Correction du devoir surveillé de SVT n°1

Géologie

EXERCICE 1. PROFILS D'ALTERATION SUR ROCHE-MERE GRANITIQUE

Q1.1.1 1 : sol ; 2 et C : boule de granite ; 3 et B : arène granitique ; 4 et D : roche mère.

Q1.1.2 Il s'agit d'un profil **arénisation**, typique d'un climat tempéré.

Q1.2.1 Le bilan des gains et des pertes se fait en dressant un tableau :

Niveaux / Oxydes	N°1 / N°2 **Peu d'altération**	N°2 / N°3 →	N°3 / N°4 **Beaucoup d'altération**	Interprétation
SiO_2	-25 %			**Lessivage de l'élément**
MgO	-95 %	Perte totale		
CaO	-65 %	-30 %	Perte totale	
Na_2O				
K_2O	-66 %			
Al_2O_3	+50 %			**Concentration de l'élément**
Fe_2O_3	+30 %			
H_2O	→ x10 →			**Hydratation**
TiO_2	Identique			**Bilan neutre**

Trois comportements sont observables :

- Si, Mg, Ca, Na et K : le pourcentage d'oxyde diminue lors de l'altération. Ces éléments sont donc **lessivés**.
- Al, Fe : le pourcentage d'oxyde augmente lors de l'altération. Ces éléments insolubles se **concentren**t.
- Le taux de Ti est **invariable** lors de l'altération.

L'**eau** est un cas un peu particulier qui montre que **l'altération s'accompagne d'un phénomène d'hydratation**.

Q1.2.2 Les minéraux tels que le **quartz ou la muscovite** existent à tous les niveaux du profil d'altération. Ils sont donc **hérités** de la roche mère.
Les minéraux tels que la **kaolinite, la gibbsite et la goethite** n'existent pas au niveau 1, c'est-à-dire dans la roche mère. Ils apparaissent dans les niveaux supérieurs. Ils sont donc **néoformés lors de l'altération**.

Les minéraux néoformés montrent **qu'une partie des éléments libérés** lors de l'altération **se réarrangent** pour former des **formes minérales plus stables** aux conditions de pression et de température proche de la surface.

Q1.2.3 Il existe deux types d'évolution parmi les minéraux de la roche initiale :

- l'orthose (feldspath potassique), les feldspaths plagioclases et la biotite diminuent en pourcentage voire disparaissent au cours de l'altération ;
- le quartz et la muscovite demeurent à des proportions stables.

Le classement des minéraux initiaux du granite du moins altérable au plus altérable est :

quartz ; muscovite > orthose > plagioclase (absente à l'horizon 4) > biotite (absente dès l'horizon 3)

Q1.2.4 Les plagioclases sont formés de cations et d'oxyanions solubles. Ils sont donc attaqués par l'eau.
La nature du cation qui les constitue explique en partie leur altérabilité différentielle. En effet la solubilité du cation est variable. L'ion Na^+ est très soluble. L'ion K^+ est moins soluble car d'un rayon plus grand pour une même charge, il entre plus difficilement en solvatation.
L'ion Ca^{2+} a à peu près le même rayon que l'ion sodium, mais il est deux fois plus chargé. Il est donc plus soluble que l'ion sodium.

L'altération permet donc **d'entraîner les ions à un rythme différent**. Cela conduit donc à un tri qui conduit à éliminer du milieu les ions les plus solubles et à concentrer dans les niveaux altérés les ions les moins solubles.

Q1.2.5 Les principaux processus d'altération chimique par l'eau sont l'**hydrolyse** et la **dissolution**. L'équation d'une hydrolyse est la suivante :

Minéral de la roche mère + CO_2 + eau → Minéral néoformé + fluide de lessivage + HCO_3^-

Par exemple, l'hydrolyse de l'orthose conduit à la néoformation de la kaolinite et à des pertes d'éléments.

$$\mathbf{4\ KAlSi_3O_8 + 22\ H_2O + 4\ CO_2 \rightarrow Al_4Si_4O_{10}(OH)_8 + 8\ Si(OH)_4 + 4\ K^+ + 4\ HCO_3^-}$$

Q1.2.6 En climat tropical humide l'altération est plus poussée qu'en climat tempéré.

- La température plus élevée accélère les réactions d'hydrolyse.
- Les fortes précipitations entraînent un très important lessivage des cations et des complexes anioniques solubles (dont SiO_2) alors que les éléments formant des hydrolysats (Al, Fe) restent sur place et précipitent sous forme d'hydroxydes (gibbsite, goethite).

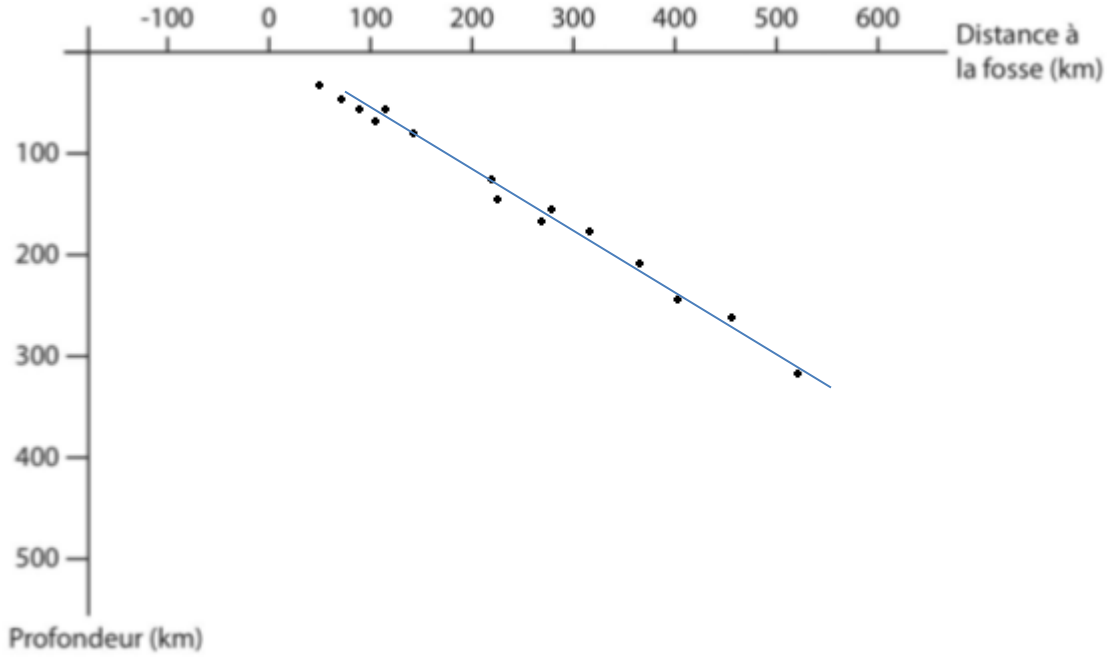
Il se produit ainsi un phénomène de **bisiallitisation** en domaine tempéré et de **monosiallitisation** en domaine tropical.

EXERCICE 2. LA CORDILLERE DES ANDES

Q2.1 Un séisme ou tremblement de terre est un mouvement bref du sol de quelques secondes à quelques minutes dû à l'arrivée en surface d'ondes élastiques. L'origine de ces ondes est la relaxation de contraintes (libération d'énergie mécanique) en profondeur qui se manifeste par un glissement de 2 blocs le long d'une faille au niveau du **foyer** du séisme.

Q2.2

Figure 2.3. Distance à la fosse *versus* profondeur



Le plan obtenu est le plan de **Wadati-Benioff**. C'est une zone peu épaisse où sont localisés les principaux foyers des séismes. Cette répartition des foyers traduit l'enfoncement d'une plaque lithosphérique océanique, ici la plaque Nazca sous une autre plaque lithosphérique, ici la plaque sud-américaine. Le contexte géodynamique de cette région correspond à une **subduction**.

Q2.3 La **tomographie sismique** consiste à analyser les anomalies de vitesse des ondes sismiques dans les trois dimensions de la Terre sphérique. En effet, connaissant l'épicentre et la station sismique, on en déduit, d'après le modèle choisi, un trajet et un temps d'arrivée. On compare ce temps théorique au temps réel. Le temps théorique est celui qui est fourni par le modèle PREM (Preliminary Earth Reference Model) On remarque alors parfois de légers décalages indiquant que l'onde s'est propagée plus vite ou moins vite que prévu : on sait alors que, sur ce trajet, une portion montre une anomalie de vitesse positive (onde plus rapide qu'en théorie) ou négative, sans savoir exactement

où. En recoupant de multiples analyses, on va pouvoir localiser les points pour lesquels il y a systématiquement une accélération ou un ralentissement, et quantifier cette anomalie (de l'ordre du pourcent).

Q2.4 Les anomalies positives correspondent à des zones ou les ondes se propagent plus vite que ce que prévoit le modèle PREM, elles sont interprétées comme des zones « froides » car la vitesse des ondes dépend à chimie constante de la densité et donc de la température. C'est l'inverse pour les anomalies négatives.

Q2.5 On observe une zone d'anomalies de vitesse positives sous la cordillère d'environ 100 km d'épaisseur, qui plonge vers l'est à partir de la longitude 75°, avec un fort pendage. Elle correspond à du matériel plus froid et donc plus dense que le manteau environnant. Cette zone matérialise la plaque lithosphérique océanique Nazca subduite sous l'Amérique du sud.

EXERCICE 3. ANALYSE D'UN RESERVOIR : LE GRES A ROSEAUX

3.1. Analyse de la radioactivité

Q3.1.1. Le grès à roseaux montre une radioactivité de 90 cps, ce qui est une valeur très élevée.
Puisque cette formation est un grès, elle peut provenir de l'altération d'un granite. Or le potassium peut entrer dans la composition de certains feldspaths (orthose). Mais on peut aussi trouver de l'uranium et du thorium dans des minéraux du granite.
L'altération d'un granite peut aussi conduire à des faciès plus argileux qui peuvent piéger les éléments radioactifs.

Q3.1.2. Pour la formation salifère :

- Zone I :
  Très faible radioactivité de l'ordre de 10 cps. La porosité est nulle. Masse volumique faible de 2 $g.cm^{-3}$.
  Toutes ces caractéristiques sont celles d'une roche saline de type halite (NaCl) qui n'incorpore aucun élément radioactif.

- Zone II :
  Très forte radioactivité de 100 cps. La porosité est nulle. La masse volumique est faible de l'ordre de 2 $g.cm^{-3}$.
  Toutes ces caractéristiques sont celle d'une roche saline de type sylvite (KCl) qui incorpore donc du potassium radioactif.

Pour les horizons I et II de la formation salifère, les roches font partie des **évaporites**, la formation I étant la halite (NaCl) et la formation II étant la sylvite (KCl).
Ces roches sont obtenues par évaporation en milieu chaud d'eau de mer, souvent en milieu lagunaire.

3.2. Analyse de la porosité et de la densité

Q. 3.2.1. Le graphique de la relation entre masse volumique de la roche totale ρ totale et porosité Φ exprimée en % donne ceci.

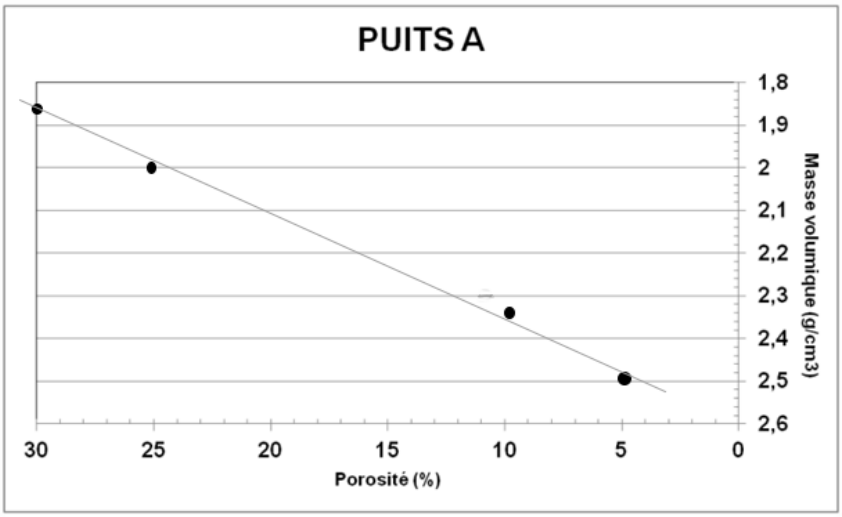


Figure 2 : Diagramme représentant la masse volumique de la formation en fonction de sa porosité Φ

On observe une relation affine décroissante entre ces deux paramètres.

C'est une relation de type :

$$\rho_{RT} = A\,\Phi + B$$

Avec ρ_{RT} masse volumique de la roche totale en $g.cm^{-3}$; Φ : porosité exprimée en % ; A : coefficient directeur et B ordonnée à l'origine.

Du graphique on peut donc déterminer A = - 0,024 $cm^3.g^{-1}$ = - 2,4 % $cm^3.g^{-1}$ et B = 2,6 $g.cm^{-3}$, ce qui conduit à écrire la relation :

$\boldsymbol{\rho_{RT} = -2{,}4\,\Phi + 2{,}6}$ (1) avec ρ (masse volumique) en $g.cm^{-3}$ et Φ porosité exprimé en pourcentage.

Q. 3.2.2. Notations : masse volumique de la roche totale : ρ_{RT} ; masse volumique de la roche de porosité nulle : ρ_{R0} ; ρ_{RT} ; masse volumique de la roche de porosité nulle ; ρ_F : masse volumique du fluide.
On peut alors écrire la relation suivante :

$$\rho_{RT} = (1-\Phi)\,\rho_{R0} + \Phi\,\rho_F\,;$$
$$\rho_{RT} = \Phi(\rho_F - \rho_{R0}) + \rho_{R0} \quad (2)$$

De la relation (2), il vient : $\rho_F - \rho_{R0} = \frac{\rho_{RT} - \rho_{R0}}{\Phi}$ (3)
La relation (1) peut aussi s'écrire $\rho_{RT} = -2{,}4\,\Phi + \rho_{R0}$ d'où $\rho_{RT} - \rho_{R0} = -2{,}4\,\Phi$ (4)
En intégrant la relation (4) au numérateur de la relation (3), il vient $\rho_F - \rho_{R0} = \frac{-2{,}4\,\Phi}{\Phi} = -2{,}4$ avec les masses volumiques en $g.cm^{-3}$.
On calcule alors la masse volumique du fluide occupant la porosité du grès à roseau : $\rho_F - \rho_{R0} = -2{,}4\ g.cm^{-3}$;
d'où $\boldsymbol{\rho_F = 0{,}2\ g.cm^{-3}}$.
Il s'agit donc d'un **hydrocarbure gazeux**.