

ANNEXE C-3.3 : Méthodes de détermination de la conductivité hydraulique K.

Outils présentés :

1. Niveau 1 (ESR-N) : Valeurs par défaut

Conductivité hydraulique moyenne par considération de la formation géologique de référence

2. Niveau 2 (EDR-N) :

Essai de pompage ou essai de perméabilité in situ (réalisation et interprétations)

3. Détermination de la conductivité hydraulique verticale




1 CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE MOYENNE PAR CONSIDÉRATION DE LA FORMATION GÉOLOGIQUE DE RÉFÉRENCE (PALIER 1)

Dans le cadre de la détermination du paramètre « Conductivité hydraulique », exprimée en m/s, à un niveau de niveau 1 de l'ER pour les eaux souterraines (ESR-N), il est proposé de recourir à des valeurs par défaut généralistes, dans le cas où aucune donnée ne serait déjà disponible.

Données de conductivité hydraulique connues et validées

Le recours à des données de conductivité hydraulique issues d'anciennes études réalisées à proximité du site d'intérêt s'avère une solution simple et efficace.



L'expert peut également avoir recours à des valeurs par défaut de conductivité hydraulique issues d'un modèle calibré relatif à une ancienne étude. En effet, ce paramètre constitue un élément de calibrage du modèle et se veut être représentatif du contexte hydrogéologique.

L'expert doit néanmoins conserver un œil critique sur ces données relatives à un autre site même si celui-ci est voisin ou très proche.

Un examen des cartes géologiques locales et des logs lithostratigraphiques renseignera l'expert sur d'éventuels changements latéraux de faciès.

La conductivité hydraulique des roches meubles est fortement influencée par la granulométrie et l'hétérogénéité des particules.

Dans les roches cohérentes, quasi imperméables quelque soit leur nature, c'est le degré de fissuration et d'altération qui détermine la conductivité. Dans les calcaires, les processus de corrosion peuvent également favoriser l'écoulement jusqu'à générer la formation de karsts.

Le tableau ci-dessous, extrait des concepts hydrogéologiques relatifs à la construction de la « Carte hydrogéologique de Wallonie » permet, selon une première approche, de considérer une gamme de conductivité hydraulique, fonction de la lithologie propre à l'aquifère.

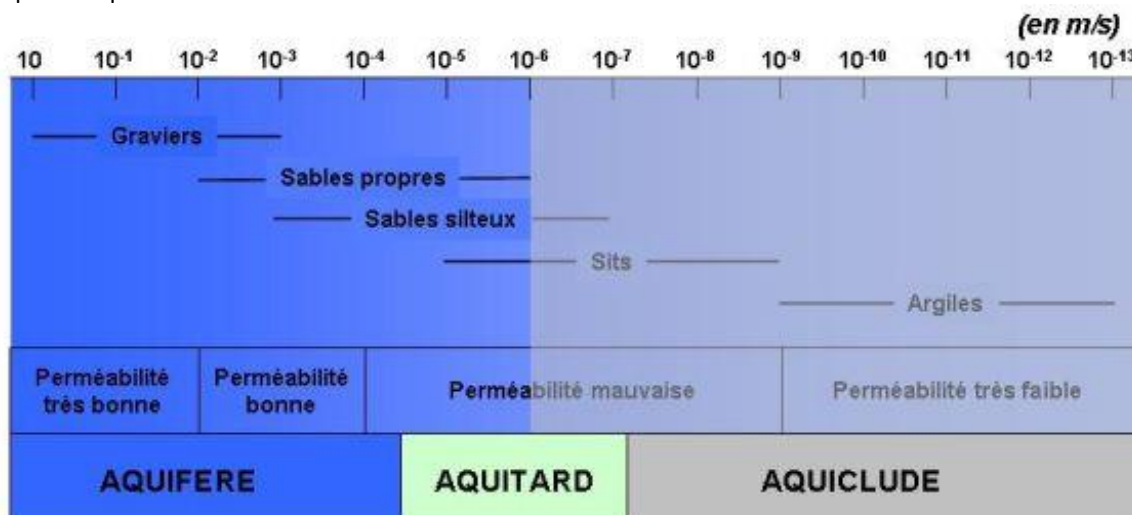


Figure 1-1 : Valeurs de conductivité hydraulique (en m/s) pour diverses formations meubles

Dans cette optique, des valeurs de conductivité hydraulique sont proposées, calculées par moyenne géométrique des valeurs locales qui ont été déterminées au droit de 23 sites hydrogéologiques jugés représentatifs du territoire wallon.

Type aquifère	K moyenne (sur site) (m/s)
Nappe alluviale (graviers)	1E-03
Nappe du Crétacé-Hesbaye (craies)	1E-04
Nappe du Bruxellien (sables)	5E-05
Nappe calcaire (calcaires)	1E-04
Nappe du Sinémurien (sables et grès)	1E-04
Type aquitard	K moyenne (sur site) (m/s)
Shisto-gréseux	1E-05
Limons	5E-06
Type aquiclude	K moyenne (sur site) (m/s)
Schistes	1E-07
Argiles	1E-07

Tableau 1-1 : Valeurs de conductivité hydraulique par défaut pour diverses formations géologiques de référence

Validité des valeurs par défaut de conductivité hydraulique

La structure et la lithologie des formations sont souvent caractérisées par une forte hétérogénéité verticale comme latérale.

L'expert doit conserver un œil critique sur ces valeurs par défaut généralistes.



Un examen des cartes géologiques locales et des Logs de forage disponibles renseignera l'expert sur d'éventuels changements latéraux de faciès. Un ajustement des valeurs par défaut recommandées sera envisageable, moyennant justifications sur base des données recueillies.

Dans le cas où la formation aquifère propre au site étudié ne serait reprise dans le tableau 1-1, il est recommandé à l'expert de considérer les gammes de conductivités hydrauliques reprises en figure 1-1 (ex : nappes superficielles présentes dans des alluvions récentes ou des matériaux de remblais).

Il est toutefois recommandé, dans la mesure du possible¹, de se fonder, sur la mesure effective de la conductivité hydraulique plutôt que sur des valeurs tabulées et donc de mesurer systématiquement la conductivité hydraulique à l'aide de pompes d'essai (cf. niveau2), et ce dès le niveau 1 de l'ER pour les eaux souterraines (ESR-N).

2 ESSAI DE POMPAGE OU ESSAI DE PERMÉABILITÉ IN SITU (NIVEAU 2)

Le principal but d'un essai de pompage réside dans la détermination des caractéristiques physiques du puits pompé, tel son rendement, ou bien les caractéristiques physiques de l'aquifère concerné par ce dernier, telle la conductivité hydraulique du réservoir, exprimée en m/s.

Afin de déterminer les caractéristiques d'un aquifère, un essai de pompage de longue durée est requis. Il peut s'étendre sur plusieurs jours et idéalement à un débit de pompage constant. Il existe de nombreuses solutions mathématiques à l'interprétation d'un essai de pompage de longue durée, dont le choix est fait selon le contexte hydrogéologique et le déroulement de l'essai de pompage.

Le choix de recourir à d'autres types de test, tels que des essais de perméabilité *in situ* (slug tests, essais Lefranc), nécessitant une logistique moindre, est envisageable selon le contexte de l'étude.



Choix d'une méthode *in situ* pour la détermination de la conductivité hydraulique K

Dans le cadre de la détermination de la conductivité hydraulique de l'aquifère, il est recommandé de pratiquer un essai de pompage de longue durée, d'une durée minimale correspondant à la stabilisation du niveau piézométrique par pompage à un débit constant significatif (c'est-à-dire qui engendre un rabattement significatif, permettant la réalisation d'interprétations propres aux règles de l'art).

*L'expert a toutefois la latitude de recourir à un test de type « essais de perméabilité *in situ* » si le contexte hydrogéologique en permet la réalisation.*

Ces tests requièrent une mise en place spécifique et des modalités d'interprétations variables selon le contexte hydrogéologique propre à l'aquifère testé.

Quelques ouvrages de références dans la littérature francophone ont été sélectionnés afin de guider l'expert dans ses démarches et ses choix. Ces ouvrages présentent la méthodologie nécessaire à la réalisation et à l'interprétation de ces types de test.

¹ Source d'électricité disponible, sécurisation de l'équipement, gestion des eaux polluées.

Le tableau suivant (non exhaustif), présente des références utiles à l'expert pour la réalisation et l'interprétation d'un essai de pompage ou de perméabilité :

Références	Outils utiles disponibles
 <p>R. P. Chapuis., <i>Guide des essais de pompage et leurs interprétations</i>, Québec, Canada, 2007.</p> <p>Disponible en ligne sur le site du ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs, Province du Québec, Canada : http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/souterraines/guide_pompage/index.htm, consulté le 19/07/2018.</p> 	<p>Notions essentielles d'hydrogéologie.</p> <p>Principe, objectifs, modalités d'interprétation d'essais de perméabilité <i>in situ</i>.</p> <p>Principe, mise en place et interprétation d'essais de pompage selon le contexte hydrogéologique en régime permanent ou transitoire.</p>
 <p>G. de Marsily, <i>Cours d'hydrogéologie</i>, Université Paris VI, 2004.</p>  <p>http://hydrologie.org/BIB/manuels/gdm-hydrogeologie.pdf, consulté le 19/07/2018</p>	<p>Notions essentielles d'hydrogéologie.</p> <p>Présentation et modalités d'interprétation des essais de pompage selon le contexte hydrogéologique en régime permanent ou transitoire.</p> <p>Présentation et modalités d'interprétation des divers essais de perméabilité <i>in situ</i>.</p> <p>Introduction à la modélisation hydrogéologique.</p>
 <p>G. de Marsily, <i>Quantitative Hydrogeology, Groundwater Hydrology for Engineers</i>, Paris, 1986.</p>	<p>Ouvrage en version anglaise reprenant les notions définies dans le cours de G. de Marsily, 2004.</p>
 <p>J.C.Chossat, <i>Mesure de la conductivité hydraulique dans les sols</i>, 2005.</p>	<p>Ouvrage en version anglaise reprenant les notions définies dans le cours de G. de Marsily, 2004.</p>
 <p>J.C.Chossat, <i>Mesure de la conductivité hydraulique dans les sols</i>, 2005.</p>	<p>Description des méthodes utilisées en France et dans le monde pour réaliser des mesures de conductivité hydraulique, au champ et au laboratoire, en milieu saturé ou non.</p> <p>Etude comparative des avantages et inconvénients intrinsèques à chaque méthode.</p>

3 DÉTERMINATION DE LA CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE VERTICALE

Dans le cas où le recours à la modélisation du transport vertical des polluants en zone saturée est considérée comme nécessaire dans le cadre de l'évaluation détaillée des risques :

- par défaut, il est proposé à l'expert de calculer la conductivité hydraulique verticale par rapport à la valeur de conductivité hydraulique horizontale mesurée par pompage d'essai. Par défaut la conductivité hydraulique verticale est généralement considérée égale à $0,1 \times$ la conductivité horizontale.
- d'appliquer, le cas échéant, la méthode de Neuman lors de l'interprétation des pompages d'essai, dans le cas où les conditions d'applicabilité de cette dernière seraient validées.

Selon R. P. Chapuis (2007), la méthode de Neuman (1972) permet en théorie de déterminer, entre autres, les conductivités hydrauliques horizontales K_h et verticale K_v .

Il est recommandé de privilégier une mesure in situ de la conductivité hydraulique verticale, dans le cas où la méthode de Neuman est applicable, plutôt qu'une valeur par défaut.