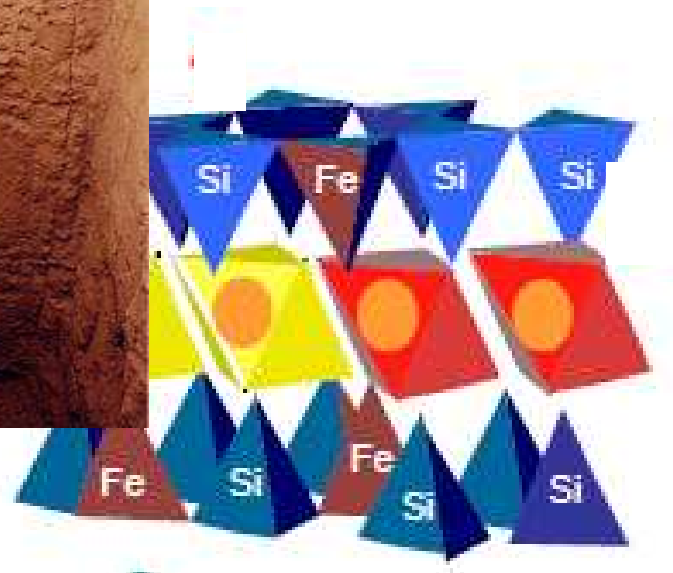


Le sol: les constituants, leurs propriétés.

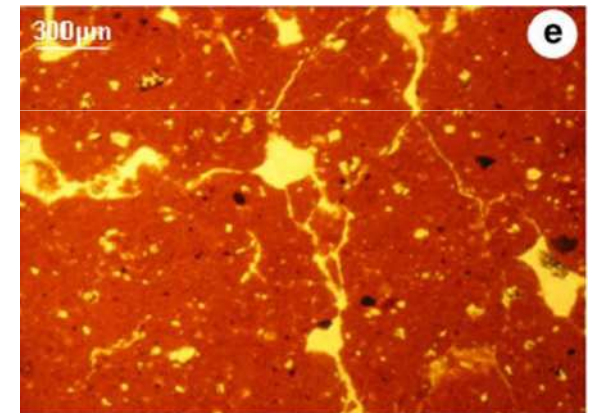
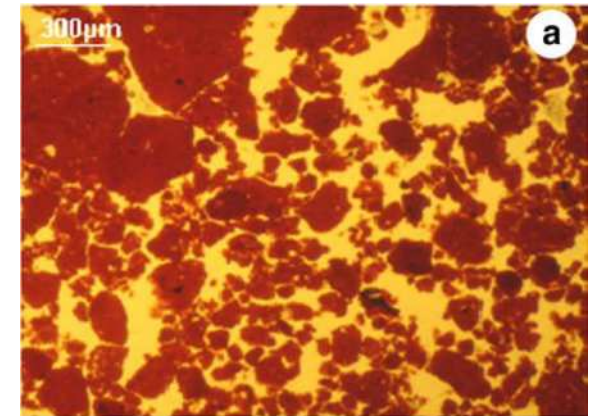


Thierry BECQUER

IRD, UMR Eco&Sols

thierry.becquer@ird.fr

Constituants des sols.



Sol : un milieu multiphasique,
dans lequel se développent
et vivent les racines des plantes

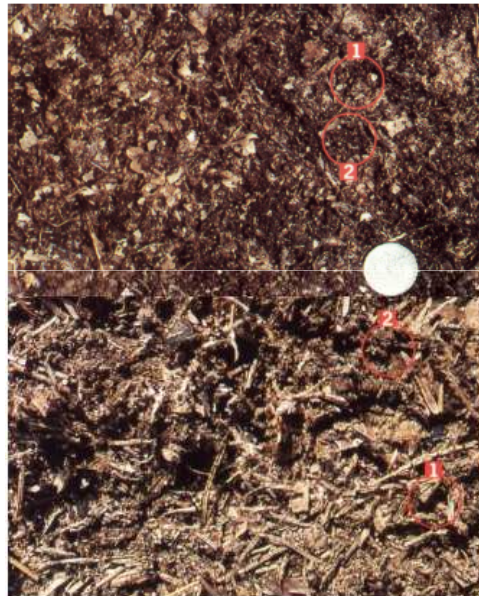
- ✓ organismes
- ✓ Liquide 20-30 % (vol.)
- ✓ Gaz 20-30 %
- ✓ Solide 50-60 % (45-50 % minéral, 5-10 % organique)

Constituants organiques des sols :

Evolution d'une litière (hor. O)



litière s.s. (OL)



litière
fragmentée
(OF)

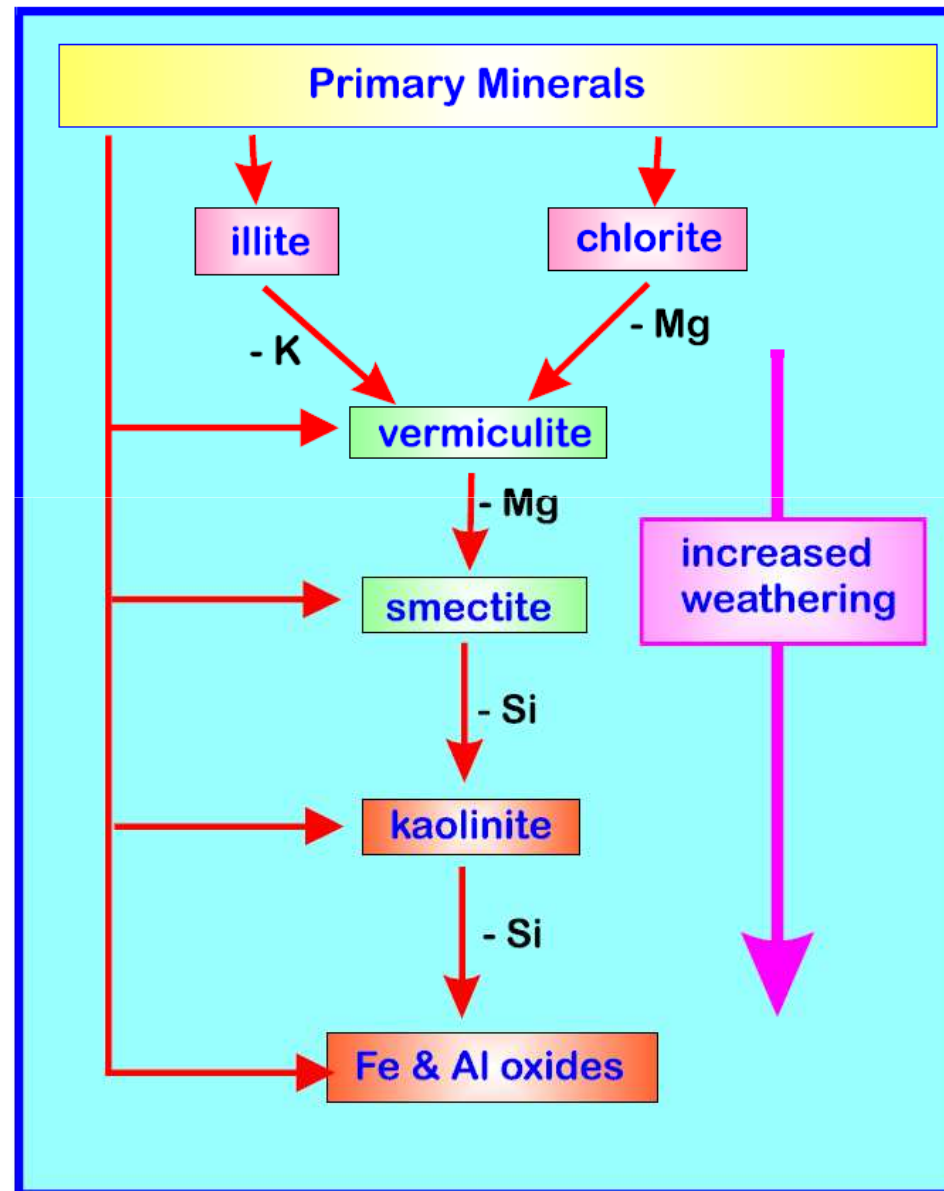
⇒ différents types d'humus

litière
humifiée
(OH)

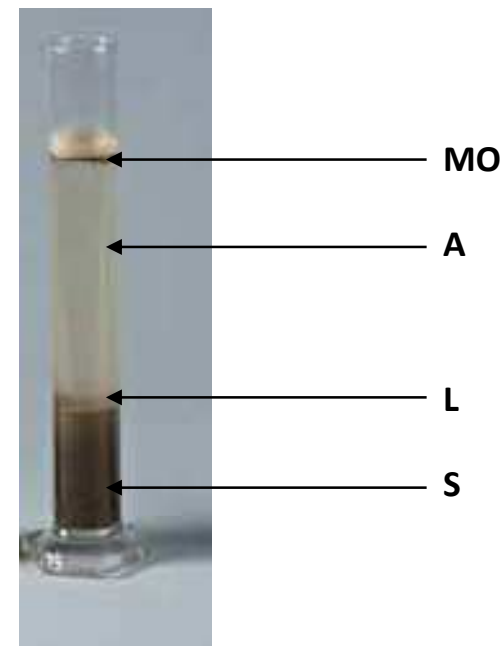


Constituants minéraux des sols :

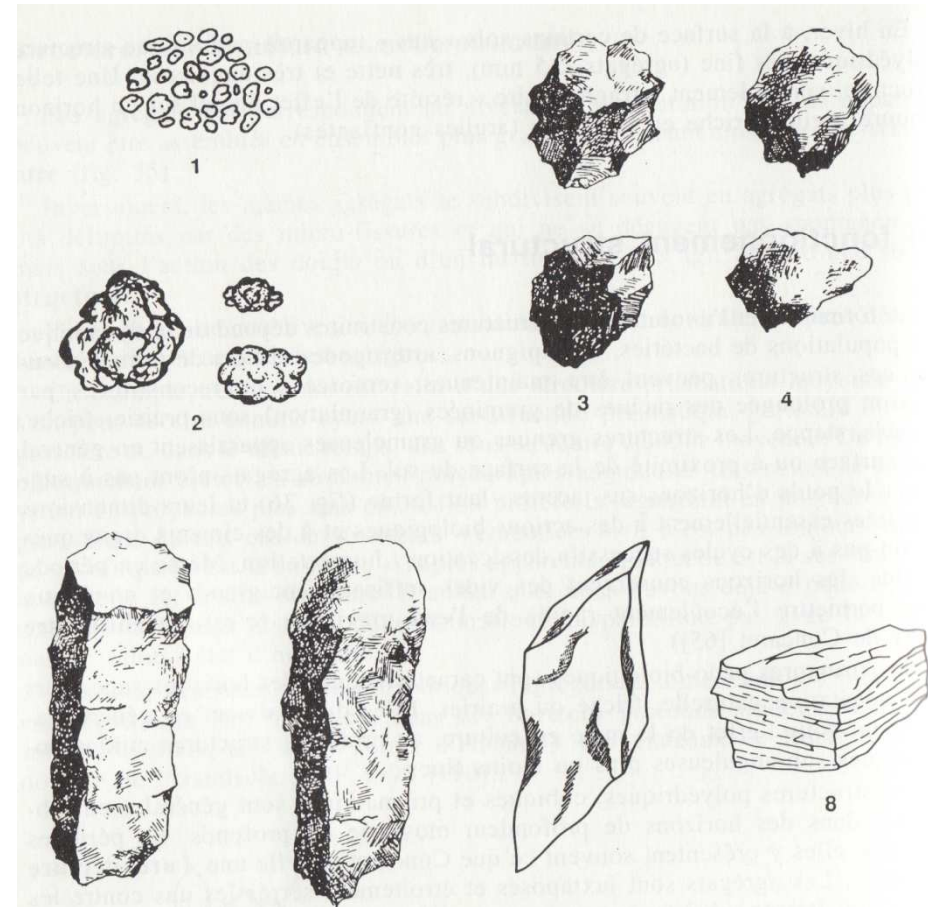
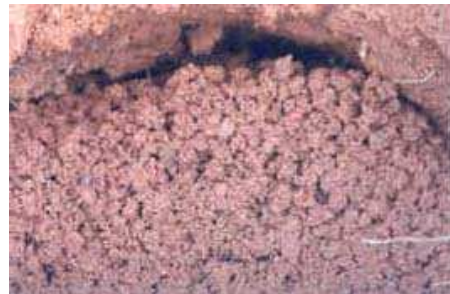
Evolution en fonction du degré d'altération



Les constituants du sol : texture

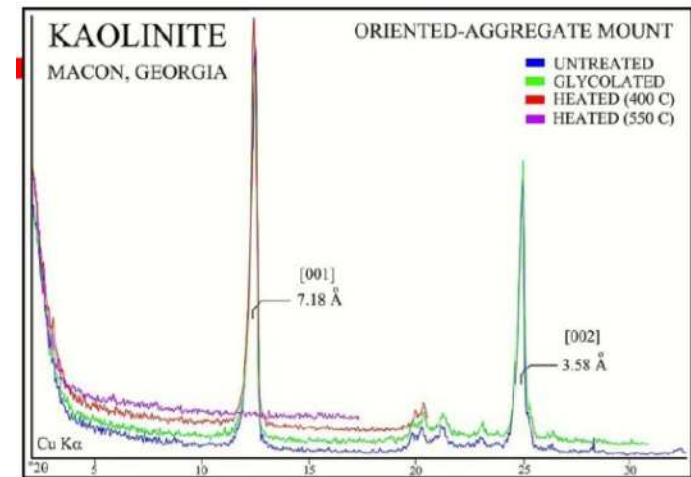


Les constituants du sol : structure

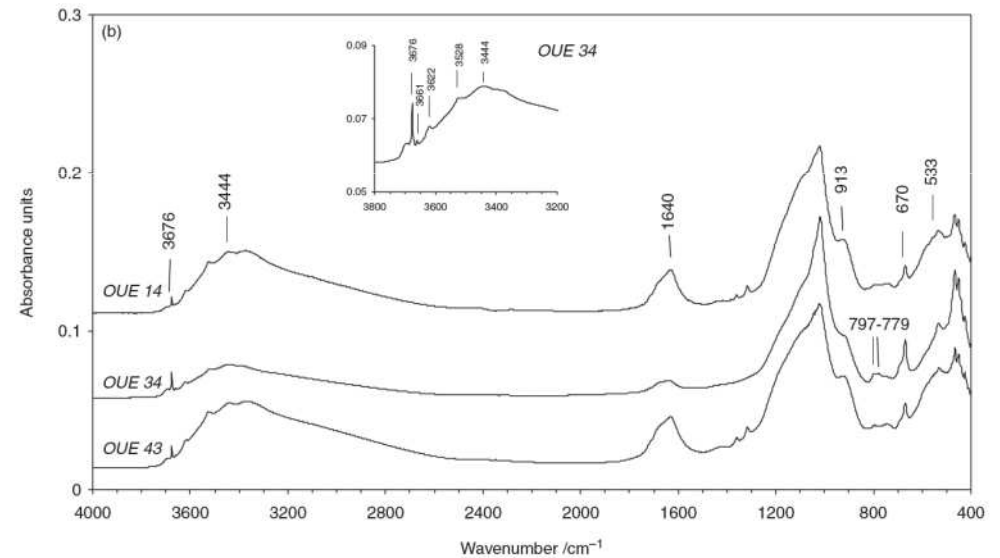


Caractérisation

☐ DRX



☐ Spectrométrie IR



☐ Analyses chimiques

✓ Ataque totale

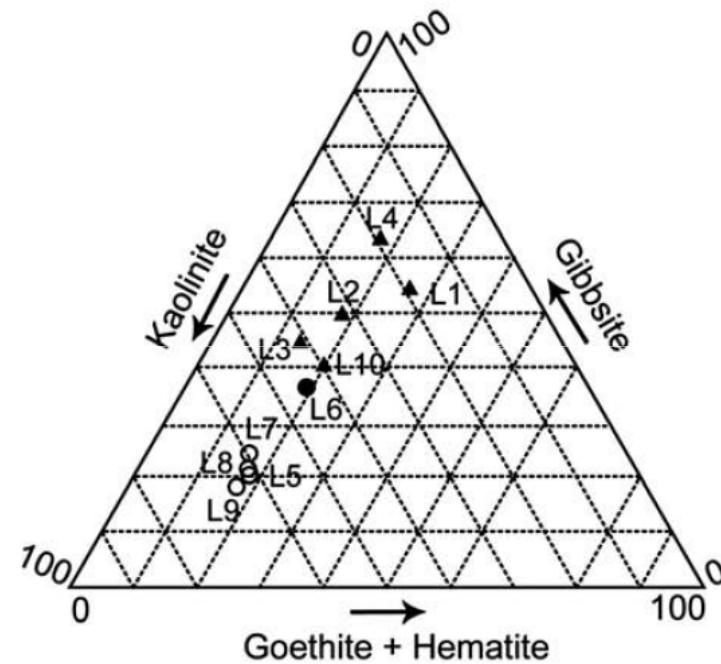
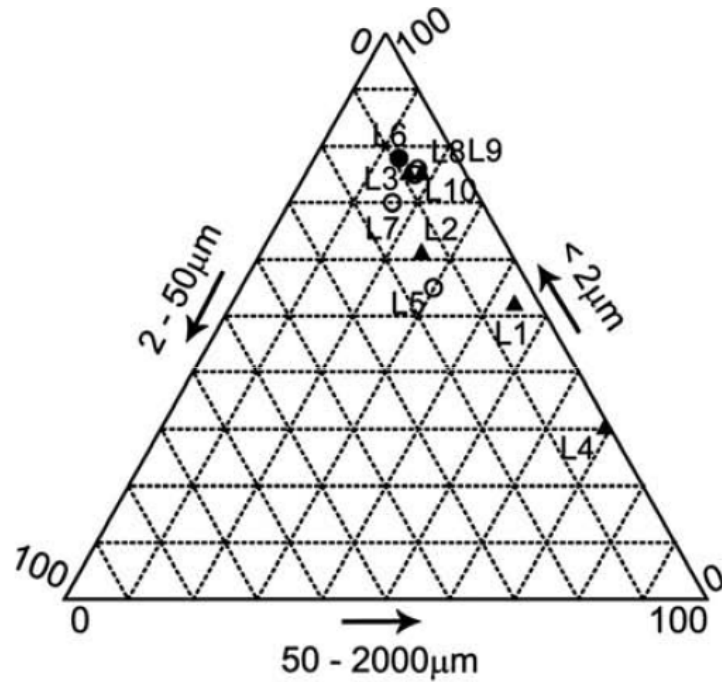
✓ Ataque sulfurique

Abondance

Attention pour les "argiles":
Granulométrie

vs

Minéralogie



Reatto et al., 2009,
Catena, 76, 122-134

Principaux groupes minéralogiques

☐ Argiles minéralogiques (phyllosilicates)

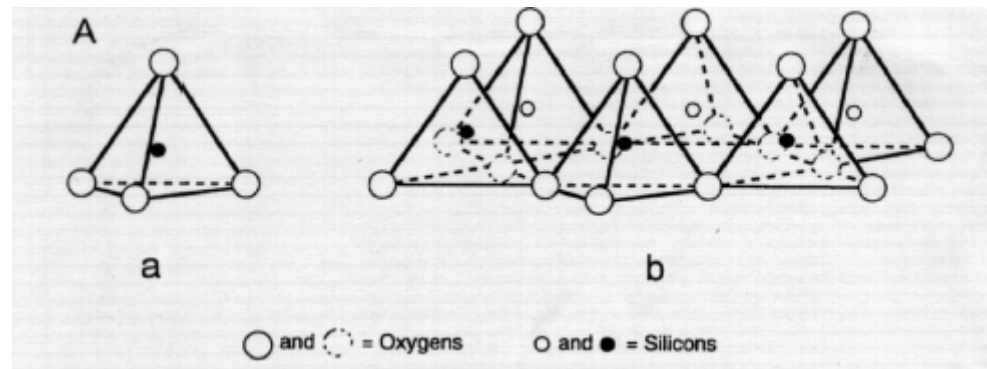
- ✓ Argiles 1/1 (T-O) (kaolinite)
- ✓ Argiles 2/1 (T-O-T) (micas, vermiculites, smectites)

☐ Oxydes

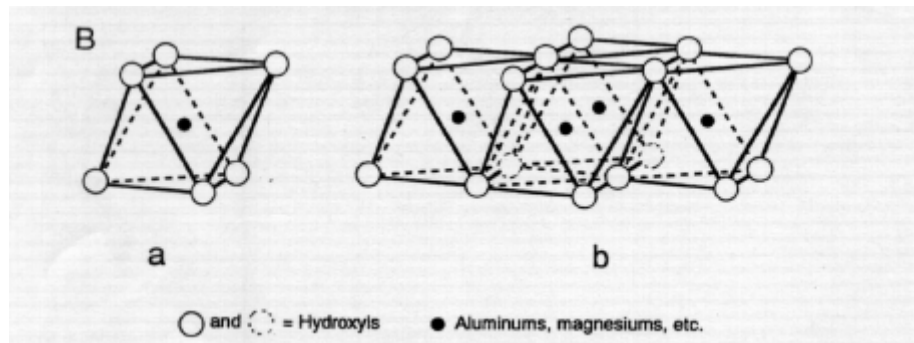
- ✓ Oxydes de Fe
- ✓ Oxydes d'Al
- ✓ Oxydes de Mn

Argiles : structures de base

❑ Couche tétraédrique (T)



❑ Couche octaédrique (O)

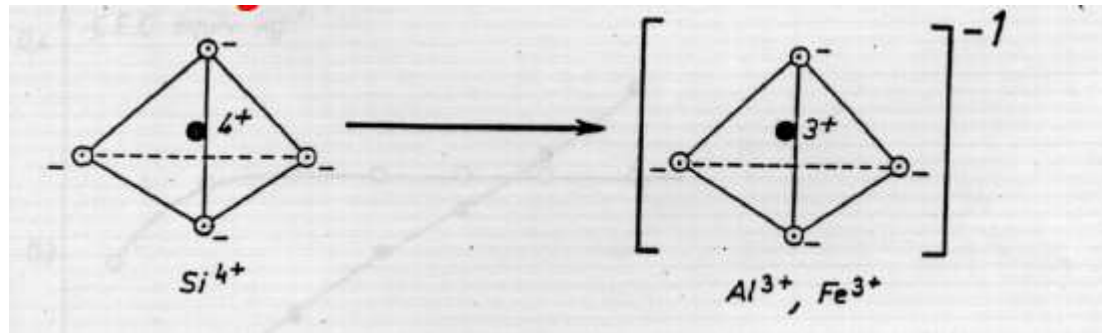


Couche **dioctaédrique**
2 sites sur 3 occupés par Al^{3+}
 $\text{Al}_2(\text{OH})_6$

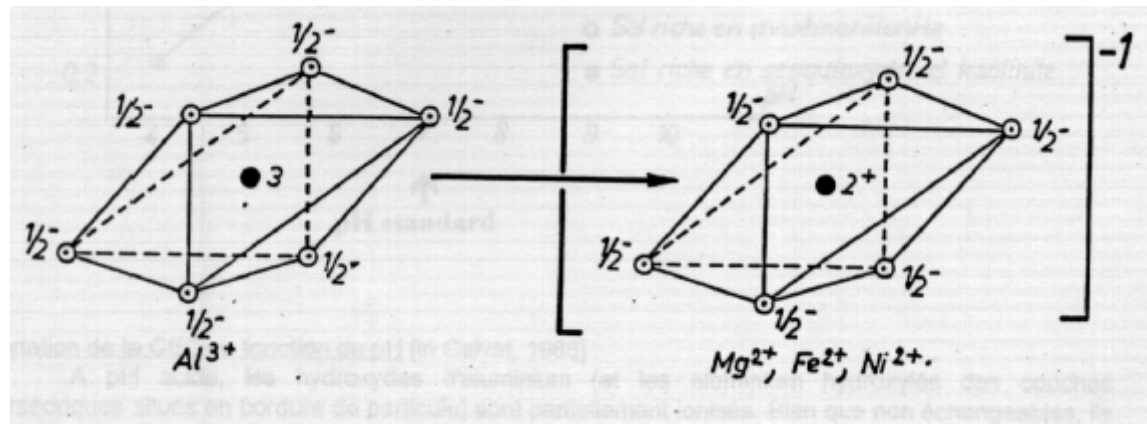
Couche **trioctaédrique**
3 sites sur 3 occupés par Mg^{2+}
 $\text{Mg}_3(\text{OH})_6$

Argiles : substitutions isomorphiques

❑ Couche tétraédrique (T)



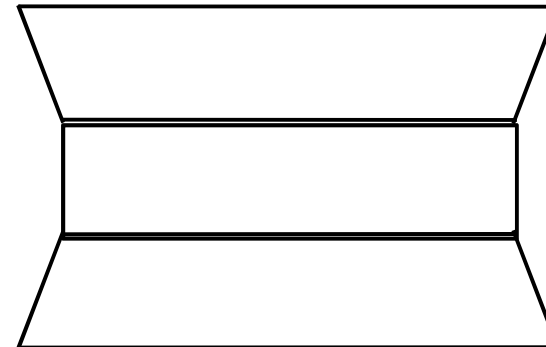
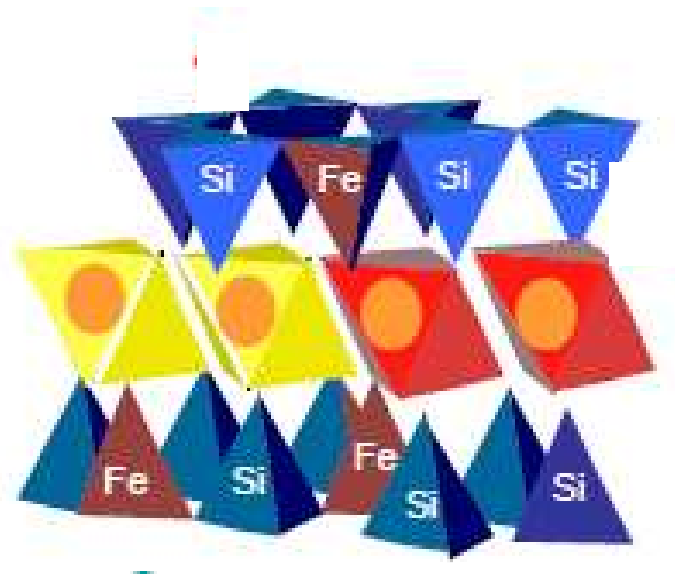
❑ Couche octaédrique (O)



Argiles 1/1 (T-O)

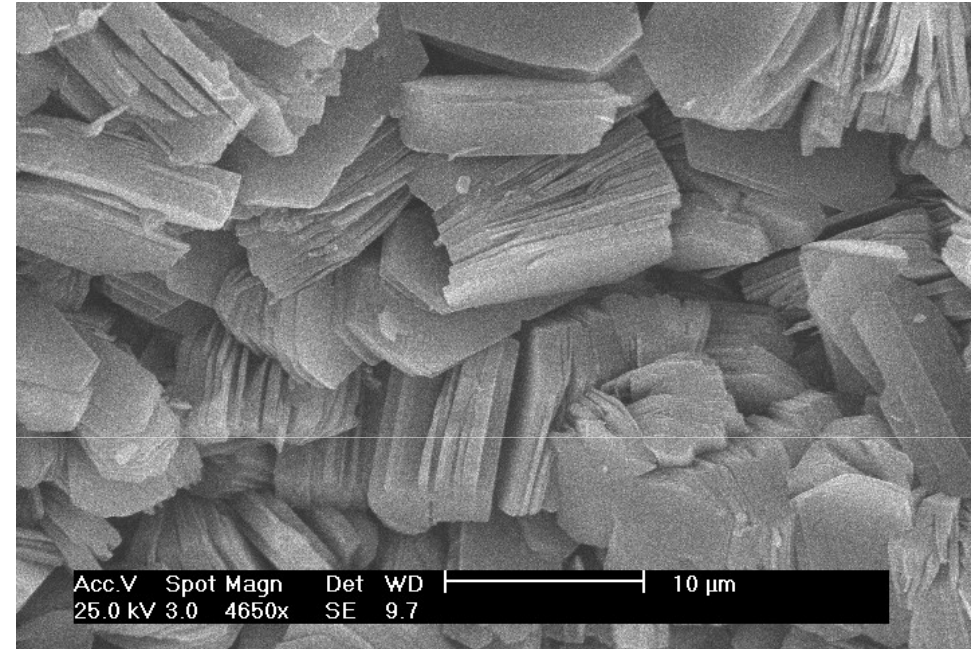
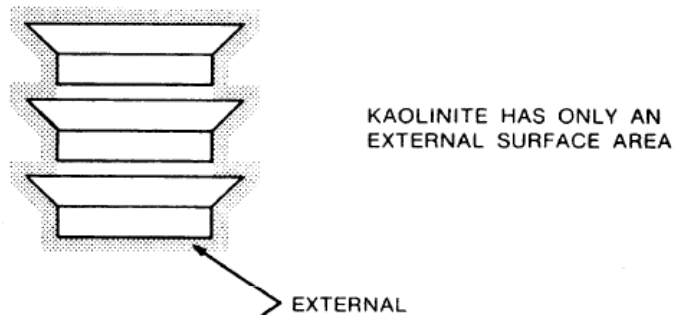


Argiles 2/1 (T-O-T)



Argiles 1/1 (T-O)

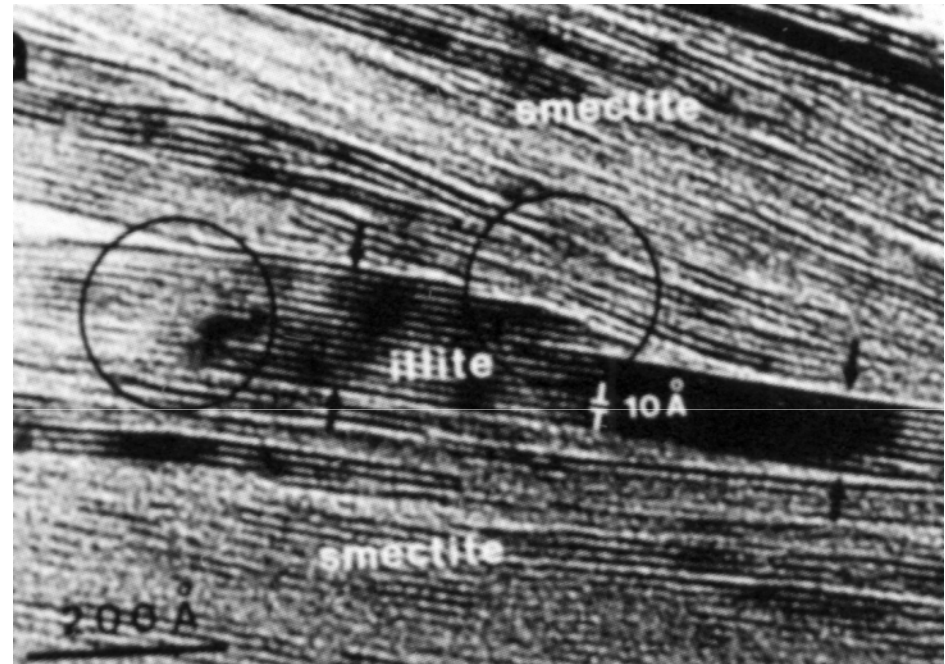
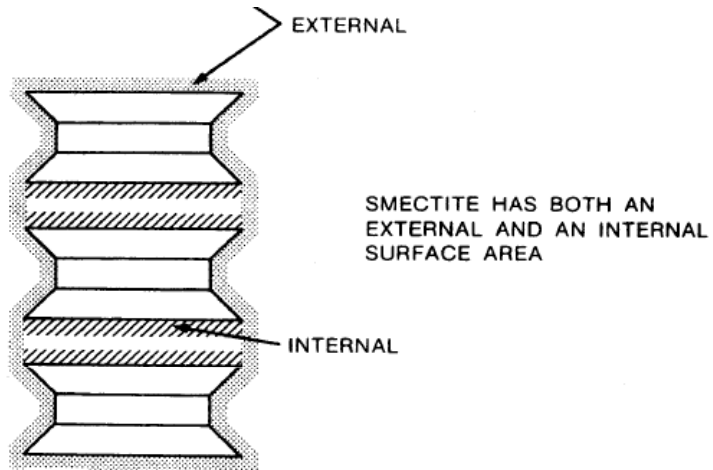
Kaolinite...



- ✓ feuillets T.O « collés », $d = 0.7 \text{ nm}$
- ✓ pas de substitution \Rightarrow pas échange
- ✓ O = dioctaédrique

Autres argiles de la même famille : halloysite, serpentine

Argiles 2/1 (T-O-T) Smectite



- ✓ feuillets T.O.T non « collés », $d = 1.4-1.5$ nm
- ✓ Substitution isomorphiques \Rightarrow échange

Oxydes, hydroxydes, oxyhydroxydes



(grotte de Lascaux, site web)

❑ Oxydes de Fe, Mn, Al

✓ peu abondants
mais très réactifs



rôle majeur dans les
processus chimiques des sols

✓ Ubiquistes,
formes variées



cristaux, revêtements,
associés à MO, gels...

❑ Origine

✓ Altération minéraux

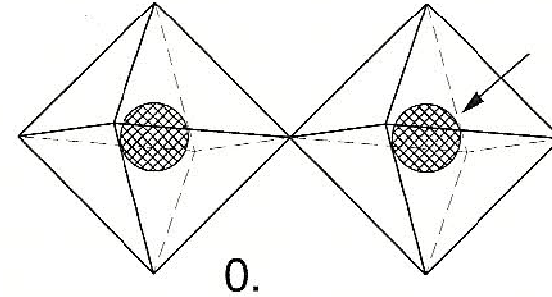
libération de Fe, Mn, Al qui réagissent
avec O_2 et H_2O

Oxydes : structures de base

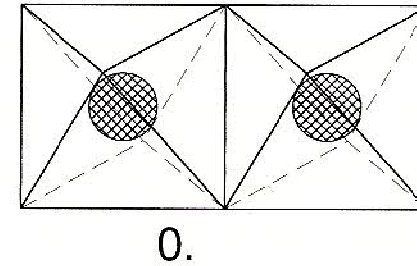
❑ Couche octaédrique (O) :

1Me entouré de 6O^{2-} , OH^-

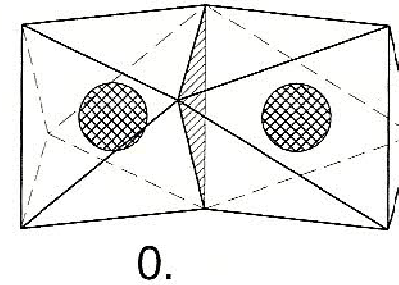
corner



edge



face



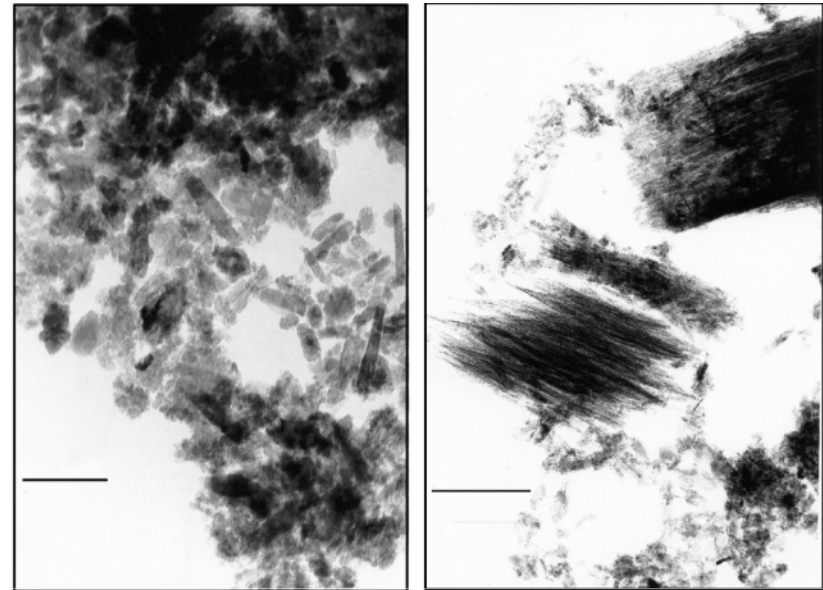
Oxydes de fer

❑ Propriétés

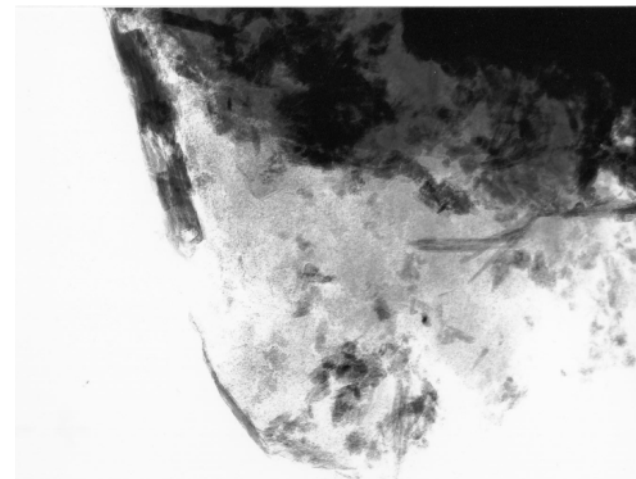
- ✓ Produit solubilité faible (subst. Al augmente stabilité)
- ✓ Grande surface spécifique
 - Cristallisé : # 40-80 m² g⁻¹
 - Amorphe : # 800 m² g⁻¹
- ✓ Charges variables (+) = rétention d'anions
- ✓ Fort pouvoir pigmentant

❑ Substitutions

- ✓ Nombreuses (Al, Ni, Mn, Co, Cr, Cu, Zn)
- ✓ Al : 33% dans goethite, 17% hématite (stabilise la structure)



Goethites (Nouvelle Calédonie),
Becquer et al., 2006



Oxyde de fer amorphe (Nouvelle Calédonie),
Quantin et al., 2002

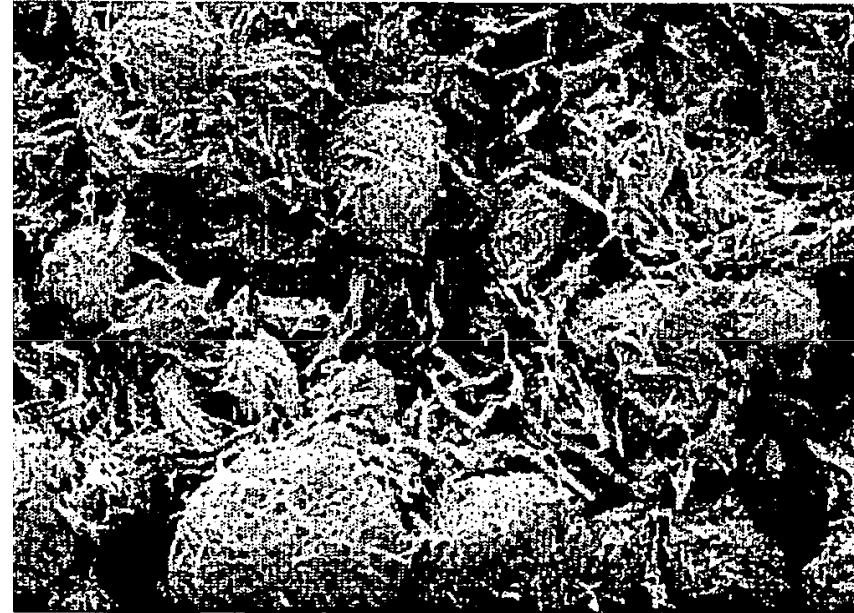
Oxydes d'aluminium

❑ Propriétés

- ✓ Surface spécifique # $45 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$
- ✓ Charges variables (+) = rétention d'anions

❑ Substitutions

- ✓ Peu substitués



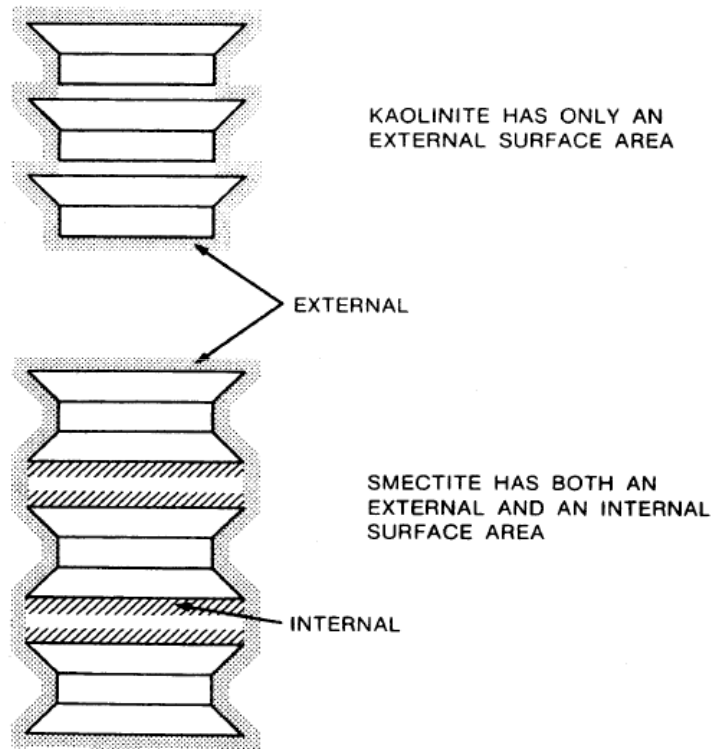
Propriétés de surface:

$$\text{Charge} = f \left(\begin{array}{l} \text{- Surface spécifique des particules} \\ \text{- Propriétés de surface} \end{array} \right)$$

Propriétés de surface:

Surface spécifique des particules

Kaolinite vs smectites

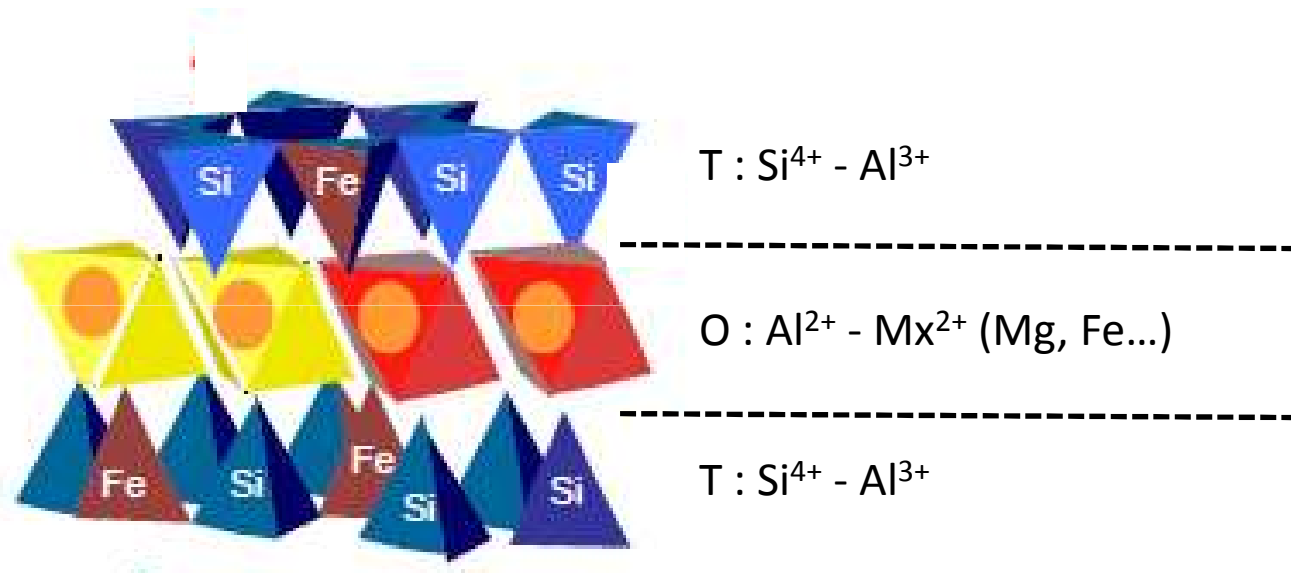


	Surface spécifique (m ² / g)		
	Interne	Externe	Totale
Smectite	750	50	800
Vermiculite	750	<1	750
Kaolinite	0	15	15
Ox. Fer cristallisés			40-80
Ox. Fer amorphes			# 800
Gibbsite			??

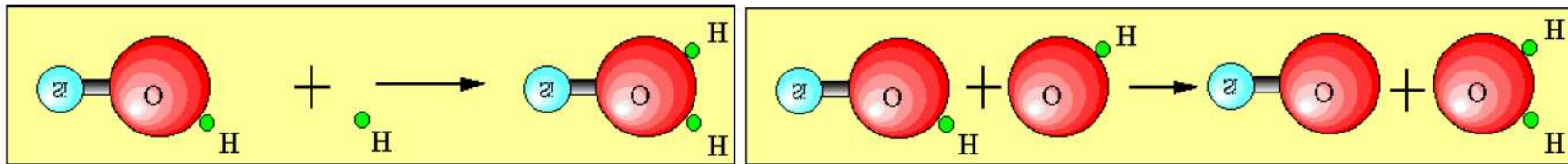
Propriétés de surface:

Propriétés de surface

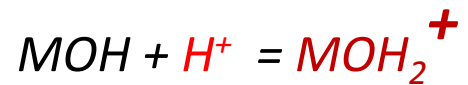
□ Charge permanente (structurale)



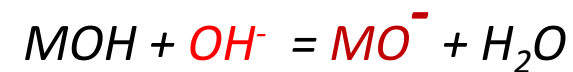
□ Charge variables (avec le pH)



A faible pH



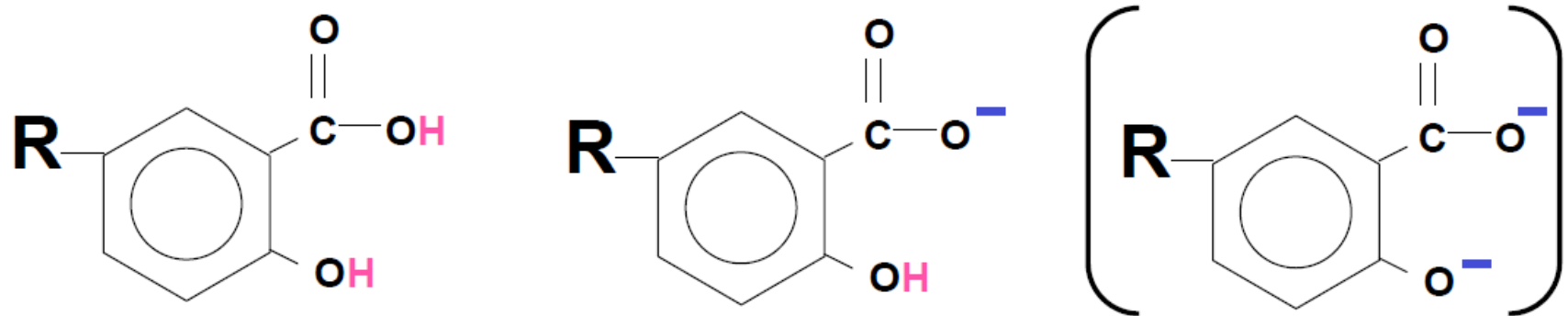
A pH élevé



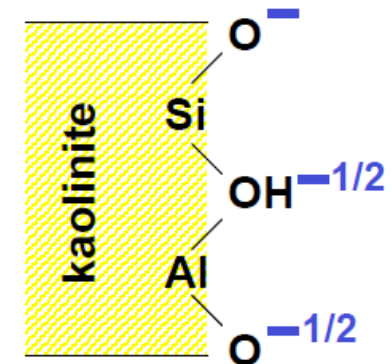
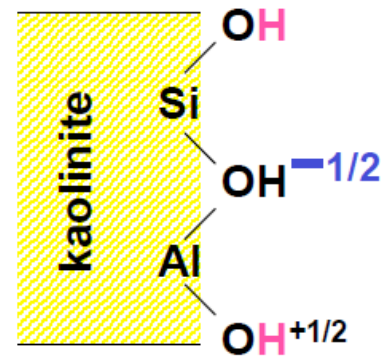
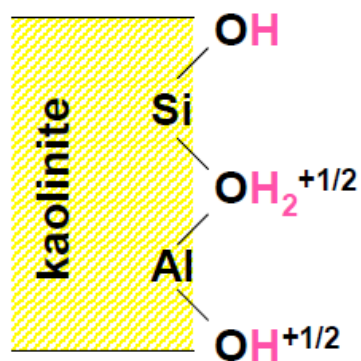
Constituants amphotères :

- Matière organique
- Oxydes de fer
- Oxydes d'aluminium
- Kaolinite (tétraèdres non substitués – SiOH)

Acides humiques



← PROTONATION →



Bordures alumino-silicates

Charges de surface des constituants

❑ Charge des constituants des sols

- ✓ MO $\sim 200 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$
- ✓ Smectite/Vermiculite $\sim 100 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$
- ✓ Illite $\sim 25 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$
- ✓ Kaolinite $\sim 10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$
- ✓ Fe and Al oxides $\sim 5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$

❑ Origine des charges

Colloid	Negative charge	Positive charge	% constant	% variable
Humus	200	0	10	90
Vermiculite	120	0	95	5
Smectite	100	0	95	5
Illite	40	0	80	20
Kaolinite	12	4	5	95
Fe & Al Oxides	5	5	0	100