

UNIVERSITE DE TLEMCEN
FACULTE DE TECHNOLOGIE
COURS POUR MASTER « TRANSFERT DANS LES MILIEUX POREUX »
Version 1 : 2025

CHAP. 2

LA SUCCION DANS LES MILIEUX POREUX [1]

Dr BENACHENHOU K. A.





Pourquoi est-il essentiel d'étudier la succion en génie civil ?

- ✓ Durabilité des matériaux.
- ✓ Comportement mécanique.
- ✓ Pathologies du bâtiment.
- ✓ Optimisation des matériaux.

OBJECTIFS



- ☐ Définir la succion et expliquer ses mécanismes physiques.
- ☐ Étudier son rôle dans les matériaux poreux.
- ☐ Analyser les courbes de succion et leurs interprétations.
- ☐ Appliquer les notions à des cas concrets en génie civil.

DEFINITION DE LA SUCCION [1]

□ La succion est une pression négative générée par la présence d'eau dans un matériau poreux en interaction avec l'air. Elle résulte des forces capillaires et osmotiques et joue un rôle essentiel dans le transport des fluides.

DEFINITION DE LA SUCCION [2]

- ❑ La succion capillaire désigne la force qui attire et retient l'eau dans les pores d'un matériau sous l'effet des forces capillaires et de la tension superficielle.
- ❑ Elle est principalement influencée par la taille des pores : plus un pore est petit, plus la succion est élevée.
- ❑ Dans les matériaux de construction (béton, mortier, sols), la succion contrôle la répartition et le déplacement de l'eau, affectant ainsi leur comportement mécanique et leur durabilité.

IMPORTANCE EN GENIE-CIVIL [1]

❖ Influence sur la durabilité des bétons

- Lors du durcissement du béton, la succion régule l'évaporation de l'eau de gâchage. Une évaporation trop rapide peut provoquer des fissures de retrait plastique, réduisant la résistance mécanique du matériau.
- Dans les environnements secs, un béton non protégé absorbe rapidement l'eau de la pluie par capillarité, facilitant l'infiltration d'agents agressifs (chlorures, sulfates), accélérant la corrosion des armatures.

IMPORTANCE EN GENIE-CIVIL [2]

❖ Impact sur la stabilité des sols (Géotechnique)

- Dans un sol argileux, une forte succion indique un déficit en eau, ce qui provoque des phénomènes de retrait et de fissuration (ex. : fissures sur des routes et des bâtiments en période sèche).
- Après une période de pluie, l'argile réabsorbe l'eau, gonfle, créant des mouvements différentiels pouvant fragiliser les fondations des bâtiments.

•

IMPORTANCE EN GENIE-CIVIL [3]

❖ Influence sur les ouvrages enterrés et souterrains

- Dans les tunnels et parkings souterrains, la succion joue un rôle clé dans le drainage de l'eau dans les parois de soutènement. Une mauvaise gestion de cette succion peut provoquer des infiltrations et accélérer la dégradation des structures.

IMPORTANCE EN GENIE-CIVIL [4]

❖ Applications en construction et en réhabilitation des structures

- La succion est exploitée dans certains traitements des sols, comme l'injection de liants pour stabiliser les terrains sujets aux variations hydriques.
- En rénovation, des barrières étanches sont installées pour limiter les remontées capillaires dans les murs anciens.

MECANISME DE LA SUCCION

Forces capillaires et
phénomènes de
tension superficielle

Pression capillaire et
potentiel matriciel

Relation entre
porosité et succion

Forces capillaires et phénomènes de tension superficielle [1]

□ Les forces capillaires sont dues aux interactions entre l'eau, l'air et les parois solides d'un matériau poreux. Elles résultent de deux phénomènes physiques :

- L'adhésion : L'eau a tendance à adhérer aux surfaces solides des pores.
- La cohésion : Les molécules d'eau s'attirent entre elles par des liaisons hydrogène.

✚ Conséquence :

Dans un matériau poreux, ces forces capillaires créent une tension superficielle qui entraîne l'eau à monter dans les pores, un phénomène appelé remontée capillaire.

Forces capillaires et phénomènes de tension superficielle [2]

□ Équation de Jurin pour la hauteur capillaire :

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

où :

- h : hauteur de montée capillaire,
- γ : tension superficielle de l'eau,
- θ : angle de contact eau/matériau,
- ρ : masse volumique de l'eau,
- g : gravité,
- r : rayon des pores.

Pression capillaire et potentiel matriciel :

Pression capillaire [1]

- L'eau contenue dans un matériau poreux subit une pression négative due aux forces capillaires.
- Cette pression négative, appelée pression capillaire, aspire l'eau dans les pores du matériau.

Elle est inversement proportionnelle à la taille des pores :

$$P_c = \frac{2\gamma \cos \theta}{r}$$

où P_c est la pression capillaire et r le rayon des pores.

Pression capillaire et potentiel matriciel :

Potentiel matriciel [2]

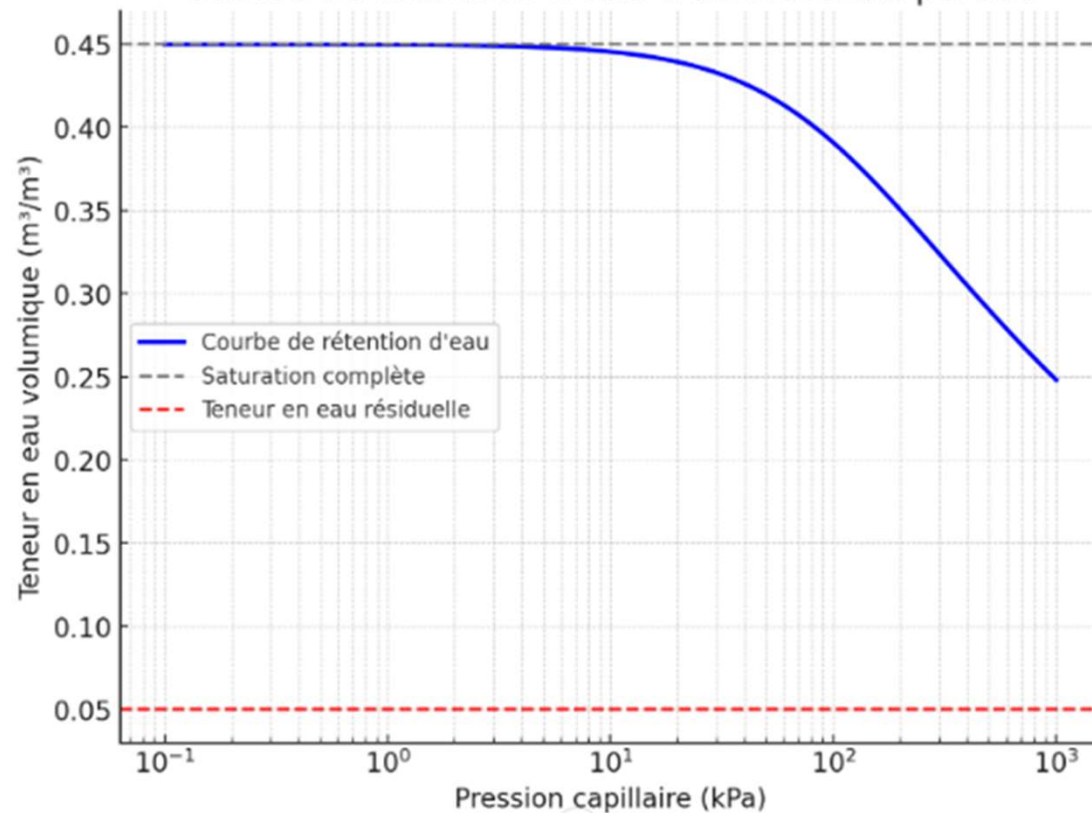
- **Le potentiel matriciel (Ψ_m) représente l'énergie nécessaire pour extraire l'eau du matériau.**
- **Il est négatif car il correspond à une force de rétention exercée sur l'eau par le matériau.**
- **Plus la succion est élevée, plus le potentiel matriciel est négatif.**

RELATION ENTRE POROSITE ET SUCCION

- ❑ **Les matériaux à microporosité élevée (ex. : argile, béton de terre) retiennent davantage d'eau et exercent une succion plus forte.**
- ❑ **Les matériaux à macroporosité élevée (ex. : sable, béton drainant) retiennent moins d'eau et présentent une succion plus faible.**

Courbe de Rétention d'Eau (Courbe de succion)

Courbe de rétention d'eau d'un matériau poreux



- Elle suit une forme sigmoïde (loi de van Genuchten) :

$$\theta = \frac{\theta_r + (\theta_s - \theta_r)}{(1 + (\alpha P_c)^n)^m}$$

où :

- θ : teneur en eau volumique
- θ_s et θ_r : teneurs en eau à saturation et résiduelle
- α , n , m : paramètres empiriques du matériau

- ◆ Zone saturée : Faible succion, tous les pores sont remplis d'eau.
- ◆ Transition rapide : Réduction rapide de l'eau retenue quand la succion augmente.
- ◆ Zone résiduelle : Au-delà d'un certain seuil, seule une petite quantité d'eau reste piégée dans les pores fins.

Courbe de Rétention d'Eau : Importance

✓ Évaluer la stabilité des sols :

- Dans les barrages en terre, une forte succion maintient la cohésion du sol.
- En cas de forte pluie, la succion diminue et le sol peut devenir instable.

✓ Prédire le retrait-gonflement des sols argileux :

- Un sol sec (forte succion) gonfle avec l'humidité, ce qui peut endommager les fondations.
- Exemples : fissures sur les routes et bâtiments après sécheresse.

✓ Contrôler le séchage des bétons :

- Un séchage trop rapide entraîne des fissurations dues à la perte d'eau capillaire.
- Il faut donc maîtriser l'évaporation pour assurer une bonne prise.

✓ Optimiser la conservation des matériaux poreux :

- Les matériaux comme la brique ou la pierre poreuse stockent l'humidité, influençant leur résistance et leur durabilité.

CONCLUSION

 Pourquoi la succion est-elle si importante en génie civil ?

-  Elle détermine la stabilité des sols et des pentes.
-  Elle affecte le comportement des sols argileux gonflants.
-  Elle influence le retrait et la fissuration du béton.
-  Elle impacte la durabilité des matériaux poreux.

 Négliger la succion dans un projet de construction peut conduire à des désordres majeurs (effondrements, fissures, dégradations prématurées).

MERCI DE VOTRE AIMBALE ATTENTION

