

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : d'Hydraulique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

Etude d'Implantation d'un Champ de
Captage Dans la Plaine d'Ain Oussera
(w. DJELFA)

13 PLANCHES

Proposé Par :
A. N. R. H.

Dirigé par :
M^r. UPPALURI
M^r. ABDERRAHIM

Etudié par :
Mr. LAHRECH
Mr. MOKHTARI

PROMOTION : Juin -1989-

--- REMERCIEMENTS ---

--- 000000 ---

المدسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

A Monsieur B.M. UPPALURI : nous tenons à lui exprimer notre profonde gratitude pour son apport scientifique , qu'il soit assuré de notre reconnaissance .

A tout le personnel technique de service hydrogéologie à l'A.N.R.H nous citons en particulier :

Monsieur LATRECH : chef de département d'hydrogéologie

Monsieur A. AYAD : Ingénieur à l'A.N.R.H

Nos remerciements vont également à tous les professeurs et assistants qui rempli la noble tâche de nous former et plus particulièrement à Monsieur : D.ABDERRAHIM notre directeur de département .

A. LAHRECH

A. MOKHTARI

CHAPITRE I

	page
I . 1 INTRODUCTION	1
I . 2 SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE ETUDIEE	2
I . 3 HYDRO CLIMATOLOGIE	4
CHAPITRE II CALCUL DES BESOINS EN EAU	
II . 1 AIN OUSSERA	5
II . 1 . 1 ESTIMATION DES BESOINS ACTUEES EN EAU	8
II . 1 . 2 ESTIMATION DES BESOINS FUTURS EN EAU	10
II . 1 . 3 ESTIMATION DES BESOINS EN EAU POUR	
LES DIFFERENTS HORIZONS	13
II . 1 . 3 . 1 BESOINS DOMESTIQUES	14
II . 1 . 3 . 2 BESOINS DES INFRASTRUCTURES	14
II . 2 KSAR EL BOUKHARI	15
II . 2 . 1 ESTIMATION DES BESOINS ACTUELS EN EAU	17
II . 2 . 2 ESTIMATION DES BESOINS FUTURS EN EAU	19
II . 2 . 3 ESTIMATION DES BESOINS EN EAU POUR	
LES DIFFERENTS HORIZONS	22
II . 2 . 3 . 1 BESOINS DOMESTIQUES	22
II . 2 . 3 . 2 BESOINS DES INFRASTRUCTURES	22
II . 3 CONSOMATION MAXIMALE JOURNALIERE	24

CHAPITRE III	HYDROGEOLOGIE	
III . 1	STRUCTURE GEOLOGIQUE DE LA PLAINE D'AIN DOUSSERA	25
III . 2	HYDROGEOLOGIE	25
III . 2 . 1	ETUDE PIEZOMETRIQUE	27
III . 2 . 1 . 1	RESEAU PIEZOMETRIQUE	27
III . 2 . 1 . 2	ETABLISSEMENT DES CARTES PIEZOMETR	28
III . 2 . 1 . 3	MESURE DES NIVEAUX PIEZOMETRIQUES	28
III . 2 . 1 . 4	TRACE DES COURBES HYDROISOHYPSES	30
III . 2 . 1 . 5	INTERPRETATION DES CARTES	
	PIEZOMETRIQUES	34
III . 2 . 2	ETUDE DE RESERVE	37
III . 2 . 2 . 1	LA CONFIGURATION DU RESERVE	37
III . 2 . 2 . 2	CALCUL DE LA RESERVE DE L'AQUIFERE	41
CHAPITRE IV	ETUDE THEORIQUE HYDROGEOLOGIQUE	
IV . 1	REGIME PERMANENT	46
IV . 1 . 1	DISPOSITIF EXPERIMENTAL DE DARCY	46
IV . 1 . 2	DEFINITION DE QUELQUES PARAMETRES	
	HYDRODYNAMIQUES	49
IV . 1 . 3	EQUATION DE LAPLACE	51
IV . 2	ECOULEMENT NON PERMANENT	54
IV . 2 . 1	EFFET DE POMPAGE DANS LE REGIME NON PERMANENT	55
IV . 2 . 2	SOLUTION DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE	56
IV . 2 . 2 . 1	APPROXIMATION DE JACOB	57
IV . 2 . 3	UTILISATION PRATIQUE DES FORMULES DU	
	REGIME VARIABLE	60

IV . 2 . 3 . 1	METHODE D'ANALYSE DE THEIS	81
IV . 2 . 3 . 2	METHODE SEMI-LOGARITHMIQUE DE JACOB	82
IV . 2 . 3 . 3	APPLICATION DE LA FORMULE DE JACOB	64

CHAPITRE V RESULTAT DES ESSAIS DE POMPAGE

V . 1	ETUDE HYDRODYNAMIQUE	67
V . 1 . 1	ESSAIS PAR POMPAGE	67
V . 1 . 1 . 1	ESSAI DE DEVELOPPEMENT (FORAGE F_4)	68
V . 1 . 1 . 2	LESSAI DE PUIIS PAR PALIERS (F_4)	68
V . 1 . 1 . 3	ESSAI DE LONGUE DUREE (F_4)	69
V . 1 . 1 . 4	ESSAI DE DEVELOPPEMENT (F_5)	676
V . 1 . 1 . 5	ESSAI DE PUIIS PAR PALIERS (F_5)	76
V . 1 . 1 . 6	ESSAI DE LONGUE DUREE (F_5)	78
V . 1 . 1 . 7	ESSAI DE DEVELOPPEMENT (F_6)	82
V . 1 . 1 . 8	ESSAI DE PUIIS PAR PALIERS (F_6)	82
V . 1 . 1 . 9	ESSAI DE LONGUE DUREE (F_6)	83
V . 1 . 1 . 10	ESSAI DE DEVELOPPEMENT (F_7)	87
V . 1 . 1 . 11	ESSAI DE PUIIS PAR PALIERS (F_7)	87
V . 1 . 1 . 12	ESSAI DE LONGUE DUREE (F_7)	88
V . 1 . 1 . 13	ESSAI DE DEVELOPPEMENT (F_8)	92
V . 1 . 1 . 14	ESSAI DE PUIIS PAR PALIERS (F_8)	92
V . 1 . 1 . 15	ESSAI DE LONGUE DUREE (F_8)	93
V . 1 . 2	CARTE DE TRANSMISSIVITE	98
V . 1 . 2 . 1	ETABLISSEMENT DES TRANSMISSIVITE	98
V . 1 . 2 . 2	INTERPRETATION DES CARTES	
	D'ISO-TRANSMISSIVITE	100

V . 2	CALCUL DES PERTES DE CHARGE DANS LES FORAGES	
	F_4 , F_5 , F_6 , F_8	100
V . 3	QUALITE DES EAUX	112
CHAPITRE VI : IMPLANTATION DU CHAMP DE CAPTAGE		
VI . 1	ETUDE COMPARATIVE DES BESOINS ET RESSOURCES	113
VI . 1 . 1	CALCUL DU DEBIT DE LA NAPPE	114
VI . 1 . 2	DETERMINATION DU NOMBRE DES FORAGES	115
VI . 2	CHOIX DU CHAMP DE CAPTAGE	116
VI . 2 . 1	LIMITE DE LA ZONE DE CAPTAGE	116
VI . 3	IMPLANTATION ET CONFIGURATION DU CHAMP DE CAPTAGE	116
VI . 4	INFLUENCES RECIPROQUES ENTRE LES FORAGES	118
VI . 4 . 1	METHODE DE DETERMINATION DES INFLUENCES RECIPROQUES ENTRE LES FORAGES	121
VI . 4 . 2	CALCUL DES RABATTEMENTS PROPRES	121
VI . 4 . 3	CALCUL DES RABATTEMENTS DÙS A L'INFLUENCE DES FORAGES POMPES SIMULTANEMENT	123
VI . 4 . 4	RESULTATS DES INFLUENCES RECIPROQUES ENTRE LES FORAGES	125
VI . 5	INFLUENCE DU CHAMP DANS LA ZONE ETUDIEE	140
VI . 5 . 1	CALCUL DES RABATTEMENTS DANS LES PIEZOMETRES	140
VI . 5 . 2	ETABLISSEMENT DES CARTES D'ISO-RABATTEMENT	153
VI . 6	PROGRAMME DE REALISATION DES FORAGES	155
CONCLUSION		156

TABLE DES PLANCHES
 000000

- CARTE PIRZOMETRIQUE MAI 1986 PL.1
 echelle 1/200000
- CARTE PIEZOMETRIQUE . DEC 1986 PL.1
 Echelle 1/200.000
- CARTE PIEZOMETRIQUE . DEC 1986 PL.3
 Echelle 1/50.000
- CARTE D'ISOEPAISSEUR . Echelle : 1/200.000 PL.4
- CARTE D'ISBEPAISSEUR . Echelle : 1/50.000 PL.5
- CARTE DE TRANSMISSIVITE . Echelle : 1/200.000 PL.6
- CARTE DE TRANSMISSIVITE . Echelle : 1/50.000 PL.7
- CARTE D'ISORABATTEMENT .
 APRES 5 ANS DE POMPAGE PL.8
- CARTE D'ISORABATTEMENT APRES 10 ANS .DE .POMPAGE..... PL.9
- CARTE D'ISORABATTEMENT APRES 15 ANS DE .POMPAGE..... PL.10
- CARTE D'ISORABATTEMENT APRES 20 ANS DE POMPAGE PL.11
- CARTE D'ISO RABATTEMENT APRES 25 ANS DE POMPAGE PL.12
- CARTE D'ISORABATTEMENT APRES 30 ANS DE POMPAGE PL.13

CHAPITRE I.

I. 1 - INTRODUCTION.

L'accroissement démographique ainsi que le développement industriel, économique et agricole demande une augmentation de l'approvisionnement en eau potable.

Aïn-Oussera et Ksar El Boukhari n'ont pas échappé au problème d'eau ; donc il est nécessaire de chercher une nouvelle ressource en eau et de planifier leur usage optimal pour le bénéfice des habitants.

Des deux types de ressource en eau superficielle et souterraine, ces dernières présentent les avantages suivants :

- leur disponibilité (même en cas de faible pluviométrie)
- leur bonne qualité (faible résidu sec)
- leur facilité d'exploitation

d'où le choix de son exploitation dans la région étudiée.

Le captage de ces eaux est donc le but de notre projet. Ceci nous amène à l'étude de l'implantation d'un champ de captage qui s'articule sur les principaux paramètres suivants :

- 1) - Connaissance des besoins en eau des deux agglomérations.
- 2) - Evaluation des ressources en eau disponibles.
- 3) - Choix du site favorable pour la réalisation du champ.
- 4) - Schéma des forages à réaliser.

Le chapitre I décrit la situation géographique et hydroclimatologique de la région.

Le chapitre II traite les besoins en eau des deux localités précitées.

Au chapitre III, une étude hydrogéologique de la région a été développée.

Ses implications théoriques ont été formulées au chapitre IV.

Le chapitre V donne une analyse des résultats des essais montrant une corrélation entre la théorie et la pratique.

Une délimitation du champ de captage et une implantation des forages proposés pour les différents horizons ont été fixées au chapitre VI.

En outre, les influences (rabattements) entre forages et leur impact sur la région ont été soulevées.

Et enfin une conclusion.

I. 2 - SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE ETUDIEE.

La plaine d'Aïn-Oussera est située dans la Wilaya de DJEFA à 200 Km au sud d'ALGER.

Elle se situe au contact de deux ensembles géographiques, l'Atlas Tellien au Nord et les hautes plaines Algéroises au Sud, entre 2°15' et 3°45' de longitude et entre 35° et 35°40' de latitude (Fig. 1).

La plaine est limitée :

- Au Nord par la chaîne de montagnes de Aïn-Oussera,
- Au Sud par la chaîne de montagnes de Sbaa Rous,
- A l'Ouest par l'Oued Touil,
- A l'Est par Djebel Touil constituant la limite de la plaine.

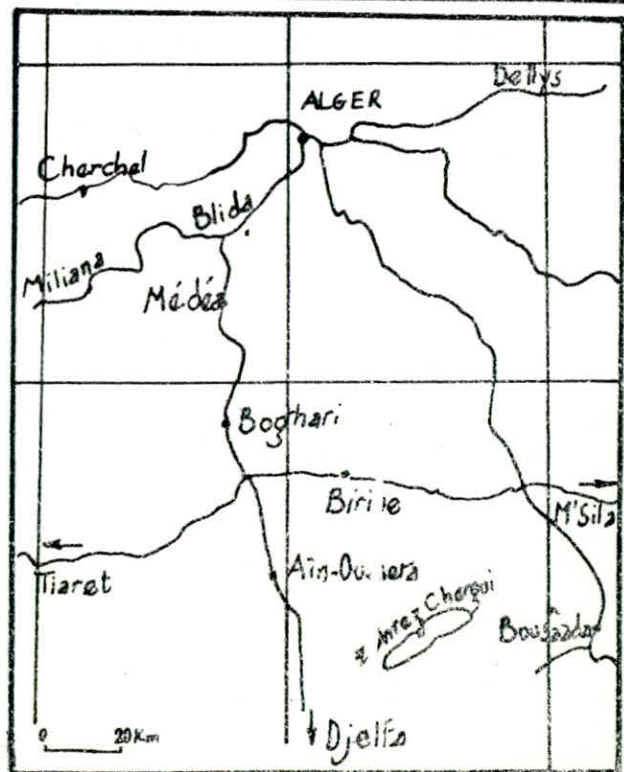
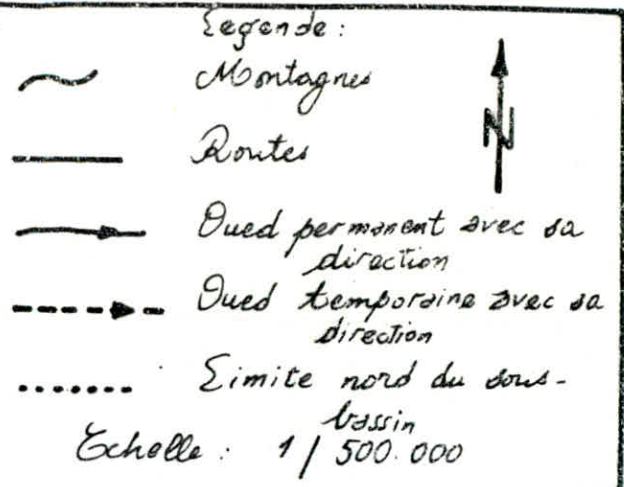
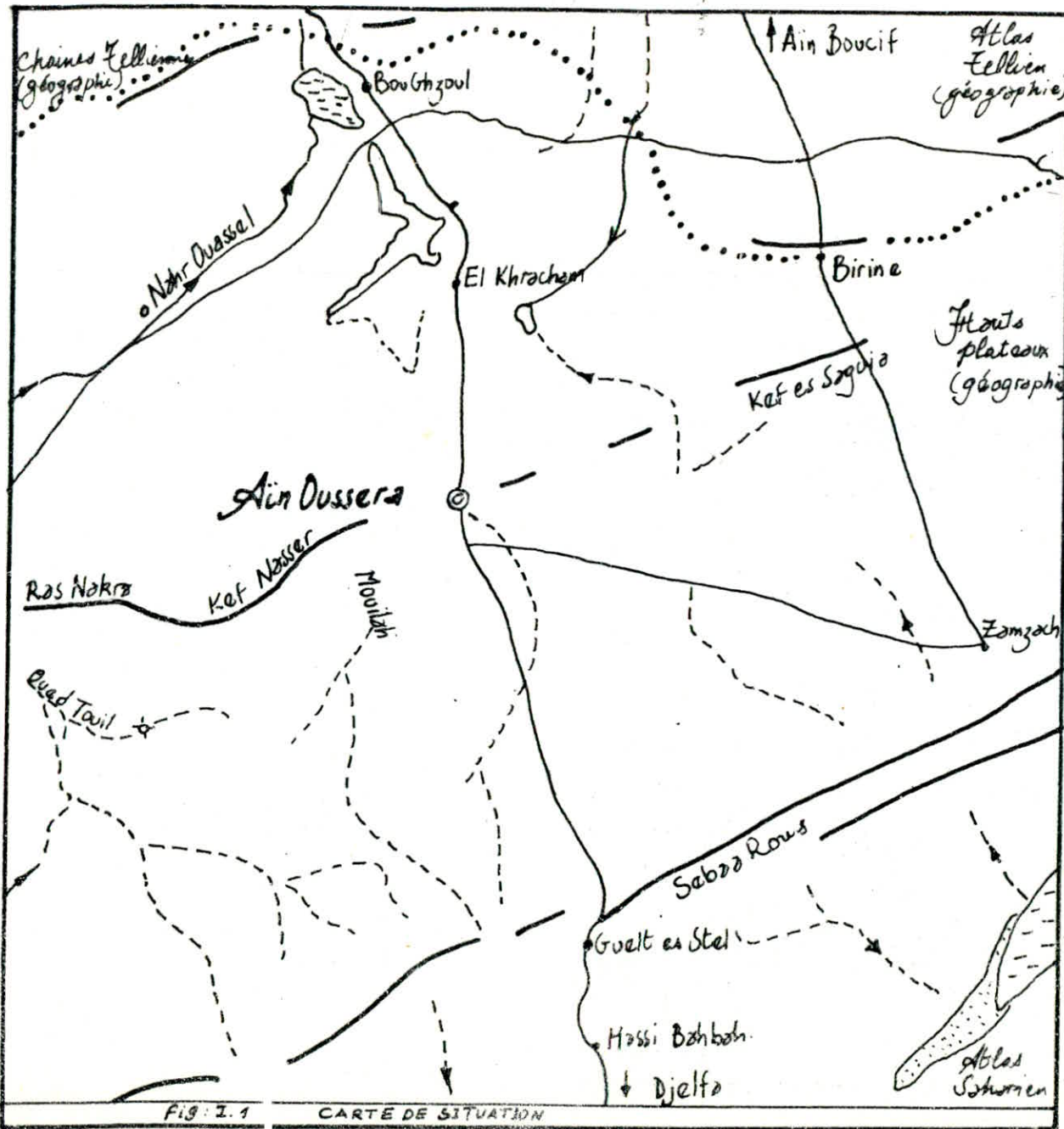


FIG. I. 1 CARTE DE SITUATION

I. 3 - HYDROCLIMATOLOGIE.

Le réseau hydrographique est constitué de petits oueds à sec durant la majeure partie de l'année, à l'exception de la partie aval de l'Oued Touil et de l'Oued Ouerk alimentés par des sources.

L'essentiel de l'écoulement des oueds provient des eaux de pluie le plus souvent torrentielles et très irrégulières.

La région est caractérisée par un climat continental froid en hiver et chaud en été.

La température moyenne annuelle est de 16,2°C ; la température maximum de 27,4°C (Août) et la température minimum de 6,8°C (Janvier).

La pluviométrie varie de 200 à 300 mm dans la plaine et atteint 400 mm dans la zone montagneuse au Sud.

La pluviométrie moyenne annuelle est de 250 mm.

CHAPITRE II.

- CALCUL DES BESOINS EN EAU -
=====

L'estimation des besoins en eau est liée étroitement au développement démographique d'une part et à l'élévation du niveau de vie d'autre part.

Nous avons effectué les évolutions des besoins en eau à des intervalles de 5 ans.

Evaluation de la population :

Nos données de population sont fondées sur le recensement de 1987.

Estimation du nombre d'habitants :

L'estimation démographique dans notre pays suit la loi des accroissements géométriques, donnée par la formule des intérêts composés.

$$P_n = P_o (1 + \tau)^n$$

Avec :

P_n - Population future.

P_o - Population de l'année de référence.

τ : Taux d'accroissement annuel de la Population.

n : nombre d'années séparant les deux horizons.

II. 1 - AIN OUSSERA.

* Population :

La population actuelle est évaluée à 64 198 habitants.

Selon les renseignements recueillis auprès de l'A.N.A.T.

"Agence Nationale pour l'Aménagement du Territoire" de la localité

ON 2:

* Les infrastructures :

- Infrastructures scolaires.

Nombre d'établissements	Dénomination	Nombre d'élèves	Unité
26	Ecole fondamentale 1er 2ème cycles	12 000	Elève
2	3ème cycle fondamental Lycée Normal-Lycée Tech.	1 600	Elève
1	C. F. P. A.	220	Elève

- Infrastructures sanitaires.

Nombres	Dénomination	Unité	Quantité
1	Hôpital	Lit	120
1	Polyclinique	Malade	80
2	Centre de santé	"	60
4	Bain	Personne	200

- Infrastructures socio-culturelles.

Nombres	Dénomination	Unité	Quantité
1	Bibliothèque	Jeune	100
4	Mosquée	Pratiquant	2000
1	Stade	Surface (m ²)	6000

- Infrastructures municipales.

Nombres	Dénomination	Unité	Quantité
3	A.P.C.	-	-
1	DAIRA	-	-
3	PTT	-	-
1	Gendarmerie	-	-
1	Caserne	Soldat	800
1	Poste de police	-	-
2	Hôtel	Client	80

- Infrastructures industrielles.

Nombres	Dénomination	Quantité	Unité
1	Marché	1	-
120	Commerce	120	-
2	Station de lavage	2	-
1	Abattoir	20 tonnes	tonne
7	Café	60 X 7	Personne
4	Boulangerie	4	-
4	Restaurant	4	-
2	Hydrocarbure	2	-
4	Menuiserie	4	-
1	Matériau de construction	1	-

II. 1.1 - Estimation des besoins actuels en eau.

- Besoins domestiques.

Nombre d'habitants	Dotation l/j/h	Consommation m ³ /j
64.198,00	150	9 629,700

- Besoins scolaires.

Nombre d'établissements	Dénomination	Nombre d'élèves	Dotation l/j/élève	Consommation m ³ /j
26	Ecole 1er et 2ème Cycle Fondamental	12 000	30	360,00
2	Ecole 3ème cycle (lycée secondaire et tech.)	1 600	40	64,00
1	C. F. P. A.	220	40	8,80
Total				432,80

- Besoins sanitaires.

Nombres	Dénomination	Dotation l/j/unité	Consommation m ³ /j
1	Hôpital (120 lits)	500 l/j/lit.	65,00
1	Polyclinique (80 malades/j)	60 l/j/M	4,80
2	Centre de santé (60M/j)	40 l/j/M	2,40
4	Bain (200 P/j)	50 l/j/P	10,00
Total			82,20

- Besoins socio - culturels.

Nombres	Dénomination	Quantité	Dotation (l/j/unité)	Consommation m ³ /j
1	Bibliothèque	100 jeunes	10 l/j/P	1,00
4	Mosquée	2000 pratiquants	20 l/j/P	40,00
1	Stade	6000 m ²	5 l/j/m ²	30,00
Total				71,00

- Besoins municipaux.

Nombres	Dénomination	Dotation l/j /unité	Consommation (m ³ /jour)
3	A.P.C.	-	6,00
1	DAIRA	-	2,00
3	PTT	-	6,00
1	Poste de police	-	4,00
1	Gendarmerie	-	4,00
1	Caserne (800 soldats)	150 l/j/soldat	120,00
2	Hôtel (80 clients)	50 l/j/client	4,00
Total			146,00

- Besoins commerciaux et industriels.

Nombres	Dénomination	Dotation l/j/unité	Consommation m ³ /
1	Marché	-	4,00
120	Commerces	20 l/j/unité	2,40
2	Station de lava.	2500 l/j/unité	5,00
1	Abattoir (20t/j)	500 l/j/unité	10,00
7	Café (60 P X 7)	5 l/j/Pers.	2,10
4	Boulangerie	2000 l/j/unité	8,00
4	Restaurant	500 l/j/unité	2,00
2	Hydrocarbure	2000 l/j/unité	4,00
4	Menuiserie	600 l/j/unité	2,40
1	Matériau de construction	1000 l/j/unité	1,00
Total			40,90

II. 1.2 - Estimation des besoins futurs en eau :

- Estimation du nombre d'habitants.

(Horizon 2014).

Nous appliquons la formule des intérêts composés pour estimer le nombre d'habitants.

$$P_0 = 64.198 \text{ habitants}$$

$$\tau = 3,27\% \quad n = 25 \text{ ans}$$

$$P_n = 14.308 \text{ habitants.}$$

- Evaluation des besoins en eau.

Estimation des besoins de la localité de Aïn-Oussera pour l'horizon 2014.

Tenant compte de l'évolution du niveau de vie, et de l'accroissement démographique, nous adopterons les dotations suivantes :

- Pour une Population P_n inférieure à 100.000 habitants, la dotation est de 150 l/hab/jour.
- Pour P_n supérieure à 100.000 habitants, la dotation est de 200 l/jour/hab.

* Besoins domestiques :

Nombre d'habitants	Dotation l/j/hab	Consommation M^3/j
14 308	200	28 701,60

- Besoins scolaires.

Nombres Etabliss.	Dénomination	Nombres d'élèves	Dotation l/j/élèv	Consomma. tion m ³ /j
30	Ecole (1er et 2ème cycle (Fondamental))	14 000	30	420,00
3	Ecole 3ème cycle (ly- second. et technique)	2 400	40	96,00
1	C. F. P. A.	220	40	8,80
Total				524,80

- Besoins sanitaires.

Nombres	Dénomination	Dotation l/j/unité	Consommation m ³ /j
2	Hôpital (240)	500 l/j/lit	120,00
2	Polyclinique (160M/j)	60 l/j/M	9,60
2	Centre de santé (80 M/j)	40 l/j/m	03,20
5	Bain (300 P)	50 l/j/P	15,00
Total			147,80

- Besoins socio-culturels

Nombres	Dénomination	Quantité	Dotation (l/j/u)	Consommation (m ³ /j)
2	Bibliothèque	200	10 l/j/P.	2,00
6	Mosquée	3000Pra/j	20 l/j/Pr	60,00
1	Stade	6000 m ²	5 l/j/m ²	30,00
Total				92,00

- Besoins municipaux

Nombres	Dénomination	Dotation l/j/unité	Consommation (m ³ /j)
3	A.P.C.	-	6,00
1	DAIRA	-	2,00
3	PTT	-	6,00
1	Poste de police	-	4,00
2	Gendarmerie	-	8,00
1	Caserne (800 solda)	150 l/j/soldat	120,00
3	Hôtel (120 clients)	50 l/j/client	6,00
Total			152,00

- Besoins commerciaux et industriels

Nombres	Dénomination	Dotation l/j/unité	Consommation (m ³ /j)
4	Marché	-	16,00
160	Commerce	20 l/j/unité	3,20
3	Station de lavage	2500 l/j/unité	7,50
2	Abattoir (40 t/j)	500 l/j/t	20,00
9	Café (80 pers.X 9)	5 l/j/Pers.	3,60
8	Boulangerie	2000 l/j/unité	16,00
5	Restaurant	500 l/j/R	2,50
2	Hydrocarbure	2000 l/j/unité	4,00
4	Menuiserie	600 l/j/M	2,40
1	Matériau de cons.	1000 l/j/MC	1
Total			76,20

II.1.3 Estimation des besoins en eau pour les différents horizons

* Estimation du nombre d'habitants pour les différents horizons

1994 , 1999 , 2004 , 2009 , 2014 .

Nous utilisons la formule des intérêts composés pour estimer le nombre d'habitants. La population actuelle est de : 64 198 habitants.

Année	Population - Po	Population future	Données
1989	64.198		n = 5 ans
1994	64.198	75.404,00	$\tau = 3,27\%$
1999	75.404	88.565,00	
2004	88.565	104.024,00	
2009	104.024	122.181,00	
2014	122.181	143.508,00	

* En raison de l'augmentation de la consommation dans le temps, dues aux extensions possibles de l'agglomération et des pertes dans les conduites, on est contraint de prévoir une majoration sur le débit journalier :

Les majorations seront de l'ordre :

- 5% pour l'horizon 1999
- 5% pour l'horizon 2004
- 10% pour l'horizon 2009
- 15% pour l'horizon 2014

Pour les besoins des infrastructures, la majoration est de l'ordre de : 3% pour les horizons suivants : 1994 ; 1999 ; 2004 ; 2009 ; 2014.

II. 1.3.1- Besoins domestiques.

Année	Nbre d'habi.	Dotation l/j/h	Majoration		Consommation après Maj. (m ³ /j)
			Coef. Majo	Maj. m ³ /j	
1989	64.198,00	150	-	-	9.629,70
1994	75.404,00	150	-	-	11.310,60
1999	88.565,00	150	5%	664,23	13.948,99
2004	104.024,00	200	5%	1.040,24	21.845,04
2009	122.181,00	200	10%	2.443,62	26.879,82
2014	143.508,00	200	15%	4.305,24	33.006,84

II. 1.3.2 - Besoins des infrastructures.

AN N E E	1989	1994	1999	2004	2009	2014
Besoins scolaires (m ³ /j)	432,90	464,74	483,69	502,64	521,59	540,54
Besoins sanitaires (m ³ /j)	82,20	98,18	111,69	125,21	138,72	152,33
Besoins socio-culturels (m ³ /j)	71,0	77,46	81,78	86,11	90,43	94,76
Besoins municipaux (m ³ /j)	146,0	151,62	152,85	154,09	155,32	156,56
B. Industriels-Commerci. (m ³ /j)	40,90	49,40	56,67	63,94	71,21	78,49
Consommation totale (m ³ /j)	773,00	841,40	886,68	931,99	977,27	1022,55

- Tableau des consommations moyennes journalières.

ANNEE	Consommations moyennes jour (M ³ /j)
1989	10.402,70
1994	12.152,00
1999	14.835,67
2004	22.777,03
2009	27.857,09
2014	34.029,42

II. 2 - KSAR EL BOUKHARI.

D'après les données numériques recueillies auprès du service statistique de la wilaya de Médéa.

* Le nombre d'habitants est de : 47.829 habitants.

* Les infrastructures sont :

- Infrastructures scolaires :

Nombre d'établiss.	Dénomination	Unité	Quantité
24	Ecoles Fondamentales - 1er 2ème cycles	élève	7.809
7	Ecoles 3ème cycle, Lycée normal - Lycée Techni.	élève	6.036
1	C . F . P . A .	élève	100

- Infrastructures sanitaires .:

Nombre	Dénomination	Unité	Quantité
1	Hôpital	Lit	155
1	Polyclinique	Malade	60
1	Centre de santé	Malade	60
4	Bains	Personne	4 X 50

- Infrastructures socio-culturelles :

Nombre	Dénomination	Unité	Quantité
1	Bibliothèque	-	80
3	Mosquée	Pratiqua.	1.000
1	Stade	m ²	6.000

- Infrastructures municipales :

Nombre	Dénomination	Unité	Quantité
2	A . P . C	-	-
1	Poste de police	-	-
1	Gendarmerie	-	-
1	DAIRA	-	-
1	Caserne	Soldat	600
3	Hôtel	Client	70

- Infrastructures industrielles commerciales :

Nombre	Dénomination	Unité	Quantité
1	Marché	-	1
100	Commerce	-	100
2	Station de lavage	-	2
1	Abattoir	tonne	20 tonnes
6	Café	-	
3	Boulangerie	-	3
1	Hydrocarbure	-	1
1	Textile	-	1
1	Industrie Alim.	-	1
2	Matér.de const.	-	2
3	Menuiserie	-	3

II. 2.1 - Estimation des besoins en eau actuels.* Besoins domestiques.

Nombre d'habitants	Dotation - l/j/h	Consommation (m ³ /j)
47.829	150	7.174,35

* Besoins scolaires.

Dénomination	Nombre d'Elèves	Dotation l/j/élève	Consommation (m ³ /jour)
Ecoles Fondamentales 1er et 2ème cycles	7.809	30l/élève	234,270
Ecoles Fondamentales 3ème C-Lycées N et TH	6.036	40l/élève	241,44
C . F . P . A	100	40l/élève	4,00
TOTAL			479,71 m ³ /j

* Besoins socio-culturels.

Dénomination	Nombre	Dotation l/j/unité	Consommation (m ³ /jour)
Bibliothèque	80	10l/jeune	0,8
Mosquée	1.000	20l/Pratiq	20,0
Stade	6.000	5l/m ²	30,0
TOTAL			50,8 m ³ /j

* Besoins sanitaires.

Dénomination	Nombre	Dotation l/j/unité	Consommation (m ³ /j)
Hôpital	155 lits	500l/lit	77,500
Polyclinique	80 malad.	60l/malad.	4,80
Centre de santé	60	60l/malad.	3,6
Bain	200	50l/Pers.	10,00
TOTAL			95,9 m ³ /jour

* Besoins municipaux.

Dénomination	Nombre	Dotation l/j/unité	Consommation (m ³ /j)
A.P.C.	1	4.000l/U	4,00
DAIRA	1	2.000l/U	2,00
Gendarmerie	1	4.000l/U	4,00
Poste de police	1	4.000l/U	4,00
PTT	1	2.000l/U	2,00
Caserne	1	100l/Sol.	60,00
Hôtel	3	50l/Ch.	3,5
TOTAL			79,50 m ³ /j

* Besoins commerciaux-industriels.

Dénomination	Nombre	Dotation l/j/unité	Consommation (m ³ /j)
Marché	1	4.000L/unité	4,00
Commerce	100	20l/Com.	2,00
Station de lavage	2	2.000l/St.L	4,00
Abattoir	20 t/j	500l/t	10,00
Café	300	5l/Per.	1,50
Boulangerie	3	2.000l/Boul.	6,00
Hydrocarbure	2	1.000l/unité	2,00
Textile	1	8.000l/unité	8,00
Industrie ALimen	1	4.000l/unité	4,00
TOTAL			41,5 m ³ /j

II. 2.2 - Estimation des besoins futurs en eau.

- Estimation du nombre d'habitants :

(horizon : 2014)

Nous utilisons la formule des intérêts composés pour estimer le nombre d'habitants.

Avec :

$P_0 = 47.829$ habitants

Un taux de 3,27% , $n = 25$ ans

donc :

$P_n = 106.917$ habitants.

* Besoins domestiques.

Nombre d'habitants	Dotation l/j/hab.	Consommation (m ³ /jour)
106.917	200	21.383,40

* Besoins socio-culturels.

Dénomination	Nombre	Dotation l/j/unit	Consomma. (m ³ /j)
Maison de jeunes	150	10l/Pers	1,50
Bibliothèque	100	10l/Pers	1,00
Mosquée	1.500	20l/Prat	30,00
Salle de Sports	80	20l/Joue	1,60
Stade + 08 douches	8.000m ²	5l/m ² 40l/douc	40,00 0,32
TOTAL			74,42m ³ /j

* Besoins municipaux.

Dénomination	Nombre	Dotation l/j/unité	Consomma. (m ³ /j)
A.P.C.	6	-	12,00
DAIRA	1	-	2,00
PTT	2	-	2,00
Poste de police	1	-	2,00
Gendarmerie	1		4,00
Compagne	1		2,00
Caserne	1000soldats	100l/sold	100,00
Hôtel	3(90cham)	50l/cha.	4,50
TOTAL			128,5m ³ /j

* Besoins sanitaires.

Dénomination	Nombre	Dotation l/j/nabi.	Consomm. (m ³ /j)
Hôpital (240 lits)	1	500l/lit	120,00
Polyclinique (160 M)	2	60l/M	9,60
Centre de santé (160 M)	3	40l/M	6,40
Salle de soins (120 M)	3	40l/M	4,80
Bains (500 personnes)	10	50l/Pers	25,00
TOTAL			165,80m ³ /j

* Besoins industriels - commerciaux.

Dénomination	Nombre	Dotation l/j/unité	Consomm. (m ³ /j)
Marché	3	4000l/unité	12,00
Commerce	160	20l/com	3,20
Station de lavage	4	-	10,00
Abattoirs	40t/jour	500l/ton.	20,00
Cafés	1000(pers)	5l/Per.	5,00
Boulangerie	5	2000l/Bou	10,00
Restaurant	4	500l/res	2,00
Hydrocarbure	5	1500l/st.	7,50
Textile	2	6000l/unité	12,00
Industrie alimentaire	2	8000l/ind	16,00
Matériaux de construct.	3	-	3,00
Menuiserie	6	500l/M	3,00
TOTAL			103,7m ³ /j

* Besoins scolaires.

Dénomination	Nombre d'élèves	Dotation l/j/unité	Consomma (m ³ /j)
Ecoles Fondamentales 1er et 2ème cycles	13.267	30l/élève	398,01
3ème cycle Fondamental Lycées Tech. et Normal	8.236	40l/élève	329,44
C. F. P. A.	250	40 l/é	10,00
TOTAL			737,45m ³ /j

II . 2.3 - Estimation des besoins en eau pour les différents horizons :

- Estimation du nombre d'habitants pour les différents horizons : 1994 ; 1999 ; 2004 ; 2009 ; 2014.

Utilisant la formule des intérêts composés avec

$\tau = 3,27\%$, $n = 5$ ans pour chaque horizon.

Année	Population -Po	Population future- Pn
1989	47.829	-
1994	47.829	56.177
1999	56.177	65.983
2004	65.983	77.500
2009	77.500	91.027
2014	91.027	106.916,00

II. 2.3.1 - Besoins domestiques.

Année	Nombre d'habita.	Dotation l/j/h	Majoration		Consomma. après Ma-joration (m ³ /j)
			Coef. Ma %	Major (m ³ /j)	
1989	47.829	150	-	-	7.174,35
1994	56.177	150	-	-	8.426,59
1999	65.983	150	5%	494,87	10.392,32
2004	77.500	150	5%	581,25	12.206,25
2009	91.027	150	10%	1.365,41	15.019,49
2014	106.916	200	15%	3.207,48	24.590,68

II. 2.3.2- Besoins des infrastructures.

Année	1989	1994	1999	2004	2009	2014
Besoins scolaires (m ³ /j)	79,0	532,24	585,48	638,72	691,96	745,20
Besoins sanitaires (m ³ /j)	95,90	100,88	123,86	137,84	151,82	165,80
Besoins socio-cultu. (m ³ /j)	50,80	55,66	60,52	65,38	70,25	75,11
Besoins municipaux (m ³ /j)	79,50	89,59	99,68	109,78	119,87	129,97
B. indus. - comm. (m ³ /j)	41,50	54,31	67,12	79,93	92,75	105,56
Consommation totale (m ³ /j)	746,70	841,68	936,66	1031,65	1126,65	1224,65

* Tableau des consommations moyennes journalières.

Année	1989	1994	1999	2004	2009	2014
Consom. Moy-Jour (m ³ /j)	7921,05	9268,23	11328,98	13237,90	16146,20	25812,37

II. 3 - CONSUMMATIONS MAXIMALES JOURNALIERES.

La consommation journalière est la cause principale de la variation du débit. Ainsi, nous appliquons au débit moyen un coefficient afin d'obtenir le débit qui correspond à la consommation maximale journalière.

Kj est appelé coefficient journalier, défini comme le rapport entre la consommation maximale journalière et la consommation moyenne journalière.

$$K_j = \frac{\text{cons.max.jour.}}{\text{cons.moy.jour.}} = \frac{Q_j^{\text{max}}}{Q_j^{\text{moy}}}$$

Dans notre cas, la valeur de Kj est prise égale à 1,2.

Tableau des consommations maximales journalières.

Localité		A N N E E					
		1989	1994	1999	2004	2009	2014
Aïn Oussera	Consommation Moy. Jour. (m ³ /j)	10402,7	12152,0	14835,7	22777,0	27857,1	34029,4
Ksar El Boukhari	Consommation Moy. Jour. (m ³ /j)	7921,0	9268,2	11328,9	13237,9	16146,1	25812,3
Aïn Oussera	Consommation Max. Jour. (m ³ /j)	12483,2	14582,4	17802,8	27332,4	33428,5	40835,3
Ksar El Boukhari	Consommation Max. Jour. (m ³ /j)	9505,2	11121,8	13594,7	15885,5	19375,3	30974,8

La consommation maximale journalière des deux localités est donnée par le tableau suivant :

A N N E E	1989	1994	1999	2004	2009	2014
Consommation maximale Journalière en l/s	254,49	297,50	363,40	600,17	612,16	331,14

CHAPITRE III.

- HYDROGEOLOGIE -

III. 1 - STRUCTURE GEOLOGIQUE DE LA PLAINE D'AIN-OUSSERA.

La plaine d'Aïn-Oussera se présente comme une vaste plate forme subhorizontale, flanquée au Nord et au Sud de structures complexes. L'ensemble constitue une sorte d'anticlinal à coeur plat, d'âge Crétacé, dont l'axe passerait par Djebel Touil à l'Est, Boucedria, Kouba Sidi Aïssa à l'Ouest.

La plaine d'Aïn-Oussera est recouverte dans la presque totalité par une croûte de dépôt calcaire quaternaire.

Au Sud de Guelt Stel, une faille importante constitue le flanc Sud de la structure anticlinale régionale.

La coupe géologique générale à travers la plaine d'Aïn-Oussera est donnée par la figure III. 1.

Dans la partie centrale de la plaine nous trouvons :

- Albien supérieur (grès, calcaires, marnes).
- Albien inférieur (grès, sables, argiles).
- Barrémien (grès, dolomies, argiles gréseuses).
- Jurassique.

III. 2. - HYDROGEOLOGIE.

Les formations de l'Albien et le Barrémien constituent les aquifères dans la région. La plupart des forages existants dans la plaine captent les formations d'Albien qui sont constituées essentiellement de grès, de bancs de calcaires gréseux, de sable, de marnes argilo-gréseux et des grès assez grossiers à ciment calcaire présentant des intercalations.

L'Albien est la formation qui présente le plus grand intérêt hydrogéologique. Il est traversé par plusieurs forages et piézomètres répartis dans la plaine d'Aïn-Oussera.

Du point de vue de l'exploitation l'Albien présente l'aquifère le plus important en raison de sa proximité du sol.

III. 2.1. Etude piézométrique :

Dans ce chapitre, on se limite à des études piézométriques et l'évolution des ressources. Les caractéristiques hydrodynamiques sont étudiées dans le Chapitre V.

III. 2.1.1 - Réseau piézométrique.

Le réseau piézométrique comprend 105 points d'eau répartis dans la plaine, ces derniers permettent d'observer les fluctuations du niveau piézométrique. Les points d'eau et leurs niveaux piézométriques sont reportés sur la carte topographique d'Aïn-Oussera au 1/200 000ème et 1/50 000ème.

la densité des points d'observation n'est pas homogène, c'est dans les régions de Boucedria, d'Aïn-Oussera, de Bouira Sahary qu'elle est maximale, à l'Ouest, le long de l'Oued Touil, il y a une concentration de puits, mais au Nord de la route Aïn-Oussera - Birine aucun point n'existe ; dans cette zone, l'Albien a été trouvé à plus de 100 m de profondeur par le forage El Krachem.

Les profondeurs des puits varient de 4 à 50 m, et celles des forages et des piézomètres dépassent les 100 m pour que l'Albien soit capté. Tous les points ont été nivelés, mais quelques mesures sont entachées d'erreurs à cause du caractère désertique de la plaine.

III. 2.1.2 - Etablissement des cartes piézométriques.

Les cartes de la surface piézométrique, dites piézométriques, établies avec les données sur les niveaux piézométriques, représentent à une date donnée, la distribution spatiale des charges et des potentiels hydrauliques.

La morphologie de la surface piézométrique permet d'étudier à l'échelle globale ou régionale, les caractéristiques de l'écoulement des eaux souterraines.

Puisque les courbes d'égal niveau piézométrique représentent les courbes d'égale altitude de la surface piézométrique, on les appelle souvent courbes hydroisohypses (hydro : eau iso : égal, hypse : altitude) ou plus simplement hydrohypses.

Pour dresser les cartes piézométriques, il faut avoir plusieurs observations de la surface piézométrique sur plusieurs points d'eau.

Une campagne piézométrique consiste à faire des observations des niveaux piézométriques dans le réseau d'observation.

Les campagnes piézométriques périodiques permettent de surveiller la nappe aquifère. A partir de ces observations on peut évaluer la fluctuation périodique de la nappe.

III. 2.1.3 - Mesure des niveaux piézométriques.

On mesure la cote par rapport au niveau de la mer du repère rouge (le repère rouge correspond à la cote du point de référence indiqué par la peinture rouge sur le forage), ainsi que le niveau statique dans le piézomètre (niveau piézométrique) (voir Fig. III. 2).

Les mesures doivent être effectuées dans des con-

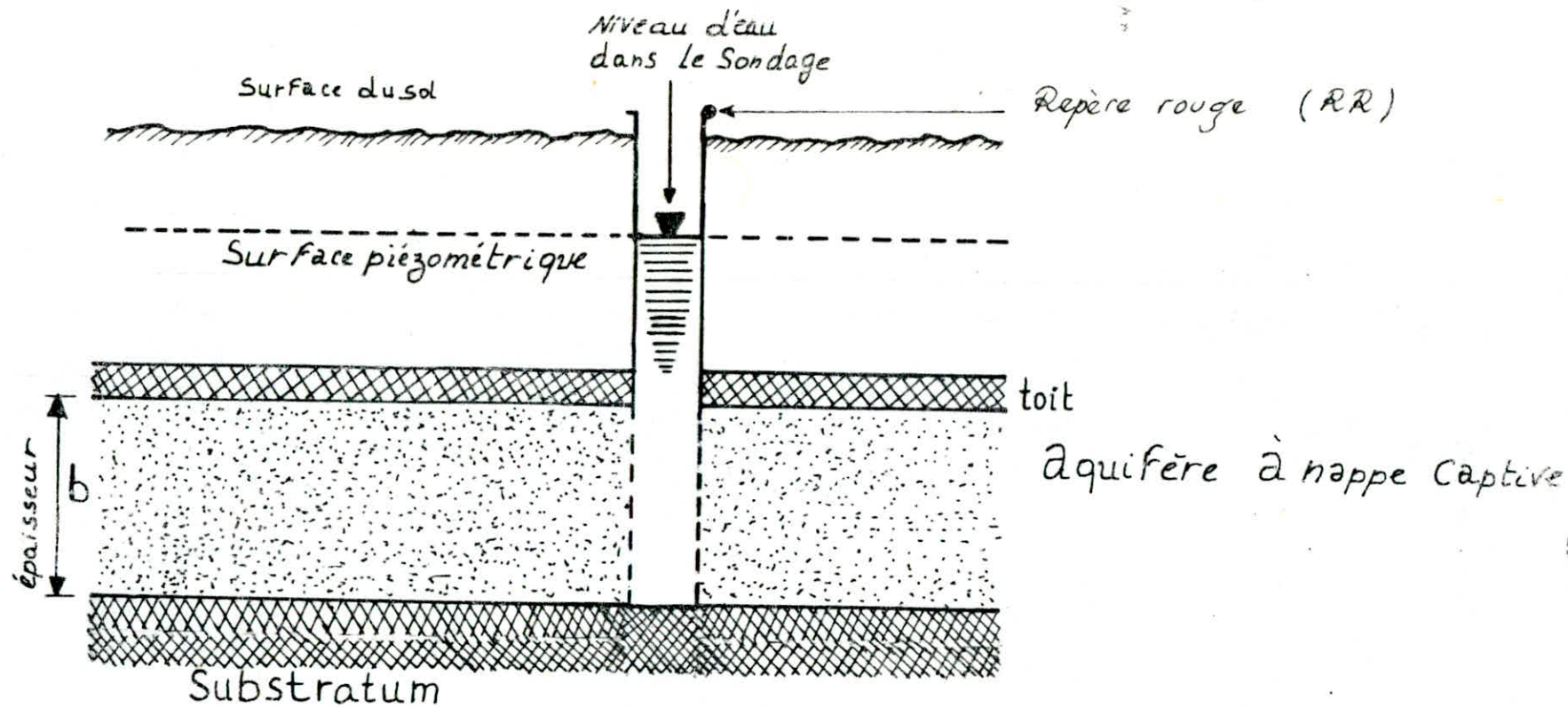


fig. III.2 Schéma de l'aquifère à nappe captive

conditions de stabilisation et pour l'ensemble de la région cartographiée au cours d'une période des plus courtes possibles.

En effet, ce document a une valeur de référence à une date donnée.

Les données piézométriques sont résumés dans le tableau III. 1, . A partir de ces données, on peut calculer les côtes piézométriques d'après la formule suivante :

$$C_p = \text{Côte} / \text{RR} - \text{N S}$$

Avec :

- Cp : Côte piézométrique exprimée en mètre, m
- Côte/RR : La côte par rapport au repère rouge, m
- NS : Le niveau naturel de l'eau en mètre (niveau piézométrique), m.

III. 2.1.4- Tracé des courbes hydroischypses.

Le dessin des courbes hydroischypses comporte successivement :

- le choix de leur équidistance, et
 - la technique de leur tracé.
- Choix de l'équidistance des courbes hydroischypses :
Nous avons choisi l'équidistance des courbes hydroischypses en tenant compte de l'échelle de la carte, du gradient hydraulique, de la qualité du nivellement, de la précision de mesure de base (côte piézométrique) et de la densité des points d'observation.
- Technique de tracé :
Nous avons utilisé la méthode d'interpolation du triangle. Soient trois points d'eau : P₄ ; P₇ ; P₈, dont les côtes piézométriques respectives sont : 719 m ; 706 m ; 685 m. Nous joi-

Zones	N° du point d'eau	Coordonnées		Côte / RR (m)	Mai 1986		DEC 1986	
		X	Y		NS	CP	NS	CP
					(m)	(m)	(m)	(m)
Ain Oussers	8	524,300	232,150	717,950	29,48	688	29,71	688
	11	522,200	235,300	710,721	23,42	687	23,53	687
	15	529,400	235,650	713,676	27,50	686	27,83	686
	18	526,460	238,900	709,220	22,41	687	22,52	687
	21	523,680	237,600	714,328	28,30	686	28,26	686
	27	519,175	231,550	724,784	39,10	686	39,22	683
	28	516,600	227,600	747,531	54,52	693	53,99	693
	31	512,320	229,400	726,609	9,90	717	19,36	716
	35	505,050	221,675	786,383	56,02	730	55,87	731
	36	515,700	222,900	770,155	43,16	730	45,13	725
	42	512,750	232,300	719,669	16,66	730	16,72	703
	59	504,325	229,825	737,647	33,88	704	34,50	703
	P9	530,000	233,350	705,919	18,16	688	18,26	688
Birine	63	542,425	245,850	696,095	14,29	682	17,65	678
	86	539,385	242,926	697,597	14,68	683	14,85	683
	88	544,350	247,250	698,359	14,62	684	21,74	677
	104	546,750	240,500	708,468	19,02	690	27,60	681
	106	548,650	243,600	707,653	27,38	680	27,09	681
	116	548,550	246,825	703,672	26,28	677	24,43	679
	P6	550,750	241,150	721,773	44,01	678	40,40	681
	P3	560,300	240,100	767,612	40,46	727	12,87	755

TABLEAU: III.1

Zones	N° du point d'eau	Coordonnées		Côte 1/2R (m)	Mai 1986		Decembre 1986	
		x	y		NS (m)	Cp (m)	NS (m)	Cp (m)
Bouira Séhary	10	553,650	226,050	815,987	8,80	807	8,96	807
	16	558,675	228,250	839,788	19,74	820	19,05	821
	34	544,200	223,950	766,849	19,48	747	19,53	747
	36	553,300	237,950	738,382	42,00	696	41,98	696
	37	554,625	236,950	747,987	36,52	711	37,56	706
	39	550,700	235,650	733,682	42,62	691	43,08	691
	52	539,500	221,700	765,177	35,37	730	35,30	730
	54	545,400	224,000	778,946	30,02	744	29,56	744
	58	546,875	222,100	794,020	15,40	779	15,09	779
	59	550,825	226,450	799,713	35,02	765	34,62	765
	84	537,400	237,700	695,718	11,51	684	11,57	684
	88	533,100	239,700	697,856	12,17	686	12,84	685
	93	531,850	235,250	701,717	16,32	685	15,46	686
	102	535,700	229,650	715,007	21,82	693	21,89	693
	104	536,025	232,500	703,839	15,05	689	15,04	689
	107	541,000	238,550	697,814	16,23	682	16,27	682
	108	533,000	233,150	704,277	15,61	689	15,98	688
	124	552,950	231,500	773,532	38,33	735	35,98	738
	125	552,125	232,350	762,505	40,36	722	39,25	723
	P ₄	555,750	236,450	763,514	34,46	719	35,36	717
P ₄	546,700	231,600	737,528	31,20	706	31,42	706	
P ₈	635,400	239,000	694,855	10,14	685	8,96	686	

TABLEAU: III. 1 (suite)

Zones	N° du point d'eau	Coordonnées		Côte/RR (m)	Mai 1986		Decembre 1986	
		X	Y		NS (m)	Cp (m)	NS (m)	Cp (m)
Guelt es Stel	2	519,300	216,450	805,368	49,06	756	48,54	757
	7	521,200	215,750	806,405	47,21	759	46,97	759
	9	503,450	217,400	793,077	39,92	753	39,97	753
	13	501,000	216,000	779,041	19,18	760	23,32	756
	15	522,250	209,550	870,664	22,27	848	21,67	809
	16	512,450	211,400	827,033	32,48	795	34,52	793
	25	505,200	207,300	796,009	35,48	761	34,92	761
	26	505,400	209,550	790,076	14,42	776	21,49	769
	P14	509,650	210,500	799,211	41,56	757	41,30	757
	P12	528,600	214,000	800,721	45,57	755	45,45	755
	Djebel Kradou	45	485,250	204,850	762,525	15,25	747	15,17
47		485,650	205,900	758,263	11,23	747	14,80	743
98		498,275	211,200	770,586	13,55	707	13,50	757
123		496,650	212,700	767,248	11,96	755	12,06	755
128		497,000	206,825	784,042	23,86	772	23,88	760
Kat el Bkhour	13	488,500	190,700	828,663	8,82	820	8,42	820
	22	481,825	196,550	772,460	14,13	758	13,86	759
	36	480,375	193,350	777,794	16,73	761	16,25	762
	P15	482,650	197,600	763,730	7,76	756	7,89	756

TABLEAU III. 1 (suite)

gnons les trois points par des segments de droite, traçant ainsi un triangle. Chaque côté est divisé en segments proportionnels. Nous joignons par des droites ou des courbes les points d'égal niveau, ce sont les courbes hydroisohypses l'équidistance choisie est de 5m (voir Fig. III. 3).

Dans les secteurs où nous n'avons pas de points d'observation, nous ajustons les courbes sur celles qui les encadrent en amont et en aval, en tenant compte des caractères généraux de l'écoulement de la nappe indiqués par les courbes topographiques.

Ces secteurs interprétés sont indiqués en traits interrompus.

III. 2.1.5 - Interprétation des cartes piézométriques.

* Sens d'écoulement :

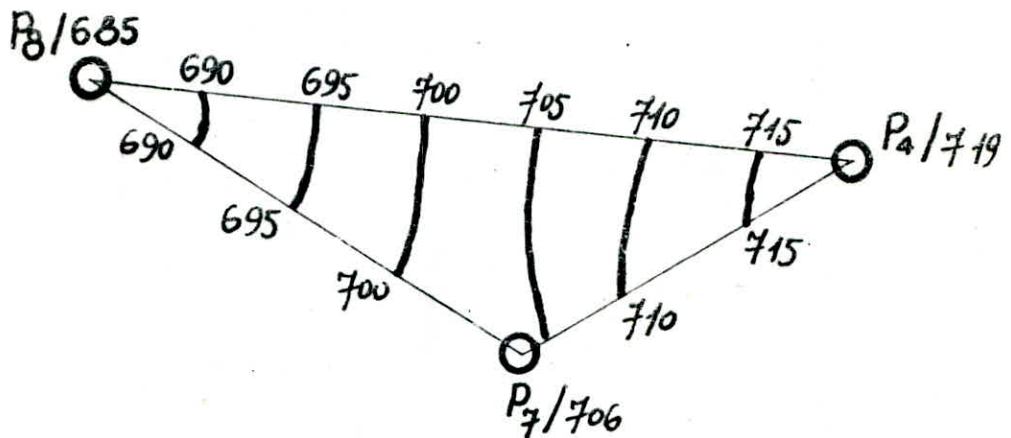
Pour faciliter l'interprétation d'une carte piézométrique, il est utile en premier lieu, de procéder à deux opérations :

- Tracé des lignes de courant de la surface piézométrique. Elles matérialisent la direction moyenne de l'écoulement des eaux souterraines. La surface piézométrique correspond à une surface équipotentielle, et donc les lignes de courant sont perpendiculaires aux lignes piézométriques.

- Fléchage des lignes de courant indiquant le sens de l'écoulement déduit des niveaux piézométriques décroissants.

Pour notre étude, nous avons constaté dans la zone d'alimentation (chaîne de montagnes de Sebaâ Rouss) que les écoulements sont divergents à l'ouest de la plaine à partir de l'axe Aïn-Oussera - Djelfa et convergents dans la zone Est à partir de ce même axe. Les zones de drainages qui ressortent clairement sur la carte correspondent approximativement aux directions des différents oueds de la région. Ceux-ci jouent le rôle de drain, et non de zone d'alimentation de la nappe dans notre cas.

fig III.3 - Dessin Des Courbes isopièzes
(Méthode d'interpolation du triangle)



Légende : P₈ / 685 : Numéro du point d'eau / Cote piézométrique
~ 690 ~ : Courbe isopièze avec cote piézométrique

* Gradient hydraulique :

Le gradient hydraulique est calculé sur un profil dans un plan vertical passant par une ligne de courant. Il est donné par la formule :

$$i = \frac{H_1 - H_2}{L}$$

Les niveaux piézométriques H_1 et H_2 sont déterminés par les courbes isopièzes, et la distance L , entre ces deux points, par l'échelle de la carte.

Dans la région d'étude, le gradient hydraulique de la nappe varie entre $i = 0,033$, dans les bordures Est et Sud de la plaine, et $i = 0,008$, sur le reste de la plaine.

* Profil de dépression :

Le profil de dépression est déterminé par plusieurs facteurs hydrologiques :

- La perméabilité du matériau aquifère.
- Le débit d'écoulement dans le secteur considéré.

- Perméabilité du terrain aquifère.

L'espacement des courbes isopièzes augmente avec la perméabilité (le gradient hydraulique est inversement proportionnel au coefficient de perméabilité K ; loi DARCY).

C'est ce qu'on remarque dans la partie centrale vers l'ouest de la carte. Inversement dans les bordures Est et Sud de la plaine, les courbes isopièzes se ressèrent, donc la perméabilité diminue. Par contre, la partie Nord-Est de la carte, l'espacement des courbes est presque constant, donc la perméabilité est constante.

- Le débit d'écoulement.

Dans la partie Est, les petits oueds se perdent dans la plaine extrêmement plate et monotone. On remarque sur la carte une

convergence des axes principaux vers la PLAINE DE PISTACHIERS (partie centrale de notre champ de captage), dans cette zone, tous les points d'eau ont sensiblement le même niveau statique.

Le débit reste constant sur la partie Nord - Est de la carte présente une perméabilité constante, et avec une épaisseur de l'aquifère variant de 120 m à 200 m.

* Fluctuations régionales des niveaux piézométriques (voir tableau : III. 2) :

Les données sont traitées comme une simple collection de nombres. Nous avons remarqué que la surface piézométrique de la nappe présente en fonction du temps (2 ans) des fluctuations de niveaux qui sont assez variables selon les points considérés.

Les plus fortes fluctuations sont enregistrées au sud-centre de la plaine (Guelt Es Stel puits n° 26), avec un écart égal à 13 m ; et sur ses bordures Sud. Les autres variations sont moins importantes dans tout le reste de la plaine.

Les variations piézométriques dans l'aquifère d'Aïn-Oussera sont essentiellement contrôlées par les précipitations qui ont un caractère aléatoire.

III. 2.2. Etude de réserve :

III. 2.2.1- La configuration du réservoir.

a) Etablissement des cartes de l'épaisseur de l'aquifère.

L'épaisseur de l'aquifère n'est pas uniforme à travers l'étendue de la plaine. On peut se faire une idée de l'épaisseur de l'Albien en utilisant les coupes des forages réalisés pour l'étude.

Décembre 1988							
Zones	N° du point d'eau	Coordonnées		Côte/RR (m)	NS (m)	Cp (m)	Fluctuation (m) Dec 86 - Dec 88
		X	Y				
Din Duddera	8	524,300	232,150	717,950	30,08	688	0
	11	522,200	235,300	710,721	24,02	687	0
	15	529,400	235,650	713,676	28,20	685	1
	18	526,460	238,900	709,220	23,12	686	1
	21	523,680	237,600	714,328	28,50	686	0
	27	519,175	231,550	724,784	39,69	685	-2
	28	516,600	227,600	747,331	56,90	690	3
	31	512,320	229,400	726,609	11,80	715	1
	35	505,250	221,675	786,383	58,29	728	3
	36	515,700	221,900	770,155	44,26	726	-1
	42	512,750	232,300	719,669	16,98	703	0
	59	504,325	229,825	737,647	37,70	700	3
	P ₉	530,000	233,350	705,919	18,40	688	0
	Birine	63	542,425	245,850	696,095	17,72	678
88		544,350	247,250	698,359	22,02	676	1
104		546,750	240,500	708,468	27,89	681	0
106		548,650	243,600	707,653	27,15	681	0
116		548,550	246,825	703,672	24,48	679	0
P ₆		550,750	241,150	721,773	49,34	681	0
P ₃		560,300	240,100	767,612	13,04	755	0

TABLEAU III. 2

Le signe (-) indique une montée du niveau piézométrique en Décembre 1988

Décembre 1988							
Zones	N° du point d'eau	Coordonnées		Cote/RR (m)	NS (m)	Cp (m)	Fluctuation (m) Dec 1986 - Dec 1988
		X	Y				
Baïra Sahary	10	553,650	226,050	815,987	9,71	806	1
	16	558,675	228,250	839,788	13,72	826	-5
	34	544,200	223,950	766,849	19,96	747	0
	36	553,300	237,950	738,382	41,60	697	-1
	37	554,625	236,950	747,987	36,42	712	-6
	39	550,700	235,650	733,682	45,20	688	3
	52	539,500	221,700	765,177	37,90	727	3
	54	545,400	224,000	773,946	31,27	743	1
	58	546,875	222,100	794,020	15,26	779	0
	84	537,400	237,700	695,718	11,66	684	0
	88	533,100	239,700	697,852	13,44	684	1
	93	531,850	235,250	701,717	15,49	686	0
	102	535,700	229,650	715,007	22,20	693	0
	104	536,025	232,500	703,839	14,95	689	0
	108	533,000	233,150	704,277	15,91	688	0
	124	552,950	231,500	773,532	36,88	737	1
	125	552,125	232,350	762,505	40,28	722	1
	P4	555,750	236,450	753,514	38,00	716	1
P7	546,700	231,600	737,528	31,42	706	0	

TABLEAU: III. 2 (suite)

Décembre 1988							
Zones	N° du point d'eau	Coordonnées		Côte/RR (m)	NS (m)	Cp (m)	Fluctuation (cm) Dec 1986 - Dec 1988
		X	Y				
Djebel Kradou	98	498,275	211,200	770,586	13,70	757	0
	123	496,650	212,700	767,248	15,00	752	3
	128	497,000	206,825	784,042	24,20	760	0
Cueltes, Stel	2	519,300	216,450	805,368	50,32	755	2
	7	521,200	215,750	806,405	46,85	760	-1
	9	503,450	217,400	793,077	40,73	752	1
	13	501,000	216,000	779,041	24,00	755	1
	15	522,250	209,550	870,664	22,71	848	1
	16	512,450	211,400	827,033	33,84	793	0
	25	505,200	207,300	796,009	39,62	756	5
	26	505,400	209,550	790,076	33,98	756	13

TABLEAU: III. 2 (suite)

Pour pouvoir limiter le champ de captage et calculer le volume de l'aquifère, nous avons tracé les courbes isopaches ou isoépaisseur.

Le tracé est effectué de la même façon que précédemment.

Grâce aux coupes des forages (sondages), les épaisseurs de quelques points d'eau ont été relevées dans le tableau III.4.

b) Interprétation des cartes de l'épaisseur de l'aquifère.

Nous savons que l'épaisseur diminue d'Est vers l'Ouest où l'Albien est important. La plage où l'épaisseur est importante est située au Nord - Est entre la plaine de Pistachiers et Sahret Rahmane. Au centre de cette plage, l'épaisseur est comprise entre 120 et 200 m. Le long de l'axe Aïn-Oussera - Birine, l'épaisseur diminue jusqu'à la valeur de 20 m. L'épaisseur décroît du Sud Est vers le Nord de Bouira Sahary au douar Zemzach.

En conclusion, la grande puissance de l'aquifère est située dans la plaine de PISTACHIERS.

III. 2.2.2 - Calcul de la réserve de l'aquifère.

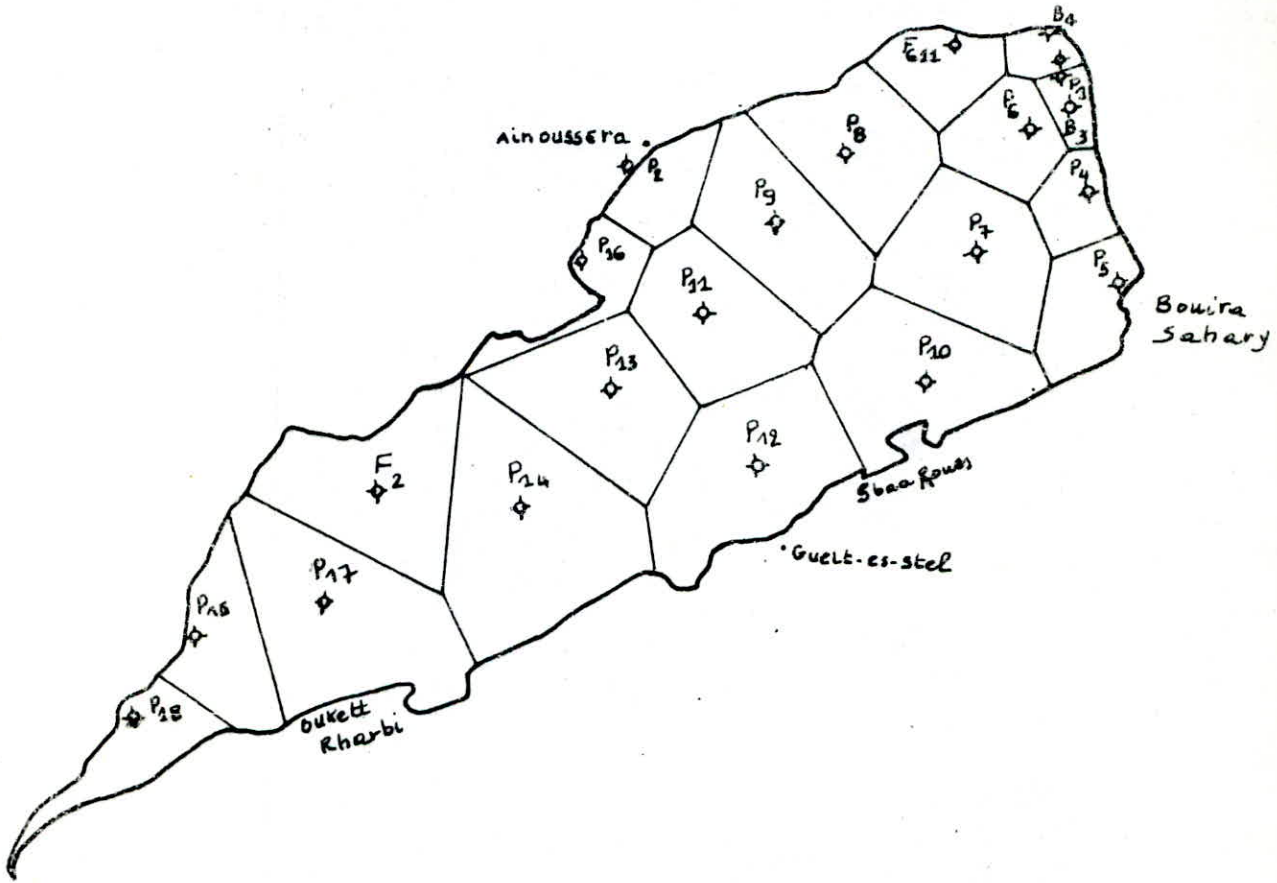
L'étude hydrogéologique de l'aquifère nous montre que la formation la plus importante est celle de l'Albien.

Pour déterminer la réserve de l'aquifère, nous avons utilisé la méthode de Theisen, qui consiste à subdiviser la zone étudiée en petites parcelles, avec un piézomètre ou un forage comme Centre. La surface de chaque parcelle est déterminée par planimétrie. (fig. III.4)

Les résultats sont groupés dans le tableau III. 5.

N ^o du point d'eau	Coordonnées		Épaisseur de l'aquifère (m)
	X	Y	
F ₆₁₁	544,650	247,900	117
B ₄	552,100	249,000	167
P ₄	555,750	236,450	84
P ₅	558,150	228,950	210
P ₆	550,750	241,150	187
P ₇	546,700	231,600	138
P ₈	535,400	239,000	217
P ₉	530,000	233,350	60
P ₁₀	542,650	220,800	150
P ₁₁	524,050	225,925	25
P ₁	553,250	246,330	120
P ₁₆	513,000	230,600	22
P ₃	560,300	240,100	0

TABLEAU: III. 4



◆ F. Forage
◆ P. Piézomètre

Decoupage de la plaine en polygones
De Theissen

fig : III. 4

N ^o du pt d'eau	Épaisseur de l'aquifère (m)	Surface (km ²)	Volume (km ³)
P ₂	197	54,90	10,8153
P ₆₁₁	117	60,92	7,1276
B ₄	167	20,51	3,4252
B ₃	130	23,44	3,0472
P ₄	84	39,46	3,3146
P ₅	210	66,53	13,9713
P ₆	187	66,66	12,4654
P ₇	138	140,40	1,9375
P ₈	217	124,73	27,7174
P ₉	60	137,86	8,2716
P ₁₀	150	161,73	24,2595
P ₁₁	25	132,53	3,3133
P ₁₂	50	185,46	9,2730
F ₂	236	172,13	5,8524
P ₁₃	70	152,93	10,7501
P ₁₄	100	237,86	23,7864
P ₁₅	74	95,46	7,0640
P ₁₇	68	212,26	14,4337
P ₁₆	22	54,53	1,1997
P ₁₈	80	74,40	5,9520

TABLEAU: III . 5

- La surface totale de la zone étudiée :

$$\sum S_i = 2\,218 \text{ Km}^2$$

- Le volume total :

$$\sum V_i = 197,9772 \text{ Km}^3$$

- Réserve en eau de la plaine :

Elle est déterminée par les paramètres de l'aquifère, nous avons pris comme porosité efficace : $P_e = 10\%$.

Alors :

$$V_R = 19,79772 \text{ Km}^3.$$

- Ressource en eau de la zone étudiée :

La pluviométrie moyenne annuelle est de 250 mm et l'infiltration efficace (IF) vaut 8% .

Donc l'infiltration est de :

$$250 \times \frac{8}{100} = 20 \text{ . mm} = 20 \text{ . } 10^{-3} \text{ m}$$

- La ressource annuelle :

$$R_{an} = 20 \text{ . } 10^{-3} \times 2218 \text{ . } 10^6 = 44\,360\,000 \text{ m}^3/\text{an.}$$

$$R_{an} = 44,36 \text{ . } 10^6 \text{ m}^3/\text{an.}$$

CHAPITRE IV.

- ETUDE THEORIQUE HYDROGEOLOGIQUE -

Introduction :

L'écoulement de l'eau souterraine est déterminé par trois paramètres hydrodynamiques : Coefficient de perméabilité ou transmissivité, gradient ou charge hydraulique, débit d'une nappe ou vitesse de l'écoulement des eaux souterraines (coefficient d'emmagasinement).

La loi de H. DARCY (1856) établie expérimentalement, est la base de l'hydrodynamique souterraine. Elle est applicable sur le terrain dans des conditions bien définies.

IV. 1 - REGIME PERMANENT.

IV. 1.1. Dispositif expérimental de DARCY :

Le dispositif expérimental comportait des tubes verticaux de 2,5 m de haut et de 0,35 m de diamètre intérieur, remplis de sable naturel, sur une hauteur l (Fig. IV. 1). La partie supérieure du tube est alimentée en eau à un niveau maintenu à une altitude constante, H , au-dessus d'un plan fixe de référence. Le volume d'eau, recueilli à la base, est mesuré en fonction du temps, en secondes ou en heures.

Le poids de la colonne d'eau, de hauteur équivalente à H n'est autre que la charge hydraulique, notée h , exprimée en mètres de hauteur d'eau.

Avec ce dispositif, H. DARCY a montré que le volume d'eau Q ($\frac{m^3}{S}$), filtrant du haut en bas dans la **colonne** de sable

de hauteur, l (m), à travers la section totale, perpendiculaire à la direction verticale d'écoulement, A (m^2), est fonction d'un coefficient de proportionnalité K ($\frac{m}{S}$), caractéristique du sable et de la perte de charge par unité de longueur du cylindre, $\frac{h}{l}$, qui est définie comme le gradient hydraulique.

D'où l'expression de la loi de DARCY :

$$Q \text{ (m}^3/\text{S)} = K \text{ (m/S)} \cdot A \text{ (m}^2) \cdot \frac{h}{l} \quad (4.1)$$

ou $Q = K \cdot A \cdot i$

Soit q ($\frac{m}{S}$) le débit unitaire qui est le quotient d'un débit par

une surface : $q \text{ (}\frac{m}{S}\text{)} = \frac{\text{débit}}{\text{section totale}} = \frac{Q}{A} = K \cdot i$

La vitesse de filtration, V (m/S), rapportée à la section totale, A , est :

$$V \text{ (m/S)} = Q/A = K \cdot i = q \quad (4.2)$$

* Ayant un écoulement latéral à travers une colonne poreuse entre deux réservoirs, (Fig. IV.2).

Nous pouvons écrire :

$$\vec{q} = -K \cdot \frac{h_1 - h_2}{l}$$

$h_1 - h_2$: est la différence de charge, Δh .

$\frac{h_1 - h_2}{l}$: le gradient hydraulique, i .

Alors :

$$\vec{q} = \vec{V} = -K \frac{\Delta h}{l} = -Ki.$$

Le signe négatif est introduit dans le membre de droite de l'équation car la charge décroît dans le sens de l'écoulement et q ou V , ne peuvent être négatifs.

* Equation générale de la loi de DARCY.

La généralisation consiste à admettre que la loi de DARCY, telle qu'elle résulte de l'expérience du paramètre ^{mé} est valable en tout point du terrain et dans toutes les directions. On aura notamment le long des trois axes de coordonnées :

$$\left| \begin{array}{l} u = - K \frac{\partial \varphi}{\partial x} \\ v = - K \frac{\partial \varphi}{\partial y} \\ w = - K \frac{\partial \varphi}{\partial z} \end{array} \right.$$

Ce système d'équations peut se mettre sous la forme d'une équation vectorielle définie par :

$$\overline{V} = - K \overline{\text{grad}} \varphi \quad (4.4)$$

où φ : le potentiel hydraulique.

* Condition de validité de la loi de DARCY.

La loi de DARCY est établie par des expériences de laboratoire répondant à des conditions très strictes. Quatre conditions doivent être respectées :

- 1°/ - Continuité.
- 2°/ - Isotropie.
- 3°/ - Hmogénéité du réservoir.
- 4°/ - Ecoulement laminaire.

IV. 1.2. Définition de quelques paramètres hydrodynamiques :

* Perméabilité.

Définition de la perméabilité :

La perméabilité est l'aptitude d'un aquifère à se laisser traverser par l'eau, sous l'effet d'un gradient hydraulique. Elle exprime la résistance du milieu à l'écoulement de l'eau. Elle est mesurée par deux paramètres.

- a) Le coefficient de perméabilité
- b) La perméabilité intrinsèque.

* a) - Le coefficient de perméabilité, noté K, est défini par la loi de DARCY. C'est le volume d'eau gravitaire en m^3 traversant en une unité de temps (une seconde), sous l'effet d'une unité de gradient hydraulique, une unité de section en m^2 orthogonale à la direction de l'écoulement dans les conditions de validité de la loi de DARCY à la température $20^\circ C$.

* b) - La perméabilité intrinsèque, notée k, est le volume de liquide d'unité de viscosité cinématique traversant en une unité de temps (s) sous l'effet d'une unité de gradient hydraulique, une unité de section (m^2) orthogonale à la direction d'écoulement. Elle s'exprime en m^2 . Elle est parfois appelée perméabilité géométrique.

$$q = V = C \cdot d_{10}^2 \cdot \frac{\delta}{\mu} \cdot i \quad (4.3')$$

C : facteur de forme, sans dimension.

d_{10} : diamètre efficace en cm.

Cd_{10} : caractéristique de réservoir.

$C \cdot d_{10}^2 = k$: perméabilité intrinsèque.

δ : $\rho \cdot g$ le poids volumique.

μ : viscosité dynamique.

$\frac{\gamma}{\mu}$: caractéristique de l'eau en mouvement.

$$c \cdot d_{10}^2 \cdot \frac{\gamma}{\mu} = k \cdot \frac{\gamma}{\mu} = K : \text{coefficient de perméabilité.}$$

* Transmissivité.

Définition de la transmissivité :

La productivité d'un captage dans un aquifère est fonction de son coefficient de perméabilité, K et de son épaisseur, e. C'est pourquoi un paramètre récent, la transmissivité, notée T, a été créé. Il régit le débit d'eau qui s'écoule, par unité de largeur, l, d'un aquifère sous l'effet d'une unité de gradient hydraulique, i. Il évalue la fonction conduite de l'aquifère.

La transmissivité est égale au produit du coefficient de perméabilité, K, par l'épaisseur de l'aquifère, e. Elle s'exprime en m²/s.

$$T \left(\frac{m^2}{s} \right) = K \left(\frac{m}{s} \right) \cdot e_{(m)} \quad (4.5)$$

Soit : $A = e \cdot l \quad (m^2).$

Donc l'expression de la loi de DARCY devient :

$$Q = K \cdot A \cdot i = K \cdot e \cdot l \cdot i = K \cdot \frac{T}{K} \cdot l \cdot i = T \cdot l \cdot i$$

$\frac{(m^2)(m)}{s}$

Les cartes de transmissivité permettent de représenter les zones de productivité.

* Diffusivité.

Définition de la diffusivité :

La diffusivité est égale au quotient de la transmissivité T , ($\frac{m^2}{S}$), par le coefficient d'emmagasinement, S . Elle s'exprime en $\frac{m^2}{S}$.

* Coefficient d'emmagasinement.

Définition du coefficient d'emmagasinement :

Le coefficient d'emmagasinement, noté S , sans dimension est le rapport du volume d'eau libéré ou emmagasiné par unité de surface de l'aquifère en m^2 , à la variation unitaire de la charge hydraulique. Dans le cas de l'aquifère libre, l'eau est libérée par l'action de la force de gravité.

Contrairement à l'aquifère captive où l'eau est libérée par expulsion provoquée par les actions d'élasticité de l'eau et du solide.

IV. 1.3. Equation de LAPLACE :

On sait que la loi DARCY généralisée peut s'écrire :

$$\left| \begin{array}{l} u = -K \frac{\partial \phi}{\partial x} \\ v = -K \frac{\partial \phi}{\partial y} \\ w = -K \frac{\partial \phi}{\partial z} \end{array} \right. \quad \text{I}$$

Nous devons ajouter à ces équations l'EQUATION DE CONTINUITE qui tient compte du comportement du liquide filtrant.

Soit un volume élémentaire (Fig. IV. 3), supposons

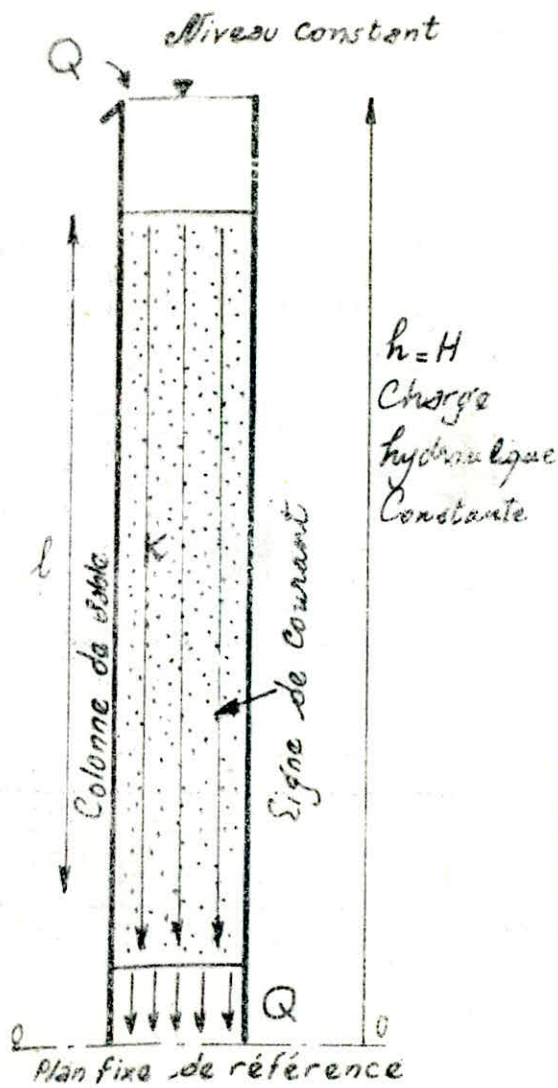


fig. IV. 1

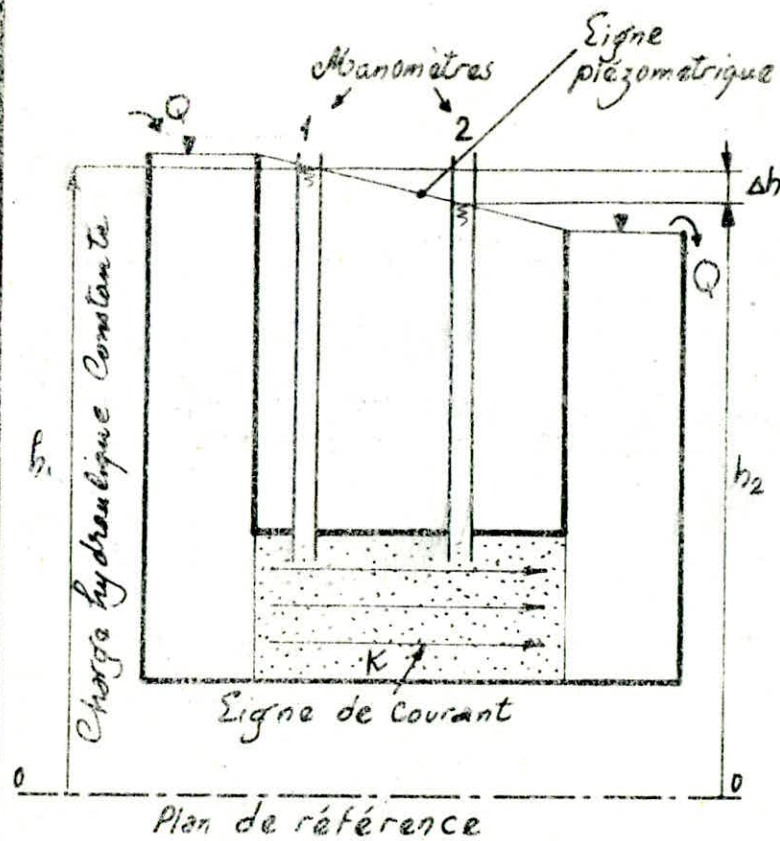


fig. IV. 2

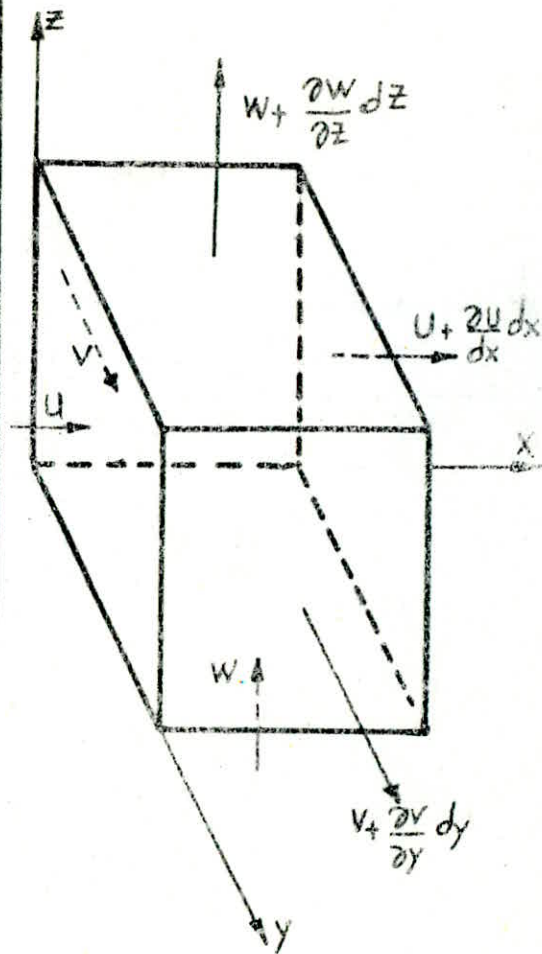


fig. IV. 3

que le liquide filtrant ainsi que le milieu poreux sont incompressibles.

Nous devons admettre ici que la somme du débit entrant par les trois faces est égale à la somme des débits sortant par les faces opposées.

La somme des débits entrant :

$$\sum_e dq = u \, dy \, dz + v \, dx \, dz + w \, dx \, dy.$$

La somme des débits sortant :

$$\begin{aligned} \sum_s dq = & (u + \frac{\partial u}{\partial x} dx) dy \, dz + (v + \frac{\partial v}{\partial y} dy) dx \, dz + \\ & + (w + \frac{\partial w}{\partial z} dz) dx \, dy. \end{aligned}$$

Pour une condition d'écoulement permanent.

En posant : $\sum_e dq = \sum_s dq$. On trouve $\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$ II

C'est l'équation de continuité, On peut l'écrire vectoriellement.

$$\operatorname{div} \bar{V} = 0$$

Dérivons chacune des équations (I) respectivement par rapport à x, y, z et additionnons-les. Nous obtenons, compte-tenu de (II)

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = \Delta \varphi = 0 \quad (4.6)$$

C'est l'équation de LAPLACE. Les fonctions qui la vérifient sont dites fonctions harmoniques.

IV. 2 - ÉCOULEMENT NON PERMANENT.

Tout écoulement d'eau souterraine doit satisfaire l'équation de continuité qui est en général sous la forme

$$-\left[\frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} \right] = \frac{\partial \rho}{\partial t} \quad (4.7)$$

Dans le régime transitoire, le débit varie en fonction du temps, c'est-à-dire le débit d'eau rentrant par unité de temps est différent de celui de la sortie.

Le coefficient d'emmagasinement S dans les nappes captives est donné par la formule :

$$\frac{\partial \rho}{\partial P} = \frac{\rho S}{e \gamma_e} \quad (4.8)$$

Cela implique que : $\partial \rho = \frac{\rho S}{e \gamma_e} \partial P$

Nous remplaçons $\partial \rho$ dans la formule précédente.

L'équation (4.7) devient :

$$-\left[\frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} \right] = \frac{\rho S}{e \gamma_e} \frac{\partial \rho}{\partial t} \quad (4.9)$$

Nous savons :

$$v_x = -K \frac{\partial h}{\partial x} ; v_y = -K \frac{\partial h}{\partial y} ; v_z = -K \frac{\partial h}{\partial z}$$

En admettant que la masse volumique ρ est constante : $P = \gamma_e \cdot h$.

L'équation (4.9) devient :

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = \frac{S}{K e} \frac{\partial h}{\partial t} \quad (4.10)$$

Nous pouvons écrire l'équation (4.10) comme suit :

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = \nabla^2 h \quad (4.10') \text{ cela implique que}$$

$$\nabla^2 h = \frac{S}{k.e} \cdot \frac{\partial h}{\partial t} \quad (4.11)$$

Le coefficient d'emmagasinement S sera remplacé par la porosité efficace n_e , dans le cas où nous avons une nappe libre.

L'équation (4.11) sera :

$$\nabla^2 h = \frac{n_e}{k.e} \frac{\partial h}{\partial t} \quad (4.11')$$

Avec :

- e : épaisseur de la nappe s'il s'agit d'une nappe captive (m).
- S : coefficient d'emmagasinement.
- t : temps de pompage mesuré depuis le début exprimé en secondes.
- Q : débit de pompage en m^3/s .

Le produit $K \cdot e$ s'appelle la transmissivité.

L'équation (4.11') devient :

$$\nabla^2 h = \frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t} \quad (4.11'')$$

Elle est appelée équation de diffusion.

IV. 2.1. Effet de pompage dans le régime non permanent :

L'écoulement des eaux souterraines vers les ouvrages de captage en théorie n'atteint pas le régime d'équilibre. A débit constant, le rayon d'action augmente en fonction du temps du

pompage jusqu'à un régime quasi équilibre.

L'équation différentielle (4.11") est transformée en coordonnées polaires parce que l'écoulement au cours du pompage est radial.

$$\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} = \frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t} \quad (4.12)$$

Introduction des conditions aux limites :

$$h(r, 0) - h(r, t) = s(r, t).$$

Avec h : niveau dynamique dans le forage avant pompage.

L'équation (4.12) devient :

$$\frac{\partial^2 s}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial s}{\partial r} = \frac{S}{T} \frac{\partial s}{\partial t} \quad (4.13)$$

IV. 2.2. Solution de l'équation différentielle :

La solution de l'équation différentielle a été proposée par l'Américain Theis (1935) en considérant qu'à l'instant $t = 0$ $h = H$ et h tend vers H lorsque $r \rightarrow \infty$.

Après le commencement du pompage ($t \geq 0$), la solution est :

$$H - h = \frac{Q}{4 \pi T} \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du \quad (4.14)$$

Avec :

H : charge de l'aquifère avant pompage.

h : charge à une distance r du puits à l'instant t .

Généralement

$$w(u) = \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du$$

L'équation (4.14) devient :

$$H - h = s = \frac{Q}{4\pi T} \cdot W(u) \quad (4.15)$$

Avec :

$W(u)$ est l'intégrale exponentielle de Hankel, tabulée par Wenzel.

$W(u)$ est appelée fonction du puits.

Ces fonctions u et $W(u)$ sont représentées en coordonnées bilogarithmiques sous le terme de "courbe standard" (Figure IV. 4).

IV. 2.2.1 - Approximation de JACOB.

$$\text{La fonction } W(u) = \int_u^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du$$

$W(u)$ peut s'écrire comme :

$$W(u) = -E_i(-u).$$

Avec :

$$-E_i(-u) = -\ln u - \gamma + \sum_{n=1}^{\infty} (-u)^n \frac{1}{n \cdot n!}$$

γ : constante d'Euler qui est égale à 0,5772.

Lorsque u est suffisamment petit, la série constituant le troisième terme du second membre tend vers zéro (0) et $W(u)$ prend la valeur suivante :

$$W(u) = \ln \frac{1}{u} - \frac{1}{e^{\gamma}}, \quad u = \frac{Sr^2}{4Tt}$$

u est inversement proportionnel à t , donc si t augmente u diminue, c'est-à-dire pour un temps relativement grand, l'approximation de JACOB est valable.

L'équation (4.15) devient :

$$s = \frac{Q}{4 \pi T} \left[\text{Ln} \frac{4 \cdot T \cdot t}{S r^2} - 0,5772 \right] \quad (4.16)$$

En passant aux logarithmes décimaux,

$$s = \frac{0,183}{T} \log \frac{2,25 \cdot T \cdot t}{S r^2} \quad (4.16')$$

Avec :

- s : rabattement (m).
- T : transmissivité (m²/S).
- t : temps correspondant au rabattement s.
- r : distance entre le puits et le piézomètre.
- Q : débit en m³/S.
- S : coefficient d'emmagasinement.

N . B. - Le Professeur estime que l'équation peut être adoptée pour $u < 0,01$.

* Limites de validité des solutions de JACOB et THEIS.

- + Nappe initialement au repos c'est-à-dire non perturbée.
- + Milieu infini homogène et isotrope

$$T = \text{CONSTANT} \quad \text{et} \quad S = \text{CONSTANT.}$$

+ Pour une nappe à surface libre, il faut que le rabattement soit faible par rapport à la charge.

$$s = \Delta H \ll H$$

- + Puits complets ou puits parfaits.
- + L'eau est libérée de la nappe instantanément avec le pompage, (c'est-à-dire que le stockage est négligeable, cas des forages à petits diamètre).

IV. 2.3. Utilisation pratique des formules du régime variable :

L'analyse des résultats des essais de pompage en régime non permanent a les avantages suivants :

- Temps de pompage limité.
 - Possibilité d'utiliser un seul piézomètre pour la détermination des caractéristiques hydrodynamiques.
- La détermination de la transmissivité et le coefficient d'emmagasinement se fait par les méthodes suivantes.

IV. 2.3.1 - Méthode d'analyse de Theis.

Nous utilisons directement la table de la fonction $W(u)$ que nous traçons sur un papier bilogarithmique et la courbe obtenue est appelée "courbe standard" (voir Fig. IV.4).

Nous reportons sur un papier calque transparent bilogarithmique (avec même échelle que la courbe standard) les valeurs expérimentales des couples (s, t) , désignant respectivement le rabattement et le temps.

s en ordonnées ; t en abscisses

(voir Fig. IV. 5).

L'équation (4.15) s'écrit sous la forme :

$$s = \frac{Q}{4.\pi.T} . W(u)$$

Avec :

$$U = \frac{s . r^2}{4.T.t} \quad (4.15')$$

$$s = \frac{Q}{4.\pi.T} . W \longrightarrow \log s = \log \frac{Q}{4.\pi.T} + \log W$$

$$u = \frac{s \cdot r^2}{4 \cdot T \cdot t} \longrightarrow \log u = \log \frac{s \cdot r^2}{4 \cdot T} + \log \frac{1}{t}$$

Nous pouvons aussi tracer la courbe standard W en fonction de $1/u$.

L'équation (4.15) s'écrit sous la forme :

$$s = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot T} \cdot W(1/u) \quad \text{avec} \quad \frac{1}{u} = \frac{4 \cdot T \cdot t}{s \cdot r^2} \quad (4.15'')$$

$$\text{Log } s = \log \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot T} + \log W(1/u).$$

$$\text{Log } \frac{1}{u} = \log \frac{4 \cdot T}{s r^2} + \log t.$$

- Nous superposons la courbe expérimentale (courbe tracée sur calque) sur la courbe standard en conservant le parallélisme des axes jusqu'à ce que nous réalisons la meilleure coïncidence des deux courbes.

- Nous choisissons un point arbitraire, commun aux deux courbes superposées et tel que son abscisse a une durée de pompage t.

- Nous prendrons les coordonnées du point de la courbe standard

$$\frac{1}{u}, \quad W(1/u).$$

t et s à partir de la courbe expérimentale (voir Fig. IV. 5).

Par substitution de ces valeurs dans l'équation (4.15''), nous pouvons déterminer la transmissivité (T) et le coefficient d'emmagasinement s.

$$T = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot s} \cdot W(1/u)$$

$$S = \frac{4 \cdot \pi \cdot t}{r^2} \cdot u$$

N . B. - La formule de THEIS ne s'applique que lorsque le temps de pompage est trop court.

IV. 2.3.2- Méthode semi logarithmique de JACOB.

Le rabattement est donné par :

$$s = \frac{0,183}{T} \log \frac{2,25 \cdot T \cdot t}{r^2 \cdot S}$$

Cette formule n'est valable que pour des durées de pompage suffisamment longues et pour des piézomètres situés à proximité du puits de pompage.

Cette méthode consiste à reporter sur un papier semi-logarithmique les points correspondants aux mesures expérimentales des rabattements en fonction du temps.

- Nous traçons la droite sur laquelle les points tendent à s'aligner, nous obtenons une droite pour un puits et un terrain donnés (voir Fig. IV. 6).

D'après l'équation ci-dessus,

La droite théorique a pour pente $\frac{0,183}{T} \cdot Q$

et l'abscisse à l'origine $\frac{S \cdot r^2}{2.25 \cdot T \cdot t}$

Pratiquement, la pente P est déterminée en prenant deux points du graphe avec coordonnées respectives (s_1, t_1) et (s_2, t_2) .

tel que :

$$t_2/t_1 = 10 \quad (\text{un cycle de temps})$$

La pente de droite est $\frac{\Delta(s)}{\log \frac{t_2}{t_1}}$ (graphe)

$$P = \frac{\Delta(s)}{1} \quad \text{cela implique que} \quad \frac{0.183}{T} \cdot Q = \Delta(s)$$

Donc :

$$T = \frac{0.183}{\Delta(s)} \cdot Q \quad \text{avec } Q \text{ en } m^3/S.$$

- Le coefficient S s'obtient à l'aide du temps fictif $\log t_0$ pour lequel $s = 0$.

$$s = \frac{0.183}{T} \cdot Q \quad \log \frac{2,25 \cdot T \cdot t_0}{S \cdot r^2}$$

$$\frac{0.183}{T} \cdot Q \quad \log \frac{2,25 \cdot T \cdot t_0}{S \cdot r^2} = 0 \quad \text{implique}$$

$$\text{que } S = \frac{2,25 \cdot T \cdot t_0}{r^2}$$

avec r en m, t en seconde $T : |m^2/s|$.

Remarque :

L'utilisation de la formule de JACOB est nettement plus commode que celle de THEIS :

- La détermination graphique de la transmissivité (T) est plus aisée.
- Dans le cas de plusieurs forages (puits) de pompage les calculs qu'elle entraîne sont plus rapides.

IV. 2.3.3 - Application de la formule de JACOB.

A la remontée de la nappe après l'arrêt du pompage.

A l'arrêt du pompage, l'eau de la nappe continue à s'écouler dans le puits, le niveau dynamique remonte et le rabattement dans les piézomètres diminue.

Dans ce cas, nous appliquons le principe de superposition des écoulements souterrains.

- Soit Q le débit pompé jusqu'à l'arrêt du pompage correspond à t .

- L'ouvrage continue à libérer le même débit Q non expulsé mais réservé, comme une injection dans le puits d'un débit fictif c'est-à-dire d'un pompage

$(-Q)$ correspond à t' .

- Nous supposons que t et t' sont suffisamment grands.

- Le rabattement s à l'instant considéré sera la somme :

* du rabattement (S_1) qui correspond au débit Q

* du rabattement (S_2) qui correspond au débit fictif $-Q$.

Le rabattement réel sera la somme :

$$S_1 + S_2$$

$$S = S_1 + S_2$$

$$S = \frac{0,183}{T} \cdot Q \log t/t'$$

avec :

t : durée mesurée depuis le début du pompage.

t' : durée mesurée depuis l'arrêt du pompage.

Ce phénomène peut être interprété par voie graphique en portant en ordonnées les rabattements et en abscisses les quantités $\log t/t'$,

(voir Fig. IV. 7), mesurées expérimentalement.

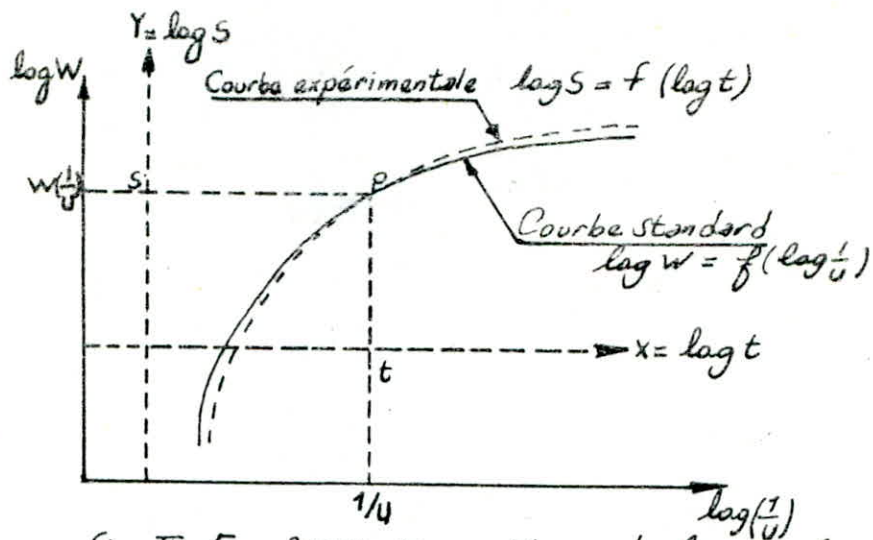


fig: IV. 5 - Utilisation pratique de la courbe standard

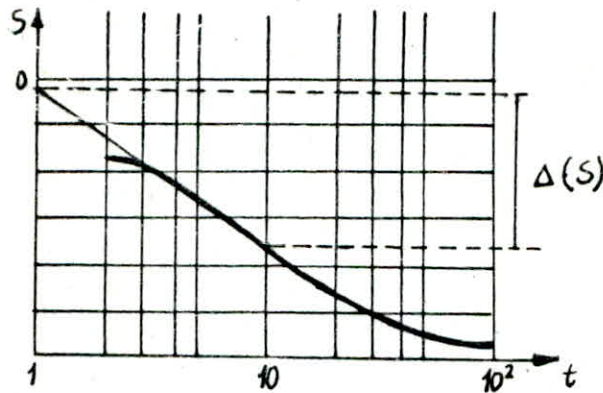


fig: IV. 6 - Application de la formule de Jacob au cours de la période de pompage.

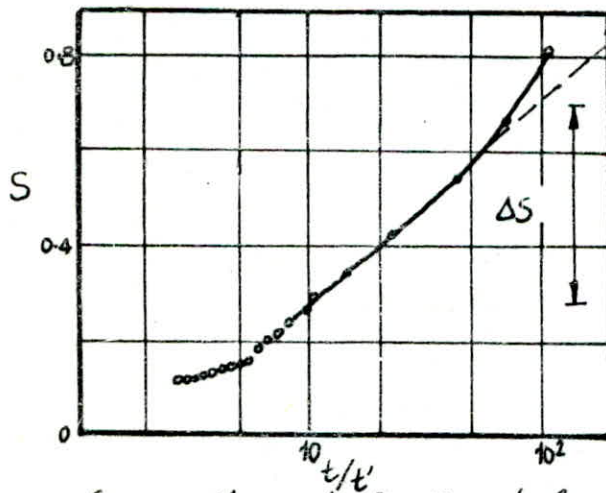


fig: IV. 7 - Application de la formule de Jacob au cours de la remontée après l'arrêt du pompage.

Avec la même méthode que précédemment, nous choisissons deux points de coordonnées respectives $(S_1, \frac{t_1}{t'_1})$ et $(S_2, \frac{t_2}{t'_2})$

tel que :

$$\frac{t_2 / t'_2}{t_1 / t'_1} = 10$$

C'est-à-dire un cycle de temps.

La pente de la droite théorique sera égale à :

$$\frac{0.183}{T} \cdot Q.$$

Graphiquement elle sera de $\frac{\Delta(S)}{\log(\frac{t_2/t'_2}{t_1/t'_1})}$

$$\text{donc } \Delta(S) = \frac{0.183}{T} \cdot Q$$

$$T = \frac{0.183}{\Delta(S)} \cdot Q$$

Le coefficient d'emmagasinement S s'obtient à l'aide du temps fictif t_0/t'_0

pour lequel $S = 0$

$$S = 0 \text{ implique que } \log \frac{2,25 \cdot t_0/t'_0 \cdot T}{S \cdot r^2} = 0$$

$$S = \frac{2,25 \cdot T}{r^2} \cdot \frac{t_0}{t'_0}$$

CHAPITRE V.

- RESULTATS DES ESSAIS DE POMPAGE -
=====

V. 1 - ETUDE HYDRODYNAMIQUE.

L'étude hydrodynamique de la nappe est basée sur les essais de pompage réalisés au niveau des cinq forages, F₄, F₅, F₆, F₇ et F₈ en régime transitoire.

Par manque de piézomètres, toutes les mesures de rabattement ont été faites pendant le pompage au niveau du forage.

V. 1.1 - Essais par pompage :

Trois essais ont été réalisés sur terrain au cours de l'expérience.

- Essai de développement.

Cet essai a pour but le nettoyage du sondage et le développement du forage.

- Essai de puits par paliers de courte durée.

L'essai de puits par paliers de courte durée est destiné à l'évaluation des caractéristiques de l'ouvrage de captage telles que :

débit critique, débit spécifique, débit d'exploitation, pertes de charge dans l'ouvrage et environnement de cet ouvrage.

- Essai de longue durée.

L'essai de longue durée permet de déterminer les 2 paramètres hydrodynamiques de l'aquifère et qui sont la transmissivité et le coefficient d'emmagasinement.

N.B/ La conduite des essais de pompage et leur interprétation s'effectuent en régime transitoire.

Méthode d'interprétation -- FORAGE F₄ -

V. 1.1.1. Essai de développement: (Forage F₄)

Le forage a été nettoyé et développé à l'émulseur puis avec une pompe à l'axe vertical.

A l'aide de l'émulseur, les résultats obtenus sont :

N. S, m	Q, l/S	N. D, m
19	35	21,90

Les résultats du développement du forage avec la pompe sont :

N. S, m	Q, l/S	rabattement, m
13,78	80	16,59

N. S, m : niveau statique exprimé en mètres.

N. D, m : niveau dynamique exprimé en mètres.

V. 1.1.2. Essai de puits par paliers : (Forage F₄)

Trois paliers ont été réalisés lors de l'essai par paliers, avec des débits différents.

Les résultats obtenus sont les suivants :

- Niveau statique noté N . S

$$N . S (m) = 13,78$$

N° du palier	durée du palier	débit m ³ /h	rabattement (m) S	niveau dynamique (m)	débit spécifique m ³ /h/m	rabattement spécifique
1	8h	144	9,83	23,92	14,649	0,0680
2	8h	216	13,11	27,20	16,475	0,0606
3	8h	288	16,34	30,43	17,625	0,0567

La courbe caractéristique du forage est représentée sur le graphe [G F₄].

Interprétation de la courbe caractéristique du forage F₄

Sur le tracé rabattement - débit, nous constatons une légère inflexion au point 1, mais la droite joignant les trois points ne présente aucune inflexion, ce tracé nous montre que le forage a été ^{bien} développé.

Le débit critique est égal à 288 m³/h (débit du dernier palier) soit $Q_{cr} = 80$ (l/S).

Débit d'exploitation :

Nous prendrons 85% du débit critique.

$$Q_{exp} = \frac{85}{100} \cdot 80$$

$Q_{exp} = 68 \text{ (l/S)}$

V. 1.1.3. Essai de longue durée : (Forage F₄)

Un essai de longue durée de 72 heures suivi d'une remontée de 36 heures a été réalisé.

Le débit est de 80 l/S, le niveau statique de la nappe est situé à 13,98 m de profondeur.

Interprétation de la courbe de descente, graphe G_d-F₄.

Nous constatons que 30 secondes après la mise en marche de la pompe, le niveau chute de 13,98 m à 23,33 m.

Ensuite, à partir de 1 mn et 30 secondes, le niveau dynamique se retrouve à 26,20 m. A la 23ème heure de pompage et jusqu'à la 43ème heure, le niveau dynamique se stabilise entre 30,41 et 30,43 m.

Le rabattement à la fin de l'essai de pompage dans le forage est de 16,45 m.

La droite $\Delta = f(t)$ tracée à partir des données du tableau (V.1), joignant le maximum de points, présente une pente de 1,15.

La valeur de la transmissivité (T) est déterminée par la formule de Jacob :

$$T = \frac{0,183 Q}{\Delta s}$$

Avec; T : transmissivité en m^2/s

Q : débit de pompage en m^3/s

Q = 80 l/s , $\Delta s = 1,15$ m (pente de la droite, m)

donc :

$$T = \frac{0,183 \cdot 80 \cdot 10^{-3}}{1,15}$$

$$T = 1,27 \cdot 10^{-2} m^2/s$$

Interprétation de la courbe de remontée graphe (GR F4).

Le niveau dynamique à la fin de la remontée se situait à 13,96 m de profondeur.

Durant les 30 premières secondes après l'arrêt du pompage, il y a un flux d'eau important qui fait remonter l'eau de 30,63 à 10,81 m, par la suite la remontée se fait régulièrement. Sur le graphique semi-logarithmique, l'alignement des points est régulier. la droite $\Delta = f(t/t')$ tracée à partir des données du tableau (V.1') joignant le maximum de points présente une pente égale à 1,14.

DESCENTE DE NAPPE

Essai du 19 au 22.09.1987 (72h de pompage)

Chantier : Aïn Oussera , . N.S. = 13,98m . Essai : longue durée

Forage : F₄ . Aspiration à 57 m . Pompe ø 10"

TABLEAU V.1

t(mn)	Δ(m)	t(mn)	Δ(m)	t(mn)	Δ(m)	t(mn)	Δ(m)	t(mn)	Δ(m)
00	00	40	14,80	420	15,87	1140	16,32	2340	16,41
½	10,35	45	14,83	450	15,89	1170	16,32	2400	16,42
1	11,49	50	14,88	480	15,90	1200	16,31	2460	16,43
1½	12,22	55	14,94	510	15,93	1260	16,33	2580	16,46
2	12,55	60	14,98	540	15,95	1290	16,37	2640	16,48
2½	12,82	70	15,06	570	15,97	1320	16,40	2700	16,50
3	12,99	80	15,13	600	16,01	1350	16,43	2760	16,51
3½	13,09	90	15,19	630	16,04	1380	16,41	2820	16,50
4	13,21	100	15,24	660	16,07	1410	16,41	2880	16,51
4½	13,38	110	15,29	690	16,08	1440	16,42	2940	16,52
5	13,42	120	15,30	720	16,09	1500	16,41	3000	16,53
6	13,47	135	15,37	750	16,10	1560	16,42	3060	16,55
7	13,68	150	15,42	780	16,11	1620	16,43	3120	16,54
8	13,80	165	15,46	840	16,12	1680	16,42	3180	16,55
9	13,89	180	15,49	870	16,12	1740	16,41	3240	16,55
10	13,96	200	15,53	900	16,15	1800	16,40	3360	16,56
12	14,09	220	15,59	930	16,17	1860	16,40	3600	16,57
14	14,19	240	15,65	960	16,18	1920	16,41	3720	16,58
15	14,22	270	15,70	990	16,21	1980	16,42	3840	16,59
20	14,38	300	15,73	1020	16,26	2040	16,42	3960	16,61
25	14,70	330	15,78	1050	16,30	2160	16,43	4080	16,64
30	14,74	360	15,83	1080	16,31	2220	16,42	4200	16,66
35	14,77	390	15,85	1110	16,31	2280	16,41	4320	16,65

SOURCE A - N - R - H

REMONTEE DE NAPPE

Essai du 22.9.1987

(Après 72h de pompage).

Chantier : Ain Oussera . N.S = 13,98 m . Essai : longue durée
 Forage : F₄ . Aspiration à 57 m . Pompe : Ø 10"

TABLEAU V.1'

t/t'	Δ(m)	t/t'	Δ(m)	t/t'	Δ(m)	t/t'	Δ(m)
3641,00	5,84	145,00	1,92	14,09	0,73	5,36	0,22
4321,00	4,97	124,43	1,82	13,00	0,69	5,24	0,21
2881,00	4,36	109,00	1,71	12,08	0,62	5,00	0,19
2161,00	4,10	97,00	1,67	11,29	0,60	4,79	0,18
1729,00	3,84	87,40	1,64	10,60	0,59	4,60	0,16
1441,00	3,68	79,55	1,60	10,00	0,58	4,43	0,14
1235,29	3,51	73,00	1,55	9,47	0,54	4,27	0,12
1081,00	3,40	62,71	1,48	9,00	0,52	4,13	0,10
961,00	3,29	55,00	1,39	8,58	0,48	4,00	0,08
865,00	3,15	49,00	1,35	8,20	0,45	3,88	0,07
721,00	3,03	44,20	1,29	7,86	0,42	3,77	0,06
618,14	2,89	40,27	1,24	7,55	0,40	3,67	0,05
541,00	2,79	37,00	1,19	7,26	0,38	3,57	0,04
481,00	2,68	33,00	1,15	7,00	0,37	3,48	0,04
433,00	2,60	29,80	1,11	6,76	0,35	3,40	0,03
393,73	2,52	27,18	1,05	6,54	0,32	3,32	0,02
361,00	2,47	25,00	0,99	6,33	0,30	3,25	0,02
333,31	2,41	22,60	0,82	6,14	0,28	3,18	0,010
309,51	2,35	20,64	0,80	5,97	0,25	3,12	0,00
289,00	2,31	19,00	0,82	5,80	0,25	3,06	-0,01
217,00	2,14	17,00	0,80	5,65	0,24	3,00	-0,02
173,80	2,00	15,40	0,78	5,50	0,23		

SOURCE A - N - R - H

$Q \text{ m}^3/h$

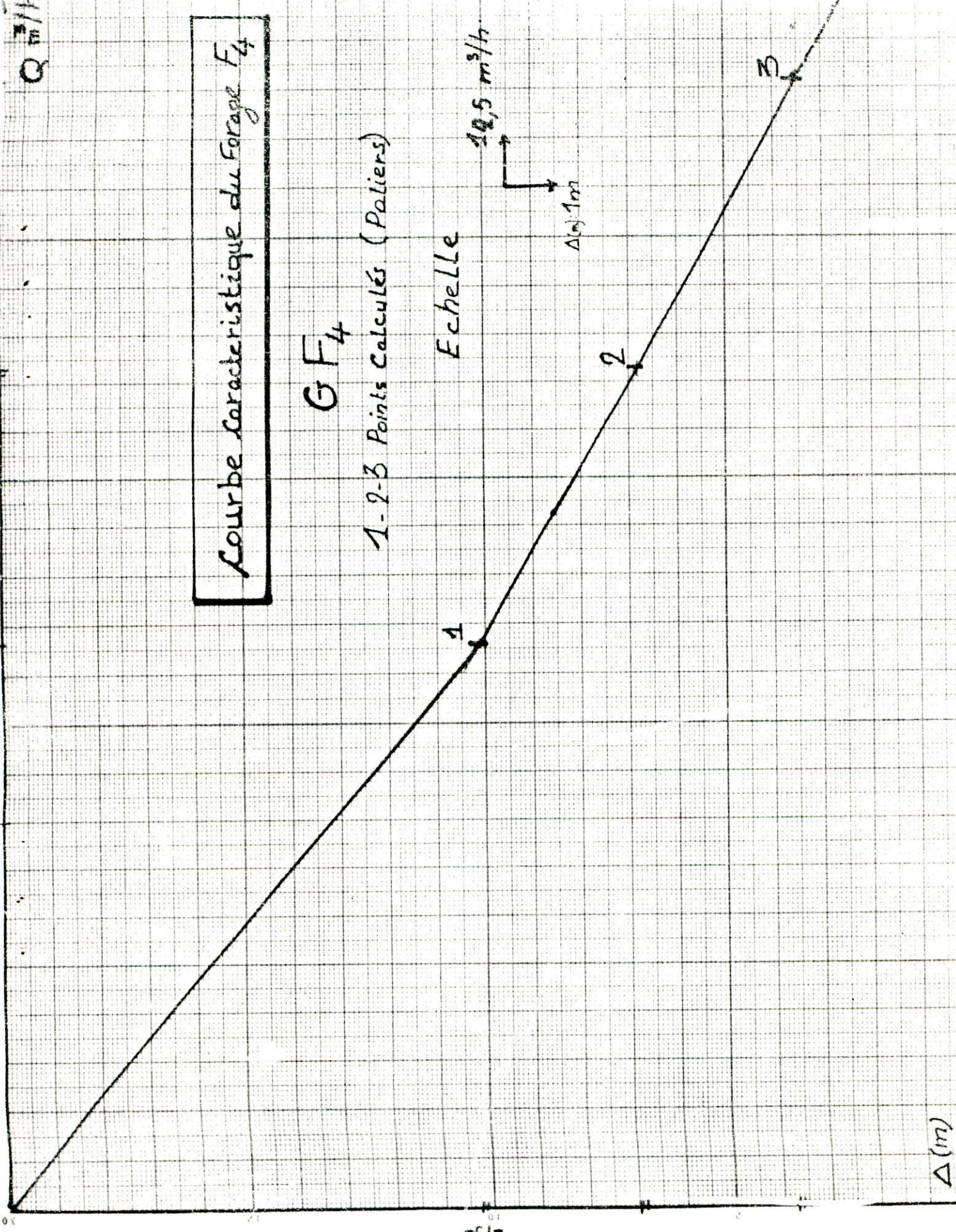
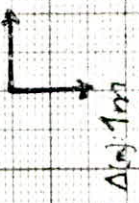
Courbe caractéristique du Forage F_4

GF_4

1-2-3 Points Calculés (Paliers)

Echelle

$10,5 \text{ m}^3/h$

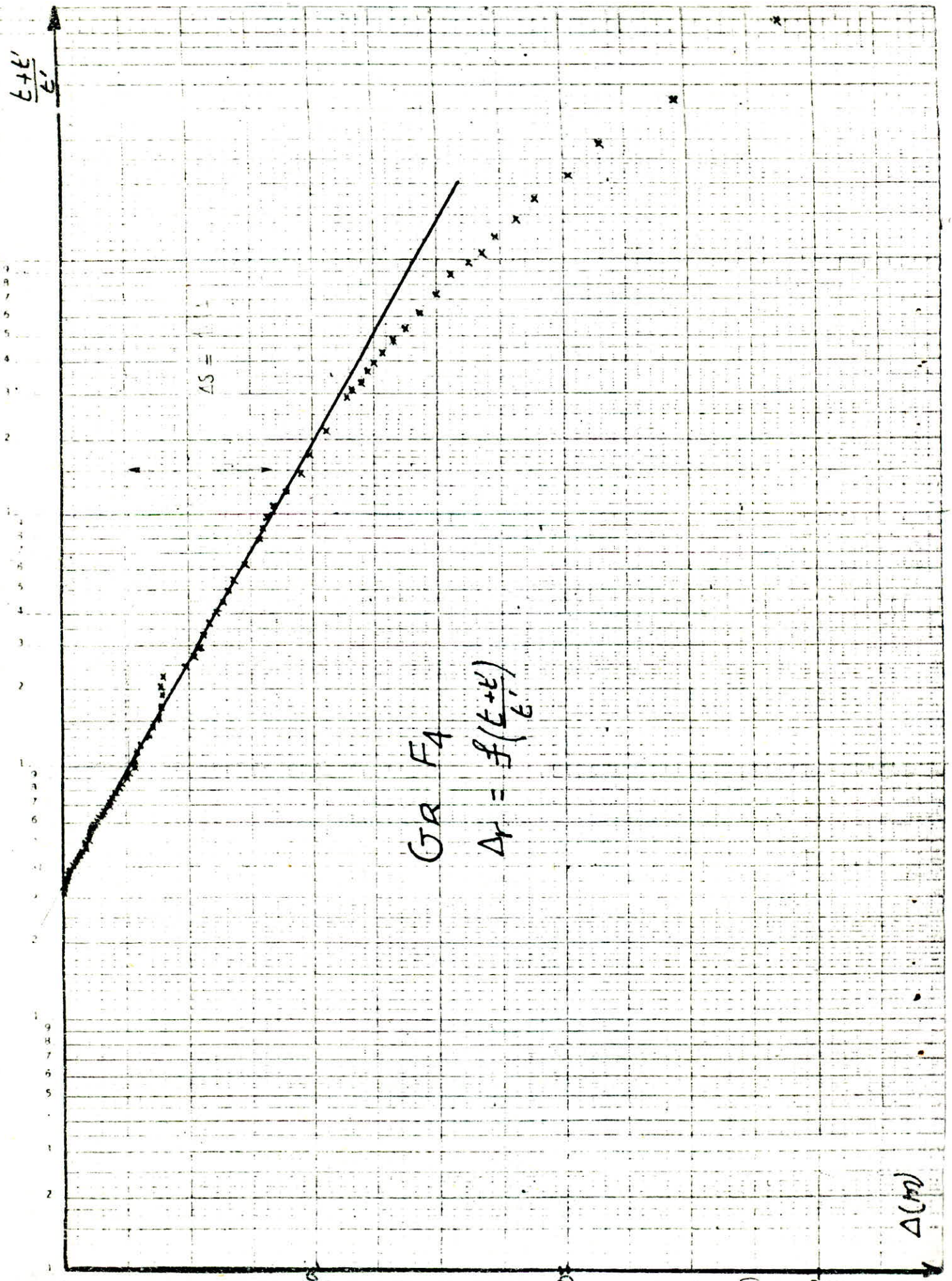


$\Delta (m)$

46 6210

K&E SEMILOG GRAPH 5 CYCLES X 70 DIVISIONS
REPRODUCED FROM ORIGINAL

$\frac{t+L}{L}$



GR F4

$$\Delta r = f\left(\frac{t+L}{L}\right)$$

$\Delta S = 100$

$\Delta(m)$

55

1.4

(m)

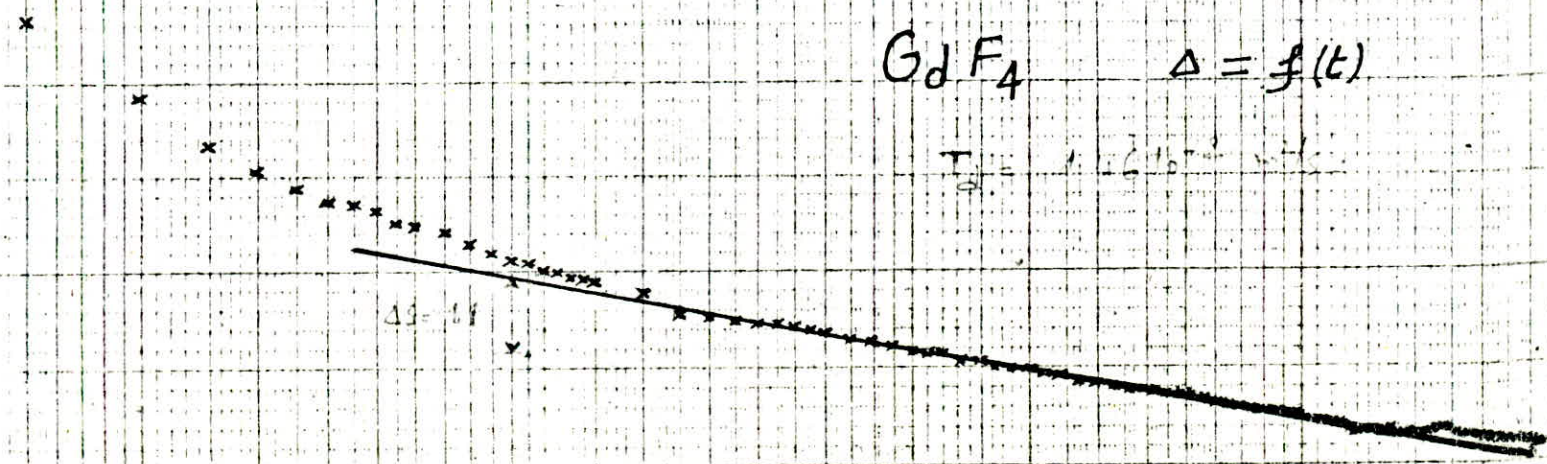
66

$\Delta(m)$

$G_d F_4 \quad \Delta = f(t)$

$T_d = 1.2 \times 10^{-1}$

$\Delta = 0.1$



La valeur de la transmissivité est déterminée par la formule de Jacob .

$$T = \frac{0,183 Q}{\Delta S}$$

Avec : Q = 80 (l/s) , ΔS = 1,14

$$T = 1,28 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

Conclusion :

Ce résultat confirme celui obtenu lors de la descente.

- FORAGE F₅ -

V. 1.1.4. Essai de développement : (Forage F₅)

Le forage a été nettoyé et développé à l'émulseur puis avec une pompe à axe vertical de diamètre 10" (1" = 25,4 mm).

- A l'émulseur, les résultats obtenus sont :

N.S, m.	Q, l/S	rabattement, m.
-	30	9,15

- A la pompe et avec différents débits, les résultats obtenus sont :

N.S, m.	Q, l/S	rabattement, m.
10,55	55	23,13
10,35	68	27,86
10,60	75,6	30,78

V. 1.1.5. Essai de puits par paliers : (Forage F₅)

Le programme d'essai de puits a été réalisé avec qua-

tre paliers de courte durée.

N.S, m = 10,60 m.

Les résultats obtenus sont les suivants :

N° du palier	débit l/S	débit m ³ /h	rabattement (m)	niveau dynamique	débit spécifique	rabattement spécifique
1	25,37	91,33	8,20	19,00	10,977	0,0910
2	40,47	145,69	12,95	23,63	11,250	0,0888
3	55,19	198,68	20,63	31,31	9,630	0,1030
4	75,59	272,12	28,95	39,63	9,399	0,1063

La courbe caractéristique est donnée par le graphe G F₅.

Interprétation de la courbe caractéristique du Forage F₅.

Nous constatons sur la courbe débit - rabattement que le deuxième (2) point est en retrait par rapport aux points 1, 3, 4 qui, sont eux bien alignés.. Cette courbe ne présente pas de point d'inflexion.

Donc, ce forage a été bien développé.

Débit d'exploitation :

Débit critique : $Q_{c r} = 75 \text{ l/S}$.

$$Q_{\text{exp}} = 75 \cdot \frac{80}{100}$$

$Q_{\text{exp}} = 60 \text{ l/S}$

v. 1.1.6. Essai de longue durée (Forage F₅)

Un essai de pompage de longue durée 72 heures a été réalisé suivi d'une remontée de 72 heures.

$$Q = 65 \text{ l/S}$$

$$\text{N.S (m)} = 10,43 \text{ m}$$

Interprétation de la courbe de descente, (graphe G_d F₅).

Une chute brutale est observée pendant les trois premières secondes de pompage. La droite tracée joignant le maximum de points a une pente égale à 2. Cette valeur nous permet de calculer la transmissivité soit :

$$T = 5,94 \cdot 10^{-3} \text{ (m}^2/\text{S)}$$

Après la 10ème heure de pompage, la droite tracée sur papier semi logarithmique est non linéaire et présente quelques perturbations, qui sont probablement dûes à la non homogénéité de l'aquifère. La pente de la droite est égale à 3,2. La transmissivité sera égale à :

$$T = 3,71 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{S}$$

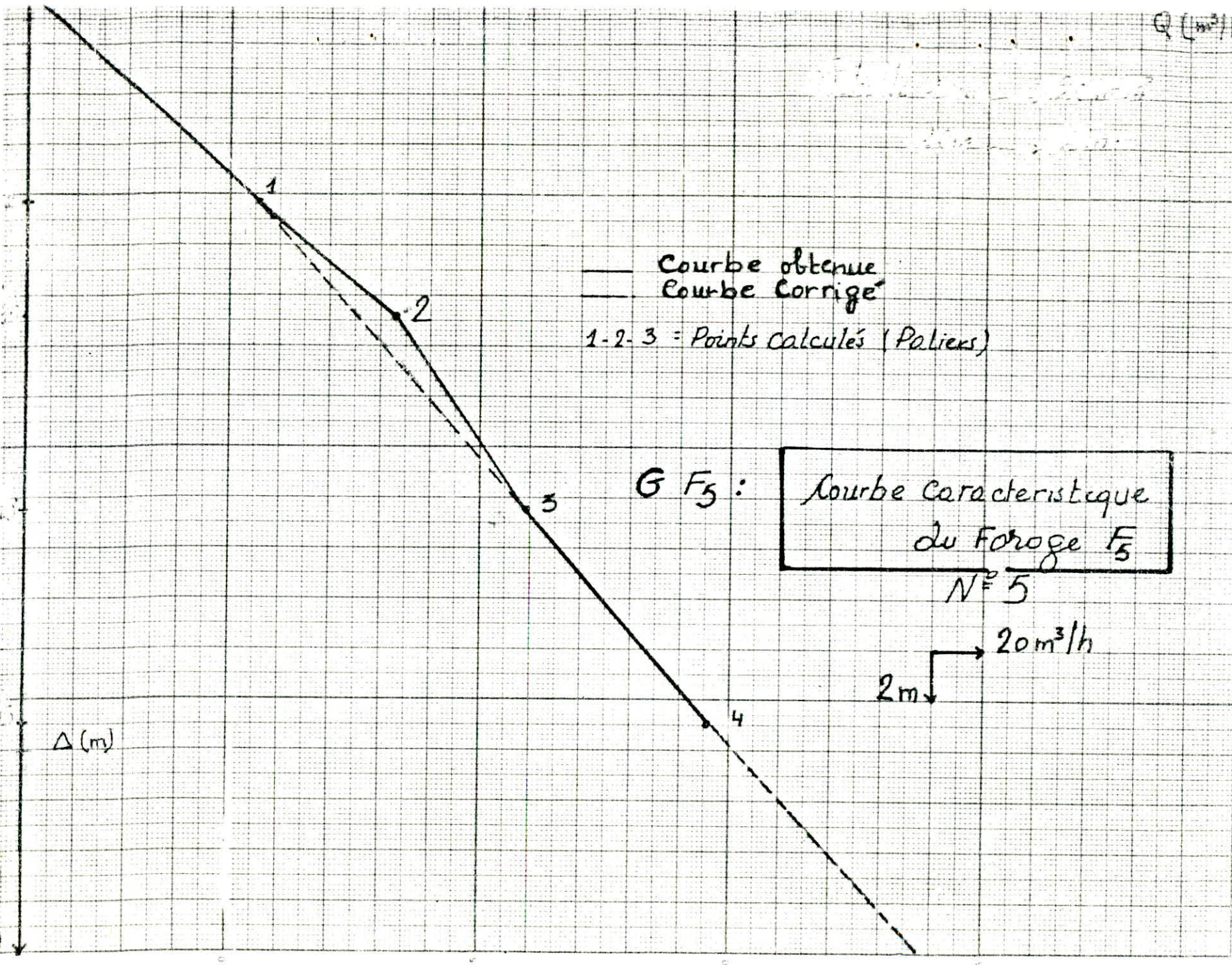
Interprétation de la courbe de remontée : graphe GR F₅.

Le tracé de la courbe de remontée sur papier semi-logarithmique nous montre qu'après 10 minutes de l'arrêt de la pompe, la remontée est assez rapide.

Le segment joignant le maximum de points donne une pente égale à 2,40 qui nous permet de calculer la transmissivité.

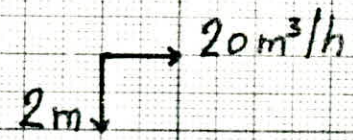
$$T = 4,95 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{S}$$

Q (m³/h)



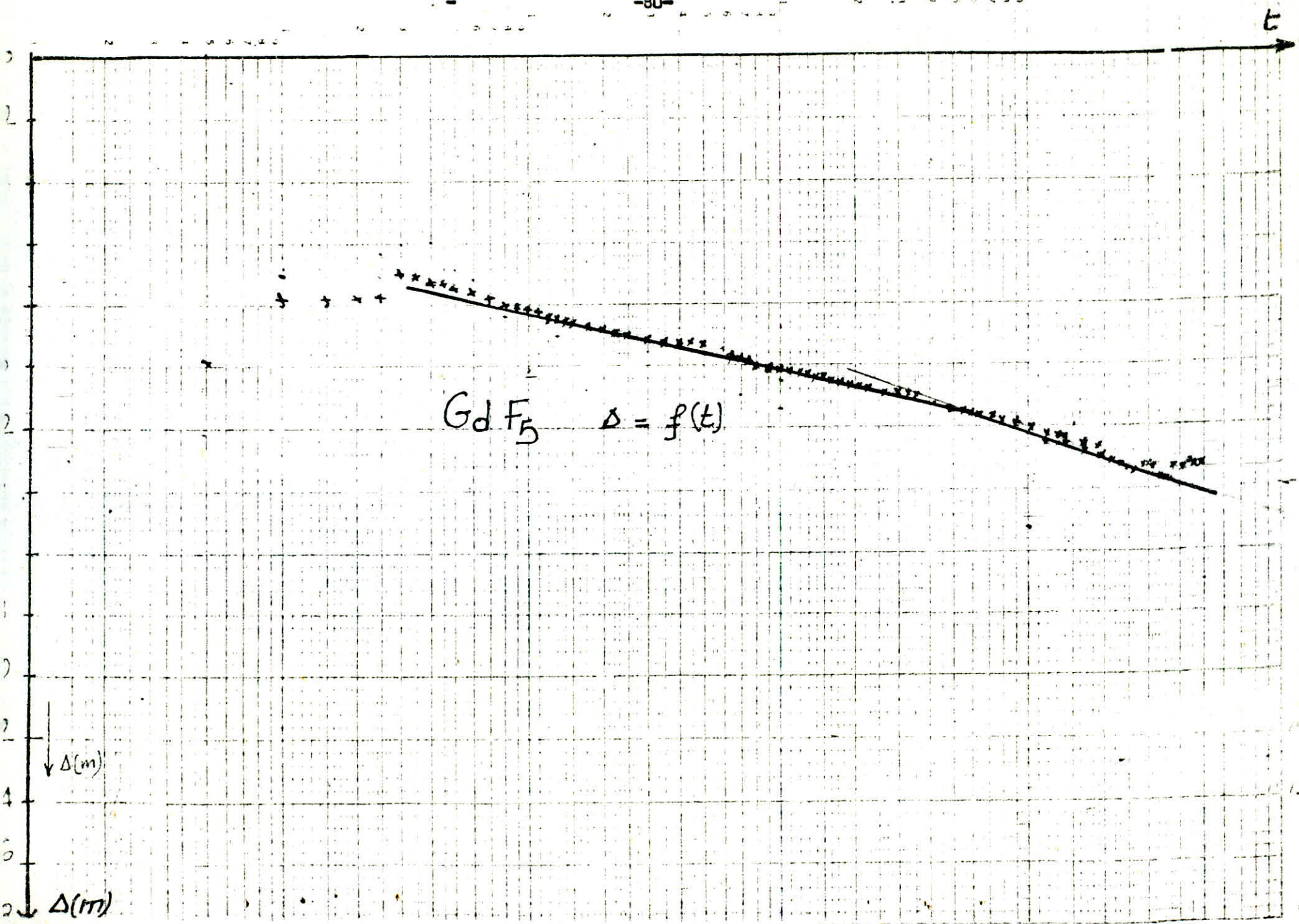
— Courbe obtenue
- - - Courbe corrigée
1-2-3 = Points calculés (Paliens)

G F₅:
Courbe caractéristique
du Forage F₅
N° 5

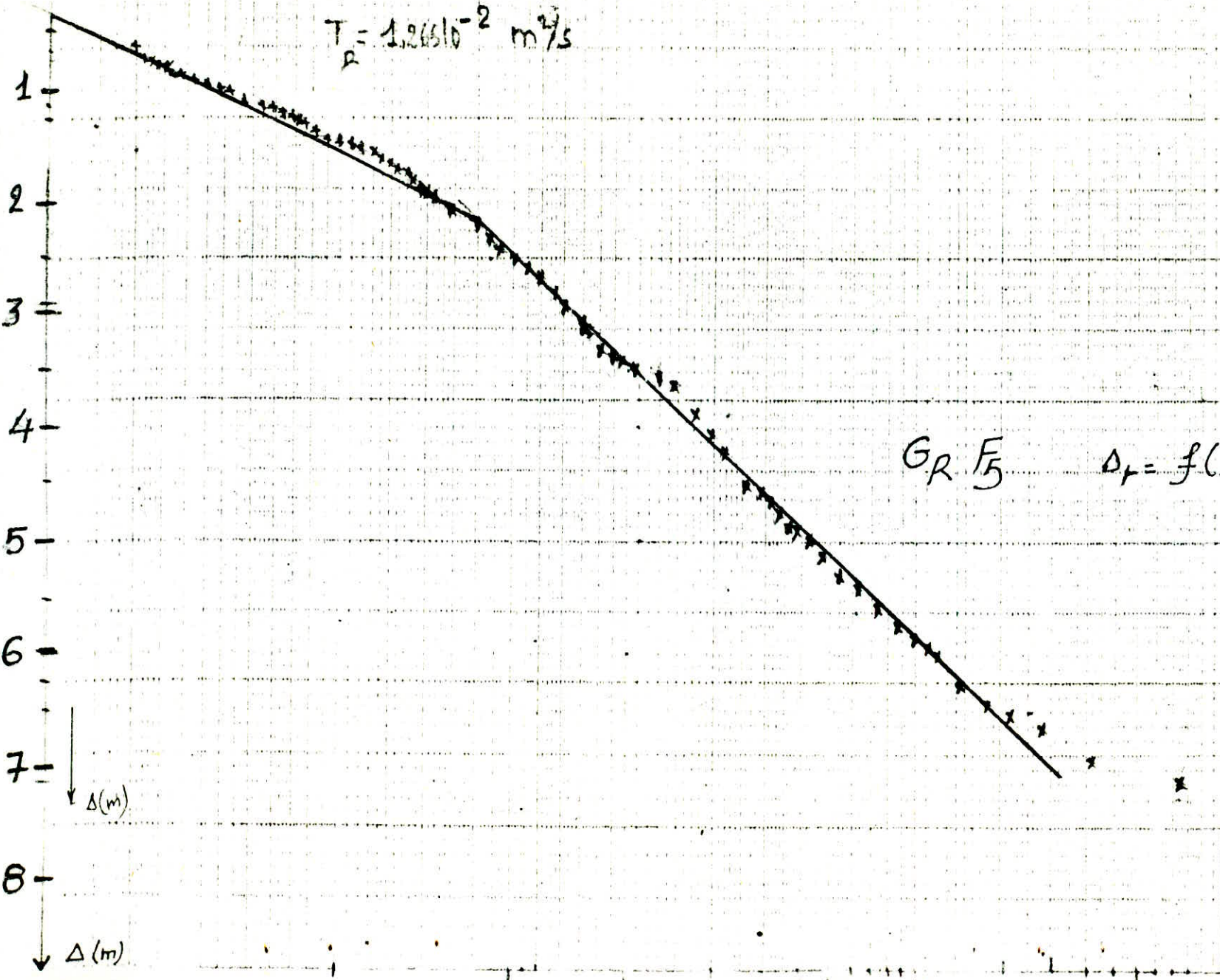


Δ (m)

-79-



$$T_R = 1.26510^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$



GR F5 $\Delta_r = f\left(\frac{t + t'}{t'}\right)$

$t + t'$

- FORAGE F₆ -

V. 1.1.7. Essai de développement (Forage F₆)

Le forage a été développé à l'air lift. Les résultats obtenus sont peu satisfaisants : faible débit pour un rabattement important. Ensuite, il a été nettoyé et développé avec une pompe à axe vertical de débit 10 l/S.

Les résultats obtenus sont :

N.S, m	Q, l/S	rabattement, m
11,87	8	39,18
11,87	10	42,81

V. 1.1.8. Essai de puits par paliers (Forage F₆)

Un essai de deux paliers a été fait :

$$N . S = 11,90 \text{ m.}$$

Les résultats obtenus lors de l'essai sont :

N° du palier	durée du palier	débit m ³ /h	niveau dynamique (m)	rabattement (m)	$\frac{S}{Q}$	Q/S
1	6	28,8	36,28	24,38	0,846	1,189
2	6	36,0	54,72	42,82	1,189	0,840

La courbe caractéristique est donnée par le graphe G F₆.

Interprétation de la courbe caractéristique du Forage F₆.

Le tracé présente une allure où la pente est accentuée à partir du

premier palier, ce qui montre que les pertes sont importantes au niveau du forage, donc le débit critique est celui du deuxième palier.

Débit d'exploitation :

$$Q \text{ exp} = \frac{80}{100} \cdot 10 \quad \boxed{Q \text{ exp} = 8 \text{ l/S}}$$

V. 1.1.9. Essai de longue durée (Forage F₆)

Un essai de 48 heures a été réalisé avec un débit de 10 l/S (Q = 10 l/S).

$$N.S = 11,91 \text{ m.}$$

Interprétation de la courbe de descente, (graphe G_d F₆).

Les points représentatifs du niveau dynamique de l'eau, se caractérisent par un fort rabattement de 32,63 m pendant les 10 premières minutes de pompage.

Le tracé joignant un maximum de points n'est possible qu'à partir de la 5ème heure jusqu'à la 10ème heure.

Le tracé présente une forte pente de 7,5.

La valeur de la transmissivité est de :

$$\boxed{T = 0,244 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{S}}$$

Interprétation de la courbe de remontée : graphe GR F₆.

La remontée a été suivie pendant 15 heures. La remontée du niveau de la nappe s'est effectuée assez rapidement.

La droite tracée joignant les premiers points présente une pente importante de 42,5, ce qui nous permet de calculer la transmissivité :

$$\boxed{T = 0,043 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{S}}$$

$Q(m^3/h)$

Calculer Q et H en fonction de h
 $h(m)$ 3, 2, 1, 0, 3, 2, 1, 0

1. 2. Puits calculé (Paliers)

Puits Capillaire

Courbe obtenue

$G F_6$

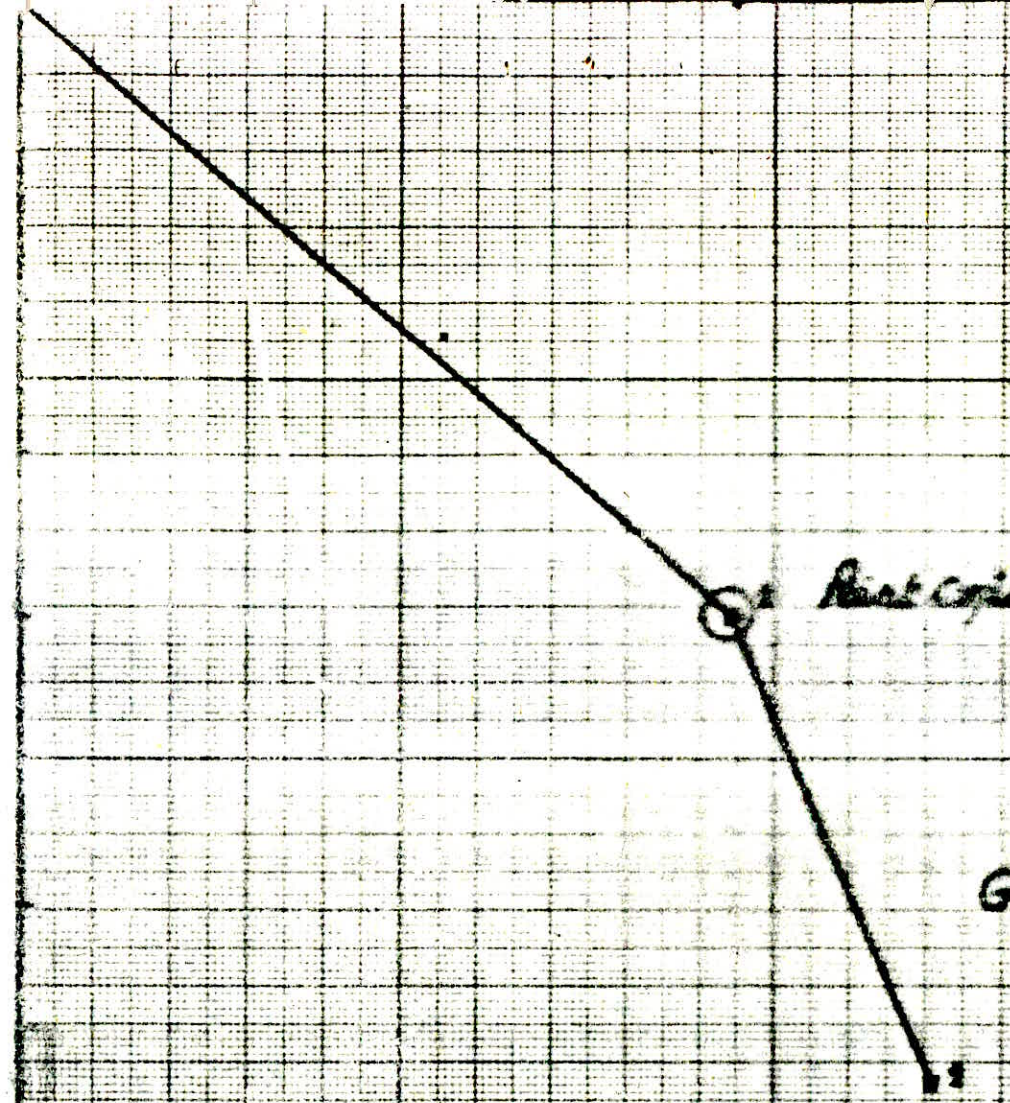
Courbe Caractéristique
du Forage F_6

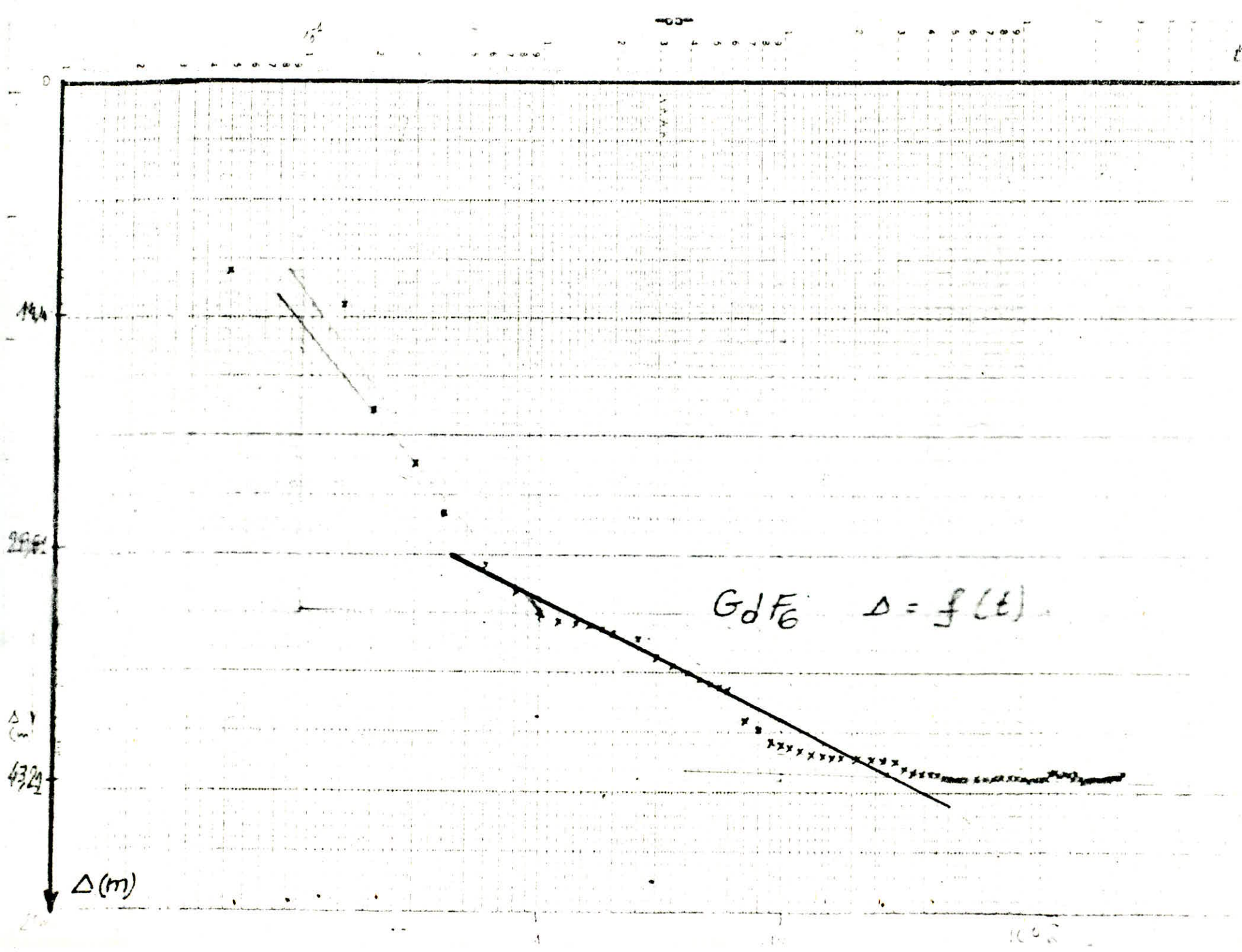
N° 6

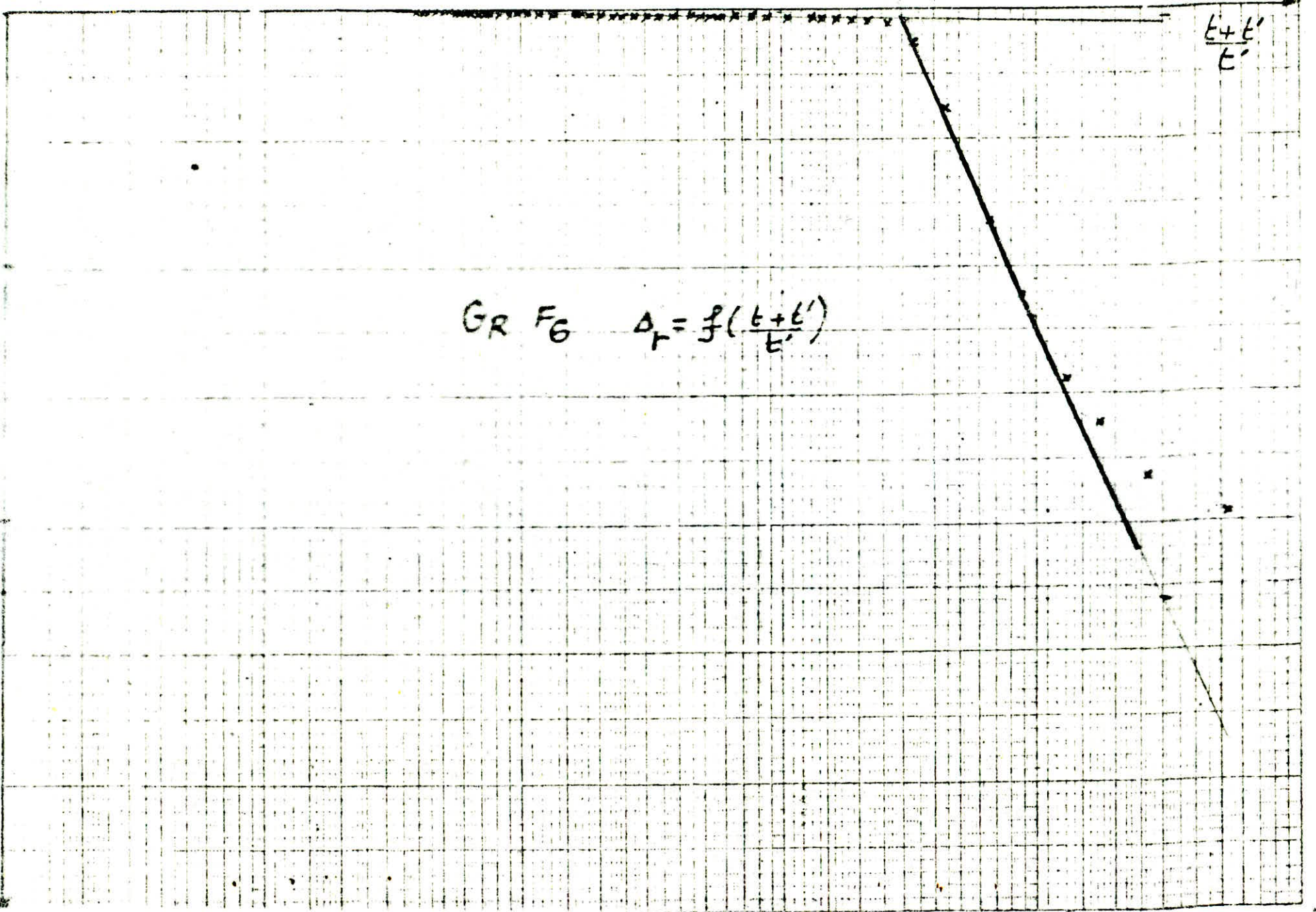
$h = 3m$



$3 m^3/h$







$$GR F_G \Delta_T = f\left(\frac{t+t'}{t'}\right)$$

$$\frac{t+t'}{t'}$$

AAAS.

Conclusion :

Les résultats des essais de pompage de ce forage sont mauvais.

- FORAGE F₇ -

V. 1.1.40 . Essai de développement (Forage F₇)

Le forage a été nettoyé et développé à l'émulseur puis, avec une pompe à axe vertical.

Les résultats obtenus par la pompe sont :

N.S, m	Q, l/S	rabattement m
14,6	22	19,87
14,6	28	20,62
14,6	30	44,52

V. 1.1.41 . Essai de puits par paliers (Forage F₇)

L'essai a été réalisé avec des débits différents suivant 3 paliers.

Les résultats obtenus sont :

N° du palier	durée du palier	débit m ³ /h	niveau dynamique (m)	rabattement (m)	S/Q(h ₂ /m)	(m ² /h) Q/S
1	12	54	29,90	15,34	0,284	3,520
2	11	73,08	40,41	25,85	0,353	2,827
3	24	114,66	61,63	47,07	0,401	2,435

Interprétation de la courbe caractéristique G F₇.

La courbe est donnée par le graphe G F₇.

Les points tracés sur le graphe débit - rabattement sont bien alignés, ce qui signifie que le forage est bien développé et le débit critique est peut être plus grand que 31,85 l/S.

Débit critique :

Pour raisons de sécurité, nous prendrons seulement 85% de débit critique.

$$Q \text{ exp} = \frac{85}{100} \cdot 31,85$$

$Q \text{ exp} = 27 \text{ l/S}$

V. 1.1.12 . Essai de longue durée (Forage F₇)

L'essai a été réalisé pendant 72 heures avec un débit de 31,85 l/S.

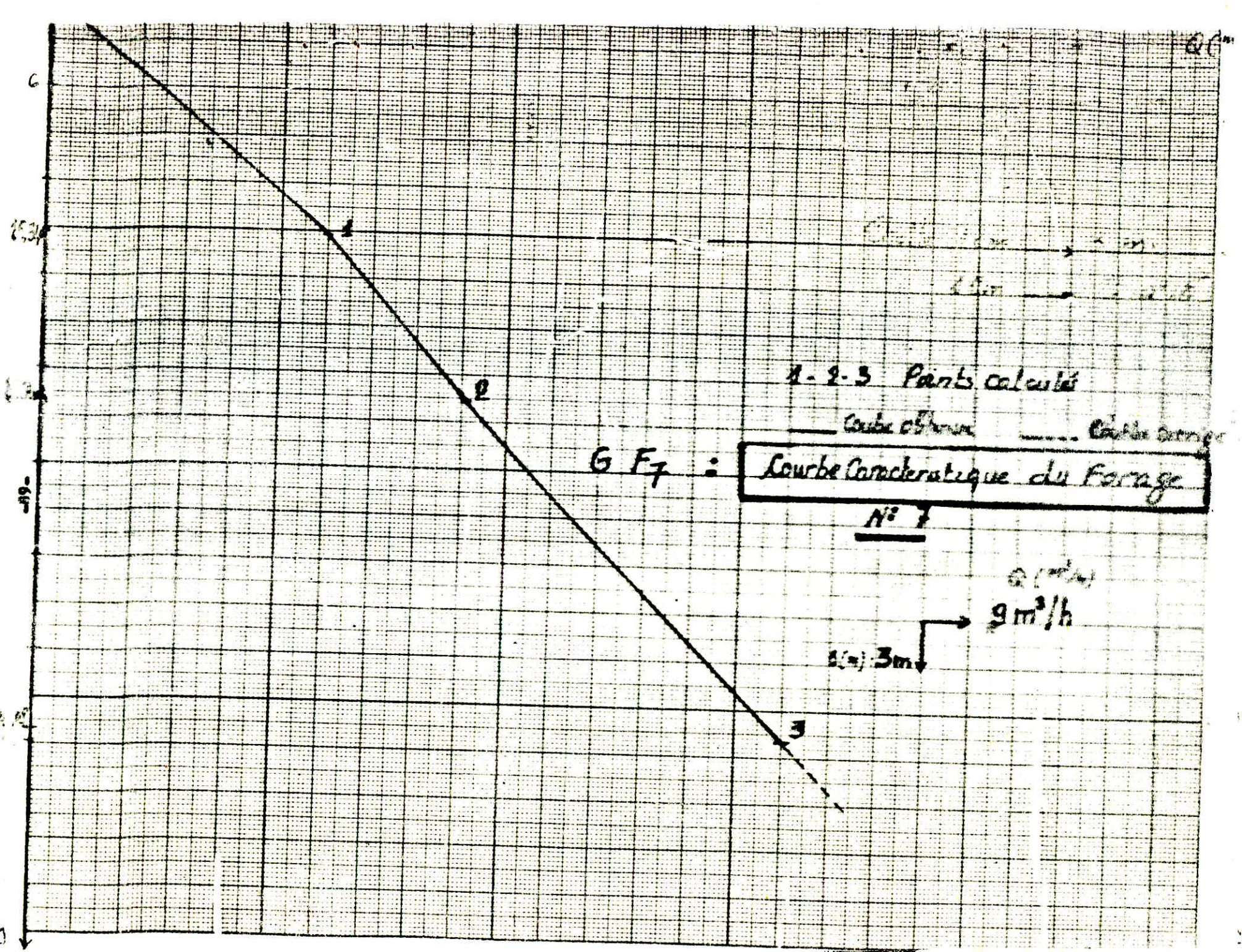
Interprétation de la courbe de descente du Forage F₇.

La courbe de descente est donnée par le graphe : Gd F₇.

Les points tracés sur le papier semi-logarithmique ne sont pas bien alignés et présentent de fortes perturbations. A partir de la 18ème heure, nous remarquons que le niveau de la nappe remonte, ensuite il descend. Ces fluctuations du niveau de la nappe pourraient être dûes au réglage de la pompe.

Le tracé de la droite joignant le maximum de points présente une pente égale à 1,68 qui nous permet de déterminer la transmissivité

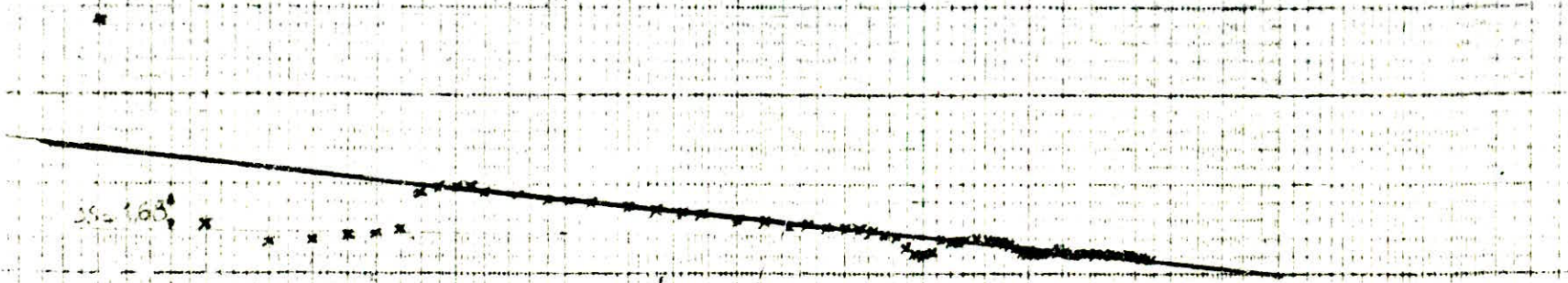
$T = 3,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{S}$

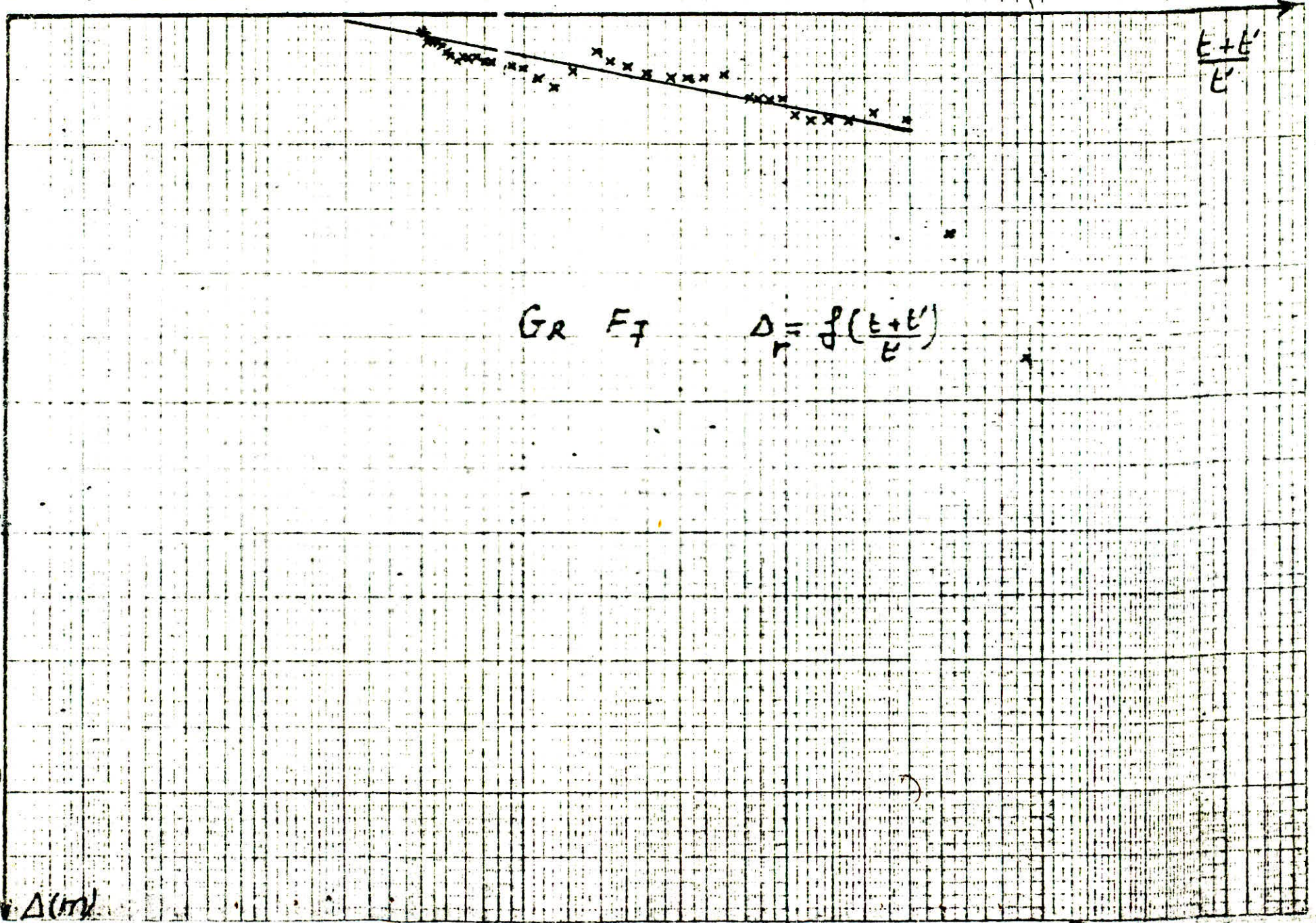


t

$$G_d F_7 : \Delta = f(t)$$

39 = 1.63





Interprétation de la courbe de remontée.

La courbe est donnée par le graphe : G R F₇.

La remontée a été observée pendant 24 heures.

La nappe est remontée de 14,34 m à 0,05 m du niveau initial. La représentation graphique de la remontée de la nappe montre un alignement qui n'est pas régulier. La pente de la droite joignant le maximum de points est égale à 0,822.

La valeur de la transmissivité est :

$$T = 7,09 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

- FORAGE F₈ -

V. 1.1.13 . Essai de développement (Forage F₈)

Le forage a été nettoyé et développé à l'émulseur puis à la pompe de diamètre 10" (1" = 25,4 mm).

Les résultats obtenus à la pompe sont :

N.S., m	Q, l/S	rabattement, m
16,15 m	74	16,97

V. 1.1.14 . Essai de puits par palier (Forage F₈)

Un programme d'essai de trois paliers a été réalisé. Les résultats obtenus sont les suivants :

N° du palier	durée du palier	débit m ³ /h	niveau dynamique	rabattement (m)	S/Q $\frac{h}{m^2}$	Q/S m ³ h m
1	6	144	25,38	8,93	0,0620	16,12
2	5	216	28,03	11,58	0,0536	18,65
3	5	268,56	31,91	15,46	0,0575	17,37

La courbe caractéristique est donnée par le graphe : G F₈

Interprétation de la courbe caractéristique du Forage F₈

Le graphique débit - rabattement nous indique que le point 1 est en retrait par rapport aux points 2 et 3. Ceci signifie que le forage était en cours de développement pendant le premier palier.

Débit d'exploitation :

$$Q \text{ exp} = \frac{80}{100} \cdot 74,6$$

Q exp = 60 l / S

V. 1.1.15 . Essai de longue durée (Forage F₈)

La durée totale de cet essai est de 72 heures

- Le niveau statique : N . S = 16,48 m.

- Débit Q = 74,6 l/S.

Interprétation de la courbe de descente du Forage F₈ : graphe G_d F₈.

Au début du pompage, le niveau dynamique chute à 28,15 m, ensuite il diminue moins rapidement.

La droite joignant le maximum de points présente une pente un peu forte qui est égale à 1,5 qui nous permet de calculer la transmissivité T.

$$T = 9,10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{S}$$

Interprétation de la courbe de remontée du Forage F₈ : graphe GR F₈.

La remontée a été observée pendant 24 heures là où le niveau dynamique de l'eau est remonté à 16,45 m (moins de 3 cm par rapport au niveau statique).

A la fin de la remontée, entre la 12ème heure jusqu'à la 16ème heure, on observe une stabilisation du niveau d'eau.

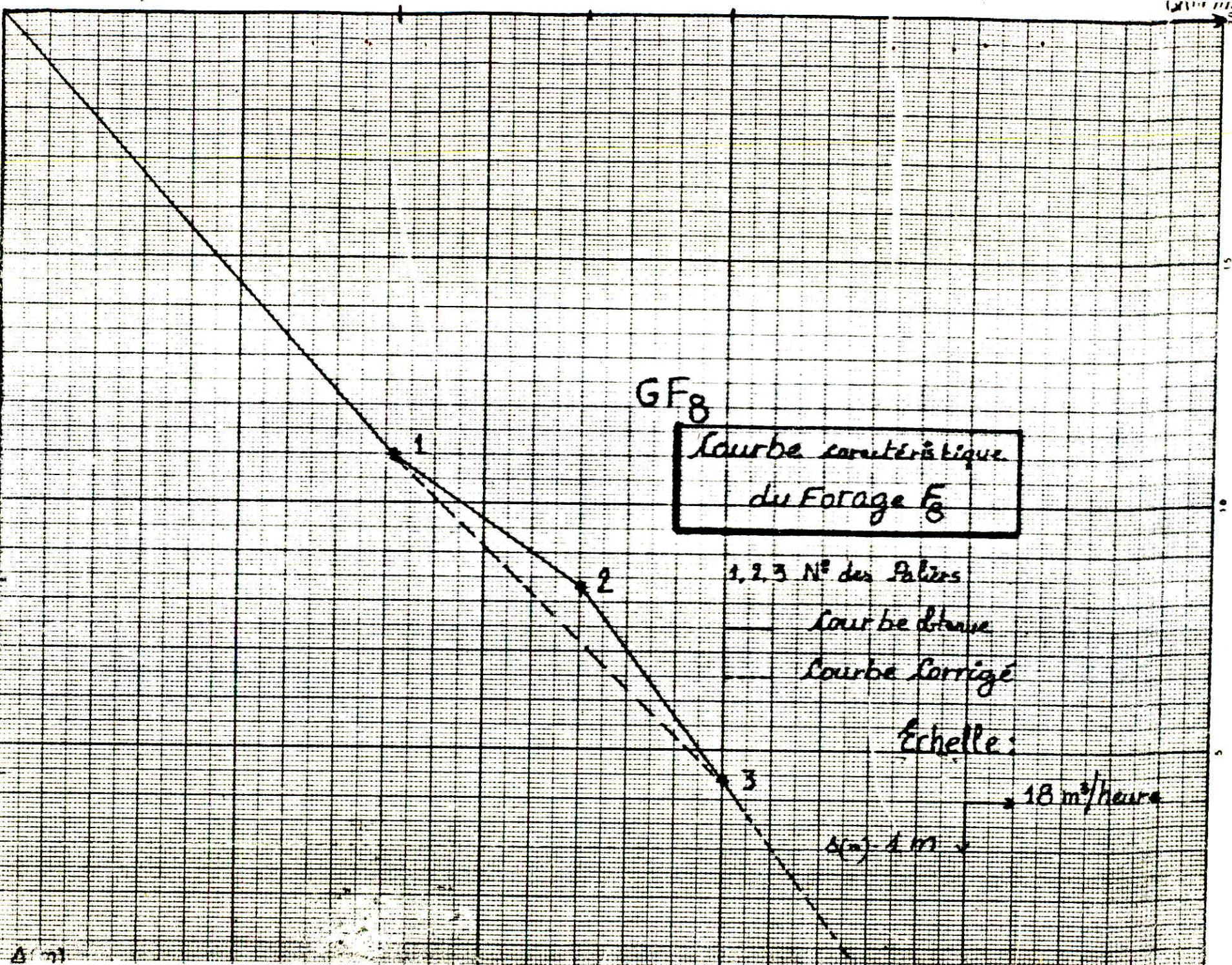
La droite joignant le maximum de points présente une pente peu prononcée de valeur 1,2.

La valeur de la transmissivité est :

$$T = 1,13 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{S}$$

Remarques :

Ces essais de pompage n'ont pas été faits avec un ou plusieurs piézomètres d'observation. Ces derniers permettent de donner la valeur de "r" (distance entre le forage et le piézomètre). Et à partir de cette valeur, nous déterminons le coefficient d'emmagasinement.



GF₈

Courbe caractéristique
du Forage F₈

1, 2, 3 N° des Paliers

Courbe d'essai

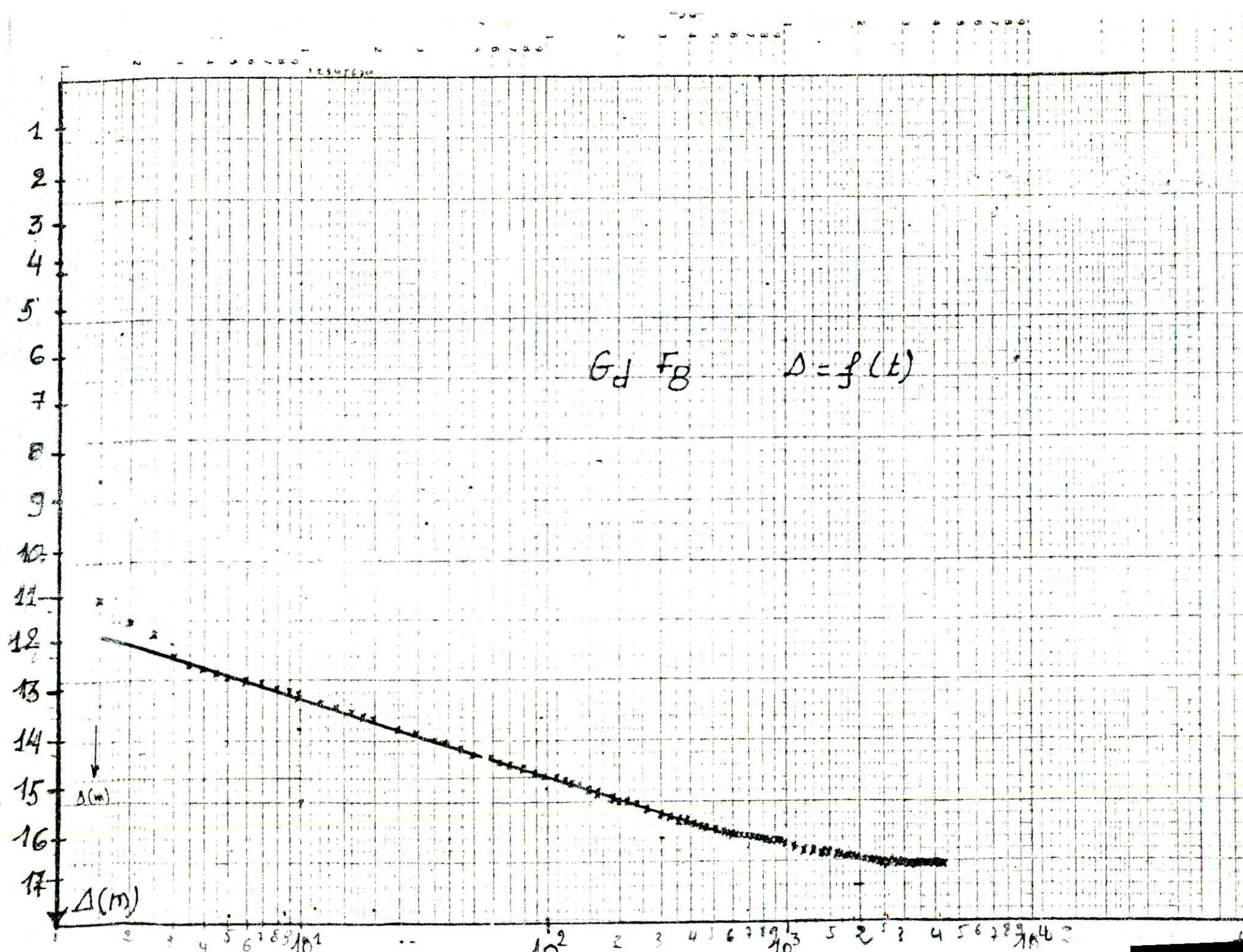
Courbe corrigée

Echelle:

18 m³/heure

Δ(m) = 1 m

Δ(m)



$$\frac{t + t'}{t'}$$

9
8
7
6
5
4
3
2
1
9
8
7
6
5
4
3
2
1

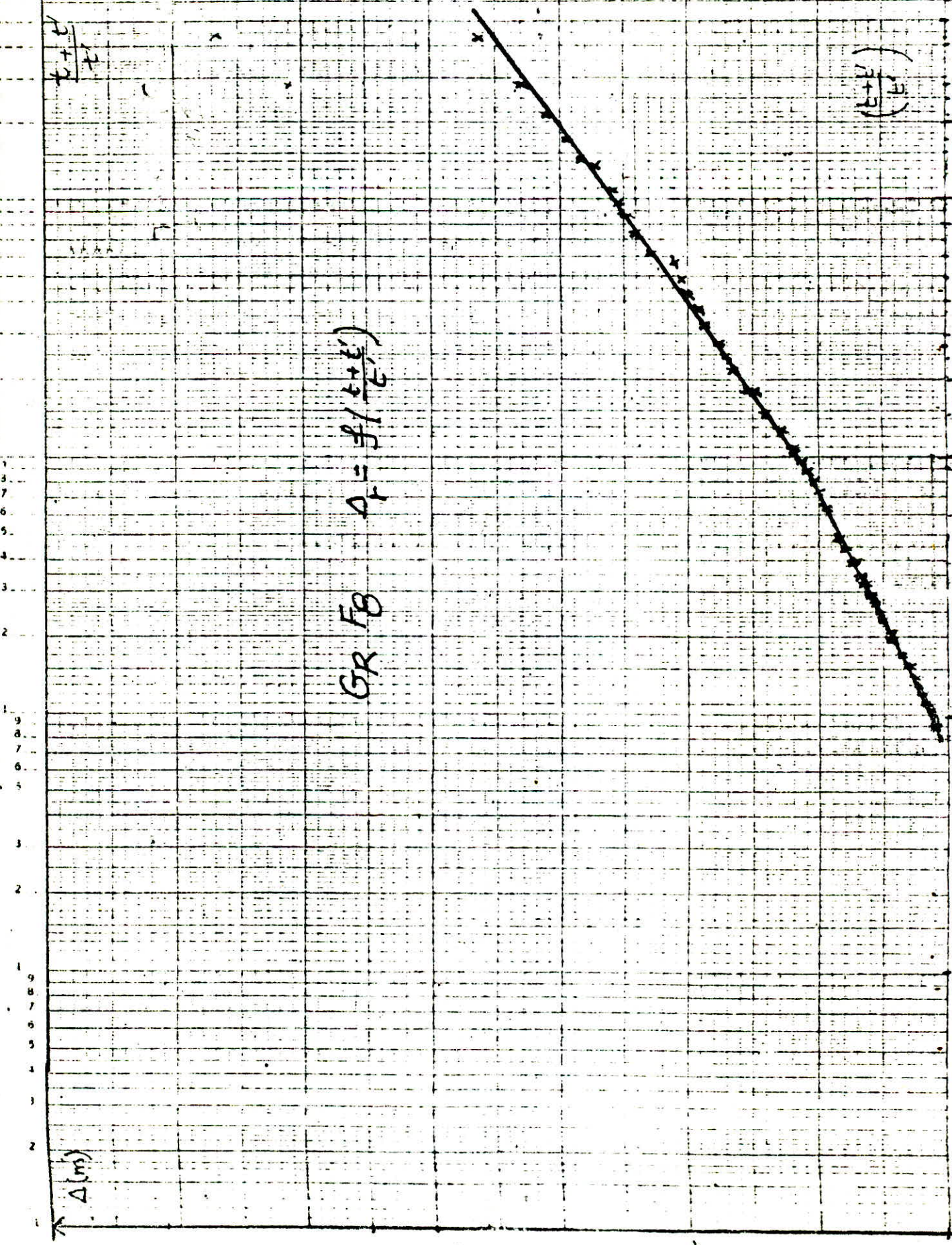
$\Delta (m)$

GR F8 $A_f = f / (t + t')$

$$\left(\frac{t + t'}{t'} \right)$$

4 3 2 1 0

17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0



TABEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS DES ESSAIS DE POMPAGE.

N° du Forage	Transmissivité de descente (m ² /S)	Transmissivité de remontée (m ² /S)	Débit d'exploitation (l/S)
F ₄	1,27 . 10 ⁻²	1,28 . 10 ⁻²	68
F ₅	5,94 . 10 ⁻³ 3,71 . 10 ⁻³	4,95 . 10 ⁻³	60
F ₆	0,244 . 10 ⁻³	0,043 . 10 ⁻³	8,0
F ₇	3,46 . 10 ⁻³	7,09 . 10 ⁻³	27,0
F ₈	9,10 . 10 ⁻³	1,13 . 10 ⁻²	60,0

V. 1.2 - Carte de transmissivité :

V. 1.2.1 . Etablissement des cartes de transmissivité :

Avant de tracer les courbes de transmissivité, il faut tout d'abord reporter les points d'eau et leur transmissivité sur la carte topographique de la zone étudiée et choisir l'équidistance entre les courbes. On trace après les courbes d'isotransmissivité en utilisant la méthode d'interpolation du triangle décrite précédemment.

Le tracé des courbes d'isotransmissivité de la plaine d'Aïn Ous-

sera a été fait aux échelles 1/200.000ème et 1/50.000ème avec des équidistances respectives $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{S}$ - $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{S}$. Les valeurs des transmissivités avec lesquelles on a établi les cartes sont enregistrées dans le tableau ci-dessous (V. 2).

N° du point d'eau	Coordonnées		Transmissivité (m^2/S) 10^{-4}
	X	Y	
F ₆₁₁	544,650	247,900	70,00
B ₄	552,100	249,000	40,00
P ₁	553,250	246,330	32,00
P ₄	555,750	236,450	3,20
P ₃	560,300	240,100	1,00
P ₆	550,750	241,150	8,40
P ₇	546,700	231,600	18,80
P ₁₁	524,050	225,925	8,20
P ₉	530,000	233,350	10,80
P ₁₀	542,650	220,800	50,00
F ₄	533,150	238,250	146,00
F ₅	535,500	239,050	49,50
F ₆	531,850	240,140	0,430
F ₇	539,600	242,700	70,90
F ₈	542,900	244,500	113,70

- Tableau V. 2 -

V. 1.2.2 . Interprétation des cartes d'isotransmissivité :

Les valeurs de la transmissivité sont faibles au Sud-Est de Cheriaa, de l'ordre $10^{-4} \text{ m}^2/\text{S}$.
Au Nord-Est, les valeurs de transmissivité deviennent de plus en plus grandes jusqu'au centre de la paline de Pistachiers de l'ordre 10^{-3} . Au Nord de Koudiat EL Fia, les valeurs de T sont très grandes, elles atteignent $10^{-2} \text{ m}^2/\text{S}$. Aux bordures, les valeurs sont défavorables de l'ordre $10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{S}}$.

V. 2 - CALCUL DES PERTES DE CHARGES DANS LES FORAGES

F₄, F₅, F₆, F₇, F₈.

Les pertes de charge sont exprimées par la relation suivante :

$$S = B Q + C Q^2$$

où :

- S : le rabattement dans le forage à l'instant t, m
- BQ : pertes de charge linéaire provoquées par l'écoulement laminaire dans l'aquifère au voisinage du puits.
- CQ² : pertes de charge quadratique, non linéaire provoquées par l'écoulement turbulent dans l'ouvrage.
- S : est exprimée en mètres.

Pratiquement, on reporte sur papier millimétré :

- en ordonnées le rabattement spécifique $\frac{S}{Q}$
- en abscisses le débit Q.

La droite de rabattement spécifique - débit :

$$S/Q = f(Q)$$

Nous permet de déterminer les coefficients B et C.

- Le coefficient B est obtenu par l'intersection de la droite S/Q avec l'axe des rabattements spécifiques.

- Le coefficient C est égal à la pente de droite d'équation : $S/Q = C + BQ$.

Efficacité du Forage :

L'efficacité du forage est exprimée par le rapport $\frac{BQ}{S_r}$ notée E_F .

BQ : pertes de charge linéaire provoquées par l'écoulement laminaire dans l'aquifère au voisinage du forage.

S_r : rabattement dans le forage au cours de l'essai de puits par paliers obtenu avec le débit Q.

E_F : est exprimée en %

* Les valeurs des couples (S/Q , Q) sont déterminées lors des essais de puits par paliers pour chaque forage.

- FORAGE F₄ -

La droite d'équation $S/Q = CQ + B$ est représentée par le graphe Gp F₄.

La pente de la droite déterminée par la méthode graphique est négative. Ce résultat nous indique que les pertes de charge quadratique sont nulles c'est-à-dire : $C Q^2 = 0$.

Donc le rabattement dans l'ouvrage est égal seulement aux pertes linéaires provoquées par l'écoulement laminaire au voisinage du puits, qui est exprimé par la relation suivante :

$$S = B Q.$$

La valeur du coefficient B est égale à la somme arithmétique des

courbe $s/Q = f(Q)$

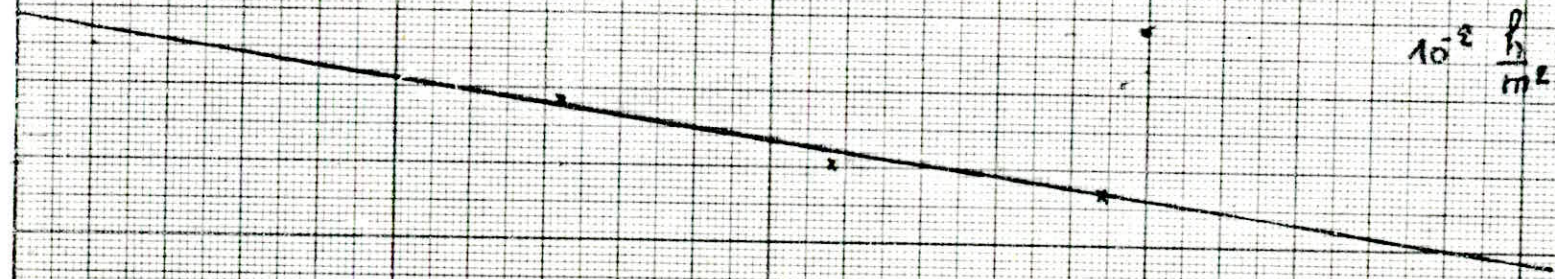
Forage F_4

$G_p F_4$

Echelle :

$10^{-2} \frac{h}{m^2}$
 2 cm/h

Q



rabattements spécifiques obtenus lors de l'essai de puits par papiers du Forage F₄.

$$B = \frac{0,0680 + 0,0606 + 0,0567}{3}$$

$$B = 0,0617$$

Le rabattement S dans le Forage F₄ est donné par la relation suivante :

$$S = 0.0617 Q$$

pour : $Q = 144 \text{ m}^3/\text{h}$
 $S = 8,89 \text{ m.}$

Efficacité du Forage F₄ :

$$E_F = \frac{BQ}{S_r}$$

$$B = 0,0617$$

pour : $Q = 144 \text{ m}^3/\text{h}$ $S_r = 9,83 \text{ m}$

$$E_F = 90\%$$

Conclusion :

Ce résultat montre que le forage est bien développé.

- FORAGE F₅ -

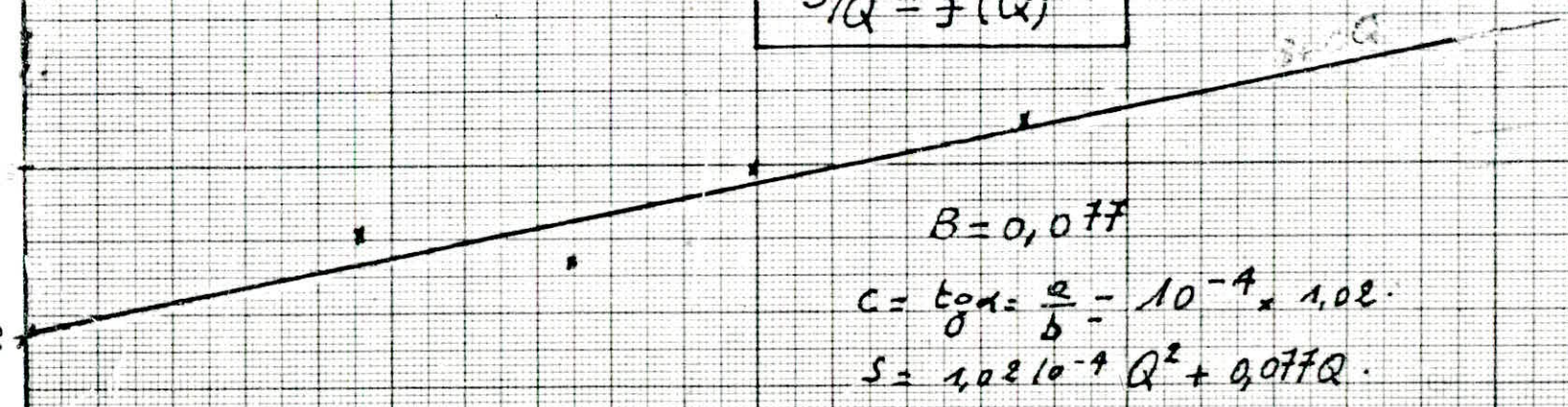
La droite rabattement spécifique - débit est donnée par le graphe Gp F₅.

s/Q

GpFs

Courbe Forage F_5

$$s/Q = f(Q)$$



$$B = 0,077$$

$$c = \frac{b_0}{b} = 10^{-4} \times 1,02$$

$$s = 1,02 \cdot 10^{-4} Q^2 + 0,077 Q$$

Echelle : $10^{-2} \left(\frac{R}{m^2} \right)$
 $20 \text{ m}^3/\text{h}$

Pour ce forage, les coefficients C et B sont déterminés par la méthode des moindres carrés.

$$C = 1,0210^{-4}$$

$$B = 0,08$$

La valeur théorique de rabattement est donnée par la relation suivante :

$$S_t = 1,02 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 + 0,08 \cdot Q.$$

pour :

$$Q = 272,12 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$S_t = 7,553 + 21,77.$$

Les pertes de charge linéaire au voisinage du puits sont plus grandes que celles dues à l'écoulement turbulent dans le forage.

Efficacité du Forage F₅ :

$$E_F = \frac{BQ}{Sr}$$

$$Q = 272,12 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Sr = 28,95 \text{ m}.$$

$E_F = 75\%$

- FORAGE F₆ -

La droite d'équation $S/Q = B + CQ$ est donnée par le graphe Gp F₆.

Les coefficients C et B sont déterminés par méthode graphique.

$$C = \text{tg} \alpha$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{0,25}{12,8} \quad \text{implique que : } C = 0.019$$

S/Q

courbe $s/Q = f(Q)$

Forage F_6

$G_p F_6$

$10^1 \frac{h}{m^2}$
 $2 m^3/h$

$B + cQ$

$B = 0,37$

$$c = \tan \alpha = \frac{a}{b}$$

$c = 0,019$

$$B = 0,37 \left(\frac{h}{m^2} \right) \quad ; \quad C = 0,019 \left(\frac{h^2}{m^4} \right)$$

Le rabattement dans le forage est donné par la relation suivante :

$$S = 0,019 Q^2 + 0,37 Q$$

pour :

$$Q = 28,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$S = 15,75 + 10,66 \text{ m.}$$

Conclusion :

Les pertes de charge quadratique provoquées par l'écoulement turbulent dans le forage sont plus importantes que les pertes linéaires.

Efficacité du Forage F₆ :

$$E_F = \frac{BQ}{Sr}$$

$$B = 0,37 \left(\frac{h}{m^2} \right)$$

$$Q = 28,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Sr = 24,38 \text{ m.}$$

$$E_F = 44\%$$

- FORAGE F₇ -

La droite d'équation $S/Q = f(Q)$
le graphe Gp F₇.

est représentée par

Les coefficients C et B sont déterminés par la méthode *des moindres carrés*
Les résultats trouvés sont :

$$C = 1,97 \cdot 10^{-3} \left(\frac{h^2}{m^4} \right)$$

s/Q

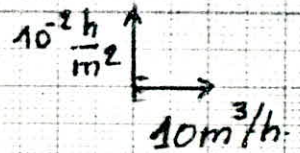
course $s/Q = f(Q)$

Forage F_7

$G_p F_7$

$$S = BQ + cQ^2$$

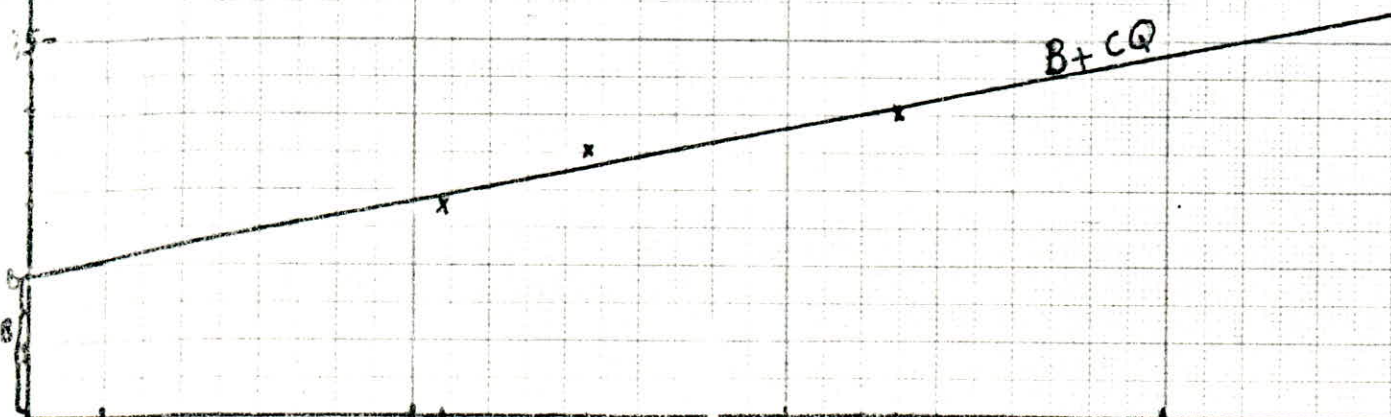
Echelle :



$$B = 0,19$$

$$c = \text{tg} \alpha = \frac{a}{b} = 1,97 \cdot 10^{-3}$$

$B + cQ$



$$B = 0,19 \left(\frac{h}{m^2} \right)$$

Le rabattement est donné par la relation suivante :

$$S_t = 1,97 \cdot 10^{-3} Q^2 + 0,19 Q$$

$$Q = 73,08 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$S_t = 13,88 + 10,52$$

$$S_t = 24,40 \text{ m.}$$

Efficacité F₇ :

$$E_F = \frac{BQ}{Sr}$$

$$Q = 73,08 \text{ m}^3/\text{h} \quad Sr = 25,85 \text{ m.}$$

$$E_F = 54\%$$

- FORAGE F₈ -

La droite d'équation $S/Q = B + CQ$ est représentée par le graphe Gp F₈.

Le premier point du graphe Gp F₈ est en retrait par rapport aux points 2 et 3. Ce graphe nous montre que le forage au début était en développement. Donc on néglige le premier point.

Les coefficients sont déterminés graphiquement.

$$C = \text{tg } \alpha = \frac{0,015}{195}$$

$$C = 7,69 \cdot 10^{-5} \text{ h}^2/\text{m}^4$$

$$B = 3,6 \cdot 10^{-2} \text{ h}/\text{m}^2$$

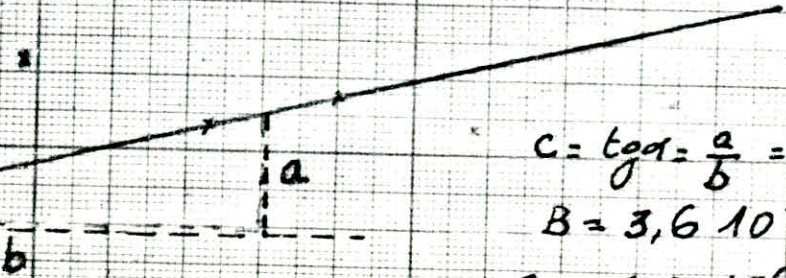
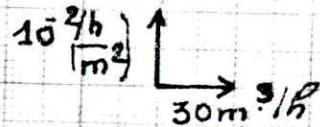
S/Q

GpFB

Courbe $s/a = f(Q)$

Forage F_B

Echelle:



$$c = \tan \alpha = \frac{a}{b} = 7,69 \cdot 10^{-5}$$

$$B = 3,6 \cdot 10^{-2}$$

$$S = 7,69 \cdot 10^{-5} Q^2 + 3,62 \cdot 10^{-2} Q$$

Le rabattement S est exprimé par la relation suivante :

$$S = 7,69 \cdot 10^{-5} Q^2 + 3,6 \cdot 10^{-2} Q$$

pour $Q = 216 \text{ m}^3/\text{h}$

$$S = 3,59 + 7,78 \text{ m.}$$

3,59 : pertes de charge quadratique

7,78 : pertes de charge linéaire.

Efficacité du Forage F₈ :

$$E_F = \frac{BQ}{S_r} \quad B = 3,6 \cdot 10^{-2} \text{ h}^2/\text{m}^2$$

pour $Q = 216 \text{ m}^3/\text{h}$ $S_r = 11,58 \text{ m}$

$$E_F = 67\%$$

7.3 QUALITE DES EAUX.

Les eaux de la plaine d'Aïn-Cussera selon qu'elles proviennent de la nappe Albienne, superficielle ou contenue dans le remplissage plio quaternaire, sont différentes du point de vue de la qualité.

L'analyse chimique de l'eau de quelques forages nous montre que la valeur du résidu sec est supérieure à la norme. Donc, il est nécessaire de réaliser soigneusement les forages et d'éviter le captage dans les zones où l'eau est salée.

Les études et analyses détaillées des diagraphies géophysiques des forages doivent être effectuées pour distinguer les zones salées, des zones d'eaux douces. Ainsi, il est nécessaire de procéder à une analyse bactériologique de l'eau de ces forages.

CHAPITRE VI.

- IMPLANTATION DU CHAMP DE CAPTAGE -
=====

La dernière étape d'implantation du champ de captage consiste une étude comparative des besoins en eau et des ressources disponibles, suivie de l'implantation de forages, du calcul de l'influence réciproque entre ces forages et de leur impact sur toute la région.

VI. 1 - ETUDES COMPARATIVES DES BESOINS ET RESSOURCES.

Afin de comparer les ressources en eau disponibles et les besoins en eau potable, on se réfère aux résultats du Chapitre II.

ANNEE	1989	1994	1999	2004	2009	2014
cons.max (l/s)	254,49	297,50	363,40	500,17	612,16	831,14

Les deux agglomérations sont alimentées à l'heure actuelle par quatre forages dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Forage F₄ : - Débit : $Q_{exp} = 68,00$ l/s
- Niveau statique : NS = 13,98 m
- Coordonnées du forage :
 - X = 533,150
 - Y = 238,250

- Forage F₅ :
 - Débit : $Q_{exp} = 60,00$ l/s
 - Niveau statique : NS = 10,43 m
 - Coordonnées du forage :
 - X = 535,500
 - Y = 239,050

- Forage F₇ :
 - Débit : $Q_{exp} = 27,00$ l/s
 - Niveau statique : NS = 14,29 m
 - Coordonnées du forage :
 - X = 539,600
 - Y = 242,700

- Forage F₈ :
 - Débit : $Q_{exp} = 60,00$ l/s
 - Niveau statique : NS = 16,48 m
 - Coordonnées du forage :
 - X = 542,900
 - Y = 244,500

Les ressources disponibles nous donnent un débit de 215 l/s soit 18 576 m³/jour.

La production actuelle des quatre forages s'avère insuffisante pour les différents horizons, donc il est nécessaire d'implanter d'autres forages.

VI. 1.1. Calcul du débit de la nappe :

Le débit de la nappe est donné par la relation suivante :

$$Q = T \cdot L \cdot i$$

Avec T : transmissivité (m²/s)

L : longueur de la section de l'aquifère (m)

i : gradient hydraulique

Application numérique :

$$T = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{S}$$

$$L = 25\,000 \text{ m}$$

$$i = 0,008$$

$$Q = 1 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{soit} \quad Q = 86\,400 \text{ m}^3/\text{jour}$$

Nous constatons que le débit de la nappe est supérieur aux besoins demandés.

VI. 1.2. Détermination du nombre de forages :

N : est le nombre de forages pour chaque horizon.

$$N = \frac{\text{Besoins en eau}}{\text{production du forage}}$$

La production des nouveaux barrages est supposée de 40 l/s.

Le nombre de forages pour chaque horizon est donné dans le tableau ci-dessous.

Les forages seront réalisés suivant les besoins en eau potable.

ANNEE	1989	1994	1999	2004	2009	2014
Nombre de forages cumulé	5	7	8	12	14	20

VI. 2 - LE CHOIX DU CHAMP DE CAPTAGE.

Notre choix s'est porté sur la zone située dans la plaine de Pistachiers pour les raisons suivantes :

- Faible variation des niveaux piézométriques.
- Importantes potentialités de la zone (valeur des *transmissivités grandes*) - voir carte au 1/50 000ème.
- Forages précédemment implantés captant l'Albien dont l'épaisseur varie entre 60 et 180 m .

VI. 2.1. Limite de la zone de captage :

La zone de captage est située dans la plaine de Pistachiers, limitée à l'Est par l'alignement Bouira - Sahary - Daïet Sel Eddoum, au Nord par l'alignement Koudiat El Fia - Koudiat Mouch, au Sud par la chaîne montagneuse et à l'Ouest par la ligne Aïn-Oussera - Guelt es Stel.

VI. 3 - IMPLANTATION ET CONFIGURATION DU CHAMP DE CAPTAGE.

Le nombre total de forages nécessaires pour l'horizon 2014 est de 20.

Nous avons implanté nos forages suivant trois *lignes* parallèles, perpendiculaires au sens de l'écoulement de la nappe, en tenant compte de l'analyse géologique et des paramètres hydrodynamiques de la nappe.

Détermination de la distance entre les forages.

La distance entre deux forages successifs est fixée de manière à minimiser les influences réciproques de chacun de ces forages.

Calcul des influences réciproques pour deux forages situés à des distances de 500 à 2 500 m.

Le calcul se fait à l'aide de l'expression de :

C . V. Theis

$$U = \frac{S \cdot X^2}{4 \cdot T \cdot t}$$

avec :

T : transmissivité moyenne, m^2/s

Q : débit de pompage, m^3/S

$$S = \frac{Q}{4\pi T} \cdot W(u)$$

S : rabattement à un instant considéré, m

W : fonction du puits

X : distance séparant les deux forages ou forage - piézomètre, m

t : temps de pompage à un instant donné, S

Nous prendrons :

$$Q = 40 \text{ l/S}$$

$$t = 20 \text{ heures}$$

$$S = 1 \cdot 10^{-3} ; T = 5 \cdot 10^{-3} m^2/s$$

Les résultats sont enregistrés dans le tableau suivant :

X (m)	U	W(u)	s (m)
500	0,1736	1,3836	0,8808
1 000	0,6444	0,3660	0,2330
1 500	1,5625	0,1233	0,0784
2 000	2,7777	0,0210	0,0133
2 500	4,3402	0,0028	0,0017

La distance maintenue entre deux forages successifs est 2 500 m, pour laquelle l'influence réciproque entre deux forages est minimisée. Les forages proposés sont implantés dans les cartes d'isora-

battement.

Coordonnées des forages :

F ₄	X = 533,15 Y = 238,25	;	F ₅	X = 535,50 Y = 239,05	;	F ₁₁	X = 534,00 Y = 235,10
F ₇	X = 539,60 Y = 242,70	;	F ₈	X = 542,90 Y = 244,50	;	F ₁₂	X = 535,90 Y = 237,20
F ₉	X = 545,40 Y = 243,45	;	F ₁₀	X = 232,00 Y = 234,90			
F ₁₃	X = 537,75 Y = 238,50	;	F ₁₄	X = 539,60 Y = 239,80	;	F ₁₅	X = 541,25 Y = 241,20
F ₁₆	X = 543,50 Y = 242,20	;	F ₁₇	X = 537,15 Y = 235,20	;	F ₁₈	X = 538,85 Y = 236,60
F ₁₉	X = 540,75 Y = 237,80	;	F ₂₀	X = 542,45 Y = 239,25	;	F ₂₁	X = 544,60 Y = 240,20
F ₁	X = 530,30 Y = 233,70	;	F ₂	X = 529,30 Y = 235,85	;	F ₃	X = 531,15 Y = 237,00

VI. 4 - INFLUENCES RECIPROQUES ENTRE LES FORAGES.

VI. 4.1. Méthodes de détermination des influences réciproques entre les forages :

Lorsque dans une nappe captive d'extension infinie des

pompages sont exécutés simultanément sur plusieurs forages, l'écoulement résultant est obtenu par superposition des écoulements dûs à chaque pompage considéré individuellement.

* Cas où il y a 2 forages : (F_1 et F_2)

$$\Delta_{1t} = \Delta_{11} + \Delta_{12}$$

Δ_{11} : rabattement propre

Δ_{12} : rabattement dans le forage n° 1, si on pompe dans le forage n° 2.

Si nous avons n forages :

Le rabattement total dans le forage 1 est donné par :

$$\Delta_{1t} = \Delta_{11} + \Delta_{12} + \dots + \Delta_{1n}$$

De même que pour le forage n° 2 (F_2)

$$\Delta_{2t} = \Delta_{22} + \Delta_{21}$$

Si nous avons n forages :

$$\Delta_{2t} = \Delta_{22} + \Delta_{21} + \dots + \Delta_{2n}$$

* Analytiquement :

Les méthodes (formules) utilisées sont celles de THEIS ou de JACOB

* Formule de THEIS :

Cas de 2 forages : (F_1 et F_2)

Pour le forage F_1 :
$$\Delta_{1t} = \frac{Q_1}{4\pi T} \cdot W(U_{11}) + \frac{Q_2}{4\pi T} \cdot W(U_{12})$$

- Pour le forage F_2 :
$$\Delta_{2t} = \frac{Q_2}{4\pi T} \cdot W(U_{22}) + \frac{Q_1}{4\pi T} \cdot W(U_{21})$$

Si nous avons n forages : la formule générale est :

$$\Delta_{It} = \frac{Q_I}{4 \cdot \pi \cdot T} \cdot W(U_{II}) + \sum_{\substack{J=1 \\ I \neq J}}^{I=n} \frac{Q_J}{4 \cdot \pi \cdot T} \cdot W(U_{IJ})$$

Le terme $\frac{Q_I}{4 \cdot \pi \cdot T} W(U_{II})$, représente le rabattement propre du forage.

Le terme $\sum_{\substack{J=1 \\ J \neq I}}^{I=n} \frac{Q_J}{4 \cdot \pi \cdot T} \cdot W(U_{IJ})$, représente la somme des rabattements influencés par les forages J ; (J = 1, , n).

* Formule de JACOB :

- Pour le forage F₁ : $\Delta_{1t} = \frac{0,183 Q_1}{T} \log \frac{2,25 T \cdot t}{X^2 (1,1) \cdot S} +$

$$\frac{0,183 Q_2}{T} \log \frac{2,25 \cdot T \cdot t}{X^2 (1,2) \cdot S}$$

- Pour le forage F₂ : $\Delta_{2t} = \frac{0,183 Q_2}{T} \log \frac{2,25 \cdot T \cdot t}{X^2 (2,2) \cdot S} +$

$$\frac{0,183 Q_1}{T} \log \frac{2,25 \cdot T \cdot t}{X^2 (2,1) \cdot S}$$

- Si nous avons n forages : la formule générale est donnée par :

$$\Delta_{It} = \frac{0,183}{T} \left[\sum_{\substack{J=1 \\ I \neq J}}^n Q_J \log \frac{2,25 \cdot T \cdot t}{X^2 (I,J) \cdot S} + Q_I \log \frac{2,25 \cdot T \cdot t}{X^2 (I,I) \cdot S} \right]$$

Δ_{It} : rabattement total dans le forage I dû aux pompages dans les forages (J = 1, n) + le rabattement propre.

Avec . T : transmissivité moyenne, $T_{moy} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{S}$.

. S : coefficient d'emmagasinement, $S = 1 \cdot 10^{-3}$.

. t : temps de pompage, S.

. X(I,I) : rayon intérieur de la crépine, m.

. X(I,J) : distance du forage J au forage I, m

$\frac{0,183 Q_I}{T} \log \frac{2,25 \cdot T \cdot t}{X^2(I,I) \cdot S}$: représente le rabattement propre du forage I.

$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq I}}^n \frac{0,183}{T} Q_j \log \frac{2,25 \cdot T \cdot t}{X^2(I,J) \cdot S}$: représente la somme des rabattements influencés par les forages J ; (J = 1, n).

Pour calculer les rabattements, nous utilisons la formule de JACOB.

VI 4 2. Calcul des rabattements propres :

- Application de la formule de JACOB.

Le rabattement propre pour le forage I ($\Delta(I)$)

$$\Delta(I) = \frac{0,183}{T} Q_I \log \frac{2,25 \cdot T \cdot t}{R^2(I,I) \cdot S}$$

Pour le forage F_1 (I = 1)

$$\Delta(1) = \frac{0,183}{T} Q_1 \log \frac{2,25 \cdot T \cdot t}{R^2(1,1) \cdot S}$$

R(1,1) : rayon intérieur du forage n° 1 (F_1).

$$\begin{array}{c}
 \Delta_{1t} \\
 \Delta_{2t} \\
 \vdots \\
 \Delta_{21t}
 \end{array}
 \left[
 \begin{array}{cccc}
 \Delta(1,1) & , & \Delta(1,2) & , & \dots & \dots & \Delta(1,21) \\
 \Delta(2,1) & , & \Delta(2,2) & , & \dots & \dots & \Delta(2,21) \\
 \vdots & & \vdots & & & & \vdots \\
 \Delta(21,1) & , & \dots & \dots & \dots & \dots & \Delta(21,21)
 \end{array}
 \right]$$

MATRICE DES RABATTEMENTS.

Dans cette matrice, les termes diagonaux $\Delta(I,I)$ représentent les rabattements propres. Les autres termes $\Delta(I,J)$ avec $I \neq J$, représentent l'influence d'un forage (J) sur le forage (I).
 Chaque terme $\Delta(I,J)$ peut être calculé à partir de la formule de JACOB :

$$\Delta(I,J) = \frac{0,183}{T} \cdot Q_J \cdot \log \frac{2,25 \cdot T \cdot t}{X^2(I,J) \cdot S}$$

Avec $\therefore Q_J$: débit d'exploitation du forage J.

$X(I,J)$: distance du forage I au forage J.

Donc pour calculer les termes de la matrice des rabattements ($\Delta(I,J)$), il suffit de donner la matrice des débits $Q(J)$ et la matrice des distances $X(I,J)$.

N . B : $X(I,J)$ est *symétrique*.

Comme T, S et t sont déterminés lors des essais de pompage, la conjugaison des matrices $Q(J)$ et $X(I,J)$ détermine la matrice $\Delta(I,J)$. Dans cette représentation, le rabattement cumulé dans chaque forage (I) sera la somme des termes d'une même ligne I ; ($I \neq J$).

Connaissant $R(I,I)$, T , S et Q_I , nous pouvons déterminer $\Delta(I)$.

VI. 4.3. Calcul des rabattements dus à l'influence des forages pompés simultanément :

Si on note :

$\Delta(I, J)$: l'influence du forage J sur le forage I .

$Q(J)$: débit d'exploitation du forage J .

Le rabattement total dans le forage I sera :

$$\Delta(I) = \sum_{j=1}^n \Delta(I, J) \quad ; \quad (J \neq I)$$

Exemple : pour $I = 1$

$$\Delta(1) = \Delta(1,2) + \Delta(1,3) + \dots + \Delta(1, 21)$$

pour $I = 2$

$$\Delta(2) = \Delta(2,1) + \Delta(2,3) + \dots + \Delta(2,21)$$

pour $I = 21$

$$\Delta(21) = \Delta(21,1) + \Delta(21,2) + \dots + \Delta(21,20).$$

* La formule générale :

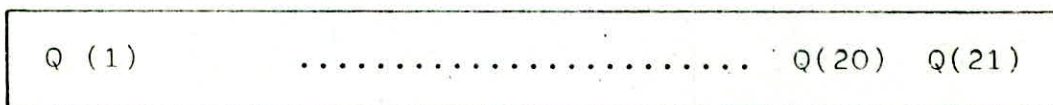
$$\Delta_{It} = \Delta(I, I) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq I}}^n (I, J).$$

Nous pouvons mettre le système sous forme matricielle.

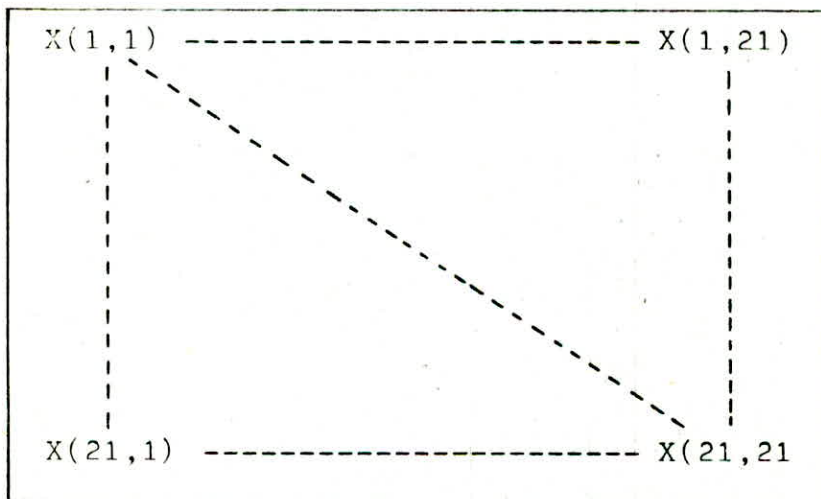
Nous avons fait cette symbolisation matricielle des rabattements dans le but de faire le calcul sur ordinateur dont l'organigramme est dans la page *Suivante*.

En effet, il suffit de donner T , S , t , la matrice ligne $Q (J)$ et la matrice $X (I,J)$ pour recueillir la matrice $\Delta(I,J)$ à la sortie.

La matrice des débits (Horizon 2014).



La matrice des distances (Horizon 2014).



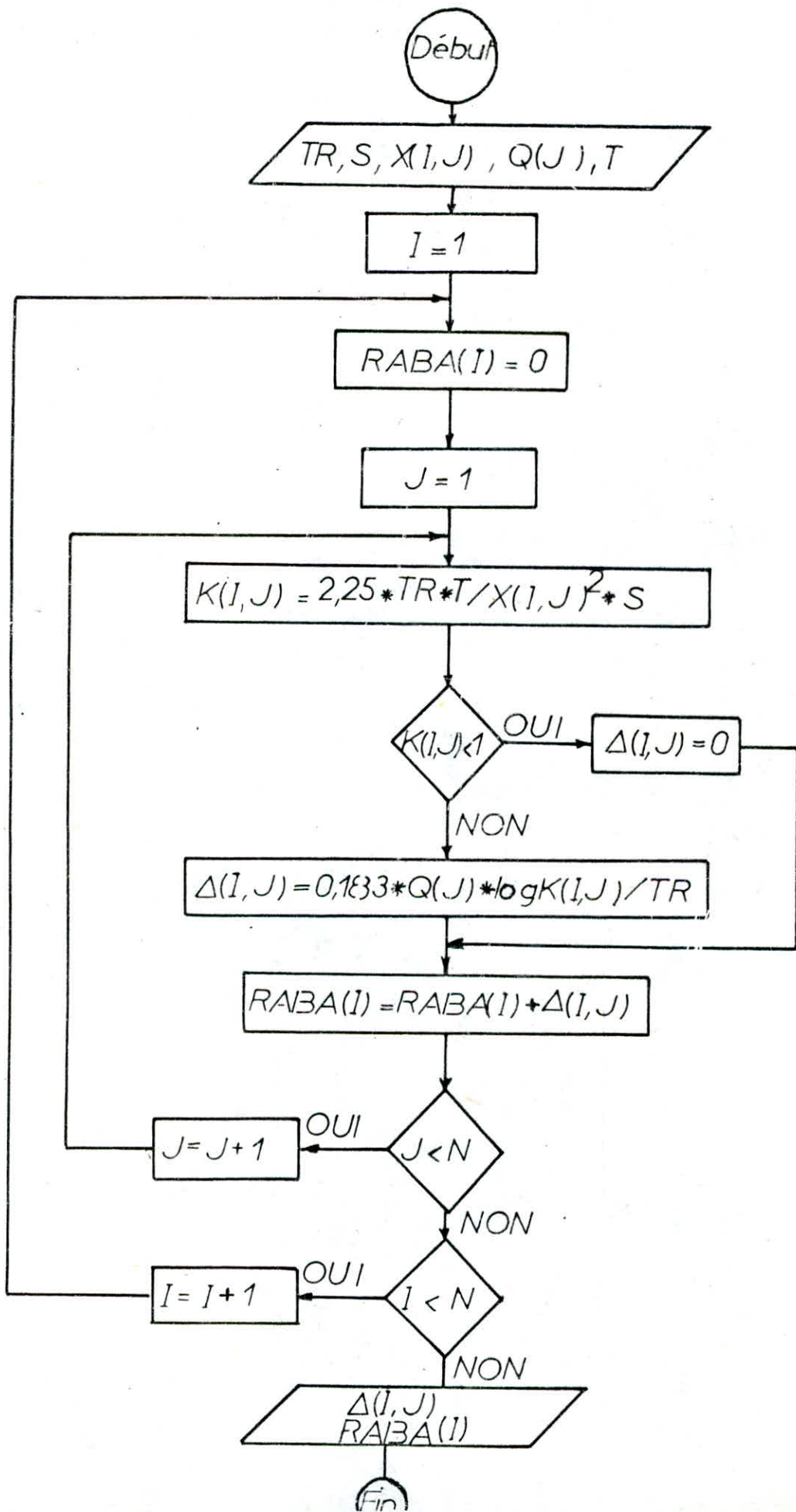
La valeur moyenne de la transmissivité, $T_{\text{moy}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{S}$.

Le coefficient d'emmagasinement $S = 10^{-3}$.

La valeur du temps varie pour chaque horizon.

La matrice des distances est dans le tableau VI. 1.

N . B . La matrice des distances et la matrice des débits varient suivant les besoins en eau potable pour chaque horizon.



Par exemple :

Pour l'année 1994, le nombre de forages nécessaire pour assurer les besoins en eau potable est de 8 ($N_F = 8$).

Donc : la matrice des débits Q ($I = 1, \dots, 8$).

la matrice des distances X ($I = 1, \dots, 8 ; J = 1, \dots, 8$)

VI. 4.4. Résultats des influences réciproques entre les forages :

* Horizon 1989.

- Matrice des débits des forages en exploitation.

Forages	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈
débit l/S	40	68	60	27	60

La durée de pompage est de 1 mois (20h/jour).

$$t = 216 \cdot 10^4 \text{ secondes}$$

- La matrice des rabattements est encadrée dans le tableau ci-après :

	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈	Rabatte- ment to- tal dans le forage (m)
F ₃	12,600	1,467	0	0	0	14,067
F ₄	0,863	21,664	0	0	0	22,527
F ₅	0	1,467	19,115	0	0	20,582
F ₇	0	0	0	8,829	0,481	9,310
F ₈	0	0	0	0,216	19,115	19,331

$t = 1\,296 \cdot 10^6$ secondes
(6 mois de pompage)

	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈	Rabatte- ment to- tal (m)
F ₃	13,750	3,404	1,681	0,0714	0	18,906
F ₄	2,002	23,600	3,003	0,290	0	28,895
F ₅	1,120	3,404	20,824	0,562	0,359	26,269
F ₇	0,105	0,731	1,250	9,598	2,190	13,874
F ₈	0	0	0,359	9,822	20,824	31,005

pour $t = 25,92 \cdot 10^4$ secondes.
(une année de pompage)

Les rabattements sont groupés dans le tableau suivant :

	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈	Rabattement (m)
F ₃	14,185	4,153	2,342	0,368	0,269	21,317
F ₄	2,443	24,35	3,66	0,587	0,595	31,635
F ₅	1,561	4,153	21,485	0,859	1,020	29,078
F ₇	0,546	1,480	1,911	9,89	2,850	16,677
F ₈	0,174	0,674	1,020	0,245	21,485	23,598

$t = 1\ 296 \cdot 10^5$ secondes
(5 ans de pompage)

	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈	Rabattement (m)
F ₃	15,209	5,893	3,877	1,059	1,803	27,841
F ₄	3,466	26,089	5,199	1,278	2,129	38,161
F ₅	2,585	5,893	23,020	3,446	2,555	37,501
F ₇	1,569	2,367	3,248	23,526	4,386	35,096
F ₈	1,198	2,413	2,555	1,973	23,020	31,159

* Horizon 1994 à 1999.

Le nombre de forages nécessaire pour assurer les besoins en eau potable est 7.

- La matrice des débits est la suivante :

Forages	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈
Débits [l/S]	40	40	40	68	60	27	60

Pour le temps de pompage de 5 ans (20 heures/jour)

$$t = 1\,296 \cdot 10^5 \text{ secondes,}$$

Les résultats sont enregistrés dans le tableau suivant :

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈	Rabat- tement (m)
F ₁	15,209	3,466	2,907	4,022	2,943	0,841	1,432	30,820
F ₂	3,466	15,209	3,466	4,394	3,104	0,885	1,501	32,025
F ₃	2,907	3,466	15,209	5,893	3,877	1,059	1,803	34,214
F ₄	2,366	2,585	3,466	26,089	5,199	1,278	2,129	43,112
F ₅	1,962	2,069	2,585	5,893	23,020	3,446	2,555	41,530
F ₇	1,246	1,311	1,569	2,367	3,248	23,526	4,386	37,383
F ₈	0,952	1	1,198	2,413	2,555	1,973	23,020	33,111

* Horizon 1999 à 2004.

Le nombre total des forages pour satisfaire les besoins en eau potable pour l'horizon 1999 est de 8.

- La matrice des débits des huit forages est la suivante :

Forages	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈	F ₉
Débits (l/S)	40	40	40	68	60	27	60	40

Les résultats des rabattements dûs à l'influence réciproque entre les forages pour une durée de 5 ans, sont enregistrés dans le tableau suivant :

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈	F ₉	Rabattement (m)
F ₁	15,209	3,466	2,907	4,022	2,943	0,841	1,432	0,827	31,647
F ₂	3,466	15,209	3,466	4,394	3,104	0,885	1,501	0,851	32,876
F ₃	2,907	3,466	15,209	5,893	3,877	1,059	1,803	1,020	35,234
F ₄	2,366	2,585	3,466	26,089	5,199	1,278	2,129	1,217	44,329
F ₅	1,962	2,069	2,585	5,893	23,020	3,466	2,555	1,455	42,985
F ₇	1,246	1,311	1,569	2,367	2,248	23,526	4,386	2,275	39,928
F ₈	0,952	1,00	1,198	2,413	2,555	1,973	23,02	3,126	36,237
F ₉	0,829	0,853	1,020	2,078	2,182	1,535	4,752	15,209	28,458

* Horizon 2004 à 2009.

Le nombre de forages nécessaire pour satisfaire les besoins en eau pour l'horizon 2004 est de 12, dont les débits sont donnés dans la matrice suivante :

Forages	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇
Débits (l/S)	40	40	40	68	60	27

Forages	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃
Débits (l/S)	60	40	40	40	40	40

La durée de pompage est de 5 ans, soit $1\,296 \cdot 10^5$ s.

Les résultats des rabattements dûs à l'influence réciproque entre les forages pour cette durée, sont enregistrés dans les tableaux : VI. 2a. , VI. 2b.

* Horizon 2009 à 2014.

Quatorze (14) forages sont nécessaires pour satisfaire les besoins en eau potable, dont les débits sont donnés dans la matrice suivante :

Horizon : 2004 à 2009

Forag	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇
F ₁	15,209	3,466	2,907	4,022	2,940	0,841
F ₂	3,466	15,209	3,466	4,390	3,104	0,885
F ₃	2,907	3,466	15,209	5,893	3,877	1,059
F ₄	2,366	2,580	3,466	26,089	5,199	1,278
F ₅	1,962	2,069	2,585	5,890	23,02	3,440
F ₇	1,246	1,311	1,569	2,367	3,248	23,520
F ₈	0,952	1,000	1,198	2,413	2,555	1,973
F ₉	0,829	0,850	1,020	2,078	2,182	1,535
F ₁₀	3,460	3,140	3,466	5,000	3,620	1,000
F ₁₁	2,580	2,500	3,100	4,390	4,590	1,190
F ₁₂	2,060	2,060	1,750	5,240	5,330	1,420
F ₁₃	1,700	1,720	2,060	4,320	4,920	2,610

Tableau VI. 2a.

Horizons : 2004 à 2009

Forage	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	Rabattement total (m)
F ₁	1,432	0,827	4,666	2,580	2,060	1,700	42,650
F ₂	1,501	0,851	3,140	2,530	2,060	1,720	42,322
F ₃	1,803	1,020	3,466	3,100	2,510	2,060	46,370
F ₄	2,129	1,217	2,940	2,580	3,100	2,540	55,484
F ₅	2,555	1,455	2,410	3,060	3,550	3,240	55,276
F ₇	4,386	2,275	1,490	1,770	2,110	2,610	47,902
F ₈	23,020	3,160	1,150	1,350	1,600	1,930	42,301
F ₉	4,752	15,209	1,000	1,200	1,400	1,700	33,755
F ₁₀	1,730	1,000	15,209	3,466	2,580	2,066	45,737
F ₁₁	2,090	1,200	3,466	15,209	3,460	2,580	46,355
F ₁₂	2,410	1,400	2,580	3,460	15,209	3,466	46,415
F ₁₃	1,930	1,700	2,060	2,580	3,460	15,209	44,270

Tableau VI. 2b.

Horizon : 2009 à 2014

Forag.	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈
F ₁	15,209	3,466	2,907	4,022	2,940	0,841	1,432
F ₂	3,466	15,209	3,466	4,390	3,104	0,885	1,501
F ₃	2,907	3,466	15,209	5,893	3,877	1,059	1,803
F ₄	2,366	2,580	3,466	26,089	5,199	1,278	2,129
F ₅	1,962	2,069	2,585	5,890	23,020	3,440	2,550
F ₇	1,246	3,311	1,569	2,367	3,248	23,52	4,386
F ₈	0,952	1,000	1,198	2,413	2,555	1,973	23,020
F ₉	0,829	0,950	1,020	2,078	2,182	1,535	4,752
F ₁₀	3,460	3,140	3,466	5,000	3,620	1,000	1,730
F ₁₁	2,580	2,500	3,100	4,390	4,590	1,190	2,090
F ₁₂	2,060	2,060	1,750	5,270	5,330	1,420	2,410
F ₁₃	1,700	1,720	2,060	4,320	4,920	2,610	1,930
F ₁₄	1,410	1,440	1,730	3,550	3,920	2,130	3,520
F ₁₅	1,180	1,230	1,460	2,980	3,200	2,360	4,490

Tableau VI. 3a.

Horizon : 2009 à 2014

Forag.	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	F ₁₅	Rabattement total (m)
F ₁	0,827	4,666	2,580	2,060	1,170	1,410	1,180	45,240
F ₂	0,851	3,140	2,530	2,060	1,720	1,440	1,230	44,992
F ₃	1,020	3,466	3,100	2,510	2,060	1,730	1,440	49,540
F ₄	1,217	2,940	2,580	3,100	2,540	2,090	1,750	59,323
F ₅	1,455	2,410	3,060	3,550	3,280	2,610	2,130	60,016
F ₇	2,275	1,490	1,770	2,110	2,610	3,160	3,490	54,502
F ₈	3,160	1,150	1,350	1,600	1,930	2,350	2,990	47,641
F ₉	15,209	1,000	1,200	1,400	1,700	2,060	2,580	38,395
F ₁₀	1,000	15,209	3,466	2,580	2,066	1,700	1,410	48,845
F ₁₁	1,200	3,466	15,209	3,460	2,580	2,060	1,700	50,115
F ₁₂	1,400	2,580	3,460	15,209	3,466	2,580	2,070	51,065
F ₁₃	1,700	2,060	2,580	3,460	15,209	3,460	2,580	50,31
F ₁₄	2,060	1,700	2,020	2,580	3,460	15,209	3,460	48,229
F ₁₅	2,580	1,410	1,700	2,070	2,580	3,460	15,209	45,909

Tableau VI. 3b.

La durée de pompage est de 5ans, soit $1\,296 \cdot 10^5$ s.

La matrice des influences réciproques des 20 forages est donnée dans les tableaux : VI. 4a. , VI. 4b. , VI. 4c.

Horizon : 2014 à 2019

Forag.	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈
F ₁	15,209	3,466	2,907	4,022	2,940	0,841	1,432
F ₂	3,466	15,209	3,466	4,390	3,104	0,885	1,501
F ₃	2,907	3,466	15,209	5,893	3,877	1,059	1,803
F ₄	2,366	2,580	3,466	26,089	5,990	1,278	2,129
F ₅	1,962	2,069	2,585	5,890	23,020	3,440	2,550
F ₇	1,246	3,311	1,569	2,367	3,248	23,520	4,386
F ₈	0,952	1,000	1,198	2,413	2,555	1,973	23,020
F ₉	0,829	0,950	1,020	2,078	2,182	1,555	4,752
F ₁₀	3,460	3,140	3,466	5,000	3,620	1,000	1,730
F ₁₁	2,580	2,500	3,100	4,390	4,590	1,190	2,090
F ₁₂	2,060	2,060	1,750	5,270	5,330	1,420	2,410
F ₁₃	1,700	1,720	2,060	4,320	4,920	2,610	1,930
F ₁₄	1,410	1,440	1,730	3,550	3,920	2,130	3,520
F ₁₅	1,180	1,230	1,460	2,980	3,200	2,360	4,900
F ₁₆	0,940	1,010	1,210	2,430	2,570	1,860	5,190
F ₁₇	2,060	1,880	2,180	2,890	3,980	1,270	2,160
F ₁₈	1,680	1,630	1,910	3,770	3,920	1,480	2,650
F ₁₉	1,400	1,380	1,630	3,240	2,900	1,660	3,100
F ₂₀	1,18	1,180	1,400	2,860	2,960	1,750	3,670
F ₂₁	0,990	0,980	1,160	2,340	2,480	1,570	3,870

Tableau VI. 4a.

Horizon : 2014 à 2019

Forag.	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	F ₁₅
F ₁	0,827	4,666	2,580	2,060	1,170	1,410	1,180
F ₂	0,851	3,140	2,530	2,060	1,720	1,440	1,230
F ₃	1,020	3,466	3,100	2,510	2,060	1,730	1,440
F ₄	1,217	2,940	2,580	3,100	2,540	2,900	1,750
F ₅	1,455	2,410	3,060	3,550	3,280	2,610	2,130
F ₇	2,275	1,490	1,770	2,110	2,610	3,160	3,490
F ₈	3,600	1,150	1,350	1,600	1,930	2,350	2,990
F ₉	15,209	1,000	1,200	1,400	1,700	2,060	2,580
F ₁₀	1,000	15,209	3,466	2,580	2,066	1,700	1,410
F ₁₁	1,200	3,466	15,209	3,460	2,580	2,060	1,700
F ₁₂	1,400	2,580	3,460	15,209	3,466	2,580	2,070
F ₁₃	1,700	2,060	2,580	3,460	15,209	3,460	2,580
F ₁₄	2,060	1,700	2,020	2,580	3,460	15,209	3,460
F ₁₅	2,580	1,410	1,700	2,070	2,580	3,460	15,209
F ₁₆	3,460	1,180	1,410	1,700	2,060	2,490	3,460
F ₁₇	1,380	1,000	3,020	3,460	2,940	2,410	1,970
F ₁₈	1,600	2,450	2,490	3,100	3,460	2,990	2,490
F ₁₉	9,050	2,050	2,040	2,450	3,060	3,460	2,900
F ₂₀	2,450	1,680	1,700	2,050	2,510	3,160	3,460
F ₂₁	3,020	1,180	1,410	1,680	2,020	2,45	2,940

Tableau VI. 4b.

HORIZON : 2014 à 2019 (t=5ans)

Forage	F ₁₆	F ₁₇	F ₁₈	F ₁₉	F ₂₀	F ₂₁	Rab Tot, m
F ₁	0,940	2,000	1,680	1,400	1,180	0,990	53,430
F ₂	1,010	1,880	1,630	1,380	1,180	0,980	53,052
F ₃	1,210	2,180	1,940	1,630	1,400	1,160	58,930
F ₄	1,430	2,450	2,220	1,910	1,680	1,380	70,393
F ₅	1,710	2,650	2,610	1,930	1,970	1,650	72,686
F ₇	2,760	1,890	2,190	2,460	2,600	2,330	68,732
F ₈	3,466	1,500	1,760	2,060	2,060	2,580	61,067
F ₉	3,460	1,380	1,650	2,114	2,450	3,020	52,495
F ₁₀	1,180	1,000	2,450	2,032	1,680	1,180	58,367
F ₁₁	1,410	3,020	2,490	2,040	1,700	1,410	62,185
F ₁₂	1,700	3,460	3,100	2,490	2,050	1,680	65,545
F ₁₃	2,060	2,940	3,460	3,060	2,510	2,020	66,360
F ₁₄	2,490	2,410	2,990	3,460	3,160	2,450	65,189
F ₁₅	3,460	1,970	2,490	2,850	3,460	2,940	68,079
F ₁₆	15,209	1,630	1,960	2,400	3,030	3,460	58,629
F ₁₇	1,630	15,209	3,460	2,580	2,060	1,700	59,339
F ₁₈	1,960	3,460	15,209	3,460	1,830	2,060	63,599
F ₁₉	2,400	2,580	3,460	15,209	3,460	2,580	70,009
F ₂₀	3,300	2,060	1,830	3,460	15,209	3,460	61,409
F ₂₁	3,460	1,700	2,060	2,580	3,460	15,209	56,559

TABLEAU: VI.4.C

VI. 5 - INFLUENCES DU CHAMP DANS LA ZONE ETUDIEE.

Pour voir l'influence des forages en pompage dans la région, on a implanté 23 piézomètres de surveillance qui entourent la zone étudiée.

VI. 5.1. Calcul des rabattements dans les piézomètres :

(Sans tenir compte de la remontée).

Le calcul des rabattements dans les piézomètres se fait en supposant une nappe, d'extension infinie.

Le rabattement total dans le piézomètre à un instant t dans le piézomètre est la somme des rabattements que provoquerait chaque forage agissant seul.

La méthode des calculs de rabattement est la même que celle décrite précédemment ; on donnera T_{moy} , S , t , $Q (J)$ et la matrice $X (I,J)$ des distances forages - piézomètres à l'entrée pour obtenir $\Delta (I,J)$ à la sortie.

- $\Delta (I,J)$: rabattement dans le piézomètre (m)

- La transmissivité (T_{moy})

$$T_{moy} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ (m}^2\text{/s)}.$$

- Le coefficient d'emmagasinement :

$$S = 1 \cdot 10^{-3}$$

- Les débits totaux sont donnés sous forme de tableau.

(Augmentent périodiquement suivant les besoins).

- Les dimensions de la matrice des distances sont données par le tableau (VI. 5). Varient suivant les besoins.

Les résultats de calcul des rabattements sont récapitulés dans les tableaux :

VI . 6 , VI . 7 , VI . 8 , VI . 9 , VI . 10 , VI . 11 . a , VI . 11 : b

VI . 12 . a , VI . 12 . b , VI . 13 . a , VI . 13 . b , VI . 13 . c

Horizon : 1989 (t = 1 mois)

	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈	Rabattem. totaux(m)
P _A	0	0	0	0	0	0
P _B	0	0	0	0	0	0
P _C	0	0	0	0	0	0
P _D	0	0	0	0	0	0
P _E	0,071	0	0	0	0	0,071
P _F	0	0	0	0	0	0
P _G	0	0,094	0,986	0	0	1,080
P _H	0	0	0	0	0	0
P _I	0	0	0	0	0	0
P _J	0	0	0	0	0	0
P _K	0	0	0	0	0	0
P _L	0	0	0	0	0	0
P _M	0	0	0	0	0	0
P _N	0	0	0	0	1,954	1,954
P _O	0	0	0	0	0	0
P _P	0	0	0	0,069	0,174	0,243
P _Q	0	0	0	0	0	0
P _R	0	0	0	0	0	0
P _T	0	0,961	1,730	0	0	2,691
P _S	0	0	0	0	0	0
P _U	0,075	0	0	0	0	0,375
P _V	0,358	2,084	1,429	0	0	3,861
P _W	0	0	0	0	0	0

Tableau VI. 6.

HORIZON : 1989 à 1990 (t=1 ans)

P \ F	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈	Raba tot, m
P _A	0,930	0,980	0,510	0	0	2,420
P _B	0,750	0,790	0,340	0	0	1,880
P _C	0,860	0,980	0,510	0	0	2,350
P _D	1,490	1,940	1,240	0,118	0	4,788
P _E	1,650	2,449	1,717	0,256	0,100	6,172
P _F	1,080	1,940	1,640	0,323	0,276	5,259
P _G	1,160	2,770	3,350	0,915	1,170	9,365
P _H	0,770	1,256	0,990	0,127	0	3,143
P _I	0,460	1,040	1,130	0,390	0,590	3,610
P _J	0,331	0,870	1,026	0,549	1,020	3,866
P _K	0	0,140	0,504	0,604	1,910	3,158
P _L	0	0	0	0,260	1,074	1,334
P _M	0	0,024	0,310	0,622	2,54	3,505
P _N	0,096	0,517	0,830	1,064	4,320	6,827
P _O	0	0	0	0,327	1,420	1,747
P _P	0,248	0,804	1,074	1,130	2,540	5,796
P _Q	0,695	1,655	1,827	0,981	1,408	6,566
P _R	1,001	2,115	1,995	0,681	0,849	6,921
P _T	1,530	3,645	4,100	0,889	1,108	11,274
P _S	0,680	0,834	0,472	0	0	1,986
P _U	1,944	2,541	1,584	0,238	0,027	6,334
P _V	1,930	4,769	3,882	0,681	0,705	12,007
P _W	0	0	0	0,137	0,504	0,641

TABLEAU: VI . 7

HORIZON : 1989 à 1994 (t=5 ans)

P \ F	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈	Raba tot. m
P _A	1,894	2,724	2,048	0,622	1,009	8,297
P _B	1,474	2,531	1,884	0,559	0,873	7,604
P _C	1,887	2,724	2,048	0,587	0,967	8,213
P _D	2,518	3,686	2,782	0,809	1,382	11,177
P _E	2,675	4,189	3,252	0,948	1,640	12,704
P _F	2,109	3,686	3,177	1,014	1,812	11,798
P _G	2,189	4,519	4,891	1,606	2,711	15,916
P _H	1,800	2,996	2,525	0,818	1,459	9,598
P _I	1,490	2,781	2,666	1,081	2,130	10,148
P _J	1,355	2,677	2,631	1,240	2,555	10,399
P _K	0,973	1,880	2,039	1,296	3,446	9,634
P _L	0,695	1,416	1,495	0,951	2,610	7,167
P _M	0,870	1,765	1,855	1,313	4,079	6,882
P _N	1,120	2,257	2,365	1,755	5,859	13,356
P _O	0,684	1,404	1,488	1,018	2,955	7,549
P _P	1,271	2,544	2,610	1,826	4,179	12,330
P _Q	1,719	3,395	3,363	1,673	1,943	13,093
P _R	2,027	3,885	3,530	1,372	2,384	13,196
P _T	2,557	5,387	5,635	1,581	2,643	17,803
P _S	1,711	2,574	2,007	0,594	1,005	7,891
P _U	2,968	4,281	3,120	0,329	1,563	12,860
P _V	2,961	6,509	5,334	1,372	2,281	18,457
P _W	0,727	1,441	1,488	0,828	2,039	6,523

TABLEAU : VI . 83

HORIZON: 1994 à 1999 (t=5ans)

P \ F	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈	Rabq _{tot}
P _A	1,936	2,220	1,894	2,724	2,048	0,622	1,009	12,452
P _B	2,199	2,210	1,777	2,531	1,884	0,539	0,873	12,013
P _C	2,572	2,270	1,887	2,724	2,048	0,587	0,967	13,055
P _D	3,890	2,785	2,518	3,686	2,782	0,809	1,382	17,852
P _E	3,160	2,580	2,675	4,189	3,252	0,948	1,640	18,444
P _F	2,210	1,930	2,109	3,686	3,177	1,014	1,812	15,938
P _G	1,830	1,822	2,189	4,519	4,891	1,606	2,711	19,568
P _H	2,088	1,762	1,800	2,996	2,525	0,818	1,459	13,448
P _I	1,460	1,327	1,490	2,781	2,666	1,081	2,130	12,935
P _J	1,245	1,170	1,355	2,617	2,631	1,242	2,565	12,825
P _K	0,814	0,815	0,973	1,880	2,039	1,296	3,446	11,263
P _L	0,573	0,560	0,695	1,416	1,495	0,951	2,610	8,300
P _M	0,675	0,710	0,870	1,765	1,855	1,313	4,079	11,267
P _N	0,876	0,933	1,120	2,257	2,365	1,755	5,859	15,478
P _O	0,532	0,550	0,684	1,404	1,488	1,018	2,955	8,631
P _P	0,971	1,076	1,271	2,544	2,610	1,826	4,179	14,477
P _Q	1,301	1,466	1,719	3,395	3,363	1,673	1,943	14,860
P _R	1,519	1,754	2,027	3,885	3,530	1,372	2,384	16,471
P _T	1,830	2,024	2,557	5,387	5,635	1,581	2,643	21,657
P _S	2,307	1,894	1,711	2,574	2,007	0,594	1,005	12,092
P _U	2,342	3,038	2,968	4,281	3,120	0,329	1,563	17,641
P _V	2,088	2,342	2,961	6,509	5,334	1,372	2,281	22,887
P _W	0,657	0,611	0,727	1,441	1,488	0,828	2,039	7,761

TABLEAU: VI - 9

HORIZON: 1999 à 2004 (t=5ans)

P \ F	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈	F ₉	Raba _m tot.
P _A	1,936	2,220	1,894	2,724	2,048	0,622	1,009	0,530	12,983
P _B	2,199	2,210	1,777	2,531	1,884	0,539	0,873	0,475	12,488
P _C	2,572	2,270	1,887	2,724	2,048	0,587	0,967	0,552	13,607
P _D	3,890	2,785	2,518	3,686	2,782	0,809	1,382	0,815	18,667
P _E	3,160	2,580	2,675	4,189	3,262	0,948	1,640	0,984	19,428
P _F	2,210	1,930	2,109	3,686	3,177	1,014	1,812	1,128	17,066
P _G	1,830	1,822	2,189	4,519	4,891	1,606	2,711	1,615	21,183
P _H	2,088	1,762	1,800	2,996	2,525	0,818	1,459	0,921	14,369
P _I	1,460	1,327	1,490	2,781	2,666	1,081	2,130	1,426	14,361
P _J	1,245	1,170	1,355	2,617	2,631	1,242	2,585	1,791	14,616
P _K	0,814	0,815	0,973	4,880	2,039	1,296	3,446	2,961	14,224
P _L	0,573	0,560	0,695	1,416	1,495	0,951	2,610	0,221	8,521
P _M	0,675	0,710	0,870	1,765	1,855	1,313	4,079	3,038	14,305
P _N	0,876	0,933	1,120	2,257	2,365	1,755	5,859	2,868	18,346
P _O	0,532	0,550	0,684	1,404	1,488	1,018	2,955	2,477	11,108
P _P	0,971	1,076	1,271	2,544	2,610	1,826	4,199	2,090	16,567
P _Q	1,301	1,466	1,719	1,395	3,363	1,673	1,943	1,569	16,429
P _R	1,519	1,754	2,027	3,885	3,530	1,372	2,384	1,296	17,767
P _T	1,830	2,024	2,557	5,387	5,635	1,581	2,643	1,448	23,105
P _S	2,307	1,894	1,711	2,574	2,007	0,594	1,005	0,602	12,694
P _U	2,342	3,038	2,968	4,281	3,120	0,329	1,563	0,876	18,517
P _V	2,088	2,383	2,961	0,509	5,334	1,372	2,281	1,291	24,178
P _W	0,657	0,611	0,727	1,441	1,488	0,828	2,039	1,634	9,395

TABLEAU : VI.10

HORIZON: 2004 2009 (t=5ans)

P \ F	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈
P _A	1,936	2,220	1,894	1,724	2,048	0,622	1,009
P _B	2,199	2,210	1,777	2,531	1,884	0,539	0,873
P _C	2,572	2,270	1,887	2,724	2,048	0,587	0,667
P _D	3,890	2,785	2,518	3,686	2,782	0,809	1,382
P _E	3,160	2,580	2,675	4,189	3,262	0,948	1,640
P _F	2,210	1,930	2,109	3,686	3,177	1,014	1,812
P _G	1,830	1,822	2,189	4,519	4,891	1,606	2,711
P _H	2,088	1,762	1,800	2,996	2,525	0,818	1,459
P _I	1,460	1,327	1,490	2,781	2,666	1,081	2,130
P _J	2,245	1,170	1,355	2,617	2,631	1,242	2,665
P _K	0,814	0,815	0,973	1,880	2,039	1,296	3,446
P _L	0,573	0,560	0,695	1,416	1,495	0,951	2,610
P _M	0,675	0,710	0,870	1,665	1,865	1,313	4,079
P _N	0,876	0,933	1,120	2,257	2,365	1,755	1,859
P _O	0,532	0,550	0,684	1,404	1,488	1,018	2,955
P _P	0,971	1,076	1,271	2,544	2,610	1,826	4,199
P _Q	1,301	1,466	1,719	1,395	3,363	1,673	1,943
P _R	1,519	1,754	2,027	3,885	3,530	1,372	2,384
P _T	1,830	2,024	2,557	5,387	5,635	1,581	2,643
P _S	2,307	1,894	1,711	2,574	2,007	0,594	1,005
P _U	2,342	3,038	2,968	4,281	3,120	0,329	1,563
P _V	2,088	2,383	2,961	0,509	5,334	1,372	2,281
P _W	0,657	0,611	0,727	1,441	1,488	0,828	2,039

TABLEAU: VI.11. a

HORIZON: 2004 à 2009 (t=5ans)

P \ F	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	Rabq _{tot}
P _A	0,530	1,796	1,502	1,296	1,249	18,826
P _B	0,475	1,822	1,513	1,270	1,205	18,298
P _C	0,552	2,069	1,704	1,432	1,331	20,143
P _D	0,815	3,144	2,464	2,090	1,802	28,167
P _E	0,984	3,617	3,060	2,478	2,130	30,683
P _F	1,128	2,545	2,703	2,543	2,320	27,177
P _G	1,615	2,230	2,851	3,979	4,631	34,874
P _H	0,921	2,188	2,137	1,970	1,859	22,515
P _I	1,426	1,669	1,894	2,088	2,252	22,264
P _J	1,791	1,450	1,704	1,970	2,321	22,061
P _K	2,961	0,984	1,178	1,689	1,781	19,864
P _L	0,221	0,710	0,865	1,020	1,341	12,457
P _M	3,038	0,826	0,996	1,156	1,543	18,826
P _N	2,868	0,972	1,246	1,466	1,888	23,918
P _O	2,477	0,669	0,819	0,979	1,312	14,887
P _P	2,090	1,156	1,348	1,557	1,933	22,581
P _Q	1,569	1,507	1,717	1,878	2,176	23,707
P _R	1,296	1,719	1,894	1,960	2,095	25,435
P _T	1,448	2,177	2,569	2,800	2,901	33,552
P _S	0,602	1,960	1,717	1,478	1,379	19,228
P _U	0,876	2,366	2,177	1,894	1,789	26,743
P _V	1,291	2,490	2,834	2,834	2,677	35,018
P _W	1,634	0,784	0,929	0,209	1,355	12,672

TABLEAU: VI. 11. b

HORIZON : 2009 à 2014 (t=5ans)

P \ F	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈	F ₉
P _A	1,936	2,220	1,894	1,724	2,048	0,621	1,009	0,530
P _B	2,109	2,210	1,777	2,531	1,884	0,539	0,873	0,475
P _C	2,570	2,270	1,887	2,724	2,048	0,587	0,667	0,552
P _D	3,890	2,785	2,518	3,686	2,782	0,809	1,382	0,815
P _E	3,160	2,580	2,675	4,189	3,262	0,948	1,640	0,984
P _F	2,210	1,930	2,109	3,686	3,177	1,014	1,812	1,128
P _G	1,830	1,822	2,189	4,519	4,891	1,606	2,711	1,615
P _H	2,088	1,762	1,800	2,996	2,525	0,818	1,459	0,921
P _I	1,460	1,327	1,490	2,781	2,666	1,081	2,130	1,426
P _J	2,245	1,170	1,355	2,617	2,631	1,242	2,665	1,791
P _K	0,814	0,815	0,973	1,880	2,039	1,296	3,446	2,961
P _L	0,573	0,560	0,695	1,416	1,495	0,951	2,610	0,221
P _M	0,675	0,710	0,870	1,665	1,865	1,313	4,079	3,038
P _N	0,876	0,933	1,120	2,257	2,365	1,755	1,859	2,868
P _O	0,532	0,550	0,684	1,404	1,488	1,018	2,955	2,477
P _P	0,971	1,076	1,271	2,544	2,610	1,826	4,199	2,090
P _Q	1,301	1,466	1,719	1,395	3,363	1,673	1,943	1,569
P _R	1,519	1,754	2,027	3,885	3,530	1,372	2,384	1,296
P _T	1,830	2,024	2,557	5,387	5,635	1,581	2,643	1,448
P _S	2,307	1,894	1,711	2,574	2,007	0,594	1,005	0,602
P _U	2,342	3,038	2,968	4,281	3,120	0,329	1,563	0,876
P _V	2,088	2,383	2,961	0,509	5,334	1,372	2,281	1,291
P _W	0,657	0,611	0,727	1,441	1,488	0,828	2,039	1,634

TABLEAU : VI . 12 . a

HORIZON: 2009 à 2014 (t = 5 ans)

P \ F	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	F ₁₅	Rabatt totaux, m
P _A	1,796	1,502	1,296	1,249	1,082	0,928	20,836
P _B	1,822	1,513	1,270	1,205	1,029	0,881	20,208
P _C	2,069	1,704	1,432	1,331	1,142	0,974	22,259
P _D	3,144	2,464	2,090	1,802	1,532	1,308	31,007
P _E	3,617	3,060	2,478	2,130	1,803	1,515	34,001
P _F	2,545	2,703	2,543	2,320	1,987	1,679	30,843
P _G	2,230	2,851	3,979	4,631	3,214	2,523	40,611
P _H	2,188	2,137	1,970	1,859	1,624	1,400	25,539
P _I	1,669	1,894	2,088	2,252	2,157	1,941	26,362
P _J	1,450	1,704	1,970	2,321	2,430	2,291	26,782
P _K	0,984	1,178	1,689	1,789	2,148	2,407	24,419
P _L	0,710	0,865	1,020	1,341	1,554	1,756	15,767
P _M	0,826	0,996	1,156	1,543	1,803	2,157	22,786
P _N	0,972	1,246	1,466	1,888	2,204	2,650	28,772
P _O	0,669	0,819	0,979	1,312	1,532	1,789	18,208
P _P	1,156	1,348	1,557	1,933	2,157	2,407	27,125
P _Q	1,507	1,717	1,878	2,176	2,185	2,157	28,049
P _R	1,719	1,894	1,960	2,095	1,987	1,866	29,288
P _T	2,177	2,569	2,800	2,901	2,535	2,204	38,291
P _S	1,960	1,717	1,478	1,379	1,192	1,014	21,434
P _U	2,366	2,177	1,894	1,789	1,565	1,380	29,688
P _V	2,490	2,834	2,834	2,677	2,281	1,972	39,266
P _W	0,784	0,929	0,209	1,355	1,499	1,583	15,754

TABLEAU: VI.12. b

HORIZON : 2014 à 2019 (t = 5ans)

P \ F	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₇	F ₈
P _A	1,936	2,220	1,894	1,724	2,048	0,622	1,009
P _B	2,199	2,210	1,777	2,531	1,884	0,539	0,875
P _C	2,570	2,270	1,887	2,724	2,048	0,587	0,667
P _D	3,890	2,785	2,518	3,686	2,782	0,809	1,382
P _E	3,160	2,580	2,675	4,189	3,262	0,948	1,640
P _F	2,210	1,930	2,109	3,686	3,177	1,014	1,812
P _G	1,830	1,822	2,189	4,519	4,891	1,606	2,711
P _H	2,088	1,762	1,800	2,996	2,525	0,818	1,459
P _I	1,460	1,327	1,490	2,781	2,666	1,081	2,130
P _J	2,245	1,170	1,355	2,617	2,631	1,242	2,665
P _K	0,814	0,815	0,973	1,880	2,039	1,296	3,446
P _L	0,573	0,560	0,695	1,416	1,495	0,951	2,610
P _M	0,675	0,710	0,870	1,665	1,865	1,313	4,079
P _N	0,876	0,933	1,120	2,257	2,365	1,755	1,859
P _O	0,532	0,550	0,684	1,404	1,488	1,018	2,955
P _P	0,971	1,076	1,271	2,544	2,610	1,826	4,189
P _Q	1,301	1,466	1,719	1,395	3,363	1,673	1,943
P _R	1,519	1,754	2,027	3,885	3,530	1,372	2,384
P _T	1,830	2,024	2,557	5,387	5,635	1,581	2,643
P _S	2,307	1,894	1,711	2,574	2,007	0,594	1,005
P _U	2,342	3,038	2,968	4,281	3,120	0,329	1,563
P _V	2,088	2,383	2,961	0,509	5,334	1,372	2,281
P _W	0,657	0,611	0,727	1,441	1,488	0,828	2,039

TABLEAU : VI. 13. a

HORIZON : 2014 à 2019 (t=5ans)

P \ F	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	F ₁₅
P _A	0,530	1,796	1,502	1,296	1,249	1,082	0,928
P _B	0,475	1,822	1,512	1,270	1,205	1,029	0,881
P _C	0,552	2,069	1,704	1,432	1,331	1,142	0,974
P _D	0,815	3,144	2,464	2,090	1,802	1,532	1,308
P _E	0,984	3,617	3,060	2,478	2,130	1,803	1,515
P _F	1,128	2,545	2,703	2,543	2,320	1,987	1,679
P _G	1,615	2,230	2,851	3,979	4,631	3,214	2,523
P _H	0,921	2,188	2,137	1,970	1,859	1,624	1,400
P _I	1,426	1,669	1,894	2,088	2,252	2,157	1,941
P _J	1,791	1,450	1,704	1,970	2,321	2,430	2,291
P _K	2,961	0,984	1,178	1,689	1,789	2,148	2,407
P _L	0,221	0,710	0,865	1,020	1,341	1,554	1,756
P _M	3,038	0,826	0,996	1,156	1,543	1,803	2,157
P _N	2,868	0,972	1,246	1,466	1,888	2,204	2,650
P _O	2,477	0,669	0,819	0,979	1,312	1,532	1,789
P _P	2,090	1,156	1,348	1,557	1,933	2,157	2,407
P _Q	1,569	1,507	1,717	1,878	2,176	2,185	2,157
P _R	1,296	1,719	1,894	1,960	2,095	1,987	1,866
P _T	1,448	2,177	2,569	2,800	2,901	2,535	2,204
P _S	0,602	1,960	1,717	1,478	1,371	1,192	1,014
P _U	0,876	2,366	2,177	1,894	1,789	1,565	1,380
P _V	1,291	2,490	2,834	2,834	2,677	2,281	1,972
P _W	1,634	0,784	0,929	0,209	1,355	1,499	1,585

TABLEAU: VI.13.b

HORIZON 2014 à 2019 (t=5 ans)

P \ F	F ₁₆	F ₁₇	F ₁₈	F ₁₉	F ₂₀	F ₂₁	Rabatt totaux, m
P _A	0,791	1,303	1,155	1,010	0,888	0,748	26,731
P _B	0,727	1,356	1,175	1,003	0,864	0,722	26,055
P _C	0,810	1,560	1,336	1,142	0,974	0,807	28,888
P _D	1,102	2,185	1,838	1,554	1,322	1,126	40,134
P _E	1,290	2,705	2,213	1,838	1,560	1,327	44,934
P _F	1,451	3,278	2,611	2,157	1,803	1,537	43,680
P _G	2,044	3,518	3,884	3,094	2,523	2,053	57,727
P _H	1,214	2,441	2,078	1,769	1,504	1,303	35,818
P _I	1,742	2,677	2,792	2,611	2,261	1,972	40,407
P _J	2,139	2,375	2,792	3,076	2,853	2,523	42,540
P _K	2,901	1,565	1,838	2,213	2,677	3,467	39,080
P _L	2,078	1,197	1,400	1,636	1,896	2,281	28,255
P _M	2,624	1,253	1,451	1,679	1,987	2,281	34,061
P _N	3,002	1,483	1,710	1,956	2,250	2,385	41,558
P _O	1,756	1,110	1,298	1,526	1,803	2,157	27,858
P _P	2,353	1,504	1,691	1,837	1,987	1,956	38,453
P _Q	1,910	1,703	1,803	1,837	1,824	1,659	38,785
P _R	1,617	1,742	1,768	1,704	1,617	1,446	39,181
P _T	1,830	2,353	2,353	2,184	1,487	1,703	50,701
P _S	0,861	1,703	1,461	1,244	1,062	0,897	28,662
P _U	1,163	1,782	1,623	1,435	1,284	1,098	38,073
P _V	1,611	2,375	2,271	2,036	1,809	1,554	50,922
P _W	1,710	1,294	1,491	1,691	1,838	2,027	25,804

TABLEAU : VI. 13.C

VI. 5.2. Etablissement des cartes d'iso-rabattement :

L'établissement des cartes d'iso-rabattement se fait par la méthode d'interpolation du triangle décrite précédemment (Chapitre III).

Ces cartes sont dressées à partir des résultats trouvés par le calcul des rabattements dans les piézomètres (voir tableau récapitulatif (VI. 5')).

INTERPRETATION DES CARTES D'ISO-RABATTEMENT.

Les cartes d'iso-rabattement montrent la zone influencée par les pompages simultanés dans les forages du champ de captage, ces cartes sont dressées pour différents horizons (1989 - 1994 , 1994 - 1999 , 1999 - 2004 , 2004 - 2009 , 2009 - 2014 , 2014 - 2019) - Une comparaison de ces cartes avec les cartes piézométriques indique que la pente hydraulique a augmenté vers les forages du champ de captage montrant, un écoulement radial autour des forages.

* Pour l'horizon 1989 - 1994, avant la réalisation des nouveaux forages $F_1 - F_2$, le rabattement maximal est de l'ordre de 38 m. Au niveau de $F_4 - F_5$, la forme générale des courbes d'iso-rabattement est elliptique allongée sur la même ligne des forages $F_3 - F_4 - F_5$ $F_7 - F_8$.

A une distance de 3 à 6 km du champ, le rabattement devient presque nul pour le piézomètre le plus éloigné P_w .

* Pour l'horizon 1994 - 1999 : on trouve deux zones concentriques de rabattement, l'une à l'Ouest entourant les forages $F_2 - F_5$ et l'autre entourant les forages $F_7 - F_8$. Cette séparation entre

les deux zones de grand rabattement est peut être due à la distance considérable entre les forages $F_5 - F_7$.

A l'extrême, le rabattement dans le piézomètre est de l'ordre de 8 m.

* Pour l'horizon 1999 - 2004, le forage F_9 n'a pas tellement modifié l'allure des courbes d'iso-rabattement, il y a un allongement des courbes vers l'Est dans le sens (direction) du forage F_9 .

Le rabattement au niveau du piézomètre P_W augmente d'un mètre.

* L'horizon 2004 - 2009, pour cet horizon 4 forages devraient être réalisés ($F_{10} - F_{11} - F_{12} - F_{13}$).

La carte d'iso-rabattement indique une extension dans tous les sens. Le rabattement au niveau du piézomètre P_W a augmenté de 5 m et l'espacement entre les courbes d'iso-rabattement rapproché pour l'horizon 2004 est devenu plus écarté même au niveau des piézomètres P_I et P_J ; cela indique que la zone d'influence se trouve plus loin que les piézomètres extrêmes considérés.

* Pour l'horizon 2009 - 2014, la même allure est obtenue et le rabattement dans les extrémités est augmenté de 3 m.

* Pour le dernier horizon 2014 - 2019, six forages devraient être réalisés au Sud de la ligne des premiers forages construits. L'influence de ces derniers indique une grande variation de l'allure des courbes dans le sens N.O - S.E.

Le rabattement au niveau du piézomètre extrême P_W est augmenté de 10m durant cinq ans de pompage, ceci indique un abaissement rapide de la nappe.

VI. 6 - PROGRAMME DE REALISATION DES FORAGES.

Selon l'expérience des travaux de forage effectuée dans région, on donne le programme général pour la réalisation des forages.

La profondeur totale serait de 312 m avec un tube de décentration dans les derniers 12 mètres.

On propose de forer un forage de reconnaissance en 8"½ sur lequel des études de diagraphies géophysique, lithologique, granulométrique seront réalisées.

Sur la base des résultats de ces études, on propose le programme d'exécution suivant :

Réalisation en 19"½ jusqu'à 105 m de profondeur pour l'emplacement de la pompe avec équipement en tubes pleins en \emptyset 13'3/8 (jusqu'à 105_m), dans la partie de captage en crépines et tubes pleins en \emptyset 9"5/8.

- Pose d'un massif de graviers silicieux roulés.

- CONCLUSION -

Notre étude englobe tous les points touchant à l'étude de captage des eaux, calcul de la réserve, comportement des forages et l'exploitation de la nappe.

Les ressources de notre aquifère étant limitées jusqu'à l'année 2014, le problème d'eau restera toujours posé. En effet, il est nécessaire de chercher des ressources additionnelles pour couvrir les besoins en eau potable de ces deux agglomérations après cet horizon. Pour cela, une étude d'évaluation des ressources de l'aquifère Barremien doit être effectuée.

A ce propos, il faut réaliser des forages d'essais captant ces formations pour tester la potentialité et la qualité des eaux de cet aquifère.

Enfin, nous espérons avoir participé, par le biais de ce projet, à la résolution d'un problème pratique d'hydraulique souterraine.

--- BIBLIOGRAPHIE ---

-----000000-----

- 1 - A - N - A - T , 1987 . - Plan d'aménagement de la Wilaya de Médéa (rapport d'orientation) .
210 p (pub . Intrene) .
- 2 - ARLAB , 1985 . - Modèle mathématique de la nappe rapport 2 et 3^{ème} phase d'Aïn oussera .
France 68 p . (pub Arlab) . Annexes .
- 3 - AYAD (A) , 1983 . - Etude hydrogéologique de la plaine de Aïn oussera . INRH , N 83-011
48 p . (pub Interne) . Annexes .
- 4 - AYAD (A) , 1984 . - Note sur les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe albiennaise de Aïn oussera . INRH , N 84-018 ,
22 p . (pub Interne) . Annexes .
- 5 - AYAD (A) , 1984 . - Projet de champ de captage pour la nouvelle ville . INRH , N 84-032 ,
23 p . (pub Interne) . Annexes .
- 6 - CARLIER (M) . - Hydraulique générale et appliquée .
Eyrolles , 1980 .
- 7 - CASTANY (G) . - Principes et méthodes de l'hydrogéologie
Dunod , 1982 .
- 8 - CASTANY (G) . - Prospection et exploitation des eaux souterraines . Dunod , 1968 .
- 9 - SCHNEEBELI (G.) - Hydraulique souterraine . Eyrolles , 1978 .

ETUDE D'IMPLANTATION D'UN CHAMP DE CAPTAGE
DE LA PLANE DE AN DOUSSERA (VIETNAM SA)



CARTE PIÉZOMETRIQUE MAI 1986

- FORAGE DE RECONSTITUTION
- FORAGE
- M/ST NIVEAU COURANT DE L'EAU / COTE PIÉZOMETRIQUE
- COURSE ISOPYCNE
- AXE D'EGALISATION
- AXE DE DRAINAGE

Coordonnées par: M. LAURENT
M. LAURENT
M. LAURENT
M. LAURENT

ÉCHELLE: 1:20000

PL 1

PB 003 87

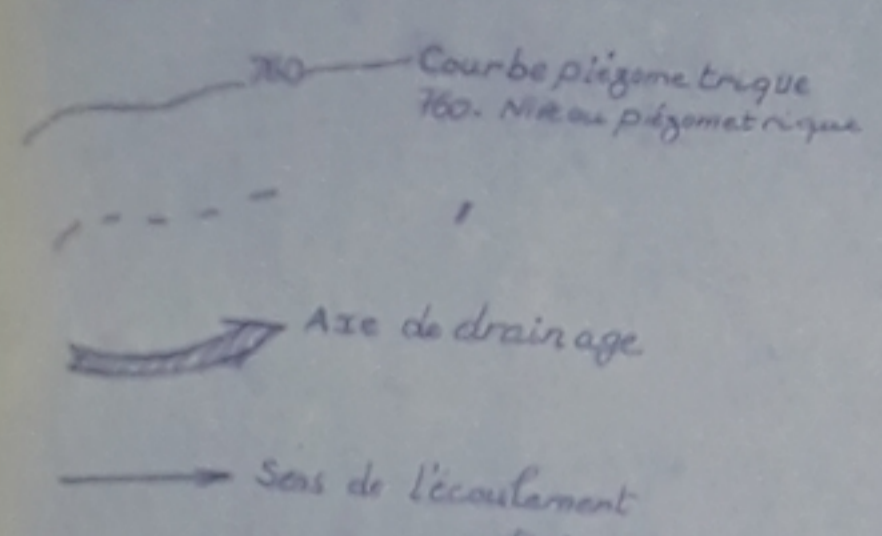
-1-



ETUDE
D'IMPLANTATION
D'UN CHAMP DE
CAPTAGE



DANS LA PLAINE
D'AINOUSSERA



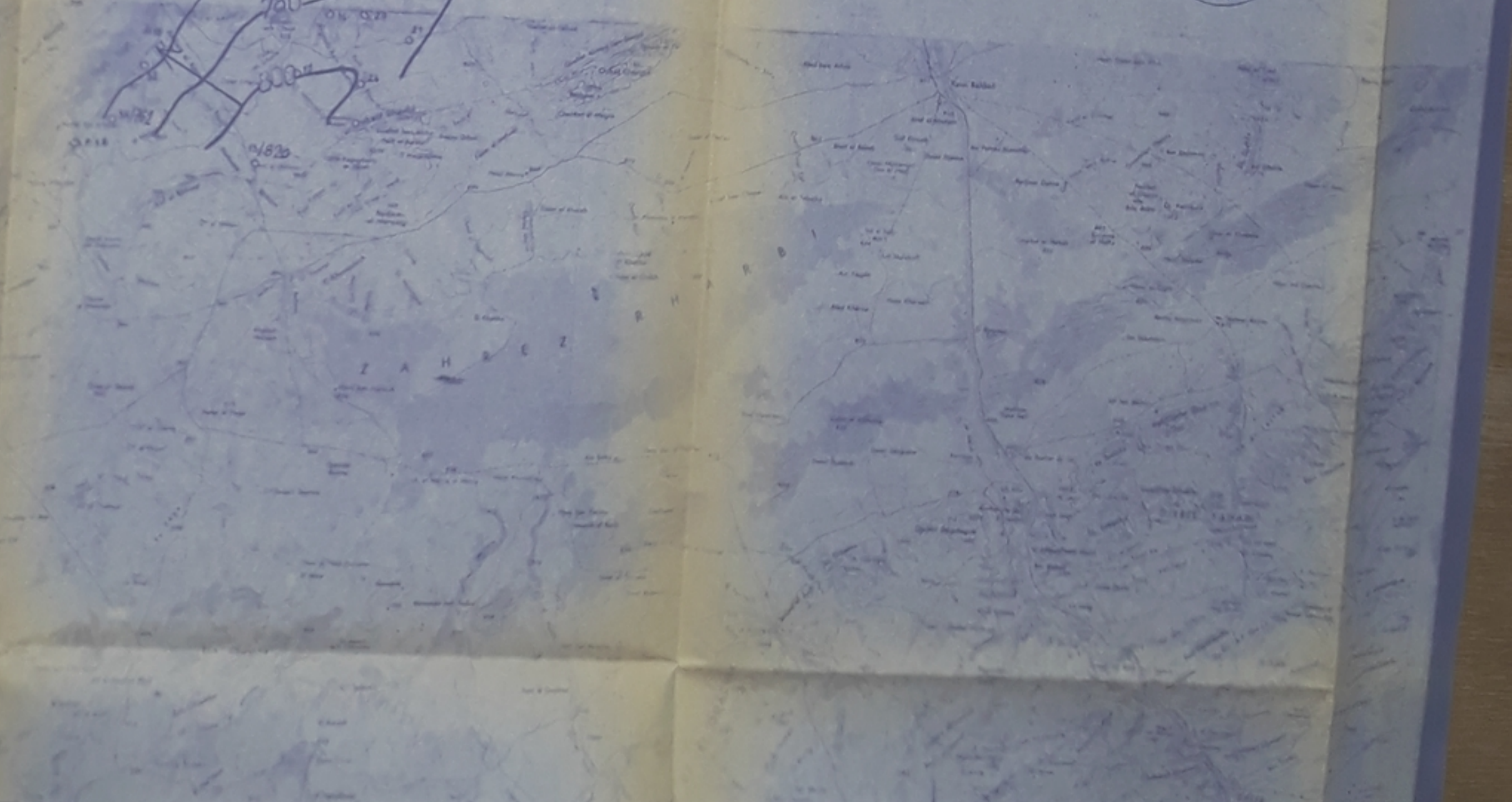
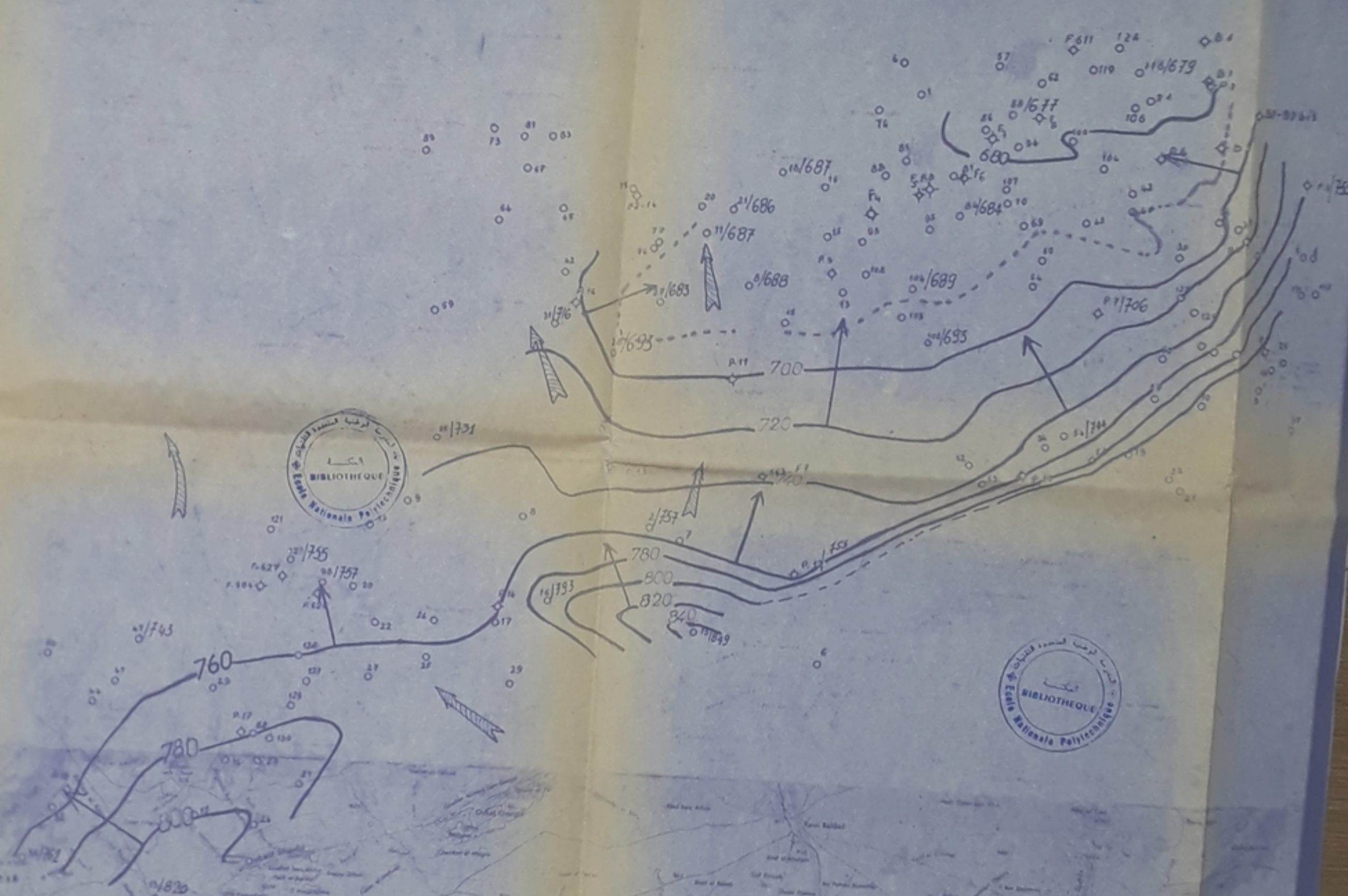
Relevé Décembre 1986

Dressé par
M. LAHRECHA
M. MOKHTARIA
Contrôlé par M. MAUCERRAHIM

PL2

PB 00377

- 2 -



ETUDE D'IMPLANTATION D'UN CHAMP DE CAPTAGE DE LA PLAINE DE AIN-OUSSERA (W DJELFA)



○ Forage ou Puits

PS/210 Numéro du plan de l'Etat

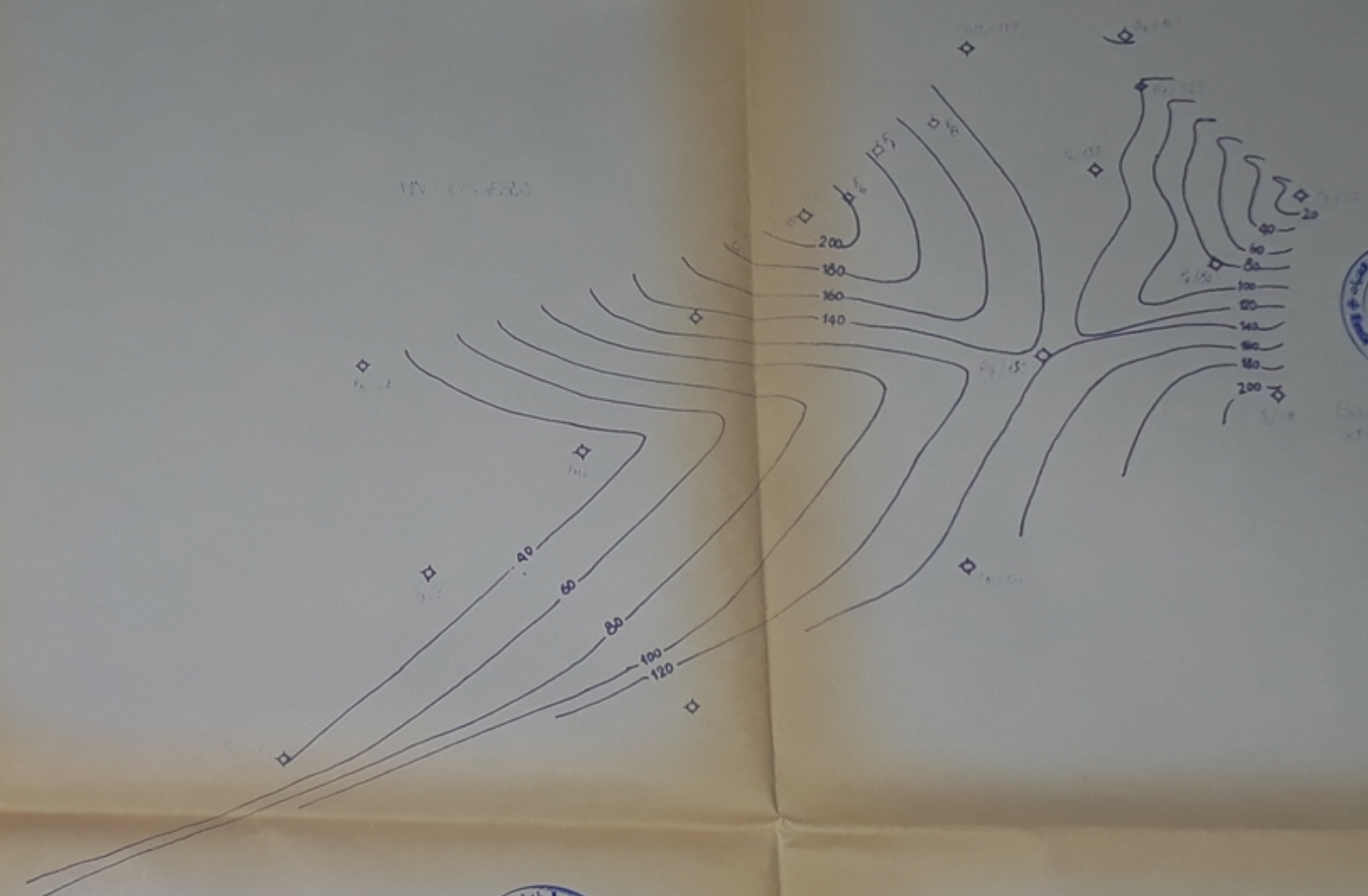
-120- Niveau (mètres)

PROF. DR. M. EL ALAMI
M. EL ALAMI
M. EL ALAMI

Travaux par
M. EL ALAMI
M. EL ALAMI

ÉCHELLE 1:50000 PL4

PB00889
-4-



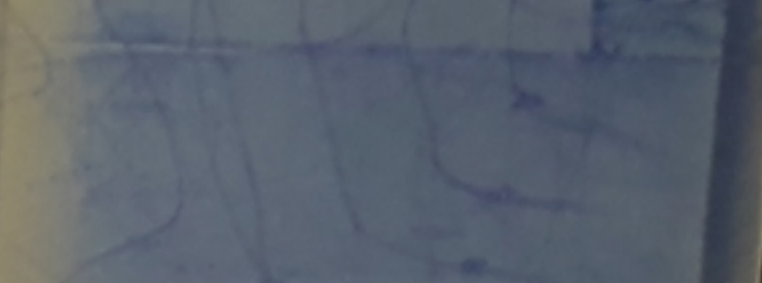
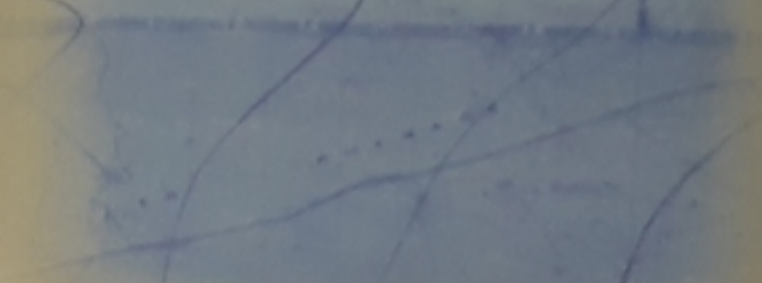
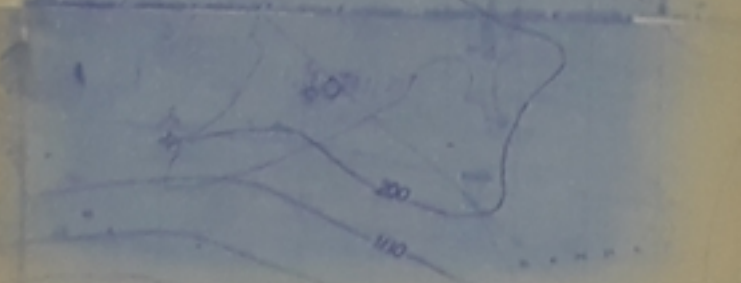
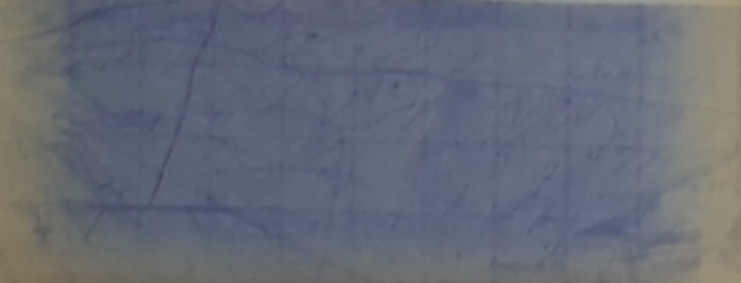
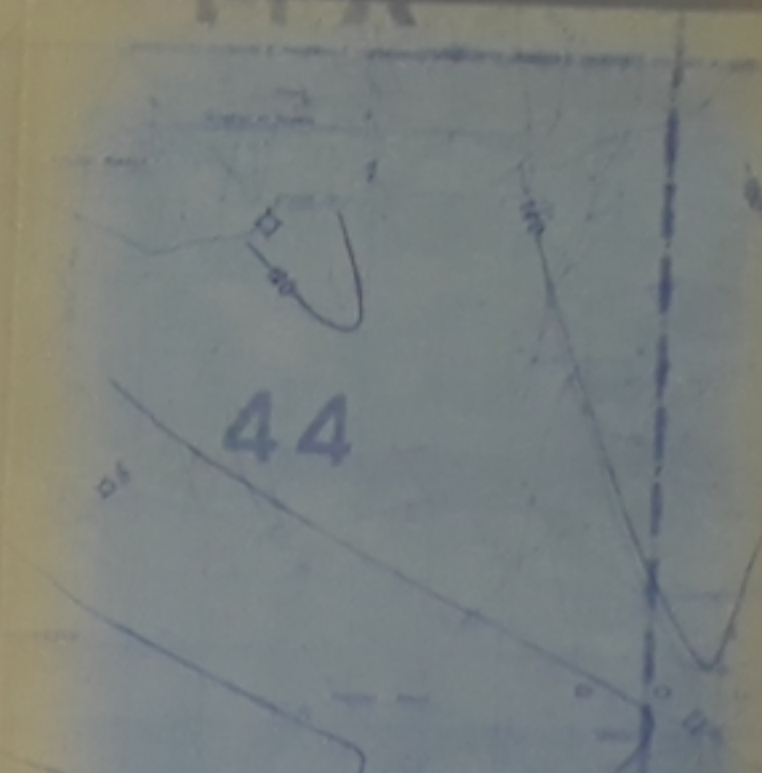
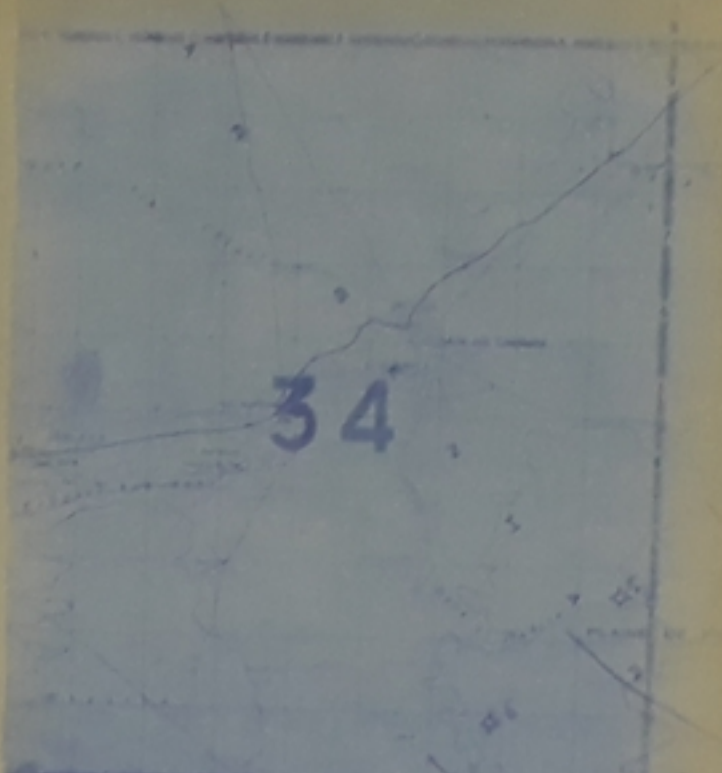


DATE: 1958-1959

0 Centre de l'habitat
1/200000 Echelle de la carte
100 Mètres

Pb 373

PL 5



ETUDE D'IMPLANTATION
 D'UN CHAMP
 DE CAPTAGE
 DANS LA PLAINE
 D'AINOUSSERA
 W-DJELFA



CARTE DE TRANSMISSIVITE

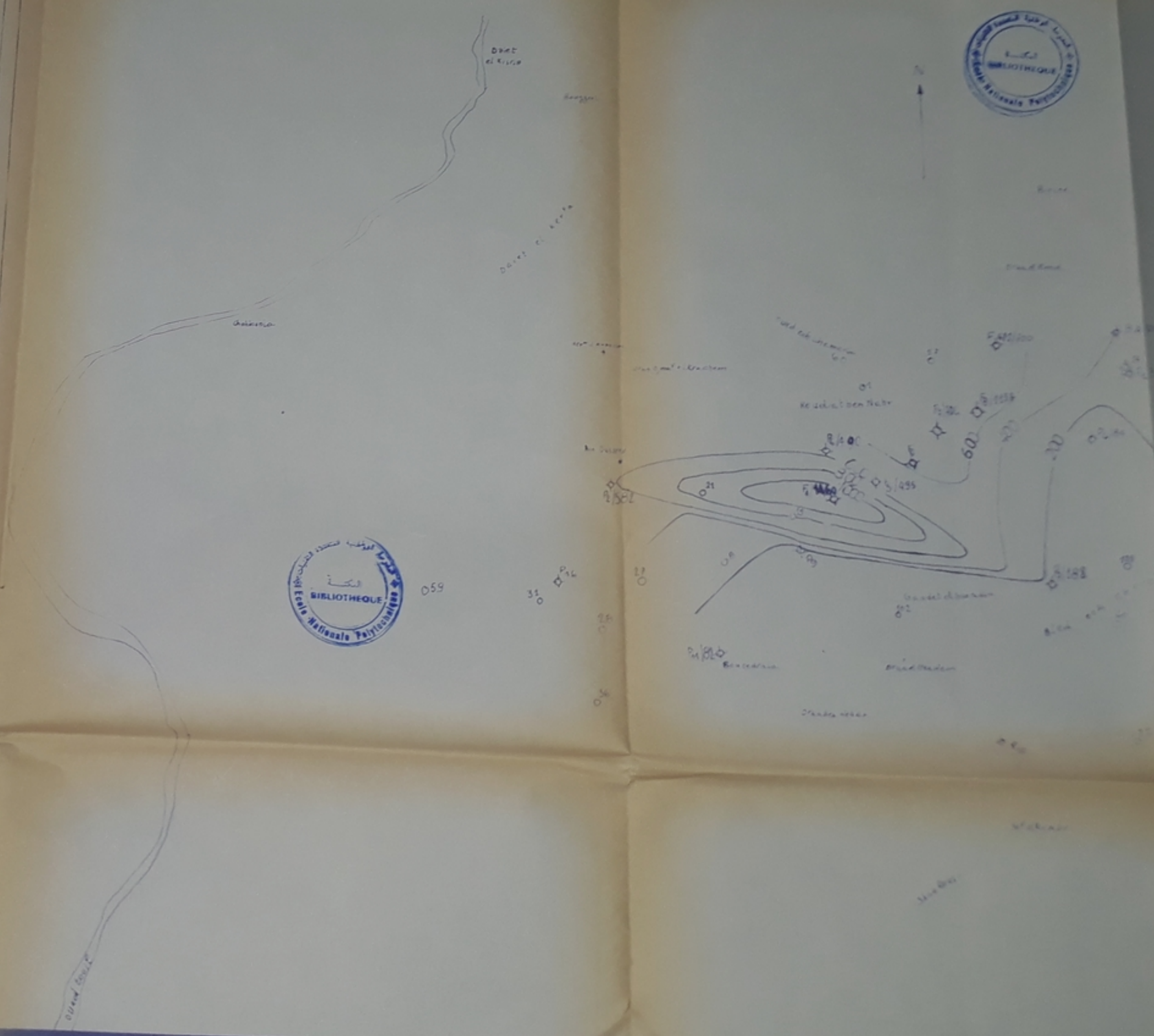
Forage et Piézometre
 Fuit
 1200 Courbe d'iso-T
 $FS / 495.10^{5/4}$ Forage N°5 / Transmissivité
 Contrôlée Par
 M. PPALEKI
 M. ABDRAHIM D
 Echelle : 1/200.000^e

Dressée Par
 M. MOKHTARI . A
 M. LAHRECH . A

PL 6

PB00889

-06-



ETUDE D'IMPLANTATION D'UN CHAMP DE CAPTAGE DE LA PLAINE

DE AIN-OUSSERA (W. DJELFA)

Legend and scale information:

- (with dot) : Point de captage
- (empty) : Point de mesure
- : Contour
- : Route
- : Canal
- : Rivière
- : Frontière

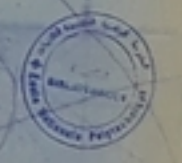
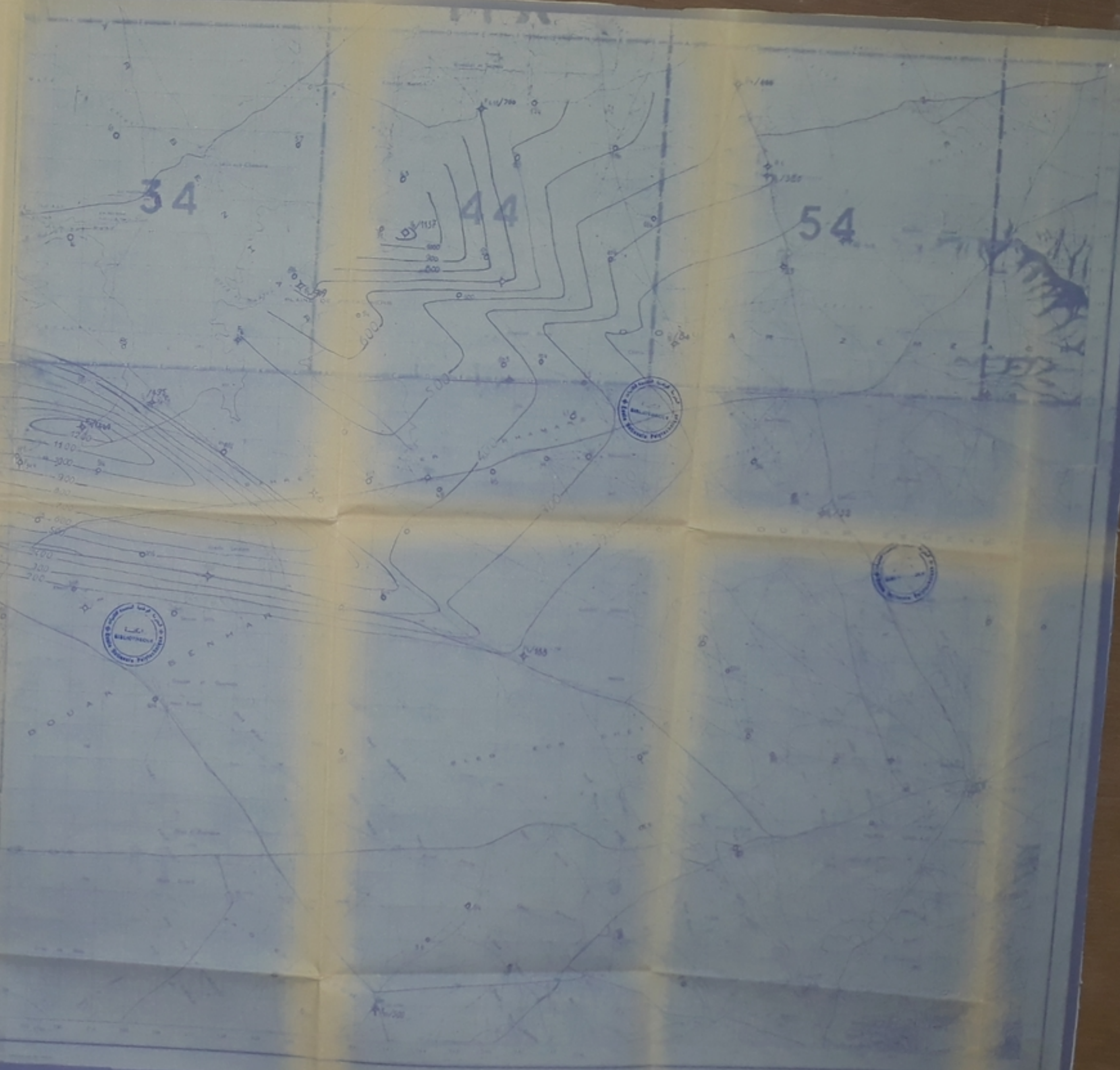
Scale: 1:50,000

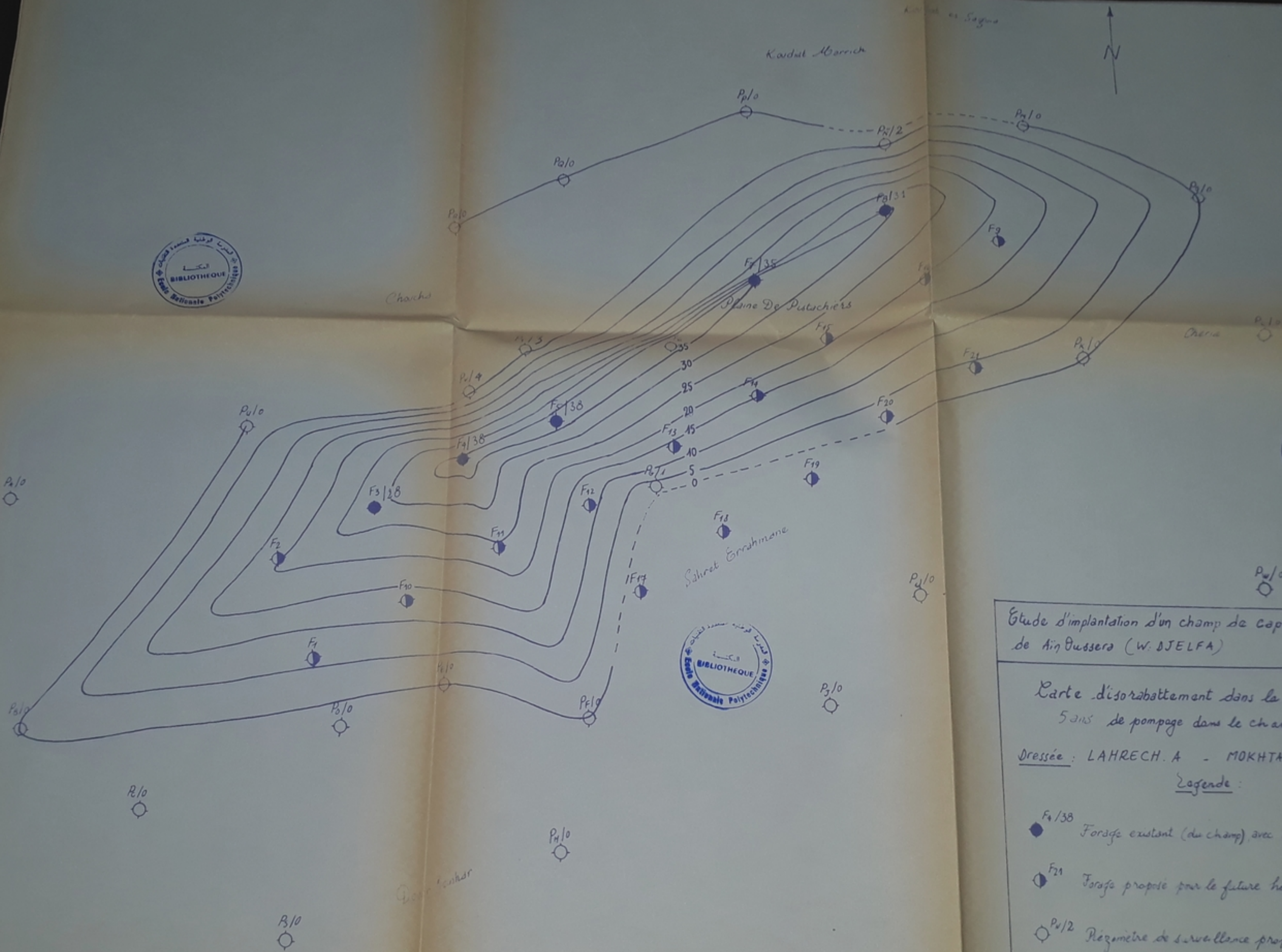


Contrôle Par
M. ABDELHAKIM D.
M. UPPALARI

PB 00393
-07-
PL 7

Dressée Par M. MOKHTARI A.
M. LAHRECH A.





PB 00789

- 08 -

Étude d'implantation d'un champ de captage dans la plaine de Ain Dussera (W. DJELFA)

Carte d'isobattelement dans la région après 5ans de pompage dans le champ de Captage

Dressée : LAHRECH. A - MOKHTARI. A

Legende :

- F_{4/38} Forage existant (du champ) avec son rabattement
- ◐ F₂₁ Forage proposé pour le future horizon.
- P_{1/2} Rézeimère de surveillance proposé, avec son rabattement.
- 25- Courbe d'isobattelement, en m

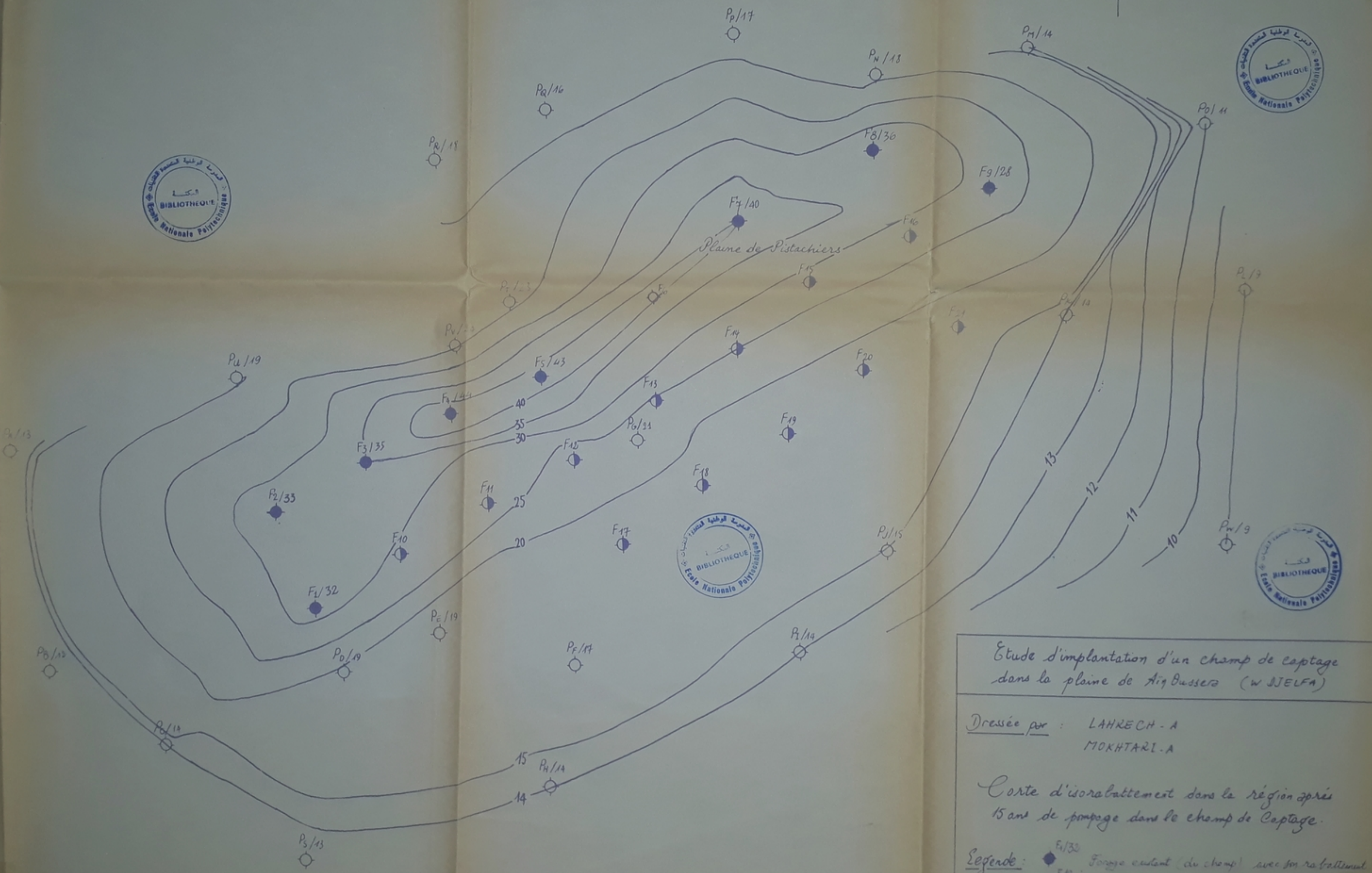
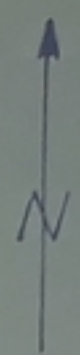
Echelle 1:150.000°

PL8



ETUDE D'IMPLANTATION D'UN
 CHAMP DE CAPTAGE DANS
 LA PLAINE D'AIN OUSSERA
 CARTE DISO-RABATTEMENT
 Après 10 ans de pompage dans Le champ de captage
 (1994-1999)
 ● F_{5/42} - Forage existant avec 4.2m de rabattement
 ○ P_{1/13} - Piézomètre de surveillance proposé avec 15m de rabattement
 ● F₉ - Forage proposé pour le futur horizon
 — 15 — - Courbe d'iso-rabattement
 Dressée Par:
 M. MOKHTAR
 M. LAHRECH
 PL 9 ECHELLE 1/50000

PB 00889
 - 09 -



Étude d'implantation d'un champ de captage dans la plaine de Aïy Bussers (w DJELFA)

Dressée par : LAHRECH - A
MOKHTARI - A

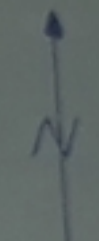
Carte d'isobatteement dans la région après 15 ans de pompage dans le champ de Captage.

- Legende:
- ◆ F1/30 Forage existant (du champ) avec son rabattement
 - ◇ F10 Forage propose pour le future horizon
 - P1/13 Piezometre de surveillance propose avec son rabattement
 - ~ 15~ Courbe d'isobatteement en m

Echelle 1/50 000

Koudiat Morrèch

Koudiat es Sagua



P/19

P/19

P/19

P/10

P/20

P/27

P/28

P/10

P/25

P/27

P/31

P/23

P/25

P/27

P/27

P/22

P/22

P/16

P/15

P/13

P/20

P/22

DOUAR BENHAR

chouch

F₅/44

F₁₁/46

F₅/46

F₂₀/46

F₂/42

F₂/43

F₇/46

F₁₁/46

F₁₆/46

F₁₄/46

F₁₂/46

F₅/46

F₁₃/44

F₁/44

F₁/44

F₁/44

F₁/44

F₁/44

F₁/44

F₁/44

F₁/44

F₁/44

F₁/44

F₁/44

F₁/44

SAHRET
ERRAMANE

45 plaine de patachies

50

45

40

35

30

25

20

ETUDE D'IMPLANTATION D'UN CHAMP DE CAPTAGE DANS LA PLAINE DAINOUSSERA
CARTE D'ISO-RABATTEMENT

- Après 20 ans de pompage dans le champ de captage
- ◆ F₁₃/44 Forage existant avec 24m de rabattement
- ◇ P/20 Piezometre de surveillance avec 24m de rabattement
- ◆ F₅ Forage proposé pour le futur horizon
- 45 — Courbe iso-rabattement

Dressée Par
M. MOKHTARI
M. LAHRECH

ECHELLE 1/50.000

PL



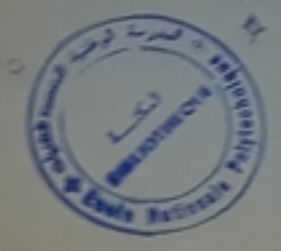
ETUDE D'IMPLANTATION D'UN
 CHAMP DE CAPTAGE DANS LA
 PLAINE D'AINOUSSERA
 CARTE D'ISO-RABATTEMENT

Après 25 ans de pompage dans le champ de captage

- ◆ F₁₀/49 Forage existant avec 49 m de rabattement
- P_N/29 Périmètre de surveillance avec 29 m de rabattement
- F₂₆ Forage proposé pour le futur marson
- 40 — Courbe d'iso-rabattement

ETUDIÉE PAR
 M. MOKHTARIA
 M. LAHRECH A

ECHELLE 1/50.000





Koudiat es Sagua
Koudiat Mouch
N



Étude d'implantation d'un champ de captage dans la plaine de Ain Bussers (W. DJELFA)

Dressée par: LAHRECH.A - MOKHTARI.A
Carte d'isobattement dans la région après 30 ans de pompage dans le champ de captage.

- Legende:
- F2/57 Forage existant (de champ), avec son rabattement
 - Pa/44 Puits de surveillance propre, avec son rabattement
 - 55 — Courbe d'isobattement, en m

