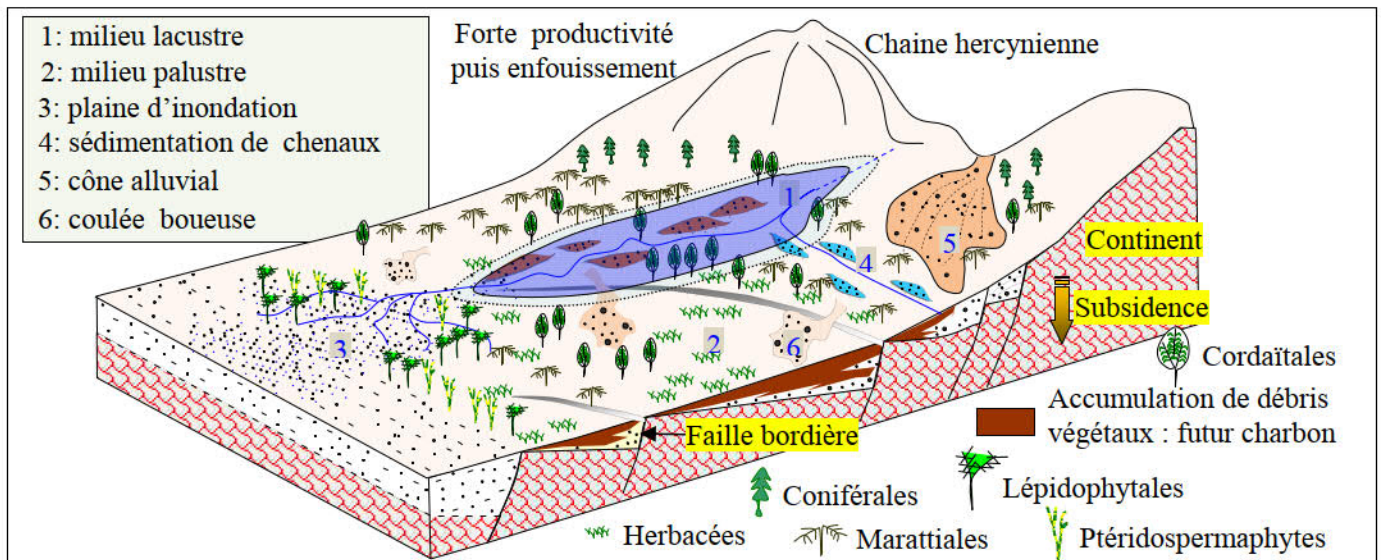
Le bassin houiller de Jérada est situé en bordure des hauts plateaux du Maroc oriental à 50km. Il forme un synclinal, orienté d'Est en Ouest, qui affleure sur 25 km de longueur et 8km de largeur. La figure ci-dessous présente un extrait de la carte géologique du bassin houiller de Jérada



★ Paléogéographique du bassin de Jérada au Maroc :

Le bassin sédimentaire houiller de Jérada se caractérise par la diversité des faciès qui témoignent de la diversité des milieux de sédimentation. L'étude de ces faciès permet la reconstitution de la paléogéographie du bassin sédimentaire de Jérada pendant la période d'accumulation et des dépôts à l'origine du charbon.

La figure ci-dessous est une coupe schématique présentant la reconstitution paléogéographique du bassin de Jérada :





### **Document 18: (Suite).**

Les séquences sédimentaires décrites traduisent dans un premier temps l'avancée d'un delta lacustre sur un domaine inondé réalisant un comblement temporaire.

La sédimentation reprend et s'installe un système fluvial sur la plaine deltaïque occupée par une végétation dense. Les deltas reculent progressivement jusqu'au retour des milieux inondés.

En se basant sur les données de ce document, décrire l'histoire géologique du bassin houiller de Jérada.

Le bassin houiller de Jérada est un bassin épicontinental formé au carbonifère. Les principaux événements géologiques s'étant succédé dans ce bassin sont :

Au cours du namurien : la sédimentation est marine et caractérisée par l'alternance de schistes et de conglomérat.

- ✓ Durant le westphalien A : la sédimentation est toujours marine, sous forme d'une transgression limitée du côté nord du bassin. Elle se caractérise par une alternance rythmique des bancs de schiste et de grès.
- ✓ Les westphaliens B et C sont caractérisées par des dépôts continentaux. Le westphalien B se caractérise par l'alternance de schiste et de grès avec des niveaux marins et des filons de charbon. Le contenu fossilifère est de nature lacustre et marine.
- ✓ Le westphalien C : commence par le conglomérat marin, suivi de grès et de schiste avec des niveaux de charbon. Cette sédimentation épicontinentale se poursuit jusqu'à la fin du westphalien.
- ✓ L'orogénèse hercynienne a affecté les formations du bassin houiller en engendrant des structures tectoniques.

Au cours du secondaire, des sédiments de marnes et de calcaires et des coulées basaltiques ont été déposés en discordance. Ces formations ont subi l'influence de la tectonique alpine et des agents d'érosion.