

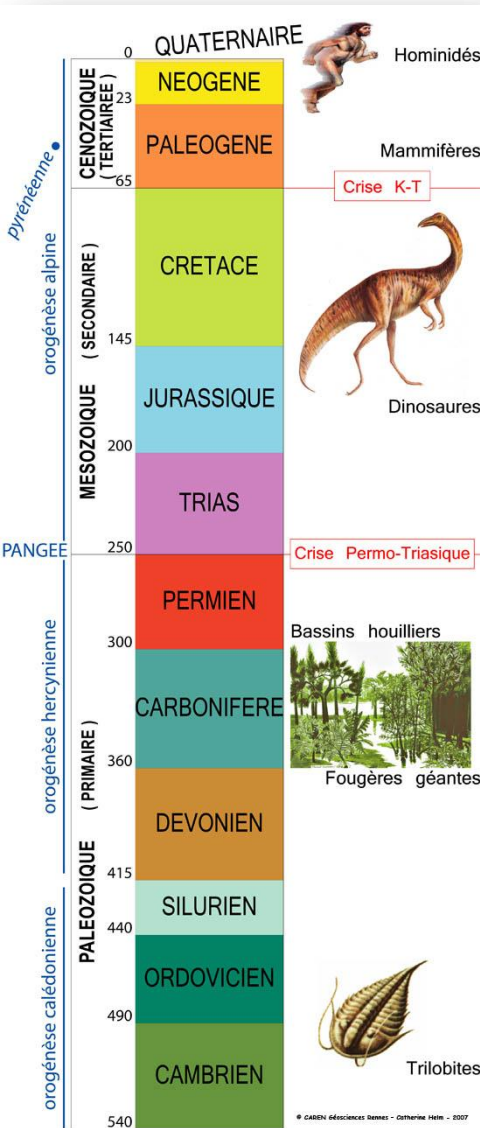
TD Géosciences
Bases de chronologie

Ivan BOUR

Laboratoire de géologie de Lyon
Université Claude Bernard Lyon 1

La CHRONOLOGIE

2 types d'échelles des temps



➔ **Datation relative** = permet de situer dans le temps les évènements géologiques, les uns par rapport aux autres



Principes de base de la stratigraphie

- Pétrologie
- Sédimentologie
- Stratigraphie
- Paléontologie

➔ **Datation absolue** = permet d'estimer l'âge et la durée des évènements géologiques, et de situer dans le temps l'échelle relative des temps géologiques



Décroissance radioactive d'éléments chimiques :
relation entre rapports isotopiques et durée écoulée depuis la « fermeture du système » contenant ces isotopes

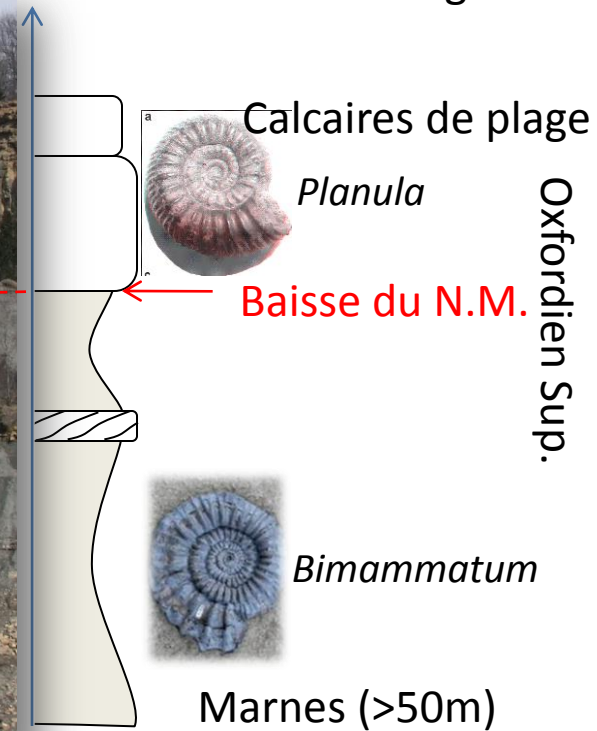
- Mesures radiochronologiques :
 - Nécessitent un matériel particulier
 - Impossible à mettre en place sur le terrain

- À l'échelle de la Coupe (= affleurement)

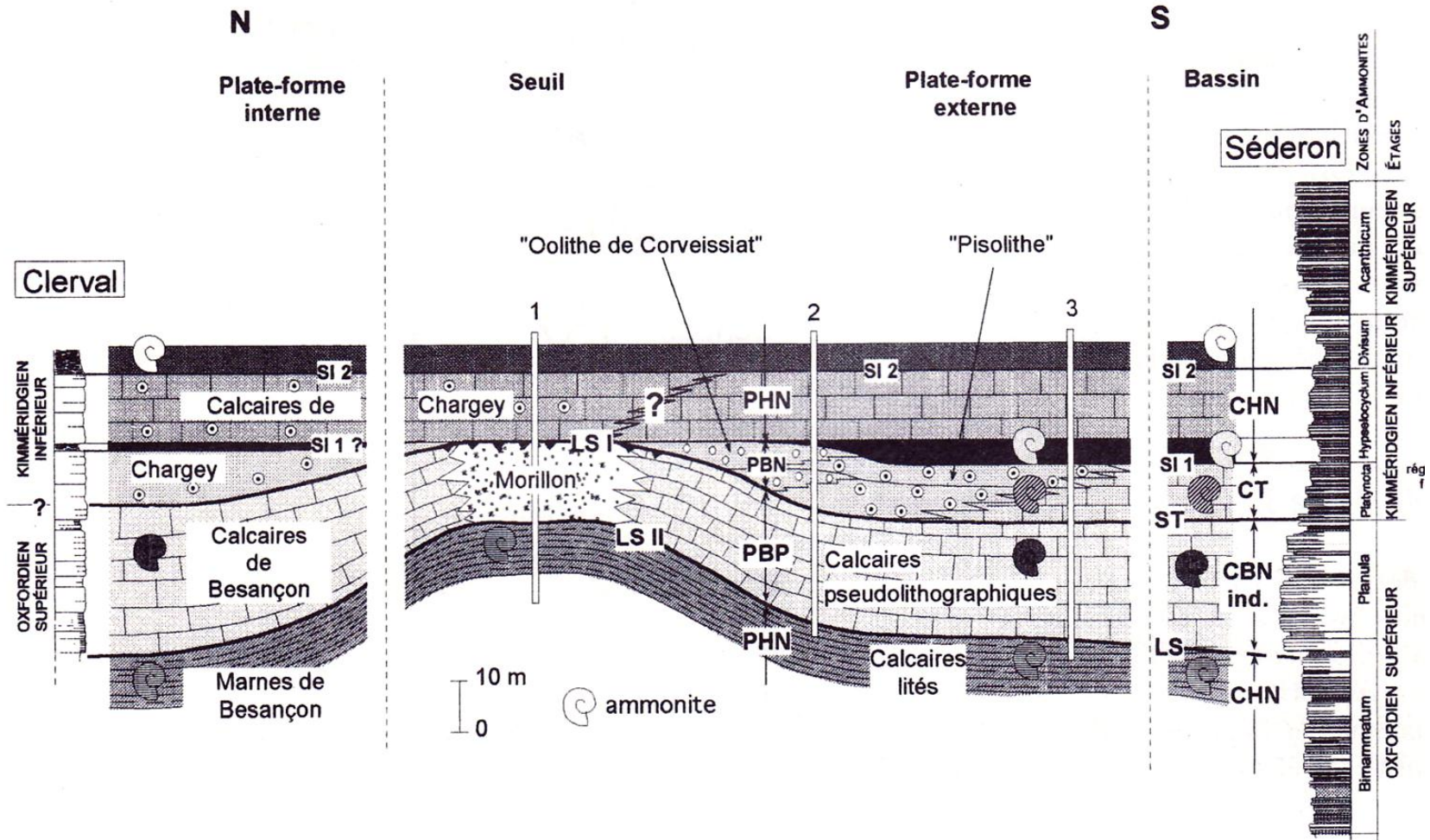
Paléontologie
Stratigraphie
Pétrologie/
sédimentologie



Mont Rivel, Jura

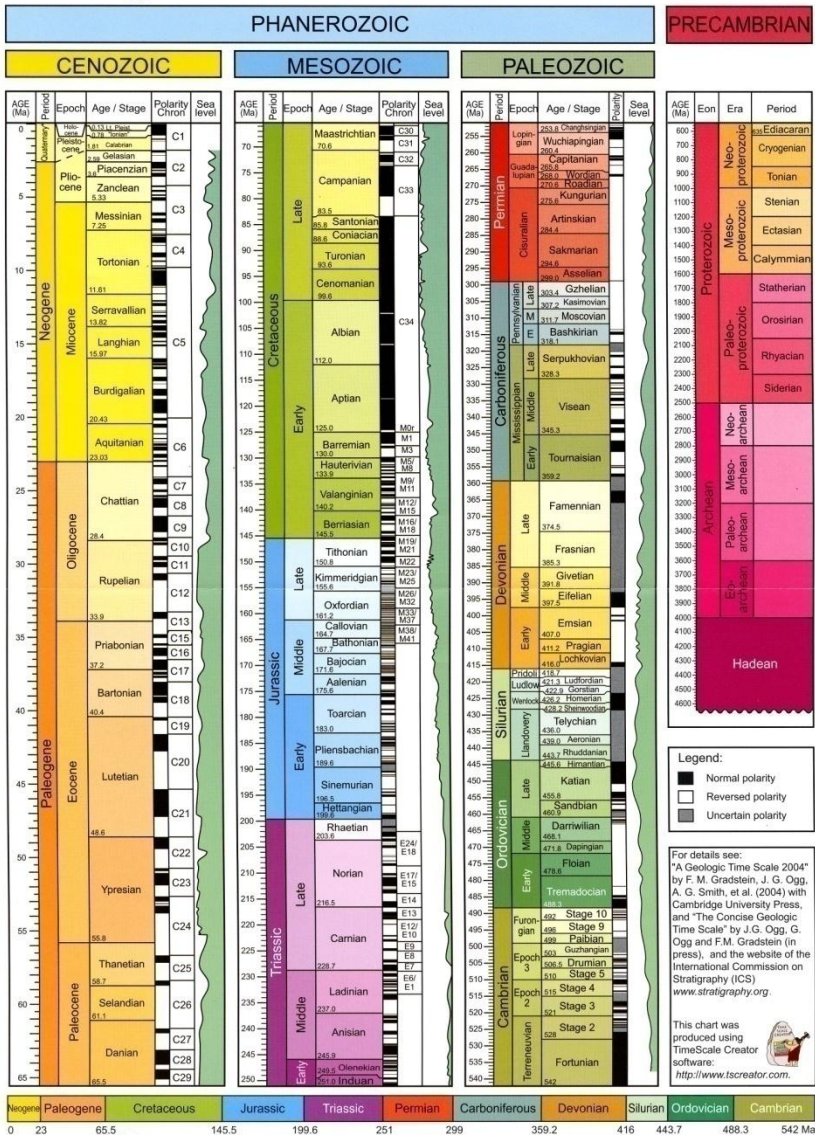


- À l'échelle de la région... par **corrélations**



Bases de chronologie

- À échelle globale



Echelle des Temps Géologiques
Internationale,
Comprenant la charte eustatique et
le paléomagnétisme

The Geologic Time Scale 2008 (after Ogg et al., 2008). The geomagnetic scale is partly an update of that compiled for GTS2004. The widely used "Tertiary" has no official rank. The status of the Quaternary is not decided; its base may be assigned as the base of the Gelasian Stage. For details of GTS production the reader is referred to the literature and the websites cited. Colour printing was funded by Idemitsu Petroleum Norge.

A l'échelle de la coupe

Chronologie relative à l'échelle de la coupe géologique :



Principes de chronologie relative en stratigraphie :

- **principe de continuité** = une même couche sédimentaire (définie par un mur et toit) a le même âge sur toute son étendue
- **principe de superposition** = une couche sédimentaire est plus ancienne que celle qui la recouvre
- **principe de recoupement** = tout objet ou événement géologique (faille, filon...) est postérieur à celui qu'il recoupe
- **principe d'inclusion** = tout objet inclus dans un autre lui est postérieur

Repères stratigraphiques



Lacune = absence d'information correspondant à un intervalle de temps donné dans une succession d'événements géologiques



Soit parce que les roches ont disparu par érosion, soit parce que la sédimentation s'est momentanément interrompue

Sur le terrain

4 grands principes :

Principe de continuité

Niveau stratigraphique
⇒ niveau temporel
à un **instant t** de
l'histoire géologique



Sur le terrain

4 grands principes :

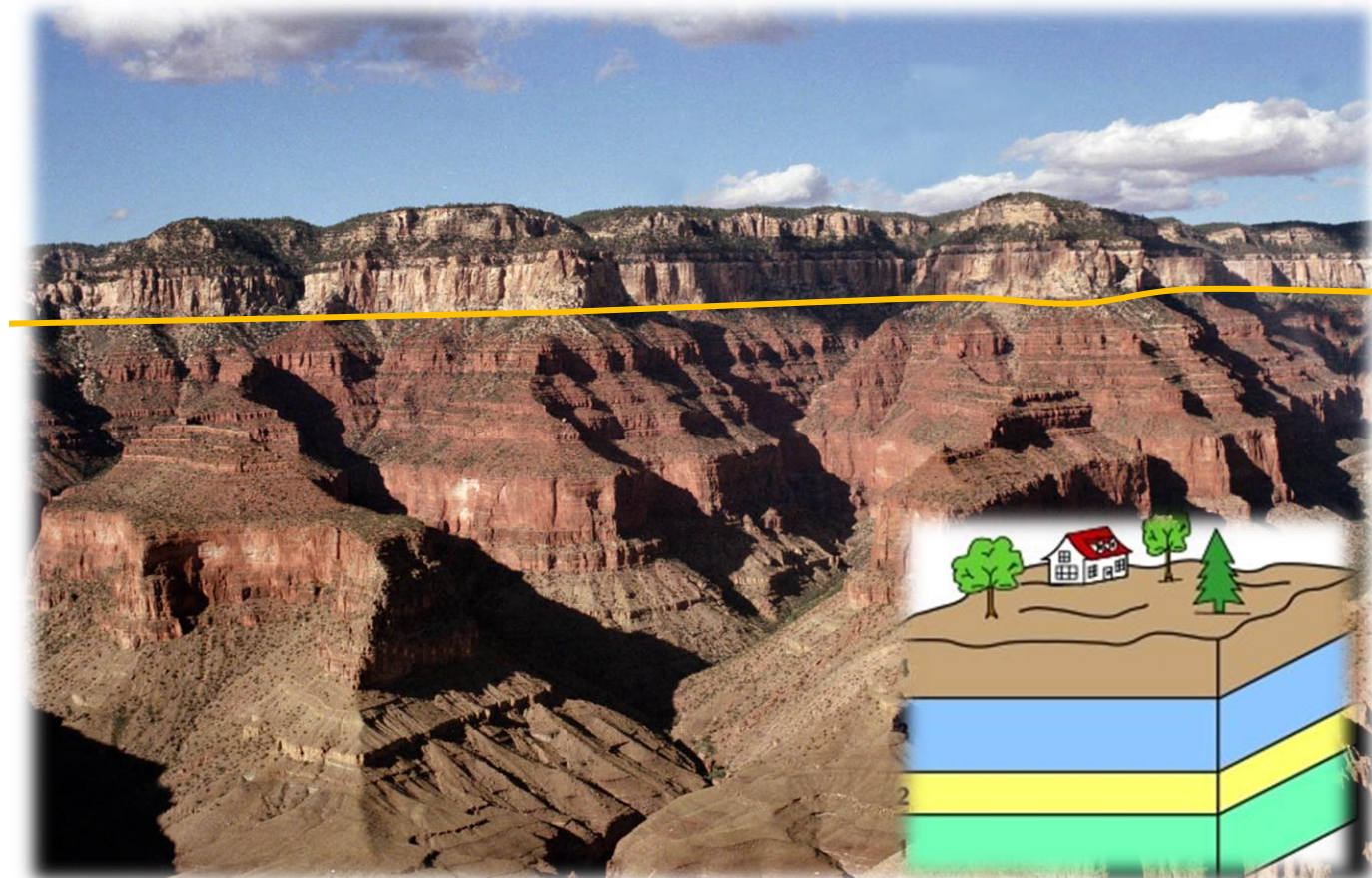
Principe de superposition

+ jeune



Instant t

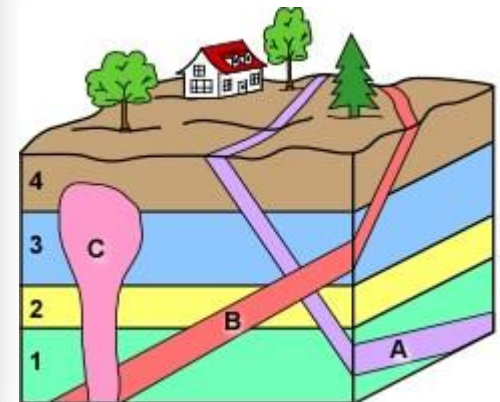
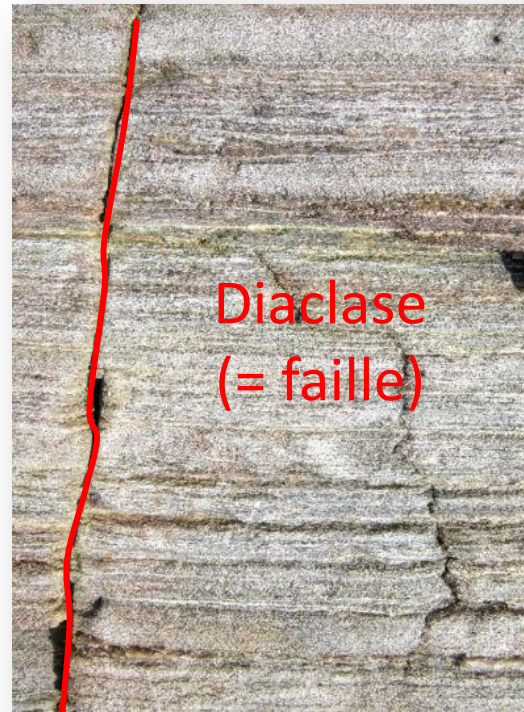
+ vieux



Sur le terrain

4 grands principes :

Principe de recoupement



Sur le terrain

4 grands principes :

Principe d'inclusion



Sur le terrain

Notion de lacune sédimentaire

Intervalle de temps manquant dans l'enchaînement sédimentaire

- soit par absence de sédimentation
- soit par érosion

Exemple



Erosion

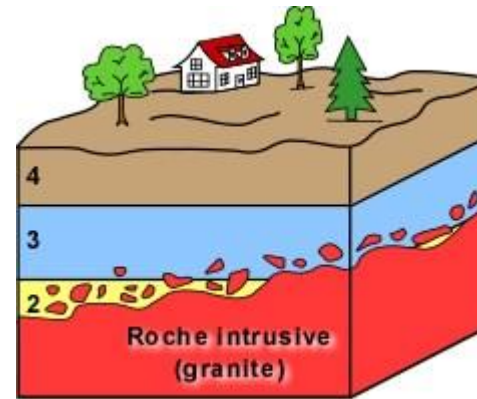
Pas ou peu de dépôts

Dépôts dans le lac

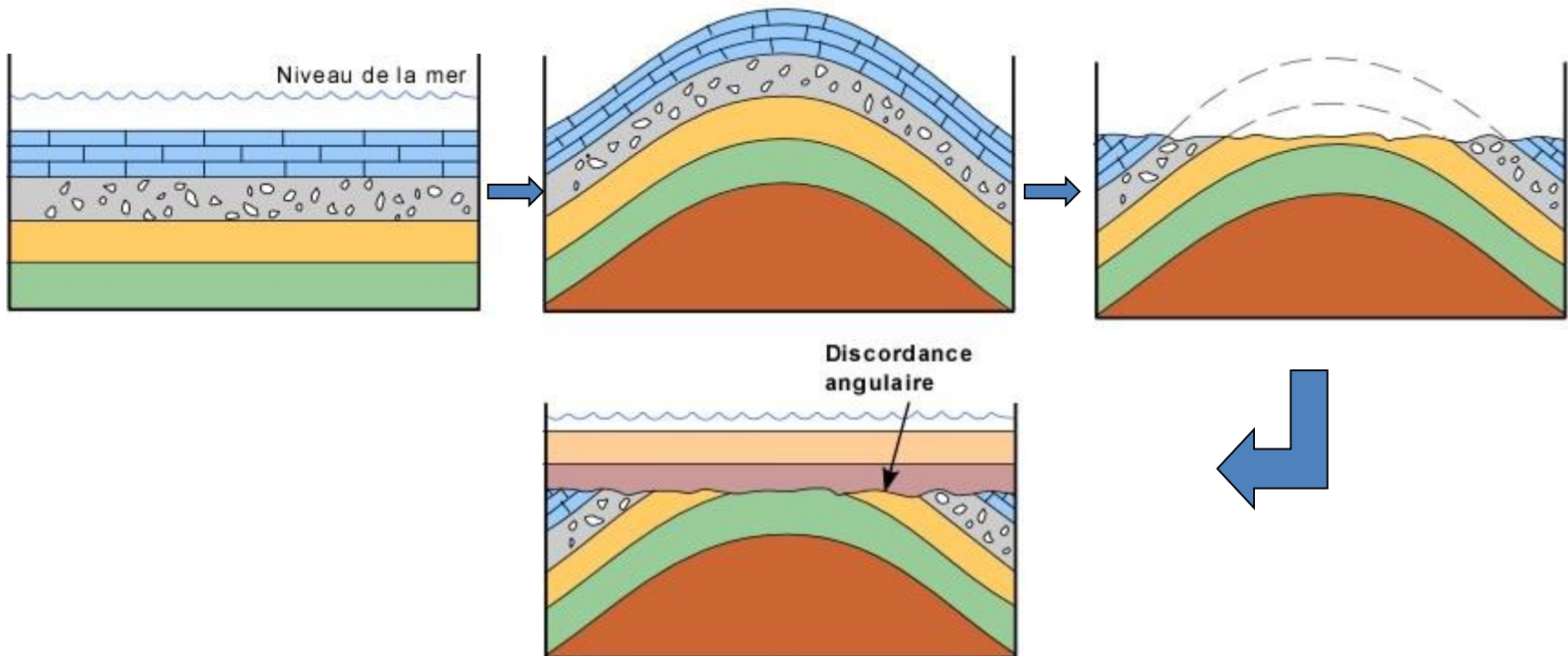
Pas ou peu de dépôts

Contacts irréguliers (discordances) entre deux couches

- Discordance d'érosion

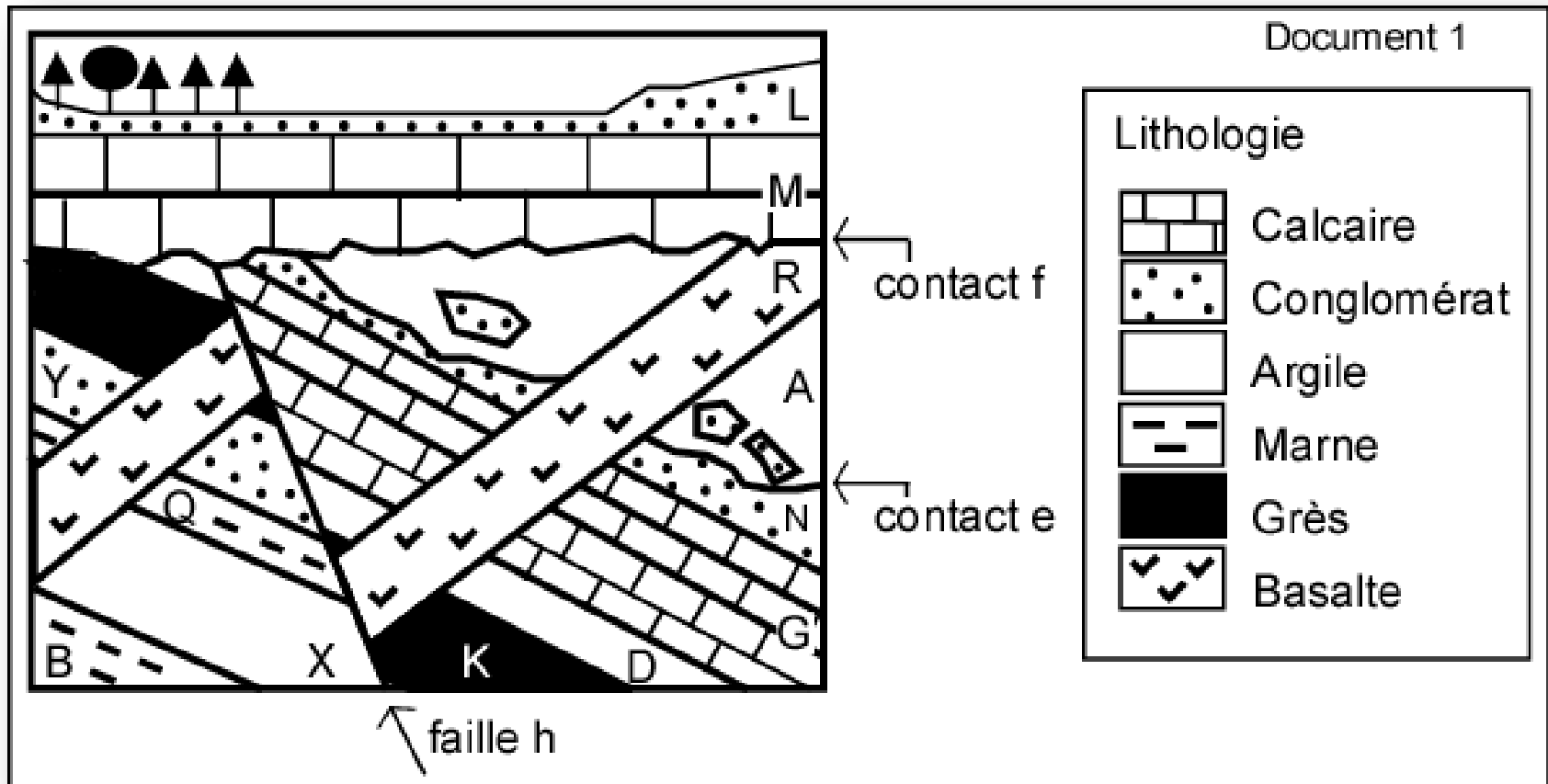


- Discordance angulaire



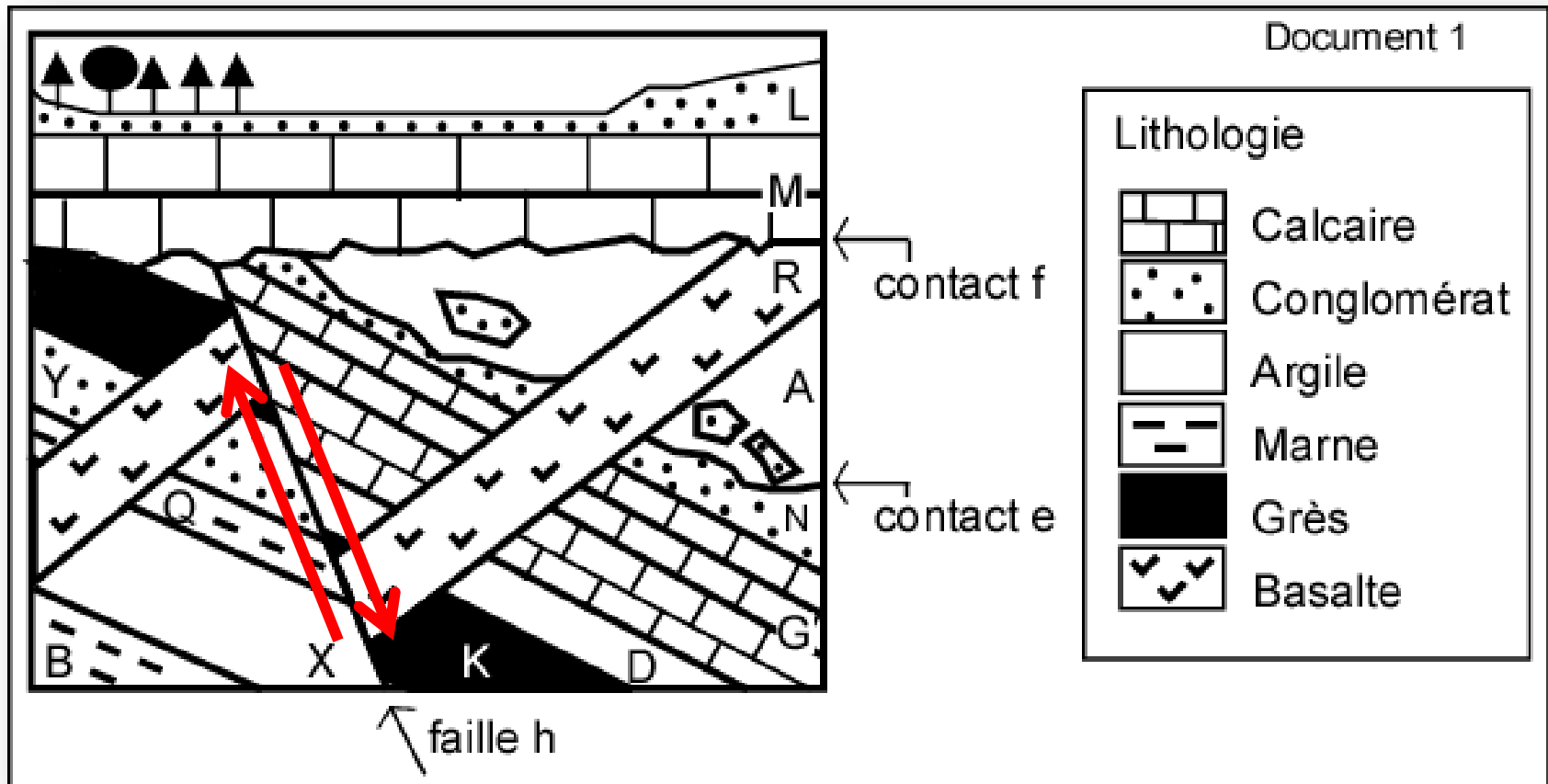
Exercice n°1: Retrouver...

- l'ordre chronologique des événements
- La nature des contacts e et f
- Le type de faille de « h »



Exercice n°1: correction

- l'ordre chronologique des événements: **B, X, Q, Y, K, D, G, N, e, A, R, h, f, M, L.**
- La nature des contacts e et f **e = lacune par érosion; f = discordance angulaire**
- Le type de faille de « h » **h = faille normale**



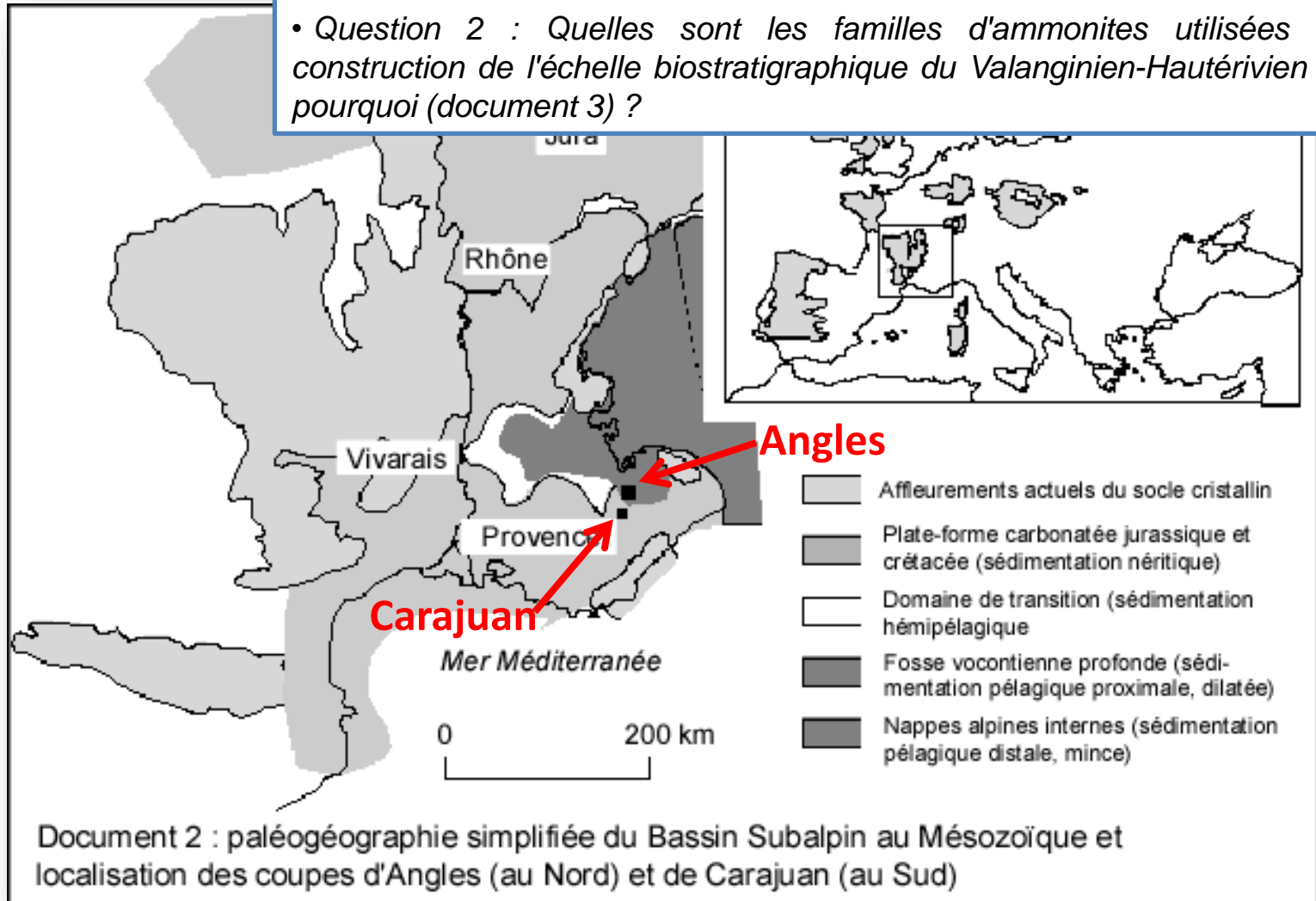
A l'échelle de la région

Chronologie relative à l'échelle régionale :

- ➔ Les **corrélations** entre plusieurs coupes géologiques permettent de connecter latéralement et à l'échelle régionale les formations géologiques
- ➔ **Corrélations lithostratigraphiques** = basées sur le contenu lithologique des couches.
Corrélations biostratigraphiques = basées sur le contenu paléontologique des couches.
 - ↪ **Biozone** = domaine d'existence d'un taxon correspondant à un intervalle de temps
 - ↪ **Echelles biostratigraphiques** = successions de biozones que l'on rencontre systématiquement dans le même ordre, basées sur différents groupes de fossiles (trilobites, ammonites, foraminifères...)

Exercice n°2:

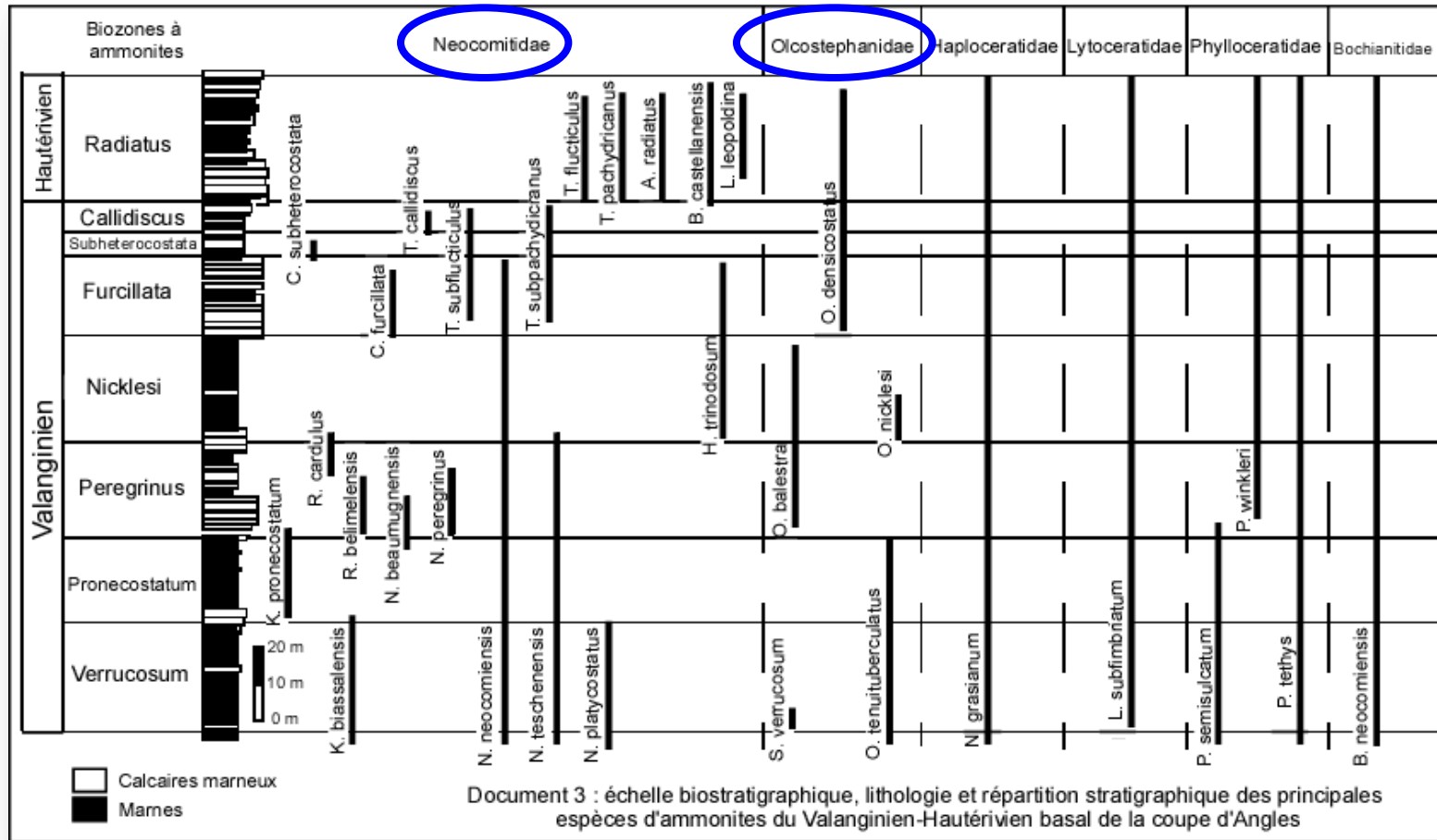
- Question 1 : Commentez la répartition verticale des espèces sur la coupe d'Angles (document 3). Que peut-on en conclure quant à l'évolution de ces différentes familles d'ammonites ?
- Question 2 : Quelles sont les familles d'ammonites utilisées dans la construction de l'échelle biostratigraphique du Valanginien-Hautérivien basal et pourquoi (document 3) ?



Exercice n°2: correction

Questions 1 et 2

Coupe d'Angles

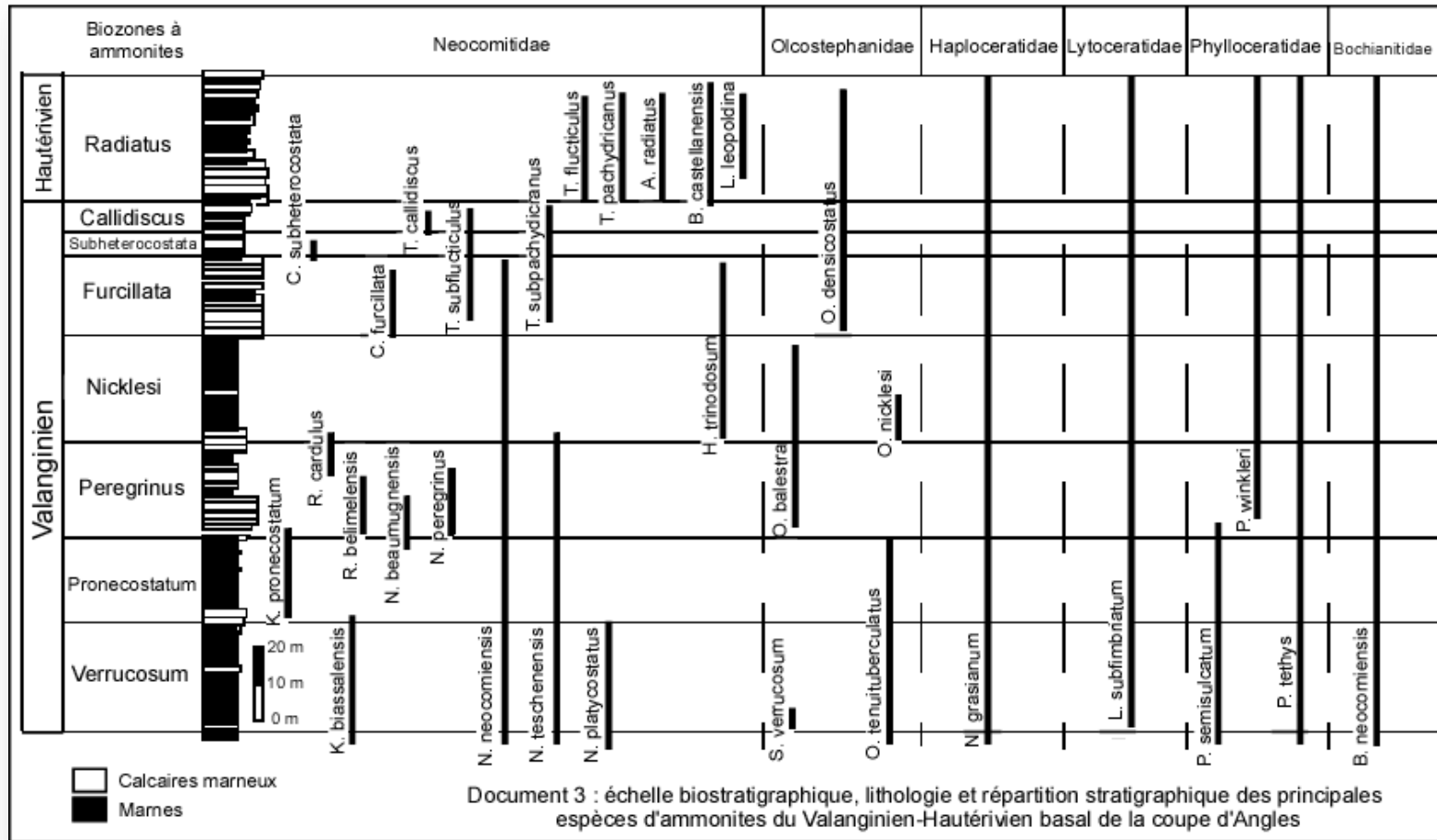


1) et 2) Répartition verticale des espèces non homogène pour les familles *Neocomitidae* et *Olcostephanidae* (+ gd nb d'espèces), ce qui veut dire qu'elles ont un fort taux d'évolution (durée de vie de ces espèces limitée), elles constituent un matériel de choix pour l'établissement d'une zonation précise

Exercice n°2:

Questions 3

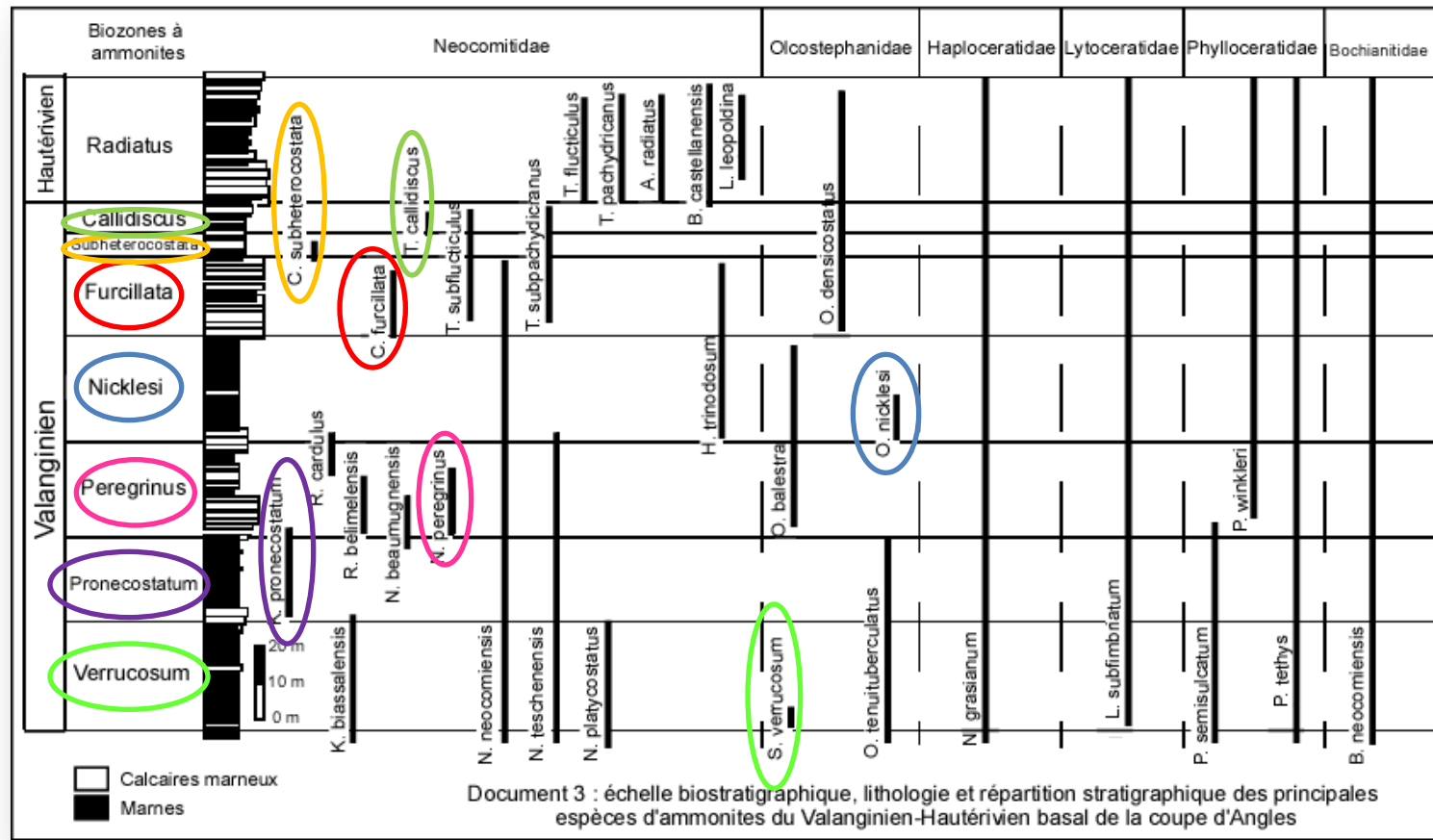
Coupe d'Angles



Comparez le découpage biostratigraphique et la succession des espèces-indices (= taxons marqueurs de biozones) qui sont utilisées dans la construction de cette échelle (document 3).
Comment les unités biostratigraphiques sont-elles définies ?

Exercice n°2: correction

Questions 3

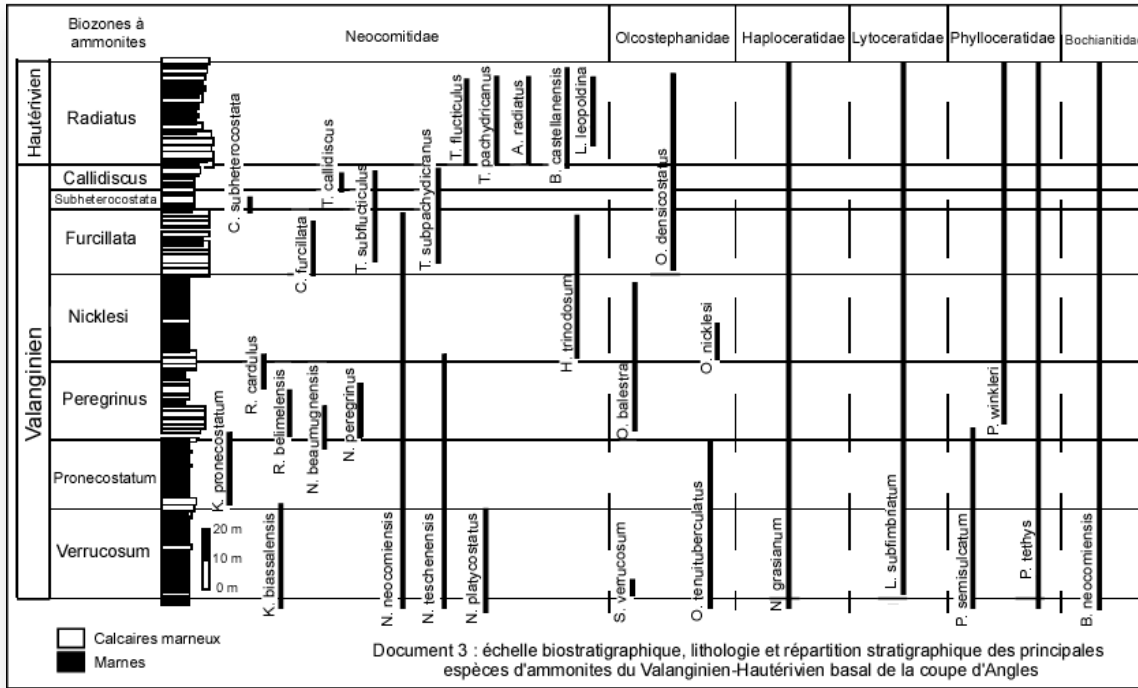


3) Toutes les unités biostratigraphiques sont définies ici à leur base par l'apparition de l'espèce-indice (= taxon marqueur), elles se terminent par l'apparition de l'espèce-indice de l'unité suivante (zones d'intervalle). L'espèce-indice sert à nommer l'unité biostratigraphique (zone (ou unité) à *Verrucosum* ou zone (ou unité) à *Saynoceras verrucosum*).

Exercice n°2:

Question 4 et 5

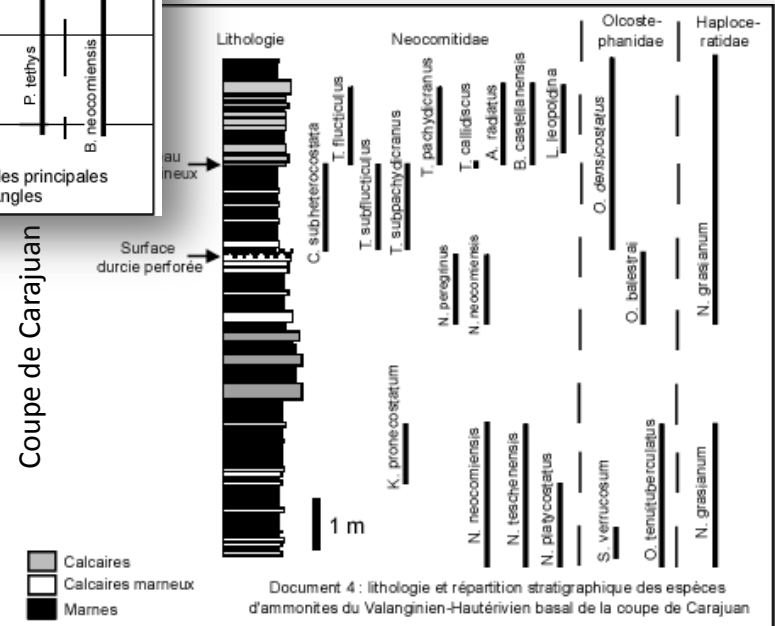
Coupe d'Angles



• Comparez le contenu faunique des coupes d'Angles (document 3) et de Carajuan (document 4). Que remarquez-vous ? Proposez une explication.

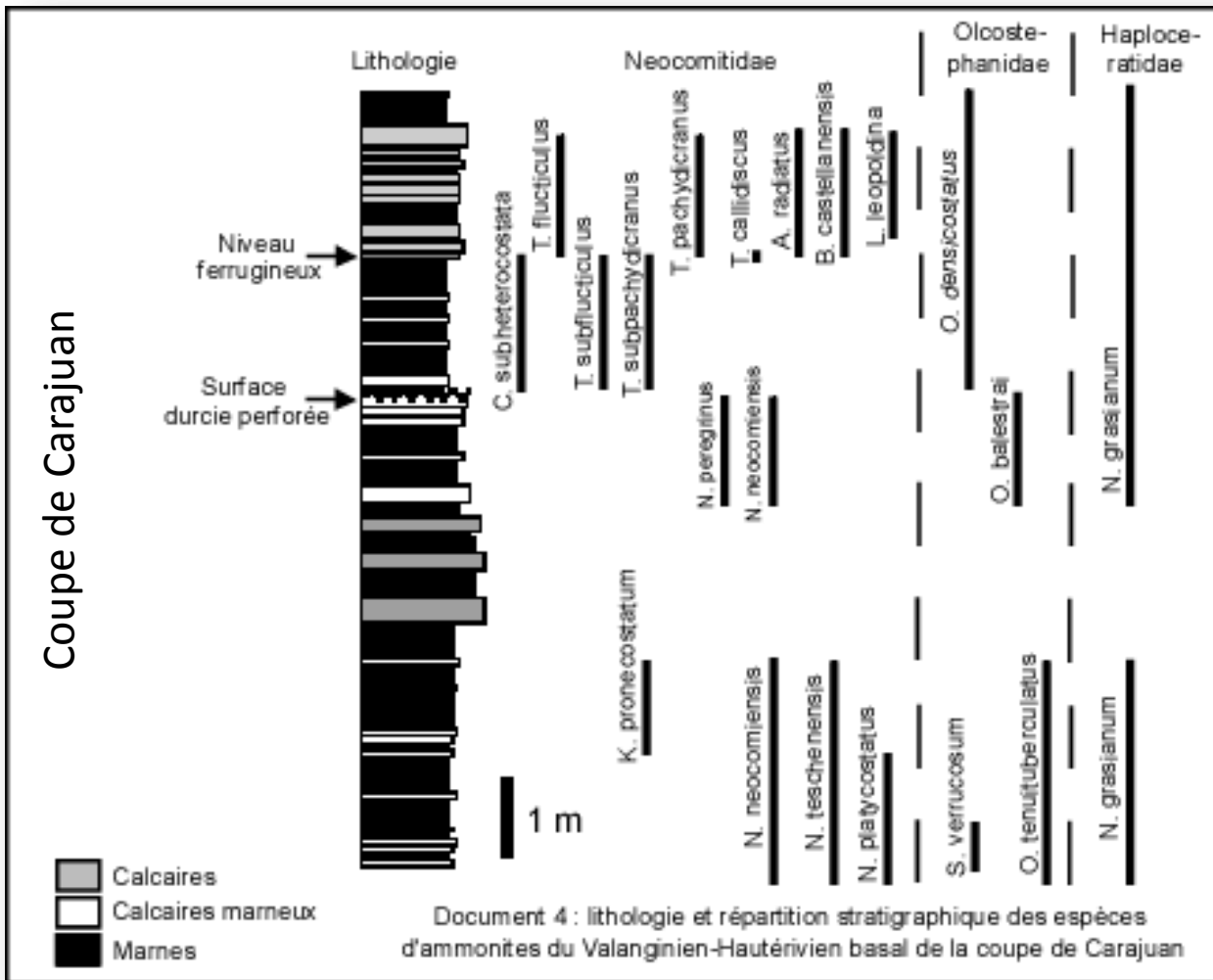
• Comparez la succession verticale des espèces de ces deux coupes et retrouvez sur la coupe de Carajuan l'échelle biostratigraphique établie à Angles (documents 3 et 4). Que remarquez-vous ?

Coupe de Carajuan



Exercice n°2: correction

Question 4

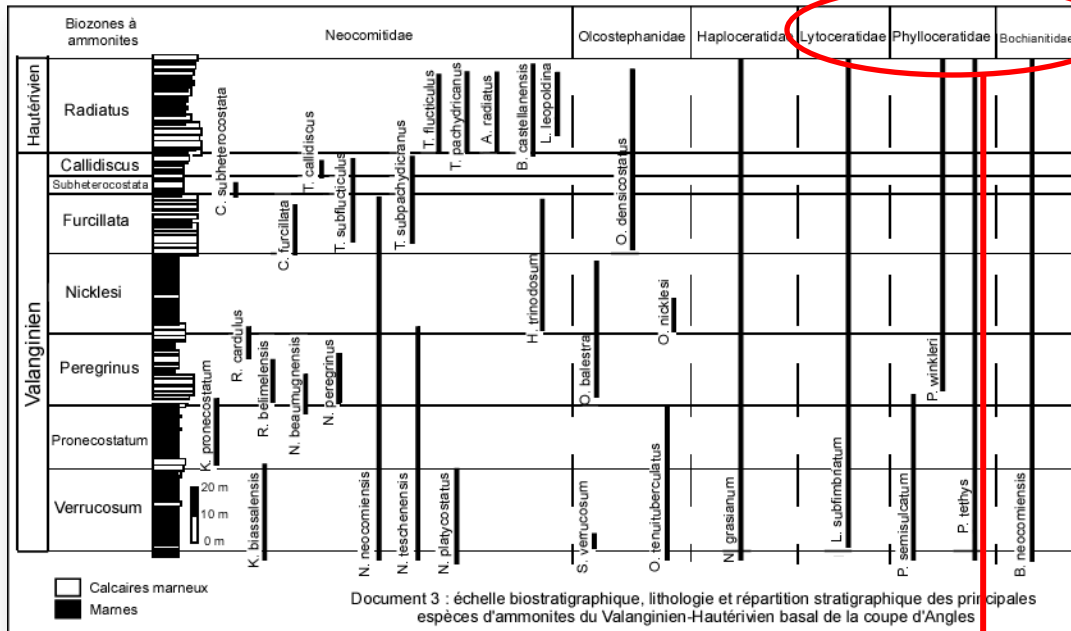


4) Certaines espèces ne sont pas représentées à Carajuan (*Bochianitidae*, *Phylloceratidae* et *Lytoceratidae*).

Des préférences écologiques peuvent expliquer cette absence. Elles ont été récoltées uniquement dans le domaine du bassin vocontien (Angles), plus profond que celui de plate-forme carbonatée (Carajuan).

Exercice n°2: correction

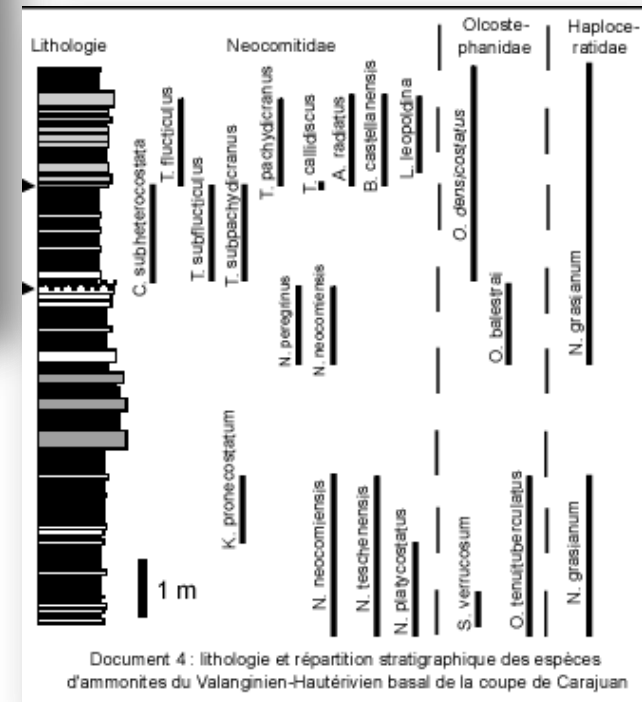
Question 4



Coupe d'Angles

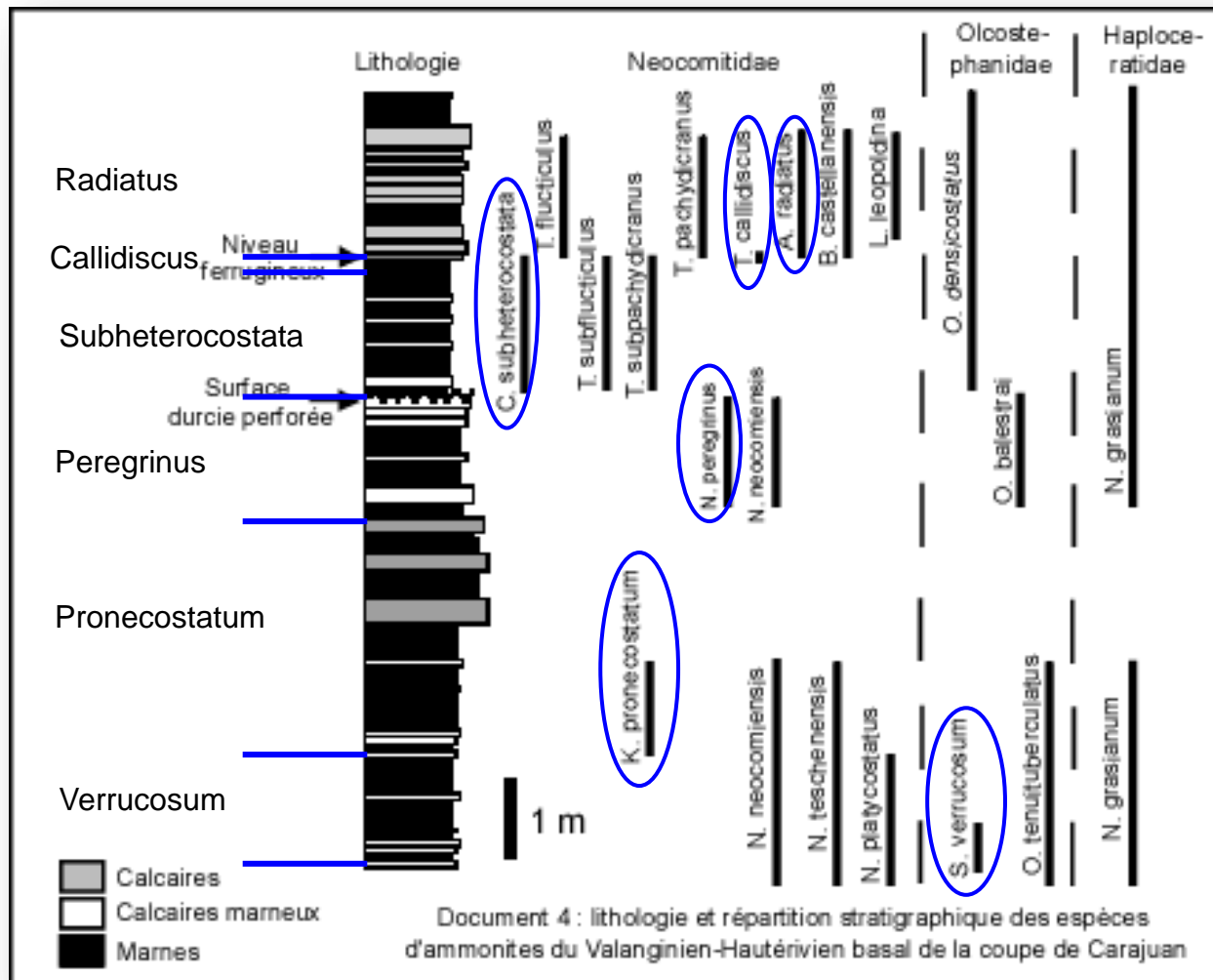
**Préférences écologiques différentes
(milieux plus profonds ou distaux)**

absents



Coupe de Carajuan

Exercice n°2: correction

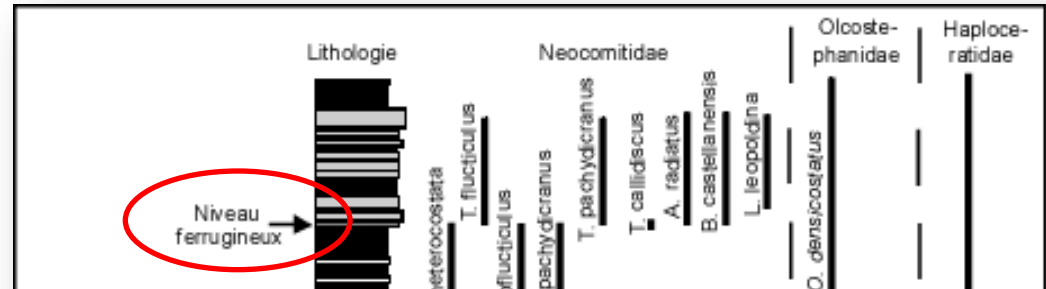


Question 5

5) La succession verticale des espèces est différente à Carajuan. En traçant les limites des horizons par rapport à la répartition stratigraphique des espèces-indices, on constate que l'échelle biostratigraphique n'est pas conforme à la zonation standard du Valanginien-Hauterivien basal établie à Angles. Il manque ici la zone à *Nicklesi* et la zone à *Furcillata*.

Exercice n°2:

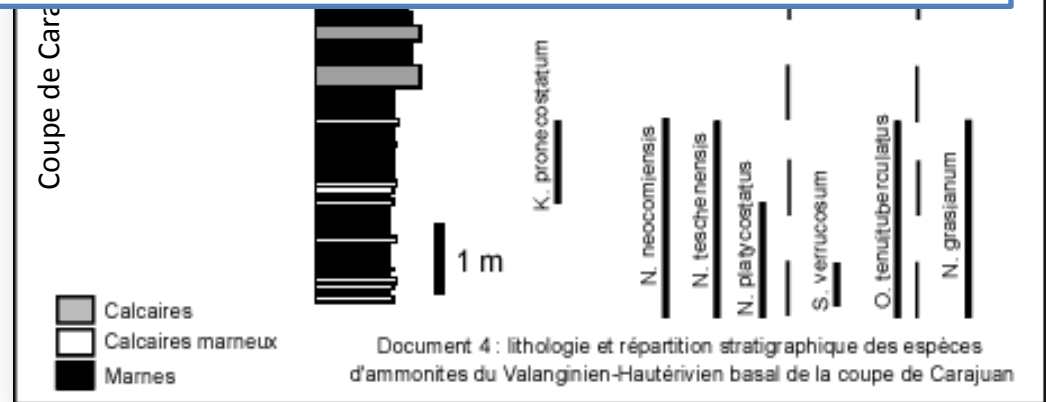
Questions 6



• *Quelle est la signification de la surface durcie perforée et du niveau ferrugineux ? Que pouvez vous en conclure à propos du rythme de la sédimentation sur la plate-forme provençale ? (document 4).*

Exercice n°2: correction

Questions 6

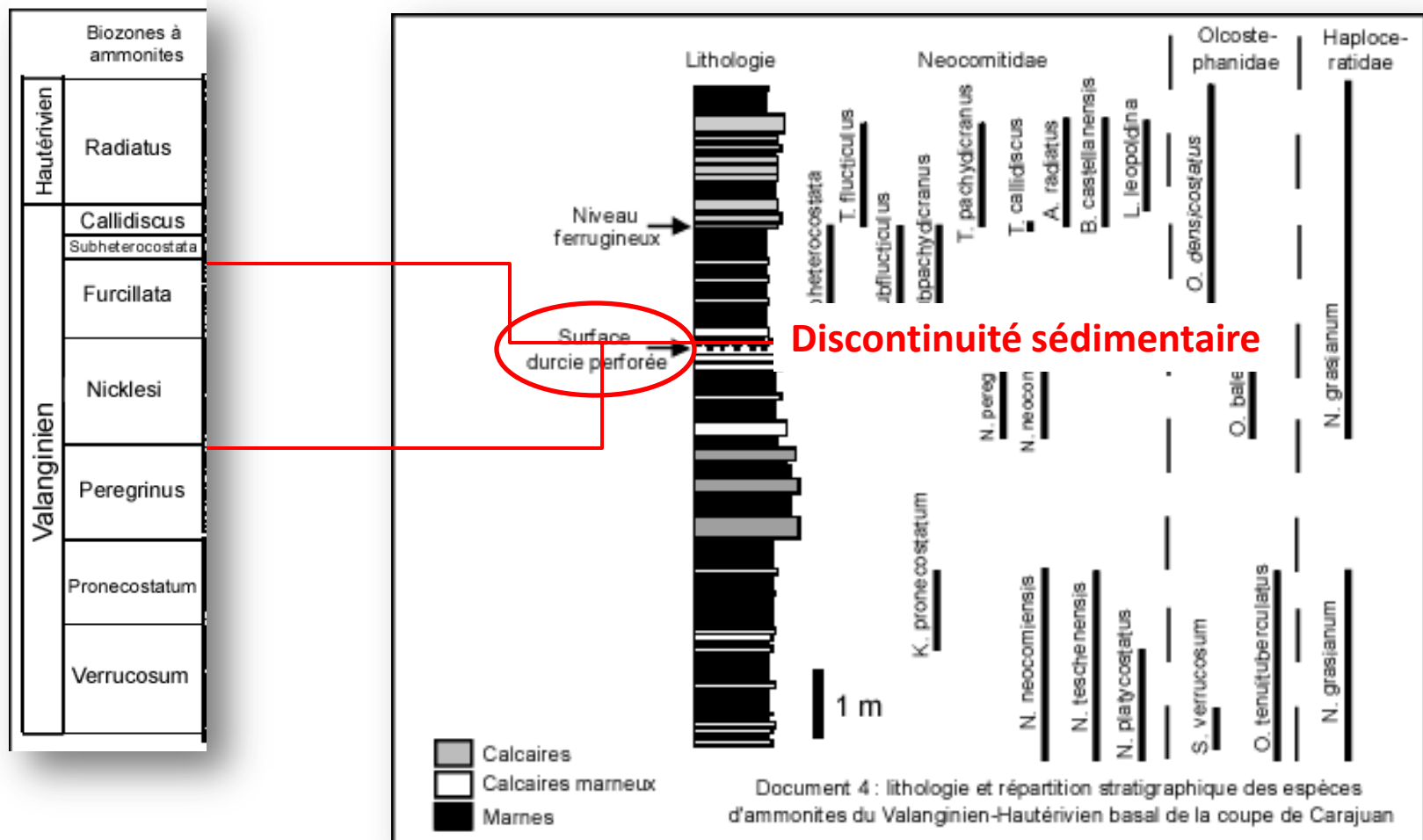


6) L'absence des zones à *Nicklesi* et à *Furcillata* permet de mettre en évidence une lacune sédimentaire relativement importante sur la coupe de Carajuan.

La **surface durcie et perforée** fait penser à une émergence, dans un intervalle de temps équivalent à ces 2 zones à ammonites.

Exercice n°2: correction

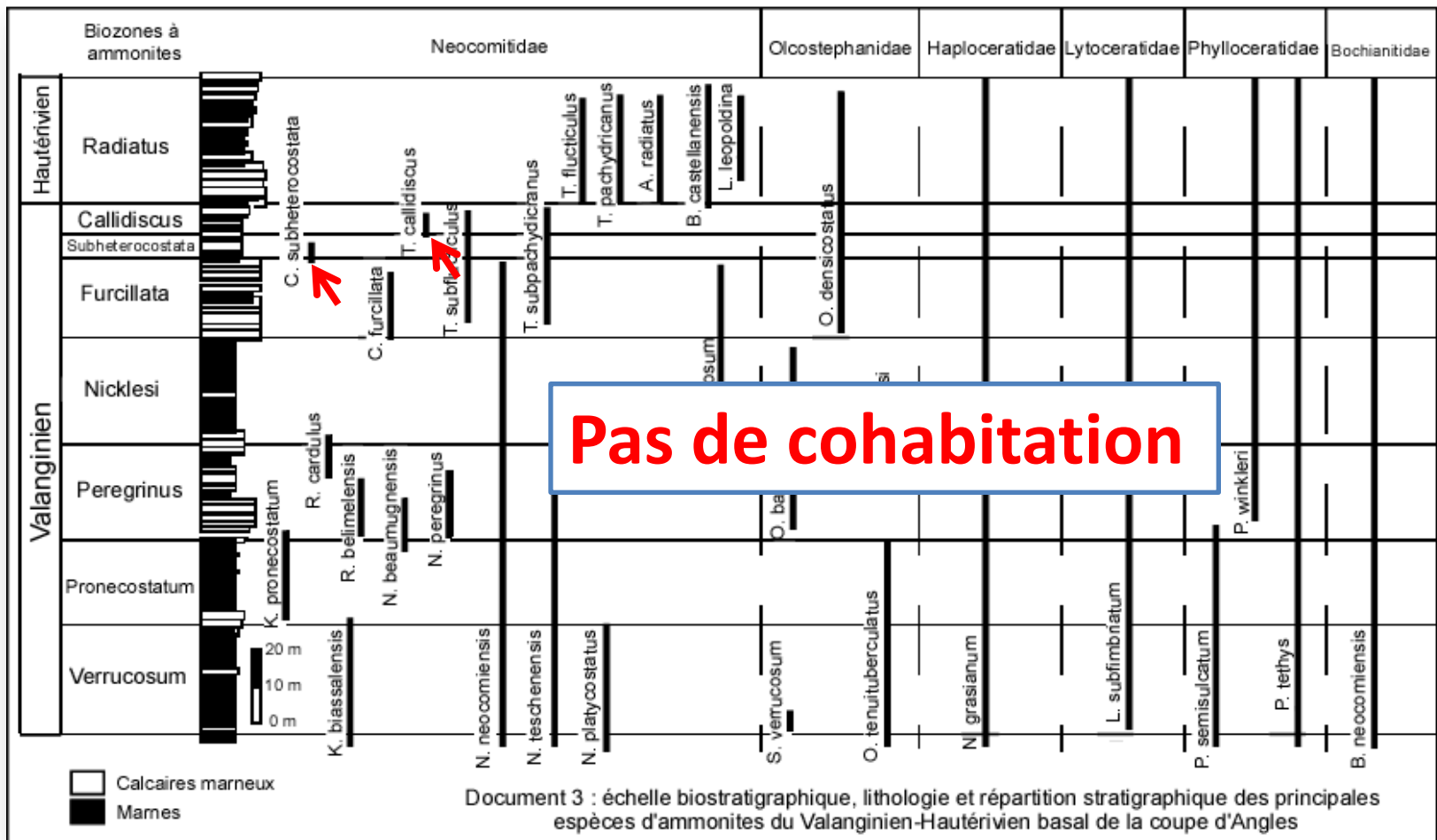
Questions 6



Exercice n°2: correction

Questions 6

Dans la coupe d'Angles, les zones à *Callidiscus* et à *Subheterocostata* constituent la limite Valanginien-Hauterivien. Elles ne coexistent pas.

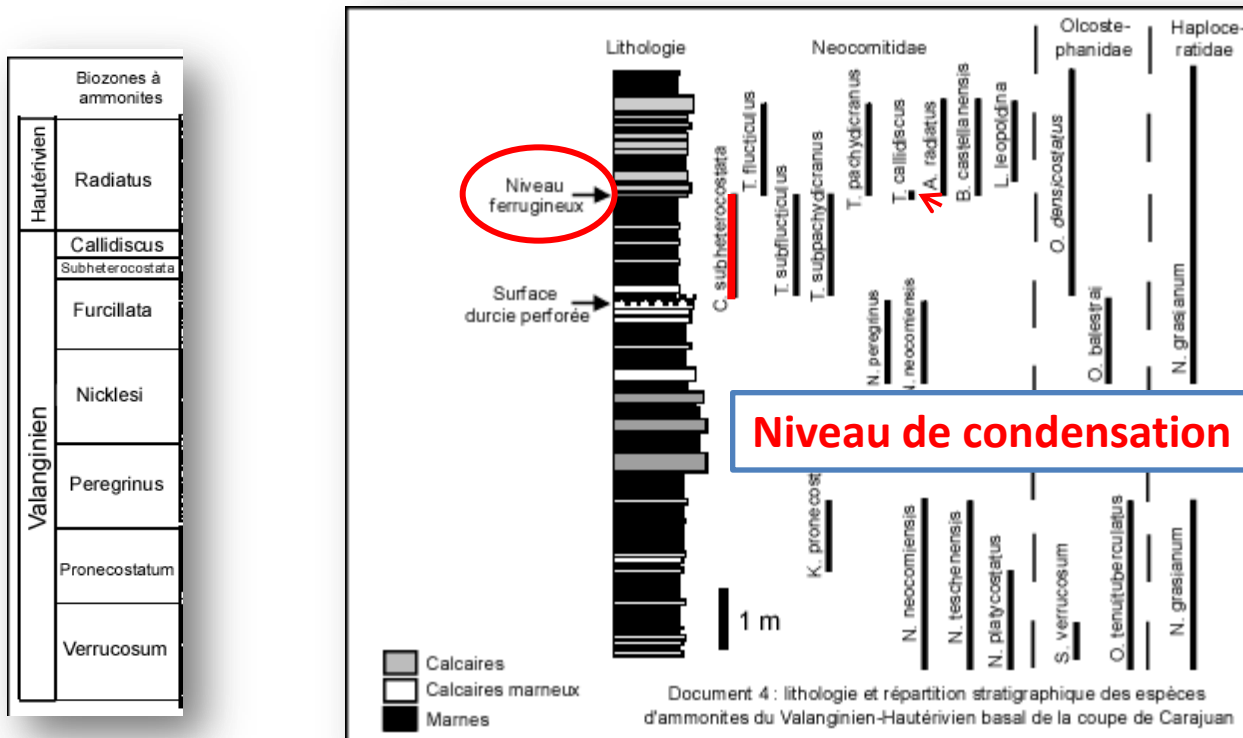


Exercice n°2: correction

Questions 6

Dans la coupe de Carajuan, ces deux zones coexistent par le biais d'un **niveau ferrugineux** → peut être interprété comme un niveau condensé.

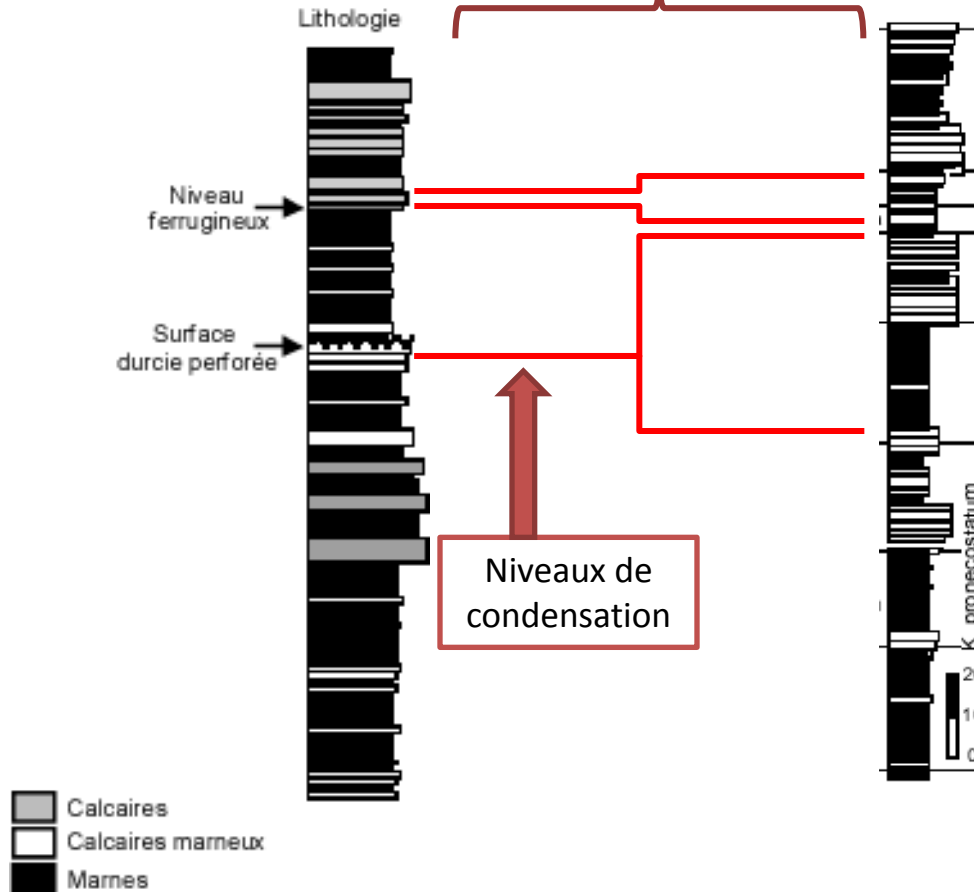
Sur une très faible épaisseur (~10cm), les dépôts se sont accumulés pendant une longue durée qui correspond à une partie du toit de la zone à *Callidiscus* et une partie de la base de la zone à *Subheterocostata*.



Exercice n°2: correction

Questions 6

Épaisseur d'accumulation différente pour un même
Intervalle de temps => taux de sédimentation différent



Exercice n°2: correction

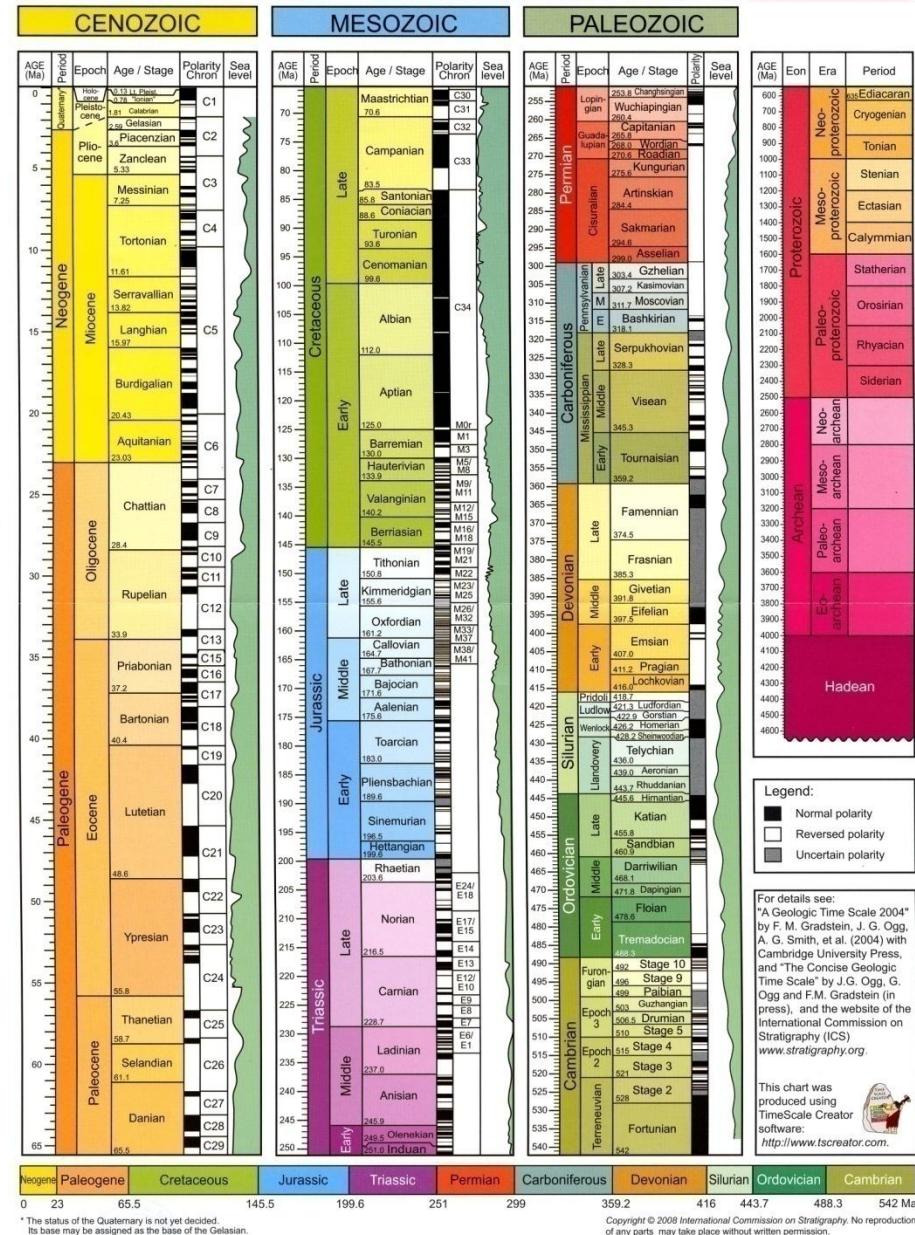
Questions 6

Le rythme de sédimentation est donc très variable sur la plate-forme provençale. L'enregistrement est perturbé et incomplet, soit par des **lacunes sédimentaires**, soit par des **niveaux condensés**.

A l'échelle globale

Chronologie à l'échelle globale :

- ➔ Etage définis par **stratotype**
- ➔ Série/époque définie par plusieurs étages
- ➔ Système/période défini par plusieurs séries/époques
- ➔ Erathème ou ère défini par plusieurs systèmes/périodes
- ➔ Echelle des temps géologiques = échelle de chronologie relative (**chronostratigraphie**) divisée en étages + échelle de chronologie absolue (**géochronologie**) divisée en millions d'années



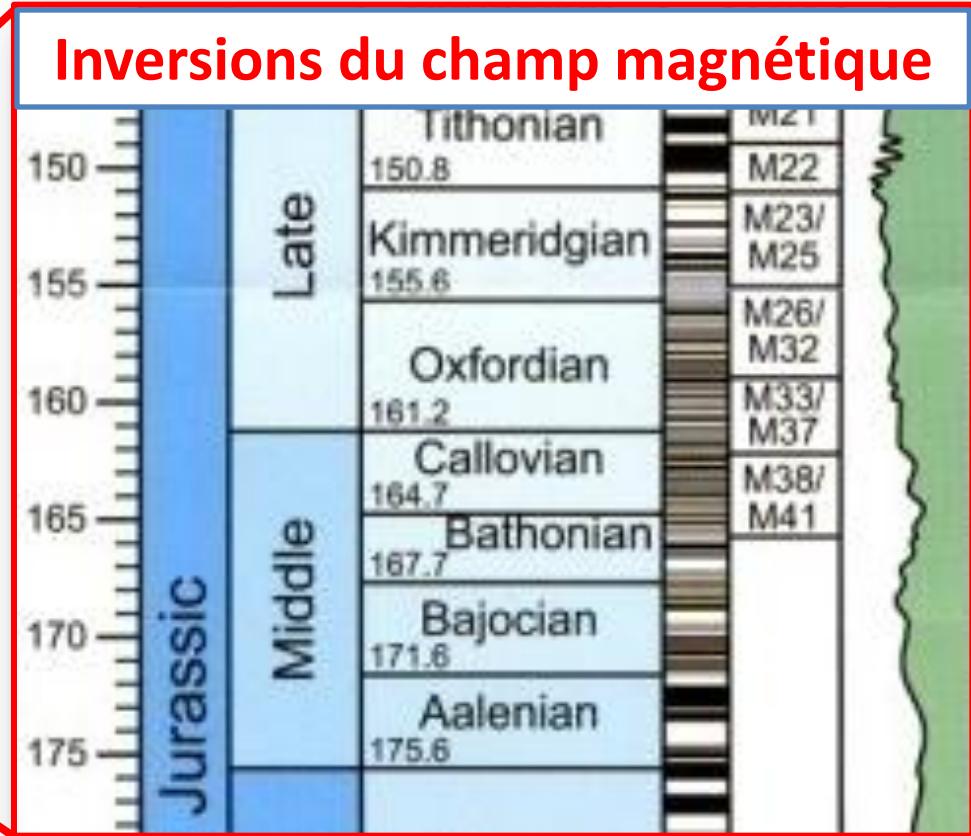
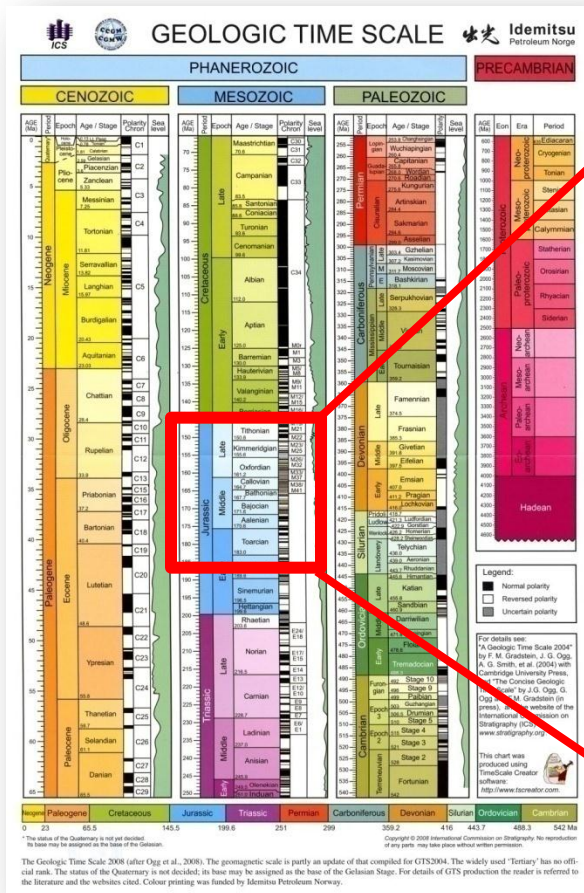
* The status of the Quaternary is not yet decided. Its base may be assigned as the base of the Gelasian.

The Geologic Time Scale 2008 (after Ogg et al., 2008). The geomagnetic scale is partly an update of that compiled for GTS2004. The widely used "Tertiary" has no official rank. The status of the Quaternary is not decided; its base may be assigned as the base of the Gelasian Stage. For details of GTS production the reader is referred to the literature and the websites cited. Colour printing was funded by Idemitsu Petroleum Norway.

Exercice n°3: correction

Question 1

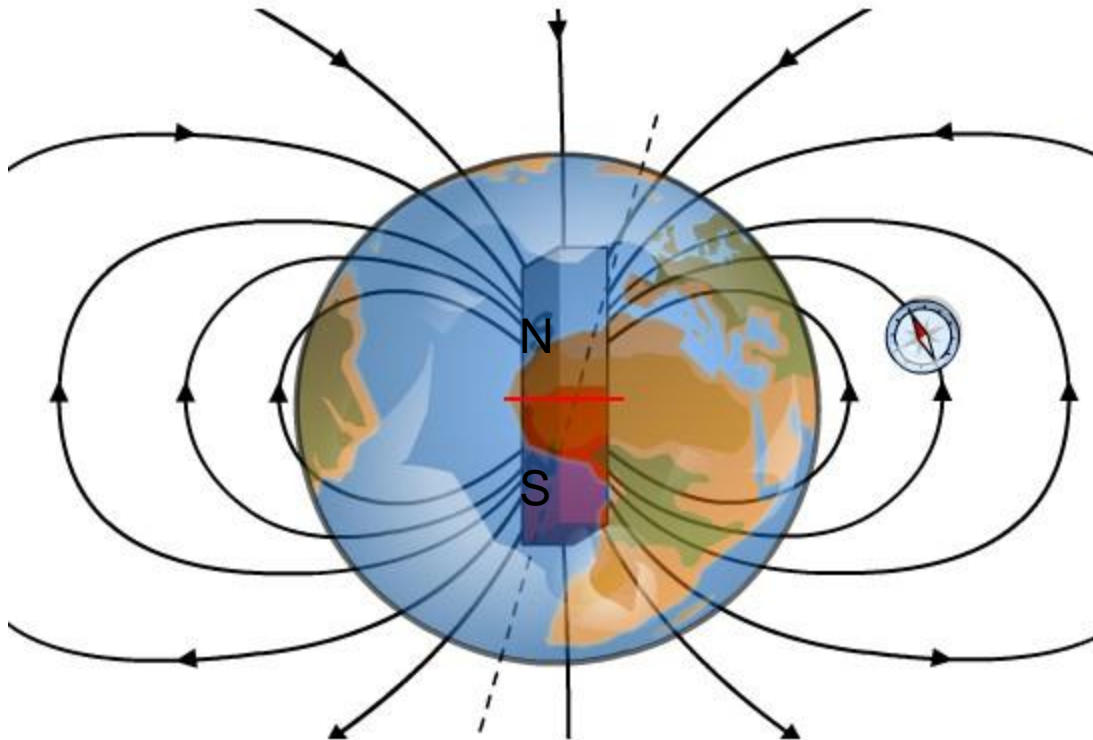
Que représentent les bandes noires et blanches corrélées aux noms d'étages sur le document 5 ?



Axe du champ géomagnétique → ~ aligné avec l'axe de rotation de la Terre
 Phase d'inversion de polarité durant les temps géologiques → les pôles N et S échantent leur position

Exercice n°3: correction

Question 1

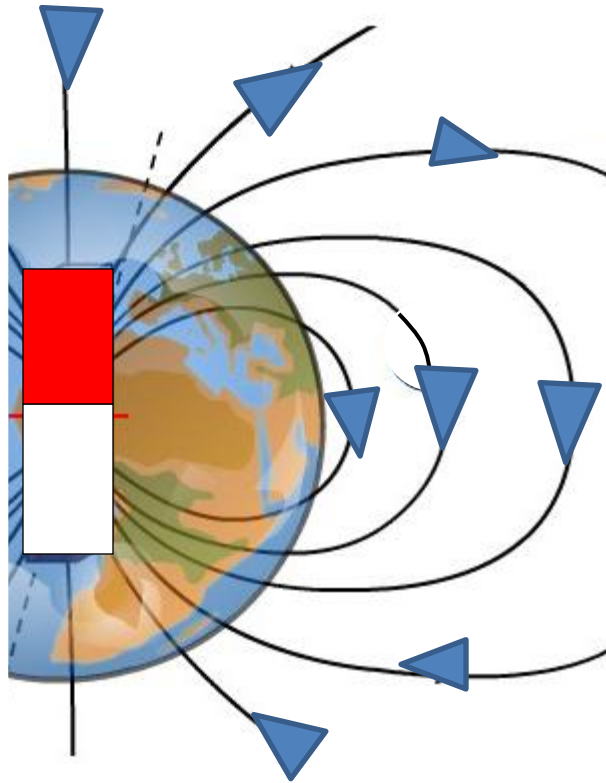


Conditions actuelles
dîtes de
« polarité normale »
(bandes noires)

Inversions du champ magnétique

Exercice n°3: correction

Question 1

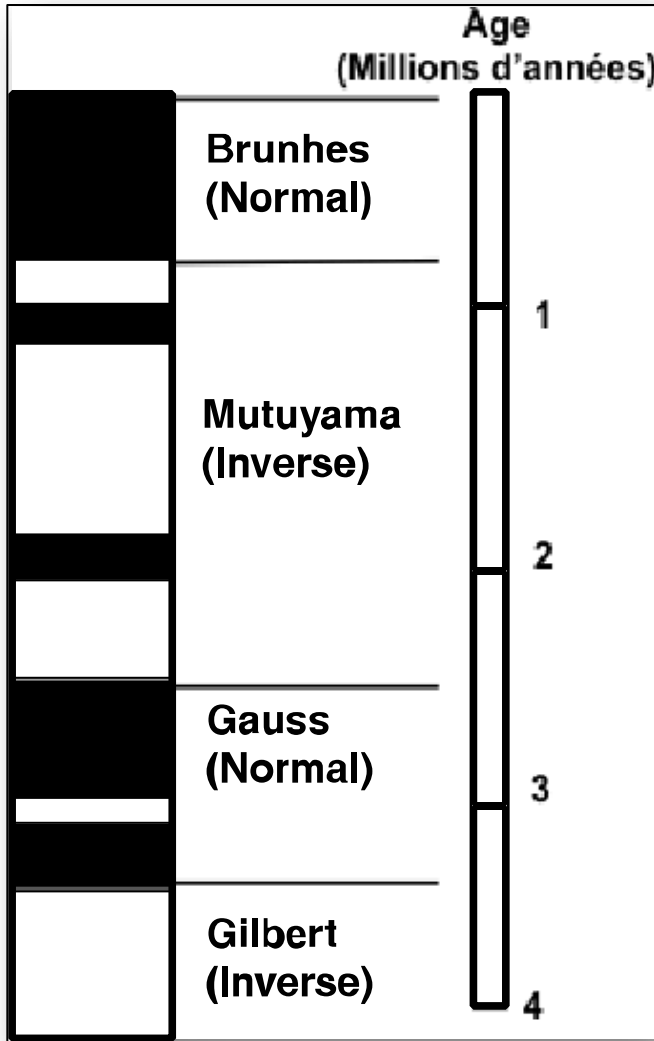


Conditions de
« polarité inverse »
(bandes blanches)

Inversions du champ magnétique

Exercice n°3: correction

Question 1



Des inversions magnétiques remontant jusqu'au Paléozoïque ont été documentées (en moyenne une tous les 700 000 ans environ; l'intervalle entre deux inversions n'étant pas constant).

Exercice n°3: correction

Question 1

Enregistrement des inversions du champ magnétique



Minéraux ferro-magnésiens



Pillow lavas

Connaissances des inversions → tirées de certains types de roches dans lesquelles la direction du champ magnétique est figée (minéraux ferromagnésiens).

Refroidissement des roches magmatiques → acquisition d'une aimantation parallèle aux lignes du champ magnétique ambiant.

Si refroidissement → enregistrement d'un instantané de l'état du champ magnétique.

Exercice n°3: correction

Question 2

• *Comment ont été datées les limites d'étages ?*

Datation par radiochronologie

-> nécessité de trouver des affleurements exceptionnels

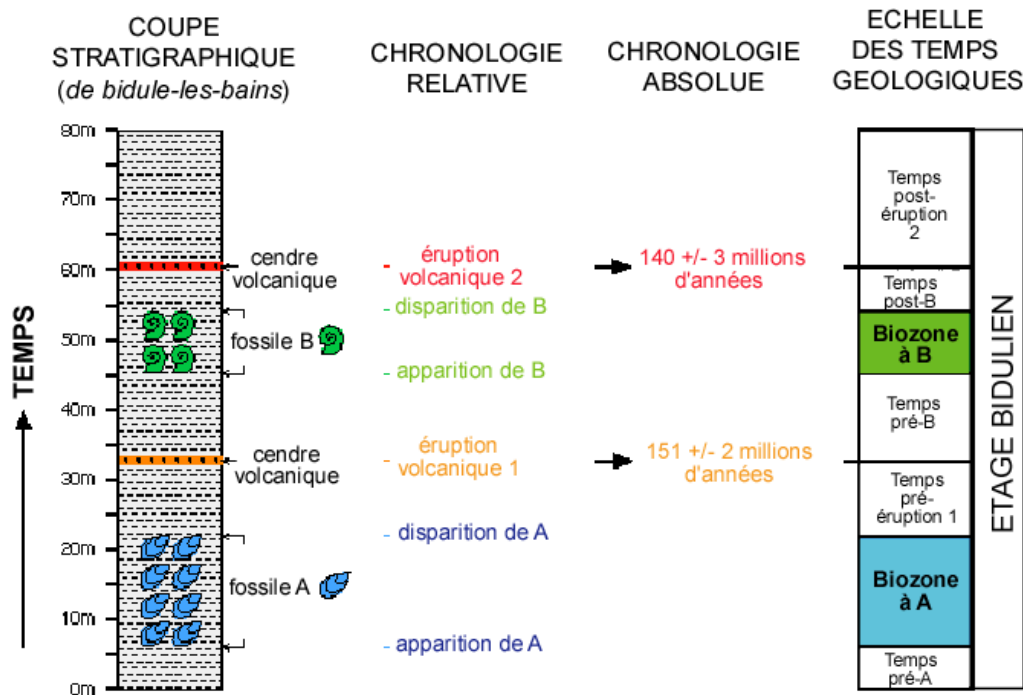
Coulées de laves ou cendres volcaniques interstratifiées dans des sédiments contenant des fossiles stratigraphiques

Exemple : on sait que le Toarcien commence à $189,6 \pm 4,0$ Ma → volcanisme sous-marin interstratifié daté radiochronologiquement à 189,6 Ma dans les sédiments de la limite Pliensbachien/Toarcien

Exercice n°3: correction

Question 3

- 1) observations à l'échelle de la coupe (succession géométrique)
- 2) corrélations (reconnaissance d'une unique succession d'événements utilisés pour subdiviser le temps)
- 3) Datations radio-isotopiques de certains événements
- 4) Calibration de la succession d'événements



Observations lithologiques et paléontologiques à l'échelle de la coupe (stratigraphie) :
 → corrélations à l'échelle de la région, du continent, ..., puis à l'échelle globale,
 → Détermination d'une unique succession d'événements
 (= **chronologie relative**).

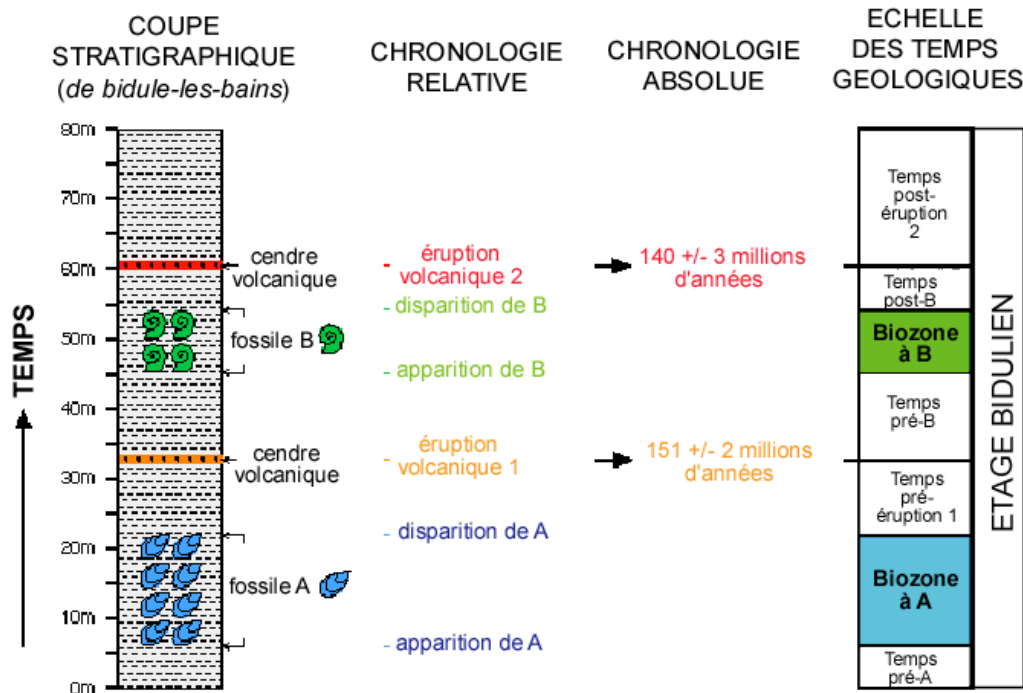
Datations radiochronologiques de certains de ces événements (éruptions volcaniques par exemple) (= **chronologie absolue**),
 => calibration par des âges numériques en Ma.

UN EXEMPLE THEORIQUE POUR MONTRER COMMENT LA CHRONOLOGIE RELATIVE ET LA CHRONOLOGIE ABSOLUE SONT INTEGREES POUR CONSTRUIRE L'ECHELLE DES TEMPS GEOLOGIQUES

Exercice n°3: correction

Question 3

- 1) observations à l'échelle de la coupe (succession géométrique)
- 2) corrélations (reconnaissance d'une unique succession d'événements utilisés pour subdiviser le temps)
- 3) Datations radio-isotopiques de certains événements
- 4) Calibration de la succession d'événements



Observations lithologiques et paléontologiques à l'échelle de la coupe (stratigraphie) :
 → corrélations à l'échelle de la région, du continent, ..., puis à l'échelle globale,
 → Détermination d'une unique succession d'événements
 (= **chronologie relative**).

Datations radiochronologiques de certains de ces événements (éruptions volcaniques par exemple) (= **chronologie absolue**),
 => calibration par des âges numériques en Ma.

Intégration des échelles absolues et relatives pour former l'échelle des temps géologiques