

Exercice 1 : L'utilisation des isotopes en sciences de la Terre (7 points)

Depuis sa formation, la Terre a connu de profondes transformations géologiques et climatiques. Pour en reconstituer l'histoire, les scientifiques disposent d'outils variés. L'étude des isotopes stables ou radioactifs, présents dans des objets géologiques tels que les roches, les sédiments et les glaces, offre à la fois des repères temporels et des indices sur les environnements anciens.

On va expliquer comment l'étude de rapports isotopiques permet de retracer des variations climatiques passées et de dater des objets géologiques.

On verra d'abord la datation des roches en géologie par radiochronologie puis l'utilisation du $\delta^{18}\text{O}$ pour retracer des variations climatiques récentes.

Remarques : Les deux parties sont totalement indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre quelconque. Ce sujet étant plus difficile pour les élèves que le sujet du jour 1, il est possible que les attendus du corrigé soient moins exigeants pour équilibrer.

I. Datation des objets géologiques par les rapports isotopiques : la chronologie absolue.

La désintégration radioactive est un 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 minéraux constitutifs d'une roche.

Différents chronomètres sont classiquement utilisés en géologie. Ils se distinguent par la période de l'élément père.

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).

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.

Arguments possibles à intégrer à cette partie : décrire une observation d'auréole liée à la désintégration de l'uranium dans les zircons au sein des biotites, expliquer ou faire un graphique de la désintégration d'un élément père radioactif en élément fils radiogénique en indiquant la demi-vie pour un géochronomètre couramment utilisés dans la datation absolue : Rb/Sr ou K/Ar ou U/Pb...

II. Retracer des variations climatiques grâce aux rapports isotopiques :

La mesure de rapports isotopiques de l'oxygène ($\delta^{18}\text{O}$) dans les carottes polaires antarctiques et les sédiments carbonatés font apparaître une alternance de périodes glaciaires et interglaciaires durant les derniers 800 000 ans.

Le $\delta^{18}\text{O}$ est un indicateur qui quantifie la quantité d'isotope 18 de l'oxygène par rapport à l'oxygène 16 dans un échantillon. Il est exprimé en ‰.

Remarque : si on s'arrête aux connaissances exigibles du programme, le corrigé ne contiendra que cette notion. Il faudra néanmoins l'argumenter correctement.

Arguments possibles pour cette partie : expliquer ou schématiser comment un thermomètre isotopique ($\delta^{18}\text{O}$ dans les glaces arctiques et antarctiques, $\delta^{18}\text{O}$ dans les carbonates des sédiments océaniques comme les coquilles des foraminifères) peut être utilisé pour reconstituer indirectement des variations de températures...

En conclusion, l'étude des rapports isotopiques constitue un outil très important pour les géologues pour reconstituer l'histoire de la Terre à deux niveaux très différents.

La radiochronologie, fondée sur la désintégration irréversible d'isotopes radioactifs, permet de dater avec précision la formation des roches.

Le $\delta^{18}\text{O}$, mesuré dans les glaces polaires et les carbonates sédimentaires, constitue un thermomètre isotopique permettant de retracer les grandes variations climatiques des derniers 800 000 ans.

Exercice 2 : L'effet incrétine (8 points)

L'ingestion de glucose par voie orale entraîne une augmentation de la glycémie (**concentration sanguine en glucose**) suivie d'une augmentation de l'insulinémie (concentration sanguine en insuline) beaucoup plus importante pour l'insulinémie que l'ingestion par voie sanguine. Ce phénomène se nomme effet incrétine.

Grâce à l'analyse des documents proposés, on va déterminer les mécanismes qui expliquent pourquoi l'ingestion de glucose par voie orale provoque une élévation de l'insulinémie plus grande que l'injection de glucose par voie sanguine.

Remarque : contrairement à la veille où il fallait réorganiser l'ordre d'analyse des documents, ce n'est pas indispensable ici. La mise en relation des documents se fait surtout en synthèse.

Document 1 :

A- Augmentations comparables de la glycémie que ce soit avec l'administration de glucose par voie orale ou par voie sanguine (de 1 à près de 2 g/L en 30 minutes).

B- Augmentation plus forte de l'insulinémie lors de l'administration par voie orale (de 5 à 80 mU/L) que lors de l'injection sanguine (de 5 à 10 mU/L).

C- Forte augmentation de la concentration sanguine de GLP-1 (hormone sécrétée par l'intestin) lors de l'administration de glucose par voie orale (de 12 à 30 pmol/L), pas de changement (valeur stable à 12 pmol/L) lors de l'administration de glucose par voie sanguine.

L'hormone intestinale, GLP-1, est impliquée dans l'effet incrétine.

l'Étudiant

Document 2 : le passage d'une solution de drainage avec 30 mmol/L de glucose dans une portion d'intestin augmente significativement la concentration en GLP-1 dans la solution collectée à la sortie de la veine intestinale ($+11,4 \pm 3,26$ pmol/L par rapport au niveau de référence sans glucide). Pas de variation significative avec la solution de saccharose à 30 mmol/L (glucide non digéré dans cette portion d'intestin).

La présence de glucose dans l'intestin déclenche la production de GLP-1. L'ingestion orale est donc la seule voie qui sollicite l'intestin et génère cette sécrétion.

Document 3 : sur les images en microscopie à fluorescence, on voit que les récepteurs au GLP-1 se trouvent au niveau des cellules β sécrétrices d'insuline dans les îlots de Langerhans du pancréas.

Le GLP-1 ainsi produit peut agir directement sur les cellules sécrétrices d'insuline.

Document 4a : d'après les résultats de l'électrophorèse pour les ARNm de l'insuline, la quantité d'ARNm de l'insuline est plus importante dans les cellules pancréatiques cultivées dans le milieu de culture additionné de GLP-1 que dans le milieu de culture de base sans GLP-1.

Le GLP-1 stimule l'expression (transcription ici) du gène de l'insuline dans les cellules pancréatiques.

Document 4b : sur le graphique, on voit que la sécrétion d'insuline par les cellules des îlots de Langerhans augmente davantage lorsque l'augmentation de la concentration de glucose dans la perfusion s'accompagne d'une dose de GLP-1 de 10 nmol/L.

Le GLP-1 amplifie significativement la sécrétion d'insuline par les cellules β des îlots de Langerhans du pancréas (doc. 3).

En conclusion, l'effet incrétine s'explique par une chaîne de causalité : le glucose présent dans l'intestin, contrairement au glucose sanguin, stimule la sécrétion de GLP-1 par les cellules intestinales, qui agit ensuite sur les cellules β des îlots de Langerhans du pancréas en amplifiant l'expression du gène de l'insuline et donc sa sécrétion. L'insulinémie est ainsi bien plus élevée lors d'une ingestion de glucose par voie orale que lors d'une injection par voie sanguine, où l'intestin n'est pas sollicité.