

Calcul de l'influence des bâtiments sur les eaux souterraines

Supplément à la brochure "Construire dans la zone des eaux souterraines »

L'annexe 4, n° 2 de l'ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux stipule :

«Dans le secteur A_u de protection des eaux, on ne mettra pas en place des installations qui sont situées au-dessous du niveau moyen de la nappe souterraine. L'autorité peut accorder des dérogations lorsque la capacité d'écoulement des eaux du sous-sol est réduite de 10 % au plus par rapport à l'état non influencé par les installations en question.»

Comme condition générale, on suppose que la disposition se réfère à la section d'écoulement sous l'ouvrage. En principe, on peut distinguer deux cas d'impacts sur les eaux souterraines :

Le **cas 1** traite de l'effet des structures horizontales (par exemple, les garages souterrains) dans les eaux souterraines et des mesures visant à maintenir la capacité d'écoulement. On suppose que le sous-sol sous la structure est connu au moins jusqu'à la profondeur de la base de l'aquifère . L'approche est basée sur la transmissivité (épaisseur multipliée par la perméabilité de l'aquifère).

Valeurs caractéristiques du substrat :

Coefficient de perméabilité	k	en m/s
Epaisseur de l'aquifère au niveau moyen de la nappe	H	En m
Porosité	n	dans le cas 1 constant dans le cas 2 négligé
Gradient hydraulique	i	Valeur numérique
Transmissivité ($H \cdot k$)	T	En m^2/s
T avant la construction du bâtiment	$T_1 = k_1 \cdot H_1$	$H_2 = H_1 -$ Profondeur de la structure dans les eaux souterraines
T après la construction du bâtiment	$T_2 = k_1 \cdot H_2$	

Cas 1a

$$T_2 \geq 0.9 \times T_1:$$

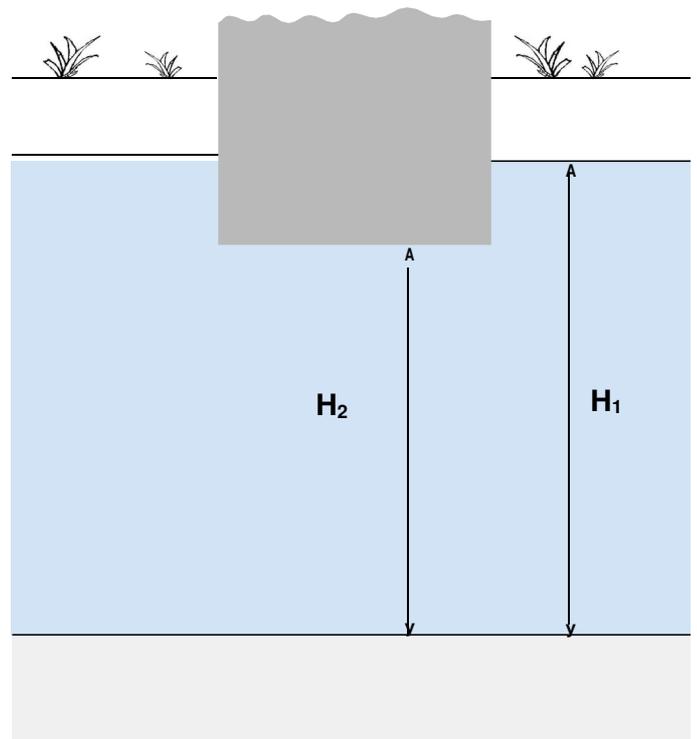
La disposition de la OEaux est respectée,
aucune mesure n'est nécessaire

$$(H_2 \geq 0.9 \times H_1).$$

Niveau de la nappe

Aquifère k_1

Base de l'aquifère

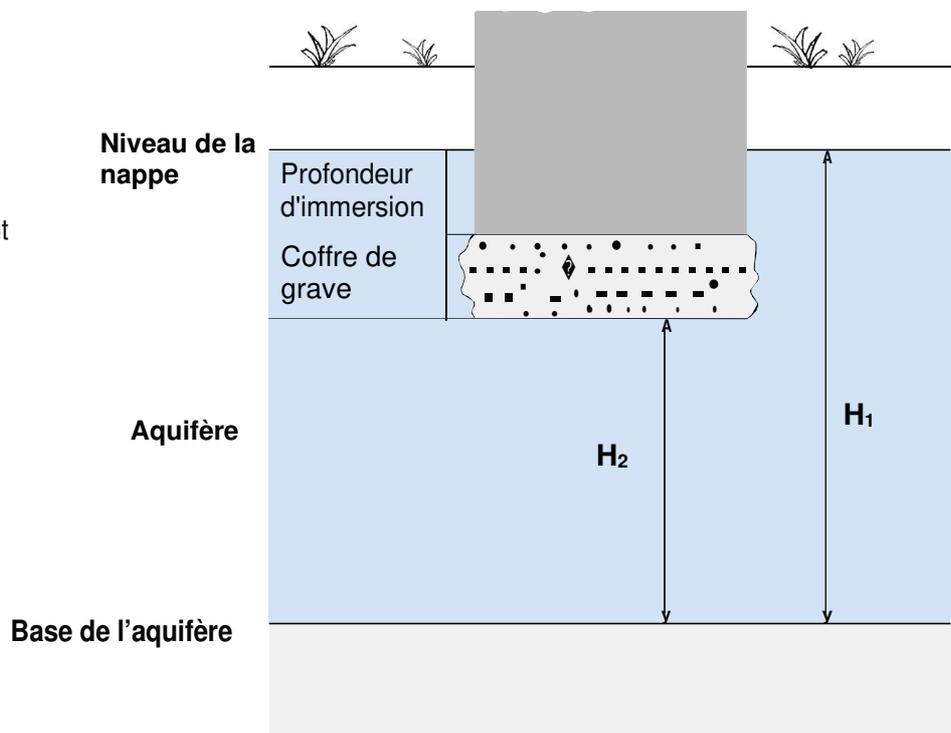


Cas 1b

$$T_2 < 0.9 \times T_1 :$$

la disposition de la OEaux n'est pas respectée, le projet de construction ne peut être achevé.

Dans des cas exceptionnels, le projet peut être approuvé ; des mesures sont nécessaires



Condition : $0.9 \times H_1 \times k_1 = H_2 \times k_1 + \text{Épaisseur du coffre de grave} \times k_{\text{coffre de grave}}$;

Sont connus : H_1 ; k_1 ; H_1 - (profondeur d'immersion de la structure + coffre de grave)

Maintenant, l'épaisseur et la valeur k du coffre de grave doivent être ajustées de manière à ce que la condition ci-dessus soit remplie.

Exemple de calcul :	H_1 (épaisseur naturelle de la nappe):	10 m
	k_1 (perméabilité naturelle):	0.001 m/s
	Transmissivité :	0.01 m ² /s
	Profondeur d'immersion de la structure :	2m
	Transmissivité résiduelle requise : effective	0.009 m ² /s
	Transmissivité résiduelle :	0.008 m ² /s

Il faut maintenant faire varier la perméabilité et l'épaisseur du coffre de grave de manière à ce que:

$$(H_1 - [\text{Prof. d'immersion} + \text{Ep. du coffre}]) \times k_1 + \text{Ep. du coffre} \times k_{\text{coffre}} = 0.9 \times H_1 \times k_1 = 0.9 \times T_1$$

Par exemple : lors de la mise en place d'un coffre de grave avec $H = 0.5$ m; $k = 0.003$ m/s s'ensuit:

$$7.5 \text{ m} \times 0.001 \text{ m/s} + 0.5 \text{ m} \times 0.003 \text{ m/s} = 0.009 \text{ m}^2/\text{s}$$

Les conditions limites sont les suivantes :

- Le coffre de grave doit avoir une valeur k par rapport à l'aquifère environnant qui ne provoque pas l'écoulement des fines de l'aquifère vers le coffre de grave ;
- Le coffre de grave doit être relié à des couches perméables si l'aquifère est inhomogène.

Le **cas 2** traite de l'effet des pieux dans les eaux souterraines et des mesures visant à maintenir la capacité d'écoulement. On suppose que le sous-sol sous la structure est connu au moins jusqu'à la profondeur de la base de l'aquifère. Dans les calculs, on suppose que la longueur du pieu correspond à l'épaisseur de l'aquifère.

L'approche n'est pas basée sur la transmissivité, mais sur la zone de débit (transversale à la direction du débit) :

$$\text{Débit } Q = k \times F \times i$$

k: Coefficient de perméabilité en m/s;

F: La surface traversée (épaisseur de l'aquifère multipliée par la largeur considérée)

i: Gradient hydraulique

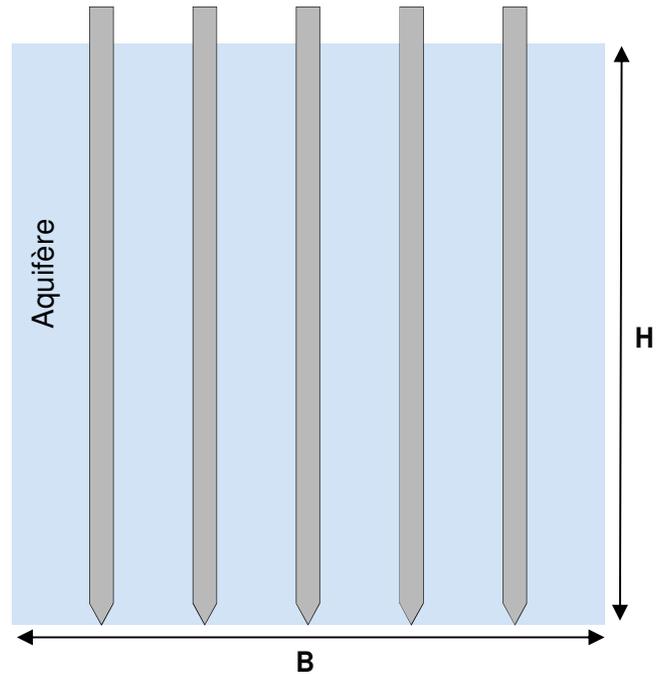
Cas 2a

Selon l'approche la plus simple, la perte de débit à travers un pieu peut être considérée :

Exemple de calcul:

Largeur d'écoulement	B = 10 m
Épaisseur de l'aquifère	H = 10 m
coefficient de perméabilité	k = 0.001 m/s
Gradient hydraulique	i = 0.005

Débit = 0.0005 m³/s = 30 L/min



Hypothèse : 5 pieux ; r=20 cm : la réduction des écoulements est de 20%; la OEaux n'est donc pas rempli dans l'exemple.

L'approche par la perte de surface est facile à appliquer, mais un peu stricte pour les pieux forés. Si la perte de capacité de débit, déterminée de cette manière simple, n'est pas supérieure à dix pour cent, la OEaux est respectée avec un degré de certitude élevé. Pour les pieux battus, il faut tenir compte du compactage entre les pieux.

Cas 2b

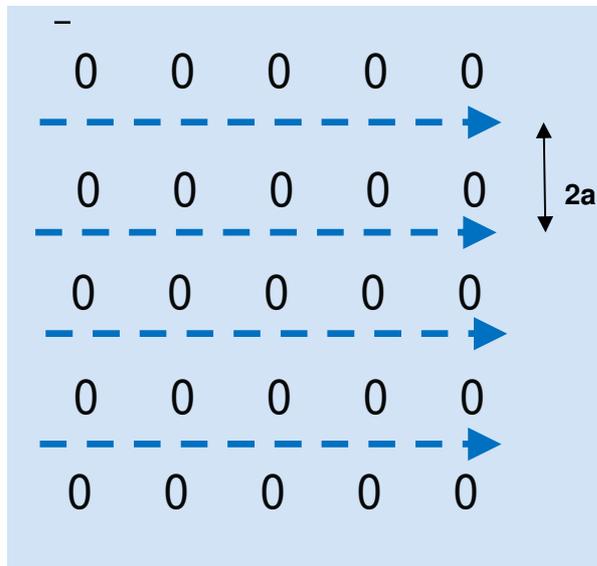
Un calcul plus précis a été proposé par le Dr. Fritz Stauffer, ETH Zurich:

- r Rayon du pieu
Q Débit (m³/sec)
k k selon Darcy, coefficient de perméabilité (m/sec)
Δh Différence de niveau des eaux souterraines sur la longueur 2a (m)
H Hauteur de pieu immergée (m)
α Facteur (-)

Approximation pour α :

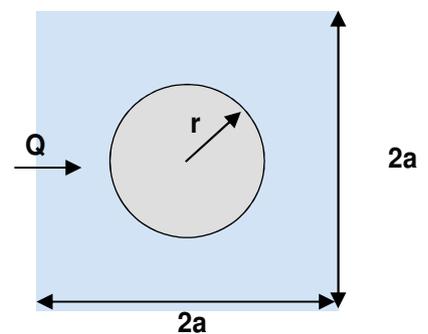
$$\alpha = \frac{1 - r/a}{1 - r/2a}$$

Débit à travers la largeur 2a: $Q = \Delta h \cdot H \cdot \alpha \cdot k$



En supposant que k, i (=Δh/2a) et H ne changent pas, alors selon la OEaux α >= 0.9. On aurait dans l'exemple ci-dessus :

$$\alpha = \frac{1 - 0.2/1}{1 - \frac{0.2}{2}} ; Q_2 \text{ serait de } 0.89 \times Q_1, \text{ la condition OEaux est remplie de justesse.}$$



Conclusion

Dans le cas des pieux, le rayon et l'espacement des pieux doivent être optimisés autant que possible pour maintenir la capacité d'écoulement, de sorte que la valeur α selon la formule du Dr F. Stauffer, ETH Zurich, ne soit pas inférieure à 0.9.

La méthode selon le Dr. F. Stauffer néglige le compactage du sol entre les pieux pour les pieux battus. Dans le cas des pieux battus, un simple calcul utilisant la perte de surface (cas 2a) est approprié pour une estimation mathématique.

Mesures techniques possibles si la capacité d'écoulement requise n'est pas maintenue : construction de pieux de gravier entre les pieux scellés et/ou de canaux de gravier.

En cas de question et renseignement :

- Amt für Umweltschutz Kt.Uri afu@ur.ch
Tel. 041 875 24 30
- Amt für Umweltschutz Kt. Schwyz afu.di@sz.ch
Tel. 041 819 20 35
- Amt für Umweltschutz Kt. Nidwalden afu@nw.ch
Tel. 041 618 75 04
- Amt für Umwelt und Energie Kt. Obwalden umwelt.energie@ow.ch
Tel. 041 666 63 27
- Amt für Umweltschutz Kt. Luzern afu@lu.ch
Tel. 041 228 60 60
- Amt für Umweltschutz Kt.Zug info.afu@bd.zg.ch
Tel. 041 728 53 70

Février 2001