

Hydrodynamique, - Cours – L 3 – Hydro -

Chapitre I : Écoulement souterrain sous l'influence d'un pompage, (O.I.E., 2013)

Introduction

Les essais de pompage constituent une étape très importante dans un projet d'alimentation en eau puisqu'ils ont pour objet de permettre de juger si l'ouvrage réalisé répond aux objectifs fixés. Ils permettent de déterminer quelle quantité d'eau peut être pompée, à quel rythme, quelle pompe choisir et à quelle profondeur l'installer.

I.1. Equations fondamentales

L'équation de l'écoulement souterrain est basée sur la loi de conservation de masse de l'eau souterraine en mouvement, combinée à la loi de Darcy, laquelle incorpore les propriétés du milieu.

Il y a deux sortes d'équation de l'écoulement : celles du *régime permanent* et celles du *régime transitoire*.

I.1.1. Régime permanent

Le régime est permanent quand il y a *équilibre* entre le débit sortant du puits et le débit entrant par ailleurs dans la nappe.

En fait, on dira que le régime permanent est atteint si, dans les piézomètres, l'évolution du rabattement dans le temps devient négligeable, ou si le gradient hydraulique devient constant aux abords du puits.

I.1.1.1. Equation d'équilibre ou de Thiem (1906)

Thiem, en 1906 a été l'un des premiers à utiliser plusieurs piézomètres d'observation afin de caractériser l'écoulement dans une nappe captive en régime permanent, (Domenico et Schwartz, 1990 ; In : Chantale B., 1996) (fig. I.1). Il a démontré que, dans ces conditions, le débit d'un puits de pompage peut être exprimé par: (I.1) :

$$Q = \frac{2\pi T(h_2 - h_1)}{\ln(r_2 / r_1)} \quad (I.1)$$

Pour des raisons pratiques, il est plus facile d'utiliser s_1 et s_2 , qui sont les rabattements exprimés en mètre à la place de h_2 et h_1 respectivement dans l'équation de Thiem.

$$s_1 = H - h_1$$

$$Q = \frac{2\pi T(s_1 - s_2)}{\ln(r_1 / r_2)} \quad (I.2)$$

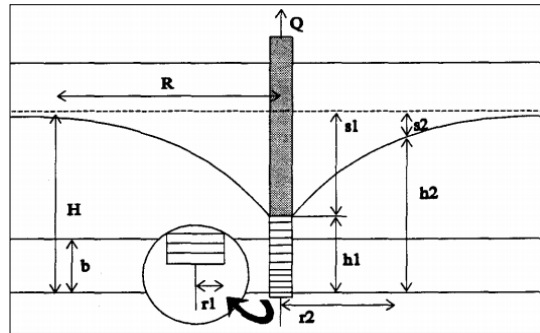


Fig. I.1 : Solution de Thiem pour le pompage dans une nappe captive en régime permanent, (Domenico et Schwartz, 1990 ; In : Chantale Blais, 1996).

Conditions d'application de la solution de Thiem:

- les conditions générales pour les nappes captives;
- l'écoulement est en régime permanent.

I.1.1.2. Equations de DUPUIT, (Cassan, 2000)

Le modèle de Dupuit est basé sur l'hypothèse que l'écoulement est horizontal et se dirige radialement vers le puits. De plus, les conditions suivantes sont nécessaires à l'élaboration du modèle:

- l'aquifère est isotrope;
- l'écoulement est en régime permanent;

Dans ces conditions, le débit d'un puits pompant dans un aquifère libre, (fig. I.2), est donné par l'équation suivante:

$$Q = \pi K \frac{h_2^2 - h_1^2}{\ln(r_2 / r_1)} \quad (I.3)$$

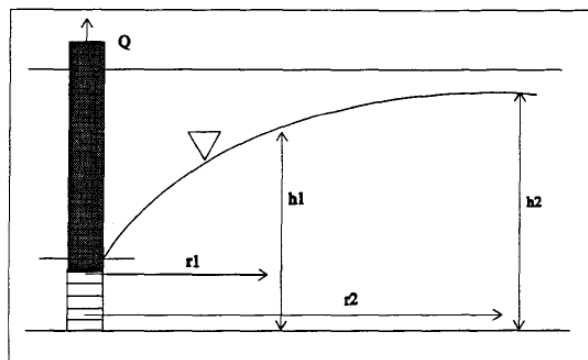


Figure I.2 : Solution de Dupuit pour une nappe libre en régime permanent

I.1.2. Régime transitoire

Le régime transitoire, ou de *non-équilibre*, se produit entre le début du pompage et le moment où l'on atteint le régime permanent. Les équations de Theis et Cooper-Jacob sont les plus utilisées pour l'étude d'écoulement en régime transitoire.

I.2. Concepts de base : Essai de puits et essais de nappe

a - Un pompage d'essai a deux buts principaux :

* Pour obtenir des renseignements sur les caractéristiques du puits. On peut alors déterminer le débit spécifique du puits ($Q_s = Q/s$), pour choisir ainsi le type de pompe et estimer le coût du pompage. Il permet de mesurer la productivité du puits. Dans ce cas, on baptise l'essai "*essai de puits*", puisque l'on teste davantage le puits que la nappe.

* On peut l'exécuter pour déterminer les caractéristiques hydrodynamiques d'un aquifère. C'est ce qu'on appelle souvent un "*essai de nappe*", car c'est avant tout la nappe que l'on teste plutôt.

b - Etudes préalables

Avant d'exécuter des essais de nappe, il est nécessaire de prendre connaissance des conditions géologiques et hydrogéologiques. De cette façon, on peut esquisser la géologie de l'aquifère, et déterminer par exemple sa lithologie, son épaisseur et ses limites.

Pour les limites, il est important de connaître les caractéristiques et l'épaisseur des couches formant le toit et le mur de l'aquifère.

On doit aussi accorder de l'importance aux limites d'alimentation dont le niveau reste constant. Une telle limite se trouve quand la nappe est en communication directe avec une rivière pérenne, un canal, un lac ou la mer.

c - Choix du site d'essai

Pour choisir un site, on doit respecter les points suivants :

- Les conditions hydrogéologiques ne doivent pas être strictement locales ;
- Il serait préférable de ne pas s'installer à proximité des voies de chemin de fer ou des routes à grande circulation, pour éviter les fluctuations de niveau piézométrique dans les nappes captives ;
- L'eau sortie du puits doit être évacuée de telle manière qu'elle ne retourne pas à la nappe et ;
- Le personnel et le matériel doivent pouvoir facilement accéder au site.

d- Equipement nécessaire

- un mètre à ruban (mesure de la hauteur des références par rapport au niveau du sol, diamètre du puits, etc.) ;
- une sonde piézométrique ;
- Un débitmètre étalonné ;
- un chronomètre et ;
- La sonde piézométrique peut être remplacée ou complétée par un capteur de pression à enregistreur de données intégré qui présente un avantage évident : il peut rester sans surveillance pendant de longues périodes, tout en continuant à mesurer fréquemment le niveau d'eau.