

Exercices corrigés

Isotopes cosmogéniques

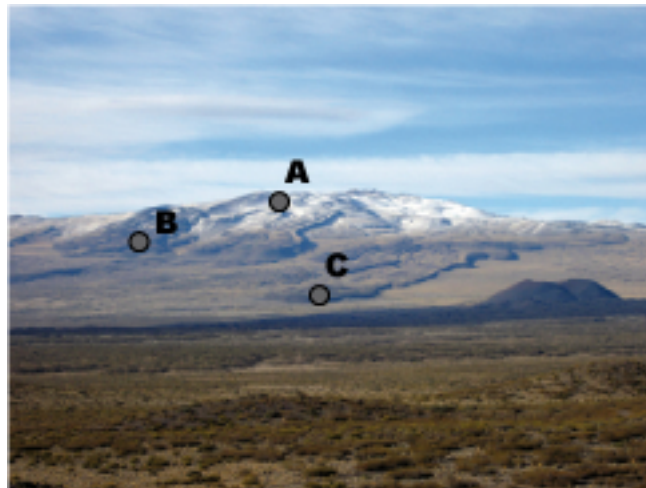
M1/2 - Mesure du temps en géosciences -

Eric Gayer - 2008



• Exercice 1- Payun Matru

Le Payun Matru est un volcan argentin situé dans la province de Mendoza. Il s'élève à 3680m d'altitude à une latitude de 36.42°S et une longitude de 69.20°W.



- * L'échantillon A a été prélevé à 3400m d'altitude. Les mesures de ^{10}Be cosmogénique dans les sanidines donnent une concentration de $2.32 \cdot 10^6$ at/g.
- * L'échantillon B, prélevé à 2800m, montre une concentration de $[^{10}\text{Be}]_c = 1.64 \cdot 10^6$ at/g.
- * L'échantillon B, prélevé à 1878m, montre une concentration de $[^{10}\text{Be}]_c = 0.603 \cdot 10^6$ at/g.

Déterminer l'âge des coulées correspondantes et en déduire les épisodes d'activité du volcan.

◦ **Correction**

Ici on considère une érosion nulle. L'équation que l'on utilise pour déterminer l'âge des coulées à partir des concentrations en $^{10}\text{Be}_c$ ($N(x(0),t)$) et donc l'équation (8) puisque le ^{10}Be est un radionucléide.

On donne la période du ^{10}Be égale à $1.5 \cdot 10^6$ années, on calcule alors la constante de désintégration $\lambda = (\text{Ln } 2)/1.5 \cdot 10^6 = 4.62 \cdot 10^{-7} \text{ a}^{-1}$.

Puisque l'érosion est nulle, $x(0)$ c'est à dire la profondeur au temps 0 est la même que la profondeur aujourd'hui c'est à dire $= 0$ puisqu'on prélève les échantillons à la surface. Cependant on peut utiliser l'équation (3) pour calculer $x(0)$. Avec l'équation (3) puisque l'érosion est nulle, $x(0) = x(t)$ c'est à dire la profondeur aujourd'hui... autrement dit la surface : $x(t) = x(0) = 0$.

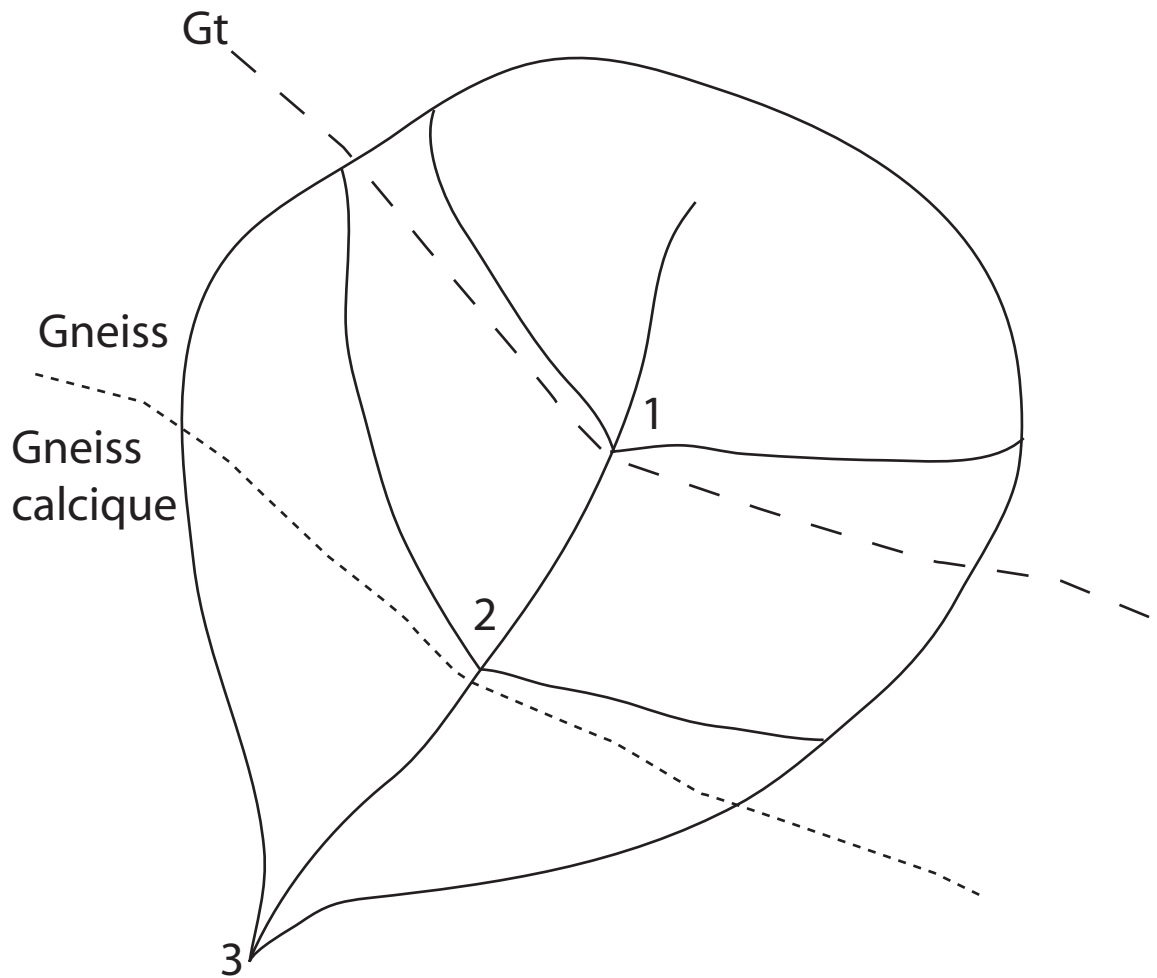
Il reste à calculer les taux de production du $^{10}\text{Be}_c$ aux trois altitudes en utilisant le polynôme de Lal (cf. texte cours). Dans cette formule, les altitudes sont en Km.

$P(0)$ pour $A = 54.63$, pour $B = 38.71$, pour $C = 21.59 \text{ at/g/an}$.

Les âges d'expositions de A, B et C sont donc de 42530, 42530 et 27960 ans. Ce volcan a donc connu une phase d'éruption il y a environ 42000 ans donnant naissance aux coulées A et B, et une phase il y a 28000 ans environ donnant naissance à la coulée C.

• **Exercice 2 - Taux d'érosion et bassin versant**

Le schéma représente un bassin versant de latitude moyenne 28.34°N . Les altitudes aux sites d'échantillonnage 1, 2 et 3 sont respectivement 2402m, 1965m et 1225m (le point culminant du bassin est à 2878m). Les aires des bassins 1, 2 et 3 sont respectivement de 82, 157 et 295 Km^2 .



- *Les concentrations en ^{10}Be cosmogénique dans quartz des sables de rivières aux sites 1, 2 et 3 sont de $9.56 \cdot 10^3$, $15.76 \cdot 10^3$, $23.29 \cdot 10^3$ at/g.
- *Les concentrations en ^3He cosmogénique des grenats des sables de rivières aux sites 1 et 2 sont de $0.180 \cdot 10^6$, $0.196 \cdot 10^6$ at/g.
- *La concentration en ^{36}Cl cosmogénique des carbonates aux sites 3 est de $117.20 \cdot 10^3$ at/g.

Calculer les taux d'érosion moyen des bassins versant 1, 2 et 3, et de leurs sous-bassin. Discuter la pertinence des taux d'érosions.

On donne : densité = 2.71 g/cm^3 , longueur d'atténuation massique = 160 g/cm^2 , période du ^{10}Be = $1.5 \cdot 10^6$ ans, du ^{36}Cl = $0.301 \cdot 10^6$ ans. Les taux de production de $l^3\text{He}$ cosmogénique ($>60^\circ$, sl) = 115 at/g/a , et pour le ^{36}Cl = 73 at/g/a . les facteurs de conversion aux sites 1, 2 et 3 sont respectivement de 4.843, 3.575 et 2.369.

o Correction

Pour calculer les taux d'érosion moyen des bassins 1, 2 et 3 il faut utiliser les équations (13) avec les concentrations en ^{10}Be et ^{36}Cl et l'équation (14) avec ^3He .

Tout est donné sauf $P(0)$ que l'on calcule pour le ^{10}Be avec le polynôme de Lal, en utilisant les altitudes moyennes des bassins versant. Pour le bassin 1, l'altitude moyenne est $(2878+2402)/2 = 2640\text{m}$. le $P(0)$ correspondant est de 28.99 at/g/an . Pour le bassin 2, $P(0)=21.9 \text{ at/g/an}$ et pour le 3, $P(0)=14.95 \text{ at/g/an}$.

Pour ^3He , les taux de production sur l'ensemble du bassin versant 1 est donné par $P(0) = 4.843 \times 115 = 557 \text{ at/g/a}$, pour le 2 $P(0)=411 \text{ at/g/a}$ et pour le 3 $P(0)=272 \text{ at/g/a}$.

Pour le ^{36}Cl , $P(0)$ pour 1, 2 et 3 = 353, 261 et 173 at/g/a.

Taux d'érosion moyen des bassins 1,2 et 3 :

Pour le ^{10}Be , les taux d'érosion de 1, 2 et 3 sont 1.79, 0.95 et 0.51 mm/a.

Pour ^3He , les taux d'érosion de 1, et 2 sont de 1.82 et 1.45 mm/a.

Pour le ^{36}Cl , le taux d'érosion de 3 est de 1.2 mm/a

Taux d'érosion moyen des sous-bassins 2-1, et 3-2 :

Si on applique le principe de bilan de masse, on peut écrire le volume de matière qui passe par le point d'échantillonnage 2 en fonction de l'érosion ε_1 dans l'aire A_1 et ε_{2-1} dans l'aire A_2-A_1 :

$$\varepsilon_2 A_2 = \varepsilon_{2-1}(A_2 - A_1) + \varepsilon_1 A_1 \quad (1)$$

Pour le ^{10}Be , puisqu'on connaît A_1 , A_2 , on connaît A_2-A_1 , on vient de calculer ε_1 et ε_2 et on en déduit que le taux d'érosion dans l'aire A_2-A_1 , c'est à dire dans le sous-bassin 2-1 est de $3.16 \cdot 10^{-2} \text{ mm/a}$.

Lorsque l'on fait de même pour les bassins 3 et sous-bassins 3-2, on trouve un taux d'érosion du sous-bassin 3-2 de $9.4 \cdot 10^{-3} \text{ mm/a}$.

Pour ^3He , on trouve un taux d'érosion pour le sous-bassin 2-1, de 1 mm/a.

Discussion

Le calcul des taux d'érosion moyen des bassins et des sous-bassins permet de montrer que l'érosion Be est très faible dans le sous-bassin 2-1 et 3-2 : Les faibles taux Be des sous bassins sont liés à l'effet de dilution des taux d'érosion plutôt élevés dans le bassin 1. Les taux Be et He sont cohérents pour le bassin 1 mais pas pour le sous-bassin 2-1. Les grenats prélevés au site 2 sont en majorité représentatif de l'érosion du bassin 1. Mais une partie des grenats provient du bassin 2-1, qui connaît une érosion très faible (1 mm/a) et entraîne donc une dilution du taux d'érosion de 1.82 à 1.45 mm/a.

On constate qu' au site 3, les taux d'érosion Be et Cl sont incohérents. Cette différence s'explique simplement par la différence de lithologie entre le bassin

2 et le bassin 3. Bassin 2 qui contient des quartz, alors que le bassin 3-2 ne contient majoritairement que des carbonates. Les taux d'érosion issus des quartz ne sont donc pas représentatifs de l'érosion du sous-bassin 3-2, d'où la valeur très faible de $9.4 \cdot 10^{-3}$ mm/a pour ce sous-bassin et de 0.51 pour l'ensemble du bassin 3 (Be).