

Exercice 2 : Différentes méthodes de datation au service de la géologie (10 points sur 20)

La datation est une belle illustration de la coopération entre plusieurs champs disciplinaires : la paléontologie, la biologie, les sciences physiques notamment à travers les connaissances sur la désintégration radioactive et l'archéologie qui utilise ces savoirs scientifiques et ces techniques pour étudier le mode de vie passé des êtres humains préhistoriques.

Partie 1 : L'histoire de la détermination de l'âge de la Terre

Document 1 : l'âge de la Terre

« L'estimation de l'âge de la Terre a beaucoup évolué au fur et à mesure des connaissances et des progrès technologiques.

Au Moyen Age et à la Renaissance, les déterminations de l'âge de la Terre se basent essentiellement sur la Bible qui énumère les générations depuis Adam, les érudits y ajoutant des considérations astronomiques et des données historiques écrites, un âge de la Terre de 6 000 ans est ainsi proposé.

En 1778, Buffon calcule l'âge de la Terre à partir du temps de refroidissement de globes de différentes matières chauffées au rouge. En admettant que la Terre se refroidit d'une façon analogue à ces globes, il propose que la Terre s'est formée 93 291 ans auparavant et qu'elle sera encore habitable pendant les 38 849 ans qui suivent.

D'autres méthodes seront nécessaires pour dater plus précisément la Terre. Au XX^e siècle, grâce à la découverte de la radioactivité, la datation absolue permit à Clair Patterson d'annoncer que la Terre était âgée de 4,57 milliards d'années. »

Source : D'après Dossier Pour La Science n°42 janvier Mars 2000-Pascal Richet

1- En plus des méthodes présentées dans le texte du document 1, citez, à partir de vos connaissances, un autre argument géologique ou biologique qui permette d'invalider l'estimation de l'âge de la Terre proposée par Buffon.

2- Selon Buffon, la Terre devrait cesser d'être habitable après un certain temps. À partir du document 1, expliquer ce qui, dans ses hypothèses, a pu l'amener à cette conclusion.

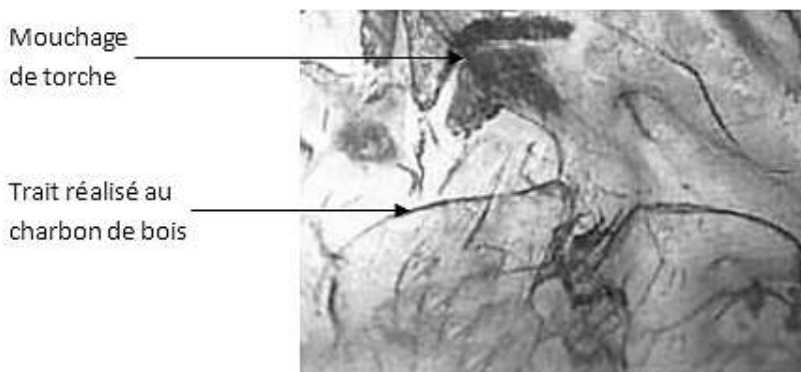
Actuellement, la datation par désintégration radioactive de différents noyaux est une méthode courante. Elle a notamment permis d'estimer l'âge des peintures réalisées par les êtres humains préhistoriques.

Partie 2 : La datation des peintures rupestres de la grotte Chauvet par le carbone 14 (¹⁴C)

Découverte en Ardèche, en 1994, la grotte Chauvet est célèbre pour ses peintures rupestres réalisées par des êtres humains préhistoriques. Ces peintures comptent parmi les plus anciennes connues. Leur âge a été estimé par la méthode de datation au carbone 14.

L'isotope ^{14}C de l'élément carbone se désintègre en azote ^{14}N et se régénère régulièrement en haute atmosphère à partir de l'azote de l'air : il se retrouve donc en proportion constante dans tous les milieux et tous les êtres vivants. Lorsqu'un être vivant meurt, son métabolisme s'interrompt et son carbone n'est plus renouvelé. En raison de la désintégration radioactive, pour un échantillon donné, le rapport P/P_0 du nombre d'atomes ^{14}C résiduel (P) sur le nombre d'atomes présents moment de la mort (P_0) décroît au cours du temps.

Document 2 : Deux rhinocéros qui s'affrontent représentés sur le panneau des chevaux dans la salle Saint-Hilaire de la grotte Chauvet



Un mouchage est un frottement de la torche sur la paroi de la grotte pour retirer la partie carbonisée qui asphyxie la flamme.

Les analyses des pigments ont révélé que les peintures ont été réalisées avec des fragments de charbon de bois (traits noirs) et des minéraux :

- Le rouge est constitué d'oxydes de fer (Fe_2O_3)
- Le noir de dioxyde de manganèse (MnO_2)

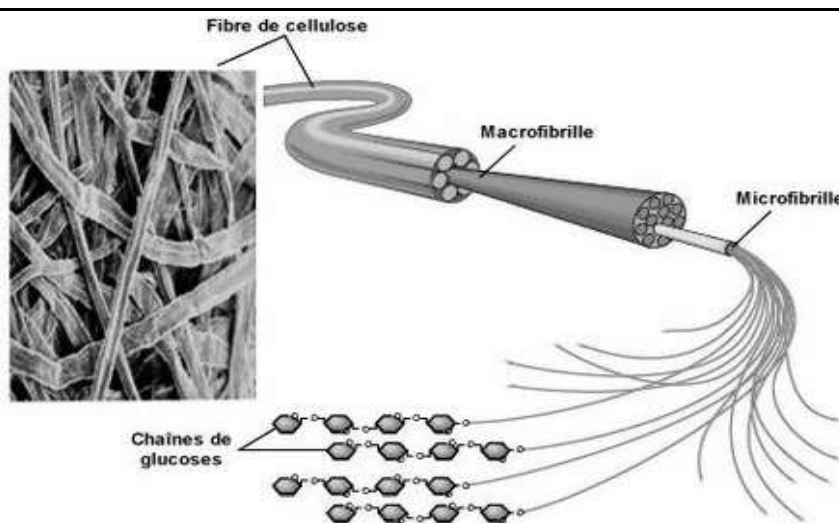
Sources : Dossier Pour La Science n°42 janvier Mars 2004

Hélène Valladas, Jean Cottés et Jean-Michel Geneste

Document 3 : Les constituants du bois

Les parois cellulaires très épaisses donnent au bois ses propriétés. Ces parois sont formées de deux constituants principaux, la cellulose et la lignine.

La cellulose est une macromolécule composée d'un enchainement de plusieurs glucoses de formule $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, comme le montre le schéma ci-contre.



Source : http://p7.storage.canalblog.com/70/91/309207/14102700_p.jpg

À partir de vos connaissances et des informations apportées par les documents 2 et 3, répondre aux questions suivantes.

3- Justifier que les oxydes minéraux ne peuvent pas être datés par la méthode du carbone 14, alors que la datation est possible pour le charbon de bois.

4- Nommer le mécanisme biologique à l'origine de la synthèse du glucose par les plantes terrestres et donner l'équation de réaction de cette synthèse de matière végétale (on veillera à ajuster les nombres stœchiométriques de l'équation). Préciser les organes impliqués dans les échanges entre la plante et son milieu.

5 - Cocher la proposition exacte pour chaque question du questionnaire à choix multiple donné dans l'annexe À RENDRE AVEC LA COPIE.

Deux ensembles de mesures ont été réalisés pour la grotte Chauvet.

- le premier, réalisé sur des fragments de charbon de bois prélevés sur les peintures, fournit des valeurs P/P0 comprises entre 1,5 % et 2,5 %.

- le second ensemble de mesures, réalisé à partir des prélèvements sur les mouchages de torche, fournit des valeurs comprises entre 3,5 % et 4,5 %.

Un graphique représentant le rapport P/P0 du nombre d'atomes ^{14}C résiduel sur le nombre d'atomes ^{14}C présent au moment de la mort en fonction du nombre d'années écoulées depuis la mort est donné sur la figure 1 de l'annexe À RENDRE AVEC LA COPIE.

6 - En exploitant le graphique de la figure 1 (et le zoom inséré) de l'annexe À RENDRE AVEC LA COPIE, estimer, après l'avoir définie, la demi-vie du carbone 14.

7- Estimer par un encadrement l'ancienneté des traces de l'habitation de la grotte Chauvet par les êtres humains préhistoriques en datant les mouchages de torche et les traits réalisés à l'aide de charbons de bois.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Questionnaire à choix multiple

Cocher la proposition exacte pour chacune des deux affirmations QCM1 et QCM2 ci-dessous

QCM1 : La date de désintégration d'un noyau individuel de ^{14}C dont on connaît la date de création (prise comme origine) est :

- | | |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> aléatoire. | <input type="checkbox"/> prévisible. |
| <input type="checkbox"/> égale à 5730 ans. | <input type="checkbox"/> comprise avec certitude entre 100 et 10000 ans. |

QCM2 : La durée nécessaire à la désintégration radioactive de la moitié des noyaux radioactifs d'un échantillon dépend :

- | | |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> du nombre initial de noyaux. | <input type="checkbox"/> du volume de l'échantillon. |
| <input type="checkbox"/> de la nature chimique des noyaux. | <input type="checkbox"/> de la température. |

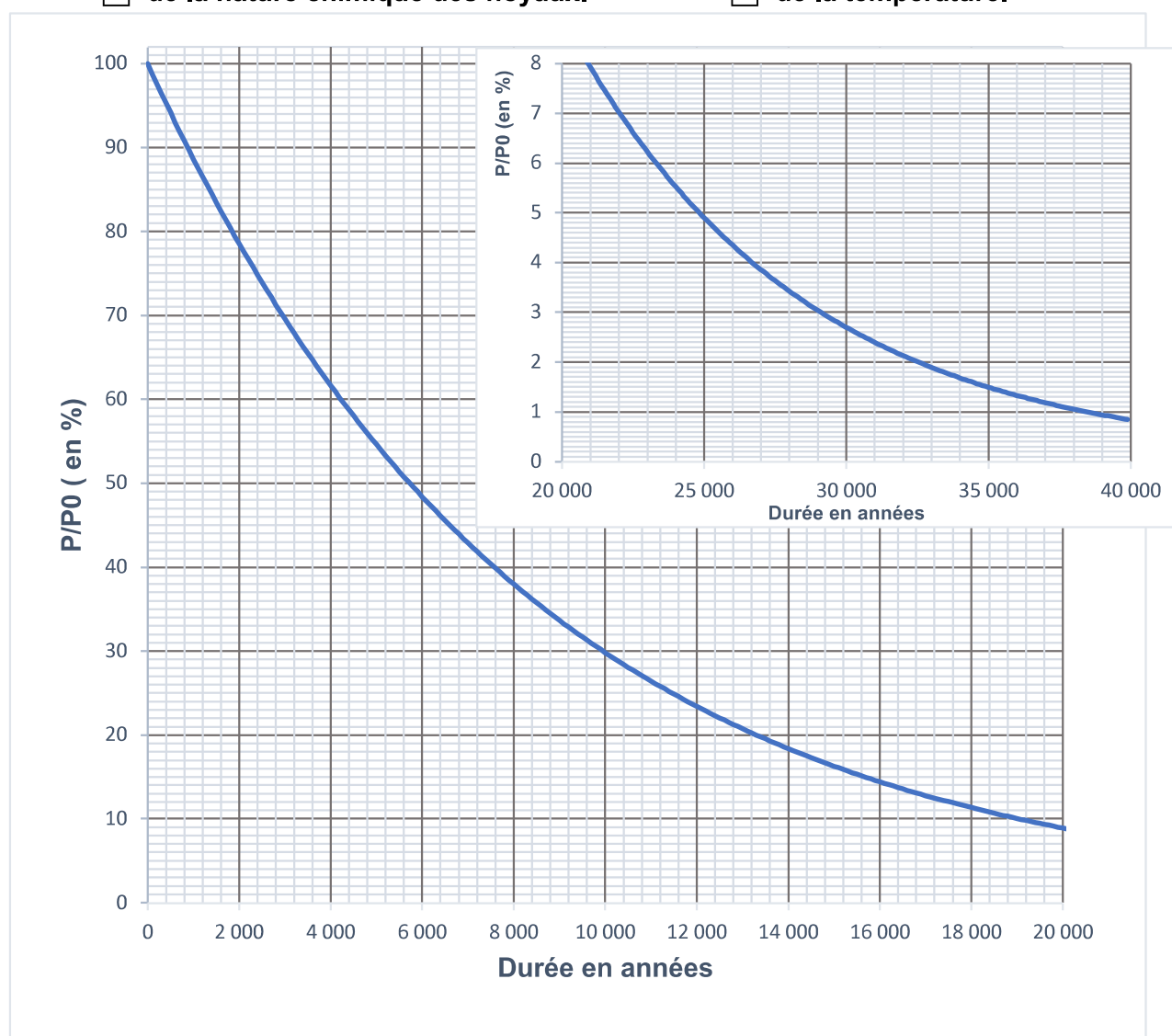


Figure 1 : Rapport P/P_0 du nombre d'atomes ^{14}C résiduel sur le nombre d'atomes ^{14}C présent au moment de la mort en fonction du temps. L'encart permet de mieux visualiser la période entre 20 000 et 40 000 ans