

2.2.4.7	Programme d'exécution des travaux.....	163
2.3	Grandes lignes des travaux à la charge de la partie mauritanienne	165
2.4	Plan d'exploitation, de gestion et de maintenance du projet.....	168
2.5	Plan de composants logiciels (<i>soft components</i>).....	183
Chapitre 3	Evaluation du projet et recommandations	195
3.1	Effets du projet.....	195
3.2	Recommandations	196
[Documents annexes]		
Appendice - 1	Liste des membres de la mission d'étude	
Appendice - 2	Programme de l'étude	
Appendice - 3	Liste des parties concernant	
Appendice - 4	Procès-verbal des discussions	
Appendice - 5	Estimation des coûts en charge par la partie mauritanienne	
Appendice - 6	Résultats de l'étude géologique des fondation des terrains	
Appendice - 7	Résultats des essais de pompage	
Appendice - 8	Résultats de l'analyse de la qualité de l'eau	
Appendice - 9	Etude des methods de commande du fonctionnement des pompes de prise d'eau	
Appendice - 10	Résultats de l'étude socio-économique	

Appendice - 6 Résultats de l'étude géologique
des fondation des terrains

Grandes lignes des résultats de l'étude géologique des terrains prévus pour le réservoir de distribution et la station de pompage de transfert d'eau

En ce qui concerne les terrains prévus pour le réservoir de distribution et la station de pompage de transfert d'eau, des essais de pénétration dynamique ont été confiés en tant qu'essais in situ pouvant être effectués en Mauritanie au laboratoire géologique du Ministère des Travaux publics du pays. Ces essais consistent à introduire directement un cône, conformément à la norme AFNOR (Normes françaises) P94-114 STANDARD, afin de rechercher la solidité du sol (résistance à la pénétration).

Les grandes lignes des résultats de l'étude sont les suivantes.

(1) Etude en site

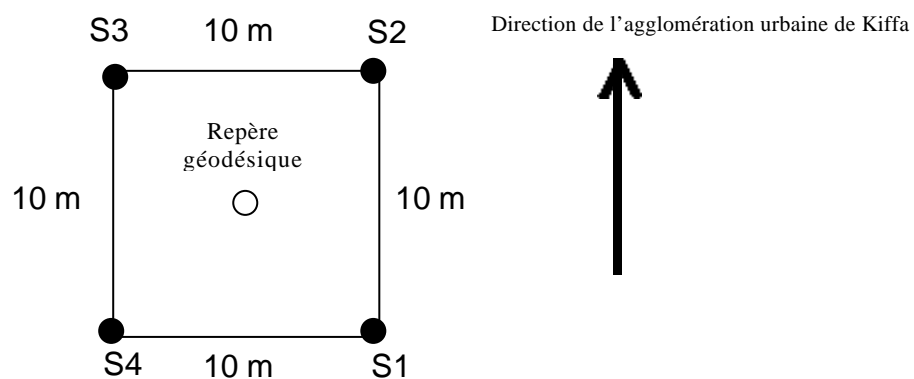
1) Essai de pénétration dynamique

Site	Nombre d'emplacements de l'étude géologique	Profondeur de l'étude géologique
Terrain prévu pour le réservoir de distribution	4 emplacements	15 m x 4 emplacements
Terrain prévu pour la station de pompage de transfert d'eau	2 emplacements	5 m x 1 emplacement 6 m x 1 emplacement
Total	6 emplacements	71 m

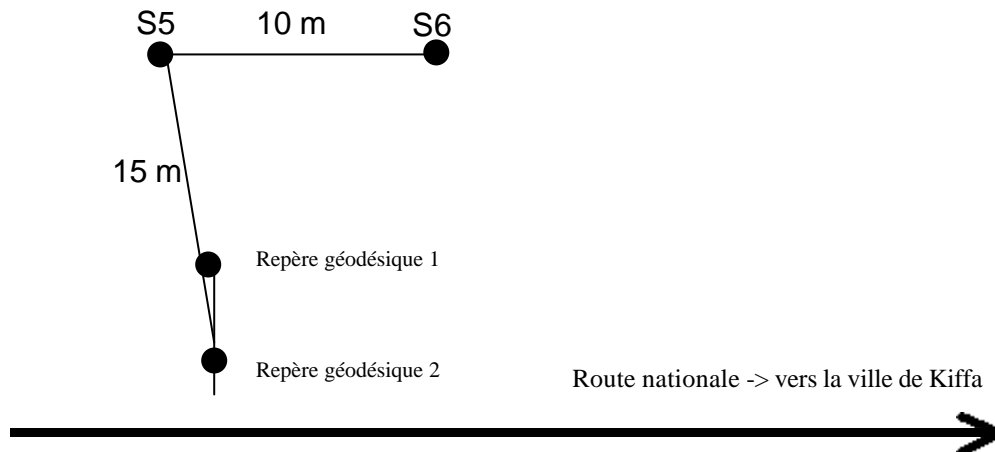
2) Trous creusés manuellement pour l'étude

Afin d'obtenir les échantillons pour la confirmation visuelle des couches géologiques et pour les essais en laboratoire, des trous de 2 m de profondeur ont été creusés à la main en 6 emplacements (P1 à P6) à proximité des emplacements pour les essais de pénétration.

a. Terrain prévu pour le réservoir de distribution Site n° 1



b. Station de pompage de transfert d'eau Site n°2



(2) Essai de pénétration dynamique

1) Méthode d'essai

La machine utilisée pour les essais de pénétration dynamique est de type MVH75 et conforme à la norme AFNOR P94-114 STANDARD.

La hauteur de chute a été de 75 cm, avec un plomb d'un poids de 64 kg (ajustement possible 20 + 20 + 10 + 14 kg).

Le schéma de solidité a été élaboré conformément aux essais de pénétration dynamique (Norme AFNOR P94-114).

Calcul de la solidité de la pointe

Calculée à partir des résultats des essais de pénétration dynamique. Equation de Hollande :

$$d = N - \frac{M^2 \times H}{A} \times \frac{1}{M + m + Pz} \times \frac{1}{e}$$

- M = Poids du marteau d'impact, daN
- H = Hauteur de chute, cm
- Pz = Poids de la tige à une profondeur z, daN
- A = Superficie de la section de l'extrémité, cm²
- E = Profondeur de pénétration par chute au moment de l'arrêt, cm
- D = Solidité de la pointe, daN/cm²

daN : déca-Newton

D'après l'équation de Hollande

M = poids du plomb daN

La solidité de la pointe (d) est inversement proportionnelle à la profondeur de pénétration au moment de la chute et aux variables (M + m + Pz). Ces variables varient selon le niveau de mesure.

Par conséquent, il est nécessaire d'indiquer d selon la profondeur Z. L'équation de Hollande est la suivante.

$$d = N \times Cz$$

N correspond au nombre de chutes et Cz au coefficient associant une constante et la profondeur.

2) Résultats des essais

Les vues en coupe de chacun des trous creusés manuellement sont présentées dans les documents en annexe. Par ailleurs, les schémas de la solidité des sols présentés en annexe indiquent les variations de la solidité des sols dans la direction de la profondeur.

3) Force portante admissible

a. Force portante admissible par essais de pénétration dynamique

La force portante admissible du sol au cas où les fondations sont construites à la surface du sol est la suivante.

La force portante admissible est équivalente à 1/20 du taux de rupture pris à partir des graphiques de pénétration.

$$R_{adm} = \frac{R, \text{ dyn.,}}{20} \quad \begin{array}{l} \text{Définition de l'équation expérimentale} \\ \text{de Herminier} \end{array}$$

Le coefficient 20 correspond au coefficient de sécurité de 20 pour la friction latérale de la terre le long de la tige pendant l'essai.

Les forces portantes admissibles prises à partir des essais de pénétration dynamique sont les suivantes.

Résultats des forces portantes admissibles par les essais de pénétration dynamique

(1 bar = 1,02 kgf/cm²)

Profondeur	Forces portantes admissibles _a (bar)					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
0,20	1,84	1,38	0,920	1,840	2,760	1,840
0,40	0,92	2,76	1,380	1,380	1,360	1,840
0,60	1,38	2,76	1,840	1,380	0,460	1,840
0,80	1,38	2,30	1,840	0,920	0,460	0,460
1,00	0,92	1,72	0,860	0,920	0,920	0,920
1,20	0,86	1,29	0,860	0,860	0,860	0,860
1,40	0,860	1,290	1,720	1,290	0,430	0,860
1,60	0,860	1,290	1,720	1,290	0,860	0,860
1,80	1,290	1,290	1,720	0,860	0,860	1,720
2,00	1,290	1,720	2,025	1,290	1,760	2,150
2,20	1,215	1,620	2,025	0,810	2,430	2,025
2,40	0,810	1,620	1,620	0,810	2,430	2,430
2,60	1,215	1,620	2,025	0,810	2,430	2,430
2,80	0,810	1,620	1,520	0,810	2,430	2,430
3,00	1,215	1,620	1,520	0,810	2,025	2,430
3,20	1,140	1,520	1,520	1,140	1,90	2,280
3,40	0,760	1,520	1,520	1,140	1,90	2,280
3,60	0,760	1,520	1,520	1,140	2,28	2,660
3,80	0,760	1,600	1,520	1,140	1,90	2,660
4,00	1,520	2,280	1,520	1,540	1,90	2,485
4,20	1,420	1,420	2,130	1,065	2,130	2,485
4,40	1,065	1,420	2,130	1,065	2,130	2,840
4,60	1,065	1,420	1,775	1,065	2,130	3,550
4,80	1,775	1,420	1,775	1,065	2,130	3,550
5,00	1,420	1,420	1,775	1,065	2,130	3,400
5,20	1,36	1,36	2,38	1,36	-	4,08
5,40	2,040	2,040	2,380	2,040	-	4,760
5,60	2,040	2,040	2,380	2,040	-	5,440
5,80	2,040	2,040	1,760	2,040	-	6,460
6,00	2,040	2,380	2,040	2,380	-	-

Profondeur	a (bar)					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
6,20	2,240	2,280	1,920	1,920	2,240	-
6,40	2,240	2,280	3,840	3,840	2,560	-
6,60	2,560	2,280	3,840	3,840	2,880	-
6,80	2,880	2,520	4,160	4,160	2,880	-
7,00	2,560	2,520	3,840	3,840	2,240	-
7,20	2,440	2,440	3,355	2,135	2,135	-
7,40	2,440	2,440	3,355	2,135	2,135	-
7,60	2,440	2,440	3,555	2,440	2,440	-
7,80	2,745	2,135	3,050	2,745	2,745	-
8,00	2,745	2,440	3,660	2,745	2,745	-
8,20	2,610	2,610	3,770	2,610	-	-
8,40	3,190	3,190	3,770	2,900	-	-
8,60	3,190	3,190	3,480	2,900	-	-
8,80	3,190	3,190	3,770	2,900	-	-
9,00	3,480	3,190	3,190	3,480	-	-
9,80	2,800	3,360	3,360	3,360		
9,40	2,800	3,360	3,360	3,360		
9,60	2,800	3,640	3,640	3,360		
9,80	3,080	3,640	3,640	3,360		
10,00	3,080	3,640	3,640	3,360		
10,20	2,915	3,975	3,975	2,915		
10,40	2,915	3,975	3,975	2,915		
10,60	2,650	3,975	3,975	3,180		
10,80	2,650	3,710	3,710	2,915		
11,00	3,445	3,570	3,570	2,915		
11,20	3,060	3,315	3,315	2,805		
11,40	3,570	3,315	3,315	3,060		
11,60	3,825	3,315	3,315	3,315		
11,80	3,570	3,315	3,315	3,315		
12,00	3,570	3,185	3,185	3,315		

Profondeur	a (bar)					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
12,20	3,570	2,940	2,940	3,185	-	-
12,40	3,430	2,940	2,940	3,675	-	-
12,60	3,185	2,940	2,940	3,675	-	-
12,80	3,185	2,940	2,940	3,675	-	-
13,00	3,430	2,840	2,840	3,290	-	-
13,20	3,430	2,840	2,840	3,290	-	-
13,40	3,360	3,290	3,055	3,290	-	-
13,60	3,360	3,290	3,290	2,820	-	-
13,80	3,360	3,290	3,290	2,820	-	-
14,00	3,120	3,290	3,220	2,720	-	-
14,20	3,055	3,220	3,220	2,990	-	-
14,40	3,055	3,220	3,220	2,990	-	-
14,60	3,290	3,220	3,220	2,990	-	-
14,80	3,290	3,220	3,220	2,990	-	-
15,00	3,290	3,220	3,220	2,990	-	-

Les résultats des essais de pénétration dynamique dans chaque site d'étude sont les suivants.

S1	La force portante admissible de la partie en surface du sol est faible, avec moins de 1 bar. Cette valeur se poursuit jusqu'à 5,40 m de profondeur dans le sol et commencer à dépasser à 2 bars à partir de 5,40 m. A partir de ce point, la force portante augmente proportionnellement à la profondeur jusqu'à 15 m, correspondant à la dernière mesure des essais.
S2	La force portante admissible est relativement importante de la surface du sol jusqu'à 0,8 m mais elle diminue à 1,00 m. Elle reste pratiquement constante (valeur moyenne = 1,50 bar) jusqu'à une profondeur de 5,40 m, et augmente proportionnellement jusqu'à la dernière mesure des essais.
S3	La force portante admissible est faible jusqu'à 1,20 m au-dessous du sol et augmente considérablement à partir de ce point jusqu'à 2,60 m, pour diminuer à nouveau entre 2,8 et 4,00 m de profondeur. La couche ayant une faible force portante est probablement le signe du début de la nappe phréatique. La force portante augmente à 4,20 m et continue de progresser jusqu'à une profondeur de 15 m correspondant à la dernière mesure des essais.
S4	La force portante admissible est faible jusqu'à une profondeur de 5,20 m pour augmenter à partir de 5,40 m.
S5	La force portante admissible est relativement faible jusqu'à 1,80 m de profondeur. A partir de cette profondeur (5,40 m) et jusqu'à 5 m au-dessous du sol, cette force devient considérablement plus importante.
S6	La force portante admissible est faible dans la partie en surface et devient relativement importante à partir de 2 m au-dessous du sol. Elle augmente ensuite proportionnellement à la profondeur jusqu'à 6 m, dernière mesure des essais.

b. Force portante admissible selon les Principes de conception des structures des fondations architecturales

. Réservoir de distribution

La force portante est recherchée pour une profondeur de 0,4 m à partir de la surface du sol à l'état actuel.

$$\begin{aligned}
 q_a &= 1/3 (c N_c + 1 B N_r + 2 D_f N_q) \\
 &= 1/3 (0,43 \times 1,55 \times 15 \times 13,5 + 1,55 \times 0,4 \times 19,2) \\
 &= 1/3 \times 146,9 \\
 &= 49,0 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Dans laquelle, $\lambda = 0,5 - 0,1 \times B/L = 0,5 - 0,1 \times 15/20 = 0,43$
 $\phi = 33^\circ$, $N_c = 24,5$, $N_r = 13,5$, $N_q = 19,2$

De la même manière, le calcul de la force portante à une profondeur entre 0,2 et 1,0 m est indiqué dans les tableaux suivants.

Profondeur (m)	Force portante admissible q_a (t/m ²)
0,2	47,0
0,4	49,0
0,6	50,9
0,8	52,9
1,0	54,9

. Station de pompage de transfert d'eau

La force portante est recherchée pour une profondeur de 0,3 m à partir de la surface du sol à l'état actuel.

$$\begin{aligned}
 q_a &= 1/3 (c N_c + 1 B N_r + 2 D_f N_q) \\
 &= 1/3 (0,44 \times 1,55 \times 7,0 \times 13,5 + 1,55 \times 0,3 \times 19,2) \\
 &= 1/3 \times 73,4 \\
 &= 24,5 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Dans laquelle, $\lambda = 0,5 - 0,1 \times B/L = 0,5 - 0,1 \times 8/12 = 0,44$
 $\phi = 33^\circ$, $N_c = 24,5$, $N_r = 13,5$, $N_q = 19,2$

De la même manière, le calcul de la force portante à une profondeur entre 0,2 et 1,0 m est indiqué dans les tableaux suivants.

Profondeur (m)	Force portante admissible q_a (t/m ²)
0,2	23,5
0,3	24,5
0,4	25,5
0,6	27,4
0,8	29,4
1,0	31,4

Force portante admissible des sols

1. La force portante admissible des sols se calcule selon les équations suivantes.

(1) Force portante admissible pour charge soutenue

$$q_a = 1/3 \times (cN_c + \gamma_1 B N_r + \gamma_2 D_f N_q) \quad (t/m^2)$$

(2) Force portante admissible pour charge provisoire

$$q_a = 2/3 \times (cN_c + \gamma_1 B N_r + 1/2 \times \gamma_2 D_f N_q) \quad (t/m^2)$$

Dans laquelle,

q_a : force portante admissible (t/m^2)

c : cohésion du socle sous le fond des fondations (t/m^2)

γ_1 : poids par volume unitaire du socle sous le fond des fondations (t/m^3)

En cas de situation sous les eaux souterraines, utiliser le poids par volume unitaire dans l'eau.

γ_2 : poids par volume unitaire moyen du socle au-dessus du fond des fondations (t/m^3)

Pour la partie se trouvant en dessous des eaux souterraines, utiliser le poids par volume unitaire dans l'eau.

λ : Facteur de forme indiqué dans le tableau 1

N_c, N_r, N_q : Coefficient de force portante, fonction de l'angle de friction interne ϕ indiqués dans le tableau 2

D_f : Profondeur de la surface la plus basse du socle à proximité des fondations jusqu'au fond des fondations (m)

En cas d'excavation dans un terrain à proximité, il est souhaitable de tenir compte de l'influence produite.

B : Largeur minimale du fond des fondations (m), diamètre en cas de forme ronde

Tableau 1 Facteur de forme

Forme du fond des fondations	Continue	Carrée	Rectangulaire	Ronde
	1.0	1.3	$1.0 + 0.3B/L$	1.3
	0.5	0.4	$0.5 - 0.1B/L$	0.3

Note : B = Largeur du rectangle

L = Longueur du rectangle

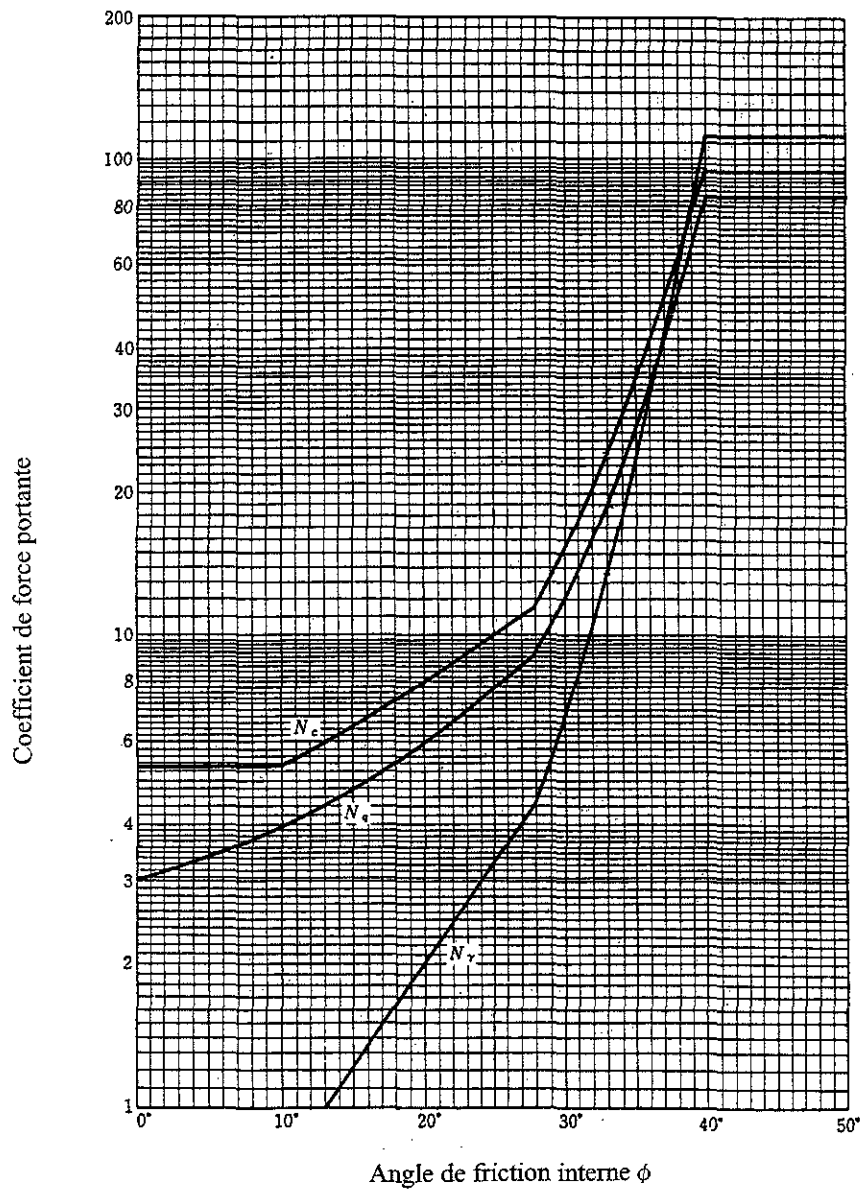
Tableau 2 Coefficient de force portante

	N _c	N _r	N _q
0	5,3	0	3,0
5	5,3	0	3,4
10	5,3	0	3,9
15	6,5	1,2	4,7
20	7,9	2,0	5,9
25	9,9	3,3	7,6
28	11,4	4,4	9,1
32	20,9	10,6	16,1
36	42,2	30,5	33,6
40° ou plus	95,7	114,0	83,2

2. La force portante admissible du socle peut être déterminée conformément à l'essai de chargement sur plaque. Elle doit toutefois être déterminée, dans ce cas, en tenant compte de la forme de la couche.

3. En ce qui concerne la force portante admissible du socle de terre sableuse et du socle de terre intermédiaire, situés sous les eaux souterraines, il faudra tenir compte du phénomène de liquéfaction survenant en cas de tremblement de terre.

Source : Principes de conception des structures des fondations architecturales, édition révisée de 1988 (Société japonaise d'architecture), p. 119



Coefficient de force portante pour étude

Source : Principes de conception des structures des fondations architecturales, édition révisée de 1988 (Société japonaise d'architecture), p. 123

c. Résultats des calculs de la force portante admissible

D'après les résultats des calculs ci-dessus, la force portante admissible est la suivante.

. Bassin de distribution

Profondeur (m)	Force portante admissible q a (t/m ²)	
	Valeur obtenue par les essais de pénétration dynamique (valeur moyenne de S1, S2, S3 et S4)	Valeur par l'équation de force portante de Terzaghi (Principes de conception des structures des fondations architecturales)
0,2	9,8	47,0
0,4	13,2	49,0
0,6	13,2	50,9
0,8	13,2	52,9
1,0	16,1	54,9

Note : La surface du terrain prévue pour le bassin de distribution étant inégale, un nivellement de 1 m environ devra être effectué. Par conséquent, la surface du sol après nivellement sera inférieure d'un mètre à celle de l'étude géologique.

. Station de pompage de transfert d'eau

Profondeur (m)	Force portante admissible q a (t/m ²)	
	Valeur obtenue par les essais de pénétration dynamique (valeur moyenne de S5,S6)	Valeur par l'équation de force portante de Terzaghi (Principes de conception des structures des fondations architecturales)
0,2	23,5	23,5
0,3	17,8	24,5
0,4	16,3	25,5
0,6	11,7	27,4
0,8	4,7	29,4
1,0	9,4	31,4

(3) Essais en laboratoire

Six échantillons ont été prélevés au total à partir des trous creusés manuellement. D'après les vues en coupe géologiques des trous, ceux-ci sont généralement identiques, les trous P1, P2, P3 et P4 étant formés de sable de dune, alors que les trous P5 et P6 sont composés de sable de dune rouge.

Les essais suivants ont été effectués avec ces échantillons.

. Essai de teneur en eau dans le taux de poids sec

- . Essai de densité
- . Essai de granulométrie
- . Essai de poids spécifique
- . Essai de cisaillement direct
- . Essai de compression

Tableau de résultat des essais

	Analyse granulométrique								Résistance au cisaillement		Densité	Teneur en eau
	0,8	0,5	0,4	0,315	0,2	0,16	0,1	0,08	C			
P1	99	92	86	80	76	25	13	10	0	36,0 °	2,60	6,1%
P2	99	89	83	78	73	18	9	8	0	34,0 °	2,67	6,9%
P3	99	91	84	79	74	19	6	5	0	36,5 °	2,63	10,2%
P4	100	92	85	75	74	19	10	9	0	33,0 °	2,67	5,8%
P5	100	99	98	97	94	14	10	9	-	-	2,66	7,8%
P6	100	99	98	96	91	14	10	9	-	-	2,65	8,4%

(4) Résultats

L'étude géologique avant les travaux de construction des fondations pour la station de pompage de transfert d'eau et le bassin de distribution de Kiffa a révélé la présence en petites quantités de sable fin, ayant une granulométrie de 80 microns ou moins dans une proportion de 9% environ. Dans le cas d'un cisaillement direct, le sable et la terre ne présenteront aucune cohésion. Lors des essais de compression avec une machine d'essai de consolidation, pratiquement aucun affaissement n'a été constaté. Toutefois, lors de la conception des structures, il faudra tenir compte des résultats des essais de pénétration dynamique car la région de l'étude est située dans un climat sec. En effet, les résultats de ces essais reflètent avec plus de précision la situation réelle.

Par conséquent, la valeur obtenue par les essais de pénétration dynamique sera utilisée en tant que valeur de force portante admissible du socle.

Appendice - 7 Résultats des essais de pompage

Résultats des essais de pompage

(1) Méthode des essais de pompage

Les essais de pompage suivants ont été effectués pour les pompes des forages de reconnaissance JF-2, JF-5A, JF-7B et JF-13A réalisés lors de l'étude de développement de la JICA et des forages de reconnaissance F5 et F6 réalisés par la SONELEC qui seront utilisés comme forages de production dans le cadre du présent projet.

1) Essai de pompage par étapes

Les volumes de pompage sont divisés en 4 ou 5 étapes selon les résultats des essais de pompage effectués lors de l'étude de développement et la baisse de niveau dans le forage est mesurée à chaque étape. La durée de pompage est comprise entre 60 et 120 minutes environ pour chaque étape et le pompage se poursuit jusqu'à ce que le niveau d'eau dans le forage se soit stabilisé.

2) Essai de pompage en continu

Le pompage est effectué en continu avec un volume de prise approprié, déterminé à partir des résultats des essais de pompage par étapes, et la baisse de niveau dans le forage est mesurée. La conductivité électrique des eaux souterraines est mesurée simultanément à la baisse de niveau. La durée de pompage en continu est comprise entre 24 et 48 heures environ et le pompage se poursuit jusqu'à ce que le niveau d'eau dans le forage se soit complètement stabilisé.

3) Essai de pompage de remontée

Après l'arrêt des essais de pompage en continu, la remontée du niveau d'eau est immédiatement mesurée. La mesure a lieu pendant 12 heures et le pompage se poursuit jusqu'à ce que le niveau d'eau dans le forage se soit stabilisé.

(2) Résultats des essais de pompage

Les valeurs des mesures des essais de pompage par étapes sont présentées dans les Figures A7-1 (1) à (6) et les résultats des analyses dans la Figure A7-2. Les volumes de pompage appropriés pour chaque forage, calculés à partir des courbes de volume de pompage – baisse du niveau d'eau, recherchées lors de l'étude de développement, et des essais de pompage par étapes effectués cette fois-ci, sont présentés dans le Tableau A7-1 ci-dessous.

Tableau A7-1 Volumes de pompage appropriés selon les résultats des essais par étapes

Numéro du forage	Volumes de pompage appropriés (étude de développement)	Volumes de pompage appropriés (cette fois-ci)	Observations
JF-2	11 m ³ /h	10 m ³ /h	
JF-5A	5 m ³ /h	5 m ³ /h	
JF-7B	18 m ³ /h	15 m ³ /h	
JF-13A	30 m ³ /h	25 m ³ /h	
F-5	75 m ³ /h	Supé. à 45 m ³ /h * ¹	* ¹ Volume de pompage critique des pompes submersibles pour un forage de 150 mm de diamètre
F-6	-	Supé. à 18,1 m ³ /h * ²	* ² Volume de pompage critique des pompes submersibles pour un forage de 100 mm de diamètre

Le volume de pompage critique n'étant pas atteint pour les forages F-5 et F-6, la capacité maximum de la pompe submersible introduite dans le tubage installé a été indiquée dans le tableau. Si l'on remarque une légère baisse des valeurs pour les volumes d'eau appropriés lors des essais par étapes effectués cette fois-ci par rapport aux valeurs obtenues par les mêmes essais réalisés lors de l'étude de développement, aucun changement notable n'a été décelé. Par ailleurs, un volume de pompage suffisant pour l'installation des pompes submersibles a été obtenu pour chaque forage. Par conséquent, ces forages de reconnaissance ont été jugés appropriés pour l'utilisation en tant que forages de production du présent projet.

Les résultats des essais de pompage en continu et des essais de remontée ont été analysés selon trois différentes méthodes : les méthodes THEIS, COOPER & JACOB et de reprise, afin de rechercher respectivement le coefficient de transmissibilité, le coefficient de perméabilité et le coefficient de stockage. Les résultats de ces différentes analyses sont présentés dans les Figures A7-3 à A7-8, et les coefficients des aquifères recherchés ont été résumés dans le Tableau A7-2 (1). D'autre part, les coefficients des aquifères obtenus lors des essais de pompage de l'étude de développement sont présentés dans le Tableau A-2 (2) pour comparaison.

Tableau A7-2 (1) Coefficients des aquifères par essais de pompage cette fois-ci

Numéro de forage	Coefficient de transmissibilité (m ² /jour)			Coefficient de perméabilité k (m/jour)			Coefficient de stockage S	
	THEIS	JACOB	Reprise	THEIS	JACOB	Reprise	THEIS	JACOB
JF-2	30,0	30,8	38,4	1,87	1,93	2,40	0,000666	0,000423
JF-5A	26,6	27,1	56,6	1,33	1,36	2,82	0,000197	0,000165
JF-7B	108	105	226	5,41	5,24	11,3	0,000217	0,000196
JF-13A	60,9	61,9	71,6	2,53	2,58	2,98	0,00340	0,00337
F-5	1580	1600	1810	66,1	66,8	75,9	0,0176	0,0166
F-6	3040	2880	2770	127	121	115	0,0179	0,0189

Tableau A7-2 (2) Coefficients des aquifères par essais de pompage de l'étude de développement

Numéro de forage	Coefficient de transmissibilité (m ² /jour)			Coefficient de perméabilité k (m/jour)			Coefficient de stockage S	
	THEIS	JACOB	Reprise	THEIS	JACOB	Reprise	THEIS	JACOB
JF-2	31,6	31,1	37,4	0,712	0,701	0,842	0,000422	0,000422
JF-5A	18,3	18,0	20,0	0,395	0,395	0,432	1,04 × 10 ⁻⁶	1,09 × 10 ⁻⁶
JF-7B	28,5	28,3	110	0,751	0,744	2,9	0,0898	0,0904
JF-13A	80,4	79,0	75,4	1,55	1,53	1,45	1,04 × 10 ⁻⁷	1,01 × 10 ⁻⁷
F-5	2150	2160	2240	57,8	58,2	60,2	0,00854	0,00759
F-6	-	-	-	-	-	-	-	-

L'avantage de calculer les coefficients des aquifères à partir des essais de pompage est de pouvoir obtenir directement une valeur moyenne des coefficients indiquant les caractéristiques des aquifères sur une région relativement étendue. Toutefois, il est normal de relever des fluctuations dans les résultats analysés, même si les essais de pompage ont été effectués avec les équipements et les méthodes appropriées et, en général, c'est une plage de l'ordre d'un chiffre qui est considérée comme significative. En outre, les essais de pompage lors de l'étude de développement et cette fois-ci ont été réalisés sur des forages uniques, sans forage d'observation, et les coefficients des aquifères ne sont pas des valeurs exactes en raison de l'influence de la résistance de la crépine et des pertes de forage dues aux turbulences de courant se produisant à proximité des forages. En temps normal, les calculs indiquent des coefficients de perméabilité et des coefficients de transmissibilité peu élevés, et des coefficients de stockage importants par rapport aux valeurs d'analyse obtenues par les relevés des forages d'observation.

En tenant compte de ce qui précède, et en comparant avec les coefficients des aquifères obtenus lors des essais de pompage cette fois-ci et ceux de l'étude de développement, les coefficients de perméabilité et les coefficients de transmissibilité sont pratiquement identiques. Toutefois, pour ce qui est des coefficients de stockage, les valeurs pour JF-5A et JF-13S ont été plus élevées cette fois-ci, alors que la valeur pour JF-7B a diminué. En général, les valeurs analysées sont influencées en cas de recharge par les fuites d'eau d'autres aquifères, mais ce genre d'aquifères n'a pas été identifié dans la région concernée.

Ces différences de valeur analysées s'expliquent généralement en cas de forte probabilité de variations dans la continuité horizontale de l'aquifère qui est interrompue en raison de failles ou de la présence de roches intrusives, et l'analyse par les méthodes THEIS et JACOB, appliquées à des aquifères homogènes et isotropes s'étendant à l'infini à l'horizontale en une seule épaisseur, ne peut être utilisée. Toutefois, il est difficile de déterminer les structures de l'aquifère à partir de la forme des courbes obtenues par les essais de pompage dans des forages uniques.

Ces différences peuvent également s'expliquer par le fait que les essais de pompage effectués lors de l'étude de développement ont manqué de précision, puisque les coefficients de stockage des forages JF-2, JF-5A et JF-7B, situés à des emplacements rapprochés sur le même linéament, ont présenté des différences extrêmement importantes d'environ 10^5 , alors qu'ils sont du même ordre dans les résultats des essais de cette fois-ci. L'instabilité des volumes de pompage lors des essais effectués pendant l'étude de développement peut probablement expliquer cette imprécision des résultats obtenus.

De toute façon, comme le montre le Tableau A7-3, les essais de pompage en continu de cette fois-ci n'ont montré aucune augmentation de la baisse de niveau d'eau, comparés aux essais précédents et la comparaison des capacités spécifiques, calculées à partir du volume de pompage et de la baisse de niveau d'eau, montre qu'en revanche des valeurs légèrement plus élevées ont été obtenues cette fois-ci pour la totalité des forages de reconnaissance. Par conséquent, aucune baisse d'efficacité des forages en raison de l'obstruction des crépines ou de la détérioration des parois n'a été relevée, et on a jugé que la totalité de ces forages de reconnaissance convenait parfaitement à l'utilisation comme forages de production dans le cadre du présent projet.

Débit

Tableau A7-3 Volumes de pompage et baisse du niveau d'eau d'après les résultats des essais de pompage en continu

Numéro de forage	Essais de pompage en continu lors de l'étude de développement			Essais de pompage en continu cette fois-ci		
	Volume de pompage (m ³ /h)	Baisse de niveau d'eau (m)	Capacité spécifique (m ³ /jour)	Volume de pompage (m ³ /h)	Baisse de niveau d'eau (m)	Capacité spécifique (m ³ /jour)
JF-2	10	9,27	25,9	8	7,09	27,1
JF-5A	7,5	14,64	12,3	5	5,58	21,5
JF-7B	18	6,14	70,4	10	2,40	100
JF-13A	30	19,35	37,2	25	11,62	51,6
F-5	75	2,81	641	45	0,91	1190
F-6	-	-	-	17,4	0,19	2200

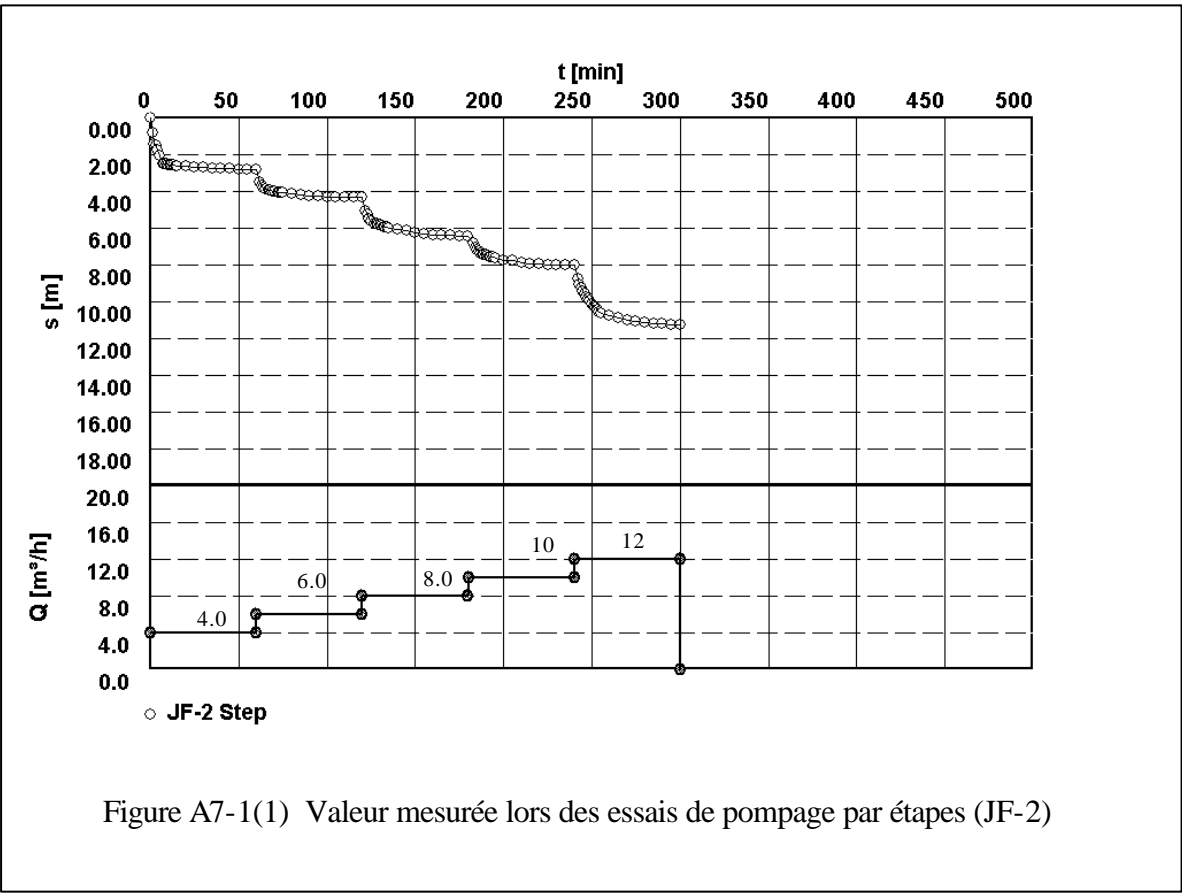


Figure A7-1(1) Valeur mesurée lors des essais de pompage par étapes (JF-2)

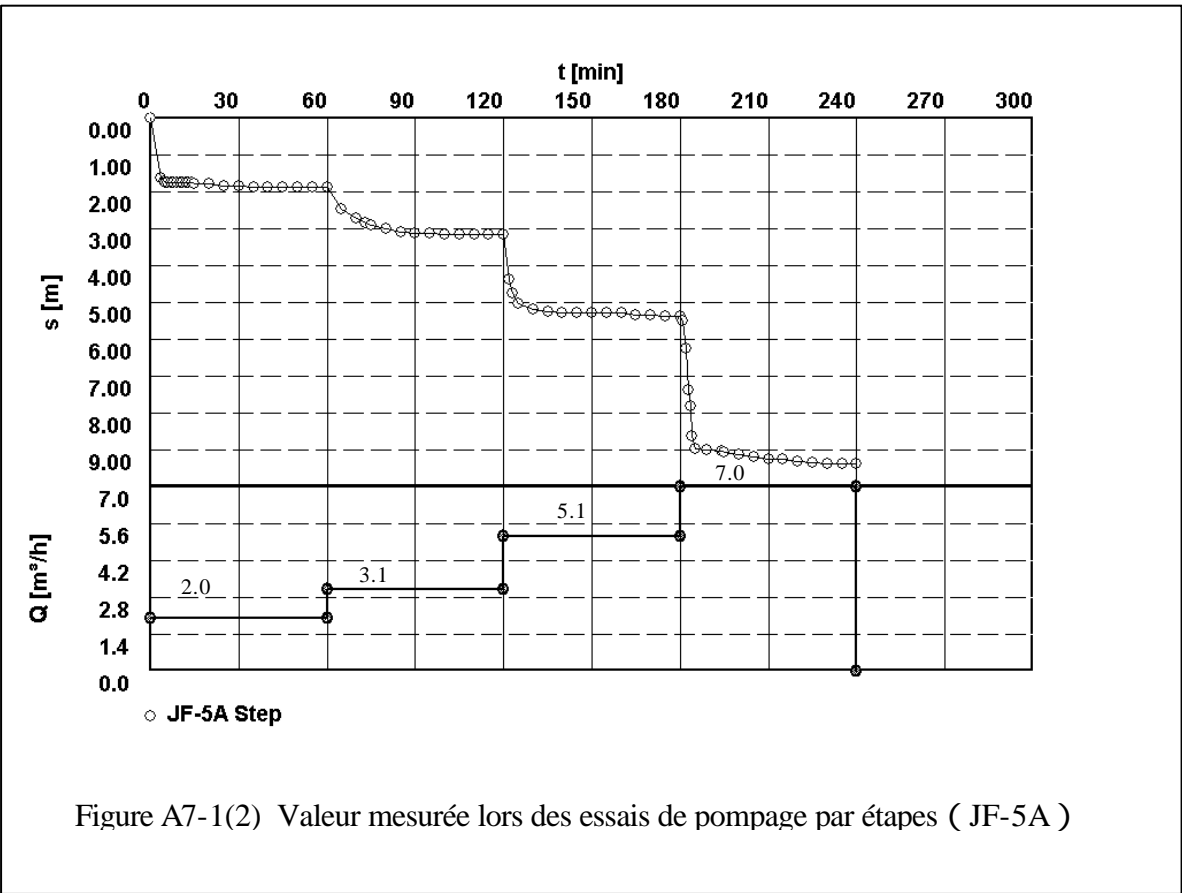


Figure A7-1(2) Valeur mesurée lors des essais de pompage par étapes (JF-5A)

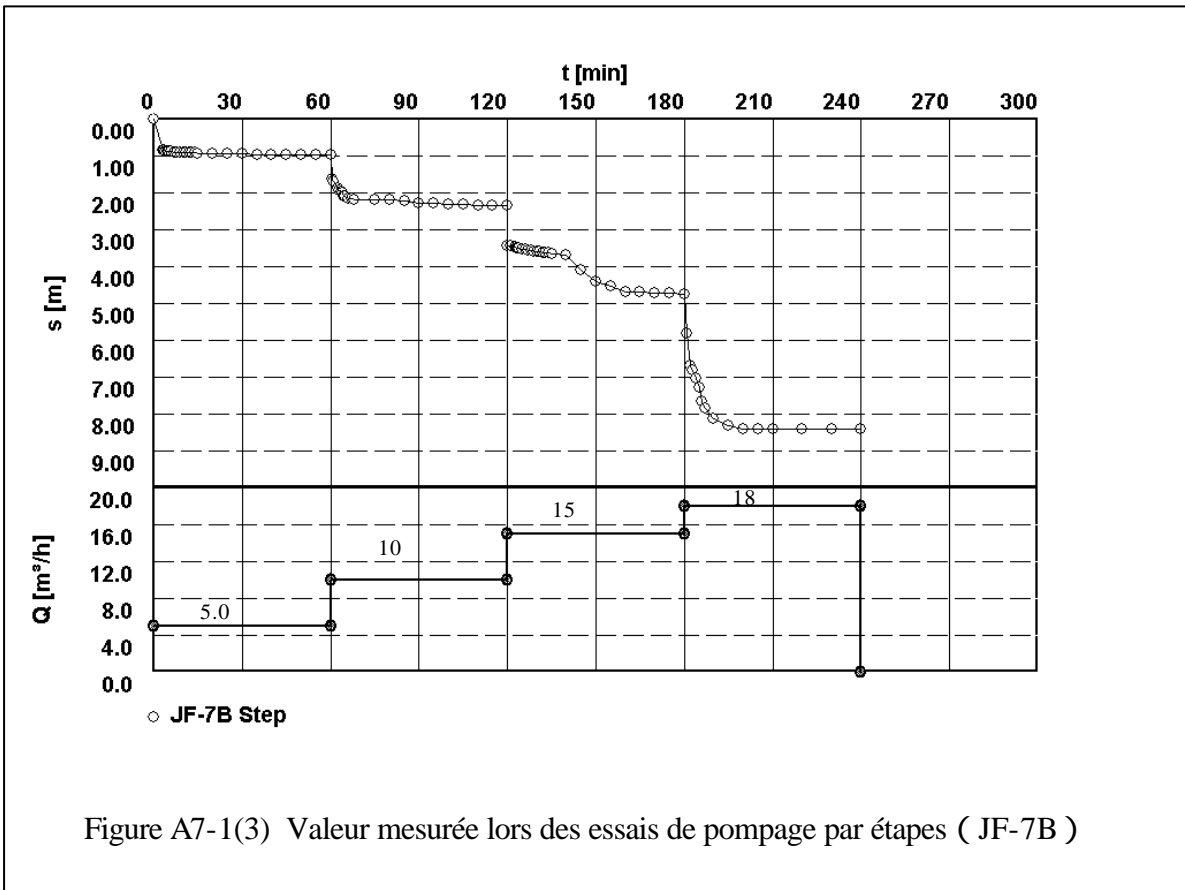


Figure A7-1(3) Valeur mesurée lors des essais de pompage par étapes (JF-7B)

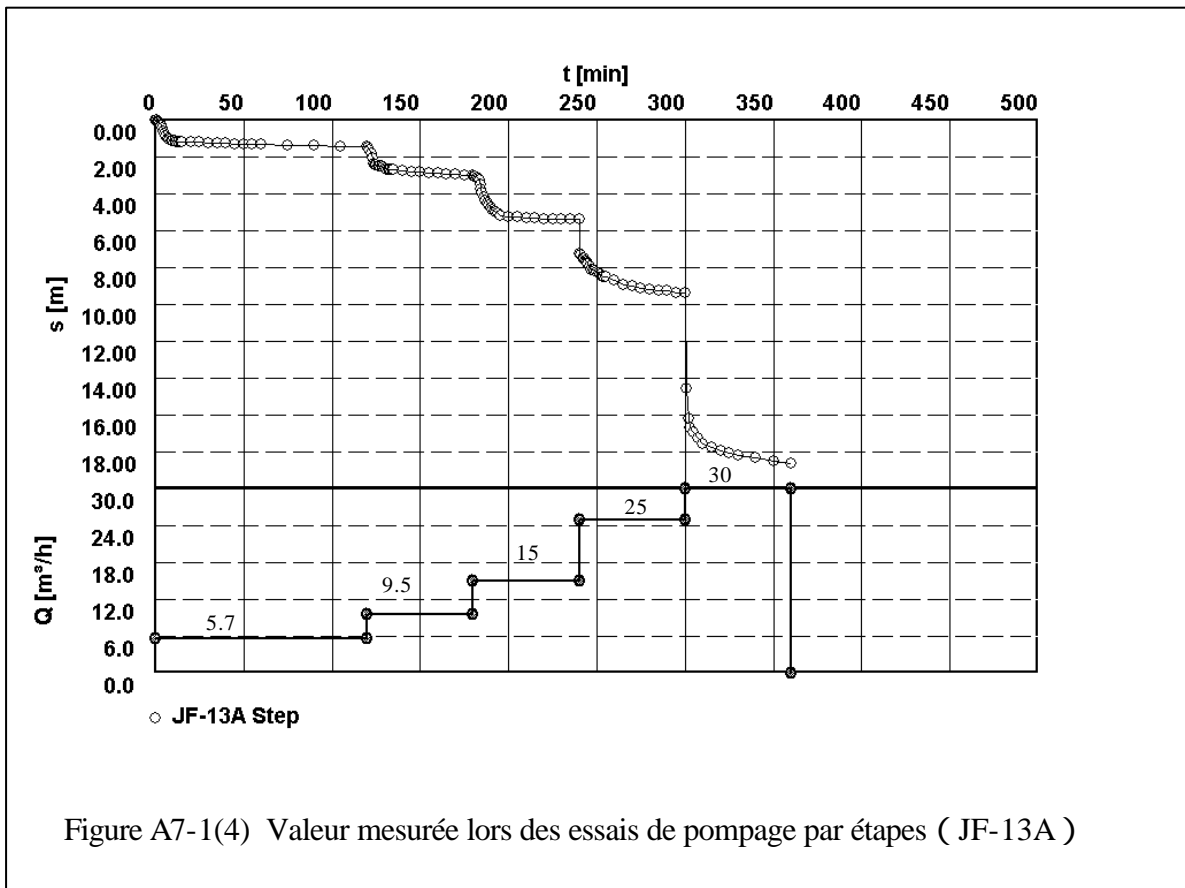


Figure A7-1(4) Valeur mesurée lors des essais de pompage par étapes (JF-13A)

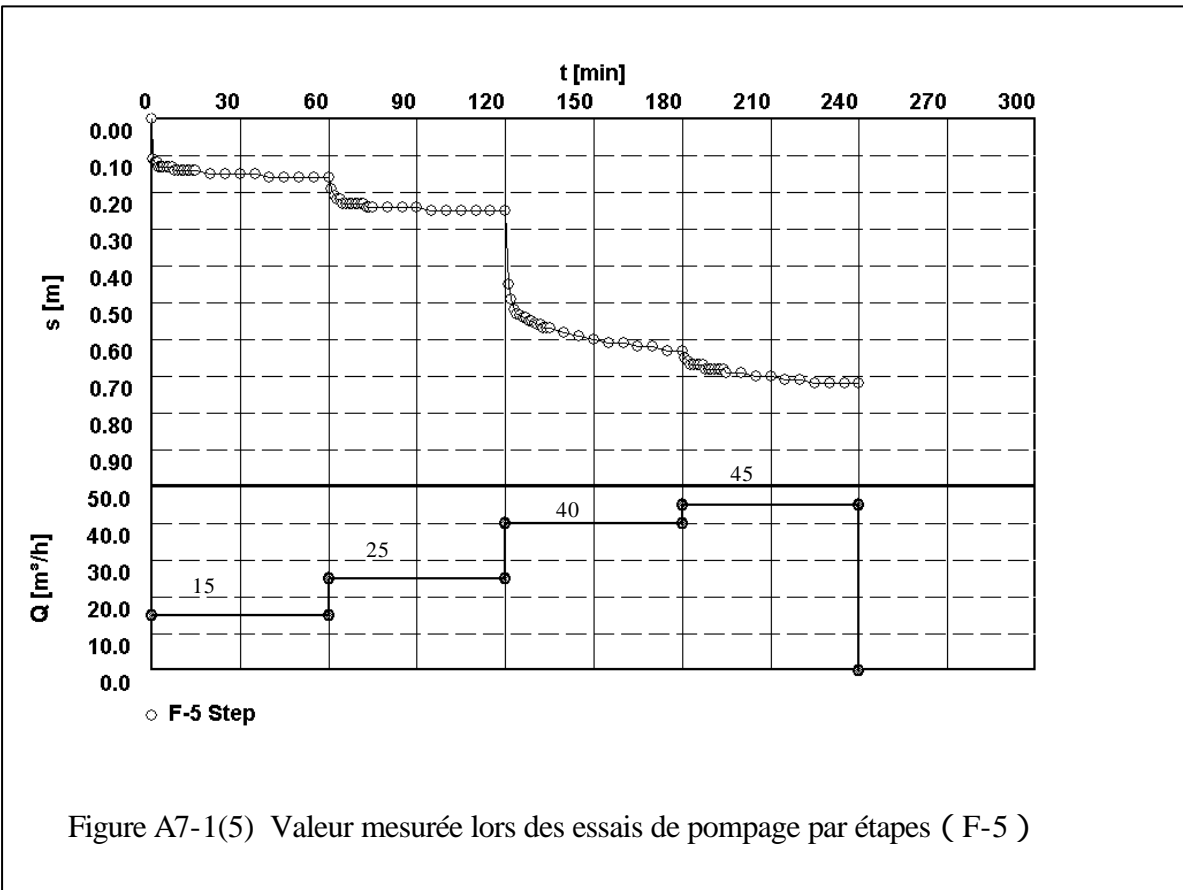


Figure A7-1(5) Valeur mesurée lors des essais de pompage par étapes (F-5)

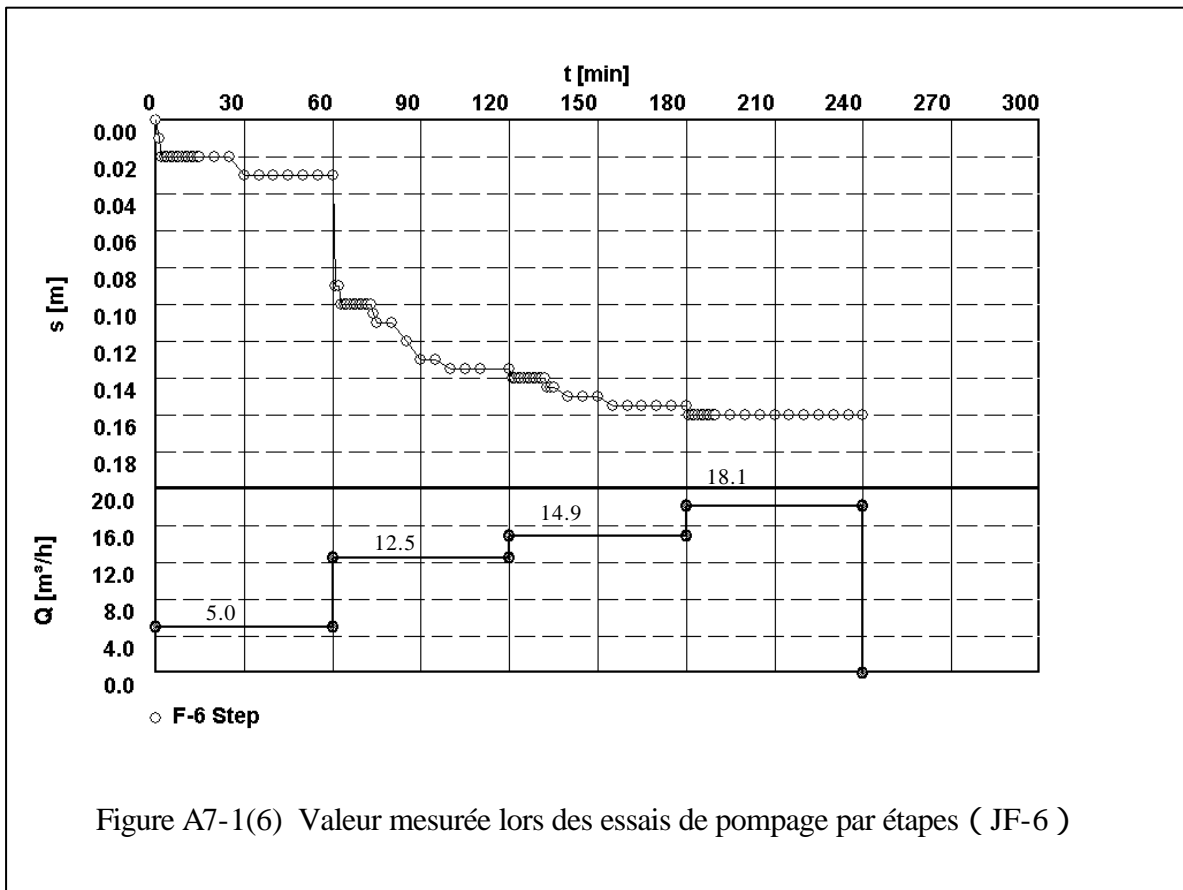


Figure A7-1(6) Valeur mesurée lors des essais de pompage par étapes (JF-6)

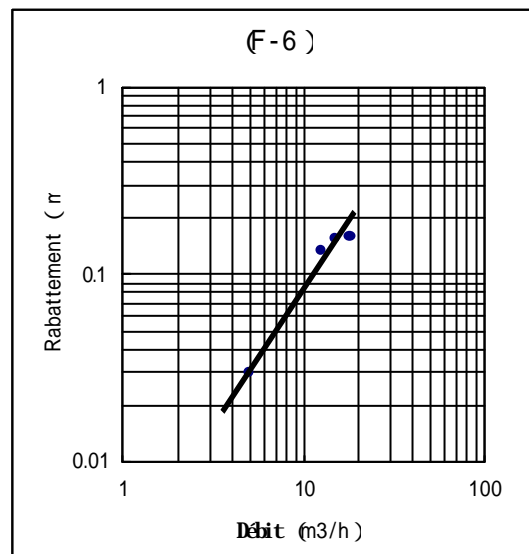
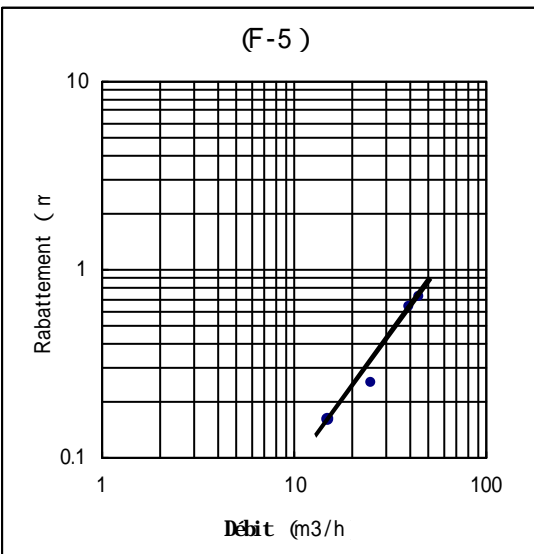
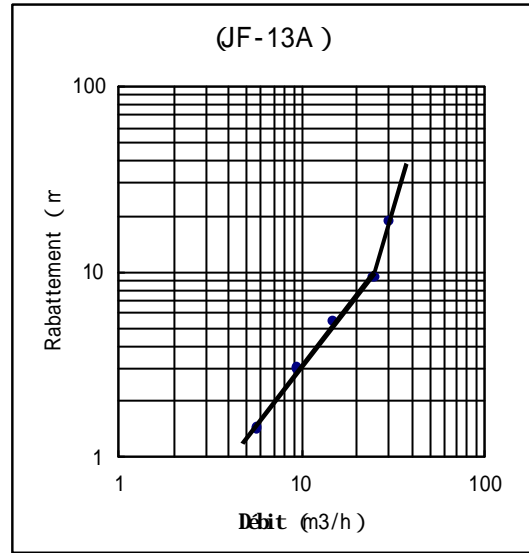
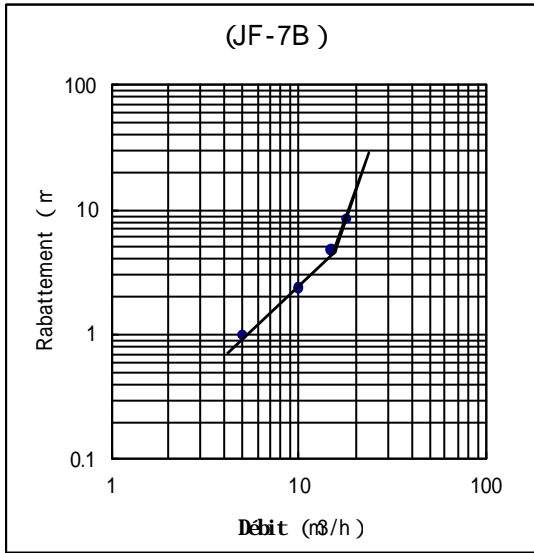
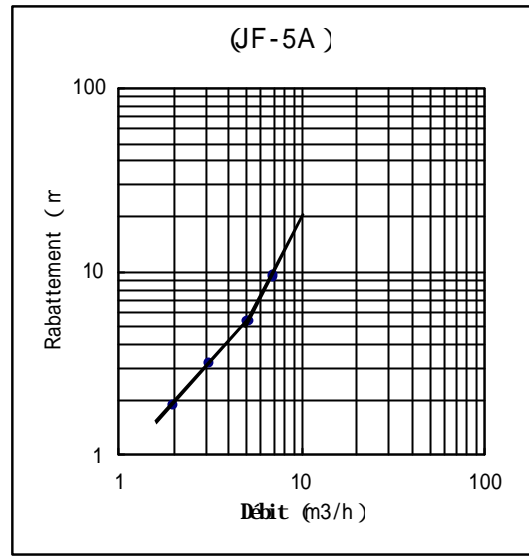
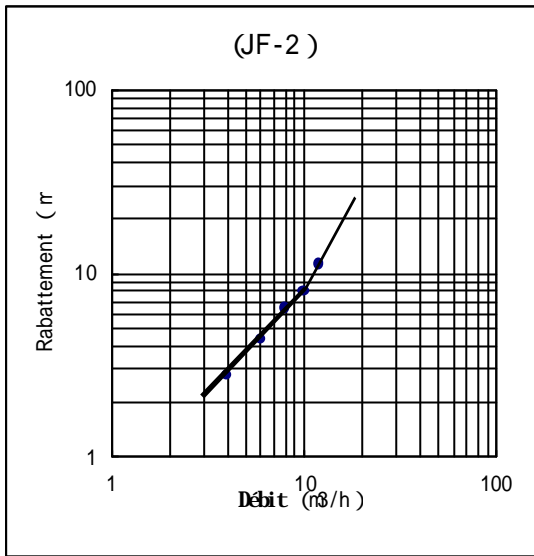
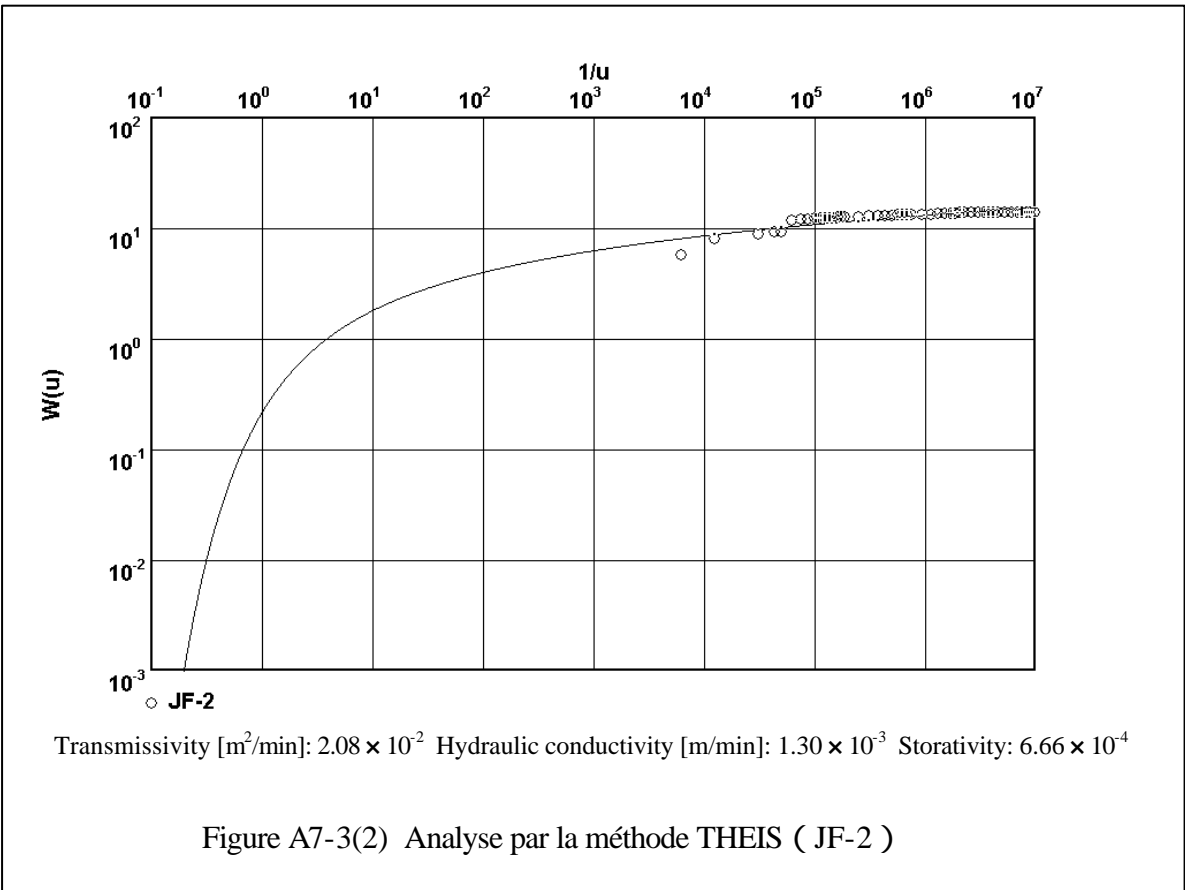
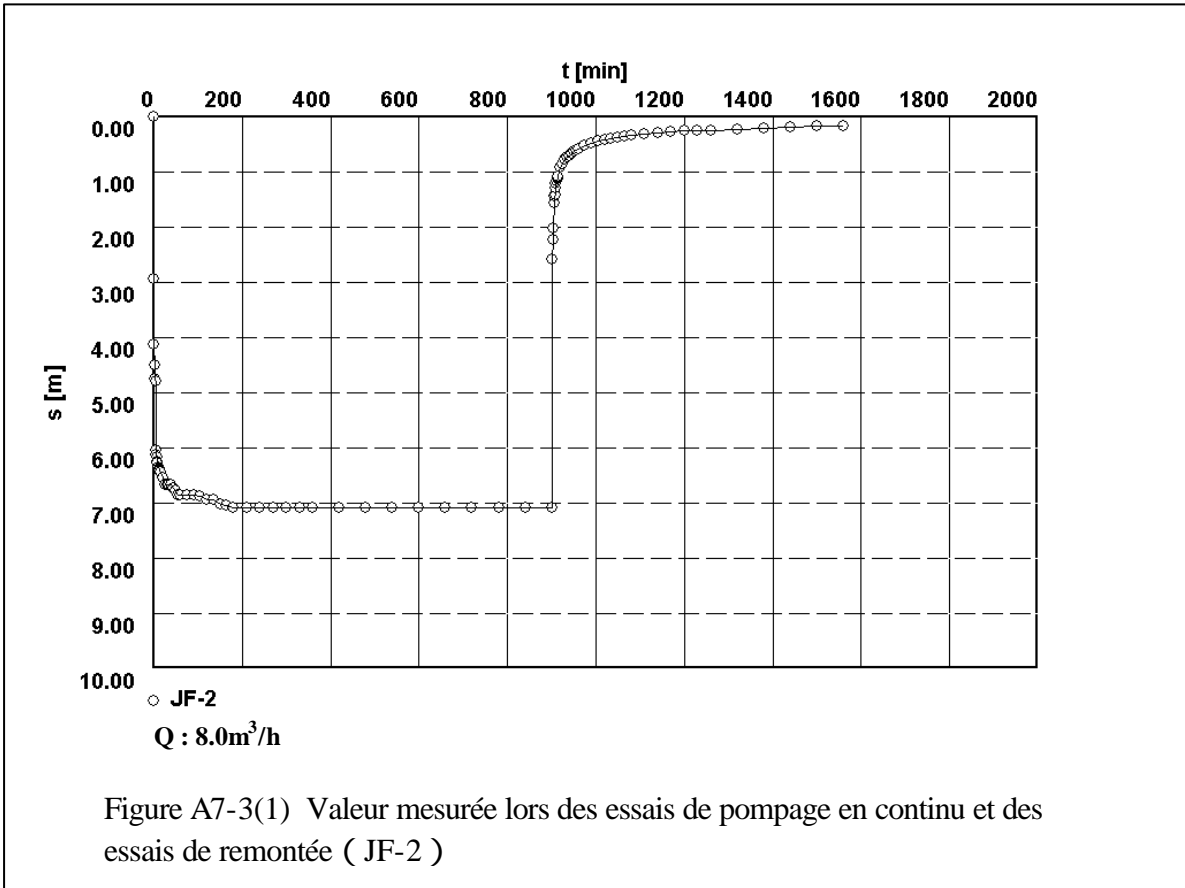


Figure A7-2 Analyse des essais de pompage par étapes



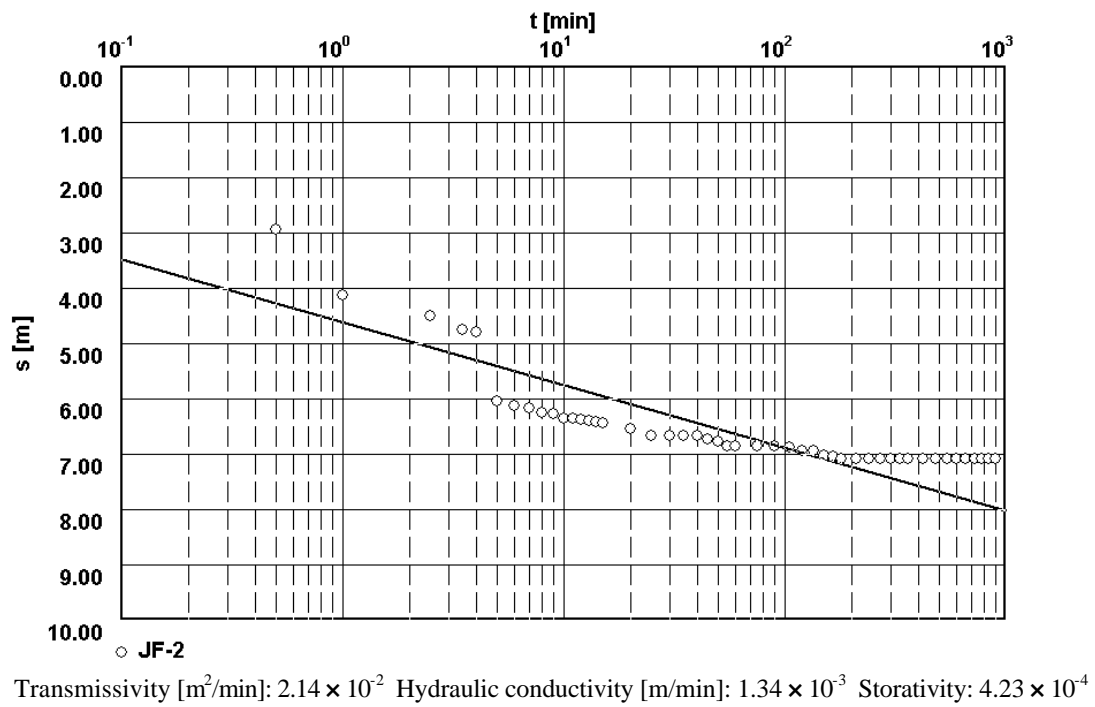


Figure A7-3(3) Analyse par la méthode COOPER & JACOB (JF-2)

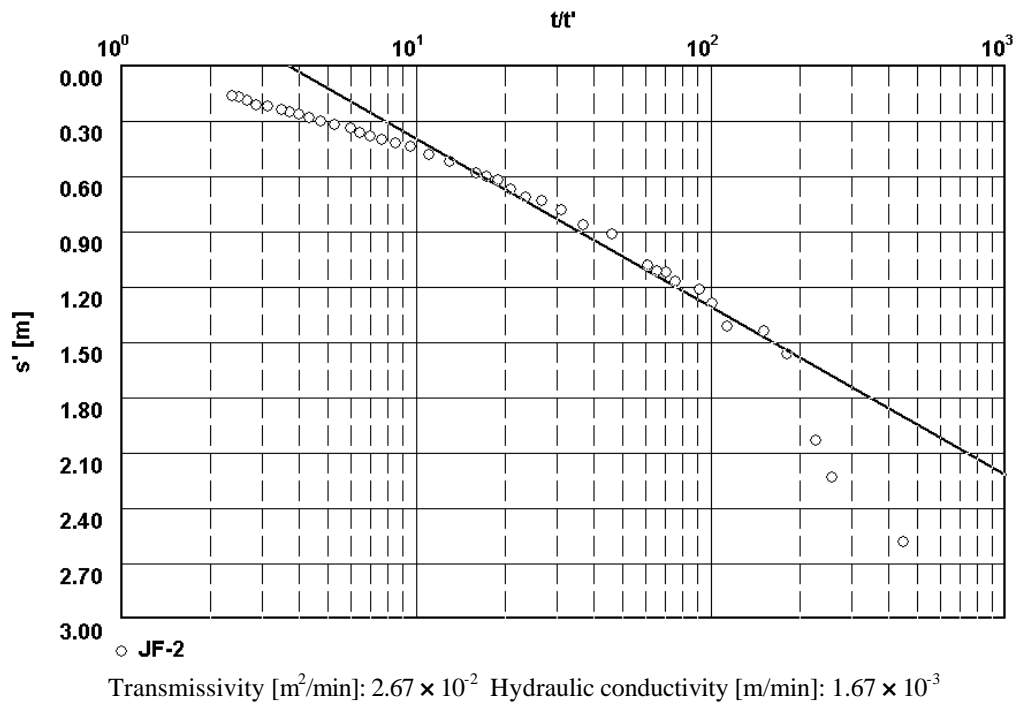


Figure A7-3(4) Analyse par la méthode de remontée (JF-2)

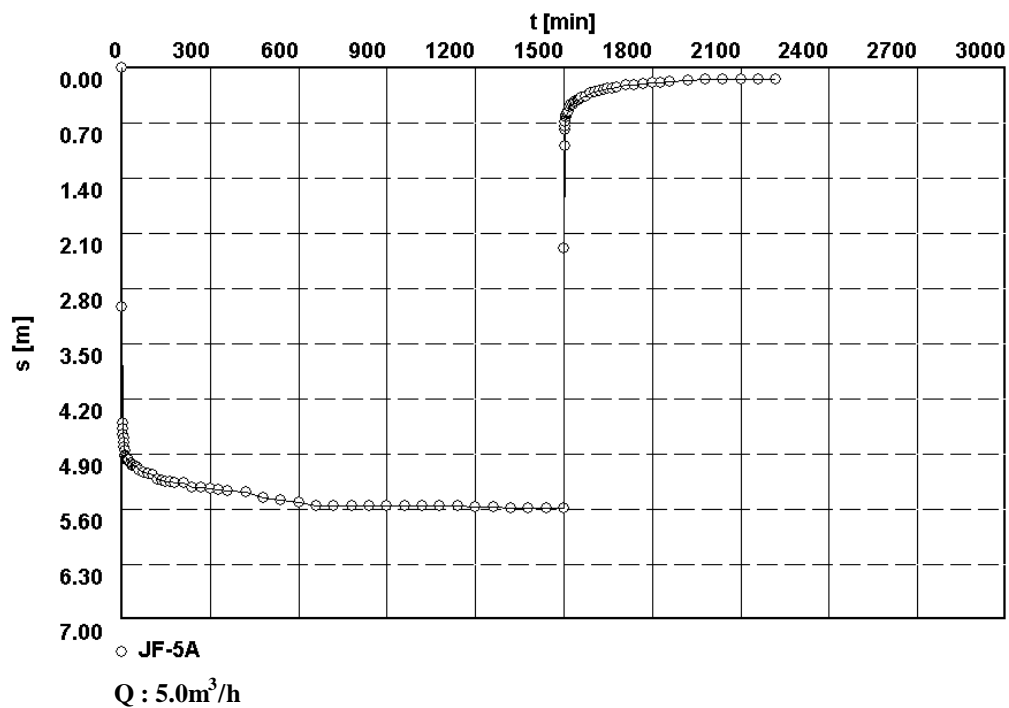
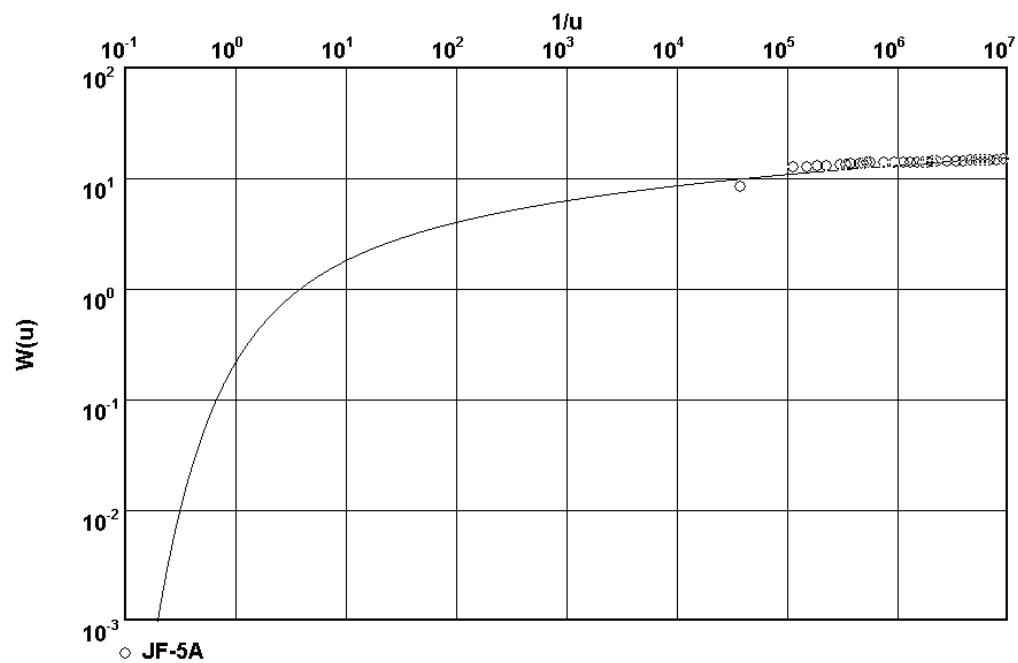
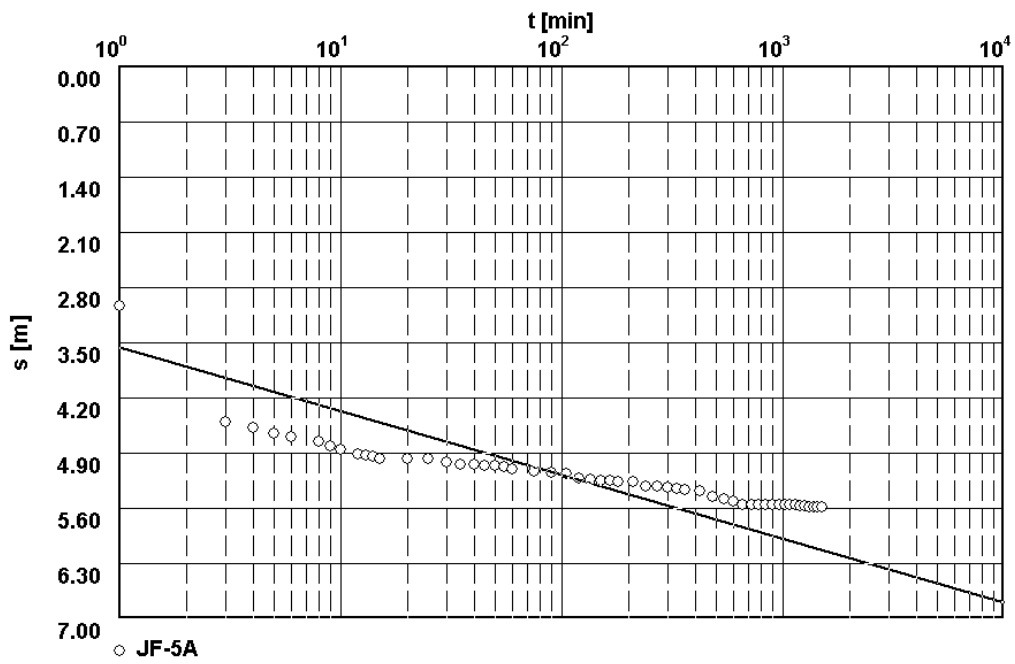


Figure A7-4(1) Valeur mesurée lors des essais de pompage en continu et des essais de remontée (JF-5A)



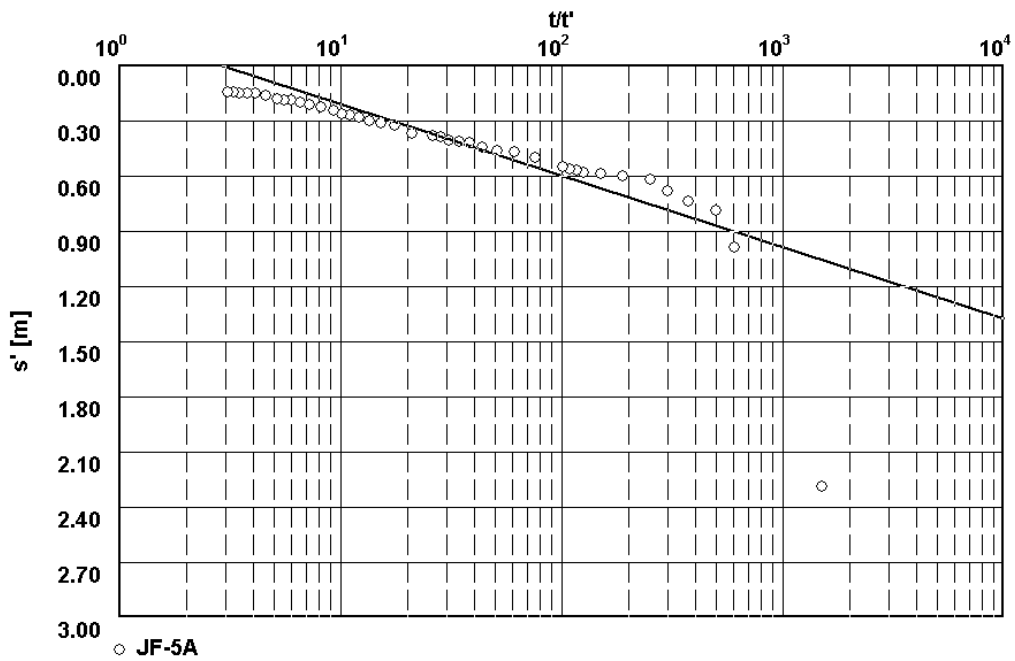
Transmissivity [m²/min]: 1.85×10^{-2} Hydraulic conductivity [m/min]: 9.27×10^{-4} Storativity: 1.97×10^{-4}

Figure A7-4(2) Analyse par la méthode THEIS (JF-5A)



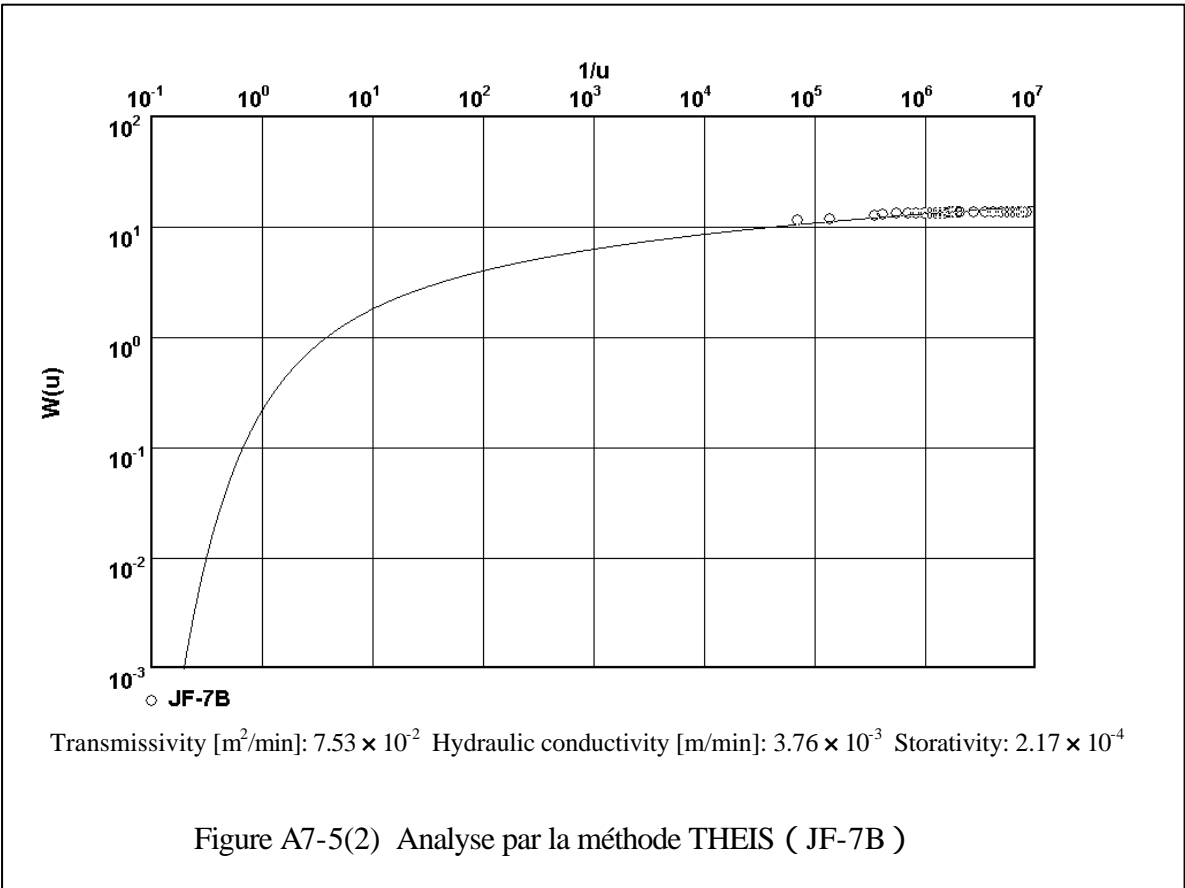
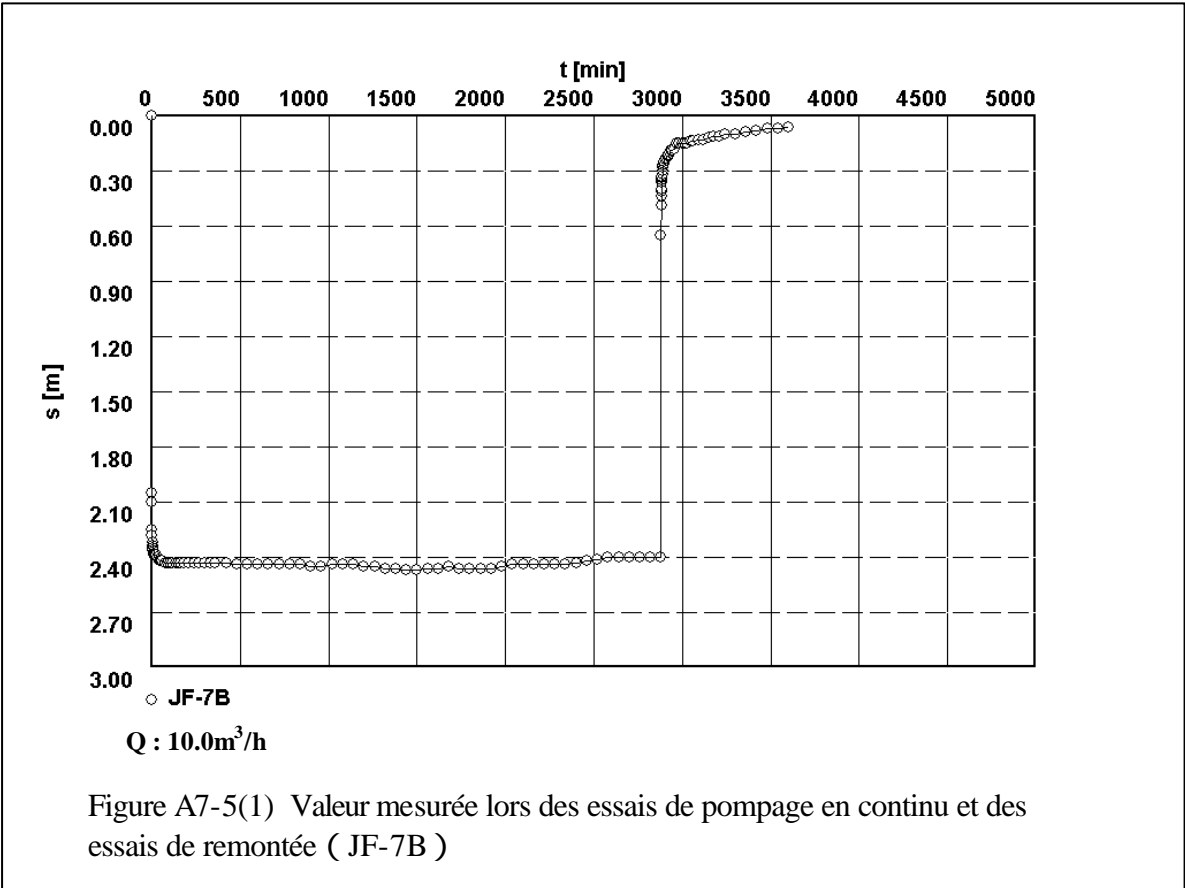
Transmissivity [m²/min]: 1.88×10^{-2} Hydraulic conductivity [m/min]: 9.43×10^{-4} Storativity: 1.65×10^{-4}

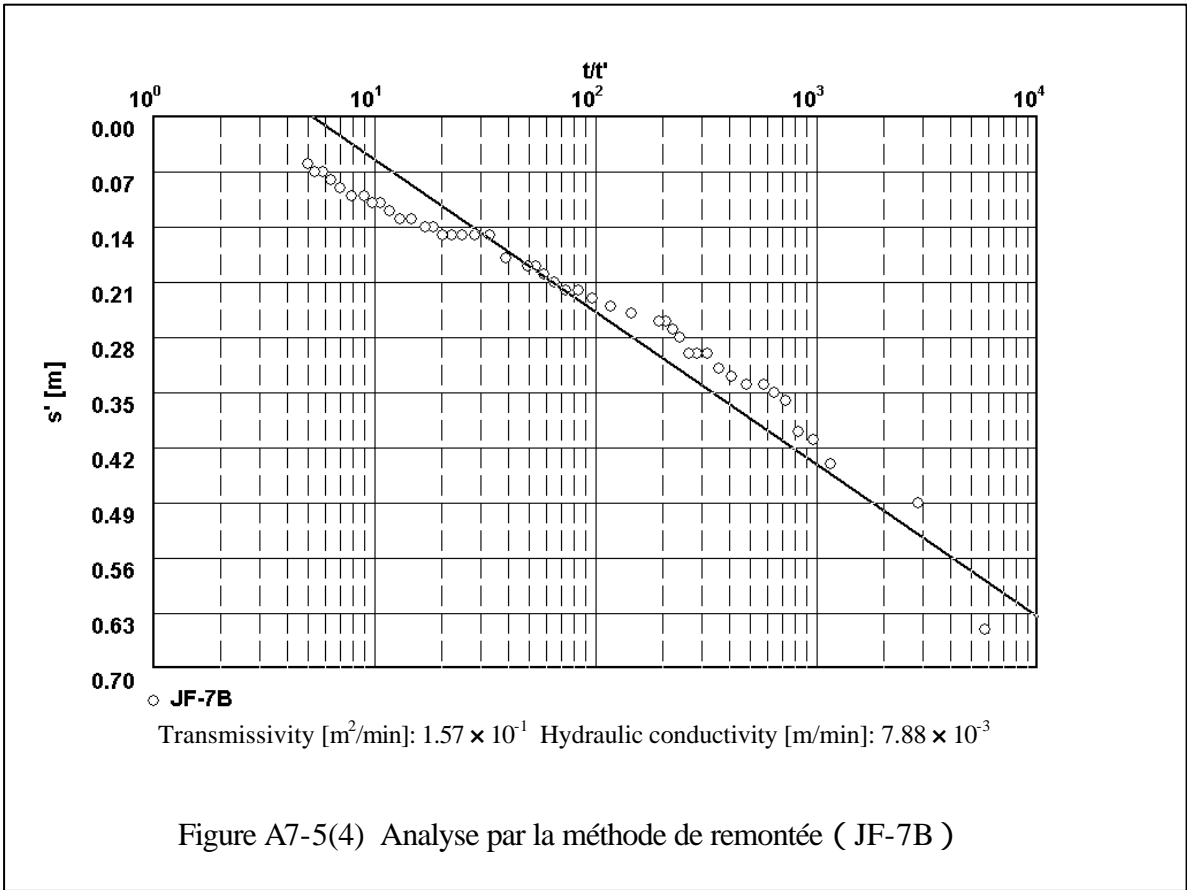
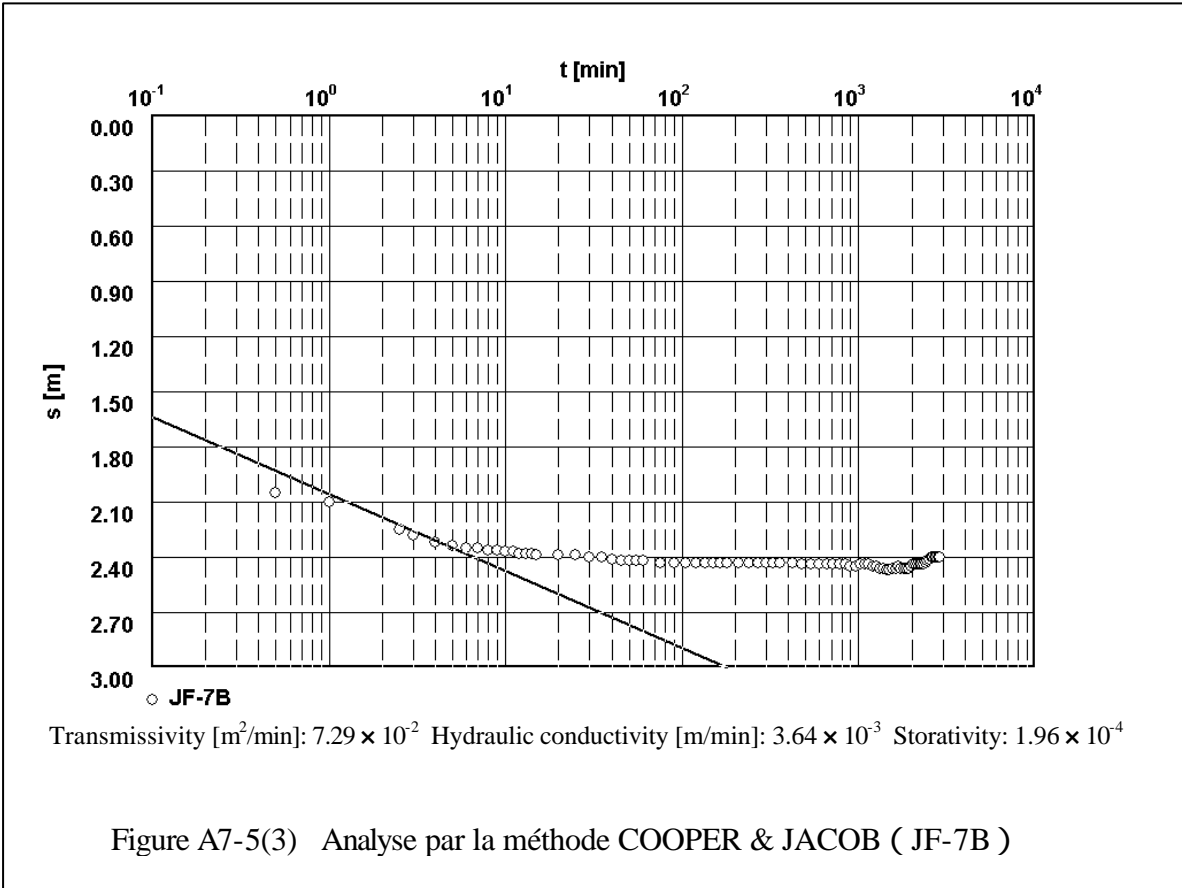
Figure A7-4(3) Analyse par la méthode COOPER & JACOB (JF-5A)



Transmissivity [m²/min]: 3.93×10^{-2} Hydraulic conductivity [m/min]: 1.96×10^{-3}

Figure A7-4(4) Analyse par la méthode de remontée (JF-5A)





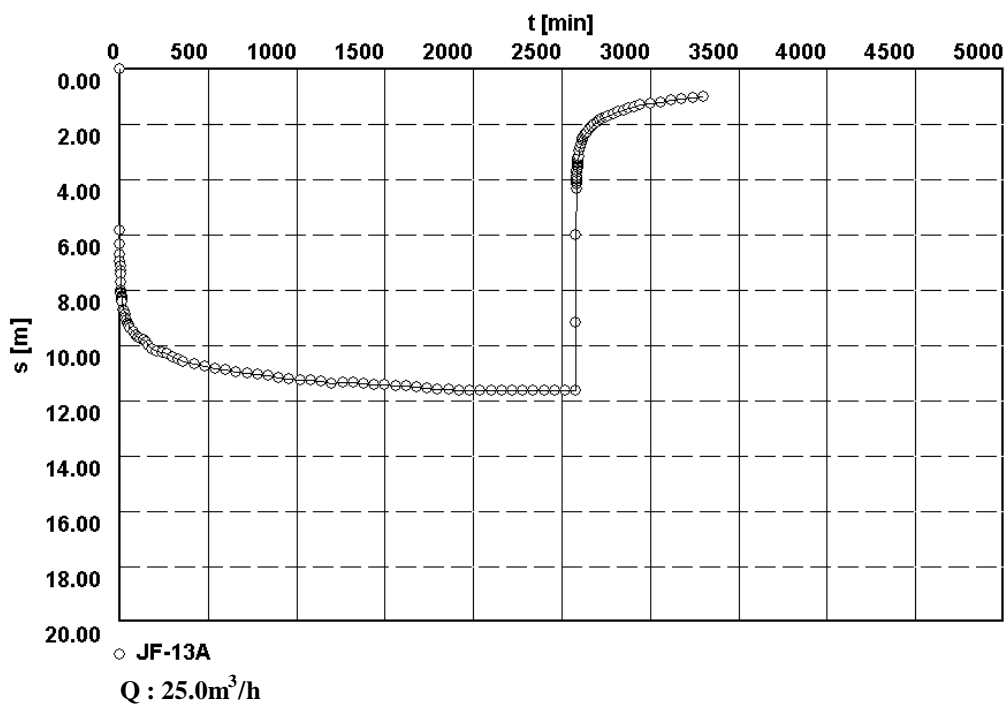
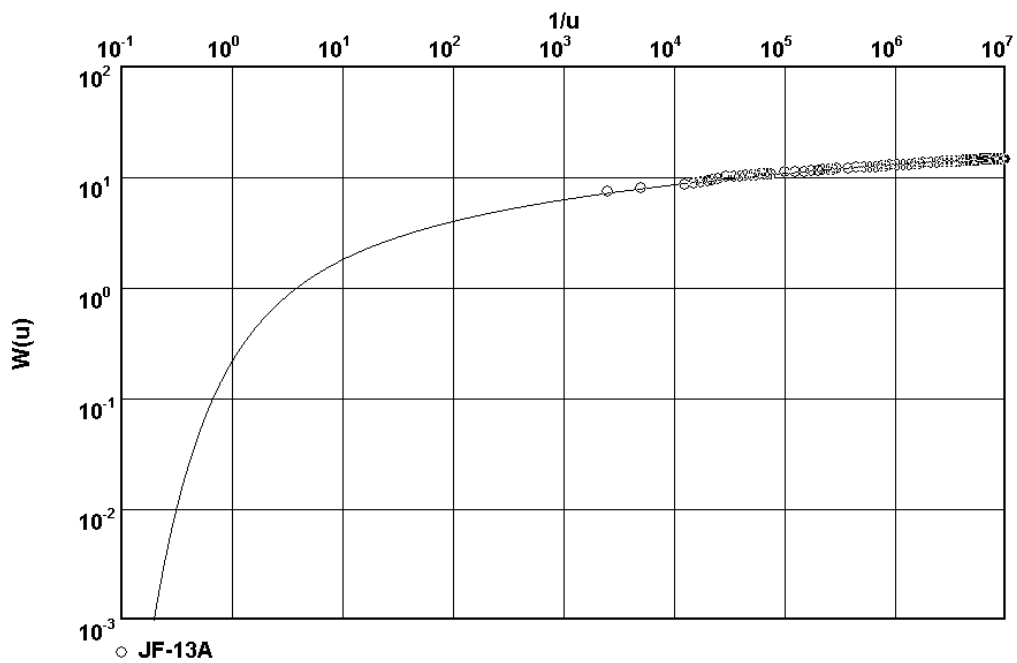
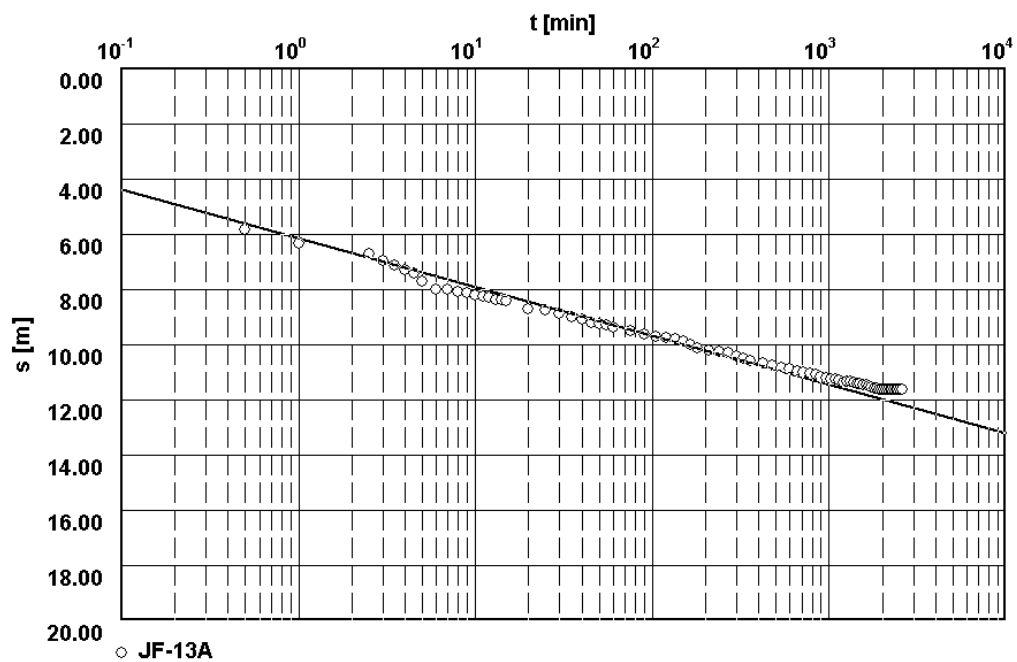


Figure A7-6(1) Valeur mesurée lors des essais de pompage en continu et des essais de remontée (JF-13A)



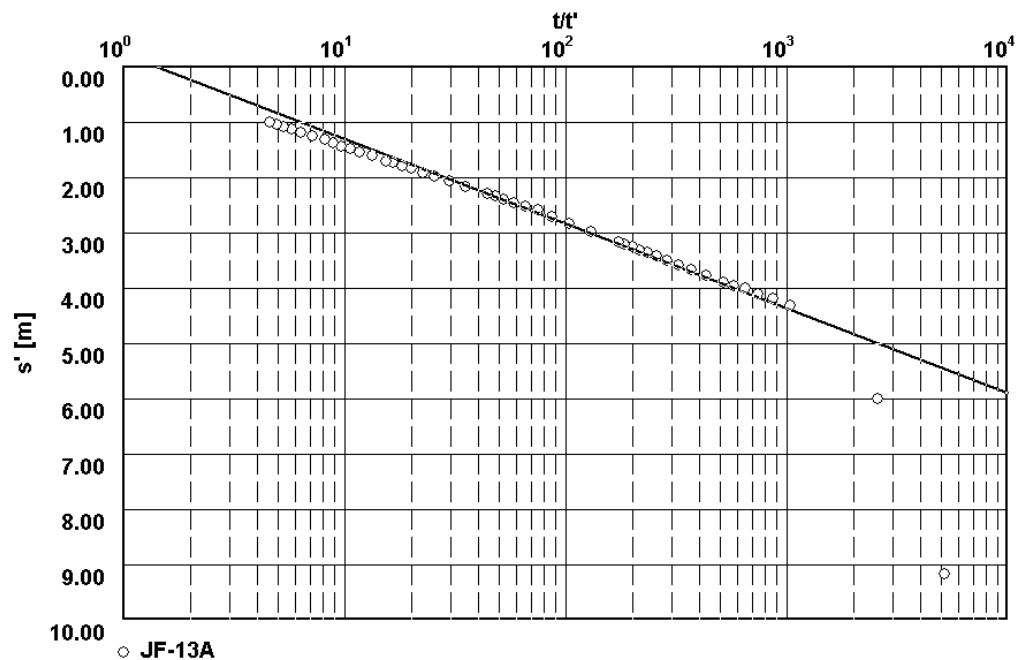
Transmissivity [m²/min]: 4.23×10^{-2} Hydraulic conductivity [m/min]: 1.76×10^{-3} Storativity: 3.40×10^{-3}

Figure A7-6(2) Analyse par la méthode THEIS (JF-13A)



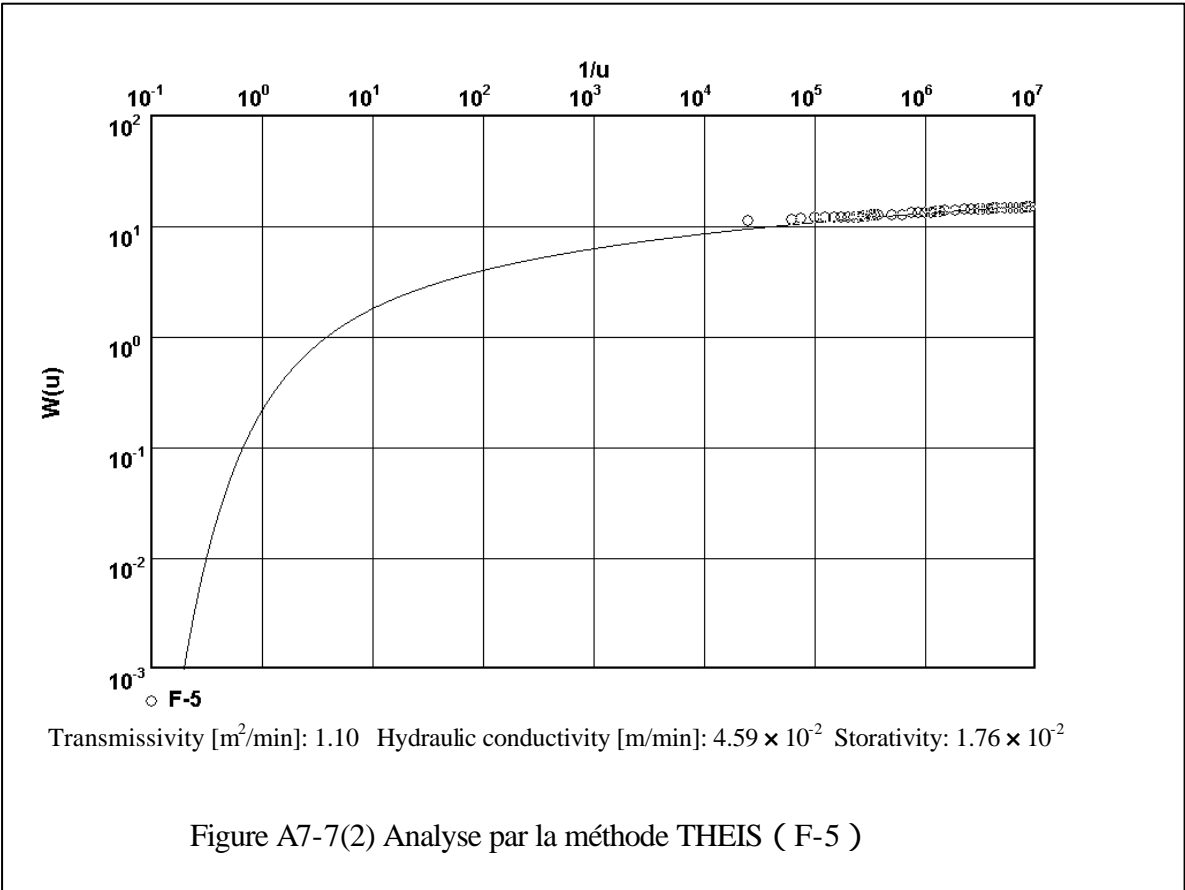
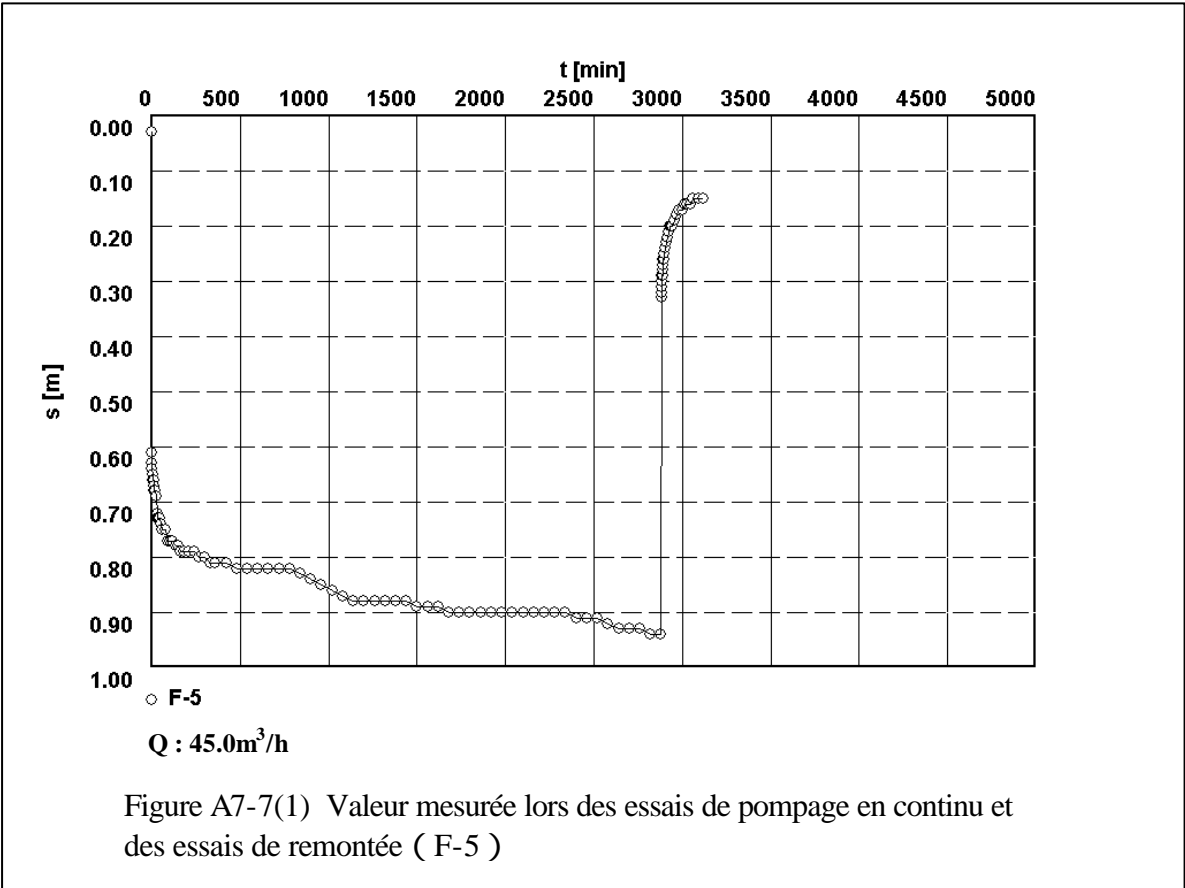
Transmissivity [m²/min]: 4.30×10^{-2} Hydraulic conductivity [m/min]: 1.79×10^{-3} Storativity: 3.37×10^{-3}

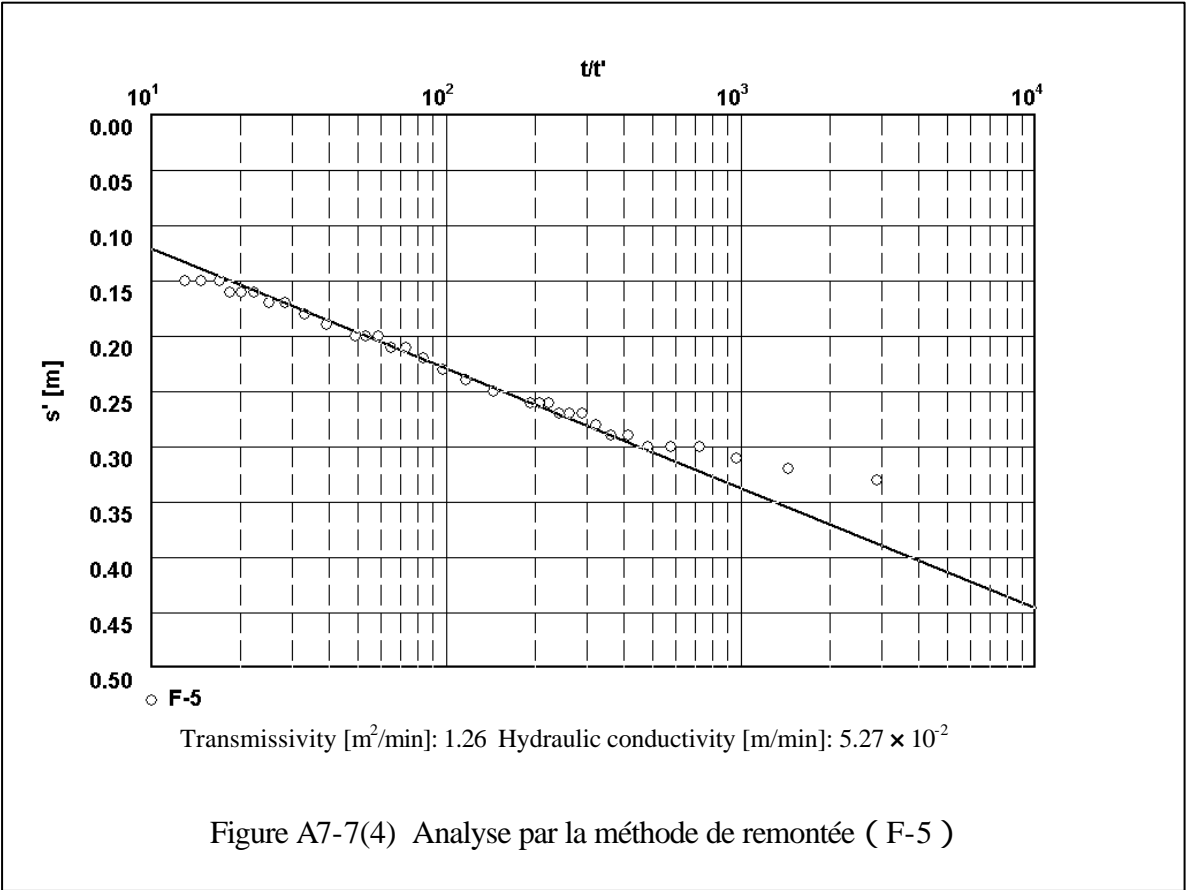
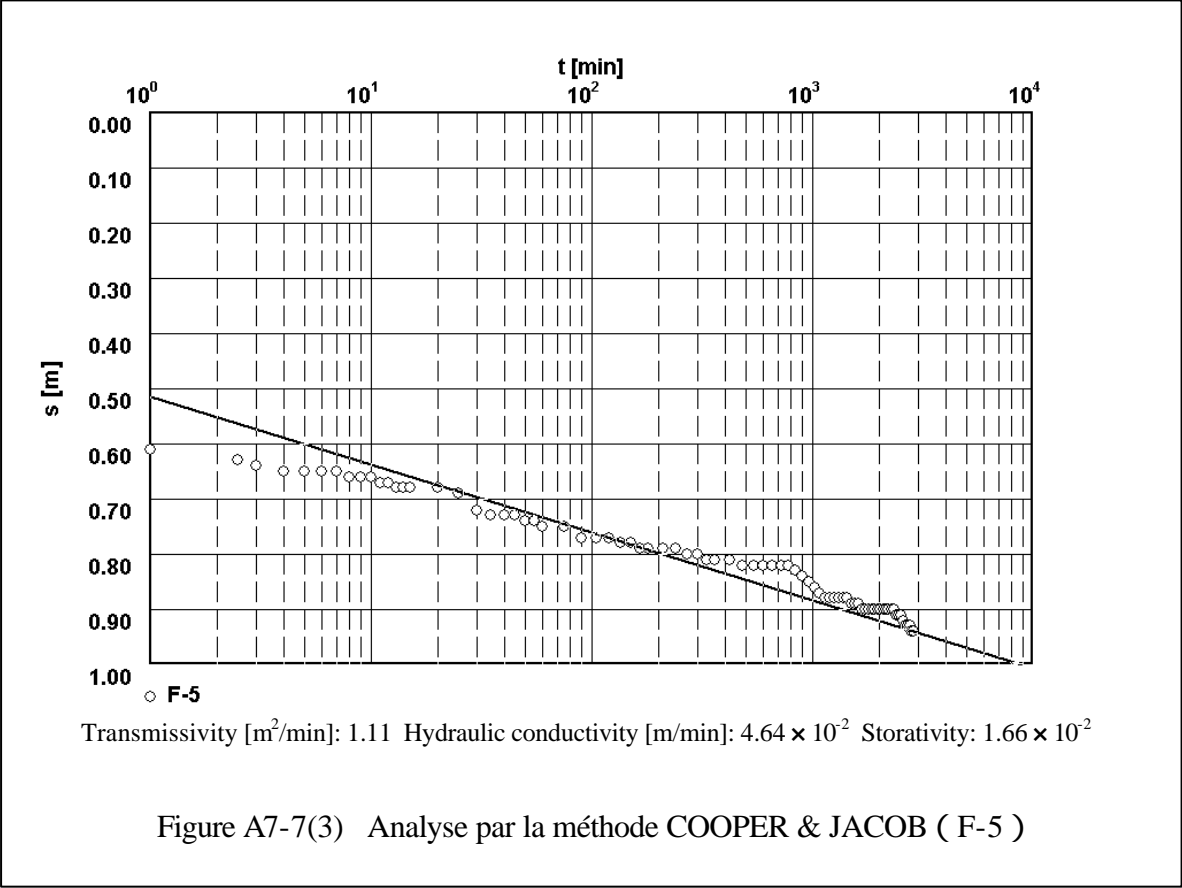
Figure A7-6(3) Analyse par la méthode COOPER & JACOB (JF-13A)



Transmissivity [m²/min]: 4.97×10^{-2} Hydraulic conductivity [m/min]: 2.07×10^{-3}

Figure A7-6(4) Analyse par la méthode de remontée (JF-13A)





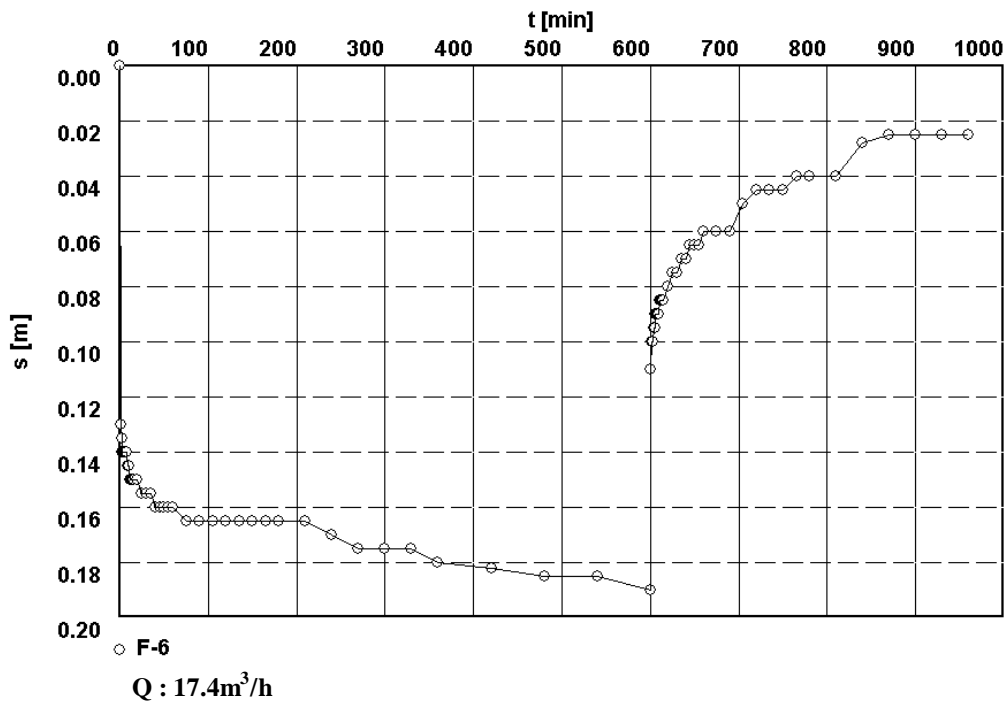
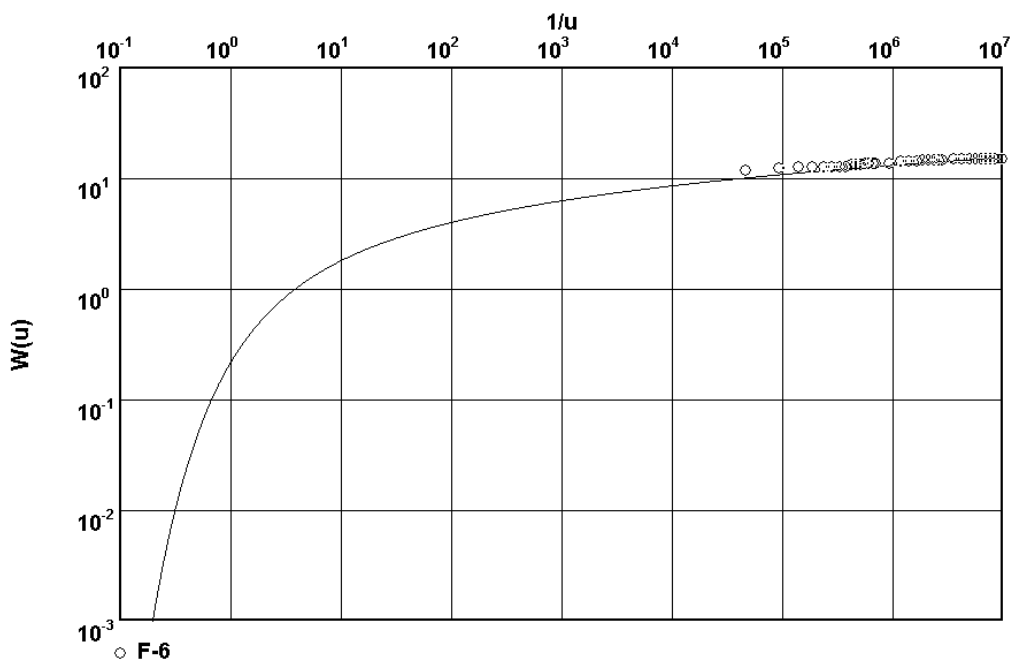


Figure A7-8(1) Valeur mesurée lors des essais de pompage en continu et des essais de remontée (F-5)



Transmissivity [m²/min]: 2.11 Hydraulic conductivity [m/min]: 8.80×10^{-2} Storativity: 1.79×10^{-2}

Figure A7-8(2) Analyse par la méthode THEIS (F-6)

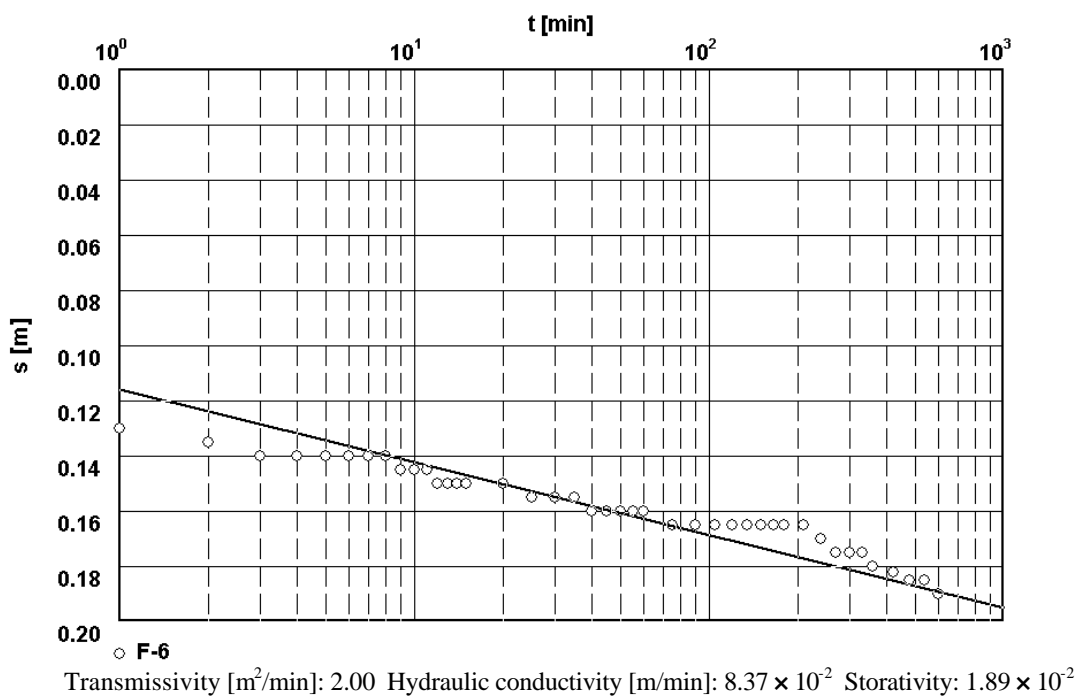


Figure A7-8(3) Analyse par la méthode COOPER & JACOB (F-6)

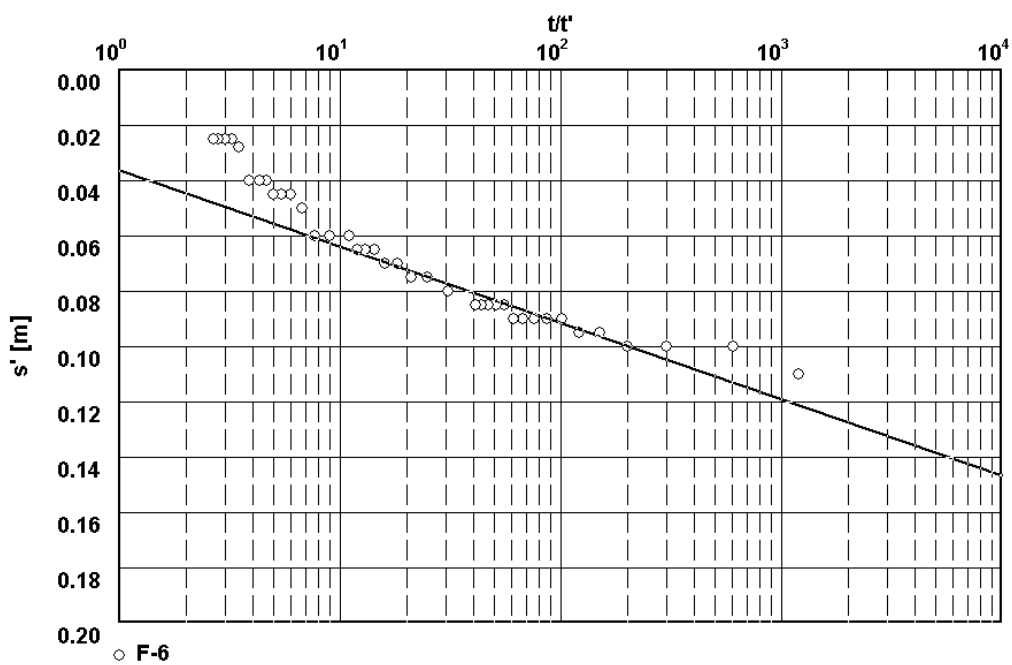


Figure A7-8(4) Analyse par la méthode de remontée (F-6)

Appendice– 8 Résultats de l'analyse de la qualité de l'eau

Résultats de l'analyse de la qualité de l'eau

(1) Méthode d'exécution

Des prélèvements d'échantillons d'eau pour l'analyse de qualité ont été effectués dans un total de 20 emplacements, à savoir dans les 6 forages de reconnaissance, un puits existant utilisé comme source d'eau pour les camions citernes, et 13 puits existants de la ville équipés de pompes manuelles.

L'analyse (analyse simple de la qualité de l'eau) de ces 20 échantillons, effectuée en site par la mission d'étude, a comporté les 13 rubriques suivantes : température, pH, conductivité électrique, ions fer, ions manganèse, ions ammonium, ion fluor, alcalinité et phénolphtaléine, alcalinité totale, DCO, turbidité, coliformes et bactéries ordinaires.

En outre, une analyse plus détaillée de la qualité de l'eau a été effectuée dans le laboratoire de la Société Nationale de l'Electricité et de l'Eau pour les 10 échantillons prélevés dans les puits et les forages ayant d'importants volumes d'utilisation pour le présent projet, selon les 8 rubriques d'analyse suivantes : ions calcium, ions magnésium, ions sulfate, ions chlore, ions nitrate, ions azote de nitrite, total des résidus après évaporation et dureté totale.

Tableau A8-1 Echantillons pour analyse de la qualité de l'eau

Lieu du prélèvement	Nombre d'échantillons : numéro de forage		Objectif
	Analyse simple (en site)	Analyse détaillée (en laboratoire)	
Forages de reconnaissance	6 échantillons : JF-2, JF-5A, JF-7B, JF-13A, F-5, F-6	6 échantillons : JF-2, JF-5A, JF-7B, JF-13A, F-5, F-6	Jugé approprié comme forage de production
Puits existant de la ville pour les camions citernes	1 échantillon : No.127	1 échantillon : No.127	Jugé approprié comme source d'eau pour les installations d'approvisionnement en eau du quartier de Belemtar
Puits existants qui seront équipés de pompes manuelles	13 échantillons : No.1, No.51, No.272, No.338, No.450, No.532, No.548, No.661, No.722, No.752, No.984, No.985, No.1039	3 échantillons : No.450, No.661, No.985,	Evaluation de la qualité de l'eau des puits existants de la ville qui seront équipés de pompes manuelles et identification de la qualité en tant que valeur de base pour mesurer les améliorations après l'installation des pompes.

(2) Résultats de l'analyse

Les résultats de l'analyse sont présentés dans le Tableau A8-2.

En ce qui concerne les 6 échantillons des forages de reconnaissance, des coliformes et des bactéries ordinaires ont été relevés uniquement pour JF-13A. Pour les autres rubriques, des valeurs sensiblement inférieures à la valeur critère de l'eau potable ont été obtenues pour les 6 échantillons.

Pour ce qui est du puits existant (n°127) appartenant à la ville et situé dans la ville, utilisé comme source d'eau pour les camions citernes, toutes les valeurs sont dans la plage des valeurs critères de l'eau potable.

Des coliformes et des bactéries ordinaires ont été relevés dans l'ensemble des 13 puits existants de la ville devant être équipés de pompes manuelles. Pour ce qui est des autres rubriques, les valeurs pour la conductivité électrique et la teneur en azote de nitrate sont plus élevées que les valeurs critères de l'eau potable uniquement pour le puits n°1, situé dans le terrain du bureau de la Direction de l'Hydraulique à Kiffa. Toutefois, ces substances dont la teneur est élevée sont réparties dans l'aquifère et une amélioration de la qualité de l'eau prendra un temps considérable, même en aménageant les structures du puits. Par ailleurs, l'utilisation de ce puits par les vendeurs d'eau est interdite par le bureau de la Direction de l'Hydraulique de Kiffa depuis avril 1999. Il ne fera donc pas partie des puits équipés de pompes manuelles.

Tableau A8-2 Résultat de l'analyse de la qualité de l'eau

Echantillon	Latitude Longitude	Date (an/m/j)	T (°C)	CE (µs/cm)	PH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	Cl (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	F (mg/l)	COD (mg/l)	Turbidité (NTU)	Résidu sec (mg/l)	Alcalinité (mg/l)	Alcalinité totale (mg/l)	Dureté totale (mg/l) CaCO ₃	Coliforms (nombre/ml)	Bactéries générales (nombre/ml)
No.1	16° 36' 39" N 11° 23' 56" W	2001/ 4/16	30.9	1588	7.5	-	-	0.05	<0.5	<0.1	-	-	90	-	1	1	0	-	0	150	-	11	1
No.51	16° 36' 27" N 11° 23' 27" W	2001/ 4/16	33.5	926	7.5	-	-	0.05	<0.5	<0.1	-	-	20	-	1	8	0	-	0	165	-	66	15
No.272	16° 36' 58" N 11° 22' 33" W	2001/ 4/16	33.1	955	7.4	-	-	0.05	<0.5	<0.1	-	-	10	-	1	2	0	-	0	230	-	≥500	83
No.338	16° 37' 30" N 11° 23' 16" W	2001/ 4/17	32.5	1025	7.3	-	-	0.05	<0.5	<0.1	-	-	30	-	1	2	0	-	0	175	-	59	24
No.450	16° 37' 19" N 11° 24' 31" W	2001/ 4/17	32.1	519	7.5	32.1	11.7	0.05	<0.5	<0.1	67.3	0.10	10	0.24	1	2	0	633	0	95	128	≥500	102
No.532	16° 37' 56" N 11° 25' 08" W	2001/ 4/17	31.2	953	8.3	-	-	0.05	<0.5	<0.1	-	-	10	-	1	6	0	-	0	165	-	≥500	56
No.548	16° 37' 45" N 11° 25' 27" W	2001/ 4/17	32.4	890	7.5	-	-	0.05	<0.5	<0.1	-	-	20	-	1	2	0	-	0	180	-	48	7
No.661	16° 37' 41" N 11° 24' 01" W	2001/ 4/17	31.9	808	7.8	24.8	21.9	0.05	<0.5	<0.1	113	0.06	10	0.05	1	6	0	198	0	165	152	78	47
No.722	16° 37' 05" N 11° 25' 08" W	2001/ 4/17	31.6	853	7.6	-	-	0.05	<0.5	<0.1	-	-	30	-	0.5	2	0	-	0	145	-	54	18
No.752	16° 36' 26" N 11° 25' 34" W	2001/ 4/17	32.9	828	7.5	-	-	0.05	<0.5	<0.1	-	-	7	-	1	2	0	-	0	260	-	270	74
No.984	16° 37' 14" N 11° 25' 59" W	2001/ 4/22	31.0	526	8.0	-	-	0.05	<0.5	<0.1	-	-	5	-	0.5	2	0	-	0	120	-	46	44
No.985	16° 37' 19" N 11° 26' 18" W	2001/ 4/16	31.3	1254	7.7	58.5	7.29	0.05	<0.5	<0.1	212	0.14	30	0.08	1	2	0	344	0	90	88	58	39
No.1039	16° 37' 42" N 11° 26' 04" W	2001/ 4/16	32.8	423	7.0	-	-	0.05	<0.5	<0.1	-	-	20	-	0.5	2	0	-	0	95	-	97	61
No.127	16° 38' 13" N 11° 25' 52" W	2001/ 4/22	32.0	566	7.7	43.3	15.6	0.05	<0.5	<0.1	56.7	0.06	15	0.03	0.5	2	0	113	0	140	172	0	0
JF-2	16° 40' 29" N 11° 31' 32" W	2001/ 4/27	33.4	917	7.8	20.0	11.6-	0.05	<0.5	<0.1	102.9	0.01	10	-	1	2	0	51	0	170	98	0	0
JF-5A	16° 40' 36" N 11° 30' 12" W	2001/ 4/24	33.7	718	7.6	40.1	14.6	0.05	<0.5	<0.1	95.7	0.09	7	0.28	1	1	0	136	0	165	160	0	0
JF-7B	16° 40' 40" N 11° 29' 47" W	2001/ 4/27	32.0	810	7.8	43.3	19.4	0.05	<0.5	<0.1	102.9	0.02	5	-	0.5	1	0	156	0	190	188	0	0
JF-13A	16° 44' 35" N 11° 31' 17" W	2001/ 4/25	32.6	599	7.9	32.9	14.6	0.05	<0.5	<0.1	81.6	8.37	10	-	1	2	0	231	0	145	146	5	12
F-5	16° 40' 16" N 11° 28' 29" W	2001/ 4/28	33.8	809	7.4	57.1	17.2	0.05	<0.5	<0.1	111.3	0.05	5	0.50	0.5	2	0	190	0	165	185	0	0
F-6	16° 40' 19" N 11° 28' 29" W	2001/ 4/28	34.7	829	7.5	57.7	14.1	0.05	<0.5	<0.1	138.4	0.07	10	0.07	1	2	0	245	0	210	202	0	0
O.M.S. Guideline			-	(1500)	6.5-8.5	100	50	0.3	0.5	1.5	250	50	250	1.5	-	5	1000	-	-	-	ND	ND	

A8 - 3

Appendice– 9 Étude des méthodes de commande
du fonctionnement des pompes de prise d'eau

Etude des méthodes de commande du fonctionnement des pompes de prise d'eau

Si un personnel de surveillance sera posté dans les stations de pompage de prise d'eau de forage, aucun opérateur ne sera placé en permanence dans la station de pompage de transfert d'eau, et la commande manuelle de l'ensemble des pompes n'est donc pas appropriée. En temps normal, l'opérateur de la station de pompage de transfert d'eau effectue des tournées périodiques dans chaque station de pompage de prise et procède aux travaux de gestion et de maintenance. Toutefois, étant donné que ces stations de pompage sont disséminées dans différentes directions, il sera difficile de procéder au fonctionnement des pompes de prise d'eau tout en entretenant des relations étroites avec la station de pompage de transfert d'eau.

Par conséquent, le fonctionnement et la commande entièrement automatiques des pompes de prise d'eau semblent être la solution idéale, mais en tenant compte de la gestion et de la maintenance après la mise en service des installations, des problèmes risquent de se produire si les méthodes de commande appliquées sont complexes. Le présent projet sélectionnera donc, dans la mesure du possible, des méthodes simples et sûres. Les objectifs de la commande de fonctionnement des pompes de prise d'eau sont les suivants :

arrêt des pompes de prise d'eau en cas de haut niveau d'eau (HWL) du réservoir de réception de la station de pompage de transfert d'eau et de nécessité de mettre à zéro les volumes d'eau d'amenée à partir de chacune des stations de pompage d'eau, et

redémarrage des pompes de prise d'eau en cas de baisse du niveau d'eau dans le réservoir de réception.

Afin de remplir les objectifs ci-dessus, il est nécessaire de transmettre le signal du réservoir de réception à chaque station de pompage de prise et de commander les pompes de prise. Les types de signaux et de méthodes de transmissions sont présentés ci-dessus.

Tableau A9-1 Comparaison entre les méthodes de commande des pompes de prise d'eau

N°	Type de signal de transmission	Méthode de transmission du signal	Méthode de commande de fonctionnement des pompes de prise	Evaluation
1	Signal de niveau d'eau du réservoir de réception	par câblage (câble de commande)	Commande Marche-Arrêt	Il s'agit de la méthode de commande la plus sûre et la plus ordinaire, mais la distance maximum de transmission des signaux est de 1 km environ et elle ne convient pas dans le cas des longues distances de transmission du présent projet.
2		sans fil	Commande Marche-Arrêt 御	Elle convient en cas de longues distances de transmission et c'est la méthode la plus généralement utilisée au Japon. Toutefois, il est nécessaire d'assurer la directivité des ondes et une antenne pour les transmissions sans fil par exemple doit être installée. Par ailleurs, les pièces de rechange sont difficiles à obtenir en Mauritanie et ce qui constitue donc un problème pour l'entretien et la maintenance.
3	Signal de pression	transmission de la pression dans les canalisations d'amenée	Commande Marche-Arrêt	En cas de haut niveau d'eau du réservoir de réception, la vanne d'entrée du réservoir se ferme et la pression augmente dans le tuyau d'amenée d'eau. Lorsque le niveau d'eau baisse, la vanne d'entrée s'ouvre et la pression dans le tuyau d'amenée diminue. Cette méthode consiste à commander les pompes de prises d'eau en changeant indirectement les signaux de niveau d'eau en signaux de pression.

Afin de procéder à la commande du fonctionnement des pompes de prise d'eau, la méthode la plus sûre consiste à mettre les pompes en marche et à l'arrêt en obtenant directement les signaux de niveau d'eau du réservoir de réception. Si un projet identique était exécuté au Japon, la méthode 2 serait appliquée en général. Toutefois, la région du projet est soumise à des conditions climatiques extrêmes (hautes températures, tempêtes de sable fréquentes) et le problème de la gestion et de la maintenance des équipements reste à résoudre, les conditions d'approvisionnement en site étant difficiles en cas de nécessité de pièces de rechange en raison de détériorations par exemple. Par conséquent, il est pertinent d'adopter la méthode 3 à gestion et maintenance faciles pour le présent projet en tenant compte des conditions environnantes du site du projet.

La méthode de commande 3 sera décrite en ci-dessous.

Méthode de commande 3

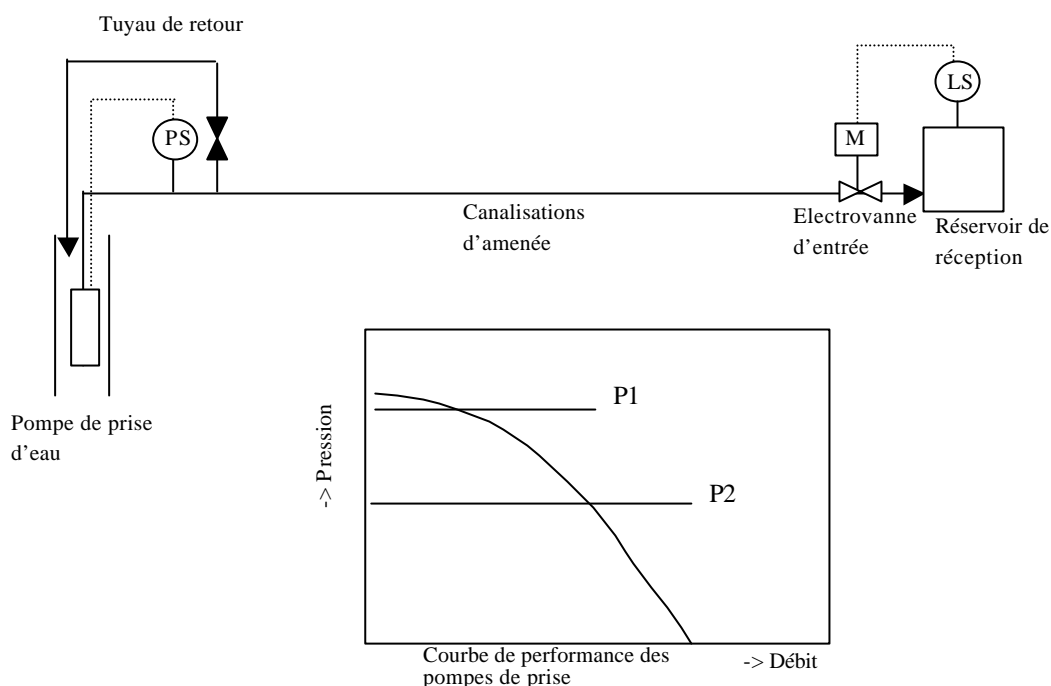


Figure A9-1 Schéma typique du système de commande du fonctionnement des pompes de prise d'eau

Méthode d'arrêt de la pompe de prise

En cas de haut niveau d'eau du réservoir de réception (HWL), une détection est effectuée par un interrupteur de niveau (LS) et un signal est envoyé à l'électrovanne à l'entrée du réservoir de réception pour fermer la vanne.

En cas de hausse de pression dans les canalisations d'amenée, le pressostat installé à la sortie de la pompe de prise détecte la pression réglée (P1) pour l'arrêt de la pompe et le signal est envoyé à la pompe de prise pour l'arrêt.

Méthode de démarrage d'une pompe de prise d'eau

En cas de bas niveau d'eau du réservoir de réception (LWL), une détection est effectuée par un interrupteur de niveau (LS) et un signal est envoyé à l'électrovanne à l'entrée du réservoir de réception pour ouvrir la vanne.

En cas de baisse de pression dans les canalisations d'amenée, le pressostat installé à la sortie de la pompe de prise détecte la pression réglée (P2) pour le démarrage de la

pompe et le signal est envoyé à la pompe de prise pour le démarrage. En outre, en tenant compte de la baisse naturelle de pression dans les canalisations en raison des fuites de la vanne de retenue, entre autres, une minuterie sera mise en place ainsi qu'un circuit ET qui démarre la pompe lorsqu'une durée spécifiée s'est écoulée et lorsque la pression spécifiée (P2) a été atteinte, afin d'éviter les démarrages et les arrêts trop fréquents de la pompe de prise.

Dispositifs auxiliaires du système de commande

Un tuyau de retour sera mis en place à la sortie de la pompe en tant que dispositif auxiliaire du système. Au cas où il est impossible de commander le démarrage et l'arrêt de la pompe au moment des réparations du pressostat, la pompe de prise fonctionne en continu et, au lieu d'arrêter la pompe lors de la fermeture de l'électrovanne de l'entrée du réservoir de réception, le débit minimum de la pompe de prise (environ 30% du débit nominal) est retourné dans le puits.

[Fonctionnement avec débit minimum]

Les performances de chaque pompe sont indiquées par des courbes de relation entre le débit et la hauteur. Plus la hauteur de la pompe baisse et plus le débit augmente et vice versa, plus la hauteur augmente, plus le débit diminue. Lorsque le débit atteint 0, c'est-à-dire que la pompe fonctionne alors que la vanne du côté sortie de pompe est fermé - ce qui est appelé fonctionnement sans décharge – la pression de décharge est appelée pression d'arrêt. Toutefois, il n'est pas souhaitable que ce fonctionnement sans décharge ait lieu pendant de longues heures en raison des charges subies par la pompe et une valeur de débit minimal est déterminée pour chaque pompe afin de pouvoir maintenir un fonctionnement normal. On appelle le fonctionnement de la pompe avec un débit minimal, fonctionnement de débit minimal, et ce débit minimal est généralement égal à environ 30% du débit nominal de fonctionnement.

Appendice – 1 0 Résultats de l'étude socio-économique

Résultats de l'étude socio-économique

(Enquête par interview auprès des habitants)

(1) Objectifs de l'étude

Une étude par sondage a été réalisée auprès de 502 foyers pour collecter des données de base pour l'étude socio-économique au moment de l'Etude pour le développement social (décembre 1997) dans la ville de Kiffa. Plus de trois ans se sont écoulés depuis lors, et la présente étude a été réalisée pour vérifier si le mode de vie, à commencer par les consommations d'eau, des habitants avait changé ou bien était resté le même.

(2) Méthode de l'étude

Cette étude a été réalisée par enquête (interview) auprès des habitants. 134 des foyers, soit environ 1/3 des foyers de l'étude précédente, ont donné des réponses valides cette fois-ci. La ville de Kiffa étant divisée en 3 catégories (zone I: vieux quartiers, zone II: nouveaux quartiers aménagés selon le plan, zone III: zone de logements spontanés) dans le plan d'urbanisation, l'étude a été faite en rendant visite à peu près au même nombre de foyers dans chaque zone.

Cette étude a été réalisée en avril 2001.

(3) Abrégé des résultats de l'étude

Les résultats de l'étude sont résumés ci-dessous. Les Tableaux A10-1 à A10-10 annexés totalisent les résultats de l'étude.

1) Nombre de membres des familles:

La réponse a été de 6 à 8 membres pour environ 90% des foyers, soit 7,9 personnes en moyenne. Ce nombre est plus élevé que les 6,6 personnes de l'étude précédente (décembre 1997), ce qui permet d'estimer à 7 environ le nombre moyen de membres d'une famille.

2) Revenu mensuel moyen par foyer:

Le revenu mensuel moyen par foyer est d'environ 38.000 UM (US\$ 165), un chiffre étant légèrement inférieur aux dépenses de ménage, comme indiqué ci-dessous. Ces résultats sont similaires à ceux de l'étude précédente.

Autrement dit, l'ordre des zones à revenus élevés est: zone II, zone III et zone I. Le résultat

étant contraire à celui du montant moyen des dépenses, on ne peut pas dire qu'il reflète correctement le revenu réel (pour le revenu mensuel, l'étude précédente n'a pas non plus donné un résultat reflétant la situation réelle).

3) Dépenses moyennes d'alimentation et montant annuel des dépenses par foyer

Le montant annuel des dépenses est en moyenne d'environ 485.000 UM, les frais d'achat d'eau étant aussi inclus dans les frais d'alimentation, le montant mensuel moyen est de 30.000 UM. Si l'on considère les frais d'alimentation payés par niveau, celui de 20.000 à 40.000 UM, qui correspond à environ 60% des foyers, est le plus important, suivi de celui de plus de 40.000 UM avec 20% des foyers. Le pourcentage des frais d'alimentation dans les dépenses annuelles est de 66 à 83%, soit un peu plus élevé qu'à Nouakchott (65%). Les dépenses annuelles moyennes ont largement augmenté par rapport aux 353.000 UM d'il y a trois ans, mais vu l'augmentation de l'indice des prix à la consommation du pays, cela ne permet pas de dire que cela soit lié à une augmentation des revenus.

4) Electrification des logements

Environ la moitié des logements des foyers objet de l'enquête sont électrifiés, ce qui laisse penser que ce sont les foyers à revenu relativement élevé qui sont concernés (le taux d'électrification est d'environ 25% dans la ville de Kiffa).

5) Consommation d'eau actuelle et montant versé

90% des foyers consomment moins de 300 litres d'eau, ce qui correspond à 191 l en moyenne et 24 l/jour par personne. La dépense par foyer est de 2430 UM (US \$ 10,5)/mois, ce qui représente 6% des dépenses de ménage, ou encore 8% des dépenses d'alimentation.

6) Méthode d'acquisition de l'eau

Actuellement, les foyers achetant de l'eau à des vendeurs d'eau transportant l'eau à dos d'âne sont les plus nombreux (43%), ensuite le pourcentage est pratiquement le même (28%) pour les foyers achetant l'eau aux camions citernes et allant puiser l'eau à un puits. Le nombre de foyers achetant l'eau aux vendeurs d'eau a considérablement baissé par rapport à la fois précédente (65%). Le nombre de foyers dépendant des camions citernes et puits a augmenté.

7) Montant qu'on pourrait payer pour l'eau courante

Le montant qu'on pourrait payer est en moyenne de 2.521 UM, avec des proportions pratiquement similaires pour 1.000 – 1.999 UM (27%), 2.000 – 2.999 UM (23%), 3.000 – 3.999 UM (23%) et plus de 4.000 UM (19%). 8% des foyers ont répondu moins de 1.000 UM. Au cours de l'étude précédente, 84% de l'ensemble des foyers avaient répondu moins de 1.500 UM, et les foyers, incluant ceux indiquant moins de 2.500 UM, représentaient 94%.

A propos, dans le système de tarification de l'eau actuel de la SONELEC (montant fixe: 237 UM + frais d'utilisation: 93,5 UM/m³), 1.000 UM permettraient l'achat d'environ 10 m³/mois. Autrement dit, ce montant permettrait une consommation de 47 l maximum par personne et par jour, le niveau moyen que pourraient payer les habitants étant de 2,4 fois plus élevé, cela montre combien les besoins en eau sont importants.

8) Foyers souhaitant un branchement particulier

Presque tous les foyers souhaitent un branchement particulier (129 parmi les 134 foyers interrogés). Seulement 5 foyers répondeurs souhaitent des bornes fontaines, mais si l'on considère le mode de vie de ces foyers, aucun n'a l'électricité, deux des foyers ont une maison de type hangar, des dépenses de ménage sont faibles de 6.000 à 24.000 UM; un foyer à dépenses de 24.000 UM achète son eau à des vendeurs d'eau, mais les 4 autres s'approvisionnent à leurs propres puits. La consommation d'eau aussi est faible, de 125 à 200 l/jour.

9) Conscience de la sécurité de l'eau

3/4 des foyers ont répondu qu'ils désinfectaient (chlore) leur eau potable, les 1/4 restants boivent telle quelle l'eau puisée (ou achetée).

10) Conscience de l'hygiène

Pratiquement tous les foyers ont répondu qu'on se lavait les mains chez eux avant les repas. Comme la réponse est similaire à celle de la fois précédente, on peut dire que les notions et pratiques d'hygiène de base sont acquises.

Tableau A1-1 Composition des familles

Nombre de personnes	Nombre de foyers	Pourcentage
1 – 4	10	7 %
5 – 8	86	64 %
plus de 9	38	28 %
total	134	100 %
Moyenne	7,99 pers. / foyer	

Tableau A10-2 Revenu mensuel moyen par foyer

Par Zone	Montant/mois (UM)
Zone I	28.991
Zone II	42.415
Zone III	38.543

Moyenne	37.989
---------	--------

Tableau A10-3 Dépenses d'alimentation moyennes par foyer

Zone	Dépenses d'alimentation/mois (UM)	Nombre de foyers	Pourcentage
Zone	Inf. à 10.000 UM	0	0%
	10.000 – 19.999 UM	2	4%
	20.000 – 29.999 UM	6	13%
	30.000 – 39.999 UM	21	46%
	Sup. à 40.000 UM	17	37%
	Total	46	100%
	Moyenne	39.207	
Zone	Inf. à 10.000 UM	6	14%
	10.000 – 19.999 UM	10	24%
	20.000 – 29.999 UM	13	31%
	30.000 – 39.999 UM	8	19%
	Sup. à 40.000 UM	5	12%
	Total	42	100%
	Moyenne	24.010	
Zone	Inf. à 10.000 UM	1	2%
	10.000 – 19.999 UM	12	26%
	20.000 – 29.999 UM	16	35%
	30.000 – 39.999 UM	9	20%
	Sup. à 40.000 UM	8	17%
	Total	46	100%
	Moyenne	26.717	
Ensemble	Inf. à 10.000 UM	7	5%
	10.000 – 19.999 UM	24	18%
	20.000 – 29.999 UM	35	26%
	30.000 – 39.999 UM	38	28%
	Sup. à 40.000 UM	30	22%
	Total	134	100%
	Moyenne	30.156	

Tableau A10-4 Montant annuel des dépenses par foyer

Zone	Dépenses de ménage/an (UM)	Nombre de foyers	Pourcentage
Zone	Inf. à 199.999UM	0	0%
	200.000 – 299.999UM	2	4%
	300.000 – 399.999UM	5	11%

	400,000 – 499.999UM	15	33%
	Sup. à 500.000UM	24	52%
	Total	46	100%
	Moyenne	606.183	
Zone	Inf. à 199.999UM	7	17%
	200.000 – 299.999UM	11	26%
	300.000 – 399.999UM	10	24%
	400,000 – 499.999UM	8	19%
	Sup. à 500.000UM	6	14%
	Total	42	100%
	Moyenne	348.085	
Zone	Inf. à 199.999UM	2	4%
	200.000 – 299.999UM	5	11%
	300.000 – 399.999UM	14	30%
	400,000 – 499.999UM	9	20%
	Sup. à 500.000UM	16	35%
	Total	46	100%
	Moyenne	488.125	
Ensemble	Inf. à 199.999UM	9	7%
	200.000 – 299.999UM	18	13%
	300.000 – 399.999UM	29	22%
	400,000 – 499.999UM	32	24%
	Sup. à 500.000UM	46	34%
	Total	134	100%
	Moyenne	484.759	

Tableau A10-5 Nombre de foyers électrifiés

	Nombre de foyers	Pourcentage
Oui	65	49 %
Non	69	51 %
Total	134	100 %

Tableau A10-6 Consommation d'eau par foyer (journalière)

Zone	Consommation/jour (litre)	Nombre de foyers	Pourcentage
Zone	Inf. à 99	1	2%
	100 – 199	10	22%
	200 – 299	28	61%
	300 – 399	4	9%
	Sup. à 400	3	7%
	Nombre total de foyers	46	100%
	Consommation d'eau moyenne (litre)	225	
Zone	Inf. à 99	0	0%
	100 – 199	8	19%
	200 – 299	30	71%
	300 – 399	1	2%
	Sup. à 400	3	7%
	Nombre total de foyers	42	100%
	Consommation d'eau moyenne (litre)	223	
Zone	Inf. à 99	17	37%
	100 – 199	23	50%
	200 – 299	4	9%
	300 – 399	2	4%
	Sup. à 400	0	0%
	Nombre total de foyers	46	100%
	Consommation d'eau moyenne (litre)	129	
Ensemble	Inf. à 99	18	13%
	100 – 199	41	31%
	200 – 299	62	46%
	300 – 399	7	5%
	Sup. à 400	6	4%
	Nombre total de foyers	134	100%
	Consommation d'eau moyenne (litre)	191	

Tableau A10-7 Nombre de foyers souhaitant un branchement particulier

	Nombre de foyers	Pourcentage
Branchement particulier	129	96%
Borne fontaine	5	4 %
Total	134	100 %

Tableau A10-8 Dépendance actuelle des sources d'eau

	Nombre de foyers	Pourcentage
Camions citernes	38	28 %
Charrette	58	43 %
Puits	38	28 %
Total	134	100 %

Tableau A10-9 Montant qu'on pourrait payer pour l'eau courante (foyer/mois)

Zone	Montant/foyer* mois (UM)	Nombre de foyers	Pourcentage
Zone	Inf. à 999 UM	0	0%
	1000 – 1999UM	2	4%
	2000 – 3999UM	17	38%
	3000 – 3999UM	20	44%
	Sup. à 4.000 UM	6	13%
	Total	45	100%
	Moyenne	2.711	
Zone	Inf. à 999 UM	9	21%
	1000 – 1999UM	25	60%
	2000 – 3999UM	2	5%
	3000 – 3999UM	1	2%
	Sup. à 4.000 UM	5	12%
	Total	42	100%
	Moyenne	1.531	
Zone	Inf. à 999 UM	2	4%
	1000 – 1999UM	8	18%
	2000 – 3999UM	12	27%
	3000 – 3999UM	9	20%
	Sup. à 4.000 UM	14	31%
	Total	45	100%
	Moyenne	3.256	
Ensemble	Inf. à 999 UM	11	8%
	1000 – 1999UM	35	27%
	2000 – 3999UM	31	23%
	3000 – 3999UM	30	23%
	Sup. à 4.000 UM	25	19%
	Total	132	100%
	Moyenne	2.521	

Tableau A10-10 Nombre de foyers désinfectant leur eau

	Nombre de foyers	Pourcentage
Désinfecte	99	74 %
Ne désinfecte pas	35	26 %
Total	134	100 %