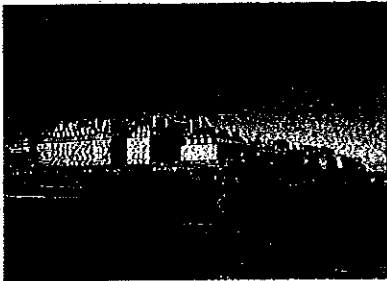


00518X0029

SIAEP  
Signy-le-Petit

Version n°1

Décembre  
2009



## Réalisation de deux forages d'essai et d'un forage de reconnaissance

10 copies à l'attention de :

  
**SAFEGE**  
*Ingénieurs Conseils*

SIÈGE SOCIAL  
PARC DE L'ÎLE - 15/27 RUE DU PORT  
92022 NANTERRE CEDEX  
Agence de Nanterre - 15/27 rue du Port - 92022 Nanterre Cedex

## 3

## Description des travaux

### 3.1 Calendrier des travaux

La société de forages RAFFNER a réalisé l'ensemble des travaux de forages et de pompages d'essai entre les mois de septembre et de novembre 2009 (période d'étiage). En dehors de la période d'étiage (d'août à fin novembre), il existe un risque de surestimer les débits pouvant être mobilisés, et de mal appréhender les interférences mutuelles entre les nouveaux forages, et avec les captages AEP existants.

Au cours des essais de pompage, les eaux ont été acheminées par des canalisations souples, jusqu'au ruisseau du Longwé, et en aval hydraulique des forages, de manière à éviter tout effet de réalimentation de la nappe en cours d'essai. Le ruisseau est distant de 170 m de FE01 et de 150 m de Pz2.

#### 3.1.1 Travaux de forage

- ✓ **Septembre 2009**
  - ◆ Exécution du sondage de reconnaissance Pz2
  - ◆ Foration du forage d'essai FE01
- ✓ **Octobre 2009**
  - ◆ Equipement et aménagements définitifs du forage d'essai FE01
  - ◆ Déplacement sur site FE02 et démarrage de la foration
- ✓ **Novembre 2009**
  - ◆ Fin de la foration et équipement du forage d'essai FE02

#### 3.1.2 Essais de pompage

L'intégralité des essais de pompages exécutés est présentée ci-dessous :

✓ **Site Pz1/FE01**

- ♦ Pz1
  - Pompage 6h continu à 12,6 m<sup>3</sup>/h sur Pz1 le 12/11/08
- ♦ FE01
  - Pompages par paliers enchaînés le 16/10/09 (débits de 4,4; 7; 12,4 et 15,9 m<sup>3</sup>/h)
  - Pompage 20h continu à 13,1 m<sup>3</sup>/h sur FE01 le 19/10/09. Deux analyses réduites après 1h et 7h de pompage. Prélèvement pour analyse complète type « CEE » en fin d'essai.

✓ **Site Pz2/FE02**

- ♦ Pz2
  - Pompage 6h continu à 13,5 m<sup>3</sup>/h sur Pz2 le 17/09/09
- ♦ FE02
  - Pompages par paliers enchaînés le 12/11/09 (débits de 6,1; 9,1; et 13,6 m<sup>3</sup>/h). Analyses réduites en fin de chaque palier.
  - Pompage 20h continu à 13,6 m<sup>3</sup>/h sur FE01 du 12/11/09 au 13/11/09

✓ **Essai de pompage simultané 72h**

Cet essai de pompage a été effectué sur la demande de l'hydrogéologue agréé, de manière à détecter un éventuel impact sur les eaux superficielles et sur les forages AEP du SIAEP de la Forge Saint-Eloi, lors d'un pompage simultané sur FE01 et FE02.

- Pompage en continu simultané sur FE01 à 13,7 m<sup>3</sup>/h et sur FE02 à 11,4 m<sup>3</sup>/h (total de 25 m<sup>3</sup>/h environ) du 17/11/09 au 20/11/09. Analyse réduite sur FE01 en fin de pompage, et type « CEE » en fin de pompage sur FE02.
- Jaugeages amont/aval sur le ruisseau du Longwé les 17/11/09 et 20/11/09.

### 3.2 Forage de reconnaissance Pz2

Les travaux de forage ont été effectués en sept phases :

✓ **Phase 1 – Foration**

- ♦ Foration à la tarière à sec de 0 à -5 m en diamètre 250 mm
- ♦ Pose d'un tubage de soutènement provisoire en acier de diamètre Ø240 mm de 0 à -6 m
- ♦ Foration au marteau fond de trou (MFT) de -5 m à -30 m, en diamètre 220 mm de -6 à -30 m.

### 3.4 Forage d'essai FE02

Conformément aux préconisations de l'hydrogéologue agréé, la base du tube plein du forage d'essai FE02 ne dépasse pas 6 m de profondeur afin de ne pas masquer les venues d'eau en tête d'aquifère, tout en isolant bien les terrains de recouvrement et la nappe superficielle.

Les travaux du forage d'essai FE02 ont été menés en 7 phases :

✓ **Phase 1 – Foration de la chambre de pompage**

- ◆ Foration au rotary à l'eau claire (tricône) de 0 m à -3,0 m, en diamètre 510 mm
- ◆ Mise en place à l'avancement d'un tubage provisoire de soutènement en acier Ø508 mm de 0 à -3 m.
- ◆ Foration au rotary à l'eau claire (tricône) de -3,0 m à -20,0 m, en diamètre 450 mm

✓ **Phase 2 – Foration en diamètre réduit**

- ◆ Foration au rotary à l'eau claire (tricône) de -20,0 m à -30,0 m, en diamètre 311 mm

✓ **Phase 3 - Equipement de la zone productive**

- ◆ Pose d'un tubage plein en inox AISI 304L de diamètre Ø342/350 mm de -0,0 m à -6,0 m.
- ◆ Pose d'un tubage crépiné en inox AISI 304L de diamètre Ø342/350 mm de -6,0 m à -20,0 m. Crépines à nervures repoussées, slot 2 mm, pourcentage de vide de 16,8%.
- ◆ Pose d'un tubage crépiné en inox AISI 304L de diamètre Ø162/168 mm de -20 m à -30,0 m. Crépines à nervures repoussées, slot 2 mm, pourcentage de vide de 16,8%.

✓ **Phase 4 – Complétion**

- ◆ Mise en place d'un massif filtrant composé de gravier siliceux roulé lavé et désinfecté Silacq de granulométrie 4/8 mm.
  - entre -30,0 et -20,0 m à l'extrados du tubage crépiné inox AISI 304L de diamètre Ø162/168 mm.
  - entre -20,0 et -6 m à l'extrados du tubage crépiné inox AISI 304L de diamètre Ø342/350 mm.
  - entre -6 et -5 m à l'extrados du tubage plein inox AISI 304L de diamètre Ø342/350 mm.

✓ **Phase 5 – Développement du forage**

- ♦ 18h30 de développement par pompage à débits variables ont été effectuées.
- ✓ **Phase 6 – Essais de pompage**
  - ♦ Essai de pompage par paliers, avec trois paliers enchaînés d'une durée unitaire de 1h30 à des débits croissants de 6,1 m<sup>3</sup>/h ; 9,1 m<sup>3</sup>/h ; 13,6 m<sup>3</sup>/h.
  - ♦ Pompage longue durée de 20h au débit continu moyen de 13,6 m<sup>3</sup>/h (poursuite du dernier palier de pompage sur une durée totale de 21h30). Un suivi des niveaux d'eau a été mis en place sur 9 points (Etang1Moulin et Etang2Moulin, S1AEP, S2AEP, S3, Pz1, Pz2, FE01, FE02).
  - ♦ Trois prélèvements pour analyses réduites ont été réalisés au cours du pompage par paliers (à la fin de chaque palier). Un prélèvement pour une analyse complète eau potable de type CEE a été effectué en fin de pompage simultané FE01/FE02, après 72h de pompage en continu.
- ✓ **Phase 7 – Cimentation**
  - ♦ Contrôle de tassement du massif filtrant et complément jusqu'à la cote -5 m.
  - ♦ Mise en place d'un bouchon étanche de peltonite de 50 cm d'épaisseur entre les cotes -4,50 et -5,00 m
  - ♦ Cimentation au laitier de ciment CEMII/A 32.5, densité 1.8, par cannes d'injection par le fond et attente de prise 24h, de 0 à -4,50 m.
- ✓ **Phase 8 - Aménagements définitifs du forage**
  - ♦ Pose d'une tête en inox étanche, boulonnée sur bride.
  - ♦ Aménagement et scellement d'une margelle bétonnée entourant la tête de forage.

### 3.4.1 Essai par paliers

Suite aux opérations de développement par pompages, un pompage par paliers a été réalisé pour définir la productivité réelle et le débit exploitable. Trois paliers enchaînés à débits croissants, d'une durée unitaire de 1h30 ont été effectués.

Les pompages par paliers ont été réalisés le 12/11/2009, aux débits croissants de 6,1 ; 9,1 ; et 13,6 m<sup>3</sup>/h.

Le niveau statique était de 1,47 m/prétubage inox. Le repère dépassait de 0,20 m/sol.

On note une bonne stabilisation des niveaux pour les deux premiers paliers au bout d'une heure et demie de pompage. Cela n'est pas le cas pour le palier n°3, qui a été poursuivi pendant 21h30 (pompage longue durée 20h enchaîné sur le palier n°3).

Le graphique ci-après présente le suivi des niveaux sur le forage FE02, ainsi que sur le forage de reconnaissance Pz1 situé à 130 m à l'ouest. Les niveaux ont été suivis avec des enregistreurs de type « Diver - Schlumberger » sur les différents points. Un

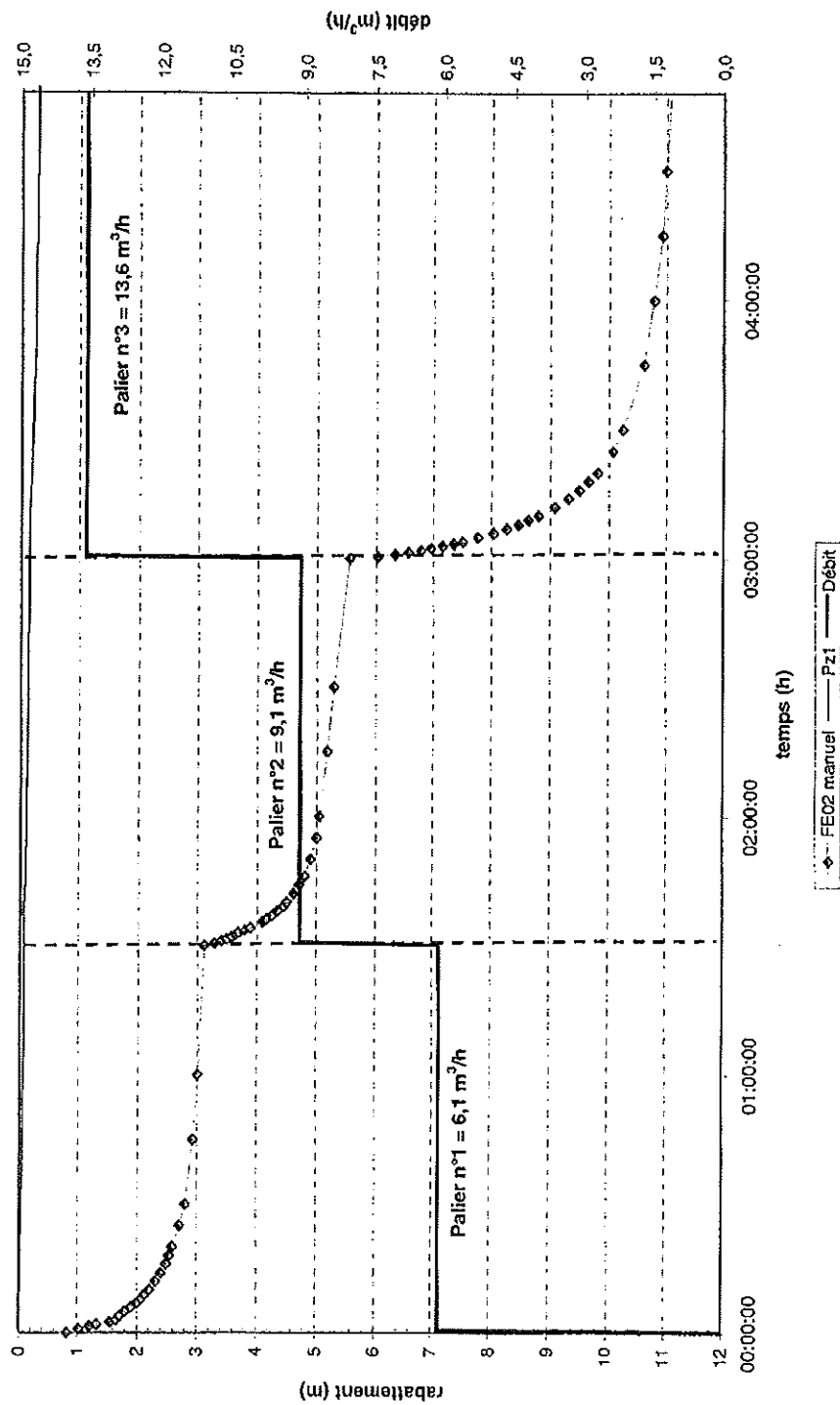
relevé manuel des niveaux a été effectué sur Pz1 et sur FE02 avec une sonde électrique, pour confirmer les valeurs enregistrées.

A la fin du dernier palier (21h30), le rabattement observé est de 11,98 m sur FE02. Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus lors de l'essai par paliers.

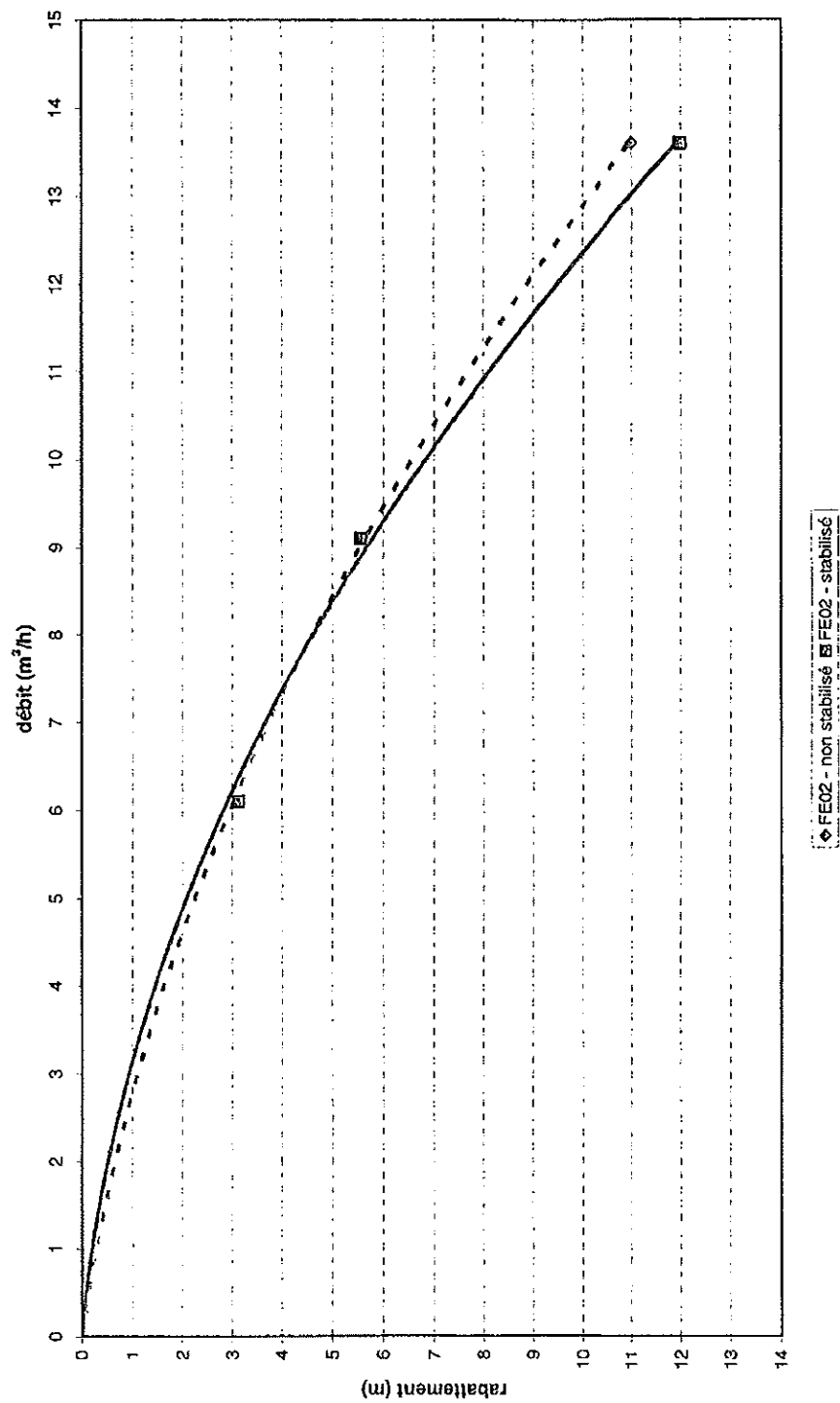
Essai par paliers - Forage d'essai FE02						
Repère =		Tête prêtubage inox				
Hauteur repère (m/eol) =		0,2				
Niveau statique (m/repère) =		1,47				
Date		12/11/2009		Pompage par paliers		
N° palier	Durée palier (h)	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Niveau dynamique (m/repère)	Rabattement (m)	Débit spécifique (m <sup>3</sup> /h/m)	Rabattement spécifique (m/m <sup>3</sup> /h)
0		0	1,47	0,00	0,0	0,0
1	01:30	6,1	4,69	3,12	2,0	0,5
2	01:30	9,1	7,02	5,55	1,6	0,6
3	21:30	13,6	13,45	11,98	1,0	0,9

Tableau 3-3 : Résultats de l'essai par paliers – forage d'essai FE02

Le niveau dynamique n'étant pas stabilisé après 1h30 de pompage à 13,6 m<sup>3</sup>/h, la valeur obtenue après 21h30 de pompage a été retenue pour tracer la courbe caractéristique.



Graphique 9 : Essai de pompage par paliers sur le forage d'essai FE02



Graphique 10 : Courbe caractéristique du forage d'essai FE02



### **Commentaires :**

Le débit exploitable est conditionné par l'évolution du niveau dynamique en pompage. Celui-ci ne doit pas descendre sous la crépine d'aspiration des pompes installées. La chambre de pompage descend jusqu'à 20 m/sol pour le forage d'essai FE02. Cette chambre de pompage a été dimensionnée pour pouvoir accueillir deux pompes de diamètre 4" (9 m<sup>3</sup>/h environ avec une pompe SP8A 50Hz -10 de diamètre 4"). Ainsi, le niveau dynamique devra rester au-dessus de la cote de 17 m/sol, par mesure de précaution. Le débit d'exploitation ne devra pas dépasser 13 m<sup>3</sup>/h sur ce forage. Le débit critique n'a pas été atteint lors de l'essai.

Le régime d'exploitation ne devrait pas dépasser cette valeur de débit sans risque important de détériorer l'ouvrage de captage et de voir la qualité de l'eau se dégrader. En effet, à de tels débits, les vitesses d'entrée de l'eau dans le puits deviennent importantes et l'eau semble se charger en colloïdes, ce qui la rend trouble, au moins en début d'exploitation.

Il est important de noter, qu'à un débit d'exploitation supérieur à 8 m<sup>3</sup>/h (d'après la courbe caractéristique), le rabattement engendré sera d'environ 4,5 m sur ce forage. Le niveau dynamique se situera donc au sommet du tubage crépiné, à 6 m/sol, en considérant un niveau statique à 1,3 m/sol. Un débit supérieur à 8 m<sup>3</sup>/h aura pour conséquence de dénoyer la partie supérieure de la crépine et du massif filtrant de graviers. Ce dénoyage pourrait favoriser la précipitation et le dépôt d'oxydes de fer et de manganèse en cas d'exploitation discontinue. Ce phénomène se manifesterait à plus ou moins long terme entraînant une diminution de la productivité du forage. Un traitement serait alors à envisager.

### **Suivi des autres points d'eau**

Le rabattement généré sur les autres points, en fin d'essai par paliers est de :

✓ 2,99 m sur Pz2

Ces rabattements sont fournis à titre indicatif, les rabattements engendrés lors du pompage longue durée étant plus significatifs.

## **3.4.2 Essai de pompage longue durée**

Un essai de pompage longue durée a été réalisé du 12/11/2009 à 13h00 au 13/11/2009, sur une durée de 21h30 (dernier palier de 1h30 suivi de 20h de pompage), au débit moyen constant de 13,6 m<sup>3</sup>/h.

Les niveaux des forages S2AEP, S3, Pz1, Pz2, FE02 ont été suivis, ainsi que deux plans d'eau situés sur le hameau du Moulin Véron (Etang1, Etang2).

Le capteur de niveau installé sur le captage S1AEP, s'est coincé au niveau de la conduite d'exhaure, les données n'ont donc pu être récupérées sur ce point.

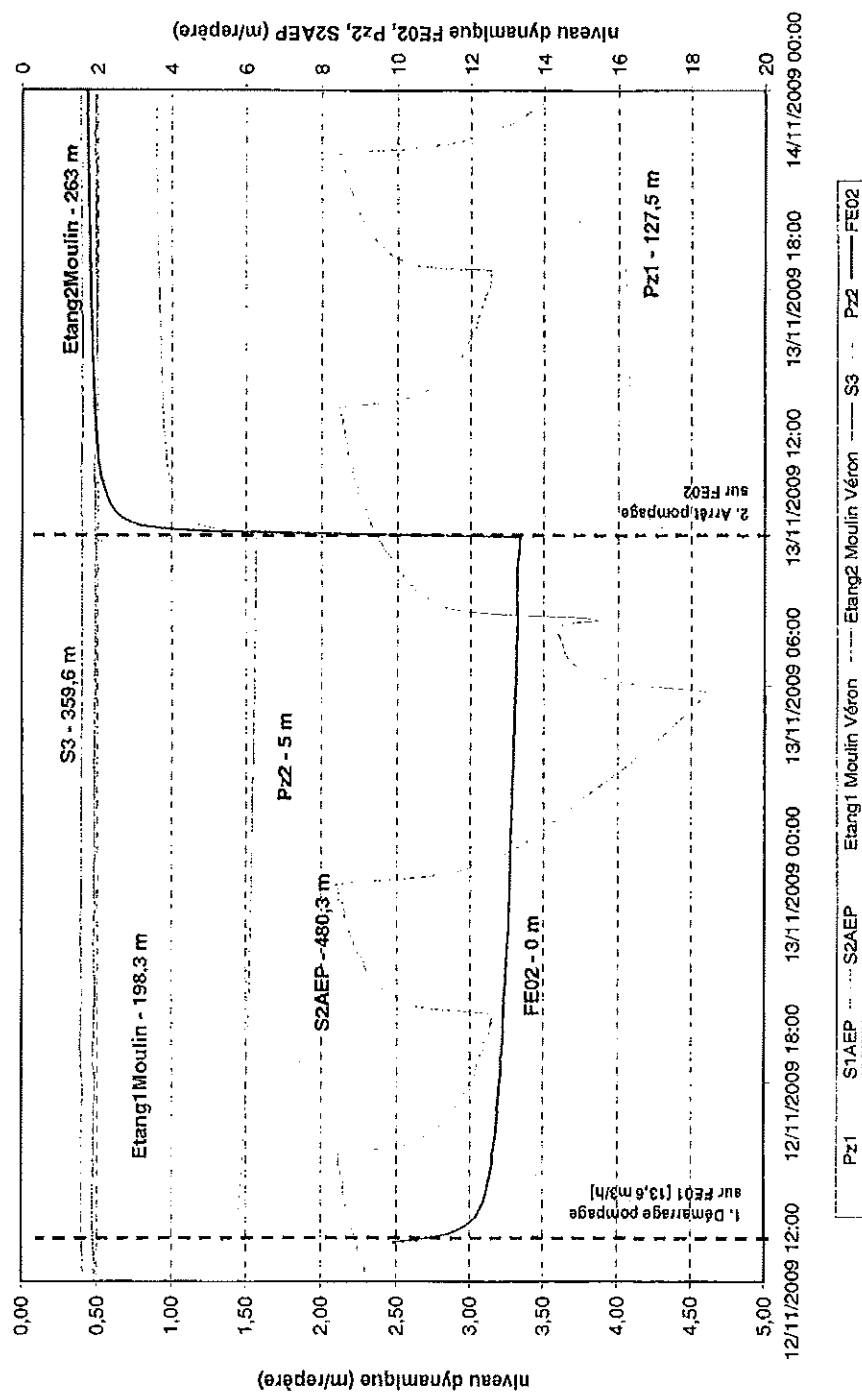
**Commentaires :**

Le rabattement observé sur FE02 est de 11,88 m au bout de 20h de pompage.

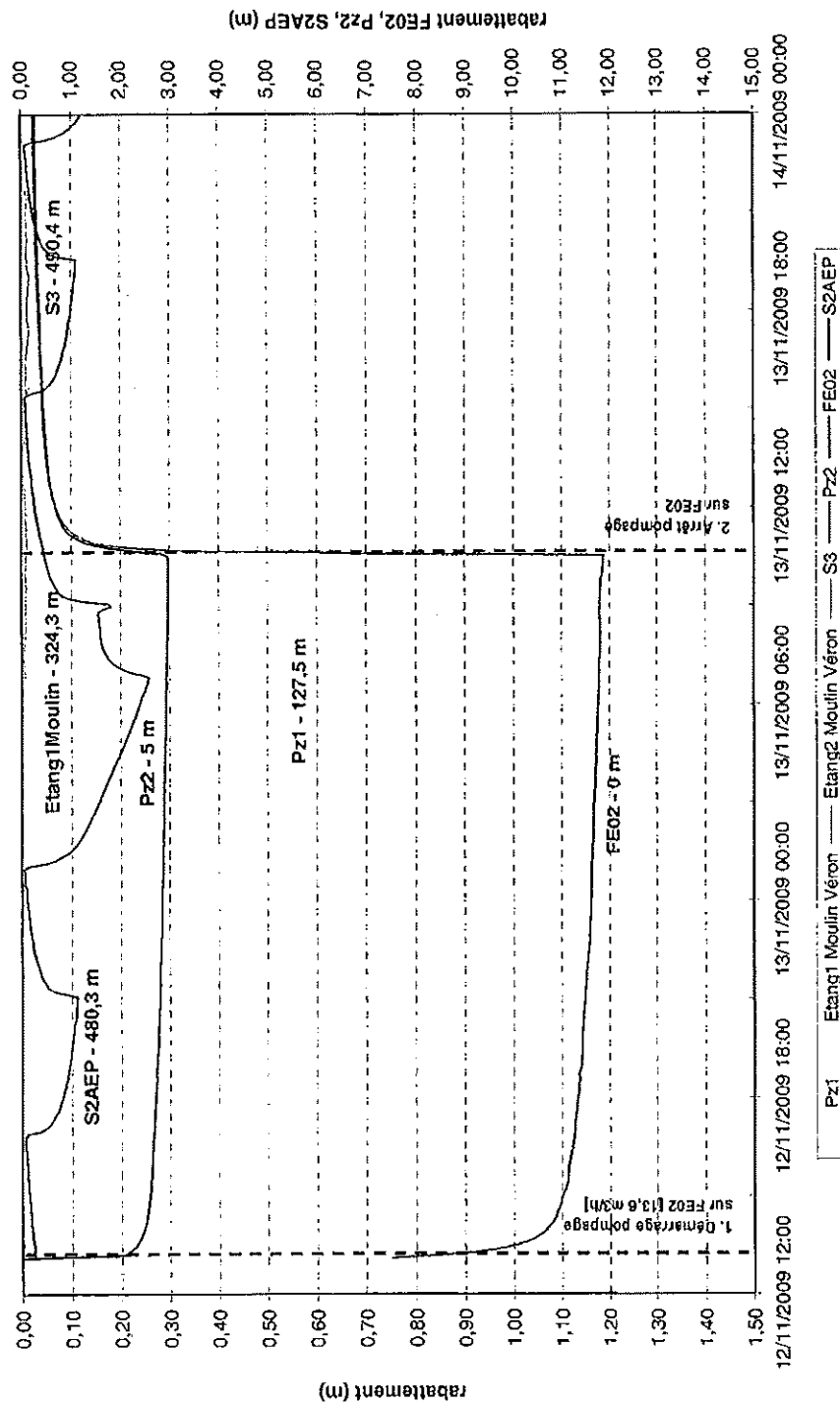
- ✓ Plusieurs éléments peuvent être observés sur la courbe semi-logarithmique de FE02 :
  - ♦ Contrairement au pompage d'essai réalisé sur le forage d'essai FE01, on n'observe pas de diminution de la productivité en fin d'essai, et se stabilise autour d'une valeur de transmissivité de  $8,7.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ .
- ✓ Les plans d'eau superficiels ont été suivis au cours du pompage. Une diminution du niveau inférieure à 1 cm est observée sur l'étang Moulin n°1. En revanche, la baisse de niveau n'est pas décelable sur l'étang Moulin n°2 en raison des précipitations survenues au cours de l'essai.
- ✓ Il n'est pas possible de détecter directement une influence du pompage sur le captage S2AEP, celui-ci ayant eu plusieurs cycles de marche/arrêt au cours de l'essai, entraînant des variations du niveau d'eau dans le captage d'une amplitude atteignant 2,6 m. Cependant, un agrandissement des courbes de S2AEP au moment du démarrage du FE02 ne révèle pas de rabattement induit. De plus, à l'inverse, l'influence du captage AEP sur le forage FE02 n'est pas détectable.
- ✓ L'influence de ce pompage sur le forage S3 est difficilement quantifiable en raison des précipitations survenues en fin de pompage.

Sur la base des données de remontée, on peut retenir une **valeur moyenne de transmissivité de  $1,5.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$**  pour les formations schisteuses et quartzitiques du Revinien au droit du secteur de FE02.

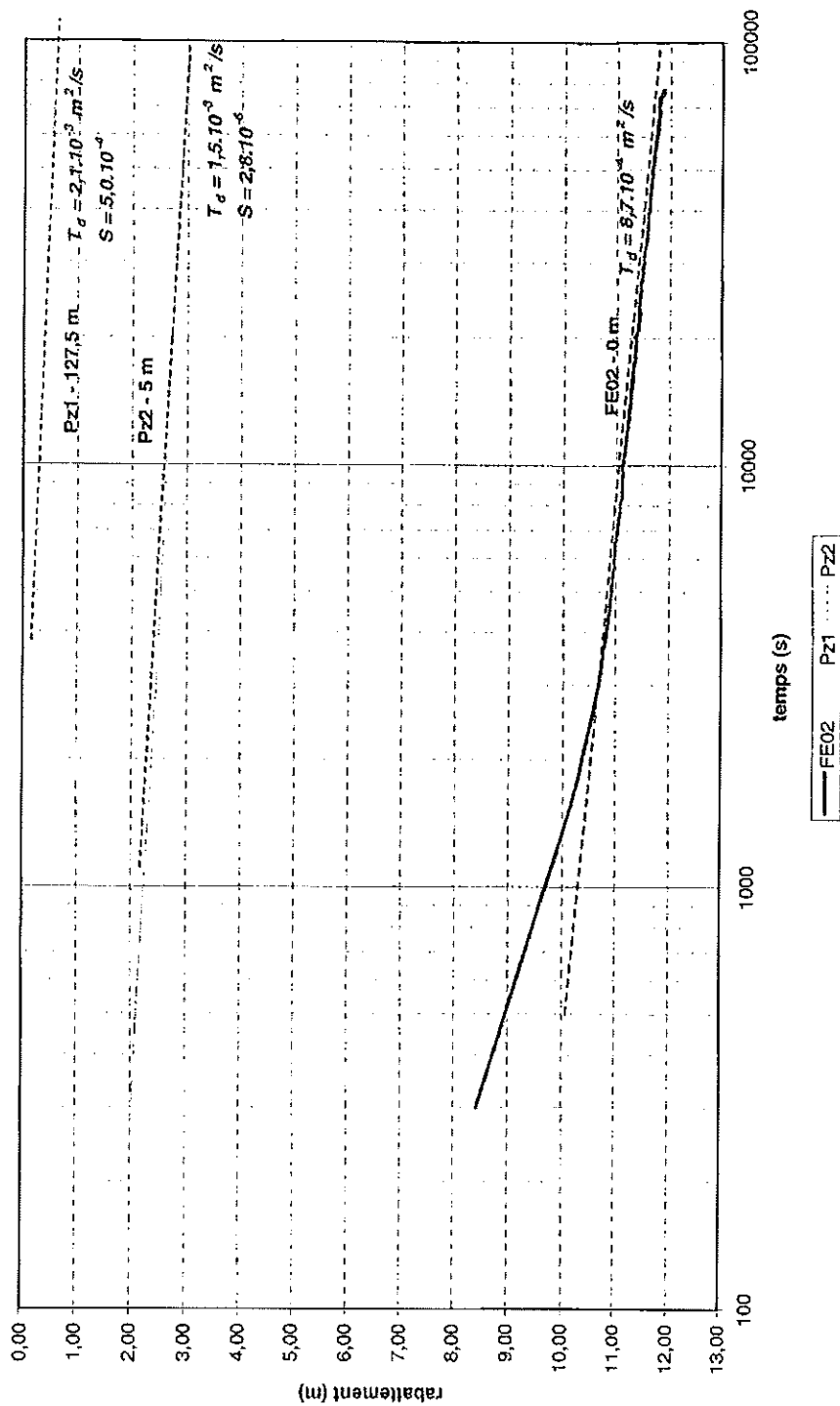
Sur la base des données issues de cet essai de pompage, une variation d'un facteur 100 du **coefficient d'emmagasinement** est observée entre Pz1 et Pz2. La proximité du Pz2, ainsi que les caractéristiques structurales du milieu, ne permettent pas de fournir d'interprétation stable pour ce paramètre.



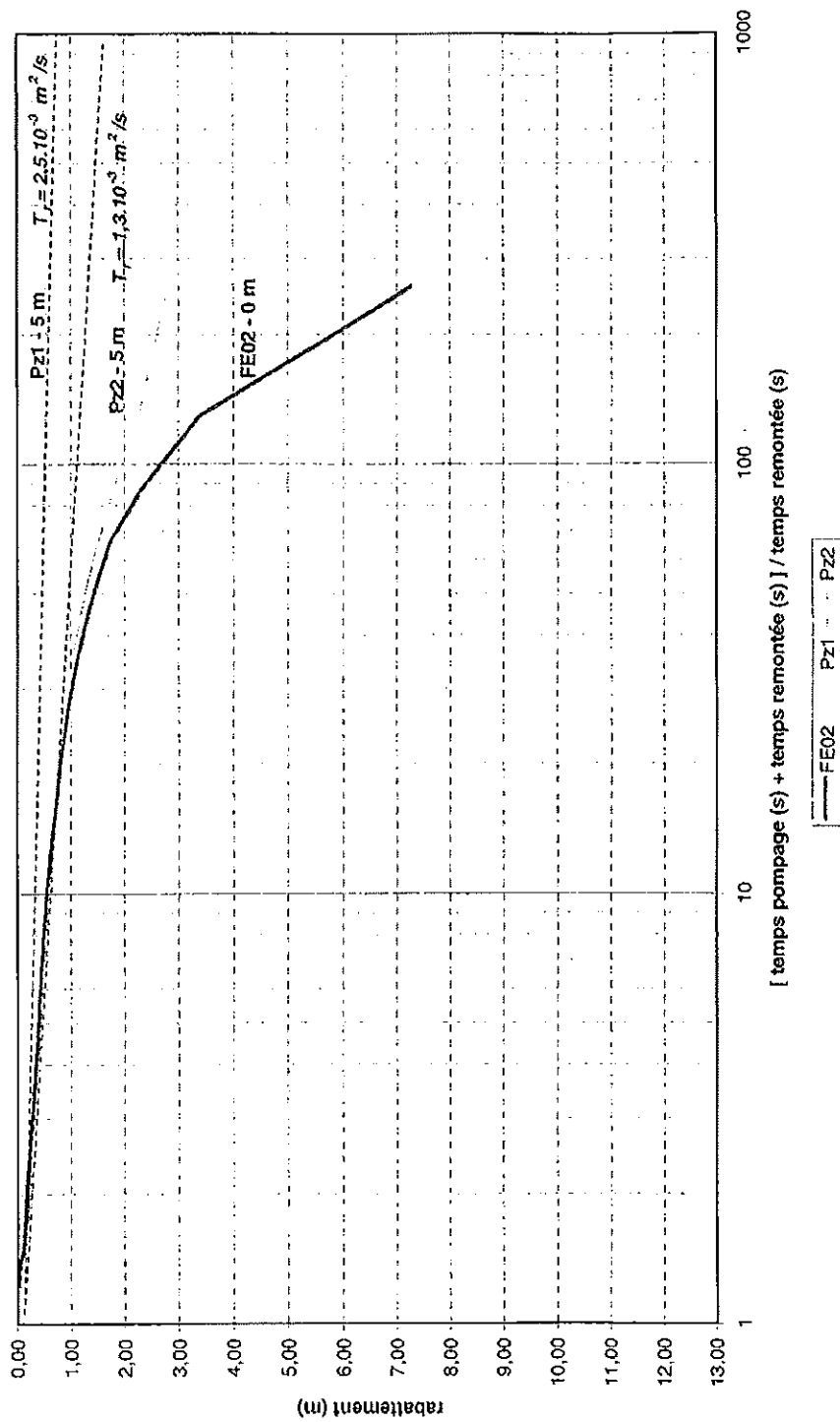
Graphique 11 : Essai de pompage longue durée 20h sur FE02 - Niveaux dynamiques



Graphique 12 : Essai de pompage longue durée 20h sur FE02 - Rabattements (échelle linéaire)



Graphique 13 : Essai de pompage longue durée 20h sur FE02 - Courbe de descente (échelle semi-logarithmique)



Graphique 14 : Essai de pompage longue durée 20h sur FE02 – Courbe de remontée (échelle semi-logarithmique)

Point	Aquifère capté	Distance au puits de pompage FE02 (m)	Niveau statique (m/repère)	Description repère	Rabatement [descente] (m)						Descente		Remontée
					1h	4h	8h	12h	16h	20h	T (m <sup>2</sup> /s)	S	
FE02	Revinien	0,0	1,47	Prétubage inox	10,75	11,28	11,49	11,62	11,72	11,80	8,7.10 <sup>-4</sup>	-	1,6.10 <sup>-3</sup>
Pz2	Revinien	5,0	3,29	Tête acier	2,48	2,67	2,79	2,86	2,92	2,97	1,5.10 <sup>-3</sup>	2,8.10 <sup>-6</sup>	1,3.10 <sup>-3</sup>
Pz1	Revinien	127,5	3,83	Tête PVC	0,25	0,34	0,40	0,45	0,49	0,53	2,1.10 <sup>-3</sup>	5,0.10 <sup>-4</sup>	1,8.10 <sup>-3</sup>
FE01	Revinien	132,5											
Etang1	-	198,3	0,52	Ponton en bois	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	-	-	-
Etang2	-	263,0	0,40	Sommet plot acier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-
S3	Revinien	359,6	0,48	Tête acier	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	x	x	x
S1AEP	Revinien	491,8	-	Rebord inox	-	-	-	-	-	-	x	x	x
S2AEP	Revinien	504,5	-	Rebord inox	-	-	-	-	-	-	x	x	x

Tableau 3-4 : Résultats du pompage longue durée sur FE02

### 3.5 Essai de pompage simultané

Un essai de pompage simultané sur les forages d'essai FE01 et FE02 a été réalisé entre le 17/11/2009 et le 20/11/2009 pendant 72h à des débits constants respectifs de 13,7 m<sup>3</sup>/h et de 11,4 m<sup>3</sup>/h. Le débit cumulé est d'environ 25 m<sup>3</sup>/h, ce qui correspond au débit recherché en exploitation par le SIAEP de Signy-le-Petit.

L'objectif est de valider en basses eaux le débit recherché et son impact sur les milieux et usages environnant.

En parallèle, des jaugeages ont été menés sur le ruisseau de Longwé, en amont et en aval des sites de pompage, les 17/11 et 20/11/2009.

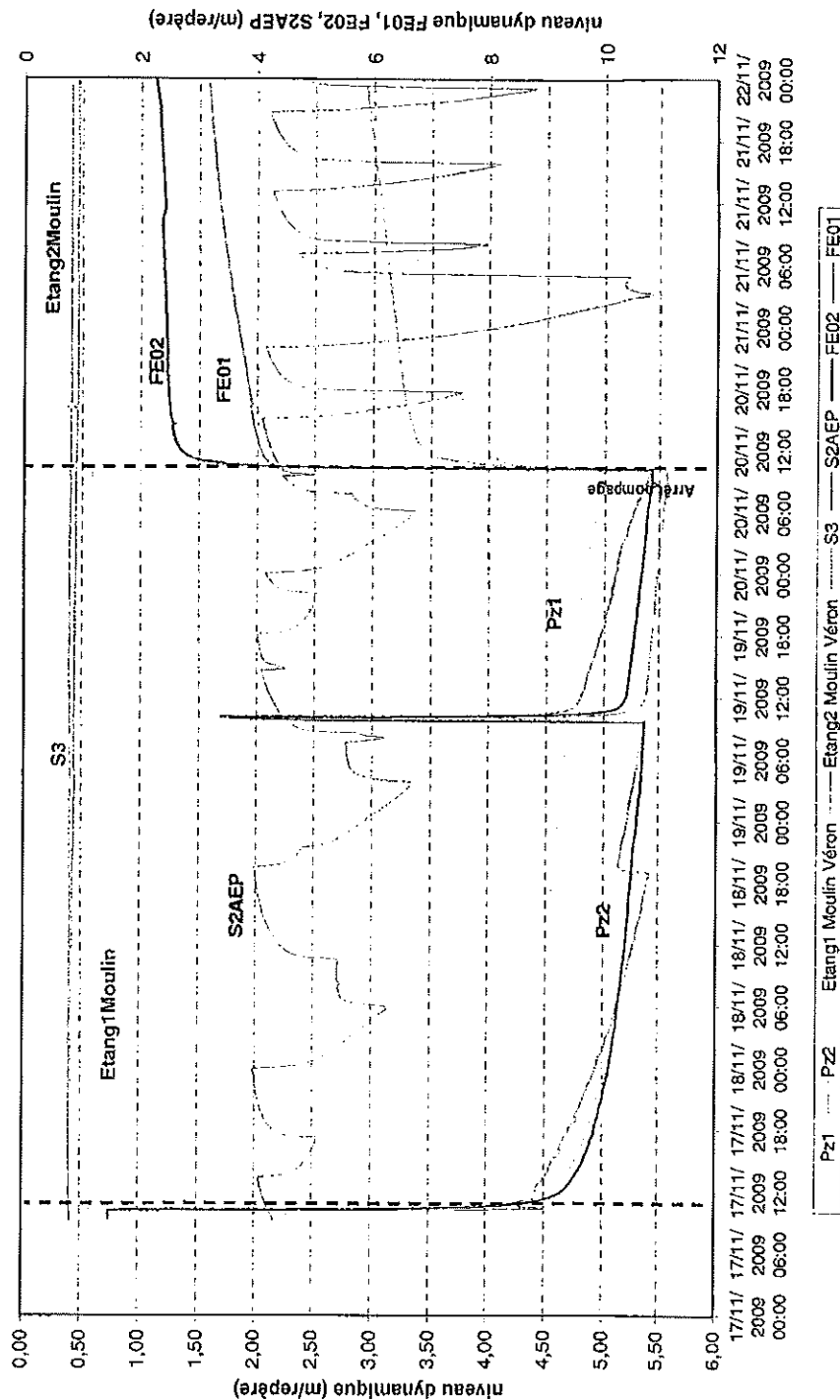
#### Commentaires :

Le pompage s'est arrêté accidentellement le 19/11/2009 entre 9h40 et 9h55. Cet arrêt d'une durée réduite ne remet pas en cause les résultats du pompage.

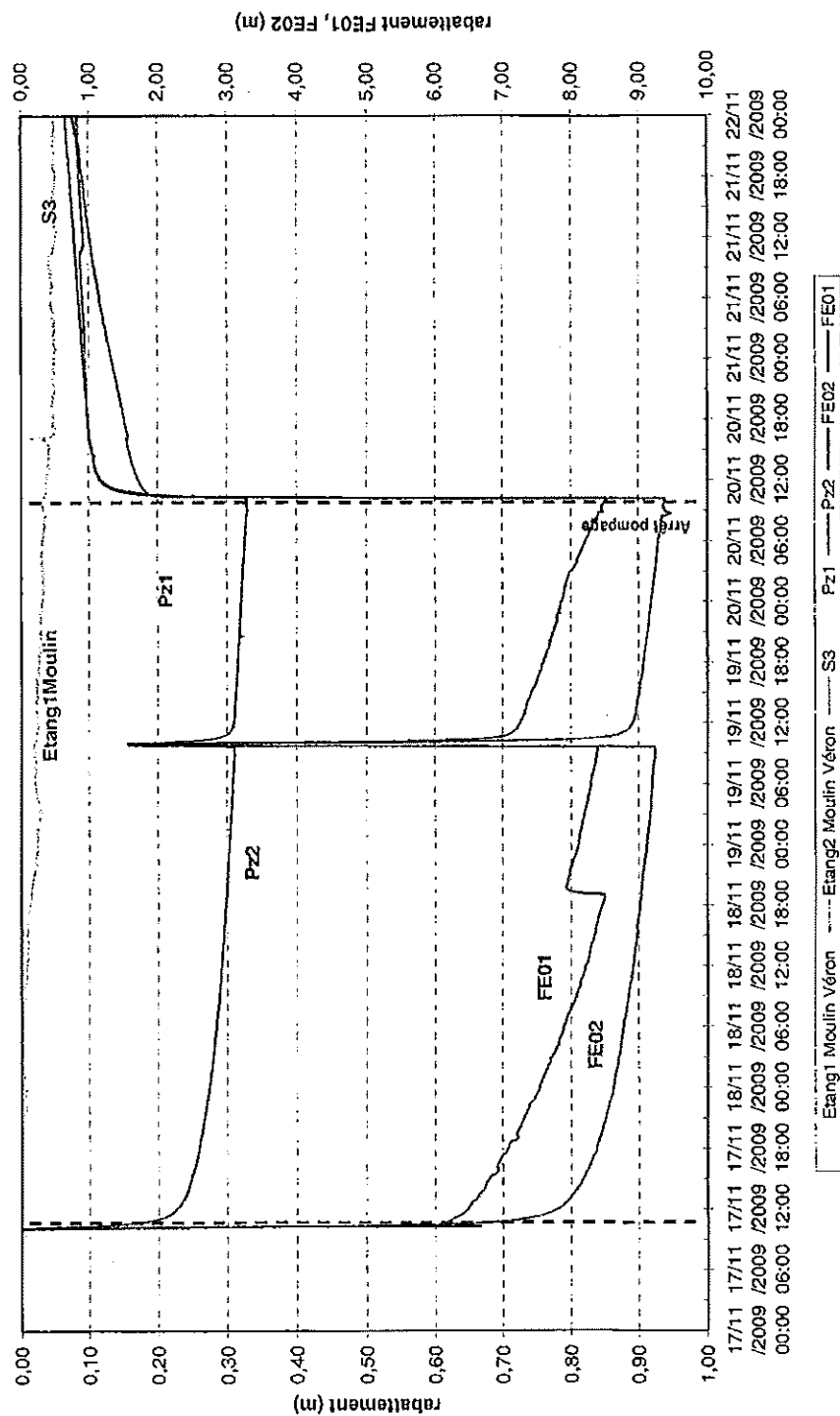
La configuration testée permet d'obtenir des rabattements du même ordre de grandeur sur FE01 et sur FE02 (environ 9 m). Le régime permanent n'est pas atteint au bout des 72h (rabattement non stabilisé).

La pente de la courbe de niveau sur le forage FE01 semble s'accroître en fin d'essai, et n'est pas liée à une augmentation du débit de pompage. La productivité

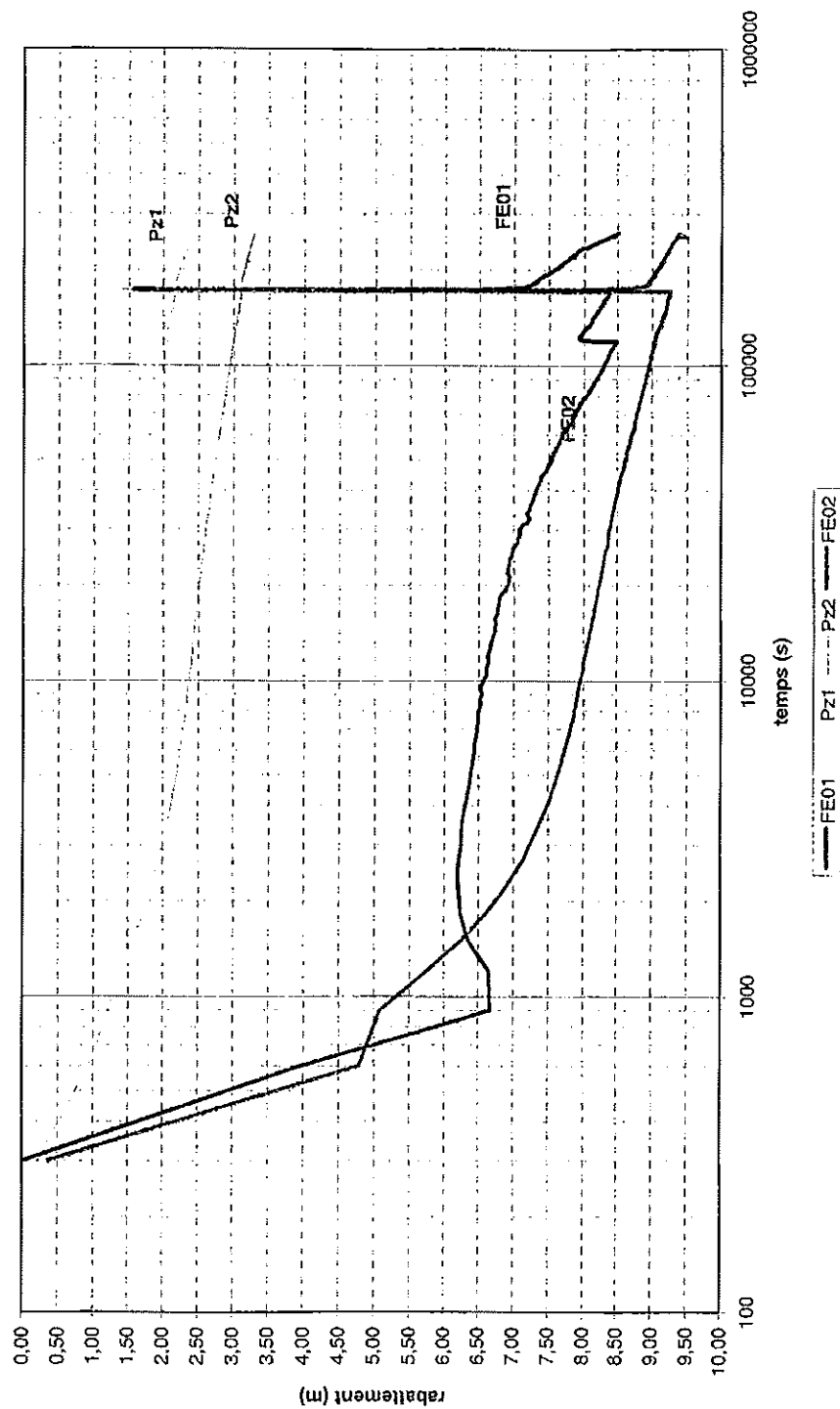




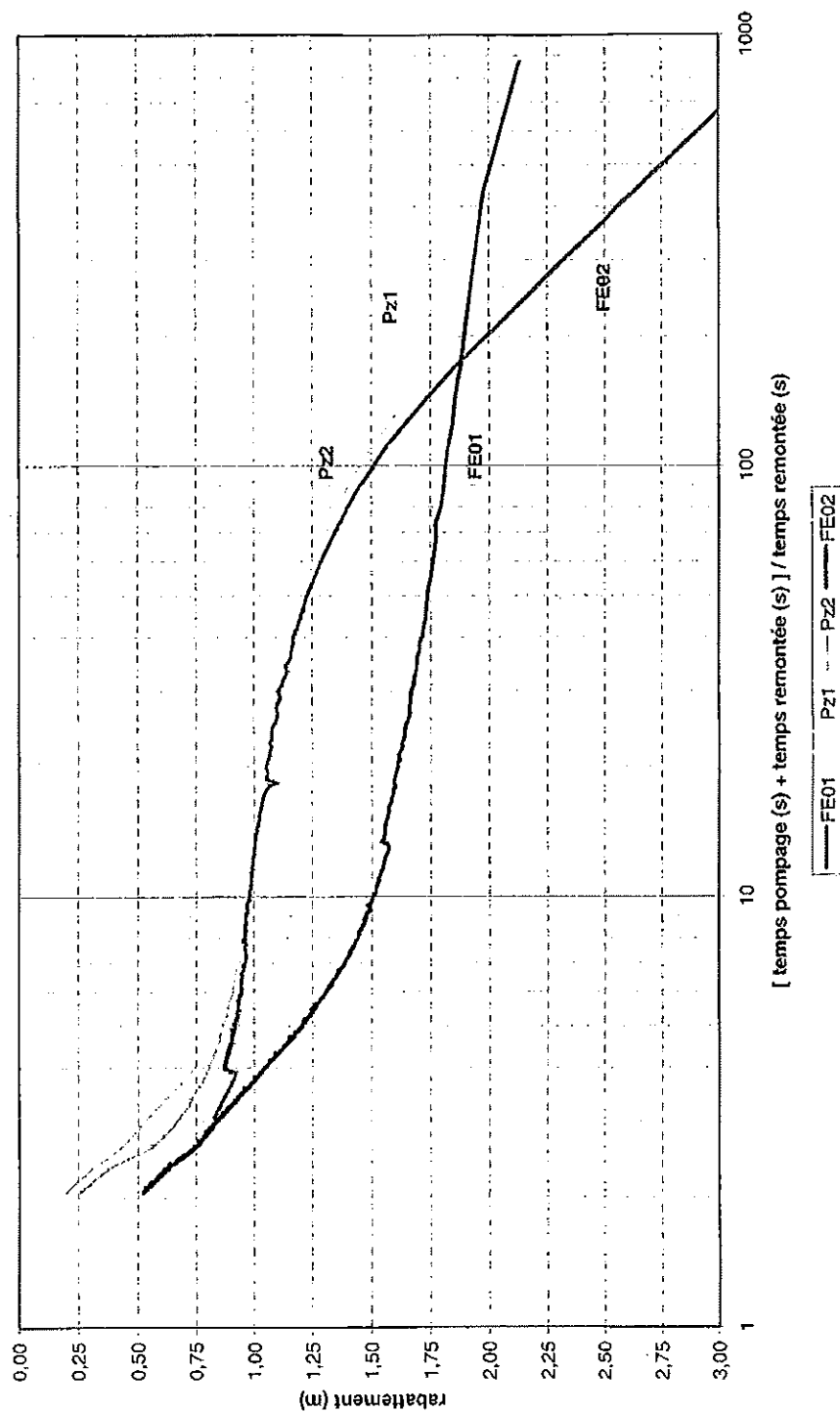
Graphique 15 : Essai de pompage simultané 72h - Niveaux dynamiques



Graphique 16 : Essai de pompage simultané 72h - Rabattements (échelle linéaire)



Graphique 17 : Essai de pompage simultané 72h – Courbe de descente (échelle semi-logarithmique)

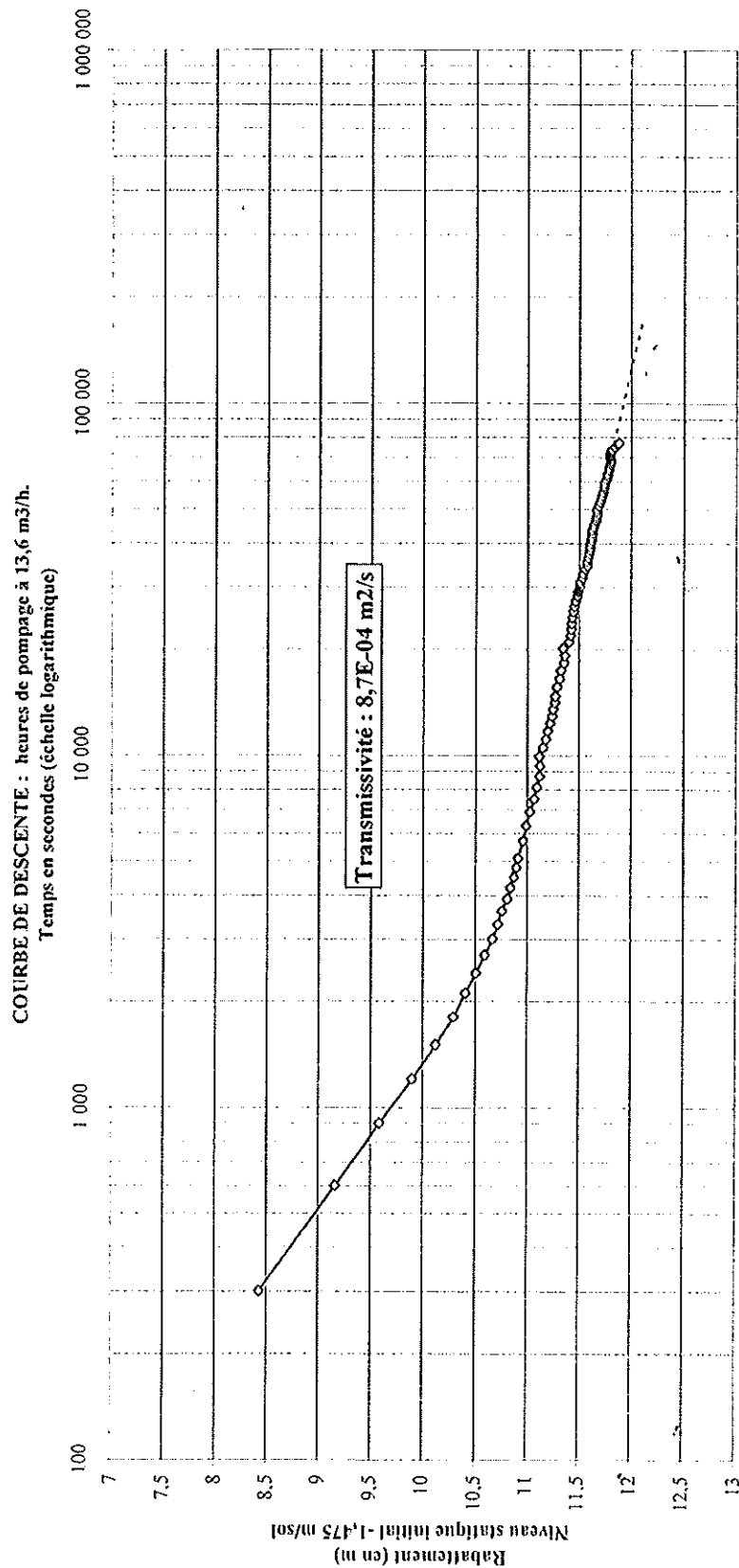


Graphique 18 : Essai de pompage simultané 72h - Courbe de remontée (échelle semi-logarithmique)

Point	Aquifère capté	Distance à FE01 (m)	Distance à FE02 (m)	Niveau statique (m/repère)	Description repère	Rabattement [descente] (m)					Rabattement [remontée] (m)				
						1h	6h	12h	24h	72h	1h	6h	12h	24h	48h
FE01	Revinien	0	132,5	2,34	Bride inox	6,26	6,93	7,39	8,13	8,50	1,77	1,57	1,39	1,05	0,70
FE02	Revinien	132,5	0,0	1,49	Prétubage inox	7,4	8,26	8,55	8,88	9,38	1,37	1,01	0,96	0,88	0,61
Pz1	Revinien	5,0	127,5	2,53	Tête PVC	1,18	1,47	1,66	1,94	2,49	1,53	1,25	1,07	0,75	0,39
Pz2	Revinien	137,5	5,0	2,28	Tête acier	2,07	2,54	2,71	2,90	3,29	1,32	1,00	0,94	0,80	0,49
Etang1	-	324,3	198,3	0,52	Ponton en bois	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Etang2	-	392,6	263,0	0,40	Sommet plot acier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S3	Revinien	490,4	359,6	0,41	Tête acier	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,00
S1AEP	Revinien	383,5	491,8	-	Rebord inox	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S2AEP	Revinien	480,3	504,5	-	Rebord inox	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 3-5 : Résultats du pompage simultané 72h

**SIAEP de Signy-le-Petit**  
**Forage FE02 de Signy-le-Petit**  
**Pompage longue durée du 12 novembre 09 au 13 novembre 09**



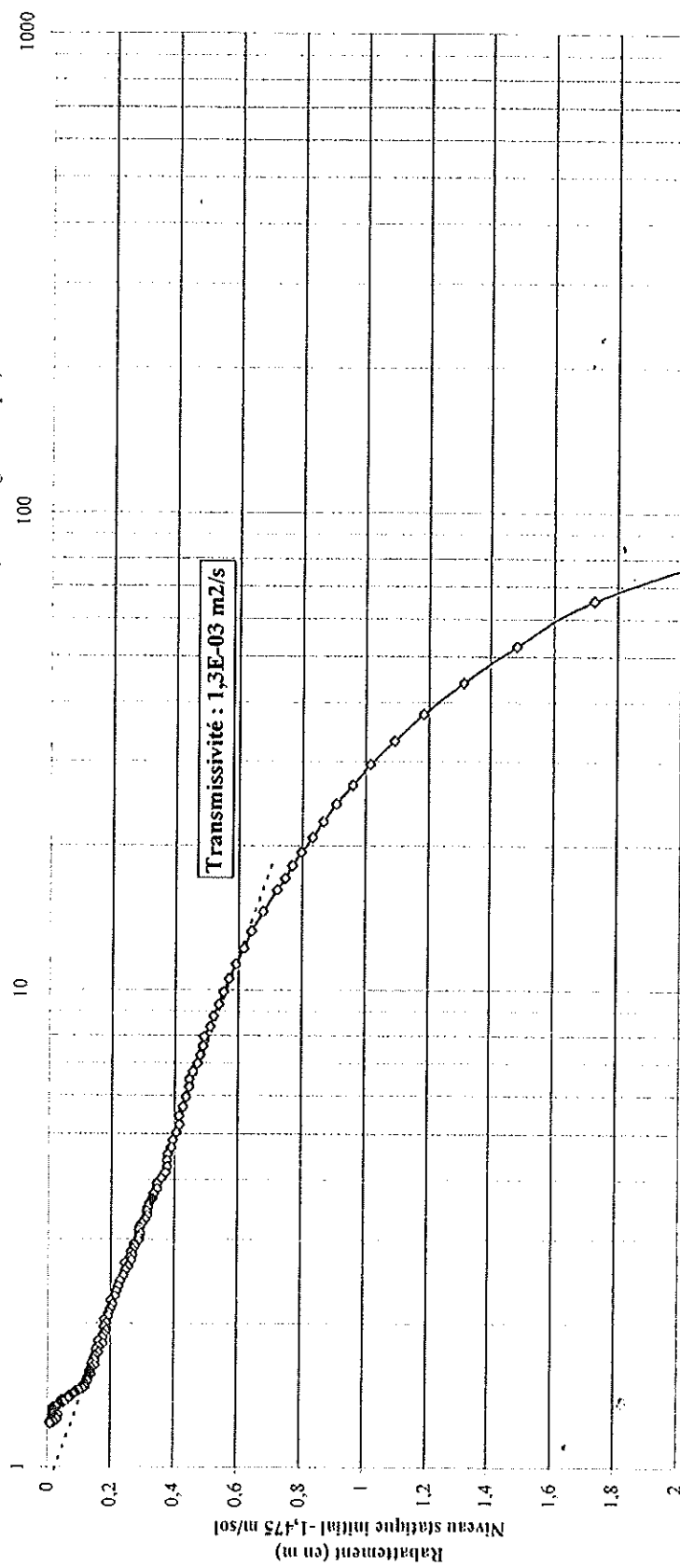


SIAEP de Signy-le-Petit

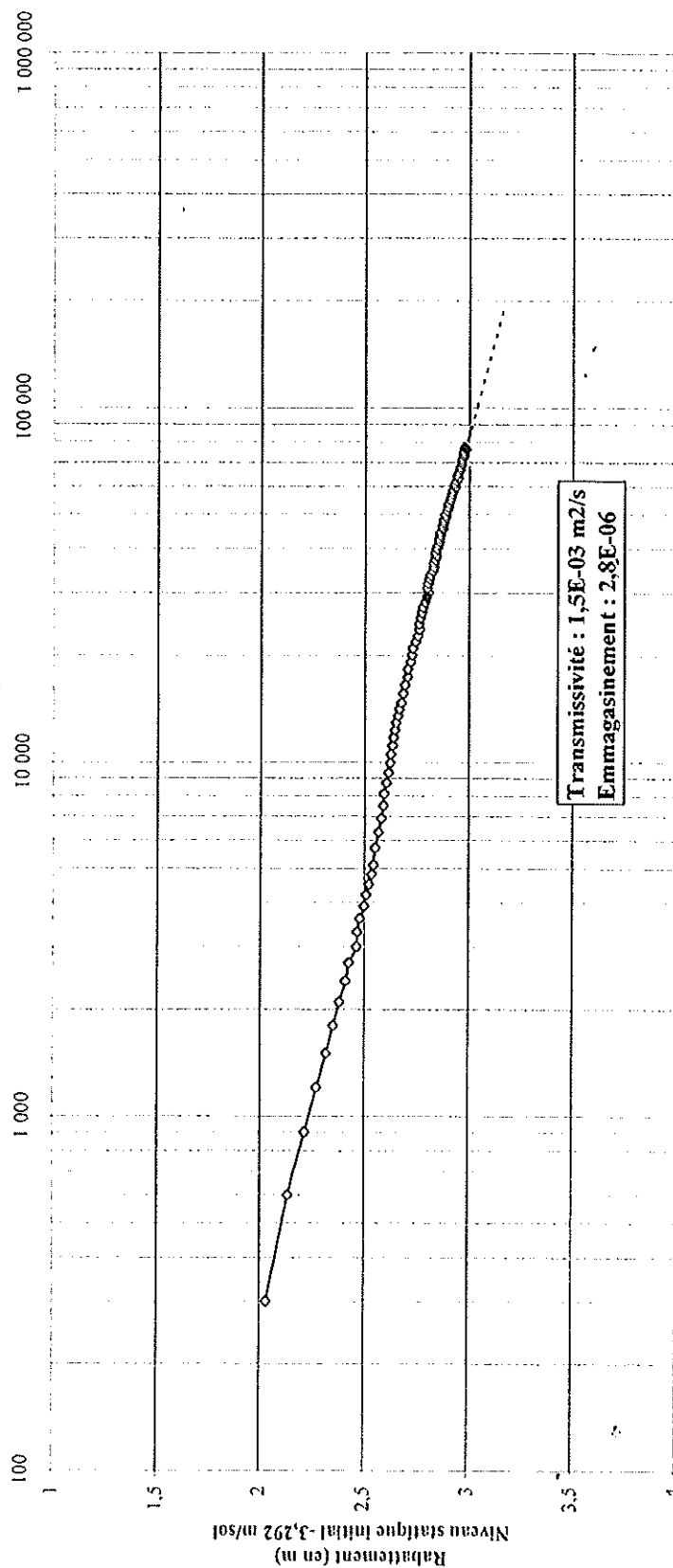
Forage FE02 de Signy-le-Petit

Pompage longue durée du 12 novembre 09 au 13 novembre 09

COURBE DE REMONTEE après heures de pompage à 13,6 m<sup>3</sup>/h.  
(Temps de pompage + Temps de remontée) / Temps de remontée (échelle logarithmique)



COURBE DE DESCENTE : heures de pompage à 13,6 m<sup>3</sup>/h.  
Temps en secondes (échelle logarithmique)





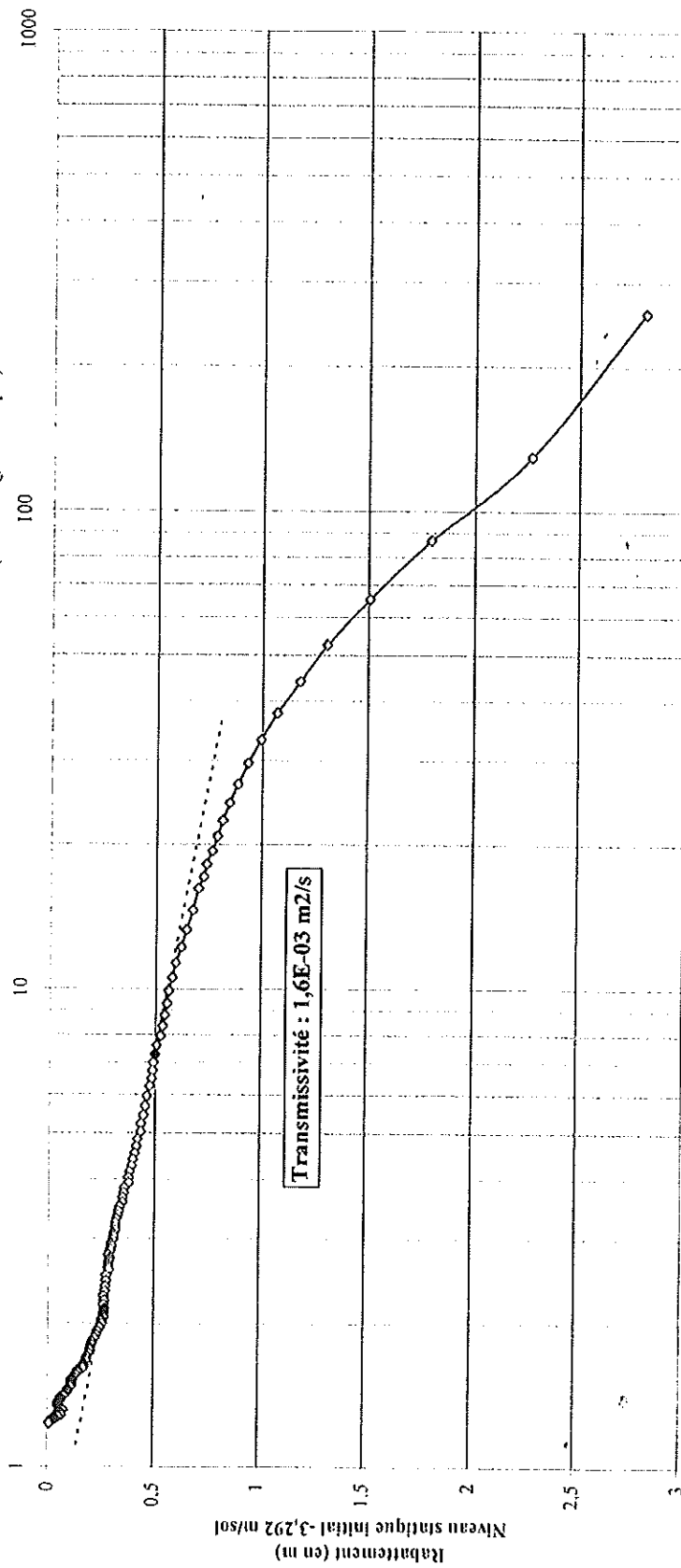


SIAEP de Signy-le-Petit

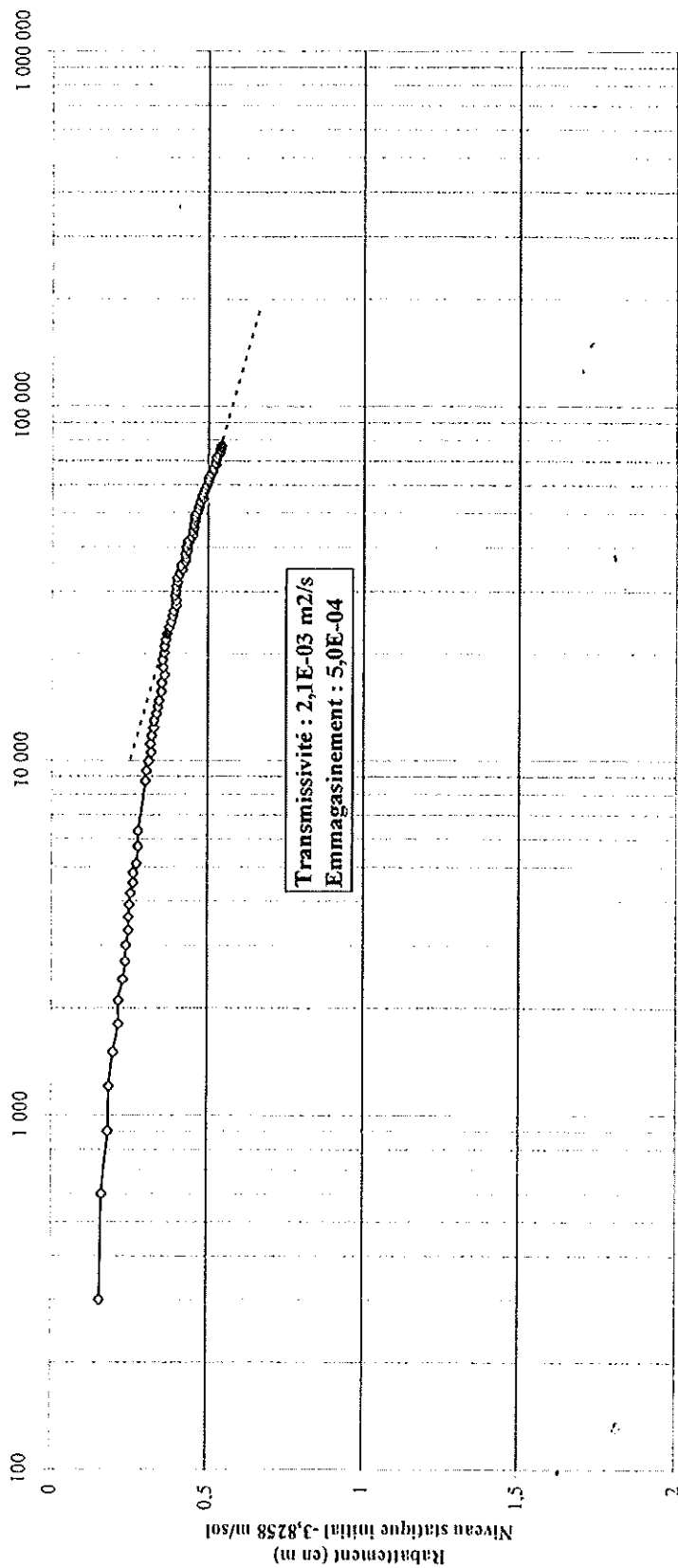
Piezomètre Pz2 de Signy-le-Petit

Pompage longue durée sur FE02 (à 5 m) du 12 novembre 09 au 13 novembre 09

COURBE DE REMONTEE après heures de pompage à 13,6 m<sup>3</sup>/h.  
(Temps de pompage + Temps de remontée) / Temps de remontée (échelle logarithmique)



COURBE DE DESCENTE : heures de pompage à 13,6 m<sup>3</sup>/h.  
Temps en secondes (échelle logarithmique)





SIAEP de Signy-le-Petit

Piézomètre Pz1 de Signy-le-Petit

Pompage longue durée sur FE02 (à 127,5 m) du 12 novembre 09 au 13 novembre 09

COURBE DE REMONTEE après heures de pompage à 13,6 m<sup>3</sup>/h.  
(Temps de pompage + Temps de remontée) / Temps de remontée (échelle logarithmique)

