



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Cours de physique du sol

GENERALITES

Copie des transparents

Version provisoire

Prof. A. Mermoud

Janvier 2006



Définition de la physique du sol

Science qui étudie l'état et le mouvement de matière et d'énergie dans le sol

- Matière: eau, solutés, substances chimiques, gaz,...
- Energie: chaleur

Objectifs

- Compréhension et modélisation des processus qui se déroulent dans le sol
- Fourniture des bases nécessaires à la mise en œuvre des techniques de gestion du régime hydrique des sols, de protection des sols et de sauvegarde des eaux souterraines



Applications de la physique du sol

Sauvegarde des eaux souterraines

- *Pollution (fertilisants, pesticides, sels, métaux lourds,...)*
- *Réalimentation (recharge)*

Protection et amélioration des sols

- *Erosion*
- *Dégénération (contamination, salinisation, dégradation de la structure,...)*

Captage des eaux souterraines

- *Quantité d'eau extractible*
- *Débit de pompage*

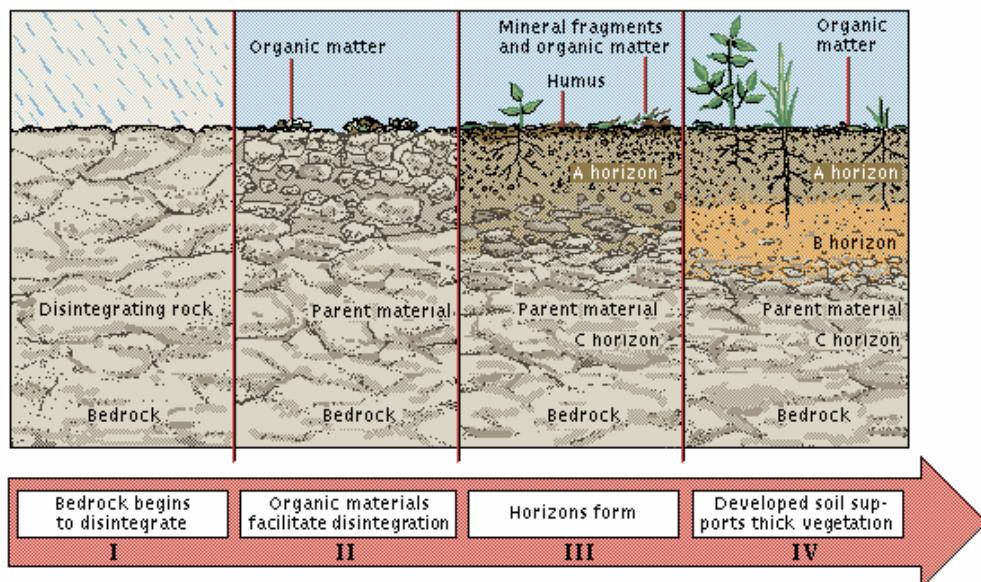
Techniques de gestion du régime hydrique du sol

- *Irrigation*
- *Drainage*

Etc ...

Définition du sol

Couche superficielle, meuble, de la croûte terrestre d'épaisseur variable, qui résulte de l'altération des roches sous-jacentes (roche-mère) et de la dégradation des matières organiques, sous l'influence d'agents biologiques (végétation, faune du sol, etc.), chimiques et physiques (précipitations, variations de température, etc.).



Etapes de la formation d'un sol¹

¹ Le passage de la roche-mère à un sol productif peut prendre des milliers d'années

Définition du sol vu sous l'angle de la physique du sol

Milieu poreux complexe constitué de trois phases :

- **Phase solide:** éléments minéraux et organiques
- **Phase liquide:** eau du sol
- **Phase gazeuse:** air du sol

Milieu vivant :

Le sol abrite une multitude d'organismes qui jouent un rôle très important pour l'environnement.



Phase solide (matrice du sol)

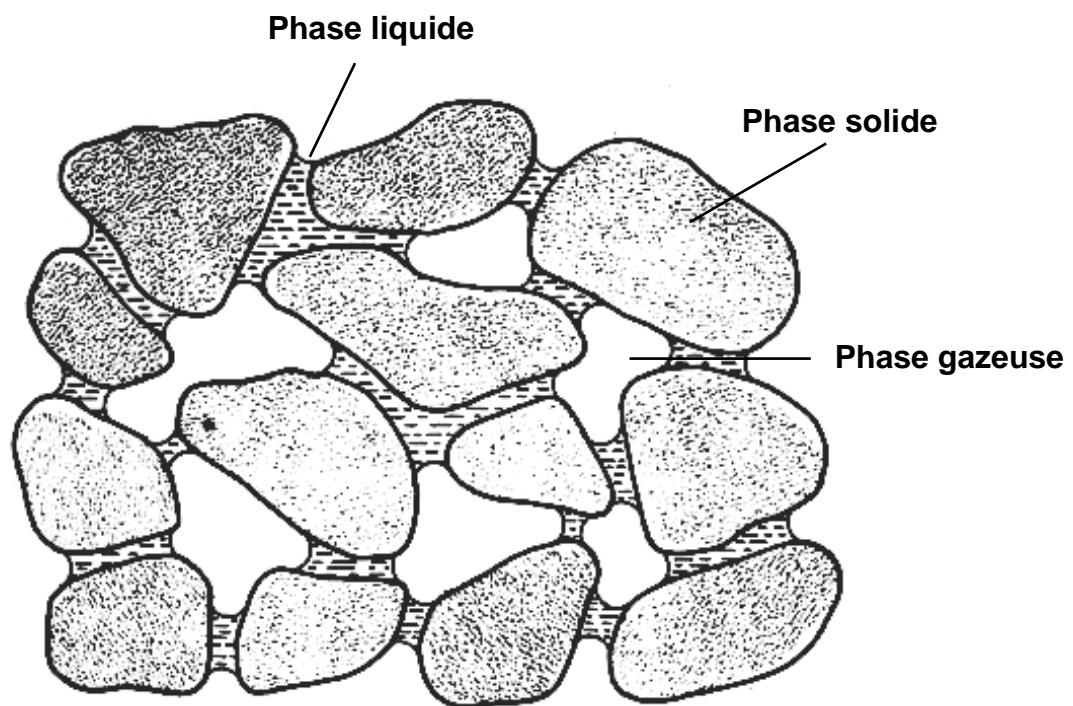
Eléments minéraux : particules de taille et de forme diverses.

- éléments grossiers ($> 2\text{ mm}$)
- terre fine ($< 2\text{ mm}$); argile ($< 2\text{ }\mu\text{m}$)

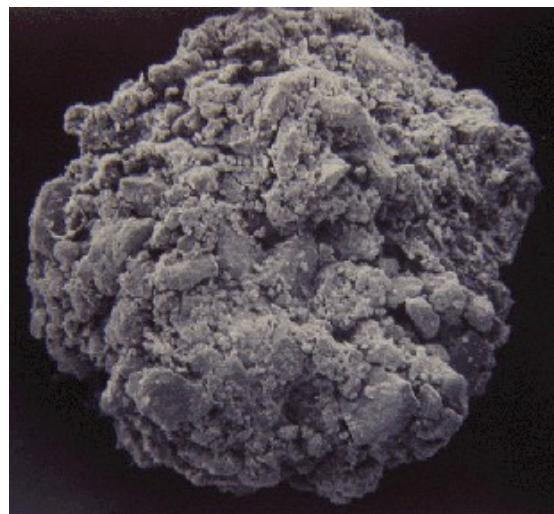
Eléments organiques : débris végétaux ou animaux en état de décomposition plus ou moins avancée

Les particules de dimension sup. à $2\text{ }\mu\text{m}$ sont généralement cimentées par un mélange d'argile et d'humus (complexe argilo-humique), parfois également par des oxydes et hydroxydes.

→ agrégats



Phases du sol



Agrandissement d'un agrégat

Phase liquide du sol (soil solution)

**Composed of water and dissolved components:
inorganic salts, organic compounds and gases.**

- predominant anions : NO_3^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , Cl^- and SO_4^{2-} (especially in arid areas)
- predominant cations : Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , NH_4^+
- **soluble organic matter**
- **dissolved gases**
- **fertilizers, pesticides, etc....**

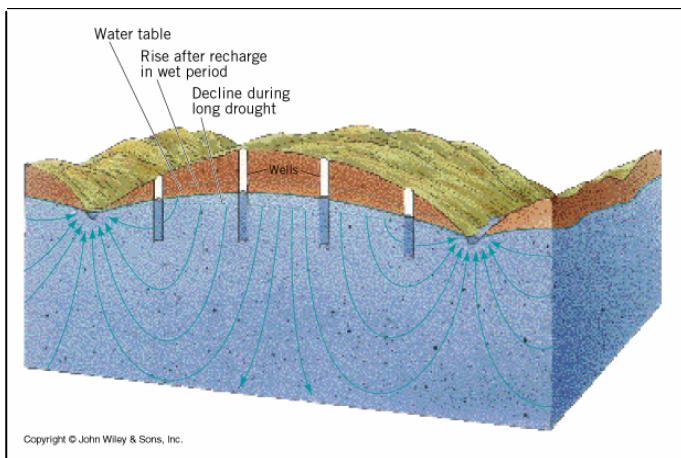
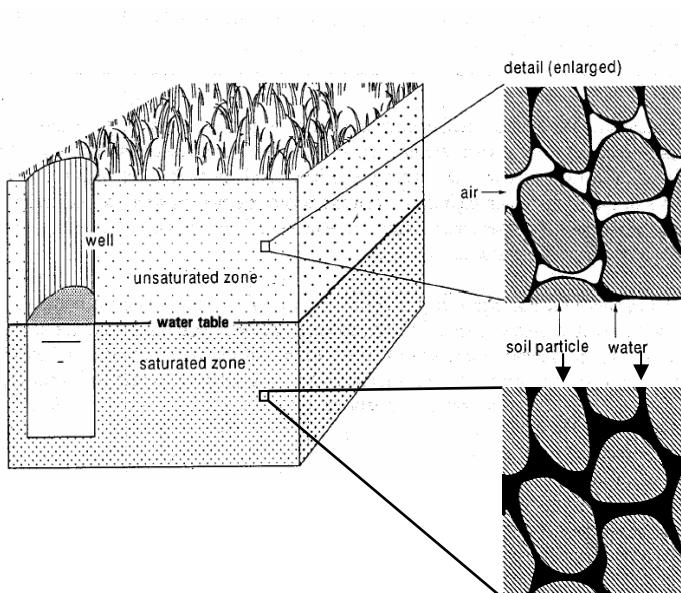
Phase gazeuse du sol

	Air atmosphérique	Air du sol
Azote	78 %	78-80 %
Oxygène	21 %	< 21 %
Autres gaz	1%	1 %
Gaz carbonique	0.03 %	0.2 à quelques %
Vapeur d'eau	Variable	Proche de la saturation

Composition comparée de l'air du sol et de l'air atmosphérique

On constate que dans le sol, la concentration en CO₂ est plus élevée et la teneur en O₂ plus réduite que dans l'air atmosphérique. Ceci est dû à la respiration des organismes vivants du sol et à la dégradation de la matière organique.

- Si la phase gazeuse est absente, le sol est dit **saturé**
- En présence des 3 phases, le sol est dit **non saturé**



Zones saturée et non saturée

Equation de continuité (bilan de masse ou d'énergie)

S'applique à toute variable d'état, notamment à la teneur en eau, la concentration, la quantité de chaleur (θ , C , $C_F T$: concentrations volumiques).

L'établissement du bilan suppose que l'on définisse au préalable:

- la variable concernée
- les limites du système considéré
- la période de référence choisie

$$\Delta S = S_f - S_i = [\sum \text{Apports} - \sum \text{Pertes}] + \sum r_i$$

Transferts à travers les limites du système par échanges avec l'environnement

Processus internes au système: apports, prélevements, transformations, etc.

S : stock (eau, solutés, etc.); S_f : stock final; S_i : stock initial

Si le stock ne varie pas ($\Delta S = 0$), le système est en régime permanent.

Equation du bilan hydrique

$$\Delta S = P + I_r + G - R - D - ET = I + G - D - ET$$

ΔS : variation du stock d'eau

P : précipitation

I_r : irrigation

G : remontées capillaires

R : ruissellement

D : drainage (percolation)

ET : évapo-transpiration

I : infiltration

