

Thème 1B : Le domaine continental et sa dynamique

Chapitre 1 : La caractérisation du domaine continental - Lithosphère continentale, reliefs et épaisseur crustale

FICHE METHODE : DETERMINER L'AGE D'UN ECHANTILLON PAR DATATION ABSOLUE

Principe général

La radiochronologie désigne l'ensemble des méthodes de datation d'objets (minéraux, roches, fossiles etc.) utilisant les teneurs d'éléments radioactifs et celles de leurs produits de désintégration. On parle de radiochronomètre pour désigner un élément radioactif utilisé pour la datation.

Notion de désintégration et loi de décroissance radioactive

Un noyau radioactif est un noyau instable subissant spontanément une transformation appelée désintégration permettant un retour à la stabilité. L'évolution statistique d'une population de noyaux répond à une loi de probabilité bien déterminée. Le nombre d'atomes de l'isotope radioactif décroît suivant une loi exponentielle.

Ce nombre est divisé par deux chaque fois qu'il s'écoule une certaine durée appelée temps de demi-vie (période) de l'isotope radioactif : la demi-vie (notée $t_{1/2}$) est la durée au bout de laquelle la population initiale N_0 est divisée par deux.

La loi s'écrit : $N = N_0 e^{-\lambda t}$ avec :

- N : nombre d'atomes de l'isotope radioactif au temps t
- N_0 : nombre d'atomes de l'isotope radioactif au temps 0
- λ : constante de désintégration traduisant la vitesse à laquelle l'isotope radioactif se désintègre

La mesure de la quantité de l'isotope père et/ou de l'isotope fils au temps t (le présent) va permettre de déterminer la durée t écoulée depuis la fermeture du système (le système étant l'échantillon que l'on souhaite dater), révélant ainsi l'âge t de l'échantillon.

Obtention d'un âge par la méthode de la droite isochrone

Dans la majorité des situations de datation, il s'agit de trouver l'âge de la roche alors que les quantités initiales d'isotope père et fils sont inconnues. L'exemple le plus courant est celui du couple Rubidium / Strontium. ^{87}Rb est un isotope radioactif qui se désintègre en strontium ^{87}Sr .

Pour obtenir l'âge d'une roche en utilisant le radiochronomètre ^{87}Rb , il faut d'une part réaliser des mesures sur plusieurs échantillons de même origine, d'autre part utiliser un isotope de référence pour comparer les mesures des différents échantillons.

Il s'agira ici de l'isotope ^{86}Sr qui est stable et qui n'est pas radiogénique (contrairement à ^{87}Sr).

A partir de la fermeture du système (situation initiale $t = 0$), dans chaque échantillon les rapports isotopiques $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ diminuent du fait de la désintégration du ^{87}Rb . Dans le même temps les rapports isotopiques $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ augmentent du fait de l'obtention du ^{87}Sr . Comme la vitesse de désintégration du rubidium est constante, les divers rapports isotopiques $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en fonction de $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ restent alignés sur une droite dite isochrone.

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

Si le système reste clos, au bout d'un temps chaque échantillon verra son rapport $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ diminuer et son rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ augmenter.

Au fur et à mesure que le temps s'écoule, le ^{87}Rb se désintègre en ^{87}Sr à raison de 1 pour 1.

Le rapport initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ne change pas car il n'y a pas de Rb!

$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$

Concrètement, on mesure, dans les minéraux de la roche que l'on souhaite dater, les rapports isotopiques $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et de $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$. Avec les mesures réalisées, on peut construire le graphique $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}) = f(^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr})$ qui représente la droite isochrone, d'équation $y = ax + b$

Or l'expression mathématique du rapport isotopique $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en fonction de $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ est :

$$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}) = (e^{\lambda t} - 1)(^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}) + (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{initial}}$$

Par conséquent, la pente de la droite isochrone est égale à $(e^{\lambda t} - 1)$. En connaissant la pente a de la droite isochrone, on obtient le temps t écoulé depuis la fermeture du système, c'est à dire l'âge de la roche $t = \ln(a+1) / \lambda$

La droite isochrone

$$[^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}]_t = a [^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}]_t + b$$

