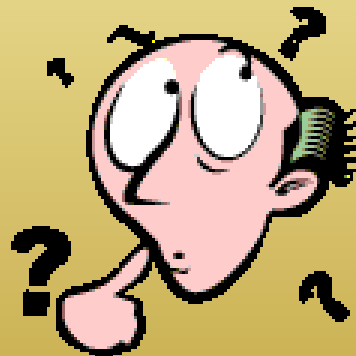


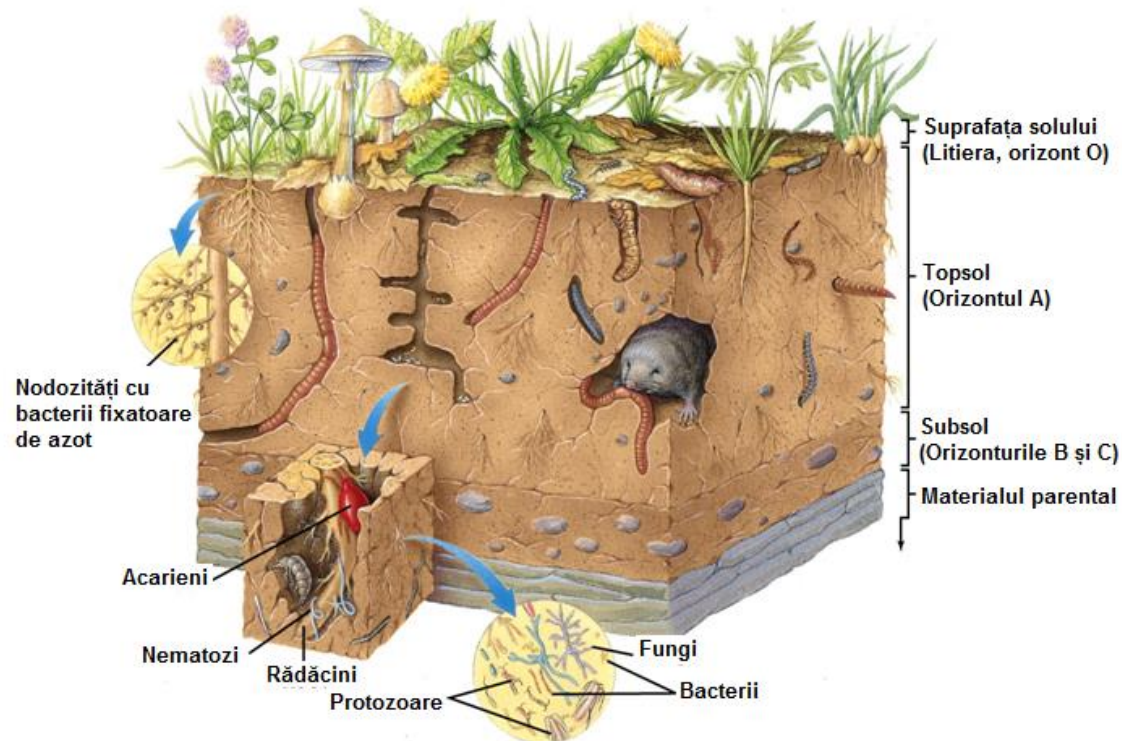
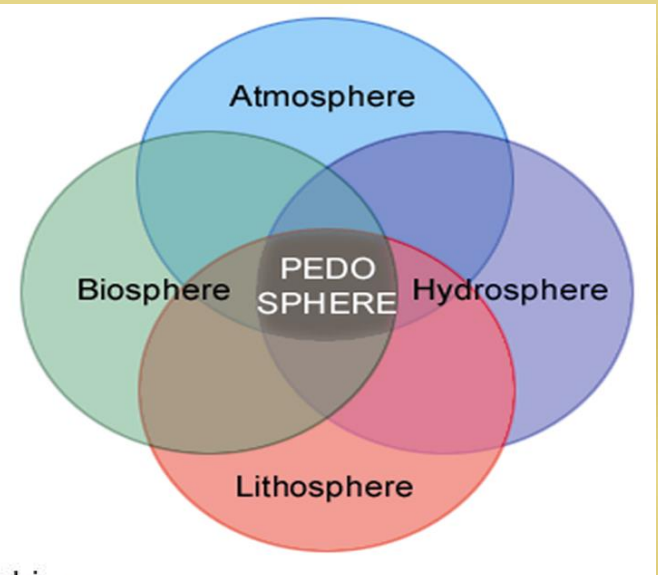
STIINȚA SOLULUI (PEDOLOGIE)

Prof.univ.dr.ing. Florian STĂTESCU

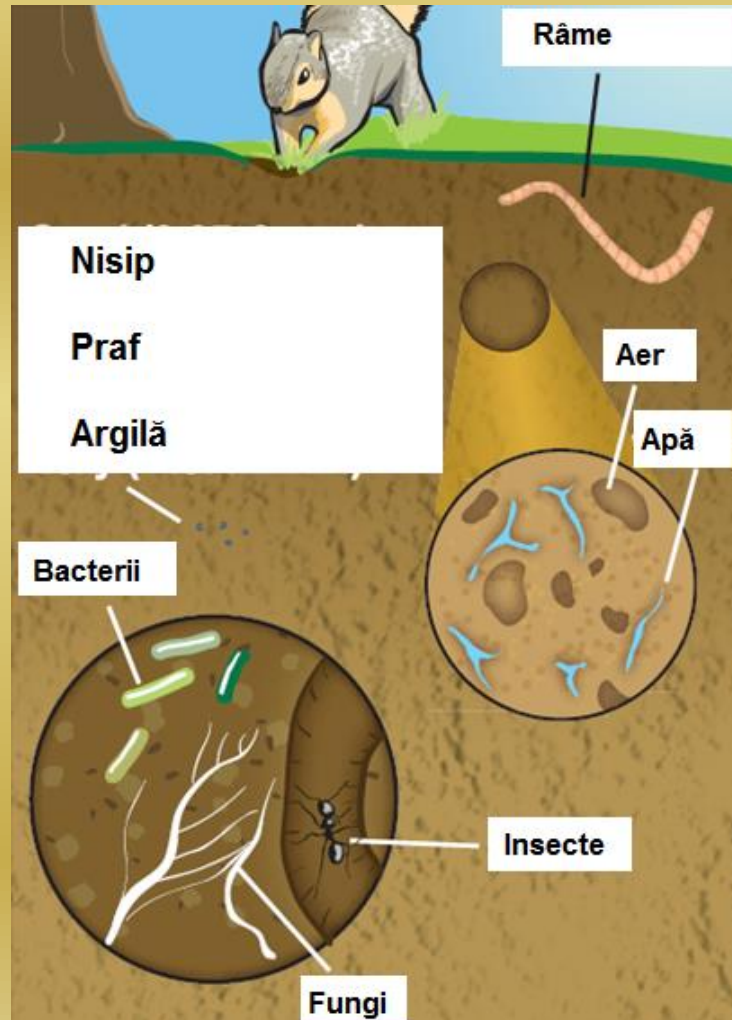


Ecosistemul solului se numește Pedosferă

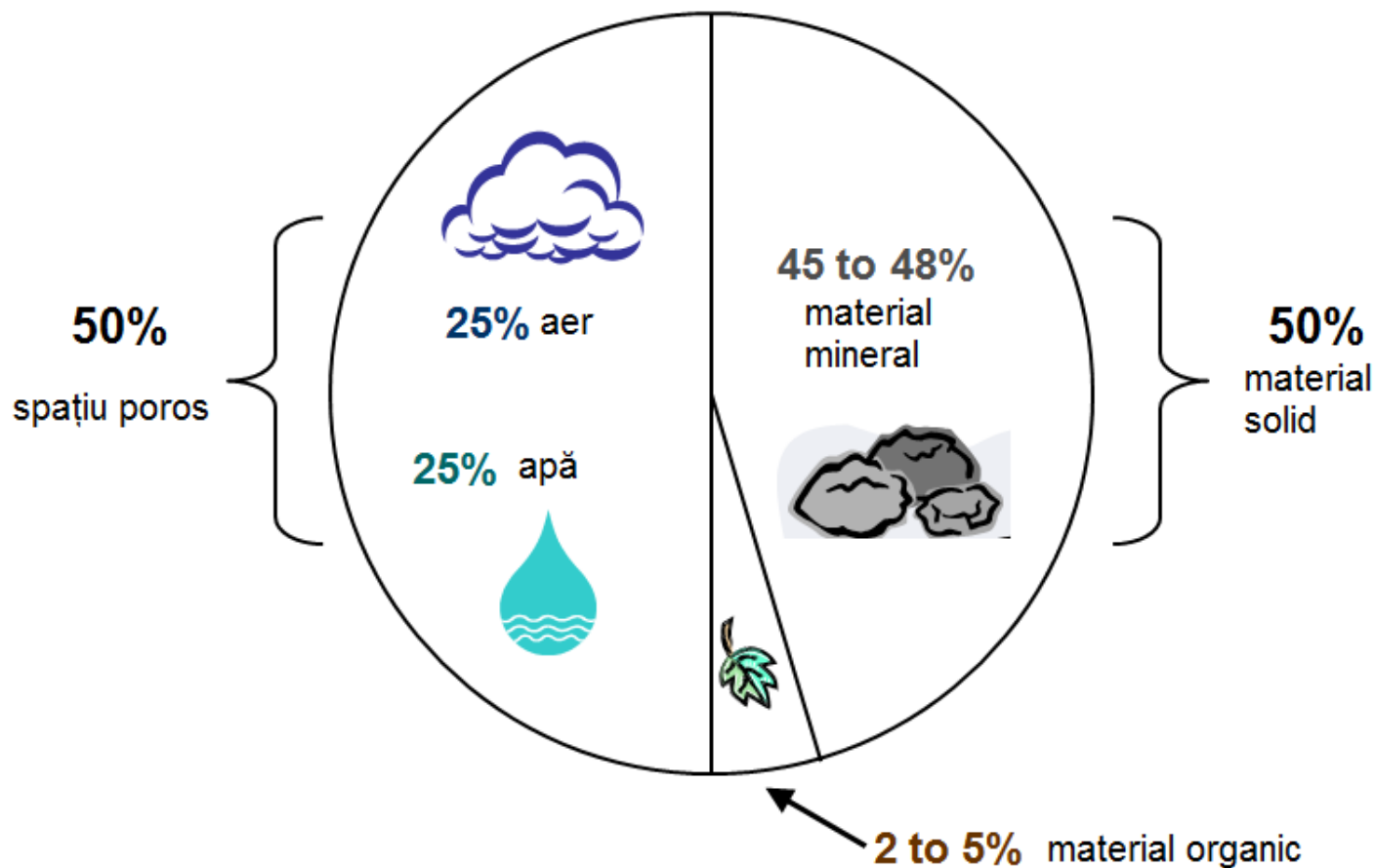
**Ecosistem – un mediu natural de interacțiune
cu viața animalelor și a plantelor existente**



Componentele solului



Compoziția volumetrică a solului

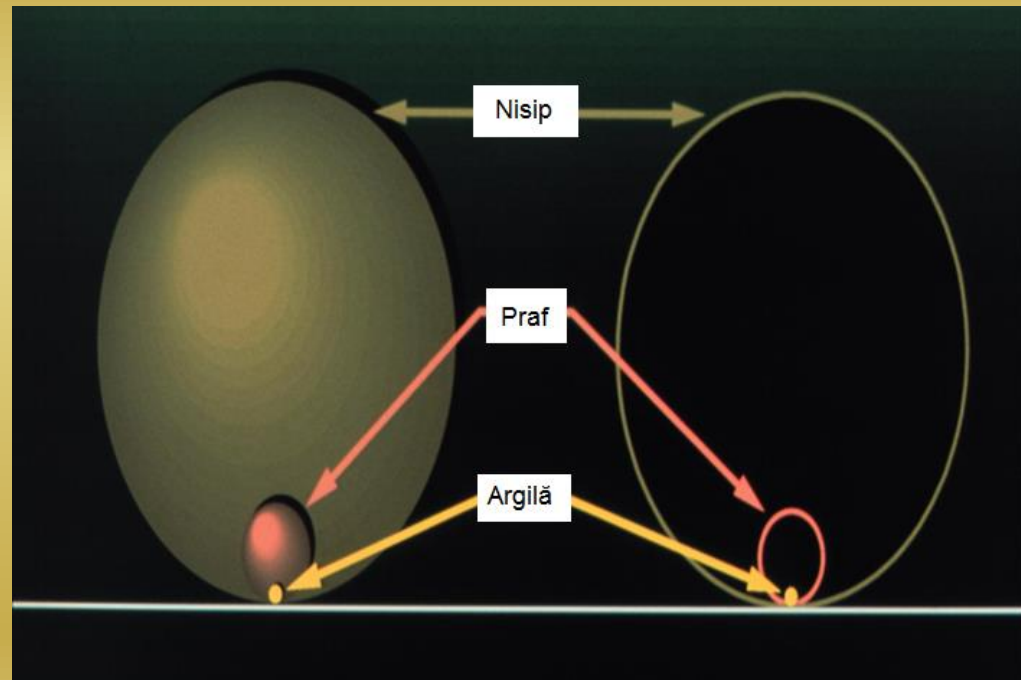


Mărimea relativă a fracțiunilor granulometrice

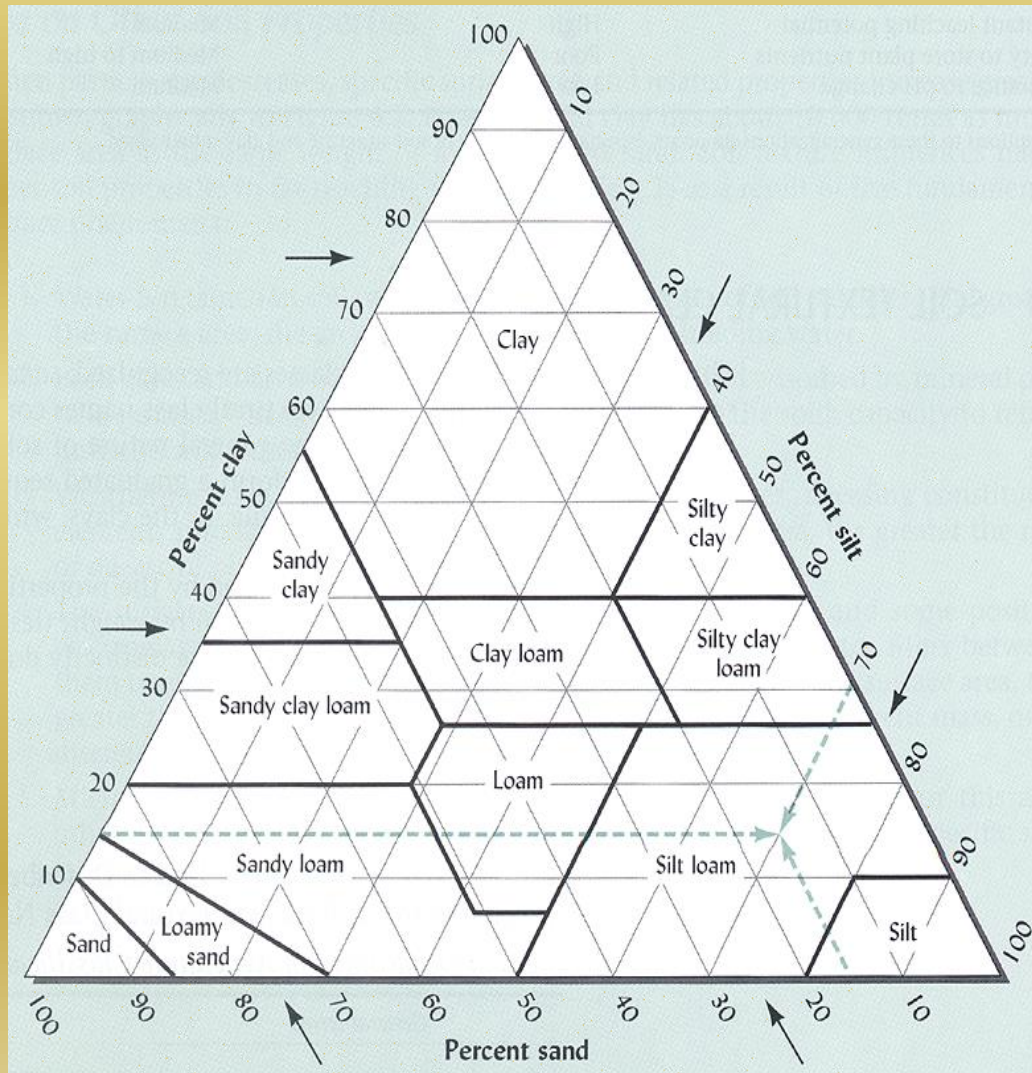
NISIP
2 – 0,02 mm

PRAF
0,02 – 0,002 mm

ARGILĂ
< 0,002 mm



Triunghiul texturii





Textura grosieră

- ▶ Permeabilitate mare pentru apă și aer
- ▶ Capacitate mică de reținere a apei
- ▶ Afânare excesivă
- ▶ Capacitate mare de încălzire
- ▶ Conținut redus de substanțe nutritive și în general de humus
- ▶ Complex coloidal slab reprezentat
- ▶ Capacitate mică de adsorbție



Textura medie

Imprimă solului proprietăți favorabile privind:

- ▶ conținutul de apă
- ▶ conținutul de aer
- ▶ permeabilitatea
- ▶ conținutul de substanțe nutritive și în general de humus



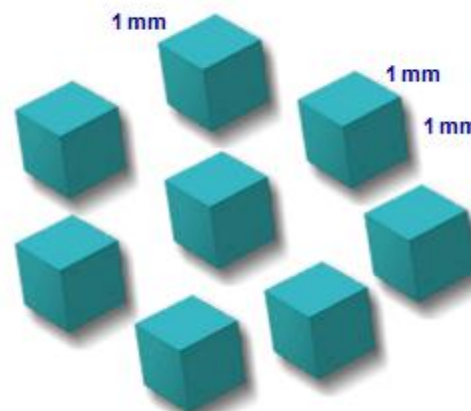
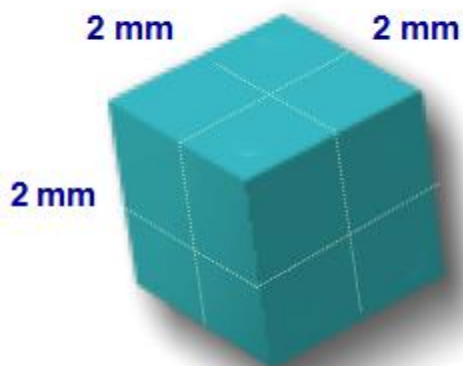
Textura fină

- ▶ Permeabilitate mică pentru apă și aer
- ▶ Capacitate mare de reținere a apei
- ▶ Afânare redusă (compactitate)
- ▶ Capacitate mică de încălzire
- ▶ Conținut ridicat de substanțe nutritive și în general de humus
- ▶ Complex coloidal foarte bine reprezentat
- ▶ Capacitate mare de adsorbție

Aria superficială specifică

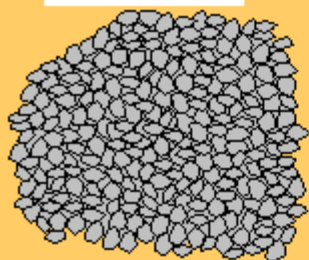
Suprafața fiecărei fețe este 4 mm^2
 $6 \text{ fețe} \times 4 \text{ mm}^2 = 24 \text{ mm}^2$

Suprafața fiecărei fețe este 1 mm^2
 $8 \text{ cuburi} \times 6 \text{ fețe} \times 1 \text{ mm}^2 = 48 \text{ mm}^2$



Structura solului (Tipuri de structuri)

Grăunțoasă



Poliedrică

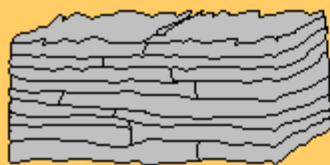
Subangulară



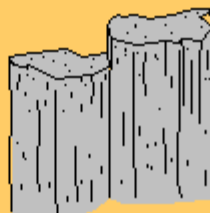
Angulară



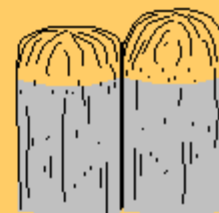
Lamelară



Prismatică



Columnară



Pană



Stabilitatea hidrică a agregatelor (I)



**Agregate
hidrostabile**

Stabilitatea hidrică a agregatelor (II)

Înainte de umezire



Conținut ridicat
de m.o.



Conținut scăzut
de m.o.

După umezire



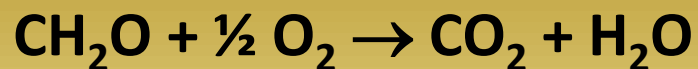
Conținut ridicat
de m.o.



Conținut scăzut
de m.o.

Descompunerea resturilor organice în sol

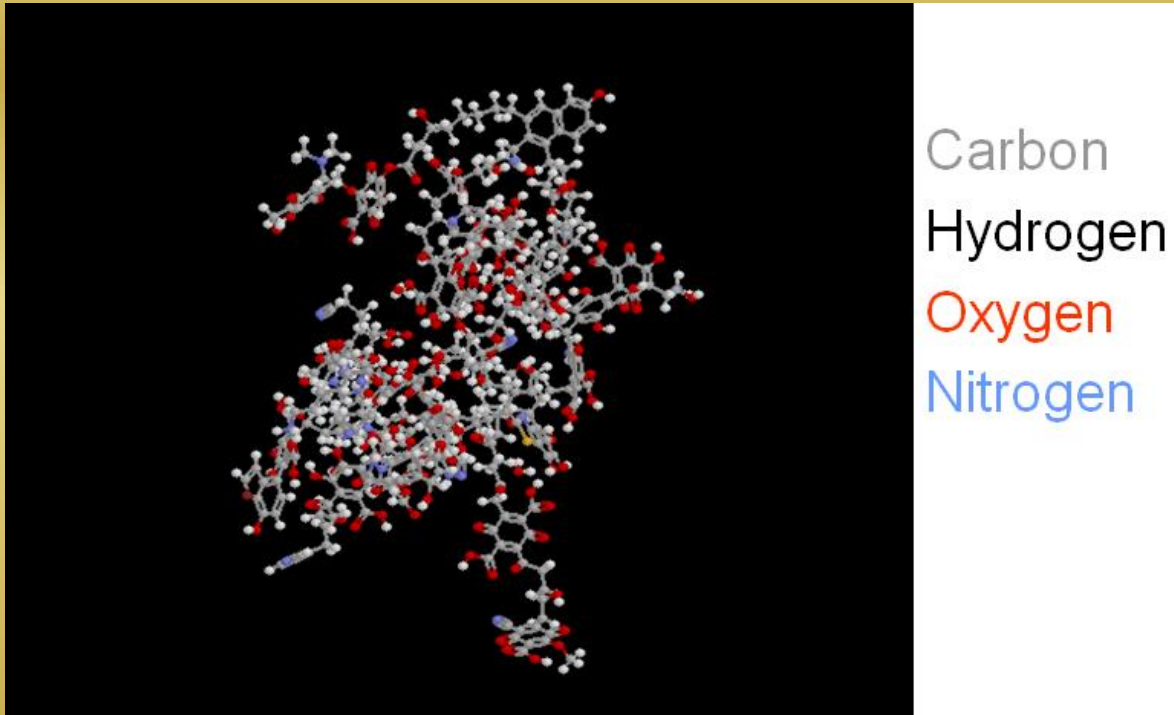
a) *În condiții de aerobioză*



b) *În condiții de anaerobioză*



Acizii humici

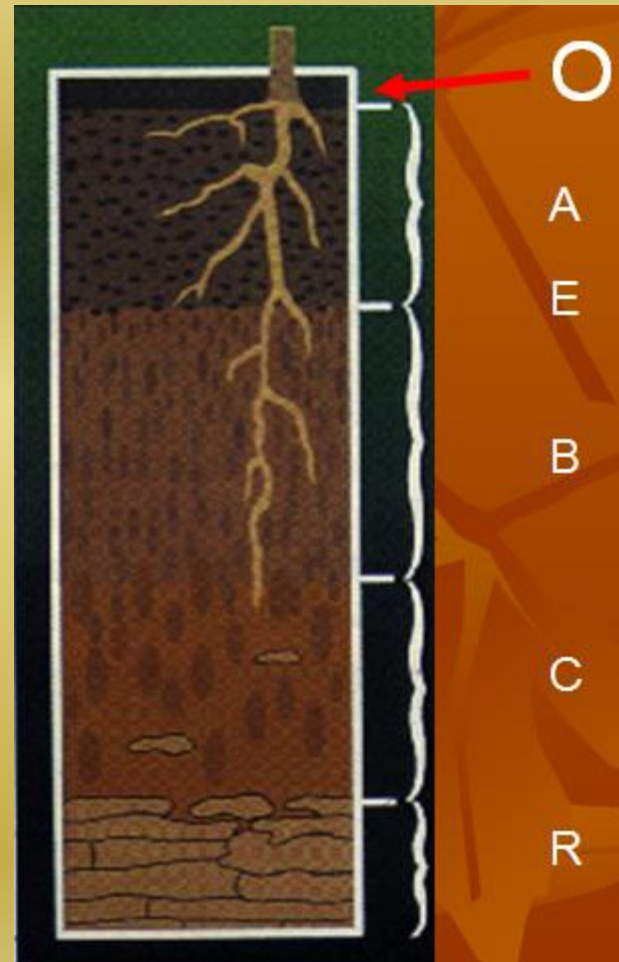


Orizontul O

Strat de materie organică acumulată,
cum ar fi: frunze, iarbă, crengi

Materialul poate fi în diferite stadii de
descompunere

În general, de culoare închisă



Orizontul A

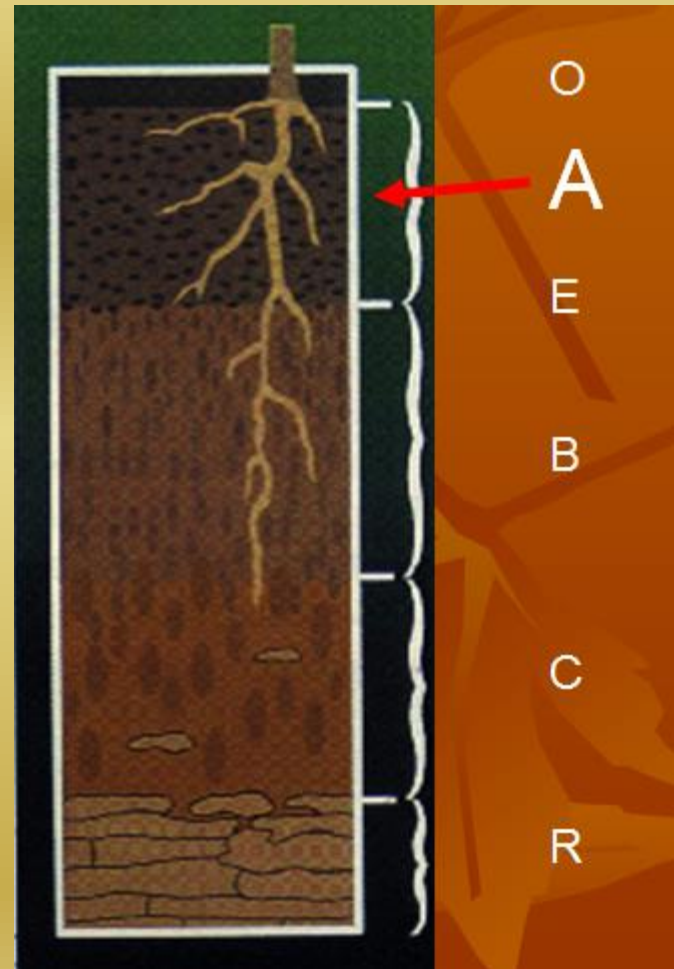
Zonă de amestec a materialului mineral cu materia organică

Este un orizont bioacumulativ, cu mai mare conținut de humus

O activitate biologică ridicată

În general, de culoare închisă

Sol vegetal



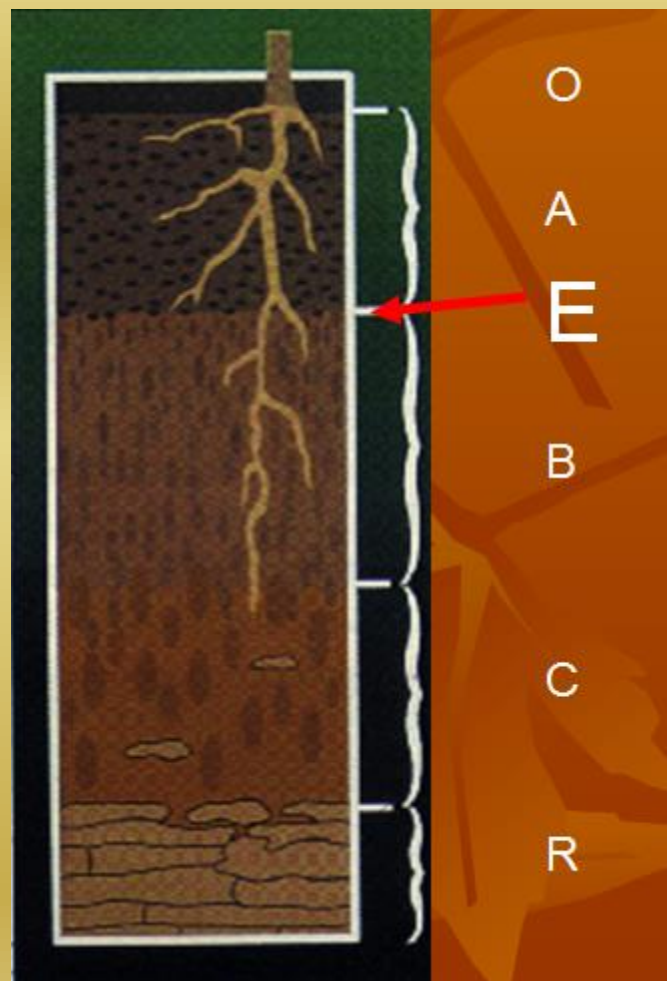
Orizontul E

Zonă de eleviere sau percolare

Eluvierea este mișcarea (deplasarea) de material al solului dintr-un strat de sol

Mineralele solubile și materialele organice migrează din acest orizont

În general, are o culoare mai deschisă datorită spălării



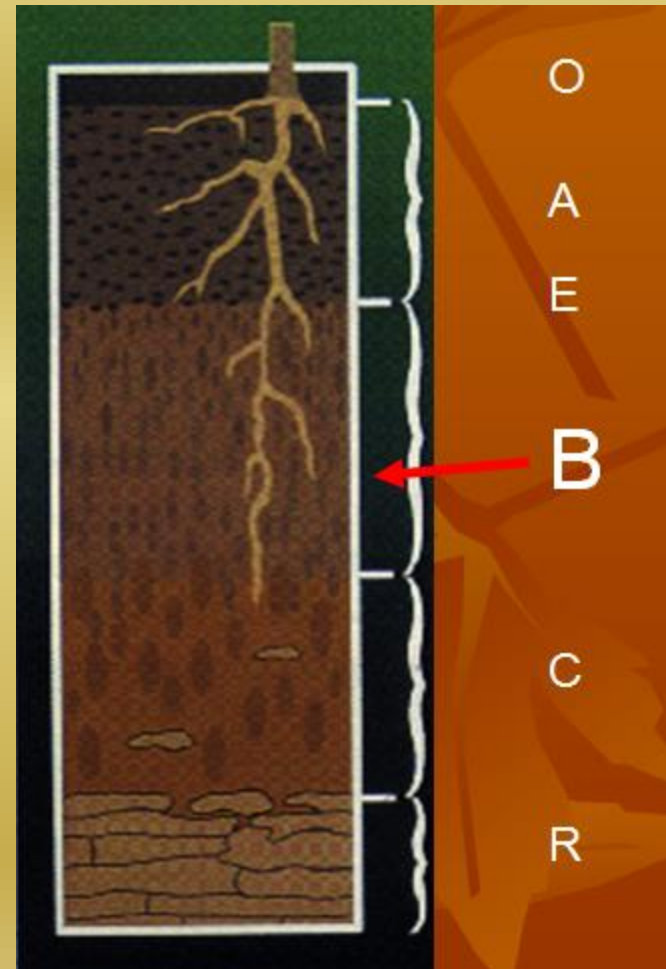
Orizontul B

Zonă de iluviere și depozitare

Acumulare de materiale levigate din orizontul superior

Acest material este format din argilă, humus, sescvioxizi sau din amestecul celor trei componente

Are culori variate: de la roșu și galben până la maro și gri



Orizontul C

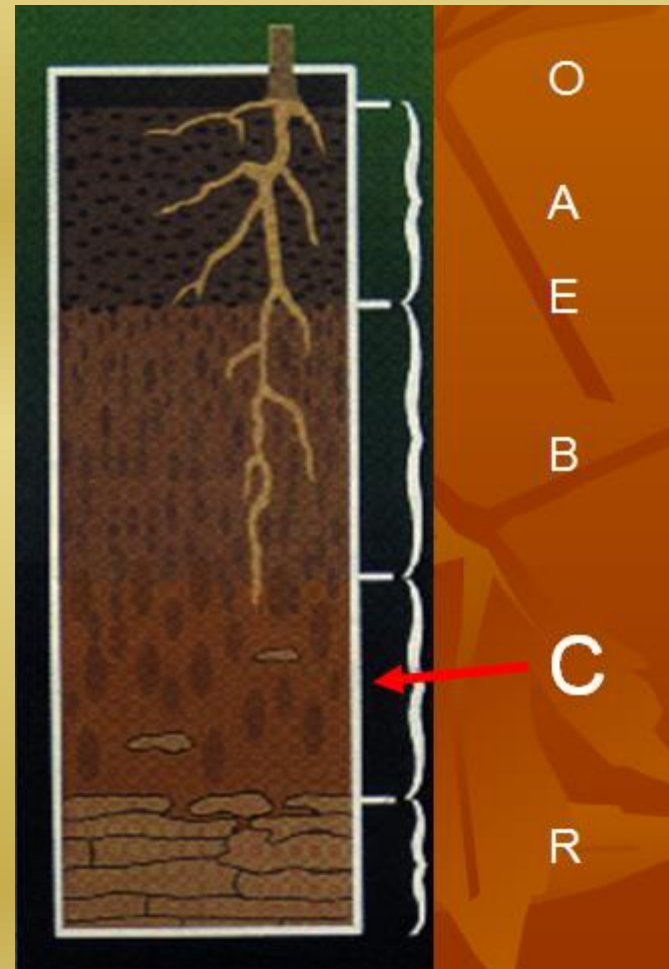
Materialul parental

Material neconsolidat, care a fost puțin afectat de procesele de formare a solului

Orizontul R

Roca parentală

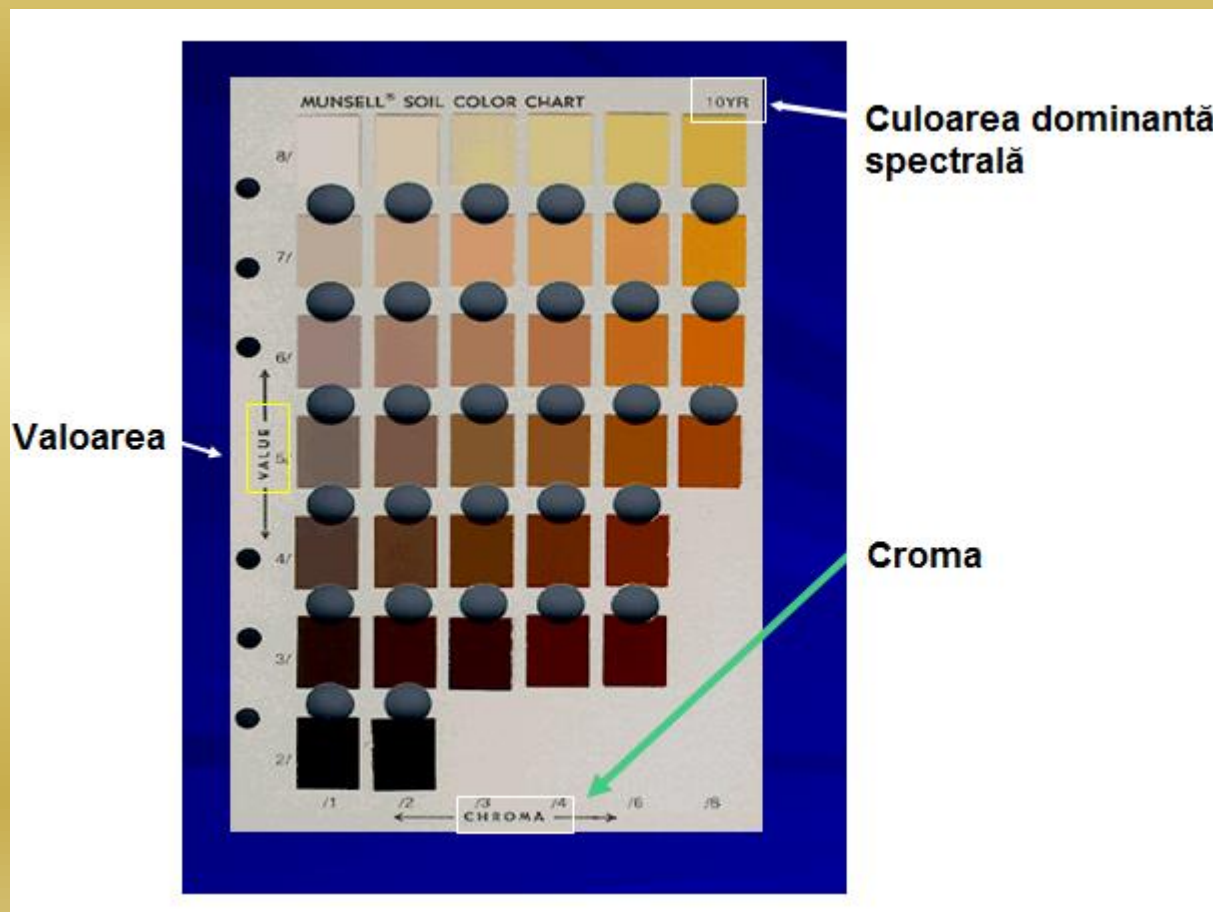
Material consolidat



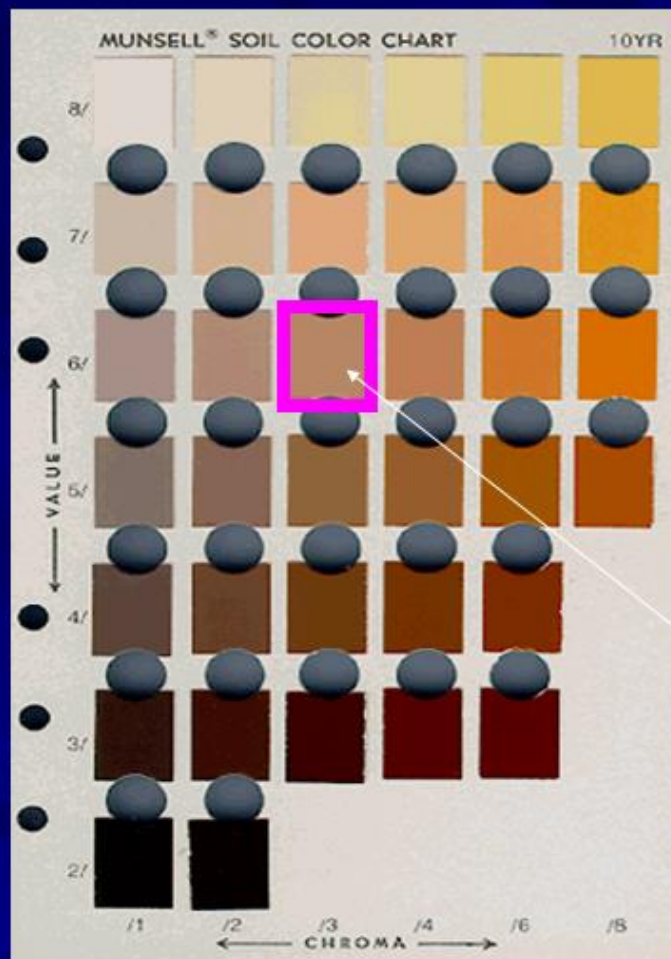
Orizont G (Go)



Culoarea solului



Culoarea în sistem Munsell

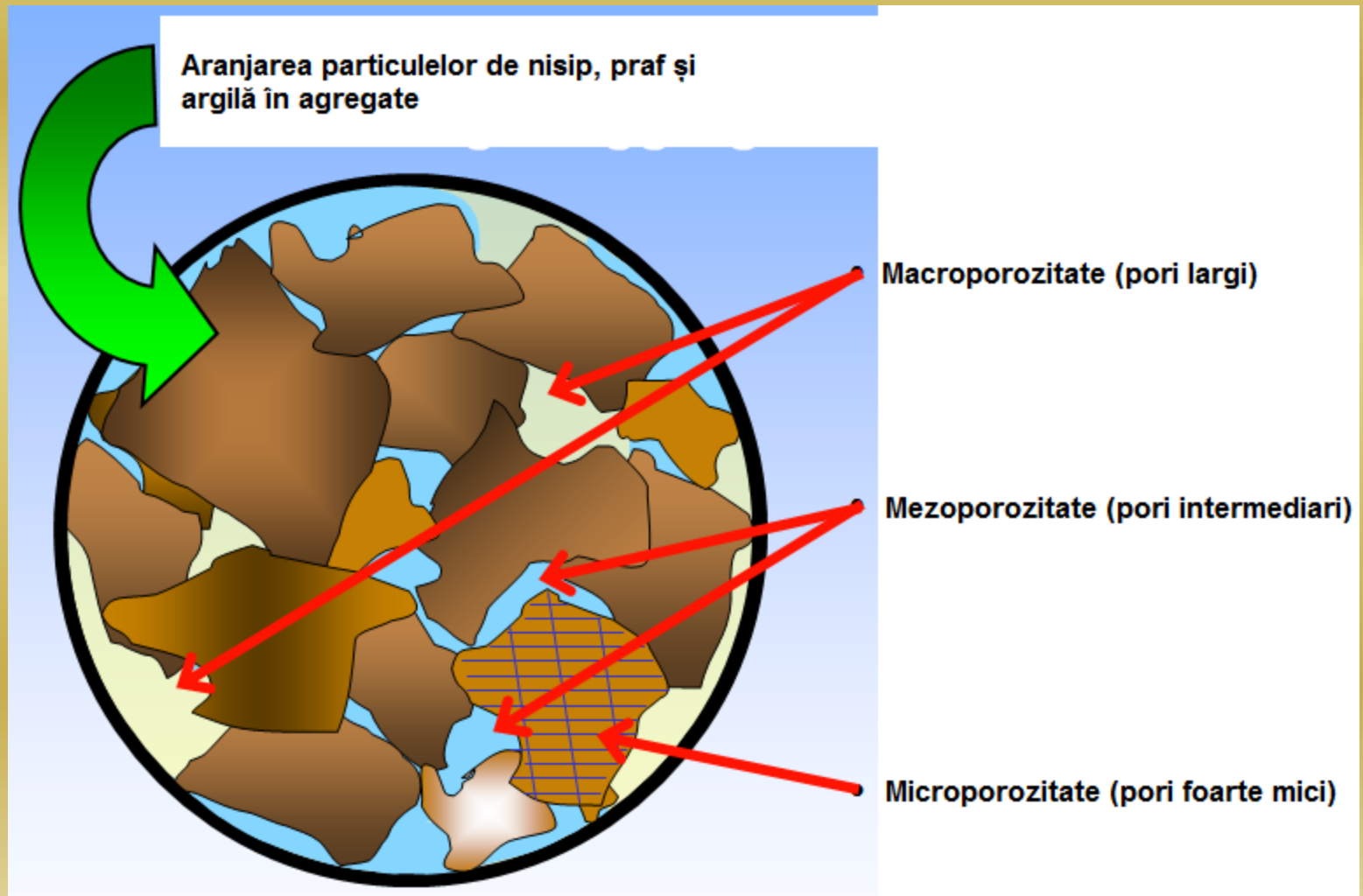


Culoarea
dominantă: 10 YR
Valoarea: 6
Croma: 3

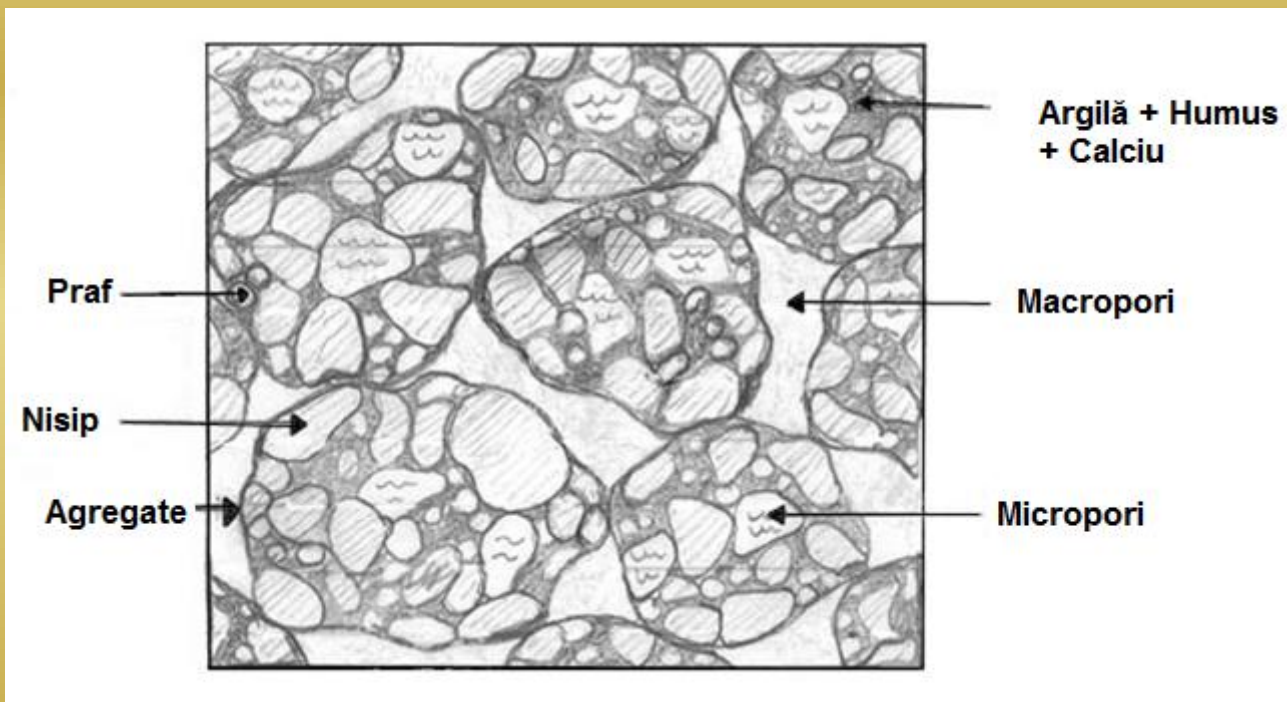
Culoarea în
sistem Munsell
10 YR 6/3



Agregatele structurale ale solului

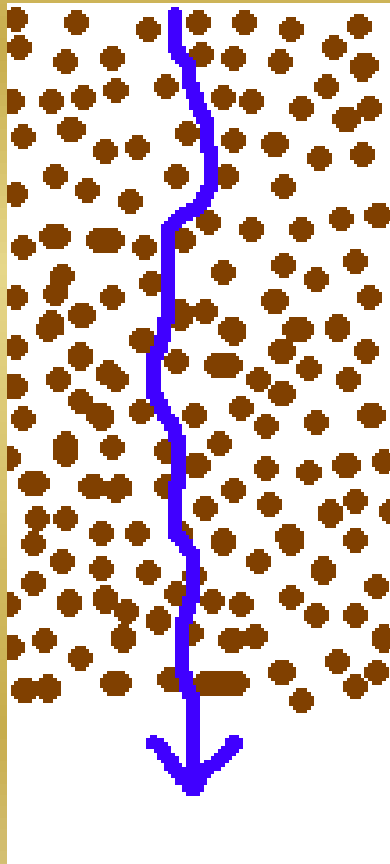


Spațiul poros

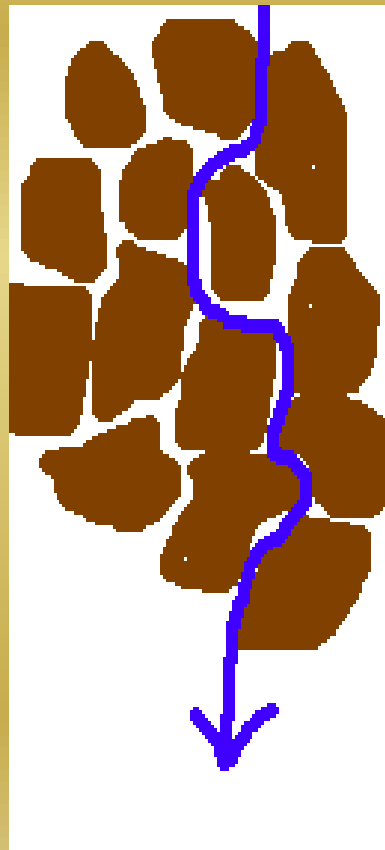


Structura solului și permeabilitatea

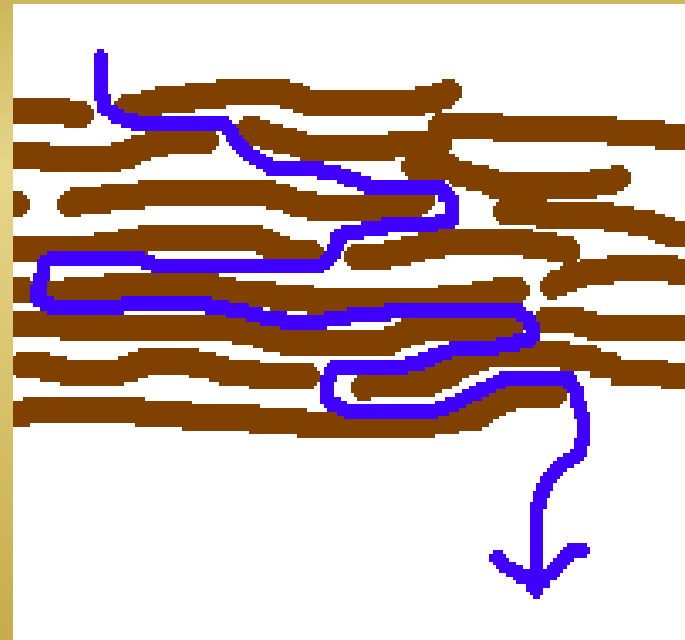
Grăunțoasă



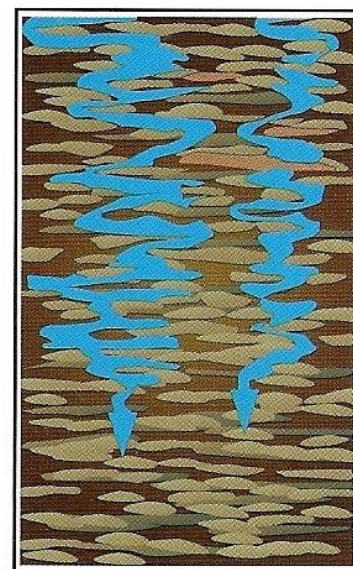
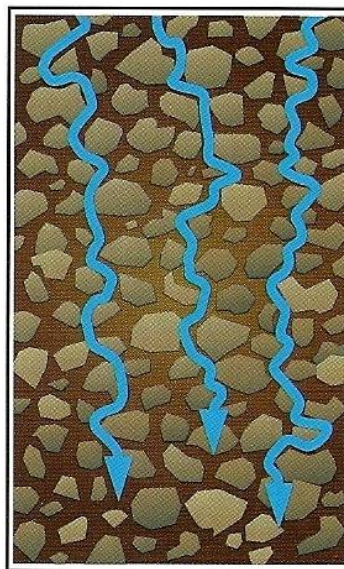
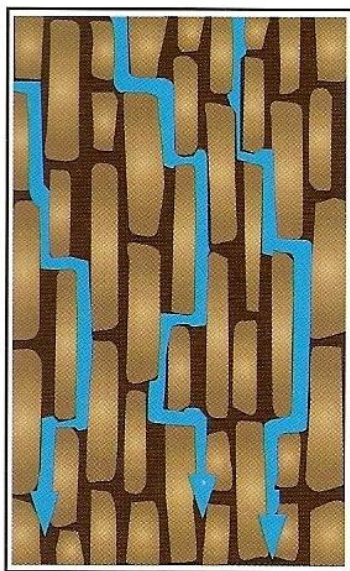
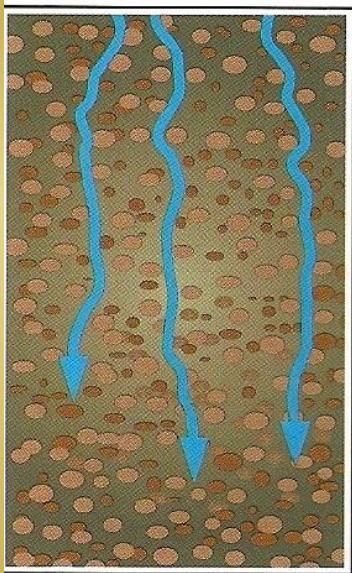
Poliedrică



Lamelară

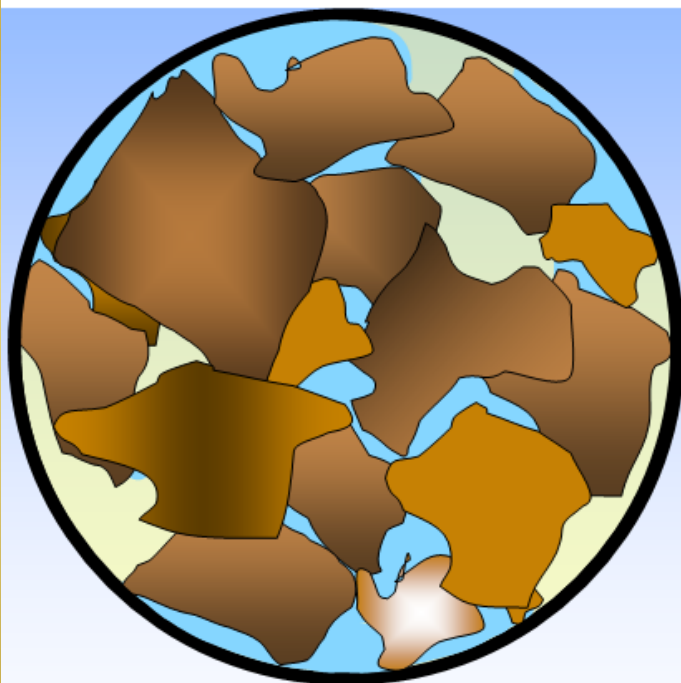


Capacitatea de reținere și circulația apei

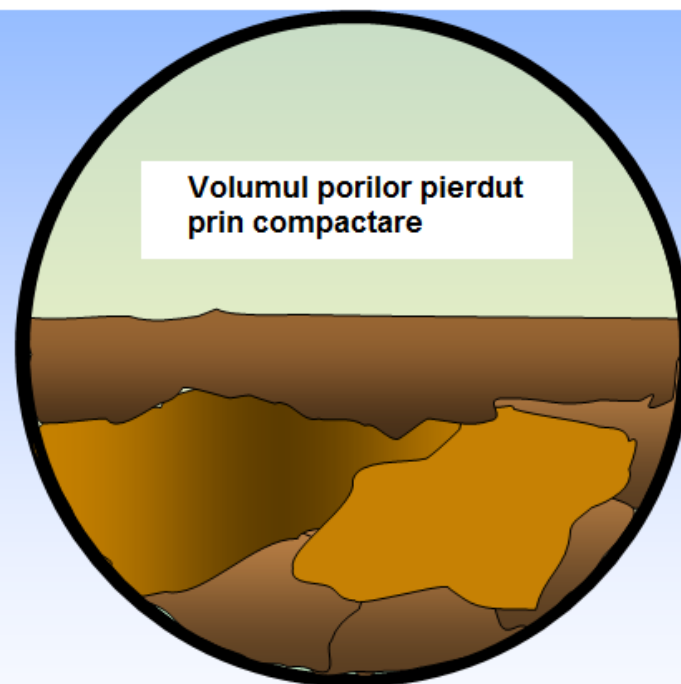


Structura solului și porozitatea

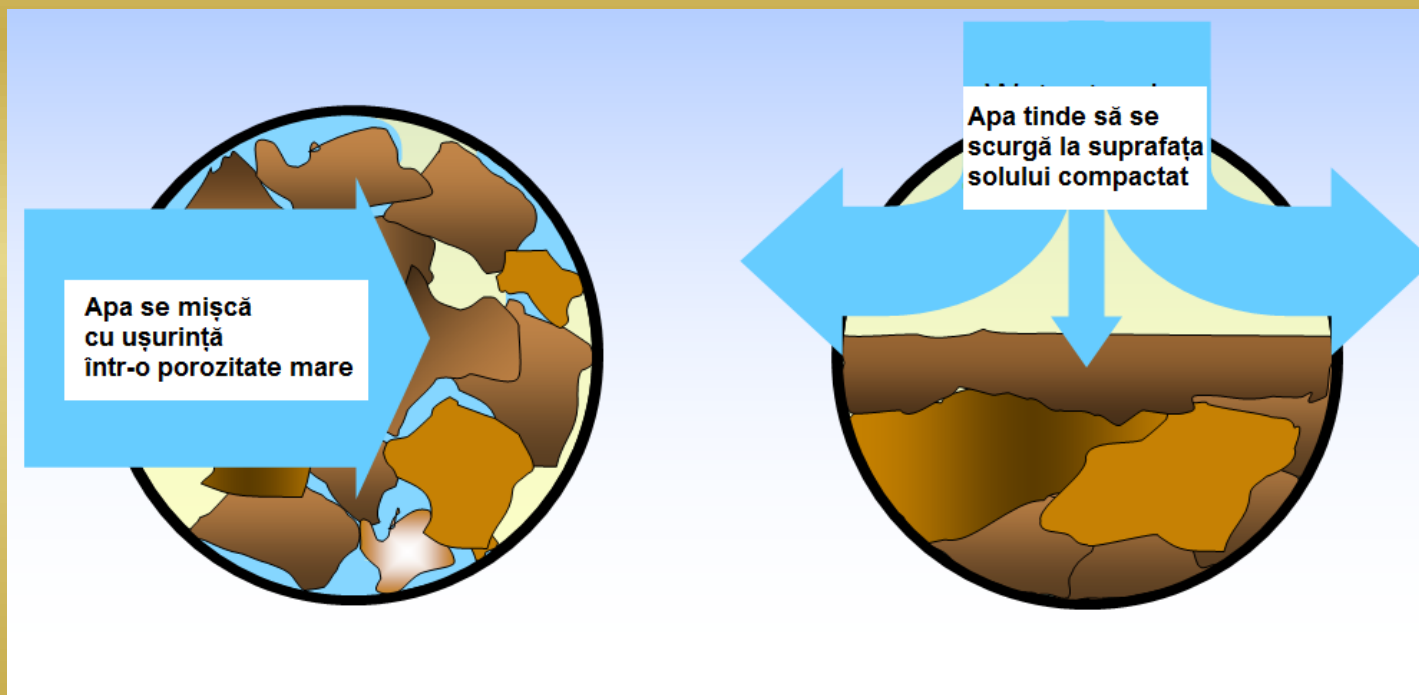
Sol necompactat
Densitate aparentă mică



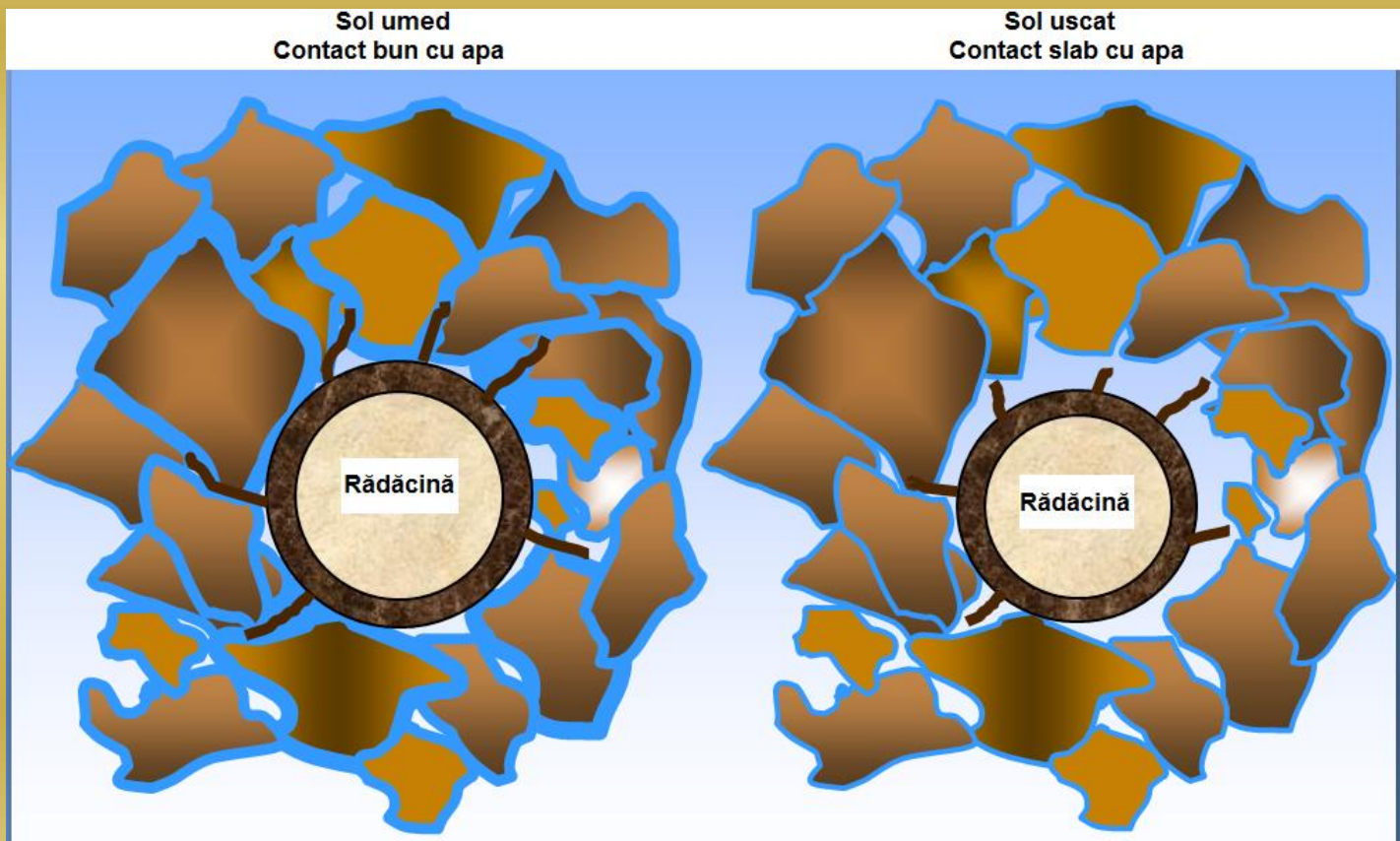
Sol compactat
Densitate aparentă mare



Porozitatea solului și infiltrarea apei



Contactul dintre rădăcinile plantelor și apa din sol



Densitatea aparentă (Da) și densitatea (D) solului

Comparații între densitatea aparentă și densitatea solului

Se consideră un centimetru cub de sol. Acesta conține material solid și pori



Calculul densității aparente:

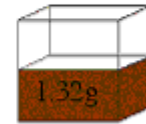
Volum (solid și pori) = 1.0cm^3 Masa = 1.32g

$$\text{Densitatea aparentă} = \frac{\text{Masa solului uscat}}{\text{Volumul solului (Material solid și pori)}}$$

$$\text{Densitatea aparentă} = \frac{1.32}{1.0} = 1.32 \text{ g/cm}^3$$

Considerăm același centimetru cub de sol

Jumătatea conține pori →



Jumătate conține material solid →

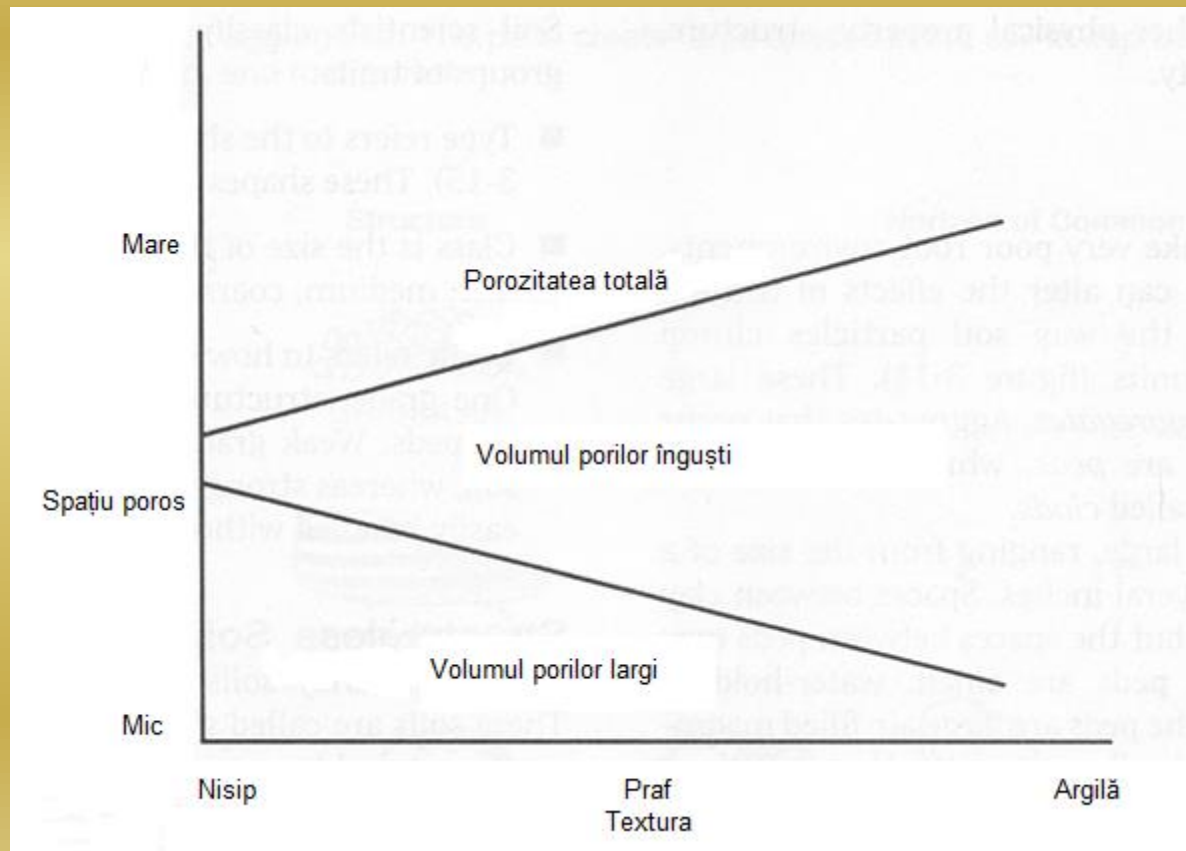
Volum = 0.5cm^3 Masa = 1.32 g

$$\text{Densitatea} = \frac{\text{Masa material solid}}{\text{Volum material solid}}$$

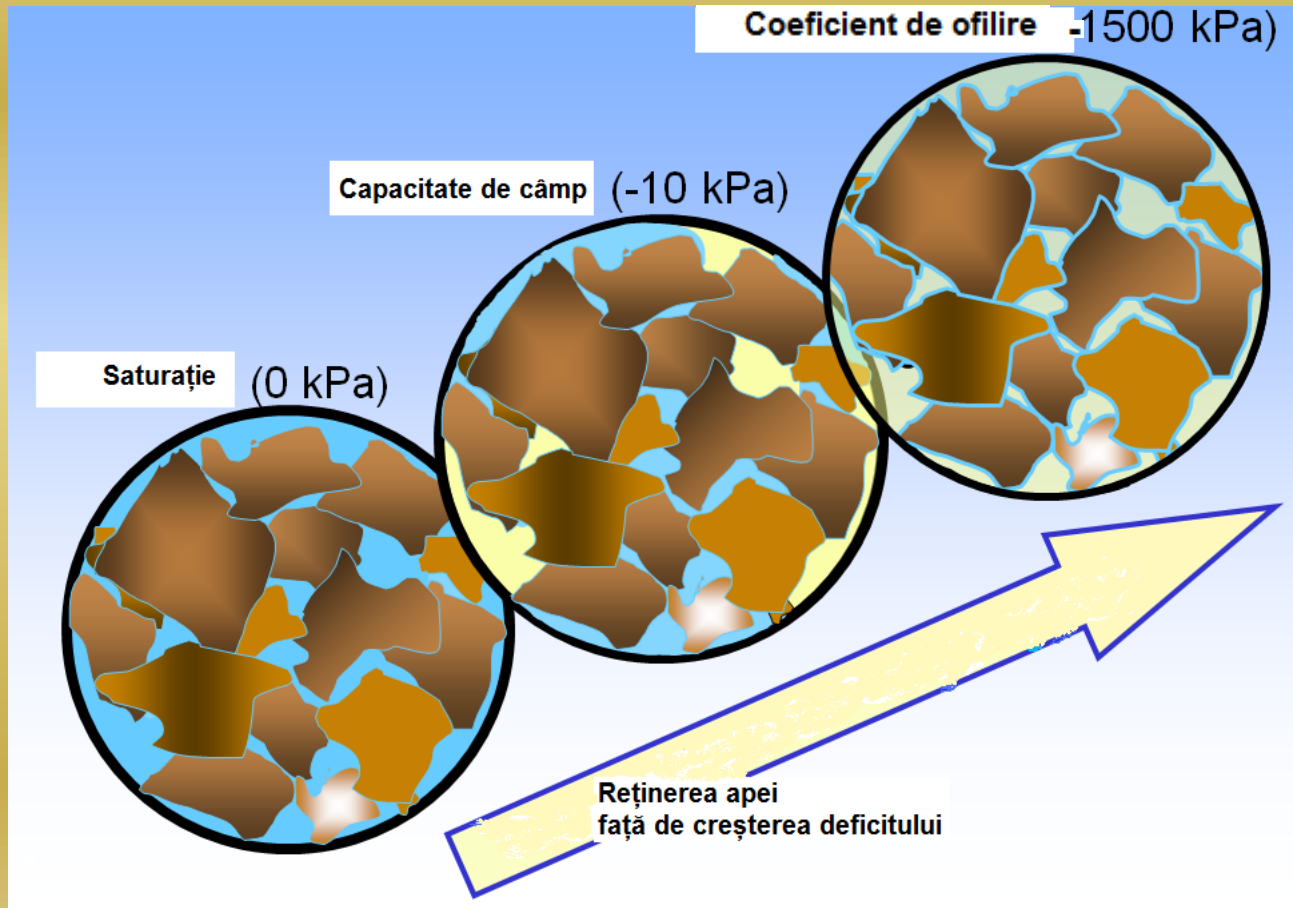
$$\text{Densitatea} = \frac{1.32}{0.5} = 2.64 \text{ g/cm}^3$$

Porozitatea solului

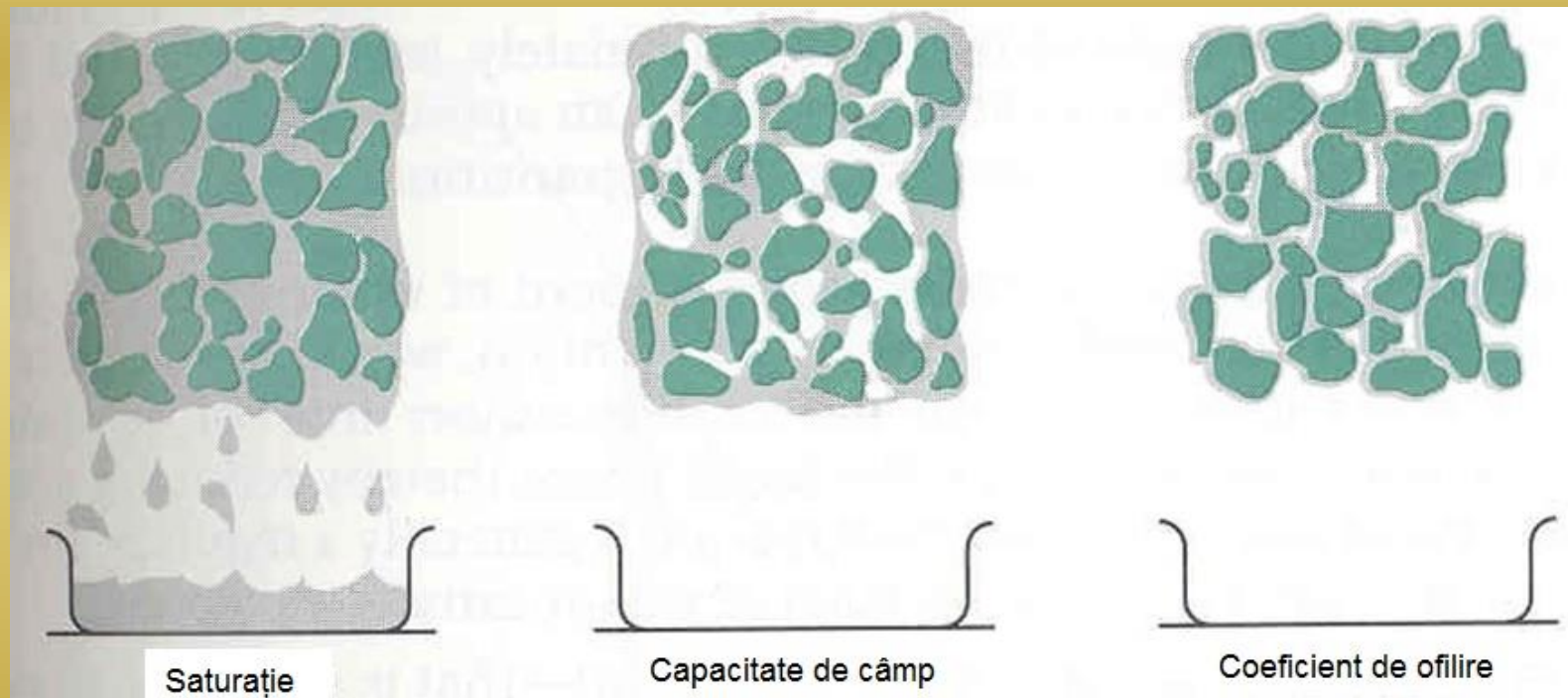
$$P = [1 - D_a/D] \cdot 100$$



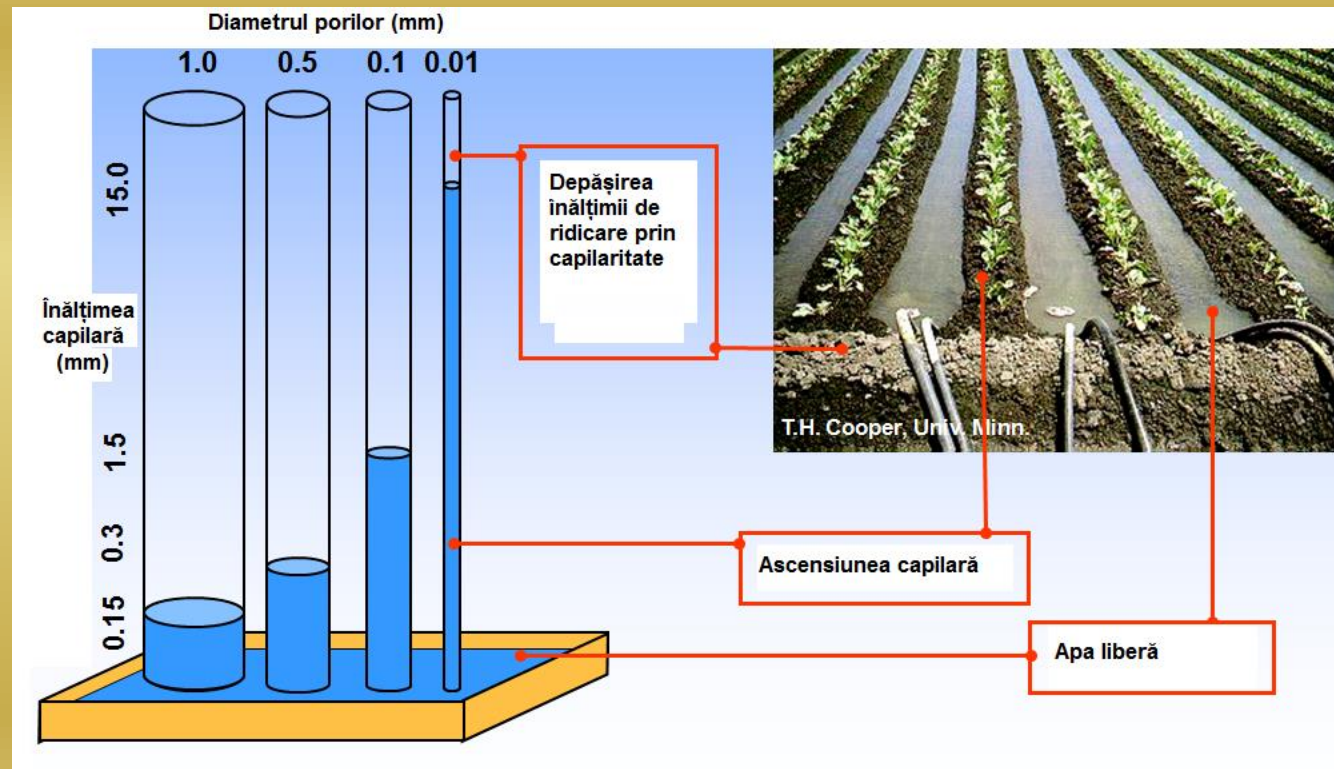
Reținerea apei în sol



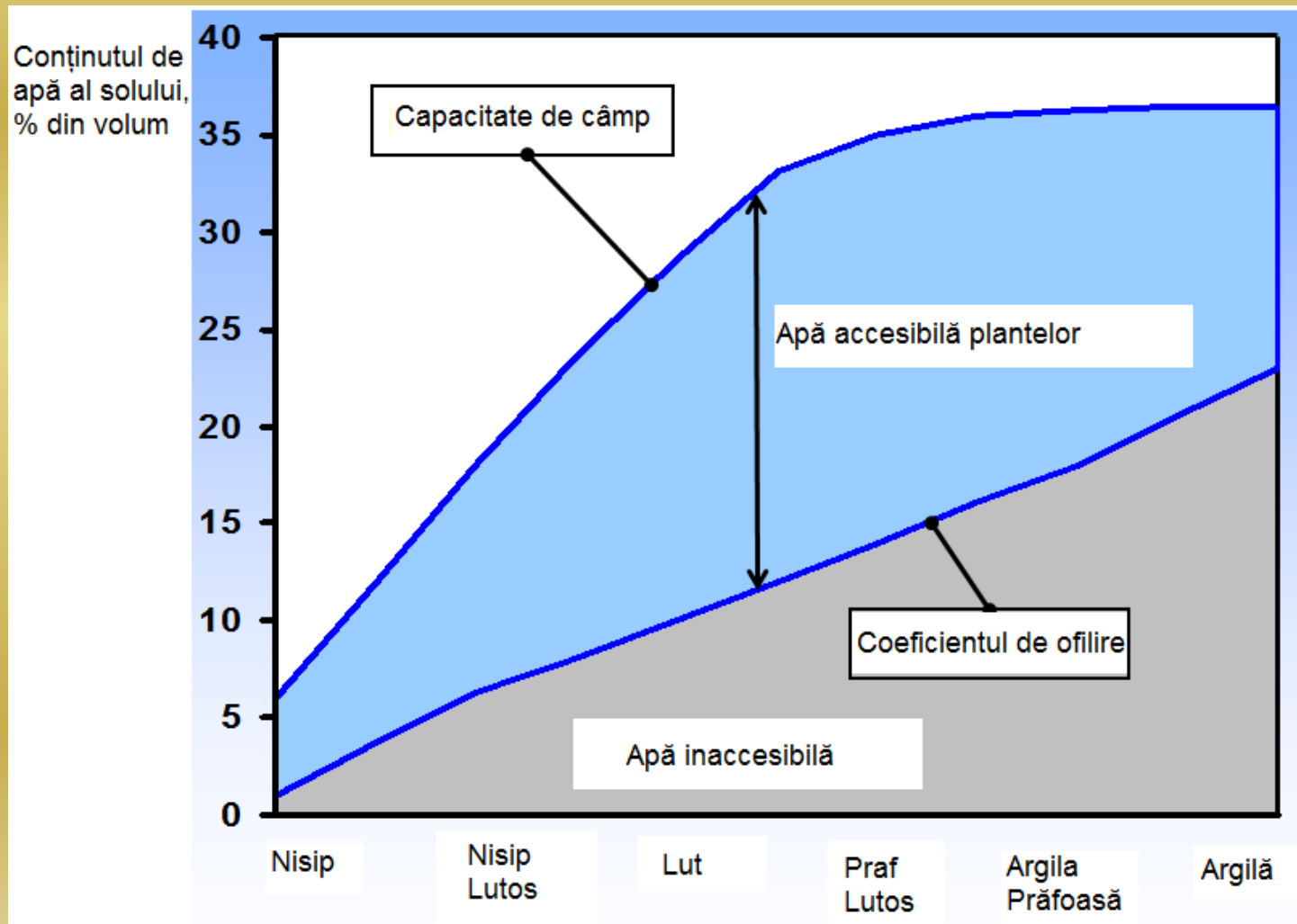
Apa din sol



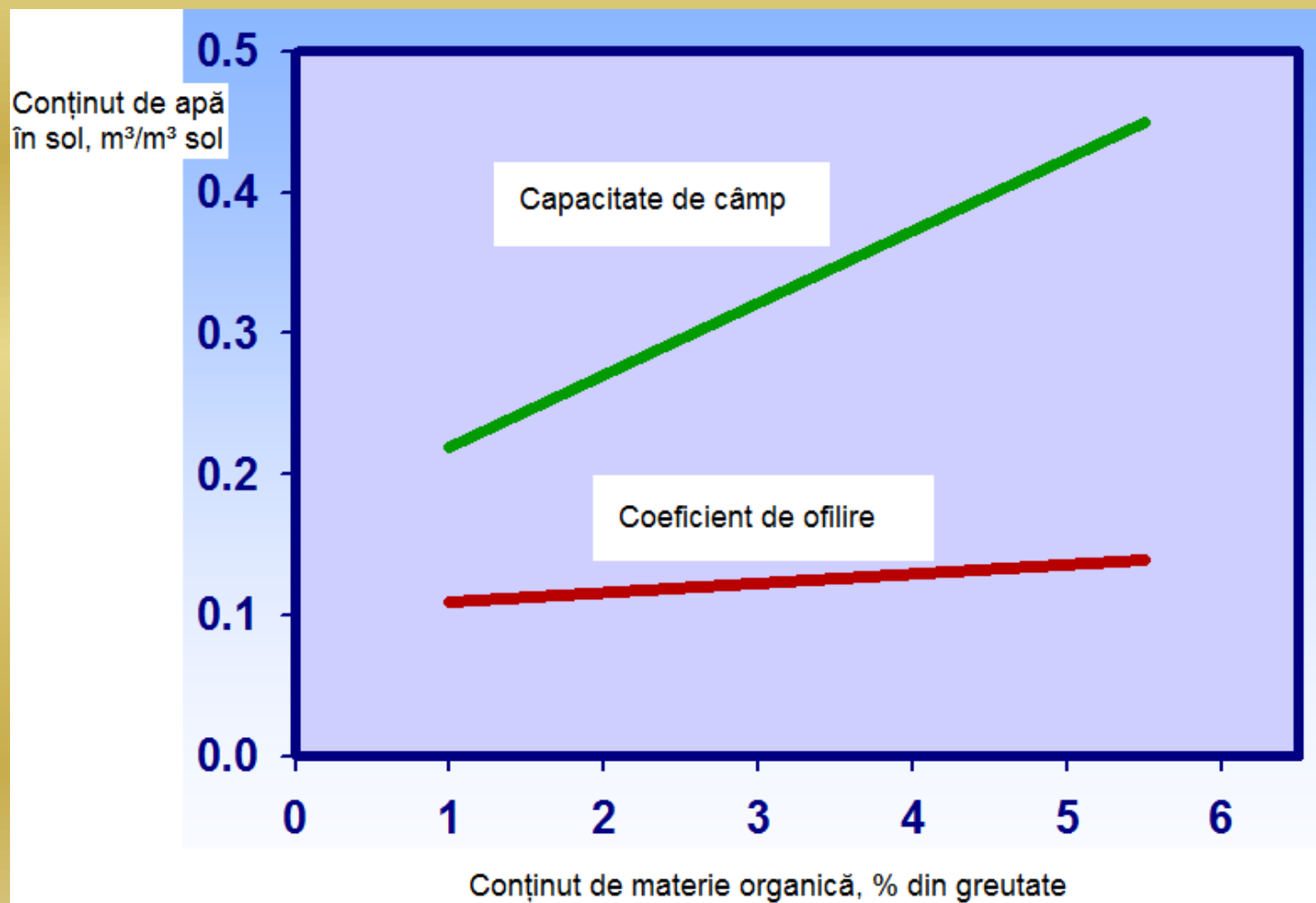
Ascensiunea capilară a apei



Accesibilitatea apei pentru plante



Efectul materiei organice asupra apei accesibile



Conținutul gravimetric de apă al solului

Se prelevează o probă de sol de 200 cm³. Masa sa este de 150 g. După uscare, masa sa este 100 g.

$$\frac{\text{M. sol umed} - \text{M. sol uscat}}{\text{M. sol uscat}} = \frac{\text{Masă apă}}{\text{M. Sol uscat}}$$

$$\frac{150 \text{ g} - 100 \text{ g}}{100 \text{ g}} = \frac{50 \text{ g}}{100 \text{ g}} = 0.5 \text{ sau } 50\%$$

Conținutul volumetric de apă al solului

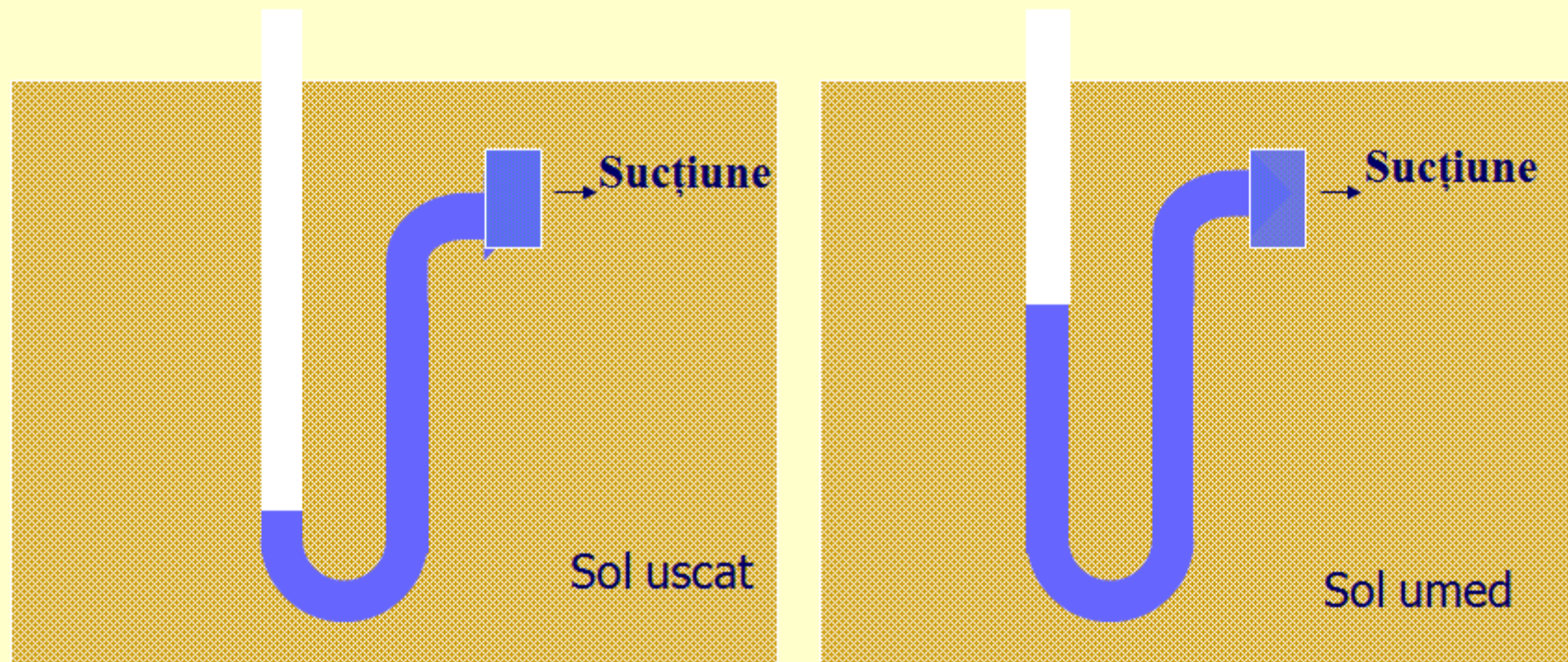
Se prelevează o probă de sol de 200 cm³. Masa sa este de 150 g. După uscare masa solului este de 100 g.

$$\frac{\text{Volum apă}}{\text{Volum sol}}$$

Densitatea apei este
1 g/cm³

$$\frac{150 \text{ g} - 100 \text{ g}}{200 \text{ cm}^3} = \frac{50 \text{ g}}{200 \text{ cm}^3} = \frac{50 \text{ cm}^3 \text{ apă}}{200 \text{ cm}^3 \text{ sol}} = 0.25 \text{ or } 25\%$$

Potențialul matricial



Nivel energetic

+

Potențial gravitațional

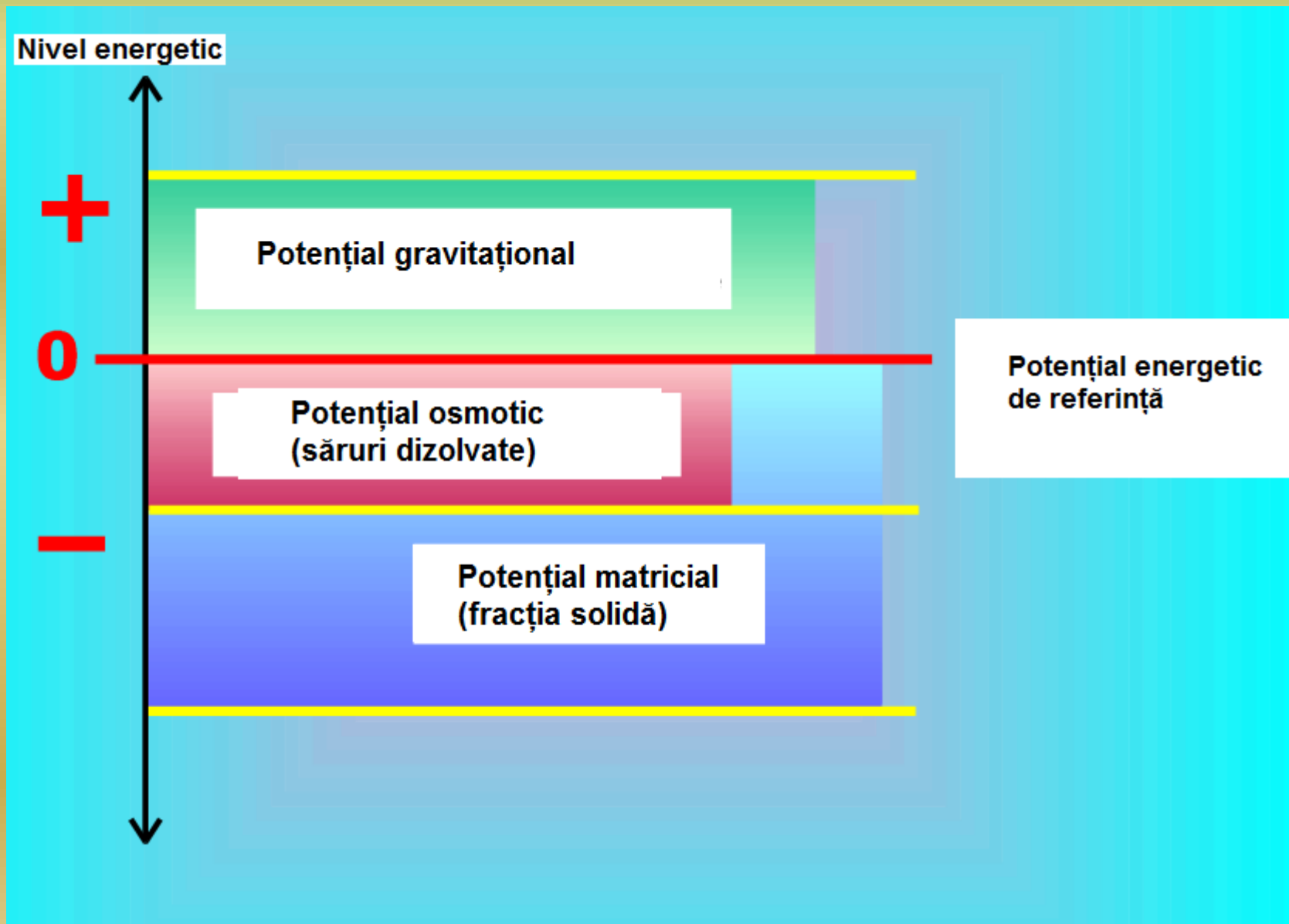
0

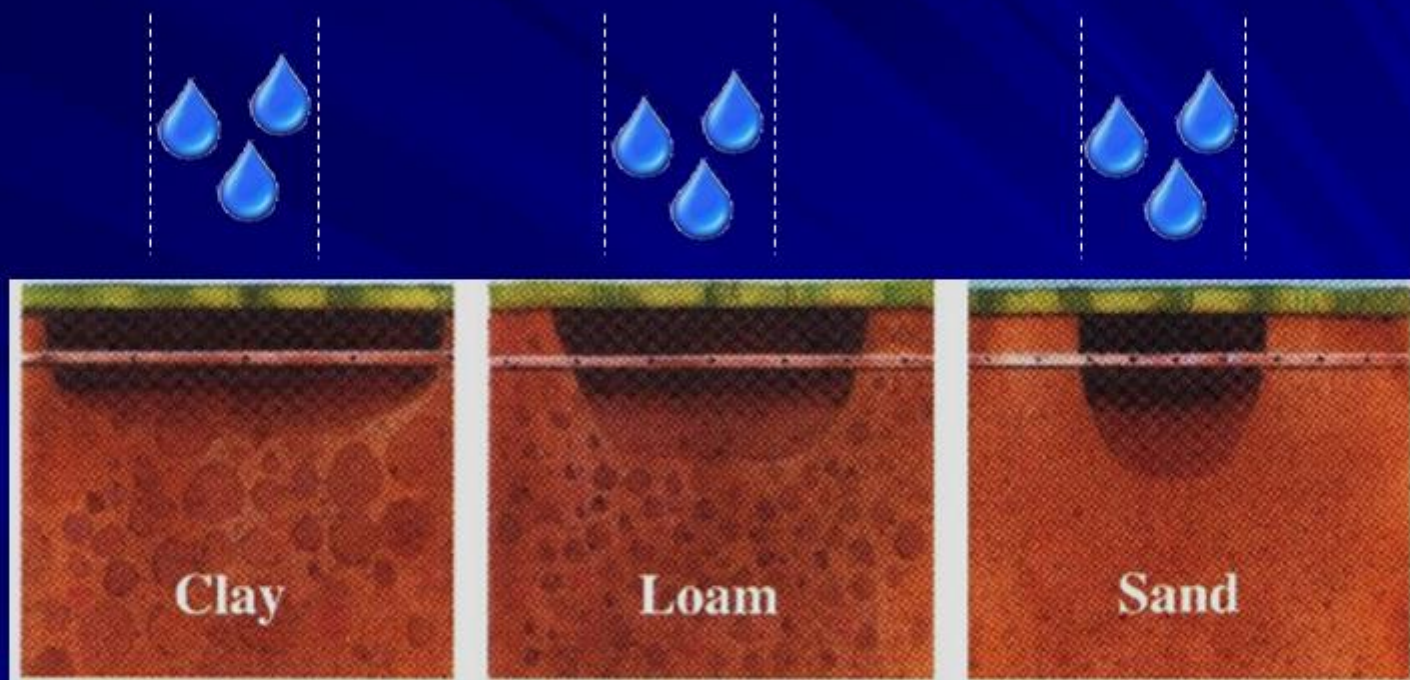
Potențial osmotic
(săruri dizolvate)

Potențial energetic
de referință

-

Potențial matricial
(fracția solidă)





**Dominantă
Forța capilară**

**Dominantă
Forța gravitațională**

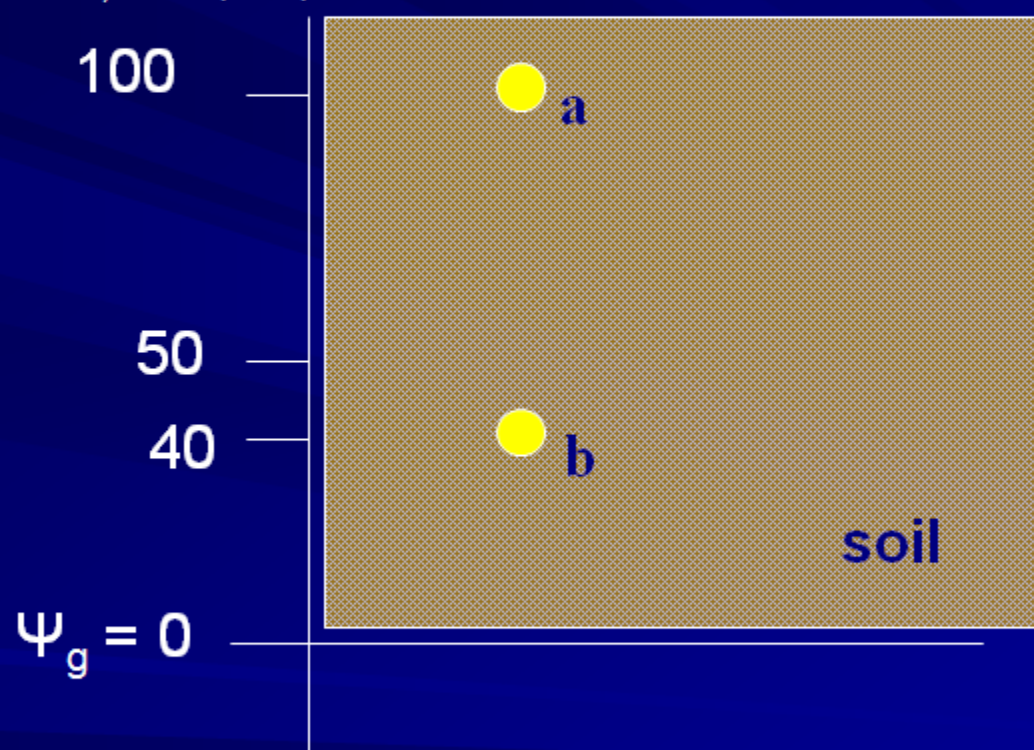
Unități

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 1020 \text{ cm H}_2\text{O} = 1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa}$$

<u>cm H₂O</u>	<u>bari</u>	<u>kPa</u>
300	-0.3	-30
1,000	-1	-100
10,000	-10	-1000
15,000	-15	-1500

Potențialul gravitațional

Înălțime (cm)



Independent de
proprietățile solului

$$\psi_{ga} = 100 \text{ cm}$$

$$\psi_{gb} = 40 \text{ cm}$$

Nivel de referință

Diferențele de energie determină curgerea

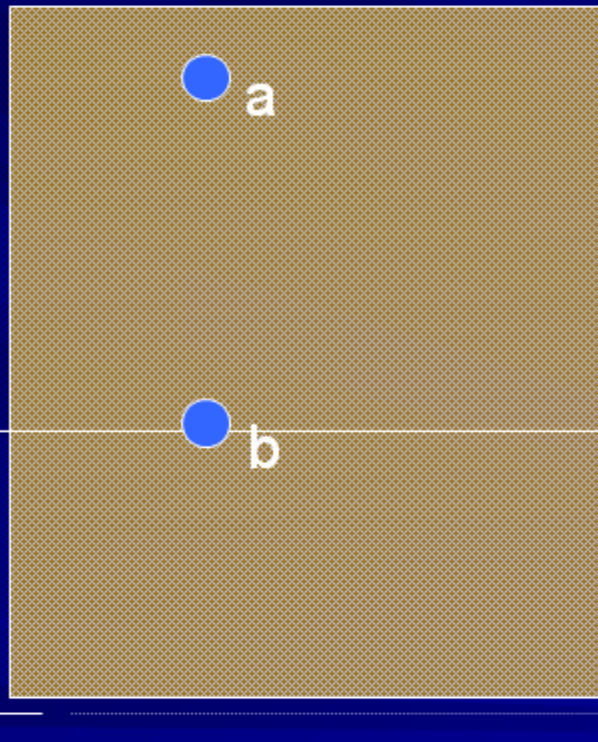
Potențialul gravitațional

Înălțime (cm)

100

40

0



$$\Psi_{ga} = 60 \text{ cm}$$

$$\Psi_{gb} = 0 \text{ cm}$$

Nivel de referință
($\Psi_g = 0$)

$$\Psi_{ga} - \Psi_{gb}$$

$$60 - 0 = 60 \text{ cm}$$

Factori determinanți ai potențialului matricial

Textura, Densitatea, Structurarea Conținutul de apă



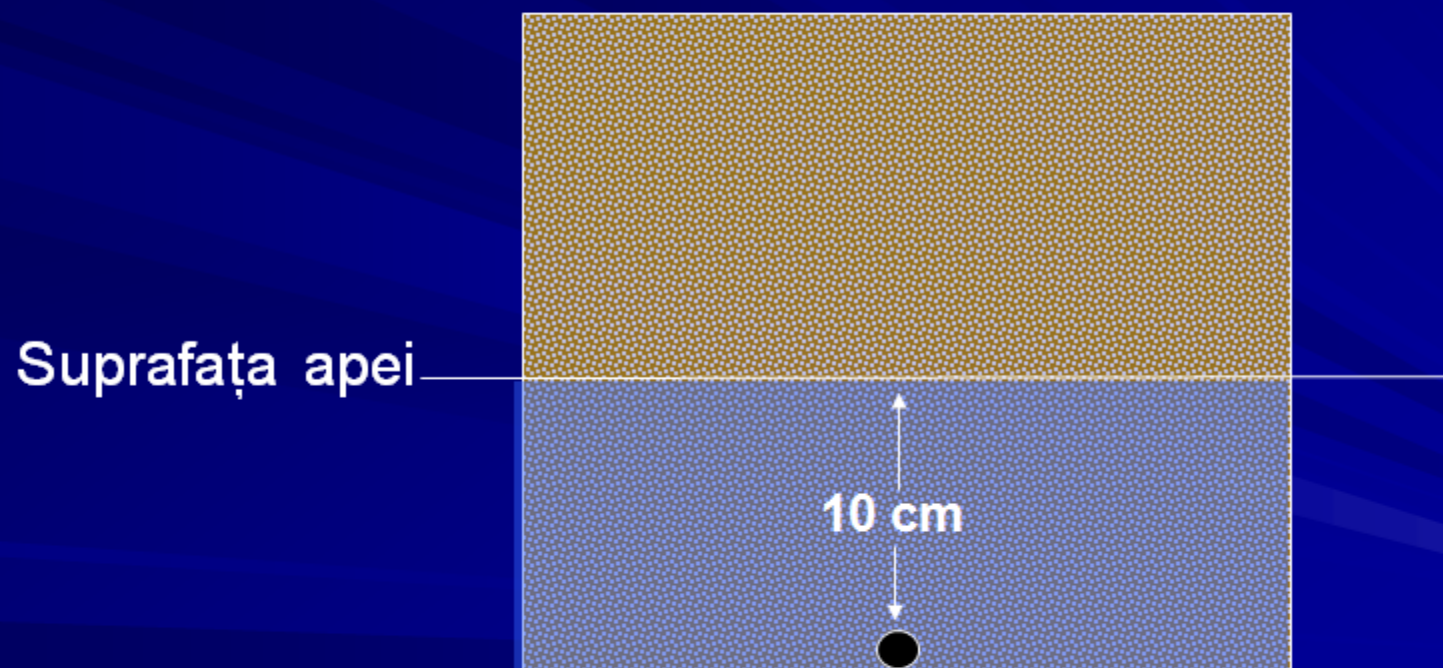
Distribuția mărimii porilor



Gradul de saturație

Potențialul de submersie (ψ_s)

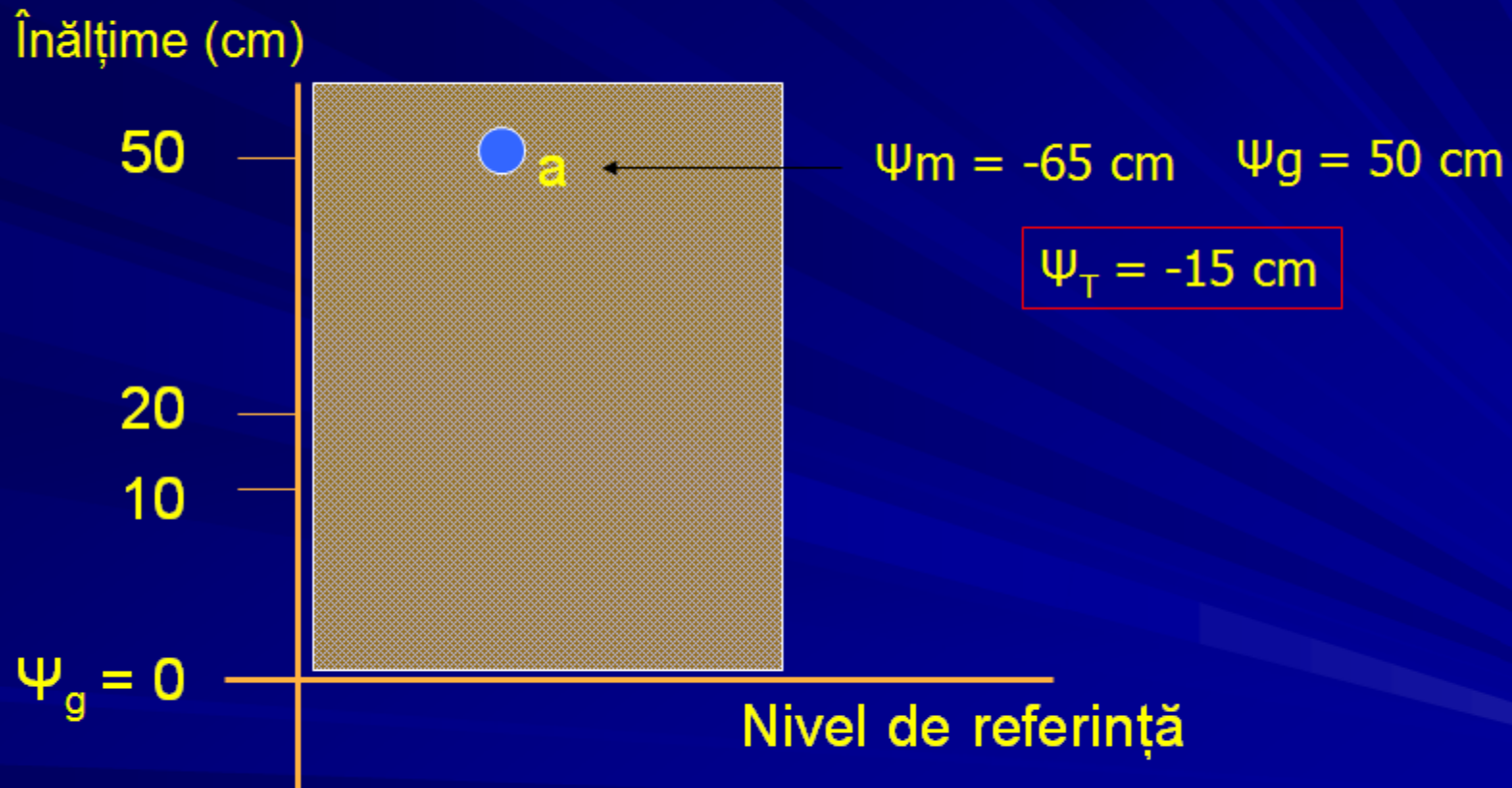
Este egal cu distanța față de suprafața liberă a apei



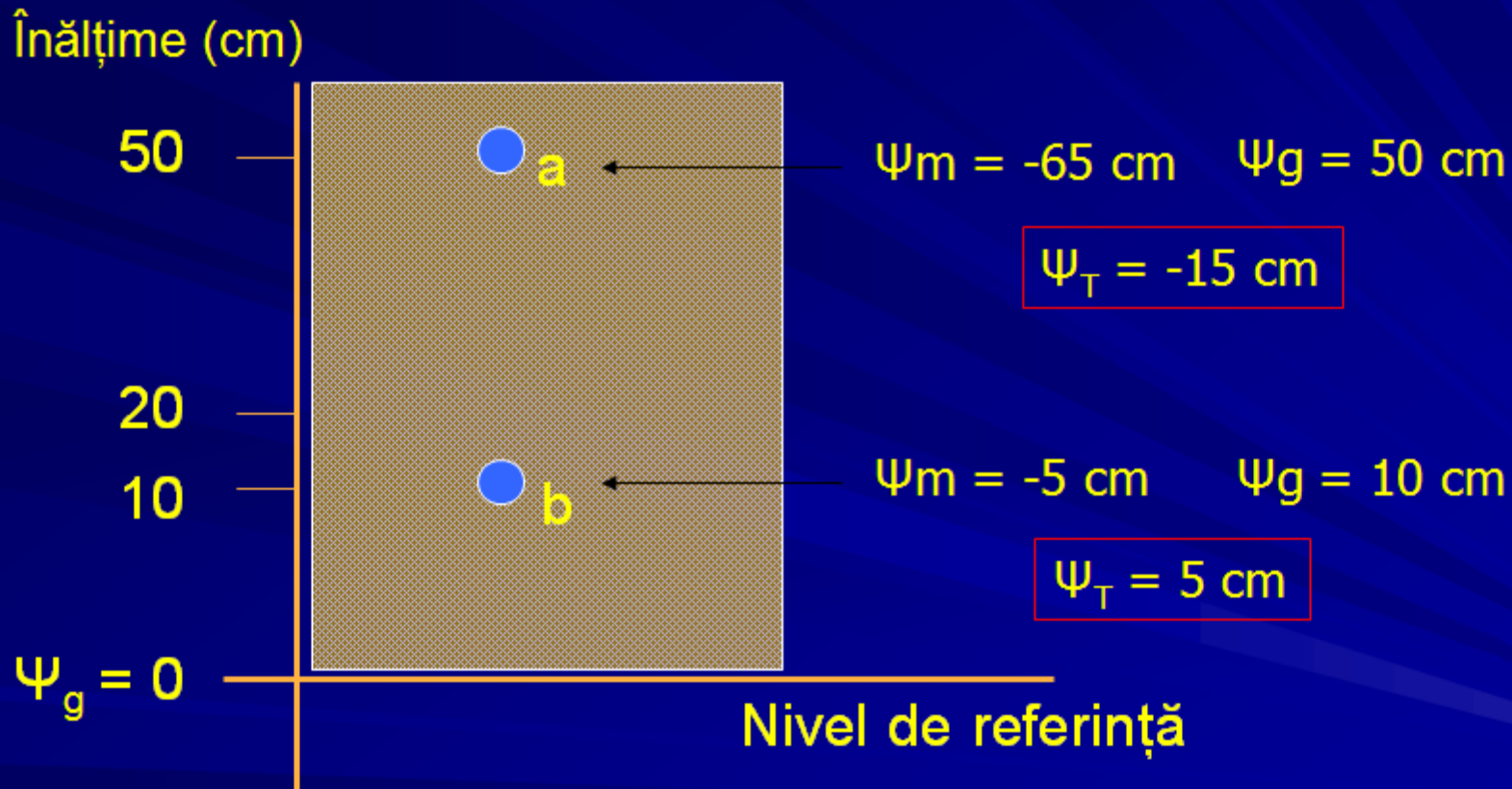
Potențialul energetic total reprezintă
suma potențialelor energetice parțiale:
gravitational, submers și matricial

$$\Psi_g + \Psi_m + \Psi_s = \Psi_T$$

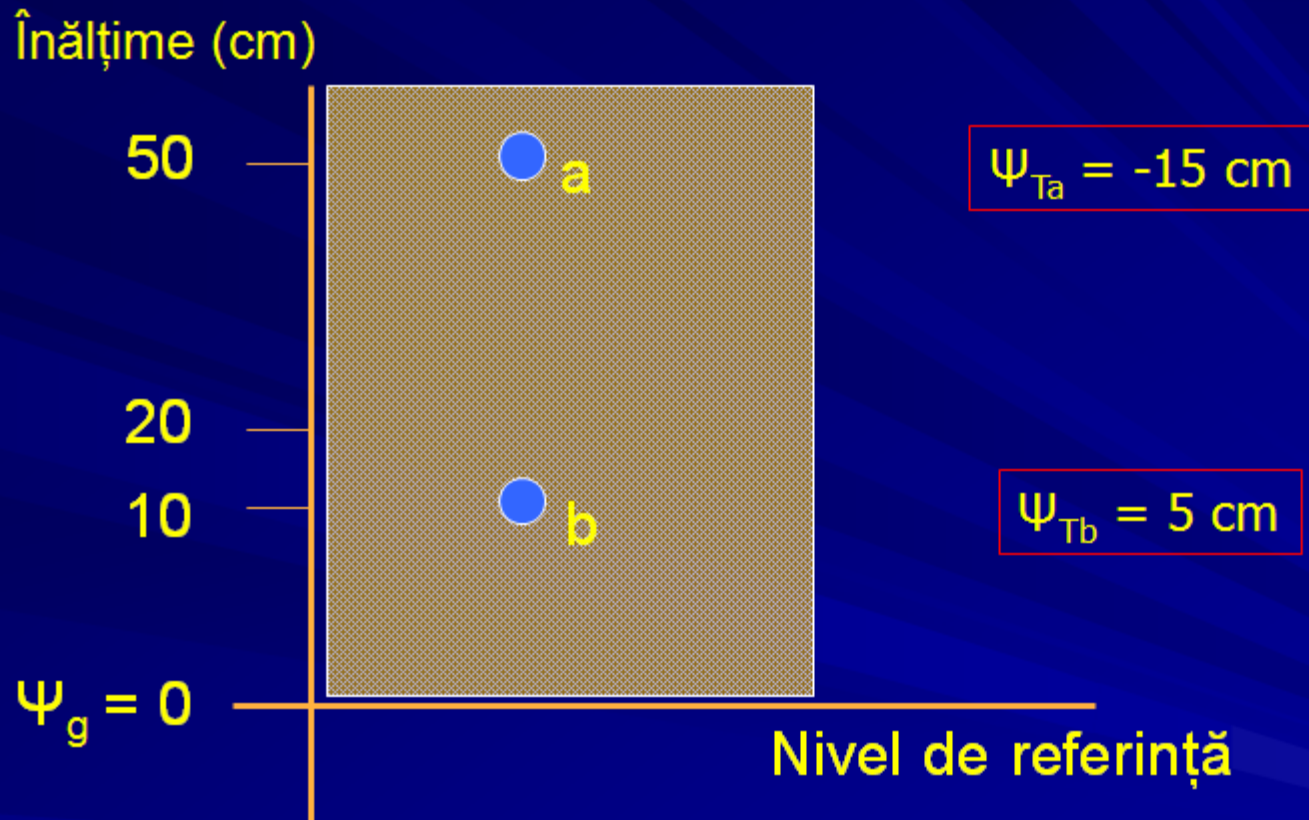
Potential gravitational + Potential matricial = Potential total



Potential gravitational + Potential matricial = Potential total



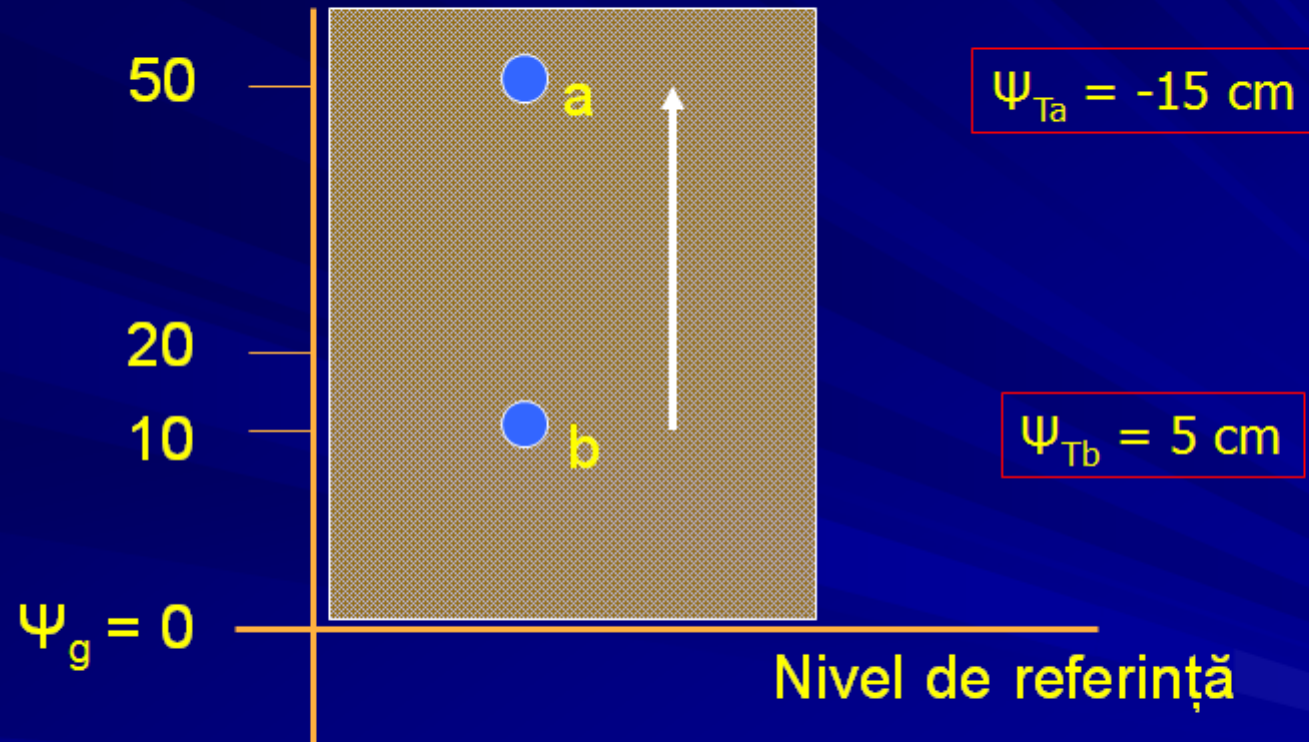
Diferența de potențial energetic



$$\psi_{Ta} - \psi_{Tb} = (-15\text{cm}) - 5\text{cm} = -20 \text{ cm}$$

Direcția de mișcare a apei în sol

Înălțime (cm)



$$\psi_{Ta} - \psi_{Tb} = (-15\text{cm}) - 5\text{cm} = -20 \text{ cm}$$

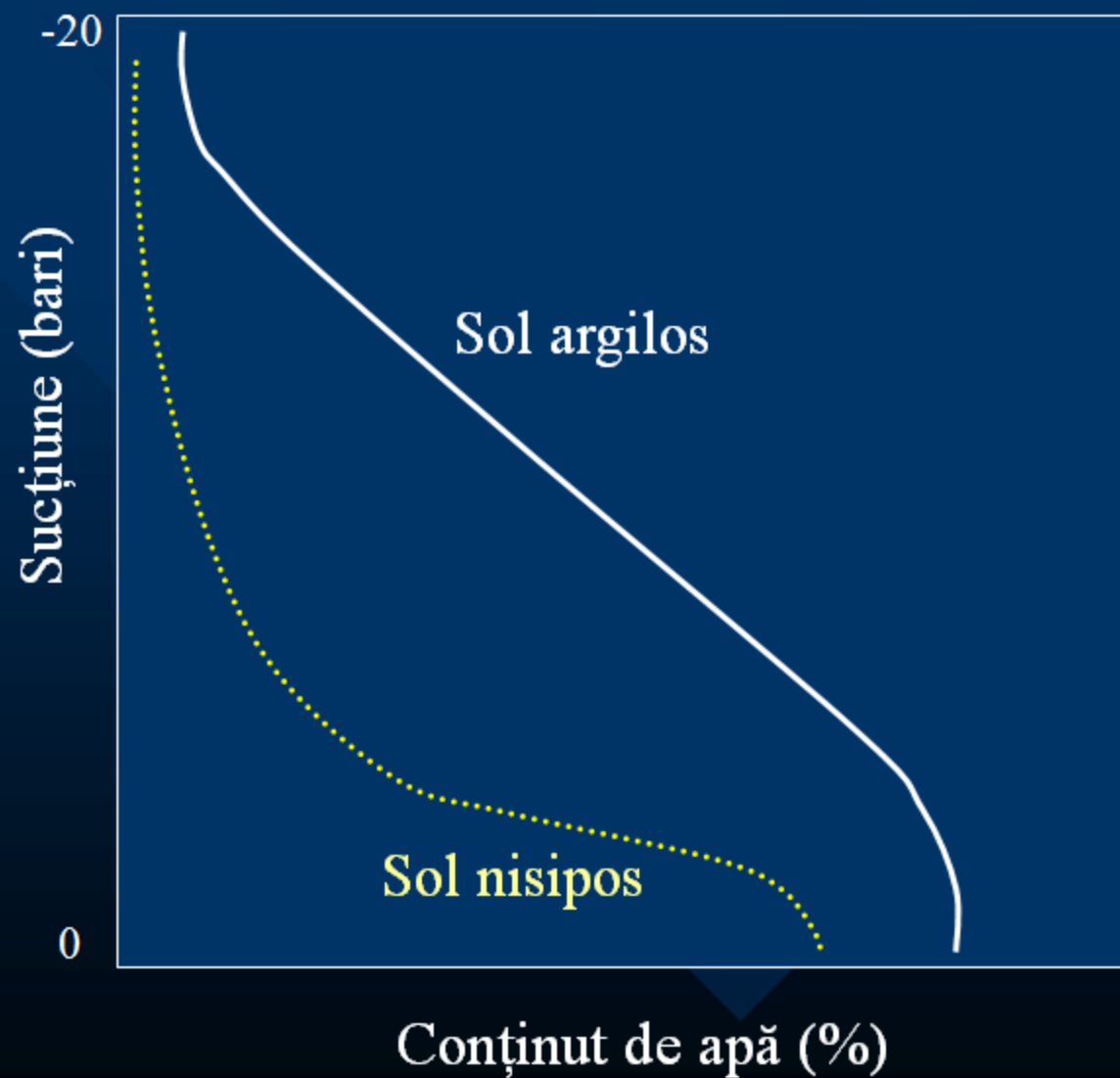
Determinarea direcției de mișcare a apei

1. Se calculează potențialul total în fiecare punct
2. Se analizează dacă există o diferență de energie
3. Se observă mărimea energiei din fiecare punct
4. Energia în punctul A – Energia în punctul B
5. Apa se mișcă de la energie mare la energie mică

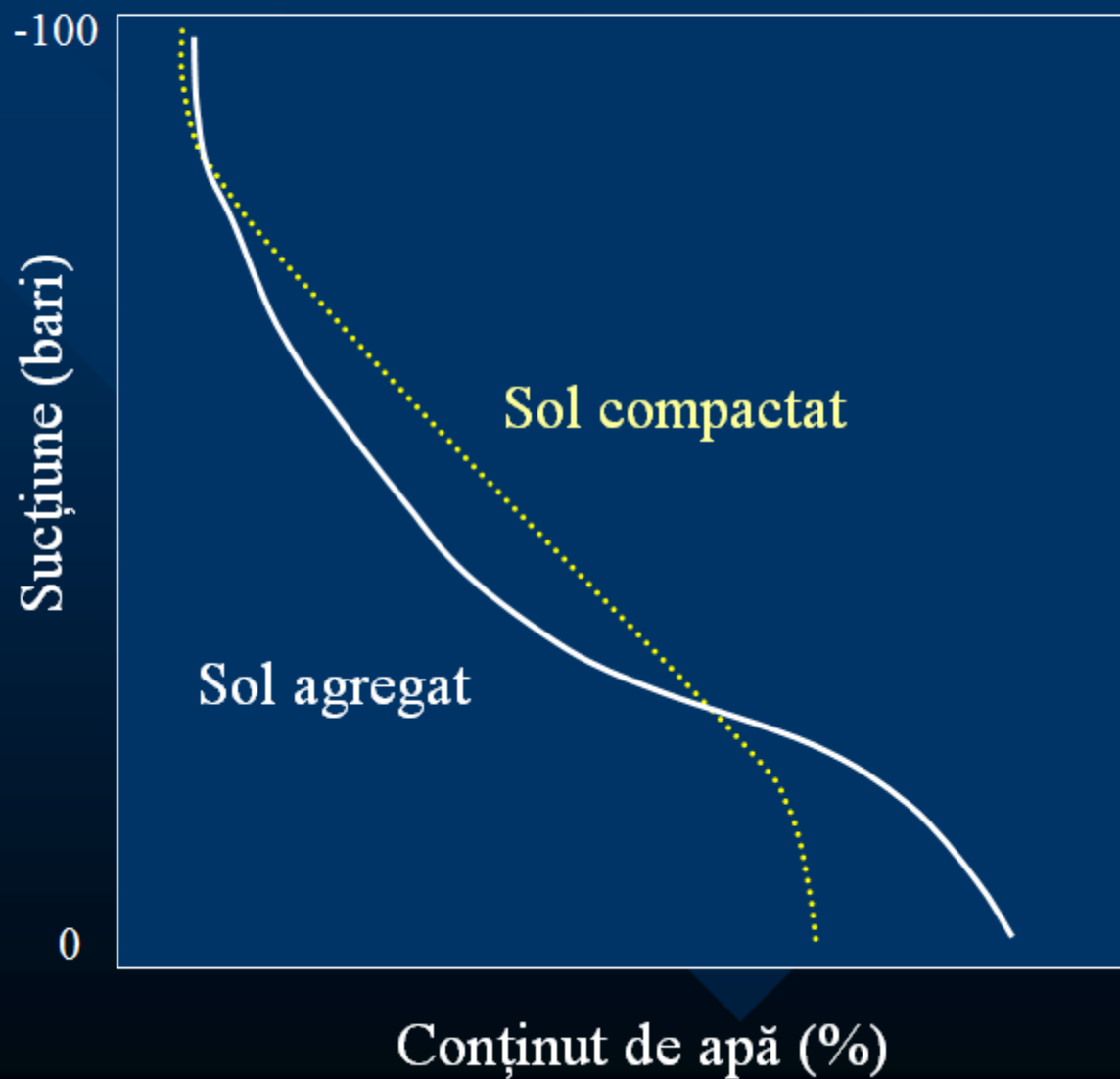
Pozitivă → Punctul **A** spre Punctul **B**

Negativă → Punctul **B** spre Punctul **A**

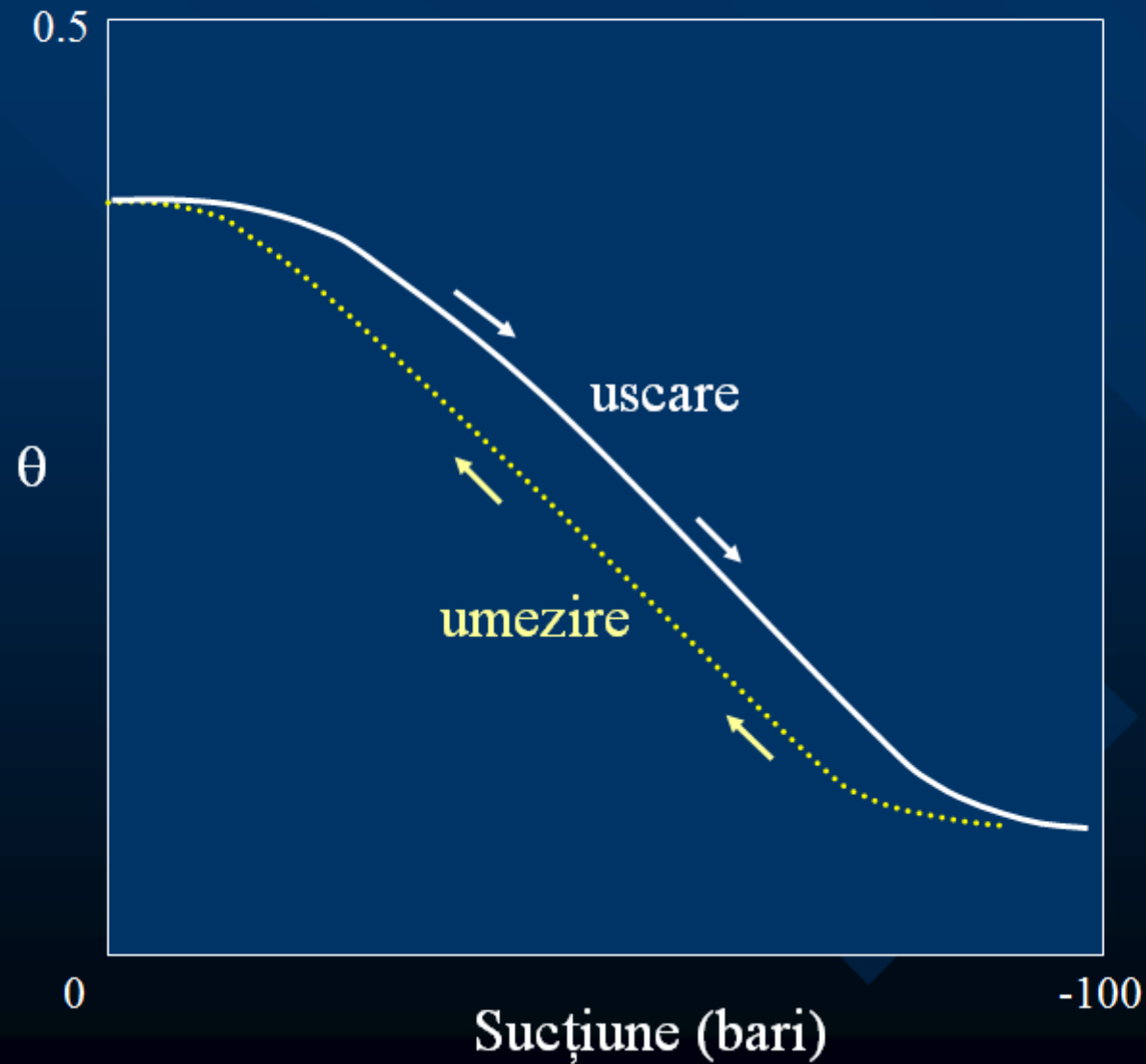
Curba de sucțiune



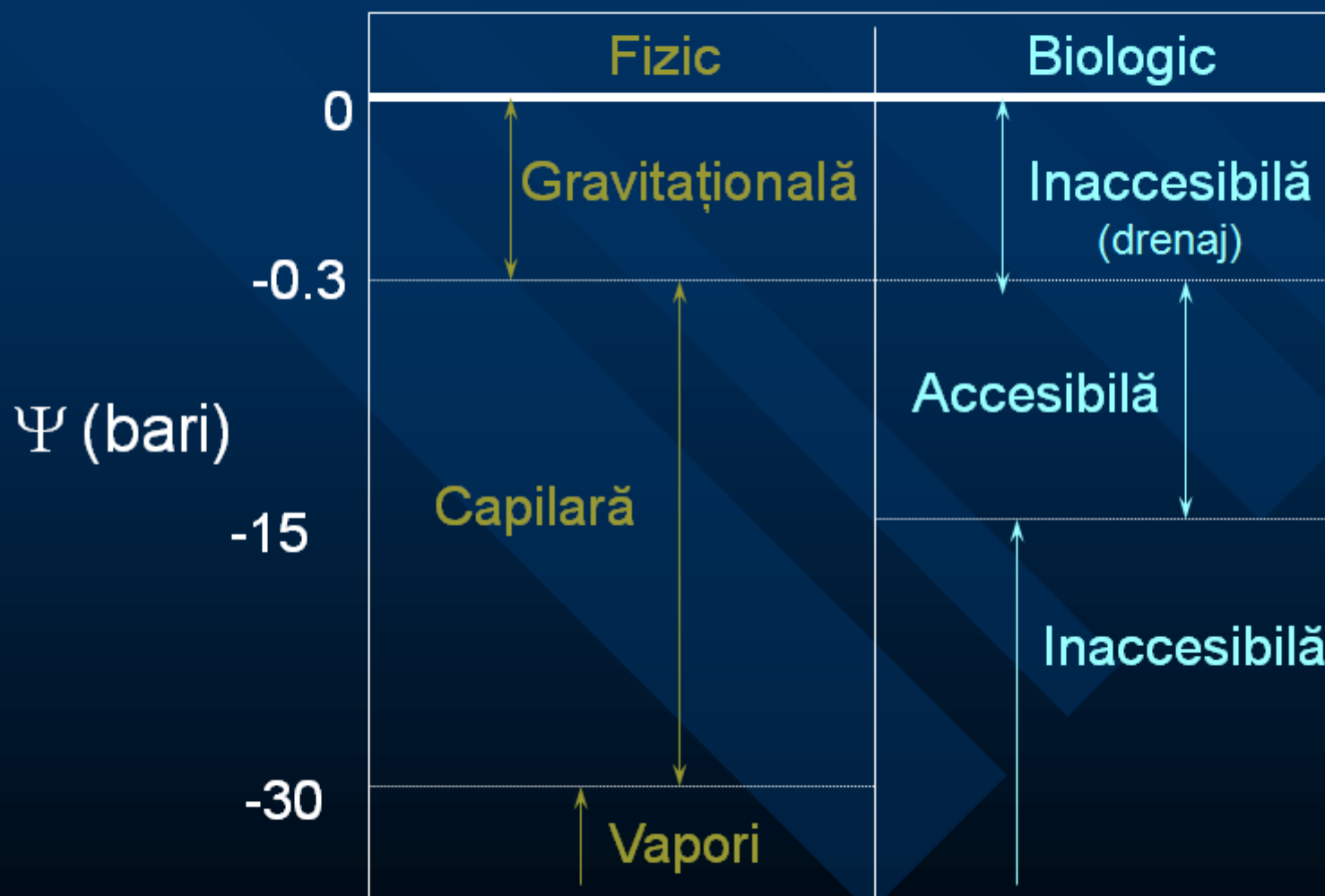
Curba de sucțiune



Hysteresis

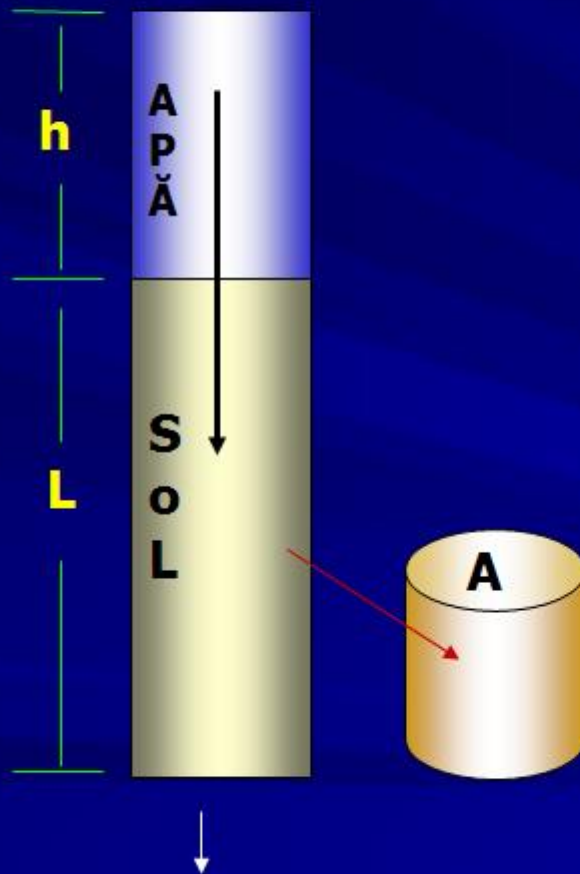


Apa din sol: Clasificarea accesibilității



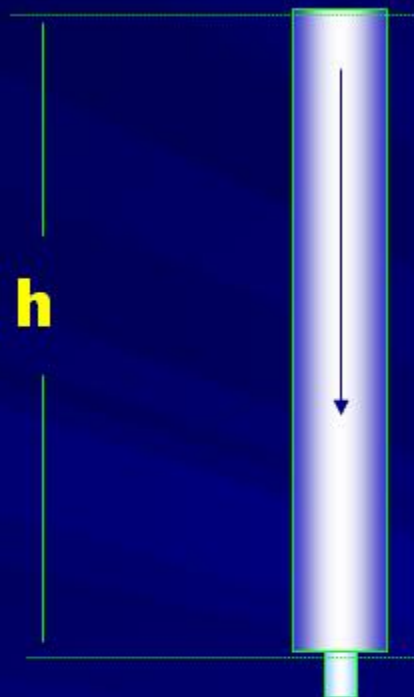
☰ Valorile sunt orientative

Măsurarea conductivității hidraulice saturate



Volumul scurs

$$\frac{\text{Volum}}{\text{timp}} \rightarrow \frac{h * A}{L}$$



Volum
timp

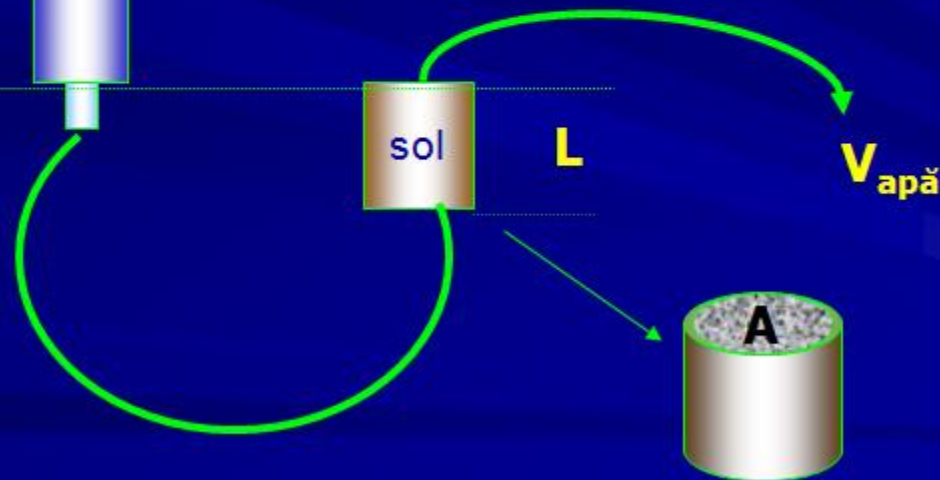


$$\frac{h * A}{L}$$

Volum
timp

= K

$$\frac{h * A}{L}$$

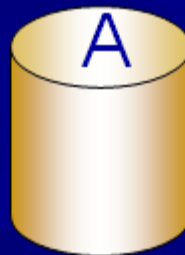


$$K = \frac{V * L}{h * A * t}$$

Determinarea curgerii în mediu saturat

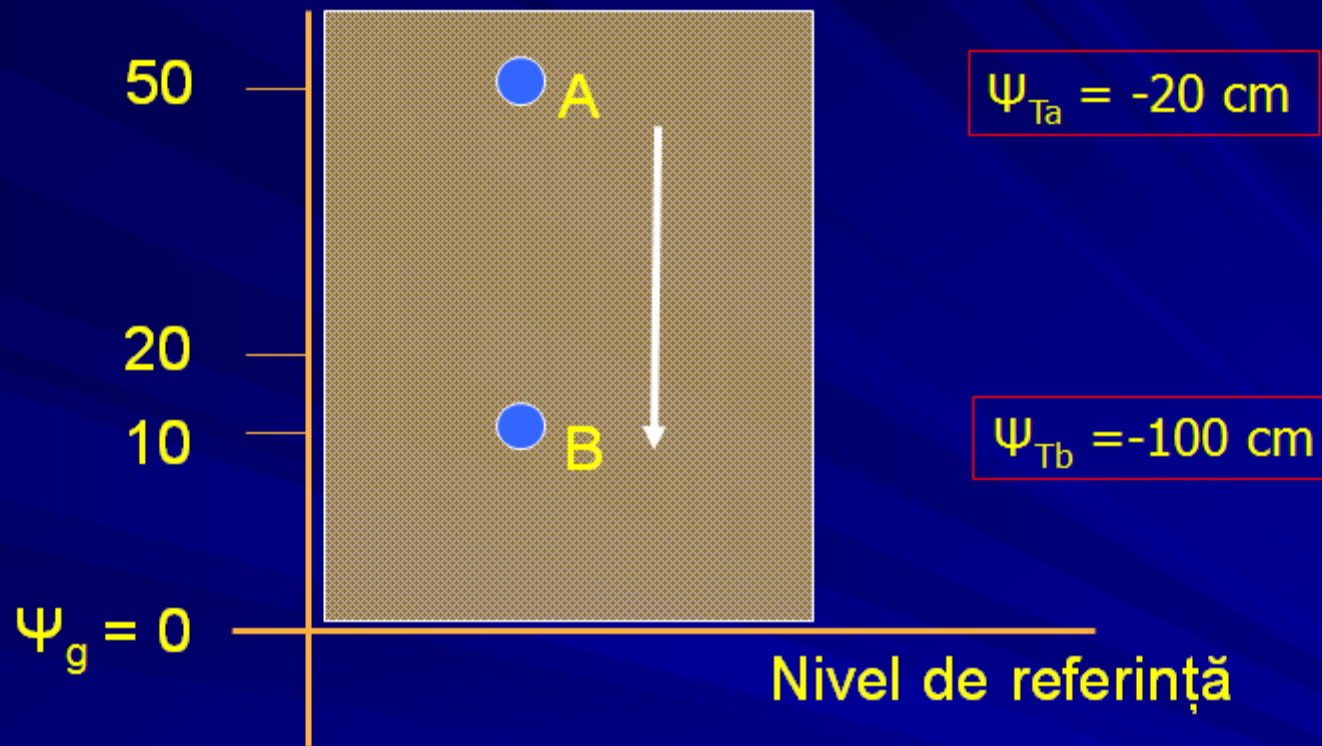
Ecuția lui Darcy

$$\frac{\text{Volumul scurs}}{\text{Aria} * \text{timp}} = Q = K_{\text{sat}} * \text{gradient}$$



Gradientul

Înălțime (cm)



Diferența de potențial total = $-20 \text{ cm} - (-100 \text{ cm}) = 80 \text{ cm}$

Distanța între punctele A și B = 40 cm

$$\text{Gradientul} = \frac{\text{Diferența de potențial total}}{\text{Distanța dintre puncte}} = \frac{80 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} = 2$$

Ecuatia lui Darcy

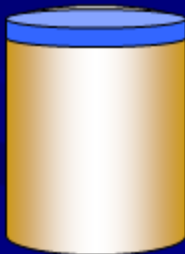
$$\text{Gradientul} = \frac{\text{Diferența de potențial total}}{\text{Distanța dintre puncte}} = \frac{80 \text{ cm}}{40 \text{ cm}}$$

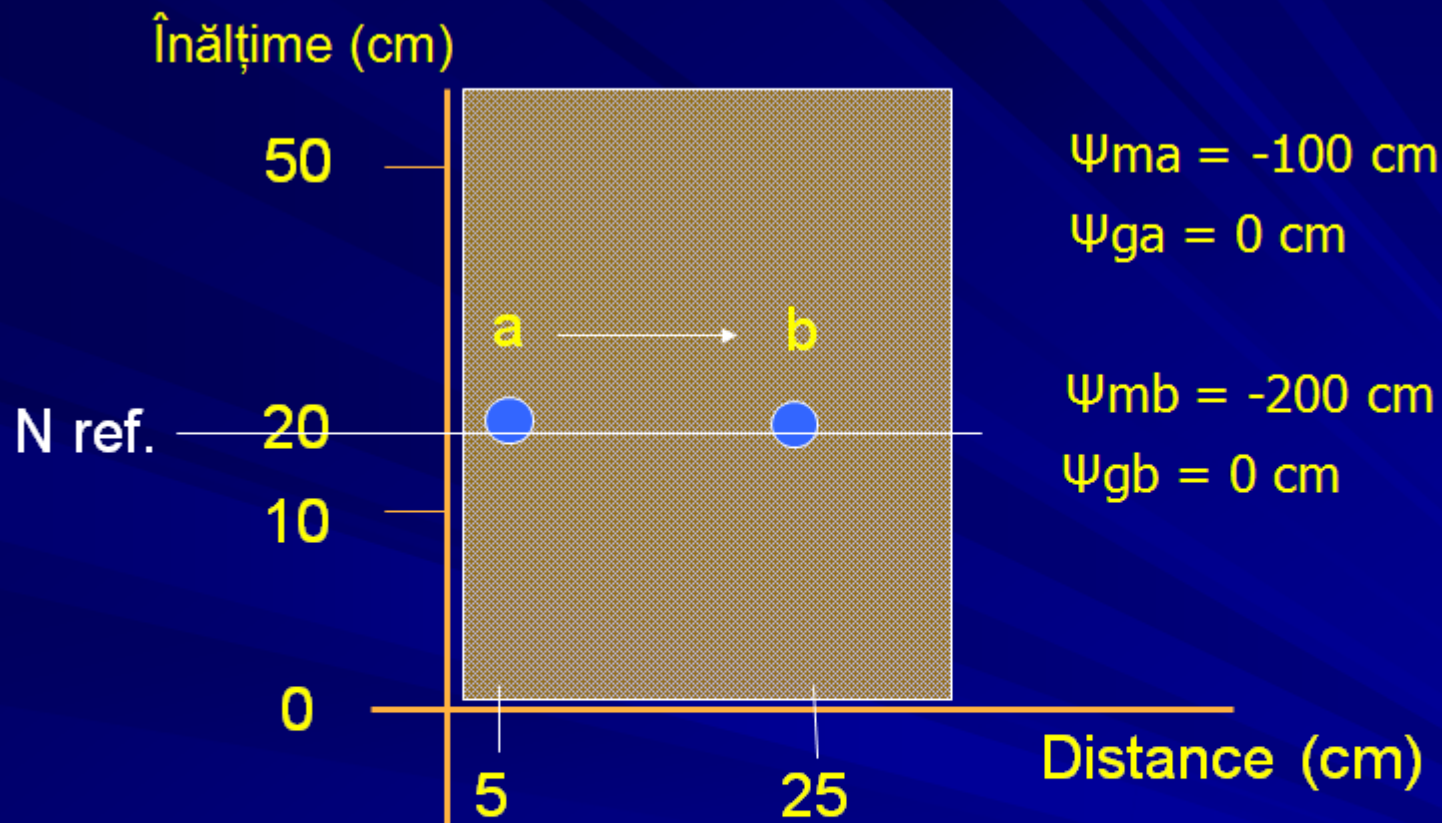
Dacă $K_{\text{sat}} = 5 \text{ cm/h}$, să se calculeze Q

$$\frac{\text{Volumul scurs}}{\text{Arie} * \text{timp}} = Q = K_{\text{sat}} * \text{gradient}$$

$$Q = 5 \text{ cm/h} * 2$$

$$= 10 \text{ cm/h}$$

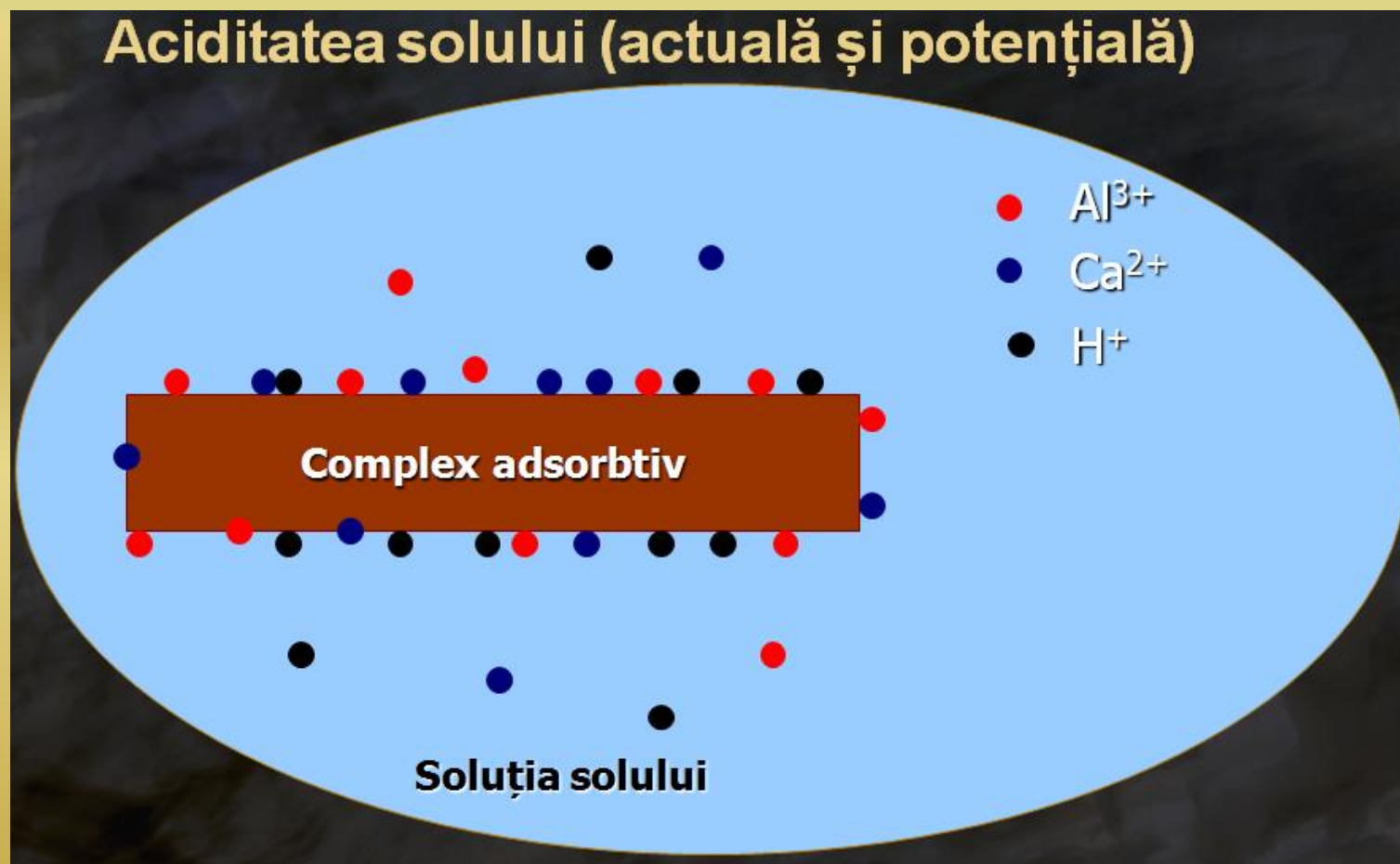




$$\frac{\text{Diferența de potențial total}}{\text{Distanța dintre puncte}} = \frac{-100 - (-200)}{20 \text{ cm}} = \frac{100 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} = 5$$

Dacă $K_{sat} = 5 \text{ cm/h}$, atunci $Q = 5 \text{ cm/h} * 5 = 25 \text{ cm/h}$

Aciditatea solului (actuală și potențială)



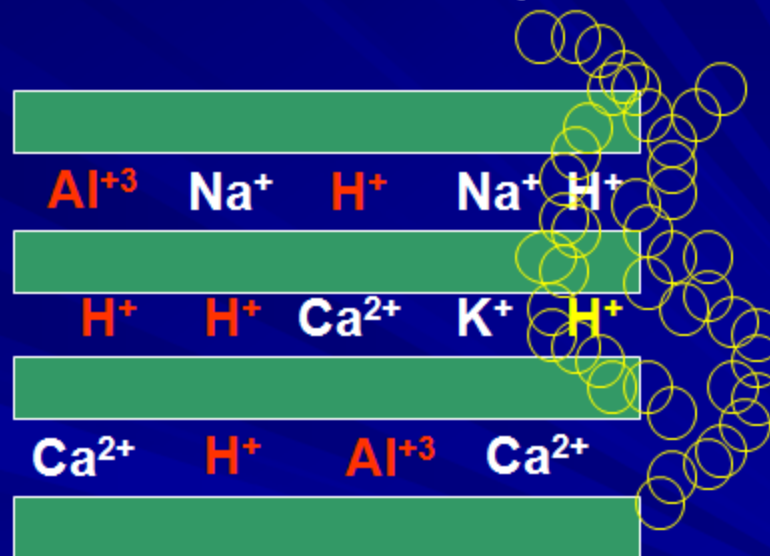
Tipuri de aciditate

Aciditate actuală



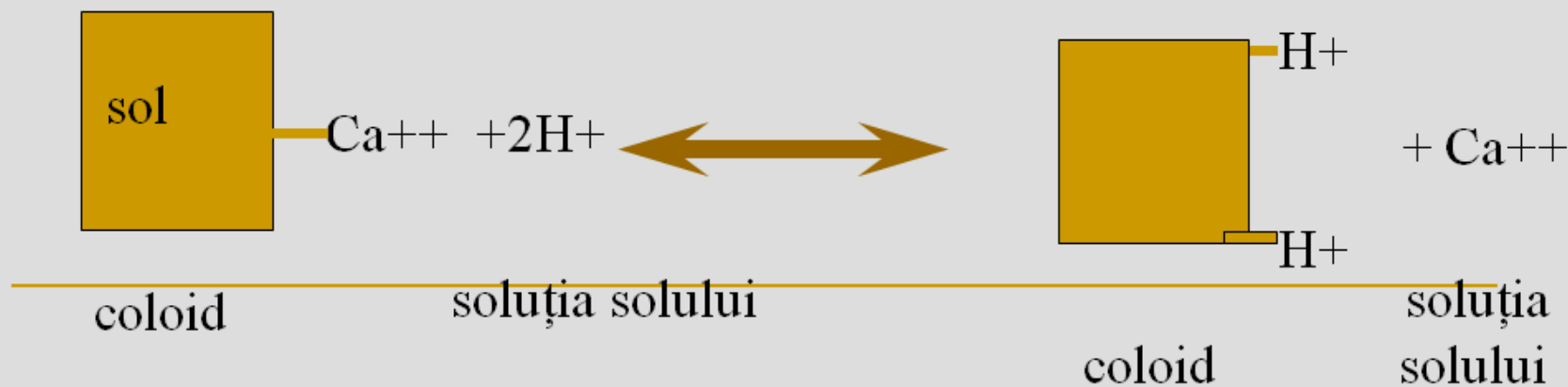
Soluția solului

Aciditate potențială



Argilă/Humus

- Schimbul între cationii din soluția solului și alți cationi de la suprafața coloizilor electronegativi (argila și humusul)



În sol ionii H^+ și Al^{+3} produc aciditate. Când ionii Al^{+3} reacționează cu apa se eliberează ioni H^+

Formarea acidității solului

“Sol tânăr”

Timp

“Sol evoluat”



Al^{3+} dizolvat din minerale
→
 Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ sunt spălați din sol



Minerale argiloase
cu cationi schimbabili

Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+

Minerale argiloase
cu cationi schimbabili

Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ and
 Al^{3+} , H^+

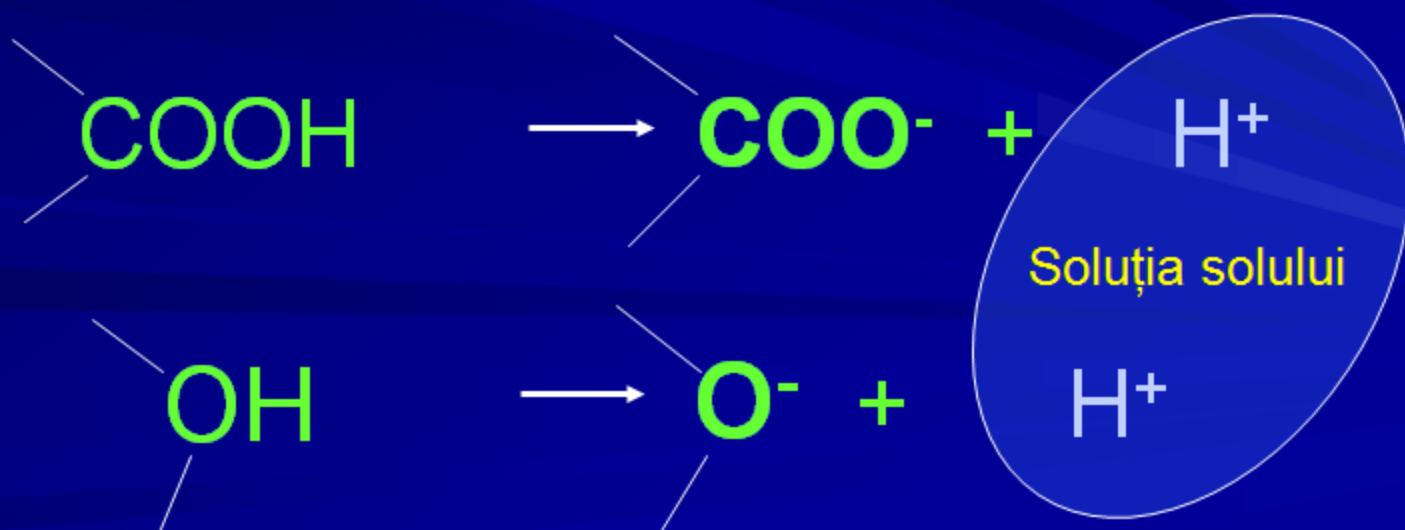
Acizii eliberează ioni (H^+) prin disociere în apă.



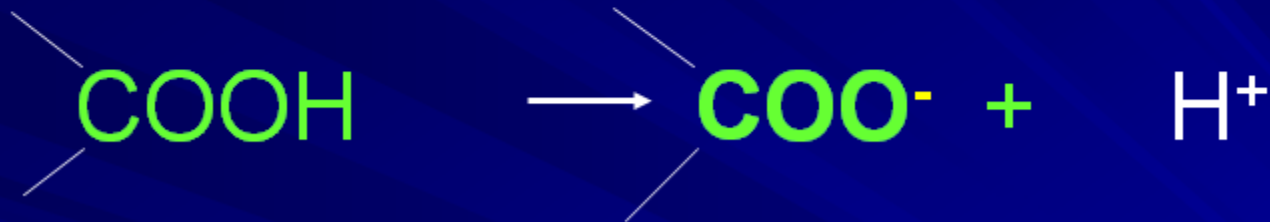
Acizii tari eliberează toți ionii H^+

Acizii slabi eliberează doar o parte din ionii H^+

Grupele funcționale ale coloizilor organici sunt acizi slabi.



Disocierea grupărilor funcționale acide are ca rezultat creșterea sarcinei electrice negative

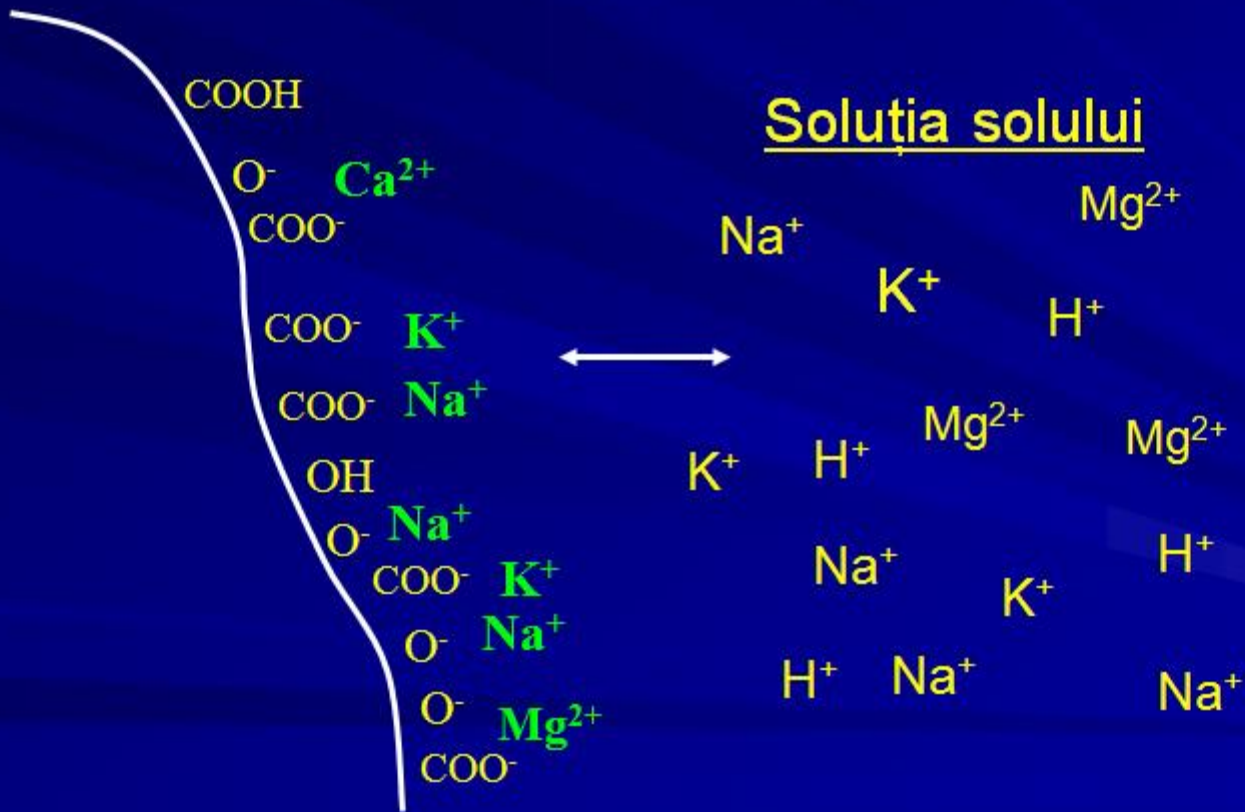
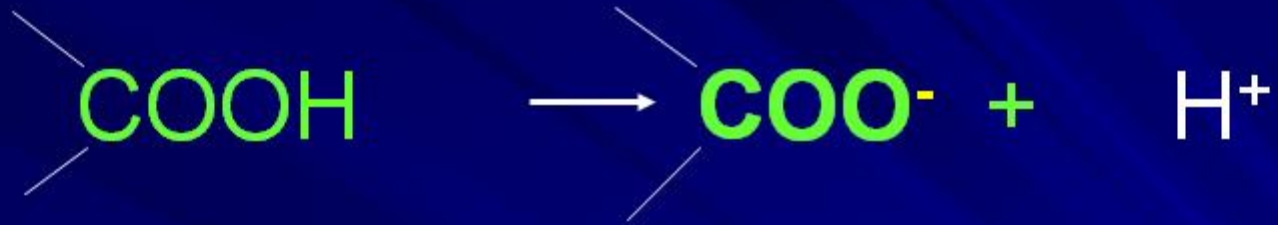


Valoarea sarcinei electrice negative depinde de cât de intensă este disocierea

Disocierea este inhibată de ionii H^+ din soluția solului

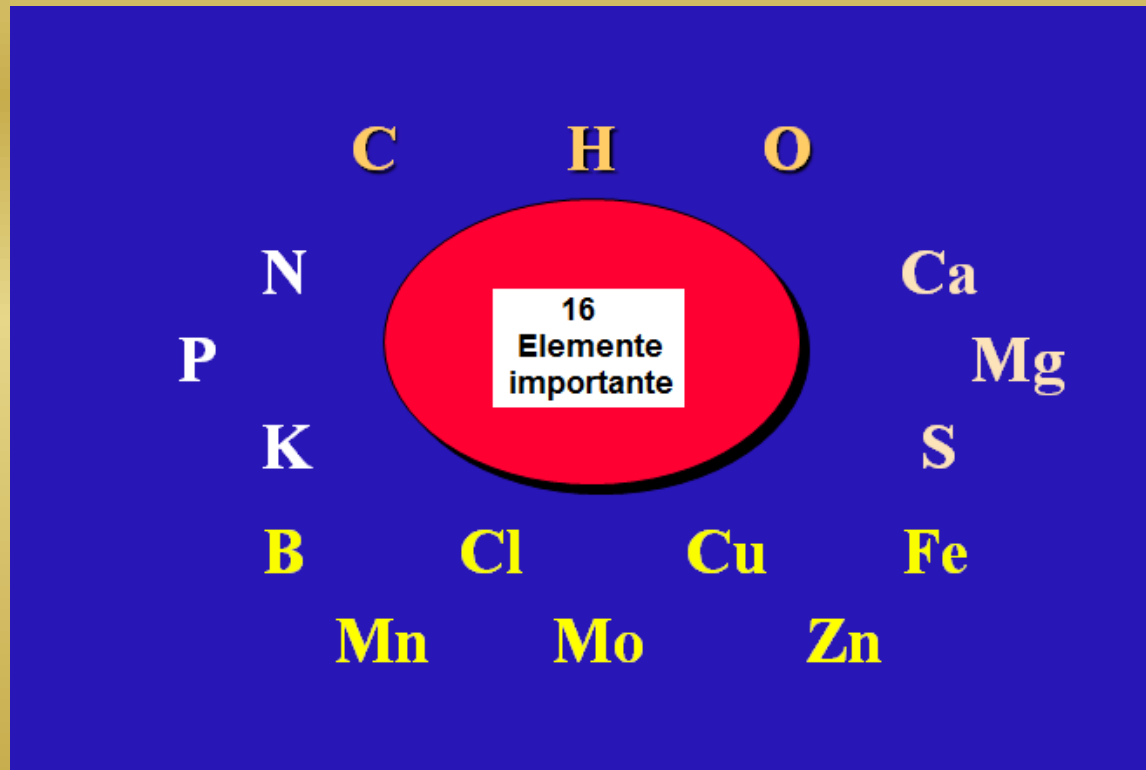
pH mic = mulți H^+ = disociere puțin intensă = sarcină mică

pH mare = puțini H^+ = disociere mai intensă = sarcină mare

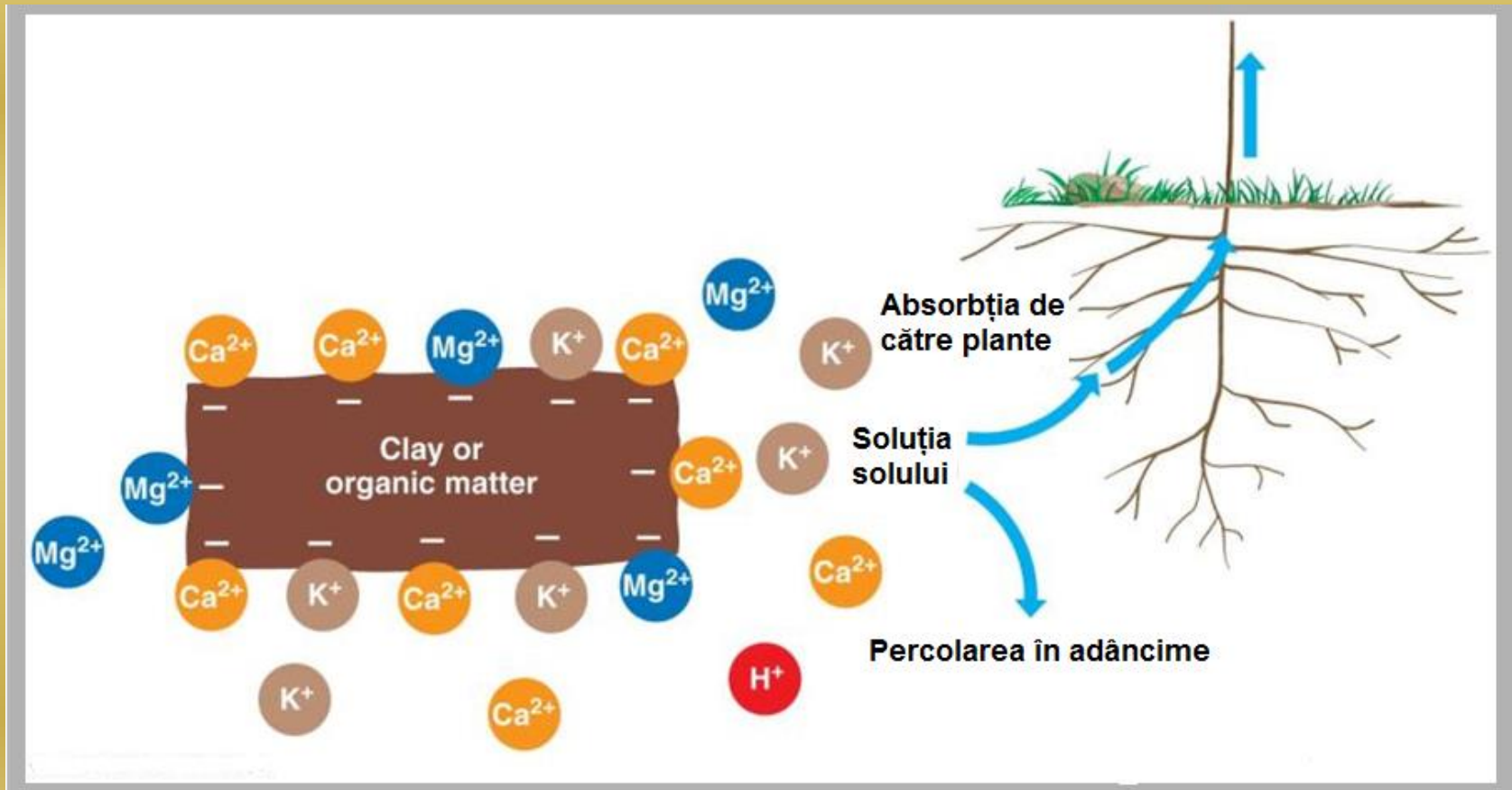




Elemente importante în nutriția plantelor

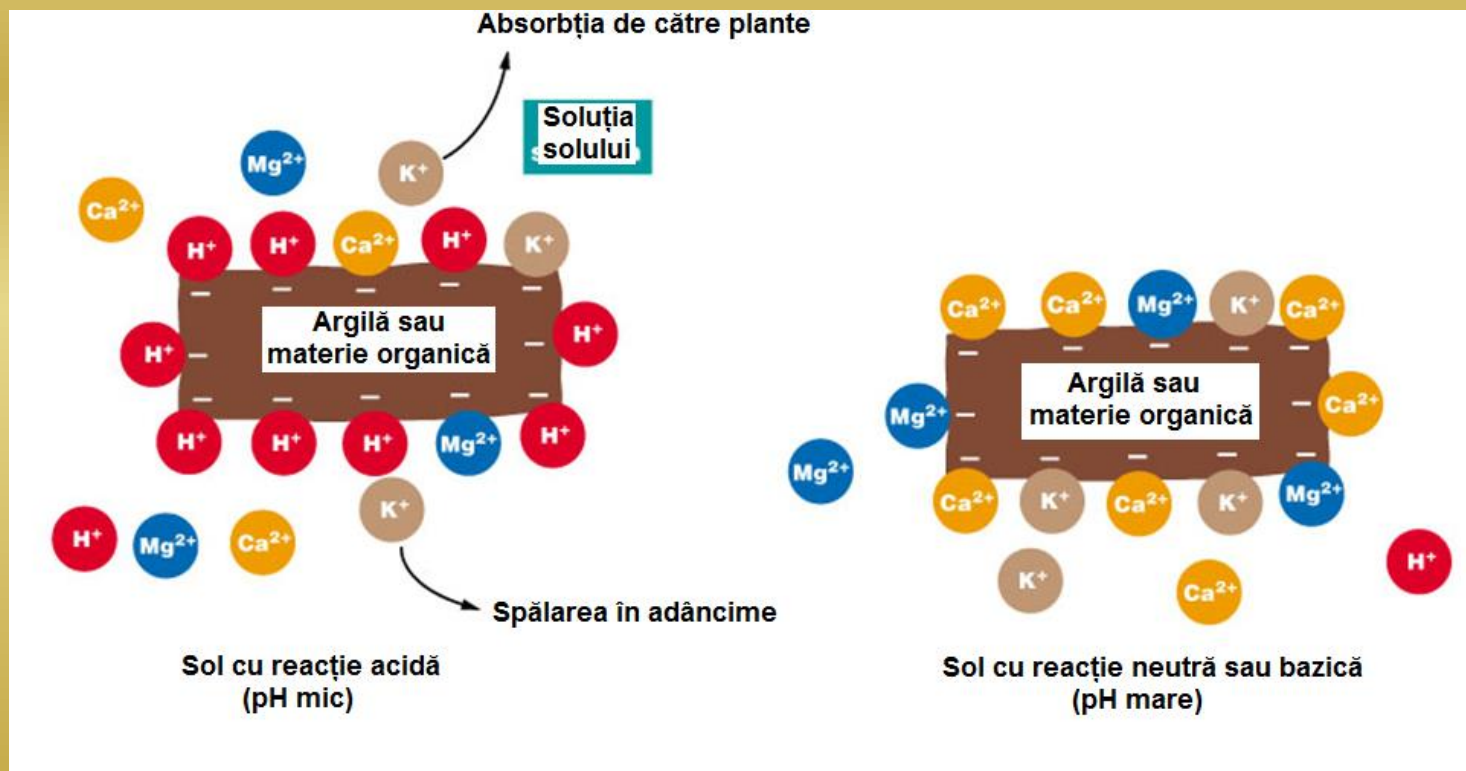


Absorbția și spălarea nutrienților din sol





Influența pH-ului asupra schimbului de cationi

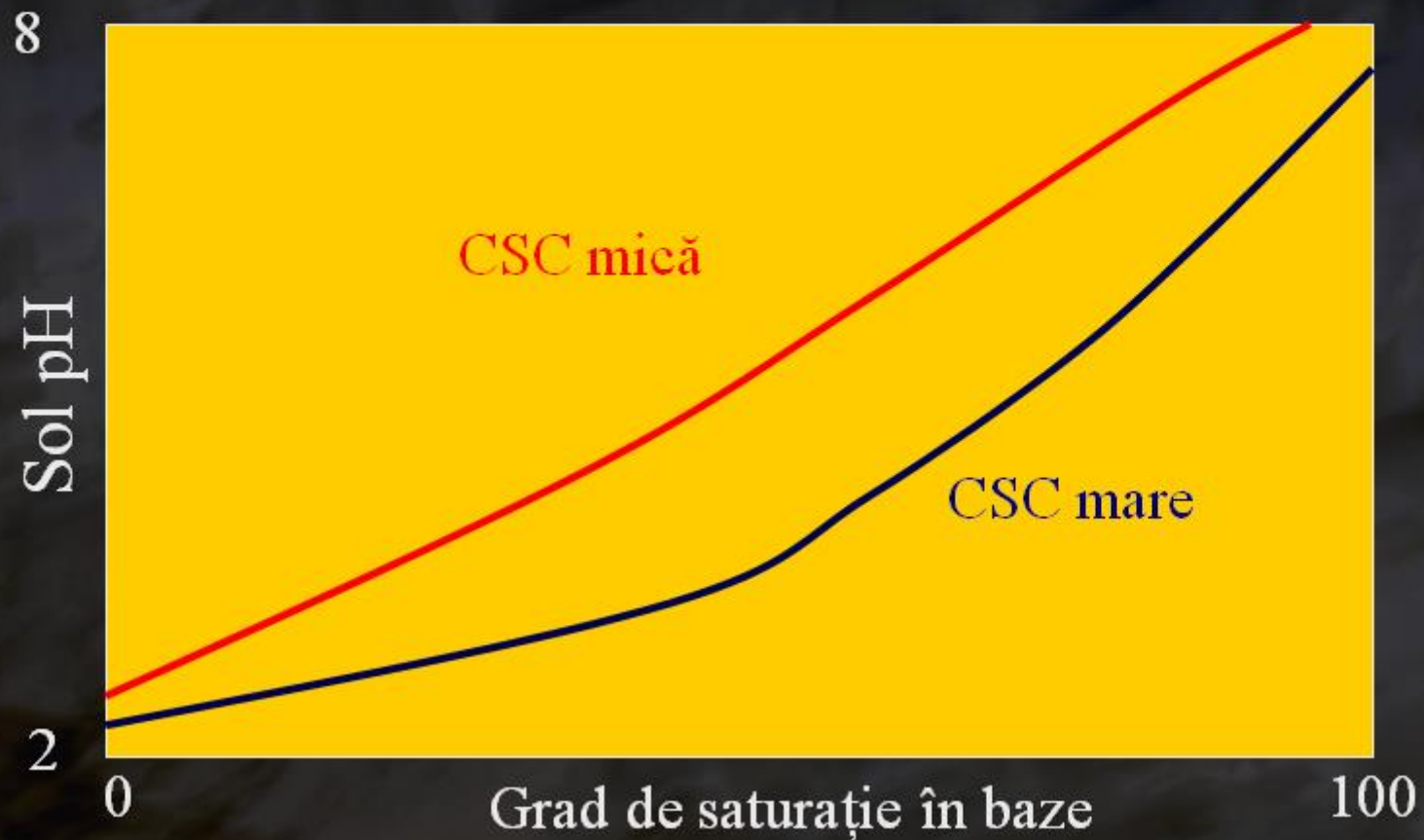


Influența pH-ului asupra eficienței fertilizării

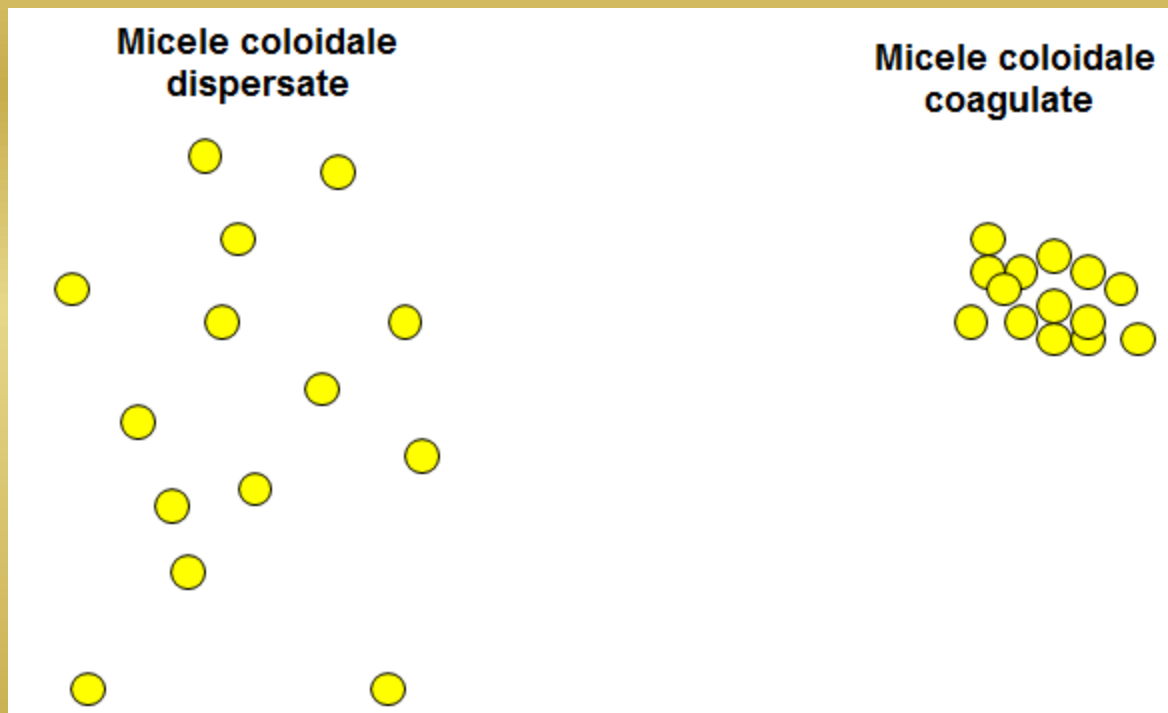
pH	N	P	K
----- Eficiența fertilizării (%) -----			
4.5	21	8	21
5.0	38	10	30
5.5	52	15	45
6.0	63	15	60
7.0	70	30	60

Gradul de saturație în baze

CSC – Capacitatea de schimb cationic

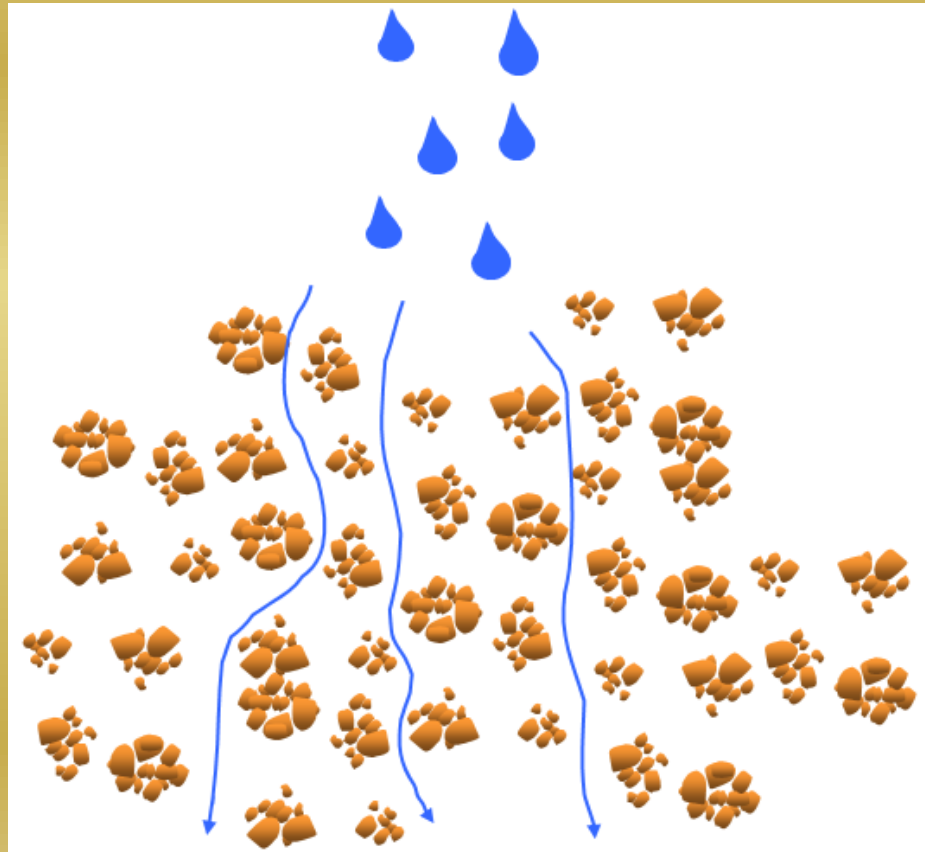


Coagularea și dispersia coloizilor

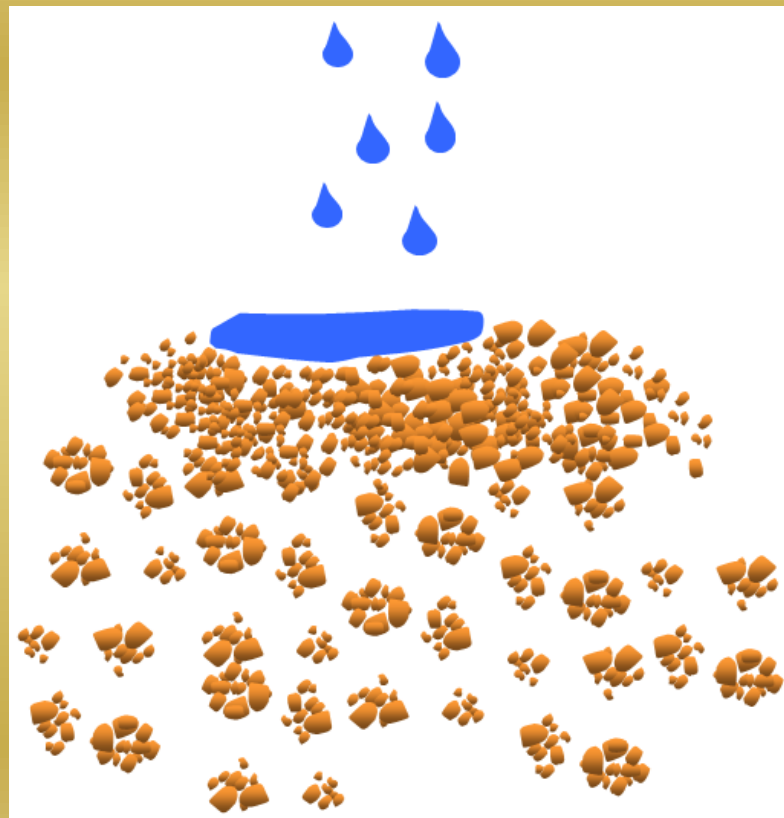


Coagularea este importantă deoarece între agregate se formează pori largi, prin care se mișcă apa.

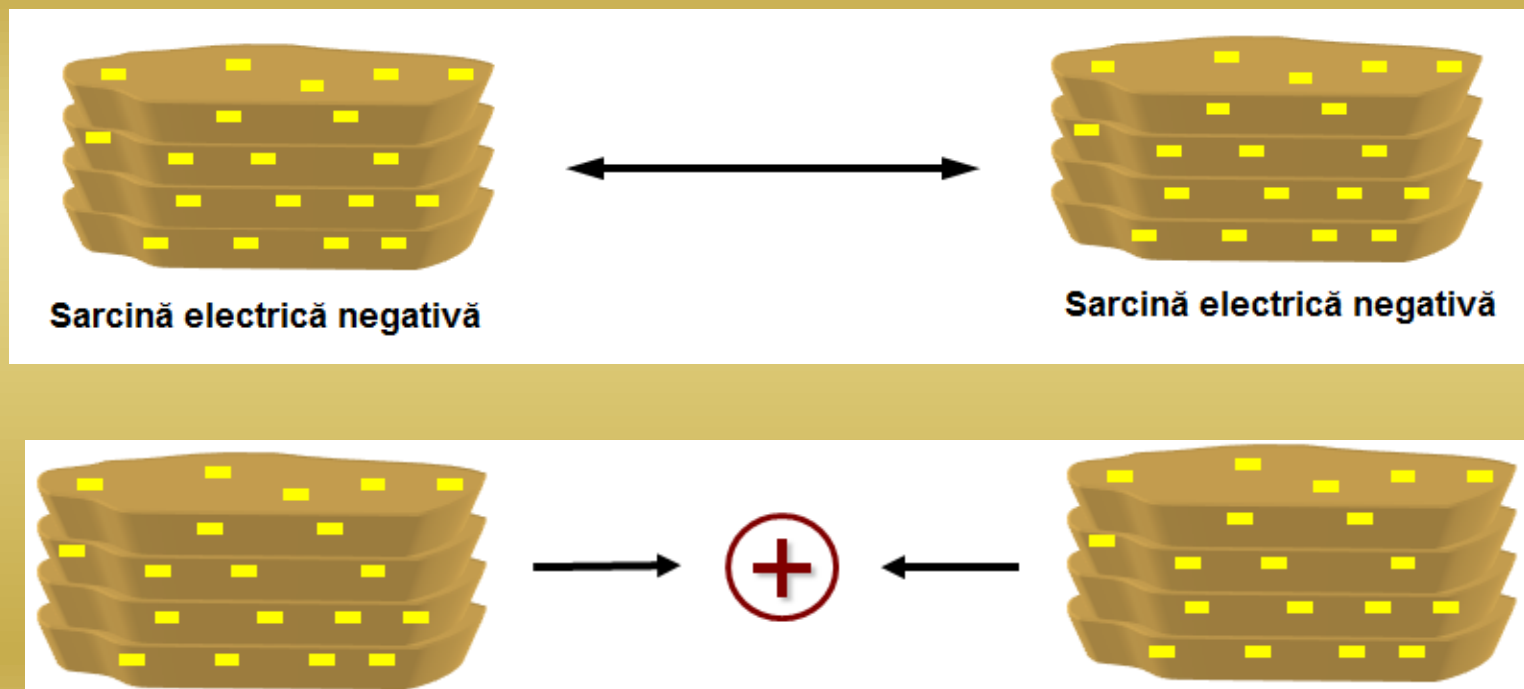
De asemenea, rădăcinile plantelor pot crește în grosime, printre agregate



Dispersia coloizilor împiedică infiltrarea apei și drenajul natural al solului



Particulele de argilă au sarcini electrice negative. Ele se resping unele pe altele.
Cationii de Na, K, Mg, și Ca au sarcini electrice pozitive.
Ei pot determina unirea (coagularea) particulelor de argilă.



Cationii pot fi împărțiți în două categorii:

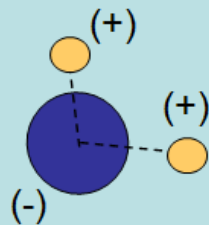
- slab coagulanți: sodiul, potasiul
- buni coagulanți: calciul și magneziul

Ionul	Puterea relativă de coagulare
Sodiu	1,0
Potasiu	1,7
Magneziu	27,0
Calciu	43,0

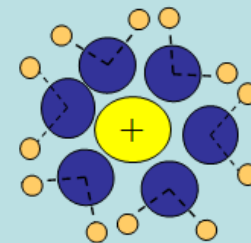
Cationii monovalenți cu rază mare de hidratare sunt slabi coagulanți

Ionul	Valența	Raza de hidratare (nm)	Puterea relativă de hidratare
Sodiu	1	0,79	1
Potasiu	1	0,53	1,7
Magneziu	2	1,08	27
Calciu	2	0,96	43

Moleculele de apă sunt
bipolare

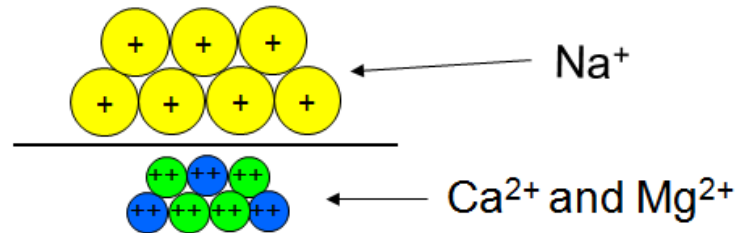


Cation hidratat



Rata de adsorbție a sodiului (SAR)

Variația raportului dă indicații asupra stării relative a acestor cationi



Din punct de vedere matematic, aceasta este expresia ratei de adsorbție a sodiului (SAR):

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}}$$

Unde concentrațiile sunt exprimate în mmoli/L

Conductibilitatea electrică

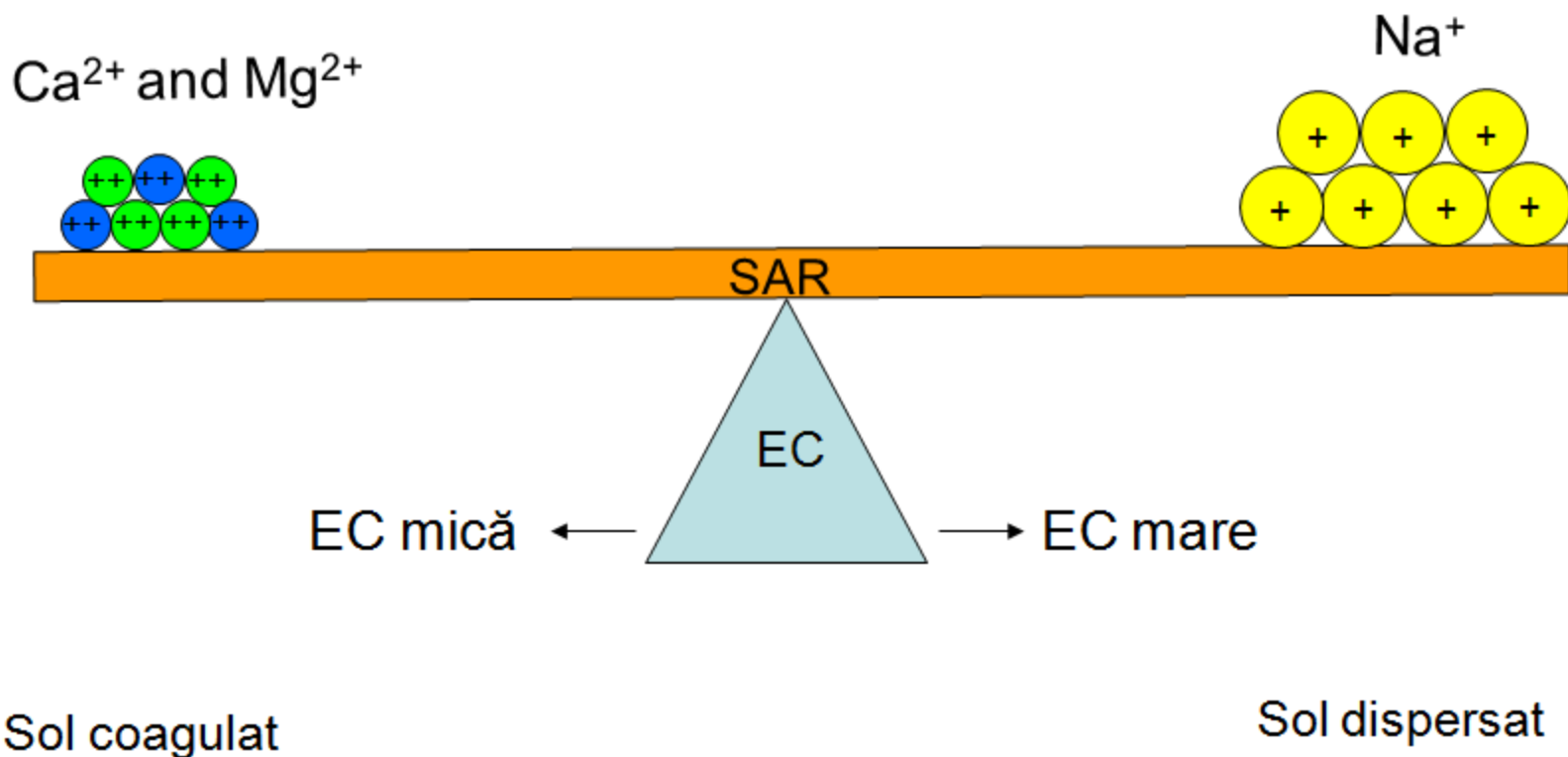
Ionii din soluția solului conduc curentul electric, astfel că poate fi estimat conținutul total al acestora măsurând conductivitatea electrică (EC) a soluției apoase de sol.

EC se măsoară în dS/m (deci-Simens pe metru)

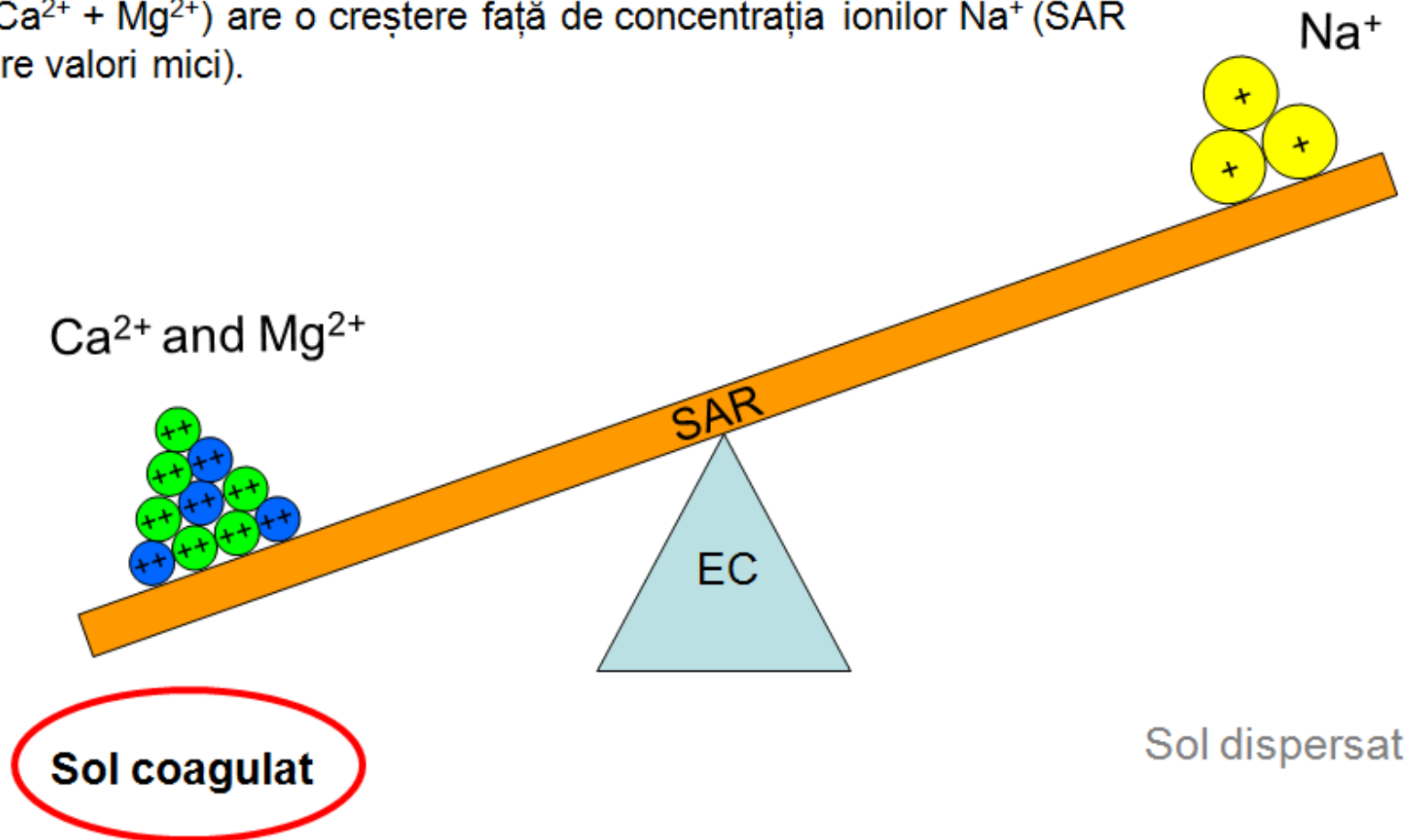
Solul cu o EC mare este salinizat

Solul cu o EC mică este nesalinizat

Stabilitatea agregatelor (dispersia și coagularea) depind, atât de valoarea (SAR) dată de raportul între (Ca^{2+} și Mg^{2+}) și Na^+ , cât și de conținutul de săruri solubile din sol (EC).

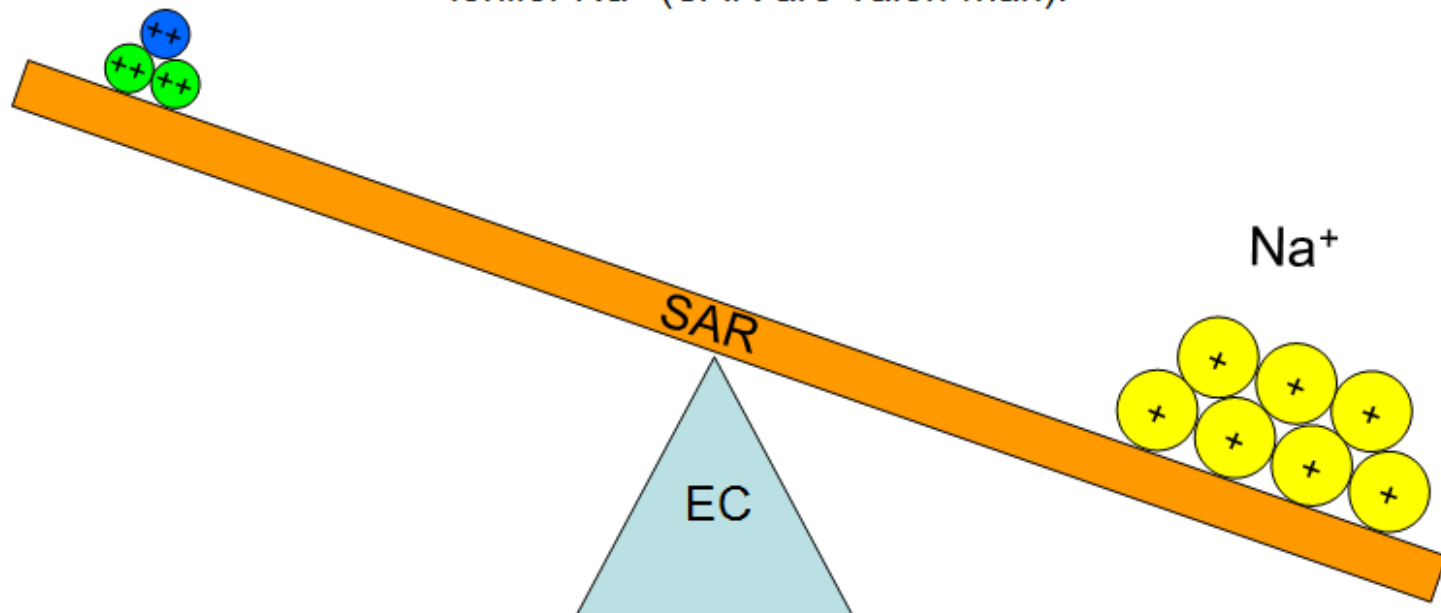


Particulele de sol vor fi coagulate atunci când concentrația ionilor ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) are o creștere față de concentrația ionilor Na^{+} (SAR are valori mici).



Ca^{2+} and Mg^{2+}

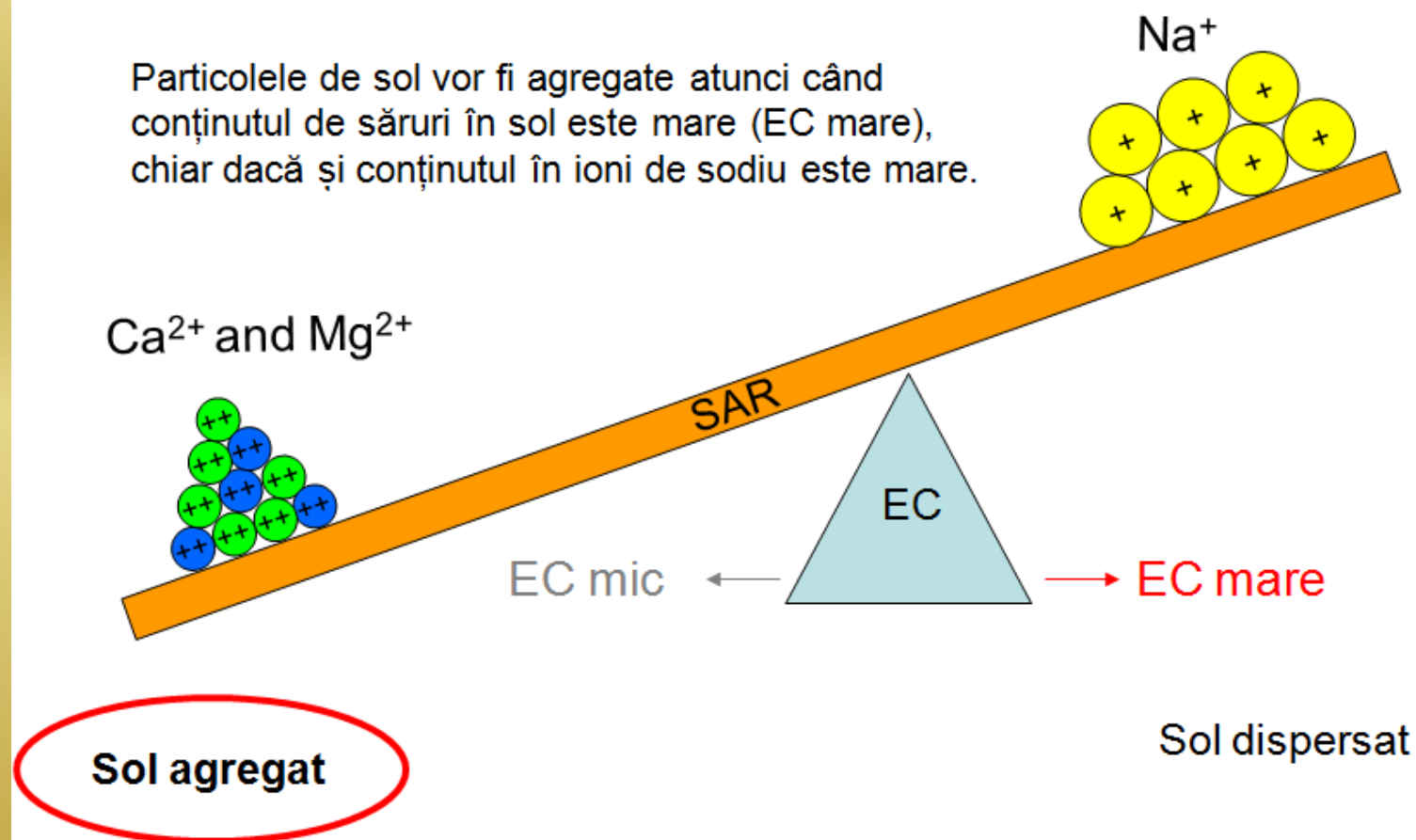
Particulele de sol vor fi dispersate atunci când concentrația ionilor ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) are o descreștere față de concentrația ionilor Na^{+} (SAR are valori mari).



Sol coagulat

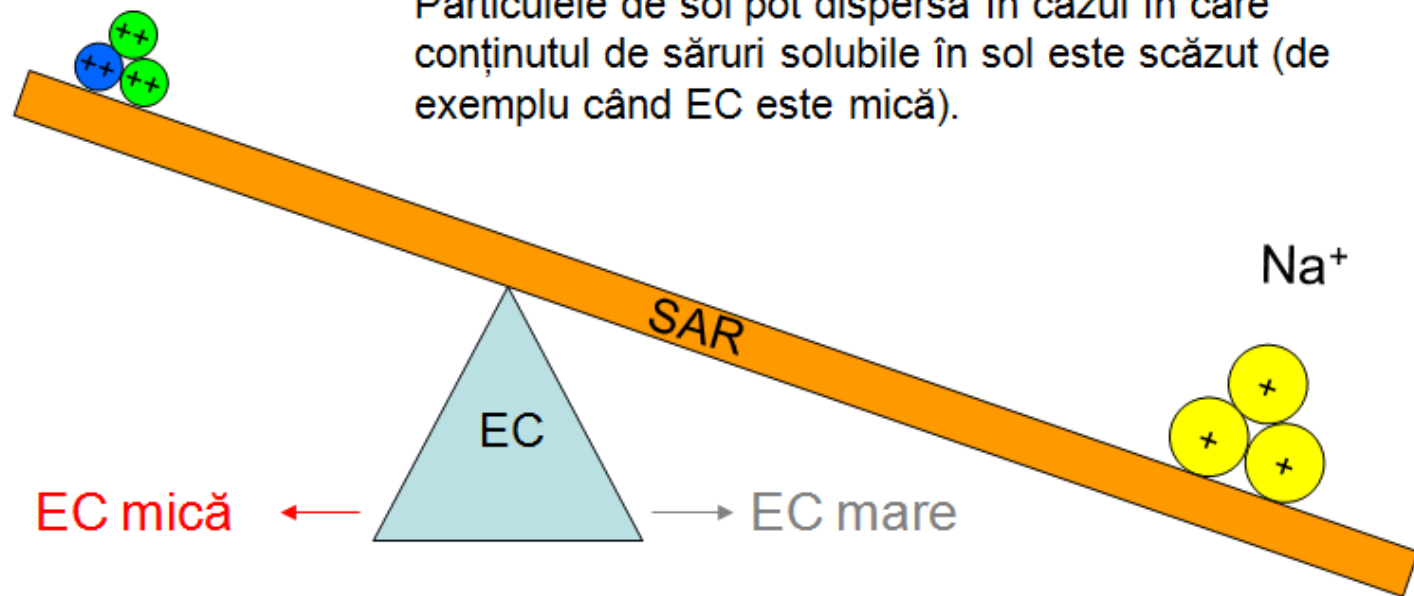
Sol dispersat

Particulele de sol vor fi agregate atunci când conținutul de săruri în sol este mare (EC mare), chiar dacă și conținutul în ioni de sodiu este mare.



Ca^{2+} and Mg^{2+}

Particulele de sol pot dispersa în cazul în care conținutul de săruri solubile în sol este scăzut (de exemplu când EC este mică).



Sol agregat

Sol dispersat

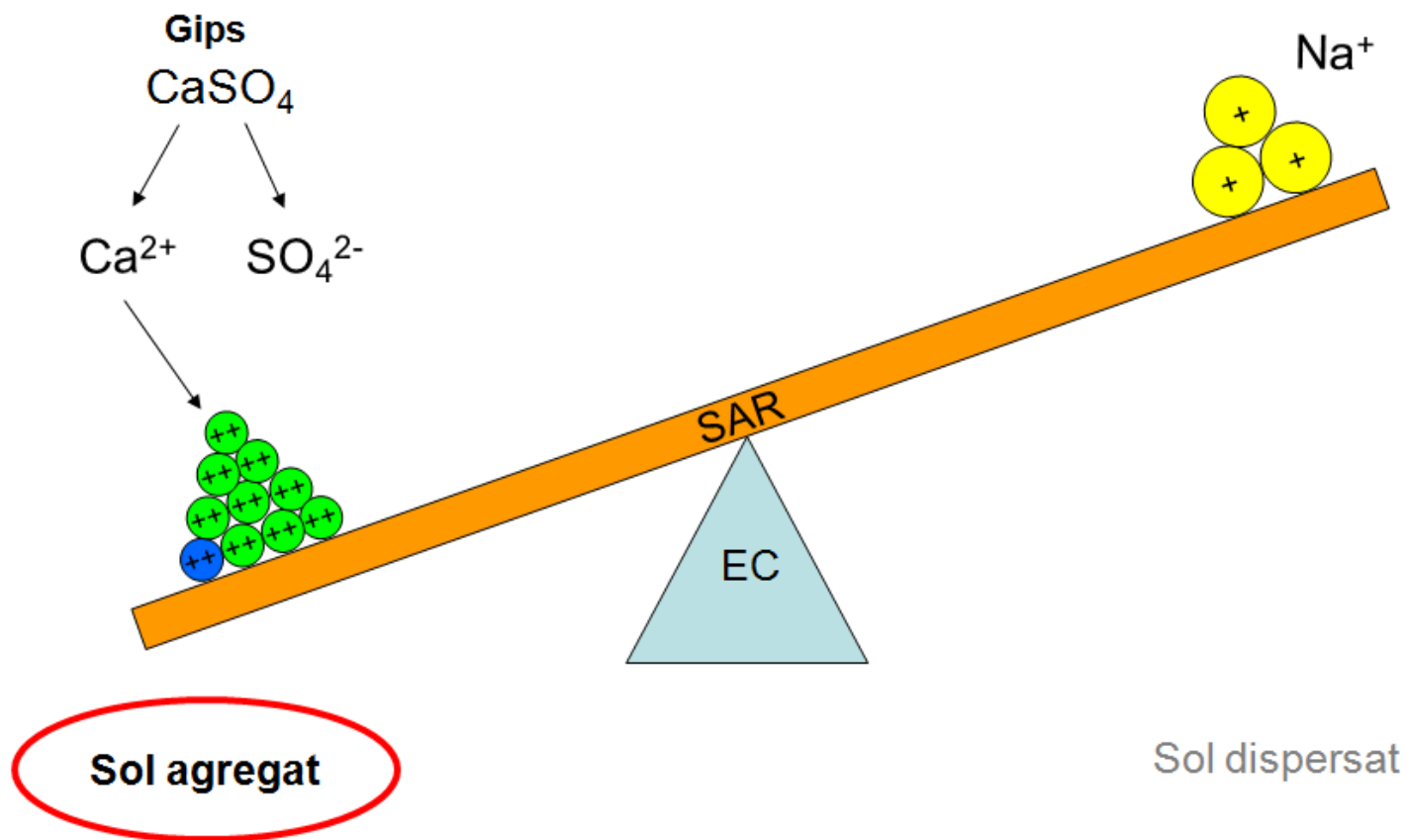
Solurile pot fi clasificate după conținutul de săruri solubile (EC) și rata de adsorbție a sodiului (SAR). Această clasificare dă indicații privind structura solului.

Clasificare	EC	SAR	Condiții de structură
Normal	< 4	< 13	Agregată
Salin	> 4	< 13	Agregată
Sodic	< 4	> 13	Dispersă
Salin-Sodic	> 4	> 13	Agregată

Solurile sodice au crăpături largi atunci când sunt uscate



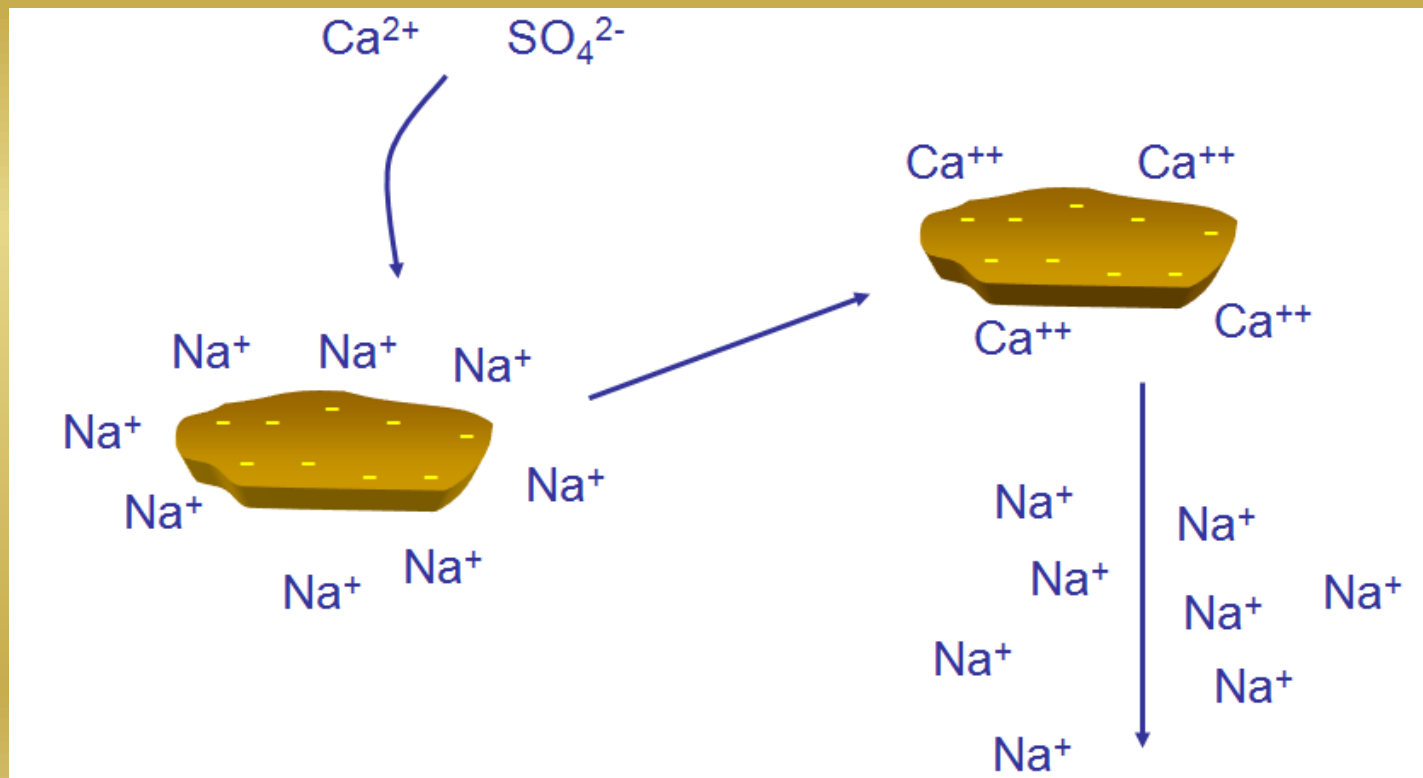
Creșterea conținutului de calciu solubil în sol determină o îmbunătățire a stabilității globale în solurile cu o structură slabă.



Aplicarea gipsului înainte de spălarea solurilor susceptibile de dispersa.

Cantitatea de gips necesar a fi aplicată se determină prin teste asupra solului.

Înlocuirea sodiului cu calciu va determina stabilizarea structurii.



Temperatura solului

Temperatura solului este rezultatul bilanțului energetic:

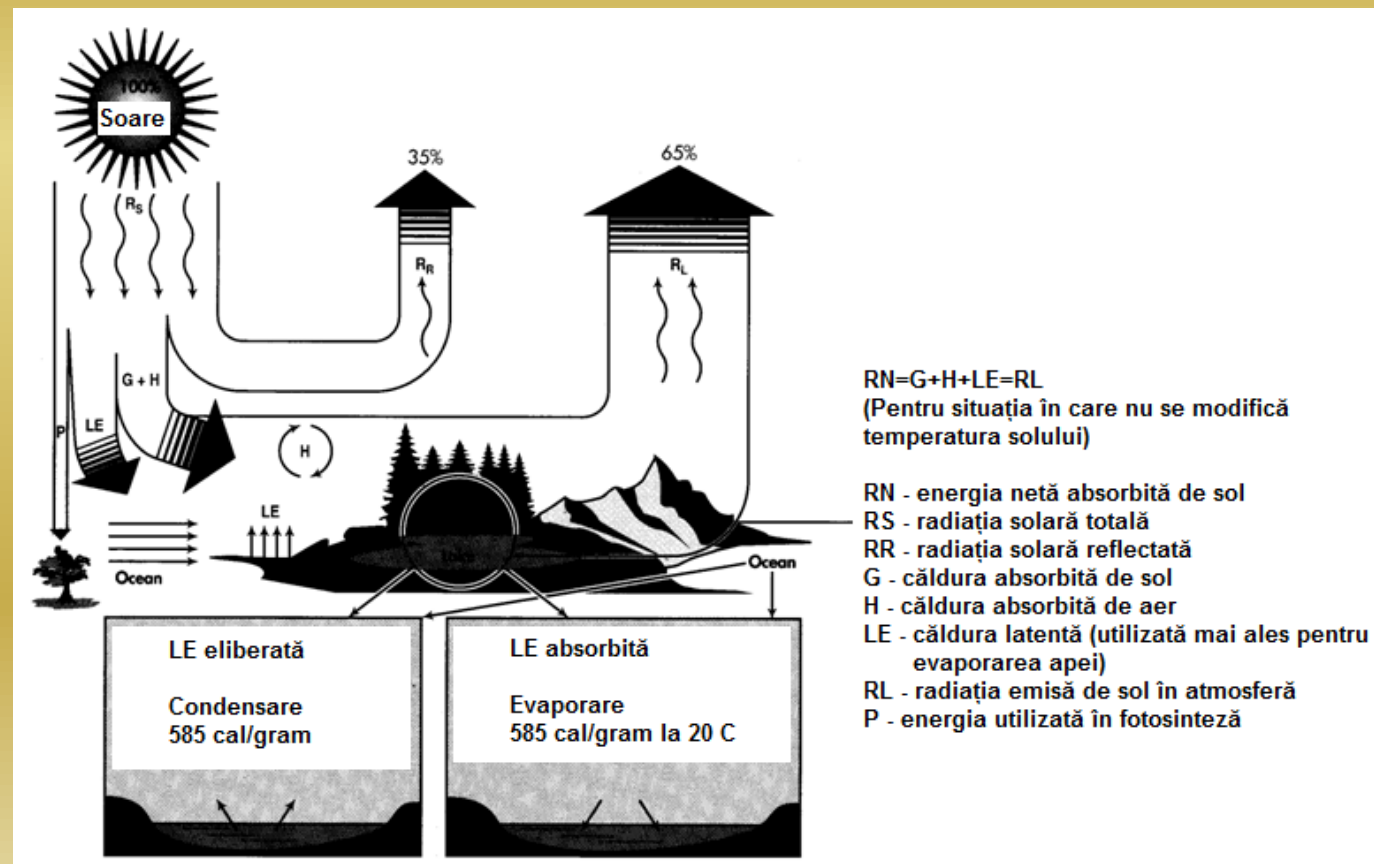
$$RN = RS - RR - RL$$

RN – energia netă absorbită de sol

RS – radiația solară ajunsă la suprafața solului

RR – radiația reflectată (*albedou*)

RL – radiația emisă de sol (infraroșu)





**Pentru mai multe informații studiați cartea:
Florian STĂTESCU și Vasile Lucian PAVEL, 2011, ȘTIINȚA SOLULUI,
Editura POLITEHNIUM Iași**