

Le temps et les roches

Introduction

Existence de cycles orogéniques

L'histoire de la Terre se caractérise par une périodicité de phases d'ouverture de bassins océaniques et de formation de chaînes de montagnes dont les continents ont gardé la mémoire.

Cette périodicité forme des cycles appelés cycles orogéniques caractérisés par 3 phases :

- Formation puis fermeture d'un océan
- Formation d'une chaîne de montagne
- Disparition de cette chaîne de montagnes.

Ainsi, les continents actuels associent des domaines dont les roches sont d'âges différents reflétant l'existence d'anciennes chaînes de montagnes (ceintures orogéniques).

Plusieurs cycles se sont succédés au cours de l'histoire de la Terre parmi lesquels :

- Le cycle icartien
- Le cycle cadomien
- Le cycle calédonien
- Le cycle varisque ou cycle hercynien
- le cycle alpin

La détermination de l'âge des roches peut se faire par le biais de deux types de chronologies, la datation relative et la datation absolue.

I. La chronologie relative

La chronologie relative se base sur deux postulats que sont les relations géométriques et l'association de fossiles stratigraphiques. Si celle-ci ne donne pas une date exacte d'un faciès ou d'une roche sédimentaire, elle permet en revanche de reconstituer la succession des évènements géologiques d'une zone.

A. Chronologie par les relations géométriques

Les relations géométriques permettent de reconstituer la chronologie relative des structures ou d'évènements géologiques de différentes natures et à différentes échelles d'observation. Elle est caractérisée par trois principes : la superposition, le recoupement et l'inclusion.

1. Le principe de superposition

Une structure, ou un objet géologique, est en effet toujours plus ancienne que la structure qui la recouvre. Ce principe s'applique pour les couches (ou strates) de roches sédimentaires ou volcaniques qui peuvent se superposer. L'application de ce principe peut être compliquée dans des terrains soumis à de fortes déformations.

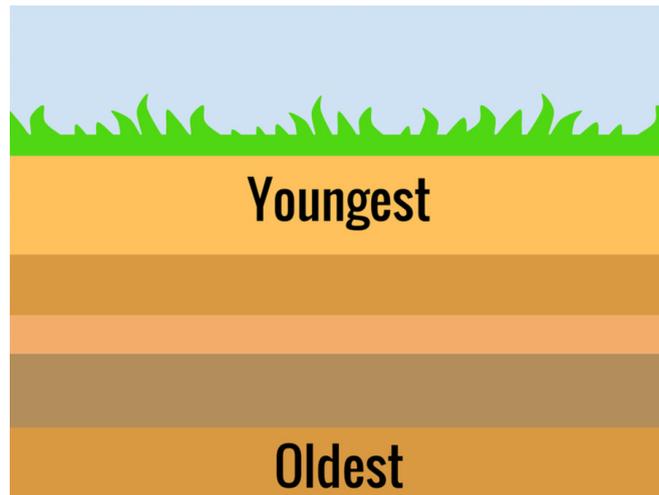


Figure 1 : Schéma de principe de la superposition géologique

2. Le principe de recoupement

Selon le principe de recoupement, une structure, ou un objet géologique, est en effet toujours plus ancienne que la structure qui la recoupe ou la déforme. Ce principe s'applique en particulier pour les failles, les plis ou les filons qui sont toujours plus récents que les couches affectées par ces phénomènes.

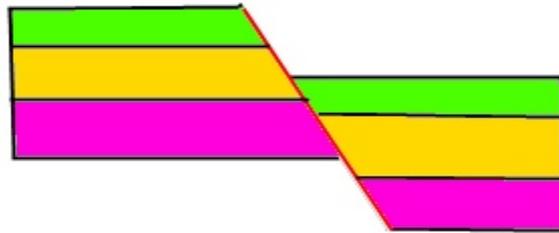


Figure 2 : Schéma illustrant le principe de recoupement. Ici la faille est postérieure au dépôt des couches sédimentaires

3. Le principe d'inclusion

Selon le principe d'inclusion, une structure, ou un objet géologique, est en effet toujours plus ancienne que la structure qui la contient. Ce principe peut s'appliquer à différentes échelles : un fragment de roche ou un minéral est plus récent que la roche ou le minéral qui le contient.



Figure 3 : Basalte à inclusion de péridotites. Les péridotites sont plus anciennes que le basalte qui les entoure

B. Les associations de fossiles stratigraphiques

Afin d'être de bons indicateurs, les fossiles stratigraphiques se doivent d'être des fossiles ayant évolué rapidement au cours du temps. Ils doivent être présents sur de courtes périodes, très abondants et largement répartis géographiquement.

Parmi les fossiles utilisés comme fossiles stratigraphiques on peut trouver des Ammonites, des Trilobites et certains Foraminifères. Ces trois groupes sont caractéristiques d'une période géologique particulière.

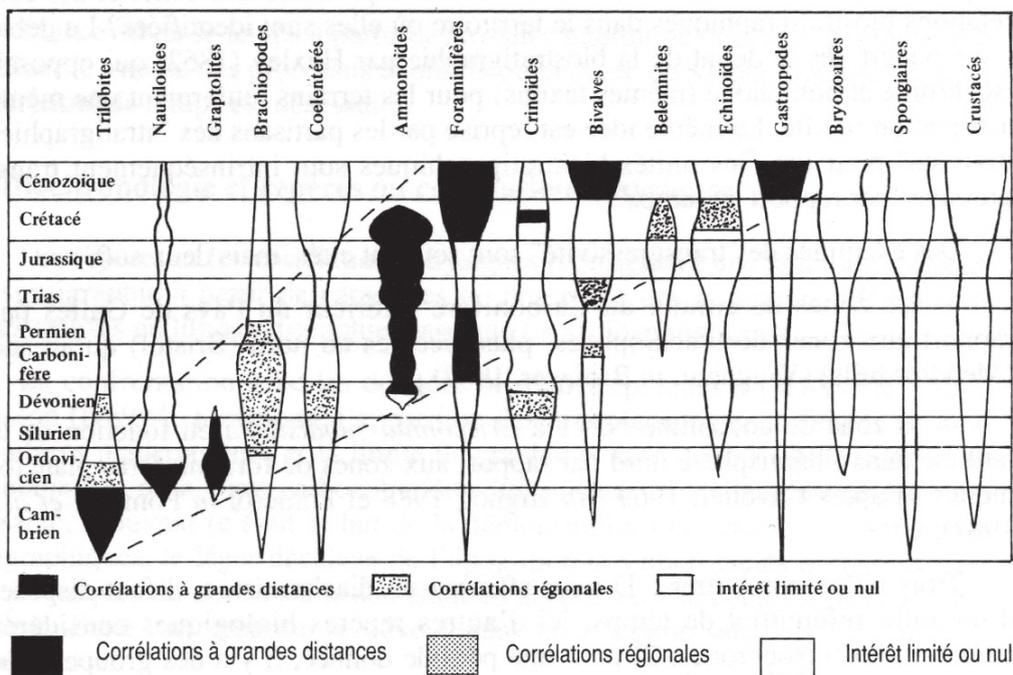


Figure 4 : présence de fossiles stratigraphiques en fonction des périodes géologiques

Selon le principe d'identité paléontologique, la présence de fossiles stratigraphiques permet de dater la roche qui les contient de manière indirecte. Une association de plusieurs fossiles stratigraphiques dans deux faciès sédimentaires séparés permet d'établir une corrélation temporelle entre ces deux milieux, c'est le principe de corrélation. Par conséquent, deux

couches géologiques renfermant la même association de fossiles stratigraphiques sont considérées comme étant de même âge.

C. Etablissement d'échelle stratigraphique

Les coupures dans le temps sont établies sur des critères paléontologiques : apparition ou disparition de groupes fossiles. Ces changements ont été utilisés pour définir des limites entre les différentes périodes géologiques. Selon l'importance des changements, les limites séparent des périodes plus ou moins longues.

La prise en compte de données biologiques (fossiles) et pétrographiques (nature des roches) à l'échelle mondiale a permis d'établir une échelle stratigraphique mondiale qui est réexaminée régulièrement afin de tenir compte de nouvelles données.

II. La chronologie absolue

A. Le phénomène de désintégration radioactive

Que ce soit dans un système organique, comme les molécules constitutives d'un être vivant, ou dans l'inorganique, comme les cristaux constituant une roche, il existe des éléments radioactifs naturels. Dans les roches, ces éléments se forment naturellement par métamorphisme à partir du magma. On peut alors considérer ce système comme un système fermé. En effet, il n'existe alors aucun échange de matière entre le cristal et son environnement. Il se produit le même phénomène lors de la mort d'un individu. Ses cellules n'effectuent plus d'échange avec leur environnement, elles deviennent donc un système fermé.

Le désintégration radioactive est phénomène continu et irréversible ; la demi-vie d'un élément radioactif est caractéristique de cet élément.

La quantification de l'élément père radioactif et de l'élément fils radiogénique permet de déterminer l'âge des différents constituants d'une roche.

Les isotopes radioactifs pères se désintègrent pour donner des isotopes fils selon une demi-vie, ou période radioactive, correspondant au temps nécessaire pour que 50% des éléments contenus dans un système se soient désintégrés. Cette demi-vie est caractéristique de l'élément considéré. La teneur en éléments radioactifs dans un cristal diminue donc progressivement à une vitesse propre à chaque élément radioactif. Ainsi, en déterminant les quantités de l'élément père radioactif et/ou de l'élément fils radiogénique dans un minéral il est possible d'en déduire l'âge de formation de ce minéral, donc de cristallisation du magma. Cette méthode s'applique aux roches magmatiques et métamorphiques, à l'échelle du minéral ou de la roche entière.

B. Différents chronomètres utilisés en géologie

Le caractère fixe de la demi-vie des différents couples, éléments radioactifs pères - éléments radiogéniques fils, permet de les utiliser comme des chronomètres fiables afin de dater un système.

Le choix du chronomètre dépend de l'âge supposé de l'objet à dater, qui peut être appréhendé par chronologie relative.

Les datations sont effectuées sur des roches magmatiques ou métamorphiques, en utilisant les roches totales ou leurs minéraux isolés.

L'âge obtenu est celui de la fermeture du système considéré (minéral ou roche). Cette fermeture correspond à l'arrêt de tout échange entre le système considéré et l'environnement (par exemple quand un cristal solide se forme à partir d'un magma liquide).

Pour les roches magmatiques ou métamorphiques, les principaux chronomètres isotopiques sont « potassium/argon » (K/Ar) et « rubidium/strontium » (Rb/Sr). Le choix d'un chronomètre dépend donc essentiellement de l'âge supposé de l'objet à dater. La datation au carbone 14 se limite aux 50000 dernières années alors que la datation avec les méthodes K/Ar et Rb/Sr permettent de dater des roches de plusieurs milliards d'années.

Des températures de fermeture différentes pour différents minéraux expliquent que des mesures effectuées sur un même objet tel qu'une roche, avec différents chronomètres, puissent fournir des valeurs différentes.