

**SUJET DE SPÉ. SVT
BAC GÉNÉRAL 2024
LIBAN/ALGÉRIE**

**EXERCICE 1 : LES ISOTOPES, MARQUEURS DU
TEMPS ET DU CLIMAT**

INTRODUCTION


Les isotopes radioactifs sont des éléments chimiques dont le noyau est instable et se désintègre en libérant des particules et de l'énergie. En géologie, ils sont utilisés comme chronomètre, c'est-à-dire qu'un couple d'isotopes peut nous permettre de dater des éléments âgés de millions, voire de milliards d'années. Comment est utilisée l'analyse quantitative des isotopes pour étudier le passé géologique de la Terre ?

Pour répondre à cela, nous allons voir que certains isotopes sont utilisés pour la datation des roches et des minéraux, puis nous verrons que d'autres sont également utilisés pour dater des éléments comme la matière organique. Nous verrons aussi qu'ils peuvent permettre de reconstituer des climats anciens en analysant les glaces des calottes glaciaires ou les coquilles carbonatées.

I. DATATION

1. Des roches et minéraux

Les couples d'isotopes sont des éléments père et fils ; l'élément



père radioactif se désintègre et forme ainsi un élément fils. Cette désintégration est continue et irréversible et suit la loi de désintégration radioactive : $P_t = P_0 \cdot e^{-\lambda t}$, où P_0 est la quantité initiale d'élément père, λ est la constante de désintégration radioactive de l'isotope et t est le temps écoulé depuis la fermeture du système.

Il existe plusieurs couples d'isotopes (qui diffèrent par la période de leur élément père) permettant de dater des minéraux et des roches parfois âgés de plusieurs milliards d'années :

- Les isotopes potassium et argon ($^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$) permettent de déterminer l'âge d'éléments ayant de 1 million d'années jusqu'à 4,5 milliards d'années, en utilisant l'équation suivante :

$$t = \frac{1}{\lambda} \left[\ln \left(\frac{\lambda^{40}\text{Ar}}{\lambda^{40}\text{K}} + 1 \right) \right]$$

- Les isotopes rubidium et strontium ($^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr}$) permettent de déterminer l'âge d'éléments ayant de 10 millions d'années jusqu'à 4,5 milliards d'années, en utilisant l'équation suivante :

$$t = \frac{\ln(a + 1)}{\lambda}$$

[Il existe d'autres couples tels que argon-argon ($^{39}\text{Ar} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$) ou encore uranium-plomb (^{238}U ; ^{206}Pb) qui permettent de faire des datations aux mêmes échelles de temps que ceux précédemment cités.]

Pour savoir quel couple choisir, il faut estimer l'âge que pourrait avoir la roche en se basant sur la datation relative (principe de superposition, de continuité, d'inclusion ou d'identité paléontologique). Il faut aussi être dans une roche magmatique ou métamorphique pour ces datations, car les roches sédimentaires peuvent être contaminées par des particules détritiques plus anciennes que le dépôt. Il est possible de dater les minéraux de la roche, et donc estimer l'âge de formation de



celle-ci.

2. Datation des matières organiques et des glaces

Les matières organiques (ex. : os, bois...) ont des âges parfois bien plus jeunes que le million d'années et ne peuvent être datées avec les isotopes cités précédemment. Il faut donc utiliser un autre couple : carbone et azote (^{14}C -> ^{14}N). Ce dernier permet de dater des éléments de moins de 40 000 ans.


II. RECONSTITUER LES CLIMATS DU PASSÉ

Pour les glaces qui sont constituées d' H_2O , on peut s'intéresser à l'atome d'oxygène qu'elles contiennent : en effet l'oxygène possède 2 formes isotopiques ^{16}O et ^{18}O . Les proportions de chaque isotope peuvent être mesurées par un spectromètre de masse et comparées à un échantillon standard d'eau (même principe pour les carbonates des coquilles – CaCO_3 – qui contiennent ces mêmes isotopes) qui servira de référence en se basant sur la formule suivante :

$$\delta^{18}\text{O} = \frac{\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}\right)_{\text{échantillon}} - \left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}\right)_{\text{standard}}}{\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}\right)_{\text{standard}}} \times 1000$$

Cette datation permet d'estimer les évolutions de la température globale de la Terre ces derniers 800 000 ans, en utilisant l' ^{16}O et l' ^{18}O comme un véritable « thermomètre isotopique ». En revanche, en étudiant les sédiments océaniques carbonatés, pour la température des océans, il est possible de remonter bien plus loin que 800 000 ans.

CONCLUSION



Nous avons vu qu'il est possible d'utiliser différents couples d'isotopes pour faire des datations allant de quelques milliers d'années (avec le carbone 14) à plusieurs milliards d'années (avec le couple rubidium-strontium ou potassium-argon). Nous avons montré qu'il était possible de dater des minéraux et ainsi dater la roche formée, mais que nous pouvions aussi le faire pour la matière organique.

En analysant avec un spectromètre de masse la quantité d'isotopes père ou fils, nous pouvons quantifier les isotopes pour dater différents éléments et ainsi étudier les températures du passé géologique de notre planète. Nous avons vu qu'il était possible d'étudier le passé géologique de la Terre en utilisant les isotopes, mais pouvons-nous faire de même en utilisant d'autres éléments tels que les foraminifères ou encore les pollens ?