

## 5 Caractéristiques hydrauliques et paramètres hydrodynamiques

### 5.1 Essais de 2009/2010

Le champ captant de Sacierges saint Martin a fait l'objet d'une série de pompages d'essais par paliers et de pompages d'essais longue durée dans le cadre de la présente étude. Parmi les cinq ouvrages constituant le champ captant, F1 et F3 ont été testés en novembre 2009, F2, F4 (uniquement pompages par paliers) et F5 ont été testés entre fin avril et début mai 2010. Le **tableau n°25** synthétise les essais effectués.

	Novembre 2009	Avril/mai 2010
F1	- Pompages par paliers - Essai longue durée 48 heures	
F2		- Pompages par paliers - Essai longue durée de 48 heures
F3	- Pompages par paliers - Essai longue durée de 48 heures	
F4		- Pompages par paliers
F5		- Pompage par paliers - Essai longue durée de 48 heures

**Tableau 25 : synthèse des pompages d'essai effectués dans le cadre de la protection des captages de Sacierges Saint Martin**

Les essais par paliers ont été menés après remontée des colonnes d'exploitation, à l'aide de pompes fournies et mises en place par l'entreprise SADE.

Les pompages d'essais de longue durée ont quant à eux été menés avec le matériel d'exploitation. Pour le forage F4, les essais par paliers ont montré un débit critique de l'ouvrage de l'ordre de 8 m<sup>3</sup>/h. La pompe d'exploitation fournie un débit de 20 m<sup>3</sup>/h. L'essai de longue durée n'a donc pas pu être mené, le groupe de pompage basculant en sécurité après une demi-heure de prélèvement.

Chaque ouvrage testé a fait l'objet d'un suivi automatisé des niveaux (sonde pressiométrique + enregistreur) permettant l'acquisition d'une valeur de niveau dynamique toutes les minutes durant l'essai. Le même système a été systématiquement placé sur un autre ouvrage du champ captant afin d'être utilisé en tant que piézomètre.

Par ailleurs, durant les essais, tous les ouvrages du champ captant étaient à l'arrêt afin d'éviter toute interférence avec l'ouvrage testé.

## 5.1.1 Les essais de puits

### Annexe 5 : courbes d'évolution des rabattements et notes de calculs

Le **tableau n°26** détaille les modalités de réalisation de chaque essai de puits sur les forages de Sacierges Saint Martin.

	Date de réalisation	Modalités de réalisation	Débit des paliers (m <sup>3</sup> /h)
F1	26 et 27/11/2009	<b>4 paliers non enchaînés</b> (2 heures de pompage + 2 heures d'arrêt).	10,2 – 16,8 – 24,7 – 27,8
F2	6/05/2010	<b>4 paliers non enchaînés</b> (2 heures de pompage + 2 heures d'arrêt).	10 – 15,4 – 20,9 – 24,8
F3	24 et 25/11/2009	<b>4 paliers non enchaînés</b> (2 heures de pompage + 2 heures d'arrêt).	16,7 – 30,4 – 44,2 – 55,6
F4	04/05/2010	<b>4 paliers non enchaînés</b> (2 heures de pompage sauf dernier palier sur 1 heure + 2 heures d'arrêt).	4,6 – 8,0 – 10,4 – 13,5
F5	10/05/2010	<b>4 paliers non enchaînés</b> (2 heures de pompage sauf dernier palier sur 1 heure + 2 heures d'arrêt).	15,3 – 20,2 – 24,7 – 31,6

Tableau 26 : modalités de réalisation des essais par paliers

Pour certains essais la géométrie des ouvrages perturbe l'interprétation des paliers. En effet, la variation de diamètre entre le cuvelage busé (Ø 1500 mm intérieur) et la colonne de captage (Ø 400 mm) influe sur l'évolution des rabattements. Les courbes caractéristiques sont alors faussées lorsque, dans un même essai, les niveaux dynamiques observés à l'issue de certains paliers demeurent dans l'avant-puits alors que d'autres se situent dans la colonne de captage. Les essais, pour lesquels cette problématique a été observée, sont précisées dans les paragraphes ci-après relatifs aux résultats obtenus sur chaque ouvrage.

Les courbes d'évolution des rabattements pendant les pompages d'essais par paliers ainsi que les notes de calculs relatives à l'interprétation de chaque essai sont reportés en **annexe n°5**. **Les courbes caractéristiques sont quant à elles reportées en figure n°18 et n°19.**

#### 5.1.1.1 Résultats de l'essai – Forage F1

Les courbes d'évolution des rabattements pendant les paliers montrent une différence de comportement entre les deux premiers paliers et les deux derniers paliers :

- pour les paliers à 10,16 et 16,77 m<sup>3</sup>/h, le niveau dynamique tend à une stabilisation au cours de l'essai.
- pour les paliers à 24,86 et 30 m<sup>3</sup>/h, les rabattements évoluent de manière quasi-linéaire en fonction du temps, le dernier palier à 30 m<sup>3</sup>/h à du être réduit à 23 m<sup>3</sup>/h après 40 minutes de pompages.

Pour les deux premiers paliers, la première zone crépinée demeure noyée, elle est en revanche dénoyée pour les deux derniers paliers (la cote de dénoyage est obtenue pour environ 5 mètres de rabattement). **La courbe caractéristique de l'ouvrage montre, par ailleurs, que le débit critique est dépassé sur les deux derniers paliers. Celui-ci peut donc être évalué entre 17 et 20 m<sup>3</sup>/h.**

Les coefficients de pertes linéaires et quadratiques (calculés uniquement à partir des deux premiers paliers) indiqueraient que les rabattements observés sont principalement dus aux pertes de charges quadratiques, celles-ci représentant entre 70 et 80 % du rabattement total.

Les principales conclusions de l'essai sont :

- **Le débit critique dépassé pendant l'essai et évalué aux environs de 17 à 20 m<sup>3</sup>/h ;**
- **Les pertes de charges quadratiques sont prépondérantes;**
- **Pour un temps de pompage de deux heures, l'équation des pertes de charge est donnée par :  $s = 1,28 \times 10^{-2} Q^2 + 4,83 \cdot 10^{-2} Q$  avec le débit (Q) en m<sup>3</sup>/h ;**
- **Le rabattement maximal atteint 24,5 mètres au bout d'une heure de pompage à un débit moyen de 27 m<sup>3</sup>/h ;**
- **Le débit spécifique (avant dépassement du débit critique) est de 3,8 m<sup>3</sup>/h/m à 16,7 m<sup>3</sup>/h ;**
- **Le rabattement spécifique est de 0,26 m/m<sup>3</sup>/h à 16,7 m<sup>3</sup>/h.**

#### **5.1.1.2 Résultats de l'essai – Forage F2**

Les niveaux dynamiques de fin de paliers se situent tous au sein de l'avant-puits busé. Les rabattements obtenus à l'issue de chaque palier sont donc directement comparables entre eux.

La corrélation obtenue entre les débits spécifiques de chaque palier est relativement faible en raison d'une diminution du rabattement spécifique à partir du troisième palier. La courbe caractéristique retranscrit malgré tout la courbe de l'essai de manière relativement fidèle, à l'exception du dernier palier, dont le rabattement final paraît anormalement faible.

Au regard des coefficients calculés, il semble que la quasi-totalité des rabattements soient liés aux pertes de charges linéaires (89 à 95 % du rabattement total).

Les principales conclusions de l'essai sont :

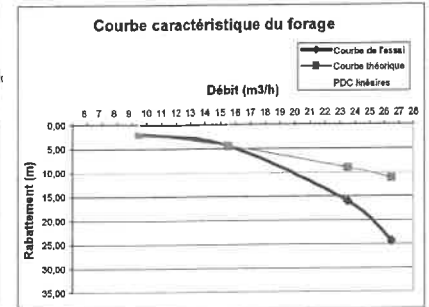
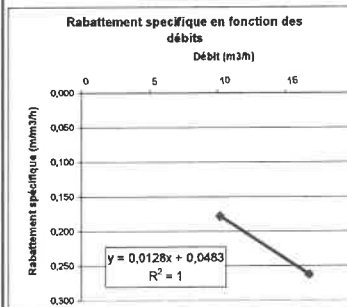
- **Le débit critique non atteint à 24 m<sup>3</sup>/h ;**
- **les courbes d'évolution du rabattement pendant pompages ne montrent néanmoins pas de tendance à la stabilisation ;**
- **Les pertes de charges linéaires sont prépondérantes même pour de forts débits ;**
- **Pour un temps de pompage de deux heures, l'équation des pertes de charge est donnée par :  $s = 2,39 \times 10^{-3} Q^2 + 0,470 Q$  avec le débit (Q) en m<sup>3</sup>/h ;**
- **Le rabattement maximal atteint 11,4 mètres au bout de deux heures de pompage à 24 m<sup>3</sup>/h ;**
- **Le débit spécifique est de 2,1 m<sup>3</sup>/h/m à 24 m<sup>3</sup>/h ;**
- **Le rabattement spécifique est de 0,5 m/m<sup>3</sup>/h à 24 m<sup>3</sup>/h.**

# Figure n°18 : Pompages par paliers sur les forages F1 à F3 De Sacierges Saint Martin



## Forage F1

Paliers	Durée (heures)	Débit (m³/h)	Débit (m³/s)	Rab. maximal (m)	Rab. spécifq (m/m³/h)	Q spécifq (m³/h/m)	PDC linéaires (m)	PDC quadr. (m)	PDC totales (m)	PDC quadr. (%)
1	2	10,16	2,82E-03	1,81	0,178	5,613	0,49	1,32	1,81	73
2	2	16,76	4,66E-03	4,40	0,263	3,809	0,81	3,59	4,40	82
3	2	24,76	6,88E-03	16,04	0,648	1,544	1,19	7,84	9,03	87
4	2	27,76	7,71E-03	24,35	0,877	1,140	1,34	9,85	11,19	88

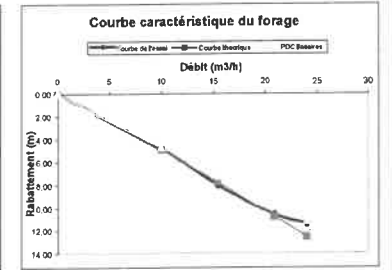
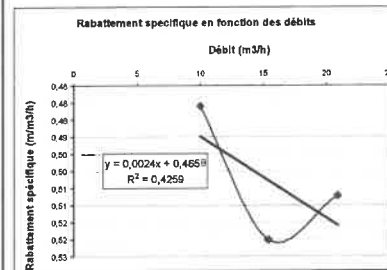


C	Coef de PDC quadr.	1,28E-02	m/(m³/h)²	Soit :	165692	m/(m³/s)²
B	Coef de PDC lin.	4,83E-02	m/(m³/h)	Soit :	173,72	m/(m³/s)

Débit critique : 17 à 20 m³/h

## Forage F2

Paliers	Durée (heures)	Débit (m³/h)	Débit (m³/s)	Rab. maximal (m)	Rab. spécifq (m/m³/h)	Q spécifq (m³/h/m)	PDC linéaires (m)	PDC quadr. (m)	PDC totales (m)	PDC quadr. (%)
0	0	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
1	2	10,0	2,78E-03	4,81	0,481	2,079	4,66	0,24	4,90	5
2	2	15,4	4,28E-03	8,01	0,520	1,923	7,18	0,57	7,74	7
3	2	20,9	5,81E-03	10,80	0,507	1,872	9,74	1,04	10,78	10
4	2	24,0	6,67E-03	11,40	0,475	2,105	11,18	1,37	12,66	11

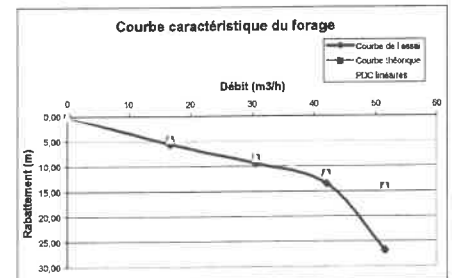
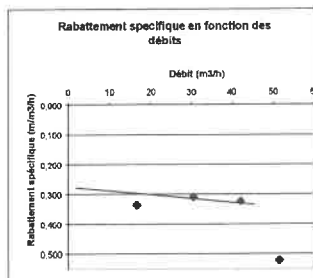


C	Coef de PDC quadr.	2,39E-03	m/(m³/h)²	Soit :	30934	m/(m³/s)²
B	Coef de PDC lin.	4,66E-01	m/(m³/h)	Soit :	1677,35	m/(m³/s)

Débit critique : Non atteint

## Forage F3

Paliers	Durée (heures)	Débit (m³/h)	Débit (m³/s)	Rab. maximal (m)	Rab. spécifq (m/m³/h)	Q spécifq (m³/h/m)	PDC linéaires (m)	PDC quadr. (m)	PDC totales (m)	PDC quadr. (%)
0	0	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
1	2	16,70	4,64E-03	5,58	0,334	2,893	4,59	0,00	4,59	0
2	2	30,50	8,47E-03	9,44	0,310	3,231	8,38	0,00	8,38	0
3	2	42,00	1,17E-02	13,55	0,323	3,100	11,54	0,00	11,54	0
4	2	51,50	1,43E-02	26,82	0,521	1,920	14,15	0,00	14,15	0



C	Coef de PDC quadr.	1,14E-03	m/(m³/h)²	Soit :	14775,36	m/(m³/s)²
B	Coef de PDC lin.	2,75E-01	m/(m³/h)	Soit :	989,05	m/(m³/s)

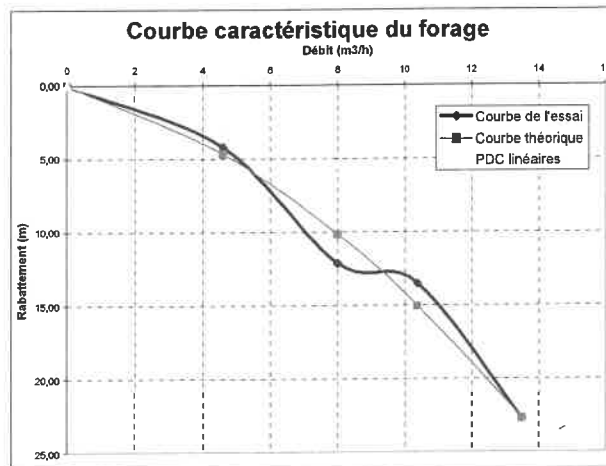
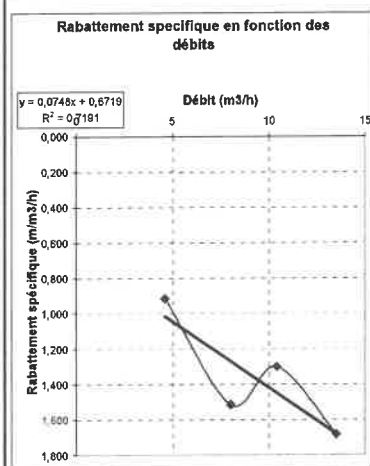
Débit critique : 45 m³/h

# Figure n°19 : Pompages par paliers sur les forages F4 et F5 De Sacièrges Saint Martin



## Forage F4

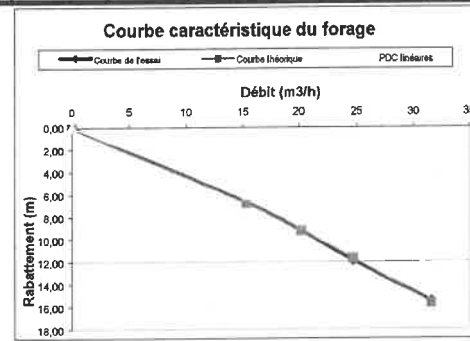
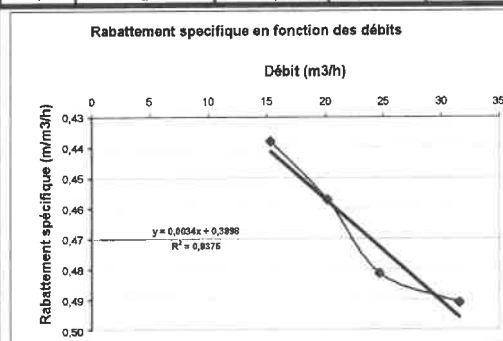
Paliers	Durée (heures)	Débit (m3/h)	Débit (m3/s)	Rab. maximal (m)	Rab. spécifique (m/m3/h)	Q spécifique (m3/h/m)	PDC linéaires (m)	PDC quadr. (m)	PDC totales (m)	PDC quadr. (%)
1	2	4,60	1,28E-03	4,210	0,915	1,093	3,09	1,58	4,67	34
2	2	9,00	2,22E-03	12,130	1,516	0,660	5,37	4,78	10,16	47
3	2	10,40	2,89E-03	13,530	1,301	0,769	6,99	8,09	15,07	54
4	1	13,50	3,75E-03	22,730	1,684	0,594	9,07	13,62	22,69	60



C	Coef de PDC quad.	7,48E-02	m/(m3/h)²	Soit :	968867,959	m/(m3/s)²
B	Coef de PDC lin.	6,72E-01	m/(m3/h)	Soit :	2418,71	m/(m3/s)
Débit critique :		environ 8 m3/h				

## Forage F5

Paliers	Durée (heures)	Débit (m3/h)	Débit (m3/s)	Rab. maximal (m)	Rab. spécifique (m/m3/h)	Q spécifique (m3/h/m)	PDC linéaires (m)	PDC quadr. (m)	PDC totales (m)	PDC quadr. (%)
1	2	15,3	4,25E-03	6,70	0,438	2,284	5,96	0,79	6,75	12
2	2	20,2	5,61E-03	9,23	0,457	2,187	7,87	1,37	9,24	15
3	2	24,7	6,86E-03	11,89	0,481	2,077	9,63	2,05	11,68	18
4	2	31,6	8,78E-03	15,52	0,491	2,036	12,32	3,35	15,67	21



C	Coef de PDC quad.	3,36E-03	m/(m3/h)²	Soit :	43523,5	m/(m3/s)²
B	Coef de PDC lin.	3,90E-01	m/(m3/h)	Soit :	1403,39	m/(m3/s)
Débit critique :		Non atteint				

### **5.1.1.3 Résultats de l'essai – Forage F3**

Les quatre premiers paliers présentent des niveaux dynamique de fin de pompage situés dans l'avant-puits busé Ø 1500 mm alors que le quatrième est situé dans la colonne de captage Ø 400 mm. Le rabattement obtenus au dernier palier ne peut pas être directement comparé à ceux des trois premiers étant donné le grand changement de géométrie de l'ouvrage.

Le quatrième palier à 55 m<sup>3</sup>/h entraîne une très nette augmentation du rabattement et le dénoyage des deux premières sections crépinés. La courbe caractéristique ainsi que les courbes d'évolution des niveaux pendant pompage montrent que le débit critique est dépassé. Celui-ci peut être estimé à environ 45 m<sup>3</sup>/h.

Les principales conclusions de l'essai sont :

- **Le débit critique dépassé et estimé à environ 45 m<sup>3</sup>/h ;**
- **Les pertes de charges linéaire sont prépondérantes même pour de faibles débits ;**
- **Pour un temps de pompage de deux heures, l'équation des pertes de charge est donnée par :  $s = 2,75 \cdot 10^{-1} Q + 1,14 \cdot 10^{-3} Q^2$  avec le débit (Q) en m<sup>3</sup>/h ;**
- **Le rabattement maximal (avant dépassement du débit critique) atteint 13,55 mètres au bout de deux heures de pompage à 44 m<sup>3</sup>/h ;**
- **Le débit spécifique (avant dépassement du débit critique) est de 3,2 m<sup>3</sup>/h/m à 44 m<sup>3</sup>/h ;**
- **Le rabattement spécifique (avant dépassement du débit critique) est de 0,3 m/m<sup>3</sup>/h à 44 m<sup>3</sup>/h.**

### **5.1.1.4 Résultats de l'essai – Forage F4**

Les niveaux dynamiques de fin de paliers se situent tous au sein de la colonne de captage Ø 600 mm. Les rabattements obtenus à l'issue de chaque palier sont donc directement comparables entre eux. Le passage du niveau dynamique de l'avant puits cimenté à la colonne de captage est visible sur la courbe d'évolution des rabattements en fonction du temps par des « décrochages » pour un rabattement de moins de deux mètres sur les paliers n°1 et n°3.

Les courbes de rabattements obtenues ne montrent pas de tendance à la stabilisation pendant les pompages. Le rabattement observé à l'issue du dernier palier atteint 22,7 mètres. Ce dernier a du être stoppé au bout de 1 heure. L'interprétation de cet essai sera donc basée sur les rabattements obtenus pour chaque palier au bout d'une heure de pompage.

La courbe caractéristique théorique, déterminée à partir des rabattements spécifiques obtenus sur les quatre paliers, montre une bonne retranscription de la courbe de l'essai à l'exception du 2<sup>ème</sup> palier dont le rabattement paraît anormalement fort. Il est probable que cet état de fait soit lié à l'ordre de réalisation des paliers : respectivement 1, 3, 4, puis 2 le lendemain. Sur la première série de paliers, le volume d'eau stocké dans le cuvelage de l'avant-puits est vidangé lors du premier palier. Les remontées de deux heures ne permettent pas sa recharge avant le démarrage du troisième puis du quatrième palier. En revanche, pour le 2<sup>ème</sup> palier, effectué le lendemain, le cuvelage a été de nouveau rempli. Les premières minutes de pompage ont donc consisté à vidanger l'eau contenue dans cet avant-puits (effet de puits), ce qui entraîne un effet de « retard » des rabattements observés sur le palier n°2.

Par ailleurs les rabattements observés sur les 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> paliers impliquent un dénoyage de la première zone crépinée sans pour autant provoquer de « décrochage » sur la courbe d'évolution du rabattement en fonction du temps. Ceci pourrait traduire les très faibles apports de cette zone crépinée par rapport à la production totale de l'ouvrage.

La courbe caractéristique montre quant à elle une inflexion permettant d'estimer un débit critique situé entre 8 et 10 m<sup>3</sup>/h.

Les principales conclusions de l'essai sont :

- Le débit critique évalué entre 8 et 10 m<sup>3</sup>/h ;
- des pertes de charges linéaires équivalentes aux pertes de charges quadratiques ;
- Pour un temps de pompage de deux heures, l'équation des pertes de charge est donnée par :  $s = 7,48 \times 10^{-2} Q^2 + 0,672 \times Q$  avec le débit (Q) en m<sup>3</sup>/h ;
- Le rabattement maximal (avant dépassement du débit critique) atteint 12,3 mètres au bout d'une heure de pompage à 8 m<sup>3</sup>/h ;
- Le débit spécifique (avant dépassement du débit critique) est de 0,66 m<sup>3</sup>/h/m à 8 m<sup>3</sup>/h ;
- Le rabattement spécifique (avant dépassement du débit critique) est de 1,53 m/m<sup>3</sup>/h à 8 m<sup>3</sup>/h.

#### 5.1.1.5 Résultats de l'essai – Forage F5

Les niveaux dynamiques de fin de paliers se situent tous au sein de la colonne de captage Ø 400 mm. Les rabattements obtenus à l'issue de chaque palier sont donc directement comparables entre eux. Le passage du niveau dynamique de l'avant puits cimenté à la colonne de captage est visible sur la courbe d'évolution des rabattements en fonction du temps par des « décrochages » pour un rabattement d'environ 3 m.

A la fin de chaque palier, les niveaux dynamiques tendent à la stabilisation. Le rabattement maximal observé au bout de deux heures de pompage à 31,6 m<sup>3</sup>/h est de 15,52 m soit un niveau dynamique de 20,22 m/sol. Après une heure d'arrêt de la pompe, le niveau initial n'est pas retrouvé.

Le coefficient de corrélation calculé pour l'alignement des rabattements spécifiques en fonction du débit est de 0,93. Seul le troisième palier présente un léger décalage à la courbe de tendance, probablement lié à un manque de précision dans l'estimation des débits de pompage.

Les rabattements observés sont pour plus de 80 % liés à des pertes de charges linéaires. La courbe caractéristique ne montre pas de dépassement du débit critique (pas d'inflexion sur la courbe) malgré le dénoyage de la zone crépinée supérieure pendant l'essai.

Les principales conclusions de l'essai sont :

- Le débit critique est supérieur à 31 m<sup>3</sup>/h ;
- Les pertes de charges linéaires sont prépondérantes même pour de faibles débits ;
- Pour un temps de pompage de deux heures, l'équation des pertes de charge est donnée par :  $s = -3,36 \times 10^{-1} Q^2 + 0,390 Q$  avec le débit (Q) en m<sup>3</sup>/h ;
- Le rabattement maximal atteint 13,48 mètres au bout de deux heures de pompage à 31,6 m<sup>3</sup>/h ;
- Le débit spécifique est de 2,036 m<sup>3</sup>/h/m à 31,6 m<sup>3</sup>/h ;
- Le rabattement spécifique est de 0,491 m/m<sup>3</sup>/h à 31,6 m<sup>3</sup>/h.

### 5.1.1.6 Bilan :

Les essais de puits montrent des productivités relativement variées à relier avec l'hétérogénéité de l'aquifère capté, mais aussi aux forts colmatages reconnus lors des inspections télévisées. Les courbes caractéristiques montrent des dépassements du débit critique pour le forage F4 (8 à 10 m<sup>3</sup>/h), F3 (45 m<sup>3</sup>/h), et F1 (17 à 20 m<sup>3</sup>/h).

Par ailleurs, compte-tenu des coupes techniques des ouvrages (notamment des cotes des zones crépinées) et des résultats des essais par paliers, les débits d'exploitation maximums ainsi que les cotes dynamiques à ne pas dépasser sont présentés dans le tableau suivant :

	F1	F2	F3	F4	F5
Côte supérieure de la première zone crépinée (m NGF) <sup>3</sup>	111,34 (cote de la seconde zone crépinée <sup>3</sup> )	114	106,15	110,73	114,16
Débits d'exploitations maximum (m <sup>3</sup> /h)	# 15	# 15	35 (exploitation actuelle)	8	30 (exploitation actuelle)

Pour F3 et e F1, des opérations de brossage et d'air-lift pourraient contribuer à limiter les rabattements en exploitation. Pour F4, équipé de filtres Cuau et d'une colonne de captage en amiante-ciment, aucune solution de nettoyage ne paraît adaptée compte-tenu de la fragilité des équipements de captage.

<sup>3</sup> La première zone crépinée est située au regard du cuvelage Ø 1 500 mm. De ce fait, l'eau alimentant l'ouvrage par cette zone provient de terrains plus en profondeur.



## 5.1.2 Les essais de nappe

Les cinq forages de Sacierges Saint Martin ont fait l'objet de pompages de longue durée de 48 heures à l'exception de F4, le groupe de pompage d'exploitation ne permettant pas un pompage long à un débit inférieur au débit critique (8 à 10 m<sup>3</sup>/h). Le **tableau n°27** présente les modalités de réalisation de chaque essai.

	F1	F2	F3	F4	F5
Méthode	Débit constant				
Débit moyen de l'essai	20,5 m <sup>3</sup> /h	8,6 m <sup>3</sup> /h	27 m <sup>3</sup> /h	/	28,8 m <sup>3</sup> /h
Dispositif de pompage	Pompes d'exploitation				
Mesure de débit	Enregistrement, par la SAUR, du volume passé à la station de Sacierges 1 tous les ¼ d'heure.				
Rejet	Alimentation du réseau plus rejet par trop plein de la Bâche de Sacierges 1 en direction d'un fossé rejoignant l'Abloux.	Alimentation du réseau plus rejet par trop plein de la Bâche de Sacierges 1 en direction d'un fossé rejoignant l'Abloux.	Regard d'évacuation vers l'Abloux situé dans l'emprise de la parcelle.	Alimentation du réseau plus rejet par trop plein de la Bâche de Sacierges 1 en direction d'un fossé rejoignant l'Abloux.	Regard d'évacuation vers l'Abloux situé dans l'emprise de la parcelle.
Date du début de l'essai	19/10/2009 15h57	21/04/2010 9h12	26/10/2009 15h14	/	26/04/2010 9h38
Durée de l'essai	48 heures			/	48 heures
Dispositif de suivi des niveaux et de la qualité	Dispositif de suivi continu des niveaux sur l'ouvrage pompé et sur un ouvrage utilisé en tant que piézomètre (acquisition d'une valeur toutes les minutes), Suivi de la température pendant pompage à la station de Sacierges 1 – Acquisition d'une valeur toutes les 10 minutes.				

**Tableau 27 : modalités de réalisation des essais de longue durée – Forages F1 à F5 de Sacierges Saint Martin**

### 5.1.2.1 Résultats de l'essai – Forage F1

Le **tableau n°28** présente les rabattements observés sur l'ouvrage pompé ainsi que ceux utilisés en tant que piézomètres au cours de l'essai. Les courbes d'évolution des rabattements pendant pompage sont présentées en **figure n°20**.

	Distance à l'ouvrage pompé (m)	Rabattement à la fin de l'essai (m)
F1 (ouvrage testé)	/	19,45
F2 (piézomètre)	261	1,00
F4 (piézomètre)	89	1,02

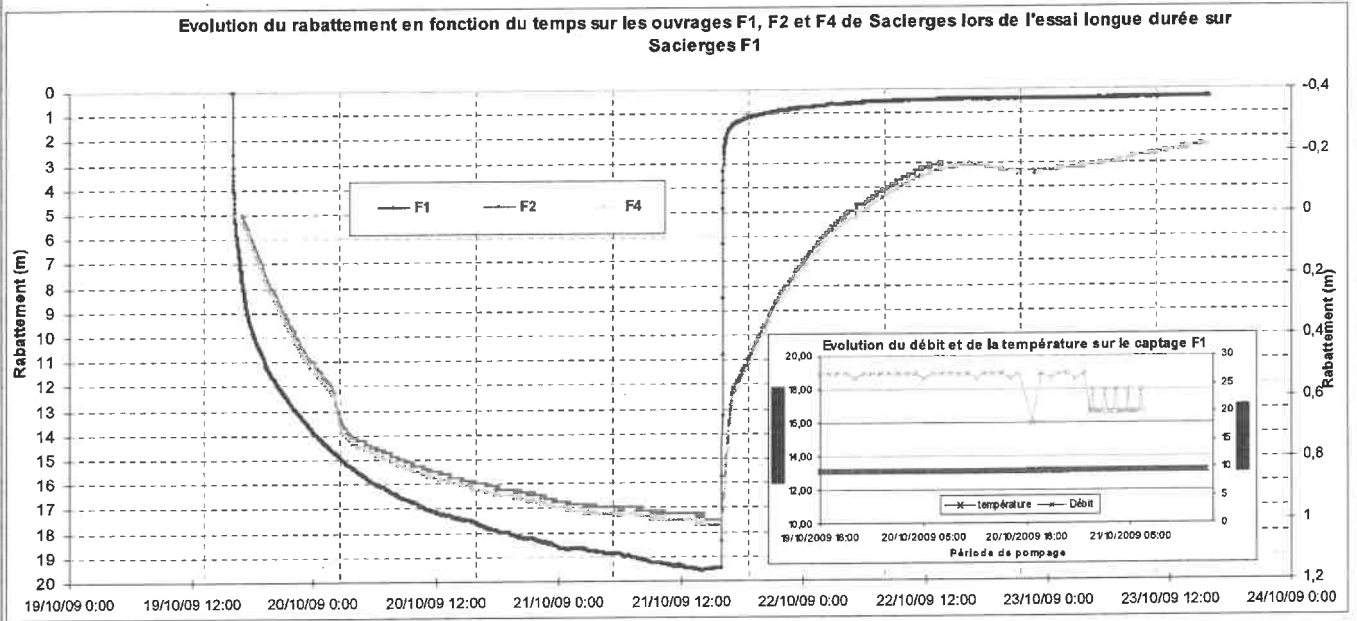
**Tableau 28 : rabattements maximums observés pendant l'essai de longue durée sur F1**

Pour des distances allant du simple au triple, les deux piézomètres pris en compte montrent des rabattements maximum pratiquement identiques, de l'ordre de 1 mètre. L'hétérogénéité de l'aquifère capté est donc confirmée.

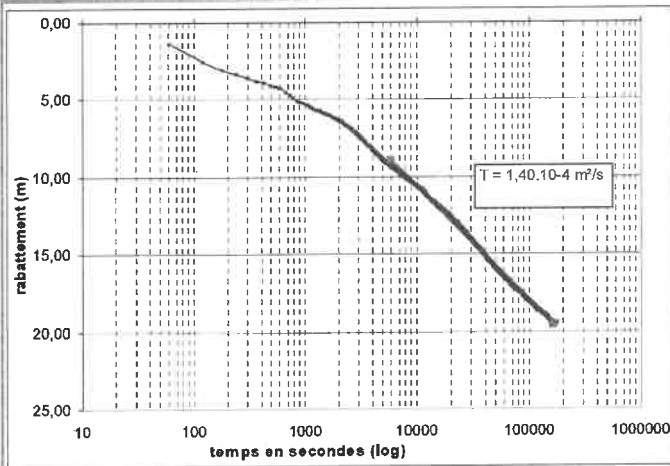
La courbe de descente observée sur le forage F1 en pompage montre un léger décrochement après une dizaine de minutes de pompage. Il correspond au dénoyage de la zone crépinée supérieure située entre 10,9 et 14,7 mètres de profondeur.

**Figure n°20 : pompage d'essai longue durée (48 heures) effectué sur le forage F1 à Sacierges-Saint-Martin du 19 au 21 octobre 2009 au débit moyen de 20,54 m<sup>3</sup>/h**

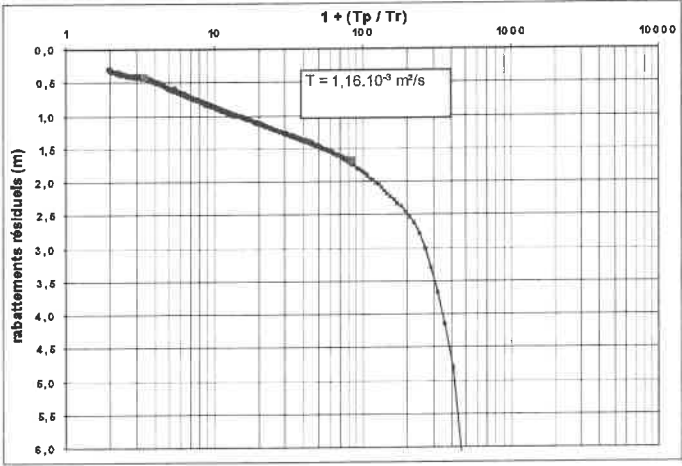
**Evolution générale des niveaux piézométriques des captages F1, F2 et F4 à Sacierges-Saint-Martin**



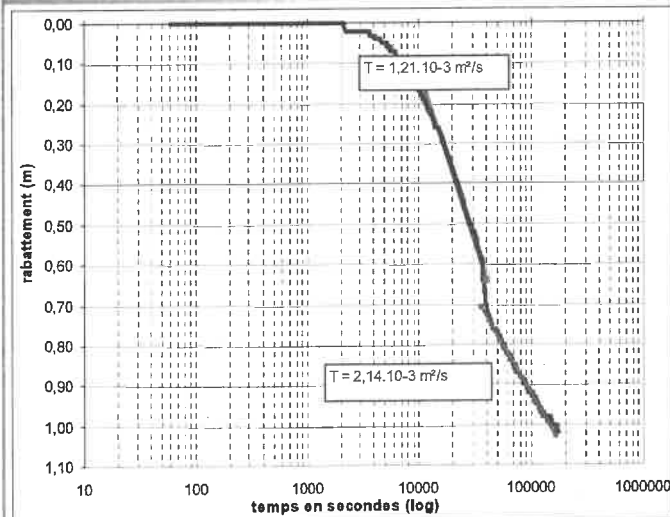
**Courbe de descente : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage Sacierges F1**



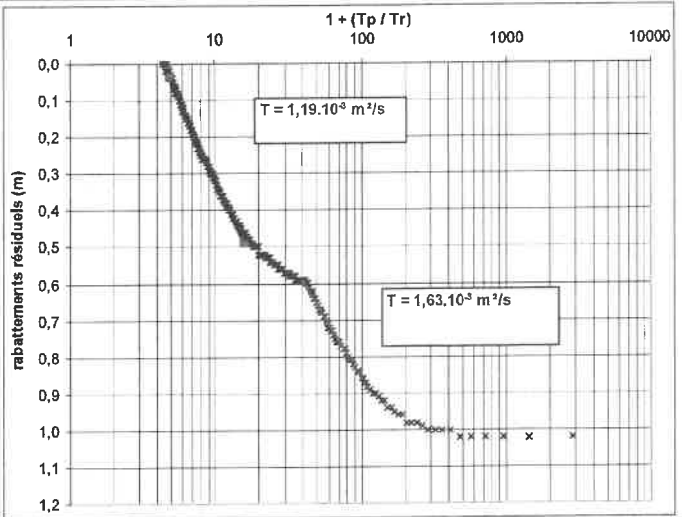
**Courbe de remontée : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage Sacierges F1**



**Courbe de descente : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage Sacierges F4**



**Courbe de remontée : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage Sacierges F4**



La température de l'eau pompée a fait l'objet d'un suivi continu pendant le pompage. Celle-ci demeure stable sur la totalité de l'essai, à 13,2 °C.

Les courbes de descente observées sur les forages F2 et F4 montrent un décrochement après environ 11 heures de pompage. Il correspond au changement de diamètre de l'ouvrage (incidence de la géométrie de l'ouvrage).

Après passage du niveau dynamique dans les colonnes de captage Ø 400 mm, les courbes de descente montrent des évolutions linéaires sur les graphiques en échelles semi-logarithmiques. Les valeurs de transmissivités et de coefficient d'emmagasinement calculées sont présentées dans le **tableau n°29**.

	Transmissivité calculée à la descente	Transmissivité calculée à la remontée	Coefficient d'emmagasinement
F1 ( <i>ouvrage testé</i> )	$1,4.10^{-4}$ m <sup>2</sup> /s	$1,16.10^{-3}$ m <sup>2</sup> /s	/
F2 261 m	$2,38.10^{-3}$ m <sup>2</sup> /s	$1,23.10^{-3}$ m <sup>2</sup> /s	$7,2.10^{-5}$
F4 89 m	$2,14.10^{-3}$ m <sup>2</sup> /s	$1,19.10^{-3}$ m <sup>2</sup> /s	$6,04.10^{-4}$

**Tableau 29 : transmissivités et coefficients d'emmagasinement - pompage longue durée sur F1**

Les transmissivités calculées sur les piézomètres ainsi qu'à la remontée sur l'ouvrage pompé sont relativement cohérente. La valeur obtenue sur F1 à la descente, plus faible, pourrait s'expliquer par un débit d'essai (débit d'exploitation) trop important occasionnant une amorce de vidange de l'aquifère.

### 5.1.2.2 Forage F2

Le **tableau n°30** présente les rabattements observés sur l'ouvrage pompé ainsi que celui utilisé en tant que piézomètre au cours de l'essai. Les courbes d'évolution des rabattements pendant pompage sont présentées en **figure n°21**.

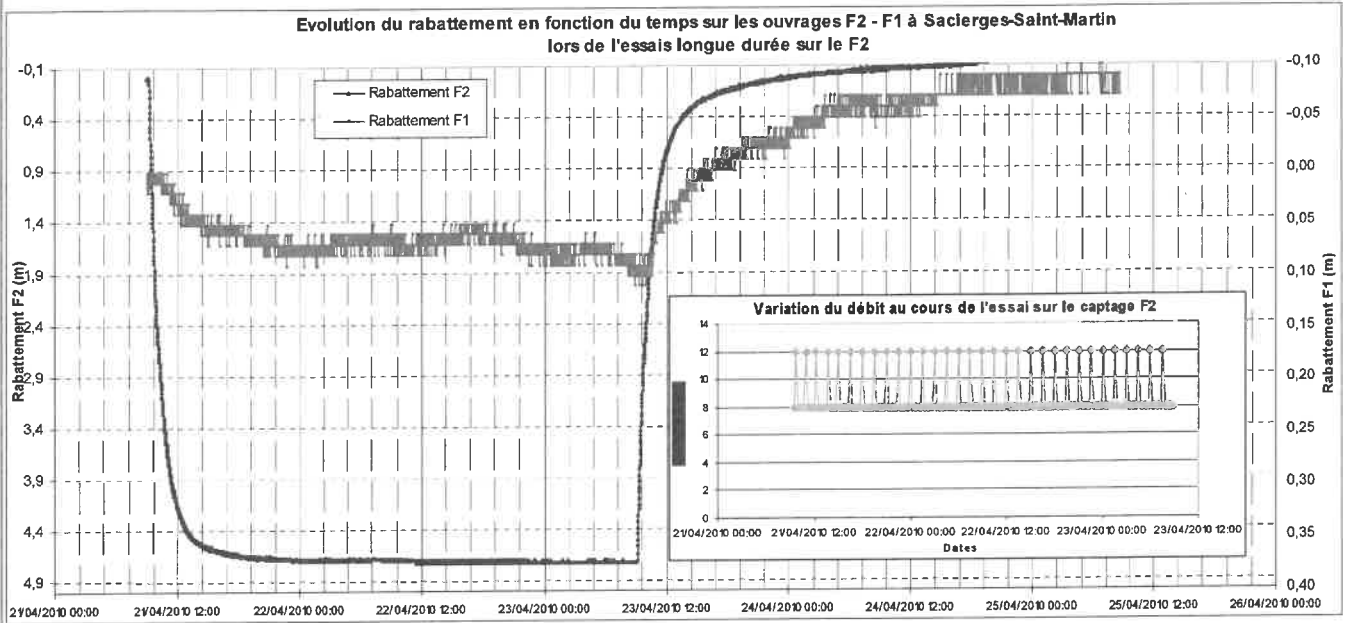
	Distance à l'ouvrage pompé (m)	Rabattement à la fin de l'essai (m)
F2 (ouvrage testé)	/	4,7
F1 (piézomètre)	261	0,11

**Tableau 30 : rabattements maximums observés pendant l'essai de longue durée sur F2**

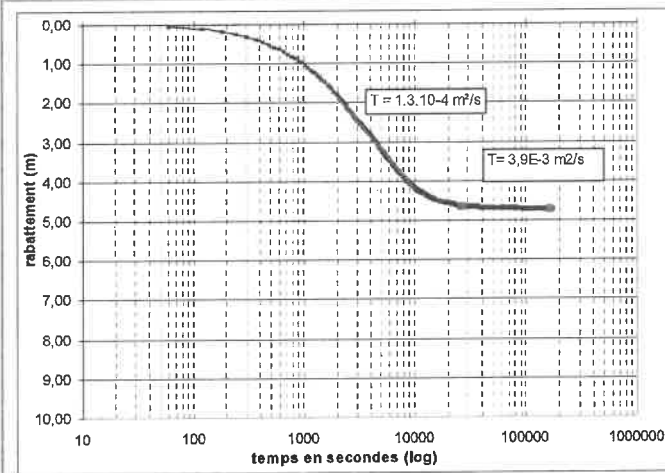
La courbe de descente observée sur l'ouvrage en pompage montre l'influence de la géométrie de l'ouvrage en début de pompage, le grand diamètre du puits (1700 mm) induit un effet de capacité en début de pompage. Après environ 3 heures de pompage, l'augmentation du rabattement devient beaucoup plus faible et le niveau dynamique tend à la stabilisation : entre 5 heures et 72 heures de pompage le rabattement n'augmente que de 0,14 m, l'ouvrage est proche d'un fonctionnement en régime permanent. Cette compensation des rabattements, uniquement visible sur cet ouvrage, peut mettre en évidence l'hétérogénéité de l'aquifère et la sollicitation de zone aquifères plus productives qu'aux proches abords de l'ouvrage.

Les valeurs de transmissivités et de coefficient d'emmagasinement calculées sont présentées dans le **tableau n°31**.

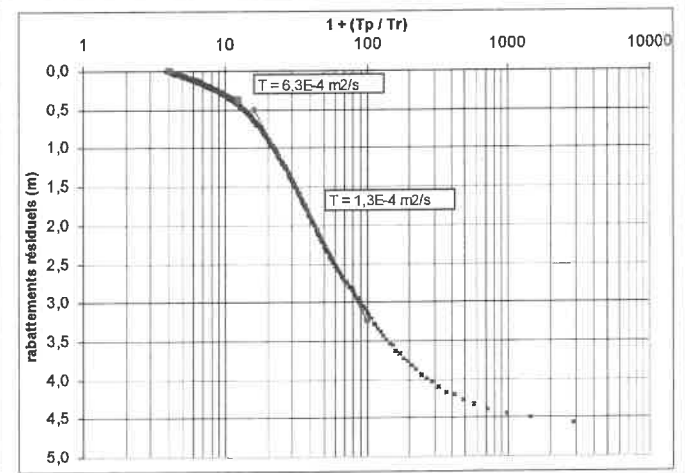
Evolution générale des niveaux piézométriques des captages F2 et F1 à Sacièrges-Saint-Martin



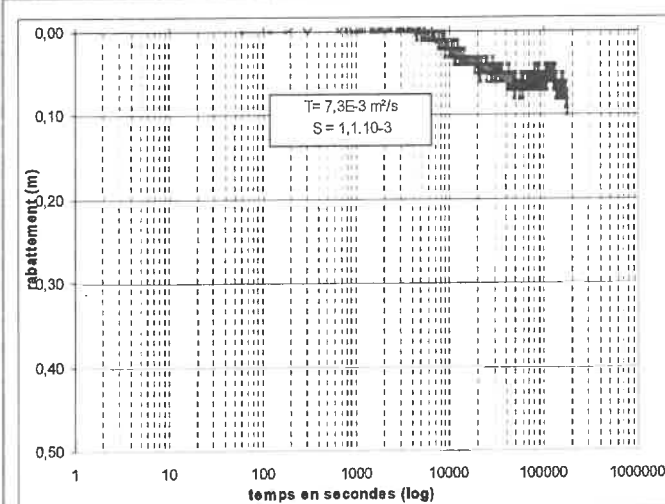
Courbe de descente : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage Sacièrges F2



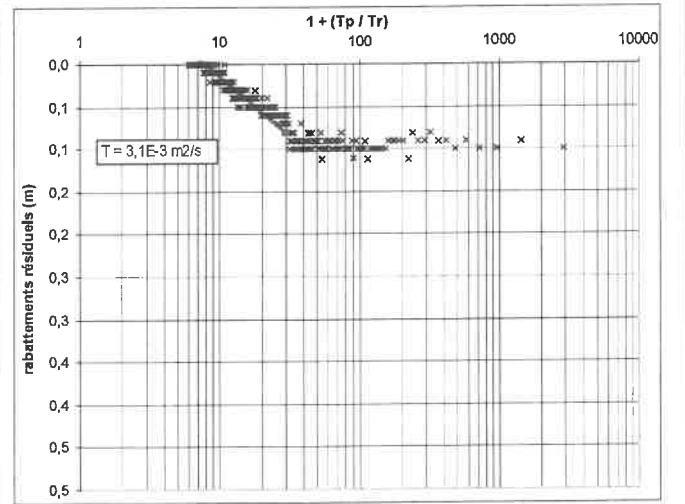
Courbe de remontée : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage Sacièrges F2



Courbe de descente : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage Sacièrges F1



Courbe de remontée : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage Sacièrges F1



	Transmissivité calculée à la descente	Transmissivité calculée à la remontée	Coefficient d'emmagasinement
F2 (ouvrage testé)	T1 = $1,3 \cdot 10^{-4}$ m <sup>2</sup> /s Entre 20 minutes et 3 heures T2 = $3,9 \cdot 10^{-3}$ m <sup>2</sup> /s Entre 8 heures et 72 heures	T1 = $1,3 \cdot 10^{-4}$ m <sup>2</sup> /s entre 40 minutes et 2,5 heures ; T2 = $6,8 \cdot 10^{-4}$ m <sup>2</sup> /s entre 3,4 heures et 23 heures.	/
F1 261 m	$7,3 \cdot 10^{-3}$ m <sup>2</sup> /s	$3,6 \cdot 10^{-3}$ m <sup>2</sup> /s	$1,1 \cdot 10^{-3}$

**Tableau 31 : transmissivités et coefficients d'emmagasinement - pompage longue durée sur F2**

### 5.1.2.3 Forage F3

Le **tableau n°32** présente les rabattements observés sur l'ouvrage pompé ainsi que ceux utilisés en tant que piézomètres au cours de l'essai. Les courbes d'évolution des rabattements pendant pompage sont présentées en **figure n°22**.

	Distance à l'ouvrage pompé (m)	Rabattement à la fin de l'essai (m)
F3 (ouvrage testé)	/	11,53
F5 (piézomètre)	61	4,56

**Tableau 32 : rabattements maximums observés pendant l'essai de longue durée sur F3**

Le début de la courbe de descente sur F3 montre un effet de capacité (influence de l'avant-puits bétonné en gros diamètre). A partir d'une trentaine d'heures de pompage, la courbe de descente montre une légère inflexion, également visible sur la courbe de descente observée sur F5. Cette augmentation de la transmissivité pourrait traduire l'extension du cône de rabattement dans des zones de plus forte productivité de l'aquifère, à relier avec l'hétérogénéité connue de l'aquifère capté.

La température de l'eau pompée a fait l'objet d'un suivi continu pendant le pompage. Celle-ci demeure stable sur la totalité de l'essai, à 14 °C.

Les valeurs de transmissivités et de coefficient d'emmagasinement calculées sur l'essai sont présentées dans le **tableau n°33**.

	Transmissivité calculée à la descente	Transmissivité calculée à la remontée	Coefficient d'emmagasinement
F3 (ouvrage testé)	T1 = $2,7 \cdot 10^{-4}$ m <sup>2</sup> /s Entre 10 minutes et 3 heures T2 = $7,2 \cdot 10^{-4}$ m <sup>2</sup> /s Entre 5.5 heures et 48 heures	T1 = $2,6 \cdot 10^{-4}$ m <sup>2</sup> /s entre 40 minutes et 2,4 heures ; T2 = $5,5 \cdot 10^{-4}$ m <sup>2</sup> /s entre 5,4 heures et 46 heures.	/
F5 61 m	T1 = $4,1 \cdot 10^{-4}$ m <sup>2</sup> /s Entre 1 heure et 5,5 heures	T1 = $4,9 \cdot 10^{-4}$ m <sup>2</sup> /s entre 40 minutes et 5,5 heures ;	$6,3 \cdot 10^{-4}$

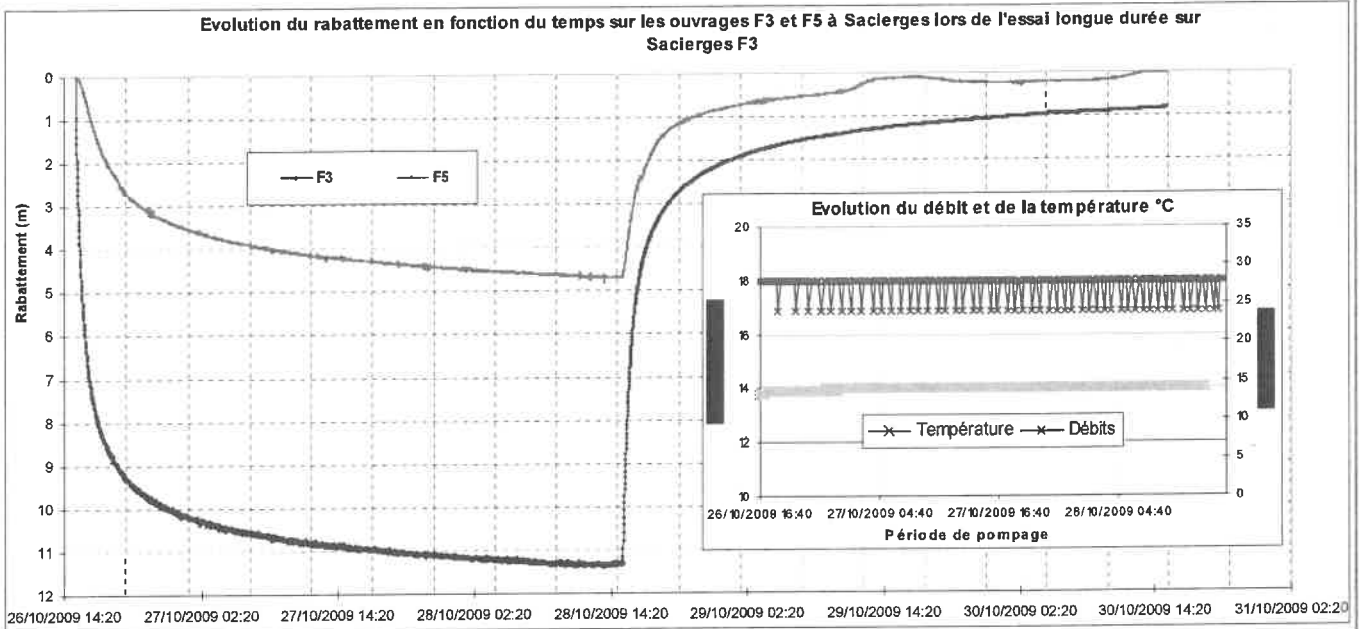
	<b>T2 = <math>8,2 \cdot 10^{-4}</math> m<sup>2</sup>/s</b> Entre 14 heures et 48 heures	<b>T2 = <math>8,2 \cdot 10^{-4}</math> m<sup>2</sup>/s</b> entre 6,7 heures et 48 heures.	
--	--	--	--

**Tableau 33 : transmissivités et coefficients d'emmagasinement - pompage longue durée sur F3**

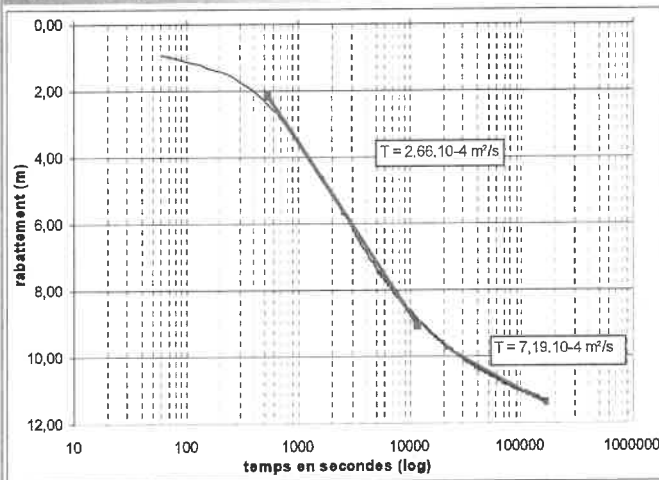
**Figure n°23 : pompage d'essai longue durée (48 heures) effectué sur le captage F3 à Sacierges-Saint-Martin du 26 au 28 octobre 2009 au débit moyen de 26,95 m<sup>3</sup>/h**



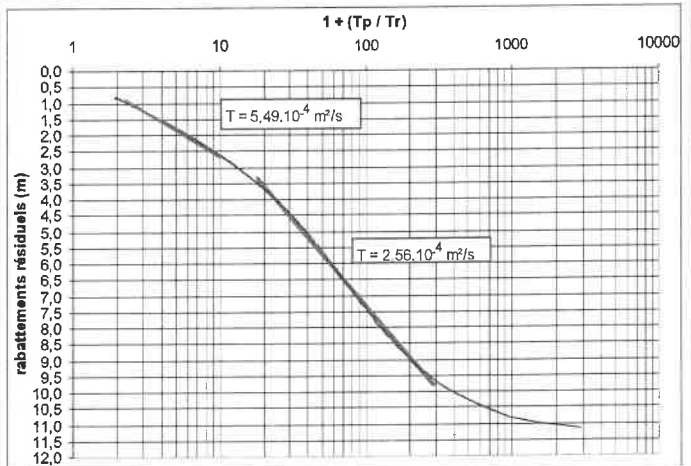
**Evolution générale des niveaux piézométriques des captages F3 et F5 à Sacierges-Saint-Martin**



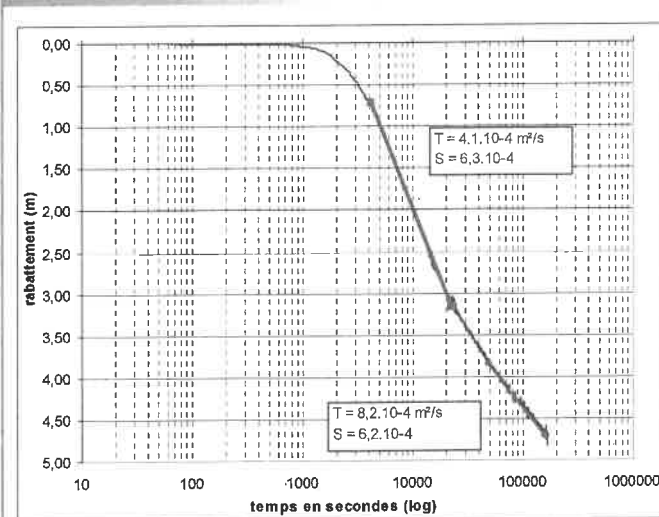
**Courbe de descente : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage Sacierges F3**



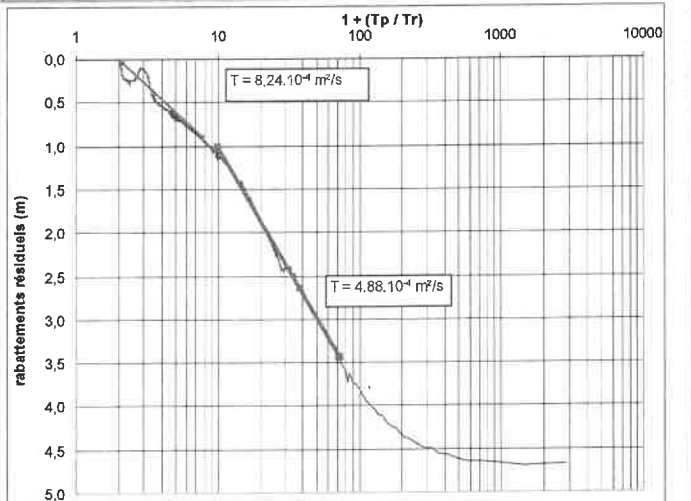
**Courbe de remontée : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage Sacierges F3**



**Courbe de descente : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage Sacierges F5**



**Courbe de remontée : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage Sacierges F5**





### 5.1.2.4 Forage F5

Le **tableau n°34** présente les rabattements observés sur l'ouvrage pompé ainsi que ceux utilisés en tant que piézomètres au cours de l'essai. Les courbes d'évolution des rabattements pendant pompage sont présentées en **figure n°22**.

	Distance à l'ouvrage pompé (m)	Rabattement à la fin de l'essai (m)
F5 (ouvrage testé)	/	13,37
F3 (piézomètre)	61	5,95

**Tableau 34 : rabattements maximums observés pendant l'essai de longue durée sur F5**

La courbe de descente observée sur le forage F5 présente deux phases d'évolutions principales :

- *du début de l'essai à 10 minutes de pompage : effet de capacité avec vidange du tube acier Ø 1000 mm ;*
- *de 15 minutes de pompage à la fin de l'essai : courbe de descente dans le tubage Ø 400 mm avec évolution rectiligne des rabattements en fonction du temps sur un graphique à échelle semi-logarithmique*

La courbe de remontée observée sur F5 marque également un palier après environ 1 heure de remontée lié au changement de géométrie de l'ouvrage : passage du niveau dynamique du tubage Ø 400 mm au tube acier Ø 1000 mm.

La courbe de descente enregistrée sur le piézomètre (F3) montre une légère inflexion après environ 5,5 heures de pompage. La transmissivité calculée après cette inflexion est proche de celle obtenue, à la descente, sur le forage F5 (en pompage).

La température suivie à l'exhaure de F5 durant l'essai est stable, à 13,1 °C.

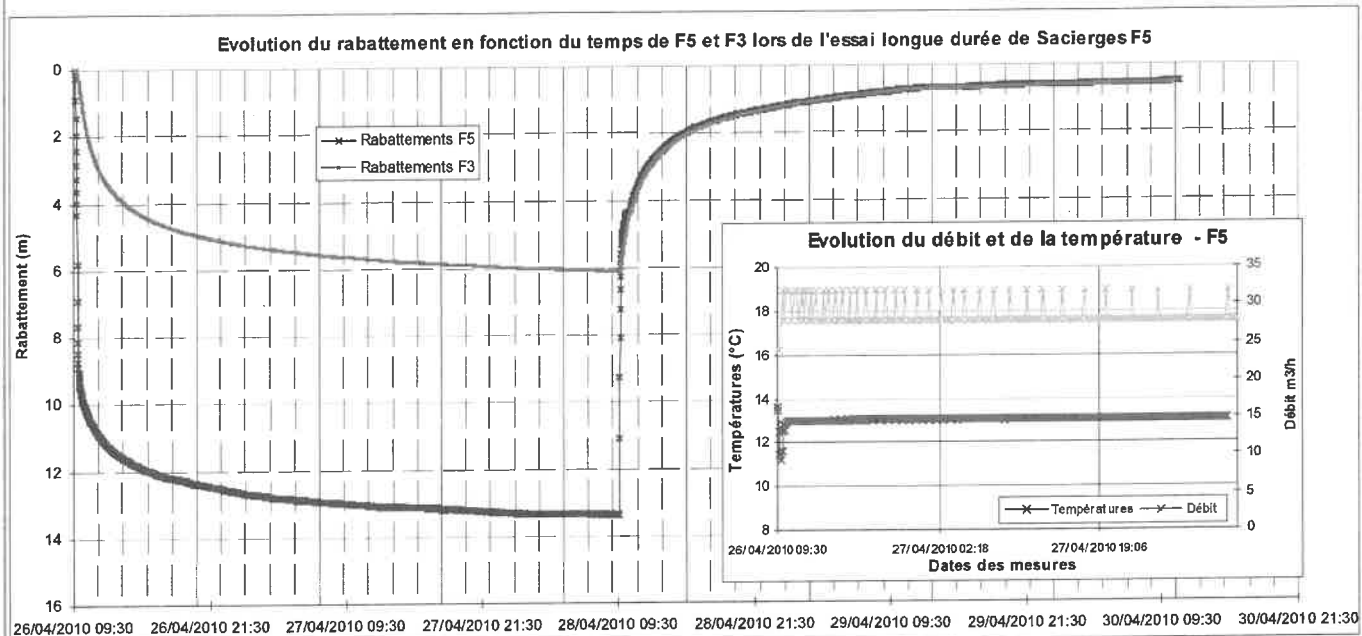
Les valeurs de transmissivités et de coefficient d'emmagasinement calculés par la méthode de Jacob sur l'essai sont présentées dans le **tableau n°35**.

	Transmissivité calculée à la descente	Transmissivité calculée à la remontée	Coefficient d'emmagasinement
F5 (ouvrage testé)	$T = 8,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ Entre 4 et 48 heures	$T = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ Entre 40 minutes et 25 heures de remontée	/
F3 61 m	$T1 = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ Entre 30 minutes et 5,5 heures $T2 = 8,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ Entre 5,5 heures et 48 heures	$T1 = 4,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ entre 30 minutes et 5,5 heures ; $T2 = 5,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ entre 6 heures et 25 heures de remontée	$2,6 \cdot 10^{-4}$ calculé entre 30 minutes et 5,5 heures  $3,1 \cdot 10^{-5}$ calculé entre 5,5 et 48 heures

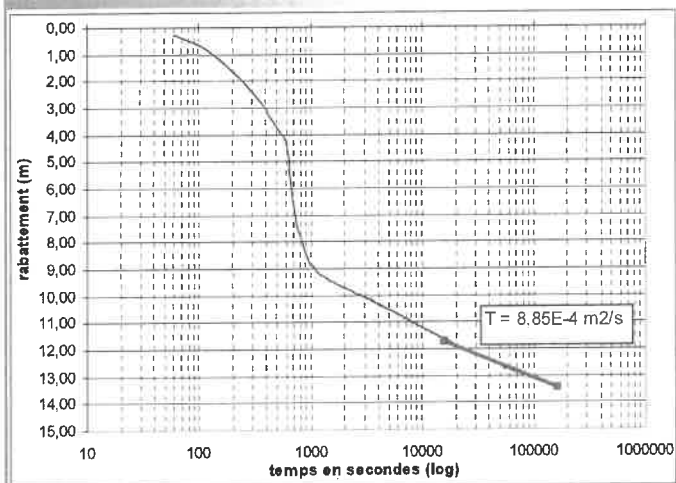
**Tableau 35 : transmissivités et coefficients d'emmagasinement - pompage longue durée sur F3**

**Figure n°23 : pompage d'essai longue durée (48 heures) effectué sur le captage F5 à Sacierges-Saint-Martin du 26 au 28 avril 2010 au débit moyen de 28,79 m<sup>3</sup>/h**

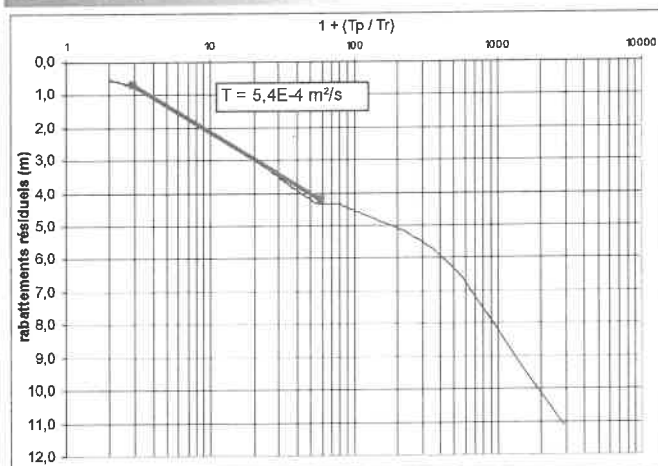
**Evolution générale des niveaux piézométriques des captages F5 et F3 à Sacierges-Saint-Martin**



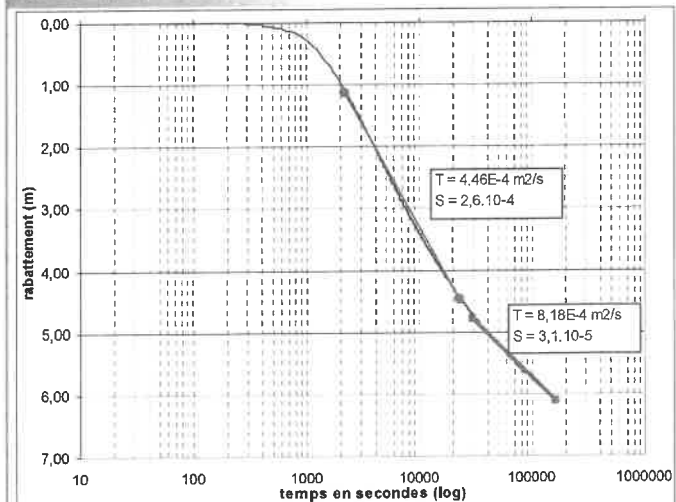
**Courbe de descente : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage Sacierges F5**



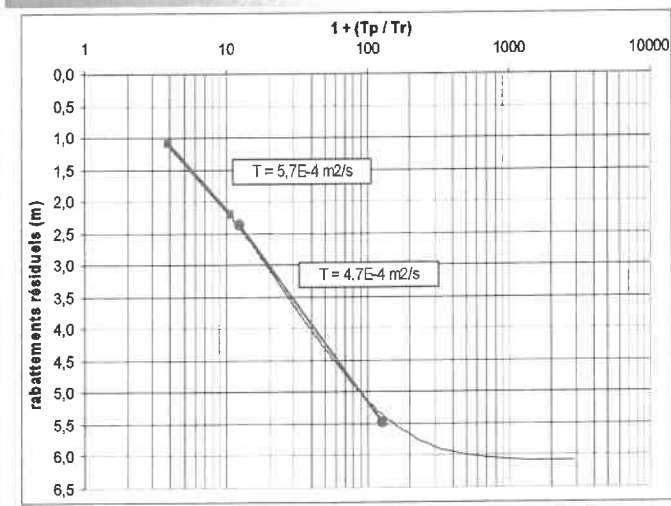
**Courbe de remontée : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage Sacierges F5**



**Courbe de descente : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage Sacierges F3**



**Courbe de remontée : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage Sacierges F3**



### 5.1.2.5 Bilan :

Le **tableau n° 36** synthétise les paramètres hydrodynamiques calculés sur les différents ouvrages.

			Ouvrage pompé				
			F1	F2	F3	F5	
Calcul des paramètres sur :	F1	Descente	T1	1,4E-04	7,3E-03		
			T2				
		Remontée	T1	1,2E-03	3,1E-03		
			T2				
	F2	Descente	T1	1,2E-03	1,3E-04		
			T2	2,1E-03	3,9E-03		
		Remontée	T1	1,8E-03	1,3E-04		
			T2	1,2E-03	6,3E-04		
	F3	Descente	T1			2,7E-04	4,5E-04
			T2			7,2E-04	8,2E-04
		Remontée	T1			2,6E-04	4,7E-04
			T2			5,5E-04	5,4E-04
F5	Descente	T1			4,1E-04	8,5E-04	
		T2			8,2E-04		
	Remontée	T1			4,9E-04	5,4E-04	
		T2			8,2E-04		

**Tableau 36 : synthèse des transmissivités calculées lors des différents pompages d'essais sur les forages F1 à F5 de Sacierges Saint Martin**

Les pompages d'essais de longue durée menés au mois d'octobre 2009 (F1 et F3) et au mois d'avril 2010 (F2 et F5) montrent :

- l'influence de la géométrie de plusieurs ouvrages sur les courbes d'essai. Des effets de capacité sont visibles sur les quatre essais et des décrochements liés au passage des puits en grand diamètre aux tubages aciers sont visibles sur les courbes de descente de F1 et F5.
- des transmissivités a priori plus fortes en avril qu'en octobre, témoignant de l'influence de la période de recharge ;
- que l'évolution du niveau dynamique en cours de pompage est très différente entre F1 et F2 : aucune stabilisation des rabattements pour l'essai sur F1 et quasi-atteinte d'un régime permanent du F2. **Ces éléments mettent évidence l'hétérogénéité de l'aquifère.** Aux proches abords de F2, la transmissivité paraît plus faible que sur F1, celle calculée durant la descente pendant l'essai sur F2 est de l'ordre de  $1,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ , de même qu'à la remontée. Elle est en revanche de l'ordre de  $4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  après plusieurs heures de pompages, ordre de grandeur également calculé sur F1 utilisé en tant que piézomètre en avril. Les valeurs calculées sur le même ouvrage en octobre sont légèrement plus faibles, de l'ordre de  $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ .
- que sur le secteur de F3 et F5, les transmissivités paraissent plus faibles, de l'ordre de  $5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  à  $8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ . L'essai mené sur F3 montre une augmentation de la transmissivité après quelques heures de pompages, également visible sur le piézomètre (F5). L'essai mené sur F5 ne montre pas d'augmentation de la transmissivité en cours de pompage. Cependant, la valeur calculée sur la courbe de descente est de l'ordre de celles calculées à la fin des essais sur F3.

Les coefficients d'emmagasinement calculés sont également hétérogènes : de  $3,1 \cdot 10^{-5}$  à  $2,6 \cdot 10^{-4}$  pour le secteur de F3 et F5 et  $4,4 \cdot 10^{-4}$  à  $1,1 \cdot 10^{-3}$  pour les secteurs de F1 et F2.

De manière générale, les essais confirment l'hétérogénéité de l'aquifère capté en cohérence avec le contexte géologique du secteur et les coupes connues pour les différents ouvrages.

Les transmissivités sont plus faibles sur le secteur de F3 et F5 par comparaison à celles obtenues sur le secteur de F1, F4 et F2. Les augmentations de transmissivité observés sur les forages F3 et F5 ainsi que sur F2 après quelques heures de pompage sont probablement liées à l'hétérogénéité de l'aquifère compte-tenu du contexte local (bancs lenticulaires grésos-sableux).

Cependant, même si elle paraît moins probable, l'influence d'une limite alimentée par l'Abloux n'est pas complètement exclue en supposant l'influence d'un phénomène de drainance vertical par l'intermédiaire des calcaires liasiques. La relation avec les eaux superficielles est par ailleurs plus ou moins directe pour les ouvrages présentant des défauts d'étanchéité sur le cuvelage bétonné (F1, F3 et F4).

## 5.2 Essais antérieurs (archives)

### Annexe 6 : courbe d'évolution des rabattements durant les essais de 1975 et 1977

Des données de suivi de pompages d'essais sont disponibles auprès de la Banque de Données du Sous-Sol pour les forages F1, F2, F3 et F5. Le **tableau n°37** synthétise les caractéristiques et les limites de chaque essai disponible.

Ouvrage	Caractéristiques de l'essai
F1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>essai de développement</b> du 22/09/1977 au 26/09/1977 - Pompages à débits variables (de 17,6 à 30 m<sup>3</sup>/h) et à intervalles de temps irréguliers ;</li> <li>- <b>essai de longue durée</b> du 27/09/1977 au 29/09/1977 (durée de 53h) au débit variant de 30 à 23 m<sup>3</sup>/h.</li> </ul>
F2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>essai de développement</b> du 5/11/1975 au 7/11/1975 - Pompages à débits variables (de 19 à 61 m<sup>3</sup>/h) et à intervalles de temps irréguliers ;</li> <li>- <b>essai de longue durée</b> du 10/11/1975 au 13/11/1975 (durée de 75h) au débit variant de 37 à 30 m<sup>3</sup>/h.</li> </ul>
F3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>essai de développement</b> du 25/07/1977 au 26/07/1977 - Pompages à débits variables (de 17,6 à 40 m<sup>3</sup>/h) et à intervalles de temps irréguliers ;</li> <li>- <b>essai de longue durée</b> du 27/07/1977 au 28/07/1977 (durée de 29h) au débit variant de 25 à 36 m<sup>3</sup>/h.</li> </ul>
F5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>essai de développement</b> du 01/10/1975 au 3/10/1975 - Pompages à débits variables (de 14,4 à 72,5 m<sup>3</sup>/h) et à intervalles de temps irréguliers ;</li> <li>- <b>essai de longue durée</b> du 06/10/1975 au 09/10/1975 (durée d'environ 72 heures) au débit variant de 41,9 à 38,3 m<sup>3</sup>/h.</li> </ul>

**Tableau 37 : caractéristiques des données de pompages d'essais disponibles auprès de la Banque de Données du Sous-Sol**

### 5.2.1 Le forage F1

La transmissivité calculée à la descente sur le forage pompé est de  $5,8.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  entre 3,5 et 25 heures de pompages (au-delà, l'exploitation du forage F4 vient perturber la courbe de descente). La transmissivité calculée sur la courbe observée sur le forage F4 est quant à elle de  $1,05.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  (proche des valeurs obtenues en 2009/2010) avant redémarrage de son exploitation.

Pour un débit d'essai de l'ordre de  $25 \text{ m}^3/\text{h}$ , le rabattement observé sur F1 après 24 heures de pompage est d'environ 12 mètres. En 2009, au débit d'essai de  $20,5 \text{ m}^3/\text{h}$ , le rabattement atteint 18 mètres pour la même durée de pompage, illustrant la chute de productivité de l'ouvrage en raison du colmatage des zones crépinées.

### 5.2.2 Le forage F2

L'essai longue durée de 1975 a été mené à un débit variant de  $30$  à  $37 \text{ m}^3/\text{h}$ , soit trois fois plus que le débit de la pompe en fonctionnement actuel (débit de l'essai d'avril 2010 à  $8,6 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Les essais sont donc difficilement comparables. La transmissivité calculée entre 32 et 70 heures de pompage est de l'ordre de  $3,42.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  à la descente.

### 5.2.3 Le forage F3

L'essai mené sur F3 pendant 29 heures est difficilement interprétable en raison de l'exploitation voisine probable de F5 pendant l'essai et en raison du manque de connaissance sur les variations de débits pendant le pompage. Il semble néanmoins qu'à un débit de l'ordre de  $25 \text{ m}^3/\text{h}$ , le rabattement observé en 1977 soit supérieur à celui observé en 2009 (respectivement de l'ordre de 15 m en 1977 et de l'ordre de 11 mètres en 2009).

### 5.2.4 Le forage F5

L'essai de longue durée mené sur 72 heures en 1977 permet de calculer une transmissivité de l'ordre de  $9.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ . Le second essai de 1981 permet quant à lui de l'estimer à  $6.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ , ce dernier montre une transmissivité proche de celle calculée en 2009/2010.

