

Cahier de prof

1^{er} BAC sciences expérimentales

les phénomènes géologiques externes



Chapitre 1 : réalisation de la carte paléogéographique d'un ancien bassin sédimentaire

Chapitre 2 : la stratigraphie et les subdivisions du temps géologique

Chapitre 3 : la carte géologique et la reconstitution de l'histoire géologique d'une région donnée

Année scolaire : 2018/2019

Chapitre 2

La stratigraphie et les subdivisions du temps géologique

La **stratigraphie** est une discipline des sciences de la Terre qui étudie la succession des différentes couches géologiques ou strates.

L'histoire de la Terre commence il y a 4,6 milliards d'années. De nombreuses modifications, apparitions ou disparitions des êtres vivants ont permis de diviser ces 4,6 milliards d'années en plusieurs périodes appelées « ères », chaque ère est divisée en sous-périodes appelées « étages » constituant ainsi une **échelle des temps**.

Comment établir les subdivisions géochronologiques pour construire l'échelle stratigraphique ?

Activité 1 : les principes stratigraphiques (1)

Activité 2 : les principes stratigraphiques (2)

Activité 3 : à la recherche des subdivisions géochronologiques (1)

Activité 4 : à la recherche des subdivisions géochronologiques (2)

Activité 5 : les grandes subdivisions géochronologiques

Activité 6 : l'échelle stratigraphique

Pour raconter l'histoire de la terre, il faut situer dans le temps, les uns par rapport aux autres, les formations et les événements géologiques. La stratigraphie s'occupe de l'établissement, à partir des relations géométriques observées entre les roches, des relations temporelles dans le but de construire une chronologie.

La position des strates permet d'obtenir des informations sur la chronologie relative de leur formation les uns par rapport aux autres. L'établissement de cette chronologie est basée sur l'usage de principes stratigraphiques.

Quels sont les principes qui permettent l'établissement de cette chronologie relative ?

1. Le principe de superposition مبدأ التراكب

Doc 1

Dans un bassin sédimentaire, les apports détritiques récents se superposent aux sédiments plus anciens, ainsi, plus la couche est profonde, plus elle est ancienne. On a là une relation d'âge entre les couches.



Figure 1 : affleurement des couches sédimentaires superposées

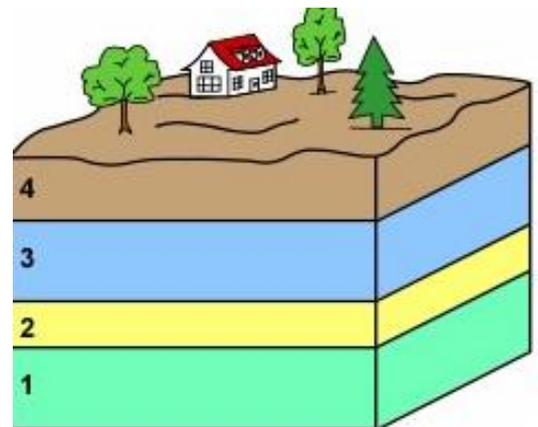


Figure 2 : schéma de couches sédimentaires superposées

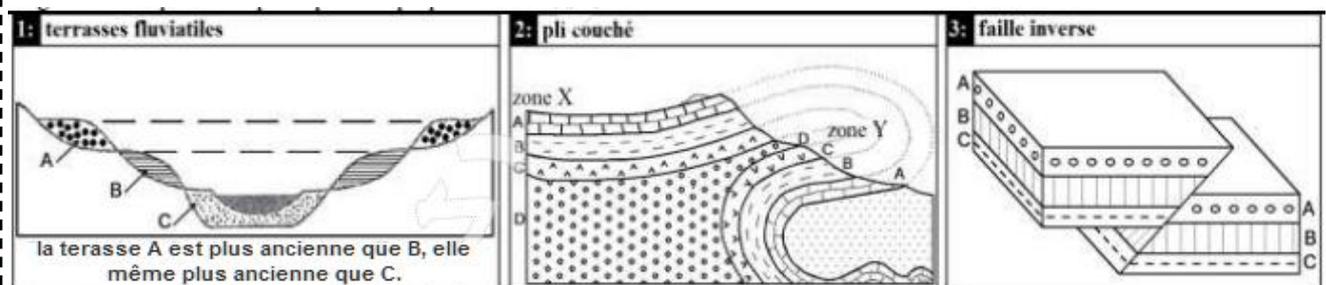


Figure 1 : les limites du principe de superposition

Principe de superposition : en absence de toutes déformations, une couche sédimentaire est plus récente que celle qu'elle recouvre et plus ancienne que celle qui la recouvre.

1. **Déterminer** la chronologie relative du dépôt des couches sédimentaires 1, 2, 3 et 4. En justifiant votre réponse.

La couche 1 est plus ancienne que la couche 2, celle-ci est plus ancienne que la couche 3, cette dernière est plus ancienne que la couche 4.

Selon le **principe de superposition**, une couche est plus **ancienne** que celle qui la **recouvre**.

2. **Dégager** d'après la figure 3, les limites (exceptions) du principe de superposition.

Les terrasses fluviales étagées sont ordonnées inversement, la strate en bas est la plus récente et celle en haut est la plus ancienne.

Le pli couché : les strates peuvent être ordonnées différemment dans les zones X et Y.

La faille inverse : les strates subissent des glissements permettant de changer leurs positions initiales.

2. Le principe de recoupement مبدأ التقاطع

Doc 2



Figure 1 : faille affectant des strates

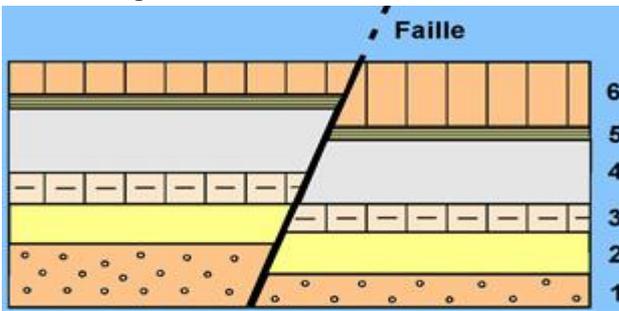


Figure 2 : schéma de strates affectées par une faille

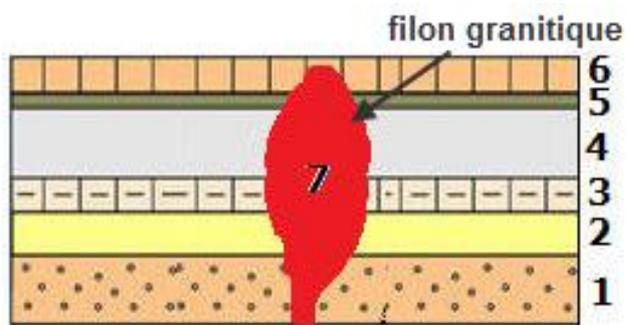


Figure 3 : schéma des strates recoupées par un filon



Figure 4 : filons granitiques (F) recoupant des strates (S)

Principe de recoupement : toute structure géologique (faille, massif granitique, filon, ...) qui recoupe une autre structure géologique est plus récente que cette dernière.

1- **Situer** par chronologie relative d'une part l'âge de la faille par rapport aux strates 1, 2, 3, 4, 5 et 6. D'autre part l'âge du filon (F) par rapport aux strates nommées (S). Justifier.

Selon le principe de recoupement, la faille est plus récente que les couches 1, 2, 3, 4, 5 et 6, car la faille recoupe toutes ces couches.

Même chose pour le filon (F) dans la figure 4, il est plus récent que les strates (S).

3. Le principe d'inclusion مبدأ التضمن

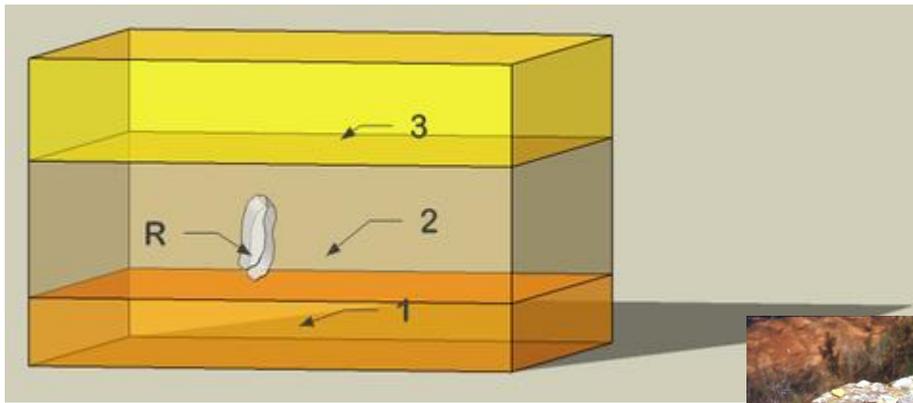


Figure 1 : schéma illustrant le principe d'inclusion

L'inclusion R (roche), est contenue dans la strate 2. Elle est donc plus ancienne que la strate 2, et bien évidemment plus ancienne que la strate 3, mais ne peut pas être datée relativement à la strate 1.

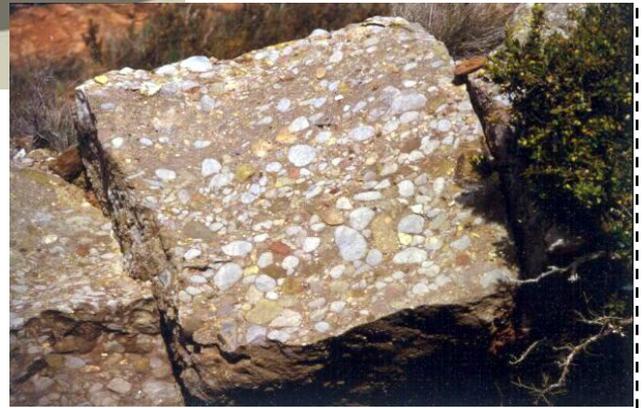


Figure 2 : galets inclus dans une couche de conglomérat

Principe d'inclusion : Un objet inclus dans une couche sédimentaire est antérieur (plus ancienne) à cette couche.

- **Etablir** la chronologie relative entre les galets et la couche de conglomérat (figure 2).
Selon le principe d'inclusion, les galets sont antérieurs à la couche de conglomérat.

4. Le principe de continuité مبدأ الاستمرارية

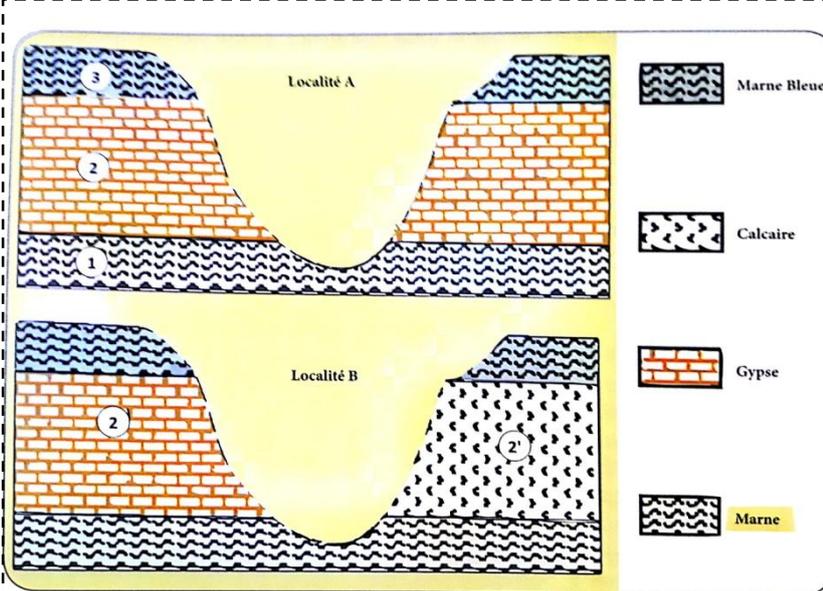


Figure 1 : schémas de couches sédimentaires sans changement de faciès (zone A), et avec changement latéral de faciès (zone B)

Dans la zone B, la couche 2 de nature calcaire est différente de la couche 2' de nature gypseuse.

Elles se sont formées dans des conditions géographiques ou climatiques différentes.

Principe de continuité : Une strate est de même âge sur toute son étendue, quel que soit son faciès, à condition qu'elle est limitée par les mêmes couches à la base et au sommet

- 1- **Etablir** la corrélation chronologique entre la couche 2 et la couche 2'. Justifier.
Les strates 2 et 2' sont limitées par la même strate du bas et par la même strate du haut, donc elles ont le même âge.
- 2- **Suggérer** une limite d'application de ce principe. **la sédimentation rythmique de couches semblables telles que les varves rencontrées dans les dépôts lacustres.**

1. Les fossiles stratigraphiques المستحاثات الاستراتيجرافية

Les foraminifères sont des protozoaires marins, ils se conservent facilement dans les sédiments grâce à leur coquille.

Leur nombre, leur évolution rapide et leur grande répartition en font d'eux de bons fossiles stratigraphiques.

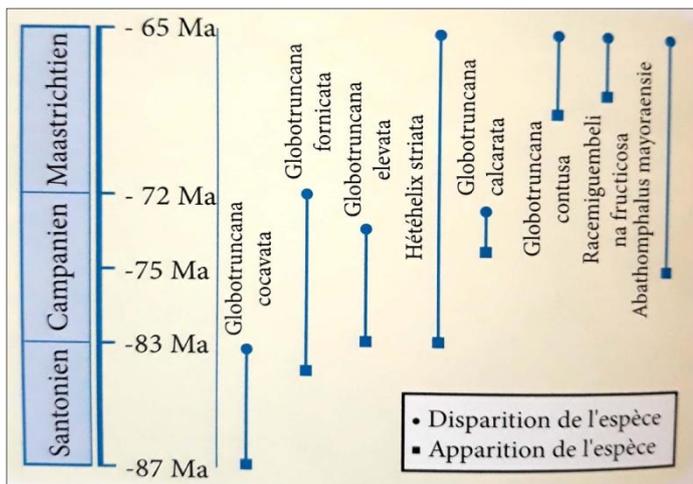
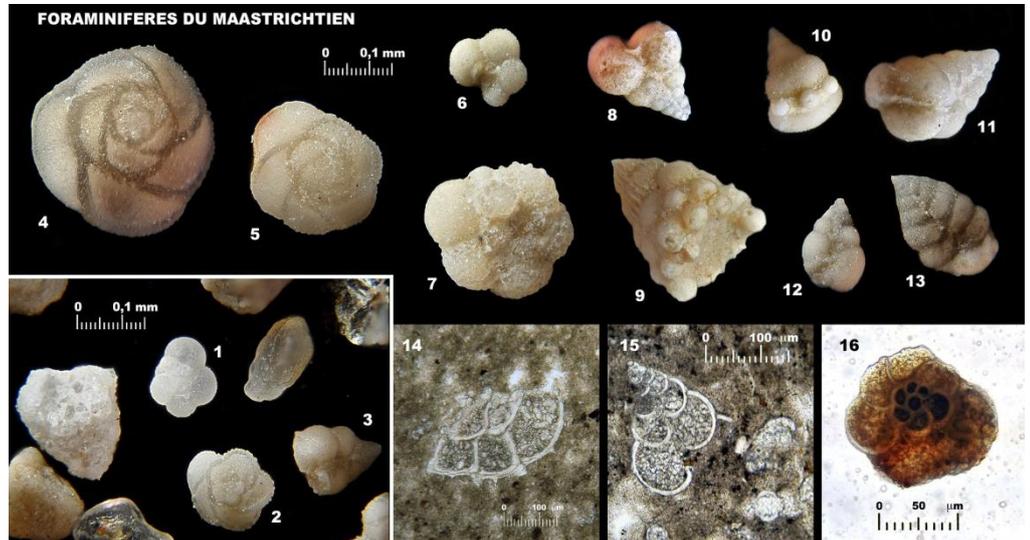


Figure 1 : répartition stratigraphique de quelques espèces de foraminifères fossiles

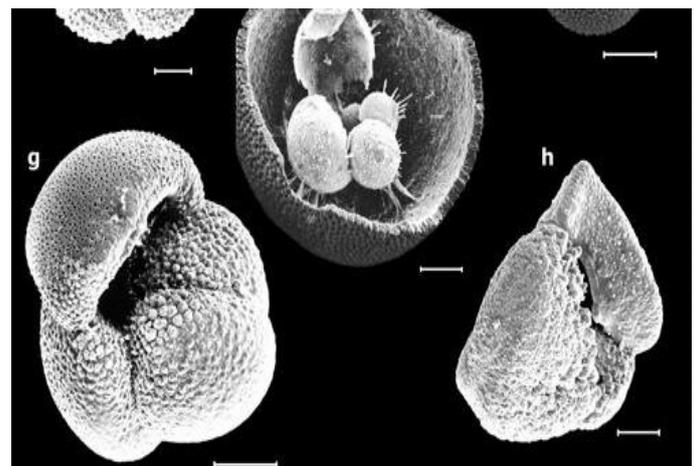


Figure 2 : vues de quelques spécimens de foraminifères au MEB

1- Dégager du document ci-dessus, les caractéristiques d'un bon fossile stratigraphique.

Les caractéristiques d'un bon fossile stratigraphique sont :

- Une existence courte à l'échelle des temps géologiques (évolution rapide).
- Une grande extension géographique.
- Une grande abondance.

2- Dégager de la figure 1, trois espèces de foraminifères fossiles qui ont la plus grande précision de datation.

Les espèces qui ont la plus grande précision de datation sont ceux qui s'évaluent rapidement dans le temps géologique, ça veut dire d'elles ont une durée de vie courte :

***Globotruncana calcarata*, *Globotruncana contusa* et *Racemiguembelina fructuosa*.**

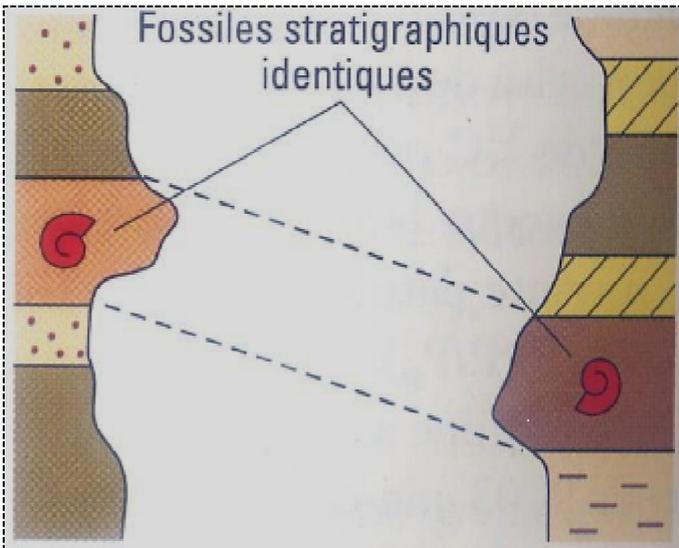


Figure 1 : corrélation de deux colonnes stratigraphiques



Figure 2 : fossile d'Ammonite

Principe d'identité paléontologique : deux couches contenant les mêmes fossiles stratigraphiques, ont le même âge.

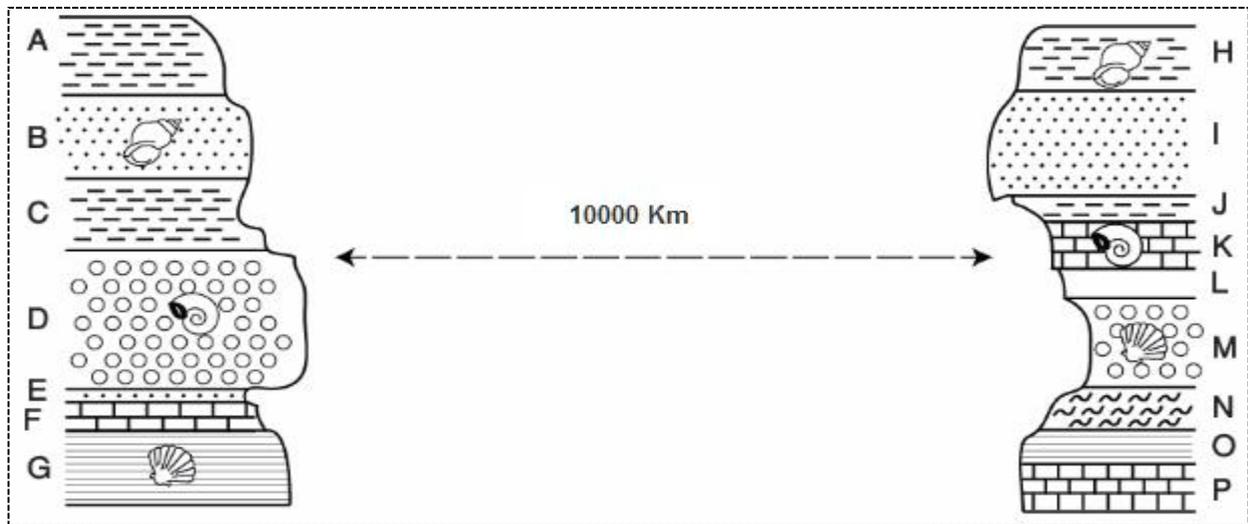


Figure 3 : colonnes stratigraphiques pour deux régions séparées d'une distance de 10000 Km

- 1- **Etablir** la corrélation chronologique entre les couches de la zone A et les couches de la zone B. justifier votre réponse.
 La couche B de la zone A et la couche H de la zone B contiennent le même fossile stratigraphique, donc elles ont le même âge selon le principe d'identité paléontologique.
 Même chose pour les couches D et K, G et M.
- 2- **Déduire** l'importance de ce principe.
 Le principe d'identité paléontologique permet de corréler des séries sédimentaires très éloignées.
- 3- **Suggérer** deux limites (restriction d'application) possibles de ce principe.
 - L'absence des fossiles stratigraphiques.
 - La migration spatio-temporelle des fossiles : ça veut dire que les fossiles peuvent quitter leurs strates d'origine.

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

Quelles sont les subdivisions géochronologiques de base et quelles sont leurs caractéristiques ?

1. Le stratotype, une référence stratigraphique mondiale

Doc 7

En appliquant les principes stratigraphiques, les géologues ont établi, dès le début du 19eme 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:

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

Chaque stratotype détermine une unité **chronostratigraphique** appelée « étage », cette dernière est corresponde à une unité **géochronologique** appelé « âge », généralement comprise entre 3 et 10 MA.

Généralement le nom de l'étage est obtenu en ajoutant le suffixe « ien » au nom géographique de la région du stratotype.

Exemples : le **Pliensbachien** dont le stratotype est à **pliensbach** en Allemand et le **Maastrichtien** dont le stratotype a été défini à **Maastricht**, aux Pays-Bas en 1849.



Figure 1 : le stratotype de l'étage Pliensbachien

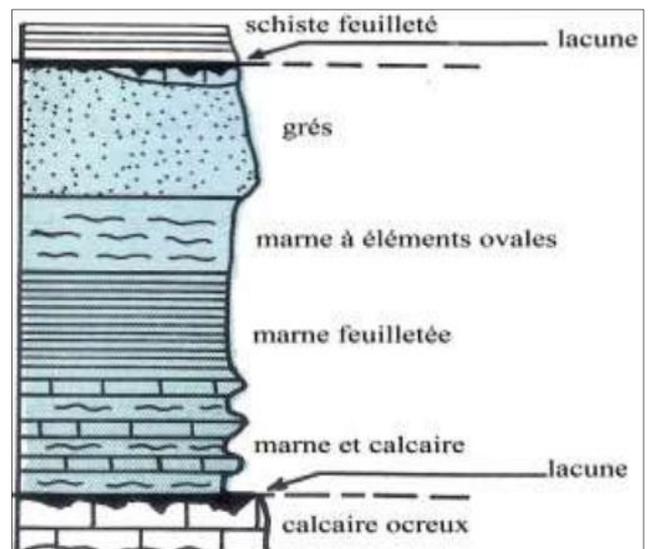


Figure 2 : colonne stratigraphique du Pliensbachien

2. La biozone ; une subdivision biostratigraphique fine du stratotype.

Doc 8

Des espèces d'ammonites subdivisent l'étage du toarcien en **biozones**.

Leur évolution est rapide ; de nombreuses espèces se succèdent dans moins d'un mètre de sédiments.

Le Toarcien s'étend de -186 Ma à -179 Ma.

Le stratotype compte 27 unités biostratigraphiques appelées horizons, formés par un ou plusieurs bancs et caractérisés par une association faunique homogène.

L'horizon porte le nom de « l'espèce indice » et il est affecté par un chiffre romain.



Figure 1 : la coupe type de l'étage Toarcien ; et les quatre ammonites permettant d'établir des subdivisions plus fines : 1- *Hildoceras bifrons angustiphonatum* (horizon X), 2- *Hildoceras bifrons quadratum* (horizon X), 3- *Hildoceras tethysi* (horizon VII), 4- *Orthidaites douvillei* (horizon VI)

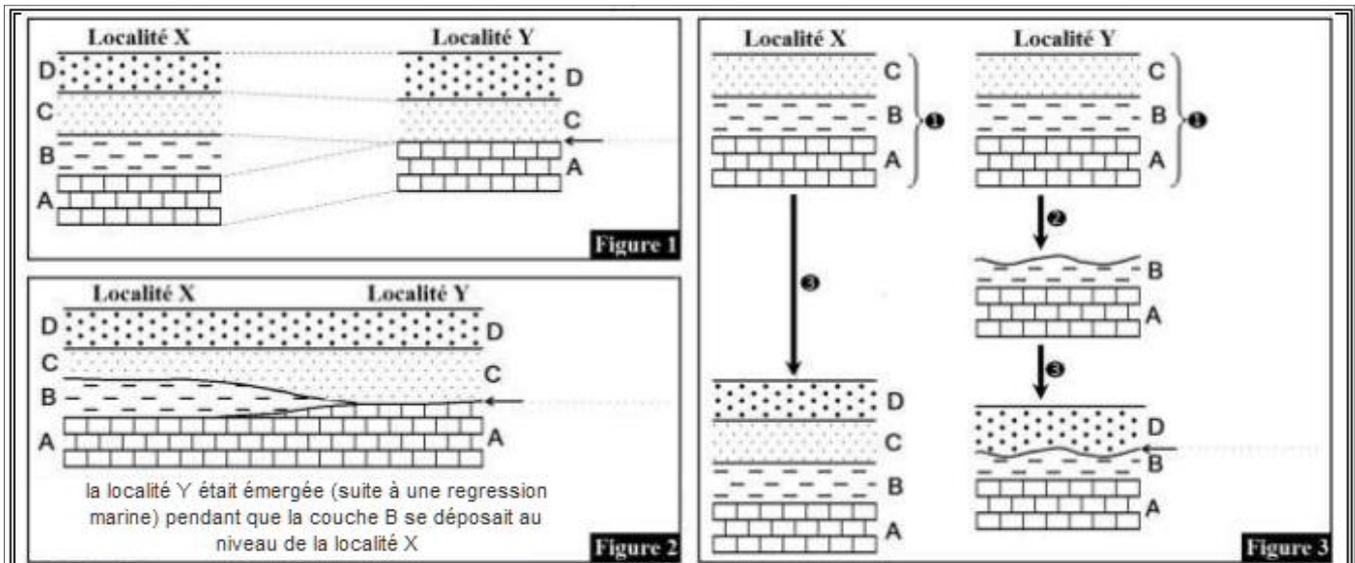
1 – Définir la biozone, et montrer leur importance dans les subdivisions géochronologiques.

Une biozone est une unité biostratigraphique définie par le contenu biologique des sédiments, elle est formée par des atrates dans lesquelles se rencontre une forme de fossile caractéristique.

Leur importance est d'établir de fines subdivisions géochronologiques.

Doc 9

3. La lacune stratigraphique الفجوة الاستراتيغرافية



1- **Comparer** la succession des strates dans les deux localités X et Y, que **constatez**-vous ?

D'après les figures 1 et 2, on observe que la strate B est présente dans la localité X et absente dans la localité Y.

L'absence d'une strate ou un ensemble de strates dans une série sédimentaire constitue une **lacune stratigraphique**.

2- A l'aide des schémas de la figure 3, **Expliquer** la formation d'une lacune stratigraphique.

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**.

3- **Dégager** l'importance des lacunes stratigraphiques de point de vue géochronologique.

Les lacunes stratigraphiques constituent les limites des stratotypes, ce qui facilite la détermination des divisions chronostratigraphiques (les étages), à qui correspondent des unités géochronologiques (âges). Les étages sont les unités de base de la subdivision du temps géologique.

Les limites des étages sont généralement marquées par des discontinuités de sédimentation en relation avec des variations relatives du niveau marin qui porte le nom de transgression et régression. L'alternance de ces deux phénomènes constitue le cycle sédimentaire.

Quelles sont les caractéristiques du cycle sédimentaire ?

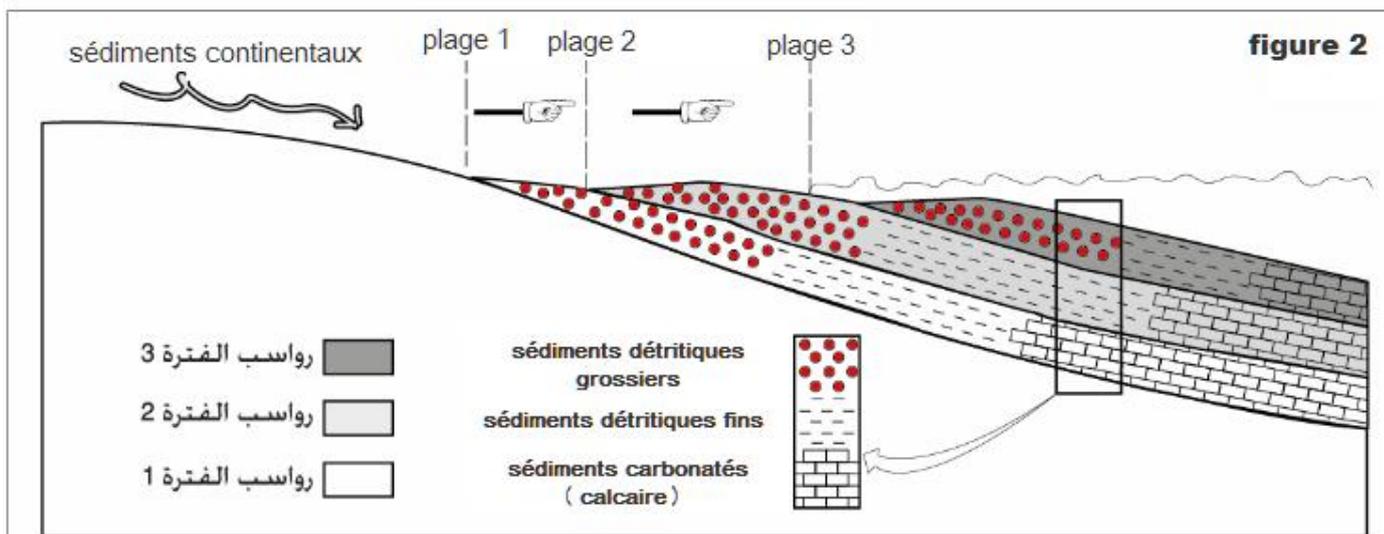
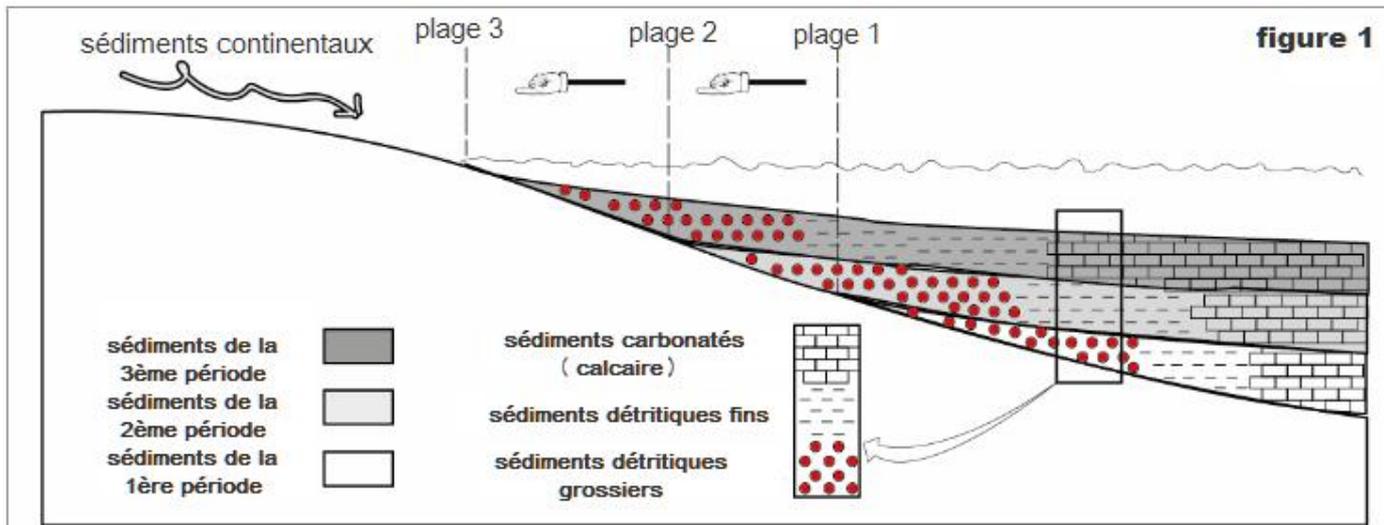
Quelle est l'importance des cycles sédimentaires dans la subdivision chronostratigraphique ?

1. Notion de cycle sédimentaire مفهوم الدورة الرسوبية

Doc 10

Une **transgression** (Fig 1) 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**).

Une **régression** (Fig 2) se traduit par un retrait de la mer suite à un abaissement du niveau marin ou un soulèvement du continent ou par un apport important des sédiments.



1- **Dégager** les caractéristiques d'une série sédimentaire transgressive.

Sur le terrain, dans une succession de couches,

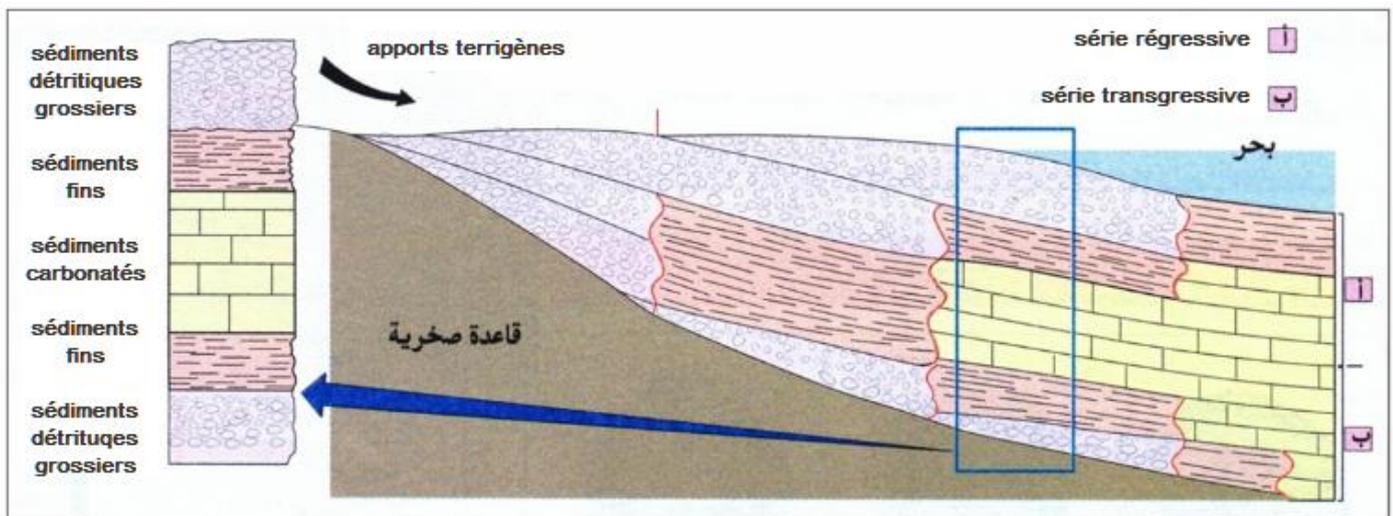
- **Une transgression** est mise en évidence, par le dépôt de couches marines (constitué par des sédiments carbonatés) sur des couches continentales (constitué par des sédiments détritiques)
- La strate la plus récente couvre entièrement toutes les autres strates

2- **Dégager** les caractéristiques d'une série sédimentaire régressive.

Sur le terrain, dans une succession de couches,

- **Une régression** est mise en évidence, par le dépôt des sédiments continentaux (sédiments détritiques à grains grossiers) au dessus des sédiments marins (sédiments carbonatés à grains fins).
- La strate la plus récente ne couvre pas entièrement les autres strates.

3- La figure ci-dessous, représente le schéma d'un cycle sédimentaire, **Décrivez** les caractéristiques de ce cycle et **Montrez** son importance dans les subdivisions chronologiques.



- La série sédimentaire ci-dessus est constituée de la succession de deux séries sédimentaires, une série transgressive suivie d'une série régressive. Ainsi les sédiments détritiques limitent la série du bas et du haut, et les sédiments carbonatés se situent au milieu.
- La période qui correspond à une transgression suivie d'une régression dans une même région forme un cycle sédimentaire.
- Le cycle sédimentaire est un des fondements des subdivisions stratigraphiques. Ainsi, on distingue entre les grands cycles qui déterminent les systèmes et les petits cycles qui déterminent les étages.



Fig 1 : Discordance du Trias sur le Carbonifère plissé, sur la côte atlantique, sud du Portugal. Hauteur de la falaise environ 25 m.

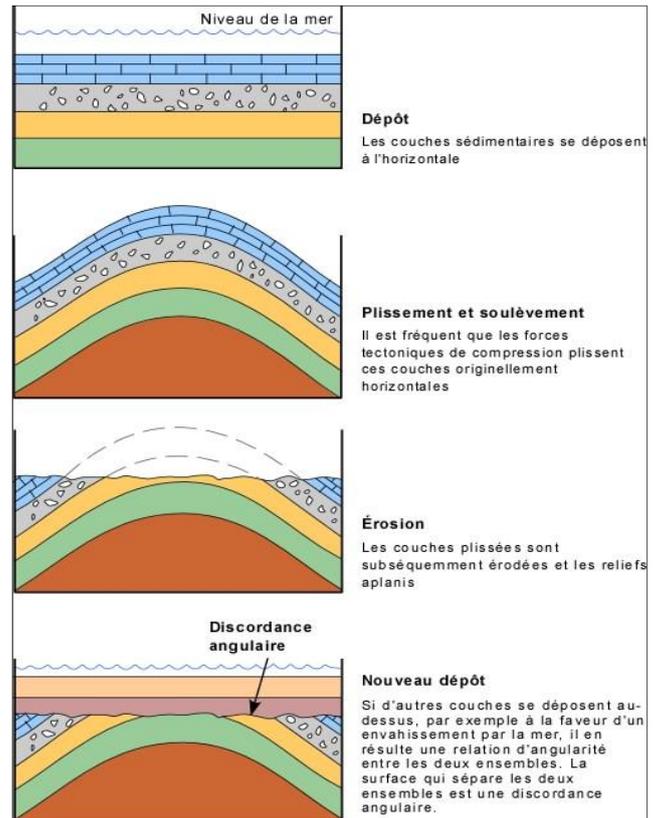


Fig 2 : étapes de la formation d'une discordance angulaire

Une **discordance** est un contact anormal entre deux couches géologiques ; la couche la plus récente repose horizontalement sur des couches plissées et érodées antérieurement à son dépôt.

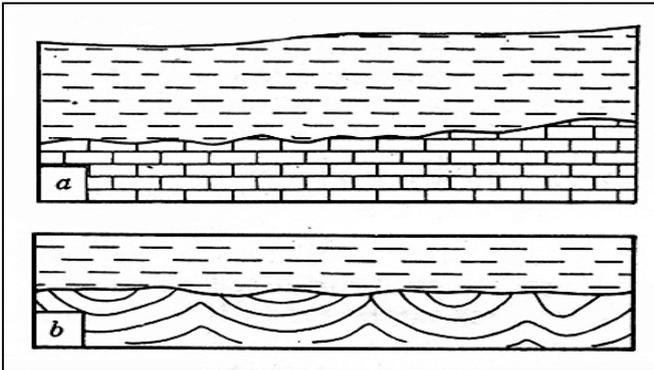
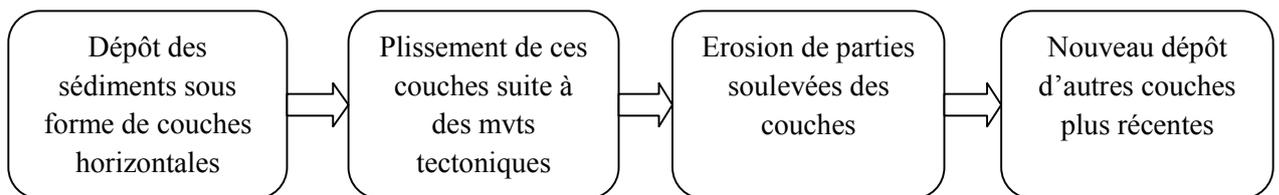


Fig 3 : types de discordance géologiques

- D'après la figure 3, **nommer** les deux types de discordances géologiques et **montrer** comment se sont-elles formées en utilisant la figure 2.
 - La discordance parallèle** : se forme lorsque les couches anciennes n'ont subi que l'érosion, et qu'elles restent parallèles avec les couches récentes.
 - La discordance angulaire** : se forme lorsque les couches anciennes ont été plissées par des mouvements tectoniques et érodées avant que les sédiments récents se déposent dessus.



- Montrer** l'importance des discordances géologiques dans l'établissement des subdivisions chronologiques.

Les discordances géologiques correspondent à des discontinuités de sédimentations, ce qui facilite la détermination des limites des étages, des systèmes ...

Les subdivisions géochronologiques majeures reposent sur des événements géologiques qui ont une grande ampleur. Ces événements peuvent être d'ordre paléontologique, stratigraphique ou orogénique.

Quels sont les critères de l'établissement de l'échelle stratigraphique ?

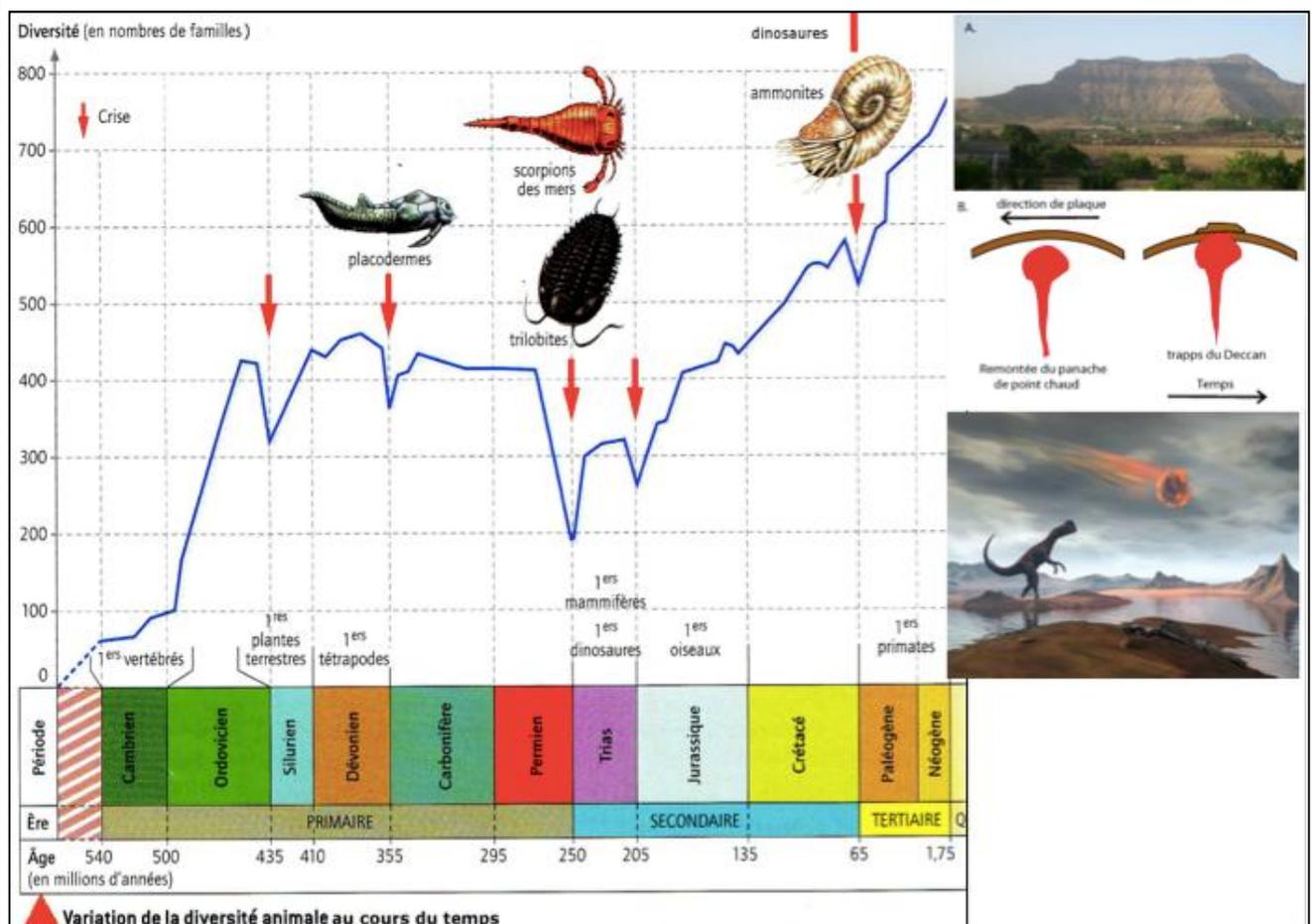
1. Les critères paléontologiques (les crises biologiques)

Doc 12

On appelle **crise biologique** une période assez courte durant laquelle, à l'échelle du globe, un grand nombre d'espèces animales et végétales disparaissent simultanément. Les paléontologues connaissent et **étudient ces crises grâce aux fossiles** qui laissent des traces de ces **disparitions massives**.

On distingue entre des crises majeures qui permettent de **subdiviser le temps en ères** (entre le primaire et le secondaire, et entre le secondaire et le tertiaire), et des crises qui permettent de **subdiviser les ères en étages** (entre l'ordovicien et le silurien, et entre le dévonien et le carbonifère).

Les causes de ces crises biologiques peuvent être de différentes origines : **la chute d'un météorite, une activité intense des volcans, la tectonique des plaques et les variations climatiques**.

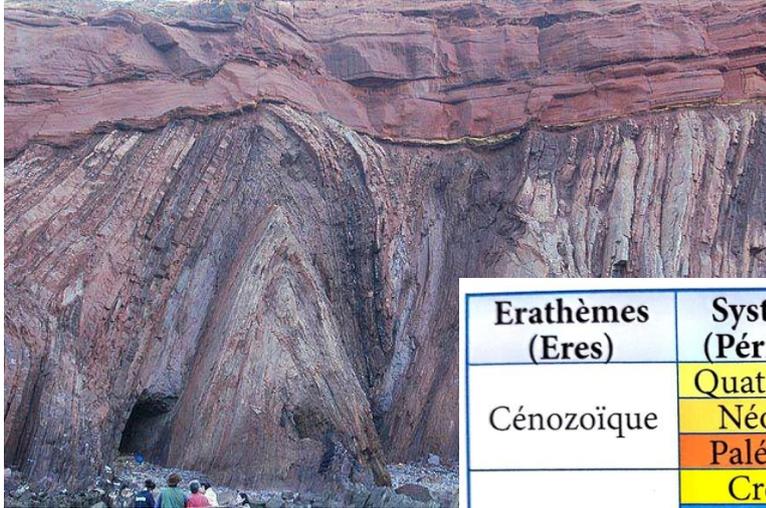


2. **Dégager** les fossiles qui limitent chacune des deux crises majeures, et Montrer leur importance.

- **La crise majeure 1** : fossiles des trilobites, leurs disparitions constitue la limite entre l'ère primaire et secondaire.
- **La crise majeure 2** : fossiles d'ammonites : leurs disparitions constitue la limite entre l'ère secondaire et tertiaire.

2. Les critères stratigraphiques et orogéniques.

Doc 13



La discordance angulaire hercynienne, qui sépare des roches du paléozoïque et d'autres du Mésozoïque. Elle constitue la limite entre deux ères.

On appelle cycle orogénique le temps pendant lequel se prépare, se développe, s'achève (déformation) et s'érode une chaîne de montagnes.

Quatre cycles orogéniques sont mis en évidence :

Erathèmes (Ères)	Systèmes (Périodes)	Age en Ma	Cycles orogéniques
Cénozoïque	Quaternaire	-1,7	Cycle alpin
	Néogène	-23	
	Paléogène	-65	
Mésozoïque	Crétacé	-135	
	Jurassique	-408	
	Trias	-250	
Paléozoïque	Permien	-408	Cycle hercynien ou varisque
	Carbonifère		
	Dévonien		
	Silurien	-540	Cycle calédonien
	Ordovicien		
Protérozoïque	Cambrien		Cycle Cadomien (assyntique)

Echelle stratigraphique simplifiée et cycles orogéniques

Le cycle **cadomien** pendant le Protérozoïque, le cycle **calédonien** et le cycle **hercynien** au Paléozoïque et le cycle **alpin** du Mésozoïque jusqu'au présent.

1- **Dégager** d'après le document ci-dessus, les critères qui permettent aux géologues de subdiviser le temps géologique.

En plus des critères paléontologiques, les géologues se basent sur d'autres critères pour subdiviser le temps géologiques ;

- **Les critères stratigraphiques** : les discordances qui constituent des discontinuités sédimentaires, ce qui permet d'identifier les limites des étages, des systèmes et même parfois des ères.
- **Les critères tectoniques** : le cycle orogénique, qui correspond à la période dans laquelle se forme et s'érode une chaîne de montagnes, la planète terre a connu depuis sa naissance quatre cycles (revoir le document ci-dessus).

L'histoire de la terre a commencé il y a près de 4,6 milliards d'années. Cette longue histoire est marquée par des événements géologiques d'importance variable tels que les crises biologiques, les cycles sédimentaires, les cycles orogéniques ...etc. Ces événements ont permis d'établir l'échelle des temps géologiques.

1. Les unités de l'échelle stratigraphique

L'étude de la succession des strates a permis de construire des colonnes stratigraphiques subdivisées en **étages**. Ces derniers sont définis à partir d'affleurements et de coupes de référence : les stratotypes. Plusieurs étages sont regroupés en **séries**, plusieurs séries forment un **système** et plusieurs systèmes forment un **érathème**. Ces différentes divisions sont appelées **des unités chronostratigraphiques** à qui correspondent des **unités** dite **géochronologiques** comme le montre le tableau ci-dessous.

Unité chronostratigraphique	Unité géochronologique	Exemples
Econothème	Eon	Phanérozoïque
Erathème	Ere	Mésozoïque
Système	Période	Jurassique
Série	Epoque	Jurassique inférieure
Etage	âge	toarcien

2. L'échelle stratigraphique simplifiée

Eon	Age en MA	Eres	caractéristiques
Phanérozoïque	– 1.8	quartenaire	L'apparition de l'Homme
	– 65	Cénozoïque ou ère tertiaire	Présence de fossiles d'organismes ayant des représentants actuellement (comme les mammifères)
	– 245	Mésozoïque ou ère secondaire	Présences de fossiles d'organismes éteints (comme les Ammonites et les dinosaures)
	– 570	Paléozoïque ou ère primaire	Présence de fossiles d'organismes éteints (comme les Trilobites)
Cryptozoïque	– 4500	Précambrien	Absence de fossiles

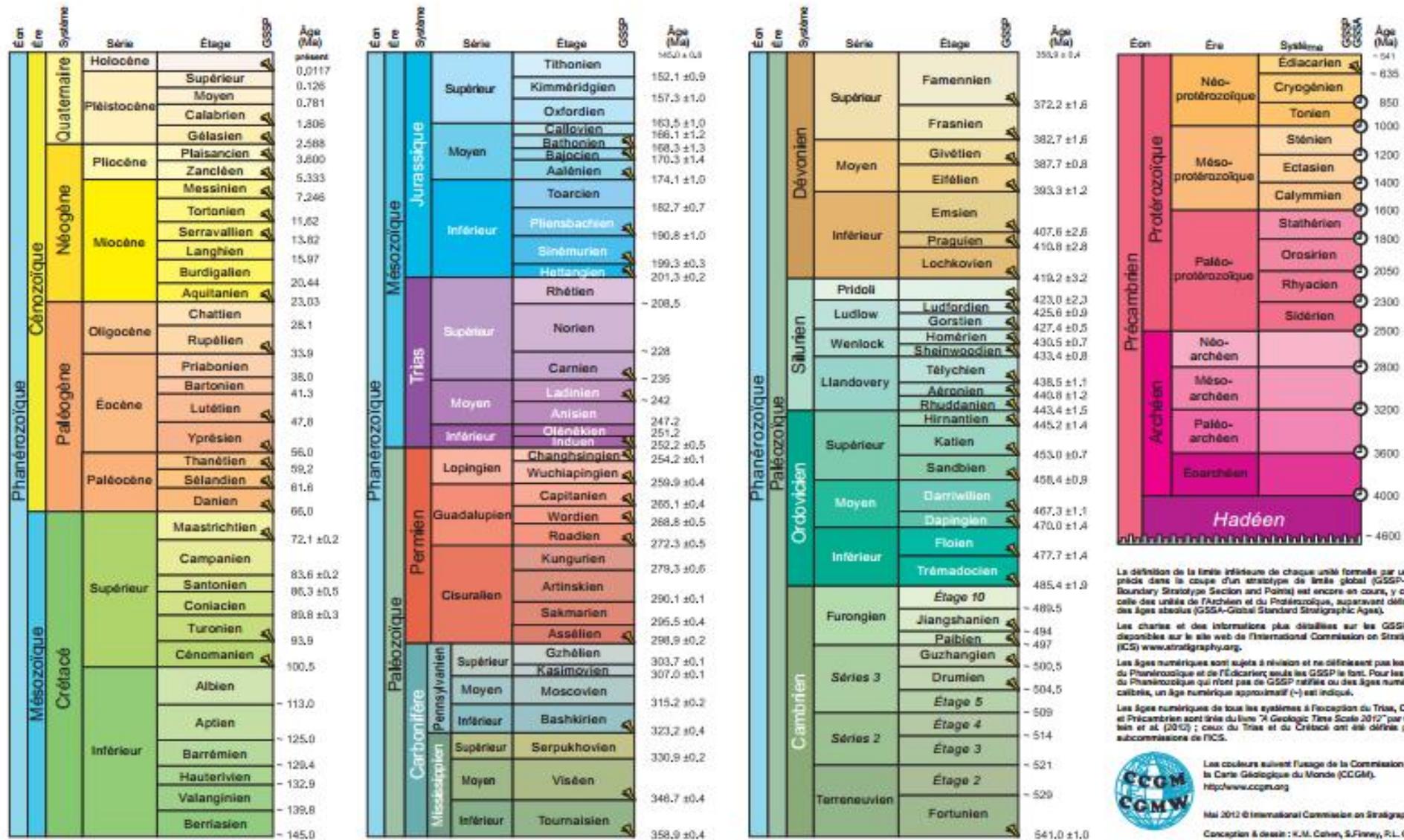
3. L'échelle stratigraphique internationale (voir page suivante)



CHARTRE STRATIGRAPHIQUE INTERNATIONALE

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy



La définition de la limite inférieure de chaque unité formée par un point précis dans le coupe d'un stratotype de limite globale (GSSP-Global Boundary Stratotype Section and Point) est encore en cours, y compris celle des unités de l'Archéen et du Protérozoïque, auparavant définie par des Âges absolus (GSSA-Global Standard Stratigraphic Ages).

Les chartes et des informations plus détaillées sur les GSSP sont disponibles sur le site web de l'International Commission on Stratigraphy (ICS) www.stratigraphy.org.

Les Âges numériques sont sujets à révision et ne définissent pas les unités du Phanérozoïque et de l'Édiacarien, seuls les GSSP le font. Pour les limites du Phanérozoïque qui n'ont pas de GSSP ratifiés ou des Âges numériques calibrés, un Âge numérique approximatif (±) est indiqué.

Les Âges numériques de tous les systèmes à l'exception du Trias, Crétacé et Précambrien sont tirés du livre "A Geologic Time Scale 2012" par Gradstein et al. (2012) ; ceux du Trias et du Crétacé ont été définis par les sous-commissions de l'ICS.

Les couleurs suivent l'usage de la Commission de la Carte Géologique du Monde (CCGM), <http://www.ccgw.org>

Mai 2012 © International Commission on Stratigraphy
Conception & dessin : K.M. Cohen, S.Finney, R.L. Gibbard