

TP G8 Sédimentologie

I. Erosion et modelé

2. Modelé karstique

b. La fontaine de Vaucluse

1. La région est soumise annuellement à des précipitations à hauteur 750 mm d'eau. On estime que 25 % de cette eau est absorbée par la végétation et/ou s'évapore et que 10 % ruisselle vers le réseau de surface. Calculez la surface du bassin versant de la Fontaine de Vaucluse, c'est-à-dire la surface totale qui collecte l'eau qui s'écoule au niveau de cette résurgence.

On définit les grandeurs utilisées.

Soit h la hauteur annuelle des précipitations : $h = 0,75 \text{ m.an}^{-1}$.

Soit τ la proportion des précipitations qui se retrouve dans le réseau karstique : $\tau = 0,65$.

Soit q le débit moyen de la fontaine de Vaucluse : $q = 18,5 \text{ m}^3.\text{s}^{-1} = 5,8.10^8 \text{ m}^3.\text{an}^{-1}$.

Soit S la surface du bassin versant, qui est notre inconnue.

On fait un bilan de volume : le débit entrant (précipitations) est égal au débit sortant (fontaine de Vaucluse). Donc

$$S \times h \times \tau = q \Rightarrow S = \frac{q}{h \times \tau} \quad \text{AN : } S = 1,2.10^3 \text{ km}^2$$

L'exercice avait été commencé avec le groupe 2 le matin, et j'avais fait une erreur lors de l'application numérique, en divisant q par $3600 \times 24 \times 365$ au lieu de multiplier par cette même valeur.

Il faut toujours vérifier si le résultat obtenu semble cohérent ou non. $1\,200 \text{ km}^2 \sim (35 \text{ km})^2$; cette valeur correspond donc à un carré de 35 km de côté (à peu près la distance Lille-Douai, ce qui est une échelle loco-régionale tout à fait cohérente avec l'importance loco-régionale de cette rivière).

2. Proposez un moyen de déterminer sur le terrain les limites de ce bassin versant.

On peut pratiquer l'injections d'un traceur (iode ou fluorescéine), détectable en petites quantités au niveau de diverses zones (notamment pertes) considérées comme potentiels collecteurs du réseau karstique à l'origine de la fontaine de Vaucluse, et vérifier si on retrouve le traceur au niveau de la résurgence. Cela a été fait (voir document joint à ce corrigé), et qui a permis de confirmer la taille du bassin versant.

3. On sait que ce bassin versant est constitué des monts de Vaucluse, et qu'il est quasiment exclusivement composé de terrains calcaires. Proposez une manipulation simple montrant que les eaux de pluie peuvent facilement dissoudre le calcaire lorsqu'elle traversent la litière.

Tube 1 : 1 mg de poudre de craie dans de l'eau minérale gazeuse. Tube 2 : 1 mg de poudre de craie dans de l'eau non gazéifiée. On constate une dissolution de la craie dans l'eau gazeuse en quelques secondes, alors que l'eau non gazéifiée reste laiteuse. Le CO_2 provoque donc une dissolution du calcaire. Or l'eau ayant traversé la litière est enrichie en CO_2 à cause de la vie animale, fongique et bactérienne du sol (respiration).

NB : cette manipulation peut être testée très simplement à la maison → faites le en vrai, pour une fois qu'un TP peut être maintenu...

4. La concentration moyenne en calcaire dissout dans l'eau de la fontaine de Vaucluse est de l'ordre de 200 mg.L^{-1} . Calculez l'ablation annuelle massique des monts de Vaucluse.

On définit les grandeurs utilisées.

Soit c la concentration massique de calcaire de l'eau de la fontaine de Vaucluse : $c = 200 \text{ mg.L}^{-1} = 2.10^{-1} \text{ kg.m}^{-3}$.

Soit a l'ablation massique annuelle des monts de Vaucluse.

Soit d_{Ca} le débit de calcaire dissout dans la fontaine de Vaucluse. Il est égal à la masse totale de calcaire érodé chaque année, c'est-à-dire a .

$$a = d_{Ca} = c \times d \quad \text{AN : } a = 2.10^{-1} \times 5,8.10^8 = 1,16.10^8 \text{ kg.an}^{-1} = 116000 \text{ t.an}^{-1}$$

Cette masse est la même que celle de 330 Airbus A380, le plus grand avion de transport de passagers au monde. Cela donne une idée du potentiel érosif de l'eau circulant dans les réseaux karstiques...

5. Sachant que la densité moyenne du calcaire est de 2,5, et sachant que les monts de Vaucluse ont une altitude moyenne de 1 000 m, calculez le temps nécessaire pour dissoudre totalement ce massif.

Soit t le temps nécessaire pour l'érosion totale du massif.

Soit V le volume total du massif.

Soit H la hauteur du massif : $H : 1000 \text{ m} = 1.10^3 \text{ m}$.

Soit m la masse du massif.

Soit ρ la masse volumique du calcaire.

Soit ρ_{eau} la masse volumique de l'eau. $\rho_{\text{eau}} = 1 \text{ kg.L}^{-1} = 1.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

Soit d la densité du calcaire : $d = 2,5$

$$\text{On a : } d = \frac{\rho}{\rho_{\text{eau}}} \Rightarrow \rho = \rho_{\text{eau}} \times d$$

$$\text{On a : } a = \frac{m}{t} \text{ d'où : } t = \frac{m}{a}$$

$$\text{On calcule } m : m = \rho \times V = \rho_{\text{eau}} \times d \times H \times S$$

$$\text{On déduit : } t = \frac{\rho_{\text{eau}} \times d \times H \times S}{a}$$

$$\text{AN : } t = \frac{1.10^3 \times 2,5 \times 1.10^3 \times 1,2.10^9}{1,16.10^8} = 2,6.10^7 \text{ an} = 26 \text{ Ma}$$

NB : de nombreuses approximations ont été faites pour ce calcul :

- On a considéré que l'altération était constante, ce qui est loin d'être vrai à cette échelle de temps (le climat peut beaucoup varier).
- On a supposé que l'altération était le seul mode d'érosion, négligeant l'érosion mécanique. C'est une assez bonne approximation dans un climat tempéré à hivers doux (peu de cryofraction) comme le climat méditerranéen.
- On a supposé que le massif était composé uniquement de calcaire pur, alors qu'en réalité, de nombreuses impuretés (et notamment des argiles) sont présentes.
- On a négligé l'isostasie. L'érosion d'une hauteur de 1000 m de terrains s'accompagne d'une remontée isostatique, et donc d'un temps d'érosion accru.

II. Altération des roches

1. Nommez la roche x .

Il s'agit d'une roche très basique (seulement 48 % de SiO_2), assez ferreuse et très magnésienne. Elle est peu alcaline, bien que contenant tout de même près de 1 % d'alcalins, ce qui est relativement élevé pour une roche très basique. Elle est composée pour moitié d'olivine, et de plus de 30 % de pyroxènes. Les 15 % restants sont notamment un peu d'anorthite. Il s'agit donc d'une périclase relativement enrichie (très alcaline, pas extrêmement basique pour une périclase).

2. Proposez des hypothèses pour la présence de cette roche en Nouvelle-Calédonie.

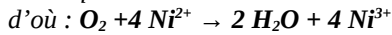
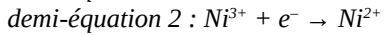
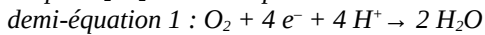
Diverses hypothèses peuvent expliquer qu'une périclase affleure, notamment une remontée d'enclaves par des volcans. Ce mode de gisement ne permet cependant pas la présence de massifs de périclase (plusieurs centaines de km^2 sur la carte). Ces périclases peuvent aussi être des morceaux de lithosphère océanique exhumés par obduction (charriage de lithosphère océanique sur de la lithosphère continentale) ou par une collision dans une chaîne de montagnes.

3. Discuter le mode d'altération dans cette région en rapport avec le climat.

Le climat de cette région peut être déterminé par l'observation des précipitations annuelles et de la température. La température annuelle moyenne (qui comprend la nuit comme les journées) est comprise entre 21°C et 26°C , ce qui est très chaud. Les précipitations annuelles sont autour de 1055 mm/an, ce qui en fait un climat relativement humide. Le mode d'altération est donc la monoallitisation ou l'allitisation.

4. Le nickel peut exister sous deux états d'oxydation (Ni(II) et Ni(III)). Justifiez l'état d'oxydation du nickel dans la roche x ayant subi une altération.

En surface, la présence de dioxygène, qui est un oxydant fort, provoque l'oxydation de la majeure partie des ions réduits. La forme majoritaire est donc la forme oxydée (Ni³⁺). On peut le justifier par l'équation suivante, impliquant le couple O₂/H₂O et le couple Ni³⁺/Ni²⁺ :



5. Le nickel a un rayon ionique de 0,69 Å. Déterminez le comportement de chacun des deux ions vis-à-vis de l'eau. Justifiez ainsi l'enrichissement en Ni.

Dans le diagramme de goldschmidt, on peut placer le point correspondant au nickel oxydé (Ni(III)). On se trouve dans le domaine des cations précipitants. Le Ni³⁺ a donc le même comportement que le Fe et l'Al : il est très insoluble, et a donc tendance à rester sur place. La roche (péridotite) est initialement pauvre en Al, et pas très riche en Fe. Tous les autres ions sont lessivés par l'altération, et le nickel s'accumule donc fortement. Sa concentration est multipliée en moyenne par 10, mais certaines zones initialement plus riches en Ni ou appauvries en Fe peuvent se retrouver beaucoup plus concentrées. Les gisements de Ni de Nouvelle-Calédonie sont un des premiers gisements de Ni au monde, ce qui fait de la Nouvelle-Calédonie un territoire d'outre mer d'intérêt stratégique majeur pour la France, ce qui explique partiellement les fortes réticences de Paris à l'égard des velléités indépendantistes de l'archipel, notamment dans les années 1980.

