

I – Étude et analyse de documents

Extraire des informations

Document 1

Rôle des traceurs (faible quantité) : suivre les déplacements des masses d'eaux dans les océans.

Deux types de traceurs : naturels ou humains.

Document 2

Années 60 : augmentation du tritium dans l'atmosphère, puis passage dans les eaux de surface.

En 10 ans, descente du tritium de 1000 à 5000 m de profondeur.

Document 3 Les CFC.

Déplacement des isolignes de CFC entre 83 et 93.

Questions

1. Donner un exemple de traceur naturel et un exemple de traceur anthropique.

Un traceur naturel existe dans la nature, indépendamment de l'homme, comme l'ion phosphate.

Un traceur anthropique est lié à l'activité humaine comme le fréon (gaz utilisé dans les circuits de réfrigération ou dans les aérosols).

2. Décrire le déplacement des eaux contenant le tritium dans l'Atlantique nord.

En une dizaine d'années, le tritium, initialement dans les eaux de surface, s'est progressivement déplacé en profondeur, entraîné par les courants plongeants. Ainsi, sur le premier schéma, la partie verte ne dépasse pas 1000 m de profondeur. Dix ans plus tard, elle atteint 5000 m de profondeur.

3. Dans quel sens est orienté le déplacement des eaux profondes marquées par le fréon.

Le document 3 montre que les lignes de concentrations en CFC se sont déplacées entre 1983 et 1993 de l'Amérique du sud vers l'Afrique en franchissant l'équateur, c'est-à-dire direction sud-est.

4. Après avoir défini un traceur chimique, expliquer comment l'étude des traceurs permet d'analyser la circulation océanique.

Un traceur chimique est une espèce qui peut être utilisé pour suivre des déplacements de matière dans l'environnement par exemple, mais aussi dans des réactions chimiques ou dans le corps humain.

Ce traceur initialement dans l'atmosphère passe dans les eaux de surface, puis plonge pour former les courants en profondeur. Dans le cas d'un traceur radioactif, la quantité, initialement constante en surface en raison des échanges permanents, ne se renouvelle plus dès que celui-ci plonge. Dès cet instant, le traceur se désintègre selon une loi exponentielle qui permet par mesure de sa quantité de déterminer le temps écoulé entre sa présence en surface et celle à cette profondeur.

II – Résolution de problème

Document 1

Utilisation du chlore 36 pour déterminer l'âge des certaines eaux, $t_{1/2} = 3,01 \cdot 10^5$ ans, Concentration constante dans les eaux de surface, mais plus dans les eaux souterraines.

Document 2

Loi de décroissance du chlore 36 qui lie N et N_0 : $N(t) = N_0 \times e^{-\lambda \cdot t}$

avec $\lambda = \ln(2) / t_{1/2}$, constante de radioactivité, $t_{1/2}$: document 1

Problème

Estimer l'âge des eaux souterraines non renouvelées d'un aquifère ne contenant plus que 38 % du nombre de noyaux de chlore 36 trouvés dans les eaux de surface.

Attention ! Nouvelle donnée : $N(t) / N_0 = 38 \%$ soit $N(t) / N_0 = 0,38$

Questions

1. À partir du graphe joint, proposer une définition de la demi-vie, notée $t_{1/2}$.

D'après le diagramme, la demi-vie correspond à la durée mis par un échantillon radioactif pour que la moitié de ses noyaux se soit désintégrée.

2. Justifier que, dans les eaux souterraines, $N(t) = 0,38 N_0$ des eaux de surface.

Étant donné que les eaux souterraines ne contiennent plus que 38 % du nombre de noyaux de chlore 36 trouvés dans les eaux de surface, le rapport entre $N(t)$ et N_0 est donc de 0,38.

$$N(t) / N_0 = 0,38 \text{ donc } \mathbf{N(t) = 0,38 \times N_0}$$

3. En vous aidant du graphe ci-joint répondre au problème posé.

Formulation du problème

L'objectif de ce problème est d'estimer l'âge des eaux souterraines d'un aquifère pour lequel le rapport de $N(t)$ sur N_0 vaut 0,38.

Je cherche l'âge t (grandeur dans l'expression de $N(t)$).

J'ai

$$N(t) = N_0 \times e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = \ln(2) / t_{1/2}$$

$$t_{1/2} = 3,01 \cdot 10^5 \text{ ans}$$

$$N(t) / N_0 = 0,38$$

$$\text{Si } y = e^x \text{ alors } x = \ln y$$

$$e^{-\lambda t} = N(t)/N_0$$

$$-\lambda \times t = \ln(N(t) / N_0)$$

$$\mathbf{t = - \ln(N(t)/N_0) / \lambda = \ln(N(t)/N_0) / (\ln(2) / t_{1/2}) = - \frac{\ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right) \times t_{1/2}}{\ln(2)}}$$

$$\text{AN : } t = - (\ln(0,38) \times 3,01 \cdot 10^5) / \ln(2) = 4,2 \cdot 10^5 \text{ ans}$$

Attention ! Comme $t_{1/2}$ est en années, t sera également en années.

Réponse à la problématique

L'eau de cet aquifère est âgé de $4,2 \cdot 10^5$ ans.

Pour aller plus loin

4. Donner la composition du noyau de chlore 36.

Pour le chlore 36, le nombre de nucléons A vaut 36 et son numéro atomique ou nombre de protons Z vaut 17. Le noyau de chlore 36 contient donc $Z = 17$ protons et $A - Z = 36 - 17 = 19$ neutrons.

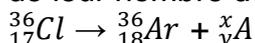
5. La réaction de désintégration du chlore 36 donne un noyau d'argon stable de symbole ${}_{18}^{36}\text{Ar}$.

a. Donner l'équation de la désintégration d'un noyau de chlore 36 en indiquant les lois de conservation utilisées.

Les lois de conservation des nombre de nucléons et de charges permettent d'équilibrer une équation de désintégration.

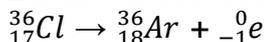
Comment procéder pour trouver la particule émise ?

J'écris à gauche le chlore, la flèche, à droite l'argon et je déduis des valeurs de leurs charges et de leur nombre de nucléons celles de la particule manquante pour l'identifier.



$$\text{Loi de conservation des charges : } 36 = 36 + x \text{ d'où } x = 36 - 36 = 0$$

$$\text{Loi de conservation des nucléons : } 36 = 36 + y \text{ d'où } y = 36 - 36 = 0$$



b. Donner le nom de la particule émise et le nom du type de radioactivité mis en jeu.

La particule émise est donc un électron et le chlore un émetteur β^- .

6. Calculer la valeur de la constante radioactive λ .

$$\lambda = \ln(2) / t_{1/2} = \ln(2) / (3,01 \cdot 10^5 \times 365,25 \times 24,0 \times 3600) = 7,30 \cdot 10^{-14} \text{ s}^{-1}$$

Attention ! Harmoniser les unités : $t_{1/2} = 3,01 \cdot 10^5 \times 365,25 \times 24,0 \times 3600$ en secondes.

7. Pourquoi ne pas avoir utilisé la datation au carbone 14 de demi-vie 5 700 ans pour dater cet échantillon.

Le carbone 14 possède une durée de demi-vie de 5568 ans. Au bout de 22 300 ans, la quantité de carbone est divisée par 4 et cela correspond à la partie basse de l'exponentielle dans laquelle il devient difficile de dater précisément une eau. Si, de plus, les eaux souterraines sont plus âgées, l'incertitude est trop importante.

Au contraire, le chlore 36 possède une demi-vie de 301 000 ans, ce qui permet de dater des eaux très anciennes.

