

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA



Faculté des sciences appliquées  
Département de Génie Civil et Hydraulique

Option : Forage d'eau

Mémoire Fin d'étude pour l'obtention du diplôme de  
Master Professionnel

# Réalisation et suivi de forage Garret Echouf commenne Rouissat Ouargla

Présenté par :

- BENTARFA Youcef
- MEKKAOUI Taha

Devant le jury composé de :

Mr. SAGGAI Sofyan	MCA	Univ. Ouargla	Président
Mr. DJEBARI Hacene	MCB	Univ. Ouargla	Examineur
Mm. MANSORI Zina	MCA	Univ. Ouargla	Encadreur
Mr. ARRIF Salim	Ingénieur	ANRH Ouargla	Co-Encadreur

Année universitaire 2022/2023

## *Remerciements*

Tout d'abord, nous remercions  
Notre Dieu qui nous a donné force et courage afin d'achever notre travail.

Nous voudrions remercier **Mm. MANSOURI Zina** qui a fourni  
Des efforts énormes, à travers informations, conseils et encouragements.

Nous tenons également à remercier les messieurs

Members du jury:

**Mr. SAGGAI Sofyan**

**Mr. DJEBARI Hacene**

Pour l'honneur qu'ils nous ont fait

En acceptant de siéger à notre défense

Nos sincères remerciements à **Mr. ARRIF Salim**, qui a sacrifié son temps pour nous.

Et tous les professeurs du département de génie

Civil et Hydraulique

Pour tous ceux qui étaient dans un moment ou tous Une partie de ce travail.

Nos plus sincères remerciements à tous ceux

Qui de près ou de loin ont contribué à

Attendre le mémoire.

# *Dédicace*

**Ce modeste travail est dédié à :**

**-Deux personnes exceptionnelles ma mère**

**Et mon père, qui m'ont entouré par**

**Leurs Soutien et encouragement.**

**- Mes frères.**

**-Mes amis.**

**-A mon binôme.**

**A tous mes camarades de classe.**

**-A tout qui m'ont aidé à réaliser ce travail surtout :**

**Personnel de la Direction de A.N.R.H.**

**BENTARFA Youcef**

# *Dédicace*

**Ce modeste travail est dédié à :**

**-Deux personnes exceptionnelles ma mère**

**Et mon père, qui m'ont entouré par**

**Leurs Soutien et encouragement.**

**- Mes frères.**

**-Mes amis.**

**-A mon binôme.**

**A tous mes camarades de classe.**

**-A tout qui m'ont aidé à réaliser ce travail surtout :**

**Personnel de la Direction de A.N.R.H.**

**MEKKAOUI Taha**

# Sommaire

Remerciements .....	I
Dédicace.....	II
Sommaire .....	IV
Liste des figures .....	VI
Liste des photos.....	VII
Liste des tableaux .....	VIII
Abréviations .....	IX
Résumé .....	X
Introduction générale.....	1
Partie I.....	2
Chapitre I : Techniques & équipements des forages .....	3
I.1. Introduction .....	2
I.2. Les techniques utilisées dans le forage.....	2
I.3. La technique rotary.....	2
I.3.1. Principe de forage rotary .....	3
I.3.2. Les avantages de forage rotary .....	4
I.3.3. Les inconvénients de forage rotary .....	4
I.4. LES EQUIPEMENT DE FORAGE ROTARY .....	4
I.4.1. ÉQUIPEMENT DE SURFACE ( Surface Equipment ).....	5
I.4.2. ÉQUIPEMENTS DE FOND.....	11
I.5. Conclusion.....	13
Chapitre II : Phases de réalisation d'un forage rotary .....	14
II.1. Introduction .....	14
II.2. Phases de réalisation d'un forage rotary .....	14
II.2.1. La préparation du chantier .....	14
II.2.2. Moyens mobilisés sur le terrain.....	14
II.2.3. Préparé les bassins à boue .....	14
II.2.4. Fluide de forage .....	15
II.3. Phases entreprendre pour la réalisation d'un forage au Rotary : .....	18
II.3.1. Tube guide.....	18
II.3.2. La Colonne de production .....	19
II.3.3. La Colonne de Captage .....	21
II.4. Développement du Forage .....	23
II.4.1. Essai de pompage.....	23

II.4.2.	Essais de pompage à paliers de débits de courte durée.....	23
II.4.3.	Essais de pompage de longue durée.....	24
II.5.	Equipement de surface.....	24
II.6.	Conclusion.....	24
Partie II	.....	25
Chapitre I : présentation de forage garret echouf et ces équipements	.....	26
I.1.	Introduction.....	25
I.2.	Choix d'un site du forage.....	25
I.3.	Objectif du forage.....	25
I.4.	Situation géographique de la zone d'étude.....	25
I.5.	Localisation du forage.....	26
I.6.	Installation du chantier et travaux de surface.....	27
I.6.1.	Les bassins de la boue.....	28
I.6.2.	Les équipements de forage utilisé.....	29
I.7.	DESCRIPTION DES TRAVAUX.....	31
I.7.1.	Construction du forage.....	31
I.7.2.	PHASE I. : Tube guide.....	31
I.7.3.	PHASE II. : Colonne de production.....	33
I.7.4.	PHASE I. : Colonne de captage.....	39
I.8.	Conclusion.....	42
Chapitre II : Développement et essai des pompages de forage	.....	43
II.1.	Introduction.....	43
II.2.	Development.....	43
II.2.1.	Principe.....	43
II.2.2.	Mesure le niveau statique.....	44
II.3.	Essai des pompages.....	44
II.4.	Essai de débit.....	44
II.5.	Essai par palier.....	44
II.6.	Essai de longue durée à débit constant.....	45
II.7.	Calcule le rabattement spécifique et débit spécifique.....	47
II.8.	Les pertes de charge quadratique et linéaires.....	48
II.8.1.	Calcule des pertes de charge quadratique et linéaires.....	48
II.8.2.	Interprétation des pertes de charges linaires et quadratiques.....	49
II.9.	Conclusion.....	49
Conclusion générale	.....	50
Références	.....	51

## Liste des figures

<b>Figure 1: Dispositif schématique d'un atelier de forage rotary.</b> .....	<b>3</b>
<b>Figure 2: Schéma de fonctionnement de forage au rotary [4].</b> .....	<b>5</b>
<b>Figure 3: Le moufle fixe.</b> .....	<b>7</b>
<b>Figure 4: Équipement de mouflage.</b> .....	<b>8</b>
<b>Figure 5: Travail d'un Outil.</b> .....	<b>13</b>
<b>Figure 6: Circuit de la boue.</b> .....	<b>17</b>
<b>Figure 7: pert de cicalation.</b> .....	<b>18</b>
<b>Figure 8: Cimentation par canne dans l'annulaire.</b> .....	<b>21</b>
<b>Figure 9: Mise en place massif filtrant.</b> .....	<b>22</b>
<b>Figure 10: Photo par satellite de la région de ROUISSAT.</b> .....	<b>26</b>
<b>Figure 11: Schéma d'installation du chantier de forage.</b> .....	<b>28</b>
<b>Figure 12: mise en place tubage (Phase tube guide) .</b> .....	<b>32</b>
<b>Figure 13: mise en place tubage 13<sup>13/8</sup> (colonne de production).</b> .....	<b>36</b>
<b>Figure 14: Test de nappe ou compresseur.</b> .....	<b>44</b>
<b>Figure 15: Courbe caractéristique de l'essais de débits par paliers .</b> .....	<b>47</b>
<b>Figure 16: Courbe représenté le rabattement spécifique en fonction de débit.</b> .....	<b>48</b>

## Liste des photos

<b>Photo 1: Le mât de forage.....</b>	<b>6</b>
<b>Photo 2: Le treuil de forage .....</b>	<b>6</b>
<b>Photo 3: Le moufle mobile et crochet. ....</b>	<b>7</b>
<b>Photo 4: Table de rotation. ....</b>	<b>8</b>
<b>Photo 5: Le carre d'entraînement.....</b>	<b>9</b>
<b>Photo 6: La tige d'entraînement. ....</b>	<b>9</b>
<b>Photo 7: La tete d'injection. ....</b>	<b>10</b>
<b>Photo 8: La pompe a boue. ....</b>	<b>10</b>
<b>Photo 9: Tope driver. ....</b>	<b>11</b>
<b>Photo 10: Les tiges de forage.....</b>	<b>12</b>
<b>Photo 11: Les masse-tiges. ....</b>	<b>12</b>
<b>Photo 12: L'outils. ....</b>	<b>13</b>
<b>Photo 13: les bassins à boue.....</b>	<b>14</b>
<b>Photo 14: Le tubage 13 3/8" K 55. ....</b>	<b>20</b>
<b>Photo 15: Les crépines Johnson inox slot 8''5 /8. ....</b>	<b>22</b>
<b>Photo 16: localisation du forage (image satellite) . mars 2023. ....</b>	<b>27</b>
<b>Photo 17: le bassin a boue . mars 2023. ....</b>	<b>29</b>
<b>Photo 18: les échantillons (cutting) . ....</b>	<b>34</b>
<b>Photo 19: Le tubage 13''3/8 API K55 . ....</b>	<b>37</b>
<b>Photo 20: tubes de crépine Johnson.....</b>	<b>40</b>
<b>Photo 21: Développement à l'air lift ou compresseur . mars – 2023. ....</b>	<b>43</b>
<b>Photo 22: plaque de fer . 04-2023.....</b>	<b>49</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1: Propriétés du fluide.....</b>	<b>16</b>
<b>Tableau 2: Les coordonnées géographiques du forage.....</b>	<b>26</b>
<b>Tableau 3: les outils utilisée .....</b>	<b>29</b>
<b>Tableau 4: Mass tige utilisée . mars 2023 .....</b>	<b>30</b>
<b>Tableau 5: Les tige utilisée . mars 2023 .....</b>	<b>31</b>
<b>Tableau 6: Résultats de cimentation (tube guide) .....</b>	<b>33</b>
<b>Tableau 7: Description lithologique des cuttings du forage Garet echouf.....</b>	<b>35</b>
<b>Tableau 8: Les caractéristiques de la colonne de production 13 3/8" API .....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau 9: Résultats de cimentation (colonne de production) .....</b>	<b>38</b>
<b>Tableau 10: Résultats de cimentation total.....</b>	<b>39</b>
<b>Tableau 11: mise en place de crépine .....</b>	<b>39</b>
<b>Tableau 12: Résultat de massif filtrant . .....</b>	<b>41</b>
<b>Tableau 13: coup technique de forage.....</b>	<b>42</b>
<b>Tableau 14: Les donnée essai par trois palier.....</b>	<b>45</b>
<b>Tableau 15: Les donnée de Pompage longue durée. ....</b>	<b>46</b>
<b>Tableau 16: Résultat des essais de débit de courtes durées.....</b>	<b>46</b>
<b>Tableau 17: Résultats le rabattement spécifique et débit spécifique.....</b>	<b>47</b>
<b>Tableau 18: Résultat des pertes de charge.....</b>	<b>49</b>

## Abréviations

**AEP** : Alimentation en eau potable .

**ANRH** : Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques.

**API** : American Petroleum Institute .

**CT** : Complexe Terminale .

**m** : Mètre .

**m<sup>3</sup>** : Mètre cube .

**V** : Volume .

**VL** : Volume de laitier .

**V<sub>e</sub>** : Volume de l'eau de gâchage .

**Q<sub>c</sub>** : Quantité de ciment .

**S** : surface .

**H** : hauteur à cimenter dans l'espace annulaire .

**d** : Diamètre .

**B** : les pertes de charge linéaire .

**C** : les pertes de charge quadratique .

**T<sub>P</sub>** = Temps de pompage (h) .

**T<sub>R</sub>** = Temps de remontée (h) .

**Δ<sub>h</sub>** = Rabattement (m) .

## Résumé

Dans la région Rouissat (Ouargla) , la rareté des précipitations et l'augmentation de la demande sur l'eau, multiplié le nombre de forages dans les trois nappes. Dans notre travail nous avons suivi le forage d'un puits destiné pour d'alimentation eau potable de localisation Garret Echof Rouissat, avec une technique de forage rotary.

Cette technique passe par plusieurs étapes, les principaux sont :

- Tube guide
- Colonne de production.
- Colonne de captage.
- Développement de puit pour élimination des particules fins.
- En fin l'exécution des essais de pompage pour déterminer le débit d'exploitation.

## الملخص

في منطقة الرويسات ورقلة ادت ندرة هطول الامطار و زيادة الطلب على المياه الى مضاعفة عدد الابار في طبقات المياه الجوفية الثلاث .

في عملنا تابعنا حفر بئر قارة الشوف المخصص للمياه الصالحة للشرب في الريسات بتقنية الحفر الدوراني .  
تمر هاته التقنية بعدة المراحل اهمها :

انبوب التوجيه .

عمود الانتاج .

عمود التجميع .

تطوير البئر من اجل التخلص من الجسيمات الدقيقة .

في الاخير نقوم باجراء الاختبارات الضخ لتحديد التدفق الذي سيتم استغلاله .

## Abstarct

In the Rouissat region (Ouargla), the scarcity of rainfall and the increase in demand for water, multiplied the number of boreholes in the three aquifers. in our work we followed the drilling of a well-intended for drinking water supply in the location Garret Echof Rouissat, with a rotary drilling technique.

This technique goes through several stages, the main ones are:

- Guide tube
- Production column.
- Capture column.
- Development of wells for the elimination of fine particles.
- At the end of the pumping tests to determine the operating flow.

## Introduction générale

L'être humain pour satisfaire ses besoins en eau que ce soit pour l'AEP ou l'irrigation, doit impérativement faire appel aux deux sources principales : les eaux de surfaces, qui comprennent l'eau des rivières, des lacs et des ruisseaux des vallées, et aussi aux eaux souterraines, y compris les puits, les sources et les grottes, mais en fait, moins de 3 % de l'eau douce disponible sur se trouve dans les rivières et les lacs, la plus grande partie, soit 97 %, se trouve dans le sol et est estimée à environ (100000) kilomètres cubes.

Les sources souterraines représentent de l'eau dans le cas du stockage et elle s'est accumulée au cours de plusieurs siècles avec des ajouts mineurs provenant des précipitations annuelles. Ainsi, il devient clair pour nous l'importance des eaux souterraines en tant que source majeure sur laquelle on peut compter si elle est correctement exploitée pour répondre aux besoins des humains, des animaux et des plantes.

La nécessité de l'eau pousse l'homme à penser de trouver les techniques d'apporter cette ressource et beaucoup plus dans les régions loin des eaux de surface.

Parmi les importantes techniques, on trouve l'exploitation des eaux souterraines par le forage des puits. Cette opération de forage à plusieurs étapes, commençant par l'identification des objectifs du forage du puits jusqu'à l'exploitation de l'eau.

Dans le cadre de notre étude, nous avons suivi la foration d'un forage de GARET ECHOF destiné à l'AEP. Dans la région de Rouissat Ouargla.

Pour l'étude et le suivi de ce forage nous proposons le plan de travail suivant :

- Chapitre I : Techniques & équipements des forages .
- Chapitre II : Phases de réalisation d'un forage rotary .
- Chapitre III : présentation de forage garret echouf et ces équipements .
- Chapitre IV : Développement et essai des pompes de forage .

# Partie I

# **Chapitre I : Techniques & équipements des forages**

## I.1.Introduction

L'existe plusieurs méthodes de forage qui peuvent être utilisées et parmi ces méthodes (Forage par battage ; Le forage au rotary .... etc ) .

Dans ce chapitre, nous mentionnerons Techniques & les équipements utilisons dans le forage que nous suivons.

Dans notre cas d'étude, la technique de forage utilisée est celle au Rotary grâce à ses Nombreux avantages qui adaptent notre zone d'étude.

## I.2.Les techniques utilisées dans le forage

Les méthodes utilisées dans le forage d'eau sont :

- ✚ Forage par battage ; méthode consiste à soulever un outil lourd et à le laisser retomber sur le terrain à traverser
- ✚ Forage par marteau fond de trou ; cette technique permet de forer des terrains durs comme le rocher (Granite, grès, calcaires, etc.)
- ✚ Forage Rotary ; La technique rotary est utilisé spécialement dans les terrains sédimentaires. [1]

## I.3.La technique rotary

Le forage rotary est le procédé le plus couramment utilisé , Elle est relativement récente, ses premières utilisations remontent au 1920 , la technique rotary est utilisée spécialement dans les terrains sédimentaires non consolidés pour les machines légères , mais les machines puissantes de rotary peuvent travailler dans les terrains durs (pétroliers), Un outil appelé tri lame (tricône) est mis en rotation depuis la surface du sol par l'intermédiaire d'un train de tiges , l'avancement de l'outil s'effectue par abrasion et broyage (deux effets) du terrain sans choc , mais uniquement par translation et rotation (deux mouvements).

Le mouvement de translation est fourni principalement par le poids des tiges au dessus de l'outil, La circulation d'un fluide (liquide visqueux : la boue) permet de remonter les cuttings à la surface, La boue est injectée à l'intérieur des tiges par une tête d'injection à l'aide d'une pompe à boue, et remonte dans l'espace annulaire en mouvement ascensionnel , en circuit fermé sans interruption, La boue tapisse les parois non encore tubées et les maintiens momentanément en attendant la pose de tubage. [1]

Un accroissement du volume de boue est l'indice d'une venue de fluide souterrain dans le forage (eau, huile, gaz).

Une perte de volume indique une zone fissurée ou dépressionnaire (vide), Le forage en perte de circulation peut être dangereux pour la ligne de sonde et l'ouvrage.

Pour avoir le meilleur rendement d'un atelier de forage rotary, La sonde de forage rotary est l'appareillage nécessaire à la réalisation des trois fonctions suivantes : [1] :

- ✓ Poids sur l'outil ;
- ✓ Rotation de l'outil ;
- ✓ Injection d'un fluide (circulation sous pression).

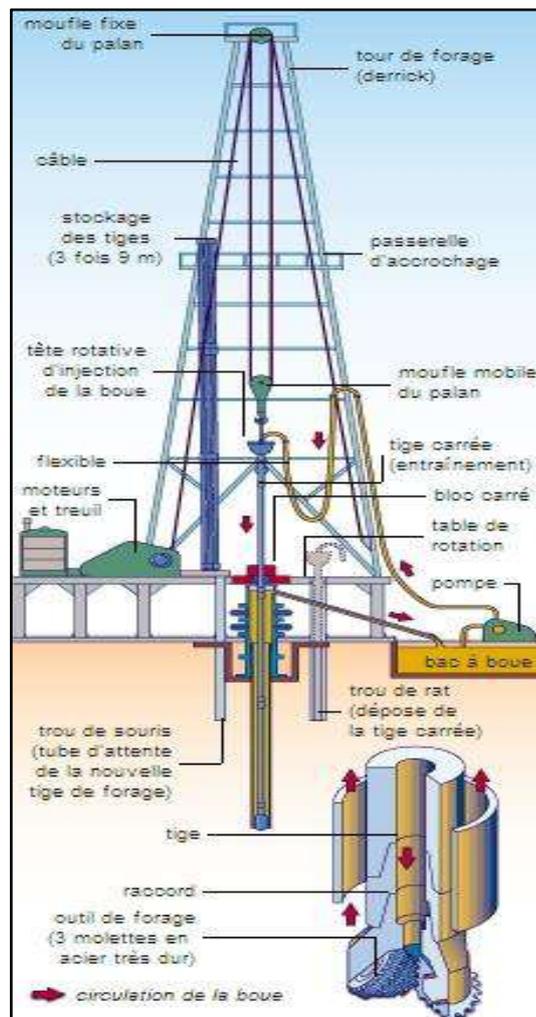


Figure 1: Dispositif schématique d'un atelier de forage rotary. [2]

### I.3.1. Principe de forage rotary

La méthode de foration rotary utilise un outil (trépan) monté au bout d'une ligne de sonde (tiges vissées les unes aux autres), animé d'un mouvement de rotation de vitesse variable et d'un mouvement de translation verticale sous l'effet d'une partie du poids de la ligne de sonde ou d'une pression hydraulique. Le mouvement de rotation est imprimé au train de tiges et à l'outil par un moteur situé sur la machine de forage en tête de puits. Les tiges sont creuses et permettent l'injection de boue au fond du forage.

Les outils utilisés en rotation sont des trépan de plusieurs types en fonction de la dureté des terrains rencontrés (outils à lames, outils à pastilles, molettes ou tricône, outils diamantés ou à carbures métalliques). Au-dessus du trépan, on peut placer une ou plusieurs masses-tiges très lourdes qui accentuent la pression verticale sur l'outil et favorisent la pénétration et la rectitude du trou. Le forage rotary nécessite l'emploi d'un fluide de forage préparé sur le chantier.

Dans le cas de la circulation directe, le fluide est injecté en continu sous pression dans les tiges creuses de la ligne de sonde, il sort par les événements de l'outils et remonte à la surface dans l'espace annulaire (entre les tiges et les parois du trou) . [3]

### **I.3.2. Les avantages de forage rotary**

- ✓ La profondeur du forage peut être très importante, la foration n'est pas perturbée par les terrains peu stables ou plastiques, sous réserve de l'utilisation d'un fluide de forage adapté.
- ✓ Ce système permet un bon contrôle des paramètres de forage (poids de l'outil, vitesse de rotation, qualité de la boue, débit d'injection de la boue) en fonction des terrains à traverser.
- ✓ Le forage au rotary consolide les parois en terrains meubles par dépôt d'un cake.
- ✓ Les forages de grands diamètres sont exécutés rapidement et économiquement.
- ✓ Facilité de mise en place de la crépine.
- ✓ Consommation économique de l'énergie. [3]

### **I.3.3. Les inconvénients de forage rotary**

- ✓ Nécessité d'un fluide de forage qui ne permet pas d'observation directe de la qualité des eaux des formations traversées.
- ✓ Colmatage possible des formations aquifères par utilisation de certaines boues (bentonite).
- ✓ Nécessite beaucoup d'eau.
- ✓ Nécessite un grand investissement (matériel très importants).
- ✓ - Seul les sites accessibles peuvent être forés avec ce matériel lourd. [3]

## **I.4. LES EQUIPEMENT DE FORAGE ROTARY**

Le processus de forage rotary se découpe en deux grands ensembles : l'installation et la garniture de forage. La figure II.2 présente les différents constituants d'un processus de forage. Nous avons plusieurs équipements :

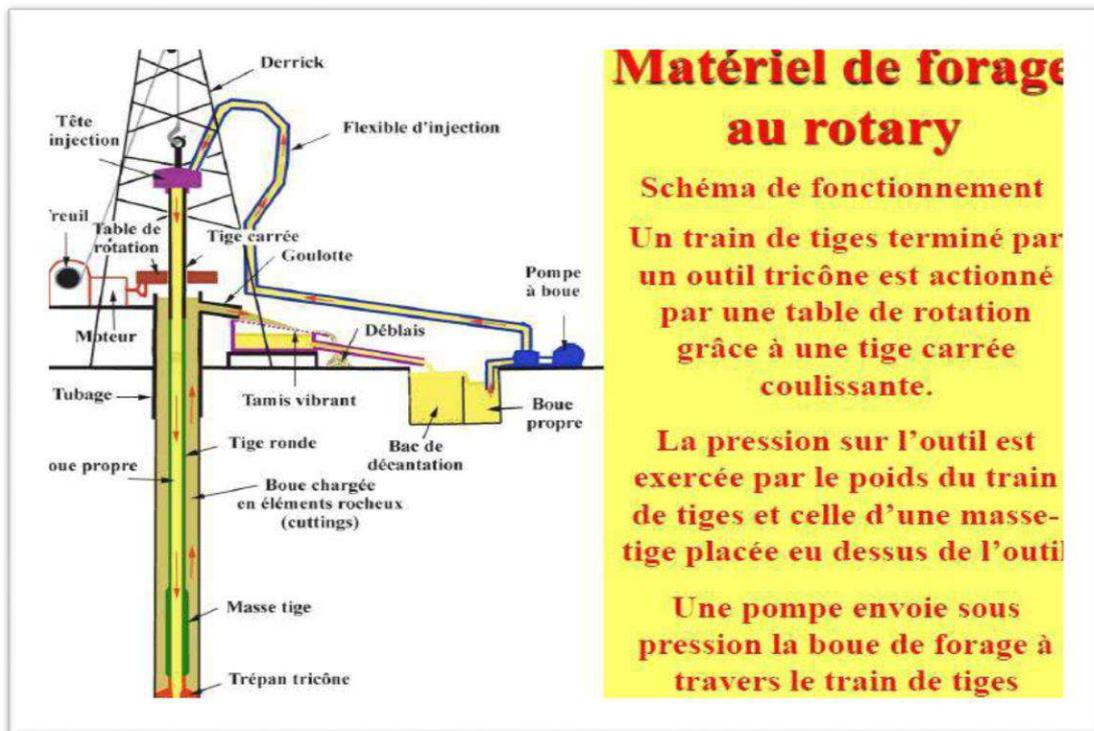


Figure 2: Schéma de fonctionnement de forage au rotary [4].

#### I.4.1. ÉQUIPEMENT DE SURFACE ( Surface Equipment )

Se composent principalement de :

##### I.4.1.1. Le mat

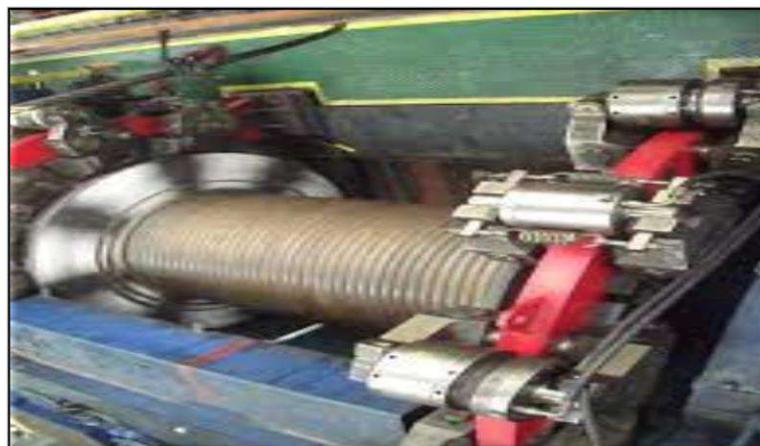
Le mat est une structure en forme d'a très pointu. Il a la particularité d'être articulé à sa base ce qui lui permet d'être assemblé ou démonté horizontalement puis relevé en position verticale en utilisant le treuil de forage et un câble de relevage spécial. Dans notre cas il est de 10m de hauteur et de type léger.



*Photo 1: Le mât de forage. [5]*

#### **I.4.1.2. Le treuil de forage**

C'est le cœur de l'appareil de forage, donc c'est la capacité du treuil qui caractérise un appareil de forage et indique la classe des profondeurs de forages que l'on pourra effectuer



*Photo 2: Le treuil de forage [6]*

#### **I.4.1.3. Le moufle fixe**

Le moufle fixe a des poulies alignées sur le même axe. Cet axe est supporté à cette extrémité par deux paliers montés sur des poutrelles fixées au sommet du mât. L'axe du moufle fixe est perforé pour permettre le graissage des différents roulements des poulies [1]

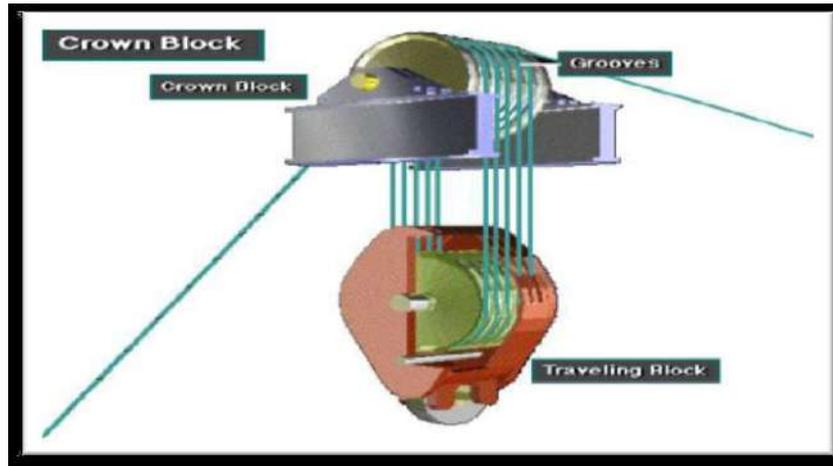


Figure 3: Le moufle fixe.

#### I.4.1.4. Le moufle mobile et crochet

Ils sont en général dits intégrés c.-à-d. que l'ensemble des poulies et du crochet sont assemblés d'une manière compacte. Le moufle mobile comporte une poulie de moins que le moufle fixe correspondant dont une poulie de moufle fixe est attachée au treuil.

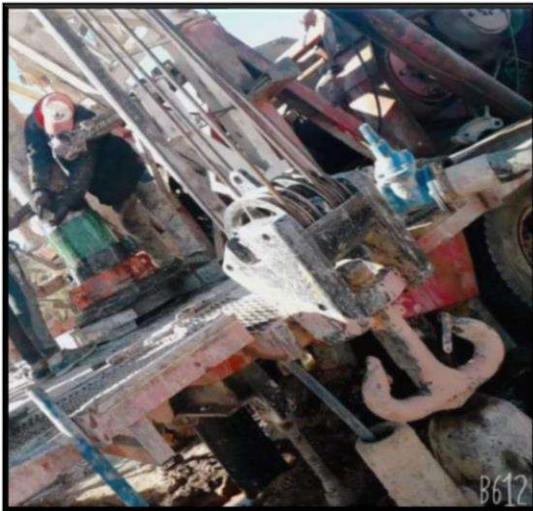


Photo 3: Le moufle mobile et crochet. [5]

#### I.4.1.5. Le mouflage

Le mouflage est l'ensemble des différentes boucles de câble de forage intercalées entre le treuil et le point fixe et reliant les moufles fixe et mobile . [5]

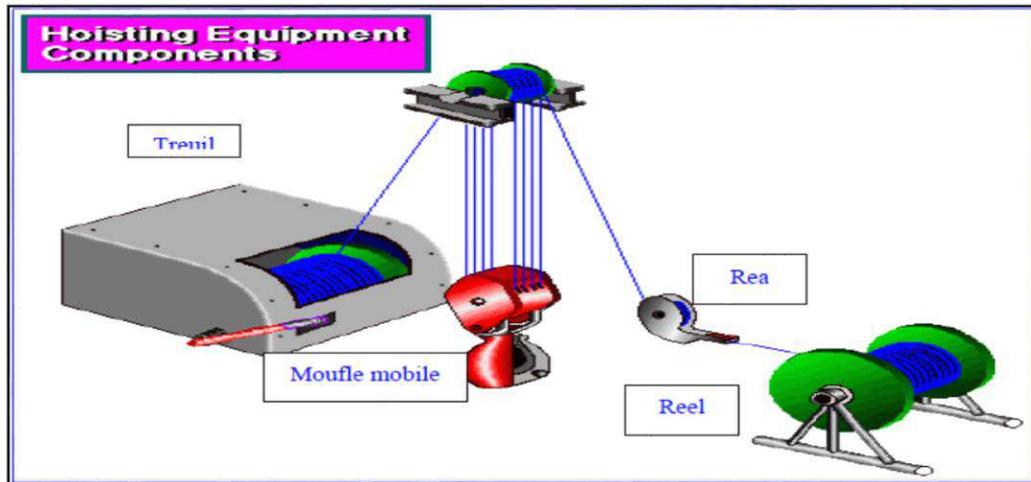


Figure 4: Équipement de mouflage. [5]

#### I.4.1.6. La table de rotation

Entraînée elle-même par un moteur électrique ou par une transmission mécanique, reçoit des fourrures interchangeables, se compose des trois parties :

1. Le bâti
2. La partie tournante
3. L'arbre d'entraînement . [1]

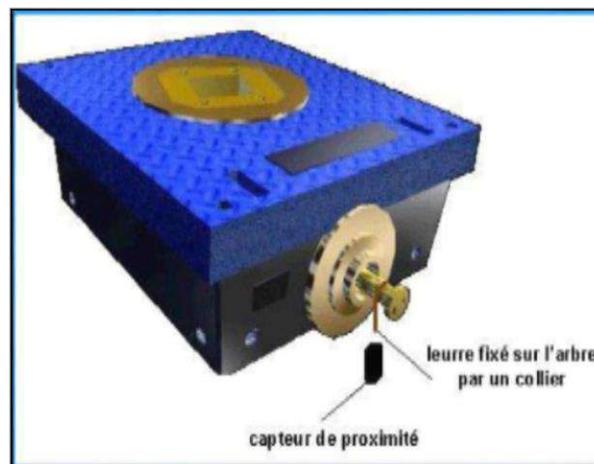


Photo 4: Table de rotation. [7]

#### I.4.1.7. Le carrée d'entraînement

Assurent la liaison du mouvement de rotation entre les fourrures et la tige d'entraînement :



*Photo 5: Le carré d'entraînement. [8]*

#### **I.4.1.8. La tige d'entraînement**

Elle assure la liaison entre la garniture de forage et la tête d'injection et communique le mouvement de rotation de la table à la garniture de forage par l'intermédiaire du carré d'entraînement : [5]



*Photo 6: La tige d'entraînement. [9]*

#### **I.4.1.9. La tête d'injection**

C'est un organe qui permet : Injecter la boue dans la garniture en rotation ou à l'arrêt. : Supporte la garniture de forage en rotation ou à l'arrêt : [5]



*Photo 7: La tête d'injection. [5]*

#### **I.4.1.10. La pompe à boue**

Le rôle des pompes à boue est d'assurer l'aspiration de la boue de forage par la conduite d'aspiration, puis leur refouler dans la colonne de refoulement à travers un clapet de refoulement :



*Photo 8: La pompe à boue. [9]*

#### **I.4.1.11. Le top driver**

Le top drive est une tête d'injection motorisée qui, en plus de l'injection, assure la rotation de la garniture de forage. Ainsi, on n'a besoin ni de la tige d'entraînement ni de la table de rotation pour faire tourner la garniture, c'est le top drive qui s'en charge. En plus, pendant le forage, au lieu de faire les ajouts simple par simple, on peut les faire longueur par longueur : [5]



*Photo 9: TDP driver. [11]*

## **I.4.2. ÉQUIPEMENTS DE FOND**

### **I.4.2.1. La garniture de forage**

Le forage rotary exige l'utilisation d'un arbre de forage creux appelé garniture, qui a pour principales fonctions :

- ✓ Entraîner l'outil en rotation.
- ✓ Appliquer un certain effort sur l'outil.
- ✓ Apporter l'énergie hydraulique nécessaire à l'évacuation des déblais (canaliser la boue de forage).

Une garniture de forage est constituée de deux principaux éléments suivants :

### **I.4.2.2. Les tiges**

C'est un ensemble de tiges d'acier légères d'environ 10 m est plus de longueur, d'un diamètre extérieur pouvant aller de 9 à 15 cm et d'une épaisseur de 1 cm. assurent la transmission du mouvement de rotation à partir de la table jusqu'à l'outil et permettent aussi la canalisation du fluide de forage jusqu'à ce dernier.



*Photo 10: Les tiges de forage. [10]*

#### **I.4.2.3. Les mass tiges**

Ce sont des tubes de fortes sections permettant d'exercer du poids sur le trépan. Les masses-tiges sont sollicitées en compression et en torsion. Les diamètres de ces tiges peuvent varier selon les puits, de 6 à 8 cm pour le diamètre intérieur et de 10 à 25 cm pour le diamètre extérieur pour une épaisseur de 6 à 16 cm, ce qui leur confère une bonne rigidité en torsion et en compression [10]



*Photo 11: Les masse-tiges. [1]*

#### **I.4.2.4. L'outils**

Est l'outil qui permet de forer les roches en les broyant, permettant ainsi au forage de progresser en profondeur, Il est composé de trois parties solidaires, munies de dents ou de pastilles abrasives en acier spécial très dur.

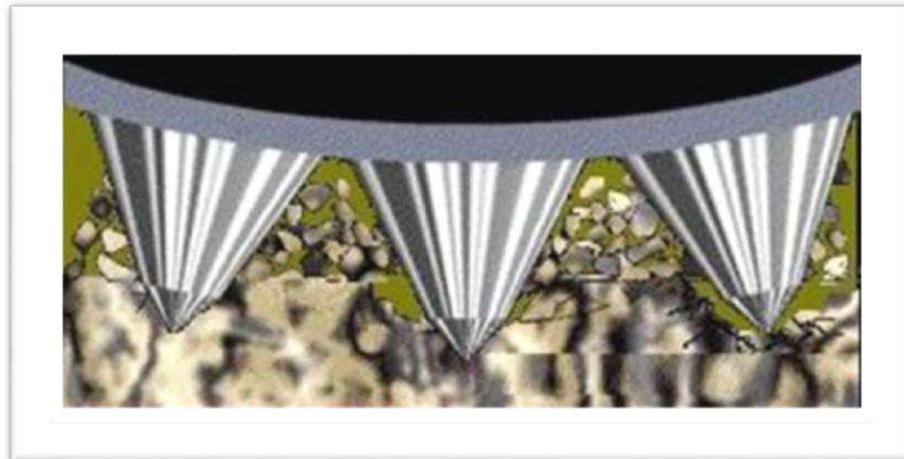


*Photo 12: L'outils.*

#### **I.4.2.5. Mode de travail d'un tricône**

Sous l'effet de la compression, la dent pénètre dans la roche et l'éclate. En tournant sur elle-même sous l'effet de la rotation, la molette ripe la roche et arrache le copeau.

L'effet d'éclatement et de ripage sont complémentaires et varient en fonction du terrain, le ripage dans le cas d'un terrain tendre est plus important que dans un terrain dur, tandis que l'éclatement dans un terrain dur est plus grand que dans un terrain tendre. [1]



*Figure 5: Travail d'un Outil. [1]*

### **I.5. Conclusion**

le forage rotary est une technique efficace et éprouvée pour extraire les ressources en eau du sous-sol. Son utilisation généralisée dans l'industrie témoigne de son importance et de sa fiabilité pour répondre à la demande énergétique mondiale. Cependant, il est crucial de mettre en place des mesures de sécurité rigoureuses pour minimiser les risques associés à cette technique.

## **Chapitre II : Phases de réalisation d'un forage rotary**

## II.1. Introduction

Il est important de noter que les phases de forage rotary peuvent varier en fonction des conditions géologiques et des objectifs spécifiques du projet de forage.

Les phases de forage rotary comprennent plusieurs étapes clés, chacune jouant un rôle spécifique dans le processus global.

Dans ce chapitre, nous parlerons des étapes

## II.2. Phases de réalisation d'un forage rotary

### II.2.1. La préparation du chantier

La préparation du matériel ainsi que leur bonne répartition sur le terrain de forage est une étape importante sur tout chantier de forage car au-delà de l'aspect organisationnel, cette préparation permet d'assurer une fluidité des opérations ce qui n'est pas sans conséquence sur la durée du forage permettant ainsi de le réaliser dans le temps imparti par le cahier des charges.

### II.2.2. Moyens mobilisés sur le terrain

L'organisation de chantier de forage doit permettre au foreur d'intervenir rapidement en cas de problème.

### II.2.3. Préparer les bassins à boue

Les bassins à boue constituent une réserve de fluide de forage et permettent son recyclage par décantation. Elles se forment d'un bassin de décantation, d'un bassin de pompage et de canaux. Le premier canal doit être assez long pour que la fosse soit en dehors du trottoir du futur point d'eau pour éviter le tassement différentiel sous la dalle (de largeur  $\geq 2$  m) et d'une section de 0,2x0,2 m. L'axe du second canal doit être décalé de celui du premier pour favoriser la décantation. Sa section est de 0,2 x 0,2 m . Les fosses et les canaux sont régulièrement curés et nettoyés des sédiments déposés en cours de forage. Le dimensionnement des fosses à boue se fait en fonction de la profondeur du forage à réaliser :



Photo 13: les bassins à

boue

### **II.2.4. Fluide de forage**

Fluide de forage est un système composé de différents constituants liquides (eau, huile) et/ou gazeux (air ou gaz naturel) contenant en suspension d'autres additifs minéraux et organiques (argiles, polymères, tensioactifs, déblais, ciments, ...). Le fluide de forage était déjà présenté en 1933 lors du premier Congrès Mondial du Pétrole.

#### **II.2.4.1. Types de fluide**

Le type de fluide est choisi en fonction de la nature des terrains traversés.

- 1) Air : terrain de bonne tenue homogène, terrains secs ou faiblement aquifères, particulièrement recommandé dans les zones à perte non aquifères, Dans les zones légèrement aquifères on utilise parfois des agents déshydratants ( silicagel ) ou des agents moussants (savons)
- 2) Eau : terrains consolidés, formations argileuses ou zones à pertes, L'utilisation d'eau salée peut dépendre des conditions d'approvisionnement.
- 3) Boue ou bien Suspension colloïdales (généralement benthonique) : terrains hétérogènes et non consolidés et hautement perméables

#### **II.2.4.2. Fonctions du fluide**

Le fluide de forage qui peut-être soit de l'air (gazeux) ou bien du liquide (eau claire, boue spéciale, boue naturel) peut assurer les fonctions suivantes :

1. Nettoyage du puits.
2. Maintien des déblais (cuttings) en suspension.
3. Sédimentation des déblais fins en surface.
4. Refroidissement et lubrification de l'outil et du train de sonde.
5. Prévention du cavage et des resserrements des parois du puits.
6. Dépôt d'un cake imperméable.
7. Prévention des venues des fluides.
8. Augmentation de la vitesse d'avancement

#### **II.2.4.3. Propriétés du fluide**

1. la densité : dépende de la pression des fluides contenus dans les formations, elle est déterminée dans le chantier.
2. la viscosité : c'est la résistance exercée par le fluide lors de déplacement d'une couche de fluide par rapport à une autre, et plus cette résistance est grande plus le fluide est visqueux, et la valeur de cette viscosité dépende de la pression des pompes à boue et la capacité de cette dernière à transporter les particules écrasées.

3. la thixotropie : c'est la capacité d'un fluide de devenir gel une fois qu'il est en repos et de redevenir fluide suite d'une agitation.

Tableau 1: Propriétés du fluide.

PROPRIETES	EQUIPEMENT D'EXAMINATION	PROPRIETES DES FLUIDES DE FORAGE		
		LECTURE	CONSEQUENCE	TRAITEMENT RECOMMANDE
DURETE	BANDELETES REACTIVES	DURETE > 100 mg / l	Faible rendement / miscibilité du fluide Production de viscosité difficile	Ajouter 1 à 3 kg de carbonate de sodium afin d'obtenir la dureté souhaitée de moins
		ACIDITE	pH < 7,0	Miscibilité difficile
	pH			Temps de mixage augmenté
DENSITE	BALANCE BOUE	POIDS DE LA BOUE > 1,2 KG/L	Tiges / Produits coincés	Si reflux, utiliser agent de contrôle des solides et diluer en dernier recours
	BARCID		Perte de fluide en puits	Pas de Reflux: augmenter le débit, diminuer la poussée
VISCOSITE	ENTONNOIR	FAIBLE < 40 sec	Retour des déblais insuffisant	Vérifier la dureté et l'acidité, augmenter le taux de Bentonite ou de Polymères
	MARSH	HAUTE > 75 sec	Pression des Pompes élevée	Diluer ou ajouter du dispersant, réduire le taux de Bentonite ou de Polymères
FILTRAT	PRESSE FILTRE API	FILTRAT > 15 ml / 30 mn	Puits instable et filtrats conséquents	Ajouter des Polymères de contrôle du filtrat
		FILTRAT < 15 ml / 30 mn	Objectif à atteindre	Surveiller et réguler les propriétés du fluide
TENEUR EN SABLES	KIT A SABLE	VOLUME SABLE > 2%	Usure excessive des pompes / matériels	Pas de Reflux: augmenter le débit, diminuer la poussée
	BARCID	VOLUME SABLE < 2%	Objectif à atteindre	Si reflux, utiliser agent de contrôle des solides et diluer en dernier recours

#### II.2.4.4..Circuit de la boue dans le forage

Le fluide de forage comme un fluide en circulation continue durant toute la durée du forage, aussi bien dans le sondage qu'en surface. Dans la circulation directe la boue est préparée dans des bacs à boues, il est refoulé de la pompe à boue, par tuyauterie rigide et par le flexible, jusqu'à la tête d'injection située au sommet de la ligne de sonde, il est injecté à l'intérieur des tiges jusqu'à l'outil d'où il remonte dans l'annulaire, chargé des déblais formés au front de taille (Figure 18). A la sortie du puits, il subit différents traitements, tamisage, dilution, ajout de produits, de façon à éliminer les déblais transportés et à réajuster ses caractéristiques physico-chimiques à leurs valeurs initiales. Il est ensuite réutilisé.

Dans la circulation inverse, le fluide se refoule dans l'espace annulaire, et le mélange fluide puttings remonte dans le train de tige en entrant par les trous se trouvant au fond du trépan.

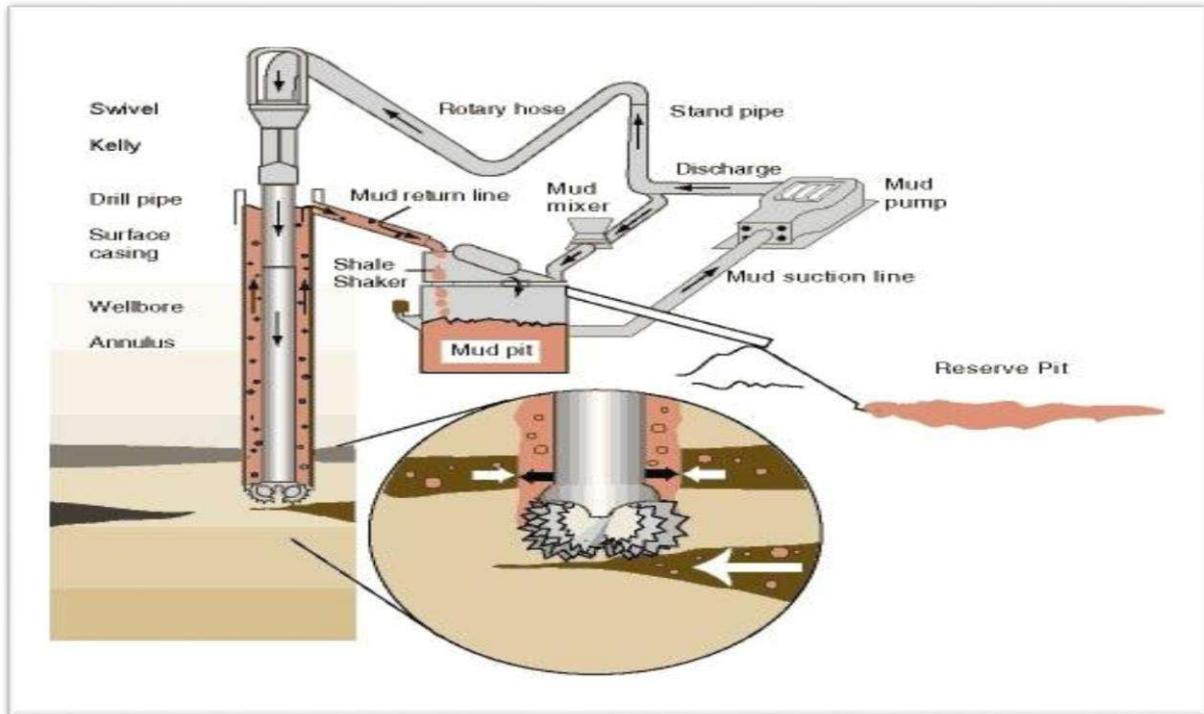


Figure 6: Circuit de la boue.

#### II.2.4.5. Pertes de fluide

Il existe deux types de pertes :

- Les pertes partielles : petite fissure provoquant la perte du fluide de circulation ; cette perte peut être maîtrisée en ajoutant des additifs à la bentonite pour l'alourdir ;
- Les pertes totales : grande fissure qui peut dépasser largement les 500 m horizontalement, cette perte provoque la perte totale de la boue de forage, ce qui nécessite le forage à l'eau claire pour limiter les pertes ; on peut aussi envisager une cimentation partielle de la partie fissurée.

Ces pertes proviennent essentiellement des fissures (formations compétentes fracturées) et cavités rencontrées au cours du forage.

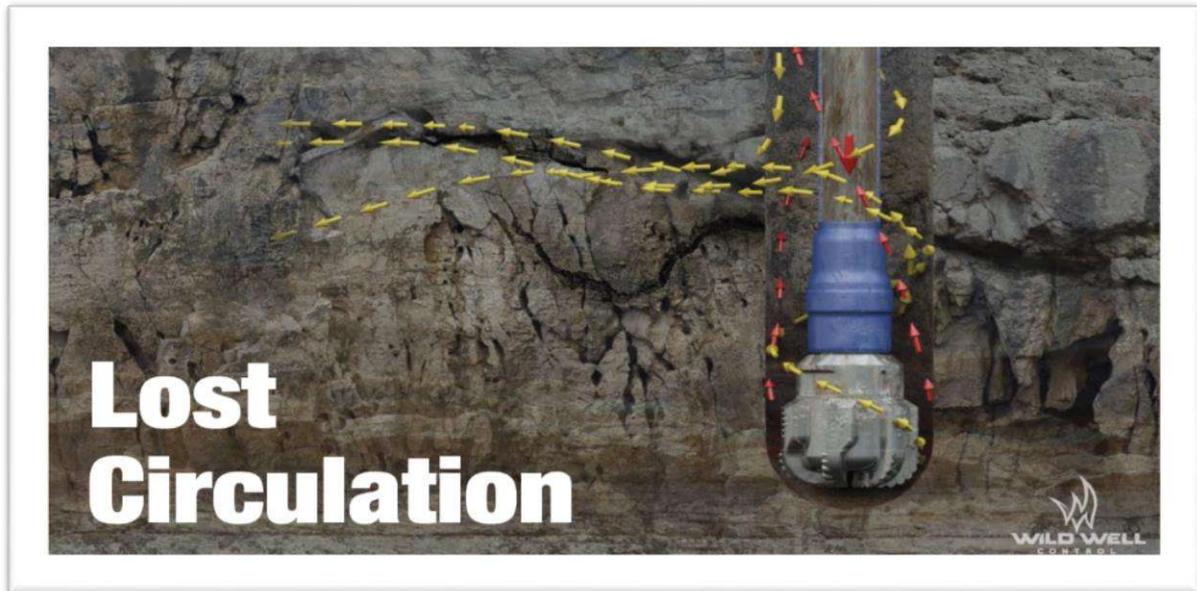


Figure 7: pert de circulation.

## II.3. Phases entreprendre pour la réalisation d'un forage au Rotary :

### II.3.1. Tube guide

Toutes les opérations de forage se déroulent en plusieurs étapes et sont régies par une réglementation solide et stricte. Après un premier trou réalisé par le génie civil, un premier trou d'un diamètre de 36 (~0,914 m) est réalisé depuis la surface jusqu'à une profondeur de (10-50 ) m pour stabiliser le sol de départ (cage de formations peu profondes pour éviter d'éventuels glissements de terrain et assurer l'imperméabilité du puits pour éviter la contamination des nappes phréatiques).

#### II.3.1.1. Perforation

Un outil (trépan) monté au bout d'une ligne de sonde (tiges vissées les unes aux autres) est animé d'un mouvement de rotation de vitesse variable et d'un mouvement de translation verticale sous l'effet d'une partie du poids de la ligne de sonde ou d'une pression hydraulique, Le mouvement de permettent l'injection de boue au fond du forage.

Les outils utilisés en rotation sont des trépan de plusieurs types en fonction de la dureté des terrains rencontrés (outils à lames, outils à pastilles, molettes ou triône, outils diamantés ou à carbures métalliques), Au-dessus du trépan, on peut placer une ou plusieurs masses-tiges très lourdes qui accentuent la pression verticale sur l'outil et favorisent la pénétration et la rectitude du trou, Rotation est imprimée au train de tiges et à l'outil par un moteur situé sur la machine de forage en tête de puits.

### II.3.2. La Colonne de production

Les risques d'effondrement pouvant être importants, le tubage est mis en place le plus rapidement possible. Le trou de forage ne doit pas rester longtemps sans protection au risque de perdre le forage (effondrement du trou).

Le plan de tubage (longueur et position des tubes pleins et des tubes crépines) est établi 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 de diagraphie (résistivité électrique, gamma ray, neutron) peuvent être effectués avant l'équipement pour améliorer le plan de captage, spécialement dans les formations sédimentaires (forage rotary) où il est parfois difficile d'identifier les horizons argileux.

Les crépines sont placées en face des niveaux aquifères ou des venues d'eau : Par ailleurs, le plan respectera les points suivants :

- ✓ Le bas du tubage doit être constitué d'un tube plein d'environ 0.5 mètre bouché à sa base (tube décanteur).
- ✓ Le tubage ne descend pas toujours jusqu'au fond du forage (dépôts des cutting en suspension dans la boue lors de l'arrêt de la circulation ou Le forage parfois effondrement), il faut donc en tenir compte en réduisant la longueur du tubage de 0.5 à 1 mètres par rapport à la profondeur réelle forée.
- ✓ Le dernier tube doit dépasser d'environ 0.5 mètres au-dessus de la surface du sol.
- ✓ Les longueurs de tube pouvant varier avec le filetage, il est conseillé de mesurer chaque longueur de tube pour établir un plan précis avec un captage correcte de l'aquifère.
- ✓ Le tubage doit descendre librement sous son propre poids dans le trou. Si le forage n'est pas vertical (fréquent au-delà de 20 mètres), il est fréquent que les frottements le long du tube bloquent la mise en place du tubage.



*Photo 14: Le tubage 13 3/8'' K 55.*

### **II.3.2.1. Cimentation**

Cette méthode consiste à remplir, par mélange à base de ciment, tout ou partie de la hauteur de l'espace annulaire entre un tubage et les parois du trou, La cimentation est utilisée pour les buts suivants :

- La préservation de la qualité des eaux souterraines.
- Supprimer des problèmes liés à la géologie des terrains forer (les argiles, les évaporites, terrains meubles. etc..).
- Rendre étanche l'espace annulaire et empêcher la pollution par les eaux de surface, des nappes souterraines mises en exploitation.
- Fixer les colonnes de tubage au terrain et protéger ainsi contre les attaques corrosives de certaines eaux.
- Isolé l'aquifère à exploiter, des autres aquifères (cas des aquifères superposés).
- La longévité de l'installation.
- Colmater une cavité ou des grosses fissures qui engendrent de fortes pertes de boue lors de forage.

Il existe plusieurs méthodes de cimentation :

- ✓ Cimentation par les tiges
- ✓ Cimentation par le tube ancré
- ✓ Cimentation par le tube suspendu

✓ Cimentation par canne dans l'annulaire

La façon dont nous l'avons utilisé dans le projet

### II.3.2.2. Cimentation par canne dans l'annulaire

Une garniture de petit diamètre (environ 1pouce) est descendue dans l'espace annulaire jusqu'au pied du tubage (ancré dans le terrain) (Figure 22). Le ciment y est injecté sous pression, si nécessaire en remontant progressivement la canne de cimentation.

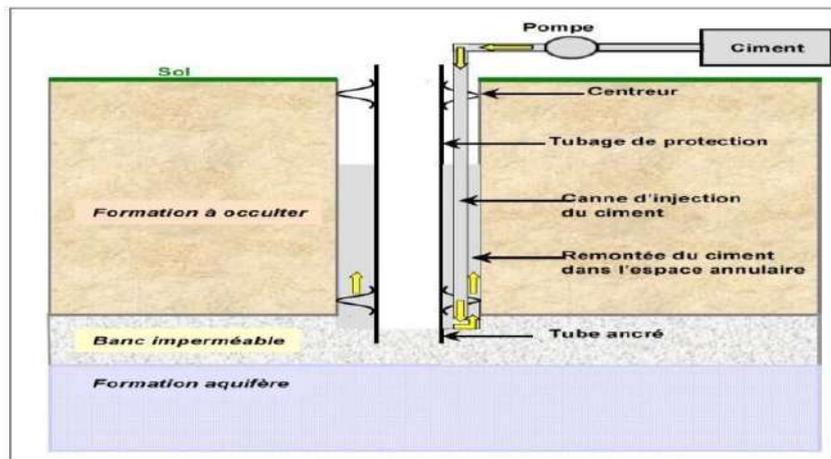


Figure 8: Cimentation par canne dans l'annulaire.

### II.3.3. La Colonne de Captage

#### II.3.3.1. La Crépines

La crépine a pour fonction d'assurer la production d'eau sans venue de sable en induisant des pertes de charge minimales. Elle doit résister à la corrosion et à la pression et avoir une longévité maximale. Les types de crépines sont déterminés suivant la forme et le pourcentage de vides pour allier résistance et vitesse de l'eau dans les ouvertures. Un grand pourcentage de vides permet une faible vitesse de circulation donc une plus grande sensibilité aux phénomènes d'incrustation, d'érosion et de corrosion. Une vitesse de l'eau trop importante au travers de la crépine entraîne des pertes de charge.

La vitesse de l'eau au travers des ouvertures de la crépine dépend du débit de pompage, du diamètre de la crépine et de son coefficient d'ouverture. On rencontre les crépines :

- À trous ronds, à faible pourcentage de vide
- À trous oblongs, à faible pourcentage de vide, compris entre 10 et 20 % à persiennes, à faible pourcentage de vide et offrant une bonne résistance mécanique -à nervures repoussées, pourcentage de vide variable et offrant une bonne résistance mécanique à fil enroulé en spirale autour de génératrices de type Johnson, à très fort pourcentage de vide.



Photo 15: Les crépines Johnson inox slot 8''5 /8.

### II.3.3.2. Massif filtrant

Pour améliorer la protection vis-à-vis des fines de l'aquifère un massif de gravier peut être mise en place entre la crépine et la couche aquifère. Ce filtre artificiel doit présenter la plus forte granulométrie possible, tout en s'opposant au passage de la plus grande partie des éléments du terrain.

Le massif filtrant doit être constitué d'un gravier siliceux, roulé, propre, calibré et homogène. Il doit être chimiquement stable, avoir une forte porosité d'interstice et un faible coefficient d'uniformité. En général, l'épaisseur du gravier est comprise entre 3'' et 8'' et la réserve est comprise entre 5 et 10 m. Sa Mise en place est faite par gravité, en circulation inverse du fluide ou par circulation continue.

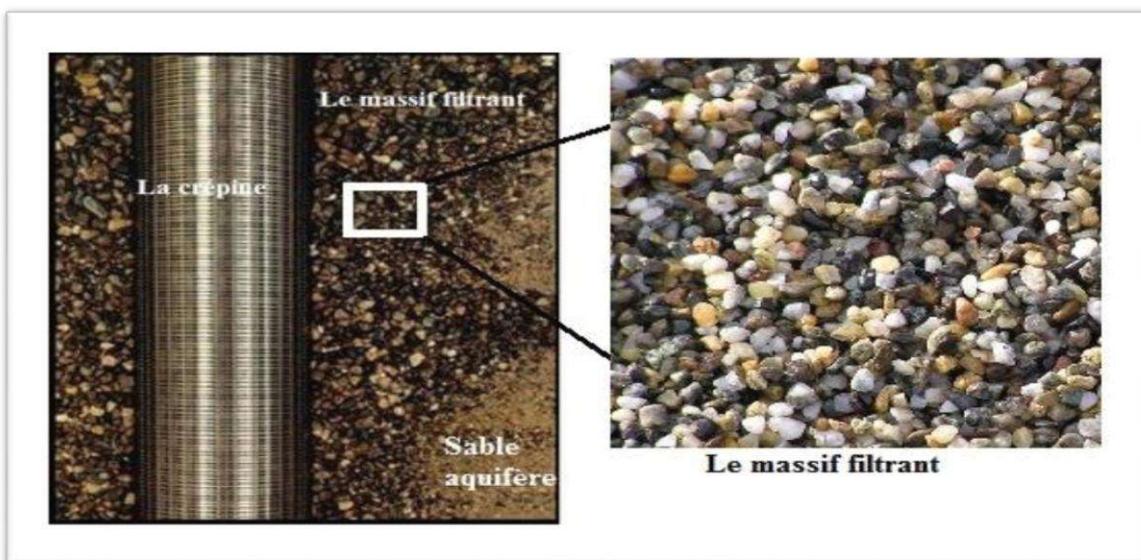


Figure 9: Mise en place massif filtrant.

## II.4. Développement du Forage

Le développement d'un forage consiste, entre autres, à améliorer la perméabilité de la formation aquifère située autour de la crépine et à stabiliser cette formation. Il faut savoir que la mise en production immédiate d'un forage sans développement aurait des conséquences fâcheuses

- ✓ Elle ne permettrait pas de d'obtenir le débit optimal pouvant être fourni par l'aquifère.
- ✓ Elle entrainerait très certainement d'importantes venues de sables (risques de dommages à la crépine et à la pompe, de colmatage, de tassement du massif de gravier).

Développement est donc destiné à parfaire le nettoyage du trou, de la crépine et de massif de gravier et à améliorer les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère autour de la crépine, dans le but d'augmenter le débit exploitable et de produire une eau propre. La perméabilité du terrain près de crépine est ainsi améliorée, notamment par élimination dans cette zone du maximum d'éléments fins et par restriction et stabilisation du massif de gravier.

Il existe plusieurs méthodes de développement de puits, les plus utilisés sont :

- ✓ Développement par pompage et surpompage.
- ✓ Développement par pompage alterné.
- ✓ Développement par pistonage.
- ✓ Développement pneumatique.
- ✓ Lavage aux jets à grande vitesse.

### II.4.1. Essai de pompage

L'essai de pompage est un essai en place destiné à déterminer les caractéristiques hydrauliques du sol. Il consiste à abaisser par pompage la surface piézométrique de la nappe et à mesurer, en fonction du temps, les variations du niveau de cette surface ainsi que le débit pompé.

Le pompage est effectué dans un puits et l'évolution dans le temps de la surface piézométrique est suivie au moyen de piézomètres implantés aux alentours du puits.

L'essai permet de déterminer :

- ✓ Le coefficient de perméabilité de la couche testée,
- ✓ Le facteur d'emmagasinement,
- ✓ Le rayon d'action du pompage.

### II.4.2. Essais de pompage à paliers de débits de courte durée

Il s'effectue en réalisant des paliers de débit constant 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 quatre heures sont Suffisants.

### **II.4.3. Essais de pompage de longue durée**

Ce type d'essais est à exécuter par un seul palier de débit (à débit constant) pendant 48 heures au moins avec un optimum de 72 heures. La remonté du niveau doit être observée pendant une durée égale.

## **II.5. Equipement de surface**

L'équipement de surface doit permettre d'assurer :

- La sécurité de l'ouvrage.
- La commodité d'exploitation et d'entretien.
- Le réglage du débit désiré.
- Le contrôle de la nappe.

Il doit comporter, une vanne de tête en acier inox (adaptée au débit, à la pression, au degré de corrosivité et à la température des eaux), une prise de pression en tête de forage et une vanne de service et un dispositif de réglage du débit

## **II.6. Conclusion**

La méthode utilisée pour réaliser ce forage c'est rotary, cette méthode est largement utilisée par les foreurs, car il est adapté à la géologie de la région, par conséquent, la réussite d'une telle entreprise est intimement liée au maîtrise des différentes étapes de réalisation de forage.

# Partie II

# **Chapitre I : présentation de forage garret echouf et ces équipements**

## **I.1. Introduction**

Afin de combler le déficit d'AEP dans la localité Rouissat , selon les calculs hydraulique que nous avons effectuée, nous proposons la réalisation d'un forage profond de 220 m exploitant la nappe de (Complexe Terminal).

C'est ainsi que la direction des ressources en eau de la wilaya de Ouargla, a procédé au lancement des travaux de la réalisation d'un forage dans la région. L'entreprise EFTR ABABSSA a été chargée de la réalisation et le suivi technique est assuré par les ingénieurs.

## **I.2. Choix d'un site du forage**

L'endroit du forage a été localisé selon les critères suivants :

- 1- L'assiette présente le point le plus élevé afin d'assurer un écoulement gravitaire.
- 2- Programme de création d'un nouveau pôle de logements.
- 3- Le site choisis doit remplir la condition de distance entre les forages existants exploités (Rayon d'interférence) d'un 1 km en minimum.
- 4- Les conditions hydrogéologiques de l'endroit ainsi que l'accès et le raccordement au réseau d'AEP existant permettent de les réaliser avec de moindres couts.

## **I.3. Objectif du forage**

Le forage de Garet Echouf est destiné pour l'alimentation en eau potable des habitants de Garet Echouf. La DUAC OUARGLA a décidé de lancer un projet de réalisation et équipement d'un forage d'eau dans cette zone pour subvenir ce lotissement de cette zone de cette matière précieuse.

Ce projet a été attribué a une entreprise de réalisation : EFTR ABABSSA HMIDA dont les travaux de réalisation ont débuté au mois de juin 2022

## **I.4. Situation géographique de la zone d'étude**

La commune de Rouissat située a Est-Sud de la wilaya d'Ouargla à une distance de 3 Km de la ville d'Ouargla.

Elle couvre une superficie de 7331 Km<sup>2</sup>.

Rouissat municipalité se compose de trois grands groupes de population sont : Rouissat, soukra, el-hadeb.



Figure 10: Photo par satellite de la région de ROUISSAT.

### I.5. Localisation du forage

Le forage AEP de garret echouf est situé à 6 km EST de chef-lieu de la commune de ROUISSAT.

Commune : ROUISSAT

Daira : OUARGLA

Wilaya OUARGLA

Profondeur finale : 220 m

Tableau 2: Les coordonnées géographiques du forage.

X	5.369494
Y	31.892111
Z	157 m



*Photo 16: localisation du forage (image satellite) . mars 2023.*

## **I.6.Installation du chantier et travaux de surface**

Les travaux du forage ont été attribués à l'EFTR ABABSSA HMIDA. Dans le cadre d'un appel d'offre lancé par l'ANRH de la wilaya de Ouargla.

La méthode rotary à boue benthonique a été choisie pour l'exécution du sondage car elle convient très bien avec les conditions géologiques de la région à savoir l'existence des formations dures et tendres.

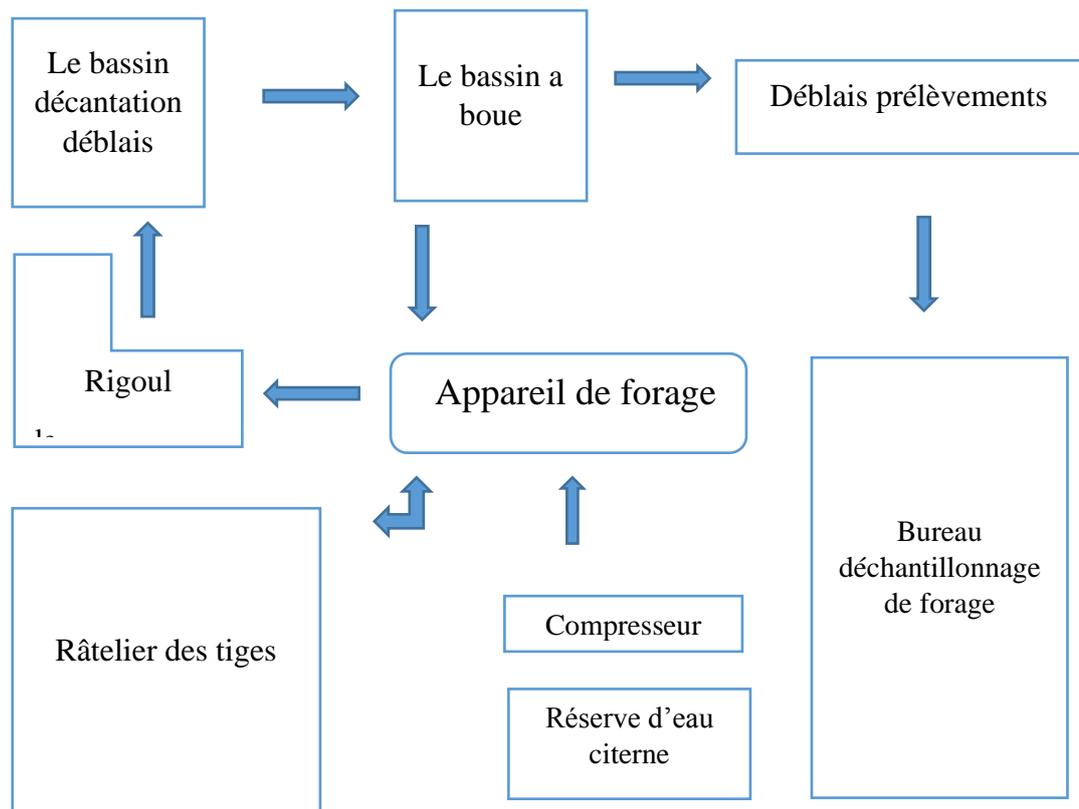


Figure 11: Schéma d'installation du chantier de forage.

### I.6.1. Les bassins de la boue

Dans ce travail, Il existe deux bassins, conçues spécialement pour les appareils de forage profonds, ces derniers servent à préparer la boue de forage et la maintenir dans les meilleures conditions ainsi que, pour séparer les résidus de forage, les impuretés et le ciment de la boue de forage pour la réutilisation.

Le dimensionnement des bassins utilisés est :

- Largeur (m) =3 m.
- Longueur (m) =3 m.
- Profondeur (m) =1 m.
- Volume (m3) = 9 m



*Photo 17: le bassin a boue . mars 2023.*

### **I.6.2. Les équipements de forage utilisé**

Il ya plusieurs ses équipements pour forer un forage, dont certains sont mentionnés ci-dessous :

#### **I.6.2.1. Les outils :**

L'outil de forage est la pièce la moins volumineuse mais la plus importante pour réaliser un puit d'eau.

les outils utilisée dans le puit est :

*Tableau 3: les outils utilisée .*

<b>Les outils</b>	<b>Diamètre en pouce</b>	<b>Longueur (cm)</b>	<b>Les photos</b>
<b>1</b>	<b>24"</b>	<b>55 cm</b>	<p><b>Date : 25-03-2023</b></p>

2	17'' <sup>1/2</sup>	48 cm	Date : 25-03-2023 
3	12'' <sup>1/4</sup>	43 cm	Date : 25-03-2023 

### I.6.2.2. Les mass tige :

Les masses tiges sont des tiges mais avec un poids unitaire très élevé, elles sont utilisées pour atteindre le poids initialement prévu sur l'outil de forage.

Tableau 4: Mass tige utilisée . mars 2023 .

	Longueur (m)	Diamètre ext	Diameter int	Épaisseur	Les photos
masses tiges	9,60	6''	4''	2''	Date : 25-03-2023 

### I.6.2.3. Les tiges :

Permis la transmission du mouvement de rotation à partir de la table jusqu'à l'outil et permettent aussi la canalisation du fluide de forage jusqu'à ce dernier.

Tableau 5: Les tige utilisée . mars 2023 .

	Longueur (m)	Diamètre ext	Diameter int	Epaisseur	Les photos
<b>Tiges</b>	9,60	4,5"	3,5"	1"	<p>Date : 25-03-2023</p> 

## I.7. DESCRIPTION DES TRAVAUX

### I.7.1. Construction du forage

Le forage a été effectué chronologiquement suivant les phases ci après exposées :

### I.7.2. PHASE I. : Tube guide

Ce tube sert de guide pour réaliser les séries de trous suivant:

- Amenée du matériel, construction de la plateforme, les bassins, les rigoles et la boue de forage.
- Construction d'un avant puits foré en 24" tubé en API 20" à une hauteur de 10 m entièrement cimenté.

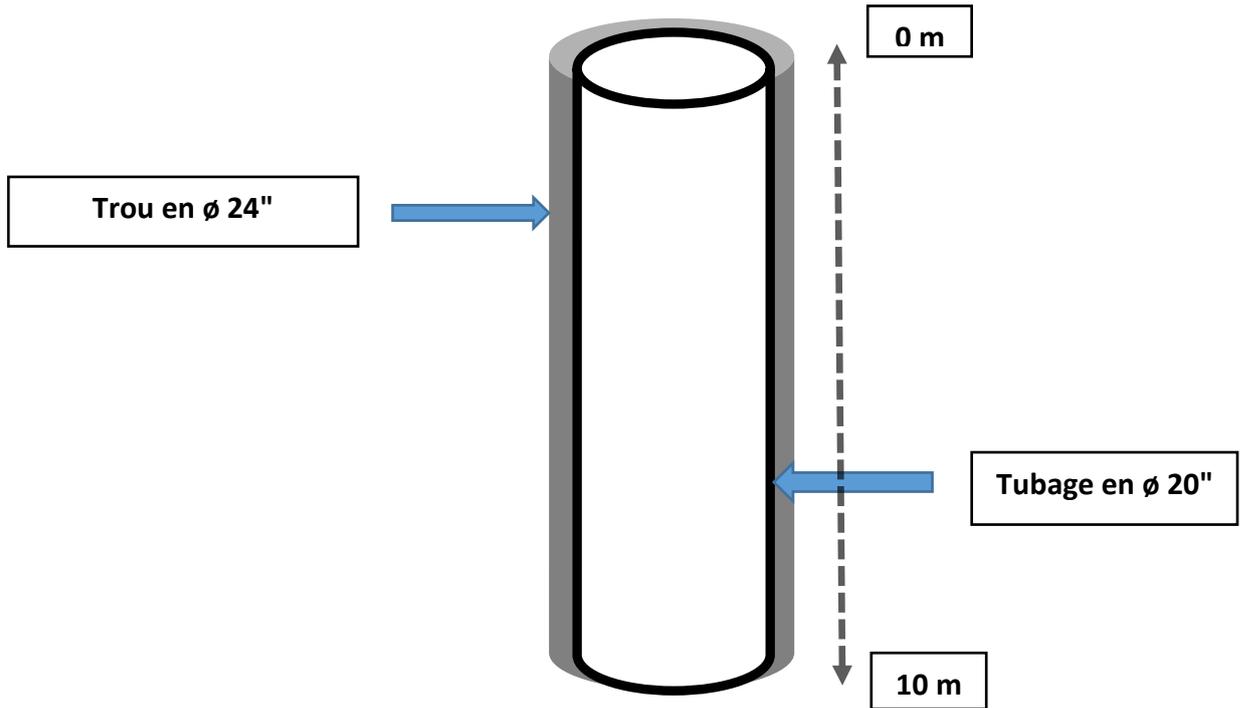


Figure 12: mise en place tubage (Phase tube guide).

### I.7.2.1. Cimentation du tubage

La cimentation est une opération très importante pour garantir la réussite de l'ouvrage, elle permet de :

- ✓ Fixer le tubage mis en place avec les terrains.
- ✓ D'empêcher toute sorte de pollution vers la couche aquifère.
- ✓ D'empêcher la corrosion du tubage.

### I.7.2.2. Calcul du volume de laitier

Volume : Trou / Casing

Diamètre extérieur = 24"

1 pouce = 2,54 cm

24" = 24 x 2,54 = 60,96 cm = 0,6096 m

$$S = D^2 \times 3,14 / 4 = 0,6096^2 \times 3,14 / 4 = 0,2917 \text{ m}^2$$

$$V = S \times H = 0,2917 \times 10 = 2,917 \text{ m}^3$$

Diamètre intérieur = 20"

20" = 20 x 2,54 = 50,8 cm = 0,508 m

$$S = D^2 \times 3,14 / 4 = 0,508^2 \times 3,14 / 4 = 0,2025 \text{ m}^2$$

$$V = S \times H = 0,2025 \times 10 = 2,025 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{ext } 24"} - V_{\text{int } 20"} = 2,917 - 2,025 = 0,8913 \text{ m}^3 = 891,3 \text{ L}$$

**I.7.2.3. . Quantité de ciment**

$$100 \text{ kg} \text{ _____ } 99,5 \text{ L}$$

$$Q_C \text{ kg} \text{ _____ } 891,3 \text{ L}$$

$$Q_C = 891,3 \times 100 / 99,5$$

$$Q_C = 895,77 \text{ kg}$$

$$895,77 / 50 = 17,91 \text{ sac}$$

**I.7.2.4. Volume d'eau**

$$100 \text{ kg} \text{ _____ } 66 \text{ L}$$

$$895,77 \text{ _____ } V_{\text{eau}} \text{ L}$$

$$V_{\text{eau}} = 895,77 \times 66 / 100$$

$$V_{\text{eau}} = 591,21 \text{ L}$$

Cimentation de l'espace annulaire injectés volume **0,8913 m<sup>3</sup>** de laitier de ciment

Densité de ciment = 1.71

Attente prise de ciment 24 heures

*Tableau 6: Résultats de cimentation (tube guide) .*

Profondeur	V <sub>Lc</sub> (m <sup>3</sup> )	Q <sub>c</sub> (sac)	V <sub>eau</sub> (m <sup>3</sup> )	D <sub>c</sub>
0 m à 10 m	0,8913 m <sup>3</sup>	17,91 sac	0, 59121 m <sup>3</sup>	1,71

V<sub>Lc</sub> : Volume de laitier de ciment .

Q<sub>c</sub> : Quantité de ciment .

V<sub>eau</sub> : Volume d'eau .

D<sub>c</sub> : Densité de ciment .

**I.7.3. PHASE II. : Colonne de production**

L'arbre de production est généralement composé d'un groupe de tubes en acier reliés entre eux et d'autres configurations.

La colonne charge et remonte l'eau des puits au moyen de pompes ou par pression naturelle, puis la dirige vers les unités de traitement

**I.7.3.1. Reconnaissance**

Le forage offre une vue vers le sous-sol, vu la taille réduite de la section observée. C'est alors que doit intervenir la savoir du géologue pour interpréter et extrapoler l'information sur le massif souterrain.

- -Forage de reconnaissance foré en  $\varnothing 12^{1/4}$  de 10 m-220 m.

### I.7.3.2. Les échantillonnages

La description de la lithologie a été effectuée sur la base de l'analyse des échantillons (cuttings) effectué chaque mètre prélevé en surface, ils seront nettoyés, séchés, et mis dans des petits sacs, puis ils sont classés selon leur profondeur.

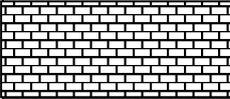
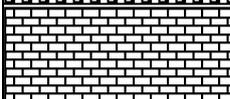
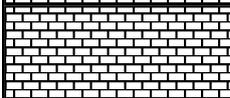
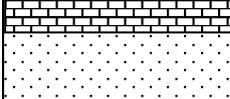
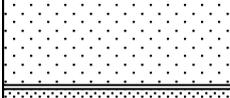
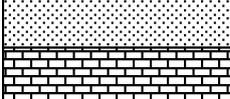
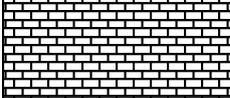
➤ Après analyse des échantillons (cuttings) de chaque un mètre foré.

Les échantillons (cuttings) ainsi analysés par L'hydrogéologue chargé du suivi, lui ont permis de fixer la profondeur finale de l'installation du tubage à la cote du 220 m.



*Photo 18: les échantillons (cutting).*

Tableau 7: Description lithologique des cuttings du forage Garet echouf.

Coupe	DESCRIPTION GEOLOGIQUES	
	Calcaires dur blanc. 10 m	SEN
	calcaires et sables rougeâtre 17 m	
	Calcaires et gypse blanchâtres. 28m	
	Calcaires et sables avec gypse 47m	
	Sables fin blanchâtre 87m	
	Sables fin jaunâtres 104m	
	Calcaires gréseux et silex et quartz 130m	
	Calcaires avec particules de silex 160m	
	Calcaires broyes 220m	

- -Etablissement du programme d'équipements a 140 m .

### I.7.3.3. Élargissement

Cette opération consiste à élargir le trou pour permette d'installation le tubage. L'opération a duré plus des jours, les résultats ont donné un trou de diamètre 17 "½ bien dressé.

- Élargir et Alésage en 17"½ de 10 m-140 m.

- Descente et pose d'un casing API K55 en  $\phi 13^{3/8}$  de 0 m-140 m .

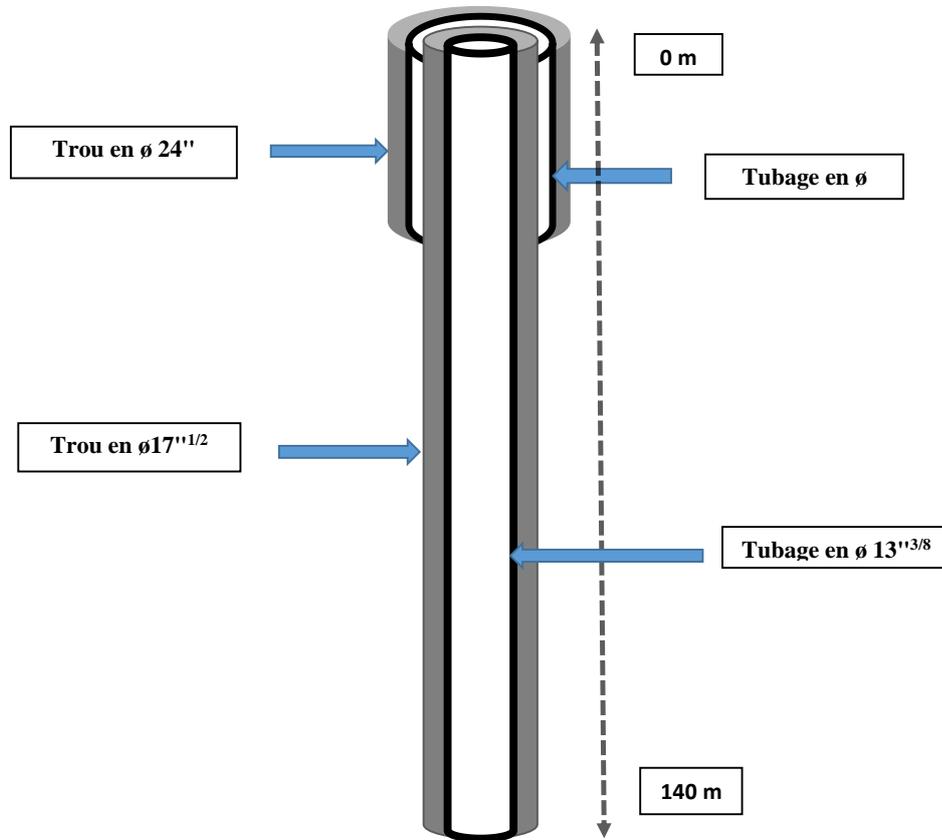


Figure 13: mise en place tubage  $13^{3/8}$  (colonne de production).

Tableau 8: Les caractéristiques de la colonne de production  $13\ 3/8''$  API.

<b>Le diamètre extérieur ( pouce )</b>	<b><math>13^{3/8}</math> API</b>
<b>Epaisseur ( pouce )</b>	<b>0.430''</b>
<b>Le poids linéaire ( lb/ft )</b>	<b>61.00</b>
<b>Le grade d'acier</b>	<b>K55</b>
<b>Filetage</b>	<b>P.S.B</b>

**API** : Institut américain du pétrole



Photo 19: Le tubage 13"3/8 API K55 .

#### I.7.3.4. Calcul du volume de laitier de ciment

Volume : Casing / Casing \_\_\_\_\_(1)

Diamètre extérieur = 20"

$$20'' = 20 \times 2,54 = 50,8 \text{ cm} = 0,508 \text{ m}$$

$$S = D^2 \times 3,14 / 4 = 0,508^2 \times 3,14 / 4 = 0,2025 \text{ m}^2$$

$$V = S \times H = 0,2025 \times 10 = 2,025 \text{ m}^3$$

Diamètre intérieur = 13"3/8

$$13^{3/8} = 13,375 \times 2,52 = 33,972 \text{ cm} = 0,339725 \text{ m}$$

$$S = D^2 \times 3,14 / 4 = 0,339725^2 \times 3,14 / 4 = 0,09005 \text{ m}^2$$

$$V = S \times H = 0,09005 \times 10 = 0,9059 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{ext}} 20'' - V_{\text{int}} 13^{3/8} = 2,025 - 0,9059 = 1,1191 \text{ m}^3 = 1119,1 \text{ L}$$

Volume : Trou / Casing \_\_\_\_\_(2)

Diamètre extérieur = 17"1/2

$$17^{1/2} = 17,5 \times 2,54 = 44,45 \text{ cm} = 0,4445 \text{ m}$$

$$S = D^2 \times 3,14 / 4 = 0,4445^2 \times 3,14 / 4 = 0,15551 \text{ m}^2$$

$$V = S \times H = 0,15551 \times 130 = 20,216306 \text{ m}^3$$

Diamètre intérieur = 13"3/8

$$13^{3/8} = 13,375 \times 2,52 = 33,972 \text{ cm} = 0,339725 \text{ m}$$

$$S = D^2 \times 3,14 / 4 = 0,339725^2 \times 3,14 / 4 = 0,09005 \text{ m}^2$$

$$V = S \times H = 0,09005 \times 130 = 11,765 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{ext. } 17''\frac{1}{2}} - V_{\text{int } 13''\frac{3}{8}} = 20,1630 - 11,765 = 8,398064 \text{ m}^3 = 8398,064 \text{ L}$$

En additionnant (1) et (2) , on trouve :

$$1,1198 + 8,398064 = 9,5178 \text{ m}^3 = 9517,8 \text{ L}$$

#### I.7.3.5. Quantité de ciment :

$$100 \text{ kg} \quad \text{_____} \quad 99,5 \text{ L}$$

$$Q_c \text{ kg} \quad \text{_____} \quad 9517,8645 \text{ L}$$

$$Q_c = 9517,8645 \times 100 / 99,5$$

$$Q_c = 9565,692 \text{ kg}$$

$$Q_c = 9565 / 50 = 191,3138 \text{ sac}$$

#### I.7.3.6. Volume d'eau

$$100 \text{ kg} \quad \text{_____} \quad 66 \text{ L}$$

$$9565,6929 \text{ kg} \quad \text{_____} \quad V_{\text{eau}} \text{ L}$$

$$V_{\text{eau}} = 9565,6929 \times 66 / 100 = 6313,3573 \text{ L}$$

Cimentation de l'espace annulaire injectés volume  $9,5178 \text{ m}^3$  de laitier de ciment

Densité de ciment = 1.71

Attente prise de ciment 48 heures.

Tableau 9: Résultats de cimentation (colonne de production) .

Profondeur	$V_{Lc} \text{ (m}^3\text{)}$	$Q_c \text{ (sac)}$	$V_{\text{eau}} \text{ (m}^3\text{)}$	$D_c$
0 m à 140 m	$9,5178 \text{ m}^3$	191,3138 sac	$6,31335 \text{ m}^3$	1,71

#### I.7.3.7. Volume de laitier de ciment total

$$\text{Volume}_{\text{Total}} = \text{Volume}_{\text{tube guide}} + \text{Volume}_{\text{colonne de production}}$$

$$\text{Volume}_{\text{Total}} = 0,8913 \text{ m}^3 + 9,5178 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume}_{\text{Total}} = 10,4091 \text{ m}^3$$

#### I.7.3.8. Quantité de ciment total

$$\text{Quantité}_{\text{Total}} = \text{Quantité}_{\text{tube guide}} + \text{Quantité}_{\text{colonne de production}}$$

$$\text{Quantité}_{\text{Total}} = 895,77 \text{ kg} + 9565,6929 \text{ kg}$$

$$\text{Quantité}_{\text{Total}} = 10461,4629 \text{ Kg} = 10,4614 \text{ Tonne} = 209,22 \text{ Sac}$$

#### I.7.3.9. Volume d'eau total :

$$\text{Volume d'eau}_{\text{Total}} = \text{Volume d'eau}_{\text{tube guide}} + \text{Volume d'eau}_{\text{colonne de production}}$$

$$\text{Volume d'eau}_{\text{Total}} = 591,21 \text{ L} + 6313,3573 \text{ L}$$

$$\text{Volume d'eau}_{\text{Total}} = 6904,5673 \text{ L}$$

Cimentation de l'espace annulaire injectés volume total **9,5178 m<sup>3</sup>** de laitier de ciment.

Tableau 10: Résultats de cimentation total.

Profondeur	V <sub>Lc</sub> (m <sup>3</sup> )	Q <sub>c</sub> (sac)	V <sub>eau</sub> (m <sup>3</sup> )	D <sub>c</sub>
0 m à 140 m	10,4091 m <sup>3</sup>	209,22 Sac	6,90456 m <sup>3</sup>	1,71

#### I.7.4. PHASE I. : Colonne de captage

- Contrôle puis poursuite du forage en 12"<sup>1/4</sup> de 140 m à 220 m.
- Descente et pose de la colonne de captage **tubes de crépine Johnson** en  $\varnothing 08''^{5/8}$  composées de : Longueur total de crépines descendus : 75 m (12 T<sub>crép</sub>).
- Longueur totale des tubes pleins : 9.25 m (1 T<sub>plein</sub> + 3 m).
- Longueur total de la colonne de captage : 84.25 m .

Elle est formée d'une succession de crépines en inox et un tube plein placé a l'intérieur de 8''<sup>5/8</sup> La colonne de captage est composée comme suit :

Tableau 11: mise en place de crépine

De	A	Ø <sub>ext</sub> (pouces)	Ø <sub>ext</sub> (mm)	Nature	Type	Long
220m	217m	8'' <sup>5/8</sup>	216	Inox	T-Plein	<b>3 m</b>
217m	142m	8'' <sup>5/8</sup>	216	Inox	Crépine	<b>75 m</b>
142m	135,75m	8'' <sup>5/8</sup>	216	Inox	T-Plein	<b>6,25 m</b>



Photo 20: tubes de crépine Johnson

#### I.7.4.1. Massif filtrant

Pour améliorer la protection vis-à-vis des fines de l'aquifère un massif de gravier peut être mise en place entre la crépine et la couche aquifère.

Mise en place d'un volume de massif filtrant constitué de graviers siliceux roulés et calibrés d'un diamètre 5 mm a 7 mm convenable à l'ouverture de la crépine

#### I.7.4.2. Calcul du volume de massif filtrant

Volume : Casing / Casing

Diamètre extérieur = 13<sup>3</sup>/<sub>8</sub>

$$13^{\frac{3}{8}} = 13,375 \times 2,52 = 33,972 \text{ cm} = 0,339725 \text{ m}$$

$$S = D^2 \times 3,14 / 4 = 0,339725^2 \times 3,14 / 4 = 0,09005 \text{ m}^2$$

$$V = S \times H = 0,090599 \times 4,25 = 0,38504 \text{ m}^3$$

Diamètre intérieur = 8<sup>5</sup>/<sub>8</sub>

$$V \text{ 8}^{\frac{5}{8}} = 8,625 \times 2,54 = 21,9075 \text{ cm} = 0,21907 \text{ m}$$

$$S = D^2 \times 3,14 / 4 = 0,04799 \times 3,14 / 4 = 0,03767 \text{ m}^2$$

$$V = S \times H = 0,03767 \times 4,25 = 0,160119 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{ext } 13^{\frac{3}{8}}} - V_{\text{int } 8^{\frac{5}{8}}} = 0,38504 - 0,160119 = 0,22492 \text{ m}^3$$

Volume : Trou / Casing

Diamètre extérieur = 12<sup>1</sup>/<sub>4</sub>

$$V_{12^{\frac{1}{4}}} = 12,25 \times 2,54 = 31,115 \text{ cm} = 0,31115 \text{ m}$$

$$S = D^2 \times 3,14 / 4 = 0,09681 \times 3,14 / 4 = 0,075999 \text{ m}^2$$

$$V = S \times H = 0,075999 \times 80 = 6,079939 \text{ m}^3$$

$$\text{Diamètre intérieur} = 8^{5/8}$$

$$V_{8^{5/8}} = 8,625 \times 2,54 = 21,9075 \text{ cm} = 0,21907 \text{ m}$$

$$S = D^2 \times 3,14 / 4 = 0,04799 \times 3,14 / 4 = 0,03767 \text{ m}^2$$

$$V = S \times H = 0,03767 \times 80 = 3,01401 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{ext } 12^{1/4}} - V_{\text{int } 8^{5/8}} = 6,079939 - 3,01401 = 3,06592 \text{ m}^3$$

#### I.7.4.3. Volume Total de massif filtrant :

$$\text{Volume}_{\text{gravier total}} = \text{Volume}_{\text{gravier colonne de captage}} + \text{Volume}_{\text{gravier TP RESERVE}}$$

$$\text{Volume}_{\text{gravier total}} = 3,06592 \text{ m}^3 + 0,22492 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume}_{\text{gravier total}} = 3,29085 \text{ m}^3$$

Tableau 12: Résultat de massif filtrant .

Profondeur (m)	Diametre de gravier (mm)	V <sub>GR</sub> (m <sup>3</sup> )
135,75 à 220	5 mm à 7 mm	3,29085 m <sup>3</sup>

### FICHE TECHNIQUE DE FORAGE

SONDAGE GARET ECHOUF

Carte: Ouargla

Date des travaux : 20/05/2022

long : 5.369494

z=157m

Echelle de la coupe

Latit : 31.892111

Tableau 13: coup technique de forage.

Prof(m)	Tubage et cimentation	Plans d'eau	Echant	Coupe	DESCRIPTION GEOLOGIQUES	
		NS= 39m			Calcaires dur blanc. 10m 17m calcaires et sables rougeâtre Calcaires et gypse blanchâtres. 28m Calcaires et sables avec gypse 47m Sables fin blanchâtre 87m Sables fin jaunâtres 104m Calcaires gréseux et silex et quartz 130m Calcaires avec particules de silex 160m Calcaires broyes 220m	SEN

### I.8. Conclusion

Après avoir terminé les phases de forage et mise en place du tubage, Nous mettons du ciment dans l'espace annulaire et descente la crépine dans la colonne de captage n'injecté de gravier.

Les résultats étaient les suivants :

Le profondeur finale est : 220 m , Volume total de laitier de ciment est : 10,4091 m<sup>3</sup> , Et volume total de massif filtrant est : 3,29085 m<sup>3</sup>.

# **Chapitre II : Développement et essai des pompages de forage**

## II.1. Introduction

Le développement du forage est une étape très importante qui permet d'éliminer la plupart des particules fines du terrain et du gravier filtre qui pourraient pénétrer dans le forage ainsi que le reste du cake de boue et d'arranger le terrain autour de la crépine afin d'en augmenter la permeability.

Une fois le forage est développé, un essai par palier sera effectué. Il a pour objectifs ;

- La détermination de débit exploitation et le rabattement à partir de la courbe caractéristique ;
- La détermination du débit spécifique, ainsi que le débit critique, le débit maximum admissible et leurs rabattements correspondants ;
- La détermination des pertes de charges linéaires (B), provoquées par le gravier additionnel et la formation avoisinants, et quadratique(C)

## II.2. Development

Après la mise en place de la colonne de captage et du massif filtrant, il à été procédé au développement de l'ouvrage au compresseur jusqu'à l'obtention d'une eau claire dépourvue de particules en suspension.

- ✓ Compresseur de 12bars.
- ✓ Pression de service stabilisée à 8 bars pendant 24 heures .



*Photo 21: Développement à l'air lift ou compresseur . mars – 2023.*

### II.2.1. Principe

Le système de pompage par air lift consiste en l'injection d'air comprimé à la base d'un tuyau vertical afin d'y entraîner le liquide s'y trouvant.

L'émulsion eau/gaz contenue dans le tuyau étant moins dense que l'eau autour du tuyau, la différence de pression hydrostatique en résultant provoque un mouvement ascensionnel l'eau dans le tuyau.

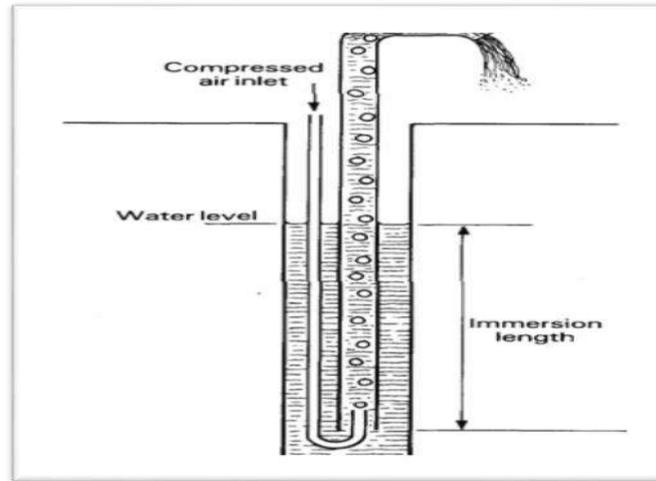


Figure 14: Test de nappe ou compresseur.

### II.2.2. Mesure le niveau statique

A noté que le niveau statique mesuré après le développement et 39,00m.

## II.3. Essai des pompages

Avant d'entamer les essais par palier, un essai à blanc est obligatoire à été effectué pour estimer le débit de chaque palier ainsi que le palier définitif, ces derniers correspond à des rabattements qui doivent être mesurés simultanément à fin d'avoir un essai de pompage significatif.

Après avoir fait l'expérience de pompage à blanc, nous avons obtenu les résultats suivants :

- Niveau statique = 39 m
- Niveau dynamique = 48 m
- Débit max = 30 L/s

## II.4. Essai de débit

Les pompages d'essai sont indispensables pour déterminer les paramètres hydrodynamiques de la nappe aquifère : transmissivité, capacité spécifique, rayon d'action coefficient d'emmagasinement et débit d'exploitation et la cote de chambre de pompage.

## II.5. Essai par palier

Un développement à la pompe a été réalisé afin de nettoyer le forage et d'obtenir des idées plus objectives à propos du rabattement en fonction du débit de pompage.

La cote de pompage à 72 m, le niveau statique étant 39.00m, le développement était avec palier croissants tout en suivant le rabattement et la qualité de l'eau.

Ces essais ont été réalisés en quatre paliers non enchainés de courte durée à des débits croissants. Pour chaque palier le débit en étant constant, on mesure le niveau dynamique en fonction du temps et à la fin du pompage on mesure le niveau de la remontée d'eau en fonction du temps selon le tableau ci-dessous

Tableau 14: Les donnée essai par trois palier.

Essai par palier				Lieu dit: GARET ECHOUF							
Niveau pose de la pompe = 72 m				Réalisé le 04 / 2023				Entreprise EFTR			
Ns/Tubage= 39.00m				T/sol = 0.5				ABABSSA-H			
Temps réel = 4 h				Temps réel= 4 h				Temps réel= 4 h			
Palier N°1 Q= 7.5 l/s				Palier N°2 Q=13 l/s				Palier N°3 Q= 18 l/s			
DESCENTE		REMONTÉE		DESCENTE		REMONTÉE		DESCENTE		REMONTÉE	
T(mn)	N <sub>D</sub> (m)	T(mn)	N <sub>D</sub> (m)	T(mn)	N <sub>D</sub> (m)	T(mn)	N <sub>D</sub> (m)	T(mn)	N <sub>D</sub> (m)	T (mn)	N <sub>D</sub> (m)
0	39.00	0	39.81	0	39.00	0	41.01	0	39	0	42.90
1	39.03	1	39.70	1	39.02	1	39.90	1	39.65	1	42.80
2	39.05	2	39.65	2	39.05	2	39.80	2	39.70	2	42.50
3	39.07	3	39.50	3	39.10	3	39.70	3	39.90	3	42.30
4	39.09	4	39.45	4	39.25	4	39.65	4	41.	4	41.50
5	39.11	5	39.42	5	39.30	5	39.55	5	41.10	5	41.20
7	39.13	7	39.40	7	39.40	7	39.50	7	41.20	7	41.
9	39.15	9	39.35	9	39.50	9	39.45	9	41.25	9	40.80
11	39.17	11	39.30	11	39.60	11	39.30	11	41.30	11	40.50
13	39.18	13	39.32	13	39.62	13	39.30	13	41.35	13	40.20
15	39.20	15	39.20	15	39.65	15	39.25	15	41.39	15	40.10
20	39.25	20	39.15	20	39.69	20	39.20	20	41.40	20	40
25	39.28	25	39.10	25	39.70	25	39.15	25	41.45	25	39.50
30	39.30	30	39.10	30	39.72	30	39.10	30	41.50	30	39.40
40	39.35	40	39.05	40	39.75	40	39.05	40	41.70	40	39.30
50	39.40	50	39.02	50	39.80	50	39.02	50	41.80	50	39.20
60	39.45	60	39	60	39.85	60	39	60	42.	60	39
75	39.50			75	39.90			75	42.10		
90	39.60			90	39.91			90	42.45		
120	39.65			120	39.92			120	42.55		
150	39.70			150	39.95			150	42.60		
180	39.75			180	41.00			180	42.70		
210	39.80			210	41.01			210	42.80		
240	39.81			240	41.01			240	42.90		

## II.6. Essai de longue durée à débit constant

Ce type d'essai est exécuté par un seul palier à débit constant de 30 L/s pendant 48 heures. Nous permet de déterminer les paramètres hydrodynamique de l'aquifère ainsi que sa perméabilité (connaissant son épaisseur) et son coefficient d'emmagasinement.

Tableau 15: Les donnée de Pompage longue durée.

Pompage longue durée Q=30 l/s 48 heures							
Projet de réalisation et équipement d'un forage d'eau GARET ECHOUF							
Willaya de OUARGLA							
Entreprise de réalisation : ABABSSA							
Niveau pose de pompe : 72 m							
Niveau statique/sol:40,00m							
DESCENTE		REMONTEE		DESCENTE		REMONTEE	
T(mn)	N <sub>D</sub> (m)	T(mn)	N <sub>D</sub> (m)	T(mn)	N <sub>D</sub> (m)	T(mn)	N <sub>D</sub> (m)
0	39	1	47.47	540	42	480	40.20
1	39.01	2	47.00	600	42.40	540	40.10
2	39.02	3	46.50	660	42.80	600	40.00
3	39.05	4	46.30	720	43	660	39.90
4	39.05	5	46.20	780	43.50	720	39.80
5	39.05	7	45.00	840	44	780	39.70
7	39.10	9	44.80	900	44.10	840	39.50
9	39.10	11	44.50	960	44.50	900	39.40
11	39.15	13	44.10	1020	44.80	960	39.40
13	39.18	15	43.50	1080	45	1020	39.35
15	39.18	20	43.00	1140	45.20	1080	39.30
20	39.20	25	43.00	1200	45.50	1140	39.10
25	39.20	30	42.70	1260	45.80	1200	39.10
35	39.25	40	42.50	1320	46	1260	39.10
40	39.28	50	42.00	1380	46.30	1320	39.10
45	39.30	60	41.00	1440	46.70	1380	39.05
60	39.35	75	40.90	1560	46.80	1440	39.02
75	39.40	90	40.85	1680	47.80		
90	39.40	105	40.25	1800	47.10		
120	39.60	120	40.60	1920	47.20		
180	39.70	150	40.55	2040	47.30		
210	39.90	180	40.41	2160	47.40		
240	40	210	40.40	2280	47.42		
300	40	240	40.35	2400	47.47		
360	40	300	40.30	2520	2640		
420	41.	360	40.25	2640	47.47		
480	41.50	420	40.20	2760	47.47		
540	42	480	40.20	2880	47.47		

Tableau 16: Résultat des essais de débit de courtes durées.

N°	Q l/s	N <sub>s</sub> (m)	N <sub>D</sub> (m)	$\Delta h$ (m)	T <sub>P</sub> (h)	T <sub>R</sub> (h)	Observation
1	7.5	39	39.81	0.81	4	1	Eau claire
2	13	39	41.01	2.01	4	1	Eau claire
3	18	39	42.90	3.90	4	1	Eau claire
4	30	39	47.47	8.47	48	24	Eau claire

$T_P$  = Temps de pompage (h) .

$T_R$  = Temps de remontée (h) .

$\Delta_h$  = Rabattement (m) .

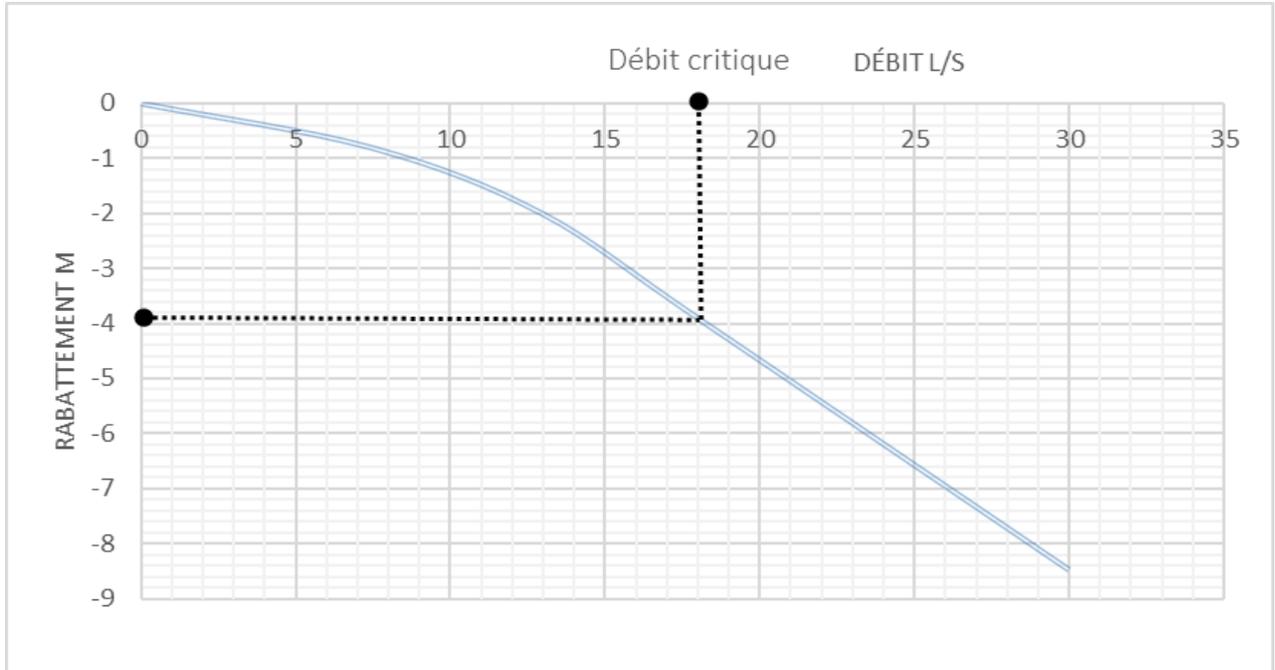


Figure 15: Courbe caractéristique de l'essai de débits par paliers .

L'interprétation des essais par palier se fait graphiquement, en traçant la courbe représentant le rabattement à la fin de chaque palier en fonction du débit.

La courbe caractéristique dont nous avons déduit le débit critique (18 L/s), le débit d'exploitation (15 L/s) et débit max = 20 l/s, Rab critique = 3,90 m

## II.7. Calcule le rabattement spécifique et débit spécifique

$$Q_{\text{Spécifique}} = \text{Débit} / \text{Rab}$$

$$\text{Rab}_{\text{Spécifique}} = \text{Rabattement} / \text{Débit}$$

Tableau 17: Résultats le rabattement spécifique et débit spécifique.

N° Palier	Débit (L/s)	Rab (m)	$Q_{SP}$ (l/s/m)	Rab <sub>SP</sub> (m/l/s)
1	7.5	0.81	9,259	0,108
2	13	2.01	6,467	0,154
3	18	3.90	4,615	0,216
4	30	8.47	3,541	0,282

## II.8. Les pertes de charge quadratique et linéaires

Si l'eau est agitée par des turbulences, Jacob propose d'exprimer le rabattement dans le forage par l'équation suivante :

$$s = BQ + CQ^2$$

- ✓  $s$  : est le rabattement dans le puits en m,
- ✓  $Q$  est le débit de pompage en  $m^3/h$ ,
- ✓  $BQ$  représente les pertes de charges linéaires, provoquées par l'écoulement laminaire dans l'aquifère voisinage du puits,
- ✓  $CQ^2$  représente les pertes de charges quadratiques, provoquées par l'écoulement turbulent dans l'ouvrage, les crépines et le tubage.

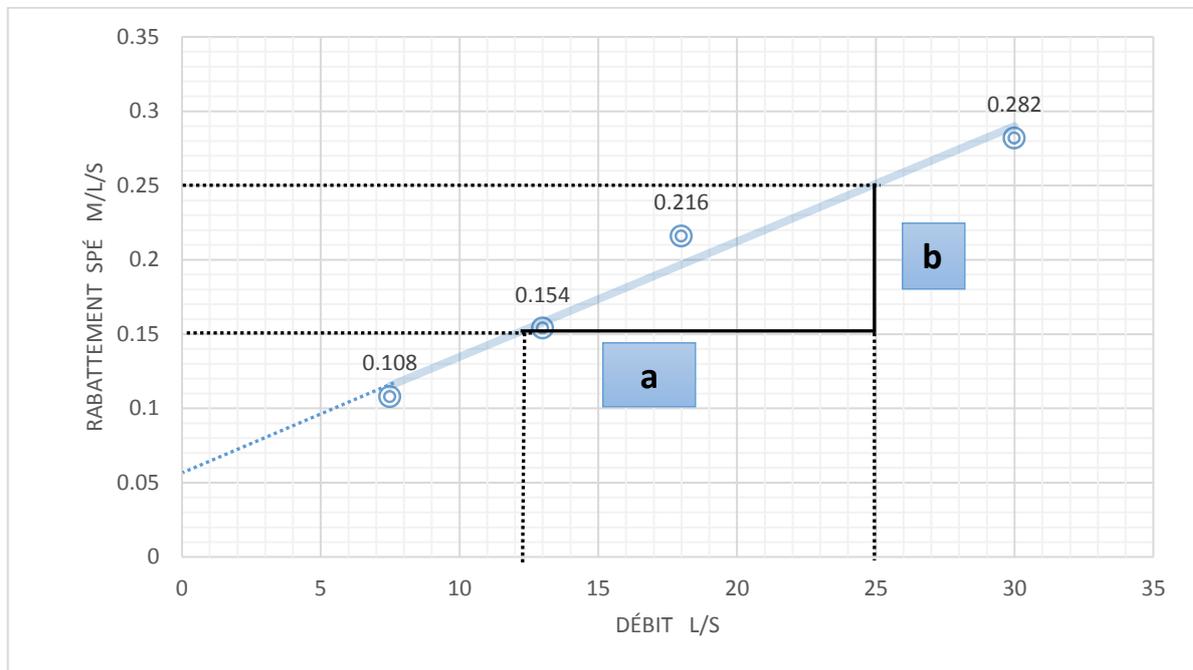


Figure 16: Courbe représenté le rabattement spécifique en fonction de débit.

### II.8.1. Calcule des pertes de charge quadratique et linéaires

$$B = 0,057$$

$$C = \Delta b \div \Delta a$$

$$C = (0,25 - 0,15) \div (25 - 12,8) = 0,0078$$

Tableau 18: Résultat des pertes de charge.

Débit (L/s)	Rab (m)	Q <sub>SP</sub> (l/s/m)	Rab <sub>SP</sub> (m/l/s)	Rab <sub>Théo</sub> S=BQ	CQ <sup>2</sup>	Rab <sub>Calcule</sub> S=BQ+CQ <sup>2</sup>
7.5	0.81	9,259	0,108	0,4275	0,43875	0,86625
13	2.01	6,467	0,154	0,741	1,3182	2,0592
18	3.90	4,615	0,216	1,026	2,5272	3,5532
30	8.47	3,541	0,282	1,71	7,02	8,73

### II.8.2. Interprétation des pertes de charges linaires et quadratiques

Nous comparons l'impact des pertes de charges sur le rabattement dans un forage, on remarque que les pertes de charges linaires BQ sont inférieures aux pertes de charges quadratiques CQ<sup>2</sup> ce que nous affirme le forage est bien conçu et les essais sont bien établies.

### II.9. Conclusion

D'après les essais de pompage, on peut conclure ce qui suit Le débit d'exploitation recommandé est entre 15 L/s 20 L/s.

Le niveau dynamique varie entre 40 m à 48 m

La cote de calage de la pompe immergée sera 72 mètres.

Après avoir terminé la construction du puits

Fermer le puits avec une plaque de fer.



Photo 22: plaque de fer . 04-2023.

## Conclusion générale

La nécessité de l'eau pousse l'homme à penser de trouver les techniques d'apporter cette ressource et beaucoup plus dans les régions loin des eaux de surface. Parmi les importantes techniques, on trouve l'exploitation des eaux souterraines par le forage des puits.

La méthode utilisée pour réaliser le forage dans la région rouissat est le mode Rotary, cette méthode est largement utilisée par les foreurs, car il s'adapte à la géologie de la région, Le climat de notre zone d'étude (est caractérisé par des températures élevées, de faibles précipitations, un taux évaporation élevé, un manqué d'humidité et un pourcentage important de vents.

Cette opération de forage à plusieurs étapes, commençant par l'identification des objectifs du forage du puits jusqu'à l'exploitation de l'eau.

Dans ce cadre de notre étude, nous avons suivi le forage d'un puits destiné à l'utilisation eau potable dans la région de rouissat.

Donc on peut résumer les travaux comme suite :

- Le trou a été foré par un outil de 24" de 0 à 10 m de profondeur.
- Le forage du puits s'est poursuivi, en commençant de 10 à 220 m avec un outil de 12" diamètre, après l'alésage du puits d'un outil de 17"1/2 diamètre a été réalisée le long du trou.
- Décence de la colonne de production en API 13"3/8 du 0 à 140 m
- Cimentation du tubage 13"3/8 sur 0m à 140 m
- -Nous reprenons le forage du puits de 140 m à 220 m avec un outil de 12"1/4 diamètres
- Décence de la colonne de captage les crépines type Johnson en diamètre 8"3/8 de 140 m à 220 m.
- Après mise en place massif filtrant sur 135,75 m à 220 m.
- Après développement et des essais de pompage par palier.
- Après avoir terminé la construction du puits.
- Fermer le puits avec une plaque de fer.

## Références

- [1] **BETTEKA Mohamed** : Suivi technique de la réalisation d'un forage profond (albien) situé au niveau de la zone D'El Gueddachi Commune d'El Hadjira (Wilaya de Touggourt) 2021-2022
- [2] [https://www.larousse.fr/encyclopedie/images/Forage\\_rotary/1009940](https://www.larousse.fr/encyclopedie/images/Forage_rotary/1009940)
- [3] **SEDDIKI Brahim** : Etude de conception d'un forage d'albien (cas de la nouvelle ville Ain Beida Ouargla ) 2019-2020
- [4] **LEGHRIEB Raid** : Étude et réalisation d'un puits profond albien 2 cas N'goussa " Hassi Lekhfif " 2021-2022
- [5] **SOUILEM MOHAMMED NADIR** : étude suivi d un forage profond albien (djaoua) el Atteuf (wilaya de Ghardaïa) 2019/2020
- [6] <https://images.app.goo.gl/uMx1Gb4fG1BkeDwQA>
- [7] <https://images.app.goo.gl/sj7S58e4ndMCPjyb8>
- [8] <https://images.app.goo.gl/3ut4Bb59ZdydmS6x8>
- [9] <https://images.app.goo.gl/9vUTKMF5KfD1rf6h8>
- [10] **FARAG Abdulgalil**, 2006
- [11] <https://images.app.goo.gl/9B6AXbEXfsZfaPSp9>
- [12] **ANRH Agence nationale des ressources hydraulique ( Ouargla )**