

## *La répartition semestrielle du programme*

### *PREMIER SEMESTRE*

#### *Les phénomènes géologiques externes*

- ❖ *Chap1: réalisation de la carte paléogéographique d'une région donnée*
  - ✓ *Act1: Les études granulométriques et morphologiques des sédiments*
  - ✓ *Act2: Détermination des conditions de sédimentation dans les principaux milieux de sédimentation actuels,*
  - ✓ *Act3: Détermination des conditions de sédimentation dans un milieu de sédimentation ancien (mer de phosphates ou bassin houiller de Jerada),*
- ❖ *Chap2: Les principes stratigraphiques et l'établissement de l'échelle stratigraphique,*
  - ✓ *Act1: Les principes stratigraphiques et la datation relative des formations géologiques du plateau ou du bassin étudié*
  - ✓ *Act2: Le cycle sédimentaire,*
- ❖ *Chap3: principes de la carte géologique et reconstitution de l'histoire géologique d'une région donnée*
  - ✓ *Act1: La carte géologique : bilan synthétique des études stratigraphiques*
  - ✓ *Act2: Utilisation de la carte géologique pour la reconstitution de l'histoire géologique d'une région donnée*
  - ✓ *Act3: Réalisation des coupes géologiques*

## *La répartition semestrielle du programme*

### *DEUXIÈME SEMESTRE*

## *Nature de l'information génétique et le mécanisme de son expression- le génie génétique*

- ❖ *Chap1: L'information génétique; notion, transmission et l'expression*
  - ✓ *Act1: Localisation de l'information génétique dans le noyau de la cellule,*
  - ✓ *Act2: Rôle des chromosomes dans la transmission de l'information génétique d'une cellule à l'autre,*
  - ✓ *Act3: La nature chimique du matériel génétique; composition, structure et le mécanisme de la duplication,*
  - ✓ *Act4: Notion de caractère, gène, allèle et mutation*
  - ✓ *Act5: La relation caractère-protéine et relation gène-protéine*
  - ✓ *Act6: Mécanisme d'expression de l'information génétique; La transcription*
  - ✓ *Act7: Les étapes de l'expression de l'information génétique; La traduction,*
  - ✓ *Chap2: Le génie génétique ; principes et applications,*
  - ✓ *Act1: Le transfère naturel des gènes de l'Agrobacterium tumefaciens à une plante,*
  - ✓ *Act2: Outils et techniques du génie génétique*
  - ✓ *Act3: Les étapes de la transgénèse,*
  - ✓ *Act3: Quelques applications du génie génétique,*
- *Organisation des évaluations écrites surveillées pour la première année du baccalauréat série sciences maths, section internationale,*

<i>Semestre</i>	<i>Contrôle écrit</i>	<i>Durée</i>	<i>Période</i>	<i>Constituants des activités du contrôle</i>
<b>Premier</b>	Premier	Une heure	Au milieu de la 1 <sup>ère</sup> unité	❖ Exercice de restitution des connaissances, (5pts) ❖ Exercices d'exploitation des données et investissement des acquis (15pts)
	Deuxième	Une heure	À la fin de 1 <sup>ère</sup> unité	
<b>Deuxième</b>	Premier	Une heure	Au milieu de la 2 <sup>ème</sup> unité	
	Deuxième	Une heure	À la fin de 2 <sup>ème</sup> unité	

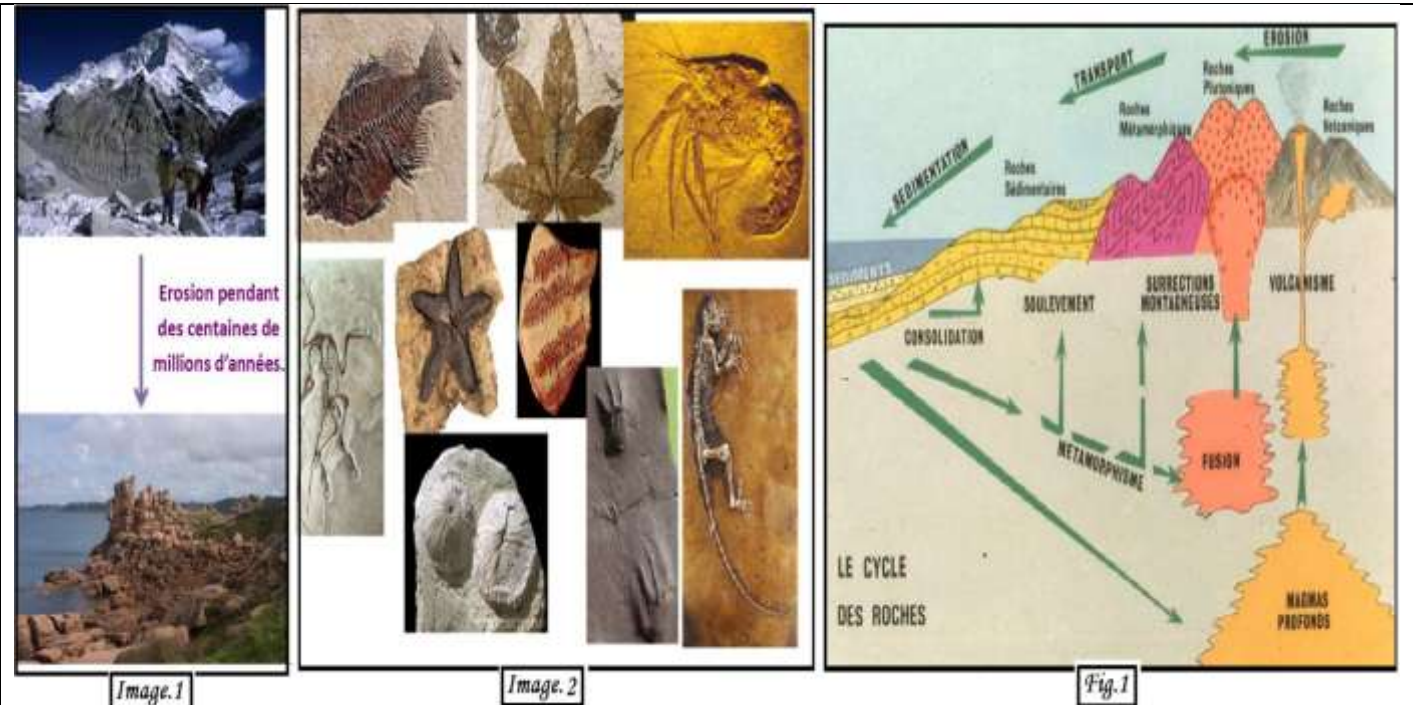
➤ *Calcul du moyen semestriel*

$$M.S = [(Ev1 + Ev2) / 2 * 0,75] + [Activités intégrées * 0,25]$$

## Unité 1 : les phénomènes géologiques externes

## الوحدة الأولى: الظواهر الجيولوجية الخارجية

### Document pour questionnement



1. Que représentent les images et la figure ci-dessous ?
2. Quel est le facteur responsable de la modification du paysage observée dans l'image 1 ?
3. Quel est l'utilité des éléments représentés dans l'image 2 dans l'étude paléogéographique ?
4. Commentez la figure 1 ?

Document -I- ; figures pour questionnement.

### ➤ On déduit que :

**La géodynamique externe** désigne toutes les forces qui régissent les phénomènes géologiques externes (érosion, transport, sédimentation). Les paysages obtenus reflètent la nature, la composition et l'architecture des formations géologiques. L'étude de ces formations géologiques actuelles (les sédiments) permet de déduire que les dépôts à l'origine de ces formations géologiques se sont formés dans des paysages différents de ceux observés actuellement dans certaines régions (bassin houiller de Jerada et le bassin phosphaté de Khouribga)

### ➤ Problèmes à résoudre;

- ✓ **Comment réaliser la carte paléogéographie d'une région donnée ?**
- ✓ **Quelles sont les principes et les outils utilisés pour reconstituer l'histoire géologique d'une région sédimentaire ?**

# Chapitre 1 : Réalisation de la carte paléogéographique d'une région donnée

# الفصل الأول: إنجاز خريطة الجغرافية القديمة لمنطقة معينة

## Introduction

❖ Le paléogéographique fait partie de la géologie qui s'intéresse à la reconstitution théorique de la géographie d'une région donnée dans un temps géologique ancien.

Au cours des temps géologiques le volume et l'emplacement des sédiments continentaux et océaniques connaissent un changement progressif, ce changement provoque la modification de la géographie ancienne et donne lieu à des traces emmagasinées dans les sédiments. L'étude de ces dernières permet de reconstituer la carte paléogéographique ancienne d'une région donnée.

❖ **Quel est l'apport de l'étude des constituants des sédiments dans la reconstitution des anciens paysages sédimentaires ?**

## I. L'étude des roches sédimentaire.

### 1. Les figures sédimentaires.(doc.1)

➤ les figures sédimentaires sont des structures visibles sur la face d'un banc sédimentaire, elles sont des indicateurs du dynamisme de la sédimentation. Les figures ci-contre montrent quelques figures sédimentaires.

1. Déterminez les figures sédimentaires représentées dans chaque figure ?

2. Montrez les caractéristiques des rides sédimentaires fossiles observées

3. Quelle information fournit la présence de fentes de dessiccation fossiles ?

4. Quelle est l'importance des traces fossiles des activités des êtres vivants



Image1: Rides du courant fossile

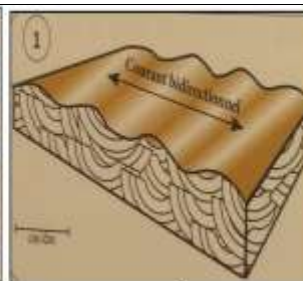


fig.1: Interprétation schématique des rides

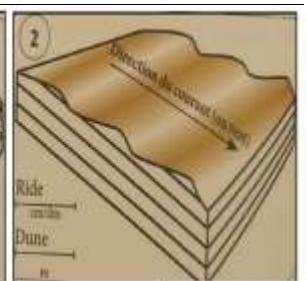


Image2: Fentes de dessiccation sur l'argile. anciennes.

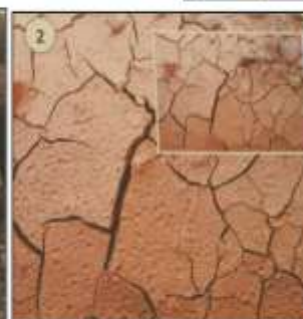


Image3: Fentes de dessiccation sur l'argile. actuelles



Image4: Traces de remobilisation laissées à la surface du sédiment

### Document 1 :

#### ❖ **Éléments de réponse.**

➤ On peut distinguer les figures sédimentaires en fonction de leur genèse :

- ✓ Les rides ; sont des formes de dépôt essentiellement développées en contexte sableux, on distingue :
  - Les rides d'oscillation (ou ride de vague) (shéma.1) sont symétriques. Elles témoignent de courant bidirectionnel.
  - Les rides de courant (shéma.2) sont asymétriques. Elles témoignent de courant unidirectionnel.
- ✓ Les fentes de dessiccation ; sont des traces d'origine climatique, due à une augmentation de température pendant leur formation.
- ✓ Les traces d'origine biologique comme l'activité des êtres vivants ; elles renseignent sur la nature de vie et par conséquent le milieu de sédimentation.

❖ *Les figures sédimentaires permettent de savoir le facteur de transport, les conditions de sédimentation, de déterminer les limites des couches et même les conditions climatiques dominantes dans une période ancienne de sédimentation.*

## 2. L'étude statistique des constituants des sédiments.

### 2.1. Les composants des sédiments détritiques. (doc.2)

❖ un sédiment est un ensemble constitué de particules plus ou moins grosses ou de matières précipitées ayant, séparément, subi certain transport. Les matériaux des sédiments proviennent de l'érosion de roches antérieures (roches métamorphiques, magmatiques et même sédimentaires), les géologues ont divisés les constituants des sédiments détritiques selon leur diamètre et ont élaborés une échelle de classification des sédiments.

Diamètre	> 200mm	200mm-20mm	20mm-2mm	2mm-200µm	200µm-63µm	63µm-2µm	<2µm
Sédiments	Blocs	Galets ou cailloux	Gravillons	Sables grossiers	Sables fines ou sablons	Limons	Argiles
							

**Document 2 :**

❖ On choisit dans cette étude granulométrique le sable comme exemple de sédiment parce qu'il contient des particules de quartz qui est caractérisé par sa dureté élevée.

### 2.2. Préparation du sable pour l'étude granulométrique (doc.3)

❖ On distingue plusieurs types de sable en fonction de la taille des grains qui le constituent.

<b>Tableau1</b>	Type de sable	Sable très fin	Sable fin	Sable moyen	Sable grossier	Sable très grossier
	Taille des grains en mm	0,063 - 0,125	0,125 - 0,25	0,25 - 0,5	0,5 - 1	1 - 2

✓ Les étapes de l'étude statistique ou granulométrique d'un échantillon du sable sont les suivantes:

**a: Préparation du sable :**

- Mettre l'échantillon du sable à étudier dans un tamis dont le diamètre des mailles est 1/16 mm puis laver l'échantillon avec de l'eau courante pour éliminer l'argile et le limon.
- se débarrasser du calcaire en utilisant l'acide chlorhydrique (HCL) et de la matière organique en utilisant l'eau oxygénée (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

**b: Tri des grains de quartz :**

✓ Sécher l'échantillon du sable puis mettre 100 g de cet échantillon dans le tamis supérieur d'une série de tamis emboîtés les uns dans les autres (figure ci-contre). Les dimensions des mailles des tamis sont décroissantes du haut vers le bas (2 mm pour le tamis supérieur et 1/16 mm pour le tamis inférieur).

✓ Agiter les tamis par vibrations circulaires et verticales pendant 15 mm ce qui permet de répartir les grains de sable sur les différents tamis en fonction de leur taille.

✓ Peser le refus de chaque tamis et déterminer son pourcentage par rapport à la masse totale de l'échantillon étudié (le refus d'un tamis représente la partie de l'échantillon du sable qui n'est pas passée à travers les mailles du tamis).

✓ Déterminer le refus cumulé de chaque tamis, c'est la somme du refus du tamis lui-même plus tous les refus des tamis de maille plus grande (refus des tamis qui se trouvent au-dessus du tamis étudié).

▪ Les résultats concernant le refus et le refus cumulé des différents tamis doivent être présentés sous forme de tableau comme le suivant :



Diamètre des mailles en mm	2	1	1/2	1/4	1/8	1/16
Masse des grains en %	a	b	c	d	e	f
Masse cumulé en %	a	a + b	a + b + c	a + b + c + d	a + b + c + d + e	a + b + c + d + e + f

**c: Exploitation des résultats**

Elle se traduit par la réalisation de l'histogramme de fréquence, la courbe de fréquence, la courbe cumulative et par la détermination de l'indice de classement.

**Document 3:**

### 2.3. Représentation graphiques et indice de classement. (doc.4)

a. **Comment réaliser l'histogramme et la courbe de fréquence ?** (figure 1):

➤ Tracer un graphe à deux axes puis porter :

✓ En abscisse: les dimensions des mailles des tamis sur une échelle logarithmique d'une manière rétrograde.

✓ En ordonnée: les pourcentages pondérales pour le polygone de fréquence (fig1, 2 et 3), et la masse cumulée pour la courbe cumulée (fig4)

➤ Réaliser l'histogramme en dessinant une suite de rectangles, chacun représente une "classe" de grains ayant un diamètre compris entre 2 tamis successifs, la hauteur de chaque rectangle doit correspondre au pourcentage de la classe qu'il représente pour l'histogramme de fréquence et aux masses cumulées pour la courbe cumulée.

➤ Dessiner la courbe de fréquence et la courbe cumulée en reliant successivement les médianes des rectangles.

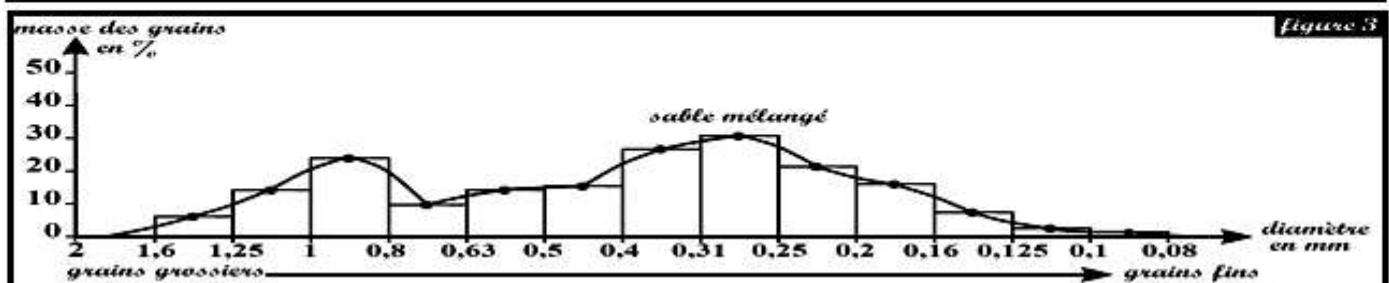
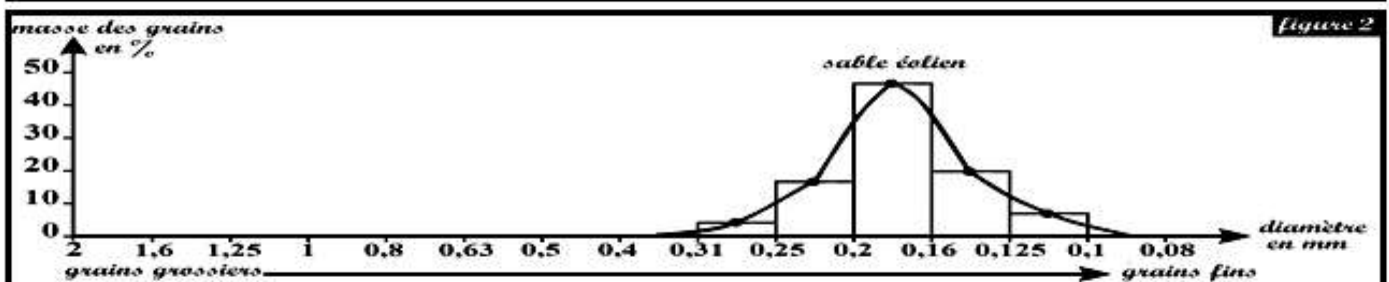
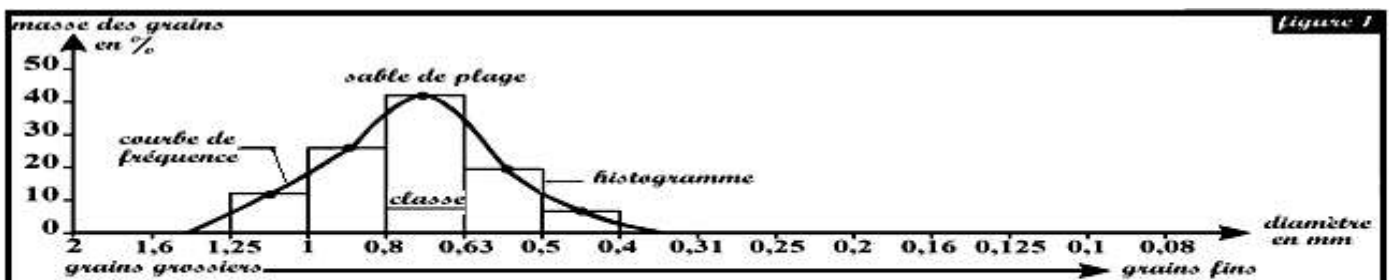
6. **Importance de la courbe de fréquence.**

L'analyse de la courbe de fréquence permet de tirer des informations sur l'origine du sable étudié (origine, agent de transport, et le milieu de sédimentation):

❖ **Une courbe unimodale étroite** indique un sable **homogène** et **bien classé**. Il s'agit d'un sable de **plage** s'il est constitué essentiellement de **grains grossiers** (figure 1). Par contre, si le sable étudié est constitué essentiellement de **grains fins**, il s'agit alors de **sable saharien** (figure 2).

❖ **Une courbe unimodale large** (sable constitué de grains **grossiers** et **fins**) indique un sable **mal classé**, il s'agit généralement de **sable fluviatile**.

❖ **Une courbe plurimodale** indique un sable **hétérogène** et **non classé**, c'est un sable mélangé, c.-à-d. un **mélange** de deux ou plusieurs **sables** ayant des origines différentes (figure 3). On peut rencontrer ce type de sable en milieu fluviatile.



**c. Importance de la courbe cumulative.** (figure 4)

❖ Sur la courbe cumulative rétrograde on détermine les quartiles : **Q<sub>1</sub>** (75% du poids) et **Q<sub>2</sub>** (25% du poids) et la médiane **Md** (50% du poids).

❖ Les valeurs de **Q<sub>1</sub>** et **Q<sub>3</sub>** sont utilisés pour calculer l'indice de classement **S<sub>0</sub>** selon la formule suivante:

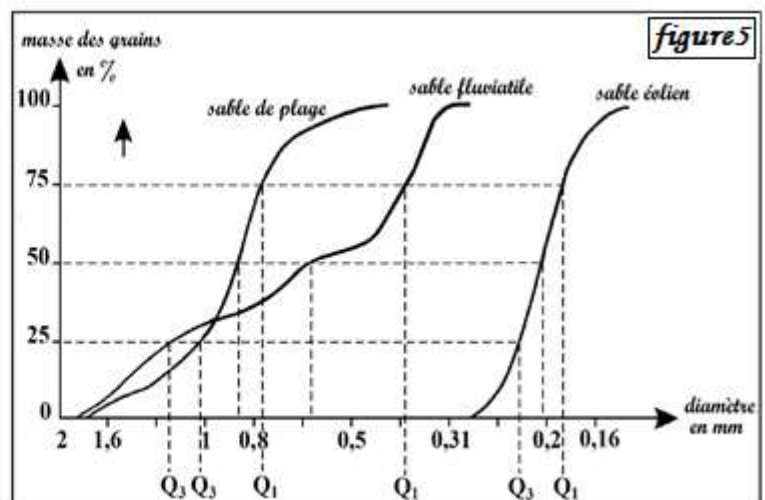
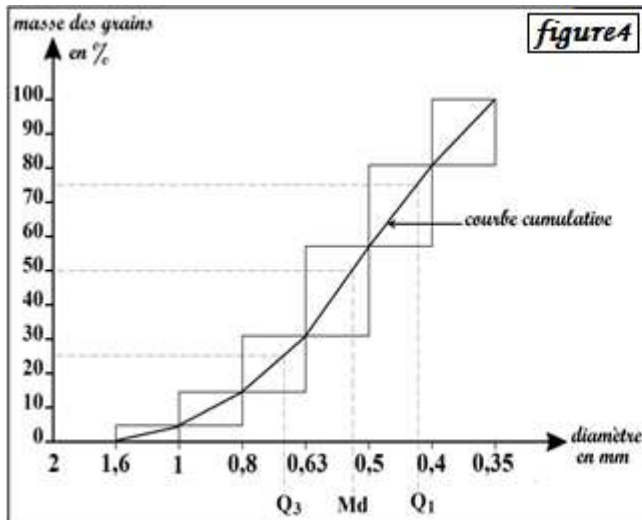
$$S_0 = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$$

On utilise les valeurs de **S<sub>0</sub>** pour évaluer le classement du sable étudié:

Indice de classement de S <sub>0</sub>	évaluer le classement du sable
S <sub>0</sub> < 0,5	Ultra classé
0,5 ≤ S <sub>0</sub> < 1,23	Très bien classé
1,23 ≤ S <sub>0</sub> < 1,41	Bien classé
1,41 ≤ S <sub>0</sub> < 1,74	Classement moyen
1,74 ≤ S <sub>0</sub> < 2	Mal classé
S <sub>0</sub> ≥ 2	Non classé

**d. Détermination de l'origine du sable étudié.**

On peut déterminer l'origine du sable étudié en comparant sa courbe cumulative avec des courbes de référence de sables de milieux connus (figure 5).



**Document 4:**

➤ Le polygone de fréquence donne une idée sur le degré d'homogénéité du sable. Le sable est homogène, fin et bien classé si le polygone de fréquence est unimodal et décalé vers les petits calibres (sable éolien). Il est homogène, grossier et bien classé si le polygone de fréquence est unimodal et décalé vers les gros calibres (sable côtier). Il est hétérogène et mal classé si le polygone est plurimodal (sable fluviale).

➤ La courbe cumulative, les quartiles et l'indice de Trask **S<sub>0</sub>** permettent de conclure le classement du sable. Tout cela permet d'avoir une idée sur l'origine de sable, le mode de transport et le milieu de sédimentation.

❖ **Exercice d'application** (doc.5)

➤ Le tableau ci-dessous représente les résultats de l'étude granulométrique de trois échantillons de sable dans trois localités.

Classes (diamètre des calibres) mm	Pourcentage pondéral des échantillons de sable dans 3 localités					
	Localité A		Localité B		Localité C	
2-1.60	0	0	0	...	0	...
1.60-1.25	0	0	0	...	0	...
1.25-1	0	0	0	...	1	...
1-0.80	0	0	0	...	2.6	...
0.80-0.63	1.5	1.5	0	...	8	...
0.63-0.50	4	5.5	0	...	15	...
0.50-0.40	9	14.5	0	...	26	...
0.40-0.315	10	24.5	1	...	27.5	...
0.315-0.250	9	33.5	5.5	...	16	...
0.250-0.200	9.5	43	12	...	2	...
0.200-0.160	11	54	41.5	...	1.5	...
0.160-0.125	15.5	69.5	25	...	0	...
0.125-0.100	15	84.5	10.3	...	0	...
0.100-0.080	9	93.5	3	...	0	...
0.080-0.063	5	98.5	1	...	0	...
0.063-0.050	1	99.5	0.5	...	0	...
0.050-0.040	0	99.5	0	...	0	...
<b>Cumulus</b>		<b>99.5</b>		<b>...</b>		<b>...</b>

1. Compléter le tableau en calculant le cumulus des sables des localités B et C.
2. Tracer sur papier millimétré, l'histogramme et le polygone de fréquence des sables des trois localités
3. Analyser chaque polygone, puis conclure le degré d'homogénéité du sable
4. Tracer sur papier millimétré, la courbe cumulative des sables des trois localités
5. Déterminer Q<sub>3</sub> et Q<sub>1</sub> de chacun des sables A,B et C, puis calculer l'indice du Trask S<sub>0</sub> et déduire le classement de chaque sable.

*Document 5:* Exercice d'application.

➤ **Éléments de réponse**

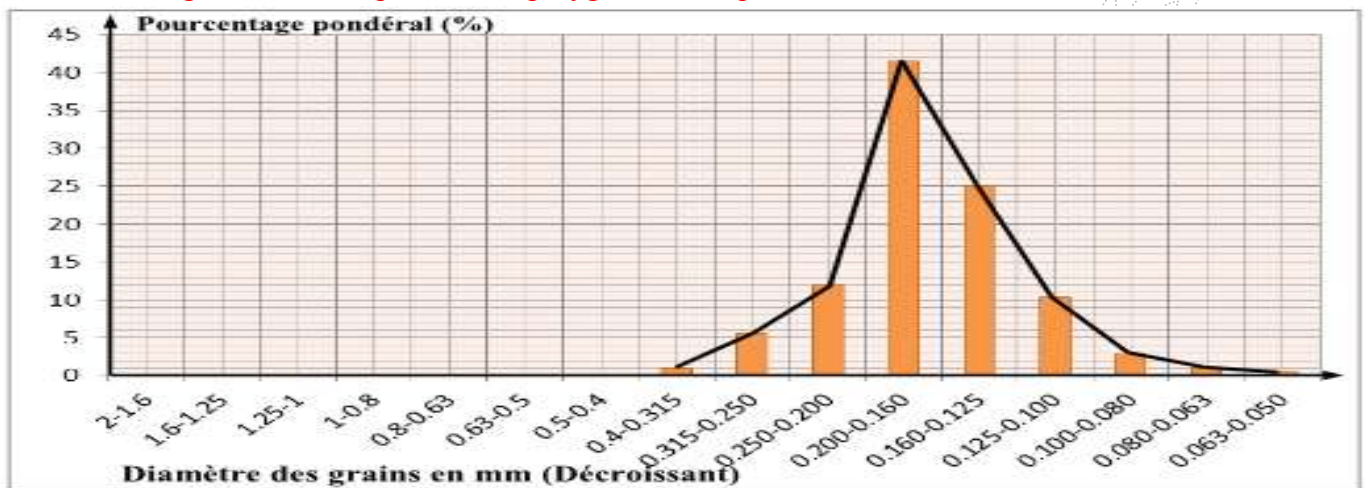
1. Compléter le tableau en calculant le cumulus des sables des localités B et C.

Classes (Diamètre des calibres) mm	Pourcentage pondéral des échantillons de sables dans trois localités.					
	Localité A		Localité B		Localité C	
2 - 1.60	0	0	0	0	0	0
1.60 - 1.25	0	0	0	0	0	0
1.25 - 1	0	0	0	0	1	1
1 - 0.80	0	0	0	0	2.6	3.6
0.80 - 0.63	1.5	1.5	0	0	8	11.6
0.63 - 0.50	4	5.5	0	0	15	26.6
0.50 - 0.40	9	14.5	0	0	26	52.6
0.40 - 0.315	10	24.5	1	1	27.5	80.1
0.315 - 0.250	9	33.5	5.5	6.5	16	96.1
0.250 - 0.200	9.5	43	12	18.5	2	98.1
0.200 - 0.160	11	54	41.5	60	1.5	99.6
0.160 - 0.125	15.5	69.5	25	85	0	99.6
0.125 - 0.100	15	84.5	10.3	95.3	0	99.6
0.100 - 0.080	9	93.5	3	98.3	0	99.6
0.080 - 0.063	5	98.5	1	99.3	0	99.6
0.063 - 0.050	1	99.5	0.5	99.8	0	99.6
0.050 - 0.040	0	99.5	0	99.8	0	99.6
<b>Cumulus</b>		<b>99.5</b>		<b>99.8</b>		<b>99.6</b>

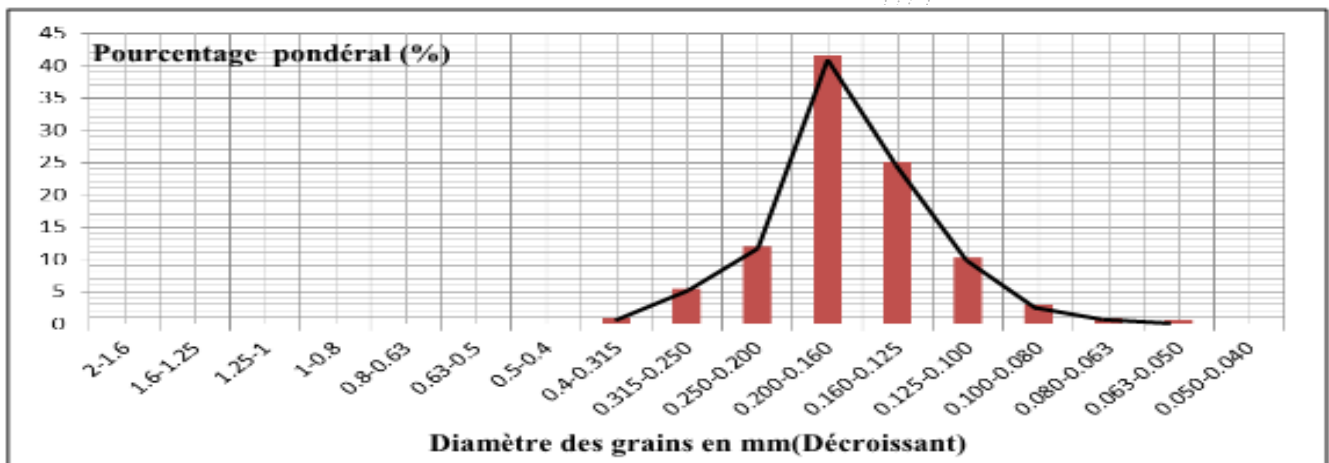


2. Tracer sur papier millimétré, l'histogramme et le polygone de fréquence des sables des trois localités.

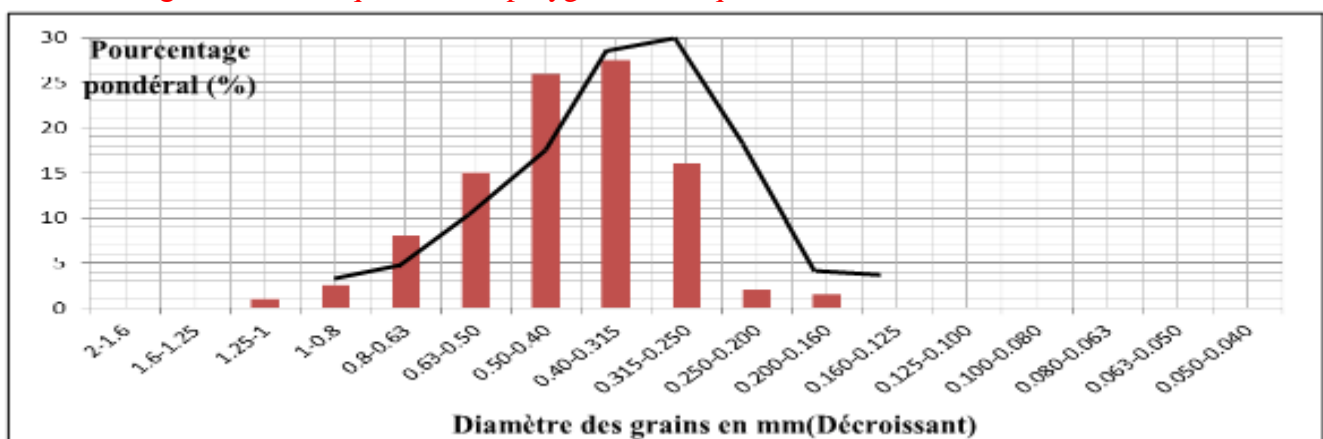
➤ L'histogramme de fréquence et le polygone de fréquence du sable de la localité A



➤ L'histogramme de fréquence et le polygone de fréquence du sable de la localité B



➤ L'histogramme de fréquence et le polygone de fréquence du sable de la localité C

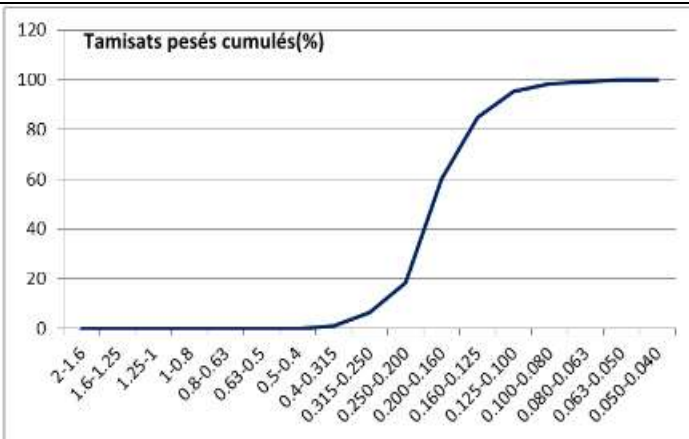


3. Analyser chaque polygone, puis conclure le degré d'homogénéité du sable

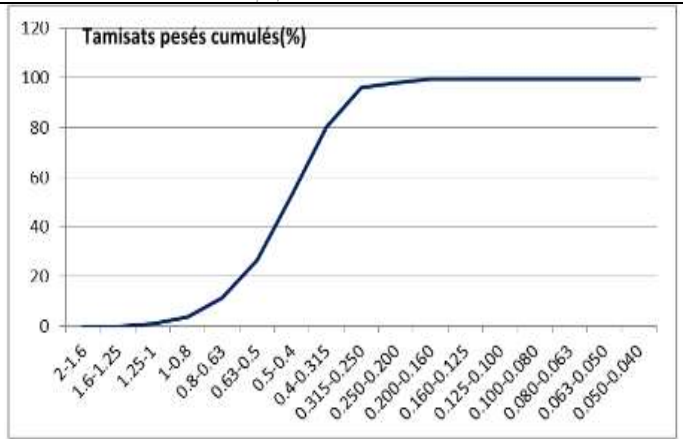
- **Localité A** : polygone de fréquence unimodale et se concentre dans les grains de petit calibre. C'est un sable fin homogène.
- **Localité B** : polygone de fréquence unimodale et se concentre dans les grains de petit calibre. C'est un sable fin homogène.
- **Localité C** : polygone de fréquence unimodale et se concentre dans les grains de moyen calibre. C'est un sable de taille moyenne et homogène.

4. Tracer sur papier millimétré, la courbe cumulative des sables des trois localités

➤ La courbe cumulative de sable de la localité B



➤ La courbe cumulative de sable de la localité C



5. Déterminer Q<sub>3</sub> et Q<sub>1</sub> de chacun des sables A, B et C, puis calculer l'indice du Trask S<sub>0</sub> et déduire le classement de chaque sable.

Sable A: Q<sub>1</sub> = 0.125; Q<sub>3</sub> = 0.357;  $S_0 = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$  ;  $S_0 = \sqrt{\frac{0.357}{0.125}} = 1.689$

Sable B: Q<sub>1</sub> = 0.151; Q<sub>3</sub> = 0.206;  $S_0 = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$  ;  $S_0 = \sqrt{\frac{0.206}{0.151}} = 1.167$

Sable C: Q<sub>1</sub> = 0.378; Q<sub>3</sub> = 0.532;  $S_0 = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$  ;  $S_0 = \sqrt{\frac{0.532}{0.378}} = 1.18$

**Le classement de chaque sable :**

Sable A: S<sub>0</sub> = 1.689; 1.41 < S<sub>0</sub> ≤ 1.74 → Ce sable est moyennement classé ;

Sable B: S<sub>0</sub> = 1.167; S<sub>0</sub> < 1.23 → Ce sable est très bien classé ;

Sable C: S<sub>0</sub> = 1.18; S<sub>0</sub> < 1.23 → Ce sable est très bien classé ;

### 3. L'étude morphoscopique des constituants des sédiments.

➤ Les éléments détritiques subissent lors du transport des changements morphologiques qui modifient leur aspect d'origine. L'étude morphoscopique des éléments détritiques d'un sédiment donne une idée sur le degré du dynamisme qu'a subi un tel sédiment.

✓ Comment fait-on l'étude morphoscopique des constituants d'un sédiment.

✓ Comment peut-on exploiter l'étude morphoscopique des constituants d'un sédiment.

#### 3.1. Étude morphoscopique des grains de quartz d'un sable (doc.6)

##### □ Éléments de réponse

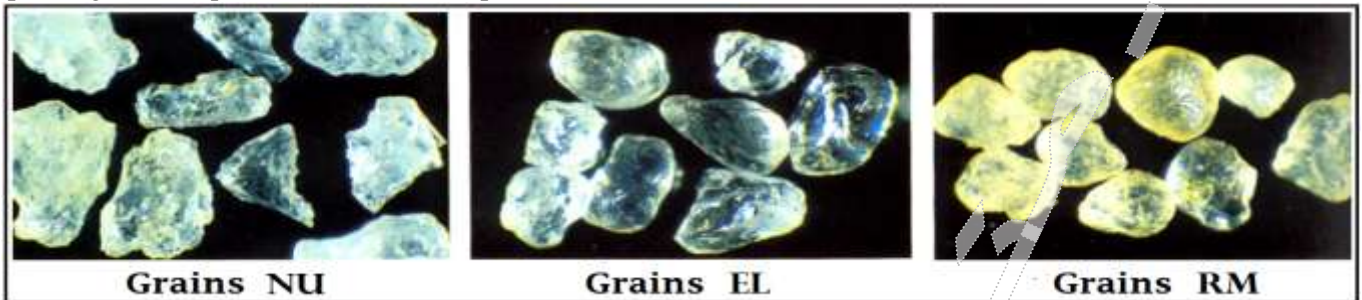
**Schémas et description des grains de quartz de chaque échantillon de sable.**



➤ L'étude morphoscopique d'un sable est l'examen par observation à la loupe et au microscope de la forme et de l'aspect de surface des grains de quartz de ce sable. En effet le quartz constitue le composant essentiel du sable car c'est l'élément qui résiste le plus aux agents de l'altération et de transport, ainsi la forme et l'aspect des grains de quartz varient en fonction de la nature, l'intensité et la durée d'action des agents de transport.

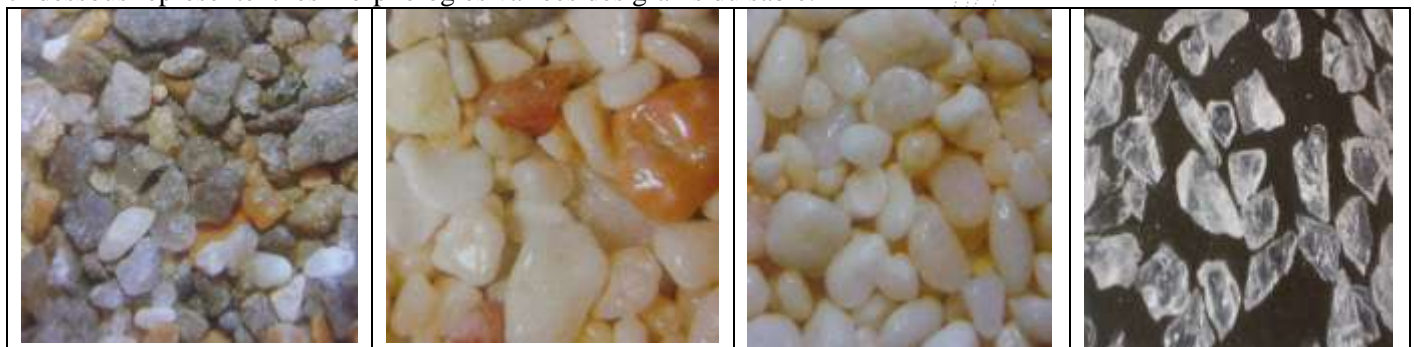
➤ Les étapes de l'étude morphoscopique d'un sable sont les suivantes:

- ✓ Préparation d'un échantillon de sable de la même manière utilisée dans l'étude statistique.
- ✓ Isolement par tamisage des grains de quartz ayant un diamètre compris entre 0,4 mm et 1,6 mm.
- ✓ Observation des grains isolés à la loupe binoculaire. Pour faciliter l'observation, on disperse les grains de quartz sur une surface noire en présence de lumière assez forte. Les photos ci-dessous représentent les principaux types de grains de quartz observés à la loupe binoculaire.



1) Dégager les principales catégories de grain de quartz et le mode de transport pour chaque catégorie.

➤ D'autre observation montre l'existence d'autres types du quartz avec des morphologies différentes, les images ci-dessous représentent les morphologies variées des grains du sable.






2) Montrer que ces sables ont subi des modes de transport différents.

**Document 6:**

**Description des grains de quartz de chaque échantillon de sable :**

- ◆ Grains à angles très marqués, appelés grains non usés ; N.U. : grains transparents anguleux, aux arêtes tranchants,
- ◆ Grains à angles émoussés et à éclat gras et luisants ; E.L. : grains transparents, luisants et très arrondis.
- ◆ Grains ronds à surface piquetée d'aspect mat ; R.M. : Grains arrondis dont la surface ressemble à du verre dépoli

**Les principales catégories des grains du quartz et le mode du transport ayant subi chaque catégorie.**

Grains	Caractéristiques	Aspect des grains.	Principales catégories.	Modalité et dynamisme du transport.
		Grains transparents anguleux, aux arêtes tranchants.	Grains non usés = N.U.	Sable ayant subi un transport de faible distance.
		Grains transparents, luisants et très arrondis.	Grains émoussés luisants = E.L.	Sable ayant subi un long transport par l'eau.
		Grains arrondis dont la surface ressemble à du verre dépoli.	Grains ronds mat = R.M.	Sable ayant subi un long transport par le vent: transport éolien.

➤ **Exercice d'application**

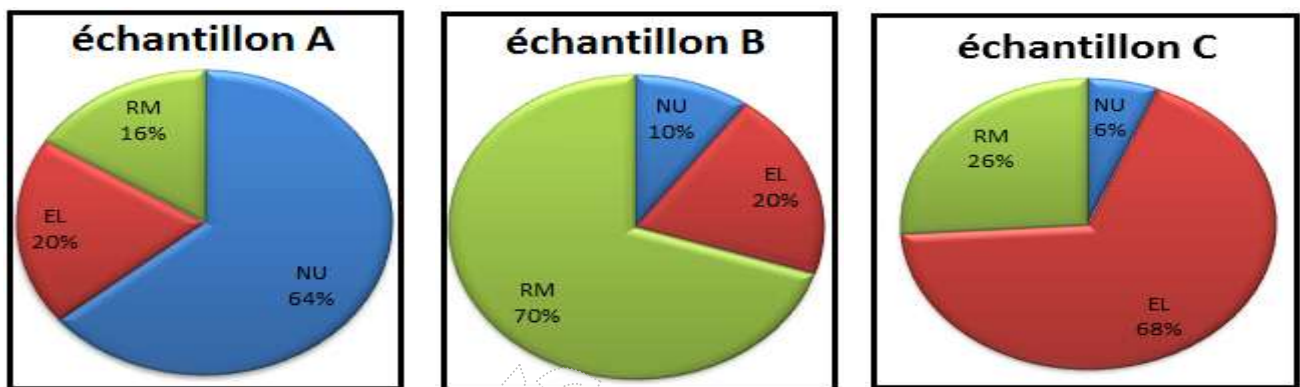
✓ l'étude statistique des grains de quartz de 3 échantillons de sable extrait de 3 couches distinctes a donné les résultats suivants

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

1. Transformer ces résultats en un histogramme circulaire.
2. Que déduisez-vous d'après l'analyse de chaque histogramme.

➤ **Éléments de réponse**

1. **les histogrammes circulaires de 3 échantillons de sable.**



2. **Analyse et conclusion.**





- ✓ L'échantillon A est caractérisé par la dominance des grains de sable non usés (64%) ce qui permet de conclure que cet échantillon a subi un transport de faible distance (par eau ou par glace)
- ✓ L'échantillon B est caractérisé par la dominance des grains de quartz de type ronds mat (70%) donc cet échantillon a transporté par le vent à longue distance.
- ✓ L'échantillon C est représenté par une dominance des grains de sable de type émoussés luisants (68%) et une moyenne représentation des grains de quartz de catégorie ronds mat (26%) ce qui permet de déduire que ce type de sable a subi deux type de transport, transport par l'eau et par le vent.

**3.2. Étude morphoscopique des galets (Tbleau.1)**

❖ Les galets sont des cailloux arrondis par usure mécanique (éolienne, fluviatile, coutière, glaciaire). Leur diamètre varie entre 20 mm et 200 mm. Leur étude porte sur le degré d'arrondi, sur leur orientation liée aux courants, sur l'aspect de leur surface : ces éléments caractérisent les types d'érosion et de transport.

❖ Le tableau suivant représente les principales caractéristiques morphologiques des galets et le mode de transport qui a subi chaque type de galet.



Type de Galet	Aspect	Caractéristique
Galet fluvial		Galet émoussé. Le degré d'émoussement témoigne de l'intensité, la durée et la distance du transport par l'eau des fleuves ou des rivières.
Galet de Plage		- Forme aplatie dans les plages plates et globulaire dans les plages rocheuses. - Présence de trous arqués, il s'agit de traces de chocs dus à la force des vagues.
Galet éolien		- Galet lisse présentant plusieurs facettes et arêtes. - Lignes fines et émoussées. - Surfaces gravées.
Galet glaciaire		Galet poli, très émoussé et présentant des stries qui témoignent des frottements avec les murs rocheux au cours du transport par les glaciers.

## II. Les conditions de sédimentation dans les principaux milieux de sédimentation actuels.

### 1. Les conditions de sédimentation dans les milieux continentaux.

#### 1.1. Les conditions de sédimentation dans les cours d'eau (doc.7)

❖ Une fois érodés, les éléments arrachés à la roche sont transportés par les courants d'eau pour être déposés par la suite dans des milieux de sédimentation bien déterminés, les figures suivantes représentent les principales structures sédimentaires du cours d'eau.



Figure1 :

Figure2 :

Figure3 :

➤ Décrire les structures sédimentaires du cours d'eau : les méandres et les terrasses fluviales.

#### Document 7.

➤ Les méandres sont des sinuosités décrites par les cours d'eau, chaque méandre est formé par une rive concave abrupte qui correspond à la zone d'érosion et une rive convexe en pente douce qui correspond à la zone de dépôt.

➤ Les terrasses fluviales sont des figures qui caractérisent la sédimentation en milieu fluvial, leur formation est liée à l'alternance de périodes de dépôts et d'érosions. Quand les phases érosives sont très importantes par rapport aux phases de dépôts, on parle de terrasses étagées (schéma 1). Dans le cas inverse on parle de terrasses emboîtées (schéma 2).

✓ **Quels sont les conditions ou les facteurs qui favorisent la phase érosive et la phase de dépôt**

1.2. La relation entre la vitesse du courant et la granulométrie. (doc.8)

□ Pour mettre en évidence la relation entre la granulométrie et la vitesse du courant, on propose la manipulation suivant :

✓ On applique un courant d'eau à un mélange de sédiments puis on observe le dépôt de différents sédiments sur le plancher en faisant varier la pente et le débit du courant d'eau. (voir la figure 1)



Figure1

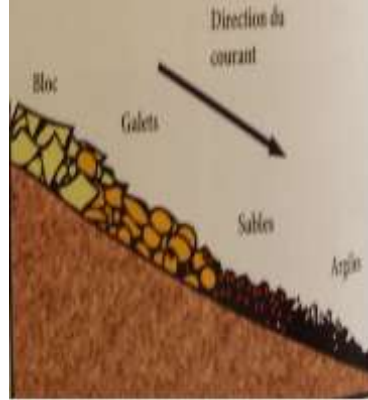


Figure2

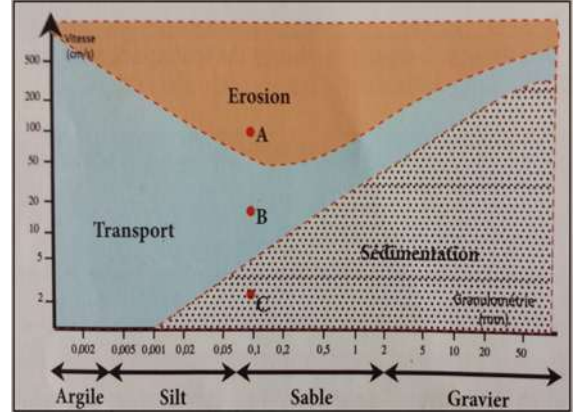


Figure3

1. Réaliser la manipulation précédente et décrire les résultats obtenus.

2. Que représente la figure 2.

□ La figure 3 représente le diagramme de Hjulstrom qui permet de relier la vitesse d'un courant à son action sur des matériaux de granulométrie variée.

3. Déterminez les vitesses correspondantes aux points A, B et C. Quelle vitesse est responsable du dépôt de particule dont le diamètre est 0,1 mm ?

4. Dégagez les conditions qui favorisent la sédimentation dans un cours d'eau.

**Document 8 :**

□ **Éléments de réponse**

1. **Résultats :** le transport des sédiments dans un cours d'eau dépend de la vitesse du courant d'eau qui dépend du débit et de la pente, ainsi de l'amont vers l'aval on va trouver des sédiments de taille décroissantes.

2. La figure 2 représente un granoclasement qu'on peut le trouver le long d'une rivière, il s'agit d'un granoclasement horizontal, en revanche on assiste aussi d'autre type de granoclasement vertical.

3. Les vitesses correspondantes aux points A, B et C sont respectivement : 100cm/s, 18cm/s et 2,5cm/s. La vitesse responsable du dépôt de la particule dont le diamètre est 0,1mm est une vitesse inférieure 5cm/s.

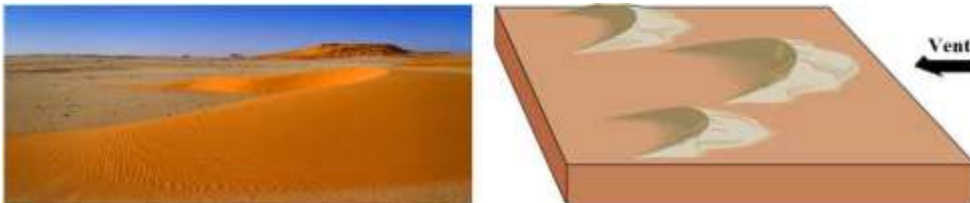
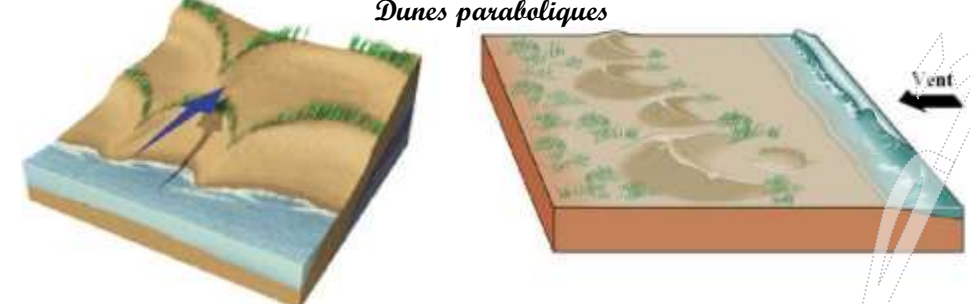
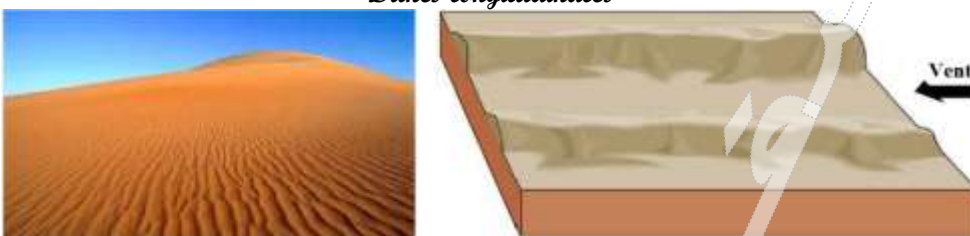
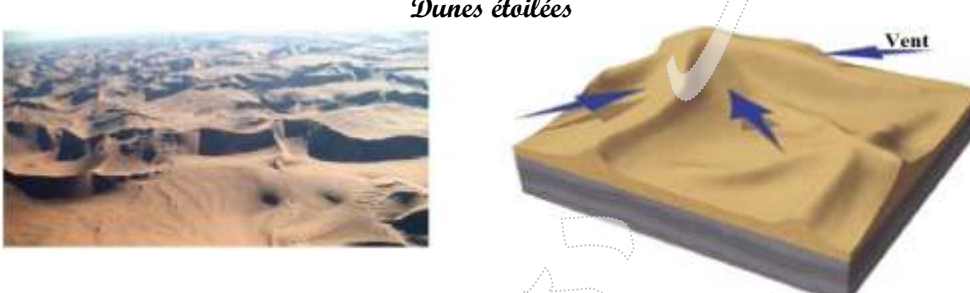
4. Les conditions qui favorisent la sédimentation dans un cours d'eau sont :

- ✓ La diminution de la vitesse du courant d'eau.
- ✓ L'augmentation de la taille des particules transportées.

1.3. Conditions de sédimentation dans les milieux désertiques et lacustres.

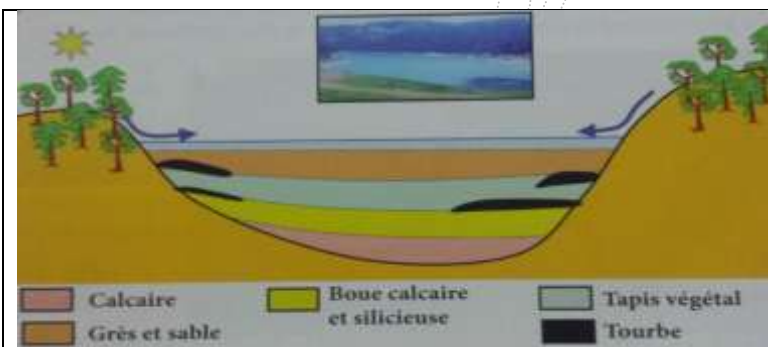
a) **Conditions de sédimentation dans les milieux désertiques** (doc.9)

□ Dans les milieux désertiques, la vitesse du vent, la quantité de sable transportée ainsi que la présence de certains obstacles sont des facteurs qui interviennent dans la formation des accumulations comme les rides et les dunes, les figures suivantes représentent les différents types des dunes et leurs caractéristiques.

Type de dunes	Caractéristiques
<p><i>Barkhanes</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forme en croissant convexe du côté du vent, cornes du croissant orientées dans le sens du vent.</li> <li>- Vent unidirectionnel.</li> <li>- Faible apport du sable.</li> </ul>
<p><i>Dunes paraboliques</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forme en croissant concave du côté du vent, cornes du croissant orientées dans le sens opposé à celui du vent.</li> <li>- Vent unidirectionnel.</li> </ul>
<p><i>Dunes longitudinales</i></p> 	<p>Dune allongée parallèlement au vent</p>
<p><i>Dunes étoilées</i></p> 	<p>Structure complexe reflétant le régime changeant des vents.</p>

Document 9:

**b) Conditions de sédimentation dans les milieux lacustres (doc.10)**



Les dépôts lacustres sont constitués de galets, de vase, de boues calcaires avec parfois des dépôts calcaires. Les varves sont formées par l'alternance des minces lits clairs et foncés ; les lits foncés se déposent en hiver, ils sont riches en matière organique, les lits clairs se déposent en été, ils sont plus carbonatés, donc la sédimentation lacustres variée en fonction du climat et la nature des bassins versants

Document 10:

## 2. Les conditions de sédimentation dans les milieux intermédiaires.

### 2.1. Les conditions de sédimentations dans les delta. (schéma)

Schéma à dessiner:



Figure 1: photo aérienne du delta du Nil

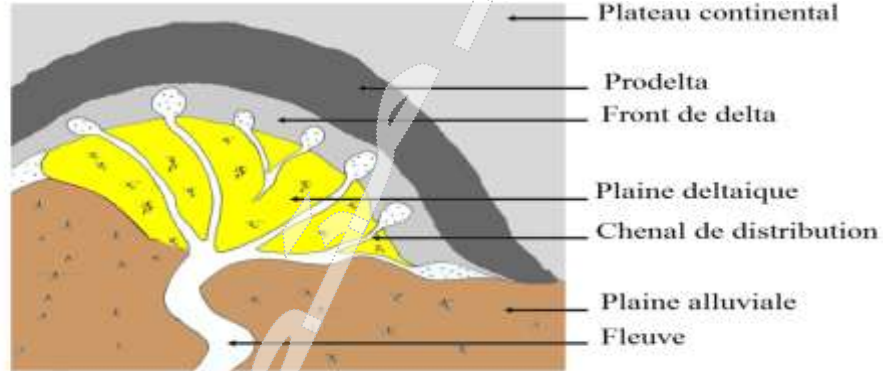


Figure 2: principales composantes morphologiques d'un delta

### 2.2. Nature des dépôts dans le delta. (Tableau 2)

Le tableau suivant présente la nature des sédiments dans les différentes zones du delta

Zones du delta	Chenaux de distribution	Plaine deltaïque	Front du delta	Prodelta
Nature des dépôts	Sable et galet semblables aux dépôts fluviaux.	Limons et argiles, riche en matière organique ou en évaporites selon le climat.	Sédiments dépend de la densité de l'eau du fleuve, de la charge et de la taille des particules transportées	Vase argileuse riche en matière organique.

### 2.3. Les conditions de sédimentations dans l'estuaire (doc.11)

les estuaires sont des milieux où les matériaux apportés par les fleuves s'ajoutent à ceux introduits par la mer. Ces matériaux sont surtout sous forme de vase. Dans la plupart des estuaires, il existe une zone où les sédiments fins en suspension sont fortement concentrés. Cette zone de turbidité maximale est appelée **bouchon vaseux**



Figure 1: estuaire du Bouregrag montrant l'influence de l'eau marine

Document 11: conditions de sédimentations dans l'estuaire

### 2.4. Les conditions de sédimentations dans le lagon (doc.12)

Les lagunes sont des plans d'eau peu profonds, allongés parallèlement au littoral et isolés de la mer par un cordon de sable et de galets. La communication avec la mer se fait par des ouvertures plus ou moins nombreuses dans le cordon. Les sédiments formés dans les lagunes sont essentiellement des sédiments carbonatés et des évaporites (roches salines).



Le lagon de Walidia au Maroc

Document 12: conditions de sédimentations dans le lagon



### 3. les conditions de sédimentations dans les milieux marins

❖ les milieux marins sont caractérisés par des conditions hydrodynamiques particulières, ce qui influence les conditions de la sédimentation dans ces milieux.

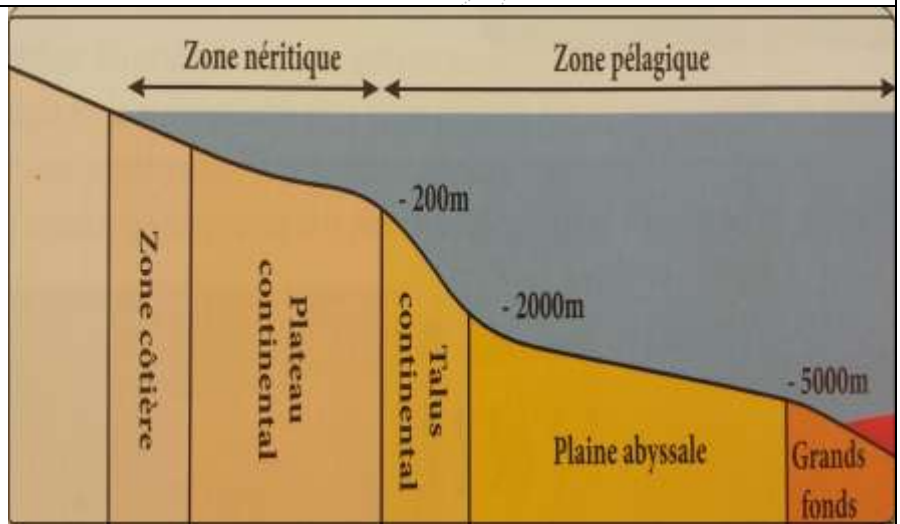
➤ Quelles sont les conditions de sédimentation dans ces milieux

#### 3.1. Les différentes zones de la sédimentation marine. (doc.13)

dans le domaine marin on distingue :

➤ **La zone néritique** qui s'étend du littoral jusqu'à une profondeur de -200 m, elle englobe la zone littoral et le plateau continental.

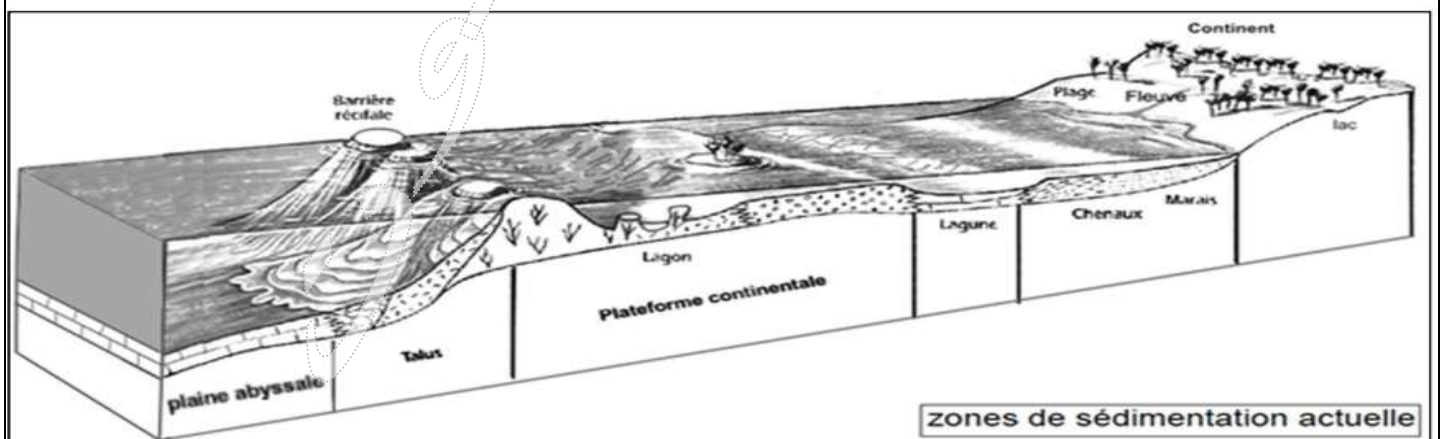
➤ **La zone pélagique** qui s'étend de -200m jusqu'à des profondeurs qui dépassent -5000 m, cette zone englobe la talus continental, la plaine abyssale et les grands fonds océanique. Chaque unité sédimentaire se caractérise par sa morphologie, son hydrodynamisme et sa sédimentation.



Document 13: relief du fond océanique

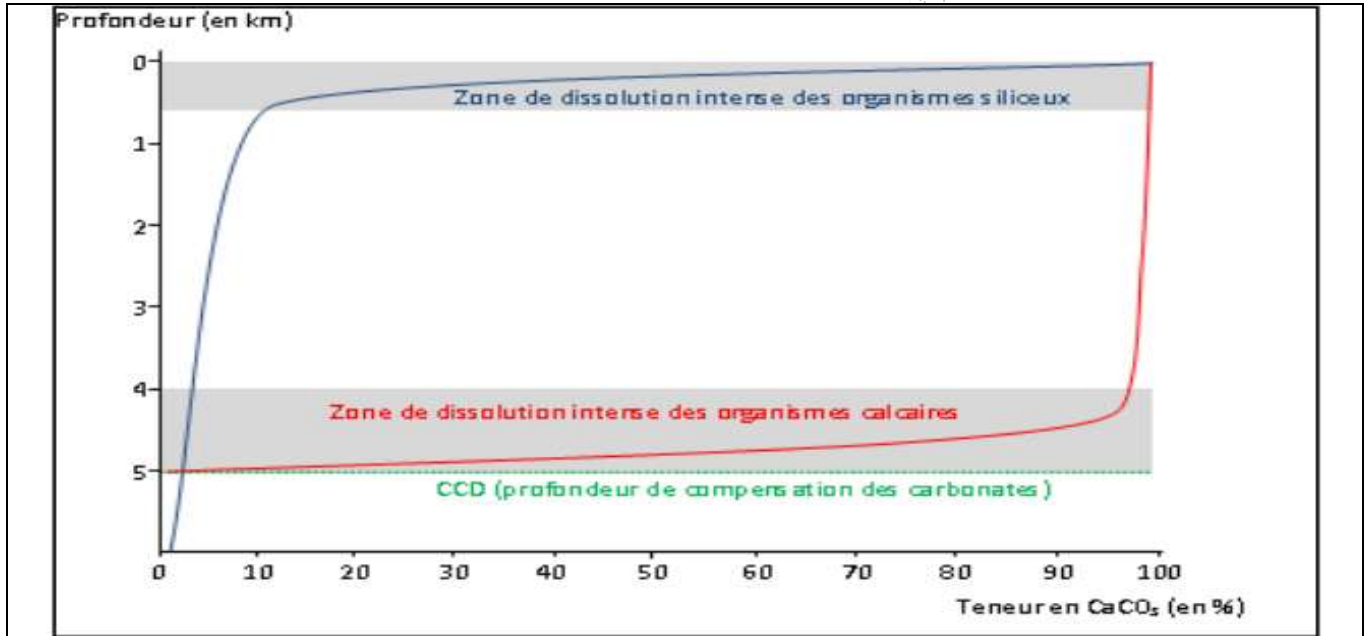
#### 3.2. Les conditions de la sédimentation dans le milieu marin. (tableau 3)

milieux marins	plage et plate-forme	<p><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 ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sédimentation à dominance siliceuse quand l'apport détritique est fort</li> <li>- sédimentation à dominance carbonatée là où l'apport détritique est faible et le climat favorable au développement des organismes constructeurs (coraux par exemple).</li> </ul>
	talus	<p><b>la pente continentale</b> (ou talus continental), large de 45 km en moyenne et dont la profondeur va de 200 à 4 000 m, entamée par des canyons sous-marins ;</p> <p>sédiments détritiques rythmés mis en place en bas du talus par les courants de turbidité.</p>
	plaine abyssale	détritiques fins (argiles) venant du talus auxquels s'ajoutent les particules fines calcaires tombant de la surface: débris planctoniques,... dépôt de boues pélagiques (des êtres flottants ou nageants).
	Grands fonds	<p>A plus de 5000m de profondeur</p> <p>Argiles rouges, avec absence du calcaire sous le niveau 5000m de compensation des carbonates (Carbonate Compensation Depth)</p>



➤ **Exercice**

- Dissolution des tests siliceux ou calcaires en fonction de la profondeur océanique et CCD.
- ✓ Les microorganismes marins possèdent des squelettes siliceux (diatomées, radiolaires...) ou calcaires (foraminifères...) sont voués, après leur mort, à tomber dans les profondeurs océaniques ou ils participent à la constitution du sédiment. Les tests, les coquilles vont subir une dissolution qui est en fonction de la profondeur, comme le décrit très bien le document suivant.



Document 1

1. Comment évolue la solubilité des tests calcaire en fonction de la profondeur ?
2. Expliquer le fait qu'en dessous de la CCD, plus aucun organisme calcaire ne sera trouvé.
3. Écrire la réaction chimique de cette dissolution.
4. Définir donc le CCD ; le niveau de compensation des carbonates.
5. Qui ce que vous constatez en ce qui concerne la dissolution des tests siliceux.

➤ **Élément de réponse**

1. La dissolution du calcaire augmente avec la profondeur : ce phénomène est dû à la teneur en CO<sub>2</sub> qui est grande à basse température et sous une forte pression.
2. Au-delà d'une certaine profondeur, tous les débris carbonatés sont dissous et le sédiment ne contient pas de carbonate.
3. La réaction de la dissolution du calcaire :  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$
4. Définition du CCD : il s'agit d'un niveau en milieu océanique, sous lequel le carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>) se dissocie, c-a-d que lorsque des particules de CaCO<sub>3</sub>, comme celle qui viennent du plancton, atteignent ce niveau, elles sont dissoutes et se retrouvent dans l'eau sous leur forme ionique Ca<sub>2+</sub> et HCO<sub>3</sub><sup>3-</sup>.
5. La dissolution des tests siliceux est grande dans les eaux superficielles sous saturées en silice. Elle diminue en profondeur sous l'effet de la haute pression et de basse température. A grandes profondeurs au-dessous de CCD, la sédimentation siliceuse domine à condition que la production de silice par le plancton ait été suffisamment importante.

### III. Détermination des conditions de sédimentation dans un milieu ancien : Mer des phosphates.

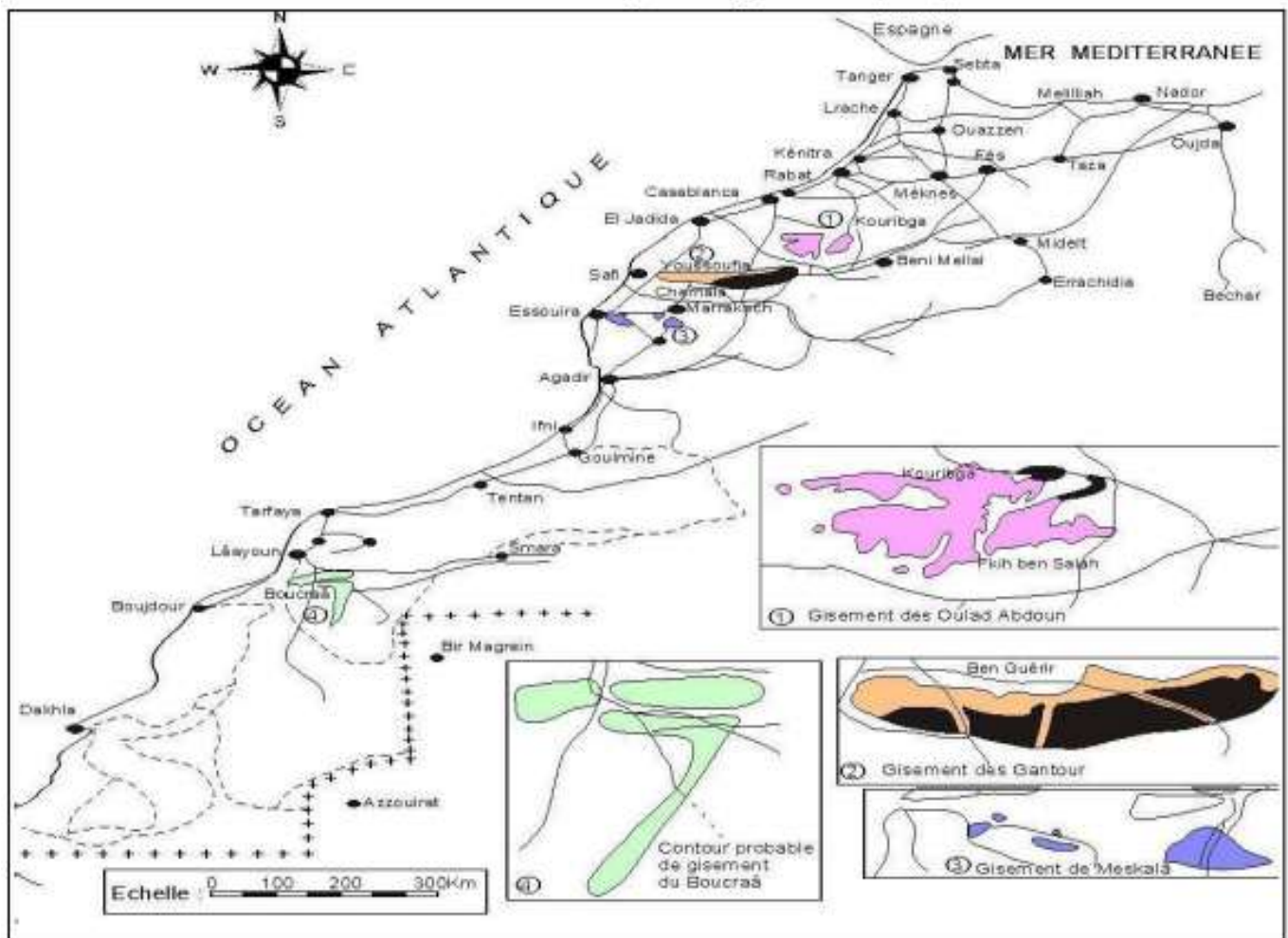
➤ Les réserves en phosphate au Maroc représentent près de 75% des réserves mondiale. Les phosphates sont des roches sédimentaires exploitées dans des gisements répartis au Maroc au niveau de bassins sédimentaires appelés bassins phosphatés.

- ✓ Quelles sont les caractéristiques des sédiments phosphatés ?
- ✓ Quelles sont les conditions de formations des sédiments phosphatés ?

#### 1. Les caractéristiques des sédiments phosphatés au Maroc.

##### 1.1. Les principaux domaines phosphatés au Maroc. (doc.14)

Lire la carte ci-dessous et localiser les différents gisements phosphatés au Maroc



**Document 14:** les principaux gisements de phosphate au Maroc

- ❖ les principaux bassins phosphatés au Maroc sont :
  - bassin d'Oulad Abdoun, à Khouribga.
  - bassin de Gantour, à Youssoufia.
  - bassin de Meskala, au domaine nord atlasique, à Chichaoua, s'étendant du jbillets jusqu'à le haut atlas Occidental.
  - Bassin Oued Eddahab au domaine Saharien. Gisement Boucraa.

## 1.2. Les formes des roches phosphatées au Maroc. (doc.15)

❖ les roches phosphatées sont des calcaires ou des grès phosphatés avec des débris d'ossements, des concrétions et des granulations de phosphate (jusqu'à 76%). Ce dernier provient de la décomposition d'organismes peuplant la mer, notamment des animaux suivants : Poissons (poissons osseux ; raies ; requins,...) reptiles marins et parfois d'origine continentale dont les animaux suivants : **Plésiosaures, Mosasaures, crocodiles et lézards**. Les chairs en se décomposant dans certaines conditions forment le phosphate, ce qui forme désormais la roche, qui contient les fossiles.

❖ On distingue parmi les sédiments phosphatés : le sable phosphaté, les calcaires phosphatés et les dents de requin.



Plésiosaure



Mosasaure



### Document 15:

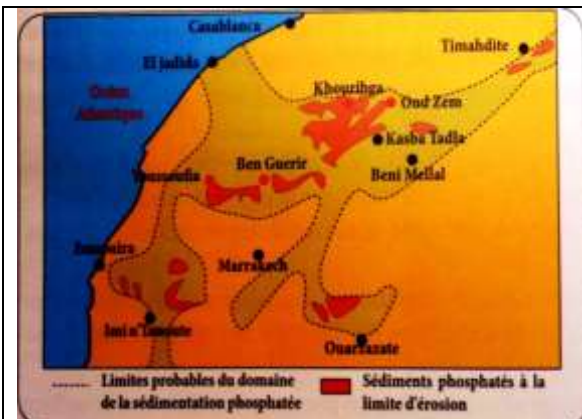
- Le gisement des phosphates au Maroc présente trois types essentiels de roches phosphatées (ou faciès phosphatés) ; le phosphate sableux granulaire, le calcaire phosphaté et le phosphate siliceux.
- Le phosphate granulaire est le plus répandu et le plus exploité actuellement. Il est constitué de grains phosphatés très fins comme :
  - ✓ Les oolites : structures résultant de la précipitation chimique des phosphates sous forme de couches successive autour d'un noyau siliceux (grain de sable) ou organique (micro algues, coquilles de plancton...)
  - ✓ Les tests de foraminifères complètement ou partiellement phosphatés
  - ✓ Les grains de glauconie : minéral riche en fer se formant en milieu marin (plateau continental).
- Le calcaire phosphaté est une roche compacte constituée d'éléments phosphatés cimentés par du calcaire cristallisé.

## 2. Les conditions de formations des sédiments phosphatés au Maroc.

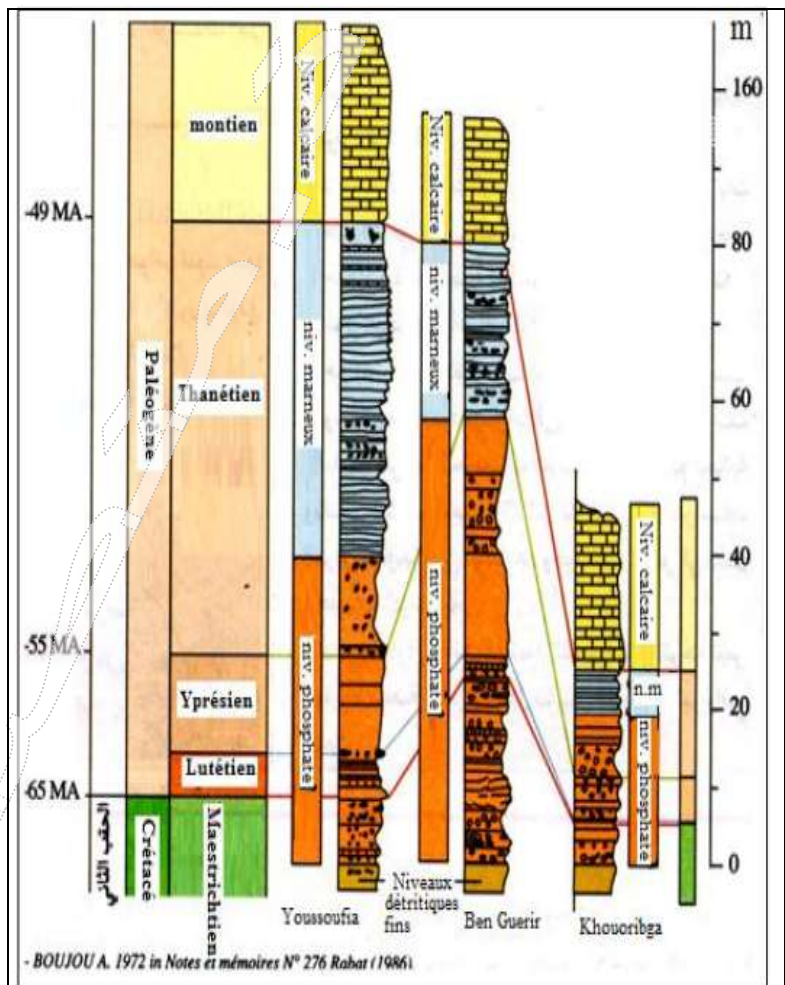
### 2.1. Répartition spatio-temporelle des sédiments phosphatés au sein du "bassin du nord". (doc.16)

➤ Les phosphates du Maroc ont été déposés, sur une très longue période allant du crétacé (étage du Maestrichtien, environ 80 Millions d'années), jusqu'au début de l'Éocène inférieur (40 Million d'année). Les colonnes stratigraphiques suivantes montrent la répartition des niveaux caractérisant les dépôts phosphatés selon les zones géologique de bassin du nord et leurs temps géologique de formation.

1. En se basant sur la figure 2 comparer ces trois colonnes stratigraphiques et déduire les différentes propriétés caractérisant les roches phosphatées au Maroc.



**Fig 1** : limites des dépôts phosphatés dans le bassin nord



**Fig 2** : colonnes stratigraphiques des sédiments phosphatés selon les régions et le temps géologique

**Document 16 :**

- La colonne stratigraphique est un schéma qui représente la succession des couches sédimentaires dans un milieu donné sous forme d'une coupe verticale qui prend en considération l'épaisseur de la couche et leurs positions les unes par rapport aux autres.
- L'analyse de certaines colonnes stratigraphique permet de déterminer certaines caractéristiques des couches phosphatées :
  - ✓ Forte condensations des séquences phosphatées dont les couches ne dépassent que les dizaines de mètres.
  - ✓ Apparition soudaine des faciès phosphatés.
  - ✓ La durée de sédimentation des roches phosphatés est relativement courte (moins de 20 millions d'années)
  - ✓ Les roches phosphatées s'alternent de façon rythmique avec d'autres roches.

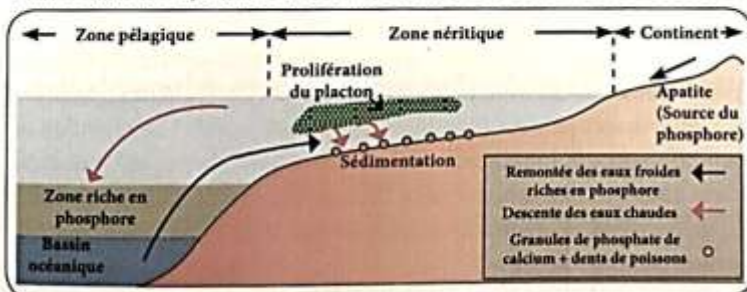
## 2.2. Conditions de sédimentation et de formation des phosphates

Plusieurs théories ont été avancées pour expliquer l'origine des sédiments phosphatés :

- **Théorie de l'origine minérale des phosphates** : L'origine du phosphore dans les roches phosphatées est due aux coulées volcaniques et aux eaux thermales sous-marines ainsi qu'à l'altération et au lessivage des roches volcaniques continentales riches en Apatite.
- **Théorie de l'origine biologique des phosphates** : Du fait de la richesse des sédiments phosphatés en fossiles de vertébrés, cette théorie considèrerait que l'origine du phosphore dans ses sédiments est due à l'altération chimique et biochimique des restes d'animaux au fond des bassins sédimentaires. Le phosphore libéré réagit avec d'autres minéraux pour donner le phosphate.
- **Théorie moderne - Théorie des courants ascendants ou Upwelling (KAZAKOV, 1937)** : La source principale du phosphore contenu dans les roches phosphatées est l'apatite, minéral présent en grandes quantités dans les roches éruptives. L'altération de ces roches par les eaux météoriques libère le phosphore minéral qui est transporté par les eaux superficielles vers la mer.

Au niveau des eaux marines, le phosphore est intégré dans le cycle biologique, essentiellement par le plancton qui, après leur mort, restituent le phosphore de nouveau aux eaux marines par l'action des bactéries qui minéralisent la matière vivante, ce qui assure la libération du phosphore et du CO<sub>2</sub>.

La sédimentation du phosphate nécessite la remontée des eaux profondes riches en phosphore et CO<sub>2</sub> vers la surface. Cette remontée permet la sédimentation du carbonate de calcium en premier lieu suivi du phosphate de calcium.



La phosphatogenèse se déroule à des profondeurs qui varient entre 50 m et 200 m à deux conditions :

- Présence de liaison directe entre les bassins continentaux et le milieu océanique ;
- Présence de courants marins ascendants (Upwelling) qui déplacent les eaux sous-marines riches en phosphore.

▲ Modèle explicatif de la phosphatogenèse selon la théorie des courants ascendants

**Document 17** : les théories sur la formation des roches phosphatées.

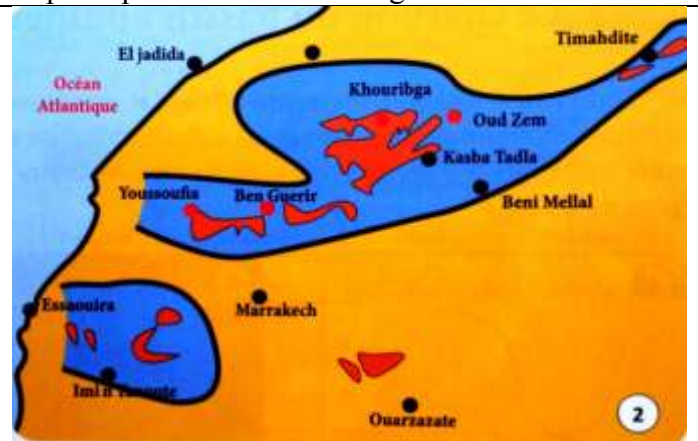
## 2.3. Deux explications pour la reconstitution de la paléogéographie des bassins phosphatés marocains (doc.18).

➤ L'étude des faciès minéraux et fossilifères des phosphates a permis de reconstituer l'environnements sédimentaires dans lesquels s'est formé le phosphate. la représentation de ces environnements ainsi que leur évolution au cours des temps géologiques se fait sous forme des cartes paléogéologique. L'importance de la période d'érosion qui a suivi la sédimentation des roches phosphatés a rendu très difficile la détermination avec précision les limites des bassins de phosphates, pour cela deux modèles théoriques ont été proposées pour la reconstruction de la géologie passée de ces bassins.

- ✓ **Trappe (1989-1994), Herbig (1986) (modèle1)** : le centre et l'Ouest Marocain étaient submergés par une mer épicontinentale en liaison avec l'Océan Atlantique. Les sédiments phosphatés se sont déposés sur des fonds de faible profondeur alors que les zones profondes ne connaissaient aucune sédimentation de phosphate.
- ✓ **Salvin (1960), Boujo (1976) (modèle 2)** : la mer de phosphate était sous forme de golfs de faible profondeur en liaison avec l'Océan Atlantique et séparés par des terrains émergents.



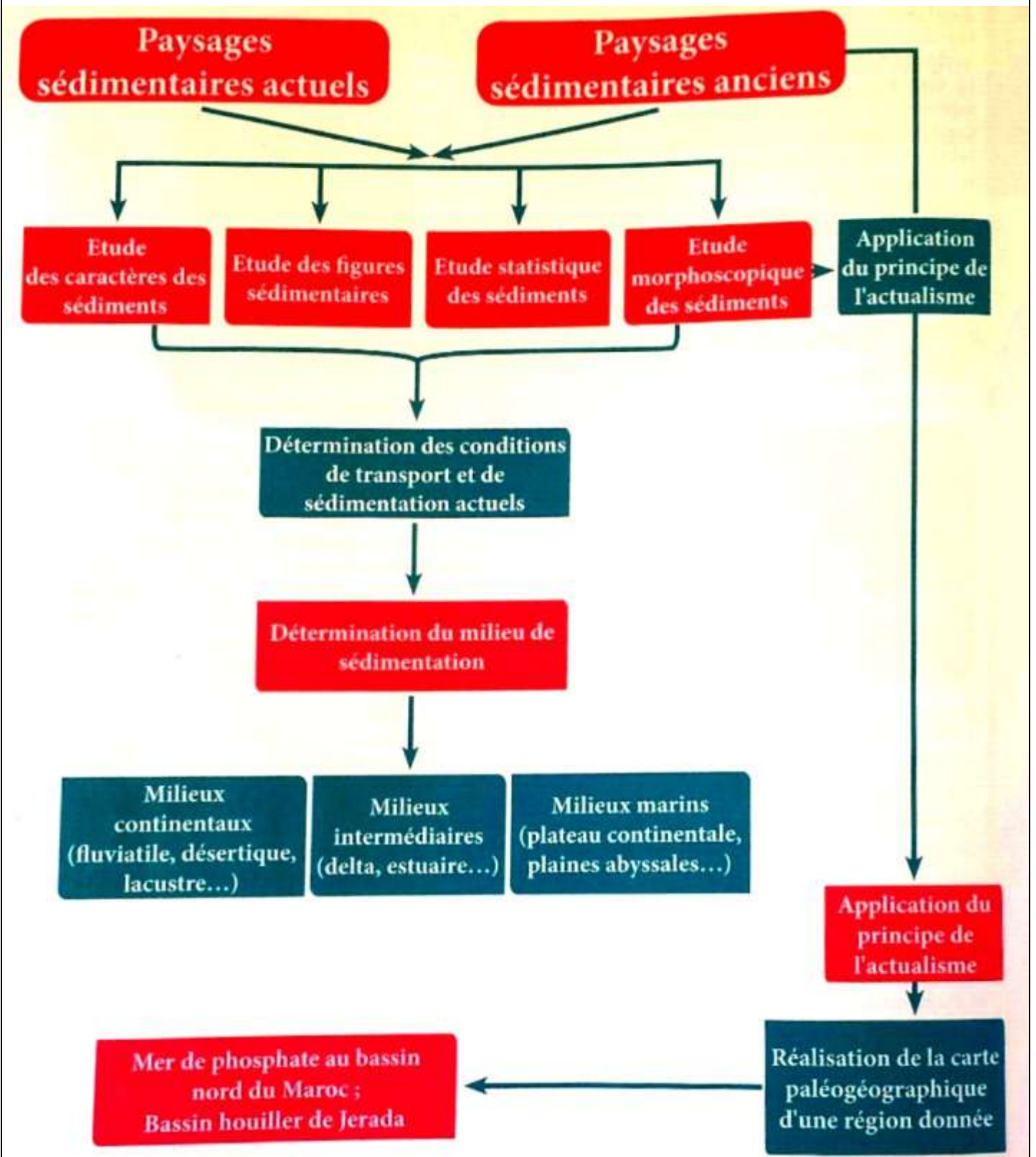
**Fig.1** : paléogéographie des bassins phosphatés du nord du Maroc selon Herbig



**Fig.2** : paléogéographie des bassins phosphatés du nord du Maroc selon Boujo

**Document 18** : les modèles théoriques de la carte paléogéographique du bassin nord

➤ Synthèse, schéma récapitulatif





## *Chap2: Les principes stratigraphiques et l'établissement de l'échelle stratigraphique,*

### ➤ Introduction:

- Les études géologiques des formations sédimentaires d'une région donnée permettent de :
  - ✓ Déterminer les caractéristiques pétrographiques, stratigraphiques et paléontologiques de ces formations ;
  - ✓ Déterminer les relations entre ces formations dans le temps et l'espace (datation relative des couches sédimentaires comme exemple) ;
  - ✓ Mettre en évidence certains événements géologiques qui ont eu lieu dans le passé (transgression, régression, érosion, déformations tectoniques...).
- Grâce à ces données, les géologues peuvent dans certains cas reconstituer l'histoire géologique de la région étudiée ou émettre des hypothèses sur cette histoire.

### ➤ Questions posées :

- ❖ Comment déterminer les relations entre les différentes formations géologiques d'une région donnée ?
- ❖ Sur quels principes et données se base-t-on pour dater les formations et les événements géologiques ?
- ❖ Quelles sont les bases de découpage du temps géologique ?

## *I. Les principes stratigraphiques et la datation relative des formations géologiques du plateau ou du bassin étudié.*

### 1. Quelques données sur la stratigraphie (doc.1)

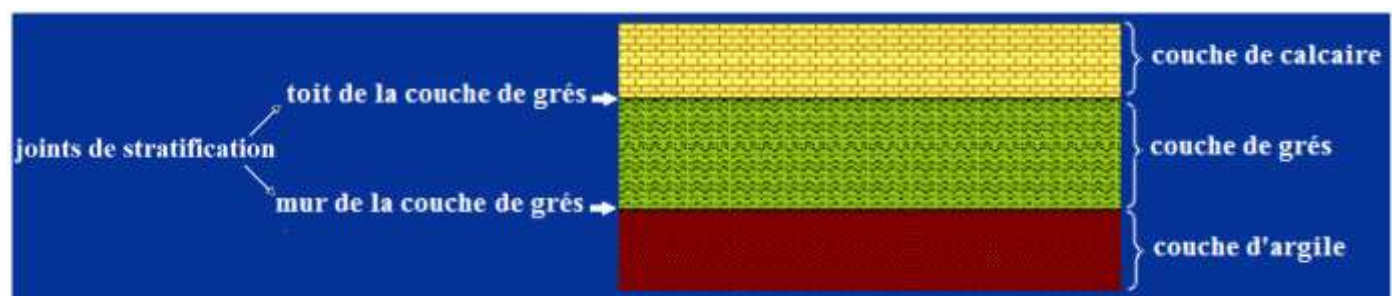
#### **Document 1 :**

\* Les roches sédimentaires se caractérisent par la ..... : c'est la disposition de ces roches en strates ou en ..... superposées.

Une strate ou couche est unité sédimentaire délimité par deux ..... plus ou moins parallèles appelées joints de stratification, il s'agit du ..... et du ....., ces derniers correspondent à des discontinuités ou à des changements de composition ; ainsi on distingue une couche d'une autre par un changement dans la ....., la ....., la ..... de la roche, le contenu .....

Chaque strate correspond en effet à un mode de sédimentation différent, donc à des sédiments différents.

\* La stratigraphie est une discipline des sciences de la Terre qui étudie la succession des différentes couches géologiques et les événements qu'elles ont enregistrés dont le but de reconstituer ..... d'une région donnée. Cette discipline se base sur un ensemble de principes appelés principes stratigraphiques.



## 2. Les principes géométriques.

### 1.1. Principe d'horizontalité (doc.2)

**Document 2 :**

À l'origine, les couches sédimentaires se déposent ..... ; mais des mouvements ..... ultérieurs peuvent perturber cette disposition, on peut ainsi avoir des couches ....., ....., .....



couches horizontales



couches plissées



couches faillées

### 1.2. Principe de superposition

#### 1.1.1. Exercice (doc.3)

**Document 3 :**

Pour dater les couches sédimentaires qui affleurent dans une région donnée, les géologues utilisent le principe de superposition qui stipule qu'une couche est plus ..... que celle qu'elle recouvre, et elle est plus ..... que celle qui la recouvre.

La figure 1 représente une séquence de couches sédimentaires horizontales.

1. En utilisant le principe de superposition, classez les couches de la séquence de la figure 1 par ordre chronologique (datez ces couches les unes par rapport aux autres).

La figure 2 présente certains cas qui constituent des exceptions au principe de superposition.

2. Montrez pourquoi le principe de superposition ne peut pas être appliqué pour ces cas.

Figure 1: séquence de couches horizontales

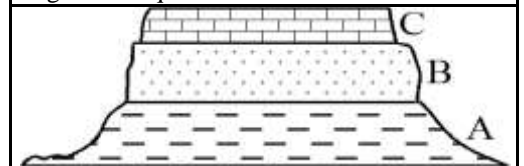
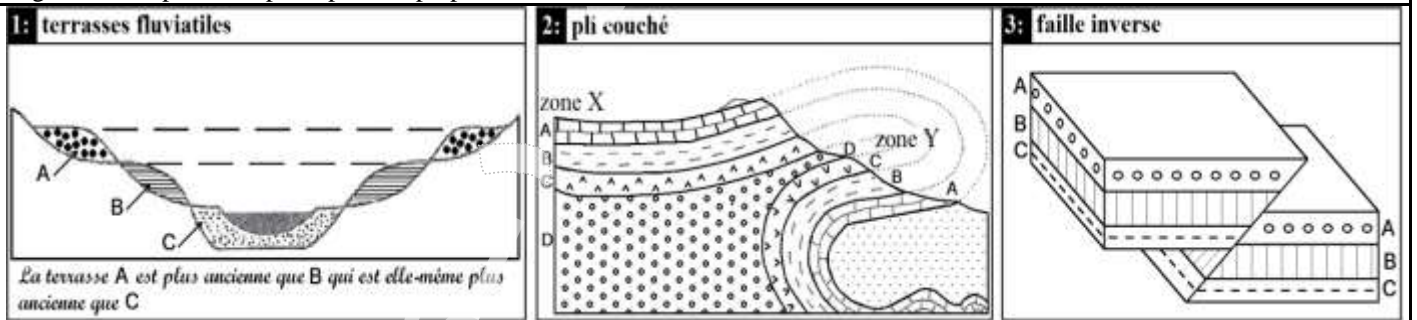


Figure 2: exceptions au principe de superposition



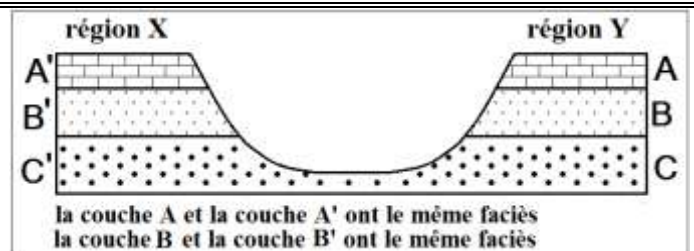
### 1.3. Principe de continuité.

#### 1.3.1. Exercice (doc.4).

**Document 4 :**

L'étude stratigraphique de deux régions distantes de quelques Km a permis de réaliser la coupe géologique ci-contre.

1. donnez la définition du faciès de couche sédimentaire.
2. déterminez l'âge relatif de la couche B dans la région X et de la couche B' dans la région Y.
3. comparez l'âge relatif de la couche B avec celui de la couche B'. Que constatez-vous ?



### ➤ **Éléments de réponse**

1. Le faciès d'une roche ou d'une couche sédimentaire est l'ensemble de ses caractères minéralogiques, structuraux et paléontologiques (fossiles) représentatifs de conditions de sédimentation déterminées.
2. En utilisant le principe de superposition on a :
  - a. dans la région X, la couche B est plus récente que la couche C et elle est plus ancienne que la couche A.
  - b. dans la région Y, la couche B' est plus récente que la couche C et elle est plus ancienne que la couche A'.
3. La couche B et la couche B' ont le même faciès et elles sont limitées par les mêmes joints stratigraphiques, elles ont donc le même âge relatif, chacune d'elles est la continuité de l'autre; en réalité elles constituent toutes les deux la même couche.

### 1.3.2. Énoncé du principe de continuité

- Une même couche sédimentaire est définie par un faciès donné et elle est de même âge sur toute son étendue.
- Remarque: le principe de continuité ne s'applique pas pour les séquences sédimentaires constituées d'une succession rythmique de couches semblables.

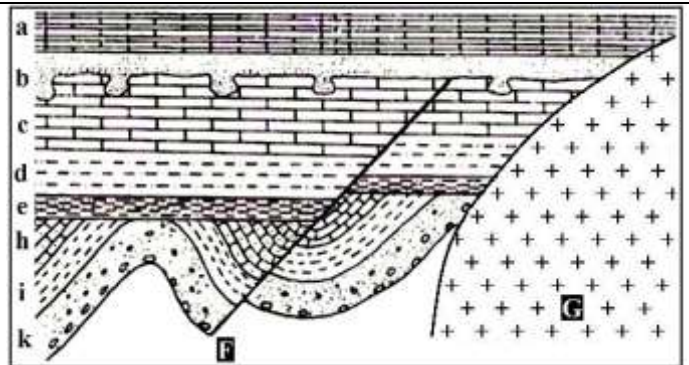
## 1.4. Principe de recoupement

### 1.4.1. Exercice (doc.5)

#### Document 5 :

Le schéma ci-contre représente une coupe géologique réalisée dans une région qui a connu un certain nombre d'événements géologiques.

Déterminez l'âge relatif du plissement, de la faille F et du granite G par rapport aux couches sédimentaires. Justifiez la réponse en utilisant le principe suivant : tout événement qui provoque un changement dans la géométrie des roches est postérieur à la dernière strate qu'il affecte et antérieur à la première strate non affectée.



### ➤ **Éléments de réponse**

- ✓ Le plissement est plus récent que la couche h (dernière couche plissée), et il est plus ancien que la couche e (première couche non plissée).
- ✓ La faille F est plus récente que la couche c (dernière couche faillée), et elle est plus ancienne que la couche b (premières couches non affectée par la faille).
- ✓ Le granite G est plus récent que la couche a qui est la dernière couche recoupée par le granite.

### 1.4.2. Conclusion

❖ Le principe de recoupement intervient, lorsque la géométrie des strates est perturbée par un événement externe (intrusion magmatique, faille, plissement, discordance, érosion...). L'énoncé de ce principe est le suivant :

- les couches sédimentaires sont plus anciennes que les failles ou les roches qui les recoupent.
- tout événement géologique qui en recoupe un autre lui est postérieur.

**1.5. Principe d'inclusion**

❖ Ce principe stipule que les débris d'une roche inclus dans une autre couche sont toujours plus anciens que leur contenant (le contenu est plus ancien que le contenant).

**3. Principe d'identité paléontologique.**

**2.3. Exercice** (doc.6)

**Document 6 :**

- Le tableau suivant représente la répartition stratigraphique (répartition géochronologique) et géographique (dans les régions R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> et R<sub>4</sub>) de quelques fossiles des gisements d'Oulad Abdoun.
- Les régions R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> et R<sub>4</sub> sont très éloignées et présentent des conditions de sédimentation différentes.

Fossiles	Répartition géochronologique						Répartition géographique			
	Crétacé (Secondaire)			Eocène (Tertiaire)			R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
	Turonien (Tu)	Sénonien (s)	Maastrichtien (Me)	Montien (Mo)	Thanétien (T)	Yprésien (v)				
F <sub>1</sub> : Notidanus microdon		+	+	+	+	+				
F <sub>2</sub> : Odontaspis Substriata				+	+	+	+	+	+	
F <sub>3</sub> : Squalus crenatidens					+		+	+	+	+
F <sub>4</sub> : Rhombodus binkhorsti			+				+	+		
F <sub>5</sub> : Galcorhinus priori			+	+			+	+	+	

1. Comparez les répartitions géochronologique et géographique de F<sub>1</sub> et F<sub>3</sub>
2. Déterminez l'âge relatif de trois couches C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> :
  - ✓ C<sub>1</sub> se trouve dans la région R<sub>1</sub> et contient le fossile F<sub>1</sub>
  - ✓ C<sub>2</sub> se localise dans la région R<sub>2</sub> et contient le fossile F<sub>4</sub>
  - ✓ C<sub>3</sub> se situe dans la région R<sub>3</sub> et contient le fossile F<sub>4</sub>
3. Peut-on qualifier F<sub>3</sub> de fossile de faciès ? Justifiez votre réponse.

➤ **Éléments de réponse :**

1. Comparaison la répartition géochronologique et géographique de F<sub>1</sub> et F<sub>2</sub>
  - ✓ F<sub>3</sub> possède une grande répartition géographique (on le trouve dans toutes les régions étudiées) et une faible extension dans le temps, il a vécu uniquement pendant le thanétien.
  - ✓ F<sub>1</sub> se caractérise par une répartition géochronologique plus importante que celle de F<sub>3</sub> mais sa répartition géographique est plus faible.
2. On ne peut pas déterminer avec précision l'âge de la couche ;
  - ✓ C<sub>1</sub>, il peut être (s), (Me), (Mo), (T), ou (v), car le fossile F<sub>1</sub> contenu dans cette couche a vécu pendant toutes ces époques.
  - ✓ C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> ont le même âge, c'est le Maastrichtien, car ces deux couches contiennent le fossile F<sub>4</sub> qui a vécu uniquement pendant cette époque.
3. F<sub>3</sub> n'est pas un fossile de faciès car il a vécu dans des régions qui présentent des conditions de sédimentation différentes.

## 2.2. Conclusion (doc.7)

### Document 7 :

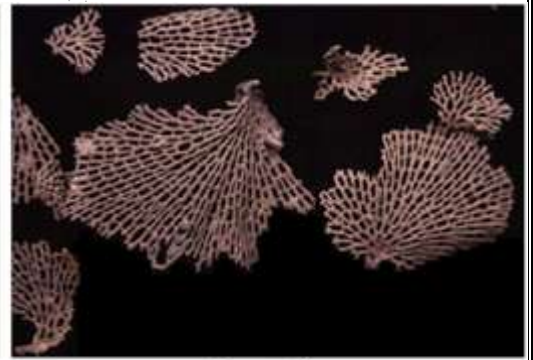
- Les Trilobites sont des animaux marins fossiles ayant une grande extension géographique. Ils ont vécu uniquement pendant l'ère primaire (entre - 540 MA et - 250 MA), c'est pour cela qu'on les utilise dans la datation et la division de cet ère géologique.
- Les Ammonites sont des céphalopodes marins fossiles. On les utilise pour la datation et la division de l'ère secondaire (entre - 250 MA et - 65 MA) car ils ont existé uniquement pendant cet ère.
- Fenestella est un animal fossile constructeur des récifs coralliens. Il a vécu pendant l'ère primaire en milieu marin peu profond (moins de 100 m) et caractérisé par des eaux pures et tièdes (25°C à 29°C).



Trilobite



Ammonite



Fenestella

➤ Les fossiles sont des restes ou empreintes d'êtres vivants conservés dans des roches sédimentaires. En géologie, on s'intéresse surtout aux fossiles stratigraphiques et aux fossiles de faciès.

✓ **Les fossiles stratigraphiques** (comme les trilobites et les ammonites) permettent de dater les couches sédimentaires dans lesquelles ils se trouvent, cette datation relative est basée un principe stratigraphique appelé le principe d'identité paléontologique : deux couches ayant les mêmes fossiles stratigraphique sont considérées comme ayant le même âge.

✓ Pour être qualifiée de fossile stratigraphique, une espèce doit :

- Avoir une grande extension géographique, ce qui permet de corréler des couches sédimentaires de régions éloignées.
- Avoir existé pendant une courte durée à l'échelle des temps géologiques (avoir une faible extension verticale dans les dépôts).

✓ **Les fossiles de faciès** (comme fenestella) permettent de se renseigner sur le milieu et les conditions de sédimentation des roches dans lesquelles on les trouve.

## II. **Le cycle sédimentaire et l'échelle stratigraphique.**

### 1. À la recherche des subdivisions géochronologiques.

➤ Sur la base des principes stratigraphiques, les géologues se sont intéressés à la succession des différents séries sédimentaires afin d'effectuer de corrélation régionales, et par la suite mondiale, ce qui permet de définir des subdivisions géochronologiques.

✓ **Quelles sont les subdivisions chronologiques de base et quelles sont leurs caractéristiques ?**

### 1.1. Le stratotype ; une référence stratigraphique mondiale. (doc.8)

➤ En appliquant les principes stratigraphiques, les géologues ont établi, dès le début du 19<sup>ème</sup> siècle, des corrélations entre des formations sédimentaires régionales. Ils ont choisi pour cela des séquences sédimentaires qui affleurent dans certaines régions. Ces séquences appelées **stratotypes** présentent plusieurs caractéristiques parmi lesquelles:

- ✓ la simplicité du milieu de sédimentation,
- ✓ l'absence de déformations tectoniques,
- ✓ la richesse en fossiles stratigraphiques marins,
- ✓ l'homogénéité des faciès,
- ✓ limites faciles à distinguer (il s'agit le plus souvent de discontinuités de sédimentation comme les lacunes).

➤ Grâce à leurs caractéristiques, les stratotypes ont été utilisés comme référence pour la datation relative des formations sédimentaires. En effet, les stratotypes déterminent une unité de l'échelle stratigraphique appelée **Étage**.

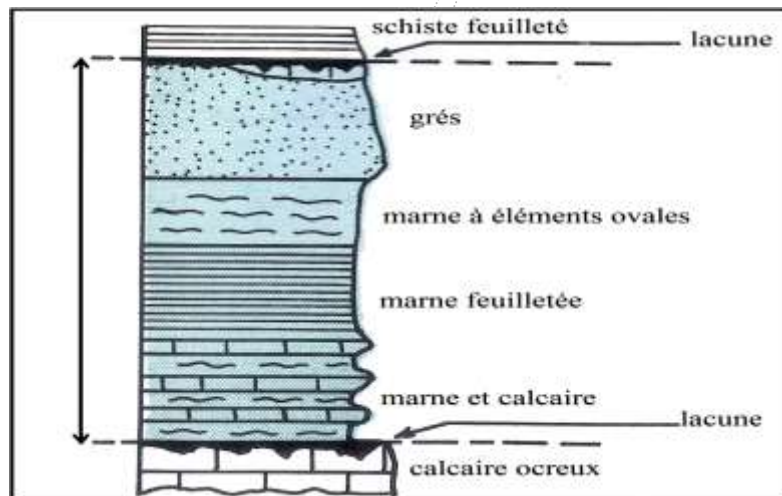
➤ L'échelle stratigraphique est utilisée pour la datation relative des formations sédimentaires et les événements géologiques passés, elle est constituée des unités **chronostratigraphiques** auxquelles correspondent des unités **géochronologiques**, (l'unité **chronostratigraphique** est une division comprenant un **ensemble de couches** sédimentaires, alors que l'unité géochronologique est une **division du temps**, c'est la durée correspondant au dépôt des couches d'une unité **chronostratigraphique**).

➤ L'étage est une unité chronostratigraphique auquel correspond une unité géochronologique appelée âge dont la durée varie entre 3MA et 10MA.

➤ L'échelle stratigraphique comprend une succession d'étage, chacun d'eux a été défini à partir d'un stratotype donné.

➤ La colonne stratigraphique ci-dessous présente les caractéristiques et les limites du Pliensbachien, il s'agit d'un stratotype qui se localise dans la région de Pliensbach en Allemagne et qui définit un étage du même nom.

Remarque : le nom attribué à un étage (et au stratotype qui le définit) dérive en général du lieu où il a été identifié pour la première fois (on ajoute le suffixe -ien au nom du lieu).

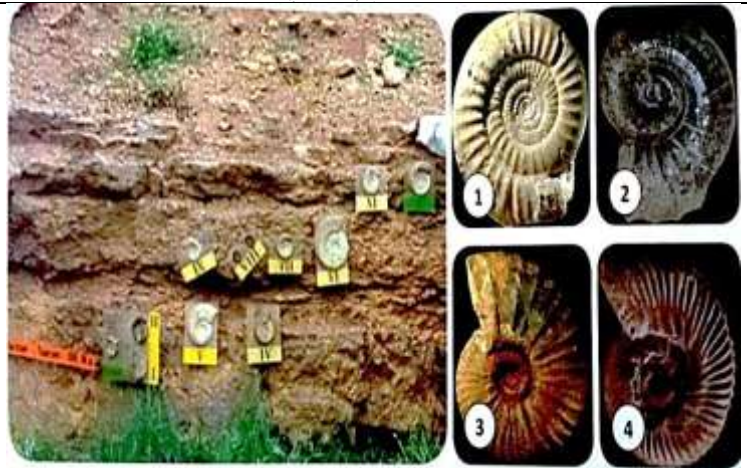


Document 8 :

**1.2. La biozone ; une subdivision biostratigraphique fine du stratotype.** (doc.9)

➤ Les fossiles changent dans le temps, on peut les utiliser comme "chronomètre". Une formation lithostratigraphique peut être subdivisée à partir des fossiles en couche biostratigraphique (biozone) ayant le même contenu fossile. Une biozone est une division de base biostratigraphique fondée sur l'apparition ou la disparition d'espèces.

➤ L'image ci-contre représente un stratotype historique du Toarcien (Thouars, Deux-sèvres) dont les espèces d'Ammonite subdivisent cet étage en plusieurs biozones. Le Toarcien (stratotype) s'étend de -186 Ma à -179 Ma, ce stratotype compte 27 unités biostratigraphiques (biozones) appelées horizons caractérisés par une association faunique homogène.



✓ **Montrer l'importance des biozones dans les subdivisions géochronologique ?**

**Document 9 ;**

➤ **Éléments de réponse :**

➤ D'après l'image, on constate que l'étage Toarcien est subdivisé en plusieurs biozones (11 horizons) selon l'apparition et la disparition des espèces d'Ammonites. Donc l'étage peut être subdiviser en biozones et chaque biozone est formée par des strates dans lesquelles se rencontre une forme fossile caractéristique, ce qui permet d'établir de fines subdivisions géochronologiques.

**1.3. La lacune stratigraphique.** (doc.10)

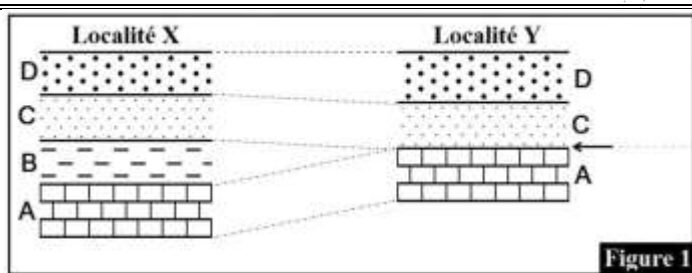


Figure 1

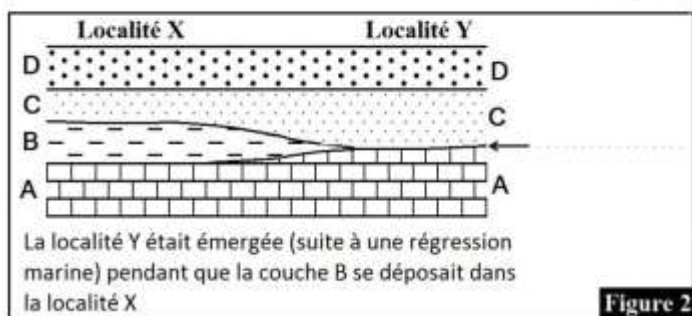


Figure 2

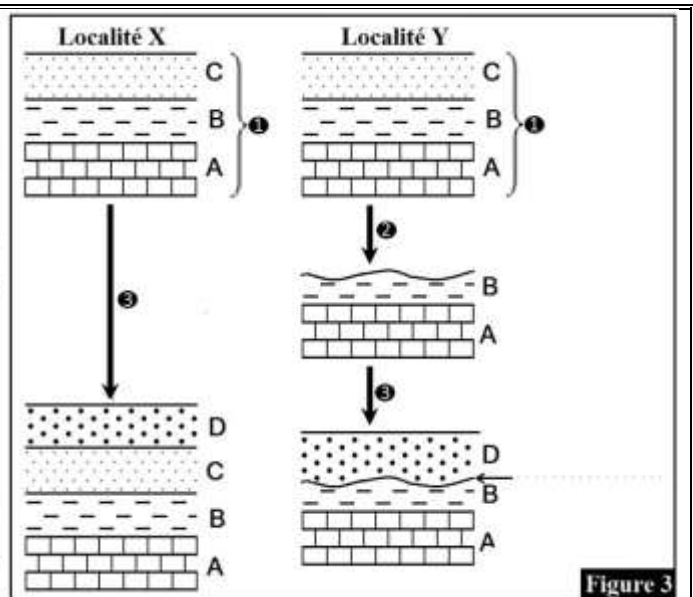


Figure 3

1. Comparer la sédimentation des couches dans les deux localités X et Y dans la figure 1, que constatez-vous ?
2. Expliquer la présence d'une lacune stratigraphique et déterminer leur l'importance de point de vue géochronologique.

**Document 10 ;**

➤ **Éléments de réponse :**

1. L'observation de la figure 1 montre la présence de la couche B dans la localité X et son absence dans la localité Y. Cette absence constitue une lacune stratigraphique.

On parle de lacune lorsqu'il n'y a pas de continuité chronologique entre deux couches, il s'agit de l'absence d'une ou plusieurs couches dans une série sédimentaire.

2. Une lacune stratigraphique peut s'expliquer par:

✓ Une interruption de la sédimentation (non dépôt) : une ou plusieurs couches ne se déposent pas dans une région qui a été peut être émergée à la suite d'une régression marine (figure 2). On parle dans ce cas de lacune de sédimentation.

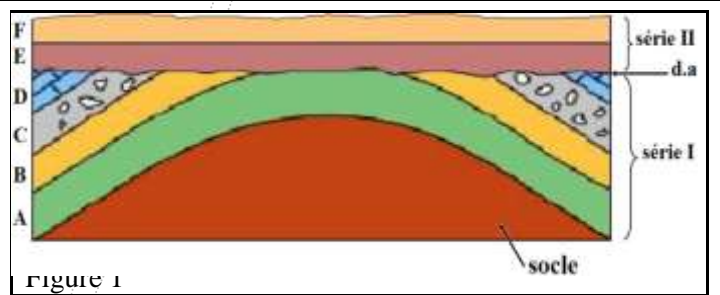
✓ Une érosion: les couches qui manquent dans une région se sont déposées puis elles ont disparues à cause d'une érosion, puis la sédimentation a repris en laissant une lacune (figure 3). On parle dans ce cas de lacune d'érosion.

**1.4. Les discordances géologiques** (doc.11).

➤ La figure 1 représente une coupe géologique réalisée dans une région donnée.

1. Comparez les couches de la série I avec les couches de la série II.

➤ Pour déterminer la signification géologique de la surface d.a qui sépare la série I de la série II, on propose les schémas de la figure 2, chaque schéma représente une étape de l'histoire géologique de la région étudiée.



2. En se basant sur les données de la figure 2, déterminez la chronologie des événements géologiques qui se sont succédés pour mettre en place le paysage de la figure 1.

3. À partir des données précédentes, montrez que la surface d.a constitué une discontinuité sédimentaire.

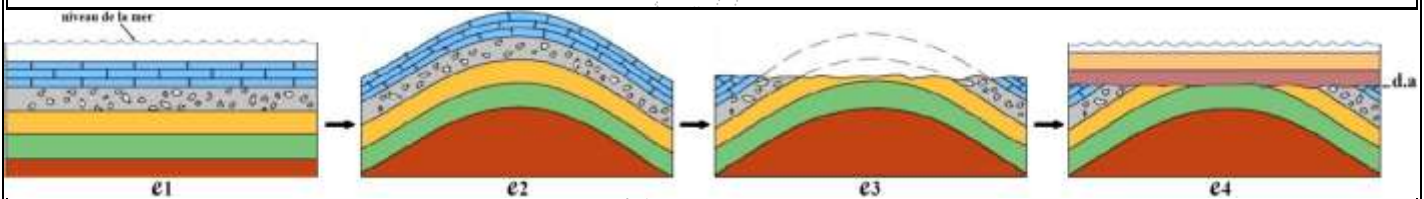


Figure 2

**Document 11;**

➤ **Éléments de réponse :**

1. Les couches de la série I sont plissées alors que les couches de la série II sont horizontales. La couche E de la série II recoupe les couches de la série I; en appliquant le principe de recoupement, on déduit que les couches de la série I sont plus anciennes que les couches de la série II.

2. La chronologie des événements géologiques qui se sont succédés pour mettre en place le paysage de la figure 1.

✓ e<sub>1</sub>: dépôt à l'horizontale des couches de la série I sur un socle dans un milieu marin selon l'ordre suivant : A, B, C puis D.

✓ e<sub>2</sub>: plissement et soulèvements des couches de la série I à cause de force tectoniques de compression qui ont eu lieu après une régression marine.

✓ e<sub>3</sub>: érosion des couches plissées ce qui a abouti à un aplanissement des reliefs.

✓ e<sub>4</sub>: dépôt des couches de la série II (la couche E puis la couche F) sur les couches plissées de la série I. Ce dépôt s'est produit sûrement après une transgression marine.

✓ Figure1: érosion de la surface de la couche F après une régression marine.

3. La surface (d.a) est une surface de contact entre une série de couches horizontales (série II) et une série de couches plissées (série I) ; on appelle cette surface une discordance géologique, et plus précisément une discordance angulaire.

Pour qu'une discordance géologique apparaisse dans un paysage géologique, il faut qu'il y ait une interruption de la sédimentation pendant une période plus ou moins longue au cours de laquelle d'autres événements géologiques se déroulent: régression marine, plissement, érosion... On déduit qu'une



discordance géologique correspond toujours à une lacune stratigraphique, c.-à-d. à une discontinuité sédimentaire.

### Conclusion

- les limites des étages sont généralement marquées par des discordances de sédimentation en relation avec des variations relatives du niveau marin qui portent le nom de transgression et régression. L'alternance de ces phénomènes constitue le cycle sédimentaire.
  - ✓ Quelles sont les caractéristiques du cycle sédimentaire.
  - ✓ Quelle est l'importance des cycles sédimentaires dans les subdivisions chronostratigraphique ?

#### 1.5. Notion de cycle sédimentaire. (doc.12).

- Le cycle sédimentaire comprend trois phases ; transgression, sédimentation et régression, ces phases sont marquées par les discordances ou par les discontinuités sédimentaires.

#### ➤ Éléments de réponse :

1. La transgression marine est la progression du milieu marin vers le continent. Elle résulte soit d'une élévation du niveau marin à la suite de la fonte des glaces (cause climatique), soit d'un affaissement du continent (cause tectonique). Au niveau des formations sédimentaires, la transgression marine se manifeste par une séquence verticale de couches sédimentaires appelée séquence transgressive (figure 1): dépôt de sédiments marins sur des sédiments continentaux, ou dépôt de sédiments de faciès marin très profond sur des sédiments de faciès marin peu profond.

#### ✓ Remarque:

- ✓ La séquence transgressive est qualifiée de séquence positive car la taille des sédiments diminue du bas vers le haut.
- ✓ On trouve souvent les couches d'une séquence transgressive en discordance avec les couches d'un socle ancien, cette discordance est :
  - ❖ Angulaire si les couches du socle sont plissées;
  - ❖ Parallèle si les couches du socle sont horizontales.

2. La régression marine est le retrait de la mer par abaissement du niveau marin (cause climatique) ou par surrection du continent (cause tectonique). La régression se traduit au niveau des formations sédimentaires par une séquence verticale qualifiée de régressive, c'est une séquence négative caractérisée par le dépôt de sédiments continentaux sur des sédiments marins, ou dépôt de sédiments de faciès marin peu profond sur des sédiments de faciès marin très profond.

3. Un étage géologique correspond le plus souvent à un cycle sédimentaire, celui-ci désigne la période comprise entre une transgression marine et la régression marine qui la suit. Les caractères de faciès et les caractères géométriques d'un cycle sédimentaire se traduisent par une séquence transgressive suivie d'une séquence régressive dans la même région.

➤ La transgression est une progression de la mer qui envahit une aire continentale. Elle résulte soit d'une ascension du niveau de la mer **eustatisme** soit d'un affaissement du continent **subsidence**. Ces phénomènes peuvent s'ajouter ou se compenser. Sur le terrain, dans une succession de couches, une transgression est mise en évidence par le dépôt de couches marines sur les couches continentales. Cette succession est représentée sur la figure 1.

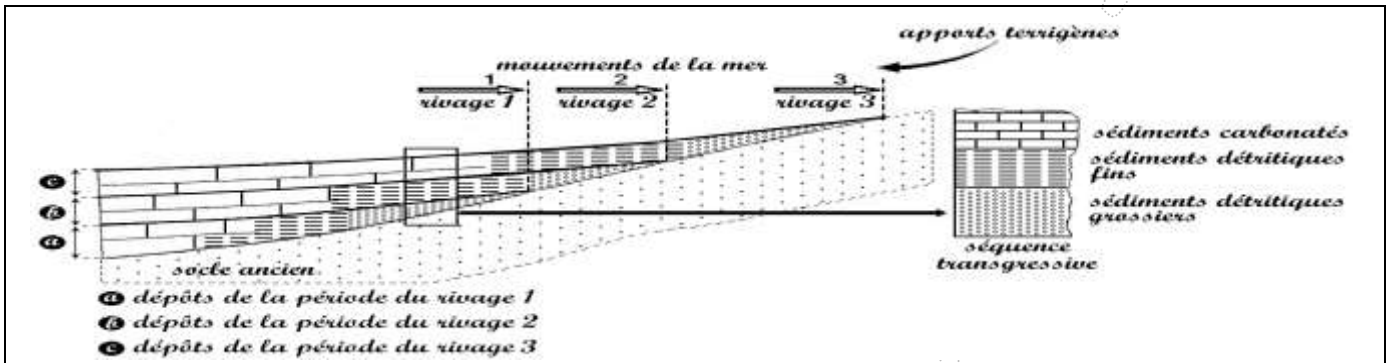


Figure1.

1. **Dégager** les caractéristiques d'une série transgressive. **Proposer** une explication des conditions de sédimentation qui permettent la formation de cette série.

➤ La régression se produit lorsque la mer se retire d'une aire à la suite d'une baisse du niveau de la mer ou de la montée de l'aire en question. La figure 2 montre les dépôts sédimentaires d'une série régressive.

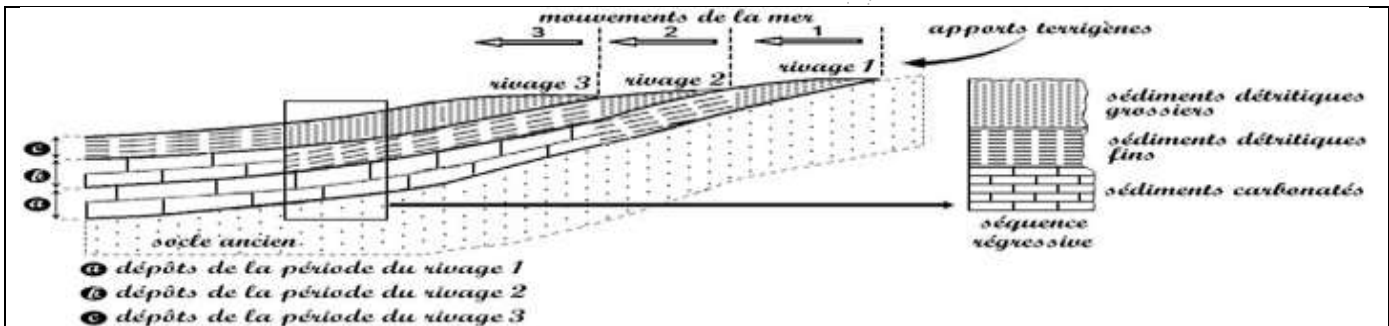


Figure2.

2. **Dégager** les caractéristiques d'une série transgressive. **Proposer** une explication des conditions de sédimentation qui permettent la formation de cette série.

3. En se basant sur la figure 3 et sur les données précédentes, décrire les caractéristiques d'un cycle sédimentaires .monter l'importance de ce cycle dans les subdivisions chronologiques.

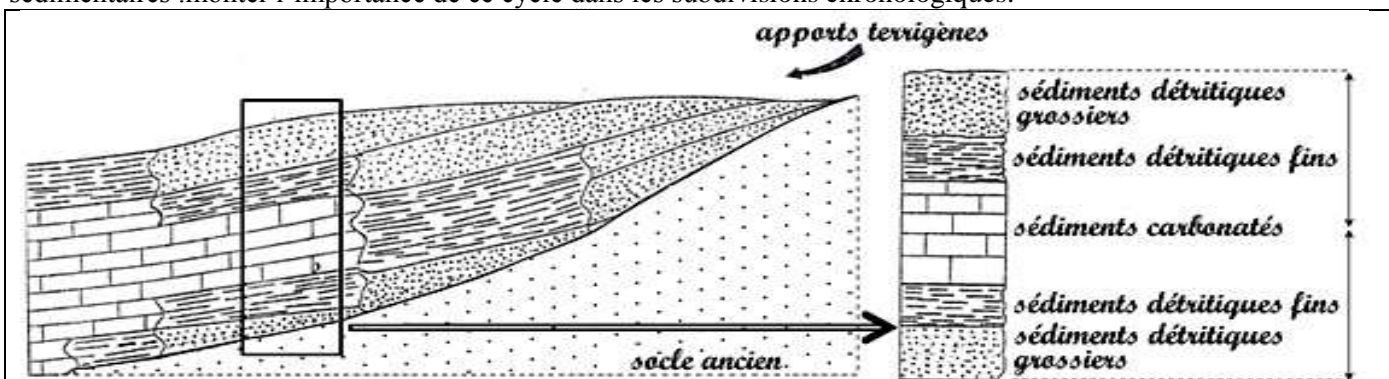


Figure2.

Document 12;

## 2. L'échelle stratigraphique.

### 2.1. Les grandes divisions de l'échelle stratigraphique : notion d'Erathème et de Système

#### 2.1.1. Introduction

❖ Depuis longtemps, les géologues ont constaté la difficulté d'utiliser uniquement les étages dans la géochronologie, à cause du grand nombre de ces étages et à cause aussi de certains événements géologiques qui ont marqué l'histoire de la Terre et qui peuvent couvrir des dizaines d'étages. Pour cela les géologues ont déterminé d'autres unités (ou divisions) chronostratigraphiques et géochronologiques plus grandes que l'étage et l'âge.

➤ **Quelles sont ces divisions, et sur quels critères les géologues se sont basés pour les déterminer?**

### 2.2. Les critères paléontologiques utilisés pour la détermination des grandes divisions géochronologiques. (doc.13).

➤ Pour mettre en évidence l'importance des fossiles dans la géochronologie (datation des roches et les différents événements de l'histoire de la Terre), on propose les données suivantes:

➤ **Première donnée** : les anciens géologues ont remarqué l'absence de fossiles dans tous les terrains antérieurs à l'étage appelé Géorgien (-570 MA), ils ont alors divisé le temps géologique en deux grandes périodes qui sont la *Cryptozoïque* et la *Phanérozoïque* :

○ le *Cryptozoïque*, ou période de la vie cachée, correspond aux terrains antérieurs au Géorgien (de -4500 MA à -570 MA) et qui se caractérisent par l'absence totale des fossiles.

○ le *Phanérozoïque*, ou période de la vie apparente, correspond aux terrains qui contiennent des fossiles et qui se sont formés depuis le Géorgien jusqu'à nos jours (de -570 MA à nos jours).

➤ **Deuxième donnée** : le dessin de la figure 1 représente des exemples d'êtres vivants complètement éteints et qui ont vécu du Géorgien (-570 MA) au Thuringien (-245 MA). Les géologues ont appelé cette période le **Paléozoïque** ou **l'ère primaire**; les terrains qui datent de cette ère se caractérisent par des fossiles qui n'ont pas leurs pareils actuellement.

➤ **Troisième donnée** : le dessin de la figure 2 représente des exemples d'êtres vivants qui ont vécu après le Paléozoïque, de -245 MA jusqu'à la fin du Maastrichtien (-65 MA). Cette période a été appelée le **Mésozoïque** ou **l'ère secondaire**; ses terrains se caractérisent par deux groupes de fossiles: ceux éteints et ceux qui ont des représentants actuellement.

➤ **Quatrième donnée** : le dessin de la figure 3 représente des exemples d'êtres vivants qui ont vécu après le Maastrichtien, de -65 MA jusqu'à la fin de l'étage appelé Astien (-1,8 MA). On a appelé cette période le **Cénozoïque** ou **l'ère tertiaire**; ses terrains se caractérisent par des fossiles qui ont des représentants actuellement.

➤ Remarque : la période après -1,8 MA a été appelée **ère quaternaire** par les géologues.



figure 1



figure 2



figure 3

#### Document 12;

❖ L'étude des êtres vivants, grâce aux fossiles, à des époques différentes, montre qu'au cours des temps géologiques des espèces ou des groupes entiers sont apparus, d'autres ont disparus et d'autres ont changé d'aspect c.-à-d. qu'ils ont évolué de façon irréversible. Les fossiles sont donc des marqueurs des temps géologiques, c'est pour cela qu'ils sont utilisés dans la géochronologie, cette utilisation est basée sur des critères bien définis :

- absence totale des fossiles dans certains terrains,
- apparition, évolution et extinction de certains organismes et surtout les extinctions de masse appelées aussi crises biologiques (comme l'extinction des dinosaures).

❖ À partir de ces critères, les géologues ont divisé le temps géologique en cinq grandes divisions géochronologiques appelées *ères*. Le tableau suivant présente certaines caractéristiques de ces unités géochronologiques.

	Age en MA	Eres	Caractéristiques
<b>Phanérozoïque</b>	-1,8	<i>Quaternaire</i>	Apparition de l'Homme
	-65	<i>Cénozoïque ou ère tertiaire</i>	Présence de fossiles d'organismes ayant des représentants actuellement (comme les Mammifères)
		<i>Mésozoïque ou ère secondaire</i>	Présence de fossiles d'organismes éteints (comme les Dinosaures et les Ammonites) et d'organismes ayant des représentants actuellement (comme les requins)
	-245	<i>Paléozoïque ou ère primaire</i>	Présence de fossiles d'organismes éteints (comme les Trilobites)
<b>Cryptozoïque</b>	-4500	<i>Précambrien</i>	Absence de fossiles

❖ L'échelle stratigraphique simplifiée représente les grandes caractéristiques de leurs établissements.

Erathèmes (Eres)		Système (période)	Age en Ma	Groupes fossiles	Cycles orogéniques	
Phanérozoïque	Cénozoïque (tertiaire et quaternaire)	Quaternaire	-1.7	7, 8, 9	Cycle alpin	
		Néogène	-23			
		Paléogène	-65			
	Disparition en masse ;45%G, 75%E					6, 5
	Mésozoïque (secondaire)	Crétacé	-135			
		Jurassique	-203			
		Crise majeure ;45%G, 75%E				
	Disparition en masse ;70%G, 90%E					3, 1
	Paléozoïque	Trias	-250	4		
		Permien	-295	3		
Carbonifère		-355				
Crise majeure ;50%G, 75%E						
Apparition des animaux à squelette	Dévonien	-408	2	Cycle hercynien ou varisque		
	Silurien	-435				
	Crise majeure ;60%G, 85%E					
Précambrien	Protérozoïque	Ordovicien	-500	1	Cycle calédonien	
		Cambrien	-540			
	Archéen	-2500				Cycle cadomien (assynctique)
	-4550					

Tableau : Échelle stratigraphique

### 2.3. Conclusion.

➤ En se basant sur des critères paléontologiques, stratigraphiques et tectoniques, les géologues ont élaboré l'échelle stratigraphique. C'est l'outil de la géochronologie, elle comprend des unités (divisions) chronostratigraphiques auxquelles correspondent des unités géochronologiques :

- ✓ géochronologie: datation des formations sédimentaires et les événements géologiques passés.
- ✓ unité chronostratigraphique: division comprenant un ensemble de couches sédimentaires.
- ✓ unité géochronologique: durée correspondant au dépôt des couches d'une unité chronostratigraphique.

➤ Le tableau suivant représente les principales divisions de l'échelle stratigraphique.

Unités chronostratigraphiques	Unités géochronologiques	Exemples
Eonothème	Eon	Cryptozoïque, Phanérozoïque
Erathème	Ere	Paléozoïque, Mésozoïque, Cénozoïque
Système	Période	Cambrien, Trias, Paléogène
Étage	Age	Géorgien, Werfénien, Danien

**Document 13.**

Les **cycles orogéniques** et les **discordances majeures** constituent les principaux critères tectoniques utilisés dans la géochronologie.

\* Un cycle orogénique ou cycle tectonique est la succession des événements correspondant à la formation puis à la destruction d'une chaîne de montagnes. Un tel cycle qui dure des dizaines ou des centaines de MA comprend en général trois phases :

- sédimentation dans un bassin sédimentaire qui correspond souvent à une marge continentale ;
- orogénèse, c'est-à-dire plissement des sédiments accumulés dans le bassin sédimentaire et surrection d'une chaîne de montagnes ;
- pénéplation de la chaîne montagneuse (aplanissement progressif de la chaîne montagneuse par l'érosion).

On distingue en général quatre cycles orogéniques majeurs:

- le *cycle cadomien*, il date du Précambrien (Cryptozoïque) ;
- le *cycle calédonien*, il caractérise une partie du Paléozoïque (s'étend du début du Cambrien au début du Dévonien) ;
- le *cycle hercynien*, il caractérise une autre partie du Paléozoïque (s'étend du Dévonien à la fin du Permien) ;
- le *cycle alpin*, s'étend du début du Mésozoïque au Quaternaire.

\* Chaque cycle orogénique comprend quelques discordances tectoniques, mais il est toujours marqué à sa base par une discordance angulaire très importante appelée discordance majeure (l'angle entre les couches discordantes peut approcher les 90°). Les photos ci-dessous représentent des exemples de ces discordances:

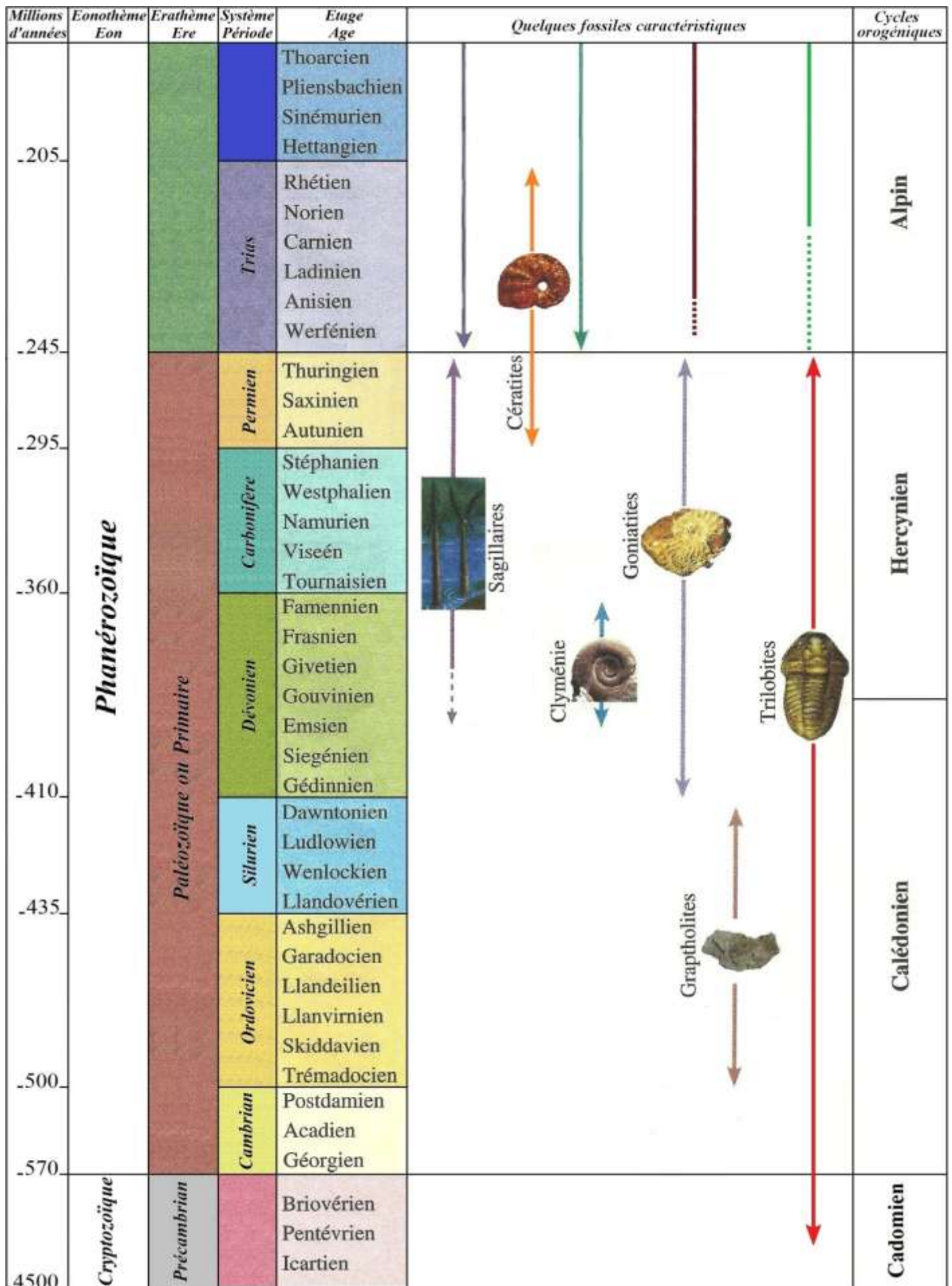
- la discordance majeure cadomienne (photo prise aux Etas Unis), elle constitue une surface de séparation entre des terrains cryptozoïques très déformés et des couches paléozoïques horizontales ;
- la discordance majeure hercynienne (photo prise au Portugal), elle constitue une limite entre des terrains paléozoïques plissés et des terrains mésozoïques horizontaux.

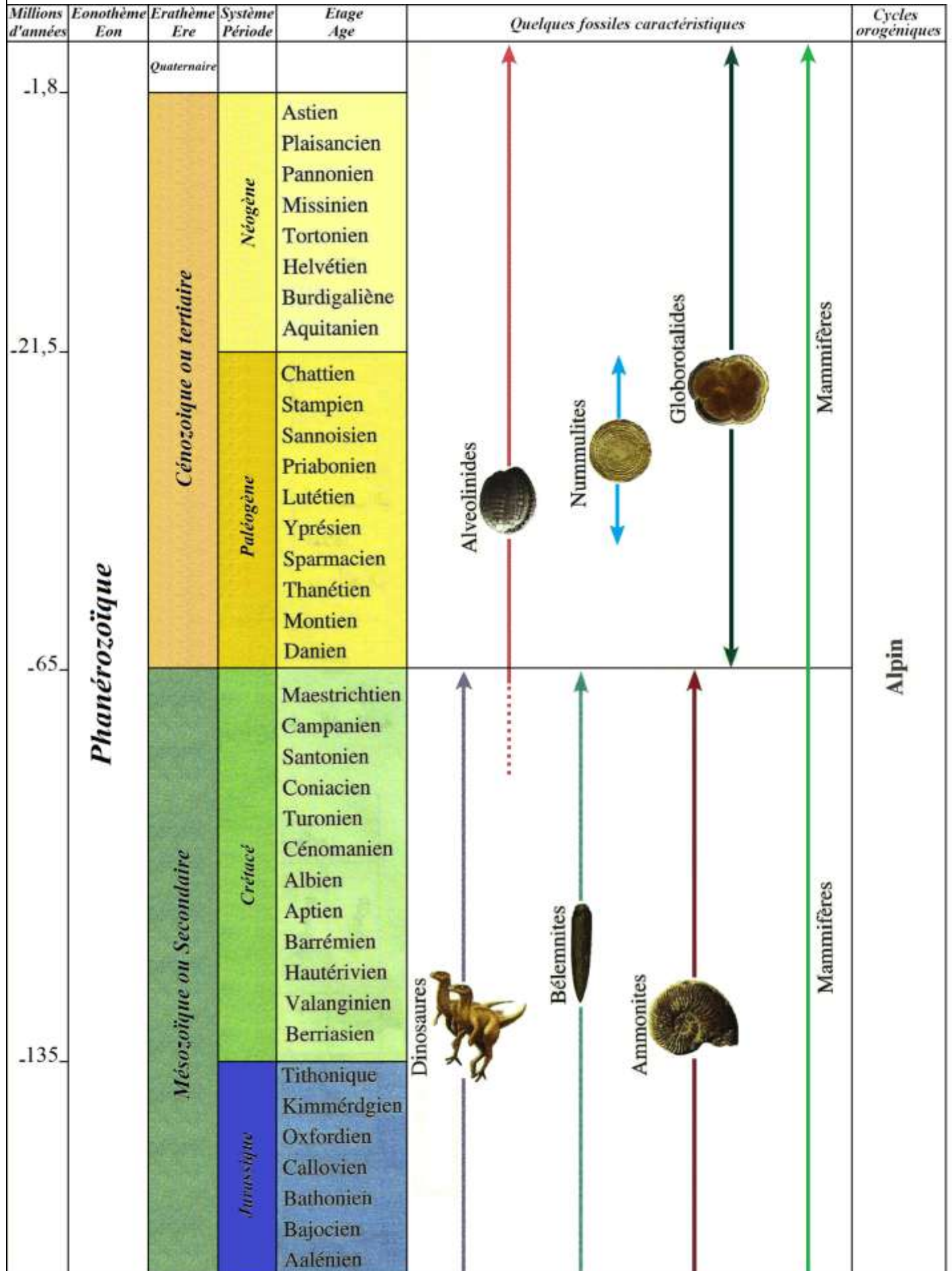


*Discordance majeure cadomienne*



*Discordance majeure hercynienne*





## **Chap3: Les principes de la carte géologique et reconstitution de l'histoire géologique d'une région donnée**

### **Introduction.**

➤ La carte géologique d'une région donnée représente un bilan synthétique d'un ensemble de données topographiques stratigraphiques et tectoniques de cette région. L'étude de la carte géologique d'une région et les coupes géologiques réalisées à partir de cette carte permettent de reconstituer l'histoire géologique de la région étudiée.

#### **➤ Questions :**

- Quels sont les éléments des cartes géologiques et des coupes géologiques?
- Comment lire et analyser les cartes et les coupes géologiques?
- Comment reconstituer l'histoire géologique d'une région à partir des cartes géologiques et des coupes géologiques?

### **I. Définition de la carte géologique et de la coupe géologique**

#### **1. La carte géologique**

##### **1.1. Rappel sur la carte topographique (document 1)**

###### **Document 1 :**

- Une carte topographique est une représentation sur un plan horizontal du relief d'une région, ainsi que les éléments naturels (végétation, hydrographie ...) et artificiels (aménagements humains) situés à la surface de cette région.
- On représente le relief par les courbes de niveau et les points cotés, alors que les éléments naturels et artificiels sont représentés par des couleurs et des symboles déterminés.
- Parmi les principaux éléments de la carte topographique il y a le titre, l'échelle, l'orientation et la légende.
- Un profil topographique est une section par un plan vertical de la surface topographique, et qui rend compte des formes du relief.

##### **1.2. Observation de quelques cartes géologiques**

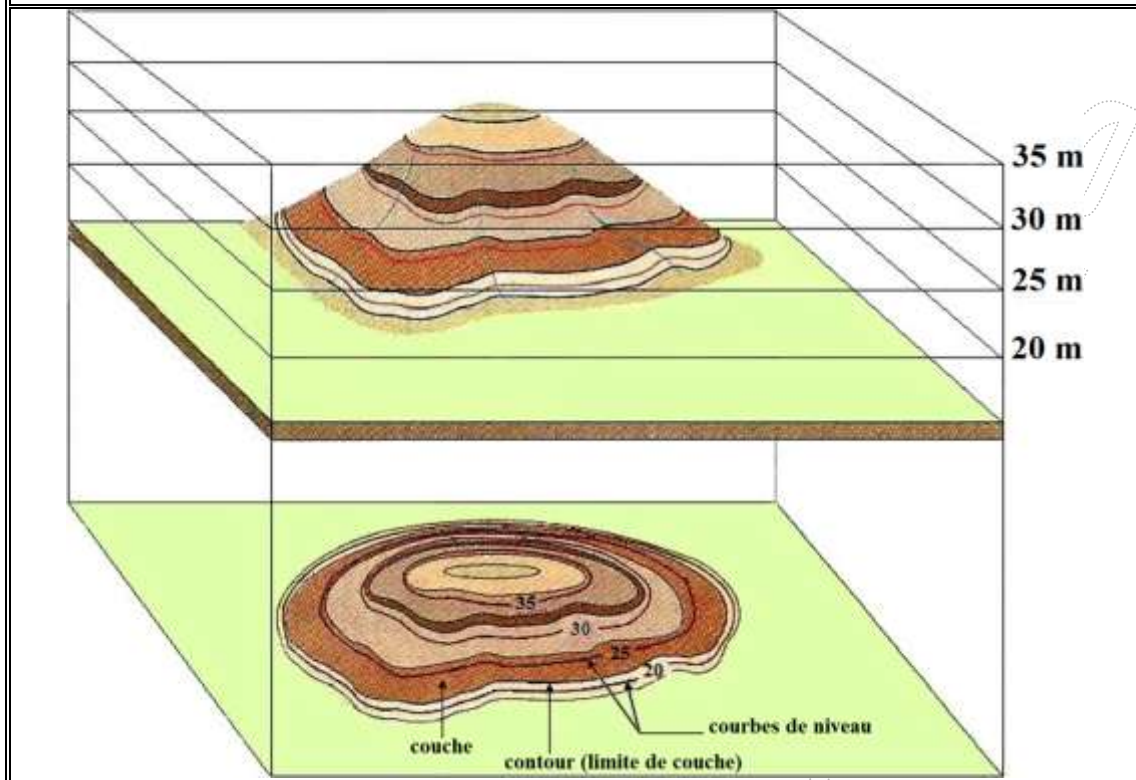
➤ À partir de l'observation de quelques cartes géologiques, on constate que celles-ci contiennent des éléments de la carte topographique (courbes de niveaux, points cotés) ainsi que des couleurs et des symboles qui informent sur les caractéristiques pétrographiques, stratigraphiques et tectoniques d'une région donnée.

##### **1.3. Définition de la carte géologique**

➤ Une carte géologique est la représentation, sur un fond topographique, des terrains qui affleurent à la surface du sol ou qui ne sont cachés que par une faible épaisseur de formations superficielles récentes. Cette représentation se fait par projection vertical, sur une surface horizontale, des constituants géologiques d'une région donnée (document 2).



Document 2 :



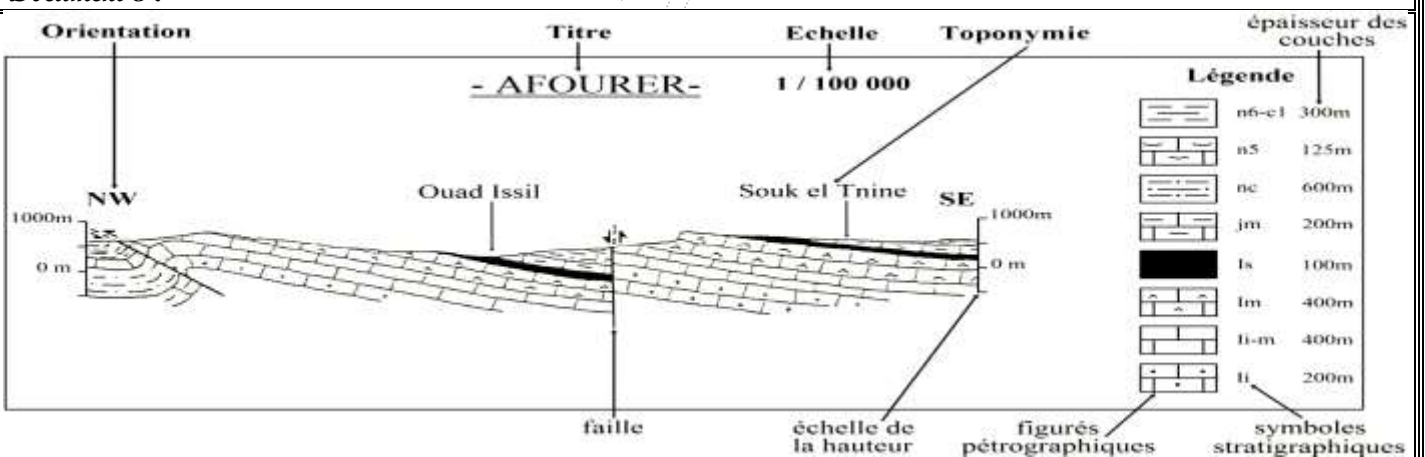
#### 1.4. Les éléments de la carte géologique

- Les principaux éléments de la carte géologique sont:
- **Le titre** : nom d'une région, d'une ville ou du village principal de la région étudiée.
- **L'échelle** : elle peut être :
  - numérique : en forme de rapport numérique (1 / 50 000);
  - graphique : droite subdivisée en segments
- **L'orientation** : flèche indiquant le nord géographique.
- **La légende** : ensemble de couleurs et de symboles qui représentent les données stratigraphiques, pétrographiques et tectoniques de la région étudiée.

## 2. La coupe géologique

### 2.1. Observation de quelques coupes géologiques (document 3)

Document 3 :



**2.2. Définition de la coupe géologique**

➤ Une coupe géologique représente la section par un plan vertical des terrains et des structures géologiques affleurant dans une région donnée. Cette coupe, qu'on réalise à partir d'une carte géologique, montre les relations géométriques qui existent en profondeur entre les différentes formations géologiques.

✓ Parmi les principaux éléments de la coupe géologique on peut citer:

- \* *Le titre* : il s'agit en général du titre de la carte géologique qui est à l'origine de la coupe.
- \* *L'échelle* : il y en a trois types : échelle numérique, échelle de la hauteur et échelle des distances.
- \* *L'orientation* : les deux bords de la coupe portent toujours l'orientation appropriée.
- \* *La toponymie* : noms des lieux par où passe la coupe géologique.
- \* *La légende* : ensemble de symboles qui indiquent l'épaisseur des couches sédimentaires, leur âge, leur nature pétrographique ...

**3. Principes de représentation des données sur la carte et la coupe géologique**

**3.1. Représentation des données stratigraphiques (document 4)**

**Document 4 :**

Dans les cartes géologiques, on représente les données stratigraphiques par des lettres en latin et des couleurs qui indiquent l'âge géologique des couches et leur succession chronologique (dans la légende, du bas en haut, les couches sont classés de la plus âgée à la plus jeune).  
 Les lettres rappellent les noms des divisions stratigraphiques (c pour le Crétacé, j pour le Jurassique ...). Ces lettres sont accompagnées parfois d'un chiffre en arabe ou en romain (C1, C2, C3...ou CI, CII, CIII...).

Ere	Système	Symbole	Couleur
Quaternaire		a , q , A	Beige
Tertiaire	Paléocène	p	Jaune
	Miocène	m	Orange
	Oligocène	g	
	Eocène	e	
Secondaire	Crétacé supérieur	c	Vert clair
	Crétacé inférieur	n	Bleu
	Jurassique moyen et supérieur	j	
	Jurassique inférieur	l	
	Trias	t	Rose
Primaire	Permien	r	Violet
	Carbonifère	h	Gris
	Dévonien	d	Marron
	Silurien	s	Vert foncé
	Ordovicien	o	
	Cambrien	k , b	Beige foncé
Précambrien		x	Rouge

**3.2. Représentation des données pétrographiques (document 5)**

**Document 5 :**

\* La figure ci-contre montre des exemples de figurés utilisés pour représenter la nature des roches dans les coupes géologiques et dans certaines cartes géologiques non systématiques (croquis de cartes, études spéciales...).

\* Dans les cartes géologiques conventionnelles, les symboles stratigraphiques (documents 4) sont aussi utilisés pour représenter la nature des roches sédimentaires. Pour les roches magmatiques et métamorphiques, on utilise des lettres grecques ( $\gamma$  pour le granite,  $\beta$  pour le basalte) ou des couleurs (le rouge pour le granite).

figurés	roches correspondantes
	Calcaire
	Dolomite
	Argile
	Marne
	Grès
	Conglomérat
	Sel

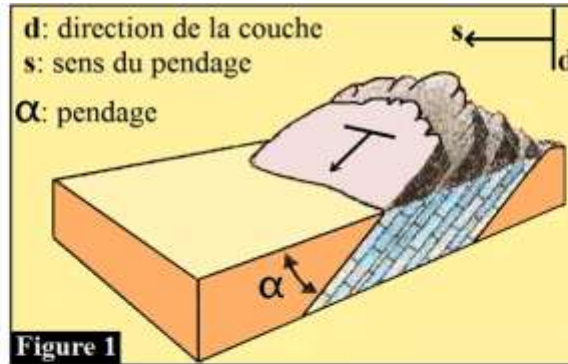
3.3. Représentation des données tectoniques

a. Les symboles du pendage (document 6)

**Document 6 :**

Le pendage d'une couche sédimentaire (ou d'une faille) est l'angle d'inclinaison de cette couche (ou de cette faille) par rapport au plan horizontal (figure 1).

La figure 2 présente les symboles conventionnels utilisés pour représenter le pendage des couches sédimentaires dans les cartes géologiques.



sens du pendage direction de la couche	symbole					
	degré de pendage	0° couche horizontale	de 10° à 30° pendage faible	de 30° à 60° pendage moyen	de 60° à 80° pendage fort	90° couche verticale

**Figure 2**

carte géologique				
coupe géologique				
carte géologique				
coupe géologique				

6. Les symboles des axes des plis (document 7)

Document 7 :

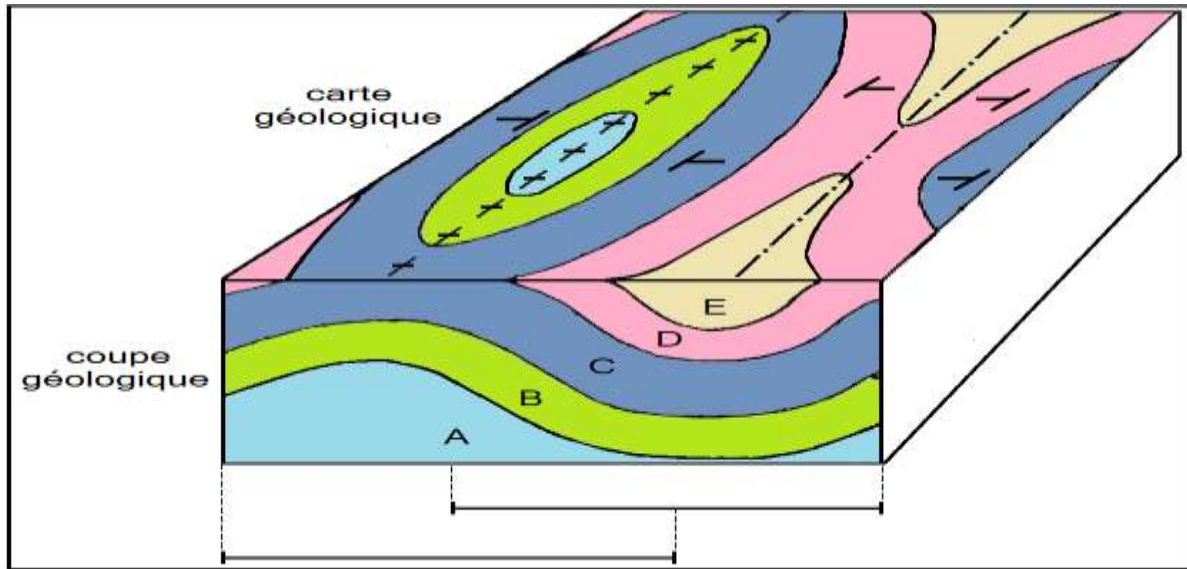
\* Les plis sont des déformations souples des couches sédimentaires sous forme d'ondulations à plus ou moins grand rayon de courbure. Parmi les plis on distingue :

- l'anticlinal, la courbure des couches est dirigée vers .....
- le synclinal, la courbure des couches est dirigée vers .....

Axe du pli	Axe du pli

\* Le tableau ci-contre présente les symboles utilisés pour représenter les axes des plis dans les cartes géologiques.  
 \* Remarque : on peut reconnaître les plis anticlinaux et synclinaux grâce aux symboles du pendage :

- .....
- .....

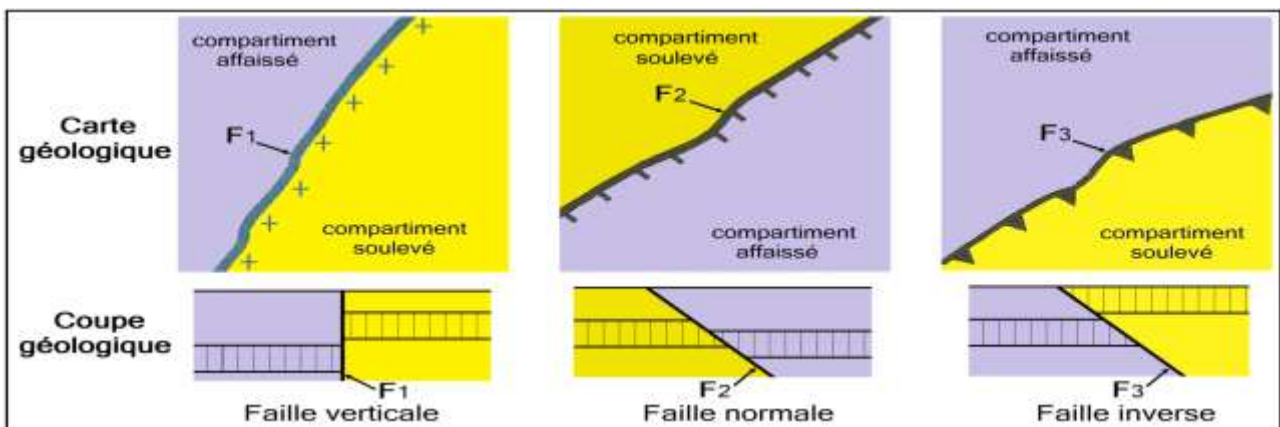


c. Les symboles des failles (document 8)

Document 8 :

Une faille est une cassure des roches accompagnée d'un déplacement relatif des deux compartiments résultant de cette cassure. Sur une carte géologique les failles sont représentées par un trait plus fort que celui des limites de couches. On distingue trois types de failles (figure ci-dessous) : la faille ....., la faille ..... et la faille ..... Le tableau suivant montre les symboles utilisés pour représenter les failles dans les cartes géologiques.

Symboles			
Types de failles	Faille inverse	Faille normale	Faille verticale



## I. Principe de la réalisation d'une coupe géologique à partir d'une carte

### 1. Les étapes de la réalisation d'une coupe géologique (document 9)

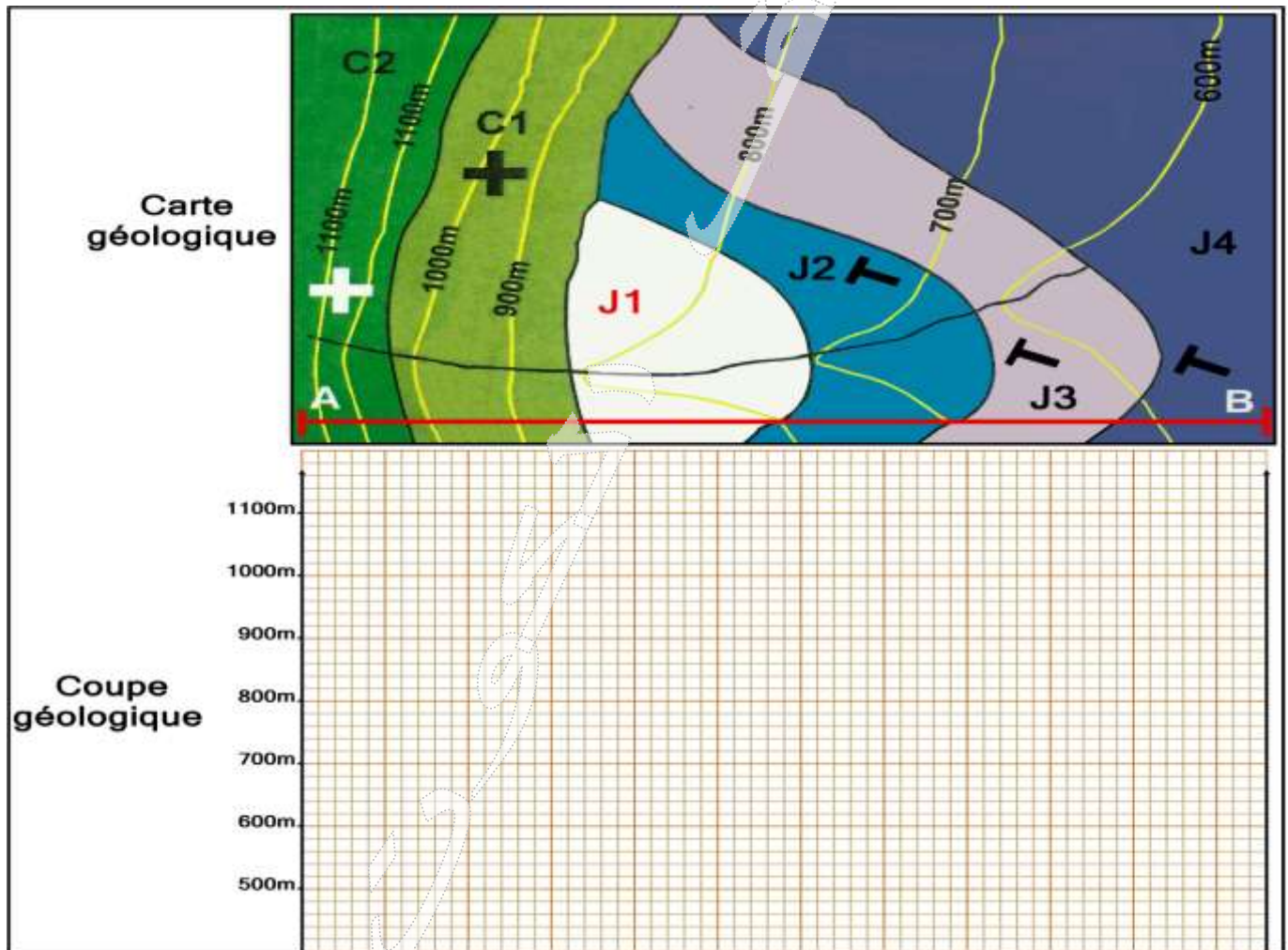
#### Document 9 :

Une coupe géologique représente la section par un plan vertical AB des terrains affleurant dans une région donnée. Pour réaliser une telle coupe à partir d'une carte géologique, on adopte les étapes suivantes:

1. Exécuter le profil topographique le long du trait de coupe AB.
2. Repérer les couches sédimentaires qui recoupent le trait de coupe AB, puis déterminer pour chaque couche:
  - la position par rapport aux autres couches ;
  - l'âge et le faciès ;
  - les caractéristiques tectoniques c.-à-d. savoir si la couche étudiée est horizontale, plissée, faillée...
3. Projeter verticalement les contours géologiques des couches sur le profil topographique.
4. Dessiner sur le profil topographique les couches qui recoupent le trait de coupe AB. On commence par la couche la plus récente dont on connaît le toit et le mur partout où elle affleure, puis on fait de même pour les couches sous-jacentes en respectant à chaque fois l'épaisseur et le pendage de chaque couche.

Remarque :

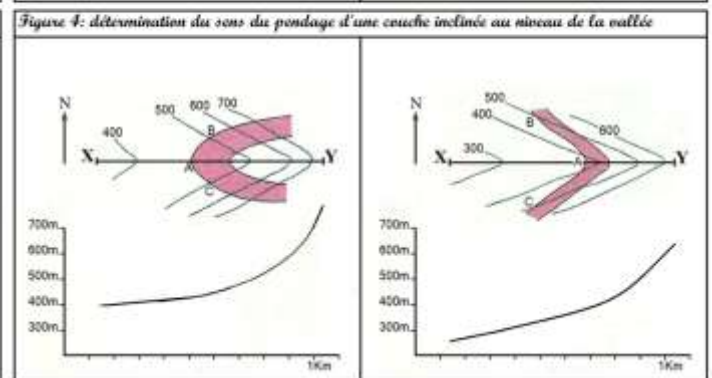
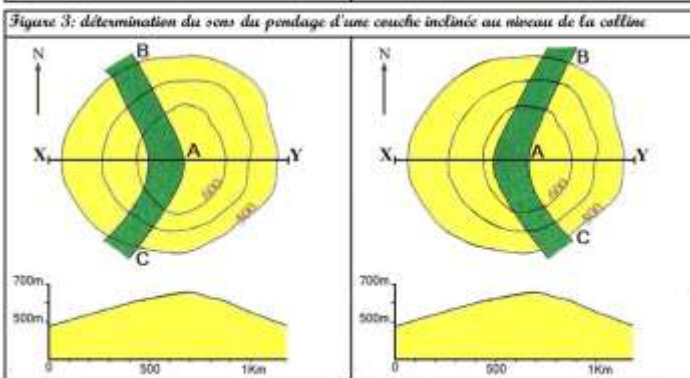
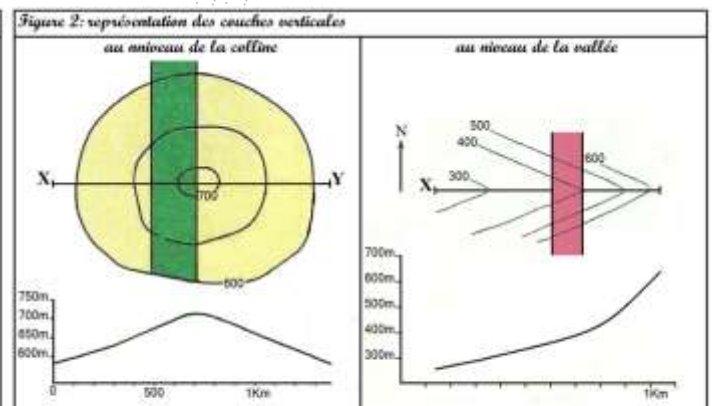
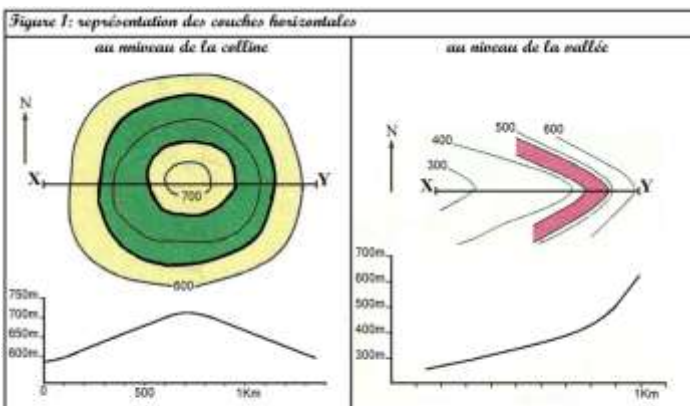
- L'épaisseur d'une couche doit rester constante tout le long de son tracé (sauf si il s'agit d'une couche superficielle, horizontale qui a été soumise à l'érosion).
  - On estime le sens et le degré d'inclinaison d'une couche grâce aux symboles du pendage ou en utilisant des méthodes appropriées (voir document 10).
  - On représente les couches par des couleurs ou des figurés conventionnels.
5. Ajouter finalement tous les autres éléments de la coupe géologique : titre, orientation, toponymie, légende...



**Document 10 :**

En cas d'absence des symboles du pendage, il est possible dans certains cas de déterminer le sens du pendage d'une couche sédimentaire à partir de la relation géométrique entre les contours de la couche et les courbes de niveau :

- \* une couche dont les limites sont parallèles avec les courbes de niveau est horizontale (figure 1)
- \* si les contours d'une couche recoupent les courbes de niveau de façon rectiligne (sans aucune déviation), alors cette couche est verticale (figure 2).
- \* si les limites d'une couche recoupent les courbes de niveau de façon non rectiligne, alors cette couche est inclinée (couche oblique). Pour déterminer le sens du pendage d'une couche inclinée, on utilise parfois la méthode des trois points applicable au niveau des collines et des vallées. Les étapes de cette méthode sont les suivantes:
  - prendre 3 points A, B et C appartenant tous au mur de la couche étudiée de façon à ce que:
    - + le point A représente l'intersection du mur de la couche avec le trait de coupe XY;
    - + les points B et C ont la même altitude alors que le point A à une altitude différente;
  - prendre D comme point d'intersection du segment BC avec le trait de coupe XY, le point D a donc la même altitude que les points B et C;
  - projeter le point A sur le profil topographique pour obtenir le point A' ;
  - projeter le point D sur la coupe (et non sur le profil) à l'altitude correspondante, on obtient le point D' ;
  - joindre le point A' au point D', on dessine ainsi le mur de la couche tout en déterminant le sens et le degré du pendage de cette couche.



De façon générale, lorsqu'une couche inclinée traverse une vallée ou une colline, ses limites dessinent un V :

- au niveau de la vallée, la pointe du V est dirigée dans .....
- au niveau de la colline, la pointe du V est dirigée dans .....
- pour une même topographie, plus l'angle entre les tranches du V est ouvert et plus le pendage est .....

**Remarque.**

Pour déterminer le sens de pendage d'une faille, on applique le même raisonnement qui nous a permis de déterminer le pendage des couches:

- si une faille recoupe les courbes de niveaux c'est qu'elle n'est pas .....
- si son tracé n'est pas rectiligne en traversant les courbes de niveaux d'une vallée c'est qu'elle n'est pas .....
- une faille inclinée traverse une vallée en recoupant les courbes de niveaux et dessinant un V ; la pointe du V indique .....
- ..... ; plus le pendage est fort et plus le V est ..... et inversement .