

Stratigraphie

STU S3



Shop

- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier

Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi

- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

STRATIGRAPHIE

Les sciences de la terre ont pour objet l'étude de la structure, de la composition et de l'évolution du globe terrestre. Pour arriver à ce but, diverses disciplines ont été créées dont la géologie, la géophysique (application de la physique à la géologie), la géochimie application de la chimie à la géologie).

La géologie est une science très vaste qui est divisée en plusieurs parties :

La stratigraphie, la paléontologie, la tectonique, la pétrographie, la minéralogie,

La géomorphologie...

I- Définitions et Objectifs de la Stratigraphie

Stratigraphie vient de :

stratum : couverture

graphein : écrire

La stratigraphie est la science qui étudie la succession des dépôts sédimentaires organisés en Strates où est inscrite l'histoire de la Terre. Elle étudie donc l'agencement dans le temps et dans l'espace des terrains et des événements qu'ils ont enregistrés.

Le premier objectif c'est donner un cadre temps aux sciences de la terre.

Le deuxième objectif c'est reconstituer les paysages anciens (paléogéographie) par l'analyse et l'interprétation des successions à différentes échelles (locale, régionale, provinciale ...)

Elle permet donc de reconstituer l'histoire de la terre (géologie historique).

La stratigraphie est donc une discipline d'analyse et d'interprétation.

- Une **strate** est une couche de sédiments accumulés pendant une phase continue. On l'identifie par ses différences avec les couches adjacentes à l'aide de surfaces de discontinuité. Ces dernières servent de repères et marquent des arrêts ou interruptions de sédimentation montrant ainsi que la géologie n'enregistre pas les événements régulièrement.

- Les **séries** sont des successions sédimentaires : nous pouvons distinguer :

1- des séries continues sans hiatus apparent

2- des séries discontinues présentant des lacunes et des discordances liées aux cycles sédimentaires (transgression et régression) et aux cycles orogéniques (formation de chaîne de montagne).

- Les **unités stratigraphiques** qui sont des strates ou assemblages de strates reconnues comme unités distinctes sur la base de certains caractères des roches qui les composent (critères).

Critères lithologiques : différents types de roches (objets de la lithostratigraphie)

Critères paléontologiques : différents types de fossiles (objets de la biostratigraphie)

Critères géochimiques : différents caractères chimiques (objets de la chimiostratigraphie)

- Un **faciès** : on appelle faciès d'un terrain, l'ensemble de ses caractères lithologiques, paléontologiques et physico-chimiques résultant des conditions de sa formation.

- Une **séquence** : c'est une suite de termes lithologiques qui s'enchaînent et se superposent sans interruption majeure de sédimentation . Suivant l'ampleur des discontinuités qui les séparent, des ordres de séquences sont définis. Les plus importantes sont les mégaséquences.

- **Séries compréhensives et séries condensées** : il serait logique de penser que les épaisseurs de terrains sont proportionnelles au temps de sédimentation. Pourtant, ceci est absolument faux : de grandes épaisseurs peuvent correspondre à un âge relativement cours ; c'est le cas des **séries compréhensives** qui sont constituées par des sédiments de même nature, telles les accumulations rapides de Flysch parfois sur plusieurs milliers de mètres. De façon inverse,

les **séries condensées** correspondent à de faibles épaisseurs de terrain représentant des temps de sédimentation très longs (dizaines de mètres).

La stratigraphie s'intéresse donc :

- _ à la succession temporelle des strates
- _ à la répartition géographique des strates (paléogéographie)
- _ à la lithologie et au contenu paléontologique des strates (notion de faciès)
- _ aux propriétés physiques et chimiques des strates (géophysique, géochimie).

L'ensemble de ces caractères sont susceptibles d'être interprétés en terme d'histoire (relative ou absolue) et en terme d'environnement fossile (paléoenvironnement).

Dans le but d'établir l'histoire de la terre.

II-Fondements et démarche stratigraphique

A - Le problème du temps en géologie (chronologie)

L'un des objectifs de la stratigraphie est d'établir la chronologie des événements géologiques (chronologie relative classement des phénomènes dans l'ordre de leur déroulement et chronologie absolue exprimée par des durées chiffrées en millions d'années).

Les concepts fondamentaux

Le problème est de retrouver la date de l'évènement enregistré à cause des interférences.

Il y a donc besoin de repérage dans le temps. Pour cela, on retrouve une base de chronologie dans les objets étudiés.

Les concepts fondamentaux qu'englobe la notion du temps sont : succession- durée – simultanité.

- 1) Succession : il s'agit de situer un événement par rapport à un autre dans le temps puis déterminer la succession chronologique (ex série, séquence).
- 2) Durée : la connaissance de la durée d'un événement est particulièrement importante. C'est la longueur du temps, l'intervalle, le laps de temps ou le temps écoulé entre 2 événements (ex : une phase de plissement a t elle été une phase rapide, brutale, catastrophique ou bien au contraire une réalisation progressive ?)
- 3) Simultanité : il ,importe également de déceler si 2 événements sont simultanés (synchrones). Le problème est relativement facile lorsqu'il s'agit de phénomènes qui se sont déroulés au même endroit , mais lorsqu'il s'agit d'événements qui se sont produit à des distances très grandes, on doit alors établir des corrélations alliant la notion du temps à celle de l'espace géographique.

B- .Principes de la chronologie relative

L'établissement d'une chronologie relative (la plus utilisée) repose sur les principes suivants :

1- Principe de superposition

« **Une roche sédimentaire est plus récente que celle qu'elle recouvre.** »

Attention aux plis (à couches renversées) et aussi dans les alluvions, les terrains les plus récents sont près de la rivière (même à l'intérieur), en position basse.

Pour y remédier, on utilise les critères de polarité des dépôts qui sont :

- _ granoclassement (décroissance de la taille des grains)
- _ position de vie (branches au-dessus du tronc) etc

2- Principe de continuité

« **Une couche sédimentaire, limitée par un plancher et un toit, et définie par un faciès donné est de même âge en tout point : couche isochrone** »

Attention aux variations latérales de faciès.

3. Principe d'identité paléontologique

« Deux couches ou deux séries de couches de même contenu paléontologique ont le même âge. »

Attention certains fossiles n'existent que dans certains endroits.

4- Principe d'actualisme

« Les structures géologiques passées ont été formées par des phénomènes (sédimentaires, tectoniques ou autres) toujours visibles de nos jours »

On retrouve les mêmes lois dans le passé qu'à l'actuel. On a besoin de comprendre l'actuel pour pouvoir comprendre le passé. Toutefois, on a des changements irréversibles de paysages. Il n'y a pas d'homologie entre les paysages anciens et les paysages actuels. Il n'y a pas « uniformitarisme ».

5- Principe de recouplement

« Les couches sédimentaires sont plus anciennes que les failles ou les roches qui les recourent »

Les événements les plus jeunes affectent les éléments les plus vieux.

6- Principe d'inclusion

« Des blocs de roches inclus dans une autre couche sont plus anciens que cette dernière »

C - La chronologie absolue

Les mesures de la radioactivité naturelle des roches ont permis d'établir une chronologie absolue qui porte essentiellement sur l'examen des roches éruptives, à l'inverse des méthodes purement stratigraphiques de chronologie relative qui sont fondées surtout sur l'étude des roches sédimentaires.

D - Méthodes de la stratigraphie

1. Méthodes de la chronologie relative

C'est positionner les couches dans le temps, les unes par rapport aux autres.

1) Lithostratigraphie

Etudie les caractères lithologiques des ensembles rocheux et leur organisation. Dans cette approche, les fossiles présents sont considérés comme des particules servant à définir les roches (exemple : « calcaire à Orbitolines »). Cette stratigraphie constitue le fondement de la géologie descriptive. Elle est à la base des levés de terrain, de la représentation et de la formation de cartes géologiques.

La **couche** est la plus petite unité stratigraphique. On la caractérise par son **faciès** c'est-à-dire à la somme des caractéristiques lithologiques d'un dépôt sédimentaire.

les faciès peuvent varier verticalement et horizontalement.

Les faciès s'ordonnent en **séquences** (succession dans un ordre reconnaissable) dont la succession dans le temps peut faire apparaître une rythmicité qui fait l'objet d'analyse séquentielle (stratigraphie séquentielle).

Unités lithostratigraphiques :

couche

membre

formation (unité de base)

groupe

La succession des unités lithostratigraphiques pourra constituer une **échelle lithostratigraphique** régionale dans une région donnée.

2) Biostratigraphie

Les strates sont définies par leur contenu paléontologique (**faciès paléontologique**).

La division de base de la biostratigraphie est la **biozone**. Elle est fondée sur la distribution verticale (dans les strates) et horizontale (dans l'espace, sur un territoire donné) des espèces ou des genres (de façon générale, des taxons). Les qualités requises pour qu'un taxon fossile soit un bon marqueur biostratigraphique sont :

- Il doit être indépendant de l'environnement (le plus possible).
- Il doit avoir la durée d'existence la plus courte possible car on recherche l'échelle des temps qui possède la meilleure résolution possible.
- Il doit avoir la répartition géographique la plus large possible car on recherche une échelle des temps valable à l'échelle mondiale
- Il doit être abondant
- Il doit se préserver facilement
- Il doit être facilement identifiable.

Unités biostratigraphiques

horizon

Sous-zone

Biozone

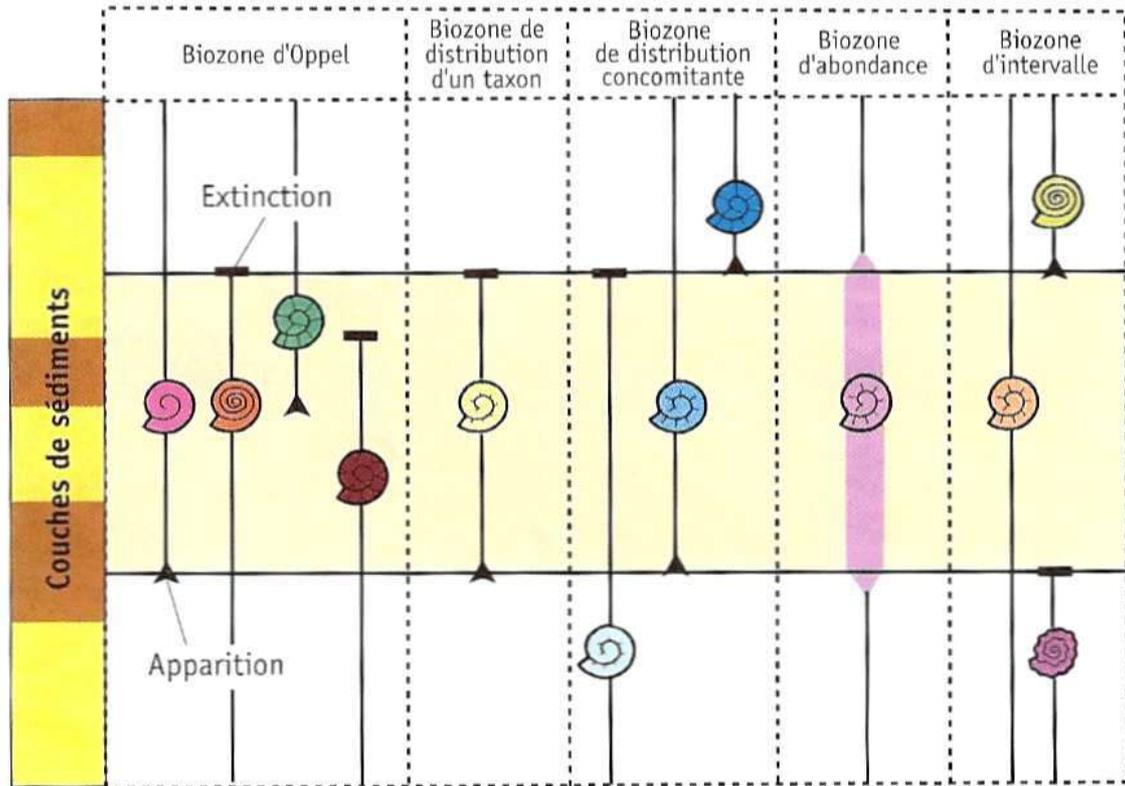
Comme l'évolution est continue et irréversible, on obtient **des échelles biostratigraphiques** coupées en unités biostratigraphiques (biozone : ensemble de couches caractérisées par l'existence d'un ou plusieurs taxon fossiles). Les limites des couches sont données par l'apparition et/ou la disparition de taxon(s).

Comment sont construites les unités biostratigraphiques ?

Il existe plusieurs façons de définir une biozone, elles sont illustrées ci-dessous.

Tout commence sur le terrain. On prélève les fossiles, banc par banc, dans les séries sédimentaires. A partir de relevés de faunes replacés dans la stratigraphie, on repère les apparitions et disparitions d'espèces, et l'on peut alors établir une succession stratigraphique des espèces. C'est à partir de cette succession que l'on va définir des biozones.

La construction des échelles biostratigraphiques paraît très facile ! Dans la pratique, c'est bien plus compliqué car il ne faut pas perdre de vue le fait, qu'un enregistrement paléontologique est rare et partiel, que de grandes différences existent entre les organismes vivants et ceux à l'état fossile et que les différentes échelles biostratigraphiques ne concordent pas toujours, ce qui crée des distorsions qui obligent à utiliser les échelles radiochronologique et paléomagnétique.



3) Chronostratigraphie

L'échelle stratigraphique correspondante va subdiviser les ensembles de couches de l'écorce terrestre en strates sédimentaires correspondant à des intervalles de temps. L'unité est ici **l'étage**. Un étage est un terrain caractérisé par une faune donnée avec un terrain donné. Il est défini par le contenu paléontologique et limité à la base et au sommet par des extinctions. L'exemple du Viséen (unité stratigraphique) : ensemble de couches mixtes entre 352MA et 333MA (différence de 19MA). Un étage est caractérisé par une série stratigraphique définie en un lieu où la série est complète, avec des limites bien définies. Les coupes de référence sont appelées des **stratotypes**. Dans le cas du Viséen, le stratotype est à Visé, en Belgique. Le choix de la limite exacte d'un étage est primordial. Le comité stratigraphique international met au point une échelle stratigraphique globale standard. Les unités sont définies par le « golden spike » (ou clou d'or) à la base de l'unité chronostratigraphique. Entre deux golden spike, on a le stratotype de la limite.

La durée des dépôts est exprimée par durée géochronologique.

Des correspondances existent entre les ensembles de couches (divisions chronostratigraphiques) et les intervalles de temps écoulés (divisions géochronologiques).

L'équivalent chronologique de **l'étage** est **l'âge** par exemple.

Unités stratigraphiques de l'échelle chronostratigraphique

chronozone

étage

série

système

érathème

éonothème

Unités géochronologiques (unités abstraites)

chrone

âge (comme le Lutétien)

époque (comme l'Eocène)
 période (comme le Paléogène)
 ère (comme le Cénozoïque)
 éon (comme Phanérozoïque)

2. Méthodes de la chronologie absolue

Elles complètent la chronologie relative et comprennent les méthodes physiques suivantes :

1) Radiochronologie isotopique

C'est l'étude des éléments radioactifs et de leurs produits de désintégration. L'estimation obtenue permet de déterminer un **âge radiométrique**. Cette méthode de datation donne des chiffres. On va situer un objet par rapport au présent. En réalité, on calcule la date de fermeture du système.

Processus de désintégration	Période (en années)
87 Rb → 87 Sr	5 ou 4,7 . 10 ¹⁰
232 Th → 208 Pb	13,9 . 10 ⁹
40 K → 40 Ar	11,9 . 10 ⁹
238 U → 206 Pb	4,6 . 10 ⁹
235 U → 207 Pb	7 . 10 ⁸
234 U → 230 Th	250 000
230 Th → 226 Ra	75 200
14 C → 14 N	5 568
3 T → 2 H	12,26

Cette méthode a été utilisée pour dater l'âge de la Terre, pour faire des esquisses de chronologie du Précambrien, pour préciser à un siècle près les datations du Quaternaire (avec le carbone 14) et pour dater des limites de divisions du phanérozoïque. La première échelle date de 1932. Elle n'a provoqué aucun bouleversement des limites déjà établies.

2) Magnétostratigraphie

Cette spécialité de la stratigraphie utilise le magnétisme récurrent. En effet, lors de la formation de certaines roches (magmatiques), des particules ferromagnétiques enregistrent, telle une bande magnétique, l'orientation des lignes du champ magnétique terrestre du moment. Cette fossilisation du champ magnétique permet ainsi de révéler ses inversions de polarité. Il existe des périodes de champ magnétique normal ou inverse. Chaque période a les mêmes propriétés et forme une **magnétozone (unité de base)**. Le temps que met une inversion pour se réaliser est de courte durée : on trouvera donc une faible épaisseur de dépôt. Toutefois, l'horizon ainsi formé donne un repère d'extension mondiale (surface isochrone). Ces surfaces vont être datées par radiométrie (Potassium/Argon).

Dans une magnétozone, on peut avoir des sous-magnétozones. La première échelle d'inversions magnétiques date de 1963. Elle a été établie pour les 7 derniers millions d'années. Elle a ensuite été mise au point pour le tertiaire, etc....

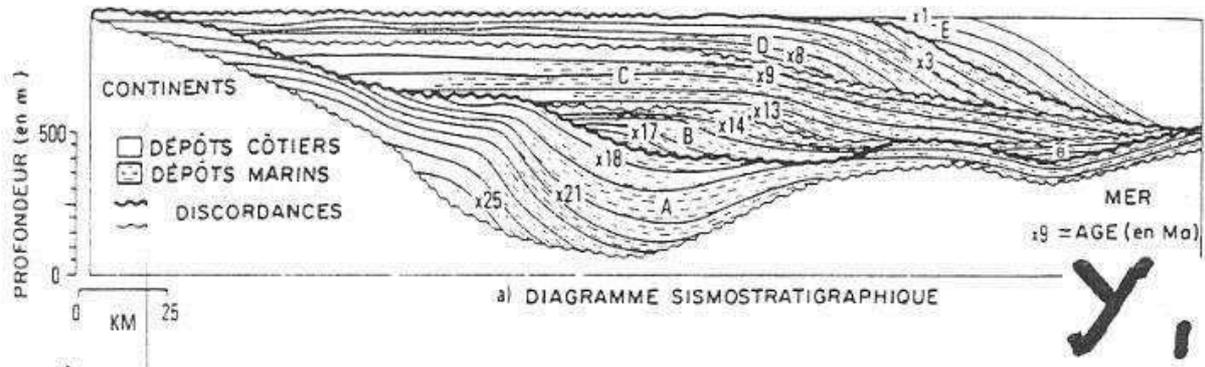
Pour les études magnéto-stratigraphiques, on repère sur l'affleurement les différentes inversions, puis, on les compare avec l'échelle standard.

3) Sismostratigraphie

Cette méthode utilise des données sismiques. Elle est basée sur des études des relations géométriques des réflecteurs sismiques : elle est fondamentale pour comprendre la structure et la répartition des ensembles sédimentaires dans les bassins. Elle est aussi très importante pour les explorations pétrolières. Si on lui rajoute les données de la lithostratigraphie, on entre dans la stratigraphie séquentielle. Elle repose sur une analyse de la propagation dans l'écorce d'un train d'ondes engendrées par des explosions, chocs ou ultrasons dans les couches superficielles de l'écorce terrestre et à la surface de la mer. La vitesse de propagation est différente selon le terrain traversé. Ces ondes se réfléchissent sur les discontinuités

lithologiques, les surfaces de stratification, les failles et les discordances. Elles permettront de créer des profils sismiques. Pour interpréter ces profils, on aura besoin de connaître les types de relations géométriques existant entre les récepteurs.

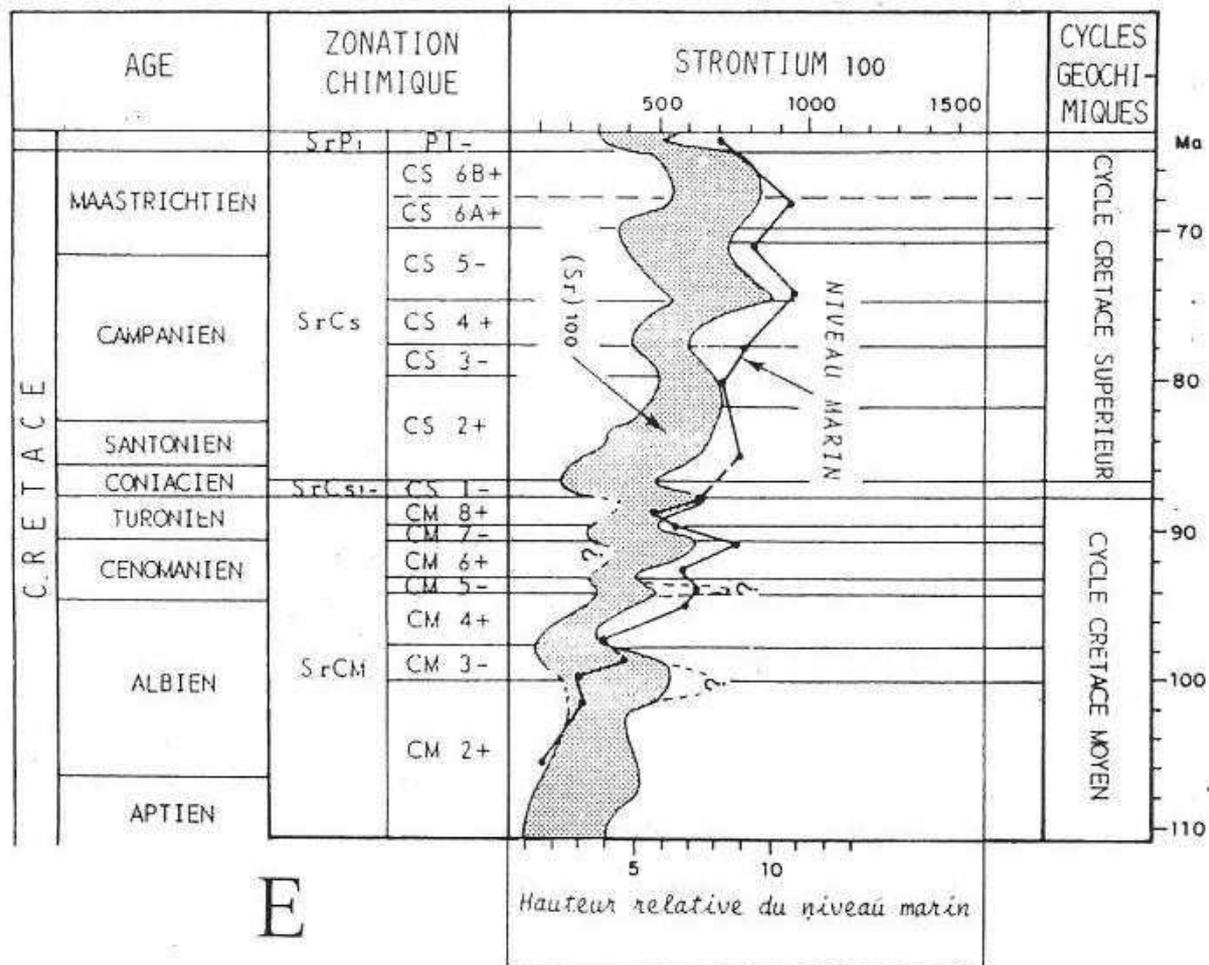
L'unité de base en sismostratigraphie est la **séquence génétique** de dépôt. Cette séquence correspond à un ensemble sédimentaire dont l'architecture est contrôlée par les variations eustatiques, tectoniques et les limites sont les surfaces de discontinuité.



3-Méthodes stratigraphiques annexes

1) Chimiostratigraphie :

est l'étude des éléments chimiques dans les sédiments des roches permettant de reconstituer les environnements (milieu de sédimentation). La composition du milieu peut être considérée comme homogène à l'échelle géologique pour un instant donné. L'exemple de la teneur en bore renseigne sur la salinité de formation des roches. En milieu sursalé, la teneur en bore des argiles est très forte alors qu'elle est quasi nulle en milieu d'eau douce et faible pour l'eau saumâtre. La concentration en bore permet donc de localiser les anciennes lignes de rivage. Des observations montrent aussi que certains autres éléments chimiques, en traces dans les sédiments, peuvent présenter momentanément des teneurs exceptionnelles et servent ainsi de marqueurs. Par exemple, la teneur en iridium lors de la crise Crétacé/Tertiaire montre des variations intéressantes. Au crétacé supérieur, on trouve une forte concentration en iridium qui forme une surface isochrone. Les isotopes stables (de l'Oxygène 18 et du Carbone 13) renseignent sur les paléotempératures et paléosalinités ainsi que sur l'eustatisme et l'anoxie des fonds océaniques.

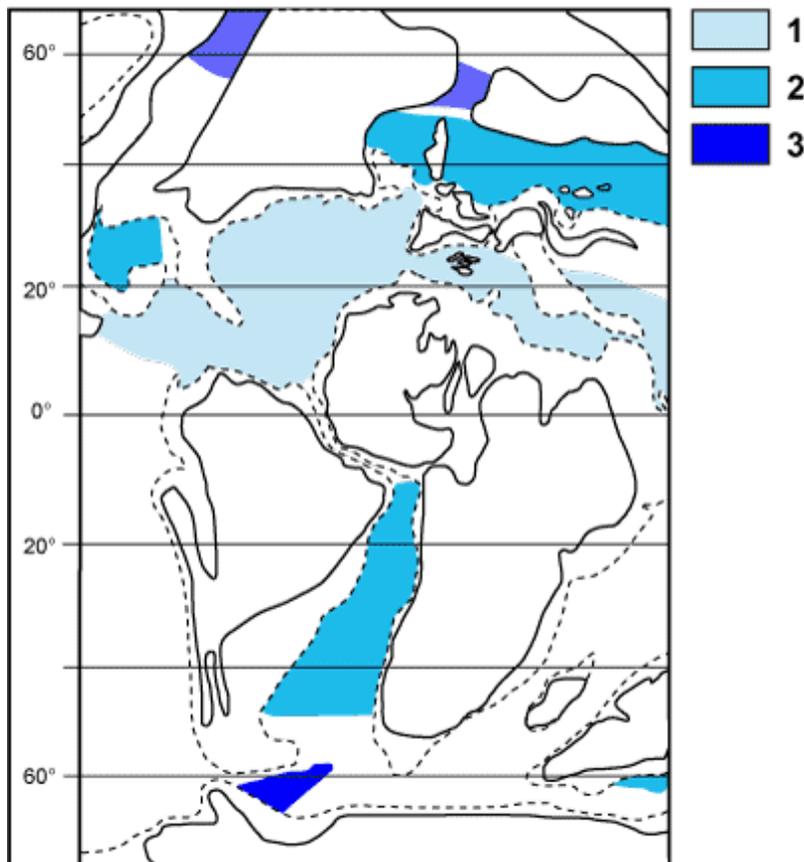


Comparaison entre l'évolution de la teneur en Sr des carbonates pélagiques (Renard, 1984) et celle du niveau marin durant le Crétacé supérieur (Hancock et Kauffman, 1977).

2) Paléocéologie et Paléobiogéographie

Les fossiles sont des signaux paléocéologiques des anciens milieux de vie. Les associations caractéristiques et leur taphonomie permettent de distinguer les sédiments de type lacustres, lagunaires, marins par exemple et de cerner les paramètres tels que la salinité, la profondeur et l'énergie des eaux au moment du dépôt. Ces données sont évidemment argumentées à l'aide des modèles actuels et confrontées aux événements sédimentologiques. Par leurs caractères morphologiques, et / ou par leur présence, des espèces sont des marqueurs de paramètres du milieu. Par exemple l'installation d'une microfaune psychrosphérique au début de l'ère tertiaire conduit à suivre l'ouverture définitive de l'océan Atlantique, ou encore une faune diversifiée d'ostracodes de type péri-récifal indique qu'au Dévonien (vers le milieu de l'ère primaire) le nord de la France occupait une situation intertropicale. La reconnaissance des anciens milieux à piégeage intense du paléo-plancton sert à situer les roches-mères d'hydrocarbures.

De même que les répartitions isochrones des espèces amènent à découvrir les provinces paléobiogéographiques d'une époque donnée. Leurs limites relèvent des paléolatitudes climatiques et des migrations autour des anciens continents dont les situations peuvent ainsi être confrontées aux données du paléomagnétisme.



3-Stratigraphie quantitative

Les statistiques sont utilisées dans tous les domaines par les spécialistes et les non spécialistes. Elles quantifient les relations entre unités statistiques (variables, caractères, échantillons ...etc.). En Stratigraphie, le travail concerne un nombre considérable de caractères sédimentaires (lithologiques, paléontologiques séquentiels ..) et non sédimentaires (géophysiques, géochimiques...etc.), ainsi que les gisements (coupes, sondages, échantillons ...etc.). Les relations entre ces caractères sont quantifiées par l'emploi des statistiques et permettent des interprétations de tout ordre (paléoécologique, paléoenvironnementale, paléogéographique etc...) afin de préciser la nature des événements, leur durée et leur corrélation. Il existe différents types de statistiques :

- 1- Statistique simple (univariée) longtemps utilisée et qui traite peu de variables dans un espace réduit (plan).
- 2- Statistique inférentielle (multi-variée ou multidimensionnelle) qui traite des données ou variables multidimensionnelles dans un espace multidimensionnel (AFC, ACP, Analyse discriminante, Nuées dynamiques, Classifications ...etc.).

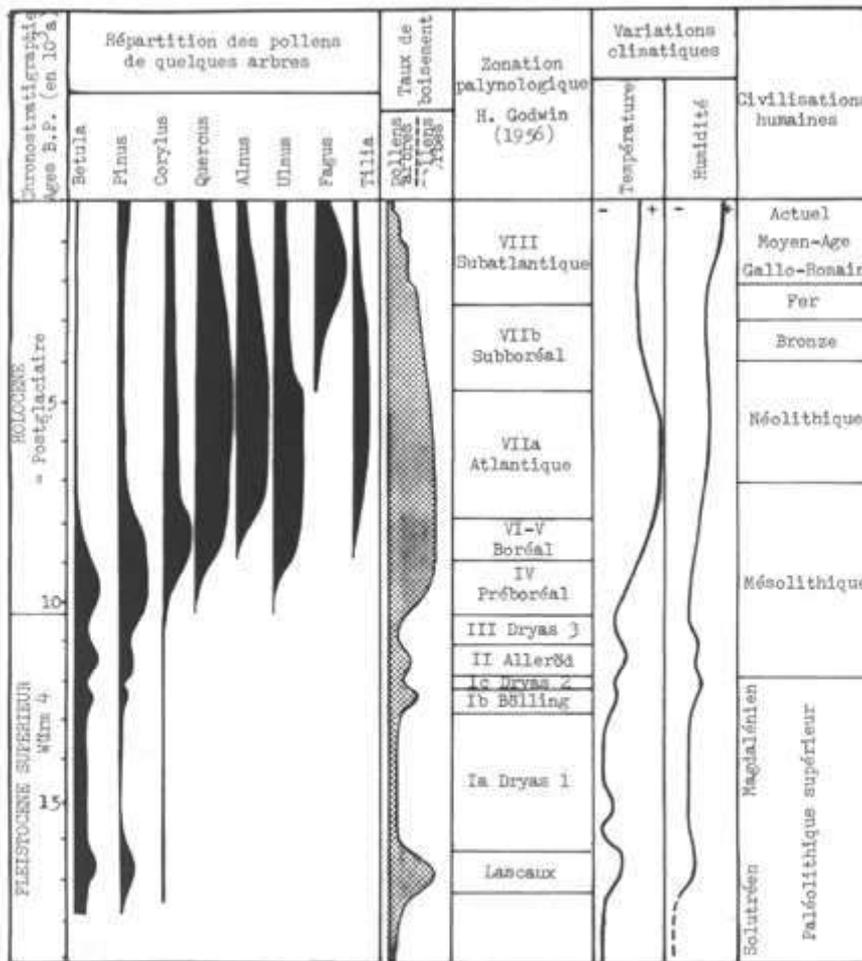


Figure 15.10 – Évolution de la végétation dans le NW de la France au cours des derniers 20000 ans. Le climat très froid au Wüm entraîne des paysages de toundra sans arbres, ou de taïga à pins et bouleaux rabougris. À partir du Postglaciaire, le réchauffement et l'augmentation des précipitations permettent l'installation de forêts de pins, puis celle d'une chênaie mixte, enfin d'une hêtraie. Le défrichement, estimé à l'aide du taux de boisement (= pollens d'arbres/pollens d'herbes), s'amorce au Néolithique pour s'accélérer depuis l'époque romaine. En grande partie d'après des données d'H. Elhaj (1963)

4 - Calendrier géologique

c'est le calendrier constitué par les divisions et subdivisions des temps géologiques, depuis le moment de la formation de la Terre.

Toutes les méthodes stratigraphiques se complètent et servent à établir **une échelle stratigraphique universelle** (terminologie des époques successives). Elle est déterminée essentiellement par des coupures (discontinuités) stratigraphiques qui sont le résultat de la prise en compte d'événements importants de l'histoire de la vie et de la terre : événements biologiques, événements géodynamiques, variations eustatiques). Par exemple, on a placé la limite entre le Précambrien et le Phanérozoïque (« la vie qui se montre », c'est-à-dire les « temps fossilifères ») au moment où l'on pensait qu'apparaissaient les formes de vie multicellulaires (aujourd'hui, on sait qu'elles sont apparues bien plus tôt) et aussi par la discordance = orogénèse limite Précambrien / Cambrien;. Autre exemple : on a créé la limite entre le Mésozoïque (ère secondaire) et le Cénozoïque (ères tertiaire et quaternaire) afin qu'elle coïncide avec une crise importante de la biodiversité (au cours de laquelle les dinosaures ont disparu, enfin la plupart...). C'est la fameuse limite KT ! A partir de la succession des taxons (espèces, mais aussi genres, familles, ...).

Ce calendrier sert de trame de référence et de repère pour l'insertion de tous les événements de l'histoire de la vie et de la terre

III - Paléogéographie

La stratigraphie est étroitement liée à la paléogéographie. Il est intéressant par exemple de connaître l'extension des mers au cours de l'histoire de la terre. L'interprétation des dépôts et des faciès permet de reconstituer le paysage à diverses échelles.

La reconstitution de paysages anciens, aux différents moments de l'histoire du globe constitue la paléogéographie.

A -Faciès et Milieux de dépôts

Les dépôts sont conditionnés par l'environnement et font l'objet de la sédimentologie ou de la pétrologie sédimentaire.

1-Milieux actuels

- 1) En **milieux continentaux**, on pourra trouver :
 - un milieu glaciaire,
 - un milieu palustre,
 - un milieu fluvial,
 - un milieu lacustre,
 - un milieu éolien ou désertique.
- 2) En **milieux transitionnels**, on pourra trouver
 - un milieu littoral,
 - un milieu récifal,
 - un milieu de delta ou d'estuaire
- 3) En **milieux marins**, on pourra trouver :
 - un milieu de plate-forme (néritique)
 - un milieu de pente (ou talus),
 - un milieu de plaine abyssale.

2-Principaux critères d'identification des paléoenvironnements et leur signification

- 1) Critères lithologiques (stratification, structures sédimentaires, textures sédimentaires, l'orientation des objets sédimentaires, la forme et le degré d'usure des objets sédimentaires)
- 2) Critères pétrographiques (critères tirés de la composante détritico-terrestre, de la composante physico-chimique, de la couleur des roches)
- 3) Critères paléontologiques

3-Exemple d'identification de milieux anciens

4 - Difficultés et limites de cette identification

- a- Influence de la diagenèse et du métamorphisme
- b- Les remaniements
- c- Validité de l'uniformitarisme

B- Notion de cycles eustatiques

Les cycles eustatiques correspondent au changement du niveau absolu de l'ensemble des mers (Transgression, Regression). Pour que ces cycles se produisent, il faut plusieurs facteurs :

- la tectonique des plaques,
- la fluctuation de volume des calottes glaciaires,
- variation du taux d'expansion des dorsales océaniques qui contrôlent le volume des bassins océaniques.

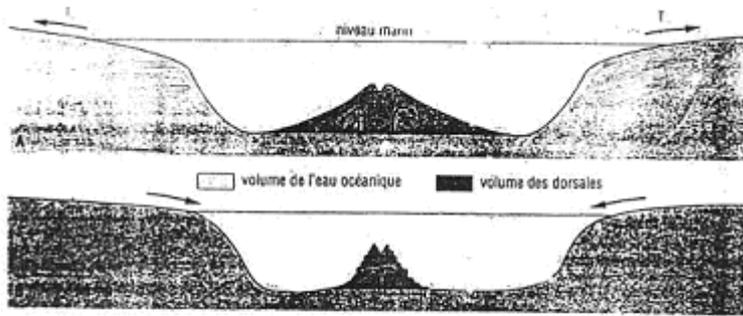


Fig. 17 – Modifications du volume des rides océaniques et eustatisme :
 A : en période d'accrétion rapide, la dorsale s'élargit : elle augmente de volume, ce qui produit une diminution du volume des océans et, par contre-coup, une transgression marine sur les bordures continentales.
 B : en période d'accrétion lente, la dorsale est étroite, le volume océanique augmente ; on observe une régression marine sur les marges.

Dans la partie haute du schéma, on observe une phase de transgression alors que dans la partie basse, c'est une régression.

Localement, la profondeur d'eau dépend des apports sédimentaires et de la tectonique locale. L'élévation ou l'affaissement du fond du bassin peut amplifier, annuler ou inverser les effets de l'eustatisme. La vitesse de ces mouvements est extrêmement lente.

La sédimentation par accumulation des sédiments sur le fond des bassins entraîne une réduction de la profondeur d'eau (sédimentation lente).

La variation du facteur eustatisme est déterminante dans les changements du niveau marin.

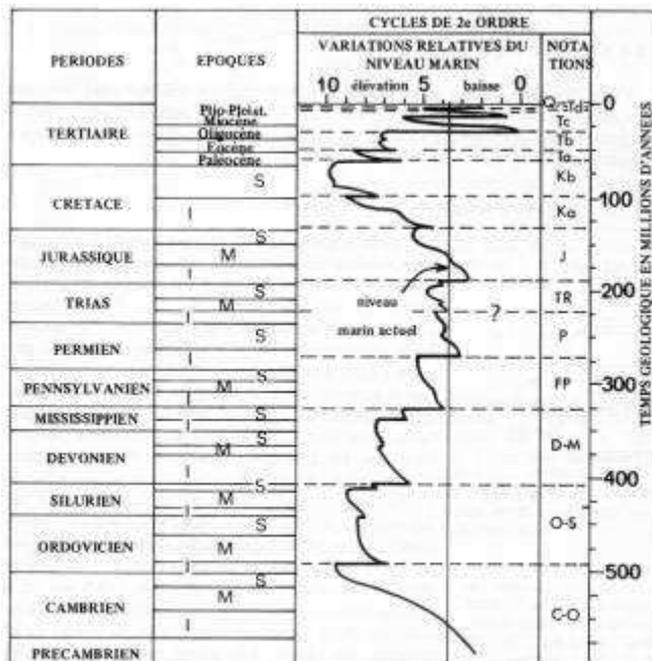


Fig. 30 – Cycles majeurs des variations globales du niveau marin d'après P.R. Vail (1977).

En comparant la valeur relative des marges continentales, on est frappé par les similitudes avec la courbe globale du changement du niveau marin du Cambrien à nos jours (Phanérozoïque).

En pointillés, sont représentés les cycles majeurs de deuxième ordre qui sont de grandes transgressions ou régressions dues à des changements globaux du niveau marin. Deux transgressions sont séparées par une régression. Ces cycles sont expliqués par la tectonique des plaques (dislocation des continents ; apparition des océans avec dorsale). Au Permien Trias par exemple, il y a réunion des continents.

C- Notions de Concordances, Discordances et Cycles tectoniques :

Dans un ensemble de strates, lorsque les couches supérieures et les couches inférieures ont la même inclinaison, on dit qu'elles sont **concordantes**. Lors d'une transgression, les couches de part et d'autre de la discontinuité ont sensiblement le même pendage ; elles sont pratiquement concordantes.

Inversement, lorsque les couches supérieures font un angle avec les couches inférieures, on dit qu'elles sont **discordantes**.

On peut définir deux types principaux de discordances :

1- La discordance angulaire : les couches supérieures n'ont pas le même pendage que les couches inférieures. La partie supérieure est horizontale ou peu plissée, la série inférieure est beaucoup plus plissée. La valeur angulaire de la discordance varie avec la position des plis par rapport aux points d'observation.

2- La discordance sur un substratum non stratifié

exemple : massif de granite.

TERTIARY	Pleistocene	MAIN ALPINE
	Pliocene	
	Miocene	
	Oligocene	
	Eocene	
MESOZOIC	Cretaceous	LARAMIDE
	Jurassic	NEVADIAN
	Triassic	
UPPER PALAEOZOIC	Permian	HERCYNIAN, APPALACHIAN
	Carboniferous	
	Devonian	
LOWER PALAEOZOIC	Silurian	LATE CALEDONIAN
	Ordovician	EARLY CALEDONIAN
	Cambrian	

*cycles orogéniques
(Read & Watson)*

La tectonique contrôle la quantité et les types de sédiments qui se déposent.

Cette tectonique va provoquer des compressions ou bien des distensions de la croûte continentale et pouvoir provoquer des cycles régionaux ou bien globaux.

Comme exemple de cycle orogénique, on peut citer la formation de montagnes (de reliefs) qui vont entraîner le changement de volume des bassins océaniques et donc changer le niveau relatif de la mer.

D- Corrélations stratigraphiques

La stratigraphie relative et la stratigraphie absolue permettent d'établir des corrélations entre divers objets géologiques.

Etablir des corrélations consiste à rechercher s'il existe dans les diverses coupes géologiques étudiées, les caractères identifiables identiques à valeur universelle qu'on appellera des repères de corrélations.

1- Repères de corrélations :

Sont des repères qui peuvent être mis en corrélation :

- Taille des grains est un repère
- La lithologie (structures sédimentaires : stratifications)
- La pétrographie (faciès particuliers : récifaux par exemple)
- Les séquences peuvent être suivies latéralement

- La corrélation des coulées volcaniques permettent d'établir des datations
- Les associations de fossiles.

Les repères paléontologiques et les coulées volcaniques sont des repères isochrones, les autres sont hétérochrones.

a- Surface isochrone : est une surface dont tous les points sont contemporains. Elle traduit donc un même âge.

b- Les repères isochrones : servent à représenter les unités chronostratigraphiques (unités de base de la stratigraphie).

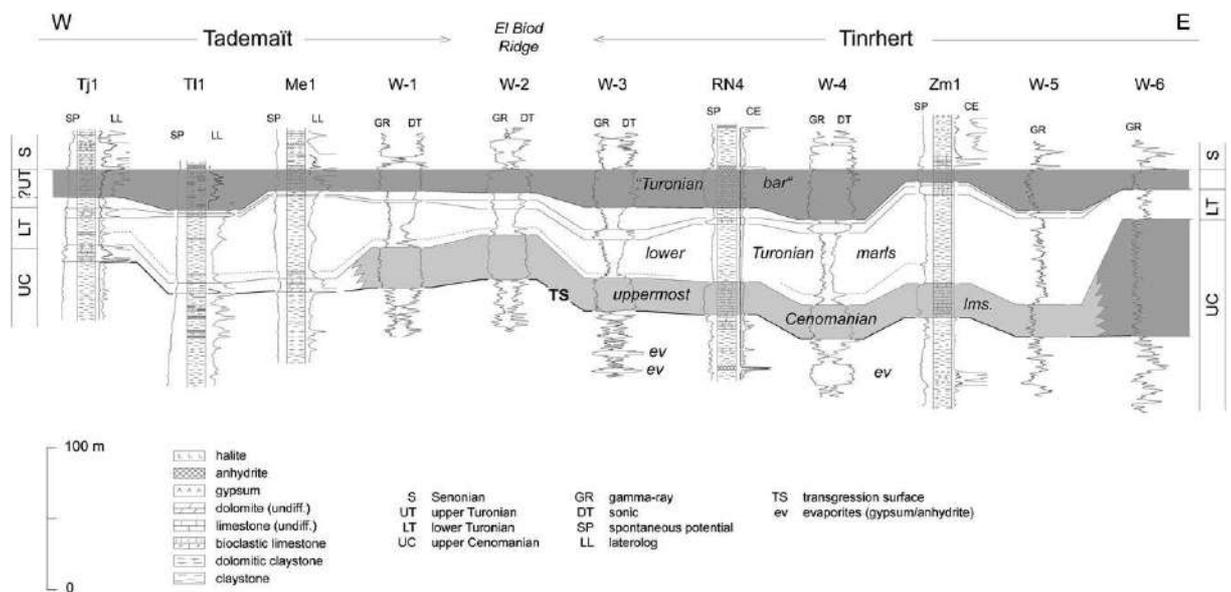
c- Unité chronostratigraphique : c'est la tranche de terrain délimitée par deux surfaces isochrones successives.

d- les repères hétérochrones : définissent les unités lithostratigraphiques.

e- Unité lithostratigraphique : est la tranche de terrain délimitée par deux surfaces hétérochrones successives.

Les unités chronostratigraphiques et les unités lithostratigraphiques sont et doivent être toujours différenciées au moment de l'établissement des corrélations.

2-Résultat des corrélations



3- Reconstitutions paléogéographiques

Une reconstitution paléogéographique est une synthèse et une interprétation régionale approfondie à laquelle on accède en reconstituant à partir des corrélations effectuées et des diverses cartes stratigraphiques dont on dispose, la géographie de la région à chacune des époques qui s'y trouvent représentées par des sédiments. Elle ne peut se concevoir sans illustrations cartographiques synthétiques, d'échelles variées, regroupant pour différentes époques le maximum d'informations sur les domaines marins et continentaux ainsi que sur leurs limites par exemple.

a- Les cartes stratigraphiques :

- **Cartes de faciès** : sont le fondement des cartes paléogéographiques. Elles représentent l'extension horizontale des différents faciès donc des différents milieux.

- **Cartes isopaques et isobathes** : elles apportent un complément d'informations sur les épaisseurs et les bathymétries des séries chronostratigraphiques.

b- Notion de bassin sédimentaire, Evolution paléogéographique et Tectonique globale (géodynamique)

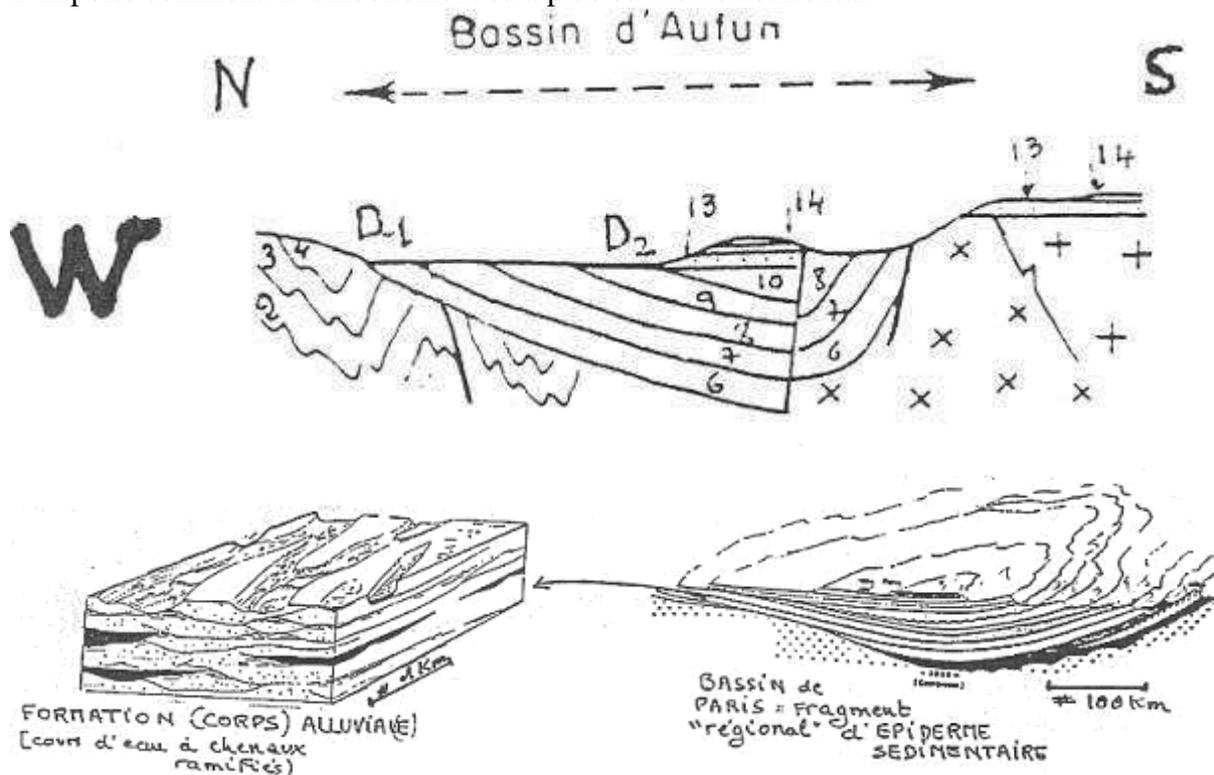
_ Le globe est un énorme édifice où seuls quelques kilomètres sont directement observables : la croûte. Elle mesure entre 80 et 150 kilomètres de hauteur et représente en réalité la lithosphère.

L'épiderme sédimentaire se situe dans des dépressions ou des cuvettes avec un socle ou substratum car la nature a tendance à combler les creux. Quand les dépressions sont vastes, on parlera alors de « bassins sédimentaires »

On pourra trouver des bassins océaniques, intracontinentaux, épicontinentaux ...

Exemple d'étude de bassins : le bassin parisien, bassins atlasiques...

C'est un assemblage complexe de plusieurs formations géologiques ne se disposant pas n'importe comment. L'emboîtement sera plus ou moins horizontal.



Il y a évolution paléogéographique lorsque les géographies anciennes successives de la région étudiée ont changé avec le temps. Une telle évolution est possible si l'on dispose de cartes paléogéographiques successives. La suite de ces cartes constitue le film des événements géologiques survenus dans la région (histoire de la région).

La tectonique globale (tectonique des plaques) ouvre des perspectives nouvelles pour comprendre l'évolution des bassins sédimentaires. Parmi ces perspectives, il y a celle selon laquelle un même bassin sédimentaire peut le plus souvent changer plusieurs fois de latitude et d'environnement géographique. L'Atlas saharien par exemple, est un bassin complexe à remplissage tour à tour carbonaté et gréseux. La subsidence modérée au cours du Lias, s'accélère au Jurassique moyen supérieur en liaison avec l'ouverture de l'Atlantique. Elle s'atténue progressivement au Crétacé inférieur. La transgression eustatique généralisée du Lias, résultant de la destruction de la Pangée se traduit par des dépôts littoraux puis de la plateforme externe au Lias supérieur. L'arrivée par la suite du matériel silicoclastique dès la fin du Lias sera à l'origine de l'édification d'un complexe deltaïque jusqu'au Crétacé inférieur. Cet événement s'ajoute à l'effondrement de la bordure nord africaine entraînant un approfondissement des bassins. A partir de l'Albien supérieur, une autre transgression eustatique de plus forte amplitude recouvre le bassin et atteint des régions jusque là émergées. Sur le plan de la tectonique, la phase atlasique majeure se place à la fin de l'Eocène.

HISTOIRE DE LA TERRE ET DE LA PALEOBIOSPHERE

Le commencement de la vie sur Terre...

On admet que la Terre s'est formée il y a environ 4,6 milliards d'années. Au début, notre planète était une boule incandescente aux environs de 3000 °C d'où s'échappaient des gaz toxiques. Aucune vie n'était possible. Puis, on assista à un lent refroidissement; les gaz devinrent liquides, puis solides. Les premières traces de vie apparurent dans les océans, il y a environ 3 milliards d'années. Ce furent des organismes unicellulaires: bactéries, algues et champignons microscopiques. Avec le temps, les organismes vivants se complexifièrent et on vit apparaître les pluricellulaires de toutes tailles. La cellule est donc la plus ancienne et la plus petite forme de vie. C'est aussi l'unité de base qui caractérise tous les organismes vivants.

Les temps géologiques

Les terrains, et les temps qui leur correspondent, se regroupent en cinq grandes catégories que l'on distingue grâce aux Fossiles par exemple renfermés dans les couches sédimentaires. D'un groupe à un autre, on peut suivre de façon très distincte le progrès de la vie animale et végétale à la surface de la planète. Les voici en partant du plus ancien.

-Précambrien ou Cryptozoïque (4,6 milliards-600 millions d'années)

-Primaire ou Paléozoïque (600-225 millions d'années)

-Secondaire ou Mésozoïque (225-65 millions d'années)

-Tertiaire ou Cénozoïque (65-2 millions d'années)

-Quaternaire ou Anthropozoïque (2 millions d'années)

Le Précambrien ou l'apparition des premières formes de vie

Le Précambrien, est le temps géologique le plus ancien et aussi le plus long de l'histoire de la Terre, a duré environ 4 milliards d'années. La Terre était beaucoup plus chaude. Son activité volcanique très intense produisait une abondante vapeur d'eau qui est à l'origine de la formation de notre atmosphère. Ces grandes quantités de vapeur d'eau provoquèrent alors, par condensation, des pluies diluviennes. Ce déluge incessant finit par former des lacs, puis des océans.

Il existe peu de fossiles de cette période. Ceux qu'on trouve permettent d'affirmer que la vie sur Terre remonte à plus de trois milliards d'années. Ils représentent des organismes unicellulaires (Bactéries, Champignons et Algues). Au fur et à mesure de leur évolution, ils deviennent plus nombreux et l'atmosphère s'enrichit en oxygène. A la fin du Protérozoïque se développent des organismes à corps mou : Faune d'Ediacara qui s'éteint à -550 millions d'années.

L'ère Primaire ou la période des Amphibiens

Les Small Shelly Fossils constituent une importante composante de la faune cambrienne et de la transition Cambrien- Précambrien . Leurs affinités biologiques restent toutefois mystérieuses. Vers -542/530 millions d'années se produit ce que l'on nomme « explosion du Cambrien », une très importante diversification des formes de vie. Au cours de cette ère, la plus grande partie de la surface du globe est occupée par les océans. Les êtres vivants de l'époque comprennent certains types assez élaborés, tels que les Céphalopodes et les Poissons parmi les animaux, les Ptéridophytes (Fougères), les Lycopodes et les Prêles parmi les végétaux. On ne trouve ni Oiseaux, ni Mammifères. Apparaissent les premiers *Trilobites*, espèces d'Arthropodes, les Poissons cuirassés, les Amphibiens et les premiers Reptiles (Sauropsidés). Durant l'ère Primaire s'élaborent tous les groupes importants de végétaux et d'animaux, dont un bon nombre n'existe plus aujourd'hui. Les forêts du Primaire sont à l'origine des dépôts de charbon que nous exploitons aujourd'hui. A la fin du Permien 91% des espèces marines disparaissent : 98% des Ammonites (extinction des Goniatites), 93% des Ostracodes, 85% d'espèces bivalves, 98% des échinodermes (Crinoïdes, Cystoïdes, Blastoïdes), ainsi que les Trilobites, Brachiopodes (disparition de 50 familles, soit 90% des genres), Bryozoaires, Coraux, Tabulés et rugueux , Foraminifères (Fusulinidés). Vers la fin du Paléozoïque, le globe s'est divisé en deux blocs: la Laurasia (comprenant l'Asie centrale, l'Europe et l'Amérique du Nord) et le Gondwana (comprenant l'Amérique du Sud, l'Afrique, l'Arabie, l'Inde et l'Antarctique). Ces deux blocs sont alors séparés par un océan appelé Téthys. Enfin, les climats de l'ère Primaire varient énormément avec le temps.

L'ère Secondaire ou le règne des Dinosauriens

L'ère Secondaire, qu'on appelle aussi le Mésozoïque, se divise en trois périodes: le Trias, le Jurassique et le Crétacé. Au cours du Secondaire, la végétation présente des formes beaucoup plus nombreuses et plus complexes que celles du Primaire (Plantes à fleur). Les Conifères envahissent les terrains secs. C'est l'époque des grands Reptiles, des Sauriens gigantesques rangés sous le vocable de Dinosaurien qui signifie Saurien terrible. Certains n'ont d'effrayants que l'aspect; d'autres sont dotés de crocs énormes et de mâchoires puissantes. C'est au cours du Jurassique notamment que ces grands Reptiles se développent et se singularisent par leurs variétés et leurs dimensions. Place aux Ichthyosaures, Plésiosaures et Nothosaures du côté marin; aux Diplodocus et Brontosaures sur terre; aux Ptéranodons et Ptérodactyles dans les airs.

Les Oiseaux qui apparaissent pour la première fois à l'époque Jurassique sont d'abord l'*Archéoptéryx*, le premier oiseau connu, puis l' *Hesperornis* (résultat de l'évolution des Archosaures). Ensuite viennent les premiers Mammifères (Mammifères placentaires), les animaux qui allaitent leurs petits. À la fin de l'ère Secondaire, survient la crise biologique la plus connue, car elle met fin au règne des Dinosauriens. Avec eux ont disparu une grande partie du plancton marin, les Ammonites et presque tous les habitants des fonds marins incluant les Rudistes. Une modification du climat semble en avoir été la cause. Selon certains, la Terre serait entrée en collision avec un météorite dont l'impact aurait éjecté des tonnes de poussières dans l'atmosphère, la rendant opaque à la lumière du Soleil d'où un refroidissement planétaire. Selon d'autres, des éruptions volcaniques violentes seraient à l'origine de l'assombrissement de l'atmosphère. Cette crise majeure est tout naturellement choisie par les géologues pour marquer la fin de l'ère Secondaire et le début de l'ère Tertiaire.

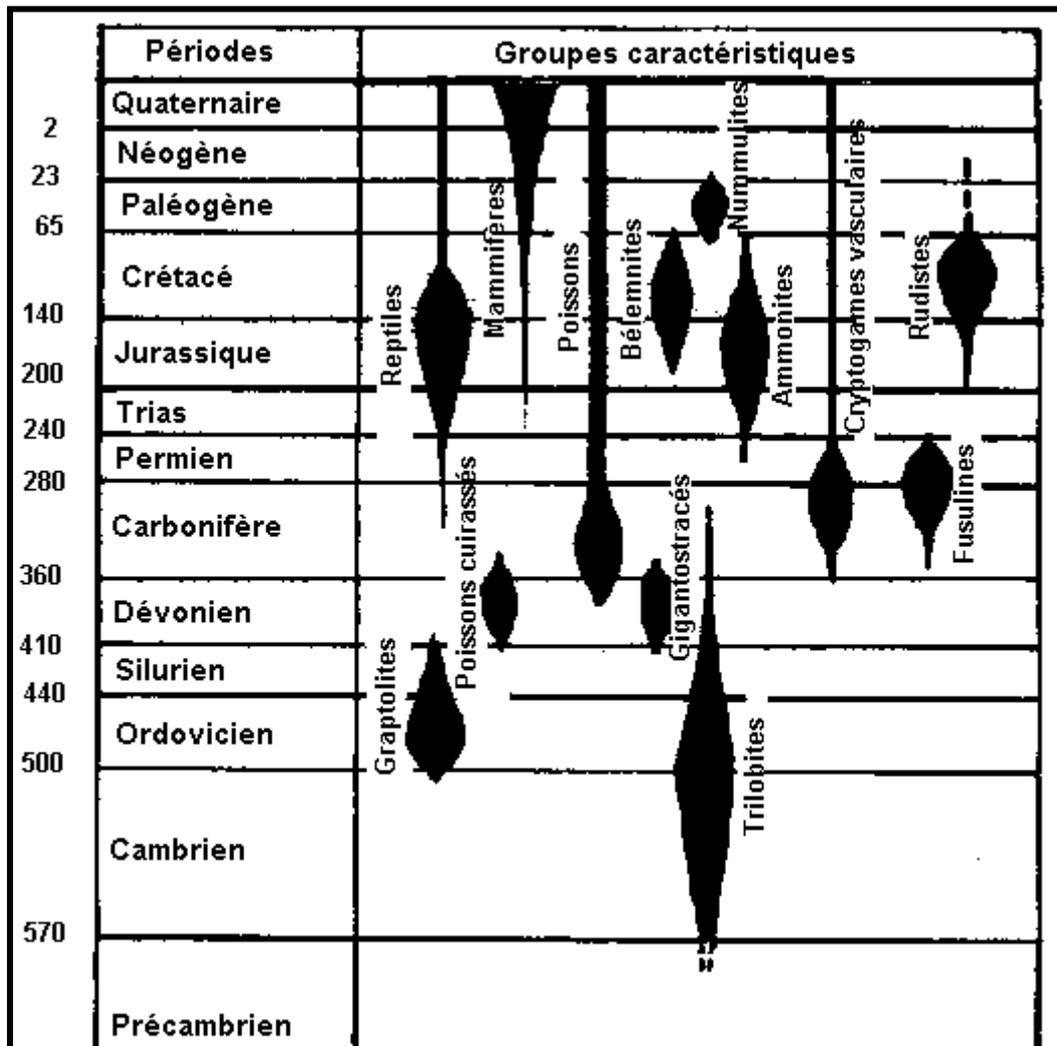
L'ère Tertiaire ou le règne des Mammifères

L'ère Tertiaire ou Cénozoïque dura quelque soixante millions d'années. Durant cette période, la terre connaît de grands bouleversements dans la répartition des terres et des mers. On assiste à la formation de l'océan Atlantique et au soulèvement de l'Amérique centrale qui, en soudant le continent Nord américain à celui du Sud, forme une formidable barrière entre l'Atlantique et le Pacifique. La Terre commence à revêtir l'aspect que nous lui connaissons aujourd'hui. Avec le début du Tertiaire, les conditions physiques du globe et, par la suite, les conditions biologiques se différencient, annonçant un âge nouveau. L'ère Tertiaire est aussi le théâtre de grands mouvements de soulèvement de l'écorce terrestre. Les montagnes des Pyrénées, des Alpes, des Carpates se forment. Ces mouvements tectoniques sont accompagnés de violentes éruptions volcaniques.

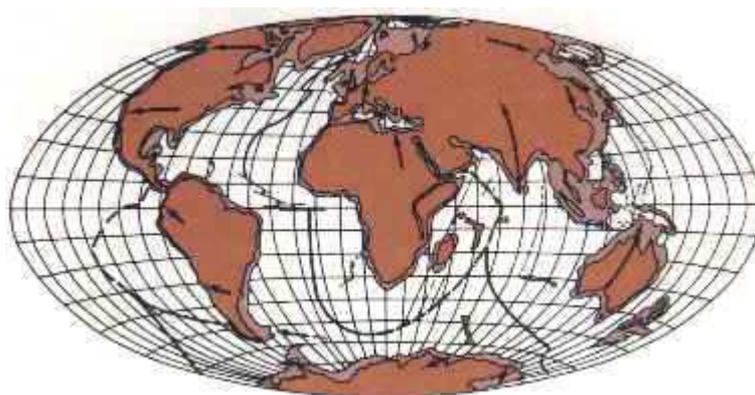
Les Dinosaures sont à l'ère Secondaire ce que les Mammifères sont à l'ère Tertiaire. Il est vrai que l'évolution des Mammifères au cours du Cénozoïque est très rapide et qu'ils affirment leur suprématie sur tout le règne animal. Les oiseaux accusent un fantastique développement tandis que les Sauriens aux proportions gigantesques ont disparus et seuls les Reptiles, voisins des Crocodiles actuels, perpétuent l'espèce. Les Mammifères ont bel et bien toute la place, eux qui n'avaient fait qu'une timide apparition à l'ère précédente. Ils sont de tout genre: tantôt à griffes ou à ongles, tantôt à sabots. Les Primates (Strepsirrhiniens) d'individualisent en évoluant rapidement et côtoient Rhinocéros, Eléphants et Ruminants. Du côté marin, les Gastéropodes et les Amphibiens sont légions. La Flore n'est pas en reste et la plupart des espèces que l'on connaît aujourd'hui se retrouvent surtout dans les régions chaudes. Comme les zones tropicales et tempérées ne sont pas encore nettement différenciées, Palmiers et Cocotiers poussent aux côtés des Chênes, des Erables et des Hêtres. À la fin de l'ère Tertiaire, on assiste à un refroidissement de la planète provoquant les périodes glaciaires de l'ère quaternaire.

L'ère Quaternaire ou le règne des Glaces et des Hommes

Le Quaternaire, le plus court, a commencé il y a environ 2 millions d'années et dure encore aujourd'hui. C'est une époque marquée par un grand nombre de Glaciations. A plusieurs reprises, les glaces recouvrent une grande partie des terres. Presque tout l'hémisphère boréal (Nord) se trouve à un moment donné enseveli sous une immense nappe de glace. Cette époque glaciaire voit l'instauration des climats actuels et la division géographique contemporaine de la Faune et de la Flore. Par exemple, les périodes chaudes permettent le passage des espèces animales entre l'Asie et l'Amérique par le détroit de Béring alors que les périodes glaciaires repoussent les espèces végétales et animales vers le sud du continent. A chaque période glaciaire, l'avancement et le retrait des glaciers modifient le paysage de la planète et les écosystèmes en place. Plusieurs espèces animales se retirent vers le nord, les autres dans les régions tropicales ou éloignées du froid. Des espèces disparaissent, d'autres émigrent. Mais le fait saillant de cette période demeure l'apparition de l'Homme et le début de la civilisation. Les premiers Primates de la fin de l'ère Tertiaire (Prehominien, Australopithèques, *Homo habilis*, *Homo ergaster*, *Homo erectus*, etc...) annoncent la venue de l'homme moderne (*Homo sapiens sapiens*)



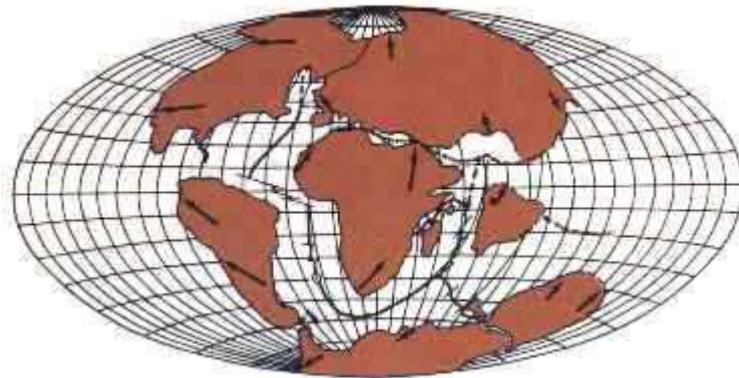
Les grandes divisions stratigraphiques et les cartes paléogéographiques



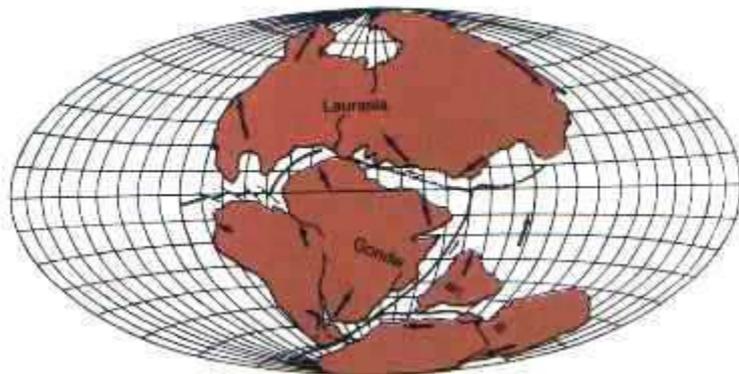
Epoque actuelle

1°- L'ère Cénozoïque ou Tertiaire, comprend également le Quaternaire dans les pays Anglo-Saxons, de l'époque actuelle à -65 M.A.

Expansion des Mammifères, grands Herbivores, des Anthroïdes et Hominidés



Période Crétacée -65 MA.



Période Jurassique -180 MA.

2°- L'ère Mésozoïque ou Secondaire, de -65 M.A. à -245 M.A., calme orogénique, progression de la mer sur les plates-formes littorales. Ammonites, Belemnites, Reptiles géants, Dinosaures nageurs ou marcheurs, premiers Mammifères, domination des Gymnospermes, Foraminifères, etc...

3°- L'ère Paléozoïque ou Primaire, de -245 à -574 M.A.

La vie n'existait d'abord que dans les eaux, les végétaux à l'Ordovicien et les animaux au Siluro-Dévonien ont colonisé la Terre ferme. Disparition des Trilobites, Graptolites, Poissons cuirassés; apparition des premiers Vertébrés, forêts de Prêles et Fougères arborescentes, etc...

La Pangée telle qu'elle apparaissait il y a 200 M.A.



4°- L'Archeozoïque ou Précambrien comprend :

Le Protérozoïque de -574 à -2.500 M.A.

L'Archéen de -2.500 à -4.600 M.A. (origine de la formation de la Terre).

A -600 M.A., Méduses, Vers et autres Invertébrés.

Vers -1.600 M.A., apparition des Métazoaires (multicellulaires)

Vers -3.000 M.A., début de la fonction chlorophyllienne avec Algues bleues, Stromatolites.

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

