

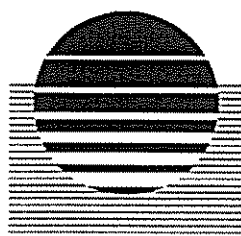
DOCUMENT PUBLIC

***Avis sur un dossier d'incidence d'un forage
d'eau à Beaumont-du-Gatinais
(Seine-et-Marne)***

Note réalisée dans le cadre des actions de Service Public du BRGM 01EAU514

J.F. Vernoux
avec la collaboration de
P. Maget

janvier 2001
BRGM/RP-50711-FR



BRGM
L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE

Mots clés : captage d'eau souterraine, nappe des Calcaires de Beauce, Beaumont-du-Gatinais, Seine-et-Marne

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Vernoux J.F., Maget P. (2001) - Avis sur un dossier d'incidence d'un forage d'eau à Beaumont-du-Gatinais (Seine-et-Marne), rapport BRGM/RP-50711-FR, 9 pages, 3 figures, 3 annexes.

© BRGM, 2001, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Sommaire

Sommaire.....	3
1. Introduction.....	4
2. Analyse du dossier	5
2.1 hydrogéologie	5
2.2 équipement du Forage.....	6
2.3 Incidence sur les eaux souterraines.....	6
2.4 Incidence sur le cours d'eau.....	8
Conclusion	9
Annexes.....	10

1. Introduction

Dans le cadre des actions du BRGM d'appui scientifique et technique aux services chargés de la police de l'eau, la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt de Seine-et-Marne a sollicité le BRGM, Service Géologique Régional d'Ile-de-France, pour un dossier d'incidence d'un forage d'eau à usage agricole à Beaumont-du-Gatinais.

Le forage a été réalisé par l'entreprise EXEAU au lieu-dit « Barnonville », pour le compte de la EARL Pescheux.. Ce forage est situé à la limite de la Seine-et-Marne et du Loiret.

Le dossier a été examiné sur la base des documents suivants :

1. Etude d'incidence d'un forage à Beaumont-du-Gatinais (Barnonville) – EARL Pescheux, rapport B.O.I.R.E., Janvier 1999
2. Complément à l'étude d'incidence après forage et essai de pompage - Beaumont-du-Gatinais (Barnonville) – EARL Pescheux, rapport B.O.I.R.E., décembre 1999
3. Notice explicative établie par M. Pescheux le 10/4/00

Le forage a été réalisé en mai 1999 et déclaré à la DRIRE le 20 avril 1999. Il a été enregistré en BSS avec l'indice **03288X1018**.

2. Analyse du dossier

2.1 HYDROGEOLOGIE

Le rapport de janvier était flou et incomplet : il manquait une coupe claire. Finalement le forage réalisé n'a pas touché les Sables de Fontainebleau ; nous sommes dans le cas d'un aquifère unique, la nappe des Calcaires de Beauce.

La référence de la carte piézométrique n'est pas indiquée. Elle ne correspond pas à la carte piézométrique basses-eaux de 1994 qui indique un sens d'écoulement de l'ouest vers l'est à sud-ouest - nord-est, un niveau compris entre 80 et 85 m NGF au droit du forage et un gradient hydraulique faible (cf. annexe). Le niveau statique mesuré lors des essais en mai (environ 82 m NGF) est cohérent par rapport cette carte.

La liaison entre la nappe et le Fusain n'apparaît pas de manière évidente. Dans le secteur du forage la cote de la rivière est à 87.5 m NGF, soit plus de 5 m au dessus du niveau de la nappe. Plus à l'est, par contre, la nappe est bien en relation avec la rivière.

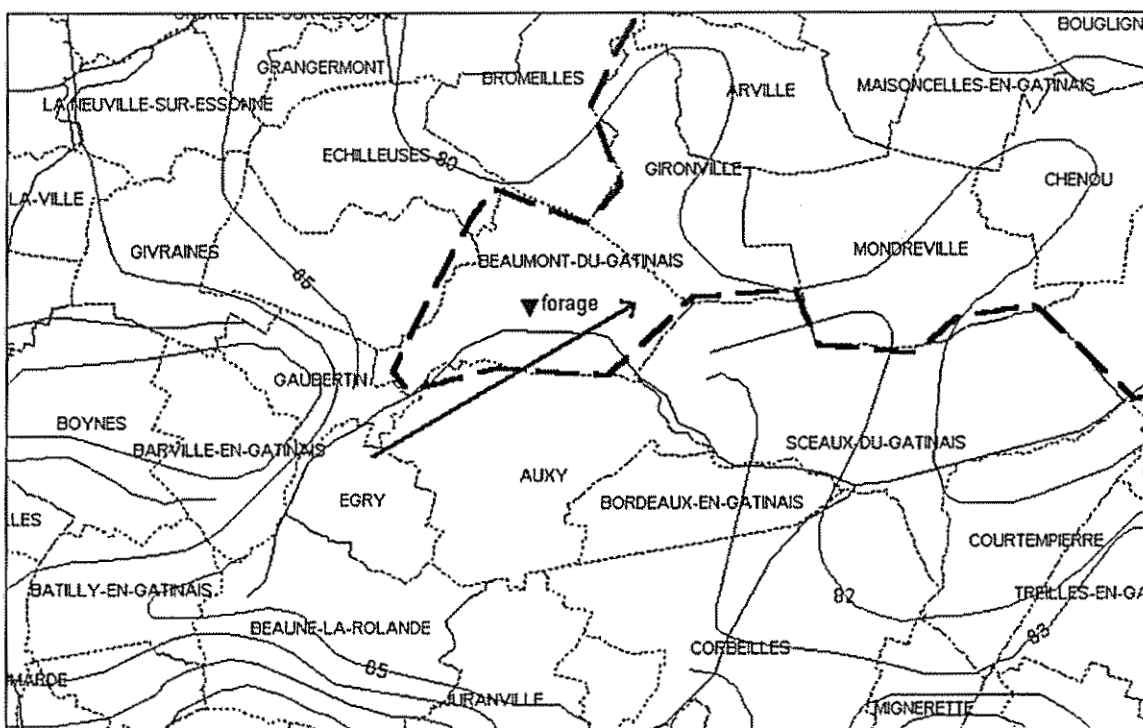


Figure 1. piézométrie de la nappe des Calcaires de Beauce (basses eaux 1994)

2.2 EQUIPEMENT DU FORAGE

Dans le 1^{er} rapport, la coupe prévisionnelle était très incomplète :

- pas de centreurs,
- pas d'équipement de tête,
- l'espace annulaire pour la cimentation n'est pas précisé,
- la jonction entre le tube cimenté et la colonne de captage est mauvaise.

L'ancrage dans les Sables de Fontainebleau n'était pas recommandé : en effet, les sables extrêmement fins auraient envahi le forage sans un équipement élaboré et coûteux. Au contraire, il faut prévoir un bouchon de ciment en cas de rencontre des sables. Finalement il semble que le forage ne les ait pas atteints.

La coupe définitive présente un équipement distinct à la base : ouverture des crépines et gravier plus fins. Quelle en est la raison ?

La coupe réelle n'est pas conforme à celle de l'étude d'incidence, mais elle apparaît beaucoup plus satisfaisante ; en particulier la tête de puits a été correctement réalisée. Par contre, il n'y a pas de centreurs ; il aurait dû y en avoir à la base de la cimentation.

2.3 INCIDENCE SUR LES EAUX SOUTERRAINES

Le calcul fait dans rapport 1 montre que l'incidence par rabattement serait pratiquement nulle sur les autres forages (2 cm pour un ouvrage situé à 800 m. Le calcul a été fait avec des paramètres hydrodynamiques estimés et pour un temps de pompage de 30 h, ce qui ne correspond pas aux conditions d'exploitation, qui d'ailleurs ne sont pas clairement précisées. Le calcul aurait dû être refait avec les paramètres hydrodynamiques issus de l'essai de débit (rapport 2).

Nous avons repris les données de l'essai de pompage « longue durée » et de l'essai par paliers pour calculer les paramètres hydrodynamiques.

L'essai par palier réalisé le 11/5/99 indique des pertes de charge quadratiques très importantes (cf. annexe) avec un rabattement de 14.6 m à 110 m³/h. L'essai de « longue durée » a été réalisé le 26/5/99 à 105 m³/h pendant seulement 3 heures, alors qu'on compte en général un minimum de 24 h ou au moins que le rabattement soit stabilisé, ce qui n'est absolument pas le cas ici. Le rabattement maximum est de 7.40 m, soit deux fois plus faible que lors de l'essai par palier. Par ailleurs le rabattement semble se stabiliser au bout de 75 mn, puis se met à augmenter brutalement entre 90 et 180 mn. Il est donc ininterprétable. La courbe de remontée a une allure plus « normale » ; son interprétation donne une valeur de transmissivité de 0.04 m²/s (cf. annexe). Le compte-rendu de travaux donne une valeur de 0.025 m²/s.

L'essai, effectué sans piézomètre de contrôle, ne permet pas d'estimer le coefficient d'emmagasinement. Ce coefficient est généralement compris entre 0.05 et 0.1 dans la nappe des Calcaires de Beauce.

Les prélèvements mentionnés dans la notice explicative sont en moyenne annuelle de 1466 m³/ha pour 78.6 ha soit environ 115 000 m³/an sur une durée de 5.5 mois, ce qui correspond à un débit pompé **moyen** de 30 m³/h sur ses 5.5 mois.

La figure 2 montre le résultat de l'incidence d'un pompage en continu à 30 m³/h pendant 5 mois et demi. Le rabattement à de 6 cm à 800 m de distance du pompage et de 2 cm à 3 km.

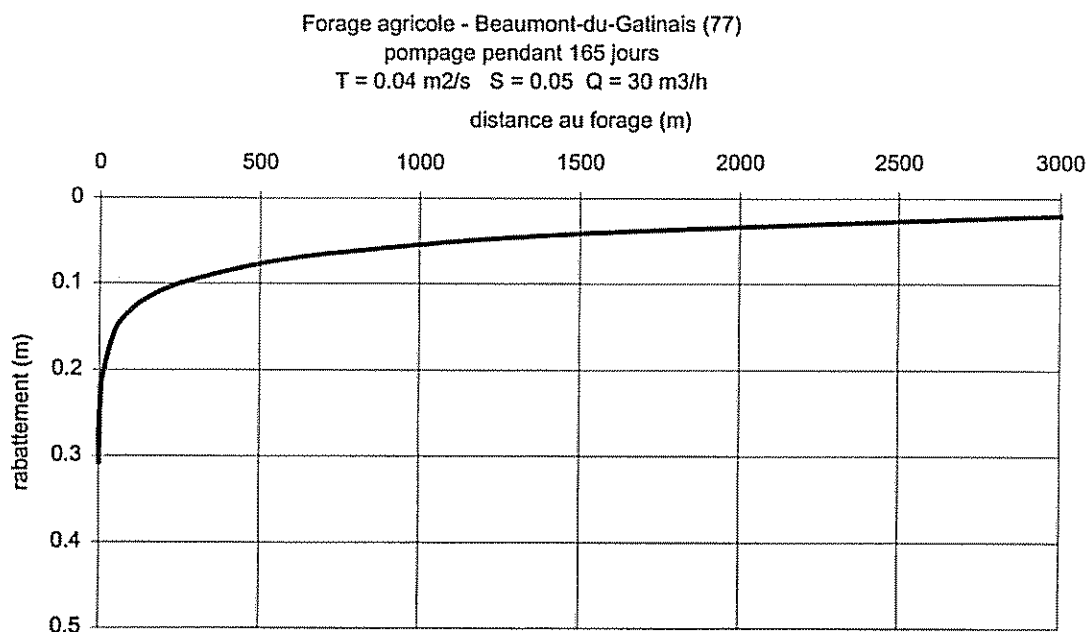


Figure 2. Impact du forage sur le niveau de la nappe

Les captages d'eau potable les plus proches sont ceux de Beaumont situé à 1600 m à l'ouest :

- Le 03288X1005 capte le Calcaire d'Etampe mais est un captage de secours
- Le 03288X1007 est en exploitation mais capte le Calcaire de Champigny

Dans le Loiret le plus proche est à Auxy.

Ces captages ainsi que leurs périmètres de protection devrait apparaître sur la carte, tout comme les autres forages d'eau existants situés dans le secteur.

Dans un secteur où les prélèvements agricoles sont importants, il est difficile d'avoir une idée sur l'impact global vis à vis de la ressource en eau souterraine en prenant en compte uniquement le forage concerné. Il est d'usage en Beauce de comparer le volume prélevé avec celui de l'alimentation par infiltration vers la nappe sur la S.A.U. C'est ce que préconise la mise du Loiret.

2.4 INCIDENCE SUR LE COURS D'EAU

Le dossier conclut, puisque le calcaire est affleurant et que la nappe est libre, à une interaction entre le pompage et le Fusain situé à 400 m. C'est vraisemblable en aval du forage, mais moins évident à proximité (cf. § 2.1). Il apparaît néanmoins nécessaire d'évaluer l'impact sur le cours d'eau, comme cela a été fait dans le rapport 2. Le rapport aurait dû indiquer la méthode de calcul ; la valeur est estimée « en première approximation ». Et le pompage d'essai était trop court pour mettre en évidence cette interaction.

La quantification de l'impact du pompage sur la rivière peut s'estimer, tout comme celui sur la nappe, par la formule de Theis (cf. annexe). Il permet de calculer le pourcentage de volume cumulé soustrait à la rivière qui est dans le cas présent de 86 % (cf. figure 2 et détail des calculs en annexe), soit environ 100 000 m³/an, ce qui correspond à 3 l/s à comparer au débit de la rivière. Ce résultat est finalement assez proche du chiffre avancé (sans aucune justification) dans le rapport 2 : « au maximum 20 à 25 % des 30 l/s extraits par le forage » soit 6 à 7.5 l/s. Signalons qu'il ne s'agit pas nécessairement d'eau provenant de la rivière mais plutôt d'un « manque à gagner » pour la rivière.

Le rapport mentionne également qu'il s'agit d'une « valeur maximale pouvant être réduite d'un facteur 2 ou 3 ». Les explications qui suivent ne sont pas claires et sans justification quantifiée de ce facteur.

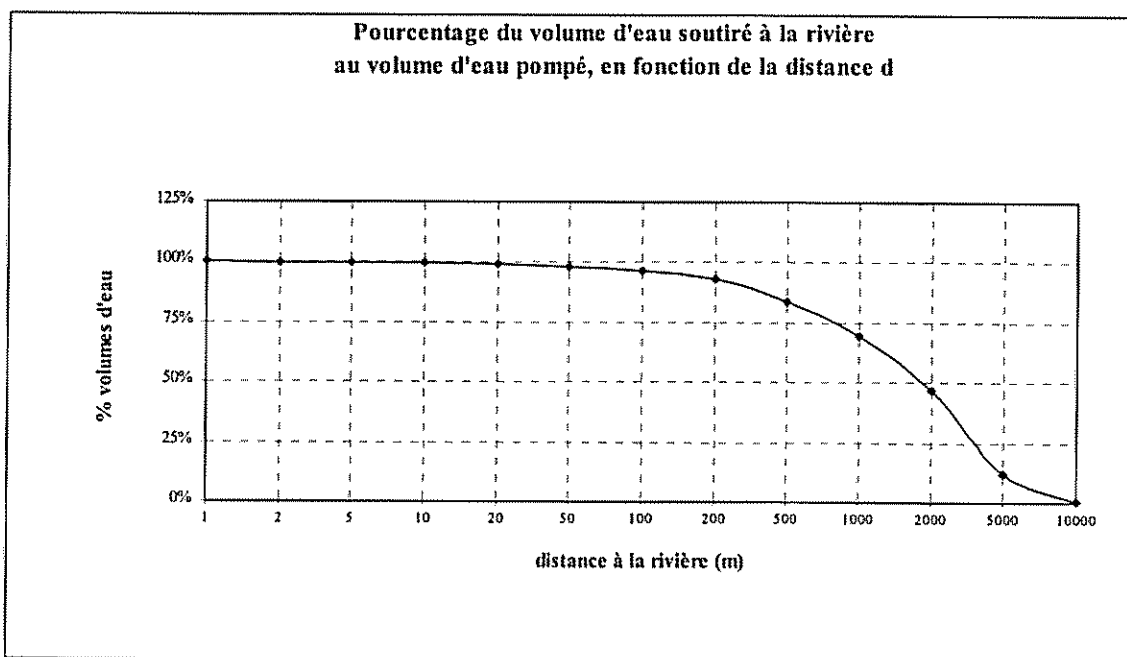


Figure 3. Incidence du pompage sur le Fusain

Conclusion

Le dossier présente plusieurs lacunes, en particulier des chiffres avancés sans explication (impact sur les eaux de surface et sur les eaux souterraines. Ces chiffres sont néanmoins dans les mêmes ordres de grandeur que ceux que nous avons calculés par ailleurs. Ils ne remettent donc pas en cause le projet d'irrigation.

Annexes

- 1. Interprétation des pompages d'essai**
- 2. Méthode de calcul de l'impact d'un pompage en nappe sur le débit d'une rivière**
- 3. Application de la méthode au forage de Beaumont**

POMPAGE PAR PALIERS

CARACTÉRISTIQUES HYDRAULIQUES DU Puits DE POMPAGE

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Localité

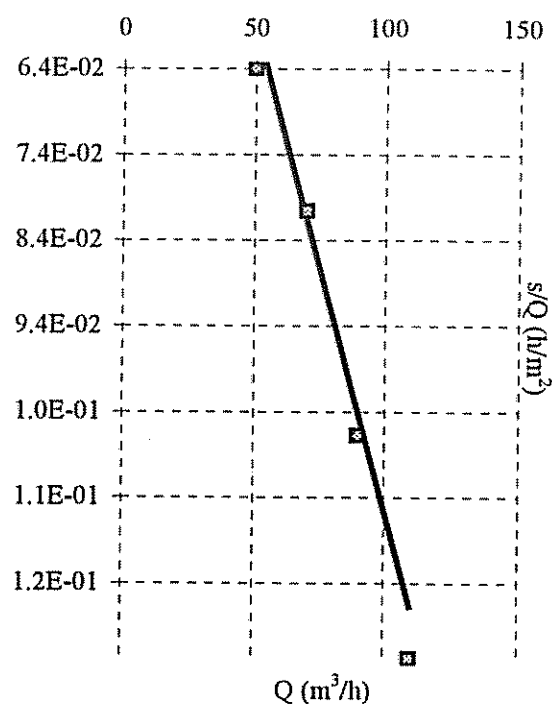
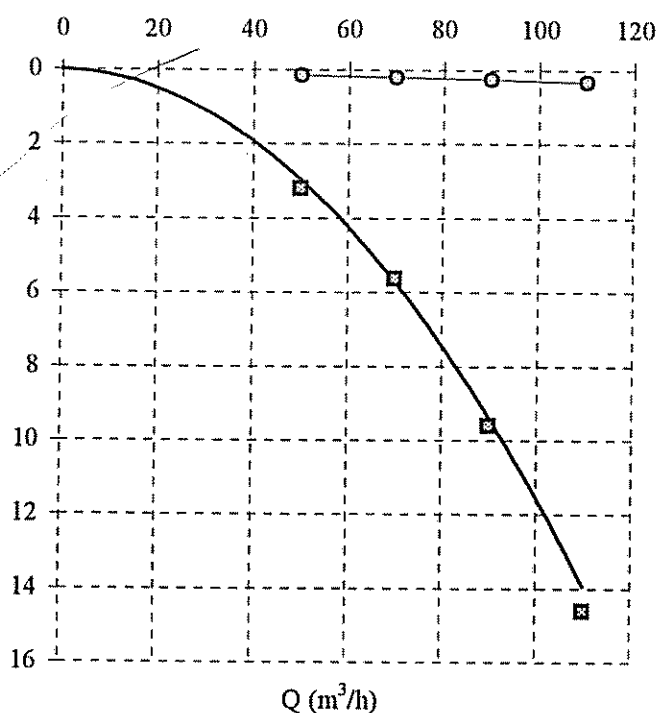
Forage

Opérateur

Date de début de pompage

Essai de puits	
Niveau statique initial	5.8
Prof. pompe (m)	
Type pompe	
Diamètre forage (mm)	300
Position crépine (m)	
Type crépine	
Massif filtrant	

Limites hydrauliques d'exploitation	
N.S. étiage (m)	
Fluctuations saisonnières	
Débit d'exploitation (m ³ /h)	
P. d. C. linéaires (m)	0.00
P. d. C. quadratiques (m)	0.00
N.D. à l'étiage (m)	0.00
Profondeur mini pompe (m)	



—○— BQ (m) ■ s obs. — BQ+CQ² (m)

Coef. pertes de charge linéaires (B) = 0.00 m/(m³/h) = 11 m/(m³/s)
Coef. pertes de charge quadratiques (C) = 1.12E-03 m/(m³/h)² = 14574 m/(m³/s)²

	Palier 1	Palier 2	Palier 3	Palier 4	Palier 5
Q (m ³ /h)	50.00	70.00	90.00	110.00	
Temps de pompage (h)	2.00	2.00	2.00	2.00	
Temps de remontée (h)	0.00	0.00	0.00	0.00	
Q/s calculé (m ² /h)	16.89	12.24	9.60	7.89	
Q/s observé (m ² /h)	15.63	12.41	9.37	7.53	
Ecart Q/s cal. - Q/s obs. (m ² /h)	-1.27	0.17	-0.23	-0.37	

	Palier 1	Palier 2	Palier 3	Palier 4	Palier 5
Rabatement observé (m)	3.20	5.64	9.61	14.61	
Rabatement calculé (m)	2.96	5.72	9.38	13.93	
Ecart Scal-Sobs (m)	-0.24	0.08	-0.23	-0.68	

Affaire
Client

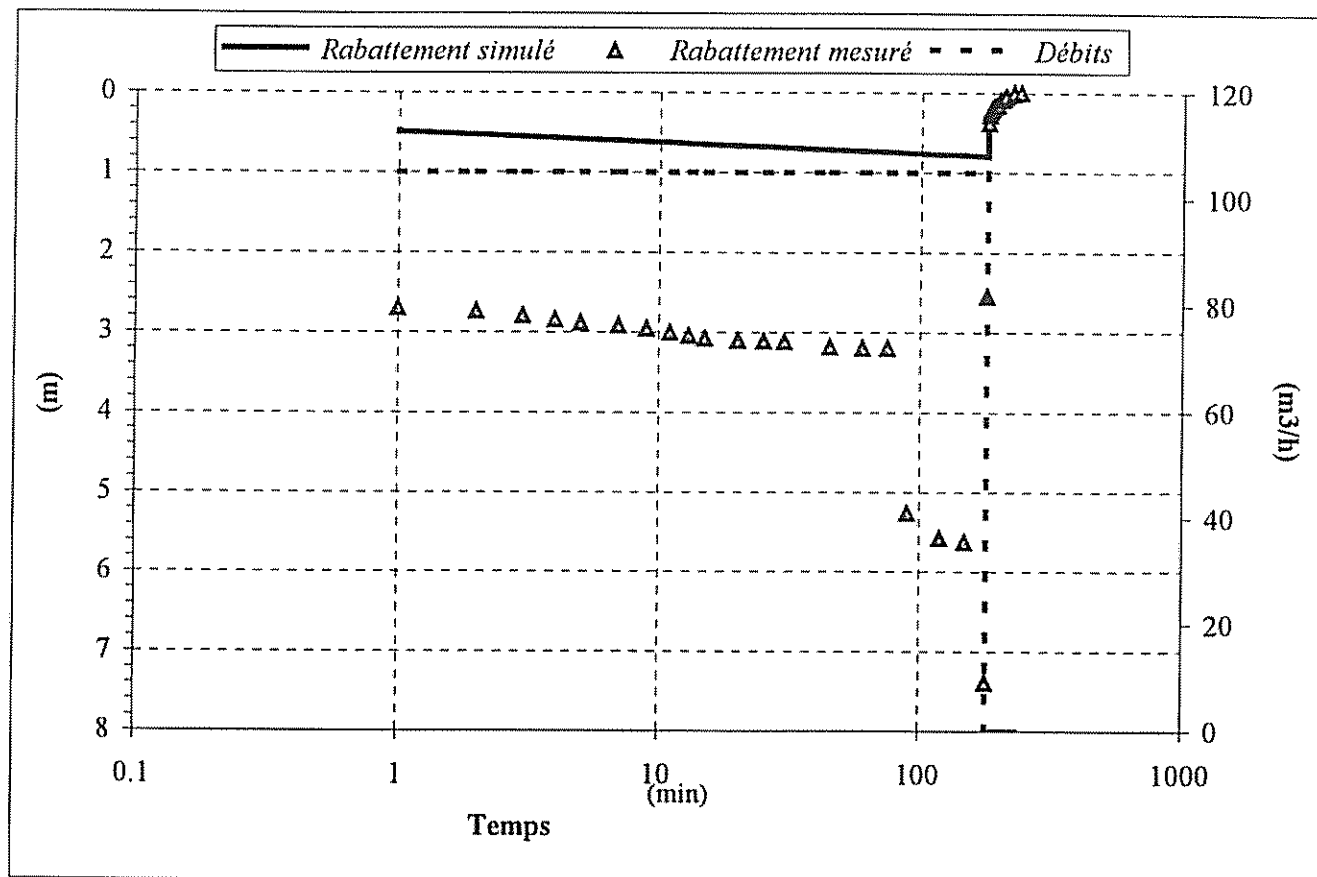
DDAF 77

POMPAGE D'ESSAI
PUITS Barn

Logiciel ISAPE Version 6.1

INFORMATIONS GENERALES

Fichier traité	ISAPE01.ISA	Date de début de pompage	
Numéro de pompage	03288X1018	Niveau hydrostatique initial	5.8 m
Aquifère testé	C. beauce	Rabatement Maximum	7.4 m
Nom du forage	Barn	Diamètre du forage	300 mm



PARAMETRES DE L'AJUSTEMENT

Méthode d'interprétation : THEIS

Transmissivité (m2/s)	Coefficient d'ennmagasinement	Rayon d'observation (m)	Coefficient de P d C quadratiques (s2/m5)	Skin
4.00E-02	5.00E-02	1.50E-01		

Effet de vidange : Non

Effet de capacité : Non

LIMITE L1

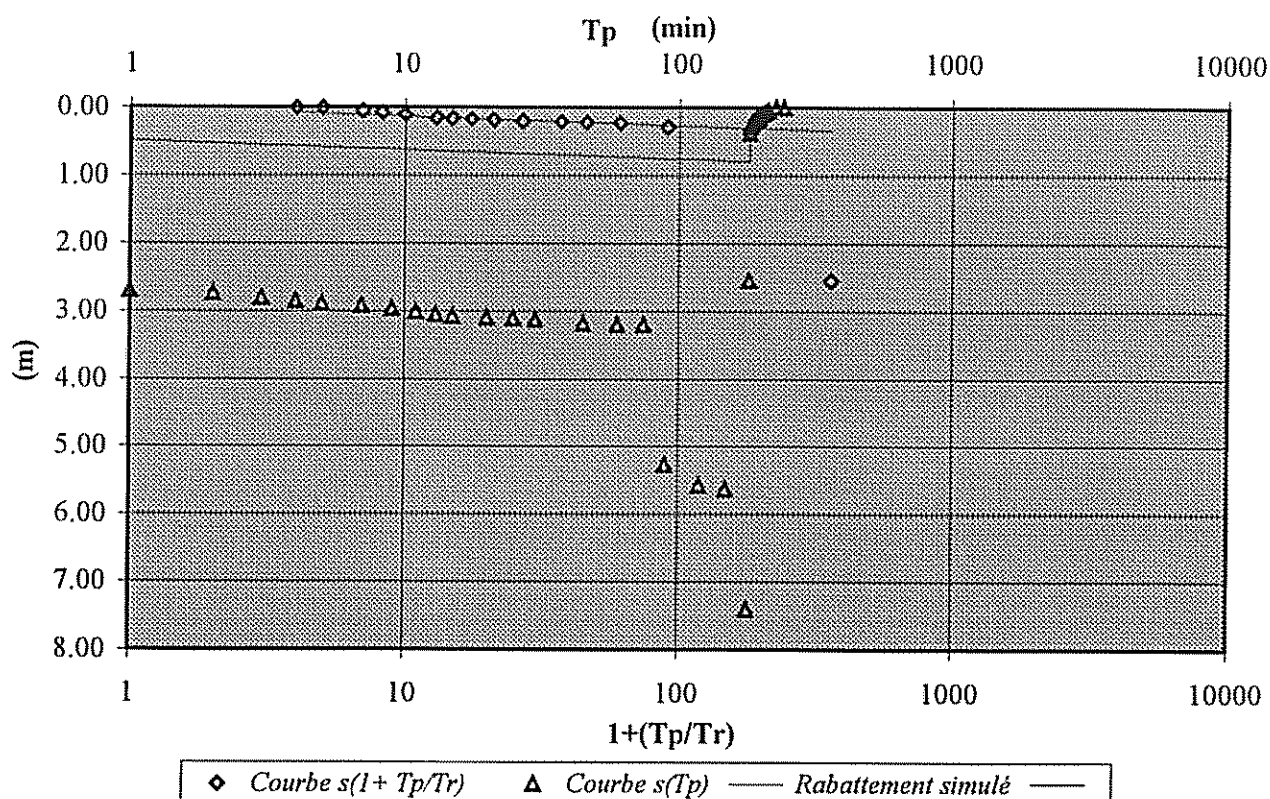
L1	Alimentée
Distance au puits de pompage (m)	400
Temps d'influence (min)	67725

LIMITE L2

Logiciel ISAPE Version 6.1

INFORMATIONS GENERALES

Fichier traité	ISAPE01.ISA	Date de début de pompage	
Numéro de pompage	03288X1018	Niveau hydrostatique initial	5.8 m
Aquifère testé	C. beauce	Rabatement Maximum	7.4 m
Nom du forage	Barn	Diamètre du forage	300 mm



PARAMETRES DE L'AJUSTEMENT

Méthode d'interprétation : THEIS

Transmissivité (m ² /s)	Coefficient d'emmagasinement	Rayon d'observation (m)	Coefficient de P d C quadratiques (s ² /m ⁵)	Skin
4.00E-02	5.00E-02	1.50E-01		

Effet de vidange : Non

Effet de capacité : Non

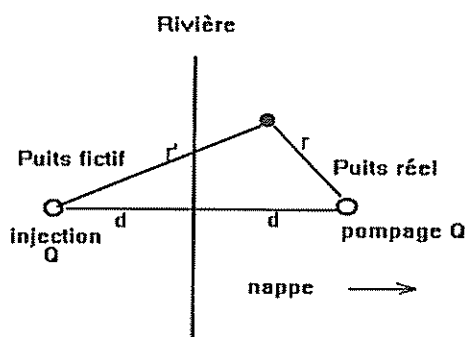
LIMITE L1	
L1	Alimentée
Distance au puits de pompage (m)	400
Temps d'influence (min)	67725

LIMITE L2	

Méthode de calcul de l'impact d'un pompage en nappe sur le débit d'une rivière

La nappe, de grande dimension, peut être considérée comme semi-infinie, n'étant limitée que par une rivière rectiligne, de longueur infinie à l'échelle de l'étude et constituant pour la nappe une limite à potentiel imposé. Avant démarrage du pompage, la nappe est considérée initialement au repos.

En hydrodynamique souterraine, la simulation de la ligne rectiligne à potentiel imposé se fait par la prise en compte, dans une nappe infinie, d'un puits d'injection fictif, symétrique du pompage réel par rapport à la rivière (principe des images représenté sur le schéma ci-dessous). Le débit du puits image étant égal à celui prélevé dans le puits réel, mais de signe opposé. Leurs impacts peuvent alors être calculés à partir de la formule de Theis.



Le rabattement en un point situé à une distance r du puits de pompage et r' du puits fictif d'injection sera donné par la superposition des deux rabattements, le second étant négatif :

$$\Delta h = Q / (4 \pi T) [W(u) - W(u')] \text{ avec } W(u), \text{ fonction de Theis}$$

$$\text{et } u = r^2 S / 4 T t \quad \text{et } u' = r'^2 S / 4 T t$$

La formule de Theis permet de calculer la fonction "rabattement" dont la dérivée à la normale à la rivière représente les flux soutirés au cours d'eau. Une première intégration, le long de la rivière (y de $-\infty$ à $+\infty$) conduit au débit total instantané soutiré à la rivière :

Le rapport du débit instantané soustrait à la rivière à un temps t au débit pompé est égal à :

$$q / Q = \operatorname{erfc}(d^2 S / 4 T t) \quad \text{erfc est la fonction erreur complémentaire}$$

De même on peut calculer le volume cumulé soustrait à la rivière entre les temps 0 (début du pompage) et un temps t, en intégrant l'expression précédente sur le temps. On obtient par rapport au volume pompé cumulé :

$$V_r / Q_t = (1+2u) \operatorname{erfc} [\sqrt{u}] - 2 \sqrt{u/\pi} \cdot \exp(-u) = i^2 \operatorname{erfc}[\sqrt{u}]$$

avec :

$$u = (S.d^2) / (4 T.t)$$

$i^2 \operatorname{erfc}(z)$ intégrale répétée 2 fois de la fonction $\operatorname{erfc}(z)$ (Abramowitz, 1970)

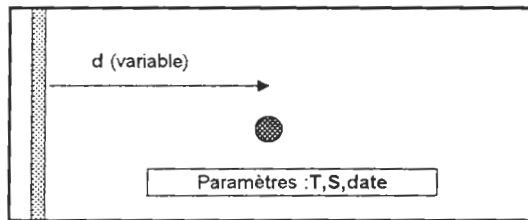
S = coefficient d'emmagasinement

T = transmissivité

d = distance "pompage- rivière"

T = durée du pompage

Remarque : L'eau correspondant au débit (ou volume) n'est pas parvenue au puits de pompage. Elle quitte seulement la rivière et va mettre un certain temps pour parvenir au puits, temps qui est fonction de la vitesse réelle des particules d'eau. Par conséquent, les rapports exprimés ci-dessus ne représentent pas un pourcentage d'eau de rivière dans l'eau pompée, cependant ils représentent bien un préjudice fait à la rivière, puisque cette eau lui est soustraite.



Modèle 1: nappe semi-infinie

Nappe de Calc. De Beauce

durée (j) = 60

transmissivité (m²/s) T= 4.0E-02

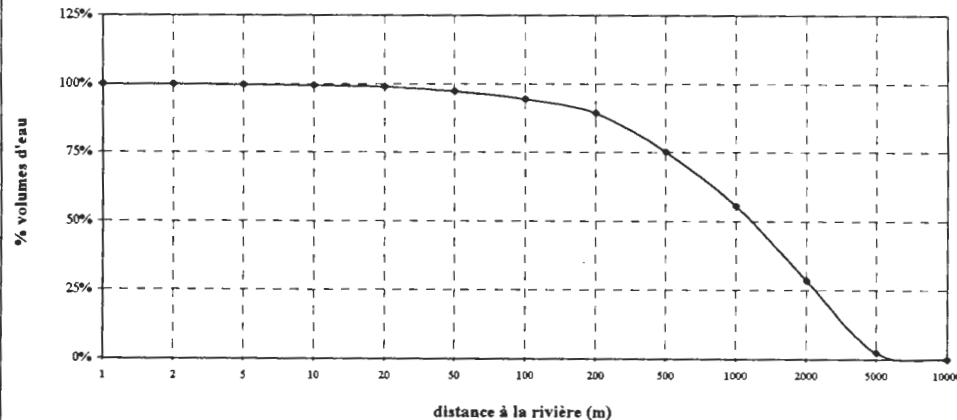
emmagasinement S= 0.05

Calcul de T/S = Diffusivité (m²/s) = 0.8

Vrivière	distance
75%	503 m
50%	1166 m
25%	2196 m

Nappe de Calc. De Beauce

Pourcentage du volume d'eau soutiré à la rivière
au volume d'eau pompé, en fonction de la distance d



* Inversion de la fonction : Vrivière = f(distance)

502.831	15.242E-3	0.1235	0.8614	0.7505
1166.38	82.010E-3	0.2864	0.6855	0.5002
2195.66	290.613E-3	0.5391	0.4458	0.2501

(10m = valeur de démarrage des itérations)

Calcul du graphique				
dist(m)	u	beta	Qr/Qp	Vr/Qt
1	6.0282E-08	0.0002	0.9997	0.9994
2	2.4113E-07	0.0005	0.9994	0.9989
5	1.5070E-06	0.0012	0.9986	0.9972
10	6.0282E-06	0.0025	0.9972	0.9945
20	2.4113E-05	0.0049	0.9945	0.9890
50	1.5070E-04	0.0123	0.9861	0.9726
100	6.0282E-04	0.0246	0.9723	0.9458
200	2.4113E-03	0.0491	0.9446	0.8939
500	1.5070E-02	0.1228	0.8622	0.7517
1000	6.0282E-02	0.2455	0.7284	0.5554
2000	2.4113E-01	0.4910	0.4874	0.2871
5000	1.5070E+00	1.2276	0.0825	0.0244
10000	6.0282E+00	2.4552	0.0005	0.0001

Vérif. Calcul d'un point

distance (m) d= 400

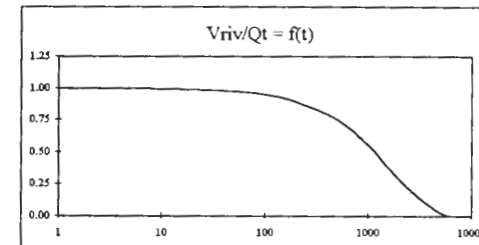
$u = d^2 / (4 \cdot \text{Diff} \cdot t) = 0.00964506$

$sq = \text{sqrt}(u) = 0.09820928$

$\beta = \min(sq, 20) = 0.09820928$

Rapport volumes Vr/Qt = 0.79694359

Vriv/Qt = f(t)



BRGM

Service Géologique Régional d'Ile-de-France

7, rue du Théâtre – 91884 Massy – France

Téléphone : (33) 01.69.75.10.25 – Télécopieur 01.60.11.73.57