

**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 il 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 ($^{238}\text{U} ; ^{206}\text{Pb}$) 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

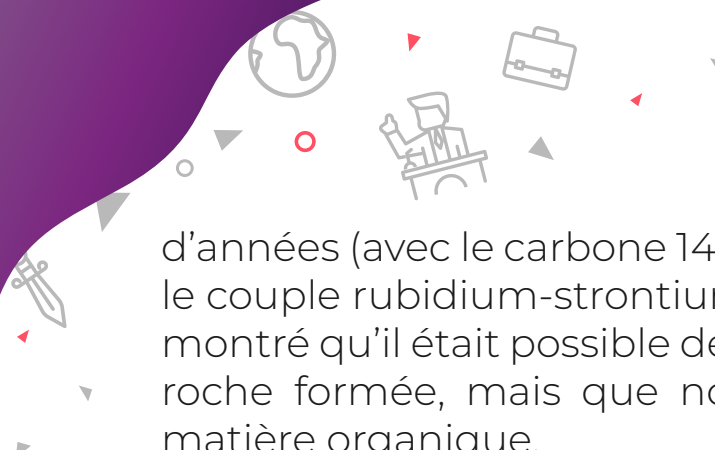
Pour les glaces qui sont constituées d' H_2O , on peut s'intéresser à l'atome d'oxygène qu'elles contiennent : en effet l'oxygène possède 2 formes isotopiques ^{16}O et ^{18}O . Les proportions de chaque isotope peuvent être mesurées par un spectromètre de masse et comparées à un échantillon standard 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'isotope 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 ?

EXERCICE 2 : VIRUS DE LA COVID-19 ET RÉGULATION DE LA GLYCÉMIE PAR LE FOIE.

Le foie joue un rôle dans le stockage et la libération du glucose dans le sang. Lors du processus de la glycolyse, le glucose sera transformé pour être stocké, et en cas d'hypoglycémie, il pourra être obtenu à partir des stocks et relibéré dans le sang. Quelle perturbation sur la régulation de la glycémie est causée par la COVID-19 et comment les anticorps pourraient-ils la traiter ?

Le 1^{er} document nous rappelle que les virus ont la possibilité de parasiter une cellule en se fixant sur des récepteurs présents à leur surface. Dans le cas du virus de la COVID-19, il s'agit des récepteurs ACE2 des hépatocytes, sur lesquels se fixent les protéines spike situées sur les virus. Le doc 2b nous montre que dans les cellules du foie de patients décédés de la COVID-19, on retrouve les protéines spike du virus ; elles ont donc bien été infectées par la COVID-19.

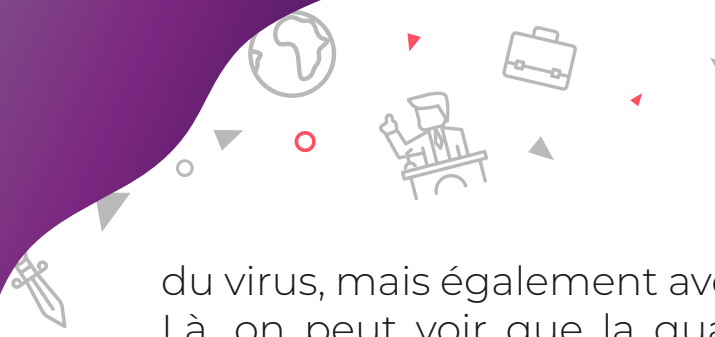
Dans les documents 2 et 4, il est possible de faire le lien entre contamination à la COVID-19 et hyperglycémie. En effet, dans le document 2a, nous observons que parmi les patients suivis, la



proportion de patients en hyperglycémie chronique après 30 jours d'hospitalisation est de 52 % pour ceux qui ont été atteints par la COVID-19, alors qu'elle n'est que de 25 % pour ceux qui n'ont pas été contaminés. Cela laisse supposer que l'hyperglycémie chronique est liée à l'infection à la COVID-19. Le document 4a présente les résultats d'une expérience où des hépatocytes sont mis en contact avec le virus et d'autres non (= témoin). On dispose ensuite ces cellules dans une solution faible en glucose et après 1 heure, on mesure le taux de glucose de la solution (rappel : les cellules du foie peuvent libérer du glucose). On observe que la concentration de glucose est de $600\mu\text{mol/L}$ pour des hépatocytes sains et de $1000\mu\text{mol/L}$ pour les hépatocytes ayant été en contact avec la COVID-19. Cela montre que les cellules contaminées libèrent plus de glucose que les cellules saines.

Le document 3 nous rappelle comment se font le stockage et la libération de glucose dans les hépatocytes : le glucose est transformé en phosphoénolpyruvate, puis en pyruvate avec l'aide de certaines enzymes comme la pyruvate kinase (PK). En retour, en cas d'hypoglycémie, du glucose peut être obtenu à partir de l'oxaloacétate et avec la présence de l'enzyme phosphoénolpyruvate carboxykinase (PEPCK). Le document 4b montre que les hépatocytes sains ont une faible activité de PEPCK (moins de 0,5 UA), alors que les cellules infectées à la COVID-19 ont une forte activité PEPCK (1,75 UA). Cela permet d'expliquer que le taux de glucose dans le sang est plus important pour les cellules ayant été infectées, car l'activité de la PEPCK est plus importante et l'oxaloacétate est retransformé en glucose en plus grande quantité.

Dans le document 5a, on mesure la quantité d'ARN messager (ARNm) viral présent dans les hépatocytes. Cet ARNm permet de coder des protéines virales de la COVID-19 (dans le cas présent). Dans les cellules saines (= témoin), il n'y a pas d'ARNm viral, alors que dans les hépatocytes ayant été cultivés avec la COVID-19, on retrouve 250 UA d'ARNm viral. Le résultat est significatif. Il y a une 3^e mise en culture avec cette fois des hépatocytes en présence



du virus, mais également avec des anticorps spécifiques d'ACE2. Là, on peut voir que la quantité d'ARNm est de 175 UA, bien moins élevée que sans anticorps. Cela signifie que les anticorps vont se fixer sur la protéine ACE2, empêchant la fixation de la protéine spike du virus de la COVID-19 sur les hépatocytes. Le document 5b nous montre également que les cellules en présence de virus et d'anticorps vont libérer, dans le milieu, bien moins de glucose ($1350\mu\text{mol/L}$) que les cellules infectées ($1910\mu\text{mol/L}$). Les résultats sont même très proches des cellules saines où la concentration de glucose dans le milieu est de $1250\mu\text{mol/L}$. Cette action des anticorps qui empêchent la fixation des anticorps permet donc bien de diminuer la libération de glucose par les hépatocytes.

Nous avons donc pu mettre en évidence que des personnes ayant été infectées par le virus de la COVID-19 ont pu subir des perturbations de la régulation de la glycémie, car le virus a contaminé les hépatocytes en se fixant sur leurs récepteurs ACE2. À la suite de cette infection, le virus a stimulé l'activité d'une enzyme, la PEPCK, libérant davantage de glucose dans le sang et déclenchant des hyperglycémies. Il est cependant possible de traiter les effets de cette infection avec des anticorps spécifiques d'ACE2, réduisant ainsi les effets du virus sur les hépatocytes et empêchant l'hyperglycémie.