

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

Cours de Sédimentologie (GEOL-F-204)

Xavier Devleeschouwer

Notions de stratigraphie et terminologie des couches

La stratification

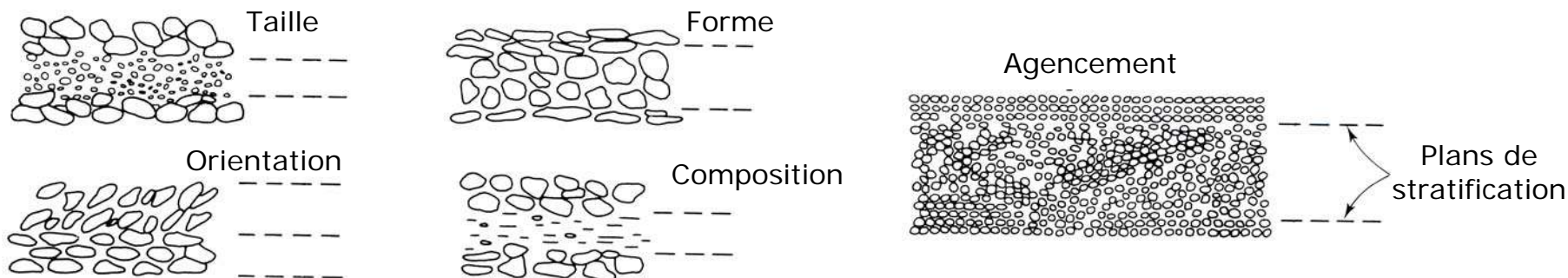
La stratification

La mise en place des sédiments s'accompagne de la formation de structures sédimentaires dites primaires car acquises au moment ou peu de temps après le dépôt et avant la consolidation des sédiments. Ces structures primaires fournissent des informations précieuses sur les conditions hydrodynamiques du milieu de sédimentation.

La **stratification** [*bedding*] traduit les différents types d'organisations verticales produites par l'agencement des structures élémentaires. Ce terme général est employé à la fois pour désigner les processus contrôlant le dépôt des sédiments en strates et pour caractériser l'organisation spatiale de ces strates.

Une strate correspond donc à une unité de sédimentation qui s'est déposée sous des conditions physiques relativement stables. Les strates déposées dans des conditions différentes auront des aspects suffisamment contrastés pour pouvoir être identifiées. **Les strates ne comportent donc pas de notion d'épaisseur ou de composition.**

La stratification est le produit de différentes combinaisons de la composition, de la taille, de la forme, de l'orientation et de l'agencement des particules qui composent une unité sédimentaire. Celle-ci reflète des conditions physiques et de fourniture en sédiments particulières. Cette unité sédimentaire est donc différente de celle située soit en dessous soit au-dessus.



La stratification

Les unités sédimentaires $> 1 \text{ cm}$ d'épaisseur sont appelés des **strates**, des lits ou des **couches** de manière informelle [*beds*] et leurs surfaces supérieure et inférieure sont appelés les plans de stratification [*bedding or bounding planes*]. Le plan de stratification inférieure et supérieure sont appelés respectivement la semelle (ou la base) [*sole*] et la surface de stratification supérieure [*upper bedding surface*].

Les unités sédimentaires $< 1 \text{ cm}$ d'épaisseur sont appelés des **lamines** [*laminae*], c'est l'unité la plus petite visible dans une séquence.

Les couches ou les lamines qui forment les strates et qui sont déposées avec un angle par rapport à la surface principale de dépôt sont appelées **des strates obliques** [*cross beds*] ou des **lamines obliques** [*cross laminae*] selon l'échelle. On applique le terme général **de stratification entrecroisée** [*cross bedding*] ou **de lamination entrecroisée** [*cross lamination*] pour décrire le phénomène de couches inclinées selon l'échelle ou l'épaisseur des unités sédimentaires étudiées.

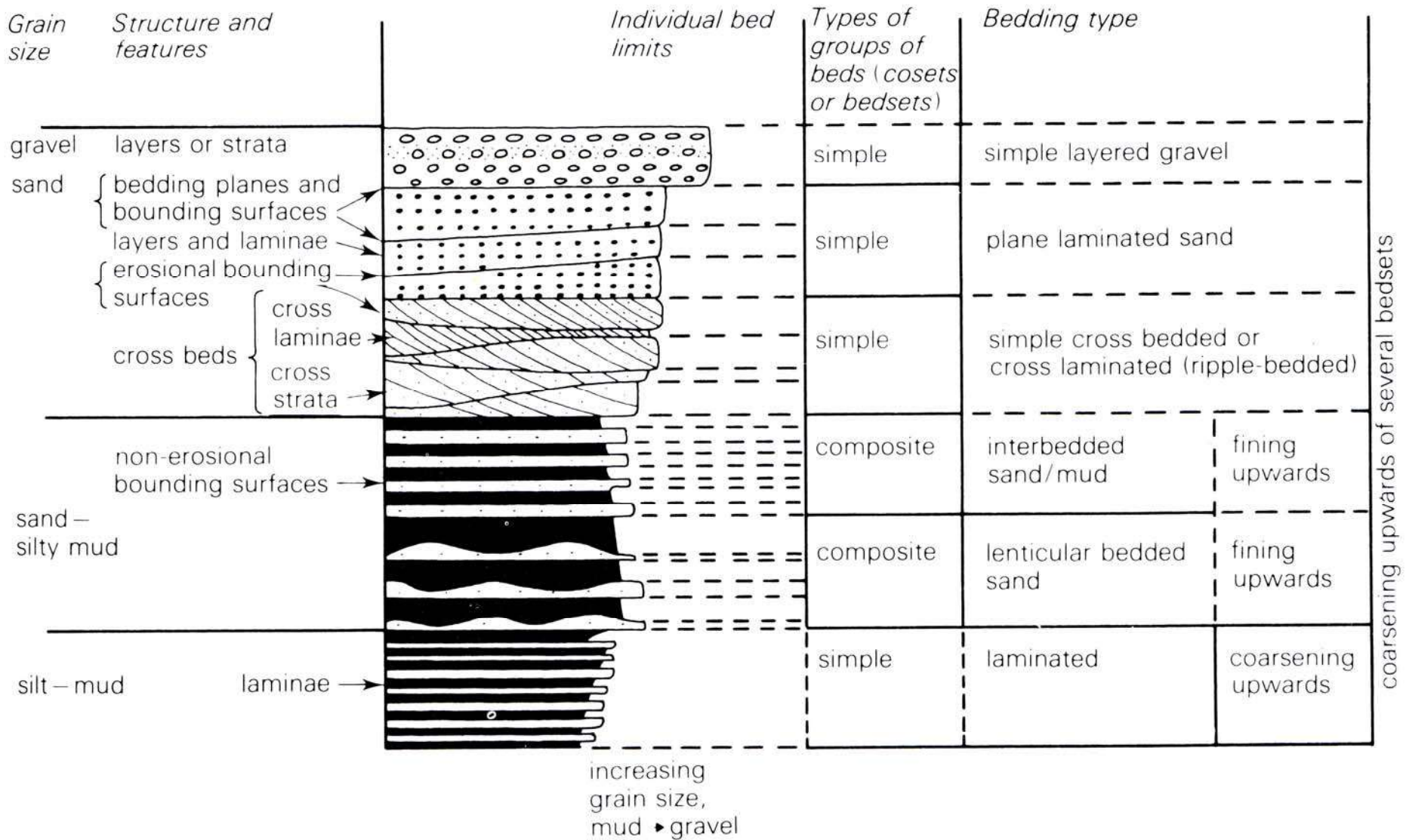
Des groupes de strates peuvent former des **faisceaux** [*cosets or bedsets*] qui peuvent **être simple ou composé** [*simple or composite*]. Des faisceaux simples correspondent à des couches qui se sont déposées dans des conditions similaires. Des faisceaux composites correspondent à des couches de composition et de textures différentes mais associées génétiquement et représentant une séquence de dépôt.

Il existe une terminologie:

- pour décrire l'épaisseur des strates,
- pour décrire les surfaces de séparations [splitting planes] que l'on peut observer au sein d'une strate,
- pour décrire l'épaisseur d'une lamine au sein d'une couche
(voir diapositives suivantes)

La stratification

THE NATURE OF BEDDING



La stratification

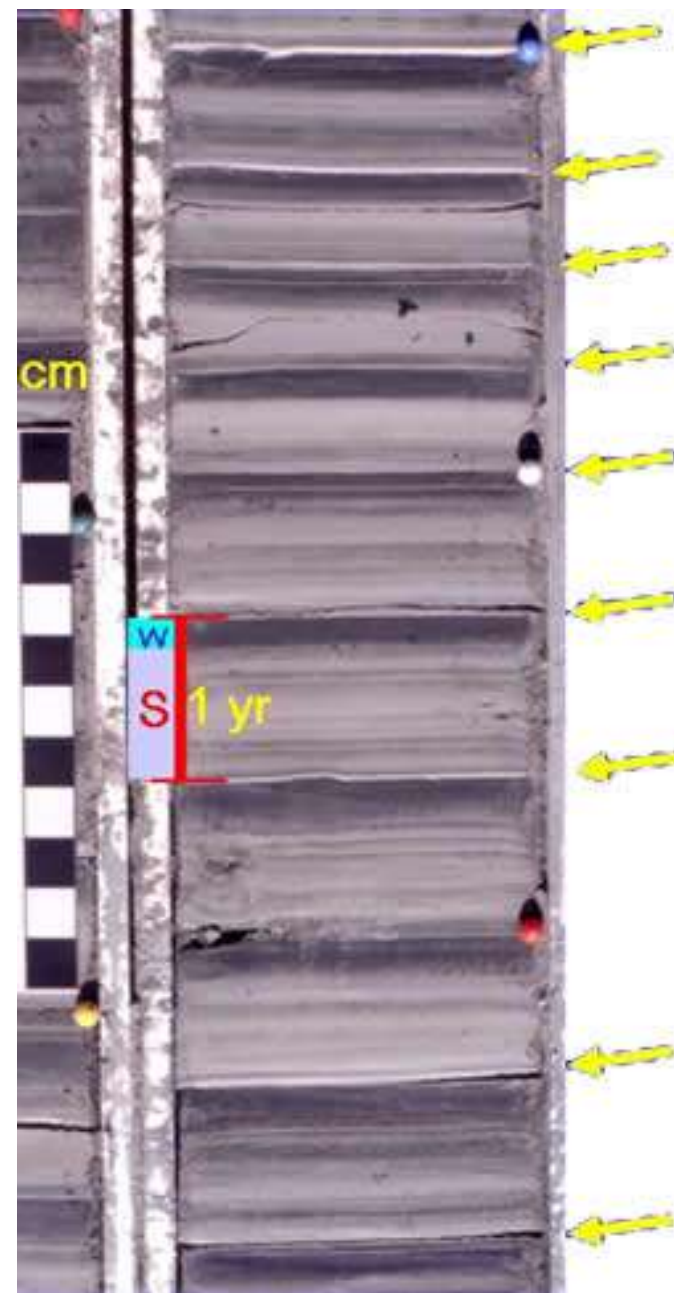


Alternance de strates déposées horizontalement dans le Grand Canyon (USA).

Carotte de forage dans un lac glaciaire.

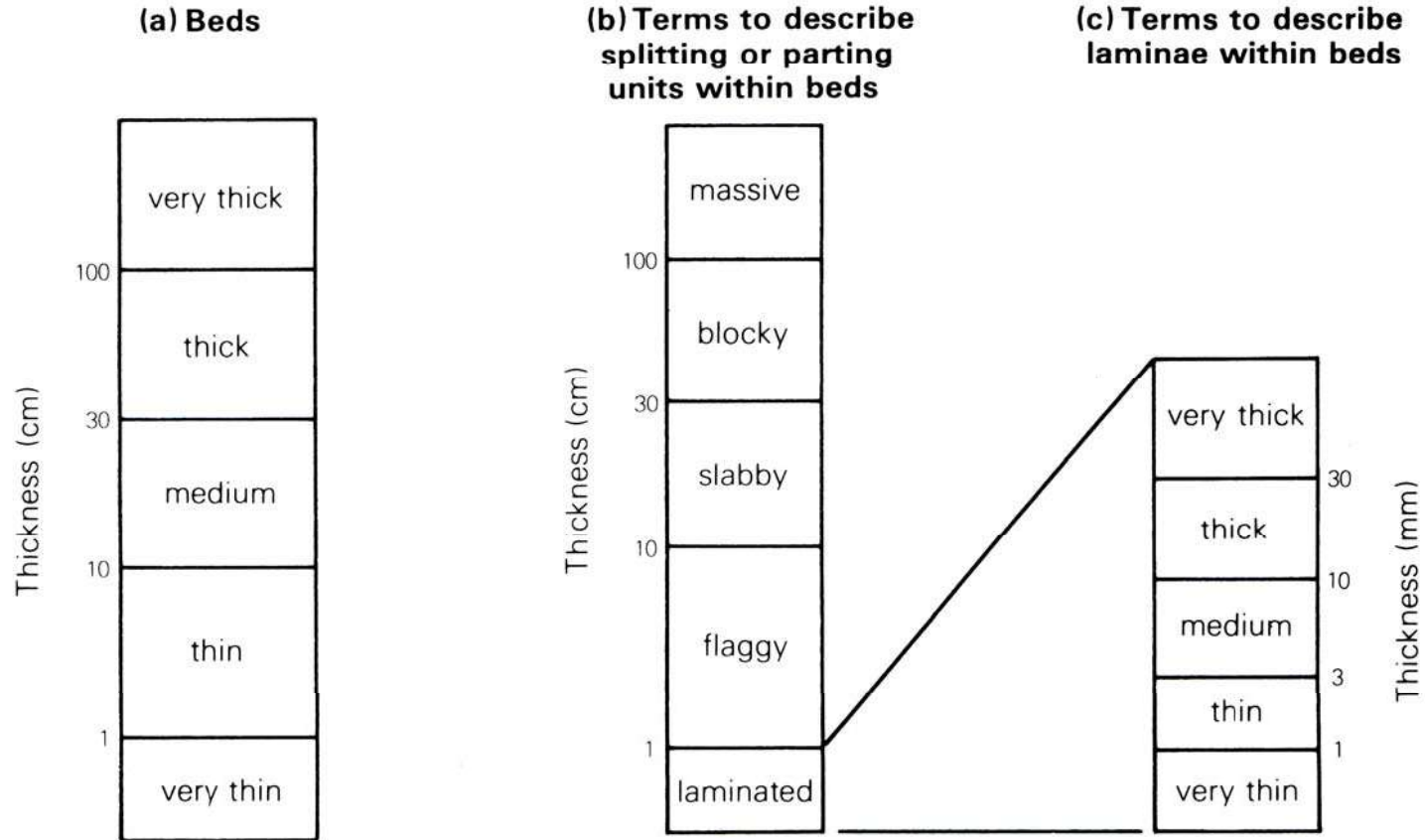
Les varves correspondent à des alternances de strates claires pluricentimétriques déposées en été (S=summer) et de lamines sombres plurimillimétriques (riches en matières organiques) déposées en hiver (W=winter). Chaque couplet correspond à une année.

Observer l'échelle pour confirmer la terminologie.



La stratification

BEDDING



La plupart des couches et des faisceaux maintiennent leur forme et leur épaisseur latéralement sur de longues distances mais toutes changent de nature soit graduellement soit abruptement ou se réduisent en épaisseur si elles sont suivies sur de très grandes distances.

En stratigraphie, plusieurs règles sont observées et permettent sur le terrain de déterminer correctement l'agencement stratigraphique des couches.

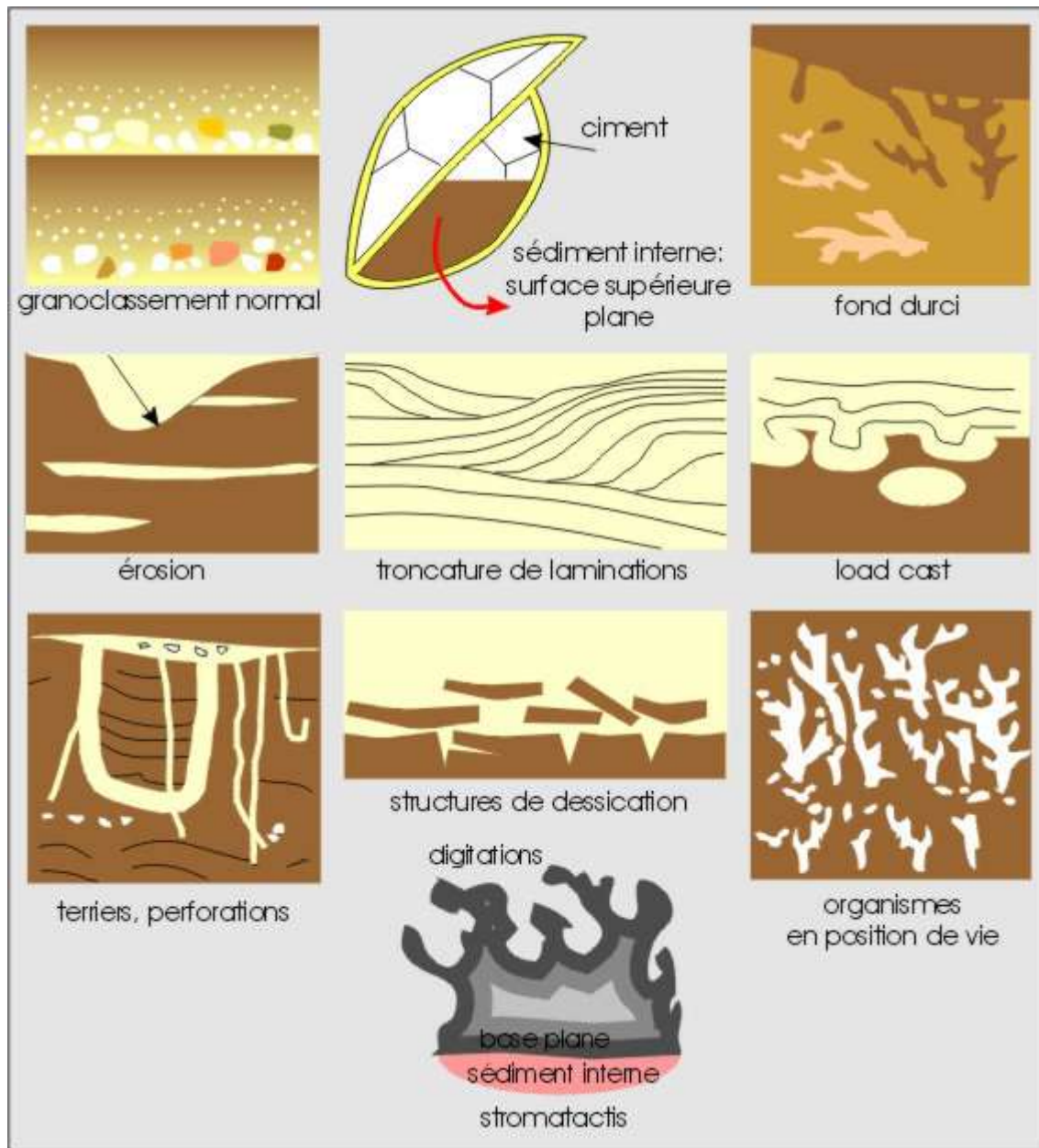
La stratification

En stratigraphie, plusieurs règles sont observées et permettent sur le terrain de déterminer correctement l'agencement stratigraphique des couches.

- A) Le principe de l'horizontalité des couches ou des strates:** la plupart des couches se sont déposées à l'horizontale ou avec un angle très faible par rapport à la surface horizontale de dépôt. Des couches peuvent se déposer dans des situations exceptionnelles avec des angles jusqu'à 40° et se reconnaissent par les structures sédimentaires (couches inclinées sur les flancs d'un récif).
- B) Le principe de la continuité des strates:** un groupe de strates maintient son épaisseur et sa continuité sur une grande extension à l'opposé des couches individuelles qui sont souvent lenticulaire sur de petites distances
- C) Le principe de la superposition des couches:** la couche la plus jeune se dépose au-dessus de la plus vieille dans une séquence sédimentaire
- D) Le principe que l'orientation vers le haut (à l'endroit) des couches** peut-être reconnue par les structures sédimentaires qui ont des attitudes caractéristiques par rapport à la base et au sommet d'une couche
- E) Le principe de fragments inclus** permet de dire que des débris de roches plus anciennes peuvent être inclus dans une couche plus récente mais jamais l'inverse
- F) Le principe de la relation de recoupe** indique qu'une figure ou une couche qui en recoupe une autre doit être plus récent
- G) Le principe d'identification d'une couche et de corrélation par les fossiles inclus** permet d'affirmer qu'une couche peut être datée et corrélée par la séquence et l'unicité de la flore et de la faune (fossiles) qu'elle contient.

Il existe une série de critères qui permettent de déterminer la polarité à l'endroit d'une strate (voir diapos suivante). C'est le premier exercice sur le terrain pour déterminer l'orientation stratigraphique de la série sédimentaire: est-elle à l'endroit ou à l'envers? Parmi les critères de polarités, on cite souvent les figures géopétales ou géopètes.

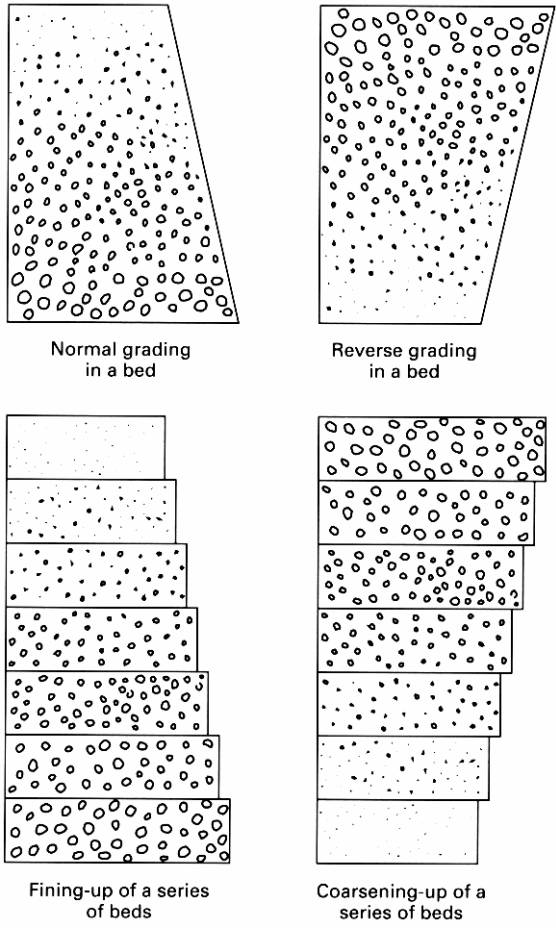
La stratification



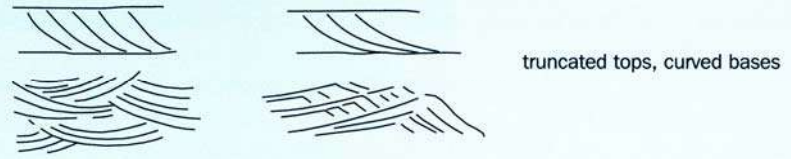
Critères de polarité que l'on peut observer – cours de F. Boulvain

La stratification

Critères de polarité stratigraphique de D.A. Stow (2005)



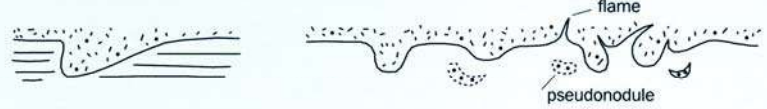
cross-stratification (all scales: cross bedding, cross lamination, etc)



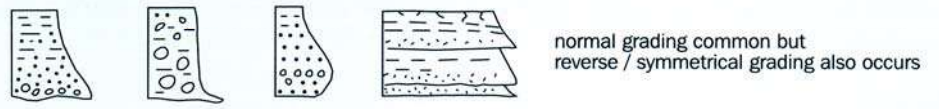
erosional structures (all scales: channel scours, micro scours, etc)



sole marks (grooves, tools, flutes, loads and associated features)



grading (graded beds/laminae) and structural sequences (Bouma, Stow, etc)



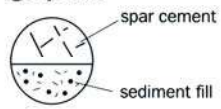
surface marks (ripples, desiccation cracks, rain drops, lineation, footprints, etc)



water-escape structures (dishes, burst-throughs, sand volcanoes)



geopetals



grazing trails (bed surface)



fossils in growth position eg. stromatolite



cleavage / bedding relationships



Fig. 4.6 Normal and reverse grading in single beds; fining-upward and coarsening-upward patterns in a series of beds.

La stratification

SUR LE TERRAIN

La stratification doit être distinguée de la schistosité, des joints, des failles et des changements de couleur par bandes liées à l'altération et à la diagenèse.



Stratification (S_0) et schistosité (S_1) sont observées ici dans le Membre de Boussu-en-Fagne (Frasnien de Barvaux).

La stratification

Les changements dans la composition ou dans la taille des grains sont de bons guides pour identifier la stratification et cela apparaît de manière plus forte sur les roches lessivées. Un lessivage différentiel et une érosion peuvent accentuer des figures difficilement visibles autrement.

Les changements dans la couleur, la composition des minéraux, la texture (taille des grains, variations de la taille des grains, forme des grains, porosité, agencement, degré de cimentation, dureté), les structures internes (laminations) et l'orientation des strates doivent servir pour confirmer ou infirmer la stratification d'une série sédimentaire.

Sur le terrain, une des possibilités est de prendre des photos perpendiculairement à l'affleurement, de se déplacer parallèlement le long de l'affleurement et de reconstituer avec un logiciel un panorama en mosaiquant l'ensemble des photos nécessaires. Une mosaïque de photos permet de dessiner les structures majeures d'un affleurement. Une vérification plus précise de détails sur l'affleurement permet de corriger une mauvaises interprétation.

Dessiner à l'échelle à partir d'un point de vue l'ensemble de la coupe permet de dégager la géométrie des structures et de déterminer l'évolution latérale de celles-ci.

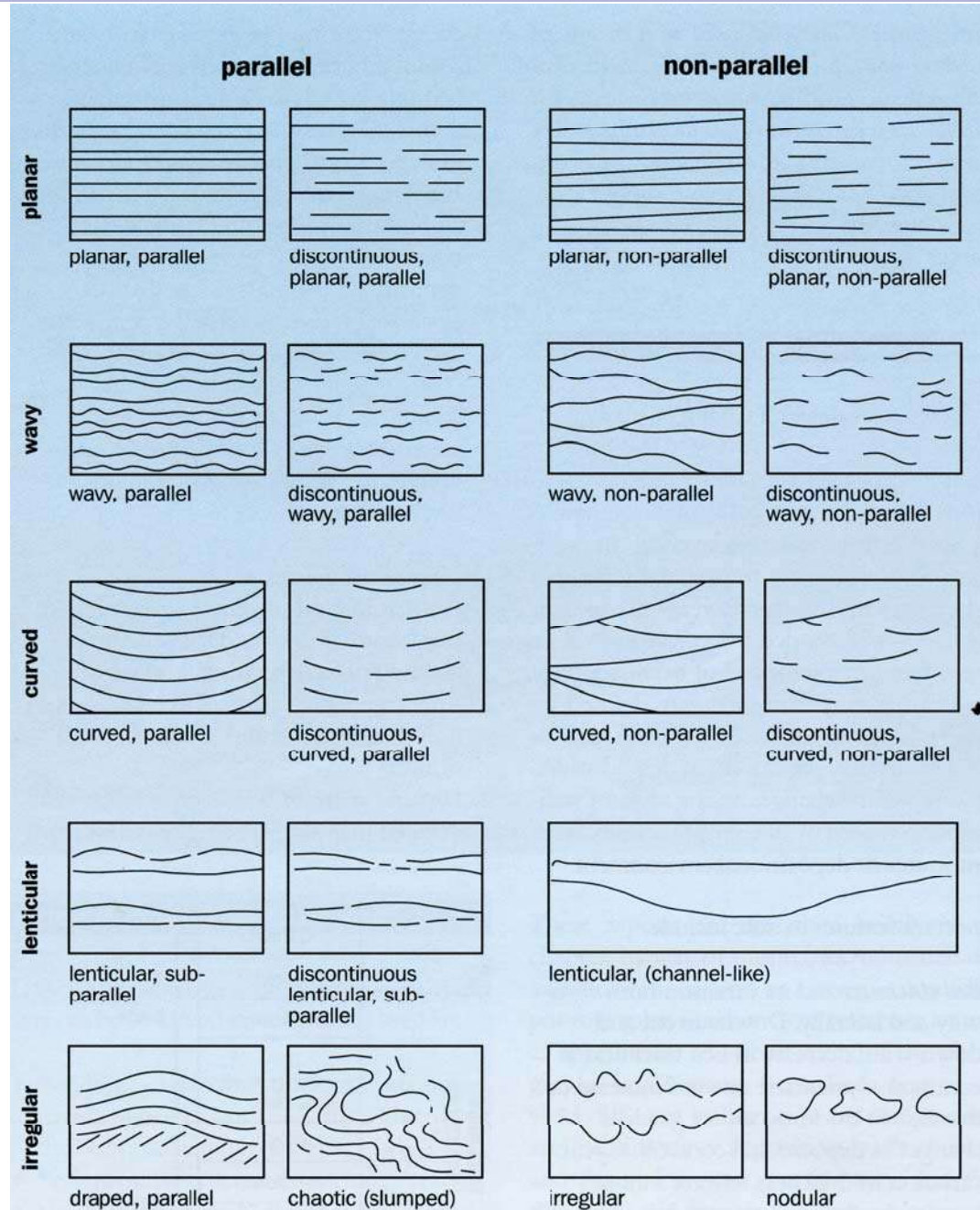
Le levé d'un log de l'affleurement se fait en mesurant à l'affleurement l'épaisseur de chaque strate le long d'une verticale recoupant la stratification. Dans le cas d'une géométrie variable latéralement, plusieurs coupes verticales peuvent être réalisées latéralement. C'est également le long de cette ligne verticale que se fera le prélèvement des échantillons soit à chaque changement lithologique soit banc par banc soit selon un prélèvement plus détaillé selon les analyses envisagées en laboratoire.

La stratification

La géométrie d'une couche peut être déterminée en observant les variations latérales. La couche se termine latéralement d'une des 4 façons suivantes:

- par convergence et amalgamation des surfaces de stratifications supérieure et inférieure
- par un changement progressif latéral de la composition de la couche qui fait disparaître les surfaces de stratification,
- par rencontre avec une structure qui recoupe la couche comme un chenal,
- par rencontre avec une faille ou une discordance sédimentaire.

L'inspection des surfaces de stratifications (base et sommet) peut être parallèle ou non, continue ou discontinue et pour chaque cas être plane, ondulée, incurvée, lenticulaire ou irrégulière.

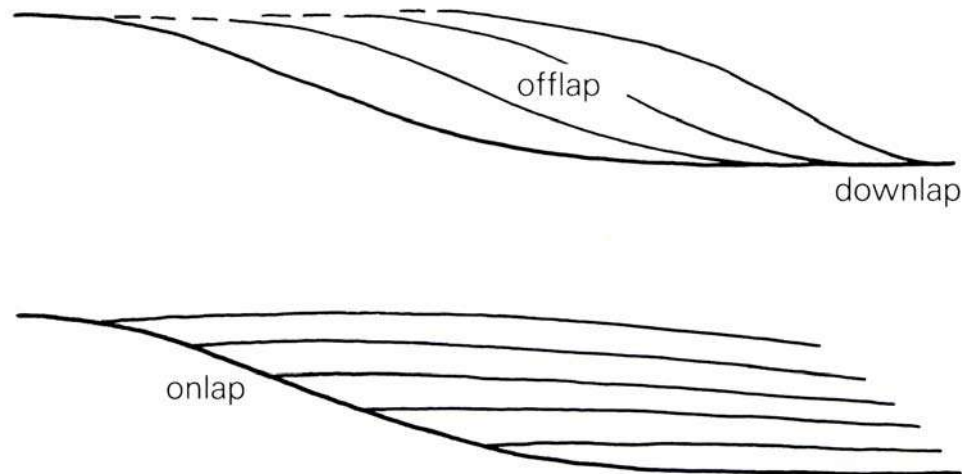


La stratification

Des séquences de dépôt peuvent montrer une évolution particulière comme:

- la taille des grains des différents bancs montre une évolution stratigraphique granodécroissante [*fining upwards*] (on passe de grès vers des siltstones puis vers des mudstones comme dans les dépôts de méandres de rivières)
- la taille des grains des différents bancs montre une évolution stratigraphique granocroissante [*coarsening upwards*] (on va des mudstones vers les grès grossiers comme dans les séquences deltaïques)
- la palette d'unités sédimentaires qui se succèdent comme des shales, des grès, du charbon, du calcaire, des shales comme dans certaines séquences deltaïques)
- la succession sédimentaire depuis les calcaires jusqu'à la halite dans les séries évaporitiques,
- des changements dans l'évolution de la taille des bancs (une épaisseur croissante ou décroissante des bancs vers le haut [*thickening or thinning upward sequence*])

Dans certains cas, les relations stratigraphiques entre les couches à l'échelle de l'affleurement ou de la séquence sismique du bassin sont discordantes et peuvent être décrits par des termes généraux de offlap, onlap ou downlap qui résultent de la progradation, de la migration ou du remplissage à grande échelle.



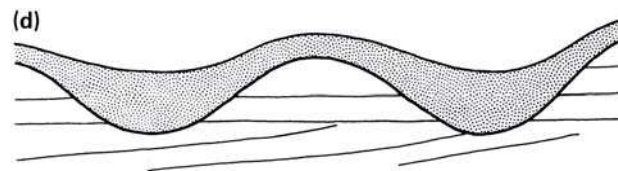
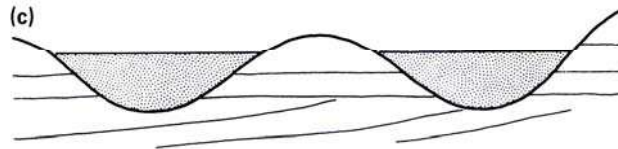
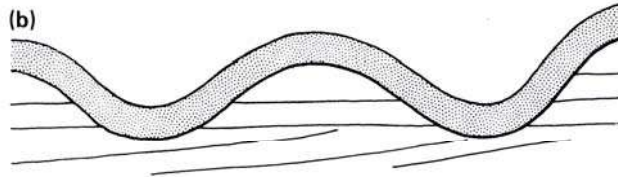
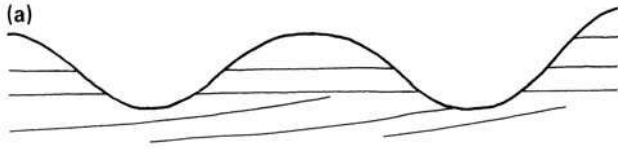
La stratification

Interprétation des principaux processus de la sédimentation

Plusieurs types de processus contribuent à l'établissement des caractéristiques d'une couche ou d'une strate. Ils sont de nature physique, chimique, biologique et diagénétique.

A) Processus physiques

La plupart des roches proviennent du dépôt de matériaux transportés en tant que grain individuel en suspension ou par traction par les courants des cours d'eau peu concentrés en sédiments (certains sont cependant issus de courants plus dense voire de coulées de boues) [*mudflow*].



La nature et l'intensité du processus de transport sont contrôlés par des paramètres physiques tels que la taille des grains et la force du courant, l'intensité des vagues et la viscosité du moyen de transport et pour certains cas de la profondeur de l'écoulement. Un changement de l'un de ses paramètres peut conduire à un changement de la nature du dépôt et à l'initiation d'une nouvelle couche.

Les activités volcaniques de type explosive qui se produisent dans des zones où le relief est bien marqué permettent d'observer plusieurs types de recouvrement sur le relief rocheux:

a) avant éruption, b) manteau de dépôt d'une cendrée volcanique, c) un dépôt de nuée ardente qui comble les dépressions ou les creux et d) un dépôt de nuée volcanique descendante (épanchement pyroclastique) qui recouvre toute la topographie en s'épaississant dans les zones topographiques creuses (dépressions).

La stratification

B) Processus chimiques

Beaucoup de matériel est transporté en solution dans la mer ou dans un lac. Lors de conditions favorables (liées à un changement de T° , de la pression en CO_2 , de la concentration en ions) les solutés peuvent précipiter en minéraux directement sur le fond du bassin ou sous la forme de cristaux en suspension. Ces précipitats sont susceptibles d'être remobilisés par les processus physiques

C) Processus biologiques

La plus grande partie du carbonate de calcium qui forment les calcaires résulte de l'activité d'organismes (animaux ou plantes) qui précipitent le carbonate de calcium au cours de leur métabolisme. D'autres organismes secrètent de la silice ou des phosphates qui contribuent aussi à la formation de sédiments.

Des changements dans les organismes dominants peuvent provoquer une modification des caractéristiques des sédiments et générés un changement de strates. Une strate peut comporter et se former à partir des parties dures du squelette de certains organismes qui sont préservés plus ou moins in situ, cependant dans la majeure partie des cas, le squelette est brisé et redistribué par les processus physiques. Des changements de l'activité organique reflètent des modifications dans les processus physiques et/ou dans les processus chimiques. Les organismes et particulièrement ceux qui fouissent et créent des terriers peuvent remanier considérablement le sédiment jusqu'à oblitérer partiellement ou complètement les laminations et la stratification.

D) Processus diagénétiques

L'apparence d'une couche dans la colonne stratigraphique ne résulte pas seulement des conditions lors du dépôt mais également de l'histoire postérieure au dépôt pendant l'enfouissement (et donc de la diagenèse). Les processus au cours de la diagenèse peuvent varier avec, par exemple, des changements chimiques dans les fluides de porosité ce qui peut induire des couches distinctes qui résultent de différences diagénétiques à la place de changements lors du dépôt.

La stratification

Forme des particules

L'analyse de la succession de couches selon une séquence verticale permet de reconnaître que chaque couche enregistre des processus différents et qu'elles indiquent donc des changements de processus, on a le point de départ pour commencer à cerner l'évolution des environnements de dépôt.

Deux processus majeurs, qui agissent ensemble mais opèrent à des échelles différentes, sont responsables des modifications enregistrées par la succession verticale des strates:

Les changements liés aux migrations latérales:

Lorsque l'on regarde les environnements dans lesquels l'accumulation de sédiments est active aujourd'hui, on constate souvent que des processus différents agissent à différents endroits de l'environnement de dépôt et qu'ils donnent naissance à des dépôts différents.

En d'autres termes, la migration latérale de ces sous-environnements dans des conditions stables de l'enregistrement sédimentaire peut impliquer des changements (donc des couches) dans la séquence verticale.

Les changements liés des fluctuations temporeles

Par opposition au phénomène de migration latérale, de nombreuses couches soulignent des changements liés à des causes externes. Prenons les exemples:

Un fond de lac qui reçoit des sables grossiers et du silt en période de forte activité des rivières et de décharges à l'arrivée dans le lac. Le dépôt d'argiles se fait pendant les périodes plus calmes.

Le fond marin d'une mer peu profonde enregistre les fluctuations de la nature du dépôt, de la granulométrie et des structures sédimentaires selon les périodes calmes et les périodes d'activité de tempêtes.

Dans les deux cas, l'environnement de dépôt n'a pas changé mais les phénomènes naturels responsables de ces dépôts se sont alternés.

La stratification

Dans certaines conditions, il est raisonnable de faire la part des choses entre des **dépôts normaux et des dépôts catastrophiques**.

La signification d'un changement graduel ou abrupt (observer les plans de stratification)

L'enregistrement des limites entre les couches est aussi important que l'enregistrement des structures de la couche elle-même avec pour objectif d'utiliser l'ensemble des observations réalisées sur le terrain pour reconstruire les environnements de dépôt.

Une transition graduelle peut suggérer qu'une migration latérale des processus de dépôt en est responsable.

Une transition rapide entre des couches très différentes peut être l'indice d'un événement catastrophique.

Il est inutile de regarder les strates en terme de temps car de grosses épaisseurs de sédiments peuvent correspondre à un événement très court alors que de fines passées d'argiles peuvent indiquer une période très longue de sédimentation ralentie.

La stratification

Les discordances

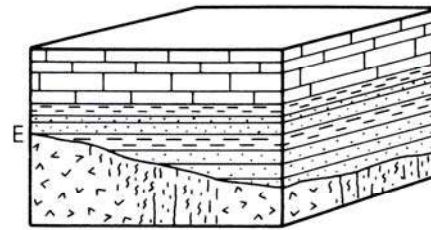
Une discordance est une interruption de la séquence stratigraphique, résultant d'un changement dans les conditions, qui implique un arrêt du dépôt pendant un laps de temps considérable.

Plusieurs types de discordance existent et sont faciles à reconnaître et identifier quand une série sédimentaire recouvre des roches métamorphiques et ignées (discordance [*non-conformity*]) ou quand elle est déposée au-dessus d'une série plissée et/ou faillée (discordance angulaire [*angular unconformity*]).

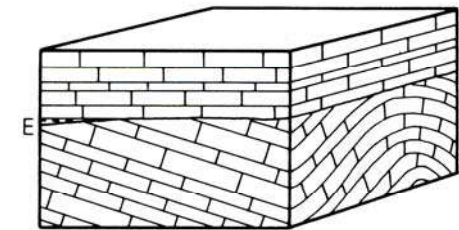
Des périodes de temps qui manquent sont difficilement appréhendables sans un examen biostratigraphique.

On peut l'observer quand une succession semble conforme et qu'il existe un changement discret du type de sédiments déposés avec parfois de légères figures d'érosion (discordance stratigraphique ou d'érosion [*disconformity or erosional disconformity*]). Dans certains cas le type de sédiments est identique (concordance [*paraconformity*]).

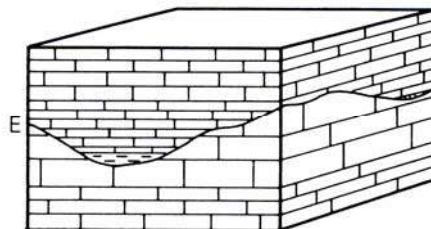
THE SIGNIFICANCE OF BEDDING



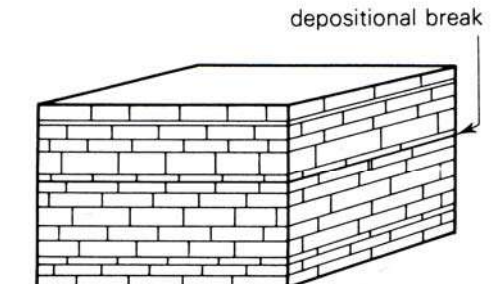
(a) Non-conformity



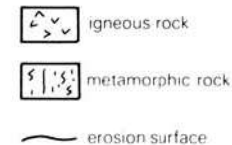
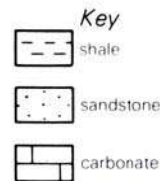
(b) Angular unconformity



(c) Disconformity

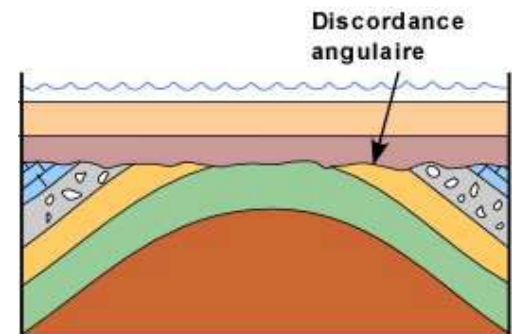
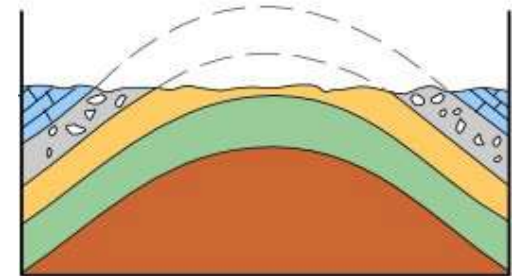
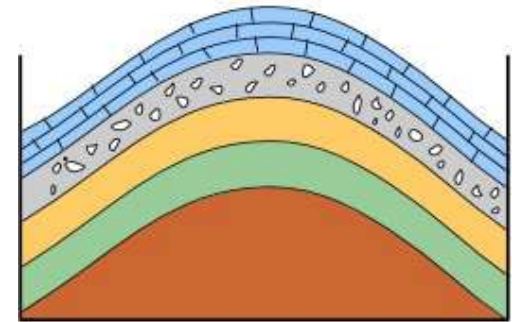
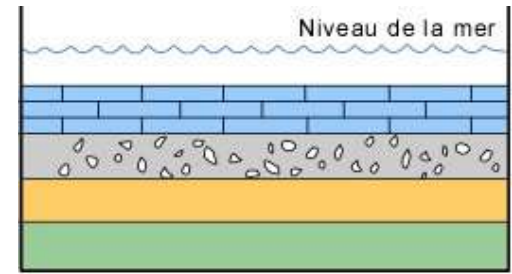
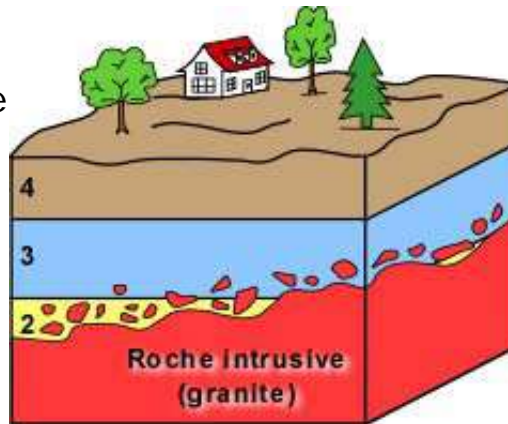
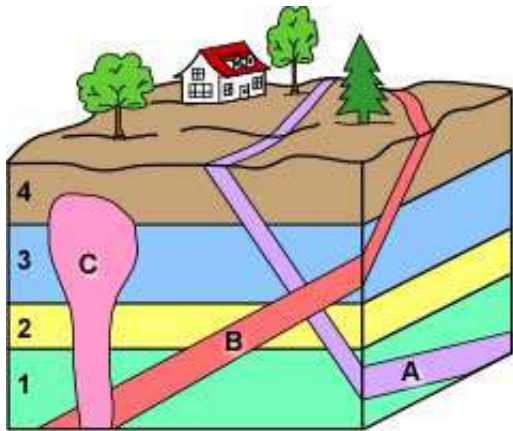
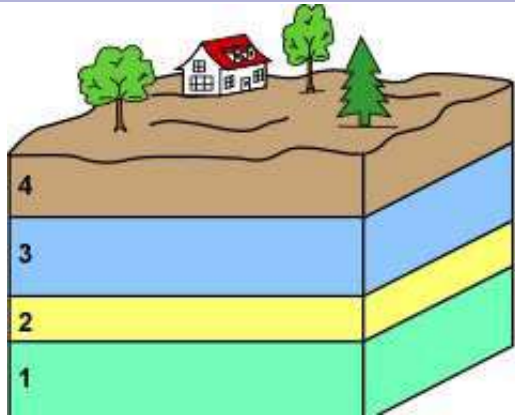


(d) Paraconformity



Il ne faut pas confondre la présence d'un chenal de rivière érosif sur des dépôts de plaine alluviale ou d'un chenal tidal sur des dépôts de slikke qui peuvent être confondus avec une discordance. Seule une analyse sédimentologique détaillée de la séquence verticale permettra de le préciser.

Des lacunes stratigraphiques de courte durée [*diastems*] ne correspondent à aucun changement dans l'évolution biologique des fossiles associés aux sédiments.



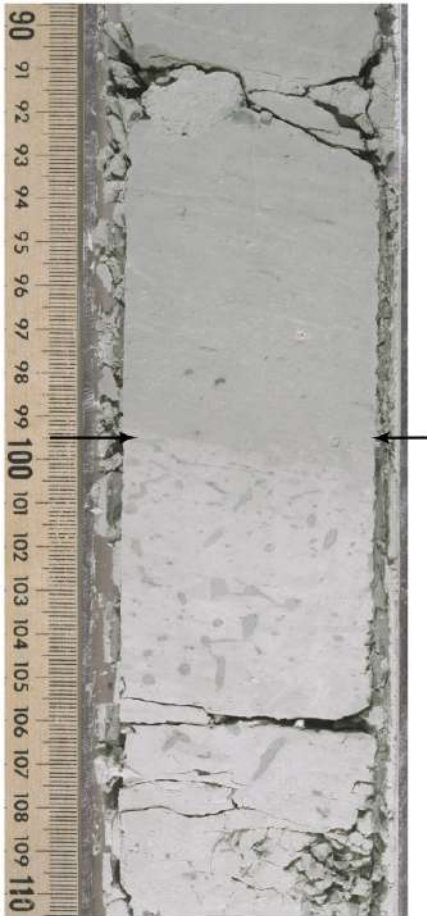
Quelle est la relation chronologique entre les strates 2-3 et le granite intrusif?



Une **discordance** existe entre les roches cristallines (*Vishnu Schist/Zoraster Granite*) et les roches qui les recouvrent (*Unkar Group, roches sédimentaires*);

Une **discordance angulaire** entre le Groupe de l'Unkar et les couches surrincombantes correspondants à la série "Older Sedimentary Rocks";





Dans la photo de droite, une **discordance stratigraphique** existe entre les séries "Older Sedimentary rocks" et les couches "Younger Sedimentary Rocks" qui les recouvrent. →



Dans la photo du dessus, une concordance est représentée (Marshall paraconformity, forage ODP) échelle en mm placée à côté des marnes.

Deux observations permettent d'appréhender la lacune de temps?

Observer les nuances de couleurs?



Roches
sédimentaires

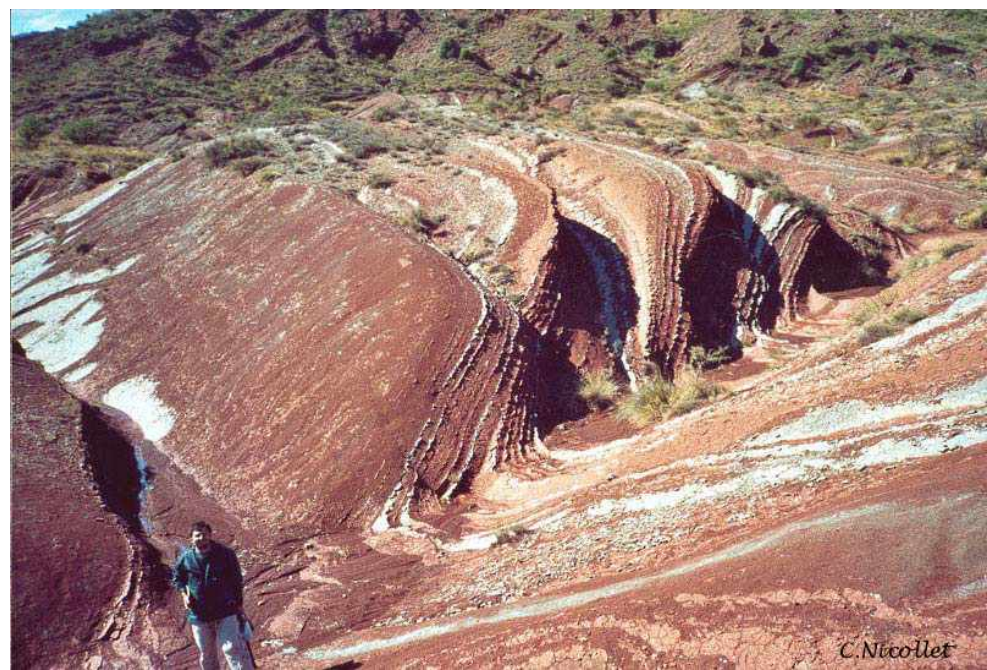
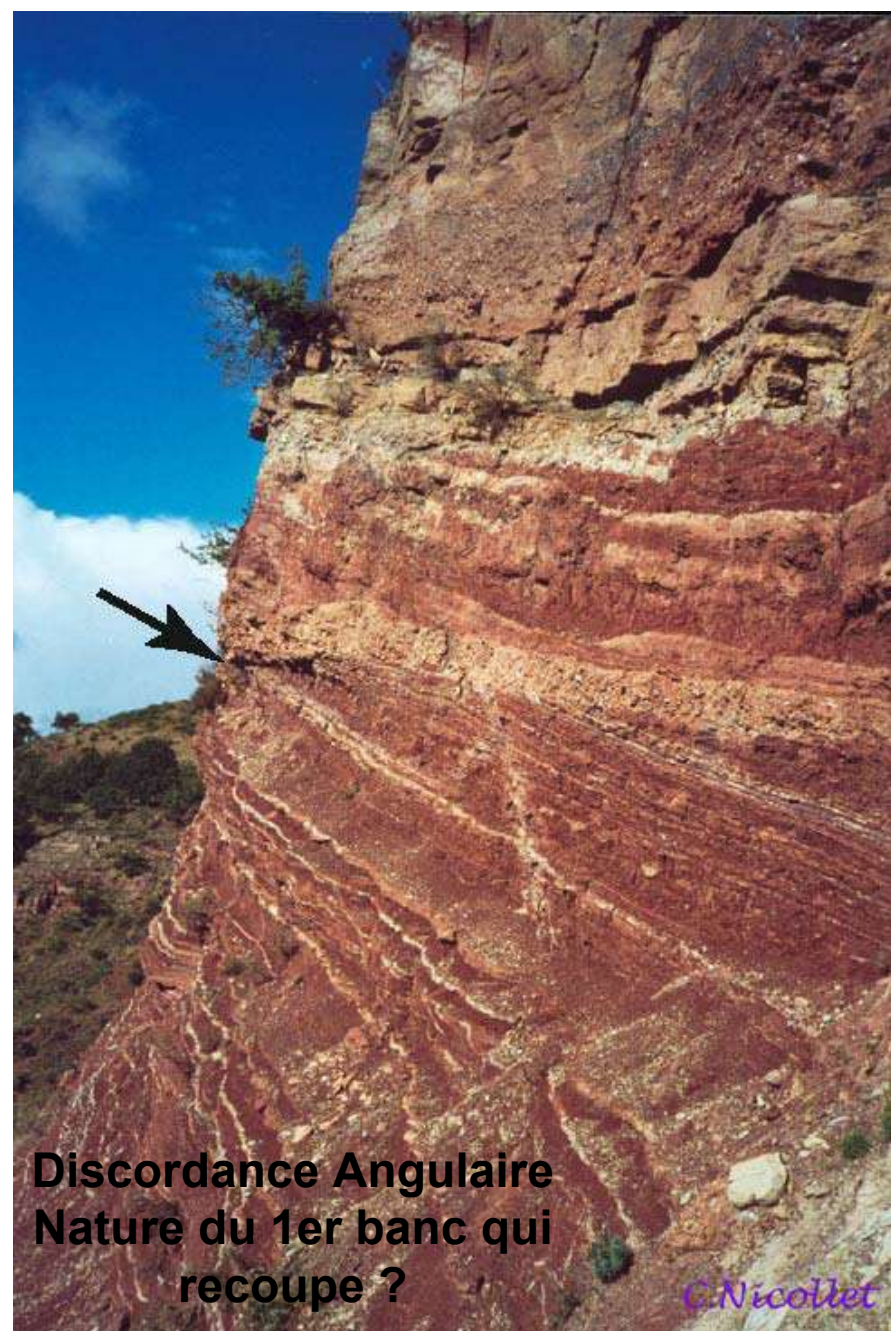
Discordance
angulaire

Roches
métamorphiques

Discordance
angulaire









Conglomérat fluviatil en discordance angulaire

Precambrian/Cambrian unconformity at the site of the Taum Sauk powerplant.

Les strates de dolomie grise inclinée (âge = 500 millions d'années) recoupent la rhyolite rouge (âge = 1.5 Milliards d'années) soit une lacune dans l'histoire stratigraphique de 1 Milliards d'année



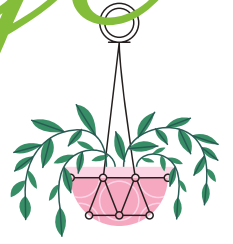


Coupe de Steinbruch Schmidt
(Dévonien Supérieur, Allemagne)



Alternance de bancs décimétriques de calcaire fin (passées de tempêtes distales ou de fines turbidites) séparées par des joints argileux où se concentre l'essentiel du temps. Joint argileux centimétrique ocre qui correspond à une couche de cendrée volcanique (bentonite)

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

