

T1. Le temps et les roches

La chronologie relative.

- La **datation relative** permet **d'ordonner les uns par rapport aux autres** des structures et des événements géologiques variés (strates, plis, failles, minéraux, discordance, sédimentation, intrusion, orogénèse).
- Elle ne donne **pas d'âge absolu** (= âge chiffré).

- Elle repose sur des **principes**.

* Le **principe de superposition** : une structure située au-dessus d'une autre est plus récente.

* Le **principe de recoupement** : une structure qui en recoupe une autre est plus récente.

* Le **principe d'inclusion** : une structure incluse dans une autre est antérieure.

- Ces principes sont **applicables à différentes échelles d'observation** (minéraux, roches, affleurements, cartes géologiques).

- le principe de **continuité** indique qu'une strate (= une couche) a le même âge sur toute son étendue.

- Comme la nature de la strate peut varier d'un point à un autre, on utilise alors des **fossiles stratigraphiques** pour établir des **corrélations**.

- C'est le principe d'**identité paléontologique** : des strates contenant les mêmes fossiles stratigraphiques sont de même âge.

- Les fossiles stratigraphiques présentent trois caractéristiques :

* l'espèce doit être caractérisée par une **durée de vie brève** à l'échelle des temps géologiques (= évolution rapide) ;

* elle doit se trouver **répartie sur une vaste aire géographique** ;

* elle doit avoir été représentée par un **grand nombre d'individus**.

- Les **associations de fossiles stratigraphiques** sont utilisées pour **caractériser des intervalles de temps**.

- L'identification d'**associations fossiles identiques** dans des régions qui sont géographiquement éloignées permet d'établir des **corrélations temporelles** entre les formations.

- On constate que les **coupures dans les temps géologiques** (ères, périodes, étages) sont établies sur des **critères paléontologiques** : **apparition ou disparition de groupes fossiles**.

- Ainsi l'**échelle des temps géologiques** ou **échelle stratigraphique** représente l'empilement des couches géologiques avec leur datation.

- Dans l'échelle stratigraphique, les subdivisions sont « **ères** » puis « **périodes** » puis « **étage** ». Elle montre :

- que la séparation entre les trois ères est fondée sur des **crises biologiques** ;

- que la séparation entre certaines périodes est aussi fondée sur des crises biologiques ;

- que l'ère paléozoïque débute par la diversification du vivant ;

- Que les étages ont été définis par l'apparition d'une ou plusieurs espèces fossiles.

La chronologie absolue.

- Les **âges absolus** sont calculés grâce aux techniques de datation absolue.
- On utilise des **éléments radioactifs** pour dater des roches.
- Un **élément père radioactif** instable se **désintègre** au cours du temps en un **élément fils (radiogénique)**.
- La désintégration est un **phénomène continu et irréversible** : elle ne dépend ni de la température, ni de la pression.
- La désintégration suit la loi $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$
 $N(t)$ = quantité d'élément radioactif au temps t , N_0 = quantité initiale d'élément radioactif, λ = constante de désintégration (connue) et t = l'âge recherché.
- La **demi-vie** correspond au **temps qu'il faut pour que la quantité d'éléments pères soit divisée par deux** : au bout d'une demi-vie, il reste la moitié des éléments pères, soit 50 %. Au bout de deux demi-vies, il en reste 25 %, au bout de trois demi-vies 12,5 %...
- La demi-vie est **fixe et connue** pour un couple d'éléments.
- Les éléments radioactifs doivent s'incorporer dans les roches : c'est en fait **la fermeture du système que l'on date**, c'est-à-dire le moment où il n'y a **plus d'échange** avec le milieu extérieur. On peut ainsi dater différents types de roches, essentiellement les **roches magmatiques** et **métamorphiques** à partir des **quantités d'éléments père et/ou fils**.
- Au sein d'une même roche, **des minéraux peuvent avoir des âges différents** compte tenu qu'ils ont des **températures de fermeture différentes**.
- Il existe **plusieurs couples de radiochronomètres**, caractérisés par des demi-vies différentes : on choisit le couple suivant la **présence initiale d'isotopes radioactifs** dans l'échantillon mais aussi de **l'âge de l'objet à dater** (certains couples sont adaptés à des périodes très anciennes, d'autres très récentes). Pour cela, une **estimation de l'âge de l'échantillon par chronologie relative** est nécessaire.
- En général, au bout de 8 à 10 demi-vies, la méthode n'est plus utilisable.

* Le couple **Rubidium (père)/ Strontium (fils)**.

- Le couple ^{87}Rb (élément père) et ^{87}Sr (élément fils) a une demi-vie de 48,8 Ga.
- On **ne connaît pas la quantité initiale de $^{87}\text{Rb}_0$ ni la quantité initiale de $^{87}\text{Sr}_0$** .
- Dans l'équation à résoudre, on se retrouve donc avec **plusieurs inconnues**.
- Il faut alors **passer par un autre isotope du Sr** : ^{86}Sr , lui aussi stable, mais non issu de la désintégration. Cela permet alors d'obtenir une droite, dite **droite isochrone**, dans un graphique $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = f(^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr})$.
- Le **coefficient directeur de la droite** donne alors **accès à l'âge recherché** puisque $t = \ln(a + 1) / \lambda$.

* Le couple **potassium (père)/ argon (fils)**.

- On l'utilise pour des périodes assez anciennes du fait de la demi-vie de 1,25 Ga.
- On mesure ici la **production de ^{40}Ar ainsi que ^{40}K restant** sachant que la **concentration en $^{40}\text{Ar}_0$ est nulle** lors de la fermeture du système.
- Comme on connaît les quantités finale et initiale en isotope fils, la quantité finale d'isotope père, la demi-vie, il est possible de trouver l'âge de fermeture du système.
- On peut dater les feldspaths et les micas, qui contiennent du K.

* Le couple **uranium (père)/ plomb (fils)**.

- Dans cette méthode, on mesure les rapports de deux couples pour dater : $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ (demi-vie de 4,47 Ga) et $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$ (demi-vie de 0,704 Ga).
- Toutes les combinaisons possibles de ces couples sont alors situés sur une **courbe nommée Concordia** (dans le graphique $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} = f(^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U})$).
- Si le système n'a pas été perturbé, alors **les valeurs des rapports isotopiques de l'échantillon qui se situent sur la courbe donnent l'âge depuis la fermeture du système**.
- La datation absolue permet de donner des **âges à l'échelle stratigraphique**.