MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DE LA RECHERCHE

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 - 45018 Orléans Cédex - Tél.: (38) 63.00.12

PART DU DÉBIT D'UN PUITS PROVENANT D'UN COURS D'EAU VOISIN

CALCUL EN RÉGIME PERMANENT

par

Luc LE BARBÉ

stagiaire E.N.S.G.

Département géologie de l'aménagement

Hydrogéologie

B.P. 6009 - 45018 Orléans Cédex - Tél.: (38) 63.00.12

75 SGN 159 AME

Janvier 1975

RÉSUMÉ

Le problème de la proportion du débit d'un captage provenant d'un cours d'eau contigu a été abordé précédemment en régime permanent ou transitoire. L'étude effectuée présentement au cours d'un stage permet de tenir compte de l'écoulement naturel de la nappe, paramètre négligé jusqu'ici.

Les abaques joints au présent rapport permettent de calculer rapidement la part du débit prélevé à la rivière pour une configuration donnée et donc de rechercher l'implantation la meilleure pour le ou les captages.

Ce rapport a été rédigé dans le cadre des études méthodologiques du département géologie de l'aménagement, dans le domaine de l'hydrogéologie.

S O M M A I R E

INTRODUCTION

L'objet de cette étude est d'évaluer, dans le cas de puits situés dans les nappes en communication avec un cours d'eau, le pourcentage du débit tiré de celui-ci en fonction des paramètres hydrogéologiques du terrain, de la position et du débit des ouvrages.

Cette détermination permet de résoudre deux sortes de problèmes :

- Dans le cas où les ouvrages sont déjà implantés, la connaissance de cette relation permet d'évaluer, en cas de pollution chimique du cours d'eau, à quel débit il faut pomper pour faire en sorte que la concentration du polluant, dans l'eau tirée des puits, reste acceptable pour l'utilisation qu'on veut en faire. Cette évaluation sera, bien sûr, approximative, car elle suppose que la migration du polluant est identique à celle de l'eau ; mais elle présente cependant l'avantage d'être du côté de la sécurité et cela quelle que soit la nature du polluant.

- D'autre part, dans le cas de projet d'implantation de nouveaux ouvrages, cette relation peut permettre de trouver un positionnement optimal de ces ouvrages en fonction des débits qu'on veut tirer.

Le problème des captages d'eaux souterraines, puis des cours d'eau a été abordé par différents chercheurs notamment par COLLINS.

L'étude de A. HOUDAILLE et G. de MARSILLY[1] est la plus complète de ces études. Mais si elle se penche sur l'évolution du phénomène dans le temps, elle ne tient pas compte de l'écoulement naturel de la nappe. La présente étude par contre considère les effets de ce paramètre. Elle est limitée au régime permanent uniquement.

On trouvera à la fin de ce rapport des abaques permettant de résoudre ces problèmes, dans le cas d'un puits isolé et de deux puits disposés parallèlement à la rivière.

----

(1) Débits soustraits à une rivière par un pompage effectué dans une nappe alluviale par A. HOUDAILLE et G. de MARSILLY. Journées H. SCHOELLER, 2/4/69.

I - CAS D'UN PUITS ISOLE

On va étudier le cas où les berges ne sont pas colmatées et le cas où elles le sont.

Dans un cas comme dans l'autre, nous admettrons que :

- l'hypothèse de DUPUIT est valable,
- la nappe est homogène,
- la surface piézométrique initiale de la nappe est cylindrique (les courbes isopiézes initiales sont parallèles à la rivière),
- le contact rivière aquifère est parfait et il n'y a pas de surface de suintement,
- la rivière est à potentiel constant,
- l'eau de la nappe et de la rivière ont même viscosité et même densité.

Berges non colmatées :

L'expression du rapport du débit provenant de la rivière sur le débit total du puits est de la forme suivante :

Si $D = \frac{q_p}{\pi T J_o}$ et d = distance puits - rivière

pour $d \leqslant D$

$$\frac{q_r}{q_p} = \frac{2}{\pi}\left(+ \text{Arctg}\sqrt{\frac{D-d}{d}} - \frac{\sqrt{d(D-d)}}{D}\right)$$

pour $d \geqslant D$

$$\frac{q_r}{q_p} = 0$$

avec q_r = débit provenant de la rivière

q_p = débit du puits

Jo = valeur du gradient initial (avant le début du pompage) de la nappe au voisinage du cours d'eau

T = K.h., K étant la perméabilité, h l'épaisseur de la nappe

On trouvera à la fin de ce rapport l'abaque donnant $\frac{q_r}{q_p}$ en fonction de d en prenant pour paramètre $\frac{q_p}{TJo}$ (= πD).

On remarque de plus que q_r/q_p est fonction que du rapport d/D.

Demonstration

- on suppose que la rivière est rectiligne et infinie,
- on prendra comme axe des x le tracé de la berge de la rivière et comme axe des y l'axe perpendiculaire passant par le puits,
- le puits est distant de d de la rivière,
- q_p est le débit du puits,
- ϕ_i (y) = l'expression du potentiel de la nappe avant le pompage, la surface piézométrique de la nappe étant alors cylindrique, ϕ_i n'est fonction que de y,
- ϕ (x, y) l'expression du potentiel durant le pompage, le régime étant supposé permanent,
- ϕ_p (x, y) = l'expression du potentiel qu'aurait créé le puits, si la nappe avait été horizontale.

En vertu du principe de superposition des potentiels, on peut écrire :

$$\phi\ (x, y) = \phi_p\ (x, y) + \phi_i\ (x, y)$$

La rivière étant supposée à potentiel constant, en vertu du principe des images, ϕ_p est la somme des potentiels ϕ_{1p} et ϕ_{2p} créés par deux puits de même débit situés symétriquement par rapport à la rivière, l'un étant d'injection, l'autre de pompage.

soit : $\phi = \phi_{1p} + \phi_{2p} + \phi_i$

Pour déterminer q_r, on étudiera la valeur du gradient le long de la rivière (ce gradient est dirigé parallèlement à l'axe des y, la rivière étant une équipotentielle). S'il est positif (c'est-à-dire que la rivière draine) $q_r = 0$, s'il est négatif dans un intervalle x_1, x_2, la rivière cèdera un débit q_{r1}, à la nappe que l'on déterminera par la loi de Darcy. On admettra alors que $q_r = q_{r1}$; ceci implique que toutes les lignes de courant comprises entre

x_1 et x_2 convergent vers le puits et qu'aucune ne se rebrousse vers la rivière. Ce qui est vérifié si la surface piézométrique initiale est plane ou parabolique. On a représenté sur la figure 1 les lignes de courant, pour une surface piézométrique initiale plane.

donc :

soit J_y la composante perpendiculaire à la rivière du gradient,

$$J_y = \frac{\partial \phi}{\partial y} = \frac{\partial \phi_{1p}}{\partial y} + \frac{\partial \phi_{2p}}{\partial y} + \frac{\partial \phi_i}{\partial y}$$

Pour un puits situé dans une nappe horizontale, le gradient en un point est fonction que de r, distance du point au puits, et a pour expression, selon la loi de Darcy :

$$J_r = \frac{\partial \phi}{\partial r} = \frac{-q_p}{2\pi r h K} = \frac{-q_p}{2\pi T r}$$

K = perméabilité
h = épaisseur de la nappe
q_p = débit du puits

donc :

$$\frac{\partial \phi_{1p}}{\partial y} = \frac{\partial \phi_{1p}}{\partial r} \cdot \frac{\partial r}{\partial y} = + \frac{q_p}{2\pi T} \cdot \frac{1}{\sqrt{x^2+(y+d)^2}} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{2(y+d)}{\sqrt{x^2+(y+d)^2}} \right)$$

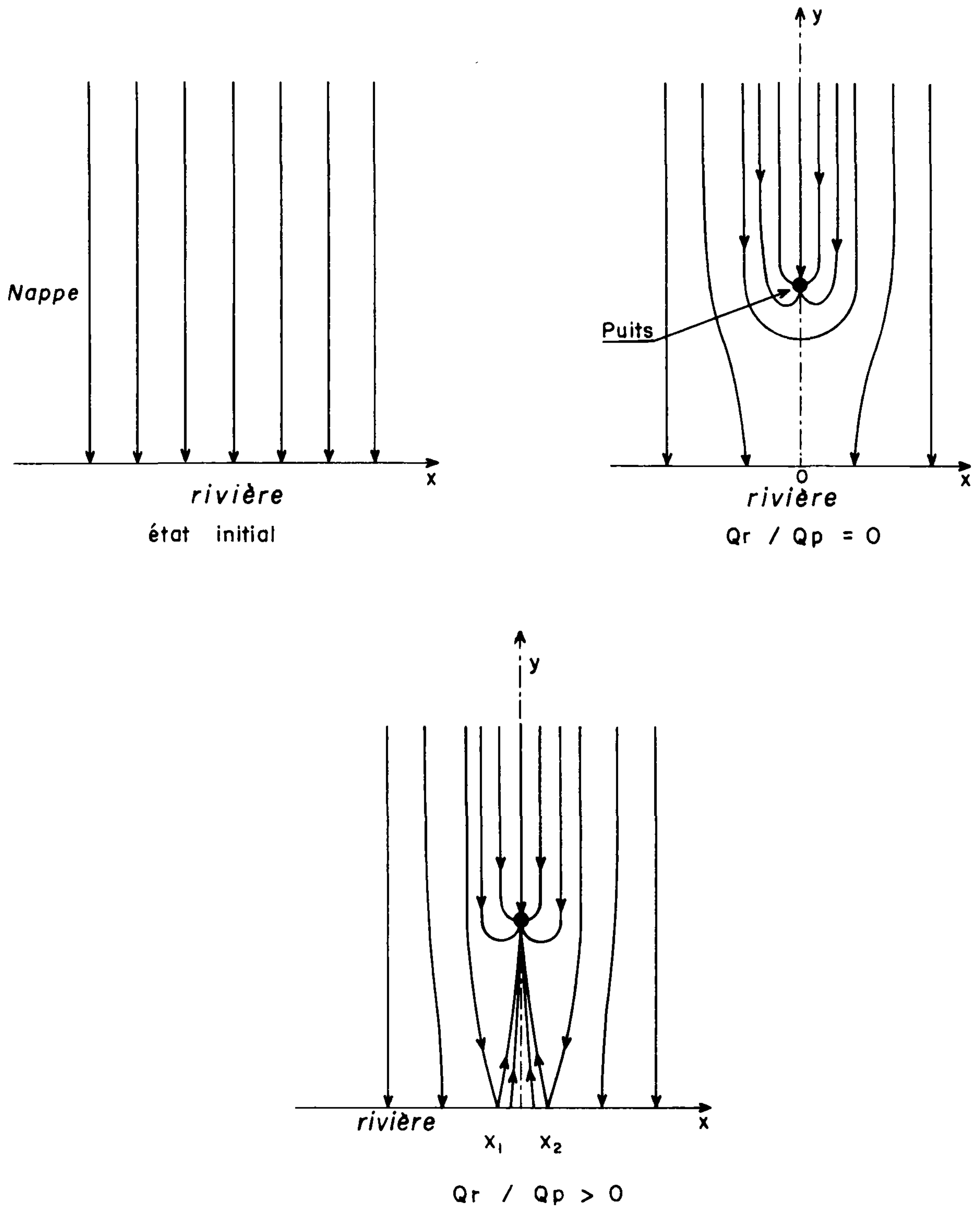
$$= + \frac{q_p}{2\pi T} \quad \frac{y+d}{(x^2+(y+d)^2)}$$

$$\frac{\partial \phi_{2p}}{\partial y} = \frac{\partial \phi_{2p}}{\partial r} \cdot \frac{\partial r}{\partial y} = \frac{-q_p}{2\pi T} \quad \frac{(y-d)}{x^2+(y-d)^2}$$

Si on pose

$$\frac{\partial \phi_i}{\partial y} = - Jo \quad (y)$$

Fig. 1


Nappe
x
rivière
état initial
y
Puits
0
x
rivière
Qr / Qp = 0
y
rivière
x
x_1
x_2
Qr / Qp > 0

On a

$$J_y = \frac{+q_p}{2\pi T}\left(\frac{(y+d)}{x^2+(y+d)^2} - \frac{(y-d)}{x^2+(y-d)^2}\right) - Jo(y)$$

Pour y = o

si

$$Jy = J \text{ et } Jo\ (y) = Jo$$

On a

$$J = \frac{+q_p}{\pi T}\ \frac{d}{(x^2+d^2)} - Jo$$

J s'annule pour

$$x^2 = \frac{q_p}{\pi T}\ \frac{d}{Jo} - d^2$$

Si on pose

$$\frac{q_p}{\pi T Jo} = D > 0$$

il faut pour que x existe que $d \leqslant D$; dans ce cas

$$x = \pm \sqrt{d(D-d)} = \pm X_1$$

et

$$q_r = \int_{-X_1}^{X_1} \left[+ \frac{q_p}{\pi T}\ \frac{d}{x^2+d^2} - Jo \right] T\, dx$$

soit

$$q_r = 2\left[+ \frac{q_p}{\pi}\ \text{Arctg}\ \frac{\sqrt{d(D-d)}}{d} - Jo\ T\ \sqrt{d(D-d)} \right]$$

soit

$$\boxed{\frac{q_r}{q_p} = \frac{2}{\pi}\left(\text{Arctg}\ \sqrt{\frac{D-d}{d}} - \frac{1}{D}\ \sqrt{d(D-d)}\right)}$$

valable si $d \leqslant D$

Au contraire si $d \geqslant D$ $\quad q_r = 0$.

Berges colmatées

On peut schématiser le colmatage des berges, par l'existence au contact aquifère-rivière, d'une mince couche verticale de perméabilité plus faible que celle de l'aquifère. Si K' est cette perméabilité, et b' l'épaisseur de cette couche, et K la perméabilité de l'aquifère, l'influence de cette couche sur les pertes de charges sera identique à celle qu'aurait une couche verticale de perméabilité K et d'épaisseur :

$$dc = \frac{K}{K'} \; b'$$

On est alors ramené au cas précédent, la variable considérée n'étant plus d, constante du puits à la rivière, mais d + dc.

Remarque

- On pourrait croire de prime abord que D, distance minimale pour laquelle q_r/q_p est égal à zéro, est inversement proportionnel à la perméabilité. En fait, il n'en est rien. En effet D est également inversement proportionnel à Jo qui lui-même peut être considéré comme inversement proportionnel à la perméabilité. Ce qui fait, qu'en fait, D peut être considéré comme indépendant de la perméabilité.

- Dans cette étude nous avons supposé connue la valeur de Jo. Si cette valeur n'est pas connue, on pourra la déduire de celle mesurée le long de la rivière à une distance x de l'origine par la formule suivante :

$$Jo \approx -Jy(x) + \frac{q_p}{2\pi T} \quad \frac{d}{x^2 + d^2}$$

- Dans le cas des berges colmatées : la valeur du gradient initial mesuré le long des berges ne sera pas celle à prendre en compte pour le calcul. Il faut en effet d'abord "homogénéiser" la nappe.

Si J' est cette valeur
b' l'épaisseur de la couche peu perméable
K' la perméabilité de la couche peu perméable
K la perméabilité de l'aquifère

On a vu précédemment qu'au point de vue des pertes de charge, la couche peu perméable était équivalente à une couche verticale de perméabilité et de largeur $dc = \frac{K}{K'} b'$.

Donc, dans le milieu rendu homogène, si Δh est la perte de charge dans la couche peu perméable, le gradient J à considérer dans le calcul sera :

$$J = \frac{\Delta h}{dc} = \frac{\Delta h \, K'}{K b'}$$

$$\Delta h = J' b'$$

$$\Rightarrow \qquad J = J' \frac{K'}{K}$$

II - CAS DE DEUX PUITS DE MEME DEBIT DISPOSES PARALLELEMENT A LA RIVIERE

Soit :

d = distance des puits à la rivière

$2d_1$ = la distance entre les deux puits

q_p = le débit de chaque puits

$$D = \frac{q_p}{\pi T J o}$$

On a pris comme axe des y la médiatrice du segment joignant les deux puits.

Le gradient le long de la rivière s'annulera pour les valeurs de X telles que :

$$\boxed{X^2 = d_1{}^2 - d^2 + Dd + \varepsilon \sqrt{D^2 d^2 + 4d_1{}^2 Dd - 4d_1{}^2 d^2}} \qquad \text{(a)}$$

Trois cas se présentent donc :

1 - Aucune valeur de X ne résoud cette équation ; dans ce cas (cas 1 de la figure 2)

$$\frac{q_r}{q_p} = 0$$

2 - 2 valeurs de X résolvent cette équation ; dans ce cas (cas 3)

$$\frac{q_r}{q_p} = \left[\frac{1}{\pi} \left(\text{Arctg} \frac{(x+d_1)}{d} + \text{Arctg} \frac{(x-d_1)}{d} - \frac{1}{D}\, x \right)_0^{X_1} \right]$$

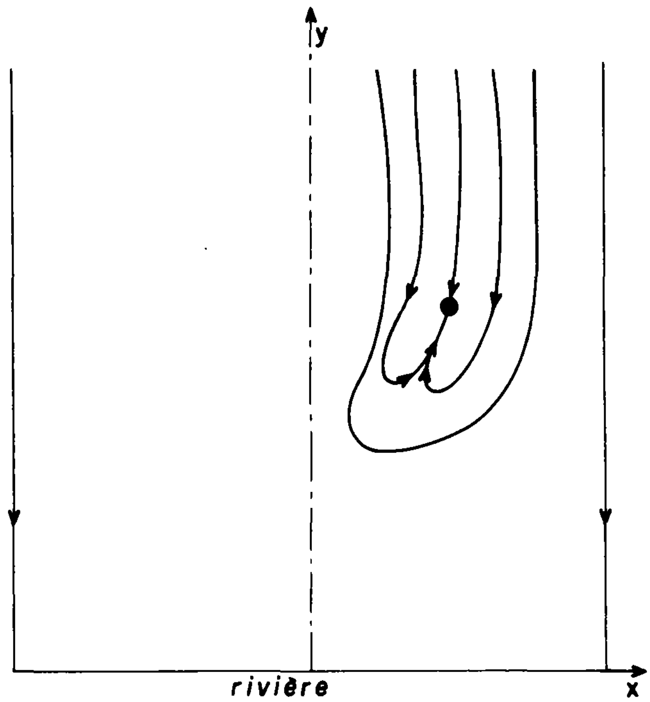
X_1 étant l'une des valeurs de X qui vérifie (a).

3 - 4 valeurs de X resolvent cette équation ; dans ce cas (cas 2)

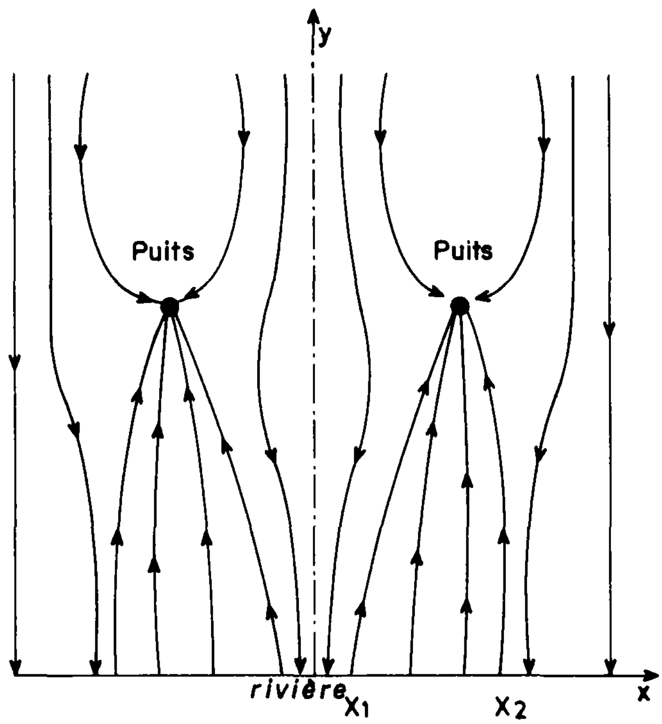
$$\frac{q_r}{q_p} = \left[\frac{1}{\pi} \left(\text{Arctg} \frac{(x+d_1)}{d} + \text{Arctg} \frac{(x-d_1)}{d} - \frac{1}{D}\, x \right)_{X_1}^{X_2} \right]$$

X_1 et X_2 étant deux valeurs de même signe, solutions de a.

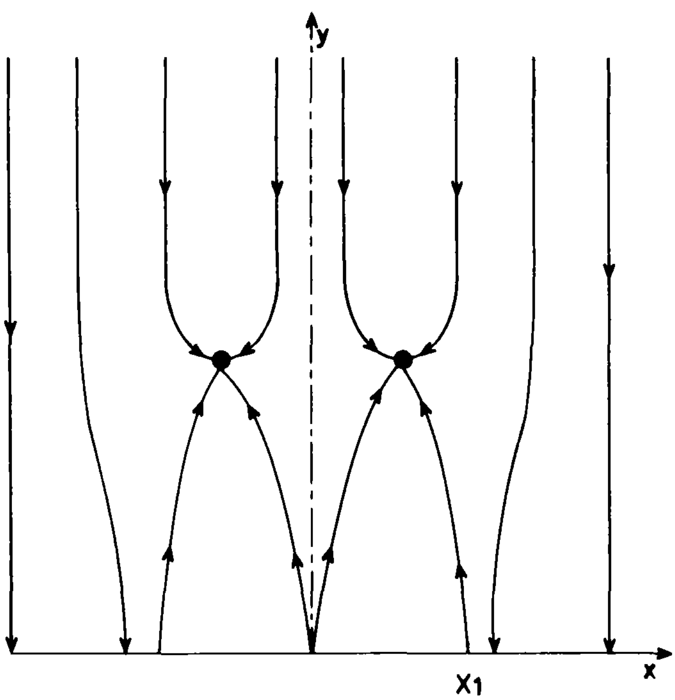
Fig. 2



Cas 1



Cas 2



Cas 3

Le rapport $\frac{q_r}{q_p}$ étant identique, évidemment, pour chaque puits.

Ces trois cas sont schématisés sur la figure 2.

Les différentes valeurs de X_1 et X_2 sont :

dans le cas 2 :

$$X_1 = \varepsilon \sqrt{d_1{}^2-d^2+Dd+\sqrt{D^2d^2+4d_1{}^2Dd-4d_1{}^2d^2}}$$

dans le cas 3 :

$$X_1 = \varepsilon \sqrt{d_1{}^2-d^2+Dd+\sqrt{D^2d^2+4d_1{}^2Dd-4d_1{}^2d^2}}$$

$$X_2 = \varepsilon \sqrt{d_1{}^2-d^2+Dd-\sqrt{D^2d^2+4d_1{}^2Dd-4d_1{}^2d^2}}$$

On peut pour simplifier, prendre soit D, soit d_1 comme unité de longueur.

On trouvera à la fin de ce rapport un abaque donnant q_r/q_p en fonction de d/d_1 avec D/d_1 comme paramètre. Cet abaque permet, dans le cas où les puits existent déjà, de trouver le débit de pompage pour lequel le rapport q_r/q_p prend la valeur maximale admissible.

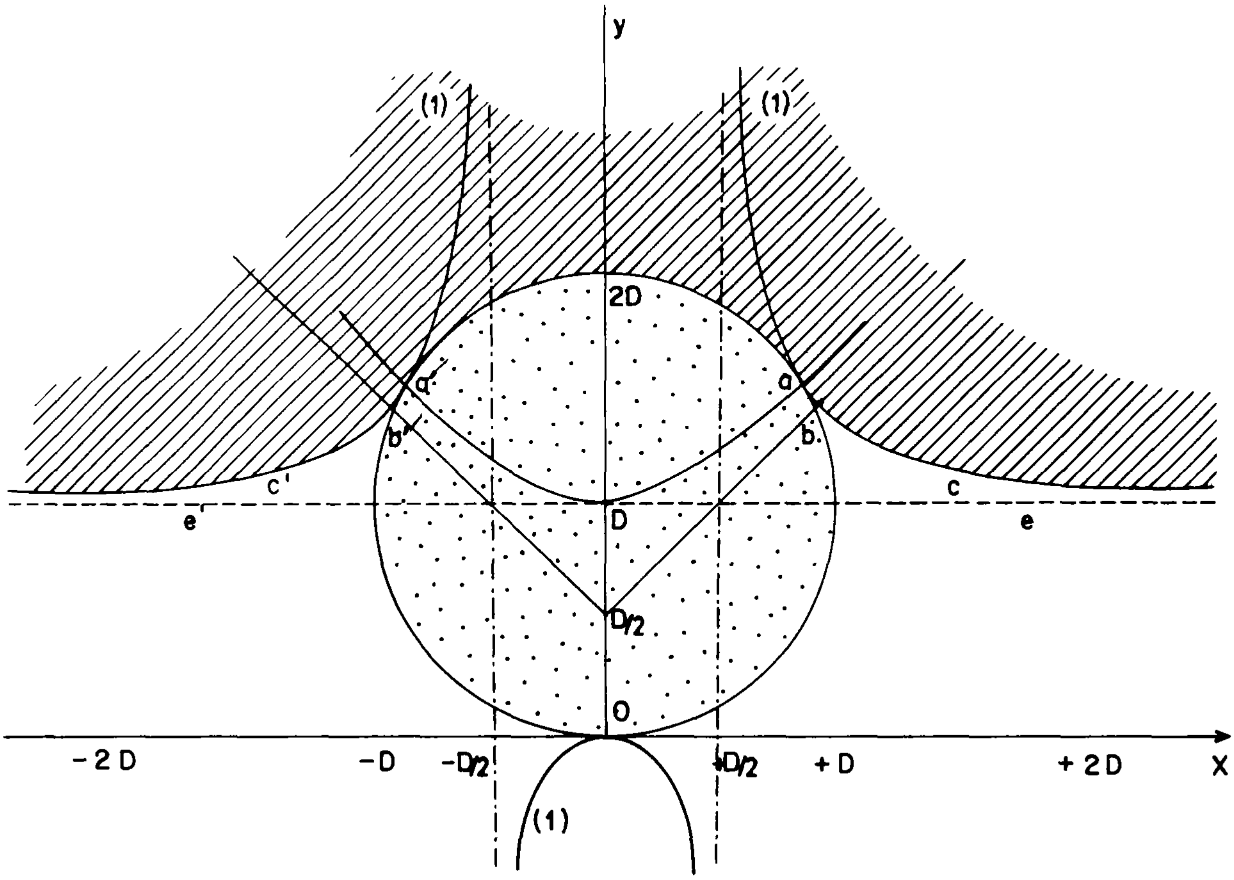
De plus, on a représenté sur la figure 3 les différents domaines où se réalisent les trois cas cités plus haut (2, 1, 0 fronts d'appel) et on a ainsi déterminé la limite au-delà de laquelle $q_r/q_p = 0$.

On peut s'apercevoir, en outre, que pour $2d_1 > 4D$, les puits peuvent être considérés comme indépendants l'un de l'autre. Cette distance peut être assez importante, notamment si Jo est faible ou Q_p fort. En effet, dans ce cas D est de l'ordre du kilomètre.

Démonstration

Un raisonnement analogue à celui fait pour le cas où il n'y avait qu'un puits nous donne comme expression du gradient au contact aquifère-rivière :

Fig. 3



$$D = \frac{Q\,p}{\pi T J_0}$$

a | $\frac{\sqrt{3}}{2}D, \frac{3}{2}D$ b | $D, \frac{4}{3}D$ c | $\frac{3}{2}D, \frac{9}{8}D$ e | $2D, \frac{16}{15}D$

Zone à 2 fronts d'appel

Zone à 1 front d'appel

$Q_r / Q_p = 0$

$$J = \frac{q_p}{\pi T}\left(\frac{d}{(x+d_1)^2+d^2} + \frac{d}{(x-d_1)^2+d^2}\right) - Jo$$

$$\frac{J}{Jo} = \frac{-(x^2+d_1{}^2+d^2)^2+(2Dd+4d_1{}^2)(x^2+d_1{}^2+d^2)-4d_1{}^4-4d_1{}^2d^2}{\left((x+d_1)^2+d^2\right)\;\left((x-d_1)^2+d^2\right)}$$

Le dénominateur est positif pour tout x et le signe de $\frac{J}{Jo}$ est donc celui du numérateur.

<u>Etude du signe du numérateur</u>

Son déterminant, en prenant $x^2+d_1{}^2+d^2$ comme variable est de la forme :

$$\Delta = 4(D^2d^2+4d_1{}^2Dd-4d_1{}^2d^2)$$

Δ s'annule pour d = o et pour $d = \frac{4d_1{}^2D}{4d_1{}^2-D^2}$; donc Δ sera positif, à l'extérieur du segment $\left(d=0,\ d = \frac{4d_1{}^2D}{4d_1{}^2-D^2}\right)$, si $D^2-4d_1{}^2$ (coefficient du terme en d^2) est positif, à l'intérieur, dans le cas contraire.

La courbe $d = \frac{4d_1{}^2D}{4d_1{}^2-D^2}$ a été étudiée : c'est la courbe (1) de la figure 3. Elle possède trois asymptotes dont deux sont $x = \frac{D}{2}$ et $x = -\frac{D}{2}$. A l'intérieur de ces dernières, D^2-4d^2, est positif, donc vu que l'on ne considère que la partie positive du plan, Δ sera positif dans la demie bande délimitée par l'axe des x et ces deux asymptotes. A l'extérieur ce celle-ci, D $D^2-4d_1{}^2$ est négatif et Δ est positif dans le domaine compris entre l'axe des x et la courbe (1).

Dans l'union de ces deux domaines, on peut écrire :

$$x^2+d_1{}^2+d^2 = (2d_1{}^2+Dd) + \varepsilon\sqrt{D^2d^2+4d_1{}^2Dd-4d_1{}^2d^2}$$

soit :

$$x^2 = d_1{}^2-d^2+Dd+\varepsilon\sqrt{D^2d^2+4d_1{}^2Dd-4d_1{}^2d^2}$$

$$x^2 = d_1{}^2-d^2+Dd + \varepsilon \sqrt{(d_1{}^2-d^2+Dd)^2-(d_1{}^2+d^2)(d_1{}^2+d^2-2Dd)} \qquad (b)$$

Il faut maintenant étudier dans quels domaines cette équation a des solutions réelles. Pour cela envisageons le cas où $\varepsilon = +1$ et celui où $\varepsilon = -1$.

$\underline{\varepsilon = +1}$

$$x^2 = d_1{}^2-d^2+Dd+ \sqrt{(d_1{}^2-d^2+Dd)^2-(d_1{}^2+d^2)(d_1{}^2+d^2-2Dd)} \qquad ((b)$$

On peut envisager 2 cas :

soit :

$d_1{}^2-d^2+Dd$ est positif,

soit :

$d_1{}^2-d^2+Dd$ est négatif.

- dans le premier cas, l'équation (b) aura toujours des solutions réelles,
- dans le second cas, il faudra pour que (b) ait des solutions réelles que :

$$\sqrt{(d_1{}^2-d^2+Dd)^2-(d_1{}^2+d^2)(d_1{}^2+d^2-2Dd)} > |d_1{}^2-d^2+Dd|$$

donc pour que l'expression $(d_1{}^2+d^2)$ $(d_1{}^2+d^2-2Dd)$ soit négative, vu que $d_1{}^2+d^2$ est toujours positif, il faut et il suffit que $d_1{}^2+d^2-2Dd$ soit négatif, donc que le puits se trouve à l'intérieur d'un cercle de centre (0, D) et de rayon D.

La courbe $d_1{}^2-d^2+Dd = 0$ est une hyperbole équilatère d'asymptote $d_1 = d+\frac{D}{2}$ et $d_1 = -d+\frac{D}{2}$ dont on a représenté la partie positive sur la figure 3 ; au-dessus $d_1{}^2-d^2+Dd$ est négatif, au-dessous positif.

On peut remarquer que le cercle $d_1{}^2+d^2-2Dd$ est tangent à la courbe (1) au point

$$a = \left| \begin{array}{l} \sqrt{3}/2D \\ 3/2D \end{array} \right. \qquad \text{et} \quad a' = \left| \begin{array}{l} -\sqrt{3}/2D \\ 3/2D \end{array} \right.$$

et que de plus a et a' sont les points d'intersection de l'hyperbole avec le cercle et la courbe (1).

$\underline{\varepsilon = -1}$

- Si le puits se trouve au-dessus de l'hyperbole $d_1^2-d^2+Dd$, il est négatif et l'équation b n'a pas de solutions réelles,

- Si le puits se trouve au-dessous de l'hyperbole $d_1^2-d^2+Dd$, il est positif, et il faut alors que pour (b) les solutions soient :

$$+\sqrt{(d_1^2-d^2+Dd)^2-(d_1+d)^2(d_1^2+d^2-2Dd)} < |d_1^2-d^2+Dd|$$

où il faut que $d_1^2+d^2-2Dd$ soit positif, c'est-à-dire que le puits se trouve à l'extérieur du cercle.

Soit en récapitulant :

- Si le puits se trouve à l'extérieur du cercle $d_1^2+d^2-2Dd$ et à l'intérieur du domaine délimité par la courbe (1) et l'axe de x : le gradient s'annule pour quatre valeurs de X symétriques 2 à 2

$$X_1 = \sqrt{d_1^2-d^2+Dd+\sqrt{(d_1^2-d^2+Dd)^2-(d_1^2+d^2)(d_1^2+d^2-2Dd)}}$$

$$X'_1 = -X_1$$

$$X_2 = \sqrt{d_1^2-d^2+Dd-\sqrt{(d_1^2-d^2+Dd)^2-(d_1^2+d^2)(d_1^2+d^2-2Dd)}}$$

$$X'_2 = -X_2$$

- Si le puits se trouve à l'intérieur du cercle $d_1^2+d^2-2Dd$ le gradient s'annule pour deux valeurs de X symétriques :

$$X_1 = \sqrt{d_1^2-d^2+Dd+\sqrt{(d_1^2-d^2+Dd)^2-(d_1^2+d^2)(d_1^2+d^2-2Dd)}}$$

$$X'_1 = -X_1$$

- Si le puits se trouve à l'extérieur de l'union de ces deux domaines, le gradient ne change pas de signe et $q_r/q_p = 0$.

Pour obtenir le débit 2qr venant de la rivière, il suffit alors d'intégrer sur les segments où le gradient est négatif, l'expression JTdx.

Donc

$$q_r = \int_{X_1}^{X_2} \left(\frac{q_p}{\pi T} \left(\frac{d}{(x+d_1)^2+d^2} + \frac{d}{(x-d_1)^2+d^2} \right) - Jo \right) Tdx$$

X_2 étant posé égale à zéro, si le gradient s'annule 2 fois.

Soit en posant : $\frac{q_p}{\pi JoT} = D$

On obtient :

$$\frac{q_r}{q_p} = \frac{1}{\pi} \left[\text{Arctg}\, \frac{x+d_1}{d} + \text{Arctg}\, \frac{x-d_1}{d} - \frac{1}{D}\, x \right]_{X_1}^{X_2}$$

<u>Remarque</u>

L'étude des courbes q_r/q_p en fonction de d/d_1 avec D/d_1 comme paramètre nous montre que le rapport q_r/q_p dans chaque puits peut être considéré comme identique (à 4% près au maximum) à celui qu'aurait le puits s'il était isolé, le paramètre D prenant alors la valeur maximale de d pour laquelle le gradient est non nul, que l'on peut déterminer à l'aide de la figure 3.

III - CAS DE n PUITS DE MEME DEBIT DISPOSES PARALLELEMENT A LA RIVIERE

Il est difficile de résoudre le problème dans le cas le plus général.

En revanche, on peut concevoir de trouver la solution si deux au moins des paramètres sont connus. Le problème se résume alors en la résolution d'une équation de degré n.

On doit cependant remarquer que le rapport q_r/q_p sera différent dans chaque puits. On pourra déterminer ce rapport en considérant que le plan médiateur situé entre chaque puits constitue un front étanche.

IV - ETUDE CRITIQUE DES HYPOTHESES DE CALCUL

Pour terminer cette étude, il serait bon d'essayer de voir si les hypothèses posées au départ ne sont pas trop restrictives ou trop éloignées de la réalité, afin de voir si les résultats obtenus peuvent être considérés comme de bonnes approximations des faits.

Reprenons ces hypothèses :

- Hypothèse de DUPUIT sur les vitesses (vitesses parallèles et égales sur une même verticale). Dans cette étude, on considère le gradient le long de la surface équipotentielle. Or, les vitesses sont perpendiculaires à celle-ci, donc parallèles et égales entre elles. L'expression du gradient est alors rigoureusement exacte. L'hypothèse de DUPUIT est donc totalement justifiée.

- Homogénéité de la nappe

Cette condition peut paraître irréelle. En fait, on peut s'y ramener très souvent en constituant un milieu homogène fictif, comme il a été fait au chapitre I.

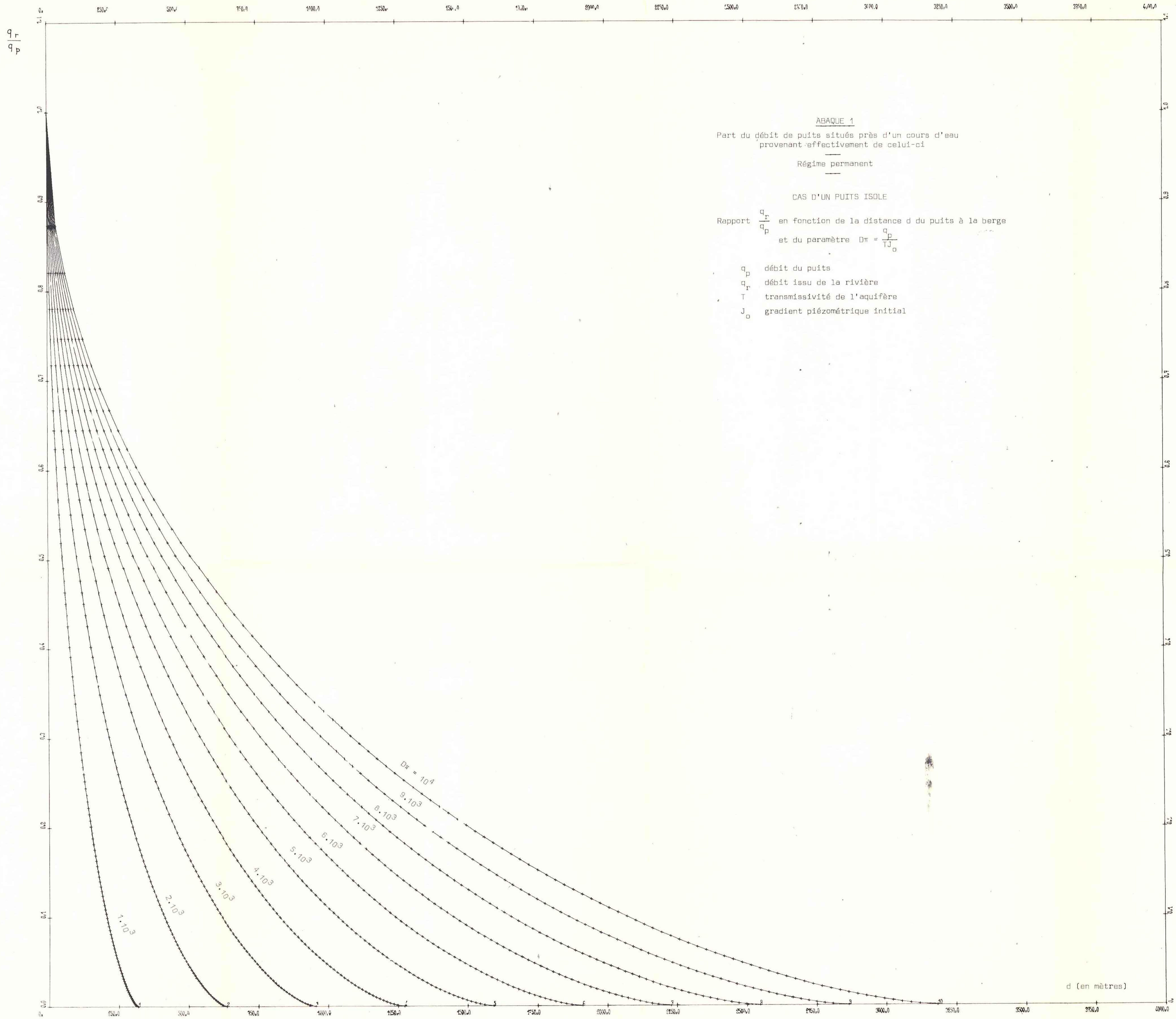
- L'eau de la nappe et de la rivière ont même viscosité et même densité

Ceci pourra être considéré comme exact pour les eaux douces ; en revanche dans le cas d'eau marine, ceci ne le sera plus. On peut cependant se servir de cette étude pour déterminer les conditions, soit d'installation, soit de débit de puits pour éviter tout avancement du biseau salé. En effet, si l est sa longueur, si d est la distance des puits au rivage, il faudra que, à la distance d-l du puits, le gradient soit nul, problème que nous avons traité dans ce rapport.

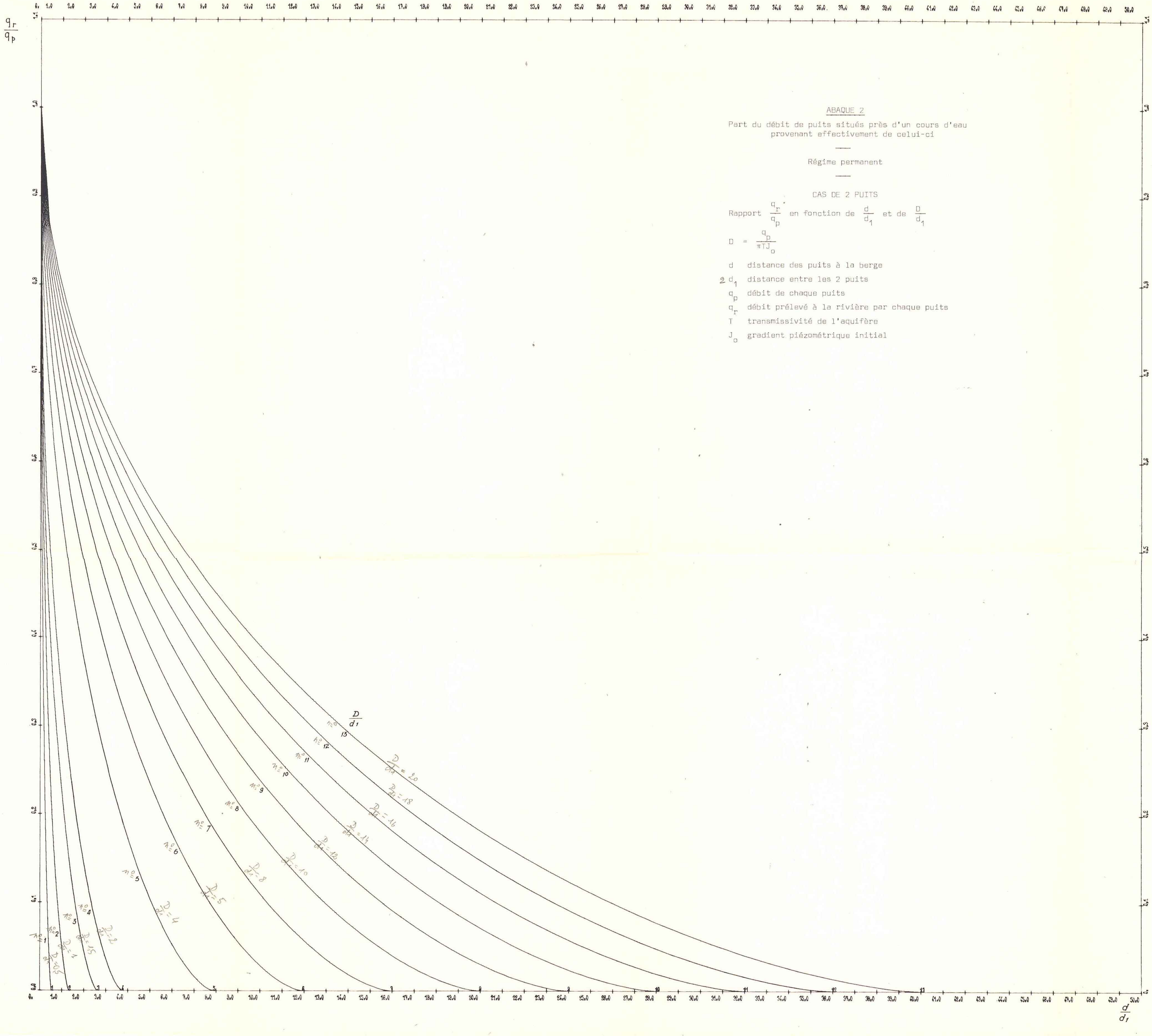
CONCLUSION

Les calculs théoriques effectués au cours de cette étude ont permis de construire deux abaques donnant la proportion de débit de puits situés près d'un cours d'eau et provenant effectivement de celui-ci, l'un pour un puits, l'autre pour deux puits. Le calcul tient compte de l'écoulement naturel de la nappe vers la rivière.

L'utilisation de ces abaques permettra d'implanter au mieux les captages si l'on veut limiter l'intrusion des eaux du cours d'eau de surface.



$\frac{q_r}{q_p}$
ABAQUE 1
Part du débit de puits situés près d'un cours d'eau provenant effectivement de celui-ci
Régime permanent
CAS D'UN PUITS ISOLE
Rapport $\frac{q_r}{q_p}$ en fonction de la distance d du puits à la berge et du paramètre $D\pi = \frac{q_p}{TJ_o}$
q_p débit du puits
q_r débit issu de la rivière
T transmissivité de l'aquifère
J_o gradient piézométrique initial
$D\pi = 10^4$
9.10^3
8.10^3
7.10^3
6.10^3
5.10^3
4.10^3
3.10^3
2.10^3
1.10^3
d (en mètres)



ABAQUE 2
Part du débit de puits situés près d'un cours d'eau provenant effectivement de celui-ci
Régime permanent
CAS DE 2 PUITS
Rapport $\frac{q_r}{q_p}$ en fonction de $\frac{d}{d_1}$ et de $\frac{D}{d_1}$
$D = \frac{q_p}{\pi T J_o}$
d distance des puits à la berge
2 d_1 distance entre les 2 puits
q_p débit de chaque puits
q_r débit prélevé à la rivière par chaque puits
T transmissivité de l'aquifère
J_o gradient piézométrique initial
$\frac{q_r}{q_p}$
$\frac{d}{d_1}$
$\frac{D}{d_1}$
n° 1
n° 2
n° 3
n° 4
n° 5
n° 6
n° 7
n° 8
n° 9
n° 10
n° 11
n° 12
n° 13
$\frac{D}{d_1} = 0,5$
$\frac{D}{d_1} = 1$
$\frac{D}{d_1} = 1,5$
$\frac{D}{d_1} = 2$
$\frac{D}{d_1} = 4$
$\frac{D}{d_1} = 5$
$\frac{D}{d_1} = 8$
$\frac{D}{d_1} = 10$
$\frac{D}{d_1} = 12$
$\frac{D}{d_1} = 14$
$\frac{D}{d_1} = 16$
$\frac{D}{d_1} = 18$
$\frac{D}{d_1} = 20$

BUREAU DE RECHERCHES
GEOLOGIQUES ET MINIERES

Rapport n° 75 SGN 159 AME

"Part du débit d'un puits provenant d'un cours d'eau voisin. Calcul en régime permanent" par Luc LE BARBÉ

ERRATA

Abaque 2

1/ La distance entre les puits est $2d_1$ (et non pas d_1).

2/ Les valeurs portées sur les courbes sont leurs numéros (et non la valeur de $\frac{D}{d_1}$ comme il semble) :

la courbe n° 1 correspond à $\frac{D}{d_1}$ = 0,5

1	0,5
2	1
3	1,5
4	2
5	4
6	5
7	8
8	10
9	12
10	14
11	16
12	18
13	20

P. PEAUDECERF