

III. Essais de pompage

La connaissance des conditions physiques des nappes et de leurs propriétés hydrauliques est essentielle pour l'étude quantitative des ressources en eau souterraine ; la détermination des valeurs numériques des coefficients perméabilité, de transmissivité, d'emménagement et de la diffusivité hydraulique permet de caractériser le rendement d'une nappe aquifère en tant que source d'eau en plein développement. Les expérimentations par pompage à débit donné sur les ouvrages de captage (forages ou puits) s'effectuent par les essais de pompage qui consistent à mesurer l'accroissement du rabattement des niveaux piézométriques en relation directe avec le temps de pompage et leur remontée après arrêt de pompage.

1. Qu'est-ce qu'un forage ?

En hydrogéologie, un forage est un ouvrage de captage des eaux souterraines d'un trou cylindrique, vertical et d'un diamètre relativement petit ; qui est normalement creusé au moyen d'une foreuse. Il peut être peu profond, mais peut aussi aller chercher l'eau à plus de 1000 mètres, sa paroi est protégée par une chaîne de tubage en matière plastique ou métal, et une cimentation entre terrain et tubage dans les premiers mètres de profondeur (figure III.01). Les eaux de forage sont de meilleures qualités que celles de puits, du fait de leur éloignement de la surface libre de sol, elles sont en effet davantage protégées naturellement de la pollution.

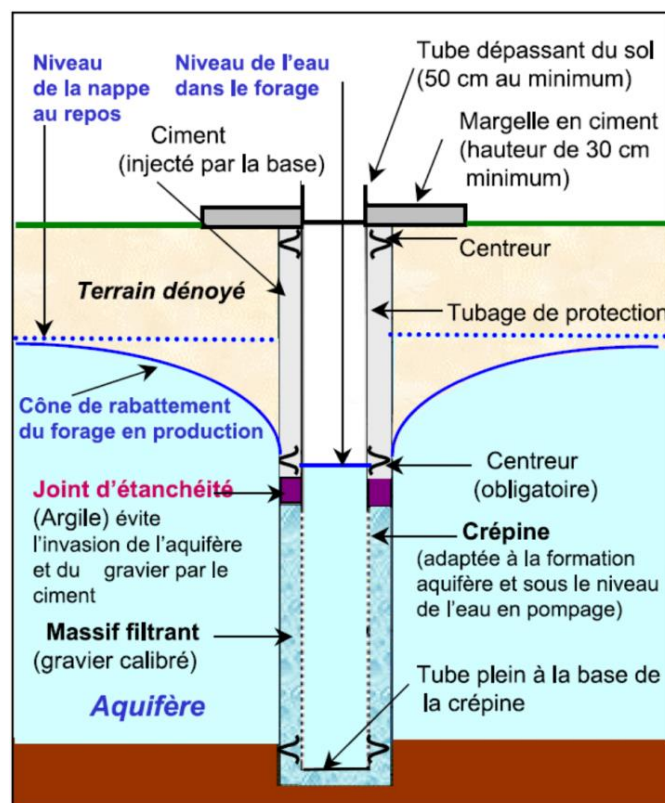


Fig. III.01 – Coupe d'un forage en nappe libre. Source : BRGM.

2. Qu'est-ce qu'un puits ?

C'est un ouvrage aussi de captage des eaux souterraines non profondes, de profondeur moyenne ou faible généralement ne dépasse pas 100 m, son diamètre est compris entre 1,5m et 5 m, avec des parois revêtues en béton ou en maçonnerie. La figure III.02 représente une coupe de puits équipé d'un treuil à manivelle qui sert à tirer l'eau.

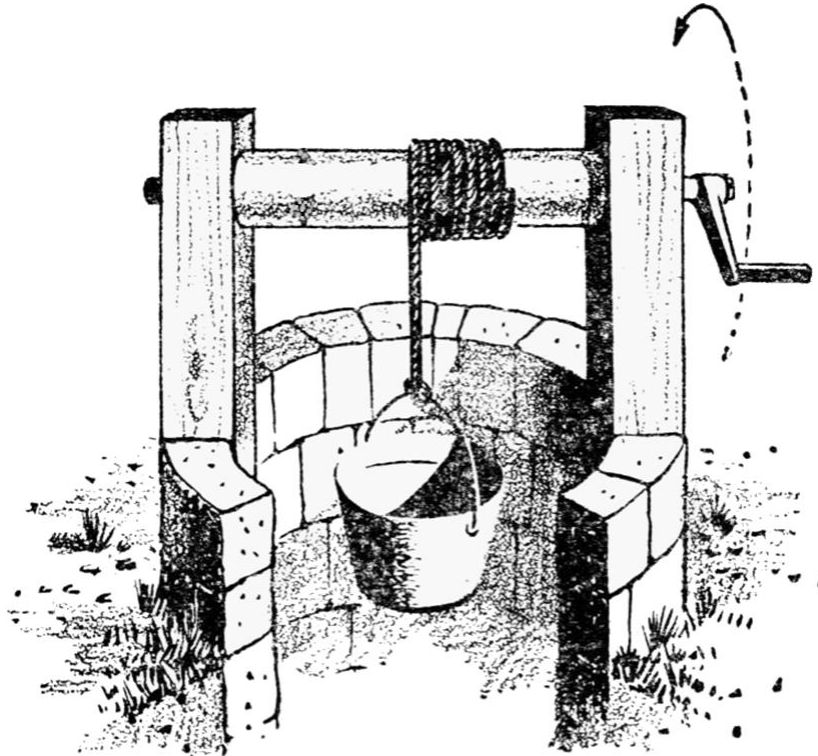


Fig. III.02 – Coupe d'un puits avec parois revêtues en maçonnerie. Source : ZPAG.

3. Qu'est-ce qu'un essai de pompage ?

L'essai de pompage est un test hydraulique réalisé sur terrain pour faire ressortir les caractéristiques hydrodynamiques d'un aquifère (perméabilité, transmissivité, coefficient d'emmagasinement et la diffusivité hydraulique) d'une part ; et d'autre part, la productivité d'un ouvrage de captage.

Leur concept fondamental est très simple, de l'eau est pompée à partir d'un forage ou d'un puits faisant ainsi baisser le niveau statique (NS) de la nappe d'eau, l'abaissement de l'eau dans le point de pompage (forage ou puits) appelé niveau dynamique (ND) qui va créer par son accroissement dans l'espace de l'aquifère un cône de dépression (figure III.03) ; Les niveaux dynamiques dans le forage d'extraction et les piézomètres d'observation sont observés pendant un certain temps de pompage, les résultats enregistrés de la variation du niveau dynamique en fonction du temps sont reportés sur des graphiques, qui sont ensuite interprétés par plusieurs méthodes pour calculer les différents paramètres hydrodynamiques de l'aquifère.

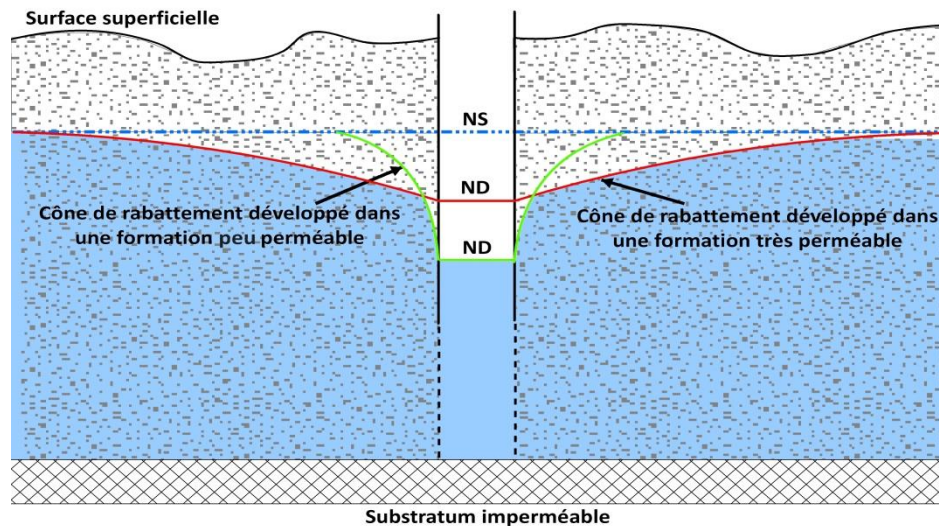


Fig. III.03 – Cônes de rabattement dû à un essai de pompage.

Selon le degré de la perméabilité de la formation géologique de l'aquifère, on distingue deux types de cônes de rabattement ou de dépression (figure III.03) :

- ✓ Pour une formation très perméable \rightsquigarrow le cône de rabattement se propage très loin dans le puits de pompage ;
- ✓ Pour une formation peu perméable \rightsquigarrow le cône de rabattement se propage dans un espace limité.

4. Différents types d'essais de pompage

Il existe de nombreux types d'essais d'aquifère parmi lesquels il faut choisir. Les essais les mieux adaptés aux situations dans lesquelles travaillent les ingénieurs sont les suivantes :

4.1. Essai de puits / Essai par paliers de débit (pompage courte durée) :

L'essai par paliers de débit ou essai de puits est conçu pour tester assez rapidement le rapport entre le rabattement de la nappe et l'efficacité de l'ouvrage de captage. Se pratique par la réalisation de pompages de courte durée de trois à cinq pompages, avec une série de paliers à débit différent et à durée identique généralement de 2h à 3h ; Cela signifie que l'on pompe d'abord au débit Q_1 pendant le temps Δt , puis au débit Q_2 pendant la même durée de temps (Δt)... etc., tout en mesurant le rabattement à la fin de chaque palier ainsi que le débit exhauré, chaque palier de débit est suivi d'un temps d'arrêt de pompage permettant la remontée stabilisée de la nappe (figure III.04).

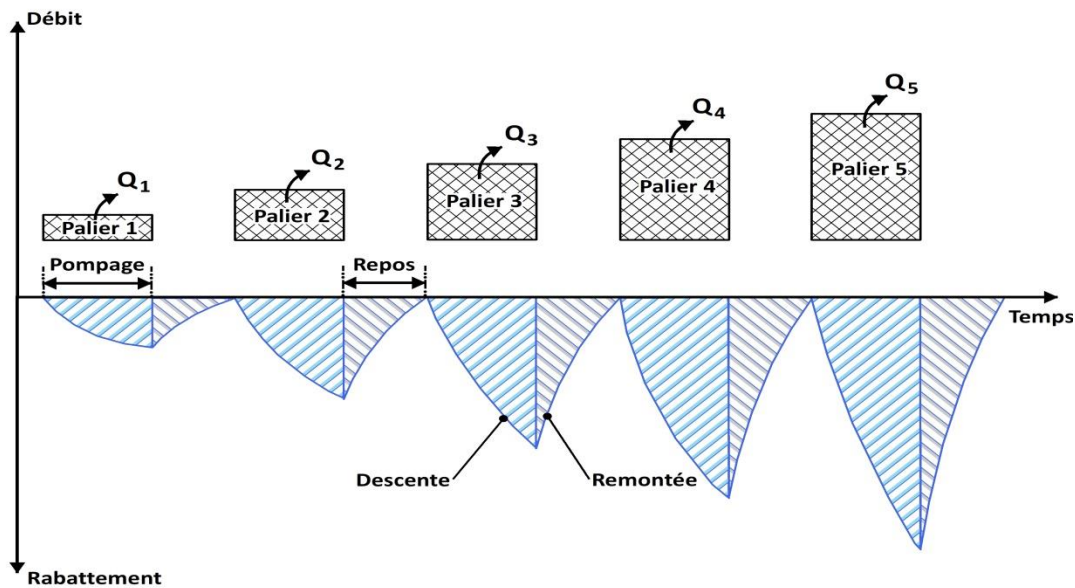


Fig. III.04 – Exemple d'essai par paliers de débit.

4.2. Essai de nappe / Essai à débit constant (pompage longue durée) :

Il s'agit d'un essai de pompage à un débit constant, caractérisé par une longue durée de pompage variable d'une nappe à l'autre selon les caractéristiques du complexe nappe/aquifère; il peut durer encore plus longtemps que dans l'essai de puits. L'essai à débit constant est conçu avant tout pour donner des informations sur les conditions aux limites et les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère (perméabilité, transmissivité, coefficient d'emmagasinement et la diffusivité hydraulique).

Lors de pompage et après l'arrêt de la pompe, on mesure l'évolution du niveau piézométrique avec le temps à la fois dans le forage de pompage et dans les piézomètres d'observation à proximité, jusqu'à obtenir une stabilisation du niveau de la nappe.

5. Pourquoi réaliser les essais de pompage ?

L'interprétation des résultats des essais de pompage permet de répondre à plusieurs préoccupations socio-économiques et environnementales. Les essais de pompage ont pour objectifs :

❖ Dans le cas d'un essai par paliers de débit :

- ✓ La détermination des caractéristiques de références de l'ouvrage de captage (productivité de l'ouvrage, débit spécifique, rabattement spécifique, pertes de charge,... etc.) ;
- ✓ L'élaboration d'une courbe caractéristique de l'ouvrage testé, qui représente sa carte d'identité ;
- ✓ La recherche des conditions optimales d'exploitation (débit de pompage optimal, quantité d'eau exploitable, durée d'exploitation, type de pompe, position d'installation de la crépine,... etc.).

❖ Dans le cas d'un essai de nappe :

- ✓ La détermination des paramètres hydrodynamiques caractéristiques de l'horizon aquifère (K, T, S) qui sont largement utilisés dans la modélisation mathématique du comportement des nappes souterraines ;
- ✓ Le contrôle de l'évolution des rabattements en fonction du débit et du temps pour une exploitation de longue durée ;
- ✓ L'appréciation de degré de vulnérabilité de la nappe d'eau.

6. Régimes d'écoulement :

A débit constant, deux concepts du régime d'écoulement sont considérés par référence à l'influence du temps de pompage :

6.1. Régime transitoire (ou de non équilibre) :

L'écoulement en régime de non-équilibre (transitoire), c'est un écoulement dont le flux et la direction en un point donné, varient dans le temps ; se produit entre le début du pompage et le moment où l'on atteint une stabilisation du niveau de la nappe (figure III.05).

Par conséquent, si l'on pompe à débit constant dans une nappe parfaitement captive, on observera toujours un régime transitoire. Dans la réalité, on considérera que l'écoulement vers un ouvrage de captage est en régime transitoire tant que, dans les piézomètres d'observation, l'accroissement des rabattements causés par le pompage seul est mesurable dans le temps, c'est la base des expressions de chercheurs Theis et Jacob.

6.2. Régime permanent :

L'écoulement en régime permanent, c'est un écoulement à flux constant sous des conditions de potentiel invariables dans le temps. Il est atteint si l'évolution du rabattement avec le temps dans les piézomètres d'observation devient négligeable, ou si le gradient hydraulique autour de l'ouvrage de captage devient constant; c'est-à-dire il y a un équilibre entre le débit sortant de l'ouvrage et le débit entrant par ailleurs dans la nappe (figure III.05).

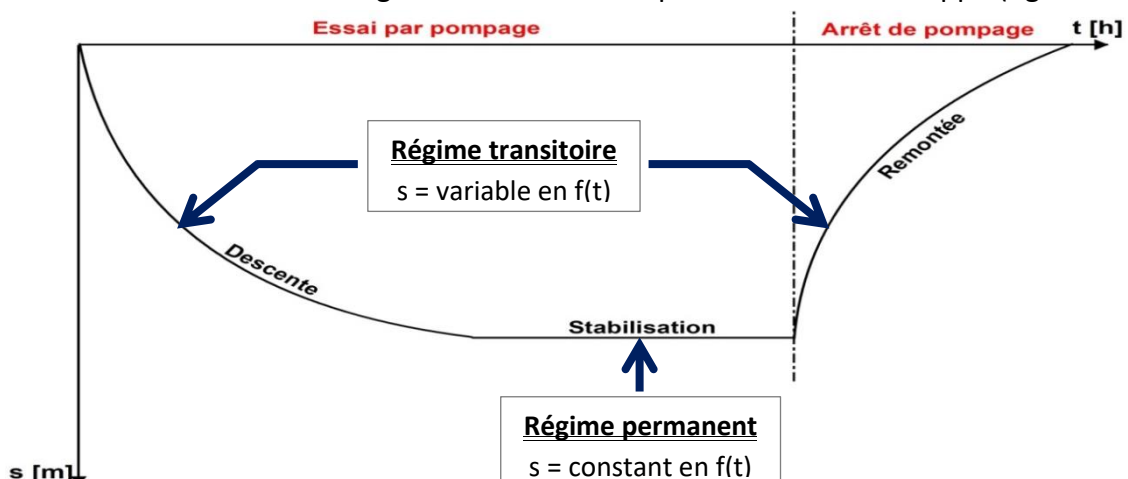


Fig. III.05 – Différents types de régimes d'écoulement.

7. Méthodes d'interprétation des pompages d'essai :

L'interprétation des résultats de pompage variable en d'essai est basée essentiellement sur les travaux de plusieurs chercheurs ; dans cette partie, on décrit les principales méthodes dont on dispose aujourd'hui pour interpréter ces résultats de pompages. Comme il est impossible de passer en revue toutes les méthodes, on a sélectionné un certain nombre de modèles que l'on applique couramment dans les conditions réelles du terrain, et ce, dans différentes situations de réalisation de pompages.

Cependant, la méthode d'interprétation des données d'un pompage d'essai qui convient à toute situation particulière dépend, parmi d'autres facteurs, du type de régime d'écoulement, de la période de temps correspondante aux données observées, et de la répartition dans le temps et dans l'espace des données recueillies.

Donc, voici maintenant les hypothèses communes sur lesquelles sont toutes les méthodes d'analyse des renseignements recueillis au cours d'un essai de pompage :

1. L'aquifère a une extension latérale apparemment illimitée ;
2. L'aquifère est homogène, isotrope et d'épaisseur uniforme dans la zone influencée par le pompage d'essai ;
3. Les caractéristiques géométriques et hydrauliques (K , T , S , e) constantes dans le temps et dans l'espace ;
4. Avant le pompage, le niveau piézométrique est presque horizontal dans la zone influencée par le pompage ;
5. On pompe à un débit constant ($Q=cte$) ;
6. Les conditions de pompage sont idéales (écoulement laminaire et pas perturbation autour de la crépine) ;
7. Le puits d'essai pénètre entièrement l'aquifère et l'eau arrive en écoulement horizontal sur toute l'épaisseur de la nappe.

7.1. Interprétation des pompages d'essai "essais de nappes"

1- Dans un régime permanent :

a) Méthode de Thiem 1906 (nappe captive) :

En plus des hypothèses déjà énumérées, on doit satisfaire aussi les conditions suivantes:

- ✓ La nappe est captive entre un toit et un substratum imperméables ;
- ✓ Le type d'écoulement vers le puits de pompage est en régime permanent.

Pour mesurer la conductivité hydraulique in-situ d'un aquifère à nappe captive, si le régime d'écoulement est permanent (figure III.06).

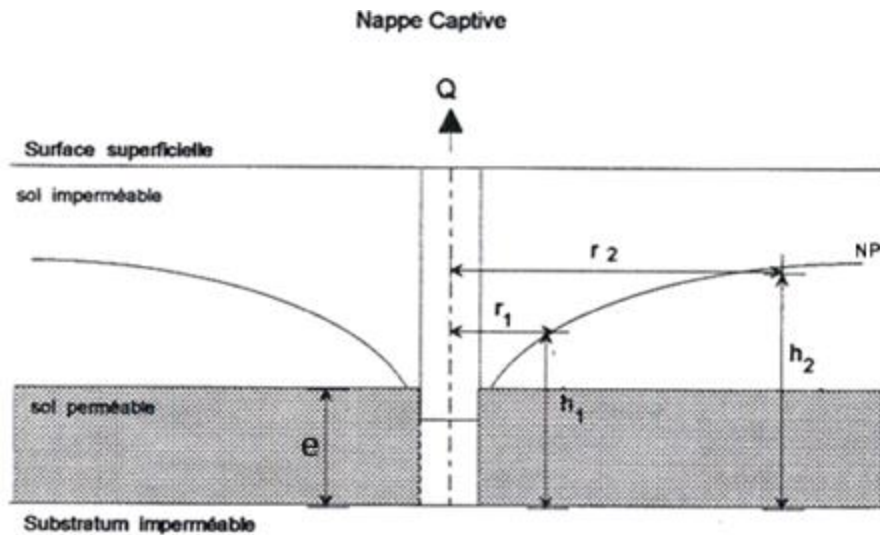


Fig. III.06 – Essai de pompage dans un aquifère a nappe captive.

Thiem en **1906**, démontra que le Q du puits de pompage peut s'écrire sous la forme :

$$Q = \frac{2\pi * T * (h_2 - h_1)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

Avec :

$$T = K * e$$

>>> La signification des symboles est la suivante :

Q : Débit de pompage, en m^3/min ; T : Transmissivité de l'aquifère, en m^2/min ;

K : Conductivité hydraulique, en m/min ; e : L'épaisseur de l'aquifère, en mètres ;

h_1 et h_2 : Les hauteurs respectives de l'eau dans les piézomètres 1 et 2 [m] ;

r_1 et r_2 : Les distances entre le puits de pompage et les piézomètres 1 et 2 [m].

Dans le terrain, on est davantage intéressé par le rabattement (s) que par la valeur absolue de la hauteur h . On peut écrire alors :

$$Q = \frac{2\pi * T * (s_1 - s_2)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

Dans laquelle : s_1 et s_2 sont les rabattements stabilisés dans les piézomètres 1 et 2, en m.

>>> Le calcul des paramètres hydrodynamiques, à savoir la transmissivité et la conductivité hydraulique d'un aquifère, se fait en utilisant un mode parmi les deux suivants :

✚ **Mode opératoire N° 01 : (solution analytique)**

On porte directement dans l'équation mathématique de Thiem les valeurs numériques du débit de pompage, du rabattement mesuré dans les ouvrages d'observation et des

distances entre le puits de pompage et ces ouvrages; on peut alors déduire la transmissivité T et le coefficient de perméabilité K par les relations suivantes :

$$T = \frac{Q}{2\pi * (s_1 - s_2)} * \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

$$K = \frac{T}{e}$$

Dans le cas où l'on dispose de plus de deux ouvrages d'observation (piézomètres) >>> on recommence cette opération pour tous les couples possibles de piézomètres.

Théoriquement, les résultats doivent être en bon accord entre eux. Cependant, dans la pratique, les calculs donnent des valeurs plus ou moins égales de la transmissivité, dont la moyenne donne le résultat final (Kruseman 1973).

Mode opératoire N° 02 : (solution graphique)

Cette solution est applicable, si le nombre de piézomètres d'observation dépasse deux (figure III.07) ; elle consiste à :

- Reporter les valeurs des rabattements (s) observés dans chaque piézomètre en fonction de leur distance (r) au puits de pompage, sur une feuille de papier semi-logarithmique : les rabattements sont portés sur l'axe des Y (ordonnées) avec échelle arithmétique et les distances sur l'axe des X (abscisses) avec échelle logarithmique ;
- Tracer la droite d'ajustement des points rabattement-distance qui s'adapte le mieux à l'ensemble des points ;
- Mesurer la pente C de la droite d'ajustement sur un cycle logarithmique qui représente la différence de rabattement entre deux modules ($C=\Delta s$) ;
- Déterminer les paramètres hydrodynamiques (T et K) à l'aide de l'équation réduite de Thiem :

$$Q = \frac{2\pi * T}{2,3} * C$$

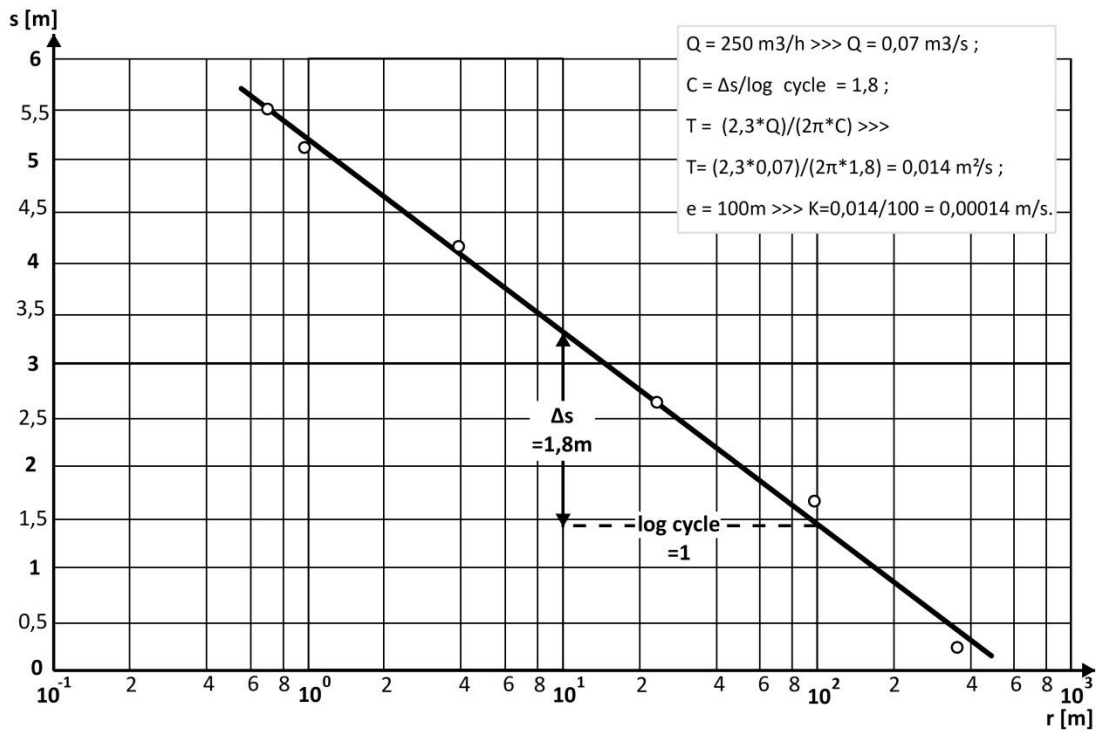


Fig. III.07 – Exemple d’interprétation graphique d’un essai de pompage en régime permanent dans une nappe captive (méthode de Thiem 1906).

b) Méthode de Dupuit 1863 (nappe libre) :

En 1863, Dupuit fût le premier chercheur à développer une méthode pratique de résolution des problèmes des puits dans les aquifères à nappe libre, qui s’appuie également sur l’interprétation des résultats de pompages d’essai (figure III.08) ; Dupuit montra que le débit de pompage est lié entièrement avec le rayon d’action et la perméabilité du terrain.

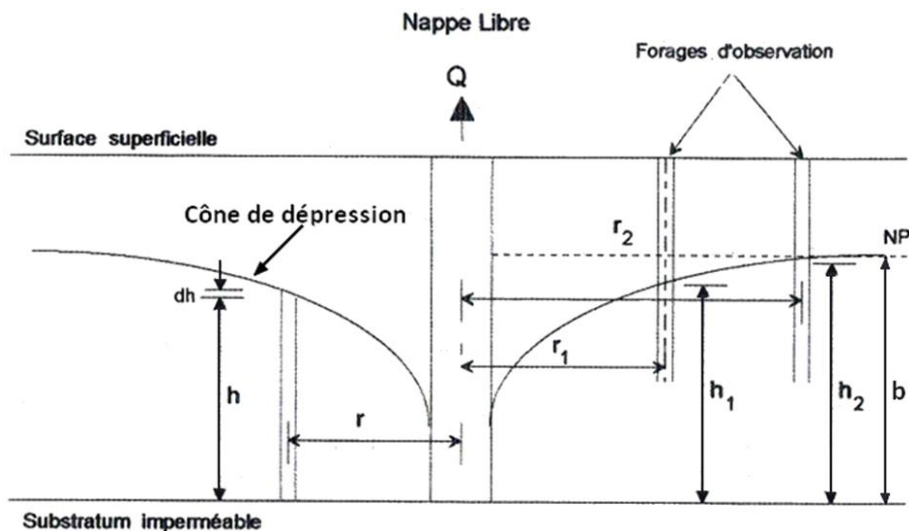


Fig. III.08 – Essai de pompage dans un aquifère a nappe libre.

En plus de sept hypothèses énumérées auparavant, le modèle de Dupuit doit répondre aux conditions suivantes :

- ✓ La nappe est libre ;
- ✓ L'écoulement vers le puits est en régime permanent.

On peut écrire alors l'expression du débit d'un puits sous la forme :

$$Q = \frac{\pi * K * (h_2^2 - h_1^2)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

Etant donné que $h = b - s$, l'équation de Dupuit devient alors :

$$Q = \frac{\pi * K * [(b - s_2)^2 - (b - s_1)^2]}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

Si on multiplie l'équation par $2b$, on obtient :

$$Q * 2b = \frac{\pi * K * [(b - s_2)^2 - (b - s_1)^2] * 2b}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

$$Q = \frac{\pi * K * [(b - s_2)^2 - (b - s_1)^2] * 2b/2b}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

$$Q = \frac{2\pi * K * b * [(s_1 - s_1^2/2b) - (s_2 - s_2^2/2b)]}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

En posant $s_c = s - s^2/2b$; dans laquelle :

s_c : Le rabattement corrigé exprimé en m ;

s : Le rabattement observé exprimé en m ;

b : L'épaisseur noyée de l'aquifère au repos exprimé en m.

Donc l'équation de Dupuit devient :

$$Q = \frac{2\pi * K * b * (s_{c1} - s_{c2})}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} = \frac{2\pi * T * (s_{c1} - s_{c2})}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

Cette équation est semblable à celle de Thiem établie pour un puits en nappe captive >>> l'on doit donc suivre les mêmes modes opératoires que ceux que l'on a décrits dans la section précédente, pour calculer les paramètres hydrodynamique de l'aquifère (K et T). Mais il faut faire attention ; corriger les rabattements observés avant d'entamer dans les étapes de modes opératoires.

N.B: Les deux équations de **Thiem** et de **Dupuit** ne dépendent pas du paramètre de temps, parce que dans le régime permanent les différences de rabattements en fonction du temps sont réellement négligeables, c'est-à-dire $\Delta s = cte$ (débit sortant = débit entrant).

2- Dans un régime transitoire :

a) Méthode de Theis 1935 (papier bi-log):

En 1935, Theis fut le premier chercheur à développer une solution pratique pour l'écoulement des eaux souterraines en régime de non équilibre (transitoire), et ce pour étudier la répartition du potentiel hydraulique autour du puits et en fonction du temps.

Le modèle de Theis doit répondre aux hypothèses générales déjà mentionnées, et aussi aux conditions suivantes :

- ✓ Essai de pompage dans un aquifère à nappe captive ;
- ✓ Le type d'écoulement vers le puits de pompage est en régime transitoire ;
- ✓ Le diamètre du puits de pompage est petit.

La formule de Theis s'énonce comme suit :

$$s = \frac{Q}{4\pi * T} * \int_u^{\infty} \frac{e^{-u} * du}{u} = \frac{Q}{4\pi * T} * W(u)$$

Avec :

$$u = \frac{r^2 * S}{4 * T * t} \quad \rightsquigarrow \quad S = \frac{4 * T * t * u}{r^2}$$

W(u) : Fonction exponentielle intégrale décroissante ;

u : Variable indépendante de la fonction W(u) ;

s : Rabattement mesuré, en m ;

Q : Débit constant de pompage, en m³/min ;

T : Transmissivité de l'aquifère, en m²/min ;

S : Coefficient d'emmagasinement de l'aquifère, sans dimension ;

r : Distance du piézomètre d'observation à l'axe du puits, en m ;

t : Temps écoulé depuis le début du pompage, en min.

Mode opératoire :

La méthode de non équilibre ou de Theis (figure III.09), consiste à :

- Représenter les valeurs observées du rabattement s en fonction de t/r^2 sur une feuille bi-logarithmique transparent de même module que la courbe-type de Theis (voir annexe), il convient d'utiliser l'échelle des ordonnées (Y) pour les valeurs de rabattement s et l'échelle des abscisses (X) pour t/r^2 ;
- Superposer la courbe de données observées (s en fonction de t/r^2) à la courbe-type de Theis ($W(u)$ en fonction de $1/u$), en conservant le parallélisme absolu entre les axes repères jusqu'à obtenir la meilleure coïncidence entre les deux courbes ;
- Enfin, la coïncidence des deux courbes, dans la zone de chevauchement des deux feuilles >>> choisir un point de référence "matching point" quelconque du plan (x), en fait, les calculs seront plus faciles si l'on choisit ce point de façon que $W(u) = 1$ et $1/u = 10$. L'identification des coordonnées de ce point suivant les deux systèmes $[W(u), 1/u]$ et $[s, t/r^2]$ permet de déterminer T et S par les formules suivantes :

$$T = \frac{Q}{4\pi * s} * W(u) \quad ; \quad S = \frac{4T}{1/u} * t/r^2$$

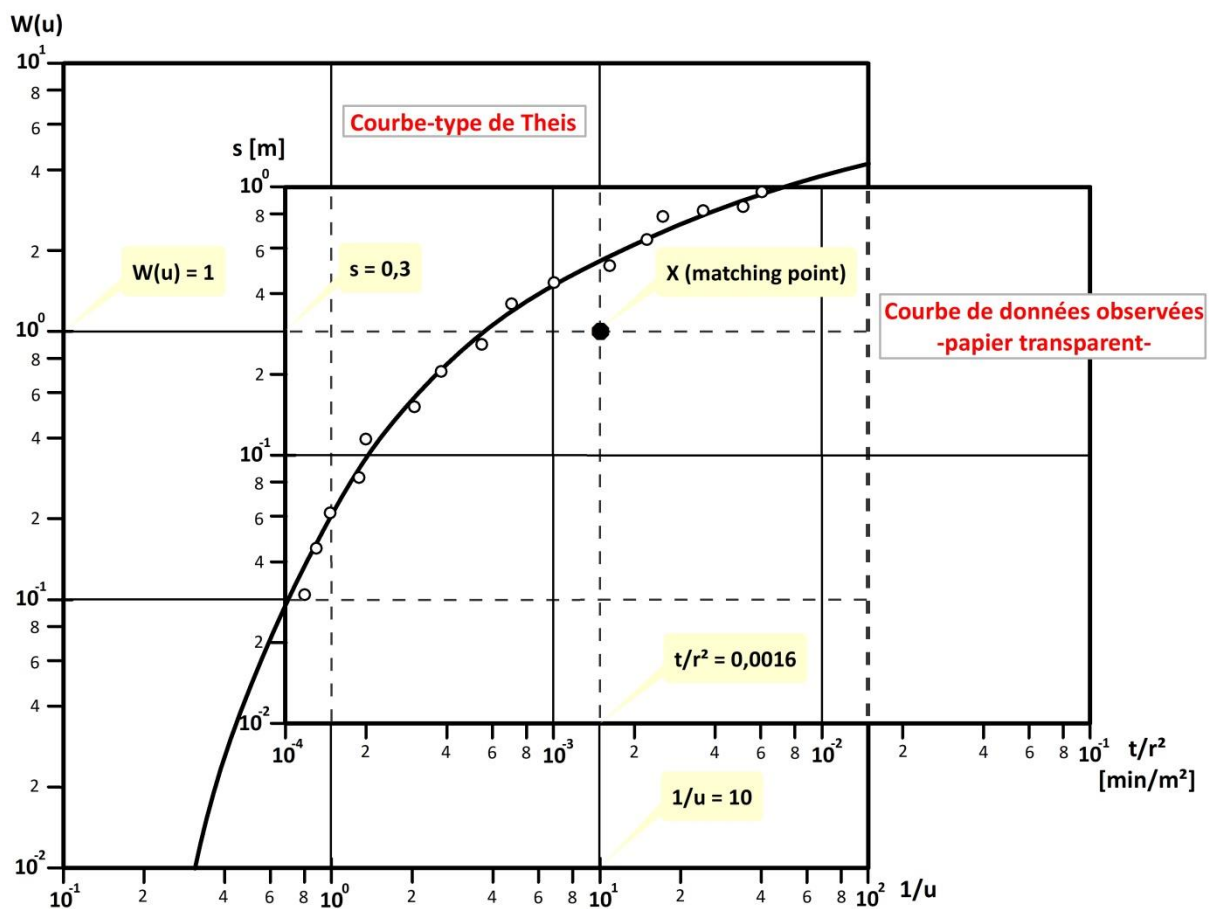


Fig. III.09 – Exemple d'application de la méthode de Theis 1935 (courbe-type).

b) Méthode de Jacob 1946 (papier semi-log) :

Jacob, qui a donné son nom à cette méthode, a observé que pour des valeurs petit de la variable indépendante de Theis ($u < 0,01$) c'est-à-dire pour des durées de pompage relativement longues $\left\{u = \frac{r^2 * S}{4 * T * t} < 0,01 \rightsquigarrow t > 100 \frac{r^2 * S}{4T}\right\}$, et lorsque la distance du piézomètre d'observation à l'axe du forage (r) est petit; l'équation de Theis peut être donc remplacée par son approximation logarithmique. Ainsi, le rabattement (s) s'écrit :

$$s = \frac{2,3Q}{4\pi * T} * \log_{10} \left(\frac{2,25T * t}{S * r^2} \right)$$

Cette solution est valable, si l'on se trouve dans les mêmes hypothèses que celles de Theis et en plus les valeurs de la variable u sont suffisamment faibles ($u < 0,01$) ; c'est-à-dire que le temps t est élevé et la distance r est courte.

Mode opératoire :

On peut employer le procédé suivant pour déterminer graphiquement les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère (figures III.10 et III.11) :

- Reporter sur un papier semi-log les valeurs du rabattement s en fonction de (t/r^2) correspondant ou du temps t si l'on utilise un seul piézomètre (les rabattements exprimés en m étant en ordonnées avec échelle linéaire tandis qu'en abscisses, on a le rapport (t/r^2) ou le temps de pompage en échelle logarithmique) ;
- Tracer la droite d'ajustement représentative de l'expression de Jacob passant par les points obtenus ;
- Calculer la pente C de la droite d'ajustement, $s = f \left[\log \left(\frac{t}{r^2} \right) \text{ ou } \log(t) \right]$ numériquement sa valeur absolue, égale à l'augmentation de rabattement Δs par un cycle logarithmique ;
- Prolonger la droite d'ajustement jusqu'à l'axe des abscisses où le rabattement est nul, et mesurer la distance t_0 ou $(t/r^2)_0$ à partir du point d'intersection de la droite avec l'axe des abscisses ;
- Enfin, calculer les paramètres T et S par l'intermédiaire des formules suivantes :

$$T = \frac{2,3 * Q}{4\pi * C} \quad ; \quad S = 2,25 * T * \left(\frac{t}{r^2} \right)_0$$

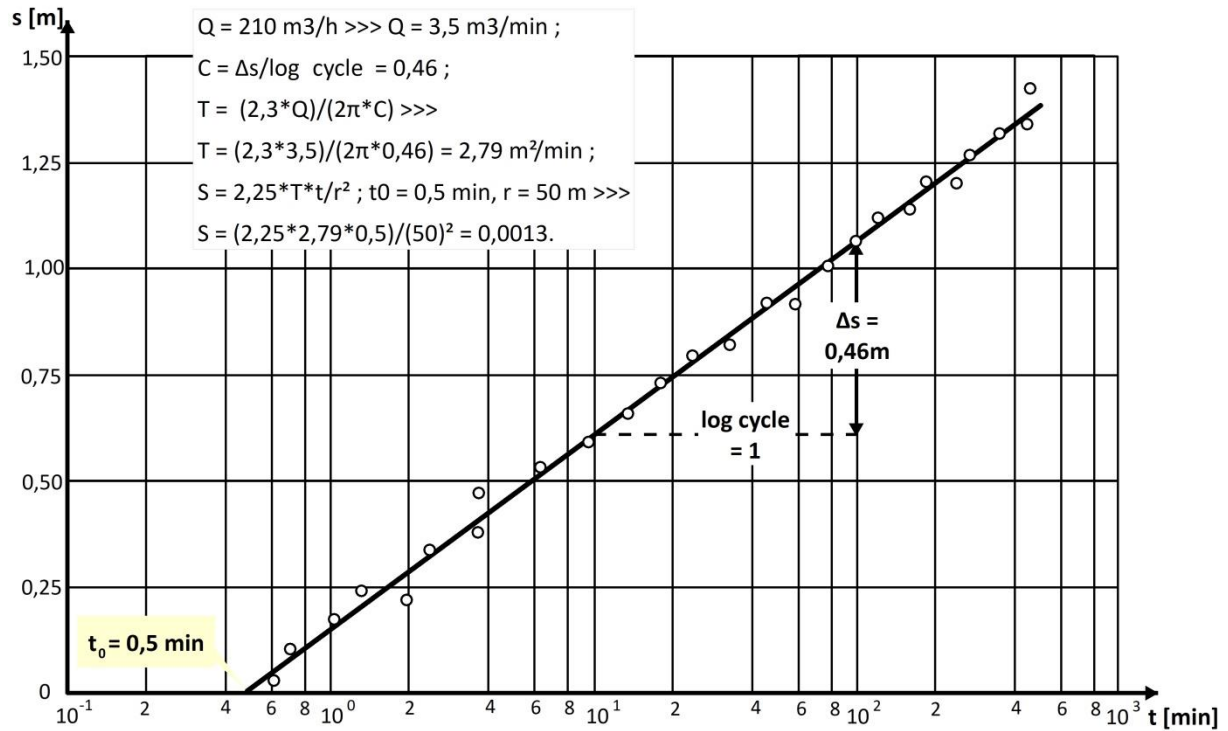


Fig. III.10 – Exemple d'application de la méthode de Jacob 1946, avec un seul piézomètre d'observation.

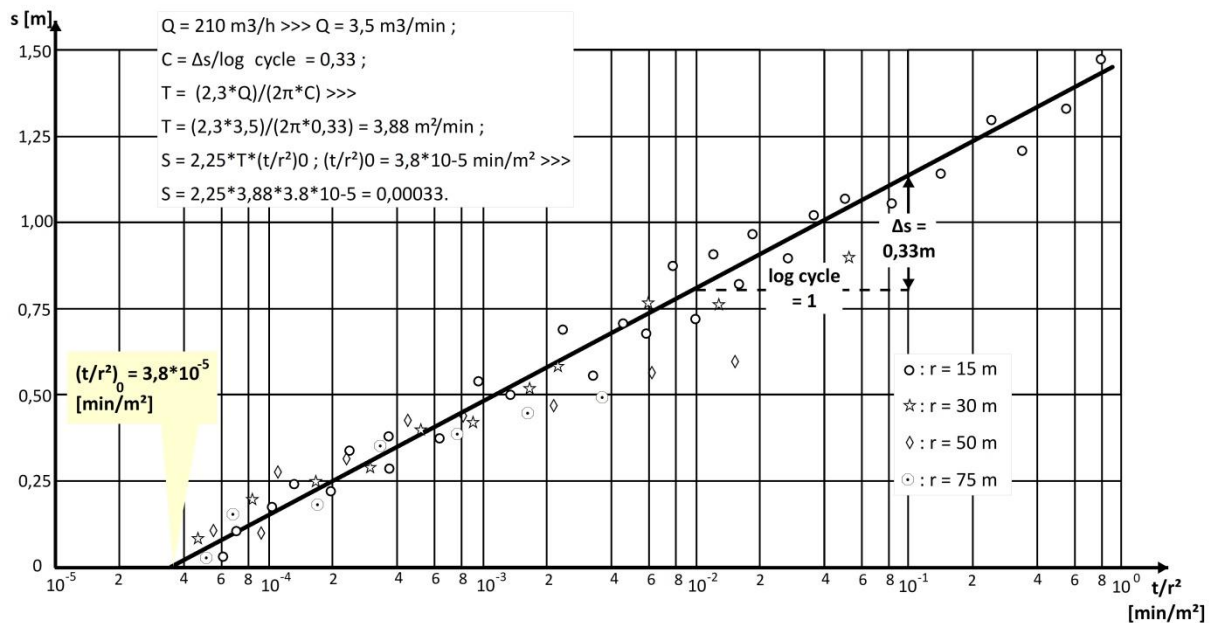


Fig. III.11 – Exemple d'application de la méthode de Jacob 1946, avec plusieurs piézomètres d'observation.

3- Rabattement résiduel :

L'essai de remontée de la nappe (rabattement résiduel) consiste à observer la remontée de niveau dynamique immédiatement après l'arrêt du pompage à la fin d'un essai de pompage à débit constant et parfois après un essai par paliers. Cette méthode est utile pour

contrôler le résultat obtenu de la transmissivité lors de la phase de de pompage c'est-à-dire lors de la descente de la nappe.

L'équation du rabattement résiduel de Theis-Jacob, peut s'écrire sous la forme suivante :

$$s' = \frac{Q}{4\pi * T} * \left[\ln \left(\frac{4T * t}{S * r^2} \right) - \ln \left(\frac{4T * t'}{S' * r^2} \right) \right]$$

Q : Débit de remontée = Débit de pompage en [m³/min] ;

r : Distance entre le puits de pompage et le piézomètre d'observation [m] ;

s' : Rabattement résiduel dans le puits de pompage ou dans les piézomètres [m] ;

T : Transmissivité de l'aquifère [m²/min] ;

S : Coefficient d'emmagasinement de l'aquifère durant le pompage [sans dimension] ;

S' : Coefficient d'emmagasinement de l'aquifère durant la remontée [sans dimension] ;

t : Temps calculé depuis le commencement du pompage [min] ;

t' : Temps calculé depuis l'arrêt du pompage [min].

Avec : $t = t' + t_0$, t_0 représente la durée totale de pompage.

Si les deux coefficients d'emmagasinement S et S' sont constants et égaux durant la descente et la remontée de la nappe, l'équation du rabattement résiduel devient alors :

$$s' = \frac{2,3 * Q}{4\pi * T} * \log \left(\frac{t}{t'} \right)$$

Mode opératoire :

Le calcul des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère se fait, comme précédemment, on procède de la même façon que pour la méthode de Jacob, sur un papier semi-logarithmique on trace la courbe du rabattement résiduel s' (en ordonnée) en fonction du rapport $\frac{t}{t'}$ (en abscisse). Ensuite on trace la droite d'ajustement rencontre l'axe des temps où $s'=0$ au point $\log \left(\frac{t}{t'} \right) = 0$ et on relève sur le graphique la pente de cette droite (C) ; elle représente la différence de rabattement résiduel par cycle log de $\frac{t}{t'}$ (figure III.12).

On peut alors calculer la transmissivité de l'aquifère par :

$$C = \frac{2,3 * Q}{4\pi * T} \quad \rightsquigarrow \quad T = \frac{2,3 * Q}{4\pi * C}$$

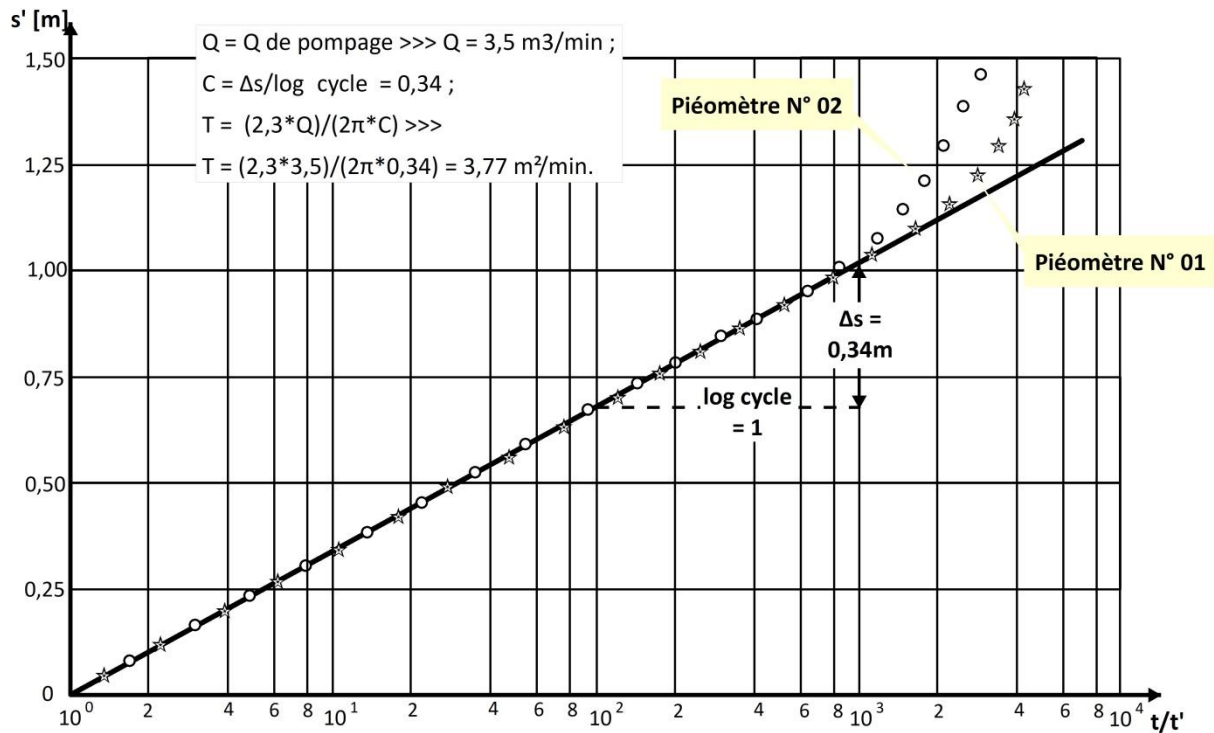


Fig. III.12– Exemple d'interprétation de la remontée de la nappe par la méthode de Jacob 1946.

N.B.: Notons enfin que seule la transmissivité (T) peut être déterminée par cette méthode ; on ne peut pas obtenir de valeur du coefficient d'emmagasinement (S) à partir de la courbe de remontée.

7.2. Méthodes d'interprétation des pompages d'essai (Essais de puits) :

L'essai de puits (well test) est conçu essentiellement pour caractériser la performance de l'ouvrage de captage (forage ou puits). D'après Jacob, le rabattement de la nappe (s) mesuré dans l'ouvrage de captage à un instant donné (t), est la somme de deux termes nommés pertes de charge ; le premier représente la perte de charge linéaire provoquée par l'écoulement laminaire dans l'aquifère à l'entour de l'ouvrage ($A * Q$), et le second correspond à une perte de charge quadratique provoquée par l'écoulement turbulent dans l'ouvrage de captage notamment dans les équipements de l'ouvrage (crépine, tubage,...) noté : $B * Q^2$. Ainsi, le rabattement (s) s'écrit :

$$s = A * Q + C * Q^2$$

Mode opératoire :

A la fin de chaque palier on obtient un couple de données mesurées (Q_i, s_i) ; en reportant les valeurs des rabattements spécifiques (s/Q) en fonction de débit (Q) sur un graphique arithmétique, avec s/Q en ordonnée et Q en abscisse pour obtenir ensuite une droite permet de déterminer les deux coefficients de pertes de charge (A et B).

Le coefficient "A" est obtenu par l'intersection de la droite avec l'axe des rabattements spécifiques (s/Q) et le coefficient "B" est égal à la pente de la droite (figure III.13) ; et

finalement la courbe caractéristique de l'ouvrage de captage est donnée par la fonction parabolique de Jacob $s = f(Q)$.

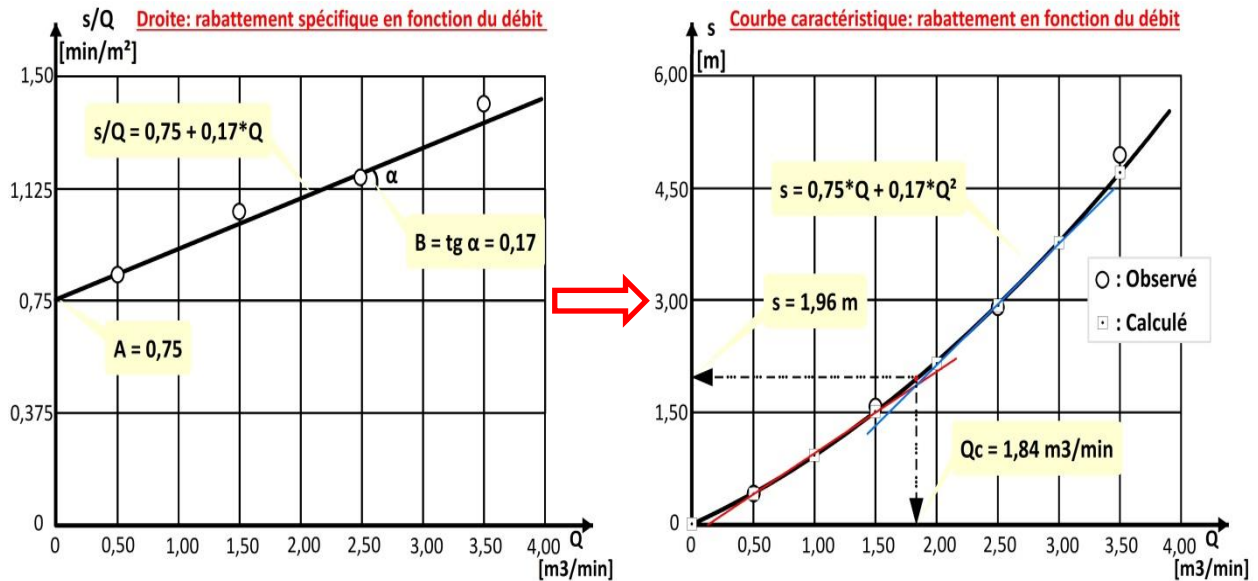


Fig. III.13 – Exemple d'interprétation de résultats d'essai de puits par quatre paliers de débits.

La courbe obtenue au temps t , permet de déterminer le débit critique d'exploitation (Q_c) au moment où l'écoulement laminaire fait place à un écoulement turbulent ; dite méthode du point d'équivalence entre les pertes de charges linéaires et quadratiques. A cet instant, le régime turbulent fait augmenter les pertes de charges quadratiques ; cela se traduit par un accroissement rapide du rabattement.

Il est préférable de ne pas dépasser le seuil de débit critique (rabattement maximum admissible) pour éviter le dénoyage de la pompe.

On peut donner le rendement (η) ou l'efficacité de l'ouvrage de captage par la relation suivante :

$$\eta = \frac{A * Q}{(A * Q + B * Q^2)} * 100$$

Logiciel AQTESOLV :

AQTESOLV (AQuifer **TE**st **SOL**Ver) c'est un logiciel de conception, d'interprétation et de prévision des essais des aquifères, notamment les essais de pompage ; il est développé par la société américaine de conseil en eau souterraine "HydroSOLVE, Inc". Actuellement, il est plus utilisé par les hydrogéologues pour la représentation et l'interprétation graphique des résultats des essais de pompage.