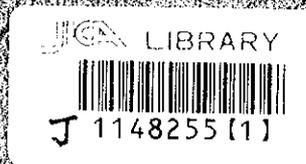


Direction de l'Hydraulique  
Ministère de l'Hydraulique et de l'Énergie  
et  
Japan International Cooperation Agency (JICA)

Étude sur le développement de l'eau souterraine  
Pour la commune de Kiffa

RAPPORT FINAL  
RAPPORT SUPPLEMENTAIRE

Mars 1999



Yachiyo Engineering Co., Ltd.

SSS  
JR  
99-011

Étude sur le développement de l'eau

RAPPORT FINAL  
RAPPORT SUPPLEMENTAIRE

Mars 1999

Yachiyo Engineering Co.

520  
678  
555

99-011







1148255 [1]

**Direction de l'Hydraulique  
Ministère de l'Hydraulique et de l'Énergie  
et  
Japan International Cooperation Agency (JICA)**

**Etude sur le développement de l'eau souterraine  
Pour la commune de Kiffa**

**RAPPORT FINAL  
RAPPORT SUPPLEMENTAIRE**

**Mars 1999**

**Yachiyo Engineering Co., Ltd.**

L'estimation du coût se base sur le taux  
de change suivant:

1,00 \$US = 125,0 ¥  
(taux moyen du 1 août 1998 au  
31 janvier 1999)

1,00 \$ US = 205,0 UM  
(fin novembre 1998)

## TABLE DES MATIERES

- S-1 FARAGES DE RECONNAISSANCE
- S-2 PROSPECTION GEOPHYSIQUE
- S-3 ANALYSE DE LA QUALITE DE L'EAU
- S-4 RAPPORT DE L'ENQUETE SOCIO-ECONOMIQUE
- S-5 CALCUL DES TUYAUX
- S-6 CALCUL DU MONTANT DES TRAVAUX
- S-7 ANALYSE ECONOMIQUE ET FINANCIERE

## **S-1 Forages de Reconnaissance**

## **S-1 Forages de Reconnaissance**

### **Table des Matières**

S-1.1	Points de Forages .....	S1-1
S-1.2	Résultats des Forages .....	S1-3
S-1.3	Essais de Pompage .....	S1-47
S-1.4	Synthèse des Résultats des Forages de Reconnaissance .....	S1-55

## S-1 Forages de Reconnaissance

### S-1.1 Points de Forages

Des sondages d'une longueur totale de 1372 m ont été effectués en 22 points de janvier à juin 1998. Ces emplacements sont présentés dans la figure S.1-1 et leurs latitude comme leur longitude sont présentées dans le tableau S.1-1. Les sondages JF-7, JF-7A et JF-7B sont situés dans la même zone candidate, JF-7A se trouvant à 5,3 m au nord de JF-7 et JF-7B à 14,2 m au sud de ce dernier.

Tableau S.1-1 Emplacement des Sondages pour les Puits d'Observation

N°	N° de puits	Latitude	Longitude
1	JF-1	16°39'53"N	11°32'14"W
2	JF-2	16°40'28"N	11°31'32"W
3	JF-3	16°40'04"N	11°31'46"W
4	JF-4	16°40'57"N	11°30'23"W
5	JF-5	16°40'36"N	11°30'24"W
6	JF-5A	16°40'35"N	11°30'12"W
7	JF-6	16°39'41"N	11°29'29"W
8	JF-7	16°40'40"N	11°29'47"W
9	JF-7A	16°40'40"N	11°29'47"W
10	JF-7B	16°40'40"N	11°29'47"W
11	JF-8	16°40'13"N	11°28'02"W
12	JF-8A	16°40'16"N	11°28'07"W
13	JF-8B	16°40'28"N	11°28'21"W
14	JF-9	16°40'42"N	11°26'36"W
15	JF-10	16°37'24"N	11°26'20"W
16	JF-11A	16°41'17"N	11°28'08"W
17	JF-11B	16°41'06"N	11°28'17"W
18	JF-12A	16°43'48"N	11°32'50"W
19	JF-12B	16°43'34"N	11°33'16"W
20	JF-13A	16°44'34"N	11°31'15"W
21	JF-13B	16°44'45"N	11°31'25"W
22	JF-14	16°42'26"N	11°31'51"W



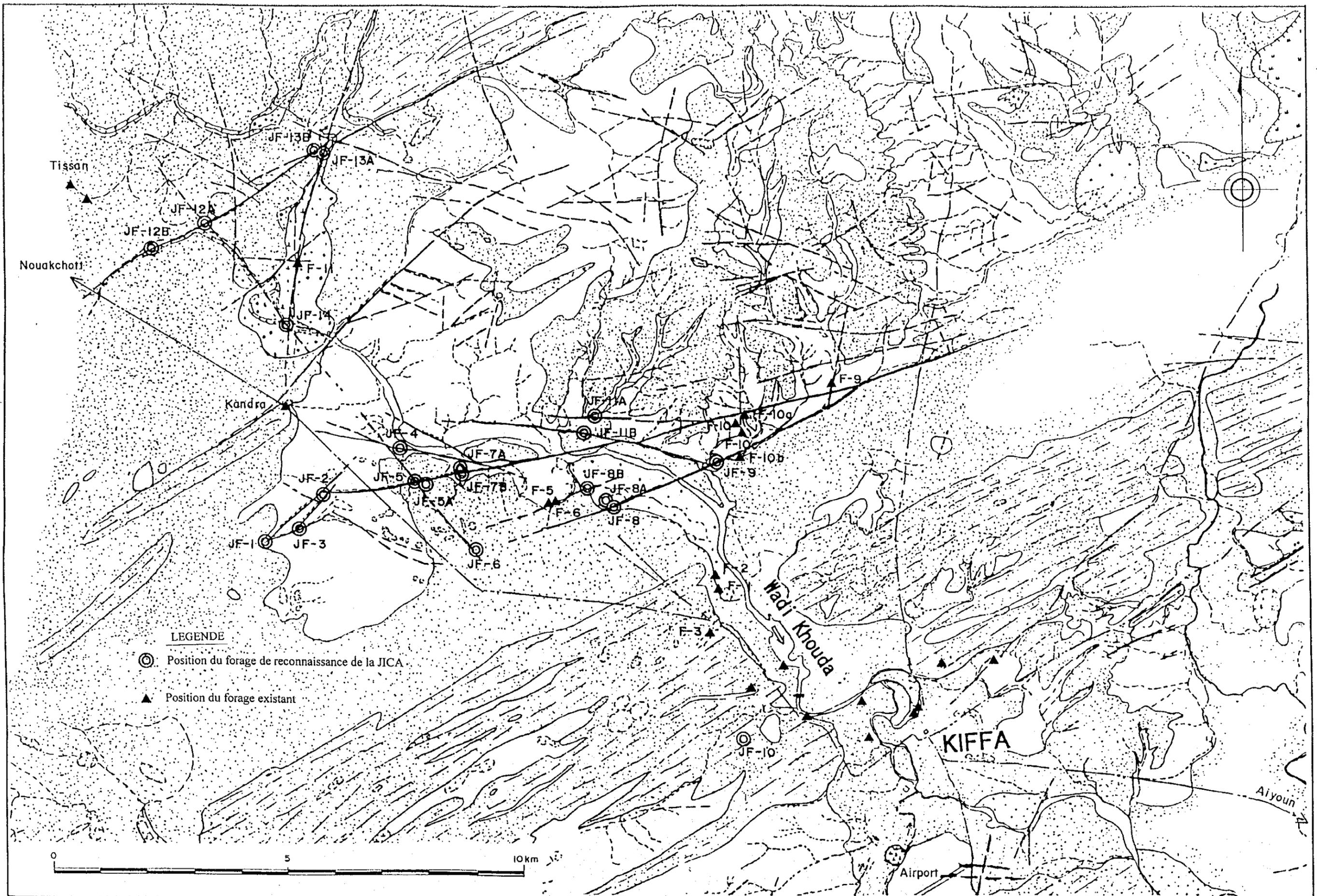


Figure S.1-1 Carte des Positions des Forages de Reconnaissance



## S-1.2 Résultats des Forages

### (1) Forage JF-1

Le forage JF-1 est situé au centre d'une zone de haute résistivité à une profondeur de 100 à 200 m vérifiée par prospection électromagnétique. D'une profondeur de 88 m à 136 m, correspondant au fond du forage, se trouvent des tillites contenant des graviers de granite, des feldspath potassique et des quartz. Par conséquent, la couche de haute résistivité à une profondeur de 100 à 200 m semble correspondre à une couche épaisse de tillites. Pratiquement aucun venu d'eau n'a été enregistré jusqu'à la fin du sondage. Le débit de pompage a été très faible et la conductivité électrique a été de 5730  $\mu\text{s/cm}$ . Ce forage a été interrompu à une profondeur de 136 m étant donné que la couche de tillite se poursuivait jusqu'à 200 m.

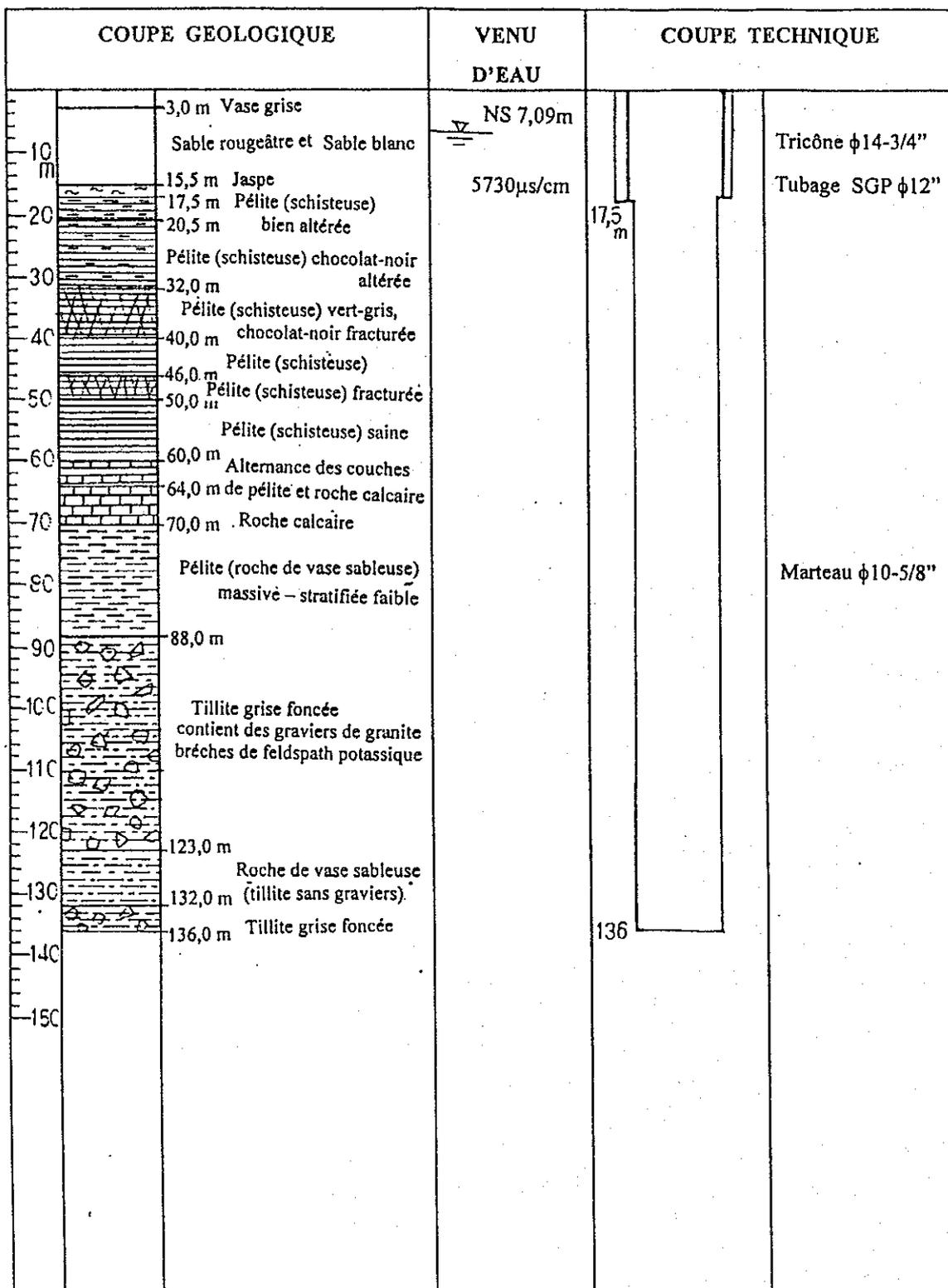
La coupe du forage JF-1 est présentée sur la figure S.1-2.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 3.0	Vase grise
3.0 ~ 4.0	Sable rougeâtre
4.0 ~ 13.0	Sable blanc
13.0 ~ 15.5	Sable rougeâtre, graviers de pélite altérée
15.5 ~ 17.5	Jaspe gris-blanc, brunâtre et pourpres
17.5 ~ 20.5	Pélite bien altérée (schisteuse), bien altéré
20.5 ~ 32.0	Pélite chocolat noir (schisteuse), altéré
32.0 ~ 40.0	Pélite (schisteuse) gris-vert, chocolat noir, fracturée
40.0 ~ 46.0	Pélite (schisteuse) gris-vert, chocolat noir
46.0 ~ 50.0	Pélite (schisteuse), fracturée, argile
50.0 ~ 60.0	Pélite (schisteuse), saine
60.0 ~ 64.0	Pélite et affleurement de roches calcaires
64.0 ~ 70.0	Roche calcaire blanches, vert-gris et gris-noir
70.0 ~ 88.0	Pélite gris-noir (roche de vase sableuse) massive, faible stratification
88.0 ~ 123.0	Tillite gris foncé, contient des graviers de granite et des brèches de feldspath potassique et de quartz, massive
123.0 ~ 132.0	Roche de vase sableuse (tillite sans graviers), massive, faible stratification
132.0 ~ 136.0	Tillite gris foncé, contient des graviers de granite et des brèches de feldspath potassique et de quartz, massive

Figure S.1-2 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-1

Forage No : JF1-Kiffa  
 Site : Latitude 16° 39'53"N Longitude 11° 32'14"W  
 Date : le 27/ 01/ 1998



(2) Forage JF-2

L'eau a été trouvée à une profondeur de 22,5 m au milieu des pélites schisteuse fracturées. Les pélites à partir de 41,5 m (schisteuses) sont saines. Pendant le forage jusqu'à 58 m, le débit a été de 9,5 m<sup>3</sup>/h, avec une conductivité électrique de 1113µs/cm. Sur la base des résultats de la prospection électrique, des tubages en FRP d'une longueur totale de 36 m et d'un diamètre de 6 pouces, et des crépines en FRP d'une longueur totale de 16 m pour 6 pouces de diamètre ont été équipés. Ce forage pourra être développé par la suite.

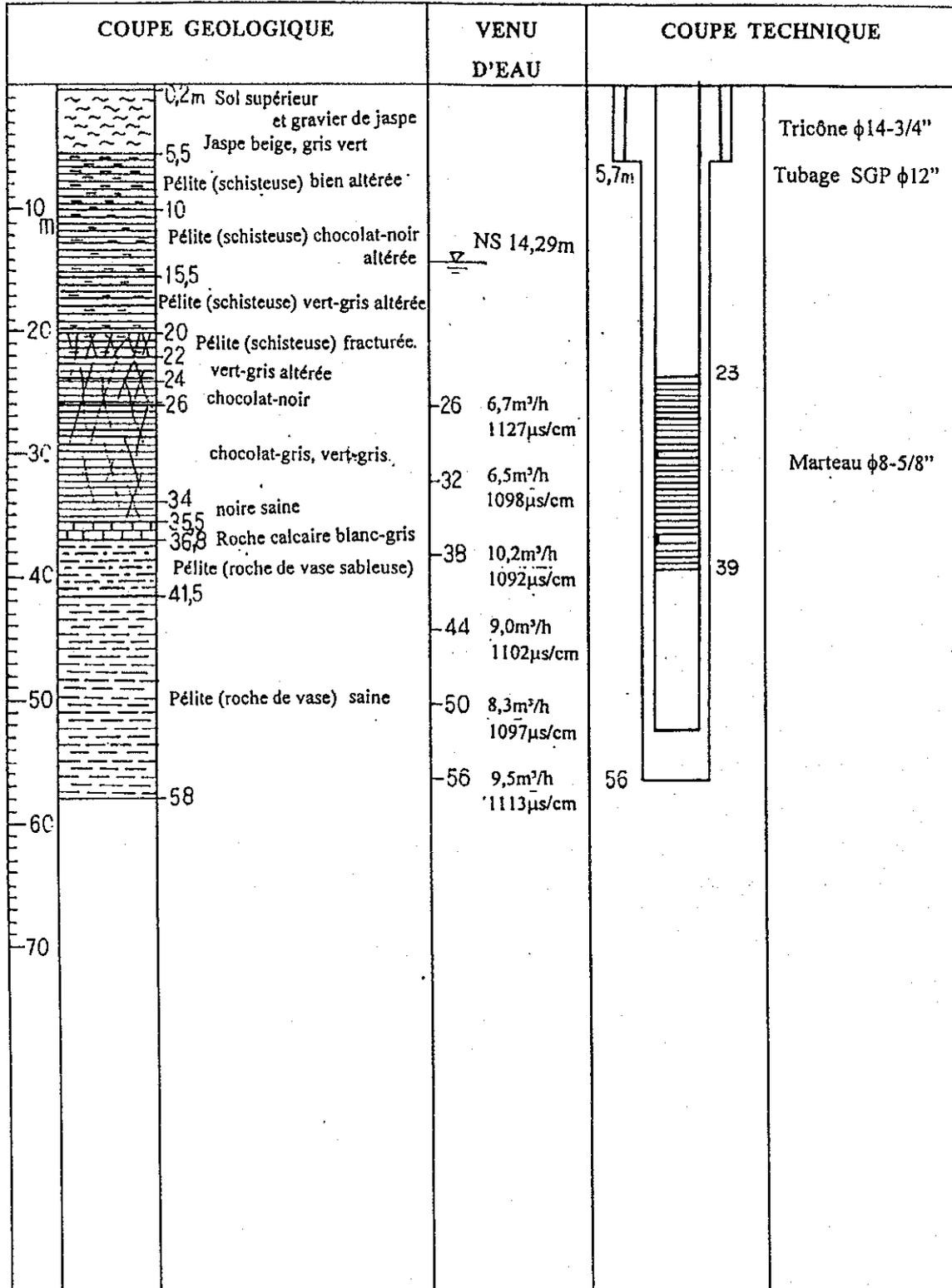
La coupe du forage JF-2 est présentée sur la figure S.1-3.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 0.2	Sol supérieur et gravier de jaspé
0.2 ~ 5.5	Jaspé beige, gris-vert
5.5 ~ 10.0	Pélite (schisteuse) gris-noir, gris-vert, bien altérée
10.0 ~ 15.5	Pélite (schisteuse) chocolat noir, altérée
15.5 ~ 20.0	Pélite (schisteuse) gris-vert, altérée
20.0 ~ 22.0	Pélite (schisteuse) chocolat noir, altérée, fracturée, argileuse
22.0 ~ 24.0	Pélite (schisteuse) gris-vert, altérée
24.0 ~ 26.0	Pélite (schisteuse) chocolat noir
26.0 ~ 34.0	Pélite (schisteuse) gris-noir, gris-vert
34.0 ~ 35.5	Pélite (schisteuse) noire, saine
35.0 ~ 36.8	Roches calcaires massives gris-blanc, avec alternance de dolomites crème
36.8 ~ 41.5	Pélite (roche de vase sableuse) gris-vert, noire, massive, saine
41.5 ~ 58.0	Pélite (roche de vase) gris-vert, noire, faible stratification, saine

Figure S.1-3 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-2

Forage No : JF2-Kiffa  
 Site : Latitude 16° 40'28"N Longitude 11° 31'32"W  
 Date : le 03/ 02/ 1998



(3) Forage JF-3

Essentiellement des pélites jusqu'à 58 m avec alternances de roches calcaires cristallines entre 28 et 32 m. Un débit de 3,4 m<sup>3</sup>/h par élévation d'air au moment du forage a pu être obtenu dans la partie fracturée des pélites, ainsi qu'une conductivité électrique de 717 µs/cm pour une excellente qualité d'eau. A plus de 58 m de profondeur, se trouvaient des tillites contenant des graviers de granite. Etant donné la possibilité d'une conductivité trop élevée des eaux souterraines dans ces tillites et vu que le débit n'a pas augmenté, ce forage a été interrompu à une profondeur de 68 m.

La coupe du forage JF-3 est présentée sur la figure S.1-4.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 4.5	Jaspe couleur chair
4.5 ~ 5.5	Pélite bleu-gris blanc, bien argilisée
5.5 ~ 12.0	Pélite brun foncé (roche de vase à schisteuse), moyennement altérée, stratifiée
12.0 ~ 18.0	Pélite gris-vert (roche de vase à schisteuse), peu altérée, stratifiée
18.0 ~ 24.0	Pélite brun foncé (roche de vase à schisteuse), stratifiée
24.0 ~ 28.0	Pélite gris-vert et brun foncé (roche de vase à schisteuse), stratifiée
28.0 ~ 32.0	Roches calcaires cristallines gris-blanc, gris-noir
32.0 ~ 53.0	Bande de pélite gris-vert (roche de vase sableuse), peu stratifiée, contenant rarement des graviers de gneiss
53.0 ~ 55.0	Pélite (schisteuse) noire, bien stratifiée, micacé blanc
55.0 ~ 58.0	Pélite (schisteuse) noire - alternance de roches calcaires grises
58.0 ~ 68.0	Tillite gris-noir, massive, peu stratifiée, contenant des graviers de granite, des feldspath et des quartz



#### (4) Forage JF-4

Un débit de 1,1 m<sup>3</sup>/h a été trouvé dans les pélites fracturées entre 10 et 20 m de profondeur, avec une conductivité électrique de 990 µs/cm. Des tillites sont situées entre 54 et 67 m. Le débit a augmenté pour atteindre 2,2 m<sup>3</sup>/h dans cette couche de tillites mais la conductivité électrique s'est détériorée jusqu'à 2430 µs/cm. L'eau dans cette couche avait une faible odeur sulfureuse. Ce forage a été interrompu à une profondeur de 68 m en raison de la détérioration de la qualité de l'eau.

La coupe du forage JF-4 est présentée sur la figure S.1-5.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 2.0	Sol supérieur et graviers de jaspe
2.0 ~ 6.0	Pélite (schisteuse) gris-vert, altérée
6.0 ~ 10.0	Pélite (schisteuse) gris-vert, peu altérée, fracturée
10.0 ~ 14.0	Pélite (roche de boue) chocolat noir, massive
14.0 ~ 20.0	Pélite (schisteuse) gris-noir, fracturée, surface oxydée
20.0 ~ 26.0	Pélite bleu-gris, gris-noir, surface pyrite
26.0 ~ 28.0	Roche calcaire gris-blanc, bleu-gris
28.0 ~ 33.0	Pélite (roche de vase sableuse) gris-vert noire, massive, contient des cailloux et des pyrites
33.0 ~ 38.0	Pélite (roche de vase sableuse) gris-vert noire, peu stratifiée
38.0 ~ 45.0	Pélite (roche de boue) noire, chocolat noir, peu stratifiée, contient des pyrites
45.0 ~ 48.0	Pélite (roche de vase) gris-noir, stratifiée, séricitique
48.0 ~ 52.0	Pélite (schisteuse) chocolat noir, bien stratifiée, séricitique
52.0 ~ 54.0	Pélite (schisteuse) gris-vert, gris-noir, surface en pyrite
54.0 ~ 67.0	Tillite gris-noir, massive, peu stratifiée, contient des graviers de granites, des feldspath et des quartz
67.0 ~ 68.0	Pélite (schisteuse) gris-noir



(5) Forage JF-5

Sous la couche argileuse des dolérites sont apparues à partir de 15 m jusqu'au fond du forage à 122 m. La présence d'eau a été observée dans la zone altérée de ces dolérites mais le débit n'a été que de 1,1 m<sup>3</sup>/h à 38 m de profondeur pour une conductivité de 990 µs/cm. Ce forage a été interrompu à 122 m car on a supposé que la couche de dolérites saines se poursuivrait encore en profondeur.

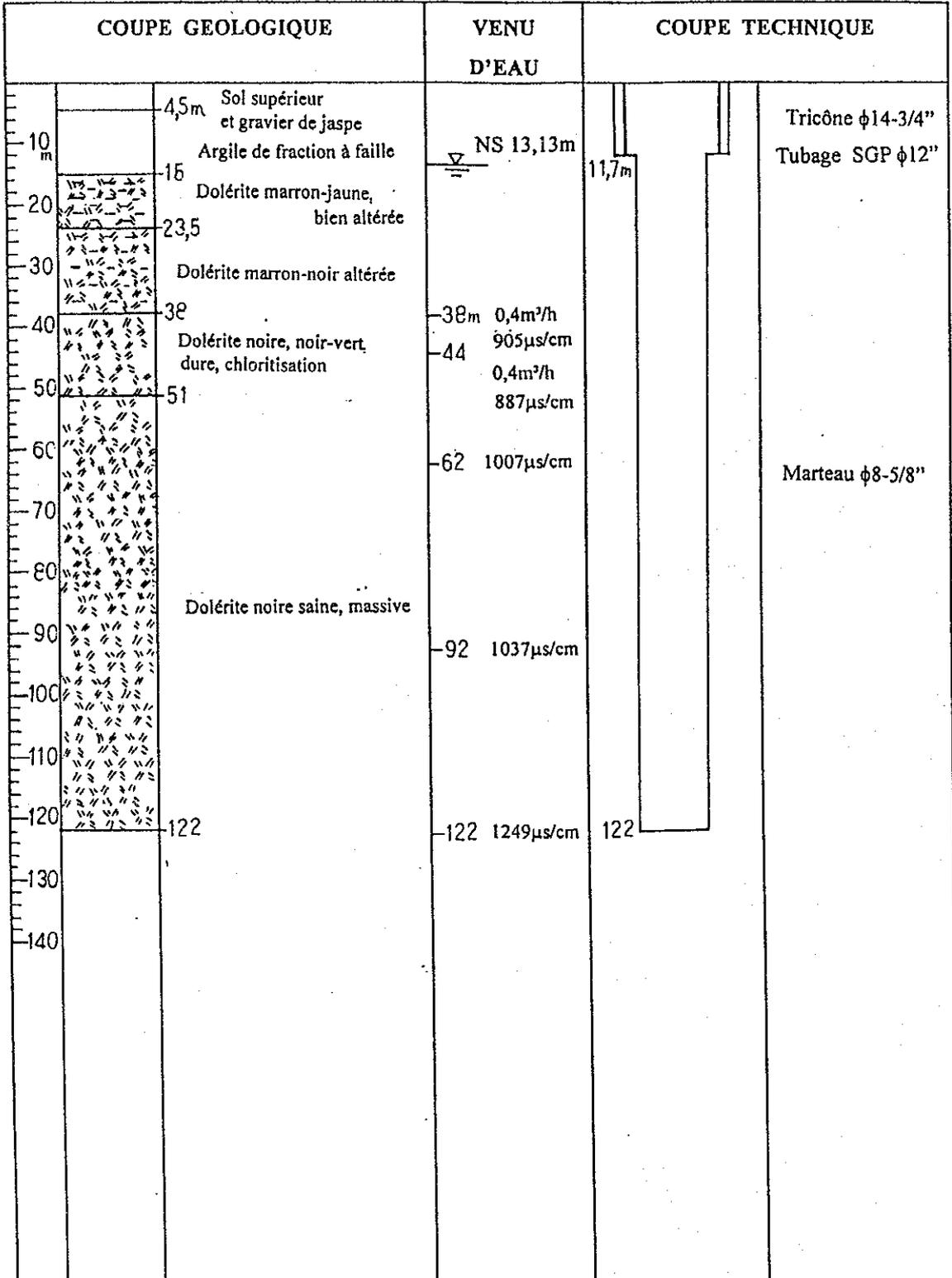
La coupe du forage JF-5 est présentée sur la figure S.1-6.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 4.5	Sol supérieur et graviers de jaspe
4.5 ~ 15.0	Argile de faille gris-bleu, gris-vert et ocre
15.0 ~ 23.5	Dolérite ocre, chocolat noir, bien altérée, massive
23.5 ~ 38.0	Dolérite chocolat noir, altérée, massive
38.0 ~ 51.0	Dolérite noir, vert foncé, altérée, dure, chloritique
51.0 ~ 122.0	Dolérite noire, massive, saine

Figure S.1-6 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-5

Forage No : JF5-Kiffa  
 Site : Latitude 16° 40'36"N Longitude 11° 30'24"W  
 Date : le 13/ 02/ 1998



(6) Forage JF-5A

Le forage JF-5A a été effectué dans une partie fracturée des pélites le long de la faille en tant que seconde tentative après l'échec du forage JF-5 à faible débit en raison de la présence d'un filon intrusif de dolérites. Des pélites ont été trouvées jusqu'à 58 m de profondeur avec des alternances de roches calcaires cristallines entre 25 et 31 m. Les pélites entre 17 et 25 m étaient très fracturées et un débit de 7,2 m<sup>3</sup>/h a pu être obtenu par élévation d'air, pour une conductivité électrique de 816 µs/cm. Après 56 m de profondeur, des tillites contenant des graviers de granite et de diorite sont apparues et le forage a été interrompu à 62 m de profondeur par crainte d'une conductivité électrique élevée dans les tillites. Sur la base des résultats de la prospection électrique, des tubages en FRP d'une longueur totale de 40 m et de 6 pouces de diamètre ainsi que des crépines en FRP d'une longueur totale de 20 m pour 6 pouces de diamètre ont été mis en place. Ce forage a été jugé exploitable.

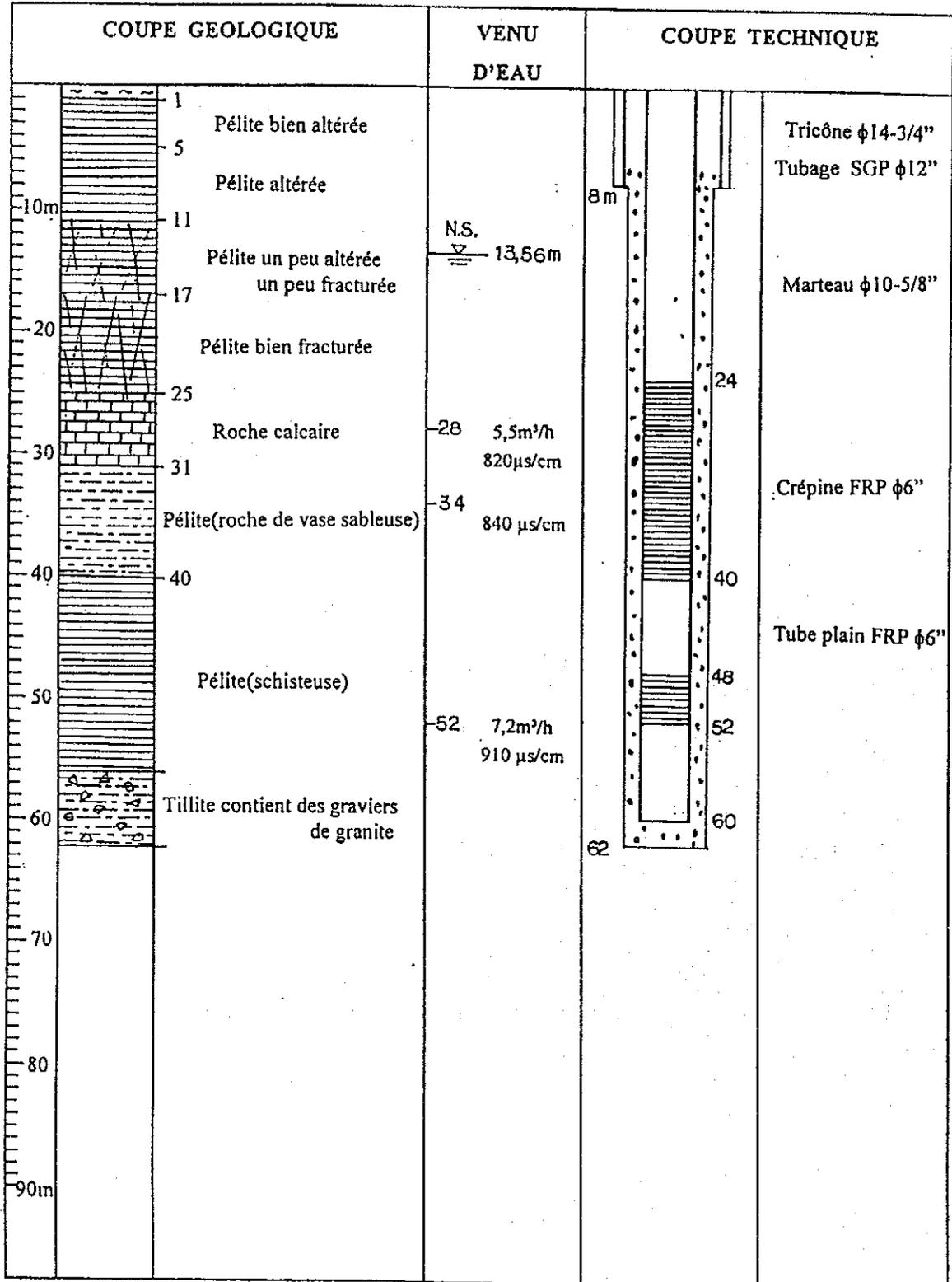
La coupe du forage JF-5A est présentée sur la figure S.1-7.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 1.0	Jaspe
1.0 ~ 5.0	Pélite blanche, gris-blanc, bien argilisée
5.0 ~ 11.0	Pélite gris-bleu, gris-blanc, peu altérée, argilisée
11.0 ~ 17.0	Pélite chocolat noir, siliceuse, légèrement altérée, fracturée
17.0 ~ 25.0	Pélite chocolat noir, gris-vert, couches alternées de quartzites et de boues, bien fracturées
25.0 ~ 31.0	Roche calcaire gris-blanc, cristalline à grains fins, avec couche mince de dolomite couleur chair
31.0 ~ 40.0	Pélite gris-noir (roche de vase sableuse)
40.0 ~ 56.0	Pélite gris-noir, chocolat noir et noire (schisteuse) bien stratifiée, micacée blanc, chloritique
56.0 ~ 62.0	Tillite gris-noir, contenant de nombreux morceaux de feldspath incliné et rarement, des diorites

Figure S.1-7 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-5A

Forage No. : JF-5A - Kiffa  
 Site : Latitude 16°40'35"N Longitude 11°30'12"W  
 Date : le /03/1998



(7) Forage JF-6

Pour le forage JF-6, des pélites ont été trouvées à partir de 72 m. L'élévation par air n'a permis d'extraire que de la terre légèrement humide, sans apparition d'eau. Lors de la reprise des travaux le lendemain (environ 15 h plus tard), seule une petite couche d'eau stagnait au fond du forage et le débit a été jugé pratiquement inexistant. Ce forage a été interrompu à 74 m car à une profondeur de plus de 72 m sont apparues des tillites contenant des graviers de granite.

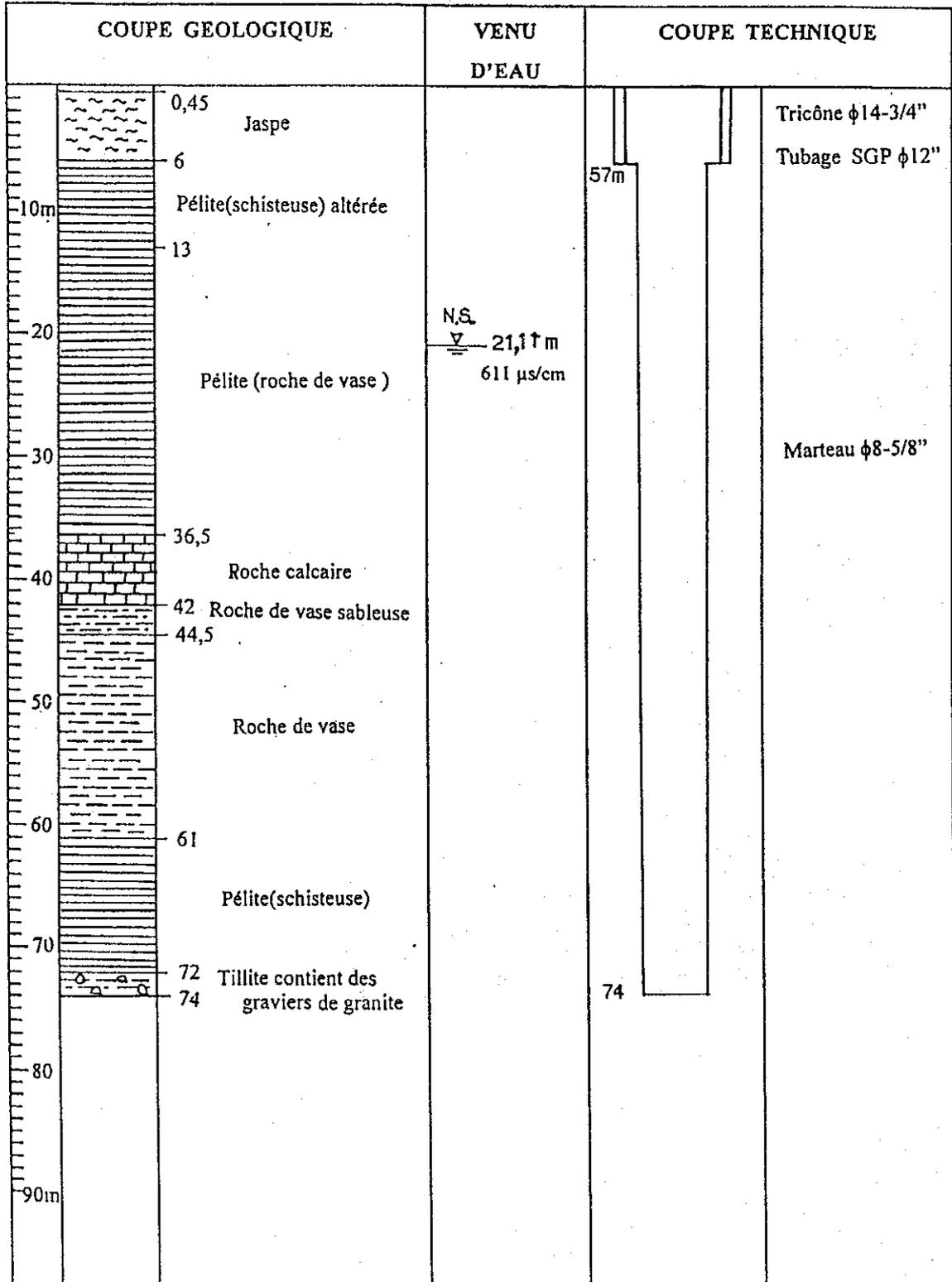
La coupe du forage JF-6 est présentée sur la figure S.1-8.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 0.45	Sable fin ocre
0.45 ~ 6.0	Jaspe couleur chair, gris-vert
6.0 ~ 7.0	Pélite (schisteuse) gris-vert, peu altérée, argilisée
7.0 ~ 8.0	Pélite (schisteuse) gris, gris-vert, argilisée à la surface de la faille
8.0 ~ 13.0	Pélite (schisteuse) chocolat, altérée
13.0 ~ 23.5	Pélite (roche de vase siliceuse) gris-vert, gris-noir, légèrement stratifiée
23.5 ~ 26.0	Pélite (roche de vase) marron foncé, légèrement stratifiée
26.0 ~ 36.5	Pélite (roche de vase siliceuse) gris-vert, pélite chocolat noir (roche de vase), légèrement stratifiée
36.5 ~ 42.0	Roche calcaire gris-vert-blanc en bande, gris-noir, cristalline à grains fins, massive et compacte
42.0 ~ 44.5	Roche de vase sableuse en bande vert foncé-gris, contient des quartz à grains fins et des graviers carrés, odeur de fer
44.5 ~ 61.0	Roche de vase en bande vert foncé et gris, légèrement stratifiée
61.0 ~ 67.0	Pélite (schisteuse) noire et gris-noir, bien stratifiée, micacée blanc
67.0 ~ 72.0	Pélite (schisteuse) chocolat noir, bien stratifiée, micacée blanc
72.0 ~ 74.0	Tillite noire, grise contenant des graviers de granite

Figure S.1-8 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-6

Forage No. : JF-6 - Kiffa  
 Site : Latitude 16°39'41"N Longitude 11°29'29"W  
 Date : le 18/03/1998



(8) Forage JF-7

De 5 à 20 m de profondeur, un débit de 18 m<sup>3</sup>/h avec une conductivité de 1440 µs/cm a pu être obtenu à partir des pélites bien fracturées. Des dolérites sont apparues à partir de 20 m et le débit a augmenté dans la bande altérée de dolérites jusqu'à 33 m pour atteindre 24 m<sup>3</sup>/h à 32 m de profondeur avec une conductivité de 1260 µs/cm. Le forage a été interrompu à 44 m de profondeur en raison d'un grand éboulement de la couche de pélites très fracturées. Cet éboulement s'étant poursuivi même après l'arrêt des travaux, le forage a été comblé.

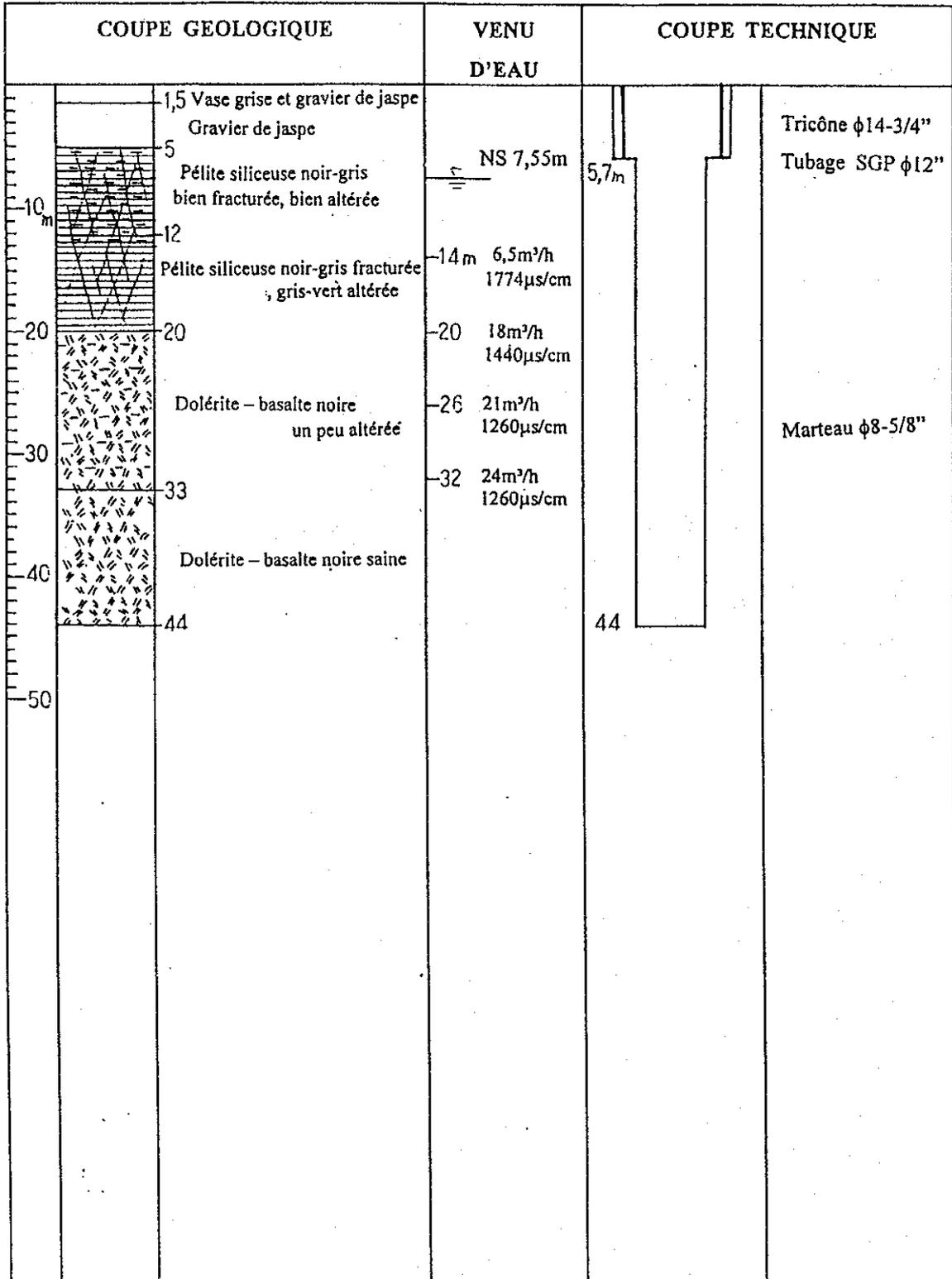
La coupe du forage JF-7 est présentée sur la figure S.1-9.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 1.5	Vase grise, graviers de jaspe
1.5 ~ 5.0	Graviers de jaspe
5.0 ~ 12.0	Pélite siliceuse gris-noir, bien fracturée, bien altérée, argileuse
12.0 ~ 20.0	Pélite siliceuse gris-noir, fracturée, pélite gris-vert, altérée,
20.0 ~ 33.0	Dolérite noire, légèrement altérée
33.0 ~ 44.0	Dolérite noire, saine

Figure S.1-9 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-7

Forage No : JF7-Kiffa  
 Site : Latitude 16° 40'40"N Longitude 11° 29'47"W  
 Date : le 22/ 02/ 1998



(9) Forage JF-7A

Le forage JF-7A est une seconde tentative pour JF-7, situé à 5,3 m au nord de celui-ci. Après une couche argileuse, on a trouvé des dolérites à partir 15,0 m qui se sont poursuivies jusqu'à 58 m, profondeur à laquelle le forage a été interrompu. Le débit d'eau a montré une augmentation progressive au fur et à mesure de l'excavation jusqu'à 52 m de profondeur. A 58 m, ce débit était de 9,0 m<sup>3</sup>/h et la conductivité électrique de 1180 µs/cm. Sur la base des résultats de la prospection électrique, des tubages en PVC d'une longueur totale de 32 m et de 6 pouces de diamètre ainsi que des crépines en PVC d'une longueur totale de 24 m pour 6 pouces de diamètre ont été mis en place.

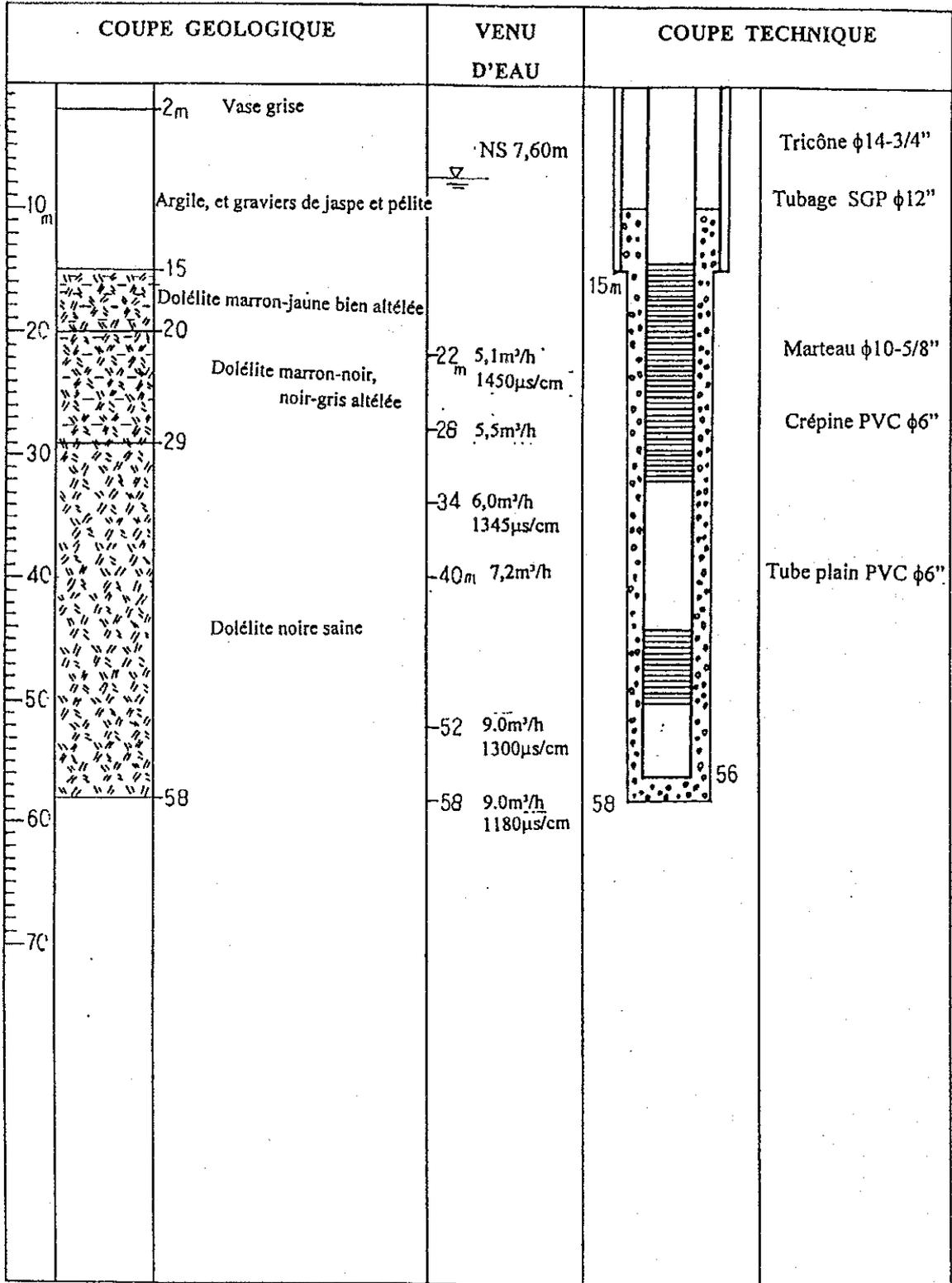
La coupe du forage JF-7A est présentée sur la figure S.1-10.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 2.0	Vase grise
2.0 ~ 15.0	Argile, graviers de jaspe et de pélites
15.0 ~ 20.0	Dolérite ocre-brun, bien altérée
20.0 ~ 29.0	Dolérite chocolat noir, gris-noir altérée
29.0 ~ 58.0	Dolérite noire, saine

Figure S.1-10 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-7A

Forage No : JF7A-Kiffa  
 Site : Latitude 16° 40'40"N Longitude 11° 29'47"W  
 Date : le 27/ 02/ 1998



(10) Forage JF-7B

Le forage JF-7B a été excavé à 19,5 m au sud du forage JF-7A afin d'éviter le filon de dolérites. Les pélites fracturées ont donné un débit d'eau important. A 16 m, avec une conductivité électrique de 1120  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , ce débit était de 6,0  $\text{m}^3/\text{h}$ , pour augmenter jusqu'à 18  $\text{m}^3/\text{h}$  à 42 m de profondeur. A 46 m, profondeur d'interruption du forage, la conductivité électrique était de 1500  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et le débit de 18  $\text{m}^3/\text{h}$ . Sur la base des résultats de la prospection électrique, des tubages en FRP d'une longueur totale de 24,5 m et de 6 pouces de diamètre ainsi que des crépines en FRP d'une longueur totale de 20 m pour 6 pouces de diamètre ont été mis en place. Ce forage a été jugé exploitable.

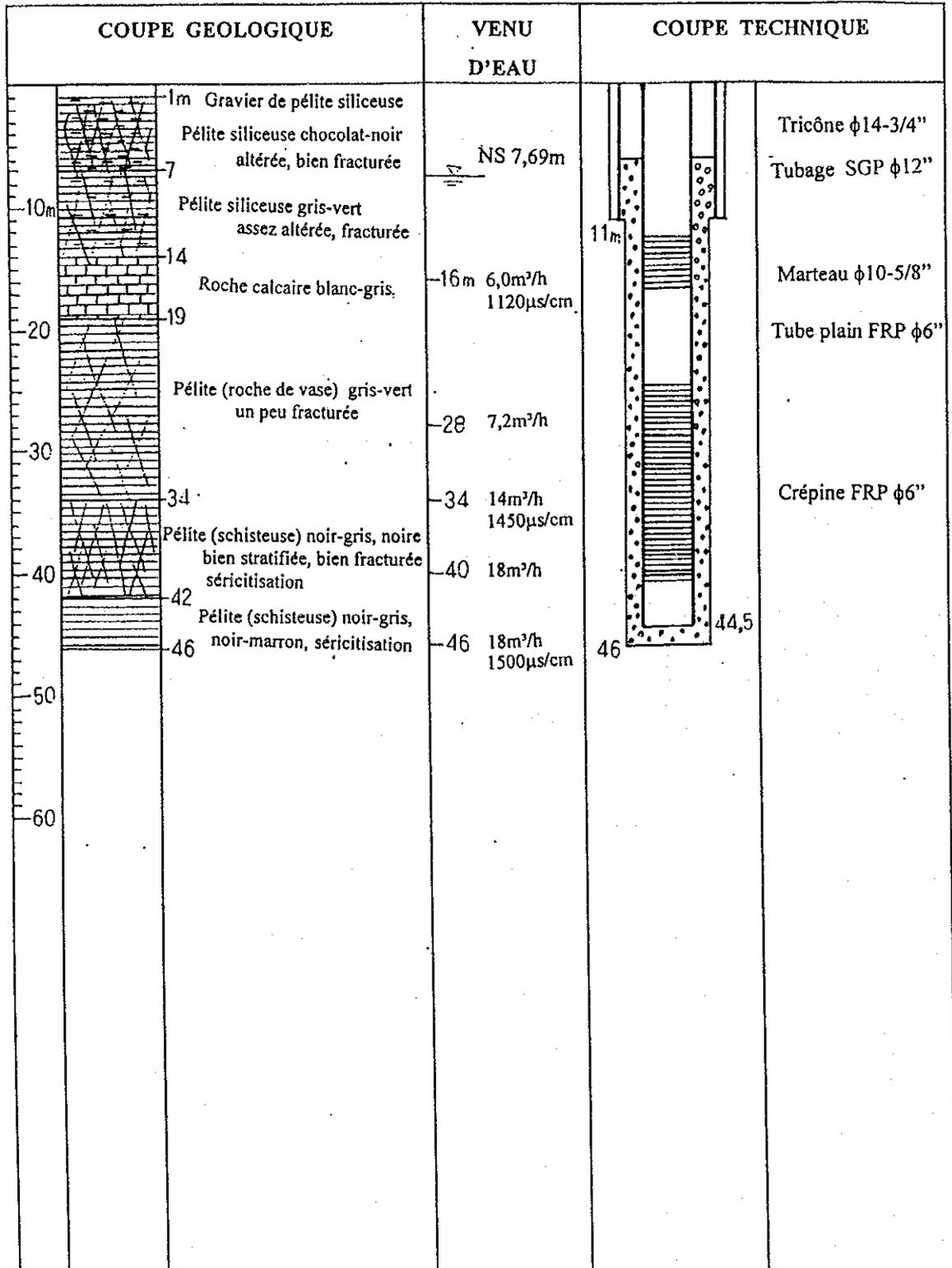
La coupe du forage JF-7B est présentée sur la figure S.1-11.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 1.0	Graviers de pélite siliceuse chocolat noir
1.0 ~ 7.0	Pélite siliceuse chocolat noir, bien altérée, bien fracturée
7.0 ~ 14.0	Pélite siliceuse vert-gris, légèrement altérée, fracturée
14.0 ~ 19.0	Roche calcaire blanc-gris, massive, dure
19.0 ~ 34.0	Pélite (schisteuse) gris-vert, peu fracturée, peu stratifiée
34.0 ~ 42.0	Pélite (schisteuse) gris-noir, bien stratifiée, bien fracturée, surface oxydée, séricitique
42.0 ~ 46.0	Pélite (schisteuse) gris-noir, chocolat noir, stratifiée, séricitique

Figure S.1-11 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-7B

Forage No : JF7B-Kiffa  
 Site : Latitude 16° 40'40"N Longitude 11° 29'47"W  
 Date : le 03/ 03/ 1998



(11) Forage JF-8

L'eau a jailli à 32 m de profondeur dans les pélites altérées avec un débit de 4,2 m<sup>3</sup>/h et une conductivité électrique de 1360 µs/cm. Si des tillites sont apparues à partir de 33 m, une roche sableuse à grains moyens très ressemblante aux grès de Taleb est apparue à partir de 52m et a donné l'espoir de découvrir de l'eau. Toutefois, le débit a été de 3 m<sup>3</sup>/h avec une conductivité électrique de 3.300 µs/cm et la qualité de l'eau s'est détériorée. A partir de 72 m, des tillites sont de nouveau apparues et le forage a été interrompu. Sur la base des résultats de la prospection électrique, des tubages en FRP d'une longueur totale de 34 m et de 6 pouces de diamètre ainsi que des crépines en FRP d'une longueur totale de 8 m pour 6 pouces de diamètre ont été mis en place.

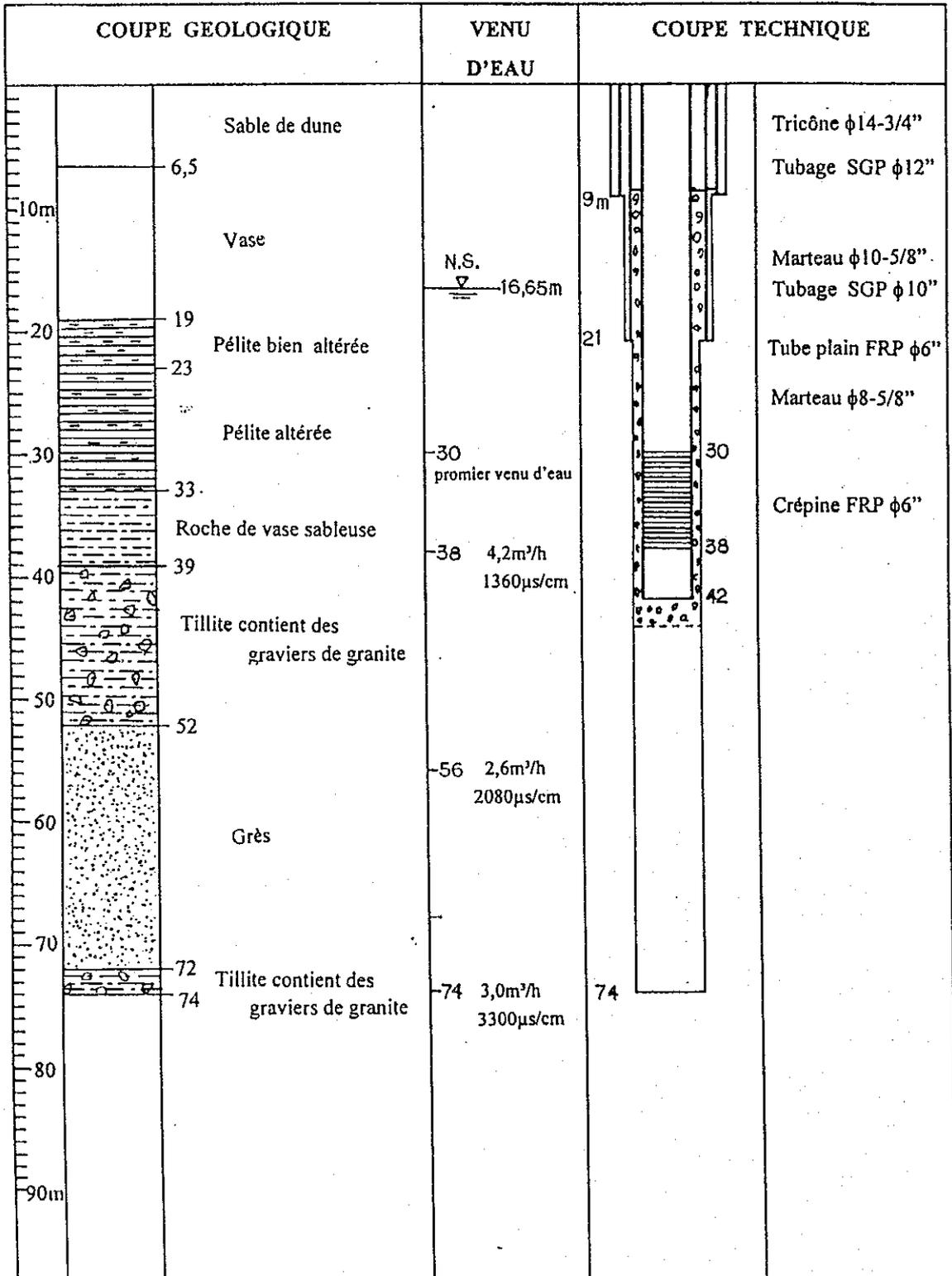
La coupe du forage JF-8 est présentée sur la figure S.1-12.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 6.5	Sable des dunes
6.5 ~ 11.0	Vase crème, contient des graviers de pélite
11.0 ~ 15.0	Roche de vase schisteuse blanche, contient des grains de quartz
15.0 ~ 19.0	Argile schisteuse marron-grise, contient des pélites siliceuses
19.0 ~ 23.0	Pélite chocolat, bien altérée
23.0 ~ 27.0	Pélite grise-brun, brun-vert, altérée
27.0 ~ 31.0	Pélite grise, gris-rouge, altérée
31.0 ~ 33.0	Pélite grise, altérée
33.0 ~ 39.0	Roche de vase schisteuse gris-noir (tillite), contient des graviers de quartz, indice de triage granulométrique médiocre
39.0 ~ 44.0	Tillite gris-vert, noire, contient des graviers de granite, légèrement altérée, contient du fer ocre
44.0 ~ 52.0	Tillite, contient des graviers de granite et des feldspath potassique
52.0 ~ 65.0	Grès à grains moyens rouge vif, massif
65.0 ~ 68.0	Grès à grains moyens rouge vif + grès à grains fins gris-vert
68.0 ~ 71.0	Grès à grains moyens rouge vif
71.0 ~ 72.0	Grès à grains fins gris-vert
72.0 ~ 74.0	Tillite gris-noir, vaseuse, contient un peu de graviers de feldspath potassique et de granite

Figure S.1-12 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-8

Forage No. : JF-8 - Kiffa  
 Site : Latitude 16°40'13"N Longitude 11°28'02"W  
 Date : le 12/03/1998



(12) Forage JF-8A

Jusqu'à 15,5 m de profondeur, des sédiments quaternaires formés de graviers de jaspe, de sable et de vase, suivie par des pélites jusqu'à 32,5 m. La plupart des pélites sont très argilisées. Une roche de vase sableuse saine et dure (tillite) ayant été trouvée à partir de 32,5 m, le forage a été jugé peu prometteur et a été interrompu à 36,5 m. Si, à partir de 12 m, une certaine humidité était présente, aucune présence d'eau n'a pu être constatée. La flaque d'eau stagnant au fond du forage le lendemain avait une conductivité électrique de 2.110  $\mu\text{s/cm}$ .

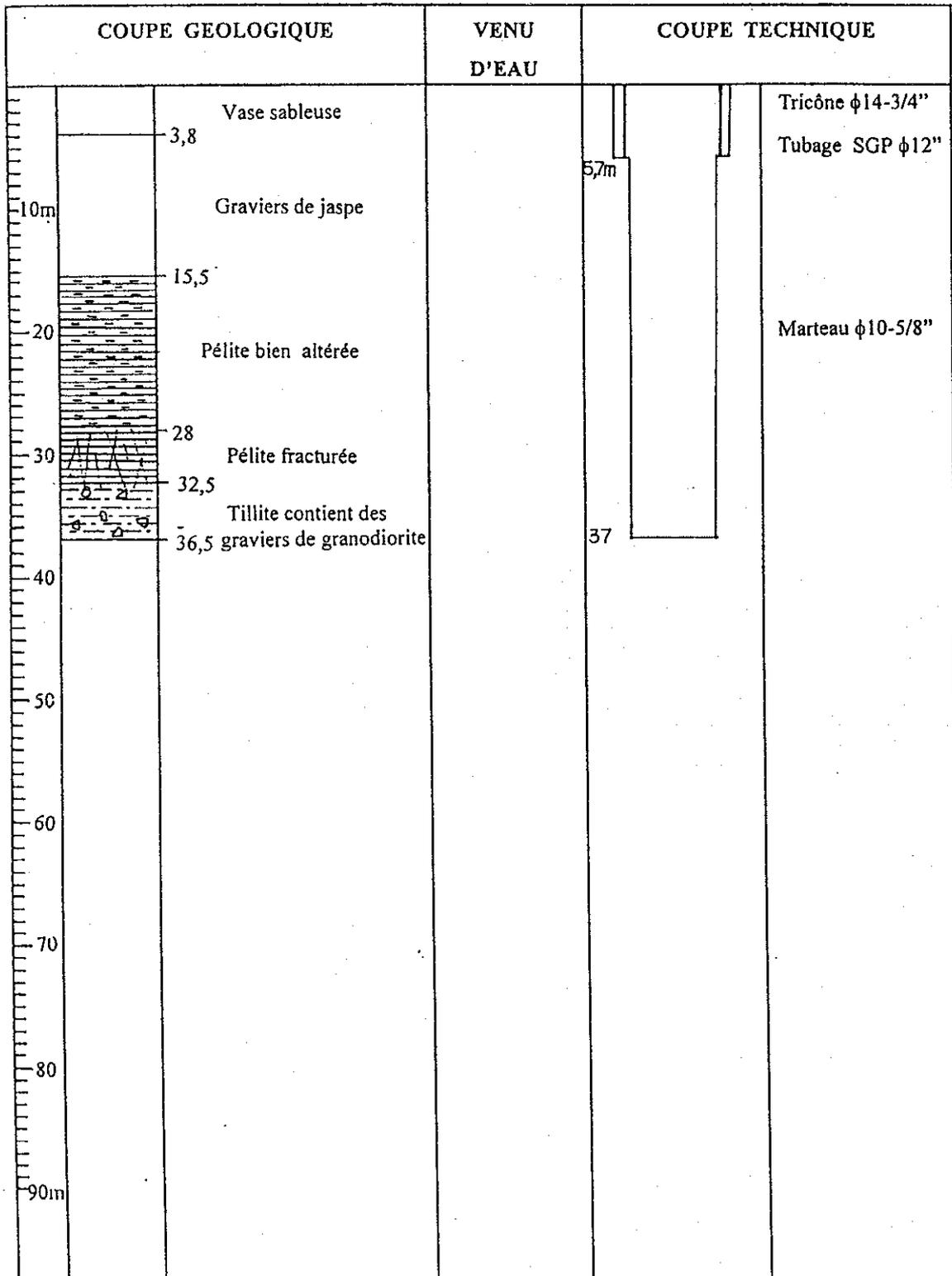
La coupe du forage JF-8A est présentée sur la figure S.1-13.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 3.8	Sable limoneux rouge
3.8 ~ 7.0	Jaspe et graviers de pélite siliceuse, contient de la vase
7.0 ~ 12.0	Vase sableuse blanche, grise
12.0 ~ 13.7	Sable limoneux ocre, légère humidité
13.7 ~ 15.5	Graviers de jaspe, altéré brun
15.5 ~ 24.5	Pélite en bande vert-gris-blanc, bien altérée, argilisée, micacée
24.5 ~ 28.0	Pélite chocolat noir, bien altérée, argilisée, micacée
28.0 ~ 32.5	Pélite siliceuse brune, grise, fracturée
32.5 ~ 36.5	Roche de sable grise, gris-noir, contient un peu de graviers de granite, saine, dure, massive

Figure S.1-13 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-8A

Forage No. : JF-8A - Kiffa  
 Site : Latitude 16°40'16"N Longitude 11°28'07"W  
 Date : le 10/05/1998



(13) Forage JF-8B

Jusqu'à 11,7 m de profondeur, des sédiments quaternaires formés de graviers de jaspe, de sable et de vase. Dès 7,5 m, une certaine humidité se remarque. Une couche de pélite va de 11,7 m à 40 m mais l'altération et l'argilisation sont médiocres jusqu'à 37 m. Une roche de vase sableuse dure et saine (tillite) a été trouvée à partir de 40 m mais aucun venu d'eau n'ayant eu lieu, le forage plus avant a été jugé inutile et l'excavation a été interrompue à 41 m. L'eau stagnant au fond du forage le lendemain avait une conductivité électrique de 1.405  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

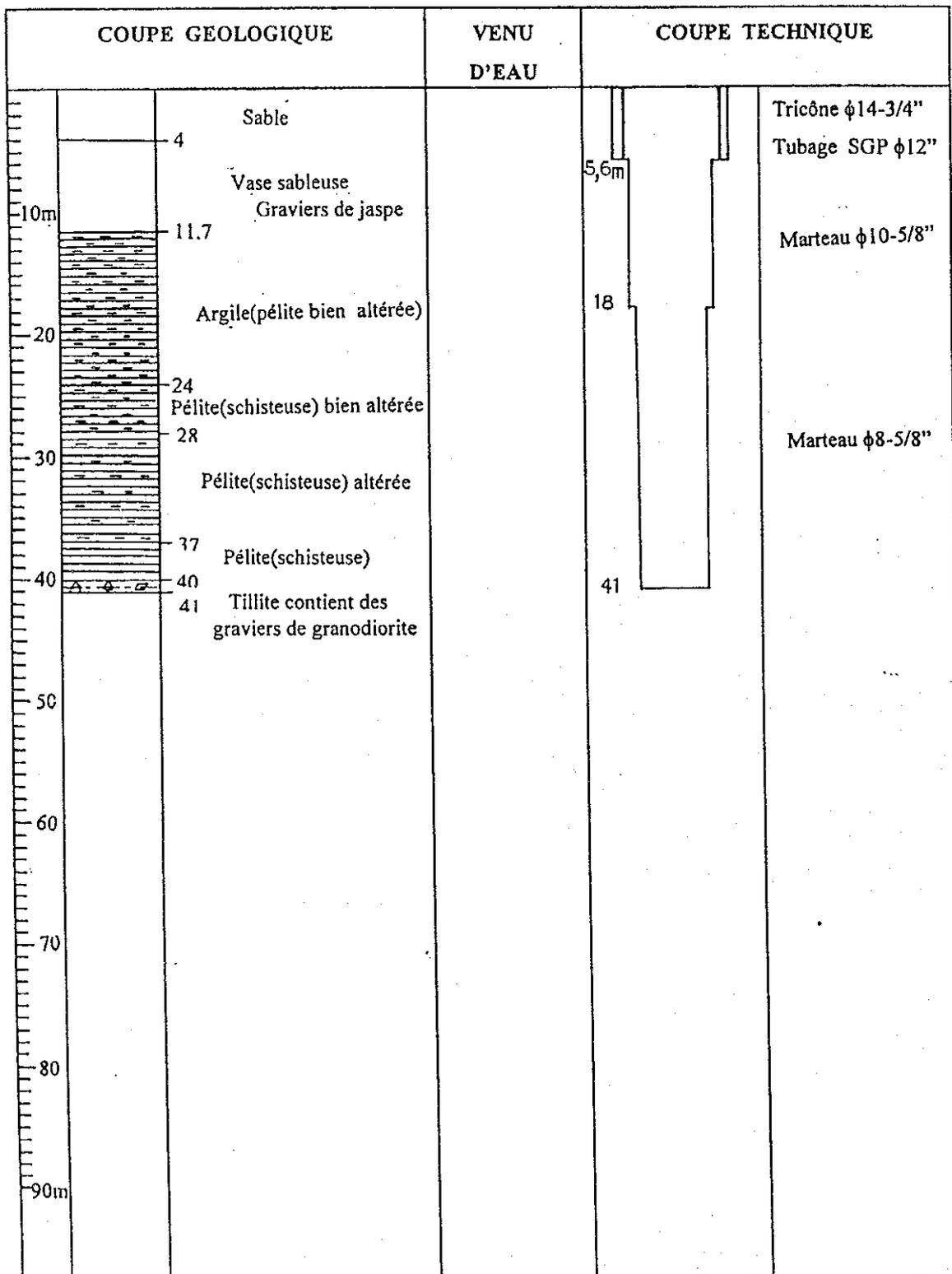
La coupe du forage JF-8B est présentée sur la figure S.1-14.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 2.2	Sable limoneux brun
2.2 ~ 4.0	Sable blanc
4.0 ~ 5.4	Vase sableuse gris-blanc
5.4 ~ 5.7	Graviers de jaspe
5.7 ~ 10.5	Vase sableuse gris-blanc, légère humidité à partir de 7,5m
10.5 ~ 11.7	Vase sableuse brune, contient des graviers de jaspe
11.7 ~ 24.0	Argile gris-vert, gris-blanc, probablement pélite argilisée
24.0 ~ 28.0	Pélite (schisteuse) gris-vert, bien altérée, bien argilisée, chloritique
28.0 ~ 37.0	Pélite (schisteuse) chocolat noir, altérée, chloritique
37.0 ~ 38.5	Pélite (schisteuse) grise, chloritique
38.5 ~ 40.0	Pélite (schisteuse) noire, bien stratifiée, pellicule d'oxyde de fer et pyrite
40.0 ~ 41.0	Tillite gris-noir, roche de vase contenant des graviers de granite, saine, dure

Figure S.1-14 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-8B

Forage No. : JF-8B - Kiffa  
 Site : Latitude 16°40'28"N Longitude 11°28'21"W  
 Date : le 12/05/1998



(14) Forage JF-9

Jusqu'à 28 m, essentiellement des pélites, puis de 28 à 49,5 m principalement des grès. Une certaine humidité se remarque à partir de 17 m et un débit d'eau de 1 m<sup>3</sup>/h a été trouvé à partir de 28 m. Ce débit a légèrement augmenté dans les grès, et il était de 1,5 m<sup>3</sup>/h avec une conductivité électrique de 2.570 µs/cm à 32 m de profondeur, puis de 2,0 m<sup>3</sup>/h et conductivité électrique de 2.820 µs/cm à 44 m. La conductivité électrique étant très élevée et les grès se terminant à partir de 49,5 m pour être remplacés par une roche sableuse supposée être de la tillite, une amélioration de la qualité et du débit d'eau a été jugée impossible et le forage a été interrompu à 50 m.

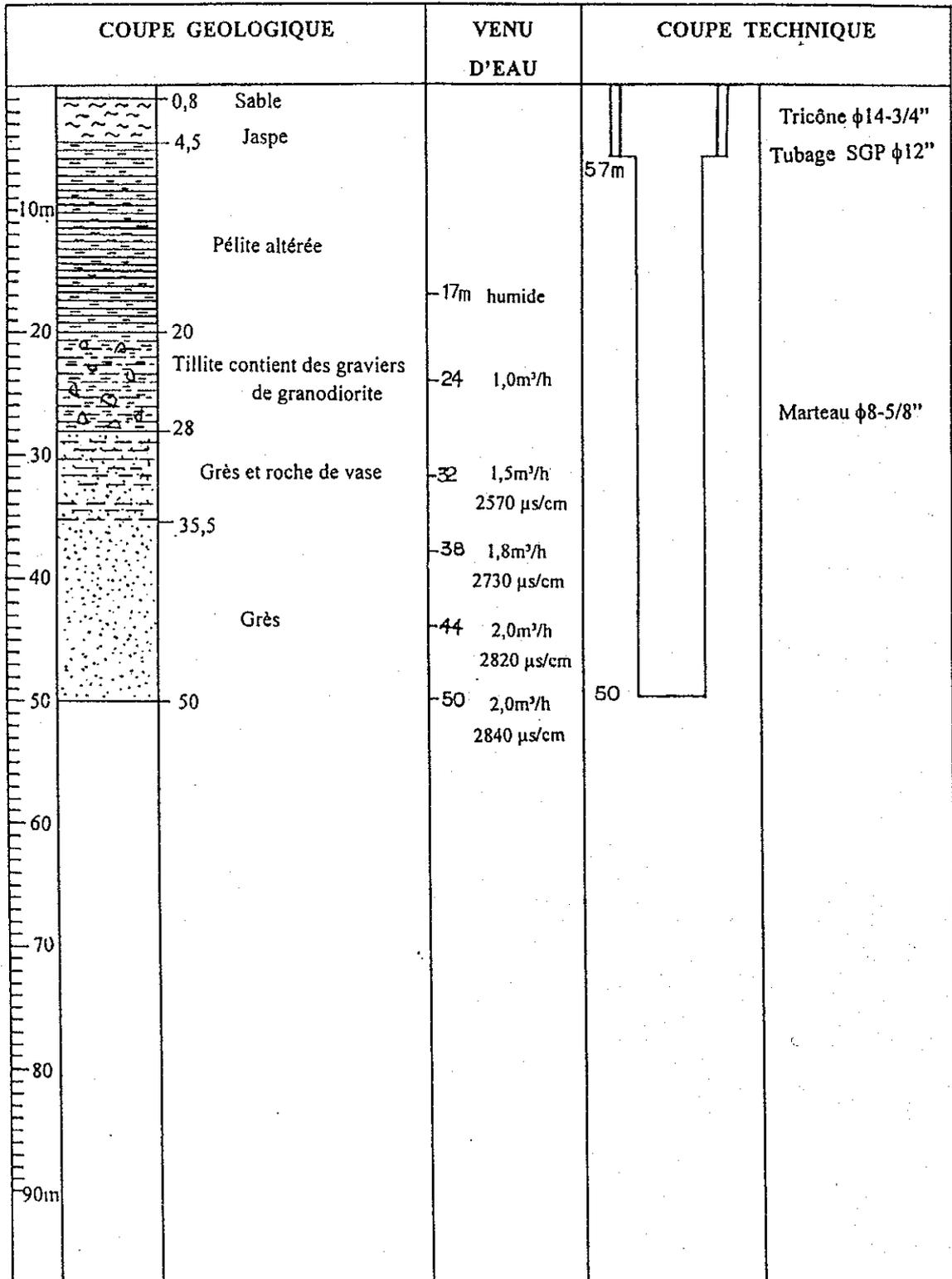
La coupe du forage JF-9 est présentée sur la figure S.1-15.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 0.8	Sable fin marron
0.8 ~ 3.0	Jaspe gris-vert
3.0 ~ 4.5	Graviers, vase blanche, argile
4.5 ~ 7.0	Pélite rougeâtre, gris-blanc, peu altérée, argilisée
7.0 ~ 8.0	Jaspe (en graviers) gris-vert, brun-rouge
8.0 ~ 12.0	Pélite (roche de vase à schisteuse), stratifiée
12.0 ~ 13.0	Jaspe (en graviers) gris-vert, rouge-brun
13.0 ~ 19.0	Pélite (schisteuse) noire, gris-noir, altérée, humidité à partir de 17 m
19.0 ~ 20.0	Pélite (schisteuse) gris, brun, bien altérée, surface de fracture argilisée
20.0 ~ 28.0	Roche de vase sableuse grise (tillite), bien altérée, surface de fracture argilisée, contient des graviers de quartz et de granodiorite, jaillissement d'eau contenant une grande quantité d'argile à 24 m
28.0 ~ 29.0	Grès à grains fins gris-blanc
29.0 ~ 33.0	Roche de vase grise, contient une infime quantité de quartz, bien altérée
33.0 ~ 34.0	Grès à grains fins gris
34.0 ~ 35.5	Roche de vase grise
35.5 ~ 49.5	Grès à grains moyens gris-blanc, blanc
49.5 ~ 50.0	Roche de vase sableuse gris-noir

Figure S.1-15 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-9

Forage No. : JF-9 - Kiffa  
 Site : Latitude 16°40'42"N Longitude 11°26'36"W  
 Date : le /04/1998



(15) Forage JF-10

De la jaspe de 1 à 5 m, puis des pélites à partir de cette profondeur.

De 31 à 37 m, une roche calcaire cristalline à grains fins dans laquelle on découvre l'eau à 35 m, avec un débit de 1,5 m<sup>3</sup>/h à 38 m et une conductivité électrique de 1.092 µs/cm. Les pélites sous la roche calcaire sont saines et étant donné que le débit n'a pas augmenté, le forage a été interrompu à 58 m.

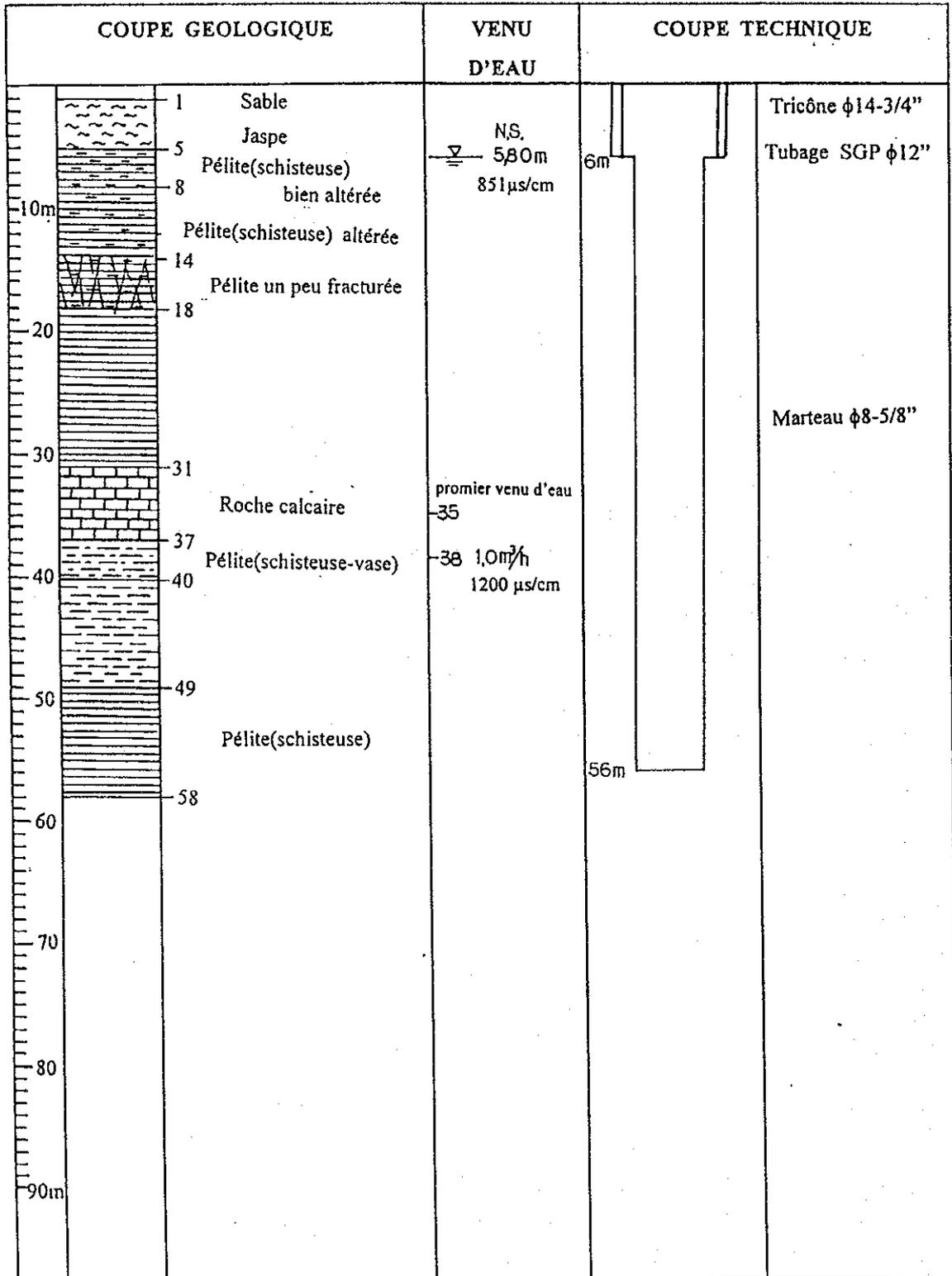
La coupe du forage JF-10 est présentée sur la figure S.1-16.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 1.0	Sable
1.0 ~ 5.0	Jaspe
5.0 ~ 8.0	Pélite (schisteuse) vert-blanc, bien altérée
8.0 ~ 12.0	Pélite (schisteuse) chocolat noir, altérée
12.0 ~ 31.0	Pélite (schisteuse) vert-gris, gris-noir, altérée jusqu'à 18 m, légèrement fracturée de 14 à 18 m
31.0 ~ 37.0	Roche calcaire gris-blanc, cristalline grains fins
37.0 ~ 40.0	Pélite (roche de vase sableuse) verte, grise
40.0 ~ 49.0	Pélite (roche de vase) verte, gris-noir
49.0 ~ 58.0	Pélite (schisteuse) noire

Figure S.1-16 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-10

Forage No. : JF-10 - Kiffa  
 Site : Latitude 16°37'24"N Longitude 11°26'20"W  
 Date : le 5/06/1998



(16) Forage JF-11A

Tillite à partir de 31 m et aucun venu d'eau jusqu'à 44 m d'excavation, d'où interruption du forage.

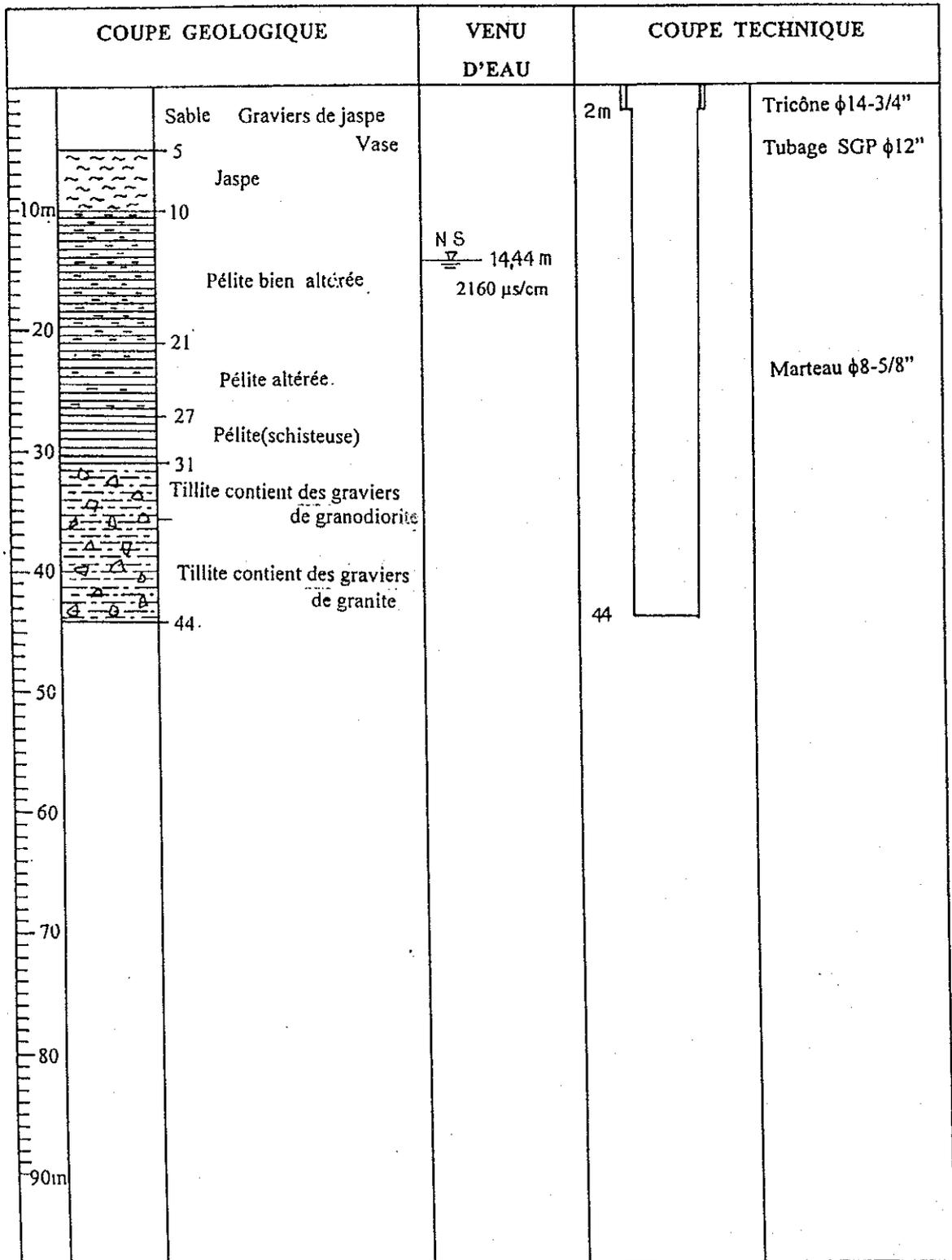
La coupe du forage JF-11A est présentée sur la figure S.1-17.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 1.0	Sable marron
1.0 ~ 3.0	Graviers de jaspe rouge-brun
3.0 ~ 5.0	Vase blanche
5.0 ~ 10.0	Jaspe gris-vert, rouge-brun, argile
10.0 ~ 16.0	Pélite gris-vert, blanc, bien altérée, argilisée
16.0 ~ 21.0	Pélite gris-blanc, bien altérée
21.0 ~ 27.0	Pélite grise, altérée, micacée
27.0 ~ 31.0	Pélite (schisteuse) noire, bien stratifiée
31.0 ~ 36.0	Tillite gris-noire, contient des graviers de granite et de feldspath
36.0 ~ 44.0	Tillite gris-noir, gris-vert, quantités importantes des graviers de granite et de feldspath potassique

Figure S.1-17 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-11A

Forage No. : JF-11A - Kiffa  
 Site : Latitude 16°41'17"N Longitude 11°28'08"W  
 Date : le 2/05/1998



(17) Forage JF-11B

L'eau a jailli à partir de 14 m, avec un débit d'environ 7 m<sup>3</sup>/h. L'excavation a été effectuée jusqu'à 56 m et des crépines ont été posées entre 23 et 39 m. Toutefois l'argile a bouché le tamis et le débit s'est pratiquement tari. Un traitement chimique a été effectué mais aucune amélioration n'a été constatée, le débit restant aux environs de 1 m<sup>3</sup>/h. La plupart de l'eau semble provenir d'une nappe peu profonde (14 m) située aux environs de la séparation entre sédiment quaternaire et socle, emplacement où la crépine n'a pas été installée.

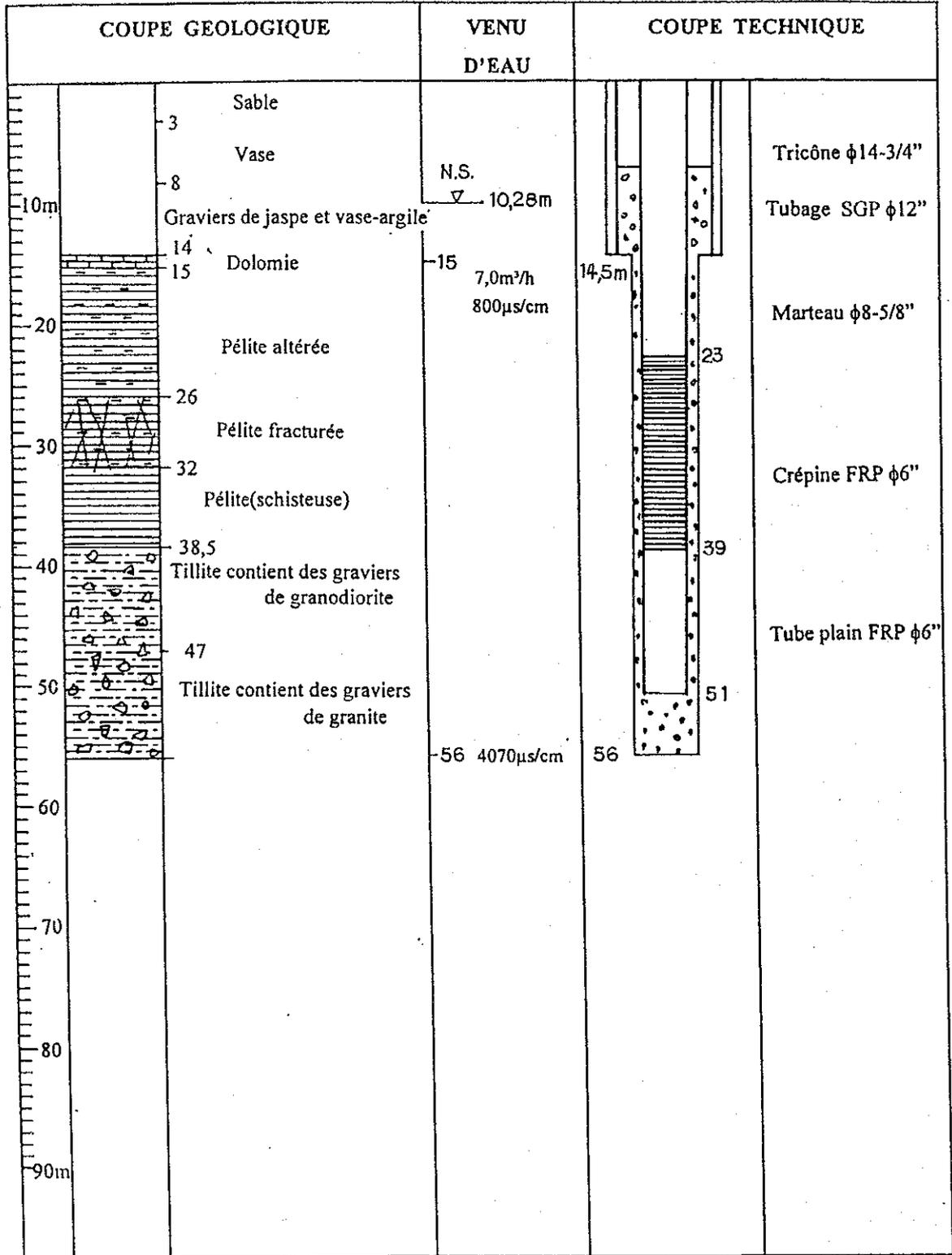
La coupe du forage JF-11B est présentée sur la figure S.1-18.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 3.0	Sable ocre
3.0 ~ 8.0	Vase gris-blanc
8.0 ~ 12.0	Graviers de jaspe et vase
12.0 ~ 14.0	Graviers de jaspe et argile
14.0 ~ 15.0	Veine de dolomite, eau
15.0 ~ 26.0	Pélite gris-vert, altérée, argile gris-vert-blanc
26.0 ~ 32.0	Pélite gris-vert, altérée, fracturée, chloritique, péliste (schisteuse) chocolat noir
32.0 ~ 38.5	Pélite (schisteuse) gris-vert, chloritique, film de fer ocre
38.5 ~ 45.0	Tillite fris-noir, contient des graviers de granite et des feldspath, feldspath inclinés sup. à feldspath potassique
45.0 ~ 47.0	Tillite vert-gris, chocolat noir, boueuse
47.0 ~ 52.0	Tillite chocolat noir, contient des graviers de granite et de feldspath
52.0 ~ 56.0	Tillite vert-gris, contient des graviers de granite et de feldspath potassique

Figure S.1-18 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-11B

Forage No. : JF-11B - Kiffa  
 Site : Latitude 16°41'06"N Longitude 11°28'17"W  
 Date : le 5/05/1998



(18) Forage JF-12A

Jusqu'à 9,7 m, des sédiments quaternaires de sable et de vase. A partir de 11,7 m, des pélites (schisteuses) mais la bande d'altération n'est que peu profonde, 4 m environ, et à plus de 20 m de profondeur, se poursuivent presque exclusivement des pélites (schisteuses) saines non fracturées. L'humidité se remarque à partir de 19 m et, si un léger débit (moins de 0,5 m<sup>3</sup>/h environ) est apparu, aucune augmentation de ce débit n'a pu être constatée par la suite. Les pélites saines, dures, peu fissurées se poursuivant plus en profondeur, l'excavation a été interrompue à 50 m. La qualité de l'eau, avec une conductivité électrique de 531 µs/cm, est bonne.

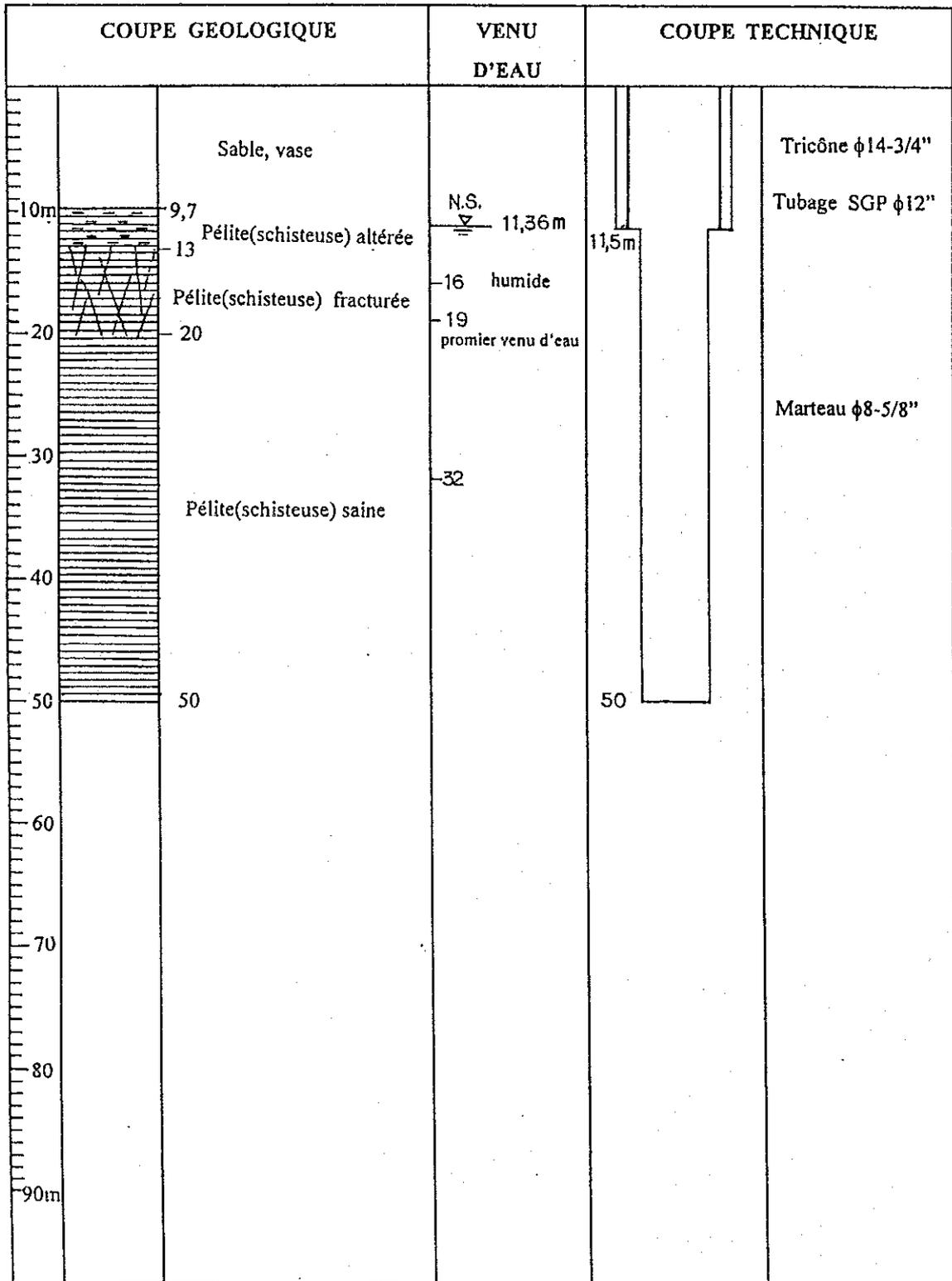
La coupe du forage JF-12A est présentée sur la figure S.1-19.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 1.8	Sable de vase brun
1.8 ~ 7.0	Sable blanc (sable de quartz)
7.0 ~ 9.0	Graviers de roche de vase et vase grise
9.0 ~ 9.7	Sable blanc (sable de quartz)
9.7 ~ 13.0	Pélite (schisteuse) chocolat noir, altérée
13.0 ~ 20.0	Pélite (schisteuse) chocolat noir, fracturée, humidité à 16 m, eau à 19 m
20.0 ~ 50.0	Pélite (schisteuse) chocolat noir, avec alternance de minces couches de pélite verte, saine

Figure S.1-19 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-12A

Forage No. : JF-12A - Kiffa  
 Site : Latitude 16°43'48"N Longitude 11°32'50"W  
 Date : le 14/05/1998



(19) Forage JF-12B

Une couche de sable jusqu'à 12,5 m. Plus en profondeur, des pélites (schisteuses), dont la bande altérée n'a que quelques mètres de profondeur, puis après 17 m, des pélites (schisteuses) saines, presque entièrement non-fracturées. Un venu d'eau s'est produit à partir de 16 m, mais aucune augmentation du débit n'a pu être constatée par la suite et, vu que des pélites saines, dures et peu fracturées se sont poursuivies plus en profondeur, le forage a été interrompu à 38m, avec un débit de 1,5 m<sup>3</sup>/h. La qualité de l'eau est médiocre, avec une conductivité électrique de 350 µs/cm.

La coupe du forage JF-12B est présentée sur la figure S.1-20.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

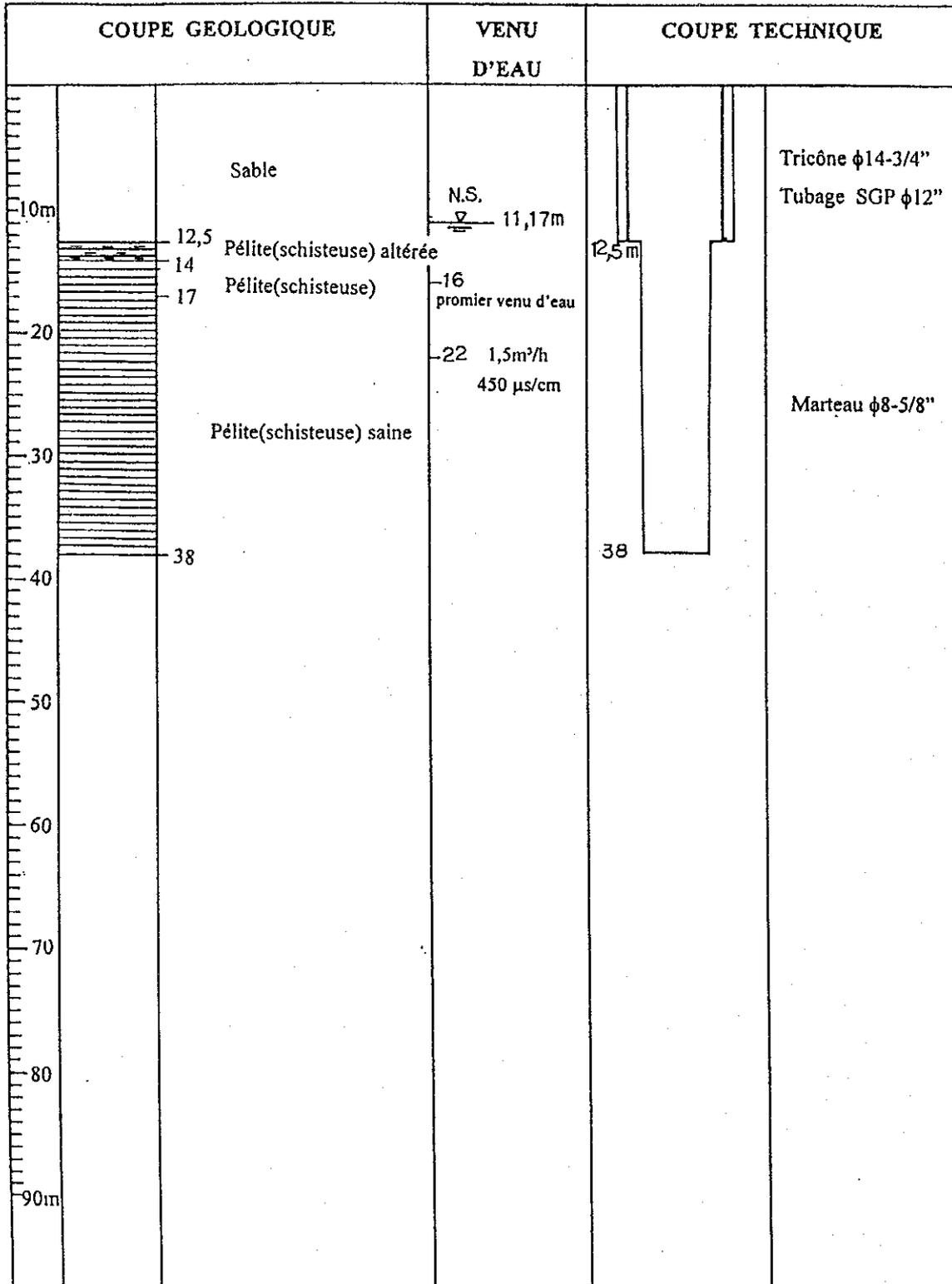
Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 8.0	Sable blanc
8.0 ~ 12.5	Sable ocre
12.5 ~ 14.0	Pélite (schisteuse) vert, chocolat noir, altéré
14.0 ~ 17.0	Pélite (schisteuse) chocolat noir
17.0 ~ 21.0	Pélite (schisteuse) chocolat noir, vert, saine
21.0 ~ 38.0	Pélite (schisteuse) chocolat noir, saine

Figure S.1-20 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-12B

Forage No. : JF-12B - Kiffa

Site : Latitude 16°43'34"N Longitude 11°33'16"W

Date : le 31/05/1998



(20) Forage JF-13A

Jusqu'à 8 m des sédiments de sable et de vase, puis des pélites (schisteuses) plus en profondeur. L'humidité apparaît à partir de 14 m, puis l'eau à 16 m, avec un débit de 9,7 m<sup>3</sup>/h à 22 m et une conductivité électrique de 550 µs/cm. Dans les pélites très fracturées et les roches calcaires entre 34 et 39 m, le débit augmente brusquement, pour atteindre 30 m<sup>3</sup>/h à 40 m. Cette augmentation se poursuit jusqu'à 46 m, où le débit arrive à 37 m<sup>3</sup>/h. Le forage a été interrompu car aucune augmentation du débit n'a pu être enregistrée de 46 à 58 m. Sur la base des résultats de la prospection électrique, des tubages en FRP d'une longueur totale de 32 m et de 6 pouces de diamètre ainsi que des crépines en FRP d'une longueur totale de 24 m pour 6 pouces de diamètre ont été équipés.

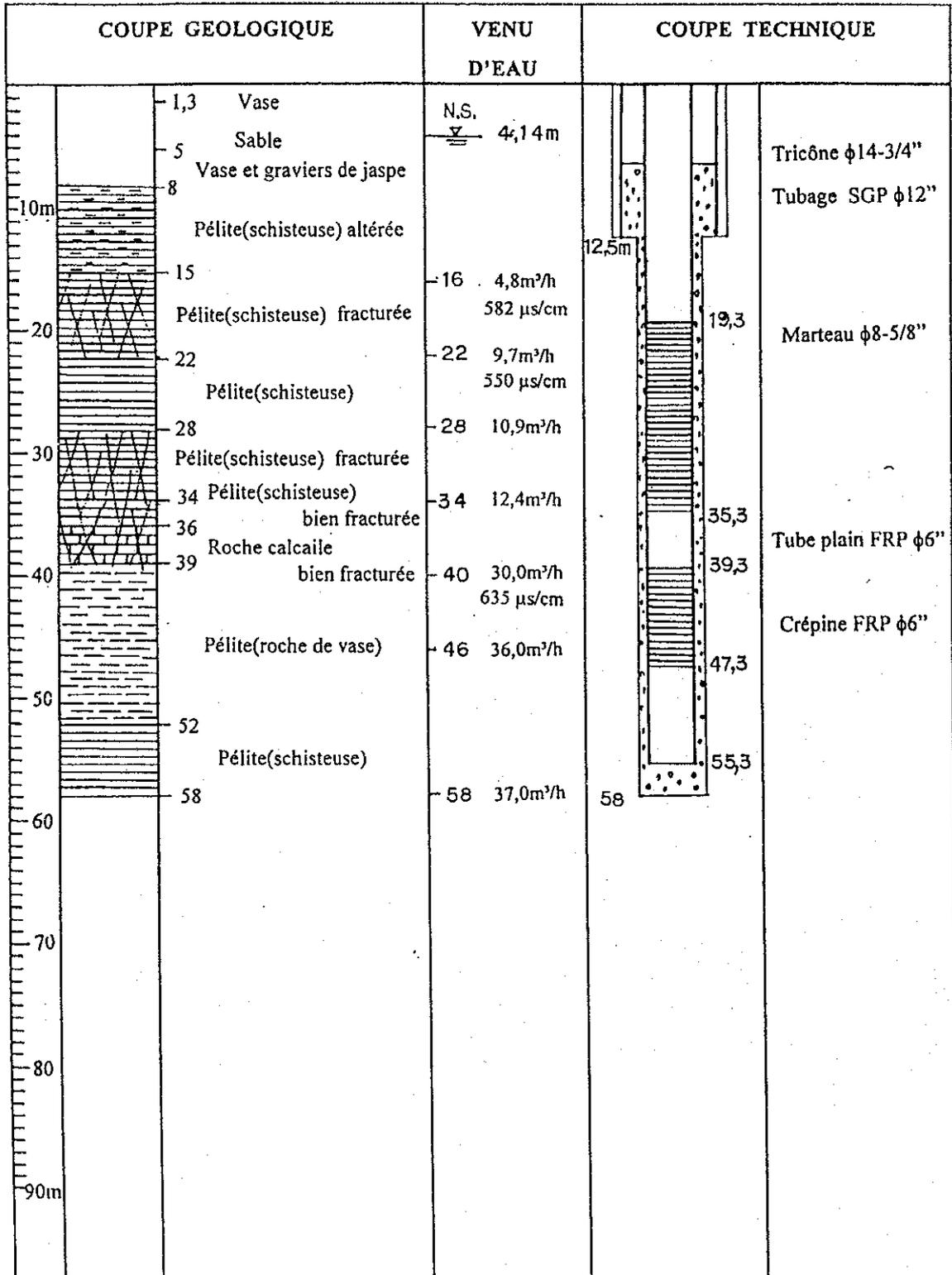
La coupe du forage JF-13A est présentée sur la figure S.1-21.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 1.3	Vase grise
1.3 ~ 3.2	Sable blanc
3.2 ~ 5.0	Sable ocre, contient des graviers de jaspe à 40 m
5.0 ~ 8.0	Vase gris-blanc, contient des graviers de jaspe
8.0 ~ 15.0	Pélite (schisteuse) chocolat noir, altérée, argileuse, humidité à 14 m
15.0 ~ 22.0	Pélite (schisteuse) chocolat noir, avec alternance de pélite verte (roche de boue siliceuse), fracturée
22.0 ~ 28.0	Pélite (schisteuse) chocolat noir
28.0 ~ 34.0	Pélite (schisteuse) chocolat noir, avec alternance de pélite verte (roche de boue siliceuse), fracturée
34.0 ~ 36.0	Pélite (schisteuse) grise, très fracturée, oxyde de fer surface de fracture
36.0 ~ 39.0	Roche calcaire gris-blanc, cristalline à grains fins, très fracturée oxyde de fer, surface de fracture
39.0 ~ 52.0	Pélite (roche de vase) noir-gris, contient parfois des grains de quartz
52.0 ~ 58.0	Pélite (schisteuse) noire, très stratifiée, micacée

Figure S.1-21 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-13A

Forage No. : JF-13A - Kiffa  
 Site : Latitude 16°44'34"N Longitude 11°31'15"W  
 Date : le 20/05/1998



(21) Forage JF-13B

Le venu d'eau à partir de 14 m mais le débit reste faible, de 1,5 m<sup>3</sup>/h à 38 m. La conductivité électrique de ce forage est élevée, avec 2800 µs/cm à 20 m et 7350 µs/cm à 32 m. Etant donné la salinité élevée, le forage a été interrompu à 32 m.

La coupe du forage JF-13B est présentée sur la figure S.1-22.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

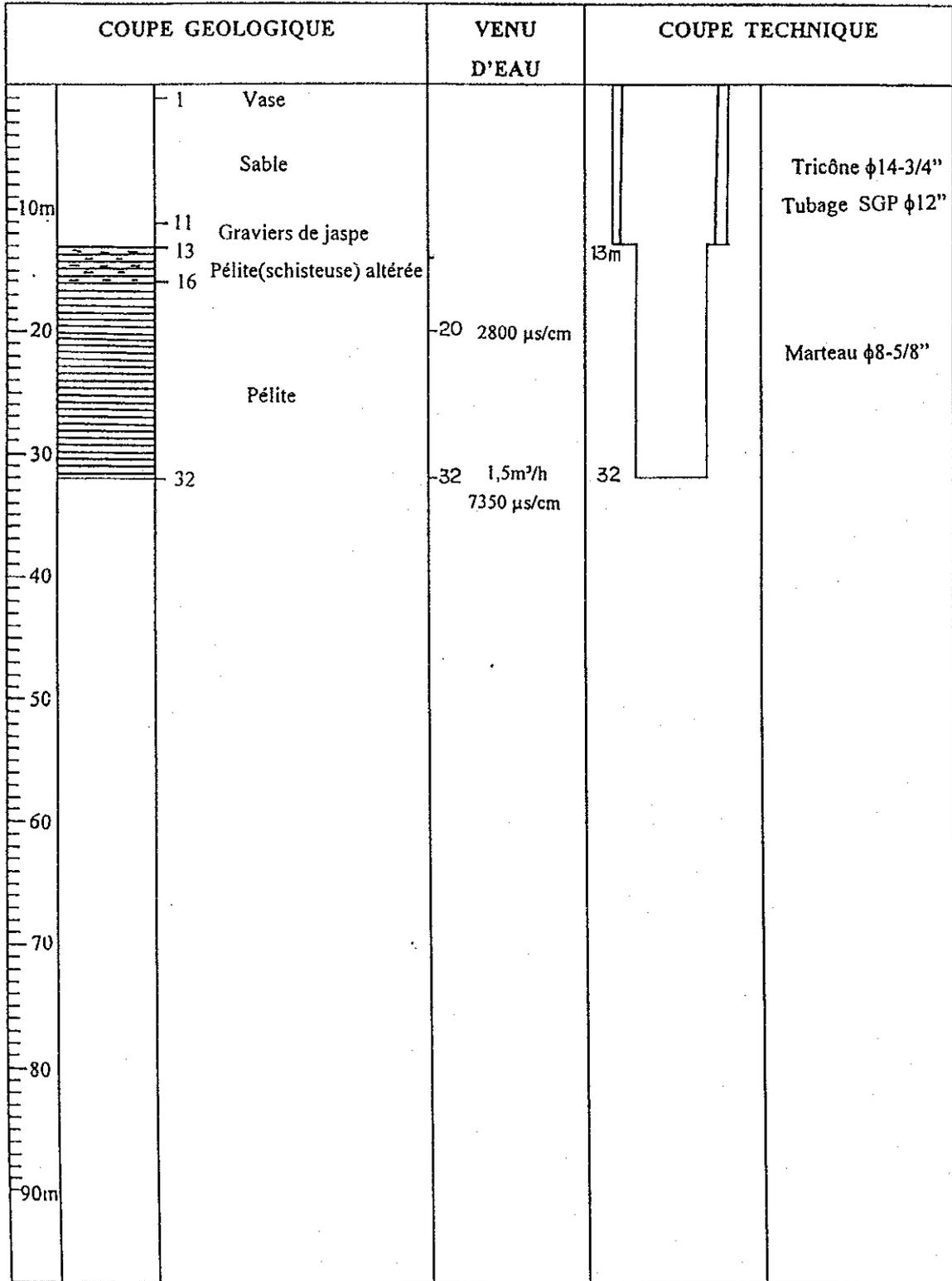
Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 1.0	Vase grise
1.0 ~ 11.0	Sable de vase ocre
11.0 ~ 13.0	Graviers de jaspe
13.0 ~ 16.0	Pélite (schisteuse) brune, verte, altérée
16.0 ~ 23.0	Pélite (schisteuse) brune, verte
23.0 ~ 25.0	Pélite brune
25.0 ~ 32.0	Pélite brune, verte

Figure S.1-22 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-13B

Forage No. : JF-13B - Kiffa

Site : Latitude 16°44'45"N Longitude 11°31'25"W

Date : le 27/05/1998



(22) Forage JF-14

Couche de sable à 16 m, puis des pélites (schisteuses) plus en profondeur. Un venu d'eau s'est produit à partir de 24 m mais le débit a été faible, avec 0,5 m<sup>3</sup>/h environ. La conductivité électrique du forage est élevée: 2480 µs/cm à 38 m et 3400 µs/cm à 50 m.

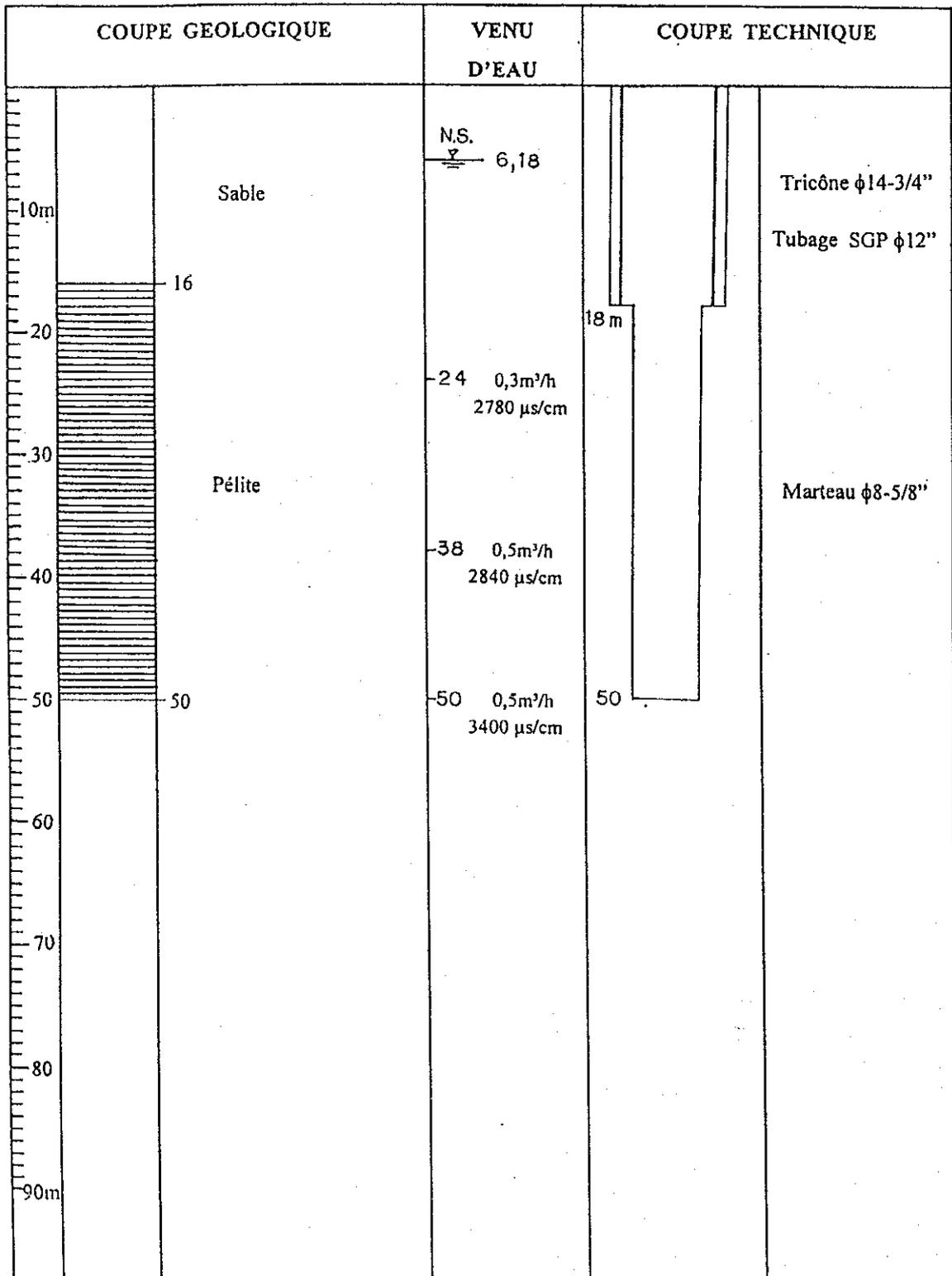
La coupe du forage JF-14 est présentée sur la figure S.1-23.

Les caractéristiques géologiques de ce forage sont présentées ci-dessous.

Profondeur (m)	Caractéristiques géologiques
0 ~ 6.0	Sable blanc
6.0 ~ 16.0	Sable ocre, humidité
16.0 ~ 32.0	Alternance de pélites vertes et chocolat noir, vert et chocolat noir égales
32.0 ~ 37.0	Alternance de pélites vertes et chocolat noir, + chocolat noir que vert
37.0 ~ 40.0	Alternance de pélites vertes et chocolat noir, vert et chocolat noir égales
40.0 ~ 44.0	Alternance de pélites vertes et chocolat noir, + vert que chocolat noir
44.0 ~ 48.0	Pélite chocolat noir
48.0 ~ 50.0	Alternance de pélites vertes et chocolat noir, vert et chocolat noir égales

Figure S.1-23 Coupe du Forage de Reconnaissance JF-14

Forage No. : JF-14 - Kiffa  
 Site : Latitude 16°42'26"N Longitude 11°31'51"W  
 Date : le 16/05/1998



### S-1.3 Essais de Pompage

#### (1) Méthode des Essais de Pompage

Des tubages et des crépines ont été installés et des essais de pompage ont été effectués, dans les conditions indiquées ci-dessous, pour les forages de reconnaissance JF-2, JF-5A, JF-7B, JF-7B JF-13A ainsi que pour le forage F-5 existant.

##### 1) Essais de pompage par palier

En fonction des résultats du pompage préliminaire effectué au moment du lavage de l'excavation, le débit est déterminé en 5 à 7 paliers, la baisse de volume de l'eau du forage étant mesurée à chacun de ces paliers. La durée du pompage est d'environ 60 minutes par palier, le pompage se poursuivant jusqu'à ce que le niveau d'eau du forage se soit stabilisé.

##### 2) Essais de pompage continu

En fonction des résultats du pompage par paliers, et si un débit d'eau approprié est obtenu, un pompage continu est effectué pour mesurer la baisse du niveau d'eau dans le forage. Le pompage continu est effectué en principe sur 24 heures, la mesure se poursuivant jusqu'à ce que le niveau d'eau du forage se soit stabilisé.

##### 3) Essais de rétablissement

Ils consistent à mesurer, après l'arrêt du pompage continu, le rétablissement du niveau d'eau dans le forage. Cette mesure a lieu pendant 12 heures environ et se poursuit jusqu'à ce que le niveau d'eau du forage soit stabilisé.

#### (2) Résultats des Essais de Pompage

Le résultat des analyses des essais de pompage par paliers sont présentés sur les figures S.1-24 (1), S.1-24 (2) et S.1-24 (3). Le débit approprié pour chaque forage, recherché à partir de la courbe de débit-rabatement du niveau d'eau, est indiqué dans le tableau S.1-2. En ce qui concerne les forages JF-2, JF-7B, JF-13A et F-5, il est possible que le débit-plafond n'ait pas été obtenu.

Tableau S.1-2 Débit approprié des Forages d'Après les Essais de Pompage par Paliers

Numéro de forage	Débit approprié
JF-2	11 m <sup>3</sup> /h
JF-5A	5 m <sup>3</sup> /h
JF-7A	3 m <sup>3</sup> /h
JF-7B	18 m <sup>3</sup> /h
JF-13A	30 m <sup>3</sup> /h
F-5	75 m <sup>3</sup> /h

Les résultats des essais de pompage en continu ont été analysés selon les méthodes Theis, Jacob et de remontée afin de déterminer le coefficient de perméabilité, le coefficient de captage et le coefficient d'emmagasinement. Les résultats de ces analyses sont présentés dans les figures S.1-25 (1) et (2) et le tableau S.1-3. En ce qui concerne les puits JF-2, JF-5A, JF-7A et JF-7B, il y a de fortes possibilités pour que les variations de niveau piézométrique, enregistrées lors des essais de pompage en continu, aient eu lieu après une importante baisse de niveau. Il a donc été nécessaire de vérifier fréquemment le volume de pompage et de stabiliser le débit à l'aide de la robinetterie. L'analyse a par conséquent été effectuée en tenant compte de ces valeurs anormales.

Tableau S.1-3 Caractéristiques hydrodynamiques Obtenues par Pompages d'Essai

Forage	Coefficient de perméabilité T (m <sup>3</sup> /jour)			Coefficient de filtration k (m/jour)			Coefficient captage S	
	THEIS	YACOB	RECOVERY	THEIS	YACOB	RECOVERY	THEIS	YACOB
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	1.04E-06	1.09E-06
JF-7A	12.2	12.1	32.2	0.252	0.251	0.666	0.029	0.0249
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	1.04E-07	1.01E-07
F-5	2150	2160	2240	57.8	58.2	60.2	0.00854	0.00759

Comme le montre le tableau S.1-4 ci-dessous, la capacité spécifique des forages dont le débit trop faible a empêché de procéder aux essais de pompage a été obtenue à partir des valeurs du débit par élévation d'air au moment de l'excavation ainsi que par la baisse du niveau piézométrique.

Tableau S.1-4 Capacités Spécifiques des Forages sans Pompages d'Essai

Forage	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Rabattement (m)	Capacité spécifique Sc (m <sup>3</sup> /jour)
JF-1	Sec	-	
JF-3	3.0	25.9	2.78
JF-4	2.0	47.3	1.01
JF-5	0.4	22.9	0.42
JF-6	Sec	-	
JF-8	4.2	19.4	5.20
JF-8A	Sec	-	
JF-8B	Sec	-	
JF-9	-	-	
JF-10	1.0	30.2	0.79
JF-11A	Sec	-	
JF-11B	-	-	
JF-12A	0.5	18.6	0.65
JF-12B	1.5	8.8	4.09
JF-13B	1.5	22.0	1.64
JF-14	0.5	29.8	0.40

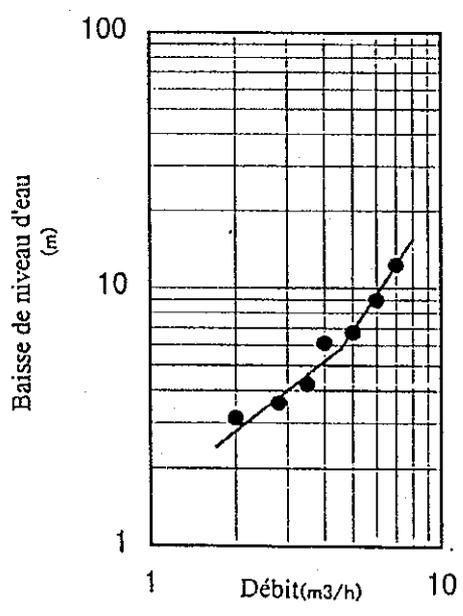
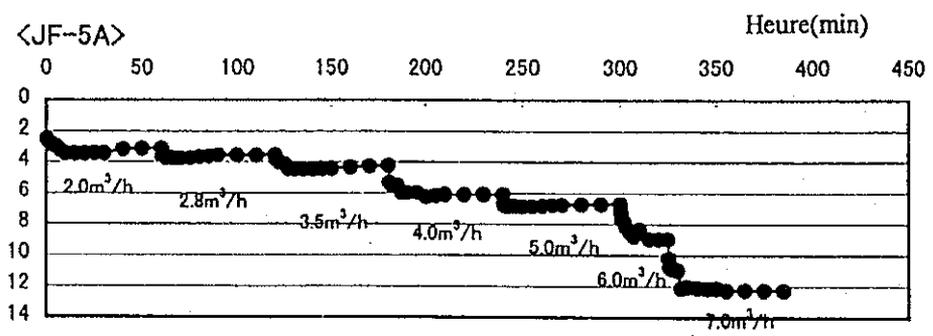
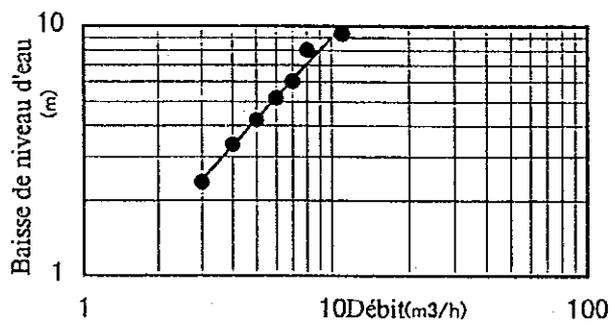
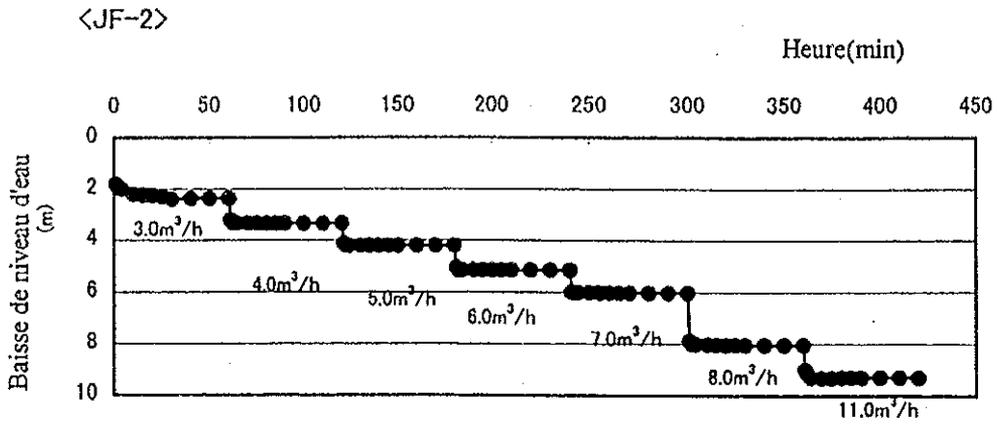
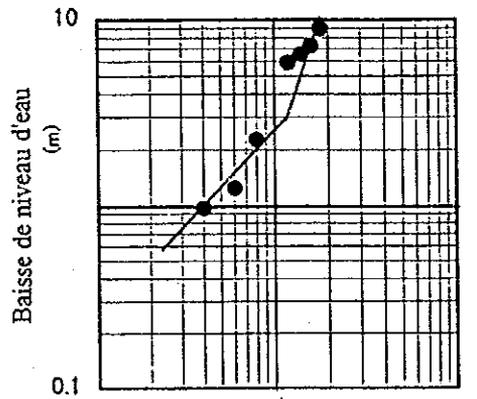
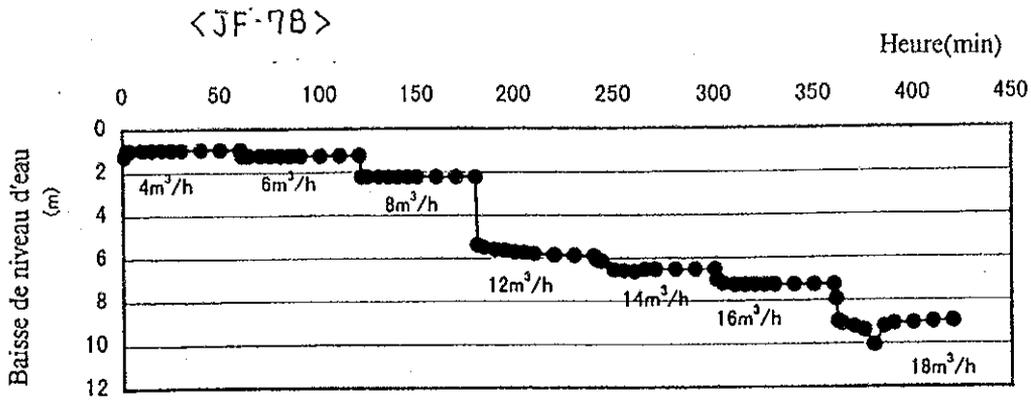


Figure S.1-24 (1) Résultats des Essais de Pompage par Paliers



< JF-7A >

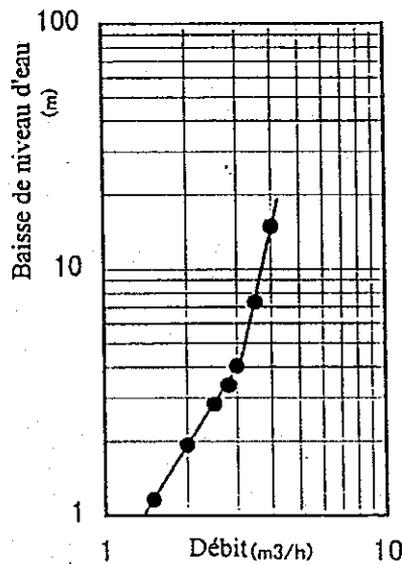
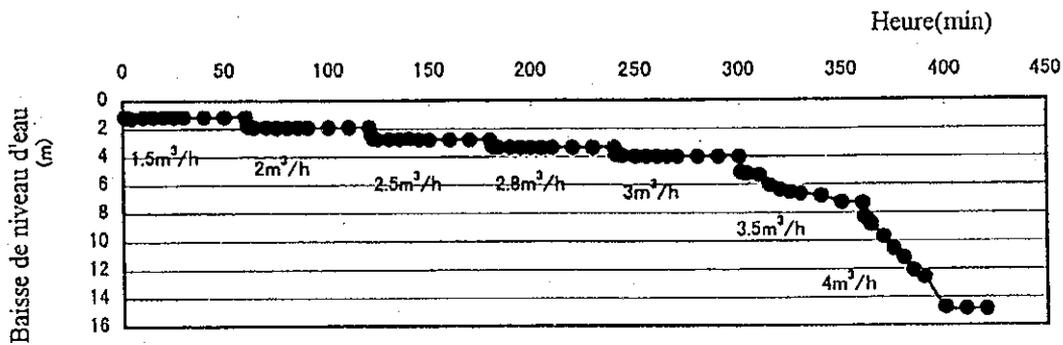
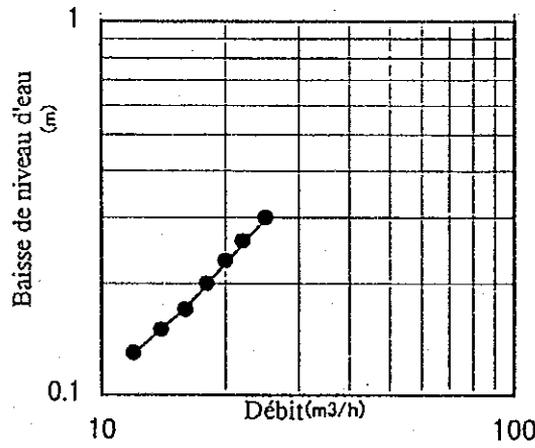
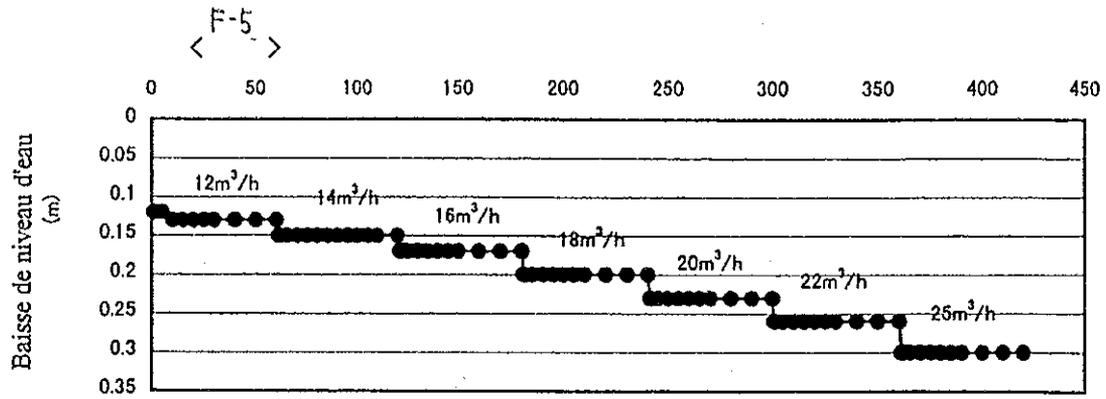


Figure S.1-24 (2) Résultats des Essais de Pompage par Paliers



< JF-13A >

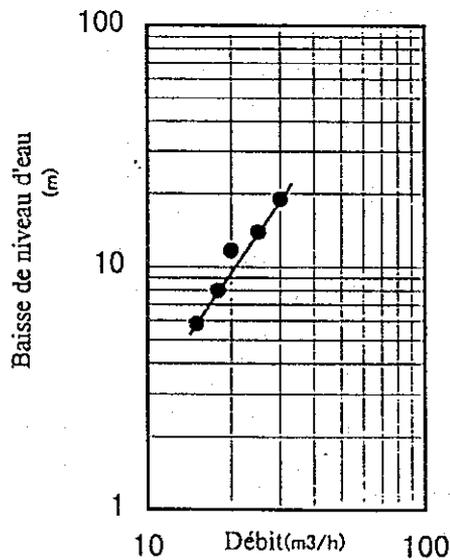
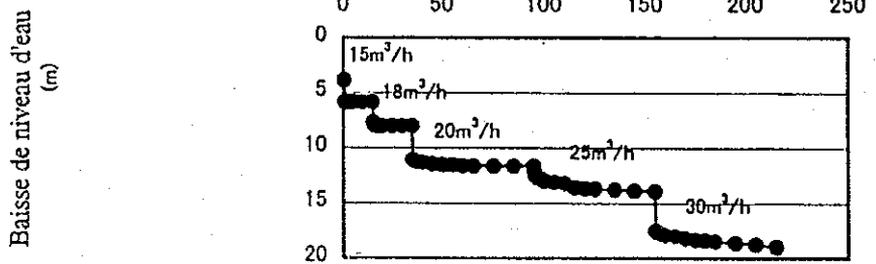


Figure S.1-24 (3) Résultats des Essais de Pompage par Paliers

<JF-7B>  
<- - ->

THEIS

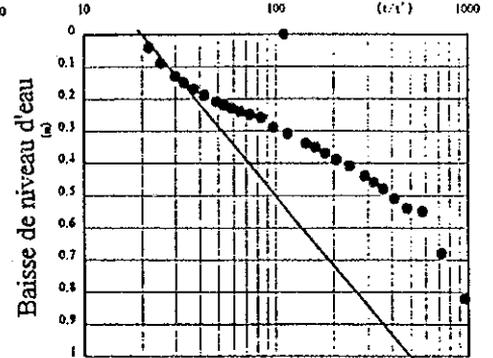
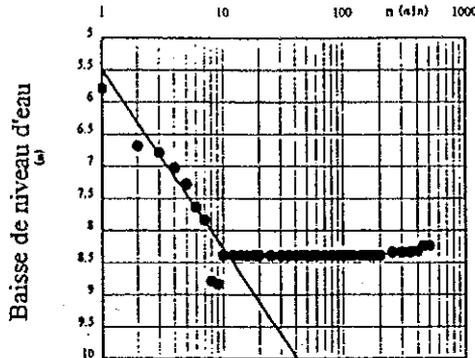
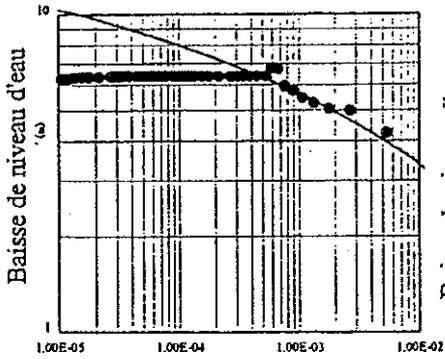
Débit = 18 m<sup>3</sup>/hr  
T = 28.5 m<sup>2</sup>/day k = 0.751 m/day S = 0.0898

JACOB

T = 28.3 m<sup>2</sup>/day k = 0.744 m/day S = 0.0904

REPRISE

T = 110 m<sup>2</sup>/day k = 2.9 m/day



<JF-7A>  
<- - ->

THEIS

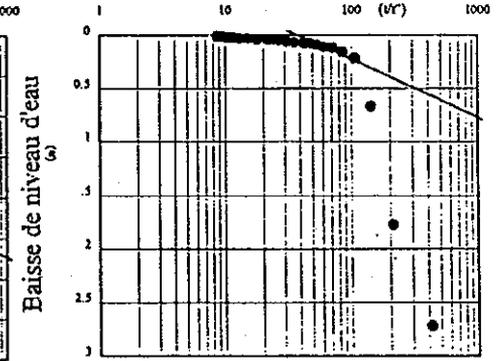
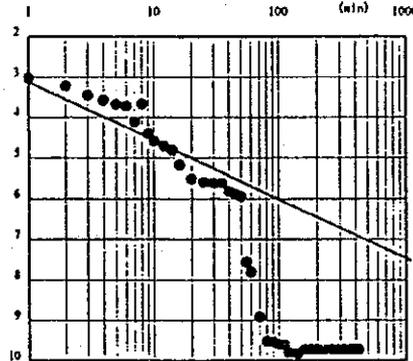
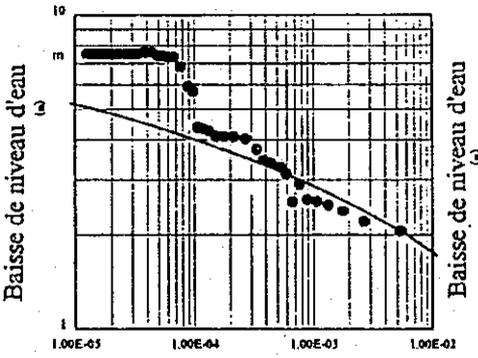
Débit = 4 m<sup>3</sup>/hr  
T = 12.2 m<sup>2</sup>/day k = 0.252 m/day S = 0.029

JACOB

T = 12.1 m<sup>2</sup>/day k = 0.251 m/day S = 0.0249

REPRISE

T = 32.2 m<sup>2</sup>/day k = 0.666 m/day



<JF-2>

THEIS

Débit = 10 m<sup>3</sup>/hr  
T = 31.6 m<sup>2</sup>/day k = 0.712 m/day S = 0.000422

JACOB

T = 31.1 m<sup>2</sup>/day k = 0.701 m/day S = 0.000422

REPRISE

T = 37.4 m<sup>2</sup>/day k = 0.842 m/day

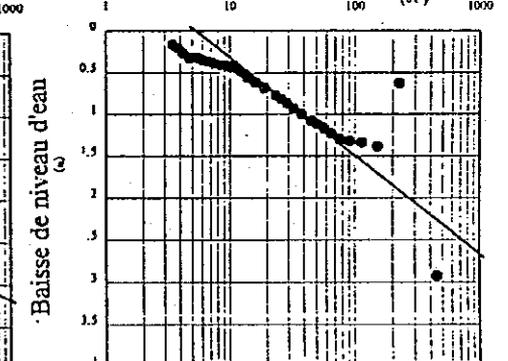
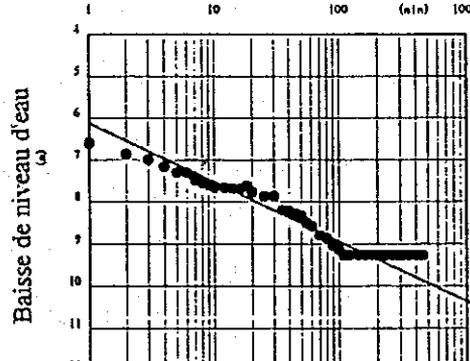
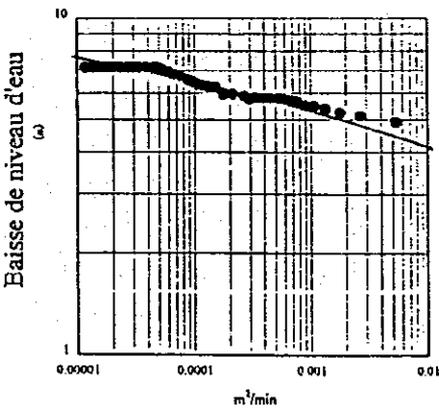


Figure S.1-25 (1) Résultats des Essais de Pompage Continu et de Rétablissement (1)

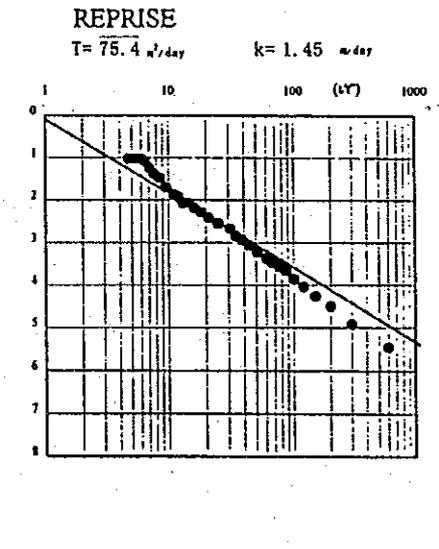
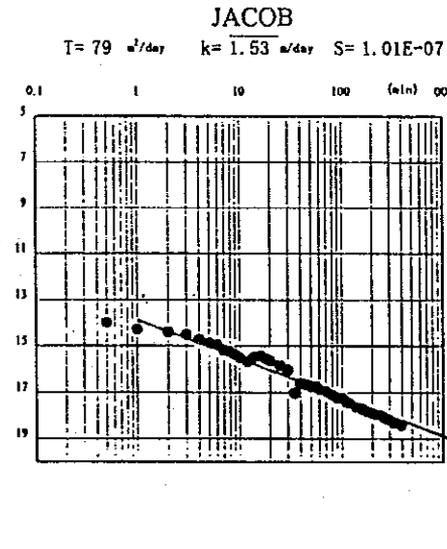
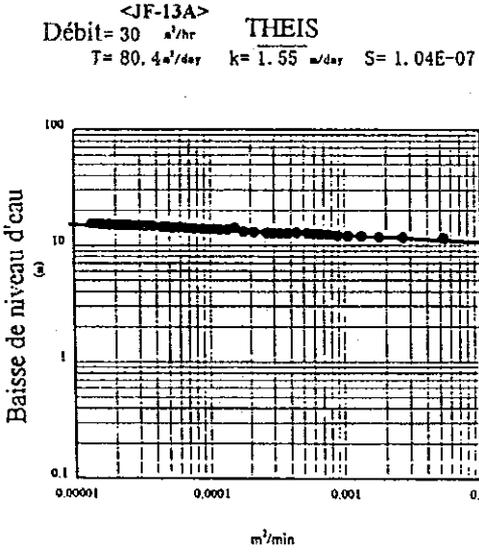
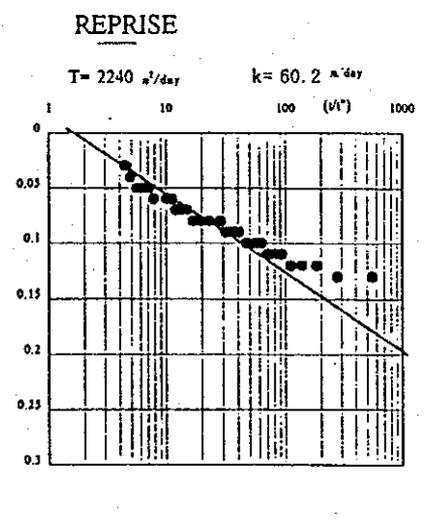
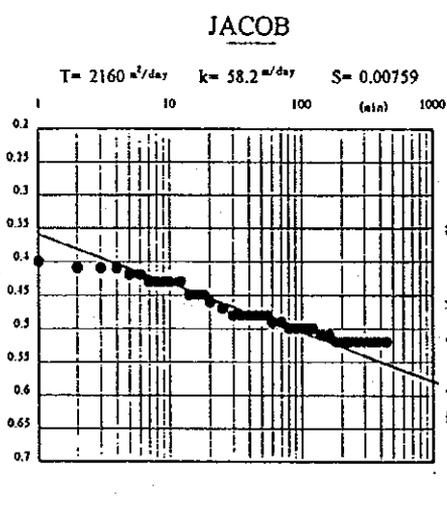
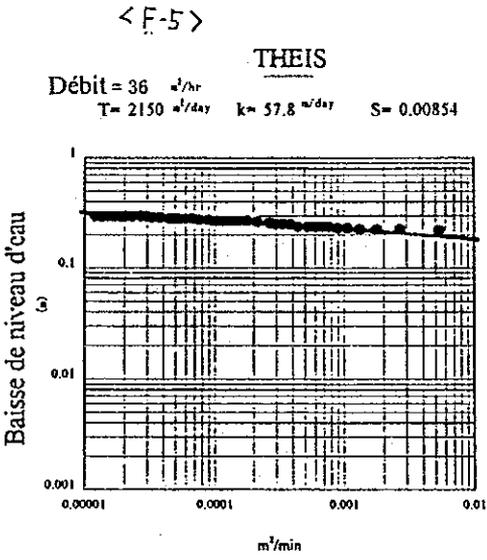
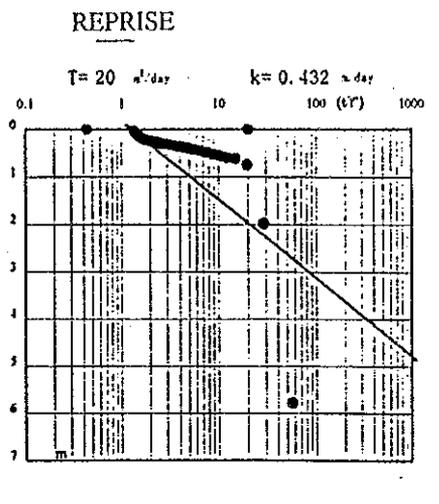
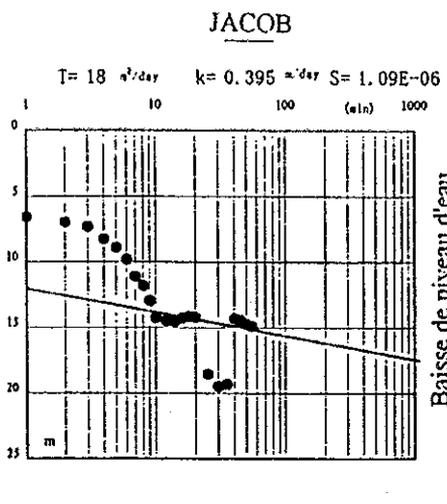
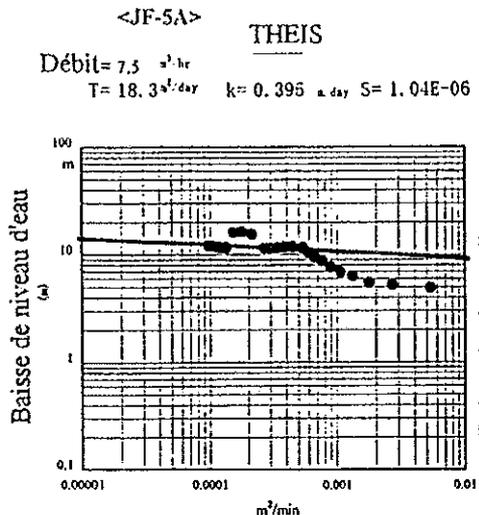


Figure S.1-25 (2) Résultats des Essais de Pompage Continu et de Rétablissement (2)

## S-1.4 Synthèse des Résultats des Forages de Reconnaissance

Les résultats obtenus pour les forages de reconnaissance sont présentés dans le tableau ci-dessous. Parmi ces forages de reconnaissance, les forages JF-2 (11 m<sup>3</sup>/h), JF-5A (5 m<sup>3</sup>/h), JF-7B (18 m<sup>3</sup>/h), JF-13A (30 m<sup>3</sup>/h) et le puits F-5 existant (75 m<sup>3</sup>/h), à savoir un total de 5 forages pour un débit de 139 m<sup>3</sup>/h sera utilisé pour l'alimentation en eau de la commune de Kiffa.

Tableau S.1-5 Résultats des Forages de Reconnaissance

Forage	Profondeur (m)	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Niveau d'eau (b.g.l)	Conductivité électrique (µs/cm)	Aquifère
JF-1	136	Très faible	7.09	5,730	Partie fracturée des pélites, tillites
JF-2	58	11 (essai de pompage)	14.29	1,077	Partie fracturée des pélites
JF-3	68	3.4 (élévation d'air)	12.12	717	Partie fracturée des pélites
JF-4	68	2.2 (élévation d'air)	6.70	990 (26m) 2,560 (56m)	Partie fracturée des pélites Tillites
JF-5	122	0.4 (élévation d'air)	13.13	1,060	Partie altérée des dolérites (intrusion dans faille)
JF-5A	62	5 (essai de pompage)	13.56	816	Partie fracturée des pélites
JF-6	74	Très faible	21.11	611	Pélites
JF-7	44	24 (élévation d'air)	7.55	1,260	Partie fracturée des pélites (abandon en raison d'un éboulement du forage)
JF-7A	58	3 (essai de pompage)	7.60	1,180	Partie altérée et partie fracturée des dolérites
JF-7B	46	18 (essai de pompage)	7.69	1,421	Partie fracturée des pélites
JF-8	74	4.2 (élévation d'air)	16.65	1,360 (32m) 3,300 (68m)	Partie fracturée des pélites, tillites
JF-8A	36.5	Très faible	-	2,110	Pélites altérées
JF-8B	41	Très faible	8.85	1,405	Pélites altérées
JF-9	50	2.0 (élévation d'air)	-	2,840	Tillites et grès
JF-10	56	1.0 (élévation d'air)	5.80	851	Pélites
JF-11A	44	Très faible	14.44	2,160	Pélites altérées, tillites
JF-11B	56	(7)	10.28	(800)	Partie fracturée des pélites
JF-12A	50	0.5 (élévation d'air)	11.36	531	Pélites
JF-12B	38	1.5 (élévation d'air)	10.88	450	Pélites
JF-13A	58	30 (essai de pompage)	4.14	654	Partie fracturée des pélites
JF-13B	32	1.5 (élévation d'air)	8.05	7,350	Pélites
JF-14	50	0.5 (élévation d'air)	6.18	3,000	Pélites

## **S-2      Prospection Géophysique**

## S-2 Prospection Géophysique

### Table des Matières

S-2.1	Prospection Electromagnétique.....	S2-1
S-2.2	Prospection Électrique Verticale.....	S2-4
S-2.3	Prospection Électrique Horizontale.....	S2-8

#### Annexe

	Les résultats de la Prospection électromagnétique (Vue en Coupe de la Résistivité).....	S2-12
--	---	-------



## S-2 Prospection Géophysique

### S-2.1 Prospection Electromagnétique

#### (1) Caractéristiques de la Prospection électromagnétique et Appareils utilisés

Les appareils utilisés pour la prospection électromagnétique ainsi que les méthodes de mesure sont indiqués ci-après.

- Emetteur-récepteur: SIROTEM MK-3 (Geoinstruments Pty Limited)
- Méthode de mesure: mesure électromagnétique temps-profondeur
- Câble: 2,9 mm
- Périmètre: 100 m par côté

#### (2) Sélection des Zones et Nombre de Prospections

Quatre zones, indiqués sur la figure ci-dessous, ont été sélectionnées pour la prospection électromagnétique sur la base des résultats des prospections antérieures, de l'interprétation des photos aériennes et de l'étude sur site. Comme l'indique la figure S.2-2, une prospection électromagnétique a été effectuée dans 360 emplacements au total.

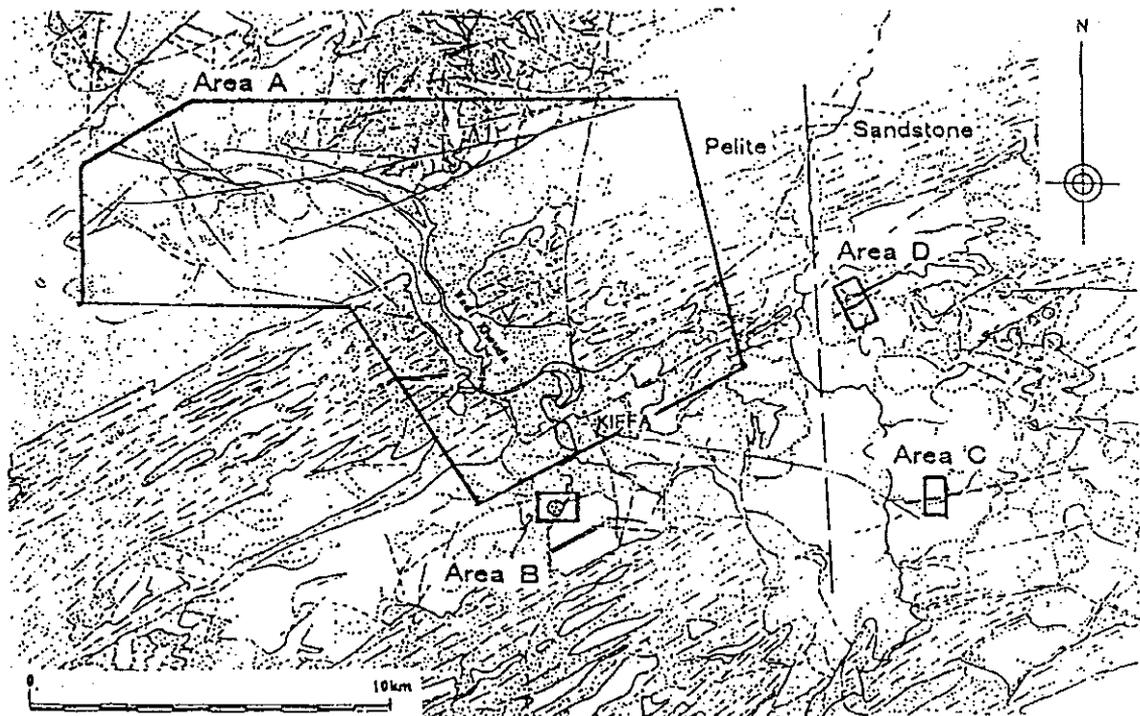


Figure S.2-1 Carte des Zones de Prospection Electromagnétique

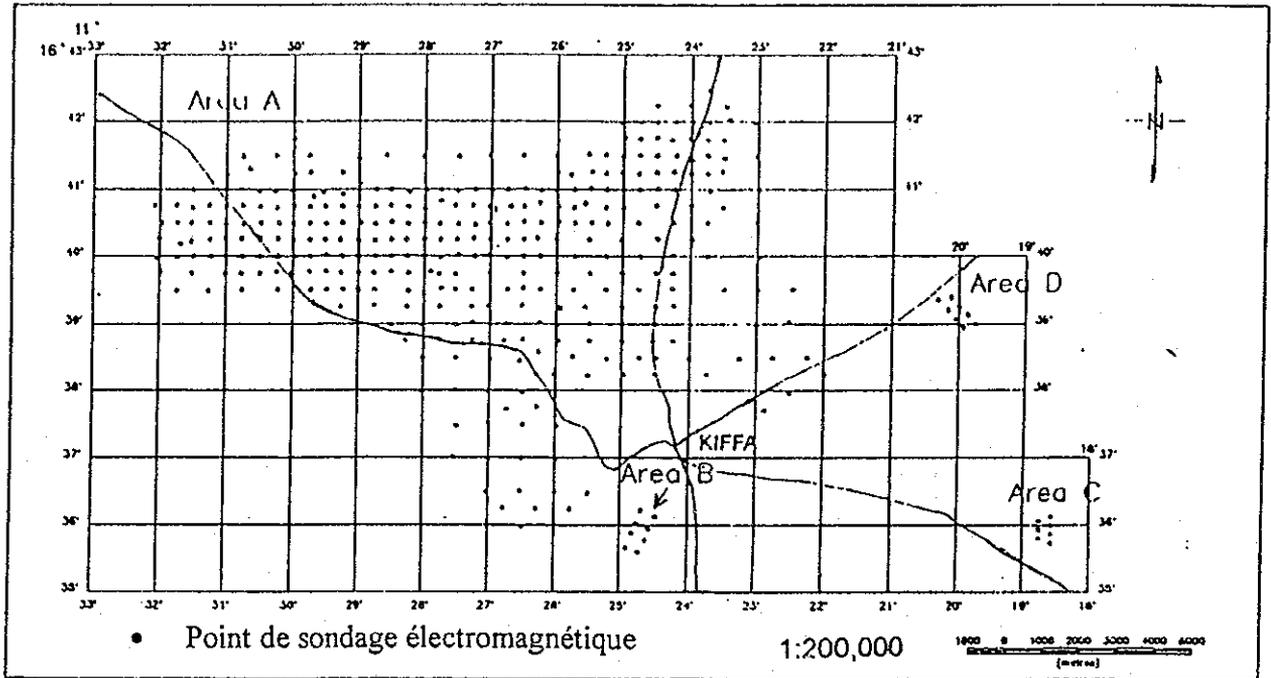


Figure S.2-2 Carte des Zones de Prospection Electromagnétique

### (3) Observations hydrogéologiques sur les Résultats de la Prospection électromagnétique

Les résultats de la prospection électromagnétique sont annexés à la fin de ce chapitre comme la vue en Coupe de la Résistivité.

#### 1) Zone A

Les résultats de la prospection dans la zone A, couvrant une vaste superficie de la partie ouest, ont montré la présence d'une couche dotée d'une résistivité élevée et d'une bonne continuité à une profondeur située entre 100 et 200 mètres. Le coefficient de résistivité de cette couche est de 50 ohm-m au minimum, avec une valeur maximale atteignant plus de 2.000 ohm-m, mais présente une valeur moyenne comprise entre 100 et 200 ohm-m.

La carte ci-dessous présente le plan des résistivités à une profondeur de 100 m dans la zone A sur lequel a été superposé les principaux linéaments décelés grâce aux photos aériennes. On remarque clairement sur cette carte une couche de résistivité élevée dans la partie ouest de la zone A ainsi qu'une autre couche de haute résistivité qui se trouve en pointillé le long du côté méridional des principaux linéaments. On a par conséquent supposé que ces linéaments correspondent à des failles à partir desquelles le prolongement de la couche de haute résistivité se divise en allant vers le sud.

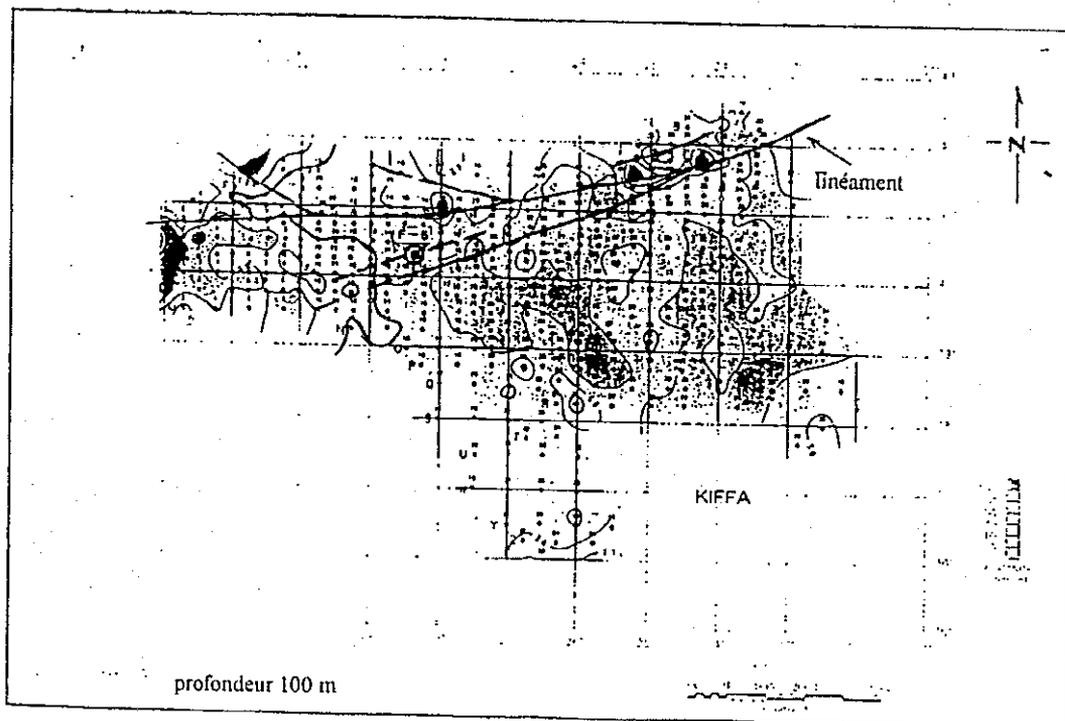


Figure S.2-3 Relation Entre les Résultats de la Prospection Electromagnétique et les Linéaments

Comme l'indique la figure ci-dessus, les résultats de la prospection électromagnétique ont permis de confirmer la présence d'un linéament traversant la zone A, ce linéament étant probablement une zone de broyage tectonique. On a par conséquent supposé que la zone A présentait une forte potentialité en eaux souterraines.

## 2) Zone B

Dans cette zone, la structure de résistivité étant homogène, la présence de failles ou d'aquifères semble peu probable. Les sols de cette zone sont composés de pélites homogènes comportant des intercouches boueuses.

## 3) Zones C et D

Les résultats de la prospection électromagnétique dans les zones C et D montrent une valeur de résistivité comprise entre 10 et 50 ohm-m de grès de Taleb, légèrement supérieure à celle des pélites.

Dans la zone C, aucune structure correspondant à une faille n'a pu être décélée alors qu'à une profondeur d'environ 100 mètres se trouve une couche boueuse de 30 m d'épaisseur environ de faible résistivité.

Dans la zone D également, aucune faille n'a été remarquée. On remarque dans cette zone que, plus la profondeur augmente plus la valeur de résistivité s'élève pour atteindre 50 à 100 ohm-m à plus de 150 à 200 mètres de profondeur. Les parties ayant une haute résistivité semblent être composées de grès sains.

## S-2.2 Prospection Electrique Verticale

### (1) Zone de la Prospection

Une prospection électrique verticale a été effectuée afin de clarifier les structures de résistivité de la commune de Kiffa et de vérifier l'hydrogéologie dans la ville. Cette prospection a été effectuée dans la zone de Segatar II à l'ouest de Kiffa où la teneur en sel des eaux souterraines est relativement faible, avec une pollution peu élevée par nitrate d'azote ainsi que dans la zone de l'ancienne ville de Jedida, Gomez, Temicha et Qlig où la teneur en sel et la pollution sont également peu élevées.

### (2) Méthodes, Nombres et Emplacement de la Prospection

Huit lignes de mesure, indiqués sur la figure S.2-4 ont été déterminées dans la commune de Kiffa afin d'effectuer la prospection dans les conditions suivantes:

- Equipement utilisé: OYO McOHM Mark-2
- Profondeur: Segatar II 60 m (Max.  $AB/2 = 60$  m)  
Ancienne ville 300 m (Max.  $AB/2 = 300$  m)
- Méthodes de mesure: Méthodes de Wenner et de Schlumberger

### (3) Résultats de la Prospection

Comme l'indique la figure S.2-5, la structure de résistivité dans la commune de Kiffa présente en principe trois couches, à savoir la couche de surface de haute résistivité, une couche à faible résistivité et une autre couche de haute résistivité. L'épaisseur de chacune des couches ainsi que la nature supposée des sols sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

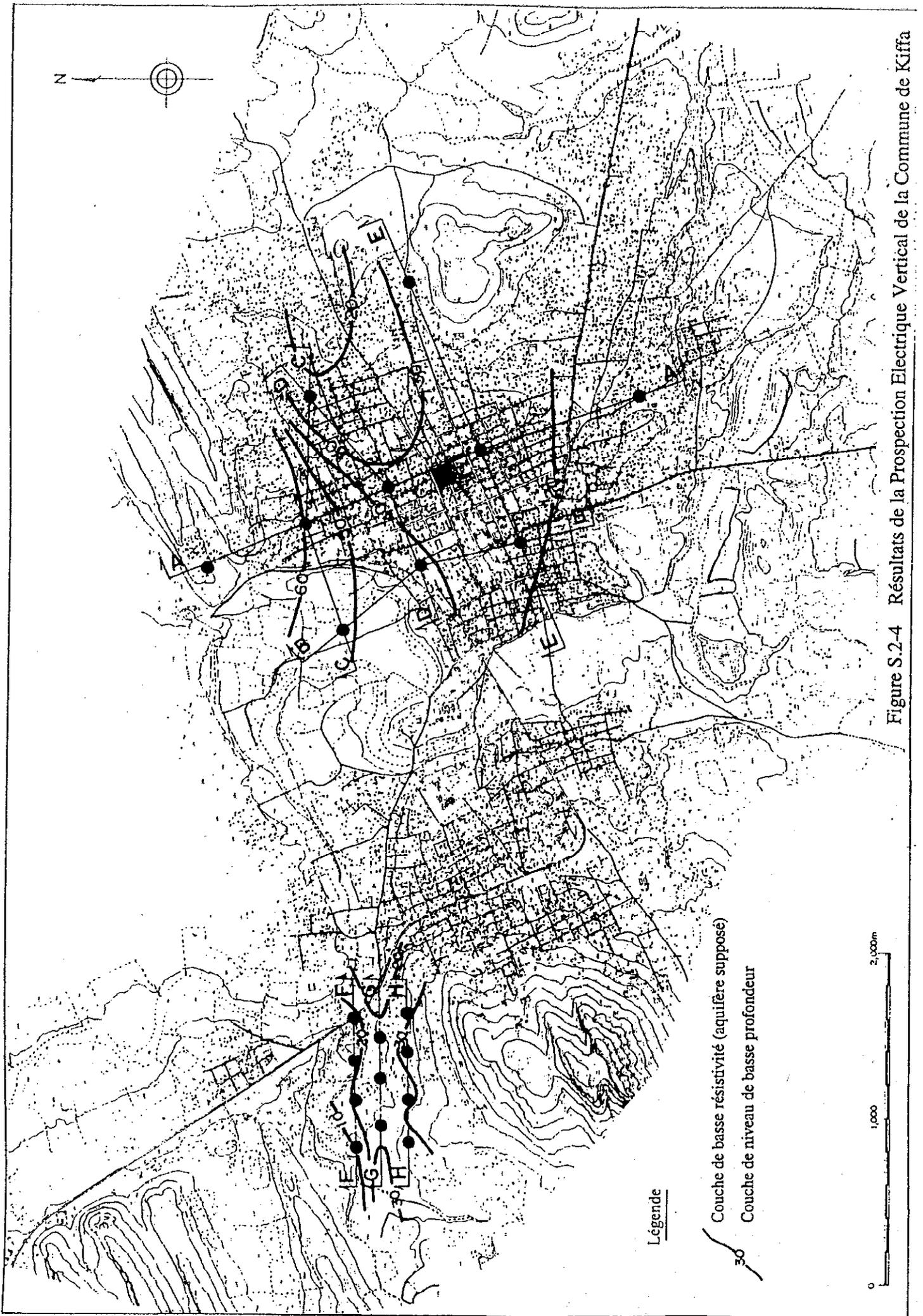
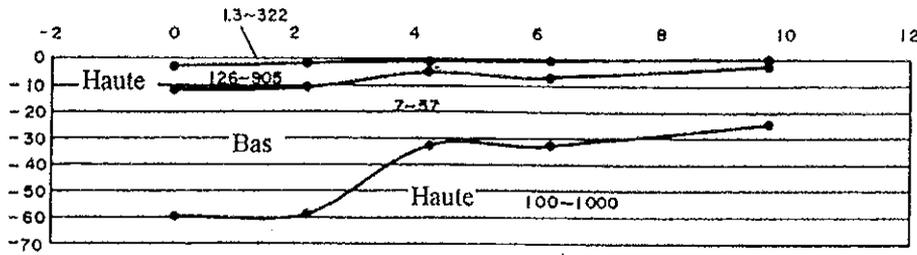
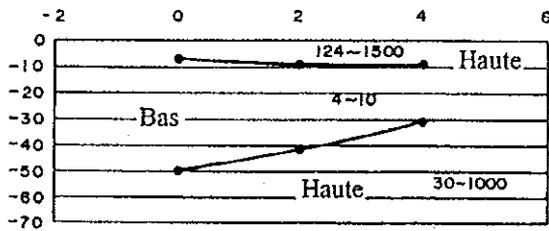


Figure S.2-4 Résultats de la Prospection Electrique Vertical de la Commune de Kiffa

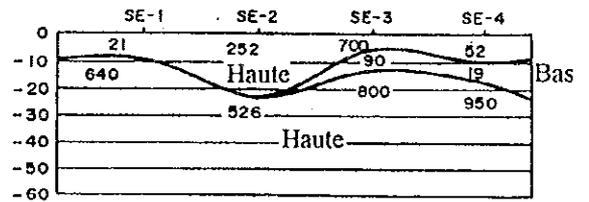
### A - A



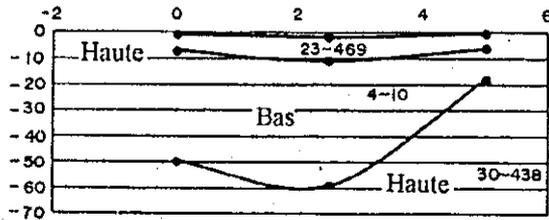
### B - B



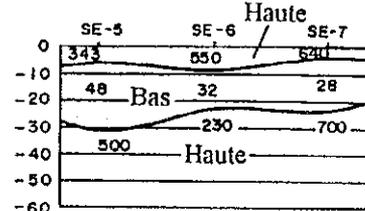
### F - F



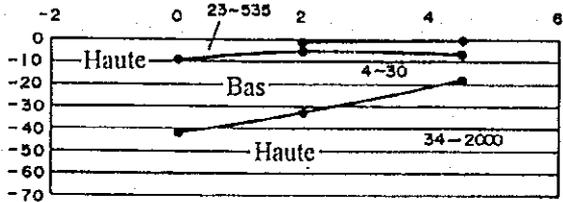
### C - C



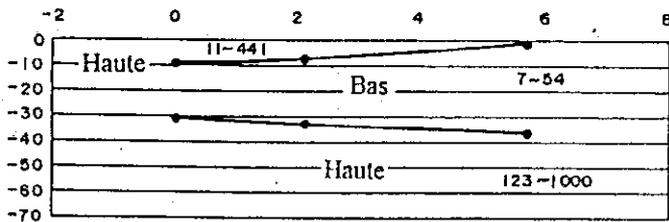
### G - G



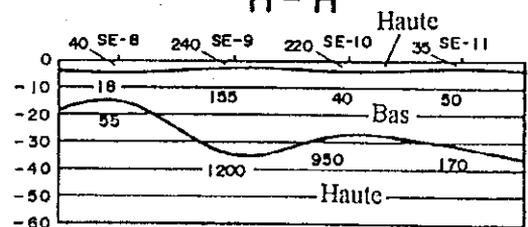
### D - D



### E - E



### H - H



Unité: Mètre Ohm

Figure S.2-5 Vue en Coupe de la Résistivité de la Commune de Kiffa

Tableau S.2-1 Résultats de la Prospection Electrique Verticale dans la Commune de Kiffa

Couche de résistivité	Valeur (ohm- m)	Epaisseur (m)	Nature supposée des sols
Haute résistivité	20-1,500	0-20	couche de surface en sable sec ou socle altéré
Basse résistivité	4-100	0-50	socle altéré humide, aquifère
Haute résistivité	30-2,000	-	Socle non-altéré

L'eau libre en couche peu profonde se trouve probablement dans la couche intermédiaire de basse résistivité. La répartition des plus importantes profondeurs de cette couche est présentée dans la figure S.2-4. Comme l'indique cette figure, les épaisseurs de la couche de basse résistivité comprenant l'aquifère dans la commune de Kiffa sont supposées être comprises entre 20 et 30 m environ, et vont jusqu'à 60 m pour les zones de Gomez et de Seif Cherif au nord de la ville.

### S-2.3 Prospection Electrique Horizontale

#### (1) Zone de la Prospection

Cette prospection électrique horizontale a été effectuée afin de vérifier la présence du linéament (faille) dans la zone située au nord-ouest de la commune de Kiffa et de déterminer les emplacements des forages sur la faille pour les puits de reconnaissance.

#### (2) Méthodes, Nombres et Emplacement de la Prospection

Comme indiqué sur la figure S.2-6, huit lignes de mesure ont été déterminées en travers des principaux linéaments afin d'effectuer la prospection dans les conditions suivantes. La longueur totale de ces lignes est de 3.320 m.

- Equipement utilisé: OYO McOHM Mark-2
- Profondeur: 50 m (AB= 100 m, MN=20 m)
- Intervalle de mesure: 40 m

#### (3) Résultats de la Prospection

Comme indiqué sur la carte de répartition des résistivités de la figure S.2-7, une haute résistivité est enregistrée sur les dunes avec également une résistivité importante dans la zone de socle affleurant. Par ailleurs, les résultats de la dernière prospection ont

montré deux anomalies, l'une avec une valeur de résistivité élevée et l'autre, au contraire, plus basse.

Cette valeur anormale de haute résistivité peut provenir du fait qu'il s'agit d'une zone de broyage tectonique dans laquelle l'argilisation par altération n'a pas eu lieu, par la présence de filons intrusifs dans des dolérites à grains grossiers de haute résistivité le long de la zone de broyage tectonique ou encore en raison de l'intrusion d'autres types de veines minérales.

La valeur anormale de basse résistivité correspond probablement à un emplacement argilisé par altération de la zone de broyage tectonique étant donné que la région n'est pas peuplée et qu'elle ne peut donc pas être polluée par les eaux usées ou autres. Par ailleurs, l'emplacement du linéament correspond à l'emplacement où a été décelé la valeur anormale de basse résistivité et la prospection électrique horizontale a permis de confirmer que le linéament décelé par interprétation des photos aériennes était une zone de broyage tectonique.

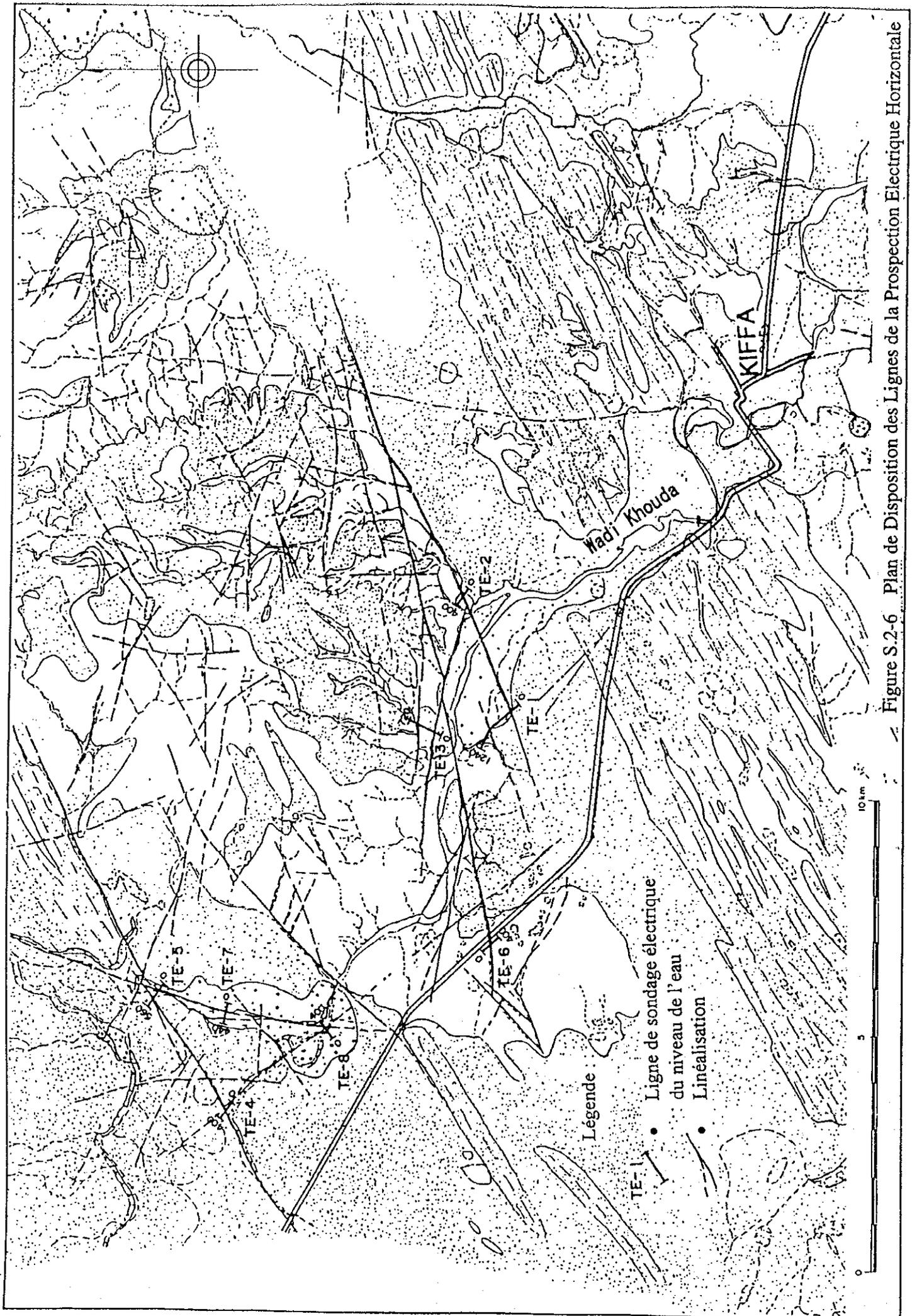


Figure S.2-6 Plan de Disposition des Lignes de la Prospection Electrique Horizontale