

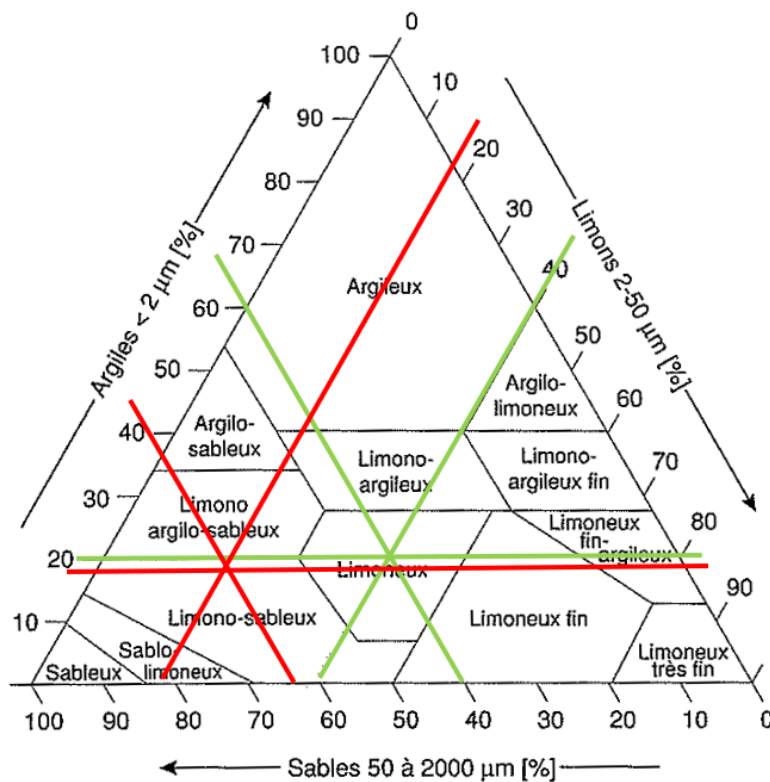
Série 1 : Constituants minéraux

1. Lecture triangle texture et courbe cumulative

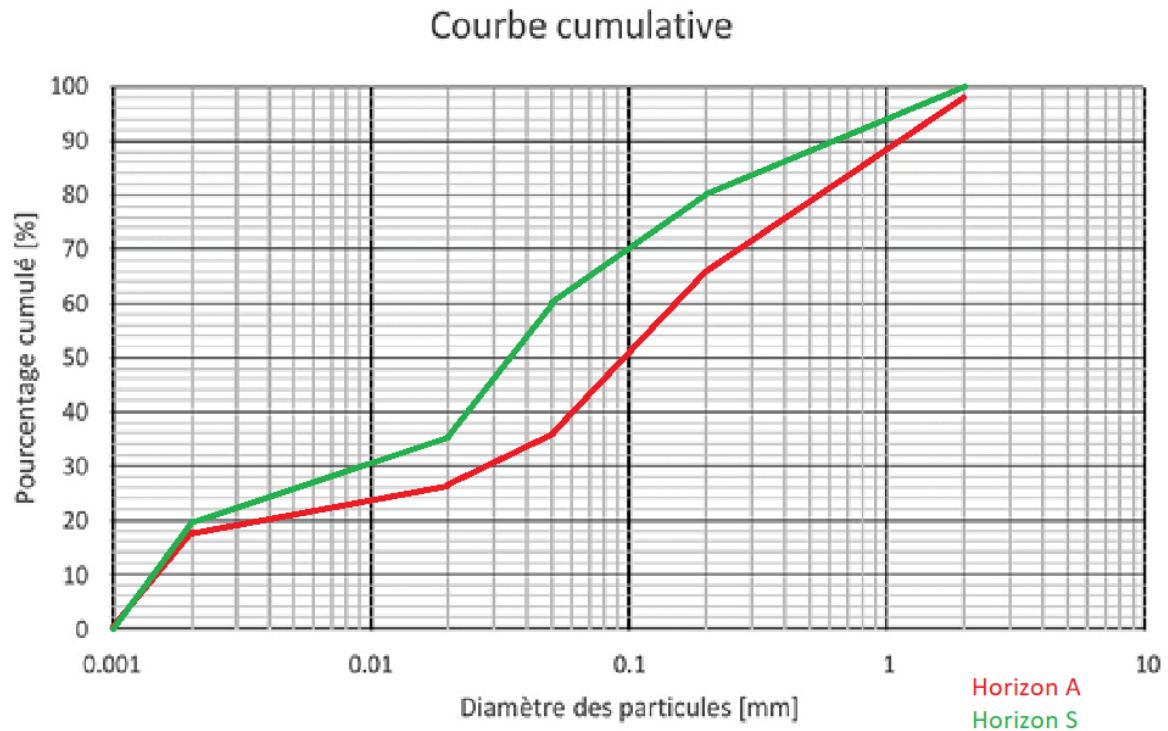
- a) Donnez un nom à la texture selon le triangle des textures ci-dessous (USDA) pour les deux horizons.

Horizon A : Limono-sableux

Horizon S : Limoneux



- b) Tracez une courbe cumulative de la texture pour chacun de ces horizons.



- c) Ces deux horizons sont différents en termes de texture, quels phénomènes peuvent expliquer ces différences ?

Réponse : activité biologique/altération roche-mère/teneur en eau (conditions microclimatiques)

2. Thématique : Calcul et CEC et saturation de la CEC

L'altération d'un minéral (la biotite) constitutif de la roche- mère s'altère au cours du temps et conduit à la formation d'une argile minéralogique de type illite. Lors de cette altération chimique, des ions Si dans les réseaux cristallins de la biotite sont remplacés par des atomes Al. Il en résulte un déficit de charge 100 cmol charge/kg minéral.

Autres données :

Masse molaire atomique de Na = 22.9 g mol^{-1}

Masse molaire atomique de Ca = 40.1 g mol^{-1}

- a) Quelle est la conséquence de cette altération en terme de charges au niveau de l'argile qui est formée (illite). Les charges créées sont-elles positives ou négatives ?

Les charges sont négatives.

- b) S'agit-il de la formation de la CEC (Capacité Echange Cationique) ou de la AEC (Capacité d'échange anionique) ?

L'altération de la biotite en illite conduit à la formation de charges négatives donc de la CEC
Origine des charges dues au départ de K⁺: la structure de la biotite : deux couches tétraédriques (atome de Si ou d'Al à l'intérieur), qui enferment une couche octaédrique (atome de Mg ou de Fe à l'intérieur). Les atomes Si de la couche tétraédrique sont partiellement substitués (substitution isomorphique) par les atomes de Al. Il en résulte une charge nette négative. Ce
Charges négatives créées : CEC = 100 cmol charge/kg
PS : La biotite n'est pas forcément transformée en illite lors de l'altération.

- c) Combien de moles d'ions échangeables, de Na⁺ par kg, sont nécessaires pour neutraliser cette évolution de la CEC ?

$$CEC/Charge Na = (100 \text{ cmol charge/kg}) / (1 \text{ charges} / Na^+) = 1 \text{ mol } Na^+ / \text{kg}$$

- d) Quelle masse de sodium cet apport représente-t-il ?

$$1 \text{ mole Na pèse } 22.9 \text{ g} . \text{ Apport de } 22.9 = \text{apport de } 22.9 \text{ g de Na}.$$

- e) Combien de moles d'ions échangeables de Ca²⁺ par kg sont nécessaires pour neutraliser cette évolution de la CEC ?

$$Ca^{2+} = CEC/Charge Ca^{2+} = (100 \text{ cmol charge/kg}) / (2 \text{ charges} / Ca^{2+}) = 0.5 \text{ mol } Ca^{2+} / \text{kg}$$

- f) Quelle masse de calcium cet apport représente-t-il ?

$$1 \text{ mole de Ca pèse } 40.1 \text{ g} . \text{ apport de } 40.1 \text{ g} \cdot 0.5 = 20.05 \text{ g de Ca}.$$

3. Type d'argile et CEC

Un sol tropical contient une fraction argileuse (au sens granulométrique) dominée en terme de masse par la kaolinite (70%) et un peu de smectite (10%), ainsi que 15% gibbsite and 5% goethite. La CEC de la kaolinite est de 5 et celle de la smectite de 100 cmol charge (+)/kg. Les oxy-hydroxydes d'aluminium (gibbsite) et de fer (goethite) composent le reste de la masse de cette fraction argileuse. Ces deux composés sont dotés de charges positives AEC (Anionic Exchange Capacity) de 20 and 40 cmol charge (-)/kg respectivement.

- a) Calculez la CEC en kg des argiles minéralogiques (en cmol charge+/kg d'argile)

$$CEC_{argile} = (0.7 \cdot 5 + 0.1 \cdot 100) \frac{\text{cmol charge}}{\text{kg}} = 13.5 \text{ cmol charge } +/\text{kg}$$

- b) Calculez l'AEC des deux oxy-hydroxydes (en cmol charges-/kg d'argile)

$$AEC_{gibbsite} + AEC_{goethite} = (0.15 \cdot 20 + 0.05 \cdot 40) \frac{\text{cmol charge} -}{\text{kg}} = 5 \frac{\text{cmol charge} -}{\text{kg}}$$

- c) Quelle est la CEC nette (en cmol charge +/kg d'argile)

$$13.5 - 5 = 8.5 \text{ cmol charge } +/\text{kg}$$

- d) Si la fraction granulométrique argileuse est de 50% de la masse du sol, quelle est la CEC nette du sol ?

$$CEC_{soil} = f_{argile} \cdot CEC_{argile} = 0.5 \cdot 8.5 \frac{cmol\ charge}{kg} = 4.25 \frac{cmol\ charge}{kg}$$

Exercice optionnel : Granulométrie

Principe de granulométrie

Une courbe granulométrique comme celle de l'exercice 1 de cette série résulte d'une analyse au laboratoire. Les particules de sable sont séparées par tamisage. Les fractions des particules plus fines, donc de limon et d'argile, sont mesurées dans un cylindre d'eau, grâce à leur différente vitesse de sédimentation.

Pour pouvoir identifier les particules qui sont encore en suspension dans ce cylindre après un certain temps il faut connaître la vitesse de sédimentation des particules en fonction de leur taille.

Cette vitesse de sédimentation est calculable approximativement.

- a) Quelles sont les trois forces majeures qui agissent sur les particules en suspension dans l'eau ? Dans quelle direction agissent-elles ?

$F_{gravitaire}$: en bas

$F_{poussée\ d'archimède}$: en haut

$F_{frottement}$: opposé à la direction de déplacement

- b) Quels sont les facteurs qui influencent chaque force ?

$F_{gravitaire}$: gravitation, volume, densité du grain

$F_{poussée\ d'archimède}$: gravitation, volume, densité de l'eau

$F_{frottement}$: vitesse du grain, l'air de la surface, viscosité dynamique de l'eau

- c) Après un certain temps les trois forces sont à l'équilibre. Quelles sont les conséquences sur l'accélération et la vitesse de la particule en suspension ?

L'accélération résultante est égal à zéro (selon le principe $F=m \cdot a$) et la vitesse devient constante.

- d) Ecris l'équation des trois forces en équilibre. Deux forces sont plutôt faciles à décrire, la troisième s'écrit sous la forme suivante :

$$F = 6\pi\eta r v$$

η : viscosité de l'eau [kg/(m*s)]

r : rayon de la particule

v : vitesse de la particule

$$F_g = F_A + F_f$$

$$m_p \cdot g = m_e \cdot g + 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$$

$$V_p \cdot \rho_p \cdot g = V_p \cdot \rho_e \cdot g + 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$$

$$\frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot \rho_p \cdot g = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot \rho_e \cdot g + 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$$

$$2 \cdot r^2 \cdot \rho_p \cdot g = 2 \cdot r^2 \cdot \rho_e \cdot g + 9 \cdot \eta \cdot v$$

- e) Ecris l'équation de la vitesse à l'équilibre (indice : mettre la vitesse comme facteur explicite)

$$v = \frac{2 \cdot g \cdot r^2 \cdot (\rho_p - \rho_e)}{9 \cdot \eta}$$

- f) Quelle est la vitesse finale des trois différents types de particules granulométriques ? Calcule pour un grain de sable avec un rayon de 1 mm, un grain de limon de 0.01 mm et un grain d'argile de 0.001 mm. La viscosité de l'eau à 20°C vaut $1.002 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{m \cdot s}$, la densité de l'eau est approximée par $1000 \frac{kg}{m^3}$ la densité des particules par $2650 \frac{kg}{m^3}$.
- g) Dans un cylindre de mesure de 30 cm, calcule le temps de sédimentation des trois différents types de particules, en admettant qu'ils vont parcourir la colonne entière avec la vitesse finale.

Le calcul de la vitesse se fait selon la formule d'en haut, puis pour la distance :

$$t = \frac{d}{v}$$

f & g) vitesses des particules et temps de parcours					g		9.81
					density w		1000
					density particle		2650
					viscosity		0.001002
					distance à parcourir (m)		0.3
	rayon (m)	vitesse [m/s]	temps [s]	v [m/min]	t [min]	v [m/h]	t [h]
sable	0.001	3.6E+00	8.4E-02	2.2E+02	1.4E-03	1.3E+04	2.3E-05
limon	0.00001	3.6E-04	8.4E+02	2.2E-02	1.4E+01	1.3E+00	2.3E-01
argile	0.000001	3.6E-06	8.4E+04	2.2E-04	1.4E+03	1.3E-02	2.3E+01