

NOTIONS GENEERALE DE STRATIGRAPHIE (2)

III. PRINCIPE DE STRATIGRAPHIE

1. Les strates et leur analyse

Les dépôts sédimentaires qui forment les strates comportent :

- des sédiments **détritiques** (clastiques), formés par l'accumulation de débris solides résultant de l'érosion, transportés par les cours d'eau ou les courants marins et qui se déposent sur le fond des bassins dont l'eau est relativement tranquille (conglomérats, sables) ;
- des sédiments **chimiques** résultat d'une précipitation dans les eaux saturées (sel, gypse) ;
- des roches **organogènes** (biochimiques) formées par l'activité sécrétrice de certains animaux ou de certains végétaux ;
- d'autres dépôts stratifiés autres que sédimentaires, essentiellement d'origine volcanique (cendres).

2. Les principes ou critères généraux

Les principes de la stratigraphie sont en nombre variable selon les auteurs. Ces principes sont d'une part des postulats, qu'il faut vérifier par l'observation, et d'autre part des relations géométriques entre les formations géologiques étudiées. Les deux principes qui semblent unanimement acceptés sont le **principe de continuité** et le **principe de superposition**.

a. Le principe de continuité

Une **strate** est un ensemble sédimentaire ou volcanique délimité par deux surfaces plus ou moins parallèles, la **base** et le **sommet**, que l'on nomme « **plancher** » et « **toit** », en adoptant le langage des mineurs, qui correspondent à des discontinuités ou à des changements de composition. Elle est définie par un faciès donné de même âge en tous ses points. Cela permet de faire des corrélations à distance.

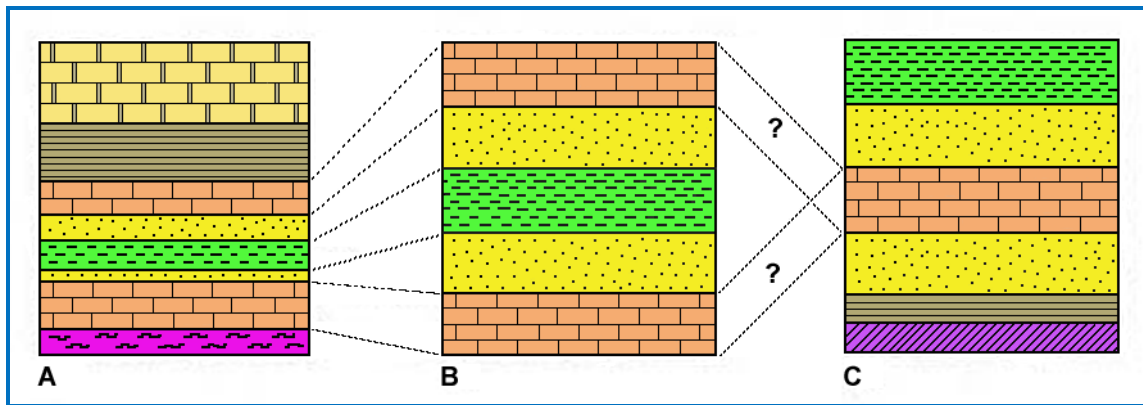
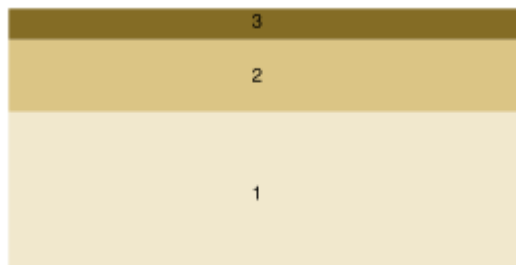


Fig. 3 – Exemple de corrélations à distance, par comparaison d'échantillons de la même roche.

b. Le principe de superposition

La succession des strates dans un lieu donné est le résultat de leur dépôt en couches horizontales successives.



Dans cet exemple, la strate 1 est située sous la strate 2 et est donc plus âgée. De même, 2 est plus ancienne que 3.

Le **principe de superposition** peut s'énoncer ainsi :

Lorsque des sédiments se déposent, ou qu'il y a une succession de coulées volcaniques, la strate située le plus bas sera plus vieille que celle qui se trouve au-dessus.

Cependant, il existe de nombreux cas, où les strates horizontales ont subi des perturbations d'ordre tectonique et le principe de superposition ne joue plus. C'est pourquoi, avant d'appliquer ce principe, le géologue doit rechercher si l'empilement des strates a été modifié par un accident tectonique (notamment grâce aux critères de polarité).

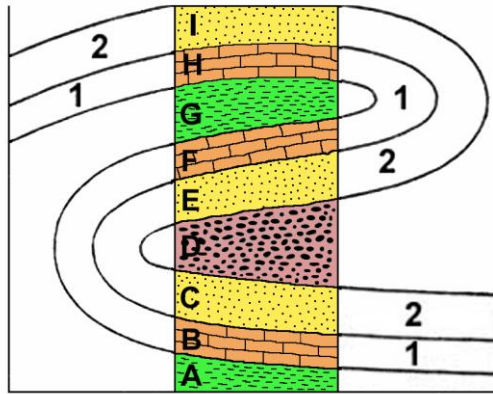


Fig. 5 – Plissement inverse

Par exemple, en cas de **plissement inverse**, les couches 1 et 2 se retrouvent à différents niveaux de la **colonne lithostratigraphique**. A, B, C et D sont dans l'ordre chronologique de leur dépôt. E, F et G sont en ordre inverse. H et I retrouvent l'ordre chronologique normal.

c. Le principe de polarité

La détermination du « **toit** » et du « **mur** » d'une couche n'est pas toujours aisée. Il est parfois difficile de reconnaître le **plan de stratification**. C'est le cas, lorsque l'on rencontre une **schistosité parallèle à un plan différent de celui du dépôt**, due à des actions tectoniques. On recherche alors d'autres critères : pistes ou terriers d'animaux, racines, effets de lithophages, stratification entrecroisée (dans laquelle les lits sécants sont postérieurs aux lits coupés), etc.

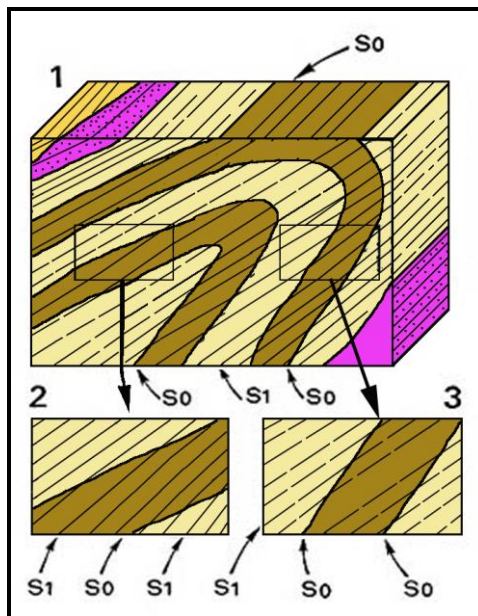
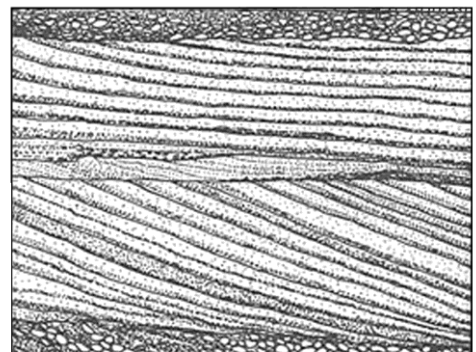


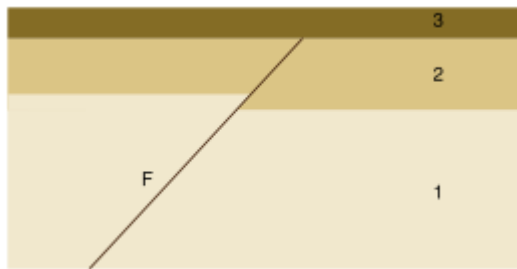
Fig. 6 – Schistosité. S0 : stratification – S1 : schistosité – 1 : schistosité de plan axial dans un pli déversé. La schistosité a un pendage plus fort que la stratification dans le flanc normal et c'est le contraire dans le flanc inverse. Cela permet de les reconnaître sur de petits affleurements (2 et 3).

Fig. 7 – Stratification entrecroisée. Vue en coupe (1 m env. de haut) dans des bancs gréseux et conglomératiques (d'après photo. In C. Pomerol, 1975).



d. Le principe de recoupement

Ce principe intervient, lorsque la géométrie des strates est perturbée par un événement externe : intrusion magmatique, faille, plissement, discordance, érosion.



Dans cet exemple, la faille **F** affecte les strates **1** et **2** mais pas la strate **3**. Elle est donc plus récente que **2** mais plus ancienne que **3**

Fig. 8 – Faille affectant la géométrie des strates

L'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.

Tout événement géologique qui en recoupe un autre lui est postérieur.

Lorsque des couches horizontales reposent sur des couches plissées, on a une zone de contact anormale entre ces deux ensembles : on parle de **discordance angulaire** (fig. 9). Cela indique qu'il y a eu plissement puis érosion.

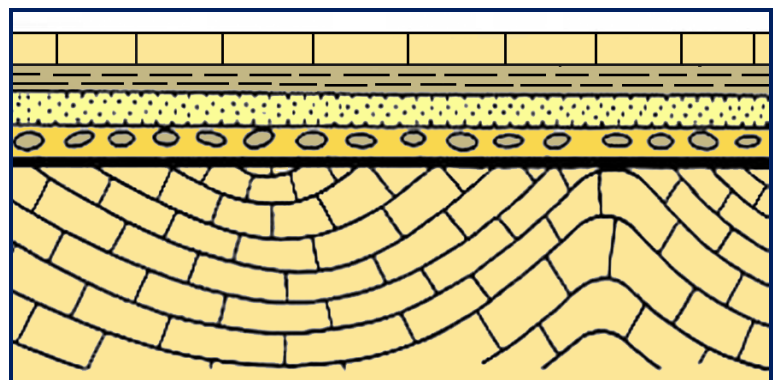


Fig. 9 – Discordance angulaire

e. Le principe d'inclusion

Les morceaux de roche inclus dans une autre couche sont plus anciens que leur contenant.

f. Le principe d'uniformitarisme

L'**uniformitarisme**, ou **actualisme**, est un des principes de base la géologie moderne.

Il postule que **les processus qui se sont exercés dans le passé lointain s'exercent encore de nos jours.**

Ce principe s'oppose au **catastrophisme** selon lequel les caractéristiques de la surface terrestre sont apparues soudainement dans le passé à partir de processus radicalement différents de ceux existant aujourd'hui. L'**uniformitarisme** a d'abord été formulé par le géologue écossais **James HUTTON** (° 03-06-1726 - † 26-03-1797), puis plus largement répandu par le scientifique britannique **John PLAYFAIR** (° 10-03-1748 – † 20-07-1819) et le géologue britannique **Charles LYELL** (° 14-11-1797 - † 22-02-1875).

g. Le principe d'identité paléontologique

Deux couches ayant les mêmes fossiles sont considérées comme ayant le même âge. Ce principe n'est pas lié aux rapports géométriques entre les couches, mais à la paléontologie ; il se base sur l'existence de fossiles stratigraphiques. Il permet de corrélérer des séries sédimentaires de régions éloignées

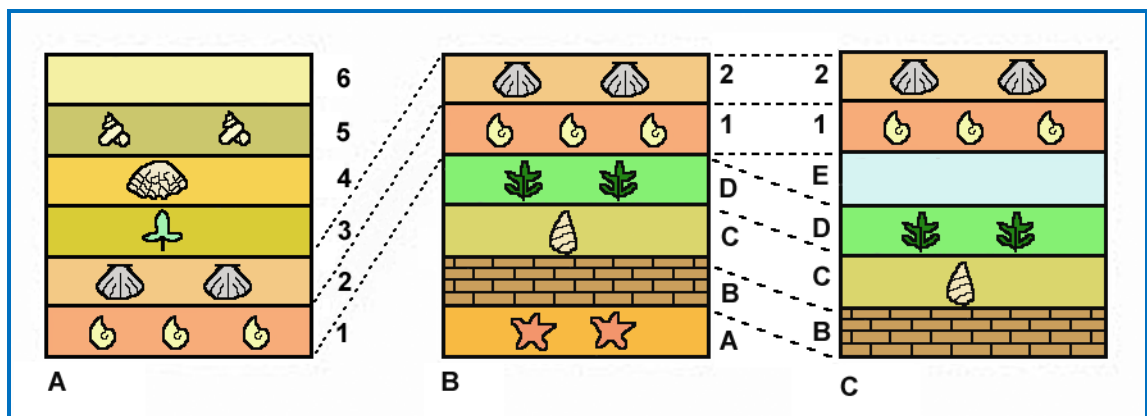


Fig. 10 – Exemple d'identité paléontologique

Ces principes souffrent de nombreux contre-exemples et doivent être validés par l'observation de la situation étudiée. Ils sont néanmoins des points de départ utilisés par tous les géologues dans une situation inconnue

II. DIFFERENTS TYPES DE STRATIGRAPHIE

Lorsque le géologue se trouve en face d'un affleurement observable, par exemple la coupe dans un talus d'une route ou dans une tranchée de chemin de fer ou dans une carrière, il doit décrire les différentes couches qu'il découvre, les échantillonnées et mesurer leur caractéristiques, épaisseur, direction, pendage (notions sur lesquelles nous reviendrons lors d'un prochain article). A partir de ses observations, il établit une **colonne stratigraphique** (un « log ») dans laquelle, les différentes couches, remises à l'horizontale, sont représentées avec leur épaisseur.

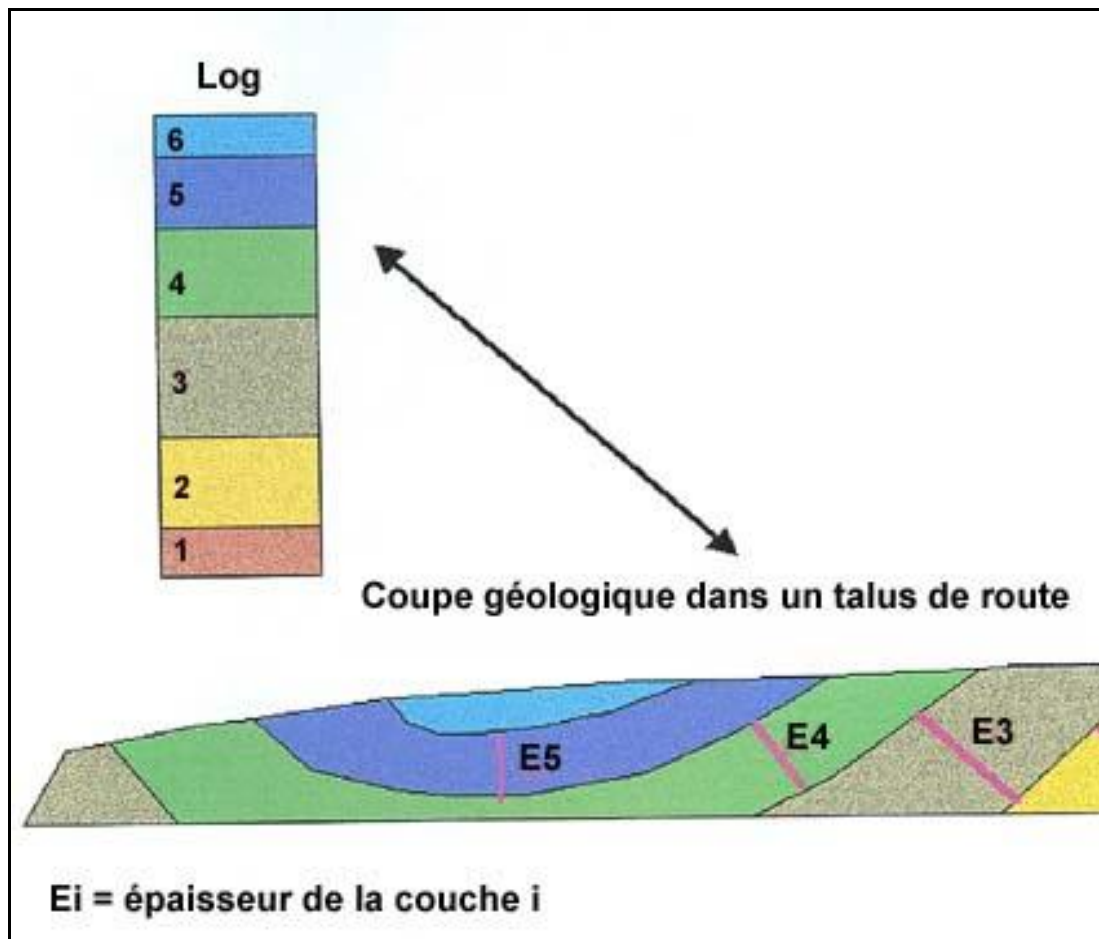


Fig. 11 – Exemple de transformation d'une coupe de terrain en log

Sa démarche consiste à :

1° - Décrire le contenu lithologique des couches : la **lithostratigraphie**, c'est-à-dire l'étude des empilements sédimentaires d'un point de vue géométrique et pétrographique.

Les **divisions lithostratigraphiques** ainsi définies sont fondées sur les différences de nature entre les couches (faciès), indépendamment de leur contenu en fossiles, et la discontinuité entre celles-ci, selon la **loi de Walter**, à savoir que les strates se superposent en se développant simultanément d'amont vers l'aval, dans le sens du courant. La plus petite division est la **couche** (ou **assise**) ; plusieurs couches constituent une **formation**, plusieurs formations un **groupe**. Ces divisions sont rarement en corrélation avec le découpage biostratigraphique. La lithostratigraphie est, de ce fait, essentiellement un outil de corrélation régionale, qui s'avère utile pour préciser les évolutions dynamiques des paléo-environnements.

Paléo-environnement : ensemble des caractères physico-chimiques et biologiques des milieux du passé.

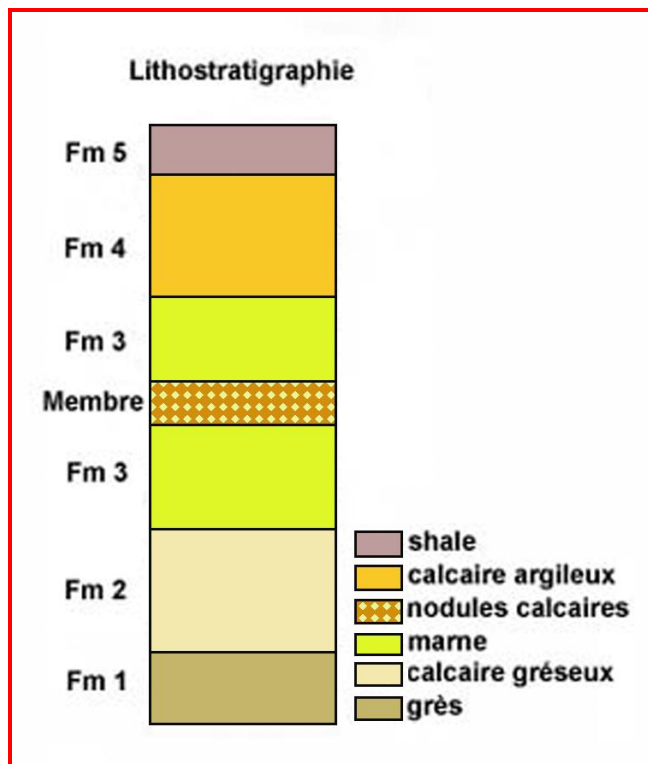


Fig. 12 – Exemple de relevé lithologique. La Formation 3 comprend un niveau riche en roches nodulaires calcaires, ce qui justifie l'individualisation de ce dernier en tant que *membre*. Les Formations 2, 3 et 4 pourraient constituer un *groupe* sur base de leur composition calcaire (la marne est une argile calcaire).

2° - Décrire les fossiles que les couches contiennent : la **biostratigraphie**, (faune et flore relatives à un temps). Celle-ci est basée sur le principe d'irréversibilité du mécanisme d'évolution des espèces au cours des temps géologiques. Elle utilise la paléontologie pour déterminer une chronologie relative, c'est-à-dire la succession de l'apparition des espèces.

Les **divisions biostratigraphiques** sont fondées sur le contenu en fossiles. La division de base est la **biozone**, unité fondamentale définie par un ou plusieurs fossiles caractéristiques ou **fossiles-guides**. Ces fossiles doivent avoir une très large répartition géographique (mondiale, de préférence) et une très courte durée d'existence. Pour le Paléozoïque, on se base sur les trilobites et les graptolites, pour le Mésozoïque ce sont les ammonites, bélemnites et oursins, et pour le Cénozoïque les gastéropodes et, plus rarement, les dents de squales. Actuellement on utilise plutôt des microfossiles, seulement observables au microscope, comme les conodontes (dents microscopiques d'un animal primitif encore peu connu), les foraminifères (unicellulaire à coquille dure), les radiolaires (algues siliceuses), les acritarches (organismes microscopiques de classification incertaines) et les spores des végétaux supérieurs. Dans le Dévonien belge, l'étage Givétien est caractérisé par « *Stringocephalus burtini* » et le Couvinien par « *Calciola sandalina* ».

Les biozones représentent des intervalles corrélables dans des faciès lithologiques éventuellement hétérogènes. On parlera de « zones à ... » et on établira des corrélations de zones fossilifères. Ces zones de terrains sont rapportées à des **chronozones** théoriques, c'est-à-dire que l'ensemble des

couches d'une « zone à A » est considéré s'être déposé entre l'apparition d'une espèce indice A et sa disparition, même si certaines couches intermédiaires peuvent ne pas contenir d'individus de l'espèce A, en raison de variations paléo-environnementales, d'un biais d'échantillonnage sur le terrain (manque de chance...) ou autres raisons.

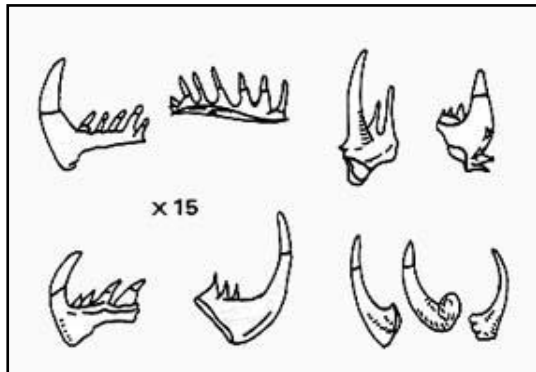


Fig. 13 – Exemples de conodontes de l'Ordovicien (vues externes – d'après Shrock & Twenhofel)

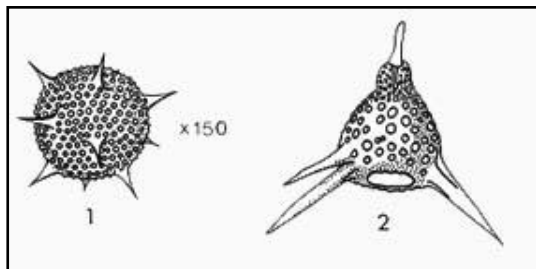


Fig. 15 – Radiolaires – 1 : Spumellaire – 2 : Nassellaire (in J. PIVETEAU)

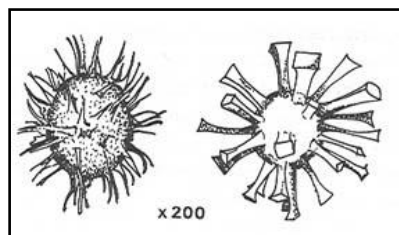


Fig. 16 - Acritarches

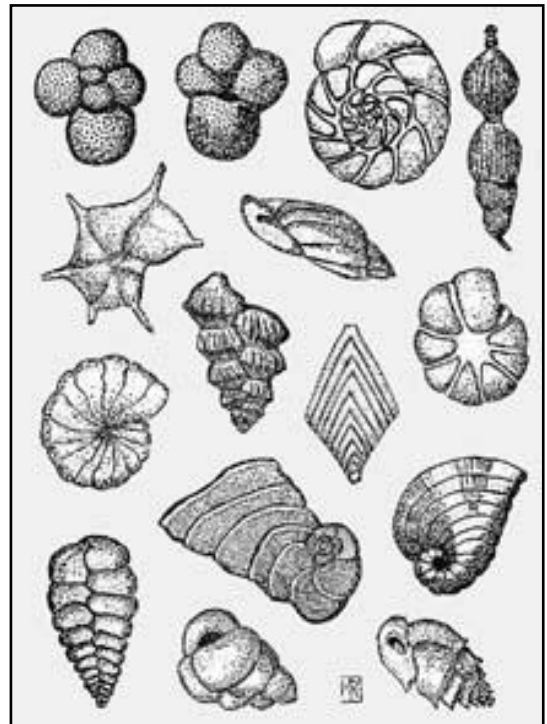


Fig. 14 – Foraminifères actuels et fossiles. En haut à gauche, vue sur ses deux faces, la Globigérine des vases marines et des craies.

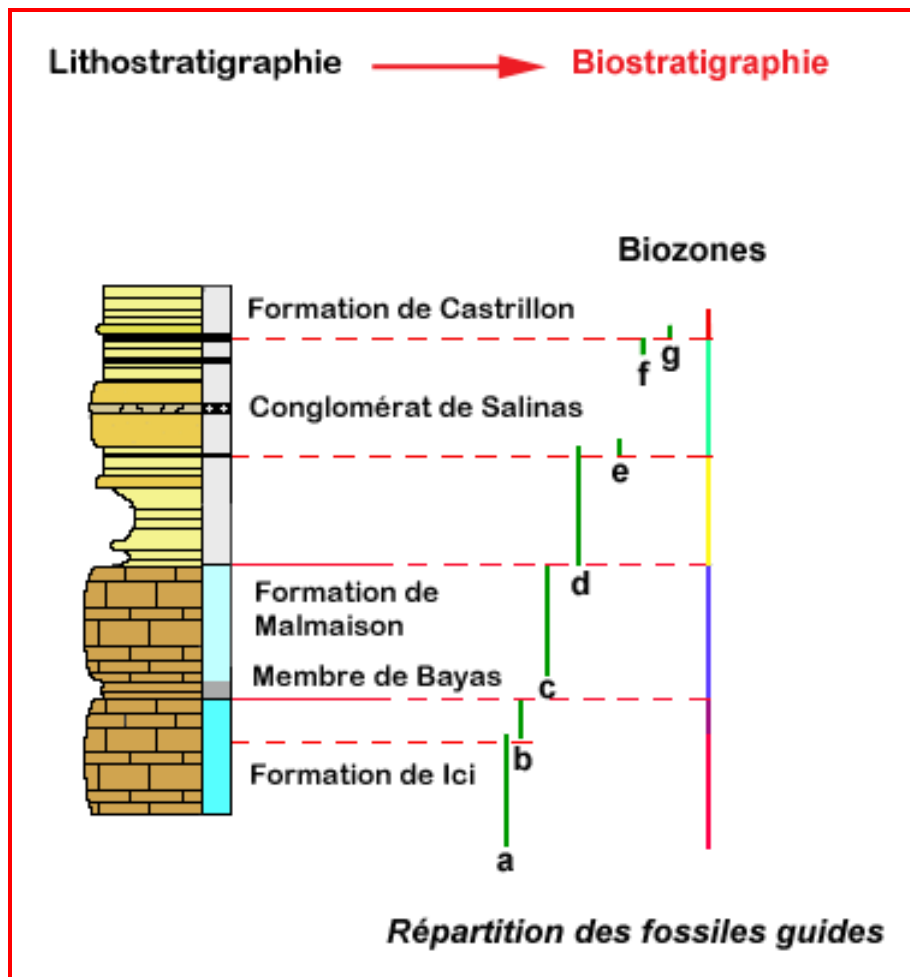


Fig. 17- Exemple de corrélation lithostratigraphie et biostratigraphique. En analysant la répartition de quelques fossiles présents dans les roches de la colonne lithostratigraphique, les biostratigraphes ont pu définir 7 biozones.

3° - Définir les intervalles de temps : la **chronostratigraphie**.

Les **divisions chronostratigraphiques** sont caractérisées par des ensembles de couches auxquelles on fait correspondre des **intervalles de temps (divisions géochronologiques)**. Leur succession a été vue au chapitre II. Les techniques modernes de datation permettent de donner un âge absolu plus ou moins précis à ces divisions. La division de base est l'**étage**, défini par un affleurement type qui sert en quelque sorte d'étalon et que l'on nomme **stratotype**. Le nom de l'étage est le plus souvent dérivé de celui d'un lieu géographique ou historique, actuel ou ancien, auquel on ajoute le suffixe **-en** ou **-ien** (en anglais **-an** ou **-ian**). Ce lieu est généralement, mais pas obligatoirement, celui où se trouve le **stratotype**.

Plusieurs étages forment une **série** ou **époque**. Plusieurs séries forment un **système** ou **période**. Plusieurs systèmes forment un **érathème** ou **ère**. Plusieurs **érathèmes** forment un **éonothème** (équivalent géochronologique : **éon**).

Tous les noms correspondant à ces divisions doivent commencer par une majuscule, sauf s'ils sont utilisés comme adjectifs (ex : le Tournaisien, les sables bruxelliens).

Un certain nombre d'étages stratigraphiques ont été définis en Belgique, surtout dans le **Paléozoïque** :

- le **Gedinnien** (de Gedinne), défini par **A. DUMONT** en 1848. Cet étage correspond dans cette région au début du cycle dévonien. Cependant dans le reste de l'Europe, on a pu établir sa correspondance avec le Downtonien supérieur (Pays de Galles) et le Lochkovien (Bohème), placés dans le Silurien.
- le **Frasnien** (de Frasnes-lez-Couvin), un étage du Dévonien, établi par **J.B. d'OMALIUS d'HALLOY** en 1862 ;
- le **Famennien** (de la Famenne), proposé en 1855 par **A. DUMONT** avec pour type la Famenne. Pour **Dumont**, il désigne l'étage inférieur quartzo-schisteux du système condrusien qu'il avait créé en 1848 ;
- le **Tournaisien**, premier étage du Carbonifère défini par **A. DUMONT** en 1832 dans la région de Tournai ;
- le **Dinantien**, époque couvrant la première partie du Carbonifère européen, nommée d'après la ville de Dinant par **E. MUNIER-CHALMAS** et **A. DE LAPPARENT** en 1893. Cette époque est subdivisée en deux étages, le **Viséen** et le **Tournaisien**. Le **Dinantien** est spécifique à la stratigraphie européenne, dont l'usage est partiellement abandonné. Elle est actuellement incluse par la Commission internationale de stratigraphie dans la base du **Mississippien** qui recouvre le **Dinantien** et le **Serpukhovien** ;
- le **Viséen**, étage du Carbonifère, sous-étage du **Dinantien**, défini en 1832 par **A. DUMONT** à Visée ;
- le **Namurien**, premier étage du Carbonifère supérieur, établi par **J.C. Purves** en 1883, à Namur ;
- l'**Yprésien**, étage de l'Eocène inférieur défini en 1849 par **A. DUMONT** à partir de l'argile d'Ypres et des sables à *Nummulites planulatus* qui les couronnent.

L'équivalent géochronologique de l'**étage** est l'**âge** dont la durée, en moyenne, est de 5 à 6 millions d'années.

Unités			
Géochronologiques	Chronostratigraphiques	Lithostratigraphiques	Biostratigraphiques
Eon	Eonothème		
Ere	Erathème	Groupe	
Période	Système	Formation	
Epoque	Série	Membre	
Age	Etage	Couche	
Chronozone	Chron*		Biozone

Tableau 1 – Equivalence entre les types de stratigraphie

* Le Chron correspond à la durée d'un biozone.

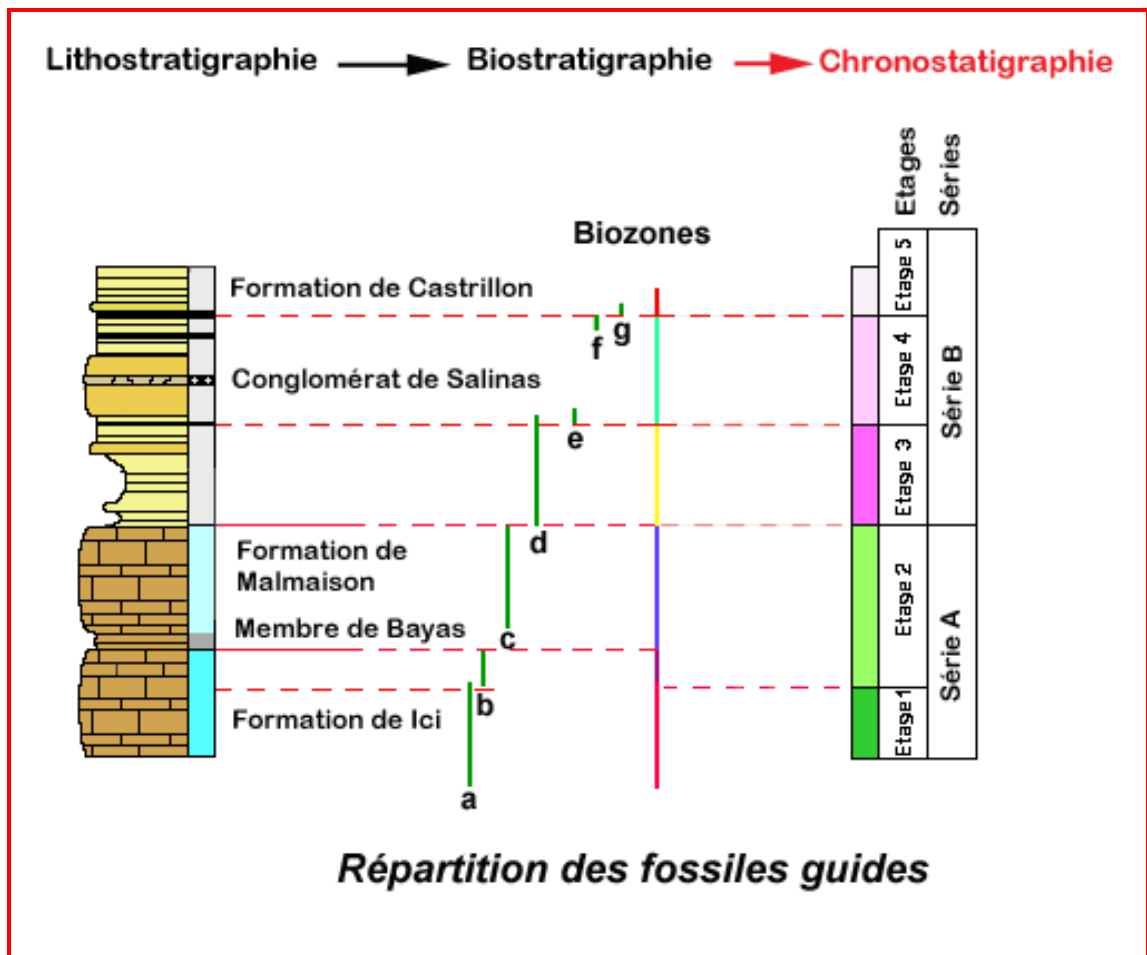


Fig. 18 - A l'aide des biozones précédemment définies (fig. 16), 5 étages ont pu être délimités en se référant à une échelle chronostratigraphique internationale.

Il existe d'autres échelles stratigraphiques que nous ne développerons pas ici :

- a) La **magnétostratigraphie** qui utilise les propriétés de certains métaux: Fe, Ni; Co, FeTiO_3 , d'enregistrer les caractéristiques du champ magnétique terrestre.
- c) La **sismostratigraphie** qui analyse la propagation d'ondes engendrées par des explosions, chocs ou ultrasons dans les couches superficielles de l'écorce terrestre et à la surface de la mer.

En conclusion, l'établissement de l'échelle stratigraphique résulte du travail de milliers de géologues depuis 180 ans environ. La **connaissance régionale** fut et demeure la base de la **chronologie relative**. Trente années ont suffi pour développer la base de la **chronologie absolue**. Il est remarquable qu'elle n'ait bouleversé aucune des divisions précédemment définies par les stratigraphes.

CHRONOSTRATIGRAPHIE				CHRONOLOGIE								
Erathème Système Série Etage				Ere Période Epoque Age								
Erathème	Système	Série	Etage	10 ⁶ a.	Orogenèse en Europe	Flore	Faune					
Ere	Système	Epoque	Age									
CENOZOIQUE	Quaternaire	Holocène		0,01	↑ Plissement alpin	Flore et faune actuelles	1 ^{er} Homme Développement des Mammifères					
		Pléistocène		2								
	Tertiaire	Néogène		Pliocène					Plantes à fleurs	Extinction des Dinosaures et Ammonites		
		Paléogène		Miocène								
MESOZOIQUE	Crétacé	Oligocène		65		↓ Plissement hercynien	Conifères Grandes forêts	Extinction des Dinosaures et Ammonites				
		Eocène										
	Jurassique	Crét. Sup.		136							1 ^{er} oiseau	
		Crét. inf.										
Jura. Sup. (Malm) Jura. moy. (Dogger) Jura. inf. (Lias)		190										
Trias	Trias sup. Trias moy. Trias inf.	225		↓ Plissement calédonien					1 ^{ères} forêts	1 ^{ers} Amphibiens		
	Permien		280									
PALEOZOIQUE	Carbonifère	Carbo. sup. (Houiller)	Stéphanien Westphalien Namurien		345						1 ^{ères} plantes terrestres	Coraux 1 ^{ers} Poissons Faune marine invertébrée
		Carbo. inf. (Dinantien)	Viséen Couvinien									
	Dévonien	Néo-Dév.	Famennien Frasnien		395							
		Méso-Dév.	Givetien Couvinien									
		Eo-Dév.	Emsien Siegenien Gedinnien									
	Silurien	Gothlandien Ordovicien			570							
	Cambrien											
	PRECAMBRIEN				2000	↑ Plissements huroniens (au - 12) ↓	Algues Bactéries Origine de la Terre					
					3000							
					4500							

Fig. 19 – Echelle stratigraphique de Belgique

III. CHRONOLOGIE

Pour repérer un événement passé, on cherche à le situer par rapport à un autre, ou à en indiquer la date. Pour cela le géologue dispose de deux processus :

1. **chronologie relative**. La **datation relative** regroupe l'ensemble des méthodes de datation permettant d'**ordonner chronologiquement des événements géologiques ou biologiques**, les uns par rapport aux autres.

Exemple : les mammifères sont apparus après les reptiles.

Ces méthodes de datation font appel aux procédés que nous avons décrits précédemment.

2. **chronologie absolue**, ou **géochronologie**. La **datation absolue**, comme le terme le dit, cherche à **déterminer une date précise** (fonction de la précision de la méthode utilisée) en fonction d'une échelle des temps, sur base de méthodes physiques. Parmi celles-ci, la **radiochronologie**. Les méthodes les plus courantes sont : Uranium / Plomb, Rubidium / Strontium (jusqu'à **3.850 MA**), Potassium / Argon (**de 1 à 100 MA**), Carbone 12 et 14 (**de 100 à 100.000 ans**).

Exemple : les mammifères sont apparus il y a 200 millions d'années.

La **chronologie** pourrait faire l'objet d'un article séparé.

IV. BIBLIOGRAPHIE

- **DEFLANDRE Georges** (1967) – *La vie créatrice de roches*, Presses Universitaires de France, coll. « Que sais-je ? », N°20. (pour la fig. 4).
- **FISCHER Jean-Claude** (1986) – *La géologie*, MA éditions, « Le Monde de... », Paris.
- **FOUCAULT A., RAOULT J.-F.** (1980) – *Dictionnaire de géologie*, Masson, Paris.
- **RAUP David M.** (1993) – *De l'extinction des espèces*, Gallimard, NRF essais (pour la fig. 2).
- **SIX Robert** (1993) – *Les grandes étapes de la conquête de la biosphère*, non publié.
- **TERMIER Henri & Geneviève** (1992) - *Stratigraphie*, in *Encyclopaedia Universalis*, Corpus 21, Encyclopaedia Universalis France S.A.
- **VAN DER VLERK I.M., KUENEN P.H.** (1951) – *L'Histoire de la Terre des origines jusqu'à l'homme*, Marabout Université.

Sources internet :

http://home.scarlet.be/~tsc87009/geologie/strat_1.htm

<http://www.cmpb.net/fr/stratbelg.php>

<http://www.universalis.fr/corpus-encyclopedie/130/h980801/encyclopedie/gedinnien.htm>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Dinantien>

<http://www.dinosoria.com/cinq.htm>