

Connaissances de base

Écoulement d'infiltration

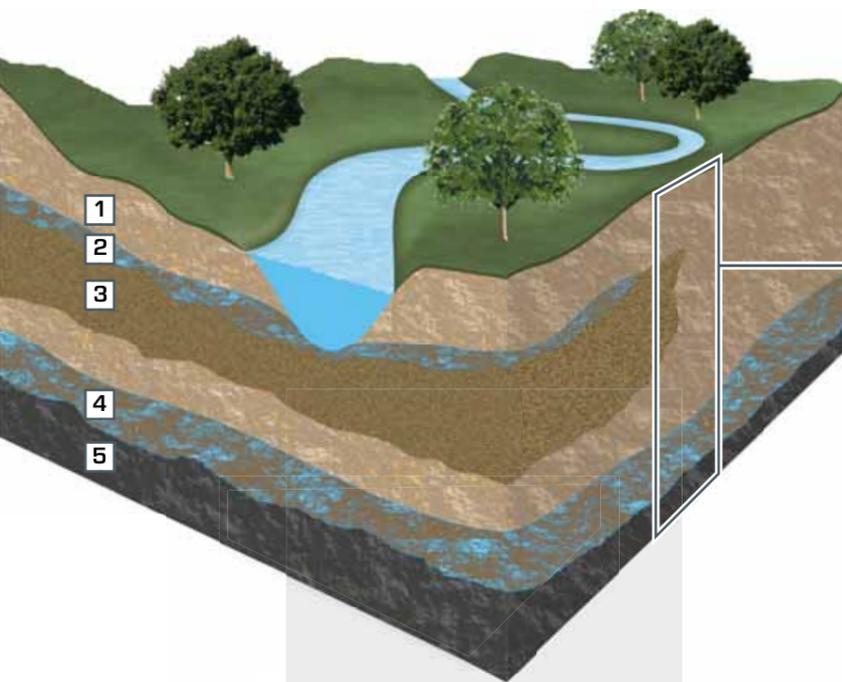
On appelle écoulement d'infiltration en hydrologie l'écoulement d'un fluide (eau) dans des couches de sol telles que le sable. Le fluide remplit plus ou moins les pores de la couche de sol non saturée en eau et se déplace vers le bas en direction de couches de sol plus profondes sous l'effet de la force de gravité. Pour que les eaux d'infiltration ne soient pas retenues, il faut que le sol soit perméable.

La perméabilité du sol est définie par le coefficient de perméabilité k_f en m/s et dépend de la taille de grain et de l'espace poreux exploitable. Dans les sols moins perméables, il est possible que les eaux d'infiltration soient temporairement retenues. Lorsque les eaux d'infiltration arrivent sur une couche de sol imperméable comme par exemple une roche imperméable, l'infiltration

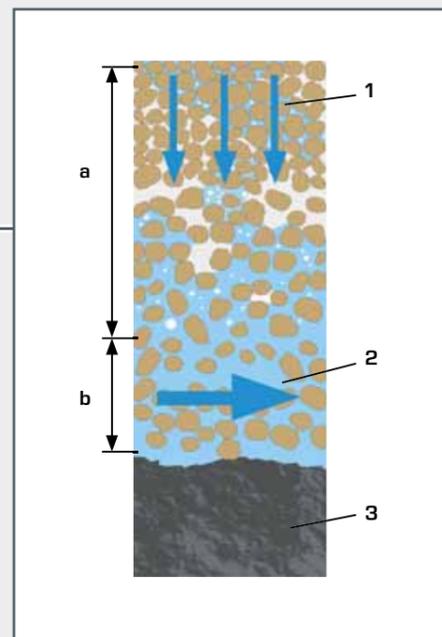
est stoppée et les eaux d'infiltration sont retenues de manière durable. Ces accumulations d'eaux en sous-sol sont appelées eaux souterraines.

On parle d'eaux souterraines lorsque les eaux sont présentes toute l'année; et d'eaux de retenue lorsque les eaux sont présentes seulement une partie de l'année, par exemple suite à la fonte des neiges ou à de fortes précipitations sur des couches de sol tassées.

Les eaux souterraines sont un bien naturel exploité comme eau potable et eaux médicinales. Elles constituent en plus un tampon important dans le circuit général de l'eau.



- 1 couche de sol perméable,
- 2 eaux de retenue,
- 3 couche de sol moins perméable,
- 4 couche de sol saturée en eau (eaux souterraines),
- 5 couche de sol imperméable (roche)



Différents types d'eaux du sol

- a couche de sol non saturée en eau, contenant de l'air,
- b couche de sol saturée en eau, tous les pores sont remplis d'eau,
- 1 eaux d'infiltration,
- 2 eaux souterraines,
- 3 couche de sol imperméable (roche)



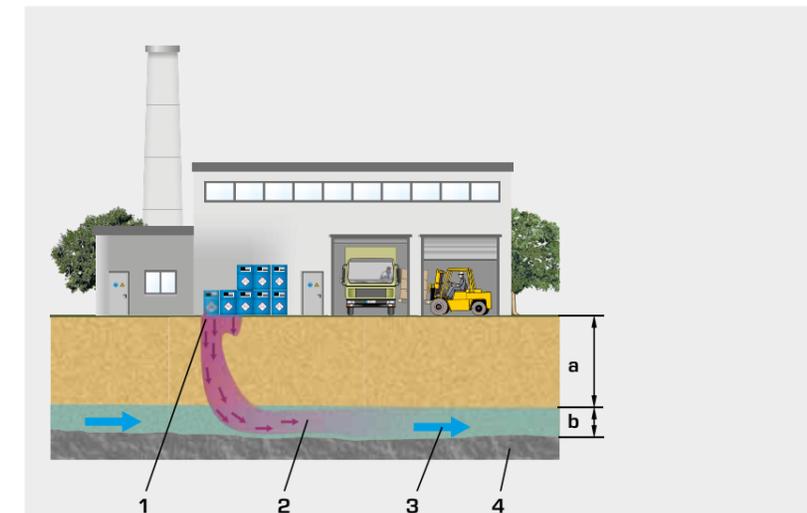
Effets et exploitation des écoulements d'infiltration

Les effets des écoulements d'infiltration sur l'écoulement traversant les digues et l'écoulement autour des ouvrages dans l'eau joue un rôle important dans le bâtiment. Ainsi par exemple, la pression hydrostatique qui se forme dans les eaux de retenue est susceptible d'exercer de fortes contraintes sur les ouvrages, comme c'est le cas de la poussée qui s'exerce sur les ouvrages en profondeur (parking souterrain).

L'écoulement incident dans des puits ou des dispositifs de drainage est également défini par les lois physiques sur les écoulements d'infiltration.

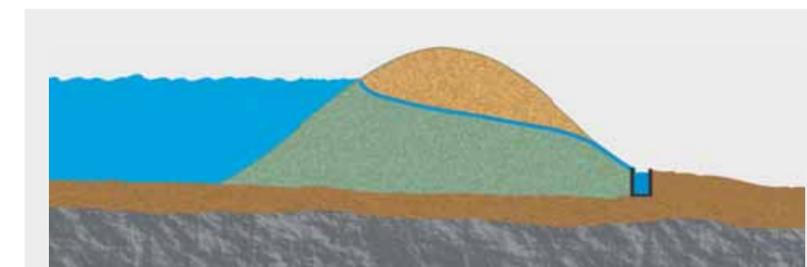
Afin de protéger les eaux souterraines, il ne faut pas négliger les écoulements d'infiltration afin d'éviter qu'elles ne soient contaminées par des constructions, des engrais, des produits chimiques ou des huiles minérales.

En ingénierie, des processus d'écoulement tels que ceux que l'on rencontre sur les écoulements d'infiltration sont utilisés dans les techniques de filtration. On fait ici passer un écoulement au travers d'un espace poreux à des fins de nettoyage ou de séparation de milieu.

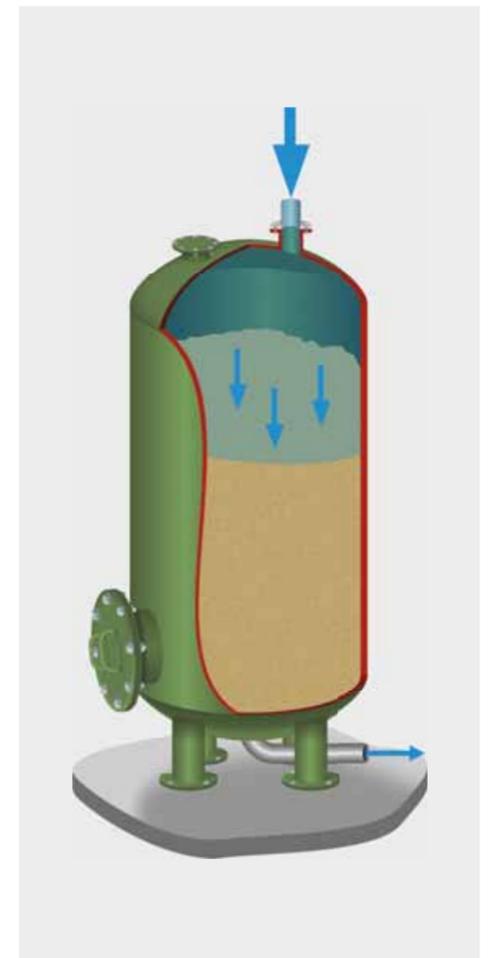


Observation de l'écoulement d'infiltration en relation avec la protection des eaux souterraines

a couche de sol non saturée en eau, b couche de sol saturée en eau, 1 pollution et infiltration, 2 panaches de pollution, 3 écoulement souterrain



Niveau phréatique lors de la traversée de digues



Écoulement d'infiltration en techniques de filtration

Processus d'écoulement dans les sols

Les processus d'écoulement ont lieu dans les couches de sol saturées d'eau, dans les eaux souterraines et les eaux de retenue ainsi qu'au-dessus des eaux souterraines, dans les eaux d'infiltration.

Ces mouvements de l'eau dans le sol sont dus à des différences de potentiel. L'eau se déplace toujours depuis des endroits ayant un potentiel élevé, et donc une énergie potentielle élevée, vers des endroits ayant un potentiel plus faible. Le mouvement de l'eau se poursuit jusqu'à ce qu'un équilibre entre les potentiels se soit établi.

Précipitations, prélèvement des eaux souterraines et évapotranspiration (l'évaporation de la surface libre et la libération de la vapeur d'eau des plantes) interrompent sans cesse l'équilibre de potentiel. L'eau du sol se trouve rarement dans un état d'équilibre statique. Le mouvement de l'eau dépend aussi de la perméabilité du sol traversé.

La perméabilité est définie par le coefficient de perméabilité k_f en m/s et dépend de la taille de grain et de l'espace poreux exploitable.

Coefficient de perméabilité k_f en m/s Plages de perméabilité selon la DIN 18130

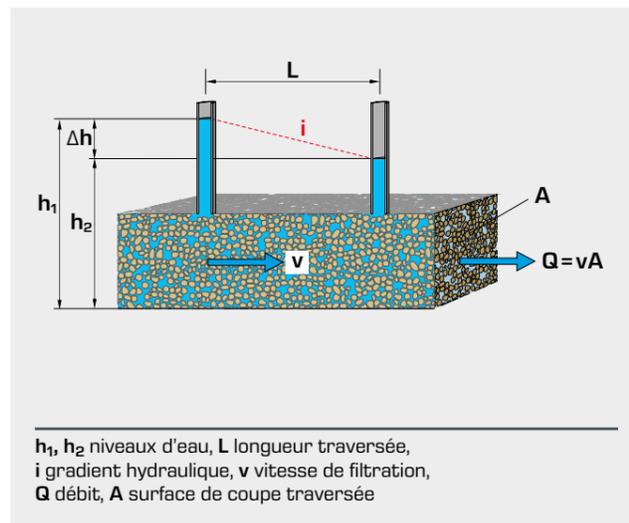
k_f en m/s	Couche de sol
$< 10^{-8}$	très peu perméable
10^{-8} à 10^{-6}	peu perméable
$> 10^{-6}$ à 10^{-4}	perméable
$> 10^{-4}$ à 10^{-2}	fortement perméable
$> 10^{-2}$	très fortement perméable

Détermination par le calcul des processus d'écoulement

La détermination précise des processus d'écoulement est difficile du fait de l'hétérogénéité du sol traversé. On suppose donc pour le calcul des processus d'écoulement que les conditions sont idéales. Pour la plupart des problèmes rencontrés, l'application de la loi de Darcy permet d'obtenir une précision suffisante.

Selon Darcy, la vitesse de filtration v est proportionnelle à la charge Δh perdue sur la longueur L . La grandeur sans dimensions $\Delta h/L$ est appelée gradient hydraulique i . La loi de Darcy sur la filtration est la suivante:

$$v = k_f \frac{\Delta h}{L} = k_f i$$



L'application de la loi de Darcy suppose que le sous-sol est homogène sur toute la zone d'écoulement, dans laquelle on observe un écoulement généralement laminaire avec des nombres de Reynolds compris entre 1...10.

$$Re = \frac{d v}{\nu_{fl}} < 10$$

Re nombre de Reynolds, d diamètre moyen de grain, v vitesse
 ν_{fl} viscosité cinématique du fluide

Vitesse d'infiltration en fonction de la capacité du sol dans des sols non saturés en eau

v	Couche de sol	Taille de grain
5m/an	gravier	2...63mm
2...4m/an	sable	0,063...2mm
1m/an	limon	0,002...0,063mm
quelques cm/an	glaise	< 0,002mm

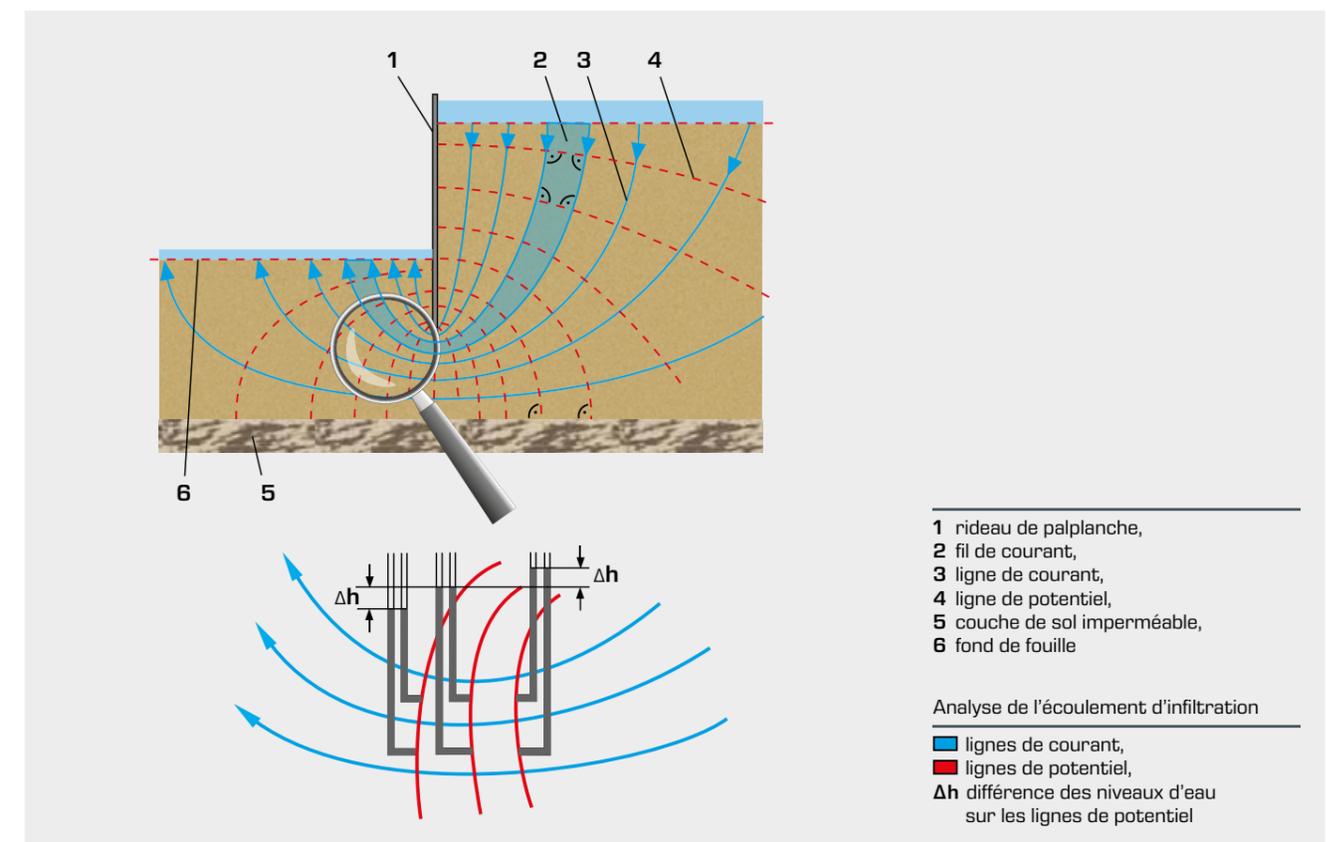
Détermination graphique des processus d'écoulement

L'analyse de l'écoulement d'infiltration au travers d'une digue, d'une fouille ou en dessous d'un déversoir ainsi que la détermination de l'écoulement souterrain dans les puits et sources peuvent être réalisées de manière graphique à l'aide d'un réseau d'écoulement appelé aussi réseau de potentiel. Ici aussi, on se base sur l'application de la loi de Darcy pour déterminer le réseau d'écoulement. Lors de l'évaluation, on détermine le débit d'infiltration, la distribution de la pression sur l'ouvrage considéré ou d'autres considérations relatives à la stabilité statique.

Structure d'un réseau d'écoulement

Dans un réseau d'écoulement, l'évolution des lignes de courant est reportée en deux dimensions. Les lignes de potentiel relient les points équipotentiels, c'est-à-dire dans le cas présent les points ayant des niveaux d'eau identiques. Les lignes de courant évoluent à angle droit par rapport aux lignes de potentiel, étant donné que l'eau s'écoule par le plus court chemin du potentiel le plus élevé vers le potentiel le plus bas.

Écoulement souterrain autour d'un rideau de palplanche



Les écoulements d'infiltration ne sont pas directement observables, étant donné qu'ils ont lieu dans un milieu poreux non accessible. Tous ces processus peuvent être rendus "visibles" uniquement par le biais de modèles de laboratoire ou de dispositifs de mesure.

Les appareils d'essai de GUNT de ce chapitre traitent aussi bien des processus d'infiltration que des évolutions du niveau des eaux souterraines. Les effets des puits ou des fouilles ainsi que les effets des ouvrages tels que les murs de soutènement ou les rideaux de palplanche sont étudiés et visualisés dans le cadre de problèmes pratiques.