

Annexe - 6 Résultats des essais de pompage

6.1 Constantes calculées à partir des résultats des essais de pompage

(1) Calcul de la constante d'infiltration et de la constante de volume infiltré

Les données des essais de pompage et des essais de rétablissement ont permis d'obtenir la constante d'infiltration et la constante de volume infiltré à partir de la formule ci-dessous.

$$T = 0,183 \times Q/\Delta S, \text{ ou } \Delta S', k=T/M$$

où:

T : constante de volume infiltré

k : constante d'infiltration

Q : volume pompé (m³/h)

ΔS : indication logarithmique temporelle /baisse du niveau d'eau par cycle pendant le pompage (m)

$\Delta S'$: indication logarithmique t'/baisse du niveau d'eau par cycle pendant le rétablissement (m)

M : profondeur de la couche d'infiltration (m)

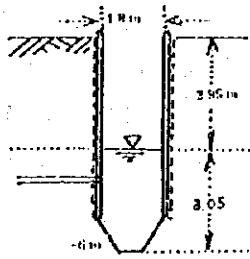
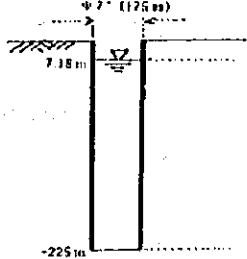
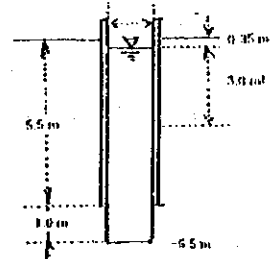
t : temps écoulé depuis le début du pompage

t' : temps écoulé depuis l'arrêt du pompage

(2) Volume de pompage limite

La constante d'infiltration des sources objets est élevée. Comme la baisse de niveau d'eau suite au pompage est faible, le volume de pompage limite est jugé beaucoup plus important que le volume de pompage de conception. Par conséquent, on ne tiendra pas compte du volume de pompage limite.

Calcul de la constante d'infiltration et de la constante de volume infiltré à partir des données des essais de pompage

		As Eyla (HATABARA)	Yoboki (YOBOLI-3, GABAITA)	Ali Adde (NAKHAL)
Eau pompée	Q	7,5 m ³ /h	19,0 m ³ /h	22,0 m ³ /h
	ΔS	0,45 m	0,015 m	1,3 m
	M	4,00 m	70,00 m	3,00 m
	T	3,05 m ³ /h	232,00 m ³ /h	3,0 m ³ /h
	k	0,76 m ² /h (2,1 × 10 ⁻² cm/s)	3,31 m ² /h (9,2 × 10 ⁻² cm/s)	1,03 m ² /h (2,9 × 10 ⁻² cm/s)
Rétablissement	Q	13,0 m ³ /h	22,0 m ³ /h	36,0 m ³ /h
	ΔS	0,36 m	0,01 m	1,20 m
	M	4,00 m	70,00 m	3,00 m
	T	6,61 m ³ /h	403,00 m ³ /h	5,49 m ³ /h
	k	1,65 m ² /h (4,6 × 10 ⁻² cm/s)	5,76 m ² /h (16,0 × 10 ⁻² cm/s)	1,83 m ² /h (5,1 × 10 ⁻² cm/s)
k		4,6 × 10 ⁻² cm/s	12,6 × 10 ⁻² cm/s	4,0 × 10 ⁻² cm/s
Structure du puits		La couche aquifère étant incertaine, on a supposé une épaisseur de 4 m. 	La couche aquifère étant incertaine, on a supposé une épaisseur équivalente à la longueur de la crépine. 	La couche aquifère étant incertaine, on a supposé une épaisseur de 3 m. 

(3) Volume de pompage adapté

Le volume de pompage adapté a été calculé avec la formule de Thiem ci-dessous.

$$Q = \pi k (H^2 - h^2) 2,3 \log (R/r_0)$$

où :

Q : volume de pompage (m³/h)

k : constante d'infiltration (cm/sec.)

H : profondeur du niveau d'eau statique (m)

b : profondeur du niveau d'eau dynamique (m)

R : plage d'influence du puits (m)

r₀ : rayon du trou de forage (m)

		As Eyla (HATABARA)	Yoboki (YOBOLI-3, GABAITA)	Ali Adde (NAKHAL)
Baisse du niveau d'eau	k	1,21 m ² /h	4,5 m ² /h	1,43 m ² /h
	H	3,05 m	70 m	2,65 m
	R	200 m	500 m	50 m
	r ₀	0,9 m	0,09 m	0,6 m
	S=0,5m	Q=2,6 m ² /h (62 m ³ /j)	Q=114 m ² /h	Q=2,4 m ² /h (58 m ³ /j)
	S=1,5m	Q=6,8 m ² /h (103 m ³ /j)	Q=340 m ² /h	Q=5,8 m ² /h (139 m ³ /j)
	S=2,5m	Q=9,6 m ² /h (230 m ³ /j)	-	-

(4) Estimation de la source d'eau

- As Eyla

Dans cette zone, le niveau des eaux souterraines baisse avec la variation du niveau d'eau des rivières. Aussi, on peut pomper beaucoup d'eau pendant la saison des pluies, mais peu pendant la saison sèche. Les calculs ont montré que pour une baisse de niveau de 0,5 m, le volume d'eau pompé était de 62 m³/jour, pour 1,5 m, de 163 m³/jour, et pour 2,5 m de 230 m³/jour.

- Yoboki

Comme il y a des éléments inconnus pour les conditions préalables nécessaires à l'estimation de la constante d'infiltration, le volume de pompage vis-à-vis de la baisse de niveau d'eau apparaît maximal, et comme une prise d'eau de 70 m³/jour pour une baisse de niveau estimée à 1 m est suffisante, on a considéré que cette source d'eau ne posait pas de problème.

- Ali Adde

L'épaisseur de la couche aquifère étant inconnue, le volume d'eau pompé est imprécis. D'autre part, 10,8 m³ ont été pompés au cours des essais de pompage, et il a fallu trois heures pour le rétablissement, ce qui a permis de juger que le pompage de 70 à 80 m³/jour serait convenable. De plus, la source étant une eau infiltrée dans le lit d'un petit étang, l'épaisseur de la couche aquifère doit se composer de 0,5 à 1,0 m environ de gravier de rivière et sans doute d'une épaisseur de 2 à 3 m de socle altéré distribué au-dessous. Le volume de pompage a été jugé similaire sur les puits existant et nouveau. Par conséquent, on peut penser à la mise en place d'un nouveau puits à tube collecteur, ou bien à relier le puits ancien et nouveau.

6.2 Données des essais de pompage

(1) As-Eyla

Essais de pompage échelonné

Temp	Temps écoulé (min.)	Volume Pompé (m³/h)	Niveau d'eau (m)	Baisse du niveau d'eau (m)	Temp	Temps écoulé (min.)	Volume Pompé (m³/h)	Niveau d'eau (m)	Baisse du niveau d'eau (m)
95.11.27									
(10:59)	0		3,07	0,02	(12:45)	0		3,92	0,87
	1		3,10	0,05		1		3,94	0,89
	2		3,15	0,10		2		3,95	0,90
	3		3,20	0,15		3		3,96	0,91
	4		3,21	0,16		4		3,97	0,92
	5		3,23	0,18		5		3,97	0,93
	6		3,25	0,20		6		3,99	0,94
	7		3,25	0,20		7		3,98	0,93
	8		3,28	0,23		8		3,99	0,94
	9		3,30	0,25		9		4,00	0,95
	10		3,31	0,26		10		4,01	0,96
	12	7,3				12		4,02	0,97
	14					14		4,03	0,98
	16		3,40	0,35		16		4,05	1,00
	18		3,42	0,37		18		4,06	1,01
	20		3,44	0,39		20		4,08	1,03
	25		3,49	0,44		26	13,0	4,13	1,08
	30		3,53	0,49		30		4,18	1,13
	35		3,57	0,52		35		4,23	1,18
	40	7,3	3,61	0,56		40	13,0	4,27	1,22
	50		3,68	0,63		45		4,30	1,25
	75	7,3	3,74	0,69					
	90	7,3	3,92	0,87					

Niveau d'eau statique:-3,05m depuis la tête de forage

As Eyla (Hatabara), Essais de pompage continu et Rétablissement

Temp	Temps écoulé (min.)	Volume Pompé (m ³ /h)	Niveau d'eau (m)	Baisse du niveau d'eau (m)	Temp	Temps écoulé (min.)	Temps écoulé après le pompage	Niveau d'eau (m)	Baisse du niveau d'eau (m)	
Essais de pompage continu					Rétablissement					
95.12.3					95.12.3	1	181	181	4,86	1,81
	0		3,05			2	182	91	4,84	1,79
	1		3,15	0,10		3	183	61	4,80	1,75
	2		3,20	0,15		4	184	46	4,75	1,70
	3		3,24	0,19		5	185	37	4,70	1,65
	4		3,25	0,20		6	186	31	4,67	1,62
	5		3,27	0,22		7	187	27	4,62	1,57
	6		3,29	0,24		8	188	24	-	-
	7		3,30	0,25		9	189	21	4,60	1,55
	8		3,31	0,26		10	190	19	4,57	1,52
	9		3,35	0,30		12	192	16	4,55	1,50
	10	13,0	3,37	0,32		14	194	14	4,50	1,45
	12		3,39	0,34		16	196	12	4,48	1,43
	14		3,42	0,37		18	198	11	4,43	1,38
	16		3,44	0,39		20	200	10	4,00	1,35
	18		3,47	0,32		25	205	8	4,32	1,27
	20		3,50	0,35		30	210	7	4,23	1,18
	25	13,0	3,54	0,39		35	215	6	4,25	1,20
	30		3,60	0,55		40	220	6	4,07	1,02
	35		3,64	0,59		45	225	5	4,00	0,95
	40	13,0	3,70	0,65		50	230	5	3,95	0,90
	45		3,73	0,68		60	240	4	3,84	0,79
	50		3,78	0,73		70	250	4	3,74	0,69
	60	13,0	3,84	0,79		80	260	3	3,68	0,63
	70		3,89	0,84		90	270	3	3,65	0,60
	80		3,91	0,86		105	285	3	3,60	0,55
	90	13,0	3,95	0,90		120	300	3	3,54	0,49
	105		4,08	1,03		135	315	2	3,50	0,45
	130	13,0	4,22	1,17		150	330	2	3,47	0,42
	145		4,40	1,35		180	360	2	3,40	0,35
	160		4,61	1,56		210	390	2	3,33	0,28
	180	13,0	4,92	1,87		240	420	2	3,26	0,21
						270	450	2	3,19	0,14
						300	480	2	3,13	0,08
						330	510	2	3,10	0,05
						360	540	2	3,10	0,05
						390	570	1	3,10	0,05

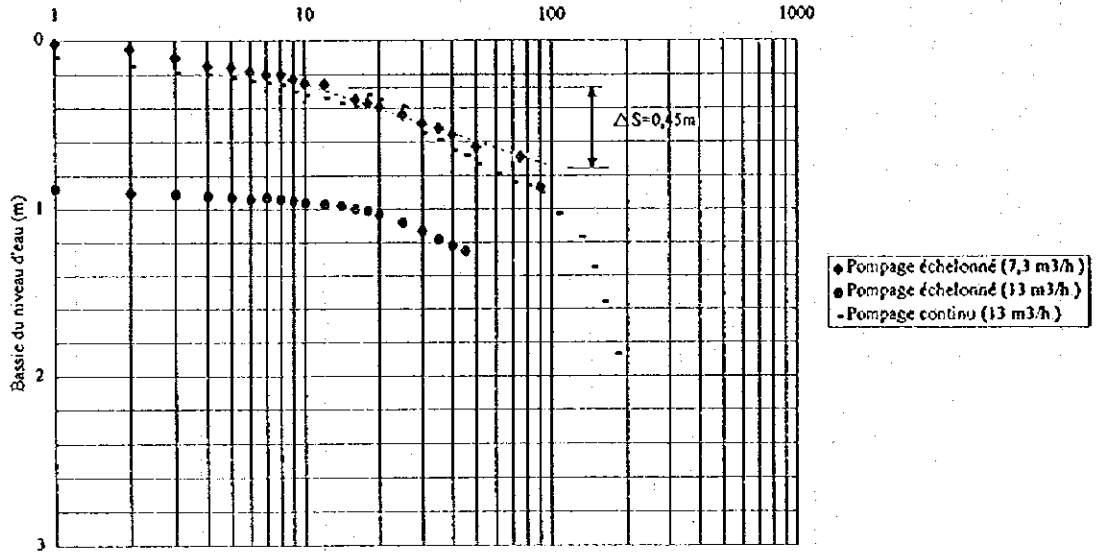
Niveau d'eau statique: -3,05m depuis la tête de forage

As-Eyla(HATABARA) Essais de Rétablissement

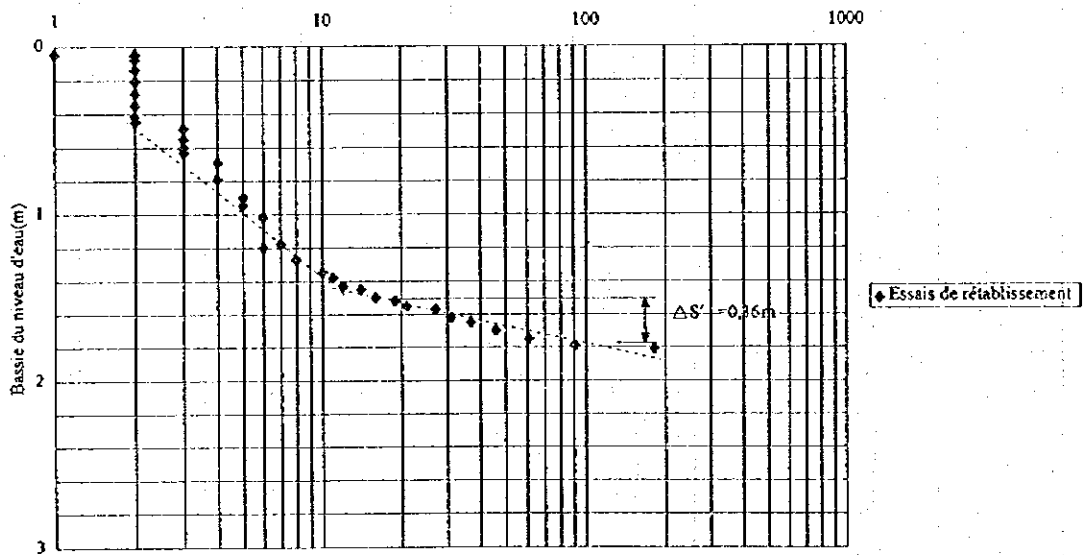
Temp	Temps écoulé (min.)	Volume Pompé (m³/h)	Niveau d'eau (m)	Baisse du niveau d'eau (m)	Temp	Temps écoulé (min.)	Volume Pompé (m³/h)	Niveau d'eau (m)	Baisse du niveau d'eau (m)
95.11.27									
(13:25)	0		4,27	1,22					
	1		4,26	1,21					
	2		4,24	1,19					
	3		4,22	1,17					
	4		4,22	1,17					
	5		4,21	1,16					
	6		4,21	1,16					
	7		4,20	1,15					
	8		4,20	1,15					
	9		-	-					
	10		-	-					
	15		3,98	0,93					
	20		3,94	0,89					
	25		3,94	0,89					
	30		3,86	0,81					
	35		3,74	0,69					
	40		3,73	0,68					
	45		3,72	0,67					
	50		3,66	0,61					
	60		3,59	0,54					
	70		3,57	0,52					
	80		3,55	0,50					
	90		3,45	0,40					
	105		3,37	0,32					
	120		3,30	0,25					
	135		3,22	0,17					
	150		3,12	0,17					
	180		3,08	0,03					
	210		3,05	0					
	240		3,05	0					

Niveau d'eau statique: -3,05m depuis la tête de forage (GL-2,95m)

Résultats des essais de pompage à As Eyla (1)
Temps écoulé (min.)



Résultats des essais de pompage à As Eyla (2)
t'



(2) Yoboki

Yoboki-3(Gabaita II) Essais de pompage échelonné

Temp	Temps écoulé (min.)	Volume Pompé (m³/h)	Niveau d'eau (m)	Baisse du niveau d'eau (m)	Temp	Temps écoulé (min.)	Volume Pompé (m³/h)	Niveau d'eau (m)	Baisse du niveau d'eau (m)
95.11.24									
(12:00)	0		6,93	0,21					
	1		6,93	0,21					
	3		6,93	0,21					
	5		6,93	0,21					
	10	19,0	6,93	0,21					
	15		6,93	0,21					
	20	19,0	6,93	0,21					
	30		6,93	0,21					
	45		6,94	0,22					
	60	19,0	6,94	0,22					
	90		6,94	0,22					
	0		6,96	0,24					
	1		6,97	0,25					
	3		6,97	0,25					
	5	22,0	6,97	0,25					
	10		6,97	0,25					
	15		6,97	0,25					
	20		6,97	0,25					
	30	22,0	6,98	0,26					
	45		6,98	0,26					
	60		6,98	0,26					
	90	22,0	6,99	0,27					
	0		7,00	0,28					
	1		7,00	0,28					
	3		7,03	0,31					
	5		7,03	0,31					
	10	25,0	7,03	0,31					
	15		7,03	0,31					
	20	25,0	7,03	0,31					
	30		7,03	0,31					
	45	25,0	7,03	0,31					
	60		7,03	0,31					
	90	25,0	7,03	0,31					

Niveau d'eau statique: -6,72m depuis la tête de forage(GL-6, 12m)

Yoboki-3(Gabaita II) Essais de pompage continu

Temp	Temps écoulé (min.)	Volume Pompé (m³/h)	Niveau d'eau (m)	Baisse du niveau d'eau (m)	Temp	Temps écoulé (min.)	Volume Pompé (m³/h)	Niveau d'eau (m)	Baisse du niveau d'eau (m)
95.11.25	0		6,99	0,27		390		6,99	0,27
(14:00)	1		6,99	0,27		420		6,99	0,27
	2		6,99	0,27		480		6,99	0,27
	3		6,99	0,27		540	21,2	7,00	0,28
	4		6,99	0,27		600		7,10	0,29
	5		6,99	0,27		660		7,10	0,29
	6		6,99	0,27		720		7,20	0,30
	7		6,99	0,27		780	22,5	7,20	0,30
	8		6,99	0,27		840		7,20	0,30
	9		6,99	0,27		900		7,20	0,30
	10		6,99	0,27		960	21,0	7,20	0,30
	12		6,99	0,27		1020		7,20	0,30
	14		6,99	0,27		1080		7,20	0,30
	16		6,99	0,27		1140	21,0	7,20	0,30
	18		6,99	0,27		1200		7,20	0,30
	20	23,5	6,99	0,27		1260	21,0	7,20	0,30
	25		6,99	0,27		1320		7,20	0,30
	30		6,99	0,27		1380	20,0	7,20	0,30
	35		6,99	0,27		1440		7,20	0,30
	40		6,99	0,27					
	45		6,99	0,27					
	50	24,2	6,99	0,27					
	60		6,99	0,27					
	70		6,99	0,27					
	80	23,4	6,99	0,27					
	90		6,99	0,27					
	105		6,99	0,27					
	120	23,4	6,99	0,27					
	135		6,99	0,27					
	150		6,99	0,27					
	180	22,0	6,99	0,27					
	200		6,99	0,27					
	240		6,99	0,27					
	270		6,99	0,27					
	300		6,99	0,27					
	330		6,99	0,27					
	360	22,6	6,99	0,27					

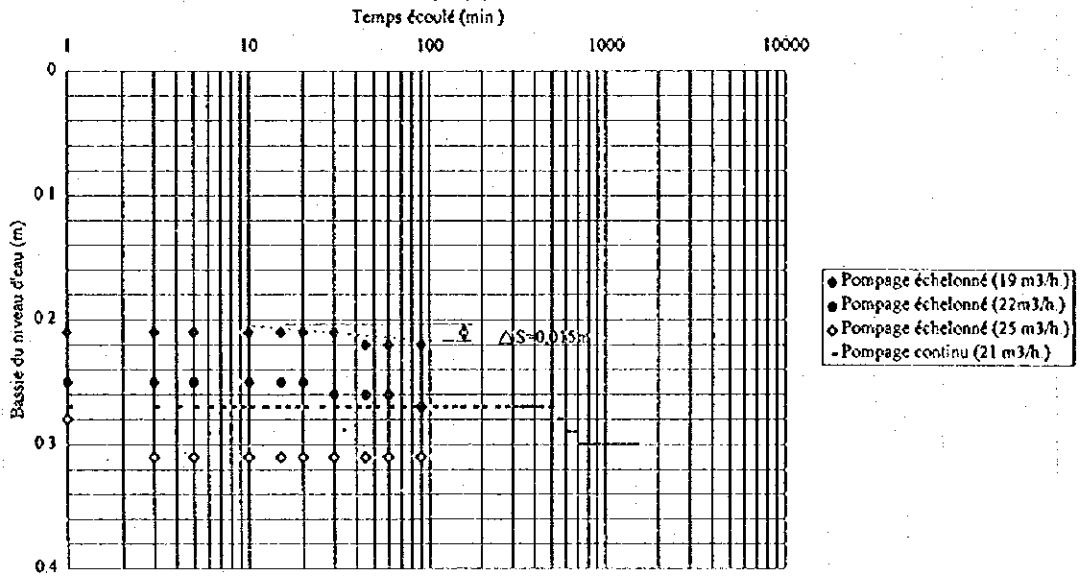
Niveau d'eau statique:-6,72m depuis la tête de forage(GL-6,12m)

Yoboki, Essais de Rétablissement

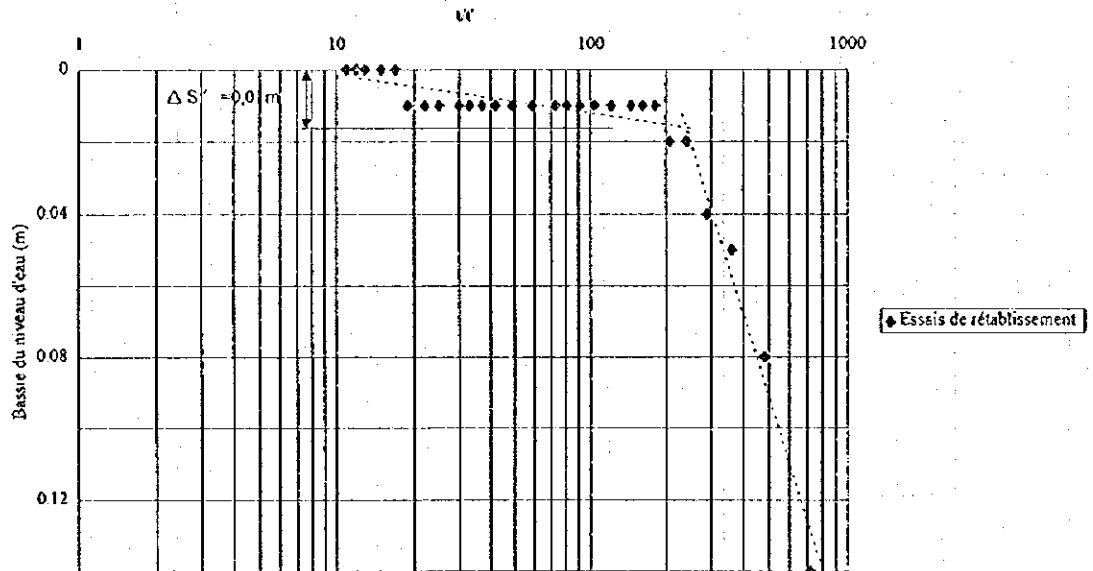
Temp	Temps écoulé (min.)	Volume Pompé (m ³ /h)	Niveau d'eau (m)	Baisse du niveau d'eau (m)	Temp	Temps écoulé (min.)	Temps écoulé après le pompage		Niveau d'eau (m)	Baisse du niveau d'eau (m)
					Rétablissement		(l)	(l')		
					95.11.16	2	1442	721	6,86	0,14
						3	1443	481	6,80	0,08
						4	1444	361	6,77	0,05
						5	1445	289	6,76	0,04
						6	1446	241	6,74	0,02
						7	1447	207	6,74	0,02
						8	1448	181	6,73	0,01
						9	1449	161	6,73	0,01
						10	1450	145	6,73	0,01
						12	1452	121	6,73	0,01
						14	1454	104	6,73	0,01
						16	1456	91	6,73	0,01
						18	1458	81	6,73	0,01
						20	1460	73	6,73	0,01
						25	1465	59	6,73	0,01
						30	1470	49	6,73	0,01
						35	1475	42	6,73	0,01
						40	1480	37	6,73	0,01
						45	1485	33	6,73	0,01
						50	1490	30	6,73	0,01
						60	1500	25	6,73	0,01
						70	1510	22	6,73	0,01
						80	1520	19	6,72	0,00
						90	1530	17	6,72	0,00
						105	1545	15	6,72	0,00
						120	1560	13	6,72	0,00
						135	1575	12	6,72	0,00
						150	1590	11	6,72	0,00

Niveau d'eau statique: -6,72m depuis la tête de forage (GL-6,12m)

Résultats des essais de pompage à Yoboki (1)



Résultats des essais de pompage à Yoboki (2)



(3)Ali Adde

Ali Adde(Nakhal) Essais de pompage échelonné

Temp	Temps écoulé (min.)	Volume Pompé (m³/h)	Niveau d'eau (m)	Baisse du niveau d'eau (m)	Temp	Temps écoulé (min.)	Volume Pompé (m³/h)	Niveau d'eau (m)	Baisse du niveau d'eau (m)
95.11.29									
(14:00)	1		2,32	0,47	(14:35)	1		4,12	2,27
	3		2,78	0,93		3		4,27	2,42
	5		3,08	1,23		5		4,33	2,48
	10		3,34	1,49		10	26,20	4,46	2,61
	15	22,00	3,48	1,63		15		4,54	3,09
	20	22,00	3,58	1,73		20	25,70	5,6	3,75
	30		4,02	2,17		30		7,7	5,85

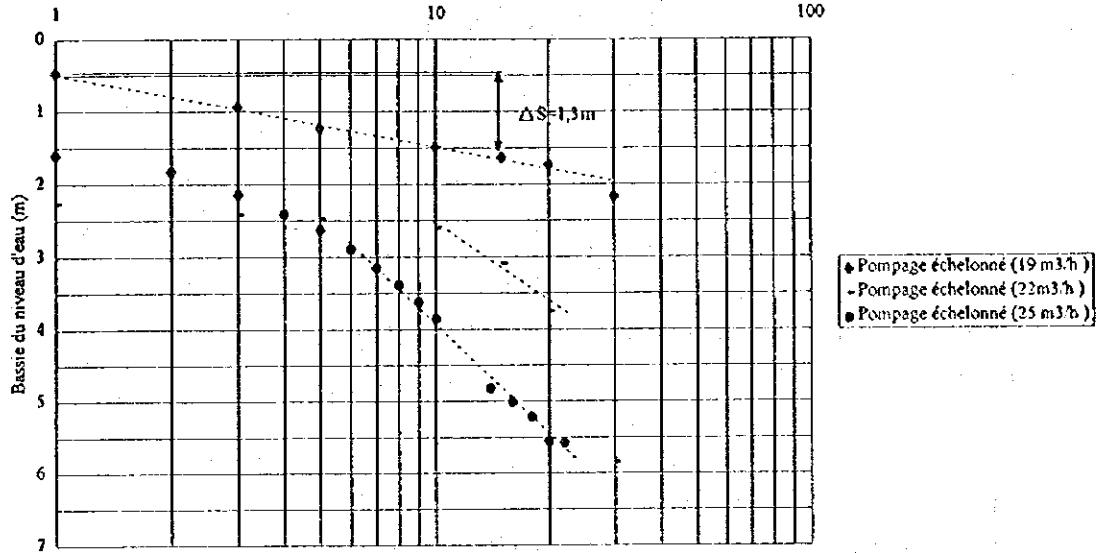
Niveau d'eau statique:-1,85m depuis la tête de forage(GI-0,35m)

Ali Adde (Nakhal), Essais de pompage continu et Rétablissement

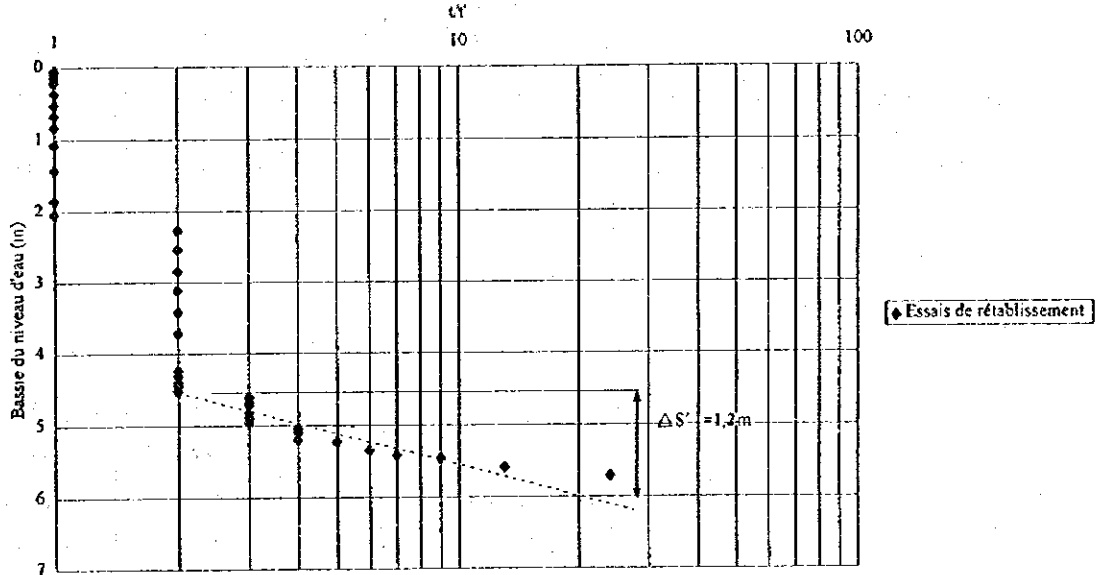
Temp	Temps écoulé (min.)	Volume Pompé (m³/h)	Niveau d'eau (m)	Baisse du niveau d'eau (m)	Temp	Temps écoulé (min.)	Temps écoulé après le pompage	Niveau d'eau (m)	Baisse du niveau d'eau (m)	
Essais de pompage continu					Rétablissement					
95.11.29					(9:18)	1	24	24	7,57	5,72
(8:55)	0					2	25	13	7,45	5,60
	1		3,45	1,60		3	26	9	7,32	5,47
	2		3,68	1,83		4	27	7	7,27	5,42
	3		3,99	2,14		5	28	6	7,20	5,35
	4		4,26	2,41		6	29	5	7,08	5,23
	5		4,48	2,63		7	30	4	7,05	5,20
	6		4,47	2,89		8	31	4	6,95	5,10
	7		5,00	3,15		9	32	4	6,90	5,05
	8		5,24	3,39		10	33	3	6,80	4,95
	9		5,47	3,62		11	34	3	6,74	4,89
	10	25,8	5,70	3,85		12	35	3	6,67	4,82
	12		-	-		13	36	3	6,57	4,72
	14		6,67	4,82		14	37	3	6,53	4,68
	16		6,86	5,01		15	38	3	6,46	4,61
	18	36,0	7,06	5,21		16	39	2	6,37	4,52
	20		7,41	5,56		17	40	2	6,29	4,44
	22		7,43	5,58		18	41	2	6,25	4,40
						19	42	2	6,16	4,31
						20	43	2	6,09	4,24
						25	48	2	5,57	3,72
						30	53	2	5,27	3,42
						35	58	2	4,97	3,12
						40	63	2	4,70	2,85
						45	68	2	4,39	2,54
						50	73	2	4,12	2,27
						55	78	1	3,90	2,05
						60	83	1	3,71	1,86
						70	93	1	3,28	1,43
						80	103	1	2,92	1,07
						90	113	1	2,68	0,83
						100	123	1	2,52	0,67
						110	133	1	2,37	0,52
						120	143	1	2,22	0,37
						150	173	1	2,07	0,22
						180	203	1	2,00	0,15
						210	233	1	1,93	0,08
						240	263	1	1,92	0,07
						270	293	1	1,90	0,05
						300	323	1	1,90	0,05
						330	353	1	1,90	0,05
						330	353	1	1,90	0,05

Niveau d'eau statique: -1,85m depuis la tête de forage (GL-0,35m)

Résultats des essais de pompage à Ali Adde (1)
Temps écoulé (min)



Résultats des essais de pompage à Ali Adde (2)



Annexe - 7 Critères de calcul des frais de gestion-entretien

(1) Carburant

Les frais de carburant se calculent selon la formule suivante.

$$Q = P \times be \times H/d$$

$$P = \sum P_0 \times \alpha \times \psi_G \times 1,36 / (\eta_L \times \psi_L \times \eta_G)$$

où:

Q: volume de carburant consommé (m³)

P: puissance du moteur (PS)

be: taux de consommation de carburant (220 kg/PS·h)

H: temps de fonctionnement (h)

d: densité du carburant (830)

$\sum P_0$: puissance en charge du groupe (kW)

α : volume de la demande (0,95)

ψ_G : facteur de puissance du groupe électrogène (0,8)

η_L : efficacité totale de la charge (0,85)

ψ_L : facteur de puissance total de la charge (0,8)

η_G : efficacité du groupe (0,8)

	$\sum P_0$ (kW)	P	H	Q(m ³)
Site utilisant une pompe immergée et une pompe de transport d'eau	42	17,4	12	1,66
Site utilisant seulement une pompe immergée	30	12,4	12	1,18

(2) Frais de carburant

	Volume de carburant consommé (lit.)	Frais de gas-oil*1 (FDJ)	Frais de l'huile*2 (FDJ)	Frais de carburant (FDJ)
Site utilisant une pompe immergée et une pompe de transport d'eau	1.657	132.556	26.522	159.067
Site utilisant seulement une pompe immergée	1.184	94.683	18.937	113.619

*1: Gas-oil 80FDJ/lit.

*2: Les frais d'huile correspondent à 20% des frais de gas-oil.

(3) Pièces d'usure du groupe électrogène

Les pièces d'usure du groupe électrogène (filtres pour 2ans de fonctionnement, etc. frais de transport compris) s'élèvent à environ 335.000FDJ, soit 14.000FDJ/mois.

JICA