

# Exercices corrigés

## Isotopes cosmogéniques

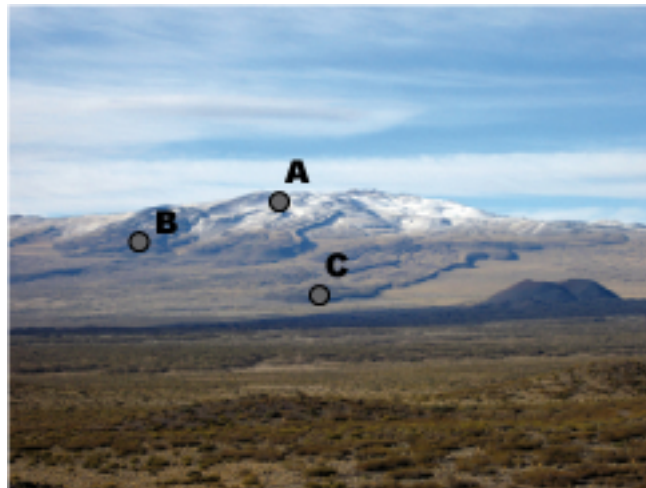
### M1/2 - Mesure du temps en géosciences -

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  $^{10}\text{Be}$  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  $^{10}\text{Be}$  est un radionucléide.

On donne la période du  $^{10}\text{Be}$  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 :  $x(t) = x(0) = 0$ .

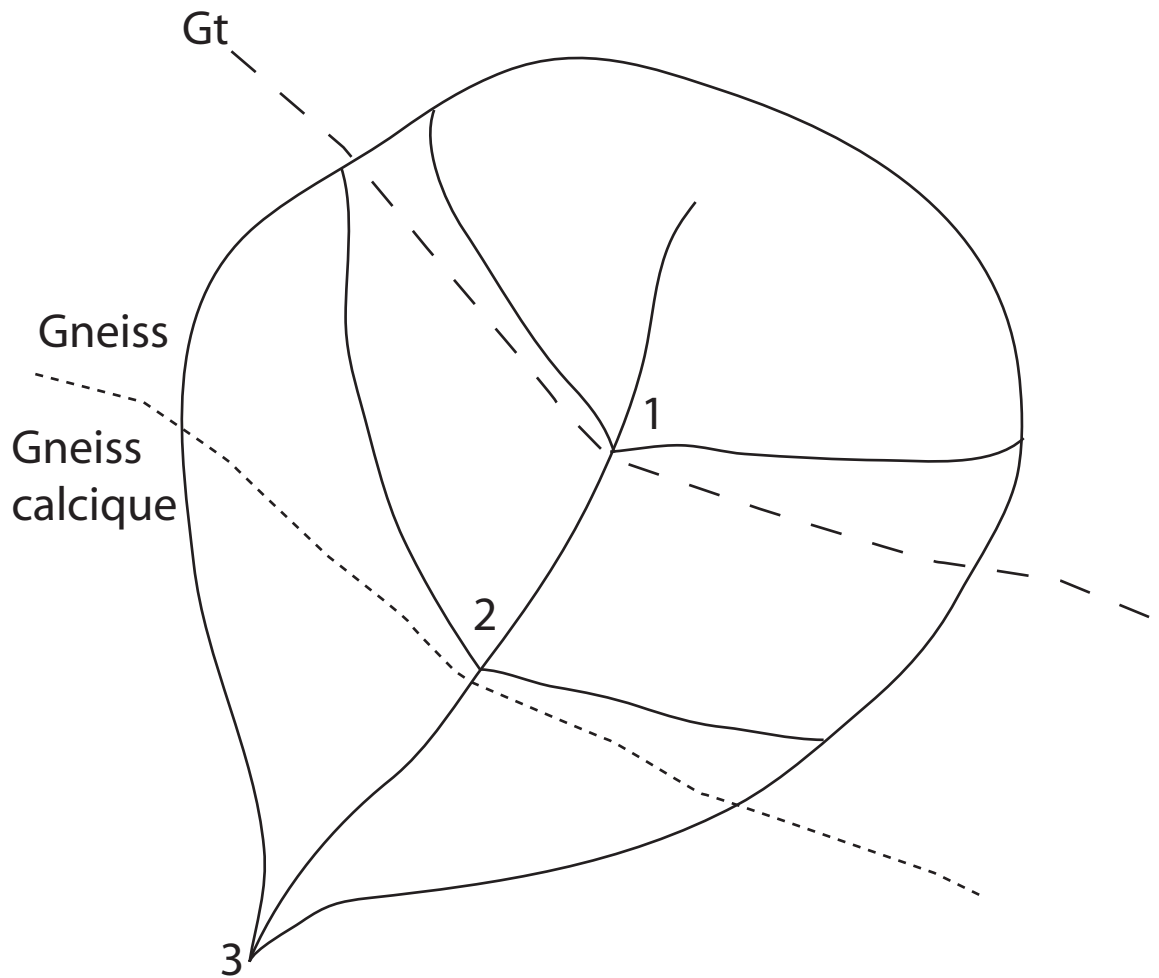
Il reste à calculer les taux de production du  $^{10}\text{Be}_c$  aux trois altitudes en utilisant le polynôme de Lal (cf. texte cours). Dans cette formule, les altitudes sont en Km.

$P(0)$  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  $28.34^\circ\text{N}$ . 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  $\text{Km}^2$ .



- \*Les concentrations en  $^{10}\text{Be}$  cosmogénique dans quartz des sables de rivières aux sites 1, 2 et 3 sont de  $9.56 \cdot 10^3$ ,  $13.606 \cdot 10^3$ ,  $17.292 \cdot 10^3$  at/g.
- \*Les concentrations en  $^3\text{He}$  cosmogénique des grenats des sables de rivières aux sites 1 et 2 sont de  $0.180 \cdot 10^6$ ,  $0.170 \cdot 10^6$  at/g.
- \*La concentration en  $^{36}\text{Cl}$  cosmogénique des carbonates aux sites 3 est de  $84.989 \cdot 10^3$  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 =  $2.71 \text{ g/cm}^3$ , longueur d'atténuation massique =  $160 \text{ g/cm}^2$ , période du  $^{10}\text{Be}$  =  $1.5 \cdot 10^6$  ans, du  $^{36}\text{Cl}$  =  $0.301 \cdot 10^6$  ans. Les taux de production de  $l^3\text{He}$  cosmogénique ( $>60^\circ$ , sl) =  $115 \text{ at/g/a}$ , et pour le  $^{36}\text{Cl}$  =  $73 \text{ at/g/a}$ . les facteurs de conversion aux sites 1, 2 et 3 sont respectivement de 4.843, 3.575 et 2.369.*

### ◦ Correction

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

Tout est donné sauf  $P(0)$  que l'on calcule pour le  $^{10}\text{Be}$  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  $28.99 \text{ at/g/an}$ . 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  $^3\text{He}$ , 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  $^{36}\text{Cl}$ ,  $P(0)$  pour 1, 2 et 3 = 353, 261 et 173 at/g/a.

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

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

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

Pour le  $^{36}\text{Cl}$ , 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  $\varepsilon_1$  dans l'aire  $A_1$  et  $\varepsilon_{2-1}$  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  $^{10}\text{Be}$ , puisqu'on connaît  $A_1$ ,  $A_2$ , on connaît  $A_2-A_1$ , on vient de calculer  $\varepsilon_1$  et  $\varepsilon_2$  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 3.94 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 0.012 mm/a.

Pour  $^3\text{He}$ , 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 est très élevée dans le sous-bassin 2-1 : les taux Be et He sont cohérents pour le bassin 1 mais pas pour le sous-bassin 2-1. Ceci est principalement lié au fait que le sous-bassin 2-1 ne contient que très peu de grenat (limite de la zone à grenat se situe légèrement en aval du point 1) mais en contient assez pour que la forte érosion du sous-bassin nous donne un signal de 1 mm/a dans les grenats (He) alors qu'il est de presque 4 mm/a dans les quartz (Be).

On constate qu' au site 3, les taux d'érosion Be et Cl sont incohérents, puisque ils montrent un rapport 2 de différence. 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 0.012 mm/a pour ce sous-bassin et de 0.51 pour l'ensemble du bassin 3 (Be).