

III. Pompage d'essai à débit constant (régime transitoire)

Introduction

L'essai à débit constant est l'essai de pompage le plus couramment pratiqué, et son concept est très simple : on effectue des pompages à débit constant sur une longue durée (de plusieurs heures à plusieurs jours, voire plusieurs semaines) en observant les niveaux d'eau et les débits de pompage. Pour que ces essais à débit constant aient une utilité maximale, il faudrait mesurer les niveaux d'eau à la fois dans un forage d'observation et dans le forage de pompage (ou mieux encore, dans plusieurs forages d'observation situés à des distances différentes du forage de pompage), (Forkasiewicz, 1972 ; Kruseman, 1973; Detay, 1993 ; Dadoun, 2005).

Une fois que l'équipement est prêt et que les différentes tâches ont été attribuées, l'essai se déroule de la même manière que pour l'essai par palier.

- Analyse et interprétation

Le but principal des pompages d'essai en régime, transitoire est de déterminer les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère, transmissivité T et coefficient d'emmagasinement S , et le débit d'exploitation optimal de l'ouvrage, compte tenu de ses caractéristiques, de celles de l'aquifère et de la présence éventuelle d'autres ouvrages exploités à proximité, [Forkasiewicz, 1972, Kruseman et al., 1974]

L'interprétation des données (descente et remontée) reposent sur l'emploi des expressions hydrodynamiques en régime transitoire établies par C.V. THEIS (1935) et ses successeurs (L.K.WENZEL, 1942 et C.E. JACOB, 1950). La formule de Theis se présente sous deux formes : soit formule exponentielle intégrale, soit approximation logarithmique de celle-ci. C'est cette dernière, d'un maniement plus aisé, qui est la plus souvent utilisée, (Kruseman 1973].

III.1. Méthode bi-logarithmique de Theis (méthode de la courbe universelle)

III.1.1. Interprétation des pompages d'essai en nappe captive

La solution analytique donnant le rabattement de la surface d'une nappe captive lors d'un pompage à débit constant en régime transitoire a été développée par Theis (1935) par analogie avec les problèmes de conduction de la chaleur. Lors d'un essai de pompage dans un puits de diamètre infinitésimal pénétrant totalement un aquifère poreux à nappe captive, homogène, isotrope, d'épaisseur constante et d'extension infinie, le rabattement s (m) est donné par la formule suivante :

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \int_u^{\infty} \frac{e^{-y}}{y} dy = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \quad (\text{III.1})$$

$W(u)$ est appelée fonction de puits.

Dans laquelle :

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad (\text{III.2})$$

Avec :

s = le rabattement, mesuré dans un piézomètre situé à une distance r , en m, du puits de pompage ;

Q : débit constant de pompage, en m^3/s ;

S = le coefficient d'emmagasinement, sans dimension ;

T = la transmissivité de l'aquifère en m^2/s et ;

t = le temps, depuis le début du pompage.

a. Condition d'application de la méthode de THEIS

* L'écoulement vers le puits est en régime transitoire, c'est à dire que l'évolution du rabattement n'est pas négligeable dans le temps, ou encore que le gradient hydraulique ne reste pas constant.

- * L'eau provenant de l'emmagasinement est libérée instantanément avec la baisse de la charge hydraulique,
- * Le diamètre du puits de pompage est très faible,
- * Aquifère horizontal est homogène, isotrope, infini et de même épaisseur influencé par le pompage.
- * Aquifère à nappe captive,
- * Puits de pompage est parfait, donc écoulement bidimensionnel,
- * Débit pompé est constant,
- * Nappe initialement en repos, [Genetier, 1992, 1997].

b. Mode opératoire

- * Construire une "courbe type" de la fonction de puits de Theis sur une feuille bi-logarithmique en portant les valeurs de $W(u)$ en fonction de u . On obtient la courbe type "normale". Cependant, il est souvent plus pratique d'utiliser la courbe "renversée", obtenue en portant les valeurs de $W(u)$ en fonction de $1/u$.
 - * Porter de la même façon sur une autre feuille bi-logarithmique de même module les valeurs de s en fonction de t/r^2 ,
 - * Superposer la courbe d'essai à la courbe type en maintenant les axes de coordonnées respectivement parallèles entre eux et chercher la meilleure coïncidence possible entre les deux courbes (Figure III.1), [Detay, 1993],
 - * Choisir un point de référence arbitraire A, que l'on appellera point pivot, dans la zone de chevauchement des deux feuilles et chercher pour ce point les coordonnées $W(u)$, u (ou $1/u$), s et r^2/t (ou t/r^2). Remarquer qu'il n'est pas nécessaire que le point pivot soit situé sur la courbe type.
- En fait, les calculs seront plus commodes si l'on choisit ce point de façon que $W(u) = 1$ et $u=10^{-1}$ (ou $1/u = 10$).
- * Porter les valeurs de $W(u)$, s et Q dans l'équation (III.1) et résoudre par rapport à T :

$$T = \frac{Q}{4\pi s_c} W(u)_c \quad (III.3)$$

- * Calculer le coefficient d'emmagasinement S en remplaçant dans son équation T , t/r^2 et u par 1

$$S = \left(\frac{t}{r^2} \right)_c 4T u_c \quad (III.4)$$

- * Le papier bi-logarithmique doit bien entendu être de même module pour les deux courbes.

Si l'on doit calculer séparément les propriétés hydrauliques dans chaque piézomètre, on construit pour chacun d'eux la courbe s fonction de t que l'on superpose à la courbe type $W(u)$ respectivement fonction de u .

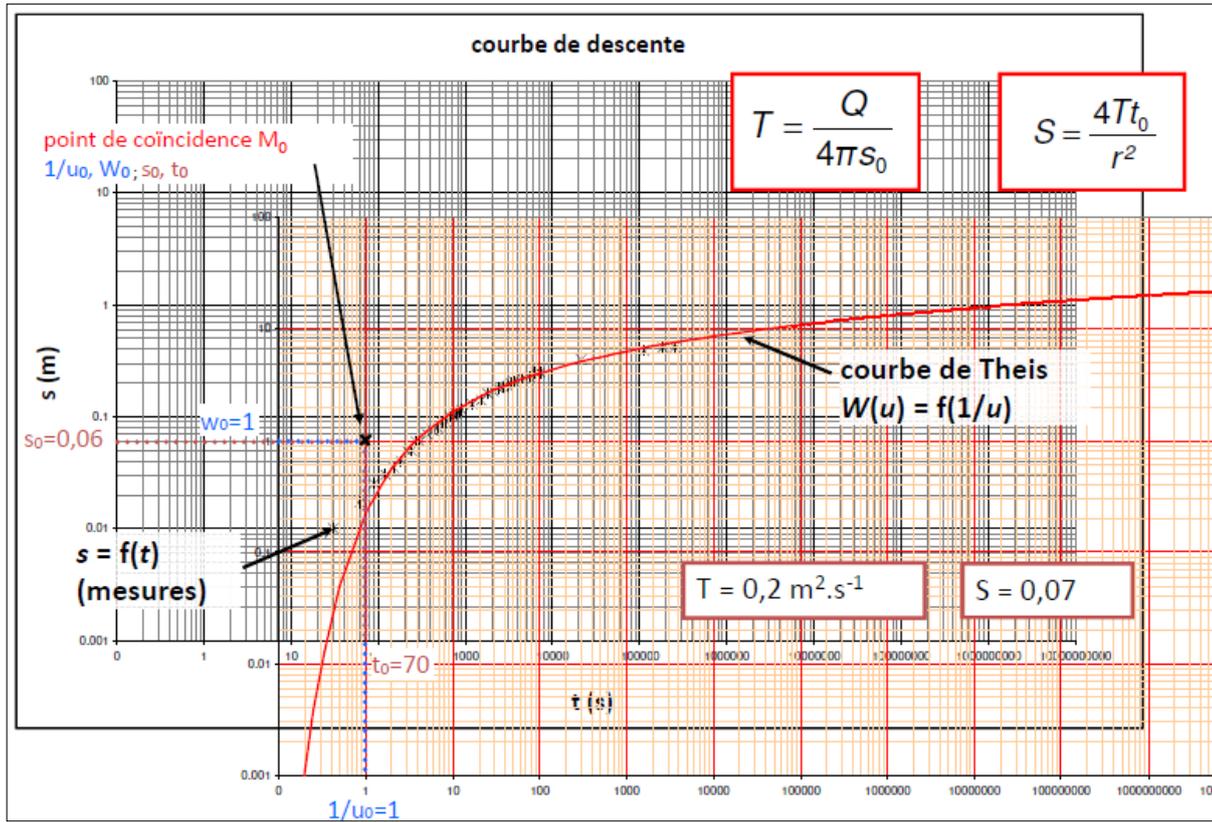


Fig. III.1: Interprétation d'un essai de pompage par la méthode de THIES, (Danièle V-L et Valérie P., 2015)

III.2. Approximation semi-logarithmique de JACOB

Cooper & Jacob (1946) ont proposé une méthode permettant de déterminer, sous les mêmes conditions que précédemment, les paramètres hydrauliques de l'aquifère par développement de la fonction de puits $W(u)$ de Theis. Cette fonction est en effet égale à :

$$W(u) = -0.5772 - \ln(u) - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n u^n}{n!n} \tag{III.5}$$

Lorsque u est inférieur à 0.02 (Cooper & Jacob, 1946), la somme de l'équation (III.5) est négligeable devant la valeur de $\ln(u)$, et donc la fonction $W(u)$ peut être approximée par $-0.5772 - \ln(u)$. En injectant cette valeur dans l'équation (III.1) et après quelques réarrangements mathématiques, on obtient :

$$s = \frac{2.3Q}{4\pi T} \log\left(\frac{2.25Tt}{r^2 S}\right) \tag{III.6}$$

Le critère usuel est en effet $u < 0.01$, pour lequel l'erreur relative avec l'équation de Theis est de 0.25%, et un critère plus pratique est $u < 0.1$, pour lequel l'erreur relative est de 5.4% (Chapuis, 1999).

D'après l'équation (III.5), les graphiques semi-logarithmiques donnant le rabattement en fonction s du temps t , de la distance r ou du quotient r^2/t donnent des droites dès que le critère de Cooper- Jacob est respecté. La pente de ces droites (égale à la variation de rabattement par cycle logarithmique, notée Δs , en (m) permet de déterminer la valeur de T et l'intersection entre celles-ci et l'axe des abscisses permet d'explicitier la valeur de S . Par exemple, pour la droite déterminée à partir des valeurs de s en fonction de $\log(r)$ (Figure III.2) :

$$T = 2.3 Q / 4\pi \Delta s \quad (\text{III.7})$$

$$S = \frac{2.25 T t}{R^2} \quad (\text{III.8})$$

R (m), appelé rayon d'action du puits, correspond à l'intersection entre la droite expérimentale et l'axe des abscisses.

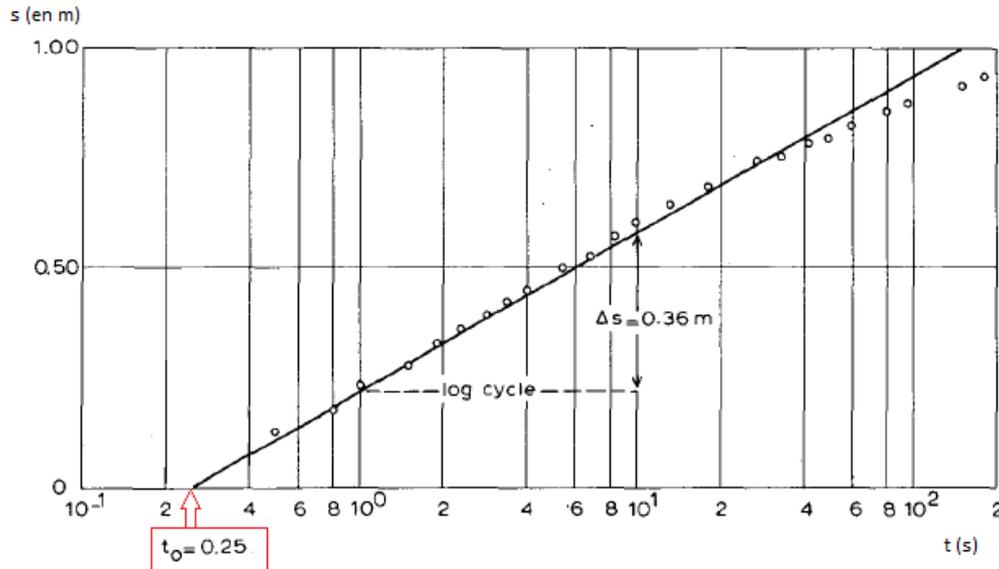


Fig. III.2. Interprétation du pompage d'essai suivant le 1^{er} mode opératoire de la méthode de Jacob, (Kruseman, 1973).

On doit satisfaire aux hypothèses et conditions suivantes :

- Les mêmes conditions que celles de la méthode de Theis.
- Les valeurs de u sont faibles ($u < 0,01$), c'est à dire que r est petit ou que t est grand.

1^{er} mode opératoire :

- Porter pour l'un des piézomètres ($r = \text{constante}$) les valeurs de s en fonction du temps correspondant t sur un papier semi-logarithmique (t en échelle logarithmique) et tracer la droite passant par les points obtenus (Fig. III.2),
- Prolonger la droite jusqu'à l'axe des temps où $s = 0$, et lire la valeur de t_0 ,
- Calculer la pente de la droite, c'est à dire la différence de rabattement Δs par cycle log de temps,
- Porter les valeurs de Q et de Δs dans l'équation (III.7) et résoudre par rapport à T . Connaissant T et t calculer S à partir de l'équation (III.8).

Remarque : - Cette opération peut se répéter pour chaque piézomètre disponible, c'est à dire pour chaque valeur de r . Les résultats obtenus sur T et sur S doivent être en bon accord entre eux.

2^{ème} mode opératoire :

On peut procéder à peu près de la même façon que précédemment en portant sur un diagramme semi-logarithmique s en fonction de r (r sur l'échelle logarithmique), à t constant. On obtient encore une ligne droite dont le prolongement rencontre l'axe des r (Fig. III.3) en $s = 0$ et $r = r_0$ (rayon d'influence au temps choisi t).

Suivant le même raisonnement que précédemment, on arrive aux équations :

- La transmissivité :
$$T = \frac{0,366 Q}{\Delta s} \quad (\text{III.9})$$
- Le coefficient d'emmagasinement :
$$S = \frac{2,25 T t}{r_0^2}$$

Comme dans le 1^{er} mode opératoire, on lit les valeurs de r et de Δs sur le graphe, puis à l'aide des équations (III.7) et (III.8) on calcule T et S .

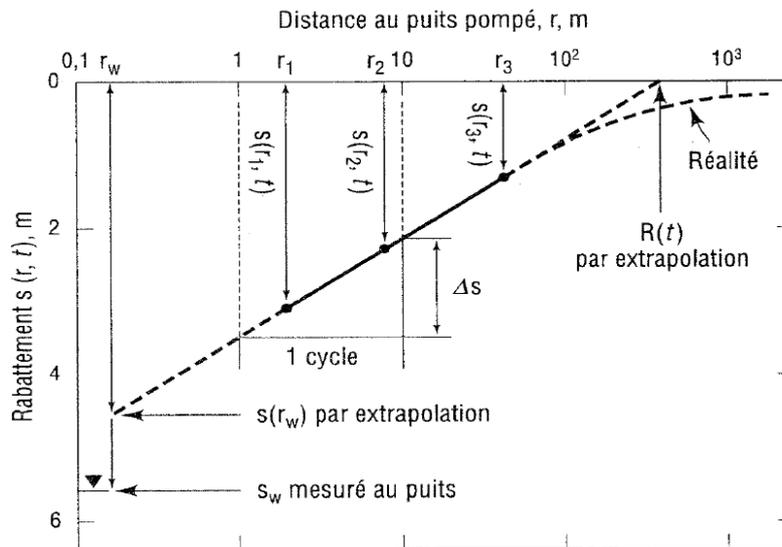


Fig. III.3 : Exemple d'interprétation du pompage d'essai suivant le 2^{ème} mode opératoire de la méthode de Jacob, (Kruseman, 1973).

Remarques

- On a besoin des mesures d'au moins trois piézomètres pour obtenir des résultats précis.
- Si le rabattement de chaque piézomètre n'est pas mesuré au même instant, on peut quand même trouver le rabattement s , au temps t choisi, par une interpolation des courbes de descente de chaque piézomètre, déjà construites lors du 1^{er} mode opératoire.
- Cette opération peut se répéter pour plusieurs valeurs de t . Les valeurs ainsi calculées de T et de S doivent être en bon accord entre elles.

3^{ème} mode opératoire :

Toutes les mesures de tous les piézomètres sont portées sur un seul papier semi-logarithmique avec s en fonction de t/r^2 , (t/r^2 sur l'axe logarithmique). On trace une ligne droite s'ajustant sur ces points et l'on détermine son intersection avec l'axe de rabattement nul (Fig.III.4).

Les coordonnées de ce point sont : $s = 0$ et $t/r^2 = (t/r^2)_0$.

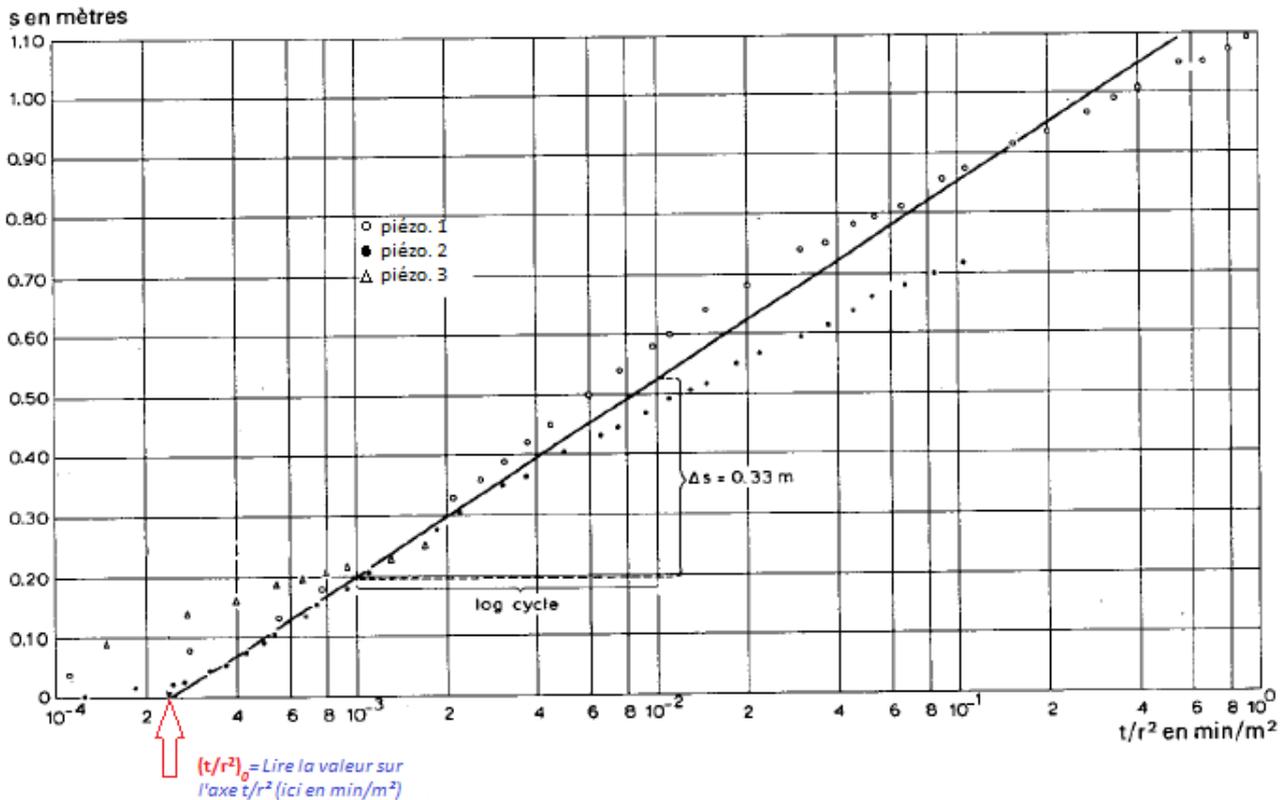


Fig. III.4 : Exemple d’interprétation du pompage d’essai suivant le 3^{ème} mode opératoire de la méthode de Jacob, (Kruseman, 1973).

En suivant le même raisonnement que dans le 1^{er} mode opératoire, on obtient les formules suivantes :

– Le coefficient d’emmagasinement : $S = 2,25T(t/r^2)_0$

– La transmissivité : $T = \frac{0,183 Q}{\Delta s}$

On détermine donc les valeurs de $(t/r^2)_0$ et de Δs , d’où l’on déduit T et S à l’aide des équations (III.8) et (III.9).

III.2.2. Régime transitoire en nappe libre

La méthode de JACOB peut être étendue aux nappes libres à condition que les rabattements soient faibles ($s < 0,1 b$; b : épaisseur mouillée de l’aquifère au repos).

- Cas où $0,1 b < s < 0,3 b$:

Il est possible d’utiliser l’équation de Jacob en corrigeant le rabattement :

$$s_c = s - s^2 / 2b$$

s_c : rabattement corrigé, s : rabattement, b : épaisseur mouillée de l’aquifère au repos.

$$s_c = 0,183 Q/T \cdot \log 2,25 T \cdot t / r^2 S \tag{III.10}$$

- Cas où $s > 0,3 b$:

Dans ce cas on utilise une formule dérivée de Jacob et Dupuit :

$$b^2 - h^2 = 0,366.Q / k.log 2,25Tt / r^2S \tag{III.11}$$

$h(m) = b - s$, k (m/s): perméabilité de l'aquifère

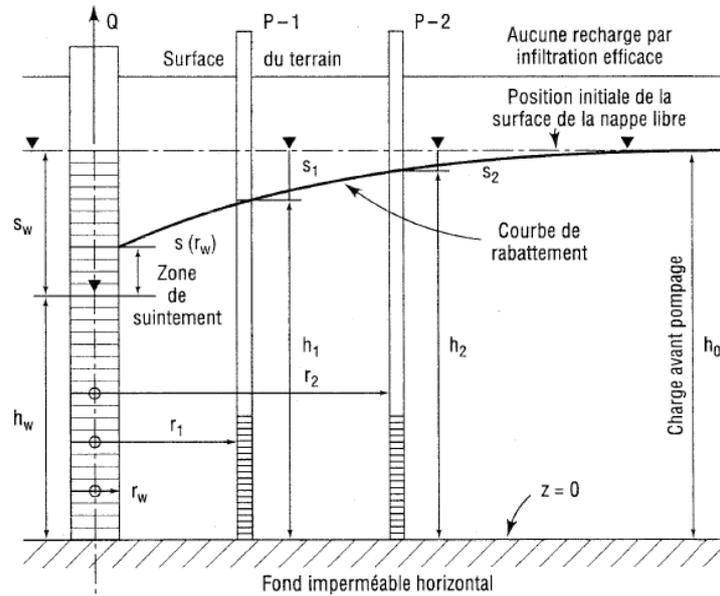


Fig. III.5 : Coupe schématique d'un pompage en aquifère à nappe libre.

III.3. Méthode de la remontée de THEIS

Après l'arrêt de la pompe, il est supposé qu'une recharge imaginaire, équivalente au pompage, est injectée dans le puits de pompage qui continue de pomper l'eau. Le modèle de Theis pour analyser la remontée à la suite d'un pompage dans une formation est très utilisé. Cette méthode peut être employée pour un pompage dans un aquifère confiné dans un puits qui est crépiné sur toute l'épaisseur de l'aquifère. Aussi, la méthode de Theis est applicable, sous certaines conditions, aux aquifères non confiné, aux aquifères fuyants ainsi que dans des puits qui ne sont crépinés que sur une certaine épaisseur dans l'aquifère considéré (Kruseman et DeRidder, 1994).

Le rabattement résiduel (remontée) s'exprime:

$$s' = \frac{Q}{4\pi T} \{W(u) - W(u')\} \tag{III.12}$$

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad \text{et,} \quad u' = \frac{r^2 S'}{4Tt'}$$

Où.

Lorsque u et u' ont une valeur très petite ($u < 0,01$) et lorsque S et S' sont constants l'expression de s' devient:

$$s' = \frac{2,3Q}{4\pi T} \log\left(\frac{2,25Tt}{r^2 S}\right) + \frac{2,3 \times (-Q)}{4\pi T} \log\left(\frac{2,25Tt'}{r^2 S}\right) = \frac{2,3Q}{4\pi T} \log\left(\frac{t}{t'}\right) \tag{III.13}$$

$$s' = \frac{2,3Q}{4\pi T} \log\frac{t}{t'} \tag{III.14}$$

Un graphique de la remontée en fonction du log de t/t' donne une ligne droite à partir de laquelle on trouve la pente $\Delta s'$ pour évaluer T .

$$T = \frac{2,3Q}{4\pi \Delta s'} \tag{III.15}$$

Conditions d'application de la méthode de Theis pour les essais de récupération:

- les conditions générales pour les aquifères confinés;
- l'écoulement est en régime transitoire;
- le temps depuis le début de la remontée est suffisamment long, soit:

$$t_p \geq \frac{25r_c^2}{T} \text{ et } t' \geq \frac{25r_c^2}{T}$$

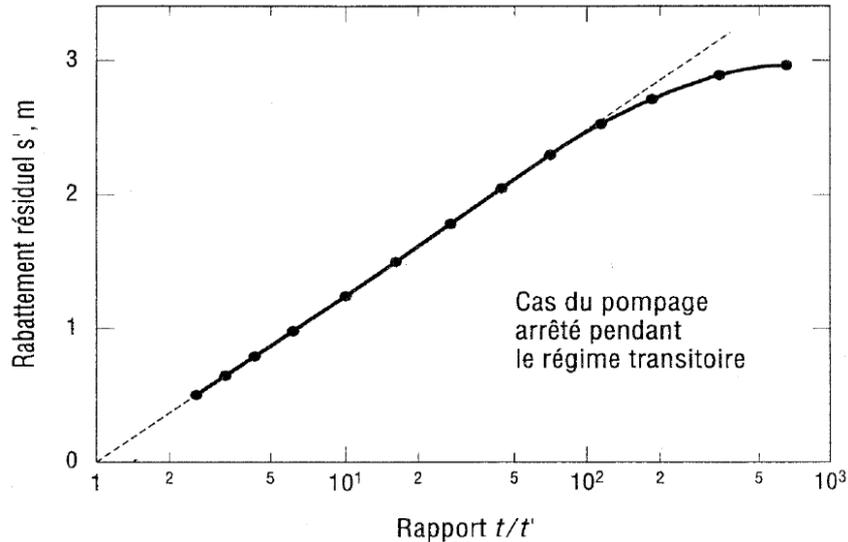


Fig. III.6 : Interprétation des données de remontée avec la méthode de Theis (Chapuis, 2007).

- La transmissivité est égale à :

$$T = \frac{2,3Q}{4\pi \Delta s'}$$

(III.16)

Il n'est pas possible de déterminer le coefficient d'emmagasinement par cette méthode. Les points non alignés pour les grandes valeurs du rapport t/t' sur la Figure III.6 correspondent aux premiers temps de la phase de remontée, pour lesquels le critère de Cooper-Jacob $u < 0.1$ n'est pas encore respecté vis-à-vis du puits image.

* Si S et S' sont des constantes inégales, la droite passant par les points de la remontée rencontre l'axe des temps où ;

$$s' = 0 \text{ au point } t/t' = (t/t')_0$$

En ce point, l'équation (III.14) devient :

$$0 = 2,3Q/4\pi T \log [(t/t')_0 - \log (S/S')]$$

Comme : $2,3Q/4\pi T \neq 0$,

il s'ensuit que :

$$\log (t/t')_0 - \log (S/S') = 0,$$

d'où ; $(t/t')_0 = S / S'$

Ce qui permet de connaître le rapport des coefficients d'emmagasinement, [Detay, 1993].

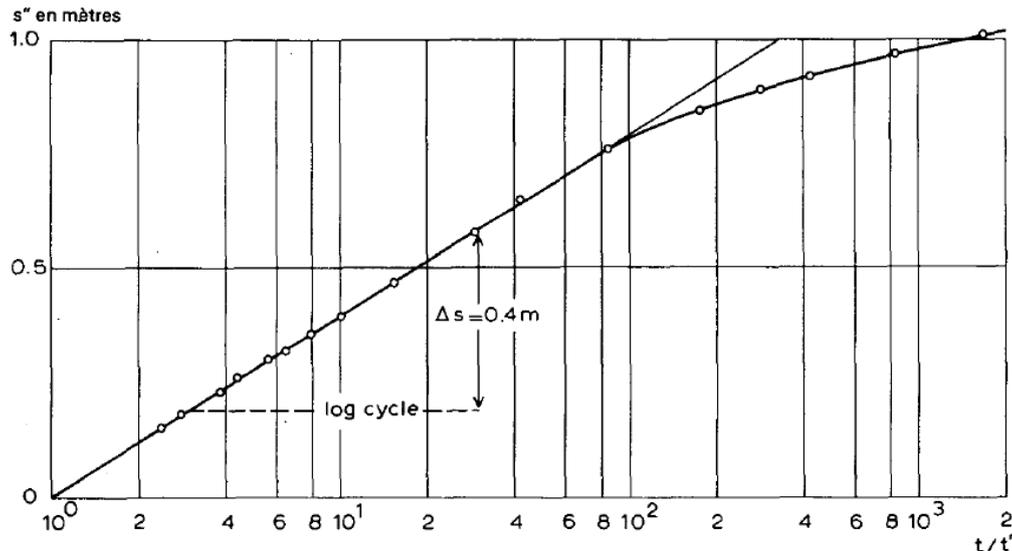


Fig. III.7 : Interprétation de la remontée suivant la méthode de la remontée de Theis, (Kruseman, 1973).

III.4. Anomalies rencontrées dans la méthode graphique de Theis

Dans l'application de la formule de Theis, on rencontre principalement deux anomalies apparentes. La première a trait à la période du début des pompages, la seconde est consécutive au fait que les nappes réelles ne sont ni homogènes ni infinies et que l'évolution des rabattements dans le temps est différente suivant les conditions aux limites réellement rencontrées.

a) Début des pompages

La méthode graphique de Theis n'est applicable qu'à partir du moment où le temps (t) étant suffisamment grand. Au démarrage des essais, la courbe représentative des mesures n'est donc pas rectiligne. Il faut attendre, pour appliquer la méthode, d'abord d'avoir vidé le forage lui-même, ensuite d'avoir suffisamment élargi le cône de rabattement pour que ses variations ultérieures suivent pratiquement la loi logarithmique. La courbe représentative des mesures commence donc par une partie curviligne, parfois même accidentée, ainsi qu'on l'a constaté dans la figure III.7, elle ne devient rectiligne que plus tard; il faut absolument faire de nombreuses mesures avant de conclure.

b) Conditions aux limites

La méthode de Theis n'est applicable, d'autre part, qu'aux nappes infinies homogènes non réalimentées. La vitesse pratique étant relativement faible de propagation de la perturbation causée par le pompage, cette méthode restait valable pour toutes les nappes, pendant un certain temps. Au delà, les mouvements de l'eau dans les piézomètres et le forage tiennent compte de la présence de l'obstacle limitant la nappe, mur imperméable, zone de réalimentation, etc ...

S'il y a réalimentation de la nappe ou si celle-ci est bordée par une zone beaucoup plus perméable, le rabattement spécifique devient inférieur à ce qu'il serait dans le cas d'une nappe infinie homogène et la ligne s'incurve vers le bas. (Elle devient horizontale en régime permanent).

Dans la réalité, un certain décalage de temps peut s'établir entre la baisse de pression et la libération de l'eau; de plus, au début, le débit du puits varie car le débit de la pompe dépend de la hauteur de refoulement de l'eau, qui augmente rapidement. Tout ceci cause au début du pompage un désaccord entre la théorie et la réalité. Au fur et à mesure que le temps de pompage augmente, les effets de ces anomalies de l'écoulement diminuent et la concordance devient meilleure. Il ne faudrait donc pas croire que l'on puisse négliger les conditions de validité de la formule du régime transitoire de Theis, et espérer ainsi appliquer avec succès cette méthode avec des pompages d'essai ne durant que 5 ou 10 minutes.

III.5. L'effet de puits et la post-production, (fig. III.8)

L'effet de puits est un effet de vidange de l'ouvrage. Au tout début du pompage, une partie du débit prélevé provient directement de l'ouvrage et d'une partie de son environnement très proche (cavité) sans avoir transité dans l'aquifère comme le supposent les formules (effet de puits).

L'inverse se produit après l'arrêt de pompage lors de la remontée (Effet de post-production). Il s'ensuit donc une erreur systématique qui limite la validité de ces formules, qui s'exprime ainsi :

Problème : - Hors conditions d'application des modèles théoriques,
- Décalage des données par paliers et longue durée.

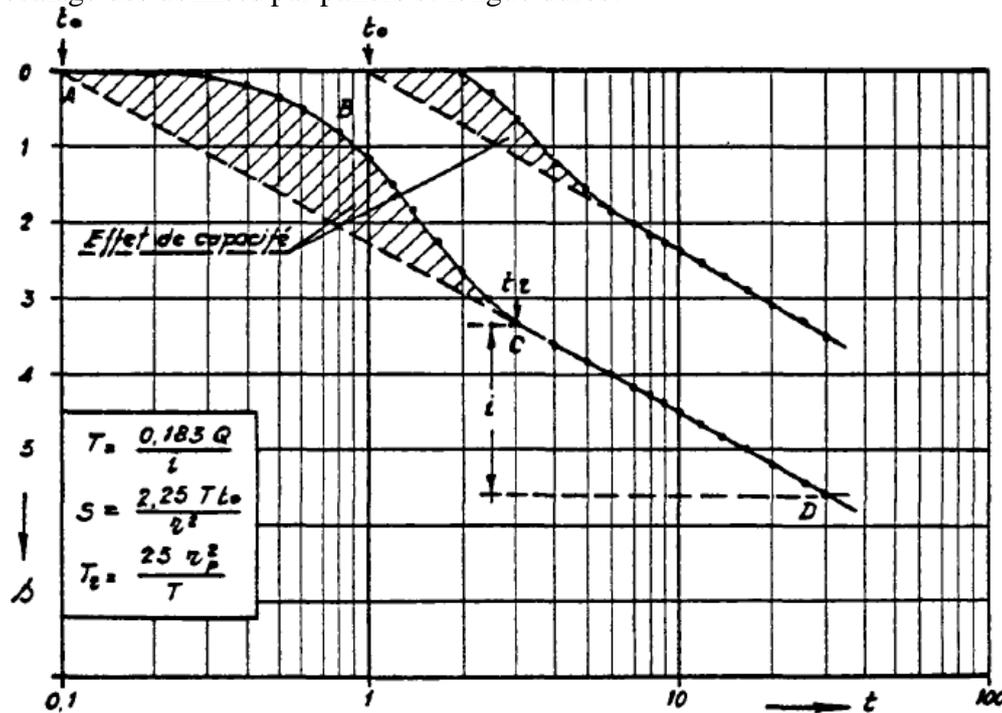


Fig. III.8 : Courbes $s = f(\log. T)$ – Effet de capacité du puits, (Forkasiewicz, 1972).

III.6. Champs de captage et notions d'interférences

Lors d'un essai de pompage, le terme « interférence » correspond à l'ensemble des perturbations enregistrées sur le rabattement, dues à d'autres phénomènes que le pompage dans le puits testé. En hydrogéologie, il existe de nombreux facteurs pouvant créer des interférences avec un essai de pompage : les marées, la variation de pression atmosphérique, le prélèvement d'eau par la végétation...

Cela entraîne la formation d'un cône qui s'étend dans l'aquifère, le cône de rabattement.

Le cône de rabattement suit les hétérogénéités du sédiment, et forme une géométrie elliptique. L'aile du cône se déplace dans l'aquifère jusqu'à une limite susceptible de compenser les prélèvements.

Il existe différents types de cônes en fonction du type de nappe de l'aquifère, (fig. III.9) :

- Les formations très perméables : le cône se propage très loin dans le puits
- Les formations peu perméables : le cône se propage dans un espace limité

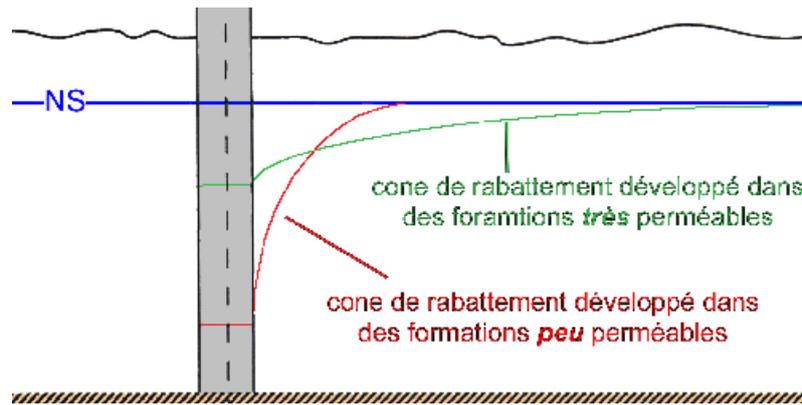


Fig. III.9 : Cônes de rabattement et type de formation.

Les frontières rencontrées sont de deux types : les frontières imperméables, parfois appelées barrières, et les frontières de recharge. On parle généralement de frontière lorsque le rapport de perméabilité entre la formation aquifère et la formation adjacente est supérieur à 100 (frontière imperméable) ou inférieur à 0.01 (frontière de recharge).

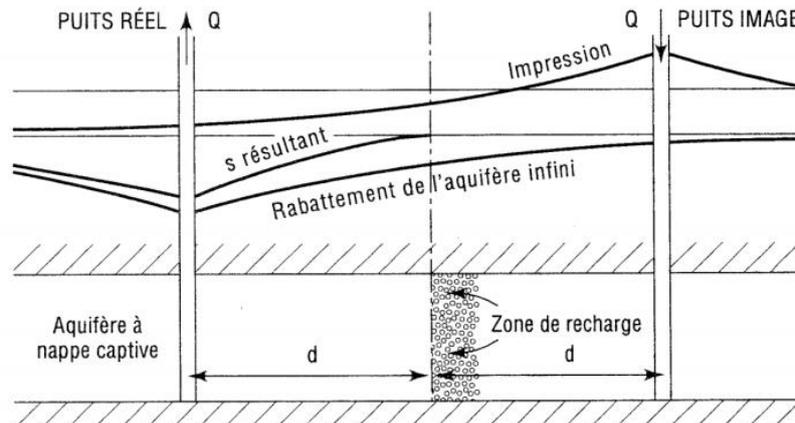


Fig. III.10 : Schéma expliquant la prise en compte d'une frontière de recharge par la superposition du rabattement d'un puits image (Chapuis, 2007).

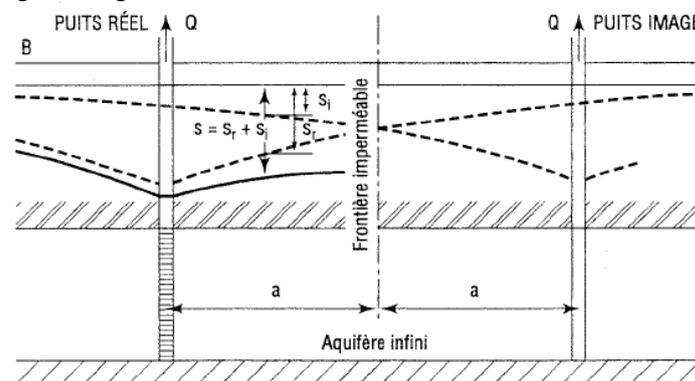


Figure III.11 : Puits image pour une frontière imperméable, (Chapuis, 2007).

L'ensemble des méthodes proposées pour déterminer les paramètres hydrauliques d'un aquifère et la position de la frontière à partir des données d'un essai de pompage soumis à l'influence de cette frontière repose sur l'intervention d'un puits image, (fig. III.10). Une frontière de recharge rectiligne peut en effet être modélisée par un puits image situé en un point symétrique au puits de pompage par rapport à

la frontière, et injectant de l'eau au même débit que celui appliqué au puits de pompage. En ce qui concerne les frontières imperméables, le même raisonnement est appliqué, mais le puits image pompe au même débit que le puits réel au lieu d'injecter de l'eau comme dans le cas d'une frontière de recharge. Il conviendra toutefois d'être prudent lors des interprétations, car d'autres phénomènes peuvent avoir des effets relativement similaires à ceux d'une frontière sur la courbe de rabattement, (del Mar Gonzalez & Rushton, 1981), notamment la présence d'un puits de pompage en activité à proximité de l'essai de pompage.

A partir des équations mathématiques obtenues par application du principe de superposition, plusieurs méthodes ont été développées afin d'interpréter les données d'essais de pompage réalisés à proximité d'une frontière rectiligne d'un aquifère. Le principe de superposition sert toutefois essentiellement à localiser la frontière, la transmissivité et le coefficient d'emménagement de l'aquifère étant généralement déterminés par la méthode de Cooper-Jacob (1946) à partir des données non encore influencées par la frontière. En traçant les rabattements observés en fonction du temps sur un graphique semi-logarithmique, on observe en effet 2 droites. La première droite est la droite de Cooper-Jacob, l'influence de la frontière ne se faisant pas encore sentir au puits d'observation. La seconde droite est influencée à la fois par le pompage et la frontière. Elle a une pente double de la première dans le cas d'une frontière imperméable et une pente nulle dans le cas d'une frontière de recharge (Figure III.12) :

$$s = \frac{2.3Q}{4\pi T} \log\left(\frac{2.25Tt}{r_r^2 S}\right) \pm \frac{2.3Q}{4\pi T} \log\left(\frac{2.25Tt}{r_i^2 S}\right) = \begin{cases} \frac{2.3Q}{2\pi T} \log\left(\frac{r_i}{r_r}\right) = cste & \text{(recharge)} \\ \frac{2.3Q}{2\pi T} \log\left(\frac{2.25Tt}{r_r r_i S}\right) & \text{(barrière)} \end{cases} \quad \text{(III.17)}$$

Où r_i (m) est la distance entre le puits d'observation et le puits image et r_r (m) celle entre le puits d'observation et le puits de pompage.

Même si les paramètres hydrauliques de la nappe sont déterminés sur la droite de Cooper-Jacob, avant que la frontière n'ait d'influence sur le rabattement (au travers de l'interférence du puits image), l'équation III.17, montre que l'égalité des débits permet à nouveau de simplifier les équations, et ainsi, de facilement pouvoir localiser le puits image grâce aux méthodes présentées ci-dessous.

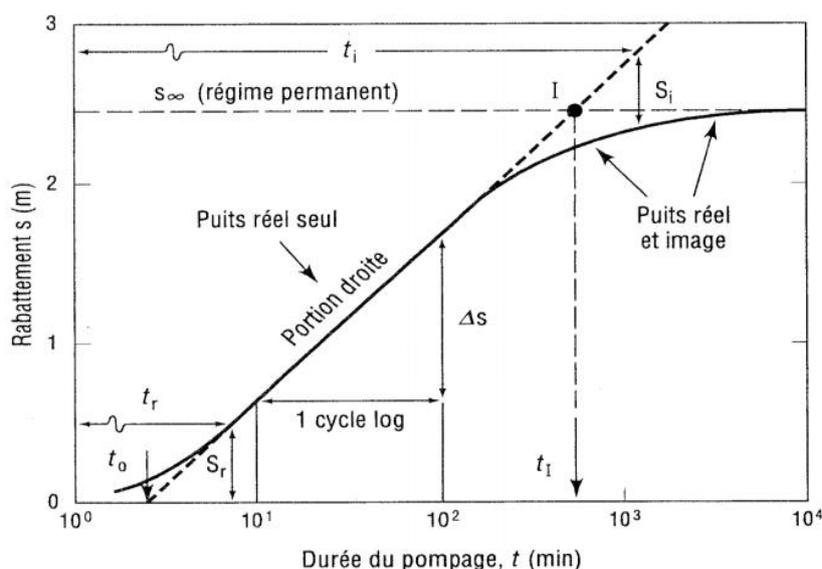


Figure III.12: Comportement du rabattement si l'aquifère est limité par une frontière de recharge (Chapuis, 2007).

Conclusion

En matière d'interprétation des données des pompages d'essai, on doit se défaire de deux idées trop simplificatrices et non réalistes, mais encore répandues :

- réduire l'interprétation à la seule analyse de graphique représentant l'évolution du rabattement en fonction du temps, considéré indépendamment des conditions hydrogéologiques connues ou probables,

Les courbes obtenues et leur analyse ne peuvent à elles seules fournir un résultat suffisant, car la connaissance des conditions hydrogéologiques commande le choix du schéma d'interprétation permettant de tirer de ces courbes des résultats significatifs,

- considérer les diverses ‘ ‘ méthodes ’ ’ en présence comme relativement concurrentes et rechercher parmi elles la plus générale.

En fait, il y a une méthode générale ; mais elle consiste précisément à choisir parmi les schémas d'interprétation celui qui semble le mieux adapté aux conditions réelles de l'aquifère étudié. Ces schémas d'interprétation ne sont pas traités par des méthodes différentes mais par des développements particuliers, cohérents entre eux, fondés à l'origine sur les conceptions de THEIS. C'est par ce choix que doit débiter l'interprétation.