

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)

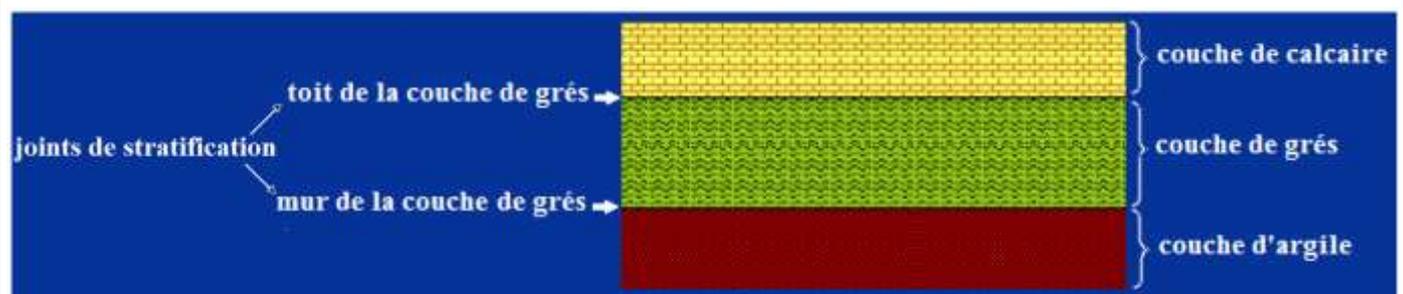
Document 1 :

* 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

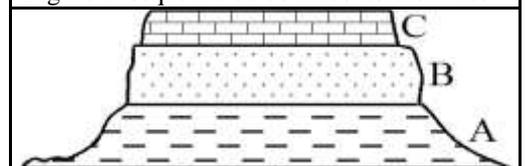
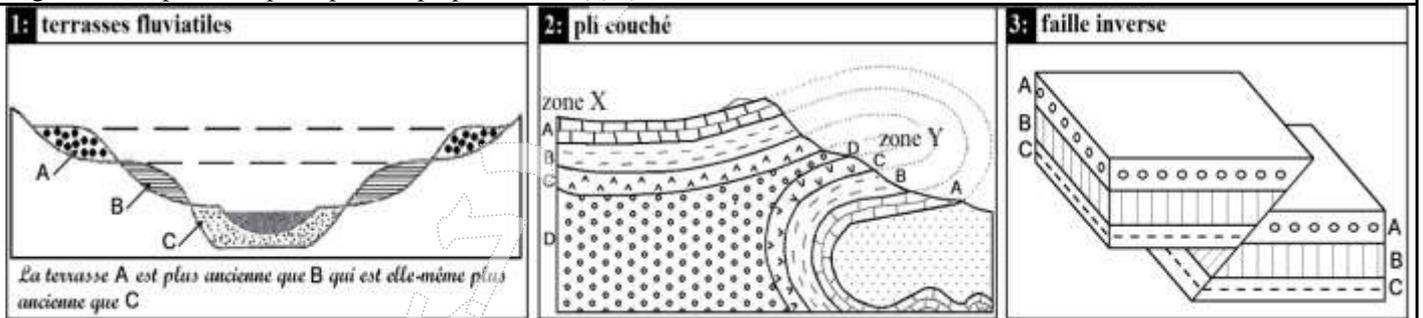


Figure 2: exceptions au principe de superposition



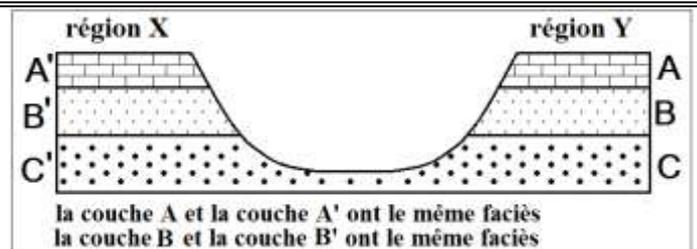
1.3. Principe de continuité.

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.

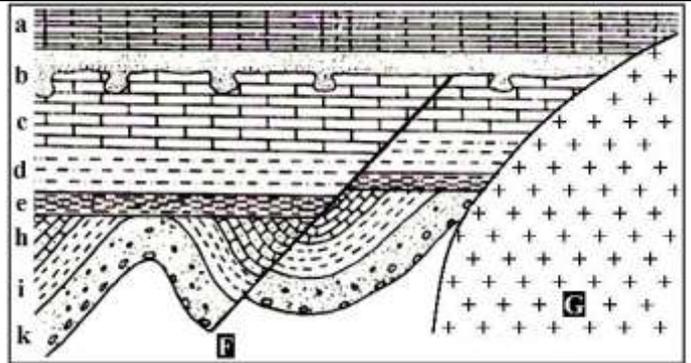
1.4. Principe de recoupement

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 R₁, R₂, R₃ et R₄) de quelques fossiles des gisements d'Oulad Abdoun.
- Les régions R₁, R₂, R₃ et R₄ sont très éloignées et présentent des conditions de sédimentation différentes.

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

1. Comparez les répartitions géochronologique et géographique de F₁ et F₃
2. Déterminez l'âge relatif de trois couches C₁, C₂ et C₃ :
 - ✓ C₁ se trouve dans la région R₁ et contient le fossile F₁
 - ✓ C₂ se localise dans la région R₂ et contient le fossile F₄
 - ✓ C₃ se situe dans la région R₃ et contient le fossile F₄
3. Peut-on qualifier F₃ de fossile de faciès ? Justifiez votre réponse.

➤ **Éléments de réponse :**

1. Comparaison la répartition géochronologique et géographique de F₁ et F₂
 - ✓ F₃ 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.
 - ✓ F₁ se caractérise par une répartition géochronologique plus importante que celle de F₃ mais sa répartition géographique est plus faible.
2. On ne peut pas déterminer avec précision l'âge de la couche ;
 - ✓ C₁, il peut être (s), (Me), (Mo), (T), ou (v), car le fossile F₁ contenu dans cette couche a vécu pendant toutes ces époques.
 - ✓ C₂ et C₃ ont le même âge, c'est le Maastrichtien, car ces deux couches contiennent le fossile F₄ qui a vécu uniquement pendant cette époque.
3. F₃ 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 :

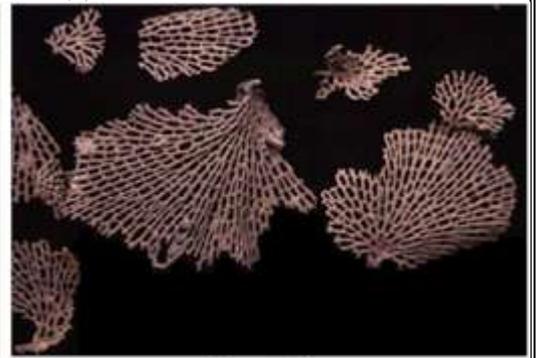
- Les Trilobites sont des animaux marins fossiles ayant une grande extension géographique. Ils ont vécu uniquement pendant l'ère primaire (entre - 540 MA et - 250 MA), c'est pour cela qu'on les utilise dans la datation et la division de cet ère géologique.
- Les Ammonites sont des céphalopodes marins 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^{ème} 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**.

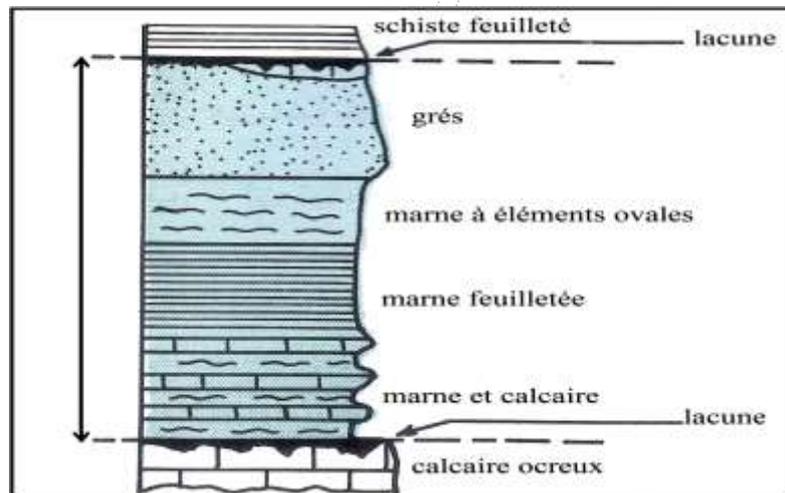
➤ L'échelle stratigraphique est utilisée pour la datation relative des formations sédimentaires et les événements géologiques passés, elle est constituée des unités **chronostratigraphiques** auxquelles correspondent des unités **géochronologiques**, (l'unité **chronostratigraphique** est une division 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)

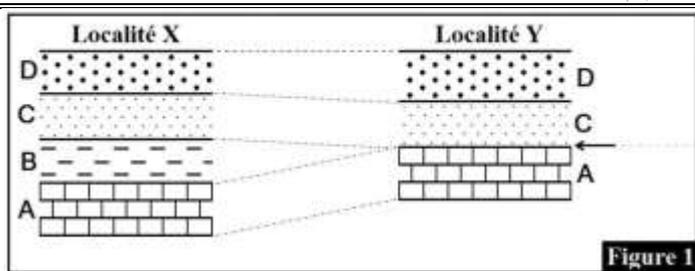


Figure 1

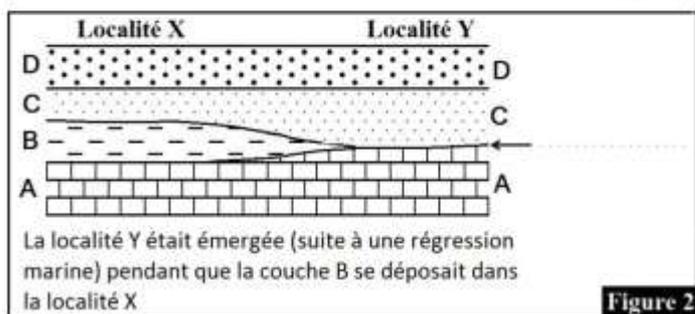


Figure 2

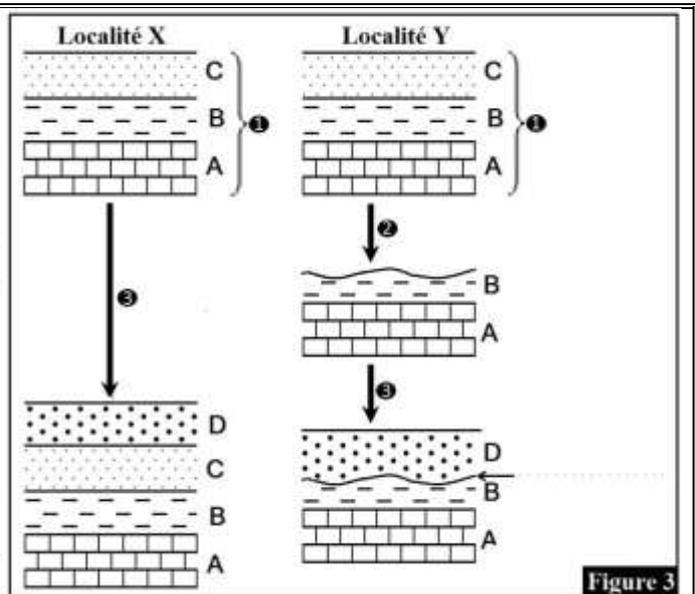


Figure 3

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.

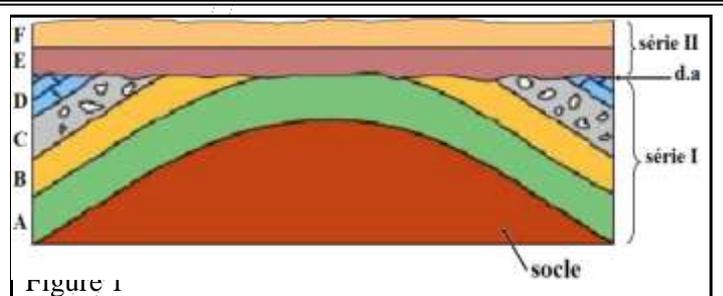


Figure 1

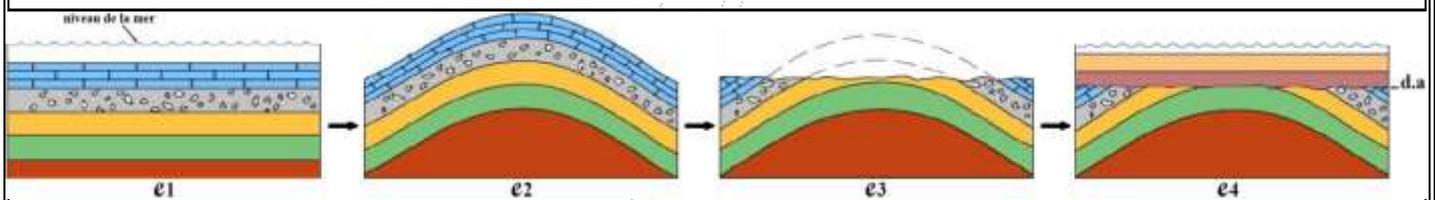


Figure 2

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.

✓ e₁: 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.

✓ e₂: plissement et soulèvements des couches de la série I à cause de force tectoniques de compression qui ont eu lieu après une régression marine.

✓ e₃: érosion des couches plissées ce qui a abouti à un aplanissement des reliefs.

✓ e₄: 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.

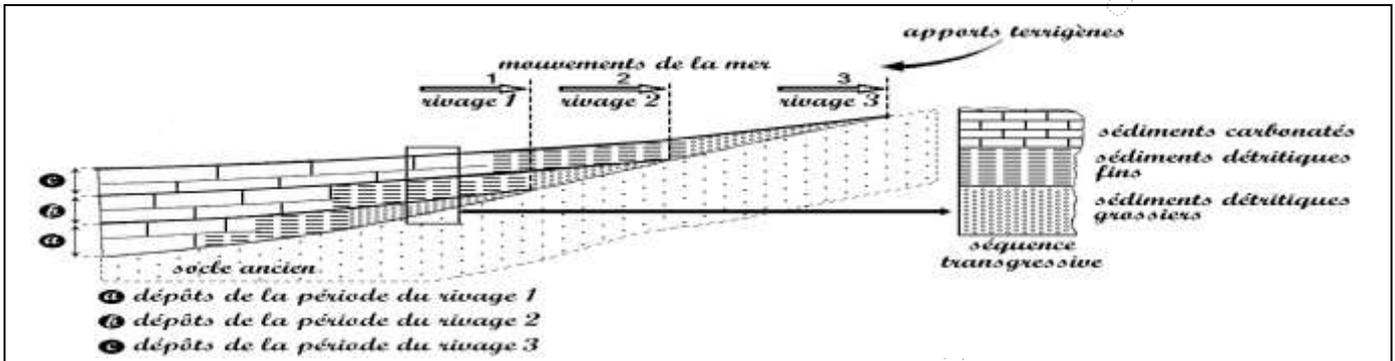


Figure1.

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.

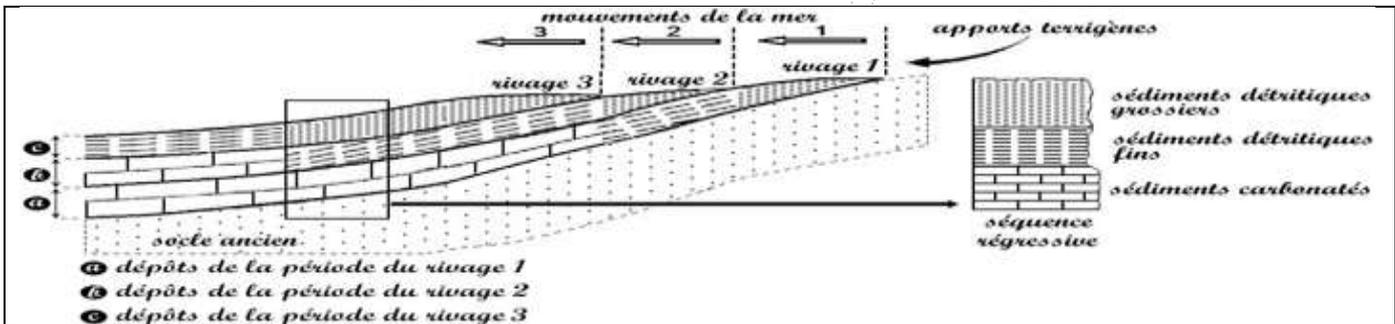


Figure2.

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.

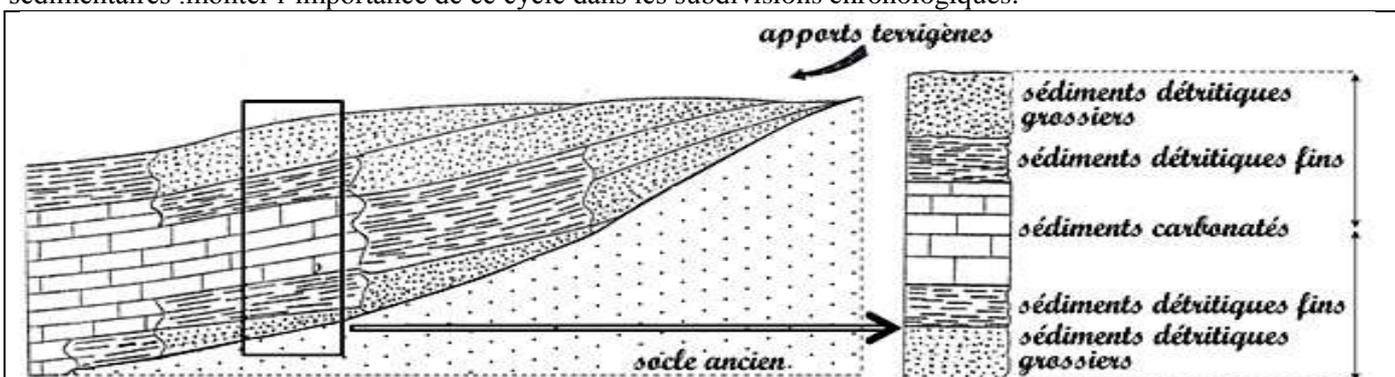


Figure2.

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
Phanérozoïque	-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)
Cryptozoïque	-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			4		3
	Paléozoïque	Permien	-295			
		Carbonifère	-355			
		Crise majeure ;50%G, 75%E				
		Dévonien	-408			
				2		
Silurien	-435					
Crise majeure ;60%G, 85%E				1		
Apparition des animaux à squelette						
					Cycle calédonien	
		Ordovicien	-500			
Précambrien	Protérozoïque	Cambrien	-540		Cycle cadomien (assynctique)	
			-2500			
	Archéen	-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

Millions d'années	Eonothème Eon	Erathème Ere	Système Période	Etage Age	Quelques fossiles caractéristiques	Cycles orogéniques		
Phanérozoïque	Paléozoïque ou Primaire		Trias	Thoarcien		Alpin		
				Pliensbachien				
				Sinemurien				
				Hettangien				
				Rhétien				
			Permien	Norien			Hercynien	
				Carnien				
				Ladinien				
				Anisien				
				Werfénien				
Carbonifère	Thuringien		Hercynien					
	Saxinien							
	Autunien							
	Stéphanien							
	Westphalien							
	Namurien							
	Viseén							
	Tournaisien							
	Dévonien			Famennien		Hercynien		
				Frasnien				
Givetien								
Gouvinien								
Emsien								
Silurien	Siegénien		Hercynien					
	Gédinnien							
	Dawntonien							
	Ludlowien							
	Wenlockien							
Ordovicien	Llandovérien			Calédonien				
	Ashgillien							
	Garadocien							
	Llandeilien							
	Llanvirnien							
Cambrian	Skiddavien		Calédonien					
	Trémadocien							
	Postdamien							
Cambrian	Acadien				Calédonien			
	Géorgien							
	Briovérien							
Cryptozoïque	Précambrian					Briovérien		Cadomien
						Pentévrien		
						Icartien		

