

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE DE SAAD DAHLEB

Faculté de technologie

Département de science de l'eau et environnement



Mémoire de Master

Spécialité : Ressource Hydraulique

Thème :

Suivi hydrogéologique de l'exécution des opérations du forage F23 (Meftah la plaine de la Mitidja).

Présenté par :

Khoumri Mohamed Lamine.

Sahi Ahlem.

Devant le jury de :

M.B Remini	Professeur,U.de Blida	Président.
Mme.S Bouzouidja	Professeur,U.de Blida	Examinatrice.
M.M.R Khouli	Professeur,U.de Blida	Promoteur.
M.Bachir	Ingénieur,DRE.de Blida	Copromoteur.

Promotion :2019-2020.

Remerciement

Au terme de ce travail, je saisis cette occasion pour exprimer mon vif remerciement à toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Je gratifie avant tout, mon promoteur Khouli Rida et mon Co promoteur Mr. Bachir de DRE et le chef de service de DRE de forage qui m'ont non seulement aidé, encouragés, orientés mais qui m'ont donné de précieux conseils pour réaliser ma recherche.

*Aussi, j'adresse de très sincères remerciements à l'ensemble de l'administration du département de l'hydraulique de l'université Saad Dahleb qui nous a apportés l'aide et les moyens de travailler.
Enfin j'adresse de spéciaux remerciements à l'ensemble des enseignants du département d'hydraulique qui nous ont suivis et formés tout au long de notre cursus universitaire.*

Dédicaces

Je dédie, tout d'abord, ce modeste travail de recherche à ma famille. A mon père Hocine qui a toujours été là pour me soutenir moralement ,ma mère qui ma conseillée ,orientée,et qui a toujours cru en moi, mes chers parents les mots me manquent pour vous qualifier, je vous demande pardon et vos bénédictions nuits et jours , je ne saurais jamais vous remercier assez seul Dieu peut vous gratifier de tout ce que vous avez fait pour moi. Que Dieu le tout puissant vous accorde longue vie, bonne santé et bonheur.

Khoumri Mohamed Lamine.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire

A mes chers parents. Abdelkader, Hafida, Zahra, Sahraoui, pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.

A mes frères Oussama et Sidahmed.

A mes sœurs Amina, Nadjwa et Israa.

A mon Binôme Med Lamine d'avoir accepté de travailler avec moi, et pour son encouragement, détermination et patience ainsi que sa famille.

A mon cher Abdelbaki.

A mes amies Linda, Sarah, Imane, Chaima, Zahra, Fares .

A tous mes enseignants de tous les cycles d'étude.

Sahi Ahlem

ملخص

هذه المذكرة المعنونة "متابعة هيدروولوجية لتنفيذ عمليات الحفر منقب رقم 23 (مفتاح.متيجة)".
تتمحور على تعيين منقب في منطقة مفتاح مناجل تعزيز وتغطية احتياجات مياه الشرب لسواكرية.
الدراسة تركز على معطيات جيولوجية هيد و جيولوجية ومقاطع جيوفيزيائية منجزة على مستوى سهل متيجة من
طرف (C.G.G,1967).

و أيضا مقطع هيدروولوجي منجز من طرفنا.
انجاز هذا المنقب تم على عدة مراحل (حفر منقب استكشافي.توسعة المنقب.تجارب الضخ و تجهيز المنقب).
الكلمات المفتاحية هيدروجيولوجيا.تعيين منقب.المياه الجوفية.سهل متيجة.

Résumé :

Notre mémoire intitulé « **Suivi hydrogéologique de l'exécution des opérations du forage F23 (Meftah Plaine De Mitidja)** » est axé sur l'implantation d'un forage à **Meftah** dans le but de renforcer et combler le déficit en eau potable du **Souakria**.

L'étude est basée sur des données géologiques, hydrogéologiques et des coupes géophysiques existantes dans la plaine de la Mitidja (C.G.G, 1967) ainsi qu'une coupe hydrogéologique prévisionnelle établie par nos soins.

La réalisation de notre forage a été élaborée par plusieurs étapes de fonçage (Forage de reconnaissance, l'alésage, essais de pompage et équipements).

Mots clés : Hydrogéologique, Implantation d'un forage, Eaux Souterraines, Plaine de Mitidja.

Abstract:

Our thesis entitled « **Hydrogeological monitoring of the execution of drilling operations F23(Meftah Plain of Mitidja)** » focuses on the implantation of a drilling in **Meftah** in order supply the drinking deficit of water to **Souakria**

The study is based on geological, hydrogeological and geophysical existing crosses established in Mitidja plain by general geophysical company (C.G.G 1967) , and the hydro- geological cross established by us .

The realization of drilling was developed at sveral steps (drilling recognition, aleasage, pumping tests and equipment).

Keywords: Hydrogeology, Implantation of a drilling, groundwater, the mitidja plain.

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES PHOTOS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES

ABREVIATIONSRESUME

Introduction Général.....	01
Chapitre I : PRESENTATION DE LA ZONE DES ETUDES	
I.1 Introduction	02
I.2 Situation Géographique et Présentation De La Plaine De La Mitidja	03
I.2.1 Le Sahel	03
I.2.2 La Plaine De La Mitidja	03
I.3 Le Réseau Hydrographique.....	05
I.4 Situation Géographique De La Ville De Meftah	06
I.5 Aperçu Géomorphologique	06
I.5.1 Introduction	06
I.5.2 Analyse des paramètres physiques et morphologiques du bassin versant de l'oued el Harach	06
I.5.2.1 Relief.....	06
I.5.2.2 Caractéristiques de forme du bassin versant.....	07
I.5.2.3 Rectangle équivalent	07
I.5.2.4 conclusion.....	08
I.6 Aperçu Hydro-Climatique.....	08
I.6.1 Introduction	08
I.6.2 les paramètres climatologiques	09
I.6.2.1 précipitation.....	10
I.6.2.2 précipitations moyennes mensuelles	10
I.6.2.3 précipitations moyennes annuelles	11
I.6.2.4 Température	11

– Remarque	11
I.7 Aperçu Géologique.....	11
I.7.1 Introduction	11
I.7.2 Aperçu litho stratigraphique.....	12
I.7.2.1 Le quaternaire	12
I.7.2.1.1 Rharbien.....	12
I.7.2.1.2 Le tyrrhénien (formatuion de la Mitidja	12
I.7.2.1.3 Le villafranchien (formation d’El Harrach).....	13
I.7.2.2 Le tertiaire	14
I.7.2.2.1 Le pliocène superieur (astien)	14
I.7.2.2.2 Le pliocère inferieur (plais ancien).....	14
I.7.2.2.3 Le miocène	14
I.7.2.2.4 L’oligocène	14
I.7.2.3 Le secondaire	14
I.7.2.3.1 Le crétacé supérieur.....	14
I.7.2.3.2 Le crétacé moyen.....	15
I.7.2.3.3 Le crétacé inferieur	15
I.7.2.4 Le primaire	15
I.7.2.4.1 Les roches sédimentaires	15
I.7.2.4.2 Les roches métamorphiques.....	15
I.7.2.4.3 Les roches éruptives	15
I.7.2.5 La tectonique	15
I.7.2.5.1 La bordure Nord	15

I.7.2.5.2 La bordure Sud	15
I.7.2.6 L'exploitation des données géophysiques existantes	16
I.7.2.7 Conclusion.....	16
I.8 Aperçu Hydrogéologique.....	16
I.8.1 Introduction	17
I.8.2 Identification des aquifères	17
I.8.2.1 L'aquifère de L'Astien.....	17
I.8.2.2 L'aquifère des alluvions du quaternaire	18
I.8.2.3 Mécanismes d'alimentation et d'écoulement des eaux souterraines	18
I.8.2.3.1 L'aquifère l'Astien	18
I.8.2.3.2 La nappe alluviale du quaternaire.....	18
I.9 Paramètres Hydrodynamique.....	18
I.9.1 La transmissivité	18
I.9.2 Le coefficient d'emménagement.....	18
I.9.3 La piézométrie	19
I.9.3.1 Analyse piézométrique.....	19
I.9.3.2 Interprétation de la carte piézométrique des basses eaux (Avril 2015)	19
I.10 Conclusion.....	20
CHAPITRE II DESCRIPTION DE LA MACHINE DE FORATION	
II.1 Introduction	21
II.2 Appareil de forage rotary et accessoires.....	21
II.2.1 Avantages	21
II.2.2 Inconvénients	21

II.3 Description de la machine	21
II.3.1 Foreuse à table de rotation	24
II.3.2 Foreuse à tête de rotation	24
II.4 Les organes de la machines	24
II.4.1 Le mât	24
II.4.2 Moufle fixe	25
II.4.3 Moufle mobile	25
II.4.4 Tête d'injection	26
II.4.5 Table de rotation	26
II.4.6 Pompes à boue	27
II.4.6.1 Caractéristique d'une pompe	28
II.4.7 Treuil	28
II.4.8 Mouflage	29
II.4.9 Câble de forage	29
II.4.10 Train de sonde	29
II.4.10.1 La tige d'entraînement (Kelly)	29
II.4.10.2 Les tiges (Drill Pipes)	29
II.4.10.3 Les masses des tiges (Drill Collas)	30
II.5 Les outils de forage	31
II.5.1 Couronnes	31
II.5.2 Forages au diamant (diamant synthétique poly cristallin)	31
II.5.3 Tricônes	31
II.5.4 Trillâmes	31

II.5.5 Marteaux fond de trou (MFT).....	32
---	----

CHAPITRE III DESCRIPTION DES TRAVEAUX DE FORATION

III.1 Introduction.....	33
III.2 Déroulement des travaux de foration.....	33
III.3 Techniques et matériel de foration	33
III.3.1 Technique de foration	33
III.3.2 Logistique du chantier	34
III.3.2.1 Les moyens humains	34
III.3.2.2 Les moyens matériels	34
III.3.2.3 Stocks des matériaux	34
III.3.2.4 Organisation du chantier.....	34
III.4 La préparation des bassins à boue.....	35
III.4.1 Caractéristiques géométriques des bassins.....	35
III.4.2 Caractéristiques de la boue utilisée	37
III.4.3 Le rôle de la boue	38
III.5 L'opération de creusement.....	39
III.5.1 Tube guide	39
III.5.2 Forage de reconnaissance	39
III.5.3 Prélèvement des échantillons	40
III.5.4 Reconnaissance géophysique par Diagraphie F23	40
III.5.4.1 Enregistrement et interprétation des diagraphies	41
III.5.5 Alésage et Réalésage.....	46
III.6 Mise en place du tubage.....	46

III.6.1 Diamètre du tubage.....	47
III.6.2 La résistance des tubes	47
III.7 Calcul de la pression hydrostatique	48
III.8 Equipement de la colonne de captage.....	49
III.8.1 Les crépines	49
III.8.2 Longueur et position des crépines	49
III.8.3 Ouvertures des crépines	49
III.8.4 Programmes de tubage	49
III.9 Massif filtrant	51
III.9.1 Rôle et mode d'action	52
III.9.2 Volume de gravier	52
III.10 Développement mécanique.....	52
III.10.1 Mode Opératoire	53
III.10.1.1 La méthode à forage ouvert	53
III.11 Développement chimique (traitement à l'héxamétaphosphate)	55
III.12 conclusion.....	55

CHAPITRE VI : LES ESSAIS DE POMPAGES

VI.1 Introduction	57
VI.2 Organisation des essais de pompage.....	57
VI.2.1 Moyens et Matériels	57
VI.2.1.1 Observation de niveau d'eau	57
VI.2.1.1.1 Sonde piézométrique manuelle	57
VI.2.1.2 Observation des débits de pompage	58

VI.2.1.2.1 Débitmètre.....	58
VI.2.1.2.2 Compteur analogique d'eau	59
VI.2.1.2.3 Conduit d'évacuation	59
VI.3 Les essais de pompage.....	60
VI.3.1 Les pompages par paliers des débits ou essai de puits.....	60
VI.3.2 Les pompages de longue durée ou essai de nappe	60
VI.4 Les essais de débit.....	60
VI.5 Calcul des pertes des charges	61
VI.6 Essais de longue durée	63
VI.7 Calcul des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère	66
VI.7.1 La descente.....	66
VI.7.2 La montée.....	66
VI.7.3 Conductivité Hydraulique K.....	66
Conclusion Générale.....	68

Liste des figures :

Figure I.1 Présentation de la plaine de la Mitidja	02
Figure I.2 carte des sous bassins versant de la plaine de Mitidja	04
Figure I.3 Localisation du champ captant du forage projeté	05
Figure I.4 Carte de localisation des stations pluviométriques	08
Figure I.5 Variation des précipitations moyennes mensuelles pour la période	09
Figure I.6 Variation des Température à la station de Dar El Beida	11
Figure I.7 Carte géologique de la plaine de la Mitidja	12
Figure I.8 Coupe interprétative transversale de la Mitidja dans le bassin de Mazafran.....	16
Figure I.9 Carte piézométrique de la nappe de la Mitidja.....	19
Figure II. les composants d'un appareil de forage rotary.....	23
Figure II. Schéma montrant les organes de la machine.....	.24
Figure II. Coupe technique transversale de la circulation de la boue.....	37
Figure II. Diagramme de polarisation spontanée et de résistivité électriques PN 16" GN64".....	45
Figure II. courbe de tubage de notre forage F23	50
Figure II. Coupe technique transversale de notre forage.....	.53
Figure II. Coupe technique longitudinale de l'opération de développement a l'air lift (l'opération de barbotage).....	55
Figure IV Courbe caractéristique du forage suivi.....	63
Figure IV Droite débit en fonction du rabattement spécifique du forage suivi.....	64
Figure IV Droite représentative de la descente du forage.....	66
Figure IV Droite représentative de la remontée du forage suivi.....	66

Liste des photos :

Photo II.3	Photo de mât.....	25
Photo II.4	Photo de Moufle fixe.....	26
Photo II.5	Photo de Moufle mobile.....	26
Photo II.6	Photo de Tête d'injection.....	27
Photo II.7	Photo de Table de rotation.....	28
Photo II.8	Photo de Pompe a boue.....	28
Photo II.9	Photo de treuil.....	29
Photo II.10	Photo de tige d'entraînement.....	30
Photo II.11	Photo de tiges forage.....	31
Photo II.12	Photo de masses tige.....	32
Photo II.13	Photos des outils avec déferent diamètre.....	32
Photo III.1	Photo de la machine de foration.....	36
Photo III.2	Photo du bassin à boue.....	37
Photo III.4	Photo de la poudre de bentonite.....	39
Photo III.5	Illustration de l'opération de creusement.....	40
Photo III.6	Cuttings conditionnés dans des sachets étanches.....	41
Photo III.7	Illustrations des équipements employés pour réaliser une diagraphie...	42
Photo III.8	Différents diamètres des outils de foration.....	46
Photo III.9	Photo mise en place du tubage.....	47
Photo III.10	les différents tubes pour le tubage de forage.....	49
Photo III.11	Gravier additionnel du massif filtrant.....	52
Photo III.12	Mise en place du massif filtrant	52
Photo III.13	Coupe technique transversale de notre forage	53
Photo III.14	Photo d'un compresseur de 16 bars.....	55
Photo III.16	L'examétaphosphate	56
Photo IV.1	Sonde piézométrique manuelle.....	59
Photo IV.2	Débitmètre.....	59
Photo IV.3	Compteur analogique.....	60
Photo IV.4	Conduite d'évacuation.....	60
Photo IV.5	Compresseur pneumatique.....	60
Photo IV.14	Photo montrant le déroulement des essais des pompages au niveau du forage	68

Liste des tableaux :

Tableau I.1	les caractéristiques morphologiques des sous-bassins versant.....	03
Tableau I.2	Caractéristiques de la forme du BV.....	07
Tableau I.3	Caractéristiques des stations pluviométriques.....	08
Tableau I.4	Précipitations moyennes mensuelles (1980-2017).....	09
Tableau I.5	Précipitations interannuelle moyennes des précipitations (1980-2017).....	10
Tableau I.6	Température moyenne, maximale et minimale à la station de Dar El Beida(1980-2010).....	10
Tableau I.7	litho stratigraphique de la plaine de la Mitidja (Quaternaire).....	13
Tableau I.8	Coefficients d'emménagement S rapportés par McDonald	18
Tableau III.1	Résultats des sondages électriques	46
Tableau III.2	Différents diamètres des outils utilisés.....	47
Tableau III.3	Le programme de tubage.....	50
Tableau IV.1	Résultats de l'essai de pompage (courte durée).....	62
Tableau IV.2	Essai de débit par palier du forage suivi	63
Tableau IV.3	caractéristiques d'hydrodynamiques de la nappe de la Mitidja mesurées au forage suivi	67

LISTE DES ABREVIATIONS :

ANRH : Agence National de Ressource hydrique

CGG : Compagnie Générale de la Géophysique

DRC : Direction de Ressource Communale

TNRS : Tonne Noir

PS : Polarisation Spontanée

R : Résistivité

INTRODUCTION GENERALE

INTRUCTION GENERALE :

Les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau destinées pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation, car elles sont moins exposées au phénomène de pollution que les eaux de surface. Toute fois certaines caractéristiques minimales sont exigées pour que ces eaux normes recommandées.

Dans le cadre de l'alimentation en eau potable du **Meftah à la zone de Souakria**, dont les besoins en eau potable, la direction des ressources en eau de la wilaya de Blida a décidé d'implanter un forage au niveau de la nappe de la Mitidja pour assurer ces besoins, dont le **Forage F23** situé à **Souakria** est fera l'objet de cette étude .L'implantation de ce forage a été effectuée sur la base l'ancienne étude géophysique réalisée par C.G.G (Compagne Générale de Géophysique) dans la plaine de la Mitidja.

Notre travail a été devisé en deux parties :

La première partie de ce mémoire sera consacrée à une synthèse hydrogéologique, en compilant les connaissances géologique, hydrogéologiques et géophysiques qui permettent de définir les horizons susceptibles d'être aquifère. Cela permettra de rassembler les critères favorables pour le choix du site d'implantation du forage.

La seconde partie a été consacrée au suivi de chantier avec l'établissement d'un rapport de fin travaux, ou nous décrit le matériel utilisé, la technique de fonçage utilisé, le suivi de toutes les étapes de réalisation du forage (description des cuttings, analyse des enregistrements de la diagraphie, les essais de pompages).

I.1 Introduction

Ce chapitre présente la zone d'étude ; présentation de la plaine Mitidja à laquelle notre forage se situe en suite la présentation géographique, climatologique, hydrogéologique et les résultats de l'exploitation des données.

I.2 Situation géographique et présentation de la plaine de la Mitidja

La plaine de la Mitidja est l'une des plaines les plus riches d'Algérie que ce soit par ses terres fertiles ou bien par ses ressources en eau souterraine, elle a une superficie de 1300km²(100 km de longueur et de 8 à 18 km de largeur) orientée suivant un axe WSW-ENE. Cette plaine, limitée à l'Ouest par l'Oued Nador et à l'Est par l'Oued Boudouaou elle est bordée par deux zones élevées : le Sahel (260m) au Nord et l'Atlas (1200m) au Sud.

Le site d'étude est localisé dans la partie centrale de la plaine de la Mitidja à relief plat d'altitude moyenne de 60 à 65 m. [3]

Du Nord au Sud de la région de la Mitidja on peut définir trois ensembles géomorphologiques:

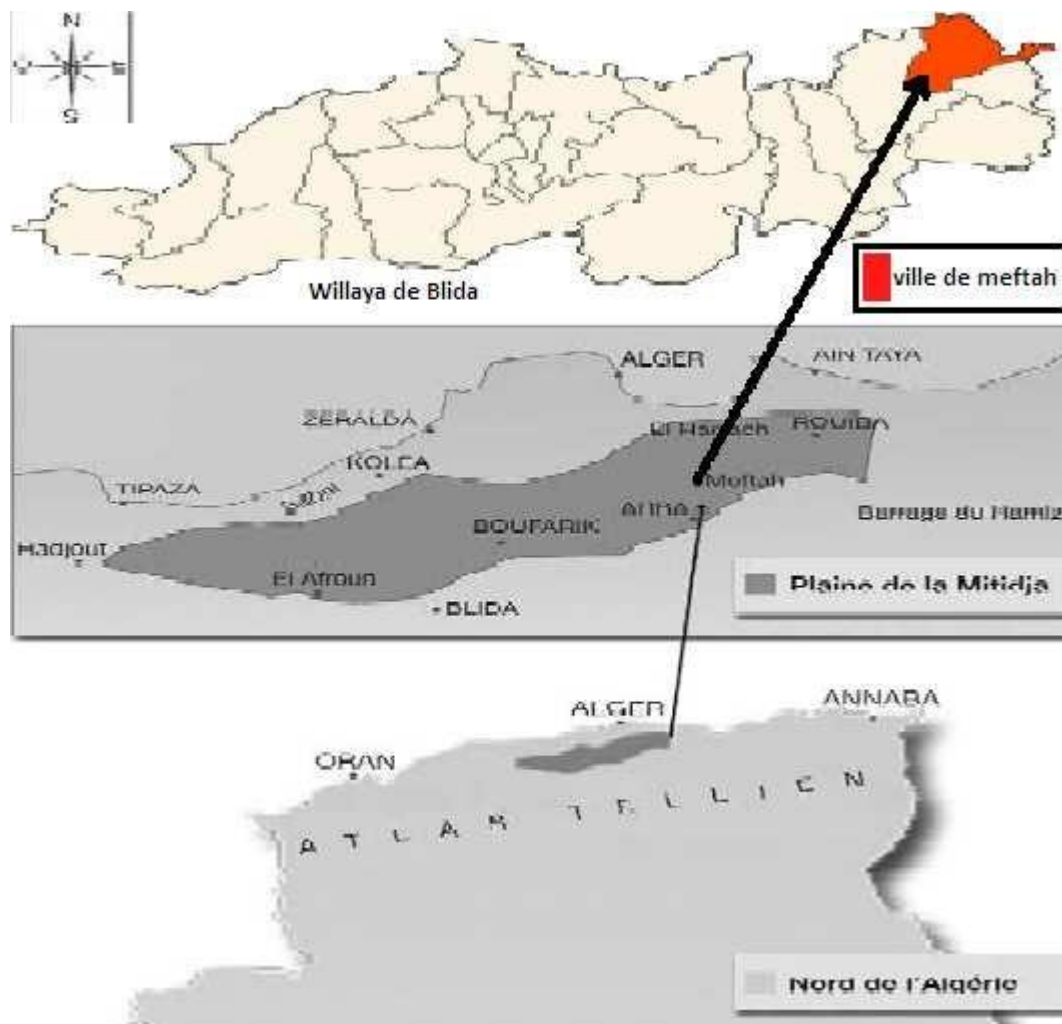


Figure I-1:Présentation de la plaine de la Mitidja [3]

I.2.1 Le Sahel

Il correspond à un ensemble de collines, formant la limite Nord de la plaine de la Mitidja où l'altitude moyenne est de 200 m.

I.2.2 La plaine de la Mitidja

Au Sud du Sahel, elle s'étend sur une grande superficie, orientée WSW-ENE. Elle est limitée par l'Atlas Blidéen au Sud. Son altitude moyenne varie de 50 à 100 m. La pente au niveau de la plaine tend vers zéro ce qui favorise l'infiltration des eaux, là où les conditions géologiques le permettent [3]

I.3 LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE

La plaine de la Mitidja est parcourue par un réseau hydrographique plus au moins important formant qu'autre sous bassin versant qui sont

- Bassin Versant de Mazafran
- Bassin Versant d'oued Chiffa (Nador)
- Bassin Versant d'oued El-Harrach (Maritime)
- Bassin Versant d'oued Djer Bouroumi

Les caractéristiques morphométriques des quatre sous-bassins versant sont :

Bassins versants	Oueds	Superficie du bassin versant (km ²)	Code du sous bassin versant	Altitude moyenne en (m)	Périmètre en (km)	Indice de compacité
Mazafran (bassin central)	Djer, Bouroumi Chiffa	1860	0 212	446	9954	064
Bassin d'oued chiffa	Oued Chiffa	5850.17	0 211	580	73	084
Bassin d'ouedDjer, Bouroumi	Oued Djer et Bouroumi	8992.59	0 210	488	125	116
Bas ind'oued Maritime	Oued ElHarach	8467.88	0 214	432	75	022

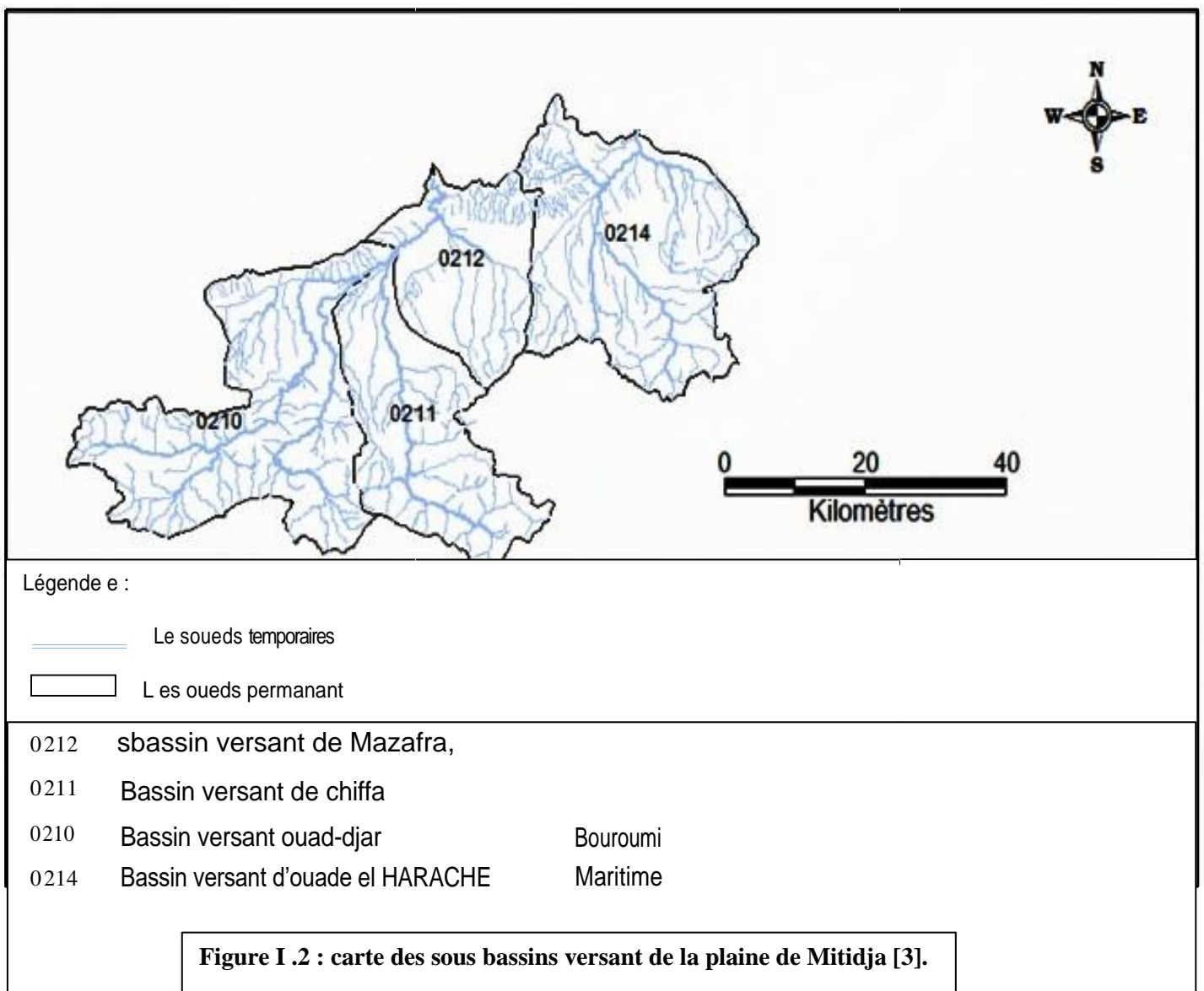
Tableau I .1 : les caractéristiques morphologiques des sous-bassin versant[source , ANRH Blida juin 2020].

D'après le tableau N °0 1 on constate que :

- Le sous bassin d'oued Djer Bouroumi caractérisé par une superficie très importante (8992.59 km²) qui favorise d'un grand volume d'eaux superficielle. Il est aussi caractirisé par

une forme allongée ($t_c > 12$) avec un périmètre de l'oued principale de (125 km) tous ces paramètres s'indiquent que le temps de concentration au niveau de l'exutoire est très grand et le débit de crue est très faible.

- Le sous bassin d'oued Chiffa avec une superficie moyenne (5850.17 km) et un indice de compacité élevé lui confère une forme allongée avec une longueur du cours d'eau principale de (73 km)
- Le sous bassin d'oued El Harrach maritime avec une superficie de (8467.88 km) et un indice compacité égale (0.22) présente une forme circulaire tous ces paramètres favorisé un temps de concentration (t_c) très élevé et un débit d'écoulement au niveau de l'exutoire très important
- Le sous bassin d'oued Mazafran a une superficie de (1890 km) et un indice de compacité égale (0.64) ce la confère des caractéristiques morphométriques favorisant une très faible concentration des eaux au niveau de l'exutoire [3]



I.4 Situation géographique de la ville de Maftah :

La commune de Maftah est située à environ 41 km au nord-est de la ville de Blida. mêmes si elle fait administrativement partie de cette Wilayas, elle est plus proche des chefs lieux des wilayas d'Alger qui est à 26 km au nord-ouest, et de Boumerdes nord-est.

La commune de Maftah est donc localisée entre les limites de la wilaya de Blida, Alger et de Boumerdes.[3]

Nord: Dar El Beida (Wilaya d'Alger)

Nord-est: Hammadi (wilaya de Boumerdes)

Est: Khemis El Khzchna (wilaya de Boumerdes)

Sud-est : Djebabra (wilaya de Blida)

Sud : Djebabra (wilaya de Blida)

Sud-ouest : Larbaa (wilaya de Blida)

Ouest : Larbaa (wilaya de Blida)

Nord-ouest : Les eucalyptus (wilaya d'Alger)

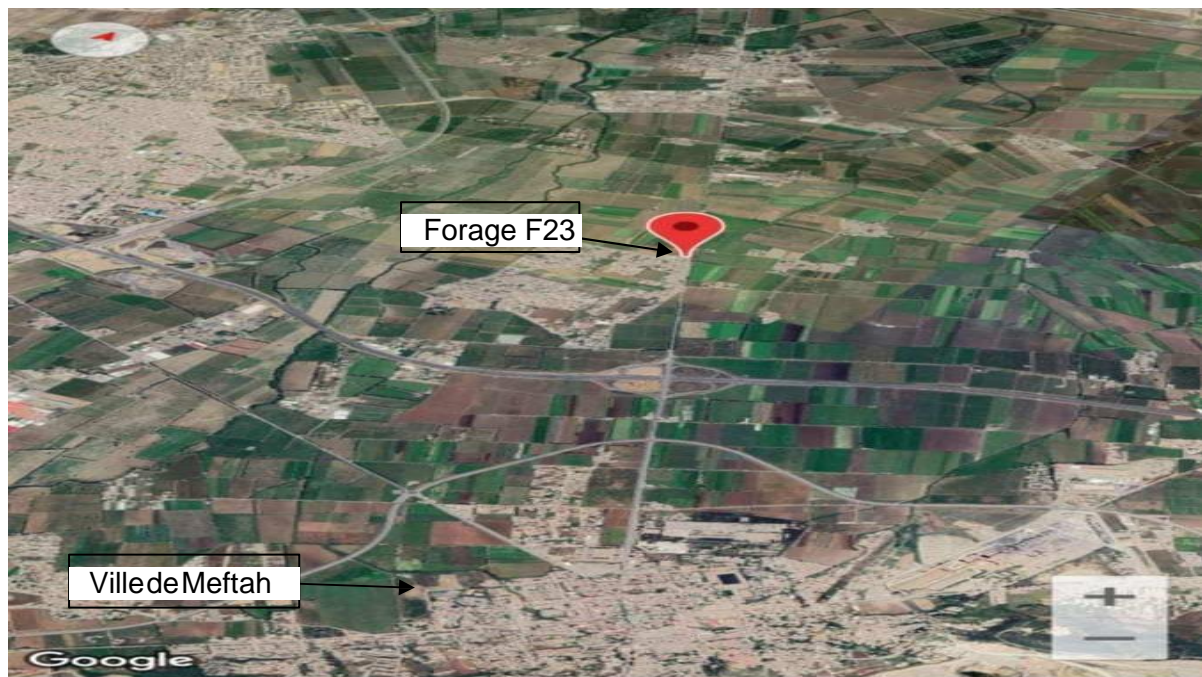


Figure I-3 : Localisation du champ captant du forage projeté [5]

I.5 Aperçu géomorphologique :

I.5.1. Introduction :

Les paramètres géomorphologiques sont des facteurs importants dans la réparation des eaux à l'échelle d'un bassin versant, c'est pourquoi, nous avons jugé utile d'en faire un bref aperçu

I.5.2 Analyse des paramètres physiques et morphologiques du bassin versant de l'oued el Harrach :

Le bassin versant de la région étudiée est située dans la partie nord de l'Algérie. C'est le bassin versant d'oued el Harrach qui appartient au grand bassin versant Côtier et couvre une superficie de 1250km². [3]

I.5.2.1 Relief

Le bassin versant s'étend très au Sud et est divisé topographiquement en trois régions distinctes.

En amont, le bassin versant est composé principalement par un massif montagneux.

Dans sa partie Nord-Ouest, le bassin est constitué par les pentes des collines du Sahel, et du pied de l'Atlas tellien jusqu'à la mer par la plaine de la Mitidja.

Les points les plus hauts du bassin versant sont :

- Kef Takhrina (1478 m), Chéraa (1526 m) au Sud – Ouest du bassin versant.
- Le point le plus bas se trouve à l'embouchure d'Oued El Harrach sur la mer

Méditerranée. [3]

I.5.2.2 Caractéristiques de forme du bassin versant

La forme du bassin versant influence fortement l'écoulement et notamment le temps de réponse de bassin versant aux précipitations, c'est à dire la durée du ruissellement de surface et le temps de parcours à travers le réseau de drainage. Un bassin versant allongé ne réagira pas de la même manière qu'un bassin ramassé même s'ils sont placés dans les mêmes conditions météorologiques.

Dans cette étude des caractéristiques de forme, plusieurs modèles ont été proposés par Graveleuse. [3]

- La superficie et le périmètre du bassin versant ;
- L'indice de capacité ou coefficient de Graveleuse ;
- Rectangle équivalente et par suite la longueur et largeur équivalente ;
- La forme du bassin est caractérisée par l'indice de compacité de Graveleuse noté Kc, définit par la formule :

$$K_C = \frac{P}{2\sqrt{3.14 * A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

P : Périmètre du bassin versant (Km)

A : Surface du bassin versant (Km²)

$$K_C = 0.28 * \frac{85}{\sqrt{230.5}} = 1.48$$

La valeur calculée de indique que la forme du bassin versant de l'Oued El Harrach est allongée, suggérant un ruissellement des eaux superficielles aux dépens de l'infiltration. [4]

I.5.2.3 Rectangle équivalent

La méthode consiste à déterminer les dimensions d'un bassin fictif de forme rectangulaire ayant même superficie, même périmètre et même indice de compacité que ceux du bassin versant initial. Les dimensions du rectangle équivalent (longueur et largeur) sont données par :

$$L = \frac{k_c \sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \left(J1 - \left(\frac{1.12}{K_C} \right)^2 \right) \right] = 78 \text{ km}$$

$$l = \frac{k_c \sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \left(J1 - \left(\frac{1.12}{K_C} \right)^2 \right) \right] = 16.2 \text{ km}$$

L: Longueur équivalente du rectangle en km

l: Largeur équivalente du rectangle en Km.

Nous constatons que la largeur du rectangle équivalent est approximativement quatre fois plus petite que sa longueur, indiquant ainsi une pente moyenne pour le Bassin versant considéré. [4]

Les différentes caractéristiques sont consignées dans le tableau ci-dessous :

P	Km	187
S	Km³	1250
K_C	Sans dimension	1.48
L	Km	78
l	Km	16.2
L/l	Sans dimension	4.8

Tableau I.2 : Caractéristiques de la forme du BV.

I.5.2.4 Conclusion

Suite aux résultats obtenus de l'indice de capacité, $K_C = 1,48 > 1,12$., on conclut que le bassin versant est assez allongé, et par conséquent, le temps de réponse est relativement long.

I.6 Aperçu Hydro-climatique :

I.6.1 Introduction

Dans cette partie, consacrée à l'étude des paramètres climatologiques (précipitation, température) intervenant dans l'établissement du bilan hydrologique, nous avons procédé à une collecte de données climatologiques, auprès de l'Agence National des Ressources Hydrauliques (ANRH), valables pour la période s'étalant de 1980 à 2017.[2]

I.6.2 Les paramètres climatologiques :

I.6.2.1 Précipitation :

Pour caractériser le régime climatique dans la région de la zone d'étude, nous avons choisi quatre stations climatiques dont les caractéristiques sont reportées dans le tableau I-3 et localisées sur la carte de la figure I-4 [2]

BV	Station	Code ANRH	Coordonnées Lambert (km)		Altitude (m)
			X	Y	
SBV1	Larbaà	02-14-03	541.150	362.950	100
	Baraki	02-14-21	353.050	376.500	20
	Douar makli	02-14-27	532.450	355.750	130
SBV2	Dar El Beida	02-06-11	347.350	379.600	24

Tableau. I.3 Caractéristiques des stations pluviométriques [Source ANRH Blida juin 2020]

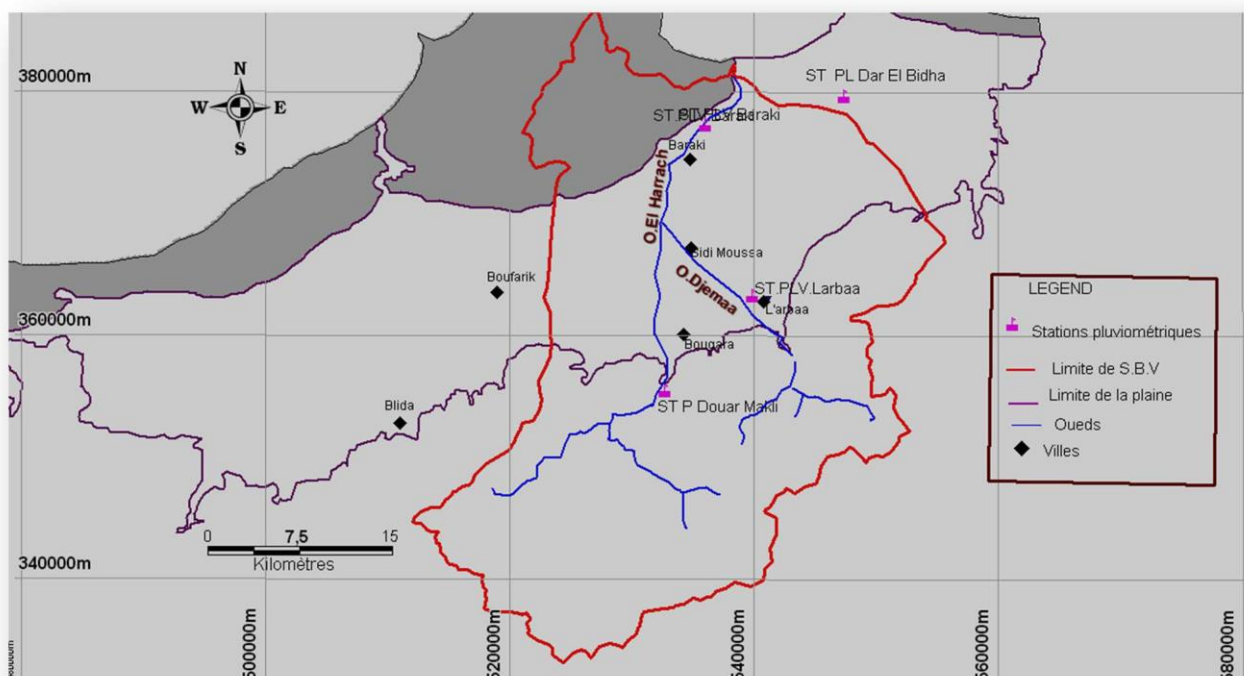


Figure. I-4: Carte de localisation des stations pluviométriques [Source ANRH Blida juin 2020]

I.6.2.2 Précipitations moyennes mensuelles :

La répartition moyenne mensuelle des précipitations relevées au niveau des trois stations (Baraki, Larbaà, Douar Makli) sont consignées dans le tableau I-4. En ce qui concerne la station de Douar Makli les valeurs relevées s'étalent sur une période plus réduite allant de 1980 à 2014, par contre celles des deux stations de Baraki et Larbaà vont jusqu'à 2017. [2]

	Sept	Oct	Nouv	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Baraki	22.7	47.3	103.0	94.3	110.6	80.4	80.8	56.8	35.7	12.5	2.0	3.4
Larbaà	21.3	25.6	88.8	101.7	106.8	71.5	98.9	70.5	43.2	21.4	0.0	3.0
Douar Makli	24.4	50.6	77.6	99.2	89.8	83.0	96.6	61.2	55.1	8.6	3.1	6.3

Tableau I.4 : Précipitations moyennes mensuelles [Source ANRH Alger 1980-2017].

L'analyse des courbes de variations des précipitations relevées au niveau des deux stations (Figure. II-5) révèle des allures similaires, caractérisées par une période pluvieuse s'étalant du mois d'octobre au mois de mai avec un pic de 110.6 mm au mois de janvier relevé au niveau de la station de Baraki, les mois de juillet et aout sont relativement plus secs, avec un minimum de précipitation au mois de juillet constaté à la station de Larbaà [2]

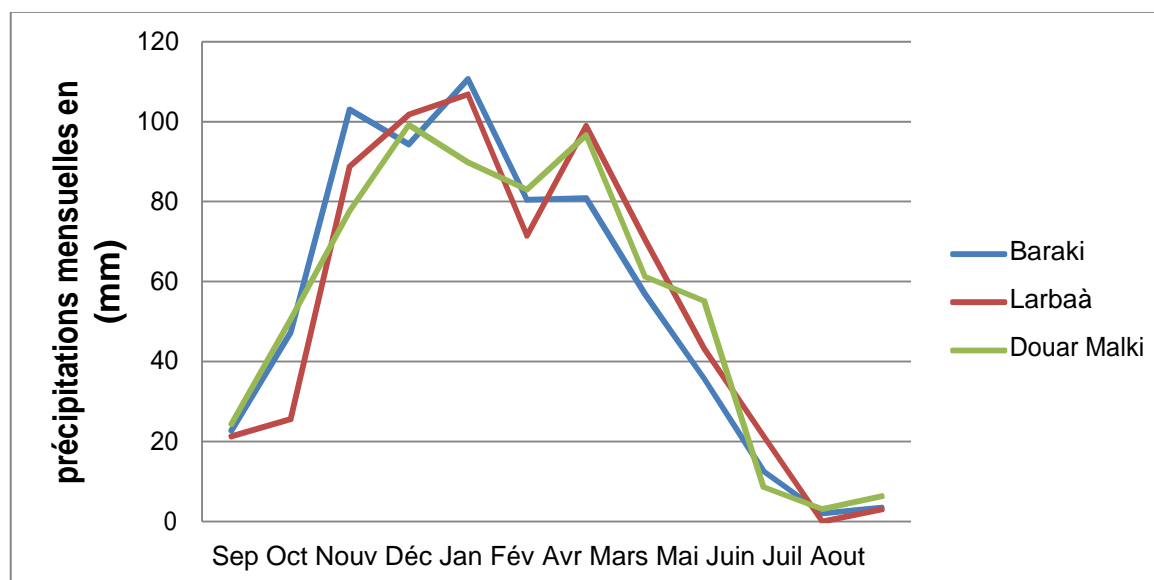


Figure I.5 : Variation des précipitations moyennes mensuelles pour la période [Source ANRH Alger 1980-2017]

I.6.2.3. Précipitations moyennes annuelles

Les mesures des précipitations relevées sont consignées dans le Tableau .I-5

station	larbaà	Baraki	Douar makli
Précipitation moyennes annuelles (mm)	649.3	652.5	628.5
Valeur moyennes (mm)	650.9		

Tableau I.5 : Précipitations interannuelle moyennes des précipitations [Source ANRH Alger 1980-2017]

I.6.2.4. Températures :

La température joue un rôle très important dans l'évaluation du bilan hydrologique et la connaissance des caractéristiques climatiques d'une région. Elle joue un rôle important en particulier dans l'estimation de l'évapotranspiration potentielle.

Compte tenu de l'absence des stations de mesure locales de la zone d'étude nous nous sommes référés aux données disponibles de la station la plus proche qui est celle de Dar El Beida.

Il est à noter que les mesures relevées au niveau de la station de Dar El Beida sont complètes et régulières. Elles sont représentatives de la Mitidja orientale. Les différentes mesures de température sont consignées dans le tableau ci-dessous. [2]

	Sep	Oct	Nouv	Déc	Jan	Fév	Avr	Mars	Mai	Juin	Juil	Aout	Anné
Moy	23,57	20,12	15,44	12,5	11,13	11,65	13,25	15,05	18,33	22,25	25,2	26,11	17,88
Min	17,6	14,2	10	6,9	5,6	5,1	7,1	9,4	13	16,5	19	20,1	12,04
Max	29,54	26,04	20,88	18,1	16,66	18,2	19,4	20,7	23,66	28	31,4	32,12	23,72

Tableau I.6 : Température moyenne, maximale et minimale à la station de Dar El Beida [Source ANRH Alger 1980-2017]

La température moyenne est de 17.88 °C. D'après le graphe (Figure. I- 6) nous pouvons observer deux périodes dans cette série hydrologique :

- Une période froide s'étalant du mois de novembre jusqu'au mois d'avril avec une température moyenne inférieure à la température moyenne annuelle.
- Une période chaude s'étalant du mois de mai jusqu'au mois d'octobre dont la température moyenne est supérieure à la température moyenne annuelle. [2]

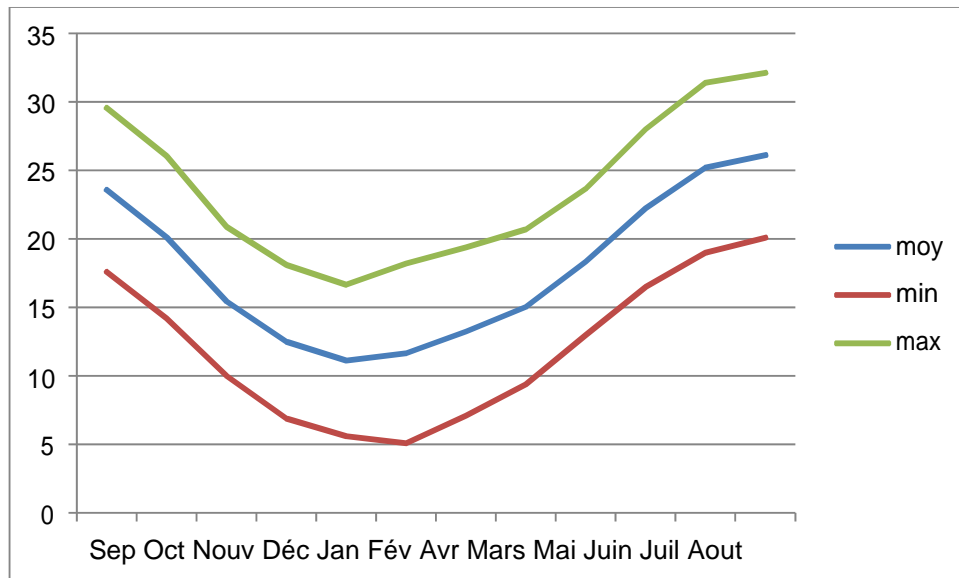


Figure. I- 6 : Variation des Température à la station de Dar El Beida [Source ANRH Alger 1980-2017]

- **Remarque :**

La température moyenne annuelle varie de 16° C à 18° C; notons que la variation est fonction de l'éloignement par rapport à la mer; ces températures sont plus douces à proximité du littoral qu'à l'intérieur. L'humidité relative décroît très largement de la côte à l'intérieur, elle est plus élevée en hiver qu'en été. Les stations qui se situent à proximité de la mer, enregistrent des températures qui varient entre 6 et 12°C en hiver et de 21 à 33 ° C en été. Cela montre ainsi l'influence de la mer dans l'adoucissement climatique des températures.

I.7 Aperçu géologique

I.7.1 Introduction

La Mitidja est une vaste plaine dont la superficie est estimée à environ 1300Km². elle à une forme allongée et s'étend au sud d'Alger, entre Hadjout à l'Ouest et Réghaia à l'Est.[1]

Elle est délimitée par deux régions surélevées :

I.7.2.1.3 Le Villafranchien (formation d'El Harrach)

La formation d'El-Harrach est représentée par une séquence relativement uniforme d'argiles plastiques jaunes ou grises, par endroits légèrement caillouteuse et contenant des lentilles de graviers de 2 à 6 m d'épaisseur.

A l'Est de la Mitidja, l'érosion a fait disparaître la plupart des matériaux, d'où l'absence d'argile autour de Rouïba. A l'exception des affleurements d'El Harrach, cette formation est masquée par des dépôts alluviaux plus récents.

Quelquefois la formation d'El-Harrach, en raison de la présence des graviers a été confondue avec la formation alluviale sus-jacente qui est essentiellement caillouteuses. Donc il est très difficile d'obtenir des informations sur les variations à l'intérieur même des dépôts de cette formation. L'épaisseur moyenne de la formation au centre du bassin est estimée à 100 m est diminue progressivement en allant vers le sud. [3]

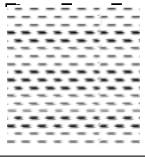

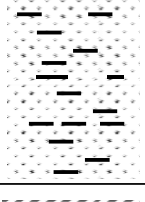
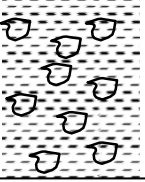
SYSTEME		ETAGE	LITOLOGIE	Epaisseur (m)	Profondeur (m)	
QUATERNAIRE	Holocène	Actuel / récent		20	20	
	PLEISTOCENE	Flandrien/ Rharibien	Limons, Argiles Limoneuses		30	50
			Sables consolidés		30	80
		Soltanien/ Tensiftien	Alternance de gravier et d'argile		150	230
		Calabrien/ Villafranchien	Argiles et Cailloutis		100	330

Tableau I.7 : litho stratigraphique de la plaine de la Mitidja (Quaternaire) [3]

I.7.2.2 Le Tertiaire

I.7.2.2.1 Le Pliocène supérieur (Astien)

Il est constitué d'une grande variété de lithologies associées à une sédimentation marine mois profonde.

Les plus couramment rencontrées sont les sables, les calcaires sableux, les grés calcaires molassiques et les argiles sableuses jaunes (Glangeaud and Aymé 1935).

On remarque toutefois la prédominance des faciès sableux avec des grés calcaires bien cimentés.

Les zones où cette formation affleurent sont le Sahel d'Alger et la périphérie de Meftah.

Cette série présente une épaisseur moyenne entre 100 et 130 m, est se trouve à des profondeurs allant de 250 à 300 m. On la rencontre particulièrement à l'est de Rouïba à de faibles profondeurs. [3]

I.7.2.2.2 Le Pliocène inférieure (Plais ancien)

Le Plais ancien représente le substratum immédiat de l'aquifère. Il est composé de marnes grises et bleues, d'origine marine et très fossilifère. L'épaisseur très variable, est en moyenne de 200m. Le toit du Plais ancien varie selon les secteurs considérés de la région en raison de la disparition de certaines formations au bénéfice d'autres ensembles lithologiques sous-jacents. De ce fait, la base des marnes plaisanciers est située à une cote de 100 m à Reghaia, à 200m à Rouïba. Cette base s'enfonce à l'Ouest en raison de la présence des dépôts argileux d'El Harrach qui viennent s'intercaler entre la formation de l'Astien et celle de la Mitidja. La cote du toit de plais ancien augmente en s'éloignant vers l'Ouest, où elle est de l'ordre de -500m entre Baraki et El Harrach et atteint un maximum de -543m à Oued El Alleug.[3]

I.7.2.2.3. Le Miocène

Il est représenté par des affleurements très localisés de marnes (Miocène supérieur), de grés, de poudingue et de sables argileux (Miocène inférieur) aux environs de Meftah, près de

Khemis El Khechna, au Sud-ouest de Bougara et au Nord à Bordj El Bahri.[3]

I.7.2.2.4 L'Oligocène

Composé de schistes rouges, de poudingues, sables, argiles, et nummulites (Glangeaud, 1932), l'Oligocène est largement réparti dans l'Atlas bien au sud de Meftah et Khemis El Khechna

I.7.2.3Le Secondaire

I.7.2.3.1 Le Crétacé supérieur :

Les marnes à nodules calcaire jaunes à incérâmes du sénonien et les marnes schistoïdes forment principalement cet étage.

I.7.2.3.2 Le Crétacé moyen :

Le Crétacé moyen est constitué par des calcaires marneux à passées régulières de calcaires compacts du Cénomaniens.

I.7.2.3.3 Le Crétacé Inferieur :

Le Crétacé inferieur est constitué par de calcaires et des marnes argileuses.

I.7.2.4 Le Primaire**I.7.2.4.1 Les roches sédimentaires :**

Elles sont composées de grés micacés rouges, de poudingues galets de quartz blanc dans une atrice argileuses parfois marneuses. L'affleurement est très réduit est localisé dans l'atlas au Sud de Meftah et Khemis El Khechna.[3].

I.7.2.4.2 Les roches métamorphiques :

Ce sont des roches du socle cristallin affleurant localement sur des surfaces réduites au Nord et à l'Est du bassin de la Mitidja (Glangeaud 1932, binnie and Atkins 1983). Elle sont constituées de schistes, micaschistes et gneiss.[3].

I.7.2.4.3 Les roches éruptives :

Apparues après une série d'effondrements et de distension, elles sont composées de dacites et d'andésites. On les rencontre très localement dans la région de khemis el khechna (Glangeaud and Aymé, 1935) et au Nord Est dans le Sahel.[3].

I.7.2.5 La Tectonique

La plaine de la Mitidja est un vaste synclinal, limité par deux flexures nord et sud plus ou moins visibles. Les deux extrémités sont déférentes.[3].

I.7.2.5.1 la bordure Nord :

Elle est constituée par l'Astien, le pendage prend une forme subverticale, il est formée de faciès calcaire gréseux, alternant de faciès gréseux.[3].

I.7.2.5.2 la bordure sud :

L'Astien est formé par les faciès grésocalcaire qui n'apparaît que localement aux environs de Meftah, sous forme de deux petits mamelons à la cote 138 entre Bouinan et Soumaa de direction Est Ouest et de pendage Nord 30° à 40° est sous la forme de lambeaux entre Hadjout et El Affroun.[3]

I.7.2.6 Exploitation des données géophysique existantes :

D'après l'étude géophysique réalisé par la compagnie générale de géophysique CGG (paris/France) dans la plaine de la Mitidja en 1967, des profiles géo électrique ont été réalisés suivant une direction Nord Sud.

Les profils électriques(T et U) traversant la zone d'étude, ont été exploités dans le but de voir les différents terrains traversés par les quarts forages projetés les coupe géo électrique T et U montrent le biseautage du miocène au sud, ce dernier est surmonté par un substratum marneux du palais ancien présentant des résistances comprises entre 03et10 Ω m, le substratum est surmonté par l'astien gréseux avec des résistivités de l'ordre de 70 -100 Ω m, l'ensemble tertiaire est surmonté par un niveau quaternaire d'alluvion grossier argileux peu perméable dans la résistivité sont comprise entre 20-30 Ω m avec l'intercalation d'alluvions grossiers perméable présentant une résistivité de 50-100 Ω m Alors que, le recouvrement alluvionnaire présent des variations de faciès d'où la corrélation entre les divers horizons s'avère très difficile. La sédimentation étant très hétérogène et les niveaux de sables et graviers étant souvent répartis irrégulièrement dans un ensemble généralement très argileux [3]

I.7.2.6 Conclusion

L'étude géologique et géophysique met en évidence deux aquifères principaux.

Les alluvions grossiers du Quaternaire constituent la nappe alluviale de la Mitidja qui sont peu profond car le substratum est Constituée d'argile jaunes du Villafranchien, alors que la deuxième nappe astienne constitué par les Grés de l'Astien à des Profondeur moyennes entre 250 à 400m) sauf à proximité des affleurements Nord (Attatba –Koléa).

I.8 Aperçu Hydrogéologique**I.8.1. Introduction**

L'objectif de notre étude est d'identifier et définir les unités géologiques ayant une importance du point de vue ressources en eau souterraine l'étude hydrogéologique que nous présentons est basée sur l'examen d'études antérieures, notamment celles de la géophysique réalisé par la CGG, partenaire et Biennie.

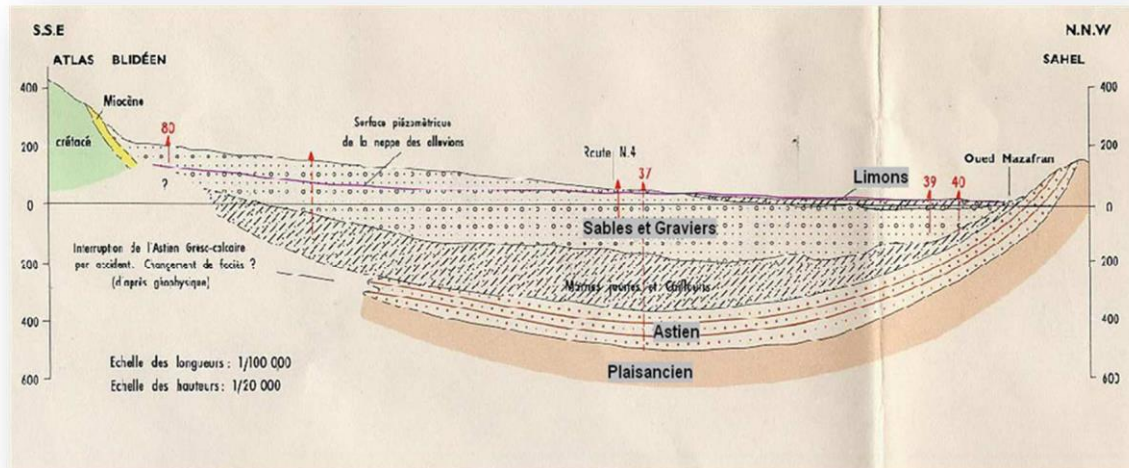


Figure I-8 : Coupe interprétative transversale de la Mitidja dans le bassin Oued el Harache [4].

I.8.2. Identification des aquifères :

I.8.2.1 L'aquifère de l'Astien :

Il s'étend sur presque la totalité de la plaine et affleure principalement dans le Sahel et au Sud au niveau de Meftah. Il est bien délimité entre un substratum marneux (plaisanciennes) et la couverture des marnes d'El Harrach (ou marnes de Maison-Carrée).

L'épaisseur moyenne de l'aquifère est de 100 à 130 mètres. Il se situe généralement à une profondeur allant de 250 à 300 m par rapport au niveau du sol. A l'Est de Rouiba cependant, la formation de l'Astien se rencontre à de faibles profondeurs.

La nappe de l'Astien est formée par des grés fins consolidés, elle est généralement captive mais non artésienne. Elle devient libre au niveau de zones d'affleurement situées dans le Sahel.[4].

I.8.2.2 L'aquifère des alluvions du Quaternaire :

L'aquifère des alluvions Quaternaire de la Mitidja occupe la totalité de la plaine. Il est constitué par les formations du Quaternaire (gravier, sable, galets et des argiles). Il repose principalement sur les marnes d'El Harrach.

L'aquifère a pour limite supérieure la surface du sol et inférieure la formation d'El Harrach, Son épaisseur moyenne est de l'ordre de 100 à 200m[4].

Dans la partie orientale de la plaine, l'aquifère se trouve en contact direct avec l'Astien, l'absence du substratum dans cette partie de la plaine est due à l'activité érosive qui a eu lieu au cours du Pléistocène.

Dans la partie occidentale (bas-Mazafran et Lac Halloula), l'aquifère se continue au dessous de la formation orgilo limoneuse du Rharbien. Cette formation de très faible perméabilité, rend la nappe captive dans cette partie de la plaine.[4]

I.8.2.3. Mécanismes d'alimentation et d'écoulement des eaux souterraines :

I.8.2.3.1 L'aquifère de l'astien :

L'infiltration des précipitations sur le sahel ou il affleure, réalimentation à partir de la nappe de la Mitidja sus-jacent dans les piémonts de l'Atlas, l'Astien est alimenté par la nappe de la Mitidja par drainante à travers les marnes jaunes de la formation d'El Harrach

I.8.2.3.2 la nappe alluviale du Quaternaire :

Alimenté essentiellement par des eaux de ruissellement des oueds décédant de l'Atlas Blidieen, et l'ascendance verticale des eaux de l'Astien à travers les formations d'El harrach [4]

I.9. Les paramètres hydrodynamiques:

I.9.1. La transmissivité

Elle représente le produit de la conductivité hydraulique (perméabilité exprimée en (mètre/seconde) par l'épaisseur de l'aquifère. Elle caractérise donc la facilité avec laquelle l'eau souterraine peut s'écouler.

M. Clouet d'Orval estime en 1968 que les transmissivités de l'aquifère des alluvions varie dans la plaine de la Mitidja entre 53.10^{-3} et $0,3.10^{-3}$ m²/s avec des transmissivités plus faibles au niveau du bassin du *lac Halloula (Est de la Mitidja)*. La valeur médiane de l'ensemble des valeurs mesurées (80 points d'eau) est de $2,55.10^{-2}$ m²/s.

Mac Donald a estimé à partir de 61 forages la transmissivité moyenne de l'aquifère des alluvions à 319 m²/j soit 4.10^{-3} m²/s. L'intervalle estimé est : 1.10^{-4} – 2.10^{-2} m²/s. [4]

I.9.2. Le coefficient d'emménagement

M. Clouet d'Orval estime en 1968 que la valeur médiane des 40 valeurs connues du coefficient d'emménagement de l'aquifère des alluvions en zone basse de Mazafran, soit dans la zone captive de l'aquifère de 17.10^{-5} .

Mac Donald (1993) cite des coefficients d'emménagement sans préciser les ouvrages qui ont permis de les mesurer. [1]

Formation	Condition	Fourchette de valeurs mesurées
Astien	Libre	0.03 à 0.05

	Captive	5.10^{-3} à 5.10^{-6}
Mitidja	libre	0.02 à 0.07
	captive	3.10^{-3} à $1.6.10^{-4}$

Tableau I.8 : Coefficients d'emménagement S rapportés par McDonald. [4]

I.9.3 La piézométrie :

I.9.3.1 Analyse piézométrique :

Pour la connaissance de l'hydrodynamisme de la nappe alluviale de la Mitidja, on s'est basé essentiellement sur les relevés piézométriques relatifs aux périodes des basses eaux 2015 effectués par l'ANRH[1].

I.9.3.2 Interprétation de la carte piézométrique des basses eaux (Avril 2015)

La carte piézométrique de la période basse eau 2015, montre un écoulement général des eaux souterraines de la nappe alluviale de la Mitidja du Sud vers le Nord, avec une alimentation directe par les précipitations ainsi que par les infiltrations des eaux superficielles des différents cours d'eau, avec des axes de drainage principaux se superposent aux axes d'écoulement des cours d'eau : Oued Chiffa, Oued Bou Roumi, Oued Djemaa et Oued El Harrach. On observe que dans la zone sud-ouest de la plaine (entre *Ameur Ain* et *El Affroun*), un resserrement des courbes isohypses, ceci est due probablement à une variation de perméabilité à cet endroit avec un gradient 0.02 (20/0).

La carte piézométrique montre une convergence au niveau d'Oued El Alleug sa due au la surexploitation à ce niveau vue l'existence des champs de captages de Mazafran I et II

Le gradient hydraulique est presque constant en amont de la partie Est de la Mitidja où il est de 0.01 (10/0) avec un cône de dépression au niveau du champ de captage de *Baraki*

Au centre de la Mitidja au niveau de *Birtouta* les courbes isopièze sont espacées avec un gradient hydraulique très important 0.0025 soit (0.250/0) ça due à la faible perméabilité

On observe aussi des courbes isohypses négatives, c'est à cause de la surexploitation de la nappe surtout au niveau du champ de captage Mazafran I.

Le secteur d'étude est situé entre les courbes isopièze 30 et 40 avec un gradient hydraulique 0.005 soit (0.50/0)

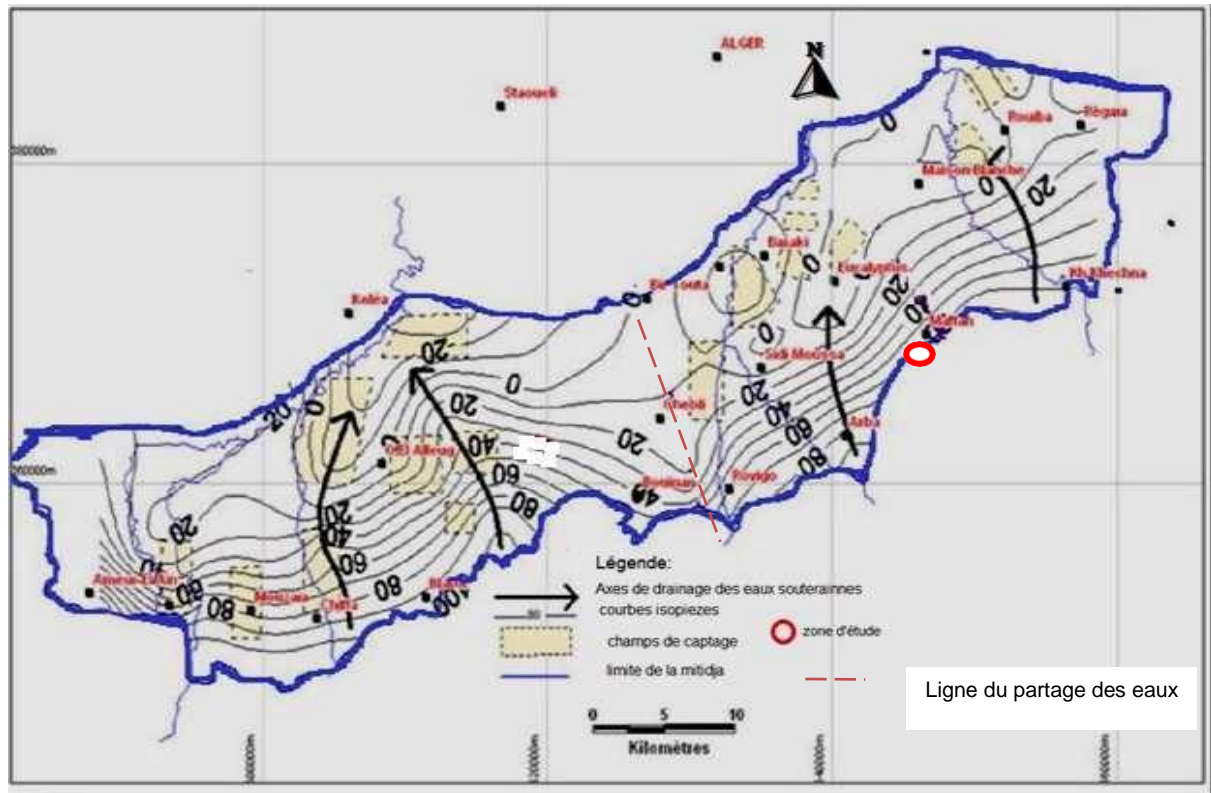


Figure I-9 Carte piézométrique de la nappe de la Mitidja. [1]

I.10 Conclusion

La plaine de Mitidja est limitée au Nord par le bombement du Sahel où affleurent les terrains d'âge pliocène, et au Sud par l'Atlas Blidéen formé par des terrains d'âge Crétacé.

Au niveau de la plaine de la Mitidja, on peut définir deux ensembles de réservoirs aquifères : L'Astien gréseux ou gréso-calcaire et les alluvions du Quaternaire.

La nappe alluvionnaire du Quaternaire est formée par des sables et graviers argileux, dont l'épaisseur variant entre 100 à 200m, avec un substratum argileux du Villafranchien. Elle montre un écoulement général des eaux souterraines du Sud vers le Nord, avec une alimentation directe par les précipitations efficaces, par les infiltrations des eaux superficielles des cours d'eau et par drainante à partir de l'aquifère Astien.

II.1 Introduction

Il existe différents modes de fonçage des forages, Parmi ces méthodes on a trois catégories les plus utilisées en Algérie sont classés comme suit :

- Forage par mouvement alternatif (battage ou percussion)
- Forage par combinaison des deux mouvements (rotation – percussion)
- Forage par rotation (rotary) On a opté pour la méthode de forage par rotary

II.2 Appareil de forage rotary et accessoires

Le cas choisi dans notre intervention est le forage rotary avec circulation de boue benthonique dont le but de rechercher et exploiter l'eau en profondeur. Actuellement ce cas est plus utilisé pour la réalisation des forages hydrauliques et qui a donné des résultats appréciables du point de vue qualité de l'ouvrage. [12]

II.2.1 Avantage :

- ✓ Les forages de grand diamètre sont exécutés rapidement et sont économiques.
- ✓ Facilité de mise en place des équipements de forage.
- ✓ Bons rendements dans les terrains tendres.

II.2.2 Inconvénients :

- ✓ Nécessite beaucoup d'eau.
- ✓ Nécessite un grand investissement (matériels très importants).

II.3 Description de la machine :

Il existe deux types de procédés de forage rotary :

1-Foreuse à table de rotation.

2-Foreuse à tête de rotation.

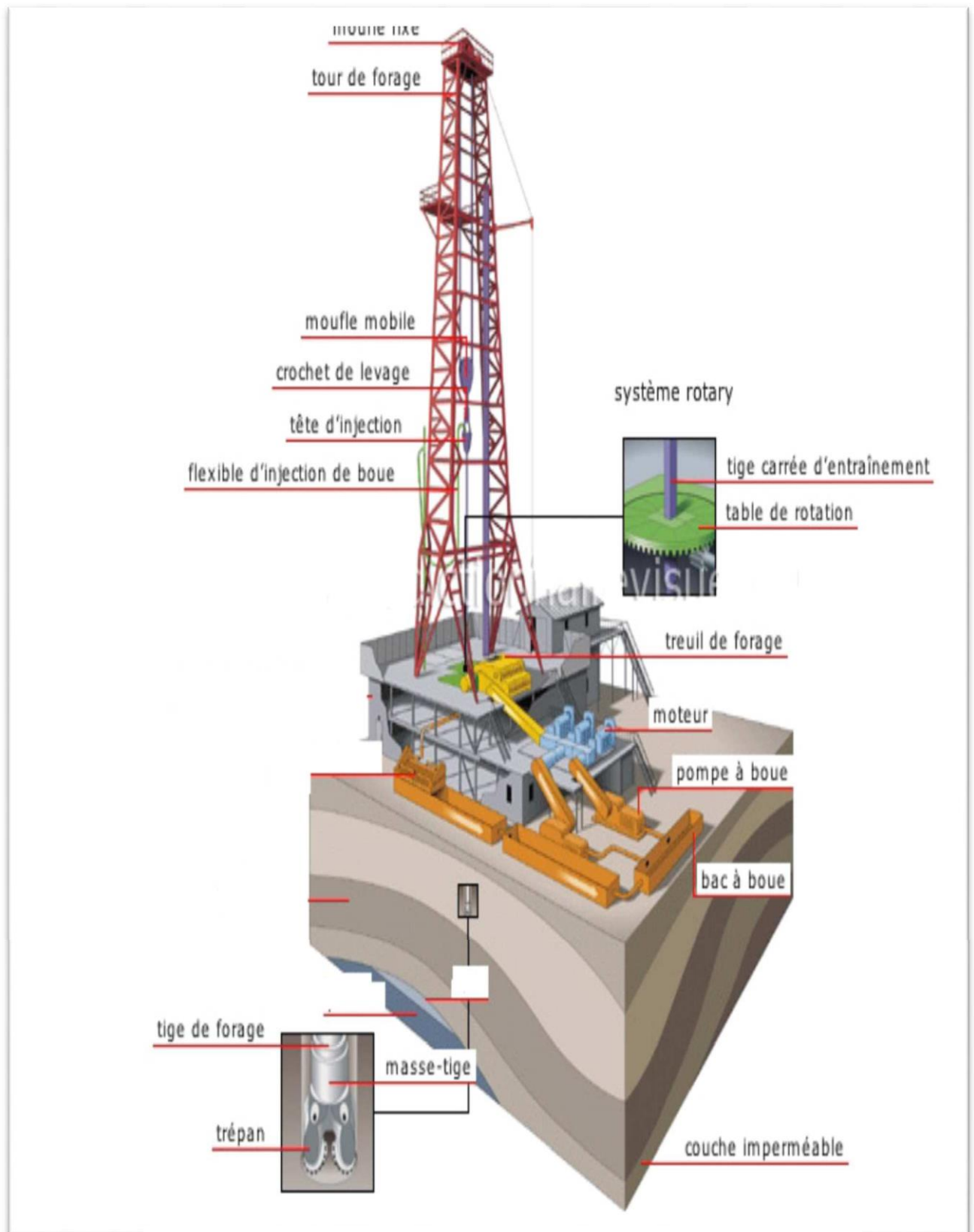
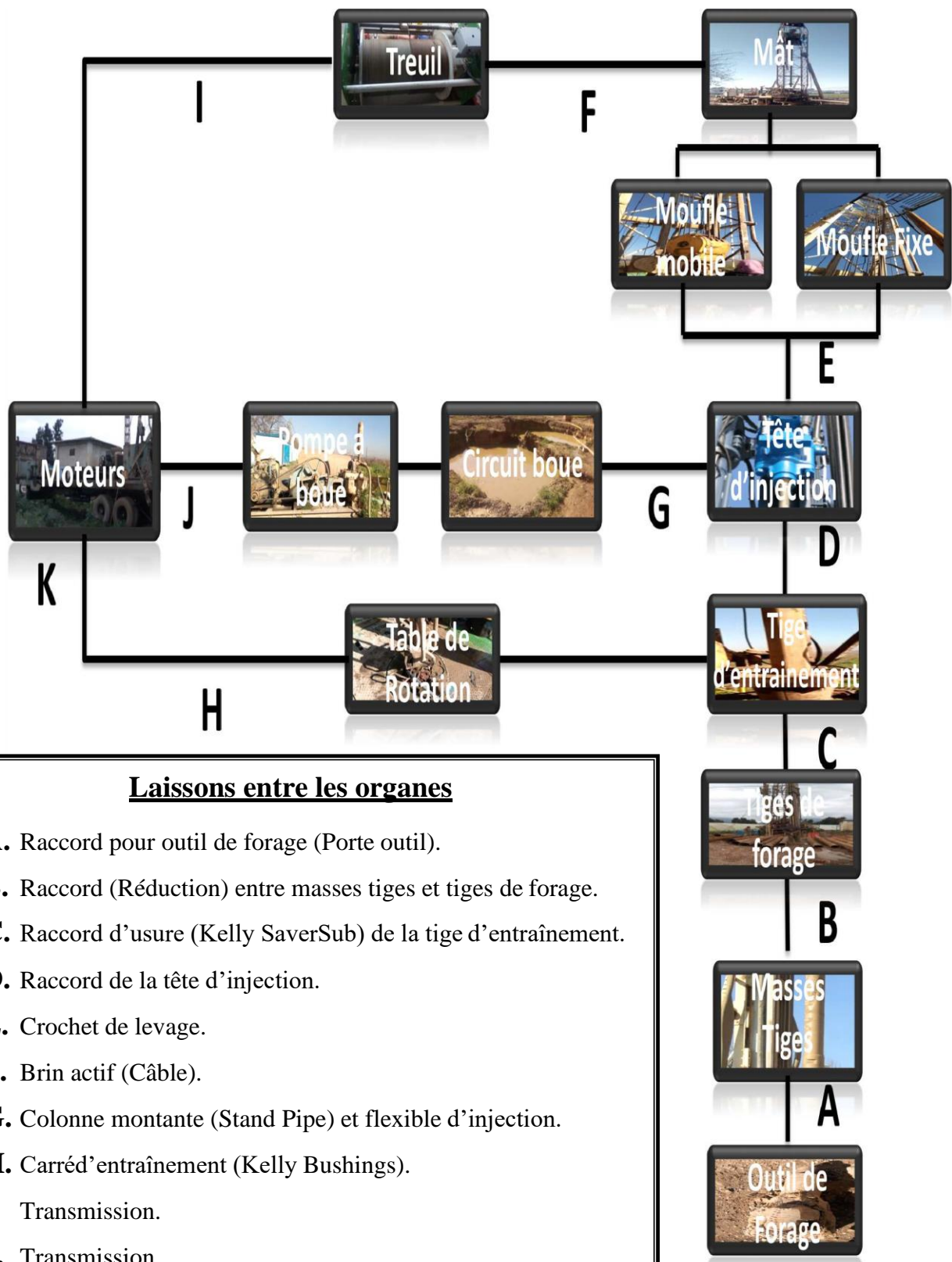


Figure. II-1 : les composants d'un appareil de forage rotary [12].



Liaisons entre les organes

- A.** Raccord pour outil de forage (Porte outil).
- B.** Raccord (Réduction) entre masses tiges et tiges de forage.
- C.** Raccord d'usure (Kelly SaverSub) de la tige d'entraînement.
- D.** Raccord de la tête d'injection.
- E.** Crochet de levage.
- F.** Brin actif (Câble).
- G.** Colonne montante (Stand Pipe) et flexible d'injection.
- H.** Carré d'entraînement (Kelly Bushings).
- I.** Transmission.
- J.** Transmission.
- K.** Transmission.

Figure. II-2 : Schéma montrant les organes de la machine

II.3.1 Foreuse à table de rotation

L'appareil de forage rotatif à entraînement à table de rotation applique le mouvement rotatif au trépan à travers une table de rotation fixe située au pied du mat conjointement avec la barre de commande qui s'appelle (KELLY) ou (tige carrée)

II .3.2 Foreuse à tête de rotation

L'appareil de forage à tête rotative fournit une rotation par une tête rotative qui monte et descente le mât

II.4 Les organes de la machine

II.4.1 le mât

Il Est permis la manœuvre de remontée et de descente du train de sonde, les stockages des tiges après la remontée de l'outil si le mât est muni d'une passerelle d'accrochage, il permet aussi la descente de la colonne de tubage. Les dimensions d'un mat dépendent de la profondeur à atteindre, de la capacité maximale au crochet, de la capacité de stockages des tiges et sa résistance aux vents. L'axe de symétrie du mât doit être toujours dans le prolongement de l'axe du puits. Pour les forages hydrauliques, on utilise des mâts télescopiques à vérins hydraulique. Pour faciliter le déménagement, le mât peut être haubané avec des câbles pour augmenter sa stabilité contre les vents.



Figure. II-3: Photo de mât [source ; khoumeri. M.L & Sahi.A, chiffa le 15 juin 2020].

II.4.2 Moufle fixe

Ou crown block, composé d'une série de poulies montées généralement sur un même axe, celle stournent librement et indépendamment autour de cet axe, leur nombre est supérieur d'une unité à la moitié du nombre de brins du mouflage maximal. Le moufle fixe est monté sur un bâti qui est lui-même posé et fixé sur la petite base se trouvant au sommet du mât.



Figure. II-4: Photo de Moufle fixe [source ; khoumeri. M.L & Sahi.A, chiffa le 15 juin 2020].

II.4.3 Moufle mobile

Ou traveling block, composé d'une série de poulies montées sur un même axe. Celles tournent librement autour de cet axe, leur nombre est égale à la moitié du nombre de brins du mouflage maximal, l'ensemble des poulies est enfermé dans un carter de tôle rigide. Des fenêtres faites dans ce carter permettent le passage des brins de mouflage et empêchent le câble de sortir hors des poulies.



Figure. II-5 : Photo de Moufle mobile.

II.4.4 Tête d'injection

Supporte le train de sonde, permet l'injection de la boue à travers ce dernier soit en rotation ou non et joue le rôle de palier entre le train de sonde et le moufle mobil.



Figure. II-6 : Photo de Tête d'injection .

II.4.5 Table de rotation.

C'est l'organe qui entraîne par rotation d'un moteur et fait tourner l'outil au fond du trou par l'intermédiaire de la garniture de forage. Le carré d'entraînement et la tige d'entraînement.

Pendant les manœuvres la table de rotation supporte la garniture par les cales.

La table de rotation comporte trois parties principales :

- Le corps ou bâti
- La partie tournante
- L'arbre d'entraînement



Figure II-7:Photo de Table de rotation [source ; khoumeri. M.L & Sahi.A, chiffa le 15 juin 2020].

II.4.6 Pompes à boue .

C'est l'organe qui aspire et refoule la boue sous pression à l'intérieur de trou de forage, contenue dans les bassins.

Ces pompes peuvent fournir des débits importants ($>300\text{l/mn}$) et à des pressions ($>300\text{Kg/cm}^2$)



Figure. II-8 : Photo de Pompe a boue [source ; khoumeri. M.L & Sahi.A, chiffa le 15 juin 2020].

II.4.6.1 Caractéristique d'une pompe

- 1) Nombre de pistons.
- 2) Ouverture maximale de la chemise en pouce
- 3) Course (stocke) du piston en pouce
- 4) Débit
- 5) Pression maximale de service
- 6) puissance

II.4.7 Treuil :

C'est l'organe assurant la transmission de la puissance adéquate à partir des moteurs pour permettre le levage à des vitesses différentes.

Il est constitué de :

- 1) Châssis rigide.
- 2) Tambour de manœuvre (lisse ou cannelé)
- 3) Arbre tambour de manœuvre
- 4) Dispositif de freinage.



Figure. II-9 : Photo de treuil [source ; khoumeri. M.L & Sahi.A, chiffa le 15 juin 2020].

II.4.8 mouflage .

C'est le moyen de démultiplication le plus répandu et le plus simple pour lever de lourdes charges.

II.4.9 câble du forage .

Utilisé dans les manœuvres du train de sonde et le soutien des charges. L'élément de base est le fil d'acier à haute résistance. Plusieurs fils torsadés et assemblés en tresse forment un toron.

Plusieurs torons (en générale 06) enroulés en hélice autour d'une âme centrale forment un câble.

II.4.10. train de sonde .

II.4.10.1 la tige d'entraînement(Kelly)

La tige d'entraînement est insérée en haut du train de sonde entre les tiges de forages et la tête d'injection

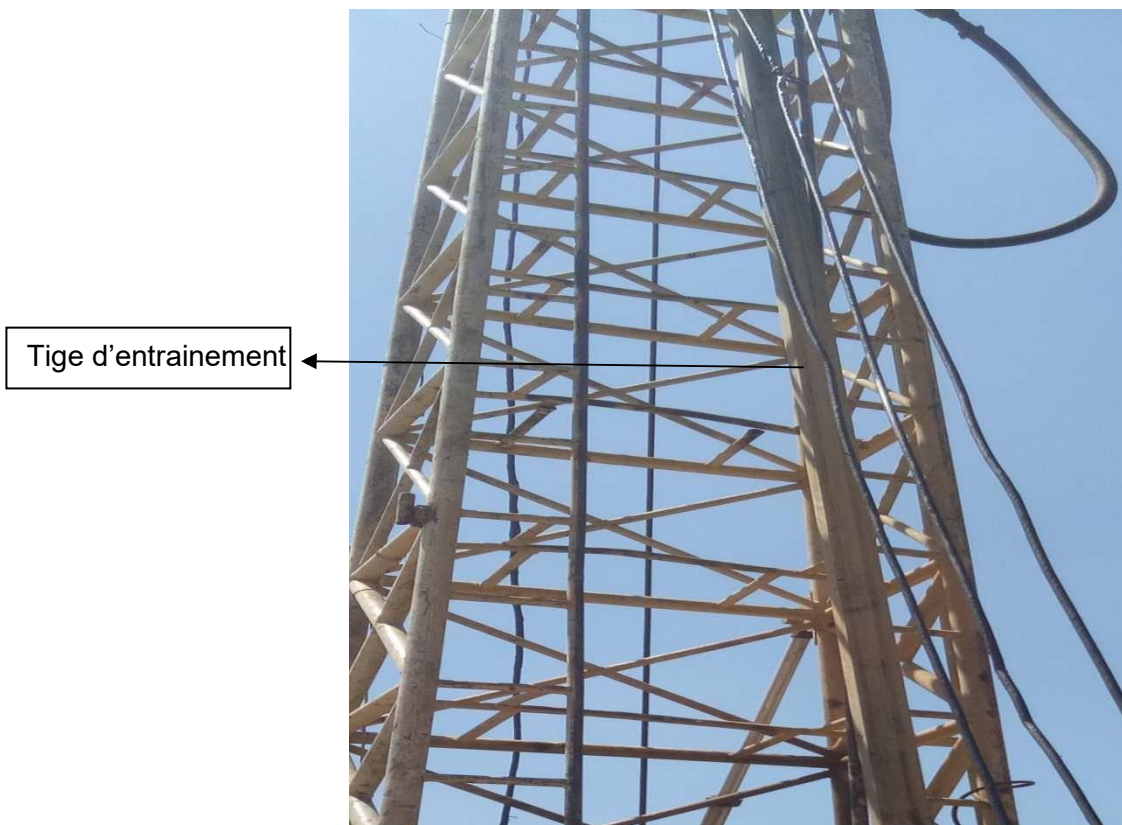


Figure. II-10 : Photo de tige d'entraînement [source ; khoumeri. M.L & Sahi.A, chiffa le 15 juin 2020].

II.4.10.2 les tiges (Drill Pipes):

Elles s'insèrent entre les masses tiges et la tige d'entraînement et elles assurent la transmission du mouvement de rotation et le passage du fluide d'injection.



Figure. II-11 : Photo de tiges forage [source ; khoumeri. M.L & Sahi.A, chiffa le 15 juin 2020].

II.4.10.3 les masses des tiges (Drill Collars) :

Elles sont utilisées pour :

Mettre du poids sur outil

Eviter aux tiges de travailler en compression pendant le forage

Meilleur guidage du trépan et la limitation de sa tendance à dévier



Figure. II-12 : Photo de masses tige [source ; khoumeri. M.L & Sahi. A, chiffa le 15 juin 2020].

II.5 les outils de forage.

L'outil qui se trouve au bout des tiges qui forent le sol est une des clés de son activité. L'outil doit être choisi dans un catalogue aussi varié que peut être la lithologie rencontrée. Si un outil de type marteau peut briser une roche compacte, il aura du mal à creuser une argile comme le ferait beaucoup mieux une terrière et les outils de type trillèrent.



Figure. II-13 : Photos des outils avec différent diamètre [source ; khoumeri. M.L & Sahi.A, chiffa le 15 juin 2020].

Selon son diamètre, l'outil peut peser de quelques kilogrammes à plusieurs centaines de kilogrammes. On distingue différents types d'outils de forage :

II.5.1 Couronnes qui sont des tiges, améliorées ou non, munies de dents ou de picots renforcés.[6]

II.5.2 Forages au diamant (diamant synthétique poly cristallin), qui sont des outils de formes très variées (y compris les formes de type tricônes et trillâmes) dont l'utilisation est restreinte à l'industrie pétrolière et minière du fait du coût d'exploitation élevée. Les diamants ont la forme de pastilles noires prises dans la masse métallique de l'outil. [6]

II.5.3 Tricônes, outils montés par trois cônes rotatifs ou molettes (libres) munis de picots pour les terrains durs (longs picots pour les terrains très compétents, tels les quartzites, et picots courts pour les terrains moins compétents tels les schistes), et de dents pour les terrains durs (calcaires) à argileux (marnes) les dents étant plus longues lorsque le terrain est plus argileux. On trouve également des tricônes à pastilles faites de matériaux ultra-résistants (diamant et carbure de tungstène par exemple). [6]

II.5.4 Trillâmes outils montés par trois "lames" en chevron pour les terrains les plus argileux et en gradin ou escalier pour les terrains plus durs (marnes et calcaires). [6]

II.5.5 Marteaux fond de trou (MFT), qui sont des outils à percussion prédestinés aux sols durs et cassants.

Les aléseurs ne sont pas à proprement dit des outils de tête, puisqu'ils peuvent être montés en complément de l'outil principal. Le but des aléseurs est d'agrandir le diamètre de trou, ou simplement d'en racler les bords et parfois de compacter le fond du forage. On distingue donc les aléseurs compacteurs, en forme de pointe, ouverts à lames ou cylindriques, étagés, etc. [6]

III.1. Introduction :

L'hydrogéologue est le premier intervenant pour la réalisation d'un forage hydraulique.

Il implante le forage sur la base de :

- Carte géologique et hydrogéologique
- Enquête sur le terrain
- Prospection géophysique

Les travaux de fonçage d'un forage suivent les phases suivantes :

- a- Phase de construction de la plate forme, des bacs à boue et rigole
- b- Phase d'installation du chantier
- c- Phase de creusement de l'avant puits
- d- Phase de reconnaissance
- e- Phase d'élargissement
- f- Phase de tubage
- g- Phase de cimentation
- h- Phase de gravillonnage
- i- Phase de développement
- j- Phase des essais de pompages

III.2. Déroulement des travaux de foration :

Une fois le choix de l'emplacement fixé, différentes phases pour la première opération de foration sont exécutées selon le protocole suivant: [6]

- Préparation de la plate forme, des bacs à boue et de rigole ;
- Installation du chantier ;
- Creusement de l'avant puits ;
- Forage reconnaissance ;
- Elargissement ;
- Tubage ;
- Cimentation en cas de besoin ;
- Gravillonnage ;
- Développement ;
- Les essais de pompages

III.3. Technique et Matériel de foration :

III.3.1. Technique de foration : [6]

Les techniques de foration les plus utilisées en Algérie sont :

- Forage par mouvement alternatif (battage ou percussion)
- Forage par combinaison des deux mouvements (rotation – percussion)
- Forage par rotation (rotary)
- La technique utilisée dans le cadre de notre projet est la foration par rotary

III.3.2. Logistique du chantier :

III.3.2.1 Les moyens humains :

Les différents intervenants sur le chantier sont: Chef de chantier, Chef de poste, Sondeur, Accrocheur, Ouvrier de plancher, Mécanicien, Chauffeur, Cuisinier[9].

III.3.2.2. Les moyens matériels :

Les différents équipements utilisés : La foreuse, les accessoires (tiges, masses tiges outils, clés à chaînes, porte outil, raccord etc.), groupe électrogène et chargeur de batterie, compresseur avec l'équipement de test (tube d'eau et tube d'air, flexible et vanne), citerne d'eau. [9]

III.3.2.3. Stocks des matériaux :

Les différents matériaux utilisés dans les différentes opérations de réalisation des travaux : Bentonite, Ciment, Gravier, Eau.[9].

III.3.2.4. Organisation du chantier :

Les précautions à prendre doivent conduire à prévoir :

- Un périmètre de sécurité autour du chantier.
- Un approvisionnement en eau (citernes).
- Un accès pour les véhicules.
- Un accès facile pour le remplissage des fosses.
- Un endroit sec et protégé pour la rédaction de rapports de suivi (bureau).
- Une zone de déblais (cutting).
- Un terrain aplani pour faciliter le calage de la machine.
- L'emplacement et le creusage des fosses à boues.
- L'installation de toutes les unités de pompage, de pression hydraulique et de moteur sur un plan horizontal. [9]



Figure III.1 : Photo de la machine de foration [source ; Khoumeri. M.L & Sahi.A. Chiffa le 15 juin 2020]

III.4. La préparation des bassins à boue :

III.4.1 Caractéristiques géométrique des bassins :

Les fosses ou bassin à boues constituent une réserve de fluide pour l'opération de foration, ils permettent son recyclage par décantation. Deux bassins seront nécessaires:

- Le 1^{er} bassin qualifié de bassin de décantation est prévu pour recevoir la boue évacuée par la machine lors de la foration pour permettre la décantation de la boue. Son volume est de 10 m^3 et ses dimensions sont $(2.5*2*2)$.
 - Le 2^{ème} bassin dit bassin de pompage est prévu pour recevoir la boue décantée pour être pompée dans la machine (injectée dans le train de tige). Son volume est de 10 m^3 et de même dimensions $(2.5*2*2)$.
- Les deux bassins sont régulièrement nettoyés des sédiments déposés en cours de la foration.
- Le volume total des bassins est fixé en fonction de la profondeur du forage.

$$\text{Volume des bassins} = 3 * \text{Volume du forage}$$



Figure III.2 : Photo du bassin à boue [source ; Khoumeri. M.L & Sahi.A. Chiffa le 15 juin 2020]

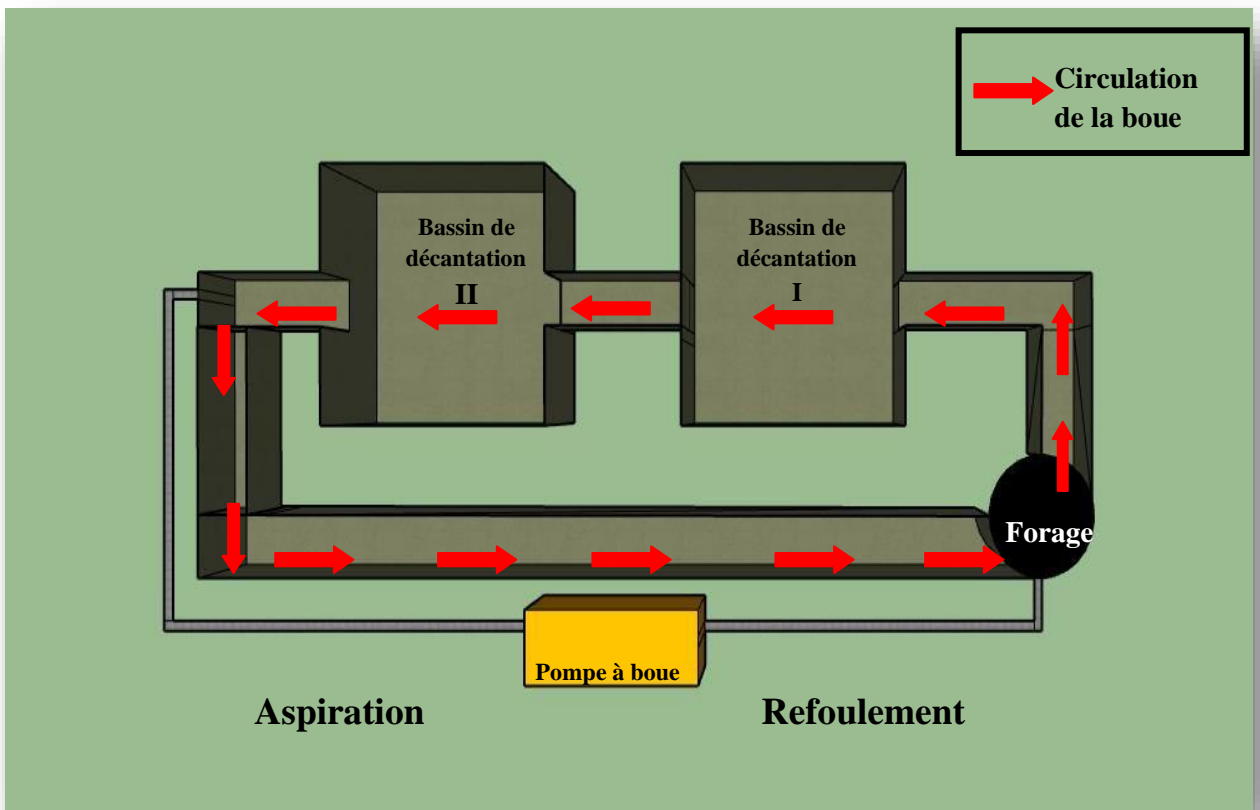


Figure III.3 : Coupe technique transversale de la circulation de la boue.

III.4.2. Caractéristiques de la boue utilisée : [3]

C'est une argile en poudre qu'il faut doser entre 15 et 30 kg par m³ d'eau de densité 2.6. Son risque majeur de colmatage de l'aquifère fait aussi son avenage dans des terrains très perméables (aquifère, gravier, sable, silts) où les pertes de boue peuvent être importantes ainsi que les risques d'effondrement.

La boue a les fonctions suivantes

- Consolider les parois du forage
- Faire remonter au jour les sédiments broyés.
- Lubrifier et refroidir les outils de forage.
- Faciliter et contrôler l'opération de mise en place de gravier additionnel et de cimentation.
- Augmenter par le jet à la sortie de l'évent de l'outil, l'action abrasive de celui-ci sur le terrain en cour de forage.

Renseigner par l'observation de la variation de niveau dans les bacs ou les fosses à boue ou bien par celle pression au refoulement de la pompe sur la nature de terrain découvert par l'outil et sur son potentiel aquifère



Figure III.4 : Photo de la poudre de bentonite.

III.4.3. Le rôle de la boue

Le rôle de la boue de bentonite consiste en ce qui suit :

- Stabilise les parois du tunnel de forage
- Transporte les particules de forage
- Suspend les particules pour une meilleure évacuation
- Lubrifie la tige (tube) de forage, la tête de forage et l'aléteur.
- Lubrifie le tube à installer.
- Optimise la performance des équipements
- Facilite la circulation à l'intérieur du train de tige
- Refroidie l'outil lors du fonçage
- Consolide les parois du trou
- Maintien les effluents des réservoirs traversés
- Remonte les déblais des terrains forés en surface[3].

III.5 L'opération de Creusement :

III.5.1 Tube guide

L'opération de l'installation du tube guide de forage F23 se fait selon les étapes suivantes :

- ✓ **1^{ère} opération** : le forage est exécuté à l'aide d'un outil de 24" de diamètre et de 0 à 10m de profondeur.
- ✓ **2^{ème} opération** : un tube de TNRSde diamètre de 22" sur une profondeur de 10 m.
- ✓ **3^{ème} opération** : cimentation qui consiste en un remplissage du béton entre le trou de diamètre de 24" et le tube de 22" sur une profondeur de 10 m.
- ✓ Le forage est exécuté après 24 heures de la cimentation.



Figure III.5 : Illustration de l'opération de creusement .

III.5.2. Forage de reconnaissance « F23 Meftah»

Cette phase est réalisée par des outils de petits diamètres 12" $\frac{1}{4}$ pour obtenir un important avancement à moindre coût et donner une précision d'enregistrement de diagraphie. Son but est de connaître la lithologie de terrain traversé.

Pour le forage F23 Meftah la reconnaissance a été réalisée par un outil de 12" $\frac{1}{4}$

Durant cette phase, l'entreprise de réalisation a effectué les étapes suivantes :

- Prélèvement des cuttings à chaque 1m

- Mesure et contrôle les paramètres physiques du fluide de forage (densité, viscosité, perte partielle et totale), et les paramètres du forage (la vitesse de rotation et le débit d'injection). Dans notre cas on n'a pas de forage de reconnaissance

III.5.3. Prélèvement des échantillons:

La circulation de la boue permet de fournir des échantillons broyés à la surface.

Au moment de l'analyse, il faudra tenir compte que ces échantillons contiennent une forte proportion de la boue de circulation, il est toujours préférable de prendre plusieurs d'échantillons (3 à 4).

Pour cela, il faut :

- Prendre un échantillon dès que l'on rencontre une formation aquifère
- Prendre un échantillon chaque fois qu'apparaît un changement de terrain.
- Dans les autres cas, prendre un échantillon tous les mètres

Après l'opération de prélèvement, l'échantillon final sera rincé et puis on le place dans des sachets en plastique avec étiquettes avec mention de la côte de prélèvement.

La description des cuttings, nous a permis d'établir les coupes lithologique.



Figure III.6 : Cuttings conditionnés dans des sachets étanches. [Source; Khoumeri. M.L & Sahi. A Chiffa le 15 juin 2020]

III.5.4 Reconnaissance géophysique par diagraphie :

Réaliser juste à la fin de la Foration, la diagraphie est une méthode de géophysique permettant de localiser avec grande précision les zones productrices d'eau, et donc de définir la position optimale des crépines.

Elle consiste à utiliser différents dispositifs d'électrodes afin de mesurer verticalement des résistivités des différentes couches de sol directement dans le trou de forage.



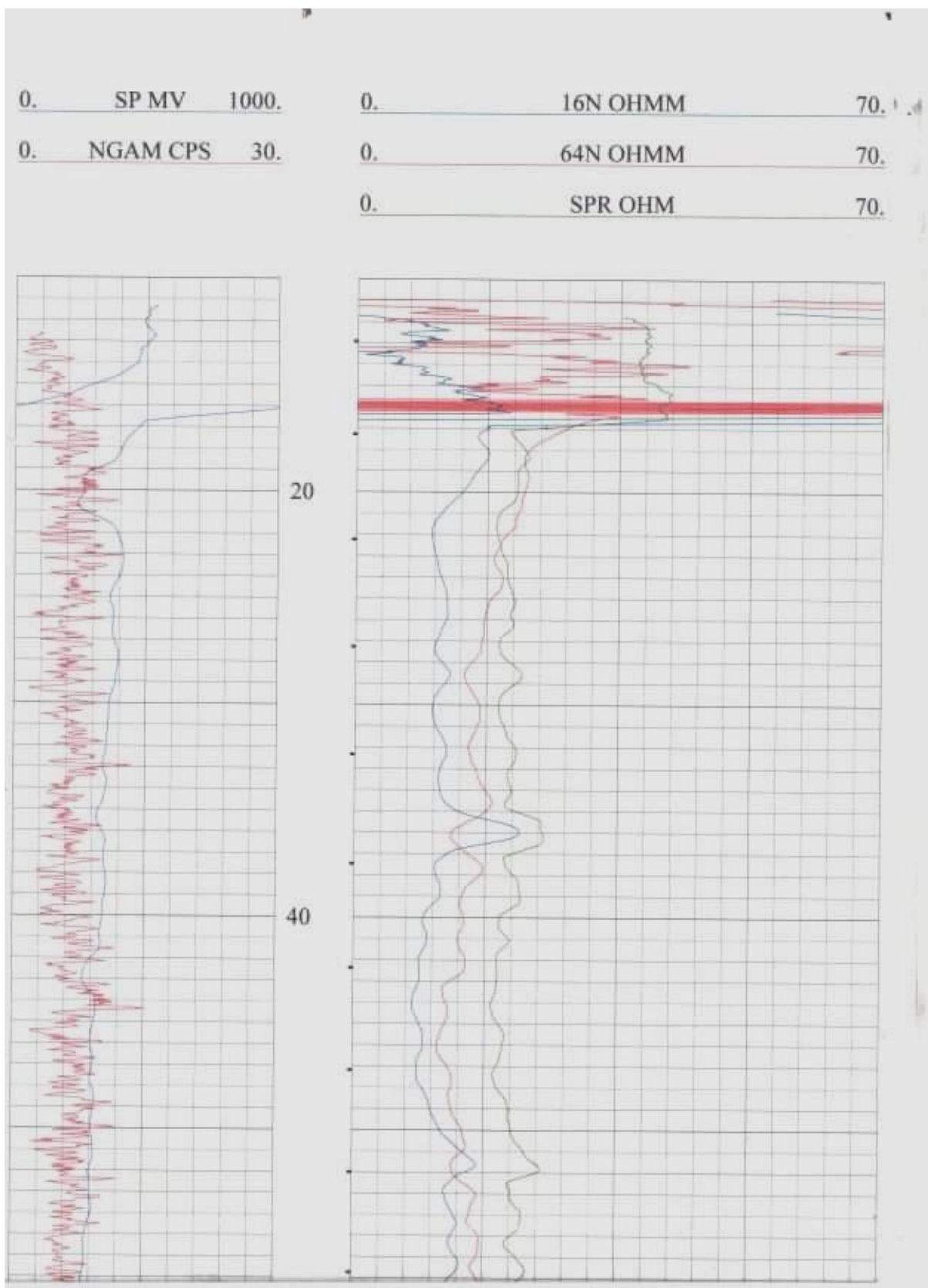
Figure III.7 : Illustrations des équipements employés pour réaliser une diagrapie.
[Source; Khoumeri. M.L & Sahi.A Chiffa le 15 juin 2020]

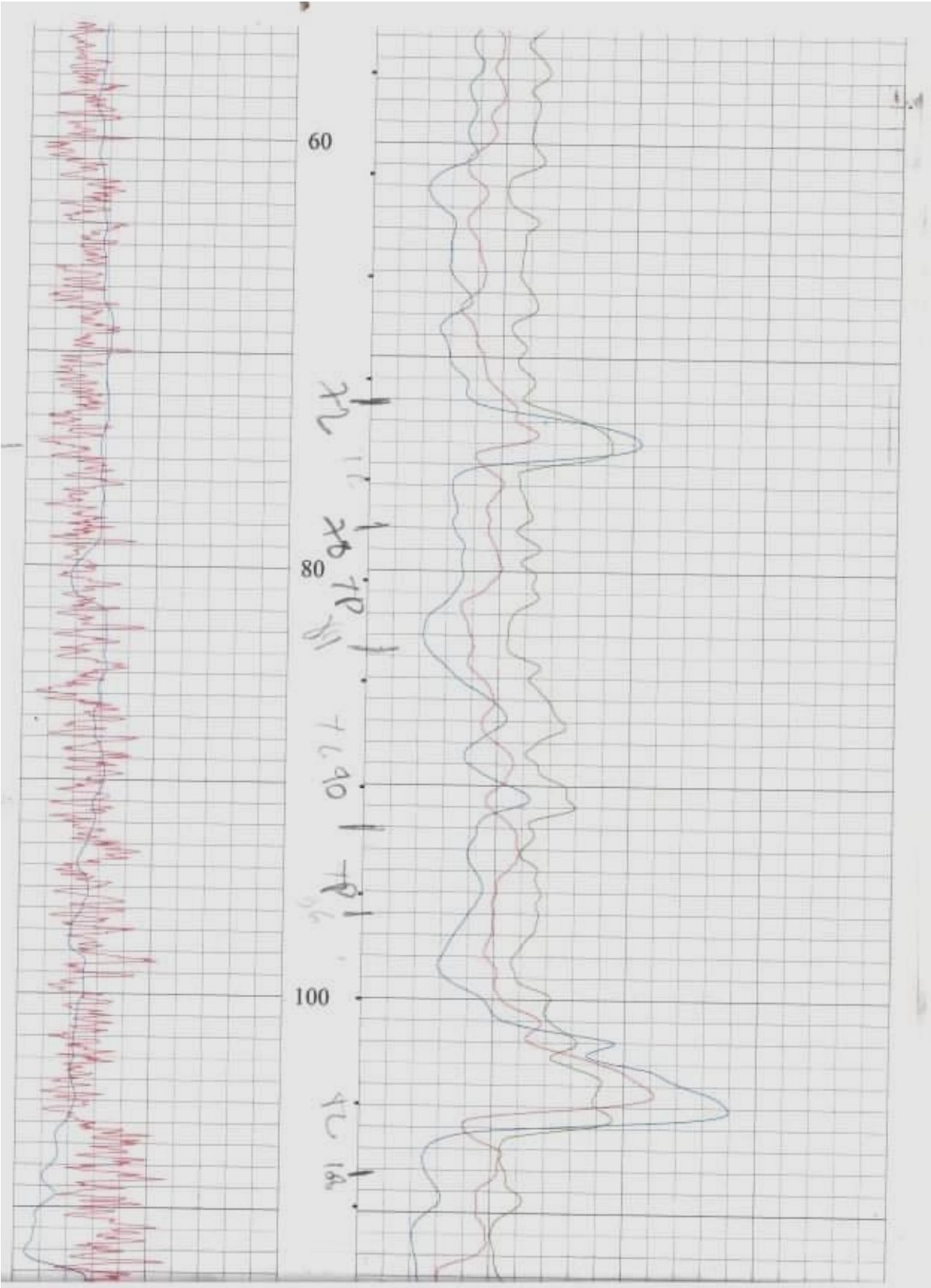
III.5.4.1 Enregistrement et interprétation des diagrapie F23 :

La diagrapie est une technique géophysique mise en œuvre à l'intérieur d'un forage de faible diamètre. Elle sert à mesurer en place les paramètres physiques du terrain, avec la meilleure résolution verticale possible (résistivité, radioactivité, vitesse de son) ou des paramètres géométrique tels que le diamètre intérieur du forage et l'épaisseur des dépôts de la boue (cake). Elle consiste à descendre une sonde électrique à l'intérieur du forage avec un enregistrement en surface par l'intermédiaire d'un appareillage bien spécifique.

Les enregistrements effectués dans notre forage F23 sont :

- a) Polarisation spontanée
- b) Les Résistivités électriques : PN 16" - GN 64"
- c) Diamètre (Caliper)
- d) Gamma-ray





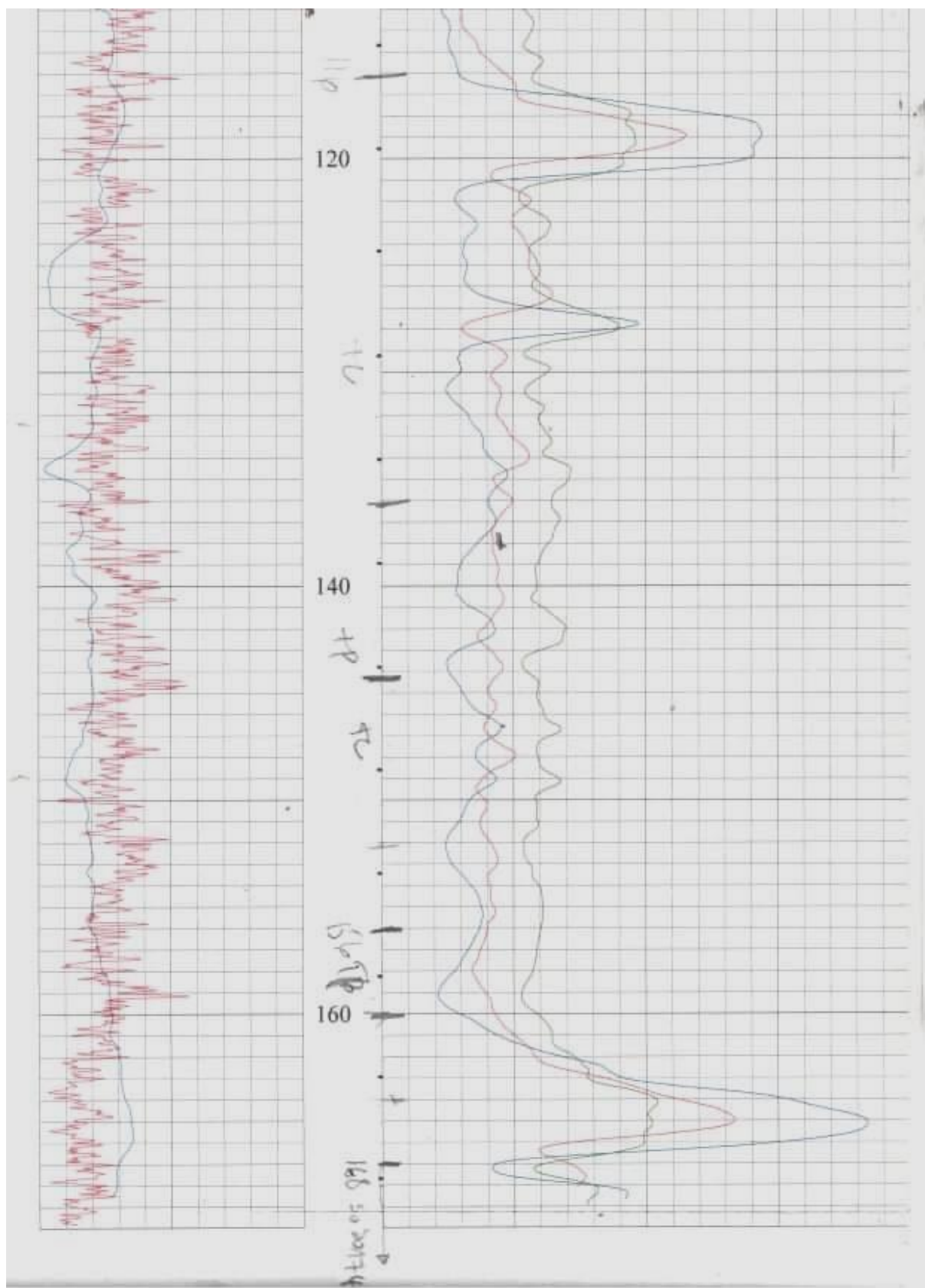


Figure III.8 : Diagramme de polarisation spontanée et de résistivité électriques PN 16'' - GN 64''

CHAPITRE III DESCRIPTION DES TRAVEAUX DE FORATION

Les résultats synthétiques (de haut en bas) sur une profondeur de 171 m sont consignés dans le suivant

Profondeur (m)	Conductivité Hydraulique (m/s)	La Résistivité (Ωm)		Nature de la Formation
		16N	64N	
0-2				
2-21	Peu perméable	16	31	Sable argileuse
21-26	Peu perméable	17	29	Gravier peu argile
26-31	Peu perméable	15	28	Argile peu gravier
31-34	Peu perméable	16	25	Sable argileuse
34-35	impermeable	20	25	Argile
35-47	Peu perméable	12	18	Sable argileuse
47-56	Peu perméable	20	24	Argile avec passage de gravie
56-66	Peu perméable	15	22	Sable argileuse
66-67	impermeable	18	20	Argile
67-69	Perméable	14	20	Gravie peu argile
69-83	Impermeable	11	20	Argile sableuse
83-92	perméable	21	28	Gravie+argile peu sableuse
92-98	Peu perméable	15	24	Argile+ gravie
98-100	perméable	24	26	Gravie
100-108	Peu perméable	13	26	Gravier + argile
108-121	Peu perméable	23	22	Sable peu argile
121-130	Peu perméable	15	21	Argile peu sableuse
130-150	Semi perméable	17	20	Sable + argile
150-155	Impermeable	18	21	Argile
155-161	Peu perméable	22	25	Argile peu graveleux
161-164	perméable	75	55	Gravier avec passage de calcaire
164-171	Impermeable	40	30	Marne + argile

Tableau III.1 : Résultats des sondages électrique

III.5.5. Alésage et réalésage

Cette opération intervient après l'interprétation du film de la diagraphie et dépouillement des cuttings prélevés.

L'alésage est le réalésage du puits de reconnaissance en gros diamètre, cet élargissement du trou s'effectuera à l'aide :

- Des outils spéciaux appelés outil pilote ou aléseurs accouplés à un outil guide.
- Des outils de gros diamètres.

Diamètre	12''^{1/4}	17''^{1/2}	20''	24''
Alésage				

Tableau III.2 : Différents diamètres des outils utilisés



Figure III.8 : Différents diamètres des outils de foration[source ; khoumeri. M.L & Sahi.A, chiffa le 15 juin 2020]

III.6. Mise en place du tubage

Le plan de tubage (longueur et position des tubes pleins et des tubes crépines) est établie en fonction de la coupe géologique du forage ou sont notées les différentes couches de terrain et les venues d'eau, ainsi qu'en observant de visu la coupe géologique grâce aux échantillons, des essais diagraphie (résistivité électrique, gamma ray, polarisation spontanée) peuvent être effectués avant l'équipement pour améliorer le plan de captage, les crépines sont placées en face des niveau aquifères ou des venues d'eau, le bas de tubage doit être constitué d'un tube plein (tube décanteur), le dernier tube doit dépasser d'environ 0.5m ou dessus de la surface du sol.



FIGURE III.9 : Photo mise en place du tubage [Source khoumeri. M.L Meftah le juin2020]

III.6.1. Diamètre du tubage

Le diamètre intérieur du tubage doit être suffisamment dimensionné pour pouvoir permettre la pose d'une pompe et des colonnes montantes. L'espace nécessaire pour cette installation doit être de 12 pouces.

Pour le diamètre extérieur, il doit être supérieur au diamètre du tubage plus de 7 pouces au moins que celui du trou nu afin de permettre un espace annulaire assez pour la mise en place du massif filtrant.

III.6.2. La résistance des tubes :

La colonne de tubage est soumise aux efforts suivants :

- Résistance au colmatage.
- Résistance à la corrosion (chimique, électrolytique).
- Résistance aux chocs pendant le transport et la manipulation.
- Résistance mécanique (flambage, écrasement par pression extérieure, et d'éclatement par pression intérieure et efforts de flexion).

Pour le choix de la colonne (diamètre, épaisseur et nuance du métal) nous procédons comme suit :

Les analyses sur qualité physique –chimique des eaux qui peuvent être prélevées dans des forages qui captent le même aquifère nous permettront de connaître le caractère incrustant ou agressif des eaux par comparaison du PH d'équilibre avec le PH mesure. Ceci nous permettra d'orienter notre choix sur la nature du métal du tubage.

Si les eaux sont agressives (acides) il ya risque de corrosion du tubage. Il est donc nécessaire de choisir des colonnes en métal inoxydable nuance 316L ou en PVC qualité alimentaire. Si ce n'est pas le cas nous pouvons se contenter de matériaux moins coûteux de type tôle noir souder.

D'après les résultats de l'échantillonnage on a observée l'existence de sable on a conclues que le milieu est acide, et pour évité tout les réaction chimique on a choisir le tubage en PVC pour choisir l'épaisseur et la nuance du métal nous baserons sur les calculs suivants :

III.7. Calcul de la pression hydrostatique :

Cette pression est déterminée par la formule suivante :

$$PH = (Db * H) / 10$$

Tel que:

- **PH** : Pression hydrostatique de la colonne de boue en (Kgf/cm²).
- **Db** : Densité de la boue.
- **H** : Profondeur de forage en m.

On prend la résistance à l'écrasement qui est équivalente au PH, à l'aide d'un tableau déjà utilisé par M^r MABILLOT. Ce qui nous permet de calculer l'épaisseur de la façon suivante :

$$T = \frac{D}{Re}$$

Ou:

- T : Epaisseur du tubage.
- D : Diamètre extérieure de tubage.
- Re : Résistance due à l'écrasement.

En faisant les calculs, nous obtiendrons :

L'épaisseur du tubage est égale à : 6 mm



Figure III.10 : les différents tubes pour le tubage de forage [Source khoumeri. M.L Meftah le juin2020]

III.8. Equipement de la colonne de captage :

III.8.1. Les crépines

La crépine est un des éléments essentiels d'un forage d'eau. C'est une pièce de précision et son usinage doit permettre d'obtenir des ouvertures calibrées au dixième de millimètre.

III.8.2. Longueur et position des crépines

La longueur de la crépine est fonction de l'épaisseur de la formation à capter. La crépine est placée dans les parties ayant les meilleures caractéristiques hydrauliques.

Les éléments nécessaires servant à positionner les crépines sont :

- Diagraphie

- Analyse des échantillons (cuttings)

Ces deux paramètres conditionnent les longueurs des crépines à adopter (voir coupe technique des forages)

III.8.3. Ouverture des crépines

Le choix de l'ouverture des crépines est lié aux dimensions des fentes de la crépine de telle sorte qu'elle ne laisse passer des grains trop fins indésirables. La dimension des fentes sera donc définie par l'étude des courbes granulométrique établies d'après les échantillons recueillis pendant le forage.

L'analyse granulométrie a été faite sur un échantillon de cuttings présentant la fraction la plus fine des horizons traversés par le forage.

A cause de l'épidémie covid-19 on n'a pas arrivé de faire l'analyse granulométrique.

III.8.4. Programme de tubage :

Après l'alésage en 17" ½ et le réalésage en 19" jusqu'à la cote 172 m à la descente des colonnes de tubage en PVC, diamètre 12" épaisseur 0.2 Cm ouverture de crépine 1-2mm.

Le programme de tubage du forage F23 Meftah d'après ANRH Blida sera comme suit :

Profondeur (m)	Type de tube
0-72	T.P
72-80	T.C
80-84	T.P
84-92	T.C
92-96	T.P
96-108	T.C
108-1016	T.P
116-136	T.C
136-144	T.P
144-156	T.C
156-160	T.P
160-168	T.C
168-172	T.P avec sabot de Décantation

Tableau III.3: Le programme de tubage.

T.P = 104 m

T.C = 68 m

Résistance à l'écartement 17 Bar

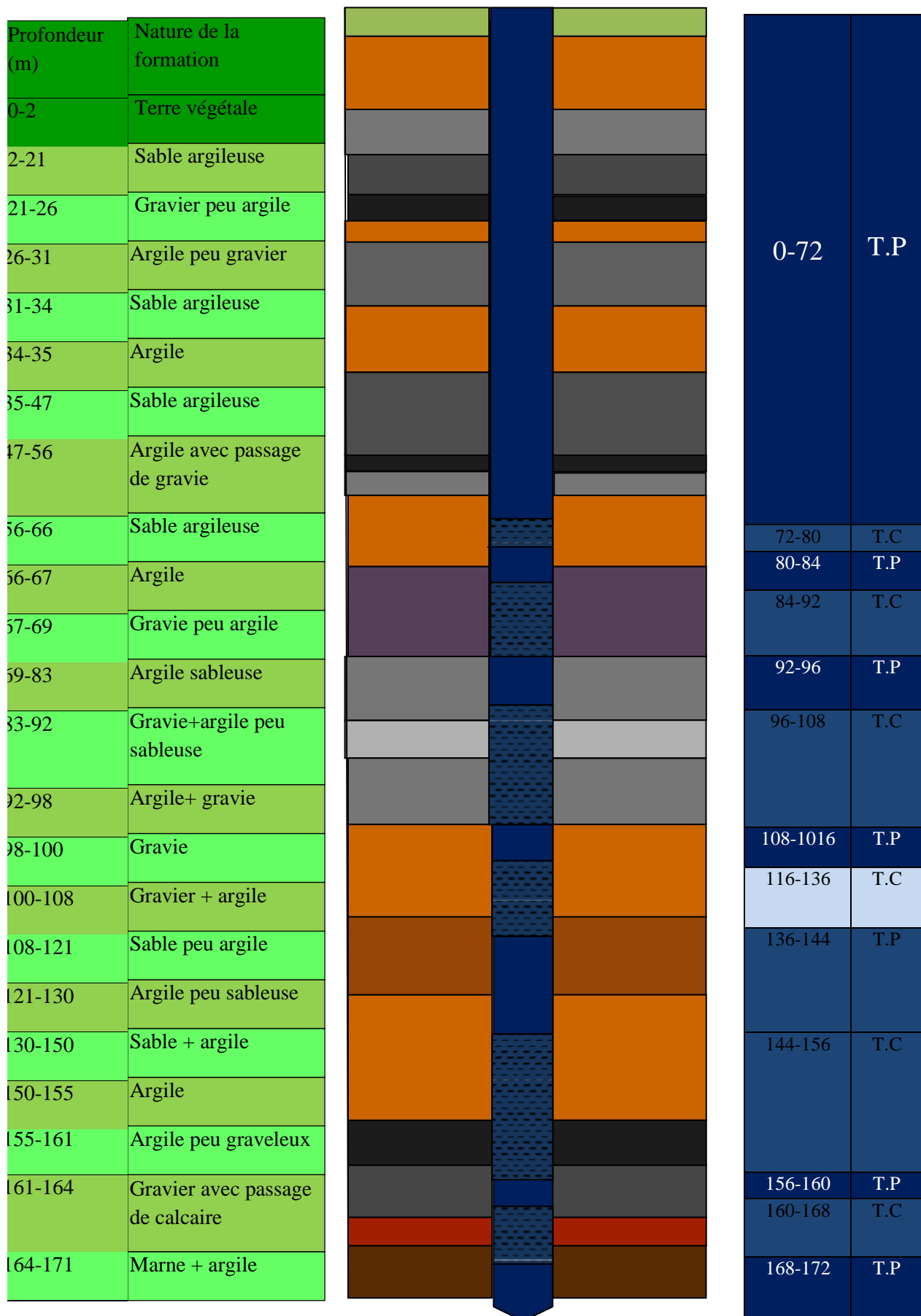


Figure III : courbe de tubage de notre forage F23

III.9. Massif filtrant

Injection le gravier additionnel aprée la décente de tubage et la circulation de la boue, le gravier d'une taille de 3/5 mm et la nature de ce dernier est calibre, rond, siliceux et bien lavé



Figure III.11 : Gravier additionnel du massif filtrant. [3]



Figure III.12 : Mise en place du massif filtrant. [3]

III.9.1. Rôle et mode d'action

Le rôle d'un massif de gravier additionnel est d'améliorer de la capacité spécifique et le rendement de l'ouvrage.

Nous avons utilisé la méthode de gravillonnage en boue gravitaire, le gravier descend dans l'espace annulaire le long du tubage, une remontée de boue par le tube de forage indique quel gravier descend correctement, le volume nécessaire de gravier peut être défini théoriquement (volume du trou foré moins volume de tubage) [3]

III.9.2. Volume du gravier [3]

Calcul du volume gravier, d'après la formule empirique :

$$V = h * 0.8 * (D^2 - d^2) \text{ avec :}$$

V = volume de gravier, en litres

h = hauteur du massif de gravier, en mètre

D = diamètre du trou, en pouces

d = diamètre des tubes, en pouces

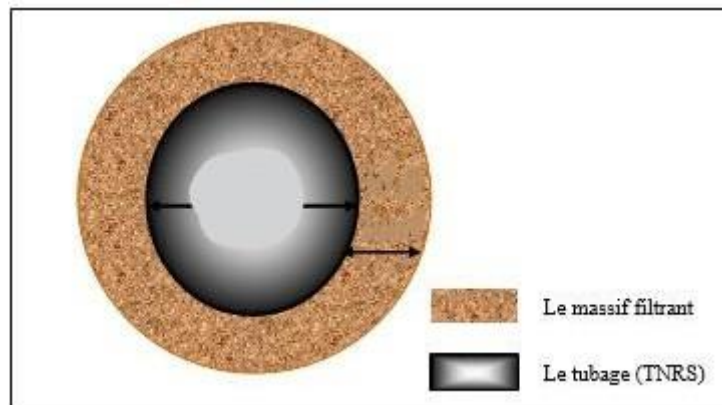


Figure III.13 : Coupe technique transversale de notre forage F23.

III.10. Développement mécanique :

Après l'installation du tubage et du massif filtrant, le trou contiendra de l'eau salé, de la boue, de la roche broyée, de l'huile provenant de la machine de foration et peut être d'autres débris. Par mesure préventive il est nécessaire de procéder à un nettoyage du trou de foration, Cette opération de nettoyage est qualifiée de développement d'un forage.

Le développement d'un forage est une phase très importante qui permet de nettoyer le trou, la crépine et le massif de gravier dans le but d'améliorer les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère autour de la crépine, pour augmenter le débit exploitable et de produire une eau de bonne qualité. La perméabilité du massif de l'aquifère, terrain, près de crépine est ainsi améliorée, notamment, d'une part, par élimination au maximum d'éléments fins et d'autre part par limitation et stabilisation du massif de gravier. [3]

Parmi les nombreuses méthodes utilisées pour le développement d'un forage nous citons :

- Méthode de développement par pompage alternée
- Méthode développement par pistonage
- Méthode de développement à l'air lift (pneumatique)

Dans le cas de notre forage, nous avons utilisées la méthode de développement pneumatique à l'air lift.

Cette méthode est la plus efficace si elle est bien adoptée et bien conduite. Elle présente l'avantage de n'entraîner aucune détérioration du matériel employé. Elle permet de combiner l'action de flux et de reflux provoquée par de grands volumes d'air introduit dans l'ouvrage avec celle de mise en production par air lift.

III.10.2. Mode opératoire :

➤ La méthode à forage ouvert :

L'opération consiste à alterner les phases de pompage et de soufflage brusque. Cette dernière phase est réalisée en descendant le tube d'air à l'air lift l'intérieur de la crépine. Pour faciliter la manœuvre, le robinet d'air doit être du type à boisseau, à ouverture et fermeture rapides au quart de tour.

Nous procédons suivant le protocole suivant :

- Descendre le pied du tube d'eau à 0.60 m environ du sabot de la crépine.
- Descendre ensuite le tube d'air de façon que sa base soit à environ 0.30 m au dessus de celle du tube d'eau.
- Fermer l'air et laisser la pression s'écouler l'eau pulsée par l'air -lift, jusqu'à ce qu'elle ne contienne plus de sable.
- Fermer l'air et laisser la pression monter au maximum au compresseur.
- Pendant ce temps, descendre le sabot du tube d'air à environ 0.30 m au-dessous du sabot du tube d'eau, soit 6 m plus bas que précédemment, et à 0.30 m du fond de la crépine.
- Ouvrir brusquement, le robinet d'air. L'eau sera violemment projetée au-dehors par le tube d'eau et par le casing, mais pendant un temps très court.
- Remonter en suite le tube à sa première position, ce qui provoque un violent reversement de flux dans le tube d'eau et une grande turbulence dans la formation autour de la crépine. L'eau éjectée par air-lift s'écoule, très trouble, par le tube d'eau.
- Quand l'eau redevient claire, remonter le tube d'eau de 0.60 m à 1m et recommencer les opérations précédentes pour traiter la formation au niveau du sabot du tube d'eau, et ainsi de suite, sur toute la hauteur de la crépine.
- Il sera alors nécessaire de redescendre le tube d'eau à sa première position afin de sortir, par air-lift, le sable qui s'est déposé tout au fond de la crépine.
- Lorsque l'eau, extraite à ce dernier stade, sort claire, sans sable, on peut considérer que l'opération est terminée. [9]

Remarque : nous utilisons un compresseur de 16 bars pour injecter l'air lift.

Ce paragraphe c'est le même cas de notre forage F23



Figure III.14 : Photo d'un compresseur de 16 bars.

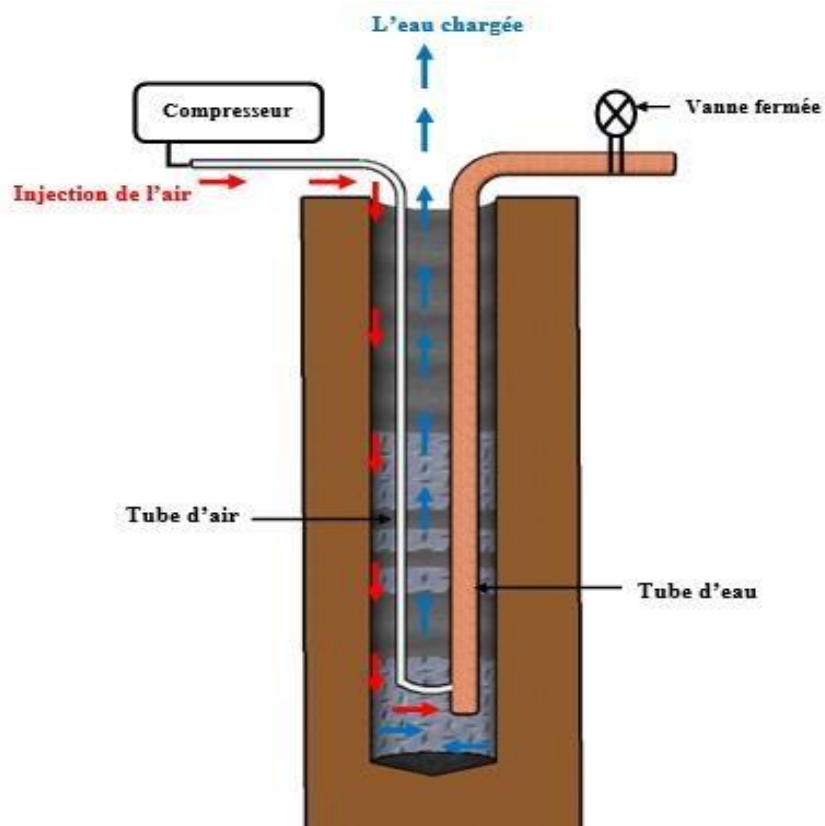


Figure III.15 : Coupe technique longitudinale de l'opération de développement a l'air lift (l'opération de barbotage).

III.10.2 Développement chimique (Traitement à l'héxamétaphosphates) :

L'opération d'élimination des boues de bentonite est très difficile. Le meilleur moyen de disperser la bentonite est d'utiliser des produits contenant du poly-phosphate, ce produit contient de l'héxamétaphosphates (c'est un polymère de Méta-phosphate, sa formule est PO_3NA en solution aqueuse à 4% par m^3).

Nous avons utilisées une quantité de 250 kg dans le cas de notre forage.

Le déroulement de cette opération de traitement se fait en 3 phases :

Phase 1 : Injection d'une quantité de l'héxamétaphosphates au moyen d'un tube face à la zone à traiter, nous pouvons utiliser également le cutting, en particulier lorsque on se trouve en présence d'incrustation de la boue dans la crépine.

Phase 2 : Pompage à l'air lift.

Phase 3 : Laisser la solution de l'héxamétaphosphates au contact avec la boue bentonite, le temps nécessaire pour la réaction chimique jusqu'à 24 heures

Nous réitérons cette opération jusqu'à ce que l'eau extraite devienne claire et propre.

Le développement chimique est la dernière étape avant la mise en service du forage.



Figure III.16 : l'héxamétaphosphate [source : Khoumeri. M.L chiffa le 19 juil 2020]

III.11. Conclusion :

La réalisation de ce forage est commencé le 27/02/2020 et terminé le 25/07/2020 , a été effectuée par la technique rotary, le creusement de forage a été exécuté a l'aide d'un outil de 12"¼ , dans cette opération l'entreprise de réalisation FORMHYD SPA prend des prélèvement des cuttings tous les 1m pour faire une analyse granulométrique pour déterminer le diamètre e massif a gravier et le diamètre des slots des crépines.

Après le creusement il ya l'étape de reconnaissance géophysique l'importance de cette étape est de connaitre les différent couche de sol et déterminer l'emplacement des tubes plain et crépines.

Après la diagraphie il vient l'alésage en 17" ½ et le réalésage de 19" de trou de forage en suite le tubage.

L'avant dernière étape avant la mise en service de forage c'est le développement mécanique et chimique pour le nettoyage du trou de foration de l'eau chargée avec la boue de la bentonite , de la roche broyée et de l'huile provenant de la machine de foration.

VI.1.Introduction :

Dans ce chapitre, abordons sur les essais de pompage, et définissant les différentes caractéristiques hydrodynamiques de notre nappe, ainsi que les conditions optimales d'exploitation.

Une fois que la réalisation de forage terminé, un essai de pompage est effectué

Les essais de pompage ont comme objectifs :

- Détermination des différentes caractéristiques hydrodynamiques de la nappe aquifère :
 - ✓ la transmissivité **T**,
 - ✓ la perméabilité **K**,
 - ✓ le coefficient d'emmagasinement **S**,
 - ✓ l'étendue de la nappe : le rayon d'action **R** (rayon d'influence).
- Le réglage optimal d'exploitation d'un forage pour éviter la surexploitation de la nappe, à travers:
 - ✓ la détermination du débit spécifique, du rabattement spécifique, la productivité de l'ouvrage, le débit maximum admissible et le rabattement admissible,
 - ✓ la détermination des durées et des périodes de pompage,
 - ✓ la détermination de la position optimale pour l'emplacement de la pompe (l'étude de l'évolution des rabattements en fonction des débits),

Pour une nappe libre telle que la nappe de la Mitidja un essai de durée de 100h est suffisant pour déterminer les caractéristiques de la nappe, le rabattement du niveau de la nappe a été régulièrement suivi par une sonde électrique.[3]

IV.2 Organisation des essais de pompage :**IV.2.1 Moyens matériels :**

Les deux paramètres nécessaires qui doivent être mesurés lors de l'essai de pompage sont le niveau d'eau dans le forage et le débit d'extraction de l'eau.

Le matériel utilisé pour observer ces deux paramètres est le suivant :

IV.2.1.1 Observation de niveau d'eau :**IV.2.1.1.1 Sonde piézométrique manuelle :**

La sonde piézométrique est un instrument utilisé pour mesurer la profondeur (en m) de la surface de la nappe souterraine.



Figure IV.1 : Sonde piézométrique manuelle source ; [khoumeri. M.L, Meftah le 20 juil 2020]

IV.2.1.2 Observation des débits de pompage :

IV.2.1.2.1 Débitmètre :

Lorsqu'un équipement plus sophistiqué est disponible, les débits peuvent être mesurés par des débitmètres, qui sont de divers types. Il utilise des pistons à ressort qui sont défléchis par le flux d'eau, et le débit est lu sur l'échelle graduée. Il est important de vérifier le débit en utilisant une autre méthode, d'utiliser correctement la jauge et de maintenir le matériel en bon état.



Figure IV.2: Débitmètre [source khoumeri. M.L, Meftah le 20 juil 2020]

➤ **Compteur analogique d'eau :**

Certains débitmètres enregistrent le volume d'eau cumulé qui passe par le compteur, donc il est nécessaire de faire des relevés à des heures précises et de calculer le débit, après avoir vérifié les unités que le compteur utilise.



Figure IV.3 : Compteur analogique[source :khoumri.M.L, Meftah le 20/07/2020].

➤ **Conduit d'évacuation :**

Pour transporter l'eau pompée assez loin de forage. Dans notre cas l'eau pompée sera évacuée dans un canal de réseau d'assainissement.



Figure IV.4 : Conduite d'évacuation[source :khoumri.M.L, Meftah le 20/07/2020].

- nous utilisons un compresseur de 16 bars.



Figure IV.5 : Compresseur pneumatique[source :khomri.M.L, Meftah le 20/07/2020].

IV.3. Les essais de pompage :

Les rabattements dus aux essais de pompage sont répartis en deux catégories : essai de puits et essai de nappe dont les solutions théorique, servent à déterminer les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère.[3].

IV.3.1. Les pompages par paliers de débits ou essai de puits:

Il s'effectue en réalisant des paliers de débit constant (régime permanent) pendant une courte durée. On mesure le rabattement à la fin de chaque palier ainsi que le débit. Chaque palier est suivi par un arrêt d'une durée permettant la remontée de niveau d'eau. Par expériences, trois paliers avec débits croissants, dont chacun de deux heures sont suffisants.[3].

IV.3.2. Le pompage de longue durée ou essai de nappe:

Il s'agit d'un pompage à débit constant réalisé généralement sur 48 heures avec un débit constant. Mais pouvant atteindre des durées bien plus importantes, la durée de pompage peut être de plusieurs mois en continu. Les rabattements dus aux essais de pompage sont répartis en deux catégories de solutions théoriques, servant à déterminer les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère.

Les solutions en régime permanent permettent d'obtenir la transmissivité T et de déduire par la suite la conductivité hydraulique K . ;

Les solutions en régime transitoire permettent en plus d'estimer le coefficient d'emmagasinement S . [3].

IV.4. Les Essais de débit :

Le forage a subi un essai de débit du 15/07/2020 au 20/07/2020, dans le but est de déterminer le débit maximum d'exploitation et le rabattement correspondant ou admissible d'une part et le dimensionnement des caractéristiques de l'équipement électromécanique, d'autre part. pour cela, trois paliers de 8h de durée ont été réalisés. Les résultats obtenus sont compilés dans le tableau suivant :

- Niveau statiques (NS) = 77 m

palier	Débit (l/s)	Durée (h)	Niveau dynamique	Rabattement (m)
1	10	8	86.59	9.59
2	15	8	90.73	13.73
3	18	8	94.05	17.05

Tableau IV.1 : Résultats de l'essai de pompage (courte durée)

Chaque palier est séparé par un arrêt identique de 10 h, afin de permettre la remontée des eaux à son niveau initial. L'essai de débit permet de tracer une courbe caractéristique ou courbe débit/rabattement représentant la fonction $S = f(Q)$ en portant sur un graphique linéaire, les débits sur l'axe des abscisses et les rabattements sur l'axe des ordonnées. Cette dernière permettra de déterminer le point d'inflexion, qui correspond au débit maximum et au rabattement maximum.

- Débit critique **Qc = 13.6l/s**
- Rabattement correspondant **S = 15.3m**

IV.5. Calcul des pertes des charges

L'objectif de ces calculs consiste à juger le rendement du forage et connaître si l'équipement annulaire et tubulaire est parfait.

Le rabattement mesuré dans l'ouvrage à un instant « t » est la somme de deux composantes, nommées pertes de charge, exprimées en mètres de hauteur d'eau, caractérisant le complexe aquifère/ ouvrage de captage :

- Une perte de charge linéaire provoquée par l'écoulement laminaire dans l'aquifère au voisinage du puits, notée BQ.
- Une perte de charge quadratique, provoquée par l'écoulement turbulent dans l'ouvrage, crépine et tubage, notée CQ^2

Le rabattement total S à l'instant « t » est ainsi donné par l'expression de C.E.JACOB (1946)

$$S_c = BQ + CQ^2$$

Le rabattement correspondant à chaque palier de débit est calculé par la même expression Avec :

CQ^2 : perte de charge quadratique est égale à (0.18496)

BQ : perte de charge linéaire est égale à (13,0696)

B : cordonnée à l'origine de la droite égale à (0.961).

C : la pente de la droite $S/Q = f(Q)$ est égale à (0.001).

Forage	Q (l/s)	Sm (m)	S/Q (m/l.s)	Sc (m)	B	C
F23	10	9.59	0.95		0.961	0.001
	15	13.73	0.91			
	18	17.05	0.94			

Tableau IV.2 : Essai de débit par palier du forage suivi.

Sm : Rabattement mesuré Sc : rabattement calculé

S/Q : Rabattement spécifique (m/l.s).

Sc : Rabattement calculé

Les rabattements calculés par l'équation de la droite représentative (Figure.IV.6), sont presque identiques à ceux mesurés au moment du pompage. Les valeurs obtenues ne superposent toute fois pas parfaitement à la courbe débit/rabattement. En plus, la droite représentative, des débits en fonction du rabattement spécifique, passant loin de l'origine, permet de constater que les pertes de charges linéaires provoquées par l'écoulement laminaire au voisinage de l'ouvrage, sont aussi fortes. Les pertes de charges qui peuvent être envisagées sont dues aussi à l'écoulement turbulent dans le forage, provoqué par l'équipement technique de l'ouvrage.

Ainsi, on peut dire que l'équipement du forage est mal conçu suivant l'équipement tubulaire adopté par la Direction des Ressources en Eau de la Wilaya de Blida.

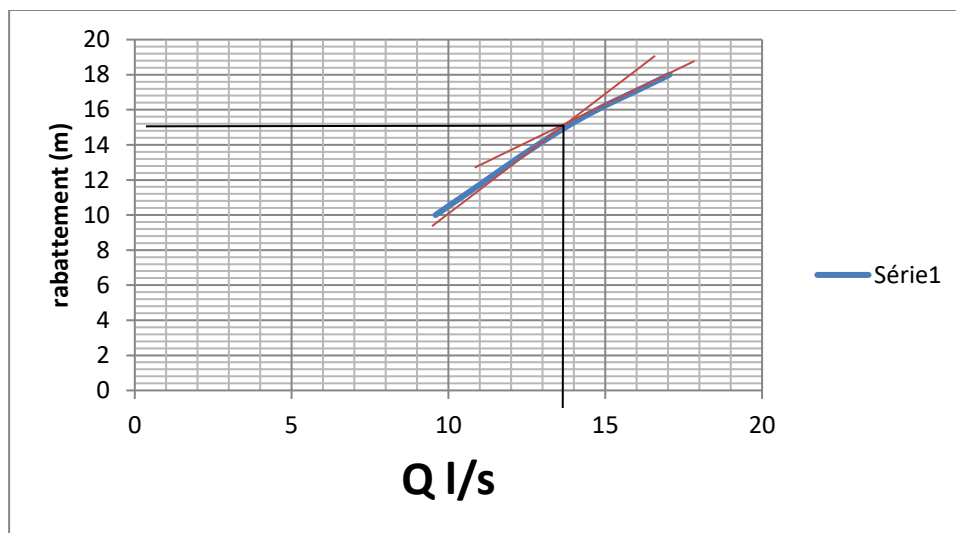


Figure IV.6 : Courbe caractéristique du forage suivi

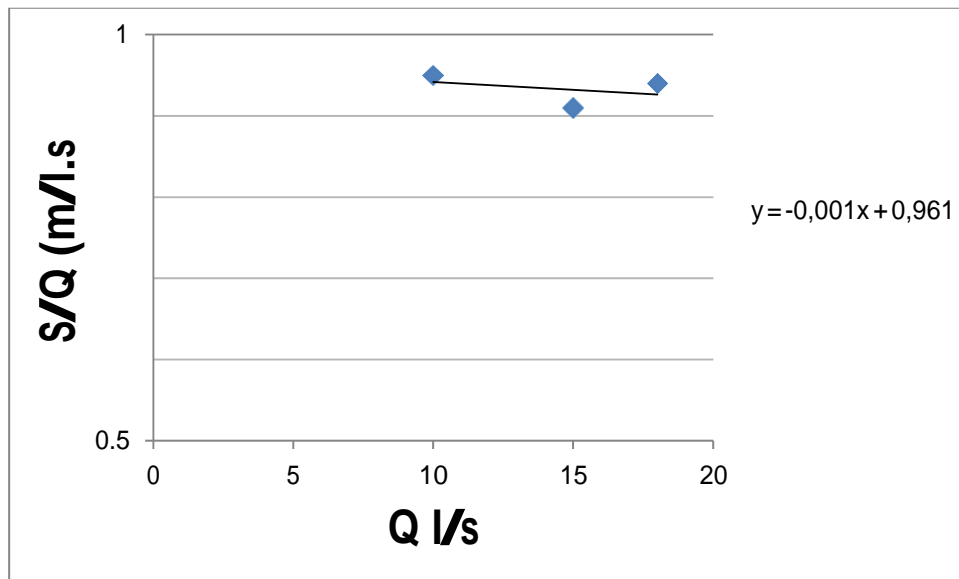


Figure IV.7 : Droite débit en fonction du rabattement spécifique du forage suivi

IV.6 Essais de longue durée

Un essai de pompage de longue durée, à débit constant (18 l/s), a été réalisé jusqu'à stabilisation du niveau d'eau dans le forage, soit donc 48 heures de pompage continu. Les niveaux dynamiques ont été suivis au niveau du forage en pompage. Les résultats de cet essai sont compilés dans le tableau joint en annexe.

L'interprétation de l'essai de pompage a été établie par l'application de la méthode de C.E. Jacob. Cette méthode découle de l'équation de THEIS, qui se réduit à la formule d'approximation logarithmique de Jacob, quand le temps de pompage croît et devient assez grand (u inférieur ou égal à 0,01).

L'équation de JACOB s'écrit [8] :

$$S = \frac{0.183Q}{T} \log \frac{2.25Tt}{x^2 S'}$$

S = rabattement théorique en m

S' = coefficient d'emmagasinement

Q = débit de pompage constant en m^3/s

T = transmissivité en m^2/s

t = temps écoulé depuis le début de pompage en s.

x = distance du piézomètre d'observation à l'axe du puits de pompage en m. Cette formule simplifiée donne une solution d'autant plus proche de la courbe de dépression réelle à l'instant t que x est plus petit.

Les données de pompes sont reportées sur un papier graphique semi-logarithmique

(Figure IV. 8). Les rabattements ou les profondeurs du niveau d'eau, sont exprimés en mètre, de haut en bas, en cordonnées linéaires et les temps de pompages en abscisses logarithmique. La droite passant par les points obtenus a pour équation: [5]

$$S = 0.183 \frac{Q}{T} \left[\log \frac{2.25Tt}{r^2S'} + \log t \right]$$

C'est une fonction de la forme $y = a + b x$

Dans ce cas précis $y = a (\log b + \log x)$

La constante "a" est déterminée par la pente de la droite représentative, d'où

$$a = 0.183 \frac{Q}{T} = \frac{dy}{dx} = \frac{\Delta(S)}{\Delta \log t}$$

Les valeurs $\Delta(S)$ et $\Delta \log t$ sont données par l'accroissement du rabattement dans un cycle logarithmique; dans ce cas. On a donc:[5]

$$S = C = 0.183 \frac{Q}{T}$$

Si cette droite coupe l'axe des temps (cas des mesures effectuées dans un piézomètre) en un point "t⁰" pour un rabattement nul. Le deuxième terme de l'équation s'écrit:

$$\log \frac{2.25Tt^0}{x^2S'} = 0$$

D'où

$$\frac{2.25Tt^0}{x^2S'} = 1$$

On détermine ainsi T et S de la façon suivante:

$$T = \frac{2.25t^0}{s^2S'} \quad \text{Et} \quad S = \frac{2.25Tt^0}{s^2}$$

La descente a été observée pendant 48H avec un rabattement final de 18 m. Les données de pompages (temps et rabattement) ont été reportées sur digramme semi-logarithmique traçant la droite représentative de la descente (Figure IV.8).

La courbe observée, ne montre pas l'effet de capacité de l'ouvrage, provoquant un écoulement turbulent qui traduit une perte de charge quadratique, cars les mesures effectuées ont été réalisées sur un pas de temps trop large (voir annexe). Les rabattements montrent un accroissement normal après 4 mn de pompage, avant d'observer un palier de stabilisation des rabattements après 4 h de pompage qui persiste pendant 48h (figure IV.9). Ce phénomène peut être expliqué par l'étude de l'évolution du cône de dépression. Lors du pompage le cône de

dépression se développe dans l'aquifère, en régime transitoire, jusqu'à la limite à niveau constant (potentiel imposé). Ce phénomène est l'indice d'un débit entrant (limite d'alimentation). La remontée a été observée pendant 3h, pendant laquelle nous observons une remontée prompte après 90 mn de l'arrêt de pompage, témoignant d'un apport de l'aquifère à partir d'une importante zone d'alimentation.

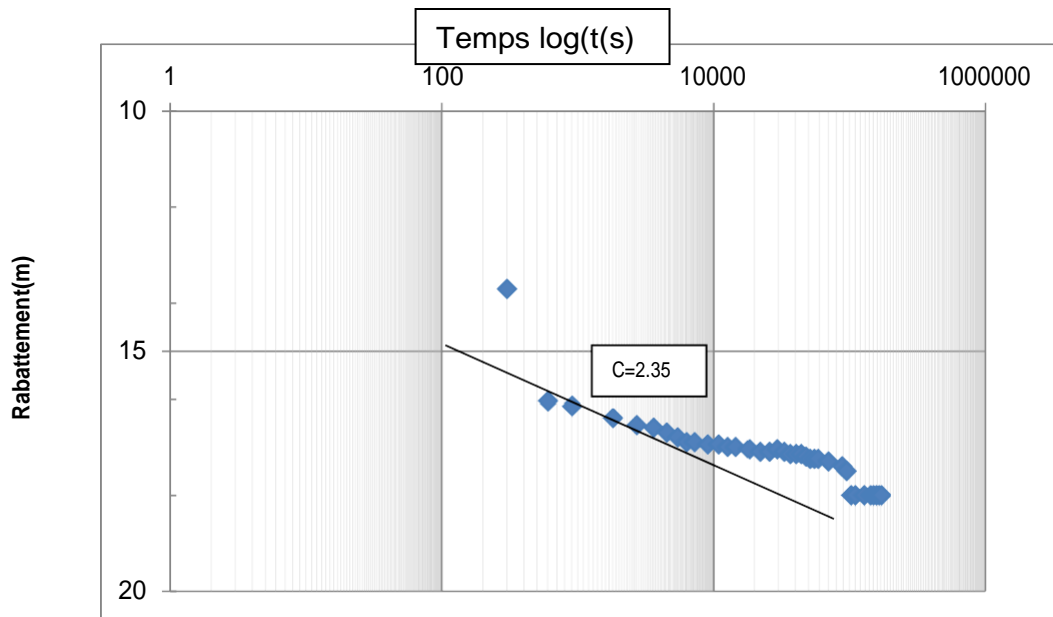


Figure IV.8: Droite représentative de la descente du forage

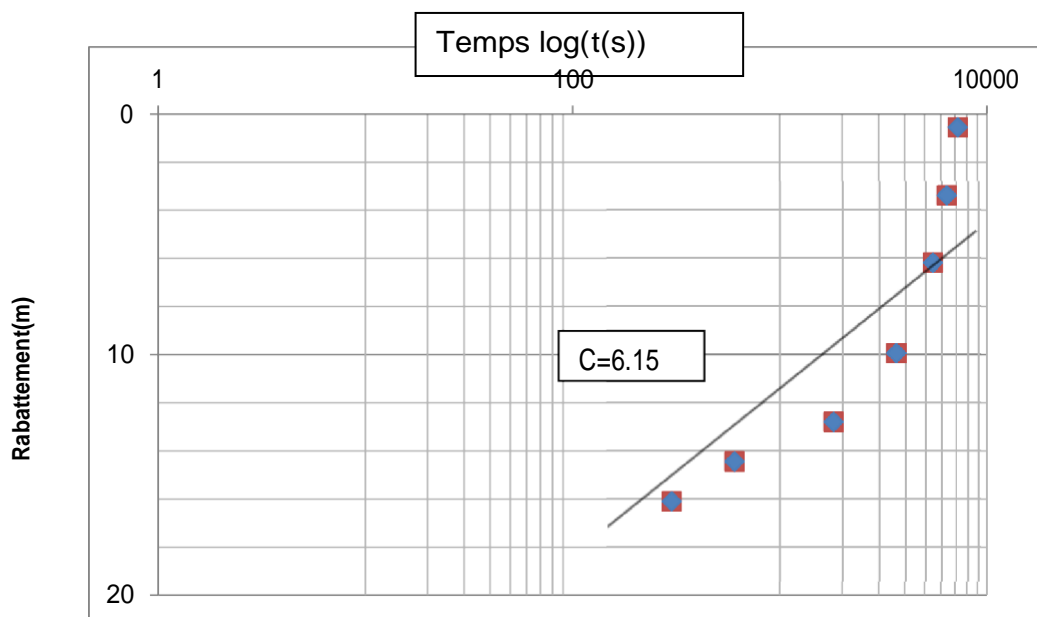


Figure IV.9 : Droite représentative de la remontée du forage suivi.

IV.7 Calcul des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère :

Pour les calculs nous avons utilisé les deux cas expérimentaux : la remontée et la descente.

IV.7.1 La descente

$$\text{La tangente : } tng = a = \frac{\Delta K}{cy\delta_2 - cy\delta_1} = 2.35 \text{ m}$$

$$T = \frac{0.183Q}{i} + \frac{0.183 \times 0.018}{2.35} = 1.401 \times 10^{-3} \text{ N}^2/\text{s}$$

En absence d'un piézomètre, où on pourra suivre les rabattements causés par le pompage, nous ne pouvons pas calculer le coefficient d'emmagasinement. Toutefois, connaissant l'épaisseur saturé de l'aquifère (95m, selon la coupe du forage), nous avons déduit la perméabilité selon la formule de Darcy ($K = T/h$). Les résultats obtenus sont compilés dans L'annexe (Tableau 4).

IV.7.2 La remontée :

$$\text{La tangente : } tng = a = \frac{\Delta K}{cy\delta_2 - cy\delta_1} = 6.15 \text{ m}$$

$$T = \frac{0.183Q}{i} + \frac{0.183 \times 0.018}{6.15} = 0.5356 \times 10^{-3} \text{ N}^2/\text{s}$$

La transmissivité moyenne (T_{moy}) déduite du calcul lors de la descente et de la remontée est égale à $0,968 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

IV.7.3 Conductivité hydraulique K:

Nous avons déduit la perméabilité selon la formule : $T = K \times e$

e : étant l'épaisseur de la nappe libre

Dans le cas de notre forage, l'épaisseur de l'aquifère à nappe libre correspond à sa charge statique de 95 m (selon la coupe du forage).

Avec $K = T/e$ nous obtenons

Paramètre	Descente	Remontée
T (m ² /s)	1.40x10 ⁻³	0.53x10 ⁻³
K (m/s)	1.47x10 ⁻⁵	0.56x10 ⁻⁵

Tableau IV.3 : caractéristiques d'hydrodynamiques de la nappe de la Mitidja mesurées au forage suivi

On constate ainsi que les transmissivités mesurées sont inférieures à 10^{-3} . Les perméabilités

déduites confirment la forte présence d'agiles, soit en intercalation, soit en matrice dans la masse alluvionnaire de l'aquifère de la Mitidja.



Photo N°14 : Photo montrant le déroulement des essais des pompages au niveau du forage.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale :

Dans cette étude, nous nous sommes intéressées à la réalisation d'une synthèse hydrogéologique compilant toutes les informations hydro-climatologique, géologique, géophysique et environnementaux qui permettent d'implanter un ouvrage de captage des eaux souterraines dans les meilleures conditions hydrogéologiques, en vue de renforcer l'alimentation en eau potable du Souakria Meftah

La Mitidja est une riche plaine d'Algérie du nord que ce soit par des terres fertiles ou bien par ses ressources en eau souterraines qui sont très importantes.

La région étudiée est située dans la partie centrale de la Mitidja. L'étude hydro climatologique montre que le secteur de **Souakria, Meftah** est caractérisé par un climat régional méditerranéen très froid en hivers, et chaud en été la station pluviométrique de l'Arbaa enregistrées annuellement une moyenne de 637 mm période (1980, 2014) de pluie.

L'étude géologique montre que la plaine correspond à un bassin de subsidence continue renfermant le remplissage Plio-quadernaire, le massif de l'atlas Blidéen composé d'un socle métamorphique d'âge crétacé, le massif d'Alger entouré par des dépôts sédimentaires d'âge plio-quadernaire et le Sahel. Ces deux constituants sont limités en leur partie méridionale par le bassin de la Mitidja. Plus au Sud les reliefs de l'Atlas Blidéen, limitent la Mitidja L'étude géophysique réalisée par la CGG(1967) a permis d'illustrer la géométrie des aquifères (les alluvions du quadernaire et l'astien gréseux) les marnes et les argiles bleue du Miocène et du Palis ancien jouent le rôle de substratum.

Par ailleurs, La plaine de la Mitidja a un potentiel très important de ressources en eaux, elle est constituée de deux aquifères séparés par des formations marneuses imperméables dites les marnes d'El-Harrach L'aquifère Astien est présente un faciès gréseux. L'aquifère du Quadernaire, qui a une surface libre, est formé par des alluvions récentes et anciennes. C'est l'aquifère le plus exploité. Après l'étude hydrogéologique ; ont mise en évidence deux grande réservoirs aquifères.

Les travaux de creusement de la réalisation des forages ont été exécuté par plusieurs étapes de fonçages (forage de reconnaissances, l'engistrement du diagraphie électriques, l'alésage, réalésage, mise en place de tubage, l'injection du gravier additionnel, développement à L'air lift, traitement chimiques et essais de pompages)

Pour la détermination des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère de la Mitidja, au niveau de champs de captage d'eaux souterraines, un pompage d'essais de longue durée à été effectué et a permis de déterminer la transmissivité, Les vitesses sont très différentes selon la direction considérée.

Le suivi des travaux de réalisation du forage ainsi proposé sur une profondeur de **172 m** captant les alluvions quadernaire de la nappe de la Mitidja, a permis de mieux équiper le forage en vu d'améliorer son rendement et sa durabilité L'interprétation de la diagraphie et la description des cuttings ont permis de rencontrer plusieurs couches perméables, ce qui a permis d'établir un programme d'équipement tubulaire et de dimensionner le slot des crépines et le massif filtrant.

CONCLUSION GENERALE

Les étapes de fonçage du forage, ont été bien suivies depuis la reconnaissance des terrains traversés jusqu'à l'essai de pompage de ce forage.

Le forage d'exploitation a donné un débit intéressant de 18 l/s, ce qui correspond à la prévision tracée par la DRE de Blida. Nous remarquons également, qu'au niveau de la plaine de la Mitidja, dans la région où est implanté le forage les risques de pollution des eaux souterraines sont réduits par l'inexistence de pôles industriels ou de rejets d'usées, les teneurs en nitrates pouvant provenir de l'activité agricole, très intense dans la région, ne dépassent pas les normes de potabilité.

Pour finir, nous terminons ce modeste travail par quelques recommandations qui se résument comme suit :

- 1- La réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement des ressources en eaux des travaux de réalisation du forage en phase de réalisation et en phase d'exploitation.
- 2- Dimensionnement et délimitation des périmètres de protection de la ressource autour du forage. Il s'agit de la réalisation du périmètre immédiat qui permet la protection de la tête du forage par la construction d'un abris et d'un mur de clôture en maçonnerie dure et d'un périmètre rapproché dans lequel seront réglementées toutes les activités pouvant nuire la qualité des eaux d'une part et l'interdiction de réalisation de forage d'eau afin d'éviter leur interférences lors de leur exploitation, d'autre part.

Les essais par palier devraient être repris en ajoutant un palier supplémentaire avec un débit de 18 l/s afin de bien caractériser le rendement du forage, c'est à dire connaître le débit d'exploitation ou débit critique et le rabattement admissible.

ANNEXE

ANNEXE

palier	la datte	temps (h)	temps (min)	Niveau dynamique (m)	Rabatement (m)	débit (l/s)
1 ^{ere} palier		08:00	0	77	0	10
			5	85.30	8.3	
			10	85.50	8.5	
			15	85.70	8.7	
			30	85.85	8.85	
			45	85.90	8.9	
		09:00	0	85.90	8.9	
			15	85.99	8.99	
			30	86.05	9.05	
			45	86.21	9.21	
		10:00	0	86.29	9.29	
			30	86.35	9.35	
		11:00	0	86.38	9,38	
			30	86.42	9,42	
		12:00	0	86.44	9.44	
		13:00	0	86.46	9.46	
		14:00	0	86.49	9.49	
		15:00	0	86.50	9.50	
		16:00	0	86.51	9.51	
		17:00	0	86.51	9.51	
18:00	0	86.59	9.59			

Tableau 1 : résultats de lesessais de pompagede petite durée 1^{ere} palier.

Deuxième palier : Q = 15 l/s.

palier	la datte	temps (h)	temps (min)	Niveau dynamique (m)	Rabattement (m)	Débit (l/s)
2 ^{eme} palier		08:00	0	77	0	15
			5	88.20	11.20	
			10	88.30	11.30	
			15	88.45	11.45	
			30	88.60	11.60	
			45	88.70	11.70	
		09:00	0	88.85	11.85	
			15	89.35	12.35	
			30	89.80	12.80	
			45	90.05	13.05	
		10:00	0	90.25	13,25	
			30	90.45	13.45	
		11:00	0	90.45	13.45	
			30	90.50	13.50	
		12:00	0	90.60	13.60	
		13:00	0	90.68	13.68	
		14:00	0	90.70	13.70	
		15:00	0	90.70	13.70	
		16:00	0	90.73	13.73	
		17:00	0	90.73	13.73	

Tableau 2 : résultats de les essais de pompage de petite durée 2^{eme} palier

Troisième palier : Q = 18 l/s.

palier	la date	temps (h)	temps (min)	Niveau dynamique (m)	Rabattement (m)	débit (l/s)
3 ^{eme} palier		08:00	0	77	0	18
			5	92.80	15.8	
			10	93.05	16.05	
			15	93.15	16.15	
			30	93.25	16.25	
			45	93.30	16.30	
		09:00	0	93.40	16.40	
			15	93.50	16.50	
			30	93.65	16.65	
			45	93.65	16.65	
		10:00	0	93.90	16.90	
			30	93.95	16.95	
		11:00	0	93.95	16.95	
			30	94.00	17	
		12:00	0	94.00	17	
		13:00	0	94.05	17.05	
		14:00	0	94.10	17.10	
		15:00	0	94.10	17.01	
		16:00	0	94.10	17.10	
		17:00	0	94.05	17.05	

Tableau 3 : résultats de les essais de pompage de petite durée 3^{eme} palier

Les essais de pompages de longue durée: Q=18

l/s. la descente

la date	temps(h)	temps (min)	temps (s)	niveaux dynamique (m)	Rabattement(m)
	08:00	0	0	77	0
	5	5	300	90.70	13.70
	10	10	600	93.05	16.05
	15	15	900	93.15	16.15
	30	30	1800	93.40	16.40
	45	45	2700	93.55	16.55
	09:00	60	3600	93.60	16.60
	15	75	4500	93.70	16.70
	30	90	5400	93.80	16.80
	45	105	6300	93.90	16.90
	10:00	120	7200	93.90	16,90
	30	150	9000	93.95	16.95
	11:00	180	10800	93.95	16.95
	30	210	12600	94.00	17
	12:00	240	14400	94.00	17
	13:00	300	18000	94.05	17.05
	14:00	360	21600	94.10	17.10
	15:00	420	25200	94.10	17.01
	16:00	480	28800	94.05	17.05
	17:00	540	32400	94.10	17.10
	18:00	600	36000	94.15	17.15
	19:00	660	39600	94.15	17,15
	20:00	720	43200	94.15	17,15
	21:00	780	46800	94.20	17,20
	22:00	840	50400	94.25	17.25
	23:00	900	54000	94.25	17.25
	24:00:00	960	57600	94.25	17.25
	03:00	1140	68400	94.30	17.30
	08:00	1440	86400	94.40	17.40
	10:00	1560	93600	94.50	17.50
	12:00	1680	100800	95	18
	15:00	1800	108000	95	18
	20:00	2100	126000	95	18
	24:00:00	2340	140400	95	18
	02:00	2460	147600	95	18
	04:00	2580	154800	95	18
	06:00	2700	162000	95	18
	08:00	2820	169200	95	18

Tableau 4 : résultats de les essais de pompage de longue durée (décante)

la remontée

la datte	temps(h)	temps (min)	temps (s)	Niveaux dynamique (m)	Rabattement (m)
	08:00	0	0	95	18
	5	5	300	93.10	16,10
	10	10	600	91.45	16.45
	30	30	1800	89.80	12.8
	09:00	60	3600	86.95	12,95
	30	90	5400	83.20	6.2
	45	105	6300	80.40	3.4
	10:00	120	7200	77.55	0.55

Tableau 5 : résultats de les essais de pompage de longue durée (remonte).

Les Références Bibliographique

[1] : ANRH Blida

[2] : Siham et Khadidja mémoire suivi de réalisation de forage des travaux AEP

[3] : KAHBOUB Brahim & MOHAMED ALIBachir, 2017 Le suivi hydrogéologique de travaux de forages d'eau pour l'alimentation en eau potable de la nouvelle ville de Blida (dans la plaine de la Mitidja, Bouinane,)

[4] : DRE Blida

[5] : Google earth

[6] : Bouhmida. H et Hazedj. H (mémoire 2015) Techniques de forage et étude des caractéristiques de la boue dans les différentes phases à Hassi Messaoud (ONK 243) et à Gassi Touil (NZ26)

[7] : <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Mitidja>

[8] : cour de hydraulique souterraine master 1 prof Masaoud Nacer

[9] : Youcef Tahar Belkacem (étude hydrogéologique pour l'implantation d'un fourrage d'eau dans la zone de plaine de la Mitidja région de Mouzaia)

[10] : conception et réalisation de forage (DINEPA)(version mardi 27 aout 2013

[11] : ANRH alger

[12] : google

[13] : cour technique et reconnaissance de forage master 02

