



## Département de Génie de l'Eau

### Rapport de soutenance

En vue de l'obtention du diplôme

Licence professionnelle en :

**Hydraulique**

**Thème :**

**Problèmes rencontrés dans la réalisation d'un  
forage hydraulique « coincement ».**

**Réalisé par :**

**AMAROUCHE Sarah**

**Encadré par :**

- M<sup>elle</sup> HEMZAOUI Sara Maitre de conférences classe B/ Institut de technologie
- Mr BELHAFFEF Ahmed Zakarya Ingénieur de forage /Entreprise ENAGEO

**Soutenu devant le jury :**

- Examineur : Mr YAHIAOUI Abdelhalim / Enseignant (IT, Univ- Bouira)
- Président de jury : Mr BELKACEMI Samir / Enseignant (IT, Univ- Bouira)

# Remerciements

**En premier lieu, nous remercions « Dieu » qui nous a donné la force pour accomplir ce travail.**

**Je voudrais adresser toute ma gratitude à mon encadreur, madame HEMZAOUI Sarra, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.**

**Mes sincères remerciements au personnel de l'entreprise ENAGEO, de m'avoir accordé l'opportunité d'effectuer ce stage.**

**J'adresse ma gratitude à mon tuteur Mr BELHAFFEF Ahmed Zakarya pour toute l'attention et l'aide qu'il m'a accordé, ainsi les ingénieurs du département forage « BOUDA Mazigh ; HALIT Cherif ; MAKHOLOUFI Abed el Jaouad » Nous remercions également à Mr. AMEUR Moussa « superintendant forage » qui m'ont beaucoup aidé à réaliser ce stage dans de bonnes conditions.**

**Je désire aussi remercier les professeurs de l'Institut de Technologie, qui m'ont fourni la formation nécessaire à la réussite de mes études universitaires.**

**Mes vifs remerciements à mes examinateurs de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner et de discuter ce travail.**

**Evidemment, je remercie toutes les personnes que j'ai côtoyées lors de ce stage et dont la présence fut tellement bénéfique, autant sur le plan professionnel que personnel.**

AMAROUCHE Sarah



# Dédicace

Je dédie ce modeste travail

À mes chers parents, mon père et ma mère pour leur amour, leur soutien leur dévouement et surtout pour les valeurs et principes qu'ils m'ont inculqués en leur souhaitant une longue vie.

À mes chères et adorables frère et sœurs je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protégé et vous garde « Lydia ; Fatma ; Makhlouf »

À mes neveux Iyad et Mayane qui savent toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.

À la personne la plus parfaite à mes yeux, ma meilleure amie Yasmine.

À tous les membres de ma famille et toute personne qui porte le nom AMAROUCHE.

À tous mes amis de promotion 3ème année génie de l'eau de l'institut de technologie de Bouira.

AMAROUCHE Sarah



## ملخص:

حفر البئر هو عمل يقوم به متخصصون في الميدان من اجل استخراج المياه العميقة الجوفية هدفه الوصول الى الطبقة المحتوة بالماء بطريقة سهلة وامنة وفي أقصر وقت ممكن وبأقل تكلفة ممكنة لكن في بعض الأحيان تظهر عدة مشاكل التي تعرقل استمرار الحفر وذلك يعود لعدة عوامل تسبب ضياع الوقت والمال اين يتم طلب عمليات خاصة لحل هذه المشكلة مثلا السحب والبتاج و وضع محاليل حمضية و الباك اوف و السايتراك تتبع كحل أخير

**الكلمات المفتاحية** حفر البئر المياه العميقة الجوفية السحب البتاج وضع محاليل حمضية الباك اوف السايتراك

## **Résumé :**

Le forage d'eau est un ouvrage réalisé par des professionnels pour la mise en valeur des eaux profondes. Sa finalité est d'atteindre le réservoir d'une manière sûre et dans les plus brefs délais avec un prix de revient minimum, plusieurs problèmes peuvent apparaitre et faire obstacle à la poursuite de forage comme « le coincement ». Ce dernier dû à plusieurs facteurs qui causent la perte du temps et d'argent. Des opérations spéciales doivent être effectuées pour surmonter ces problèmes tels que le tirage, le battage, l'injection des bouchons d'acide, le back off et le side track comme dernière solution.

**Mots clés :** forage d'eau eaux profondes coincement tirage battage injection des bouchons d'acide back-off side track.

## **Abstract:**

Water drilling is a work carried out by professionals for the development of deep waters. Its purpose is to reach the reservoir in a safe way and in the shortest possible time with a minimum cost price, several problems can appear and hinder the continuation of drilling such as "jamming". The latter due to several factors that cause loss of time and money. Special operations must be performed to overcome these problems such as pulling, ramming, acid plug injection, back off and side track as the last solution.

**Key words:** Water drilling deep waters jamming acid plug injection, pulling, ramming back off, side track

## SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction Générale ..... 1

### CHAPITRE I : Présentation de l'entreprise et la région d'étude.

Introduction.....	2
I.1. Présentation de L'ENAGEO .....	2
I.1.1. La Direction Hydrogéologie et Topographie (DHT) .....	2
I.1.2. Le Département forage .....	4
I.2. Situation géographique de la région d'étude .....	5
I.3. Situation géologique et hydrologique .....	6
I.4. Description lithologique de la région d'étude .....	8
Conclusion .....	10

### CHAPITRE II : Généralités sur les eaux souterraines et forage hydraulique.

Introduction.....	11
II.1. Eaux souterraines .....	11
II.2. Différents aquifères de la région de Hassi Messaoud .....	12
II.2.1. Aquifères du Complexe Terminal : .....	13
II.2.2. L'aquifère continental intercalaire .....	13
II.3. L'exploitation des eaux souterraines.....	14
II.4. Définition d'un forage .....	15
II.5. Buts de forage.....	15
II.6. Les méthodes de forage .....	16
II.6.1 Technique de Battage (à percussion) .....	16
II.6.2. Technique de Rotary .....	17
II.7. Les composants d'un appareil de forage rotary.....	18
II.7.1. Le mât .....	18
II.7.2 Mouflage .....	19
II.7.3 Tête d'injection .....	19
II.7.4 Table de rotation.....	19

II.7.5. Les tiges.....	19
II.7.6. Les masse-tiges :.....	20
II.7.8. Treuil : .....	20
II.7.9. Outil de forage : .....	20
II.7.10. Pompes à boue :.....	21
II.8. Matériel utilisé pour le fonçage d'un puits :.....	21
II.8.1. Les moyens humains :.....	21
II.8.2. Les moyens matériels : .....	21
II.8.3. Stocks des matériaux :.....	22
II.9. Les différentes étapes de réalisation d'un forage d'eau :.....	22
II.9.1. Reconnaissance du site : .....	22
II.9.2. DTM et Installation sur site .....	22
II.9.3 Travaux de Génie Civil.....	22
II.9.4. Forage : .....	23
II.9.5. Equipement de puits :.....	24
II.9.5.1. Mise en place du tubage : .....	24
II.9.5.2. Mise en place des Crépines : .....	25
II.9.5.3. Injection massif filtrant (Gravillonnage) :.....	25
II.9.5.4. Cimentation ÷.....	26
II.9.6. Développement des puits .....	26
II.9.7. Les essais des débits .....	26
II.9.8. Remise en état des lieux.....	27
II.9.9. Les analyses physico-chimique et bactériologique.....	28
Conclusion .....	29

### **CHAPITRE III : Les problèmes rencontrés dans un forage hydraulique spécialement le coincement.**

III.1. Problèmes rencontrés dans un forage .....	30
III.1.1. Géologie .....	30
III.1.2. Les pertes de boue .....	30
III.1.3. Les venues .....	30
III.1.4. Problèmes complexes .....	31
III.2. Généralités sur les coincements.....	31
III.3. Classification des coincements .....	31
III.2.1. Coincements par pression différentielle (collage.....	31

III.2.2. Coincements mécaniques .....	33
III.2.3. Coincements par instabilité des formations .....	35
III.4. Traitement du coincement .....	39
III.5. Les techniques utilisées pour libérer la garniture .....	40
III.5.1. Tirages excessifs.....	40
III.5.2. Bouchon d'acide .....	40
III.5.3. Le battage .....	41
III.5.4. Dévissage back-off .....	42
III.5.4.1. Dévissage à l'explosif .....	43
III.5.4.2. Dévissage mécanique.....	43
III.5.5. Raccordement et repêchage de matériel tubulaire.....	43
III.5.5. SIDE TRACK .....	45
Conclusion .....	45

#### CHAPITRE IV : Etudes de cas du puits P442 : coincement lors de descente tubage 13''3/8.

Introduction : .....	47
IV.1. Présentation du puits.....	47
IV.2. La coupe lithologique et le profil du puits P442 .....	47
IV.3. Le coincement de tubage 13''3/8 lors du forage du puits P442.....	49
IV.4. Déroulement et timing des opérations .....	49
IV.5. Exposition du coincement du tubage 13'' 3/8 .....	51
IV.6. Cause de coincement du tubage 13''3/8.....	52
IV.6.1. Mauvaise géométrie des parois.....	52
IV.6.2. Le mécanisme de gonflement de la formation argileuse .....	53
IV.7. Méthode de décoincement du tube 13''3/8.....	53
IV.7.1. Injection du bouchon kcl.....	54
IV.8. Influence du bouchon kcl sur la formation argileuse.....	54
IV.9. Procédure effectuée pour le décoincement de tubage 13''3/8 .....	55
Conclusion .....	55
Conclusion générale .....	56
Bibliographie .....	57

## **LISTE DES FIGURES :**

### **CHAPITRE I : Présentation de l'entreprise et la région d'étude.**

<b>Figure 01 :</b> entreprise national ENAGEO Hassi Messaoud.....	3
<b>Figure 02 :</b> Organigramme du département forage.....	5
<b>Figure 03 :</b> Situation géographique de Hassi Messaoud. (Earth 2020) .....	6
<b>Figure 04 :</b> Carte des bassins sédimentaires, Division forage (Sonatrach 2005).....	7
<b>Figure 05 :</b> Contexte géologique du champ de Hassi Messaoud (WEC 2007).....	8
<b>Figure 06 :</b> Log Stratigraphique du champ de Hassi Messaoud. ....	9

### **CHAPITRE II : Généralités sur les eaux souterraines et forage hydraulique.**

<b>Figure 07 :</b> Coupe hydrogéologique du SASS « système aquifère du Sahara septentrional ». (UNESCO, 1972).....	11
<b>Figure 08 :</b> Log stratigraphique type du Bassin d'Amguid Messaoud (Division exploration). .....	12
<b>Figure 09 :</b> Log hydrogéologique de la région de Hassi Messaoud du Complexe Terminal. 13	
<b>Figure 10 :</b> Position géographique du SASS (OSS, 2008). ....	14
<b>Figure 11 :</b> Battage au câble « Technique Pennsylvanienne » .....	16
<b>Figure 12 :</b> Schéma simplifié d'une installation de forage rotary.....	18
<b>Figure 13 :</b> le mat de l'appareil de forage (Forage piscine Hassi Messaoud).....	18
<b>Figure 14 :</b> tiges de forage (Forage piscine Hassi Messaoud). ....	19
<b>Figure 15 :</b> l'outil de forage 8 <sup>1/2</sup> (Forage Hassi Messaoud).....	20
<b>Figure 16 :</b> la pompe à boue (Forage Hassi Messaoud).....	21
<b>Figure 17 :</b> étude de diagraphie du forage Hassi Messaoud .....	25
<b>Figure 18 :</b> logiciel d'aide pour l'interprétation d'un pompages « OUAIP ».....	27
<b>Figure 19 :</b> résultats des analyses physico-chimique du forage P442 Hassi Messaoud .....	28
<b>Figure 20 :</b> le diagramme de piper et Schoeller Berkalov. ....	29

### **CHAPITRE III : Les problèmes rencontrés dans un forage hydraulique spécialement le coincement.**

<b>Figure 21 :</b> coincement par pression différentielle vue de dessus. ....	32
<b>Figure 22 :</b> coincement par pression différentielle vue latérale.....	32
<b>Figure 23 :</b> (key seat). ....	33
<b>Figure 24 :</b> Sédimentation des déblais. ....	34
<b>Figure 25 :</b> ferraille dans le trou.....	35

<b>Figure 26</b> : gonflement d'une formation argileuse. ....	36
<b>Figure 27</b> : les argiles fluentes .....	37
<b>Figure 28</b> : argiles feuilletées.....	38
<b>Figure 29</b> : mauvaise géométrie de parois. ....	38
<b>Figure 30</b> : changement d'outil. ....	39
<b>Figure 31</b> : Mise en place et déplacement du bouchon.....	40
<b>Figure 32</b> : coulisse mécanique.....	41
<b>Figure 33</b> : coulisse hydraulique.....	42
<b>Figure 34</b> : Coupe à l'explosif (JET CUTTER).....	43
<b>Figure 35</b> : Overshot équipé d'un spiral grapple .....	44
<b>Figure 36</b> :équipé d'un basket grapple.....	44
<b>Figure 37</b> : Taraud, cloche taraudée et pin tap.....	44

**CHAPITRE IV : Etudes de cas du puits P442 : coincement lors de descente tubage  
13''3/8.**

<b>Figure 38</b> : position géologique du puits P442 .....	47
<b>Figure 39</b> : fiche technique du puits P442HMD. ....	48
<b>Figure 40</b> : Exposition du coincement de tubage à la cote 180m. ....	51
<b>Figure 41</b> : Puits P442 HMD lors du coincement tubage. ....	52
<b>Figure 42</b> : mécanisme du gonflement d'argile. ....	53

## Liste des tableaux :

<b>Tableau 1 :</b> Exemples de programme Forage – Tubage à Hassi-Messaoud (Forage Horizontal).....	24
<b>Tableau 2 :</b> collage par pression différentielle.....	33
<b>Tableau 3:</b> sédimentation des déblais. ....	34
<b>Tableau 4 :</b> les argiles gonflantes. ....	35
<b>Tableau 5 :</b> problème des argiles fluentes. ....	36
<b>Tableau 6:</b> le problème des argiles feuilletées.....	37
<b>Tableau 7:</b> déroulement des opération de forage P442 avant coincement. ....	50

## Liste des abréviations

**ENAGEO** : Entreprise national géophysique.

**DHT** : Direction hydrologie et topographie.

**AEP** : Alimentation en eau potable.

**SASS** : système aquifère du Sahara septentrional.

**QHSE** : Qualité, Hygiene, Santé et Environnement.

**DTM** : Démontage, Transport et Montage.

**SS#40D**: Speed Star 40D (chantier de forage).

**SS#40T**: Speed Star 40T (chantier de forage).

**SS#15**: Speed Star 15 (chantier de forage).

**SS#25**: Speed Star 25(chantier de forage).

**SS#22**: Speed Star 22 (chantier de forage).

**SS#15A**: Speed Star 15A (chantier de forage).

**SS#15B**: Speed Star 15B (chantier de forage).

**GD2000**: Gardner Denver (chantier de forage).

**FG1500**: Gorge Feeling (chantier de forage).

**OUAIP** : outil d'aide à l'interprétation des pompages.

**Cf** : coefficient de friction.

**HMD** : Hassi Messaoud.



---

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

---

## *Introduction Générale*

L'accès facile à l'eau potable est un besoin humain fondamental dont dépendent la santé et la qualité de vie. Les fluides souterrains sont précieux et très importants : l'eau, le gaz naturel et le pétrole. A plus ou moins de profondeur, il faut toujours forer pour les explorer et les exploiter. L'eau souterraine étant invisible, elle est rarement prise en compte, mais c'est l'une des meilleures sources d'eau disponible pour l'homme. Un puits d'eau est une infrastructure complexe dont la qualité dépend des conditions de construction et des matériaux utilisés, ainsi que des conditions d'exploitation et d'entretien pour répondre aux besoins en eau des habitants.[24]

De graves problèmes subsistent lors de la réalisation d'un forage qui constitue un énorme obstacle à la poursuite des forages malgré toutes les précautions. Dans ce contexte j'ai choisi de traiter le problème de coincement au cours de mon stage sous l'intitulé « **Problèmes rencontrés dans la réalisation d'un forage hydraulique « coincement** ». À cet effet, j'aurai à développer le plan suivant :

- Nous allons commencer notre rapport de stage par une introduction générale. au sein du premier chapitre. nous allons présenter l'entreprise et son environnement, la Direction Hydrogéologie et Topographie, la structure forage et tout ce qui concerne la région d'étude
- Le deuxième chapitre sera consacré à une étude bibliographique sur les généralités des eaux souterraines et le forage hydraulique on décrira les techniques, procédés et les équipements utilisés dans le forage.
- Nous traiterons les contraintes et les problèmes rencontrés dans la réalisation de forage hydraulique spécialement le coincements et comment y faire face au cours de troisième chapitre.
- Nous étudierons les causes du coincement de notre cas de tubage 13''3/8 du puits P442 de Hassi Messaoud, analyses et propositions de certaines recommandations dans le dernier chapitre de ce rapport de stage.
- Enfin, nous terminons par une conclusion générale et des recommandations afin d'agir à titre préventif et d'éviter ainsi les coincements

---

# CHAPITRE

## I

---

Présentation de l'entreprise et  
la région d'étude.

## Introduction

Au cours de notre stage j'ai visité les différents services de l'ENAGEO (Entreprise Nationale de géophysique), qui m'a permis de découvrir l'implication et la répartition du travailles des différentes directions de l'entreprise.

Notre région d'étude se représente sur le champ Hassi Messaoud ou se situe la plus grande réserve souterraine d'eau au Sahara algérien.

### I.1. Présentation de L'ENAGEO

L'Entreprise Nationale de Géophysique (ENAGEO) est une filiale à 100% du Groupe pétrolier SONATRACH, elle a été créée en août 1981 (décret81-172 du 01/08/1981) dont le siège est situé à Hassi-Messaoud (Wilaya de Ouargla).

Disposant d'un potentiel humain de plus de 6500 employés (moyenne annuelle), dont plus de 900 ingénieurs et techniciens hautement qualifiés, et d'équipements de dernière technologie, elle a pour missions principales :

- La recherche des hydrocarbures par la sismique de réflexion,
- Les études géotechniques, la topographie et les forages hydrauliques ;
- Les études du sous-sol par des méthodes géophysiques dites potentielles (gravimétrie, magnétométrie, résistivité).[19]

À côté de son activité principale, l'entreprise accomplit des activités annexes, qualifiées d'activités secondaires mais qui ont leur part du marché, parmi lesquelles :

#### *I.1.1. La Direction Hydrogéologie et Topographie (DHT)*

Assure les domaines d'activité stratégiques :

- Le forage hydraulique;
  - Les travaux de topographie et de bathymétries ;
  - La géotechnique (analyses en laboratoire).
- **Forage hydraulique** : c'est l'aboutissement de toutes les études hydrogéologiques. L'entreprise est dotée d'appareils de forage performants de type léger et moyen, qui permettent de forer à de grandes profondeurs.

- **Topographie** : la structure topographique dispose de 12 brigades composées d'ingénieurs et techniciens, dotées d'équipements tels que le GPS (positionnement global par satellites) et chargées d'effectuer des études topographiques qui couvrent toutes les applications de la topographie, notamment :
  - L'implantation des forages pétroliers et reconnaissance des pistes d'accès à travers le désert.
  - L'étude de projet de pipelines pétroliers et gaziers.
  - L'étude de routes, levées de terrain et levées d'obstacles.
  - L'équipement en points GPS et géodésique.
  
- **La géotechnique** : principalement l'étude de la mécanique des roches, qui consiste à déterminer d'une manière directe les caractéristiques pétrochimiques des roches et leurs compositions chimiques, en ayant recours à plusieurs tests et méthodes d'investigation (test de dureté, test d'acidité et de salinité, mesure de porosité et de perméabilité, prélèvement de carottes).

Ces différentes activités sont réalisées par la Direction Hydrogéologie & Topographie (DHT). Elle est une direction opérationnelle et autonome ayant en son sein un département Forage, lequel est chargé de réaliser les puits d'eau, puits d'anodes et ceux de mise à la terre. La Direction est animée par son Directeur Hydrogéologie, assisté par l'Assistant Directeur, chargé de la cellule études et contrôle, le Responsable du Système Management Qualité et l'Inspecteur Sécurité. Le département Administration Générale est la structure chargée du soutien et des moyens communs.[19]



*Figure 01 : Entreprise nationale ENAGEO Hassi Messaoud.*

### *1.1.2. Le Département forage*

Il a été créé au sein de l'entreprise depuis 1978 à ce jour, il a à son actif plus de 400 Puits réalisés pour le compte de différents clients potentiels. Il est doté d'appareils de forage performants de type moyen et léger qui permettent de forer à des profondeurs allant jusqu'à 800 mètres linéaires avec des camps de vie autonomes.

Les forages d'eau, puits de protection cathodique, puits de mise à la terre et puits Top Hole sont réalisés par un personnel spécialisé à la grande satisfaction de leurs clients. Quant aux essais de débit des puits sont assurés par l'unité de séricine.

Leurs chantiers opèrent généralement en système (2X12 heures), si les conditions sécuritaires le permettent. La composition du personnel de chacun des chantiers est comme suit :

Deux chefs de chantier assurant la gestion technico-administrative du chantier, deux chauffeurs, deux cuisiniers, deux Serveurs, quatre équipes de forage dont deux en congé et chacune d'elles est composée comme suit : un chef de poste, un accrocheur, un sondeur. Le suivi technique et administratif se fait à partir de la base par un superintendant, lequel assistera à toutes les opérations spéciales telles que descente tubage puis sa cimentation, instrumentation et enfin développement et mise en production du forage. L'intervention de l'équipe de maintenance se fera à partir de la base à Hassi-Messaoud en cas de nécessité.

Comme le montre l'organigramme, le département forage fait partie intégrante de la direction hydrogéologie et topographie, qui est l'une des directions opérationnelles. La direction logistique de l'entreprise soutient ce département en lui assurant son approvisionnement en carburants, vivres, produits et matériaux nécessaires à l'exécution des travaux. Aussi le département transport de cette direction se charge de toutes les opérations de transport, de déplacement des chantiers sur site ainsi que de leur repliement sur base en fin des travaux. ).[19]

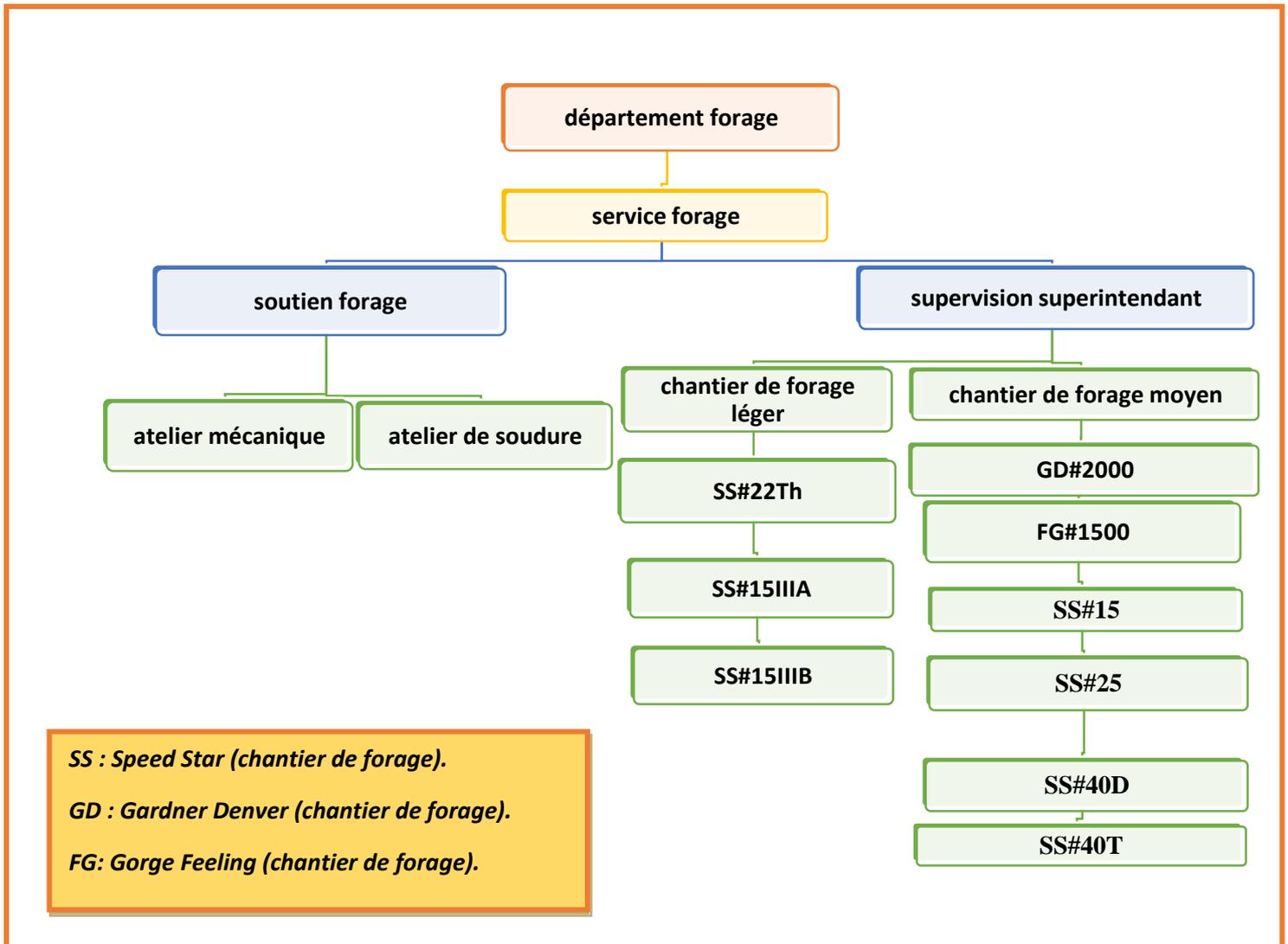
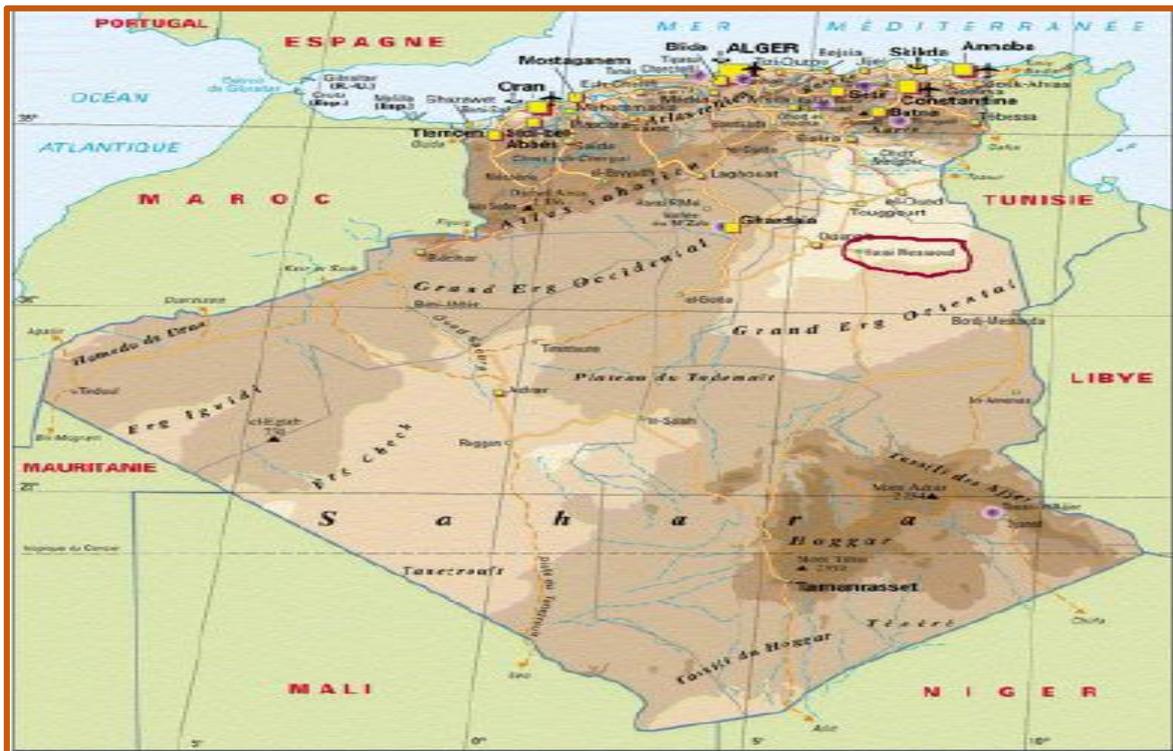


Figure 02 : Organigramme du département forage

## I.2. Situation géographique de la région d'étude

La région de Hassi Messaoud est une commune algérienne de la wilaya d'Ouargla, située à 86 km au Sud-Est de Ouargla et à 172 km au Sud de Touggourt et à 800 km au Sud-Est de la capitale Alger, de superficie de 71 237 km<sup>2</sup>, elle a pour coordonnées géographiques (coordonnées Lambert) : **X = [790.000 - 840.000] Est**      **Y = [110.000 - 150.000] Nord**



*Figure 03 : Situation géographique de Hassi Messaoud. (Earth 2020).*

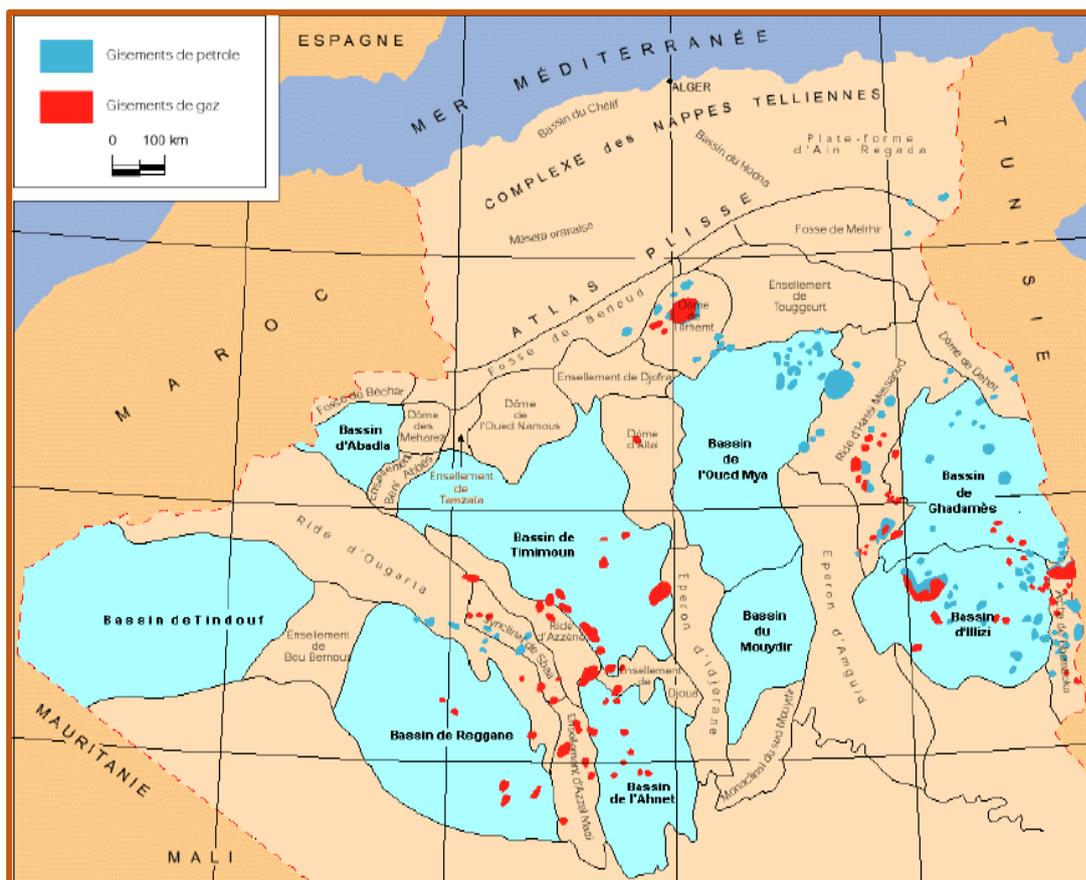
### I.3. Situation géologique et hydrologique

D'après les études récentes réalisées par Sonatrach et ENAGEO qui ont travaillé et publié des articles et des ouvrages sur la géologie du bassin sédimentaire du Sahara septentrional surtout dans le cadre de la géologie pétrolière. Notre région d'étude appartient à la partie orientale du Sahara algérienne, cette partie est occupée par le grand erg oriental qui est une vaste étendue de dunes de sables généralement de couleur beige clair. Ces grandes accumulations sableuses occupent presque la moitié du territoire de la région.[6]

La région de Hassi Messaoud fait partie du sous bassin saharien, sur le plan géomorphologique on distingue :

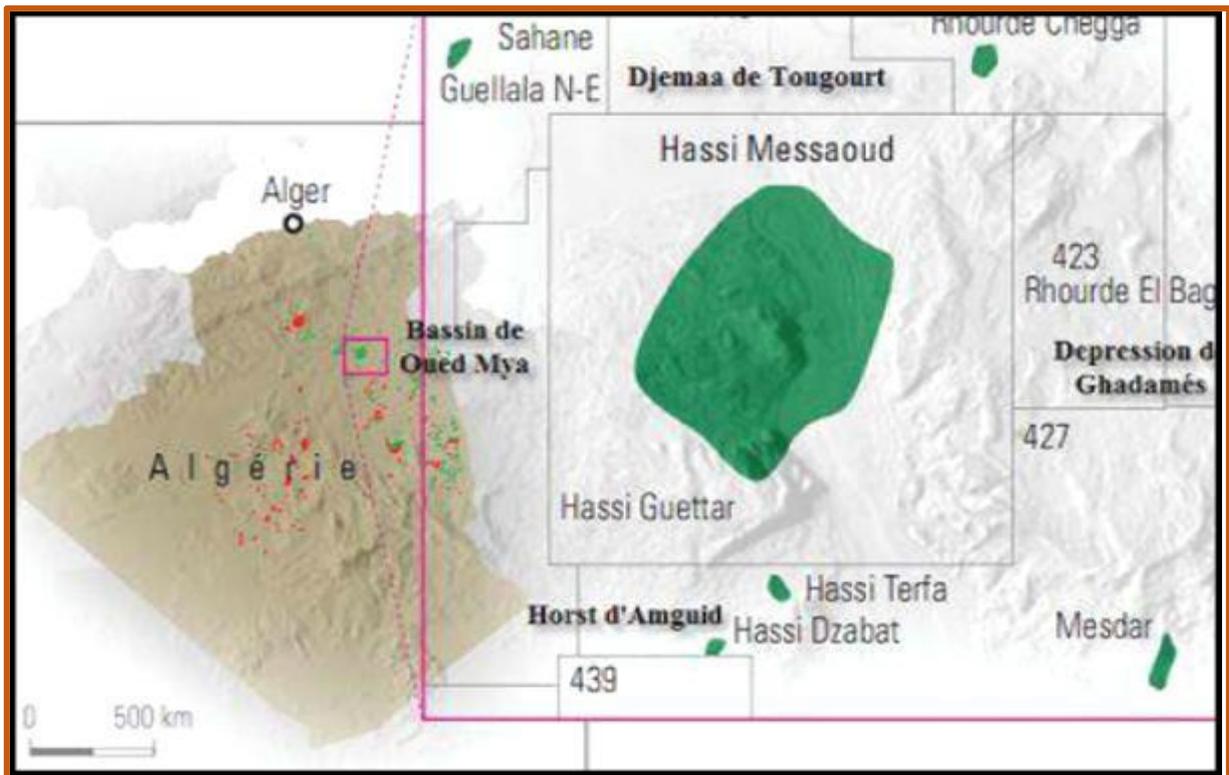
Les Hamadas Mio-Pliocène : Formation continentale détritique, qui forme des plateaux dont l'altitude varie entre 150 à 180 m.

- Les formations sableuses : Cordons d'erg et des dunes.
- Les étendus : anciens lits d'oueds.[6]



*Figure 04 : Carte des bassins sédimentaires, Division forage (Sonatrach 2005).*

Géologiquement parlant le champ de Hassi Messaoud est limité par deux grands oueds qui traversent la région de Hassi Messaoud sont deux : l'oued Mya et l'oued Igharghar. Du fait de l'aridité du climat, le réseau hydrographique saharien s'est dégradé et asséché depuis le quaternaire récent on retrouve seulement quelques indices de leur présence par le passé. L'oued Mya était un des plus importants fleuves du Sahara au quaternaire, il fait partie du plateau de Tademaït, rejoignait l'oued Igharghar un peu plus au nord de la région pour former l'Oued Righ, dont le lit asséché est comblé par des dépôts sédimentaires éoliens déposés avec le temps.[1]



*Figure 05 : Contexte géologique du champ de Hassi Messaoud (WEC 2007).*

#### **I.4. Description lithologique de la région d'étude**

La géologie de Hassi Messaoud est différente car les épaisseurs de couche varient d'un puits à l'autre, mais la disposition est presque la même et elle est donnée par les couches

suivantes :

ERE	SYST	ETAGES		Ep moy	DESCRIPTION
CENO-ZOIQUE	NEOGENE	MIO-PLIOCENE discordance alpine		240	Sable, calcaire, marne sableuse
		EOCENE		120	Sable, calcaire à silex
MESOZOIQUE	CRETACE	SENONIEN	CARBONATE	107	Calcaire, dolomie, anhydrite
			ANHYDRITIQUE	219	Anhydrite, marne, dolomie
			SALIFERE	140	Sel massif et traces d'anhydrite
		TURONIEN	90	Calcaire crayeux avec quelques niveaux argileux	
		CENOMANIEN	145	Anhydrite, marne, dolomie	
		ALBIEN	350	Grés, sable avec intercalations d'argile silteuse	
		APTIEN	25	Dolomie cristalline avec niveau argileux, calcaire	
		BARREMIEN	280	Argile, grés, dolomie	
		NEOCOMIEN	180	Argile, marne, dolomie, grés	
	JURASSIQUE	MALM		225	Argile, marne, calcaire, grés et traces d'anhydrite
		DOGGER	ARGILEUX	105	Argile silteuse, marne dolomitique avec fines passées de grés
			LAGUNAIRE	210	Anhydrite, marne dolomitique, marne grise
		LIAS	L.D 1	65	Dolomie, anhydrite, argile
			L.S 1	90	Alternances sel, anhydrite et argile
			L.D 2	55	Anhydrite et dolomie cristalline
			L.S 2	60	Alternances sel et argile
			L.D 3	30	Alternances de dolomie et de marne
		TRIAS	SALIFERE	TS 1	46
	TS 2			189	Sel massif à intercalations d'anhydrite et argile gypsifère
	TS 3			202	Sel massif et traces d'argile
	ARGILEUX		113	Argile rouge dolomitique ou silteuse injectée de sel et d'anhydrite	
	GRESEUX		35	Grés, argile	
	ERUPTIF discordance hercynienne		0-92	Andésites altérées	
PALEOZOIQUE	ORDOVICIEN	QUARTZITES D'EL HAMRA		75	Quartzites fines avec traces de tigillites
		GRES D'EL ATCHANE		25	Grés fins à ciment argileux, bitumineux
		ARGILES D'EL GASSI		50	Argiles schisteuses, vertes ou noires, glauconieuses à graptolithes
		ZONE DES ALTERNANCES		20	Alternance de grés et argile. Présence de tigillites
	CAMBRIEN	Ri		50	Grés isométriques, fins, silteux
		Ra		120	Grés à grés quartzitiques anisométriques à niveaux de silts
		R2		100	Grés moyens à grossiers à ciment argileux illitique
		R3		300	Grés grossier à ciment argileux, argile silteuse
	INFRA-CAMBRIEN		45	Grés argileux rouges	
S O C L E					Granite porphyroïde rose

Figure 06 : Log Stratigraphique du champ de Hassi Messaoud[5]

## Conclusion

L'ENAGEO est une filiale de SONATRACH elle a été créée en 1981, sa mission principale est la recherche des hydrocarbures par la sismique de réflexion à côté de son activité principale, l'entreprise accomplit des activités annexes parmi lesquelles on trouve les études géotechniques, la topographie et les forages hydrauliques.

Hassi Messaoud est une vaste région qui se situe au Sud-Est du pays Algérien dans la wilaya de Ouargla dont la population est de 49276 habitants ce qui augmente la demande en eau potable de plus cette commune est d'une richesse en hydrocarbures très élevée.

---

# CHAPITRE

## II

---

Généralités sur les eaux  
souterraines et forage  
hydraulique.

## Introduction

L'eau souterraine est souvent considérée comme la ressource la plus appropriée d'eau potable, et ses réserves sont amenées à la surface en réhabilitant des puits ou en creusant de nouveaux forages,[15]Ce chapitre présente des généralités sur les eaux souterraines à savoir les différents aquifères qui existe au bassin d'Amguid Messaoud et comment les exploiter en citent les différentes étapes pour forer. ainsi des généralités sur les forages hydrauliques.

### II.1. Eaux souterraines

L'aquifère du Sahara septentrional est un réservoir fossile. Il s'est constitué il y a plus de 10 000 ans, lorsque la région était soumise à un climat plus humide. [26]

L'eau de pluie s'infiltré dans le sol pendant des dizaines de milliers d'années, et s'accumulant dans différentes couches géologiques. Le système aquifère nord-saharien est un réservoir massif à structure multicouche ; la région de Hassi Messaoud dans le bassin d'Amguid Messaoud il existe un système aquifère constitué de deux aquifères importants : l'aquifère du Continental Intercalaire (C.I.) et l'aquifère du Complexe Terminal (C.T).

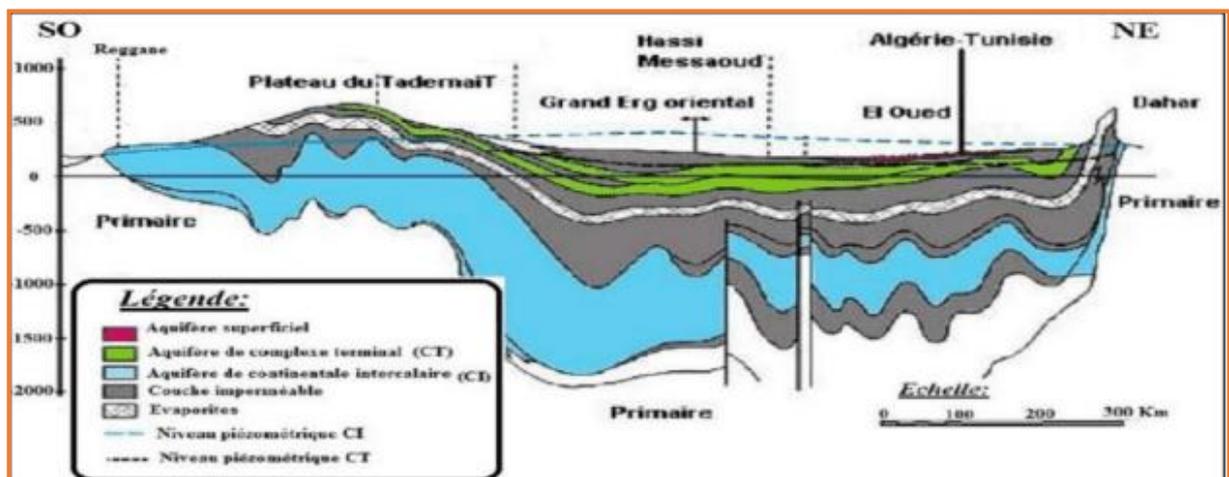


Figure 07 : Coupe hydrogéologique du SASS « système aquifère du Sahara septentrional ». (UNESCO, 1972)

## II.2. Différents aquifères de la région de Hassi Messaoud

Dans la région de Hassi Messaoud dans le bassin d'Amguid Messaoud il existe un système aquifère constitué de deux aquifères importants : l'aquifère du Continental Intercalaire (C.I.) et l'aquifère du Complexe Terminal (C.T.) tous les deux font partie du SASS, On présentera ainsi les différents aquifères présents dans notre zone étude de haut en bas et présentant en premier lieu le SASS. [5]

	Fr/Sy	FTAGES	LITHO	Fn(m)	DESCRIPTION
The Terminal Complexe Aquifer	C Z	MIO-PLOCENE		239	SABLE, CALCAIRE
		Eocene		122	CALCAIRE
		CARBONATE		107	CALCAIRE, DOLOMIE, ANHYDRITE
The Turonien aquifer	E S O	ANHYDRITIQUE		209	ANHYDRITE, MARNE, DOLOMIE
		SALIFERE		149	SEL MASSIF
		TURONIEN		112	CALCAIRE
The Continental Intercalary Aquifer	Z O I Q U E	CENOMANIEN		147	MARNE, CALCAIRE, DOLOMIE
		ALBIEN		362	GRES, ARGILE
		APTIEN		24	DOLOMIE
		BARREMIEN		276	ARGILE, SABLE
		NEOCOMIEN		182	DOLOMIE, MARNE, ARGILE
JURASSIEN	D O G G I	MALM		226	ARGILE, MARNE, CALCAIRE
		ARGILEUX		107	ARGILE, MARNE
		LAGUNAIRE		211	ANHYDRITE, DOLOMIE
		LD1		66	DOLOMIE, ANHYDRITE, ARGILE
		LS1		90	SEL, ANHYDRITE
		LD2		55	DOLOMIE, MARNE
		LS2		58	SEL MASSIF
		LD3		31	DOLOMIE, MARNE
		TS1		46	ANHYDRITE, ARGILE
		TS2		189	SEL, ARGILE, ANHYDRITE
TRIASSIEN	S A L I F	TS3		202	SEL MASSIF
		ARGILEUX		113	ARGILE
		GRESEUX		0 à 35	GRES, ARGILE
PALÉOZOÏQUE	E R U P T I F	ERUPTIF		0 à 92	ANDESITE
		Quartzites de Hainza		75	Grès très fins
		Grès d'El-Aichate		25	Grès fins glauconieux
		Argiles d'El-Gani		50	Argile verte ou noire
		Zones des Alternances		18	Alternances grès et argiles
		R isométriques		42	GRES isométriques, Silt
		R Anisométriques		125	GRES Anisométriques, Silt
		R 2		100	GRES Grossiers, Argile
		R 3		370	GRES Grossiers, Argiles
		PROTÉROZOÏQUE		Infra Cambrien	45
		SOCLE		Granite porphyroïde rose	

Figure 08 : Log stratigraphique type du Bassin d'Amguid Messaoud (Division exploration). [5]

### II.2.1. Aquifères du Complexe Terminal

Selon la définition de KILIAN (1931). Le terme « Continental Terminal » désigne les formations continentales, sablonneuses et argileuses du miocène, tandis que le terme « aquifères du complexe terminal » désigne plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques différentes, a été retenu car ces nappes font bien partie d'un même ensemble hydraulique, cet aquifère comprend des formations détritiques du Miocène et du Sénonien carbonaté et des calcaires de l'Eocène. [33]

ERE	AGE	ETAGE	e(m)	Pf(m)	Log	Description lithologique	Aspect Hydrogéologique	
CENOZOIQUE	Néogène	Mio-Pliocène	230	230		Sable blanc à translucide avec présence de calcaire crayeux et argile brun rouge	Nappe du Mio-Pliocène	
	Pléocène	Eocène	120	350		Calcaire dolomitique à silex	Nappe du Sénono-Eocène	
MESOZOIQUE	CRETACE	SENONIEN	Carbonaté	100	450		calcaire dolomie	IMPERMEABLE
			Anhydritique	220	670		Anhydrite blanche massive et calcaire et dolomie	
			Salifère	130	800		Sel blanc à translucide. Passées d'argile	
		Turonien	90	890		Calcaire dolomitique présence d'argile grise	Nappe du Turonien	

**Figure 09 :** Log hydrogéologique de la région de Hassi Messaoud du Complexe Terminal. [33]

### II.2.2. L'aquifère continental intercalaire

D'après Kilian, (1931), Désigne un intermédiaire continental situé entre deux cycles sédimentaires marins à la base, le cycle paléozoïque complétant l'orogénèse hercynienne, et la partie supérieure, le cycle du crétacé supérieur, produit par la transgression cénomaniennne. Il occupe les formations gréseuses sableuses et argilo-sableuses du Néocomien, du Barrémien, de l'Aptien et de l'Albien.

Aquifère Continental intercalaire C'est un aquifère captif qui peut être plus profond que 2000 m et n'a pas été exploité en raison de la mauvaise qualité chimique de son eau en phase chimique de chlorure de calcium (eau très saline), qui est utilisée comme repère sismique.[27]

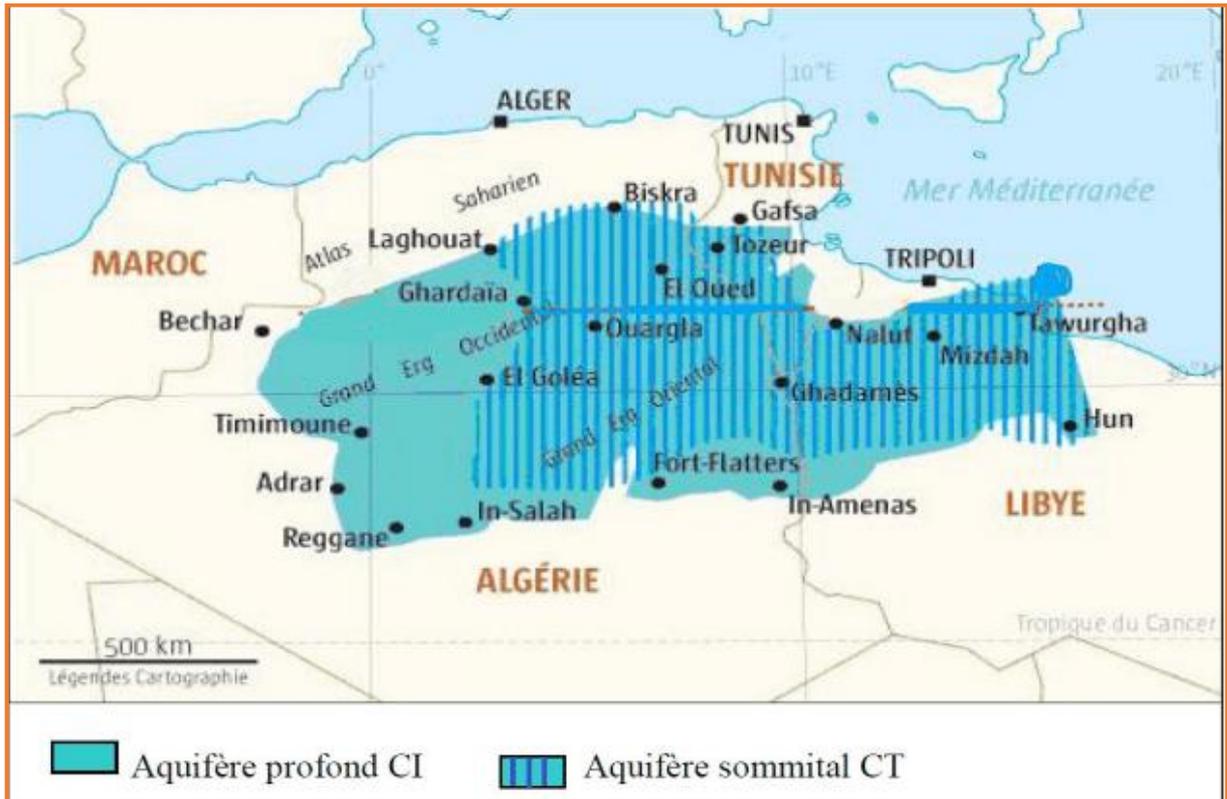


Figure 10 : Position géographique du SASS (OSS, 2008).

### II.3. L'exploitation des eaux souterraines

L'eau souterraine constitue donc la plus grande réserve en eau douce liquide de la planète ; c'est l'une des matières premières les plus vitales pour l'homme et pour l'ensemble de l'économie. L'eau souterraine est beaucoup plus précieuse car elle est meilleure que les eaux de surface. [24]

L'extraction de l'eau des aquifères, contenue dans ces aquifères, est extraite par des ouvrages de captage verticaux "forages", La construction et l'entretien de ces forages nécessitent des connaissances spécialisées et des compétences techniques, qui sont principalement issues de l'ingénierie standard. Cependant, le travail sur le terrain dans des régions éloignées ou dans des conditions difficiles nécessite souvent de la flexibilité et de l'imagination pour éviter et résoudre les problèmes techniques.

## II.4. Définition d'un forage

En hydrogéologie, un forage est un puits creusé dans un sol consolidé ou non par un procédé mécanique motorisé (foreuse). Un forage hydraulique est un ouvrage de captage vertical permettant l'exploitation de l'eau d'une nappe, cet ouvrage un processus coûteux, et la conception et la construction du forage nécessitent des compétences spécialisées

La réalisation d'un forage passe par cinq (05) étapes, à savoir :

- La planification :
  - ✓ Apparition d'offre
  - ✓ Etude de faisabilité de projet
  - ✓ Préparation de l'offre technico-économique
  - ✓ Élaboration du contrat
- La préparation du chantier :
  - ✓ Reconnaissance
  - ✓ Implantation de point de forage
- Le DTM (mobilisation des éléments de base vers le point de forage)
- Le forage
- La remise en état des lieux.

La bonne mise en œuvre et la maîtrise de toutes ces phases jouent un rôle important et contribuent grandement à la réussite de la construction de la structure (satisfaction du client et atteinte des objectifs). [10]

## II.5. Buts de forage

Parmi les buts de la réalisation d'un forage hydraulique on distingue :

- La production d'eau pour la consommation humaine et animale (captages publics, puits domestiques, etc.) ;
- L'irrigation des cultures ;
- Les prélèvements industriels (eaux de process, refroidissement, etc.) ;
- La surveillance des nappes (Piézomètres et Qualitomètres) ;
- La dépollution ou lutte contre l'intrusion d'eau salée.

## II.6. Les méthodes de forage

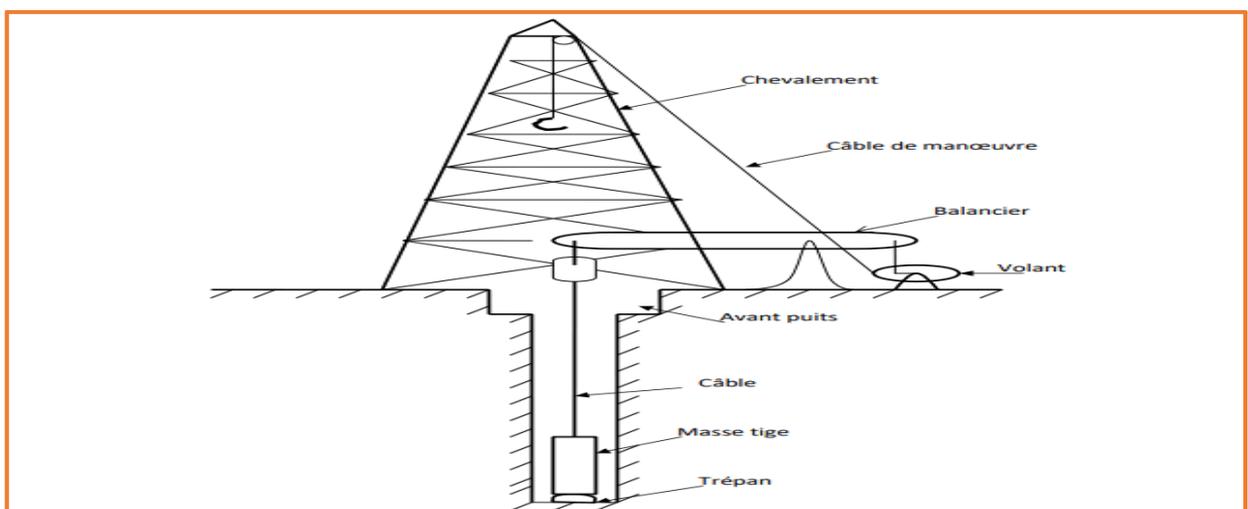
Ils existent différents modes de forassions dont la mise en œuvre dépend des paramètres très divers , parmi ces techniques on trouve la technique de battage, la technique rotary ,la technique marteau fond de trou (MFT) ,la technique ODEX et la technique de Havage » toutes ces méthodes recouvrent deux catégories et les plus utilisées en Algérie sont classées comme suit :

✓ Forage par mouvement alternatif (battage ou percussion)

✓ Forage par rotation (rotary)

### II.6.1 Technique de Battage (à percussion)

La technique de forage la plus ancienne Le système pendulaire des outils de forage ne permet que le forage vertical, qui consiste à soulever un outil très lourd (trépan) et à le laisser tomber librement sur la roche à forer. Cette méthode de forage est très lente et varie selon la nature et la dureté de la roche rencontrée et le diamètre du trou. Il existe deux types de battage : le battage au treuil et le battage par câble. La dernière méthode est la plus courante. Le battage est produit par le mouvement alternatif d'un balancier entraîné par un arbre à cames. Après quelques progrès, tirer le trépan et on descend la curette (soupape) pour extraire les déblais. Pour obtenir un bon rendement, nous travaillons toujours dans un environnement humide, en ajoutant de l'eau au fond du trou. Parmi les machines de battage on cite : les machines type Beneto et Dando Buffalo 3000. [16]



*Figure 11 : Battage au câble « Technique Pennsylvanienne »*

### ***II.6.2. Technique de Rotary***

Cette technique de forage est utilisée pour l'exploration et le développement du pétrole et de l'eau, ainsi que pour la géothermie Forage au rotary. Ce forage peut atteindre des profondeurs dépassant parfois 5 000 m. Cette méthode peut être utilisée pour le forage oblique ou même horizontal. La technologie rotary est particulièrement adaptée aux sols sédimentaires non consolidés pour les machines légères, mais les machines rotary puissantes peuvent travailler dans les sols durs (pétrole). Il existe deux façons (circulation de fluide de forage)

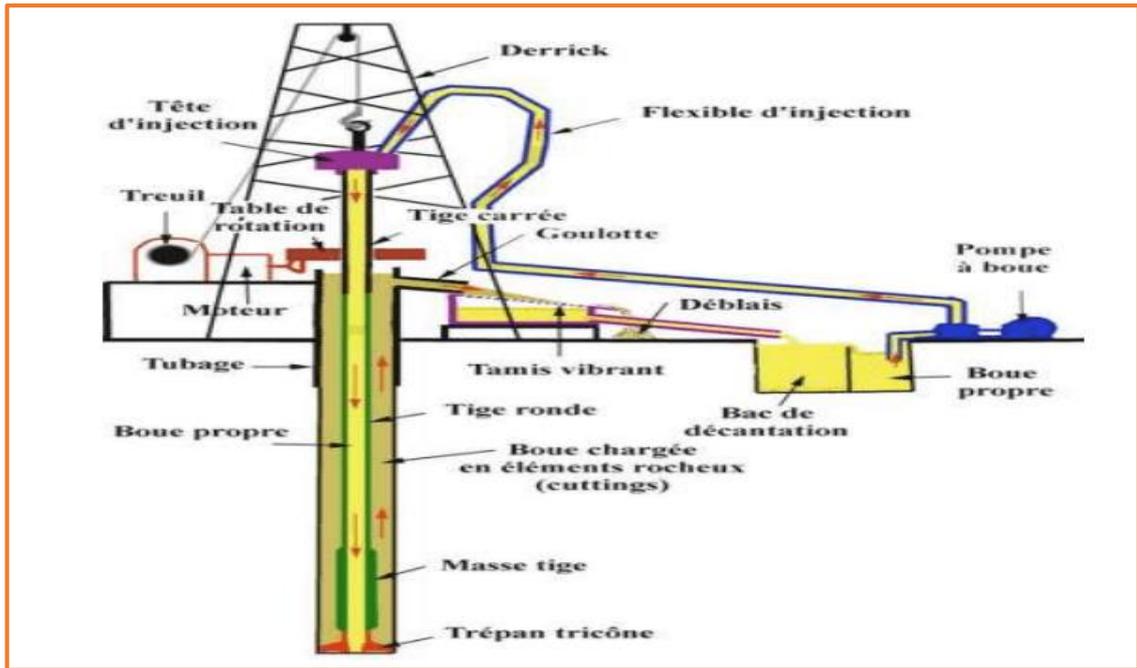
#### **➤ Technique de rotary circulation direct**

La méthode de forage rotary utilise un outil (trépan) monté à l'extrémité de la ligne de sondage (les tiges sont vissées les unes aux autres), entraîné par un mouvement de rotation à vitesse variable et un mouvement de translation verticale sous poids partiels pour entraîner la ligne de sondage ou hydrauliquement. Le mouvement de rotation est transmis au train de tiges et à l'outil par un moteur situé sur la plate-forme de tête de puits. Les tiges sont creuses, permettant d'injecter de la boue au fond du forage. Au-dessus du trépan, vous pouvez placer une masses-tige très lourde, ce qui augmentera la pression verticale sur l'outil et favorisera la pénétration et la rectitude du trou. Le forage rotary nécessite l'utilisation de fluides de forage sur place. [10]

Dans le cas d'une circulation directe, le fluide est injecté en permanence sous pression dans la tige creuse du fil de sonde, qui est expulsé par l'évent de l'outil et remonte en surface dans l'espace annulaire (entre la tige et la paroi du trou). [10]

#### **➤ Technique de rotary circulation indirect**

Cette méthode de forage diffère des méthodes précédentes en ce qu'elle fait circuler un fluide (boue, eau ou air) dans l'espace annulaire (entre la formation et la tige de forage) tout en soulevant les déblais à l'intérieur du train de tiges. Il existe également des tiges à double paroi, qui garantissent que le fluide est injecté et remonté uniquement à travers la tige. [10]



*Figure 12 : Schéma simplifié d'une installation de forage rotatif.*

## II.7. Les composants d'un appareil de forage rotatif

### II.7.1. Le mât

Le mât permet la manœuvre des garnitures de forage ou des tubages, stockages des tiges après la remontée de l'outil si le mât est muni d'une passerelle d'accrochage. [14]



*Figure 13 : le mat de l'appareil de forage (Forage piscine Hassi Messaoud).*

### ***II.7.2 Mouflage***

Mouflage est l'enroulement du câble de forage entre les poulies des moufles fixe et mobile. Le mouflage permet de démultiplier le poids de la garniture de forage et diminuer la vitesse de son déplacement. [14]

### ***II.7.3 Tête d'injection***

La tête d'injection représente le mécanisme qui relie la partie mobile d'une installation de forage à la partie fixe. Elle sert : de palier de roulement à l'ensemble du train de tige pendant le forage et elle assure le passage de la boue de forage venant d'une conduite fixe (Flexible d'injection) dans une conduite animée d'un mouvement de rotation (train de sonde). [14]

### ***II.7.4 Table de rotation***

Pour faire tourner l'outil, on visse au sommet des tiges, de forme cylindrique, une autre de section carrée ou hexagonale, appelée tige d'entraînement [Kelly], et on l'introduit dans un moyeu appelé table de rotation [rotary table].

Il permet de transmettre le mouvement de rotation de la table à la tige d'entraînement, ainsi que sa translation sans risquer de se frotter sur les côtés et s'user. Cette table sert aussi au calage de la garniture de forage lors de son manœuvre dans le puits. [29]

### ***II.7.5. Les tiges***

Les tiges de forage permettent la transmission de la rotation de la table à l'outil et le passage du fluide de forage « boue de forage » jusqu'à ce dernier.



***Figure 14 : tiges de forage (Forage piscine Hassi Messaoud).***

### ***II.7.6. Les masse-tiges***

Les masse-tiges permettent de Mettre du poids sur l'outil pour éviter de faire travailler les tiges de forage en compression. Et Jouer le rôle du plomb du fil à plomb pour forer un trou aussi droit et vertical que possible.

Si une masse-tige pèse 200 kilogrammes-force par mètre, il faut utiliser  $20000/200 = 100$  mètres de masse-tiges pour poser un poids de 20 tonnes sur l'outil pour l'enfoncer dans le sol. [25]

### ***II.7.8. Treuil***

C'est un fût (tambour) autour duquel s'enroule le câble de forage. Par sa capacité il caractérise la sonde de forage en indiquant la profondeur de forage que peut atteindre l'appareil de forage. [25]

### ***II.7.9. Outil de forage***

Un outil conçu pour forer un terrain tendre se détériore ou s'use très vite s'il est utilisé dans un terrain dur. En plus, le but recherché est d'obtenir le meilleur coût du mètre foré. [23]

Ainsi, il existe une grande gamme d'outils de technologies différentes qui se classent en trois catégories :

- Les outils à lames
- Les outils à molettes
- Les outils à diamant



***Figure 15 : l'outil de forage 8<sup>1/2</sup> (Forage Hassi Messaoud).***

**Les aléseurs / stabilisateurs** 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 un trou, ou simplement d'en racler les bords et parfois de compacter le fond du forage. [14]

### ***II.7.10. Pompes à boue***

Organe qui aspire et refoule sous pression et à l'intérieur de la garniture, la contenue dans les bassins.



*Figure 16 : la pompe à boue (Forage Hassi Messaoud).*

## **II.8. Matériel utilisé pour le fonçage d'un puits :**

### ***II.8.1. Les moyens humains :***

Chef de chantier, chef de poste, sondeur, accrocheur, ouvrier de plancher, mécanicien, chauffeur, cuisinier

### ***II.8.2. Les moyens matériels :***

Les moyens matériels mis à la disposition du chantier comprennent :

- La foreuse
- Les accessoires (tiges, masses tiges outils, clés à chaînes, clés huit cent, porte outil. Raccord etc....)
- L'équipement de test (tube d'eau et tube d'air. flexible et vanne)
- Citerne d'eau.

### ***II.8.3. Stocks des matériaux***

Bentonite, Ciment, Gravier. Eau.

## **II.9. Les différentes étapes de réalisation d'un forage d'eau**

La réalisation d'un forage est un ensemble d'opérations, nécessite impérativement de passer par plusieurs étapes, dont la réussite dépend obligatoirement du respect des exigences et caractéristiques des différentes étapes, à savoir :

### ***II.9.1. Reconnaissance du site***

Opération d'implantation du site à réaliser après avoir vérifié, identifier et confirmer tous les aspects techniques et environnementaux des contraintes liées à sa réalisation (accès au site, évacuation des boues contaminés au cours du forage et des eaux de développement).

Le choix du site est basé essentiellement sur les études préalablement effectuées sur la région ainsi que les ouvrages déjà réalisés.

### ***II.9.2. DTM et installation sur site***

Mobilisation des moyens matériels adéquats sur site, conformément au planning conclut avec le client (programme technique et délais requis).

L'organisation de chantier de forage hydraulique soit faite d'une manière qui permet au foreur d'intervenir rapidement en cas de problème. [10]

### ***II.9.3 Travaux de génie civil***

C'est l'opération qui consiste à :

- Confection d'une plateforme en béton destiné pour supporter le poids de la machine et celui de la garniture de forage.
- Creusage de bassins et aménagement de rigoles (circuit de boue).
- Préparation d'un bournier pour évacuation de boues contaminées.
- Crépissage (bassins et rigoles), pour assurer le maintien des parois et isolement du contact sol/bentonite.

### II.9.4. Forage

C'est l'opération principale, sa réussite nécessite une maîtrise parfaite des paramètres de forage mesurés instantanément. Il est réalisé selon un programme qui dépend de la nappe à capter et la nature des formations traversées.

#### ➤ Phases d'un Forage

La phase est l'ensemble de formations que l'on peut traverser avec les mêmes paramètres de forage, pour lesquelles on peut distinguer généralement :

a) **1ere phase** : Phase non productive (phase à cimentée)

✚ Forage en 26'' (637mm) et pose **tube guide** de 5 à 20 m selon la nature des terrains en surface. Défini comme le tube qui isole tout le puits des terrains encaissants et qui durant les opérations contient le fluide de forage. et Permet d'assurer la verticalité du puits, cimenté l'espace annulaire par ciment

✚ **Forage de reconnaissance** en 12''<sup>1/4</sup> jusqu'à la fin de la 1ere phase :

Les forages de reconnaissances sont des puits de petit diamètre (8''<sup>1/2</sup> ou 12''<sup>1/4</sup>) (203.2mm et 304.8mm)<sup>1/4</sup> dont leur réalisation et équipement est similaires à ceux des forages d'exploitation.

Les forages de reconnaissance permettent de vérifier les hypothèses émises et apportent des informations indispensables (investigation, mesures et essais, prélèvement d'échantillons d'eau et de sol, observations périodiques) comme ils permettent d'effectuer des diagraphies et des essais de pompage. [19]

✚ **Alésage au Stabilo** jusqu'à la fin de la 1ere phase :

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 en 17 1/2 (431.8)<sup>1/2</sup>

b) **2em phase** : Phase productive (phase aquifère)

\*Forage en 12 1/4 jusqu'à la fin de la 2<sup>ème</sup> phase.

\*Descente équipements (tubages lanternés ou crépines selon programme client).

**Tableau 01 : Exemples de programme Forage – Tubage à Hassi-Messaoud (Forage Horizontal).**

Diamètre outils de Forage	Diamètre de Tubage
26"	18''5/8 ou 20''
17''1/2	13''3/8
12''1/4	9''5/8
8''1/2	7"
6"	4''1/2

**Remarque :** L'unité de diamètre utilisé en forage c'est le pouce sachant qu'un pouce  
1''=24.5mm

### II.9.5. Equipement de puits

Trois éléments essentiels constituent l'équipement de forage d'exploitation :

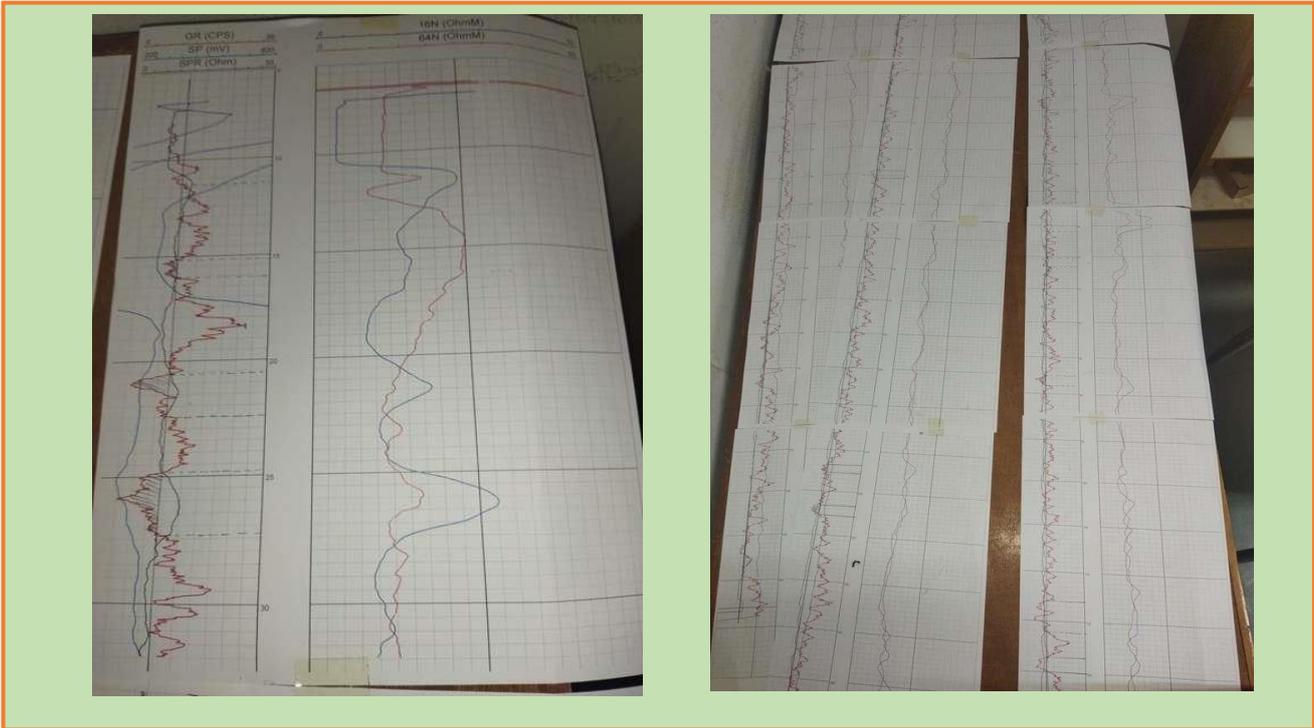
- Les tubages pleins ou Les crépines.
- Le massif filtrant.
- La Cimentation.

#### II.9.5.1. Mise en place du tubage

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 crépinés) est établi en fonction de la coupe géologique du forage ou sont notées les différentes "couches" de terrain et les venues d'eau.

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. [20]



*Figure 17 : Etude de diagraphie du forage Hassi Messaoud.*

### II.9.5.2. Mise en place des Crépines

La crépine est placée dans les parties ayant les meilleures caractéristiques hydrauliques. Pour choisir cette position, on doit se baser sur :

- Les diagraphies instantanées.
- L'analyse granulométrique des échantillons. [14]

### II.9.5.3. Injection massif filtrant (Gravillonnage)

Son rôle est d'augmenter les débits d'exploitation, de diminuer les vitesses d'écoulement, et d'éviter le risque d'érosion en évitant l'entrée des sables fins. Il doit être uniforme, propre, calibré et siliceux de préférence. Et descend dans l'espace annulaire le long du tubage. Le massif de gravier doit alors dépasser le haut des crépines sur quelques mètres. Le volume nécessaire du gravier peut être défini théoriquement (volume du trou moins volume de tubage). [17]

Ou de la manière empirique suivante selon Edouard:

$$V = h \cdot 0,8 \cdot (D - d)$$

D'où

**V** : le volume de gravier en litre.

**h** : hauteur du massif de gravier en m.

**D** : diamètre du trou en pouces.

**d** : diamètre des tubes en pouces

#### ***II.9.5.4. Cimentation***

Son rôle principal est de protéger l'ouvrage contre les contaminations/pollutions extérieures. Cette étape consiste à remplir, par mélange à base de ciment, tout ou partie de la hauteur de l'espace annulaire entre un tube plein et les parois du trou.

#### ***II.9.6. Développement des puits***

Développement du forage est nécessaire pour maximiser la productivité du forage et optimiser la capacité de filtration du massif filtrant. On y parvient en enlevant les particules fines et les additifs de fluide de forage, et en compactant le massif filtrant. [34]

Il existe plusieurs méthodes de développement de puits : Par les dispersants (hexa méta phosphate) ou par traitement à l'acide, ou le pistonnage ou débit de purge, compresseurs par air lift, nettoyage mécanique, par pompage (pompe immergée). [10]

#### ***II.9.7. Les essais des débits***

L'essai de pompage est tout simplement un test hydraulique de l'aquifère dont l'eau extraite par pompage d'un forage avec une observation du niveau d'eau ainsi le débit de production (rendement) ensuite analysé pour tirer les informations sur les caractéristiques de forage et les propriétés hydraulique de l'aquifère notamment la transmissivité, la perméabilité et la capacité de stockage, l'essai est fait par trois paliers et un palier constant suivi d'une remontée. [12]

Pour notre cas on a utilisé un logiciel « OUAIP » dédié à l'interprétation des tests hydrauliques en hydrogéologie (essais de puits, essais de nappe) et à la simulation prévisionnelle des niveaux d'eau.

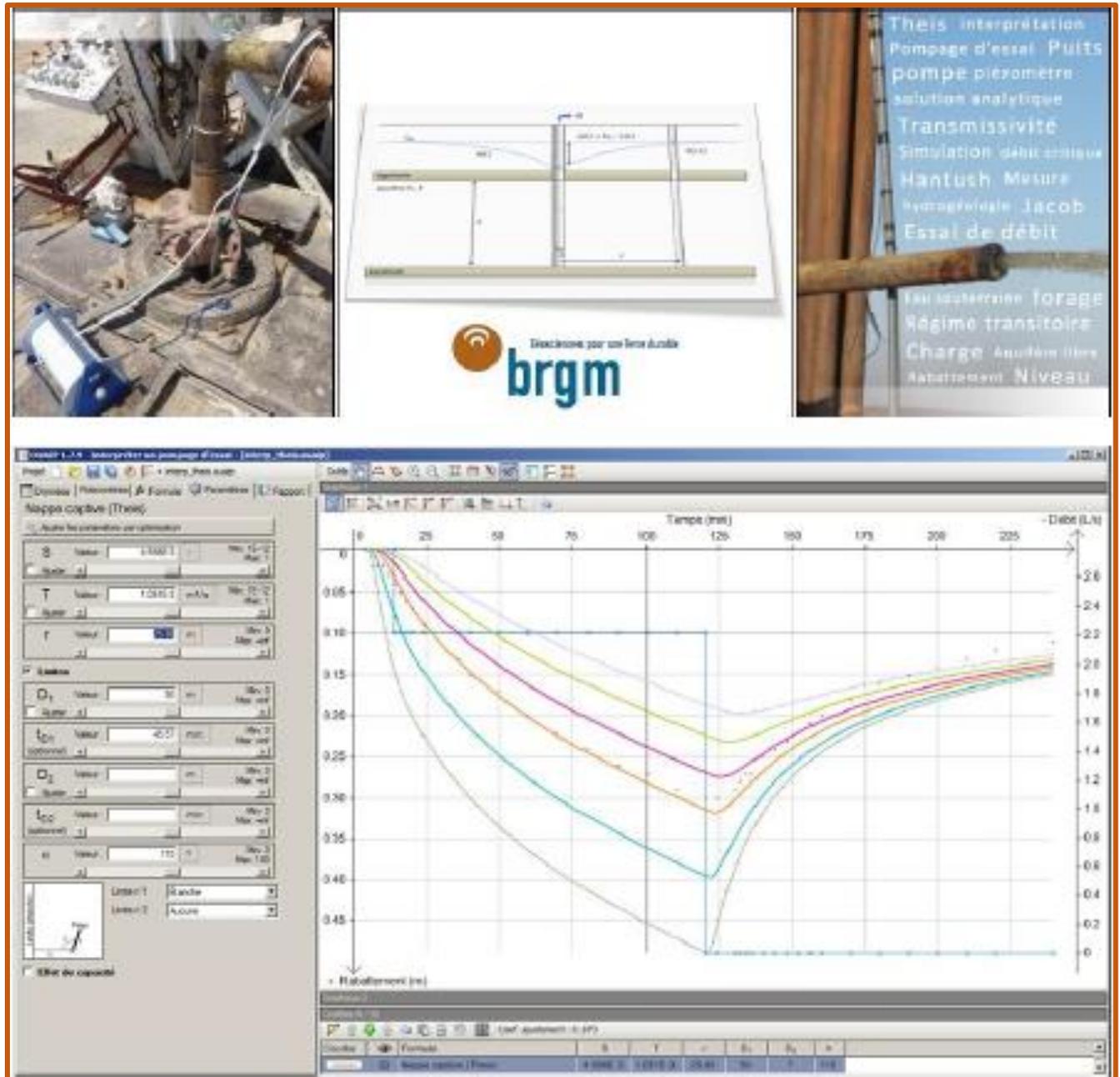


Figure 18 : Logiciel d'aide pour l'interprétation d'un pompage « OUAIP »

### II.9.8. Remise en état des lieux

C'est une étape qui rentre dans le cadre du respect des normes QHSE (Qualité, Hygiène, Santé et Environnement), qui consiste au ramassage de tous les déchets générés par

l'activité forage et remblais des bassins de boues d'une manière à rétablir le site dans son état initial. [10]

### II.9.9. Les analyses physico-chimiques et bactériologiques

Après la réalisation d'un forage hydraulique des prélèvements d'un échantillon d'eau du forage sera faites et importer dans un laboratoire pour effectuer des analyses physico-chimiques.

- Les paramètres chimiques : la dureté (calcium, magnésium), PH (acidité), conductivité électrique (pour connaître la quantité de sels), fer, métaux lourds, les nutriments (azote, phosphate).
- Les paramètres biologiques : les pathogènes
- Les paramètres physiques : la turbidité [10]

La plupart des analyses de qualité de l'eau doivent être réalisées en laboratoire et pour notre cas les analyses du puits p442 de Hassi Messaoud sont faite dans un laboratoire privé (figure 19).

BULLETIN D'ANALYSE N°: 0525/22				
PHYSICO-CHIMIQUE				
<b>Information Client:</b>				
<b>Client:</b>	SARL GROUPE KEROCHE DES TRAVAUX			<b>Code:</b> 933
<b>Adresse:</b>	Cité Belle Vie, EL Oued			
<b>Tel:</b>	kh: 06 67 10 80 89/ sa: 06 58 34 49 59			
<b>Information Echantillon</b>				
<b>Référence:</b>	E0543.01.22	<b>Prélever le:</b>	18/04/2022	
<b>Dénomination:</b>	Eau d'AEP	<b>Par:</b>	Lui-même	
<b>Nature:</b>	Eau de forage	<b>Lieu:</b>	Station d'épuration	
<b>Emballage:</b>	1.5 L	<b>Site:</b>	Réalisation d'un puits d'Eau épurée au niveau cité 442 lgts Hassi Messaoud	
<b>Les résultat:</b>				
<b>Echantillon reçu le:</b>	18/04/2022		<b>Lancer le:</b>	19/04/2022
Paramètre	Unité	Résultat	Norme	Méthode
pH	/	7,34	6,5 - 8,5	NA 751
Conductivité	µS/cm	2220,0	2800	NA 749
TAC	mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	134,00	500	NA 756
Dureté Total	F°	86,00	20	NA 752
TDS	mg/L	1683,97	2110	NA 749
Sodium Na	mg/L	500,09	200	NA 1653
Potassium K	mg/L	29,18	12	NA 1653
Calcium Ca	mg/L	191,39	200	NA 1655
Magnésium Mg	mg/L	80,78	75	NA 752
Chlorure Cl	mg/L	744,51	500	NA 6917
Nitrate NO <sub>3</sub>	mg/L	9,92	50	NA 1656
Sulfate SO <sub>4</sub>	mg/L	711,59	400	KERN
Fer Fe	mg/L	0,306	0,3	NA 2422
Phosphore PO <sub>4</sub>	mg/L	0,021	5	NA 2364
Bicarbonate HCO <sub>3</sub>	mg/L	169,58	610	NA 756

Figure 19 : résultats des analyses physico-chimique du forage P442 Hassi Messaoud

L'interprétation des résultats est faites par le logiciels « diagraphie » en utilisant le diagramme de piper (permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons

d'eau) et le diagramme de Schoeller Berkalov (permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux).

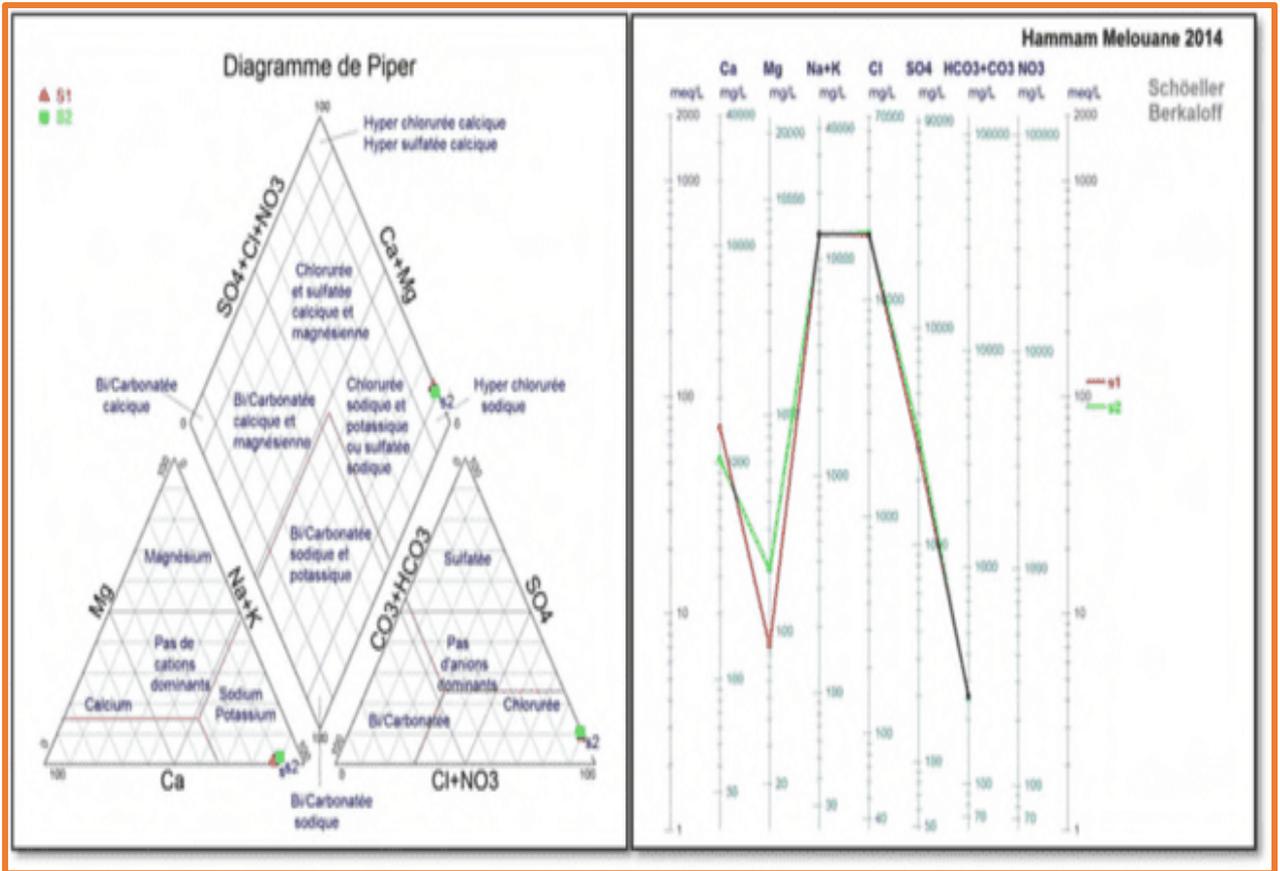


Figure 20 : Le diagramme de piper et Schoeller Berkalov.

## Conclusion

La région de Hassi Messaoud recèle d'importantes réserves d'eau, cette région capte généralement la nappe du mio-pliocène qui reste la plus grande nappe exploitée pour les raisons économiques. Pour explorer et exploiter ces nappes il faut forer. La clé d'une bonne conception d'un forage est de choisir la technique adéquate et de respecter toutes les étapes (phases) de réalisation avec une grande surveillance et vigilance.

---

# CHAPITRE

## III

---

Les problèmes rencontrés dans  
un forage hydraulique  
spécialement le coincement.

## Introduction

Lors de la réalisation d'un forage hydraulique, plusieurs problèmes peuvent surgir, dus aux plusieurs facteurs comme l'aspect géologiques des formations. Dans ce chapitre on va voir les différents problèmes qu'on rencontre lors de la réalisation d'un forage hydraulique et nous soulignons sur le sujet de notre thème en tenons le problème de coincement et ces différents types et comment y faire face à chacun de ces types.

### III.1. Problèmes rencontrés dans un forage

#### III.1.1. Géologie

Le terrain foré n'est pas homogène, il est formé de plusieurs couches de roches différentes, chaque roche a ses caractéristiques particulières et exige des méthodes et moyens particuliers pour être forée. [27]

#### III.1.2. Les pertes de boue

Il est indispensable que le puits reste en permanence rempli de boue, ceci permet de maintenir une pression suffisante pour retenir les effluents dans leur réservoir et les argiles fluides pour les empêcher de s'introduire dans le puits, la boue permet également de maintenir les parois du puits et éviter leur effondrement.

Mais si l'on fore une roche qui ne supporte pas la pression hydrostatique de la boue, cette dernière entre dans la roche et son niveau dans le puits chute, ce qui entraîne la chute de la pression qu'elle exerce sur les parois du puits et les effluents ou les argiles fluides s'introduisent ainsi dans le puits, créant des venues ou des coincements.

Pour éviter ce problème, il faut utiliser une boue qui exerce une pression sur la zone à pertes inférieure à la pression qui provoque cette perte. [27]

#### III.1.3. Les venues

Lorsqu'on fore une roche contenant un effluent (eau, pétrole ou gaz), appelée « roche réservoir », il faut appliquer dessus une pression hydrostatique de la boue supérieure à la pression de l'effluent qu'elle contient. Pour augmenter la pression hydrostatique de la boue, on augmente sa masse volumique (densité) par l'ajout de la baryte. [27]

### ***III.1.4. Problèmes complexes***

Ces problèmes sont dus aux coincements, rupture de l'outil ou du matériel tubulaire, chute d'objets dans le puits. Généralement pour réduire ces problèmes par l'instrumentation. [27]

## **III.2. Généralités sur les coincements**

Le coincement en général, est un obstacle qui impose un arrêt de forage dont la durée est difficilement prévisible. De toute manière c'est un problème grave puisque même si l'on estime à priori le mal curable, les opérations qu'il est nécessaire à entreprendre entraînent des dépenses dont le seuil de rentabilité est souvent très difficile à déterminer et des risques pouvant aller jusqu'à la perte du puits. [32]

On peut classer les coincements en 3 catégories :

- **Coincement par pression différentielle** : Au droit des formations poreuses et perméables, provoque le collage de la garniture contre les parois.
- **Les coincements mécaniques** : (Trou de serrure, chute de ferraille, chute de ciment, écrasement du tubage, accumulation de déblais etc...).
- **Coincement par instabilité des formations** : (Formations éboulent, fluentes, non consolidée, gonflantes, etc.).

Le cas de notre forage P442 de Hassi Messaoud classé dans le type de coincement par instabilité de formation par la mauvaise géométrie des parois et dans ce genre de cas l'intervention demeure urgente avant que surgisse un autre problème qui a été causé par un gonflement d'argile.

Souvent les coincements dus à la formation sont regroupés avec les coincements mécaniques et l'on considère que tout ce qui n'est pas coincement par pression différentielle est un coincement mécanique. [21]

## **III.3. Classification des coincements**

### ***III.2.1. Coincements par pression différentielle (collage)***

Le collage est causé par la différence de pression entre la pression de formation (PF) et la pression hydrostatique (PH) de la colonne de boue en face des zones poreuses et perméables

Plus le cake formé est épais, plus augmente la surface sur laquelle s'exerce cette différence de pression. [28]

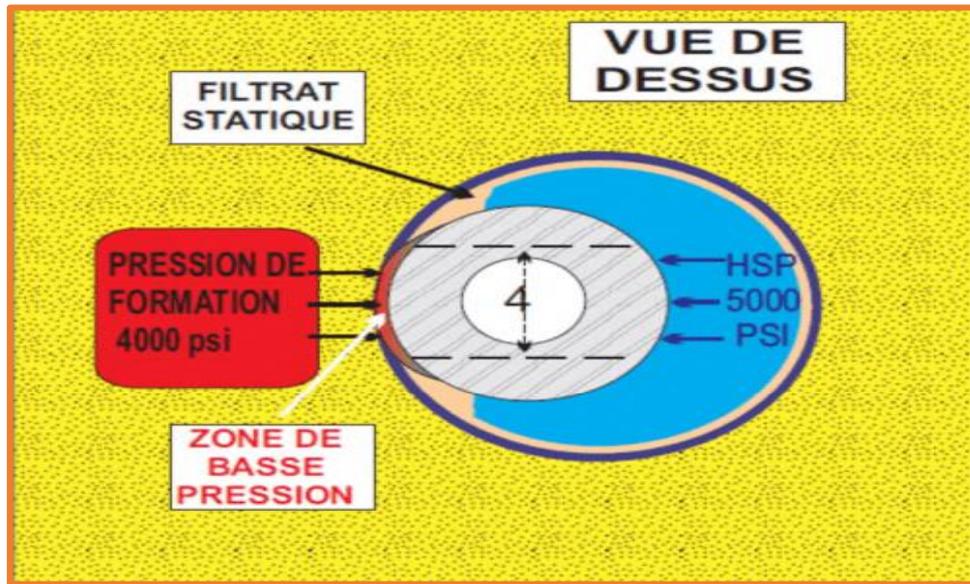


Figure 21 : Coincement par pression différentielle vue de dessus

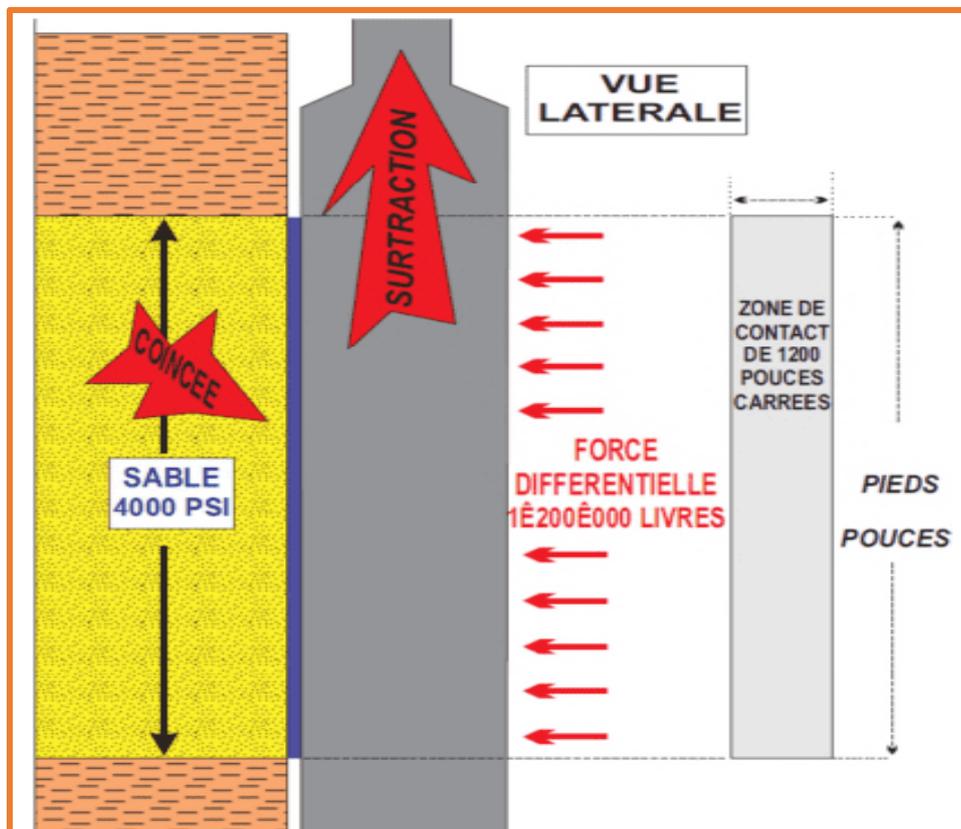


Figure 22 : Coincement par pression différentielle vue latérale

Tableau 2 : collage par pression différentielle.

Problème	Collage par pression différentielle		
Les Causes	-Pression hydrostatique de la colonne de boue, supérieure à la pression de formation.	-Filtrat élevé et surtout cake épais et de résistance médiocre.	- Zone perméable au point de contact des masse-tiges avec la paroi
Symptômes et indications	-la circulation n'est pas perdue lors du coincement.	-boue à faibles propriétés de filtration.	-collage de la garniture lors d'une connexion.
Prévention	-améliorer les propriétés de filtration de la boue.	-minimiser la surface de contact avec les parois en utilisant des heavy-weight & drill-collars spiralés.	Réduire de frottement en employant des produits lubrifiants.

### III.2.2. Coincements mécaniques [13]

Contrairement au collage, ces coincements sont presque toujours localisés sur une faible portion de la garniture et généralement situés au niveau des changements de diamètre de la garniture.

#### ➤ Trou de serrure (Key Seat)

C'est des gouttières creusées dans le terrain par le frottement des tiges pendant les manœuvres, ces gouttières se développent au niveau des dog legs.

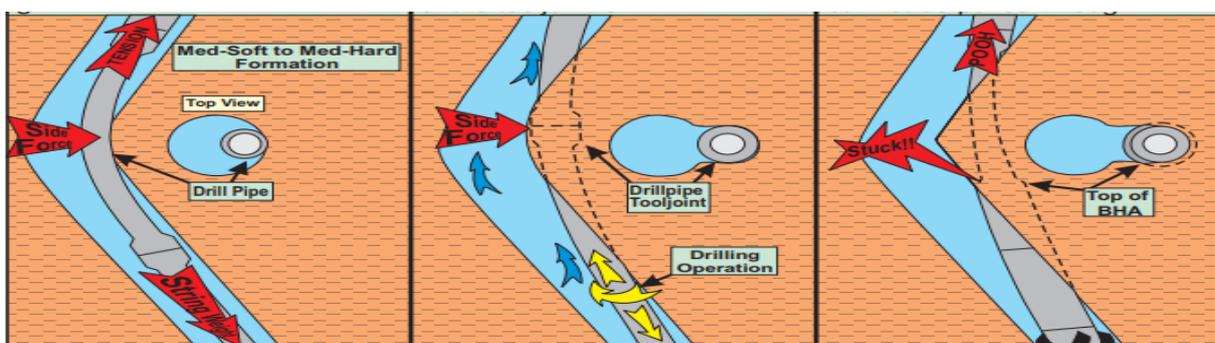


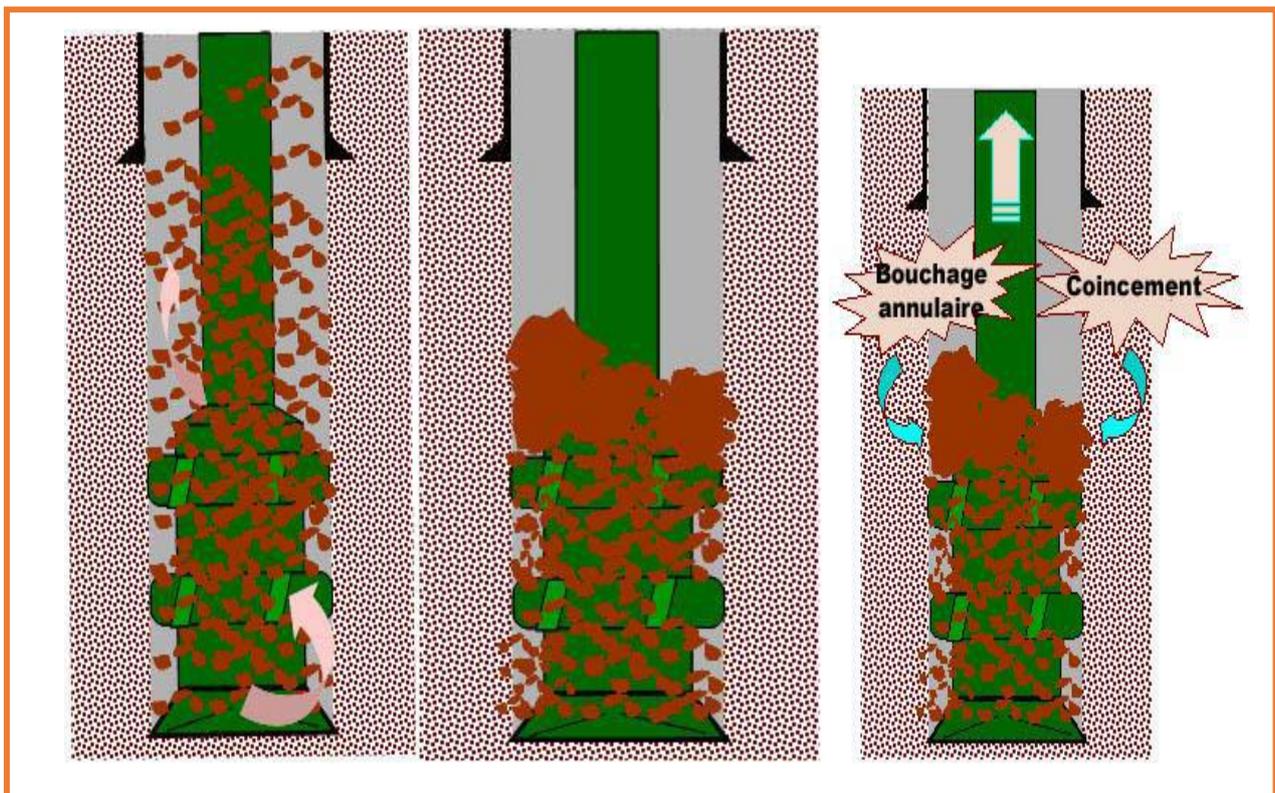
Figure 23 : (key seat). [31]

➤ *Sédimentation des déblais*

Si les déblais forés ne sont pas transportés vers la surface ; Quand la circulation est arrêtée, les déblais tombent dans le trou et obstruent l'espace annulaire autour de la garniture de forage causant ainsi un coincement. [9]

*Tableau 3: Sédimentation des déblais.*

Problème		Sédimentation des déblais
Causes	-Les déblais forés ne sont pas transportés en surface .	-Quand la circulation est arrêtée, les déblais tombent dans le trou et obstruent l'espace annulaire autour de la garniture de forage (mauvaise thixotropie).
Actions préventives	- optimiser la vitesse de remontée des déblais.	-Circuler 5 à 10 minutes avant un ajout de tige.



*Figure 24 : Sédimentation des déblais.* [9]

➤ *Chute ferraille et objet divers*

La présence accidentelle d'objets étrangers dans le puits peut créer des difficultés dont les symptômes ressemblent à ceux d'une anomalie de trajectoire. Dans le cas de chute accidentelle, la présence de ces objets n'est pas forcément identifiée immédiatement. [28]

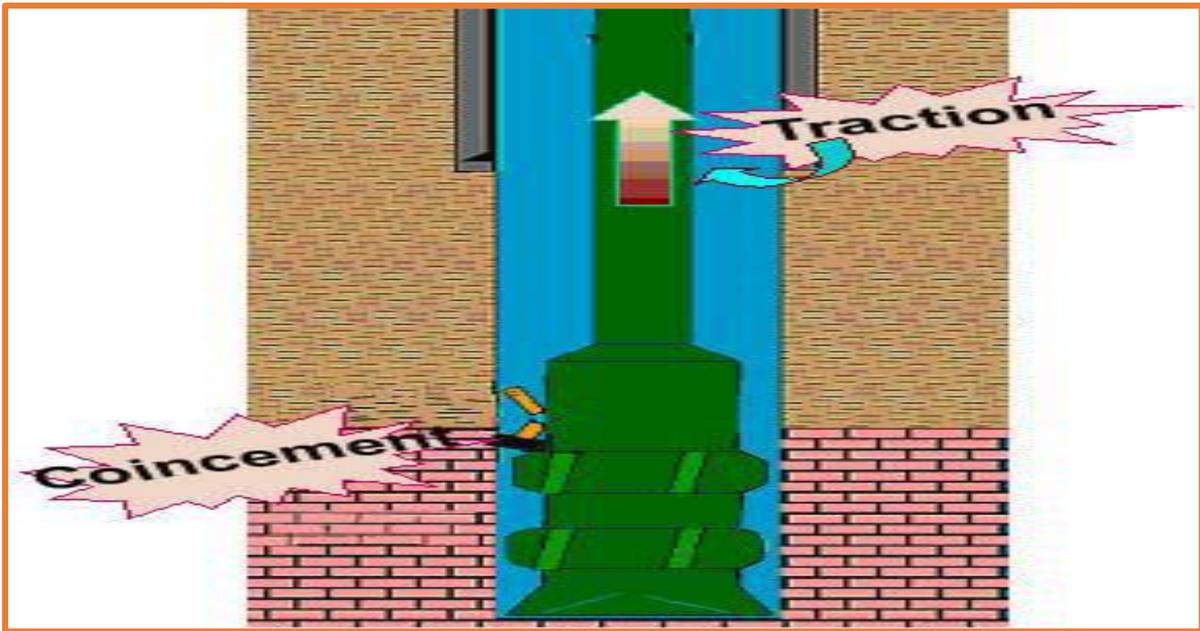


Figure 25 : Ferraille dans le trou. [9]

### III.2.3. Coincements par instabilité des formations

Ces coincements surviennent au niveau de certaines formations rendues instables par la présence d'un trou et du fluide de forage. Cette perturbation entraîne généralement une déformation du trou provoquant un coincement partiel ou total de la garniture.

#### ➤ Les argiles gonflantes

Le gonflement des argiles peut être causé par des processus d'hydratation ou par le potentiel osmotique qui se développe entre le fluide interstitiel d'argile et la salinité du fluide de forage. [28]

Tableau 4 : Les argiles gonflantes.

Problème	Les argiles gonflantes		
Indications	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Boules d'argile dans la flow line.</li> <li>-Augmentation de la pression de la pompe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Bouchage au niveau de tamis vibrant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La circulation est restreinte ou parfois impossible.</li> </ul>
Préventions	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Maintenir les propriétés de la boue comme prévu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ajout de polymères encapsulant à WBM.</li> <li>-Bon nettoyage des trous</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Réduire le temps d'exposition du trou au niveau des argiles hydratantes tant que possible.</li> </ul>



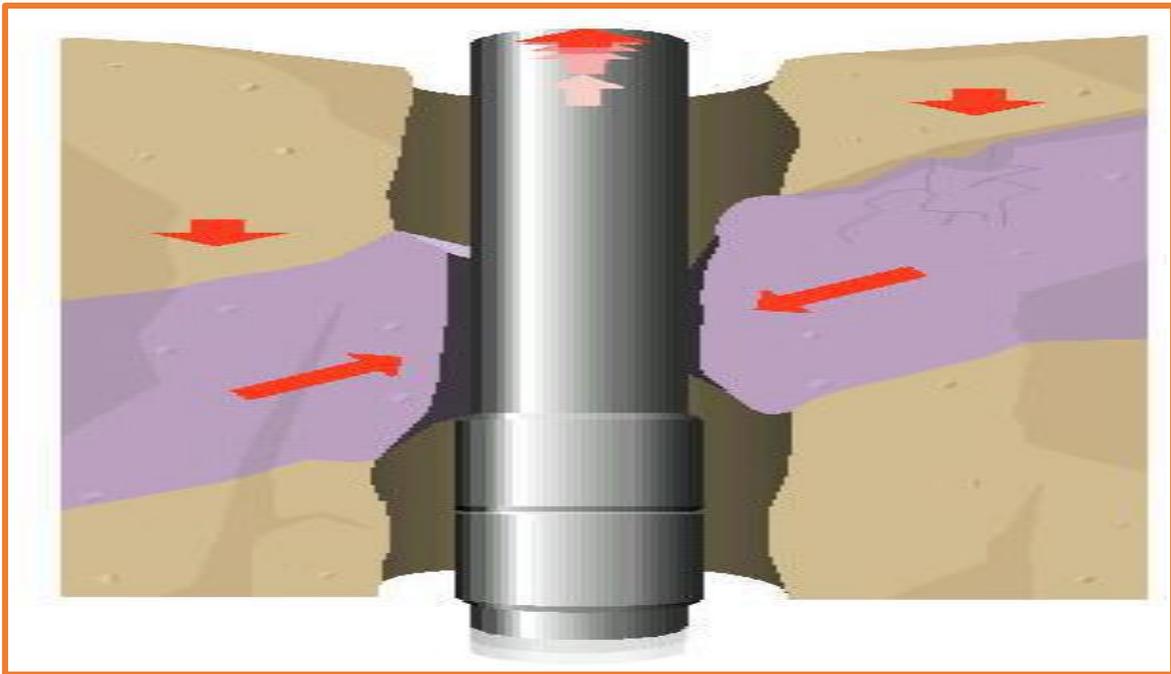
*Figure 26 : Gonflement d'une formation argileuse.*

➤ **Argiles fluentes**

Ces argiles constituent par des feuillets qui sont faiblement liés entre eux. Elles se gonflent en absorbant une grande quantité d'eau libre (provenant de la boue) entre les feuillets qui glissent les uns sur les autres. [21]

*Tableau 5 : Problème des argiles fluentes.*

Problème		Argiles fluentes	
Signes indiquant	-Des accrochages lorsque l'on dégage du fond.	-Des montées de pression allant jusqu'à impossibilité de circuler.	-Une modification des caractéristiques rhéologiques de la boue.
	Mesures préventives	Augmenter la densité de la boue. Réduire la filtration	-Ajouter un lubrifiant approprié dans la boue.  -Augmenter le débit de circulation.



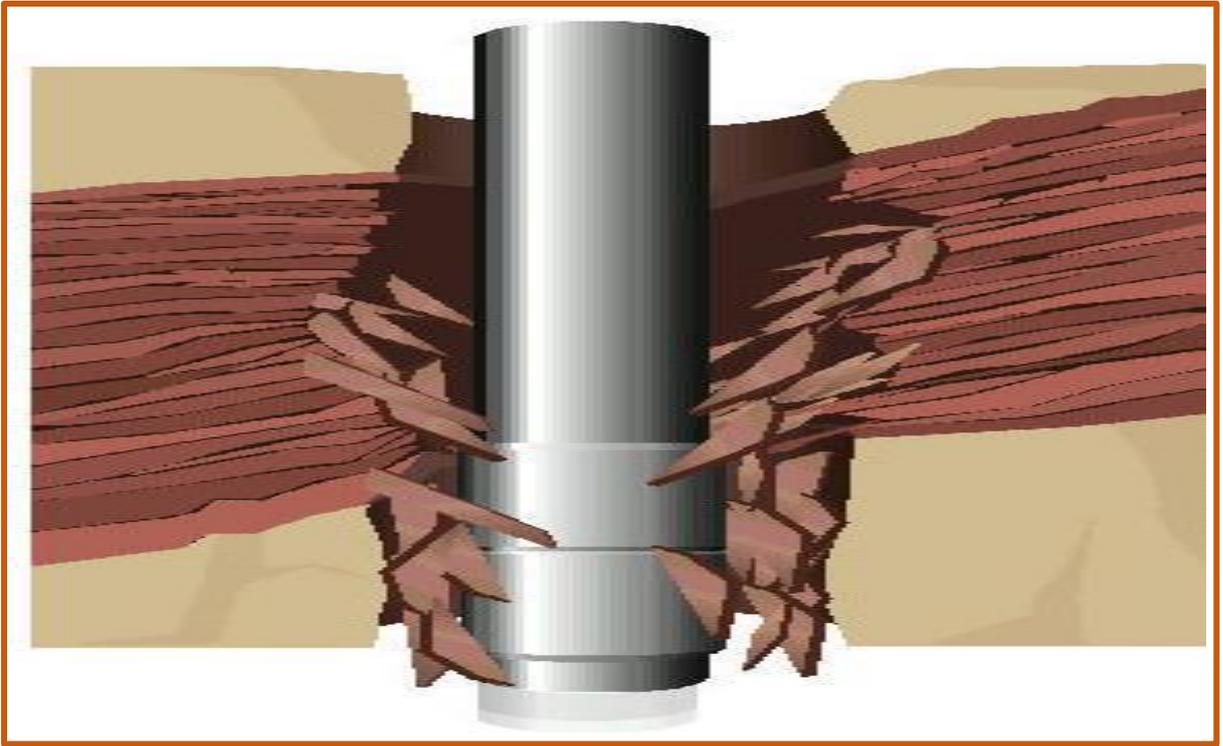
*Figure 27 : Les argiles fluentes [29]*

➤ **Argiles feuilletées**

Ces argiles sont moins dangereuses que les précédentes et les coincements qu'elles provoquent sont généralement plus faciles à résoudre. Ces argiles ont tendance à s'ébouler dans le puits. [21]

*Tableau 6: Le problème des argiles feuilletées.*

Problème	Argiles feuilletées	
<b>Signes précurseurs</b>	-Avancement rapide suivi d'une quantité importante des déblais sur les tamis vibrants.	-Accrochages au dégagement du fond et à la remontée.
<b>Mesures préventives</b>	-Augmenter la viscosité de la boue et réduire le filtrat. -Assurer un bon nettoyage du puits.	-La rotation de la garniture permet de déplacer les déblais déposés dans l'espace annulaire

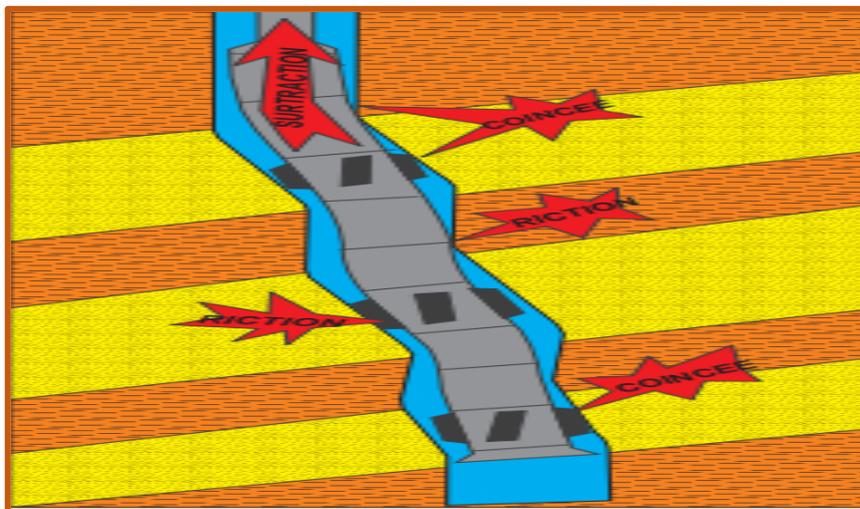


*Figure 28 : Argiles feuilletées. [29]*

➤ *Mauvaise Géométrie Des Parois*

Les problèmes de mauvaise géométrie des parois peuvent présenter plusieurs aspects :

- \*Le trou n'est pas au diamètre nominal de l'outil par suite de formation de cave.
- \* Le trou n'est pas au diamètre nominal de l'outil suite à l'usure de l'outil de forage et/ou des stabilisateurs.
- \* L'axe du trou s'écarte de la trajectoire théorique, soit rectiligne en forage vertical, soit courbe en forage directionnel.

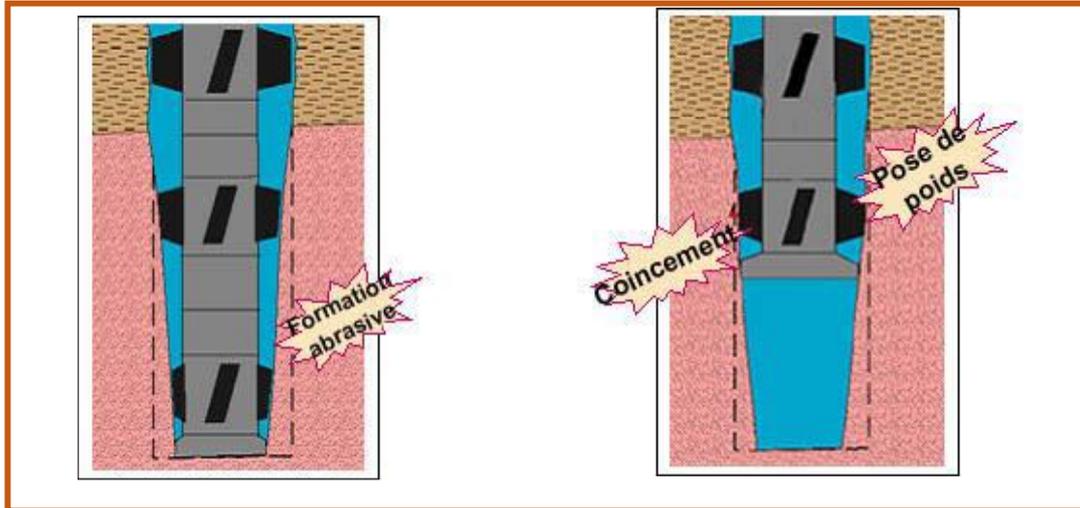


*Figure 29 : Mauvaise géométrie de parois. [31]*

Le coincement de notre cas est classé dans ce type qui est dû à un manque d'alésage avant la descente de tubage.

➤ *Diminution du diamètre nominal du trou*

La diminution du diamètre du trou peut provenir du passage de l'outil dans une formation abrasive qui use la protection du diamètre de l'outil, ou un outil non adapté à la dureté de la formation et qui s'use prématurément et principalement sur son diamètre. [21]



*Figure 30 : Changement d'outil. [9]*

### III.4. Traitement du coincement

Pour la réussite d'une technique de décoincement de la garniture, il est dispensable de connaître avec précision les circonstances du coincement et de pouvoir analyser les différents enregistrements concernant la phase du forage en cours.

Quand un coincement a lieu, on procède à l'application des techniques suivantes : [2]

- Evaluer le mécanisme de coincement.
- Utiliser les premières actions le plus appropriées sans tarder.
- Utiliser une action secondaire (par ex : le pompage de bouchon etc...).
- Operation de battage.
- Operation de back off.

### III.5. Les techniques utilisées pour libérer la garniture

#### III.5.1. Tirages excessifs

C'est la première action et la plus importante. Si le chef de poste réagit correctement on peut reprendre la situation en main.

Les premières actions en manœuvres (remontée) si des tractions excessives sont observées alors faut partir dans le sens opposé puis nettoyé très bien le trou ensuite remonter jusqu'au point de coincement.

- S'il n'y a pas des tirages alors le problème était lié au nettoyage du trou.
- Si les mêmes tractions sont observées, alors le problème est probablement lié à un mécanisme de coincement mécanique ou dû à la géométrie du trou. D'autres actions appropriées seront prises par exemple un back reaming. [8]

#### III.5.2. Bouchon d'acide

En cas d'un coincement au droit d'une formation argileuse gonflante, ce dernier peut être résolu par l'injection de bouchons d'acide fluorhydrique au niveau du point de coincement.

Ces bouchons seront mis en place au droit de la zone du coincement pour imprégner le cake et seront progressivement déplacés dans l'espace annulaire. Le principal but de ces bouchons est de fragiliser le cake et d'abaisser le coefficient de friction  $C_f$ . Les bouchons ont également un effet sur la pression différentielle si leur densité est plus faible que celle de la boue dans l'espace annulaire. [10]

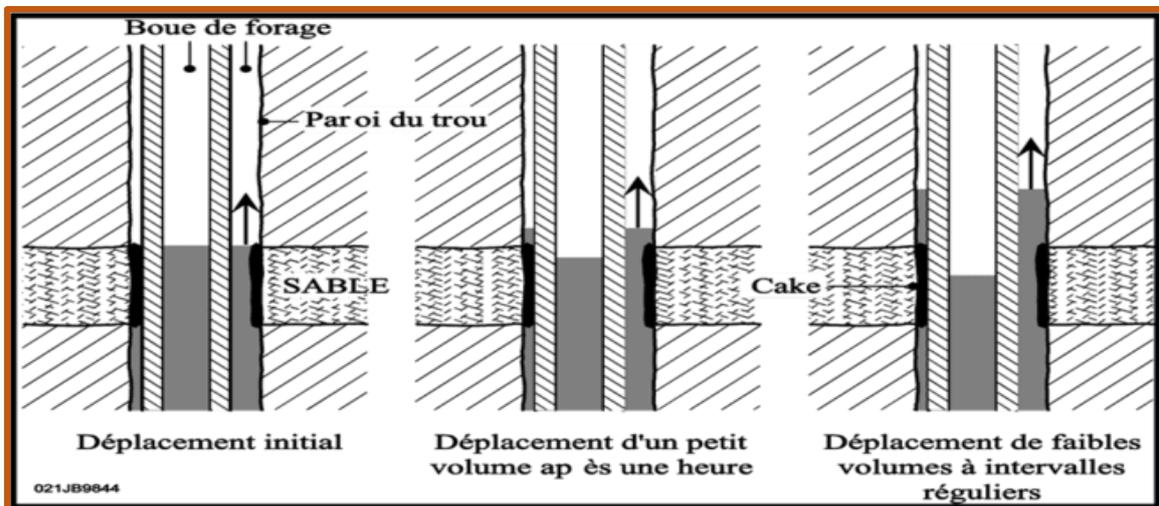


Figure 31 : Mise en place et déplacement du bouchon. [20]

### Remarque

Le volume utile d'acide à pomper dépend de l'épaisseur de la formation à dissoudre sur une longueur donnée. [11]

Si la garniture se libère, on continue les opérations comme prévu sinon on refait un autre bouchon d'acide comme précédemment.

### III.5.3. Le battage

Après que le coincement ait lieu, on procède Le battage qui s'effectue à l'aide de la coulisse de battage. Dans le cas où la garniture est coincée sous la coulisse, cette dernière permet de développer une force d'impact à partir de l'énergie potentielle que représente la garniture libre au-dessus pour libérer la partie coincée. [3]

La coulisse constituée de deux pièces coulissant l'une dans l'autre : celle de plus faible diamètre appelée "mandrin" et celle de plus fort diamètre appelée "corps de coulisse". [17]

#### ➤ Différents types de coulisses

Il existe des coulisses mécaniques, hydrauliques et hydromécaniques. Ces dernières sont une combinaison d'une partie mécanique et d'une partie hydraulique, l'une battant dans un sens, l'autre dans l'autre. La majorité d'entre elles permet de battre vers le haut et vers le bas. [4]

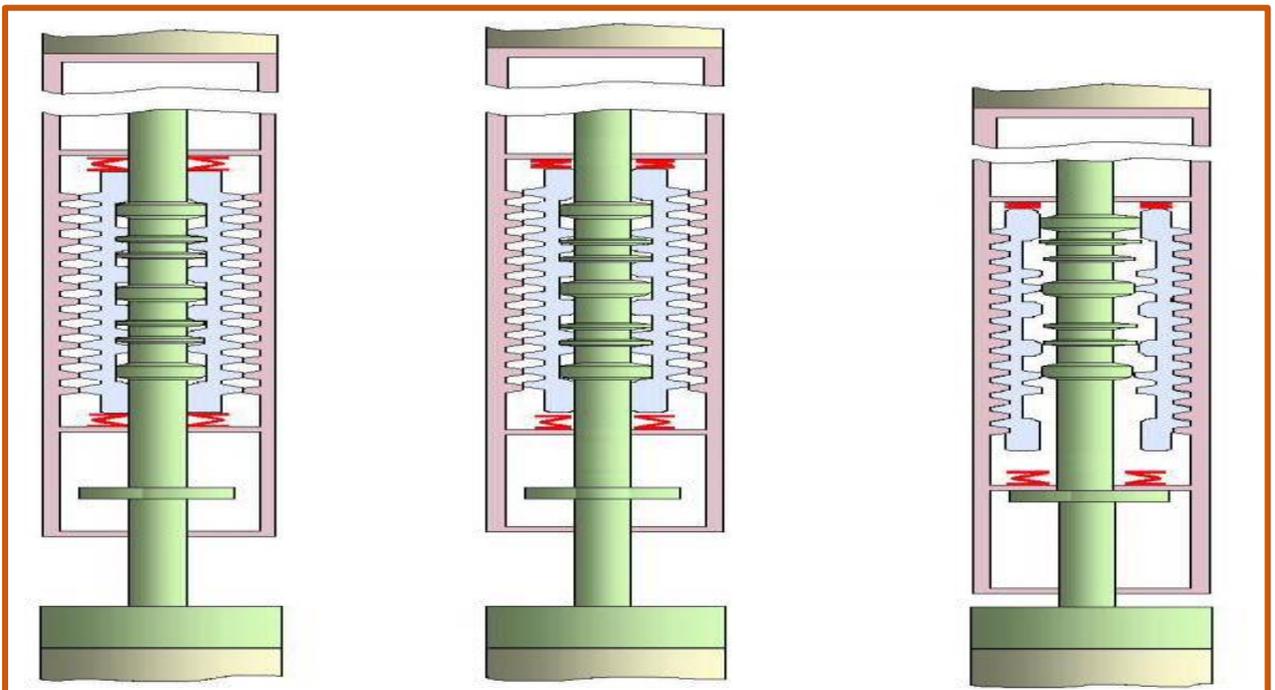


Figure 32 : coulisse mécanique. [3]

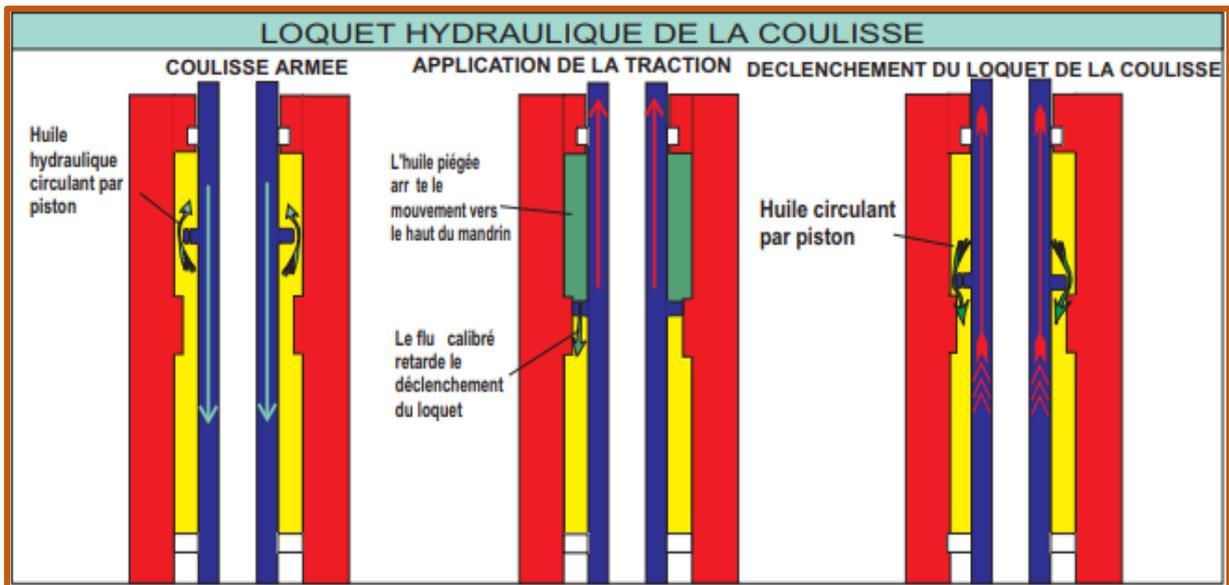


Figure 33 : coulisse hydraulique. [3]

### ➤ Sens de battage

La plupart des coulisses permettent de battre dans les deux sens. Le battage vers le haut produit généralement un choc plus violent que le battage vers le bas.

On peut cependant retenir quelques règles de base :

- ✓ Coincement en remontée : battage vers le bas.
- ✓ Coincement en descente : battage vers le haut.
- ✓ Coincement par chute d'objet dans l'espace annulaire trou/garniture : battage vers le bas.

En effet, une erreur de sens peut aggraver la situation. [4]

### III.5.4. Dévissage back-off

Lorsque les essais de décoincement n'ont donné aucun résultat, il faut procéder au dévissage (Back off) de la partie libre de la garniture. [11]

Il existe deux méthodes pour déterminer le point de coincement de la garniture coincée :

- ✚ Une méthode mécanique par mesure d'allongement (extensiomètre) de la garniture coincée donne une connaissance approximative du point de coincement mais permet d'anticiper sur le programme et le matériel nécessaire pour l'intervention après dévissage.
- ✚ Une mesure électrique appelée " Free point Indicator" qui donne d'excellent résultat dans les tiges et les tiges lourdes. [21]

### III.5.4.1. Dévissage à l'explosif

L'ensemble de la garniture étant soumis à un couple à gauche, le dévissage du joint choisi est favorisé par les vibrations provoquées par une explosion déclenchée au niveau de ce joint.

L'explosif est descendu au bout d'un câble conducteur qui permet ensuite de déclencher électriquement la mise à feu à partir de la surface.

Le back off est une opération délicate et dangereuse et les chances de succès sont souvent relativement faibles. [15]



*Figure 34: Coupe à l'explosif (JET CUTTER). [2]*

### III.5.4.2. Dévissage mécanique

Il s'agit de dévisser en soumettant la garniture coincée à un couple à gauche. Cette opération est très délicate car, sans l'aide d'explosif, le point de dévissage est incertain.

D'autre part, elle nécessite l'application d'un couple à gauche important, il doit être supérieur au couple de blocage à droite contrairement au back off. Cela se traduit fréquemment par des dévissages intempestifs et simultanés à différents points du train de sonde. Au mieux, on peut espérer dévisser dans une zone voisine du joint choisi. [2]

### III.5.5. Raccordement et repêchage de matériel tubulaire

Cette technique est utilisée pour raccorder un poisson à la suite d'un dévissage, d'une chute, d'une rupture ou d'une coupe. [2], On utilise généralement les outils suivant :

- ✚ Tool joint
- ✚ Taraud
- ✚ Overshot

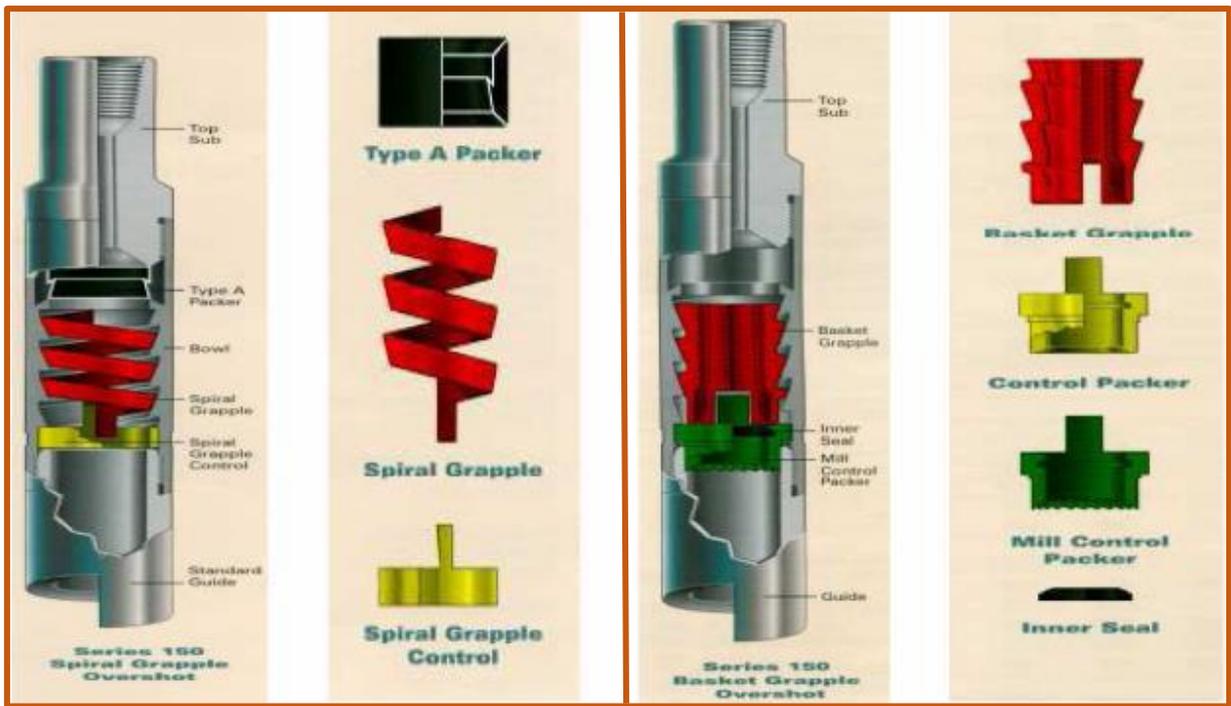


Figure 35 : Overshot équipé d'un spiral grapple.[18]

Figure 36: équipé d'un basket grapple. [18]

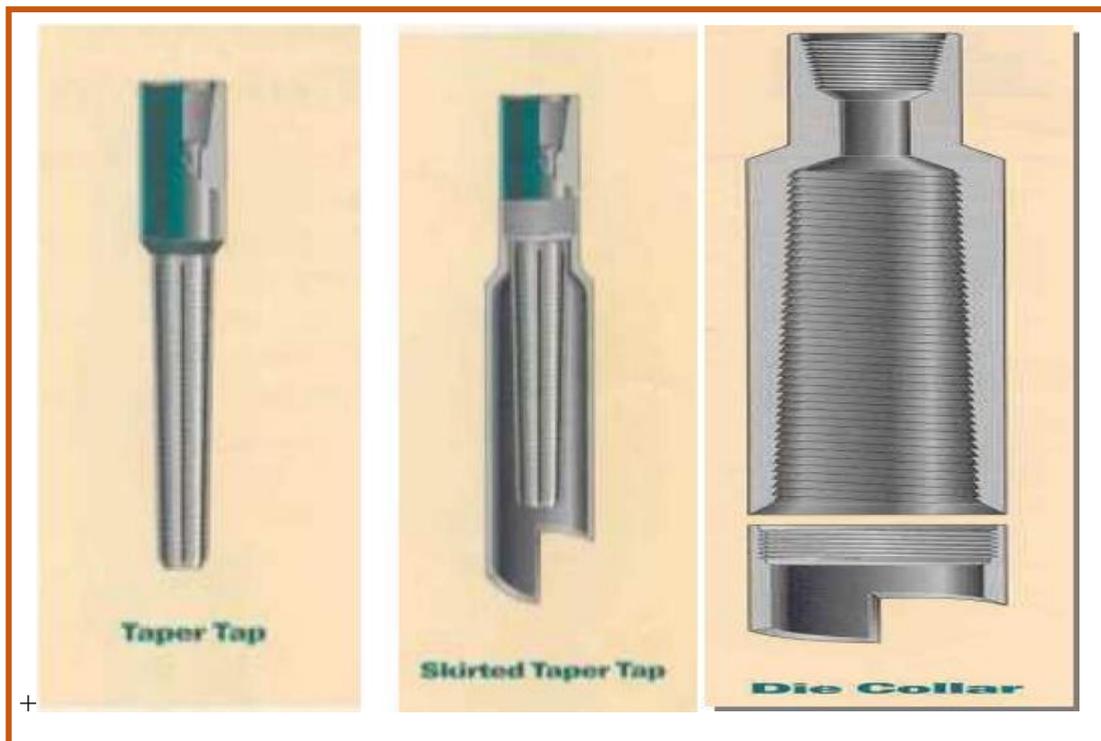


Figure 37 : Taraud, cloche taraudée et pin tap. [18]

### **III.5.5. SIDE TRACK**

Une SIDE Track est réalisée pour forer un nouveau trou à partir d'un puits existant. Cette opération consiste à abandonner la section inférieure d'un puits suite à une instrumentation infructueuse ou pour raisons géologiques. [4]

Lorsqu'on a échoué toutes les tentatives possibles de remonter le poisson. Le but est de forer en déviation au-dessus de la tête du poisson pour pouvoir ensuite poursuivre vers l'objectif parallèlement au trou abandonné mais à une dizaine de mètre. Les opérations successive peuvent être :

- ✓ Bouchon de ciment à la cote du "side track ".
- ✓ Descente de la garniture de déviation : Moteur de fond et raccord coudé avec un outil de forage de plus petit diamètre que la phase en cours.
- ✓ Forage du "build-up" sur la longueur d'une tige, puis mesure de déviation.
- ✓ Descente d'une garniture rotary pendulaire pour aléser le "build-up" et revenir vers la verticale.
- ✓ Alésage des dog-legs avec une garniture appropriée. [4]

## **Conclusion**

Lors de la réalisation de forages hydraulique, plusieurs problèmes peuvent surgir, dus à plusieurs facteurs. Parmi ces problèmes le coincement et c'est le plus fréquent. La vigilance est demandée pour éviter ce problème. Les risques de coincement sont considérablement accrus des formations, techniquement très défavorables sont rencontrées durant la réalisation du puits. Pour la résolution de problème faut traiter les causes de ce coincement et trouver son types (mécanique, instabilité de formation, pression différentiel) pour proposer la solution la mieux adapter à fin d'évite une perte de temps et de minimiser les coûts.

---

# CHAPITRE

## IV

---

Etudes de cas du puits P442 :  
coincement lors de descente  
tubage 13''<sup>3</sup>/<sub>8</sub>.

## Introduction

Dans ce chapitre je vais traiter en détail le problème de coincement rencontré lors de descente de tubage 13''3/8 dans le puits P442 avait des résultats indésirables en matière de coût et de temps. Il faut noter qu'un minimum de cinq jours est nécessaire pour résoudre ce problème avant de reprendre le forage.

### IV.1. Présentation du puits

Deux puits entièrement équipés seront forés dans la zone de Hassi Messaoud à une profondeur de 350 mètres, repartis en deux lots

- Lot01 : réalisation d'un puits d'eau potable au niveau de la cité 442.
- Lot02 : réalisation d'un puits d'eau potable au niveau de la piscine de Hassi Messaoud.

Notre étude a été effectuée sur le lot01 de la cité 442 qui se situe à la ville de Hassi Messaoud au milieu du Sahara algérien à 86 km au sud-est d'Ouargla, à 172 km au sud de Touggourt et à 800 km au sud-est de la capitale Alger.

Le puits est localisé à des coordonnées géographiques suivantes :

X=6.05678055555556 Km

Y=31.69026388889Km

### IV.2. La coupe lithologique et le profil du puits P442



*Figure 38 : Position géographique du puits P442.*

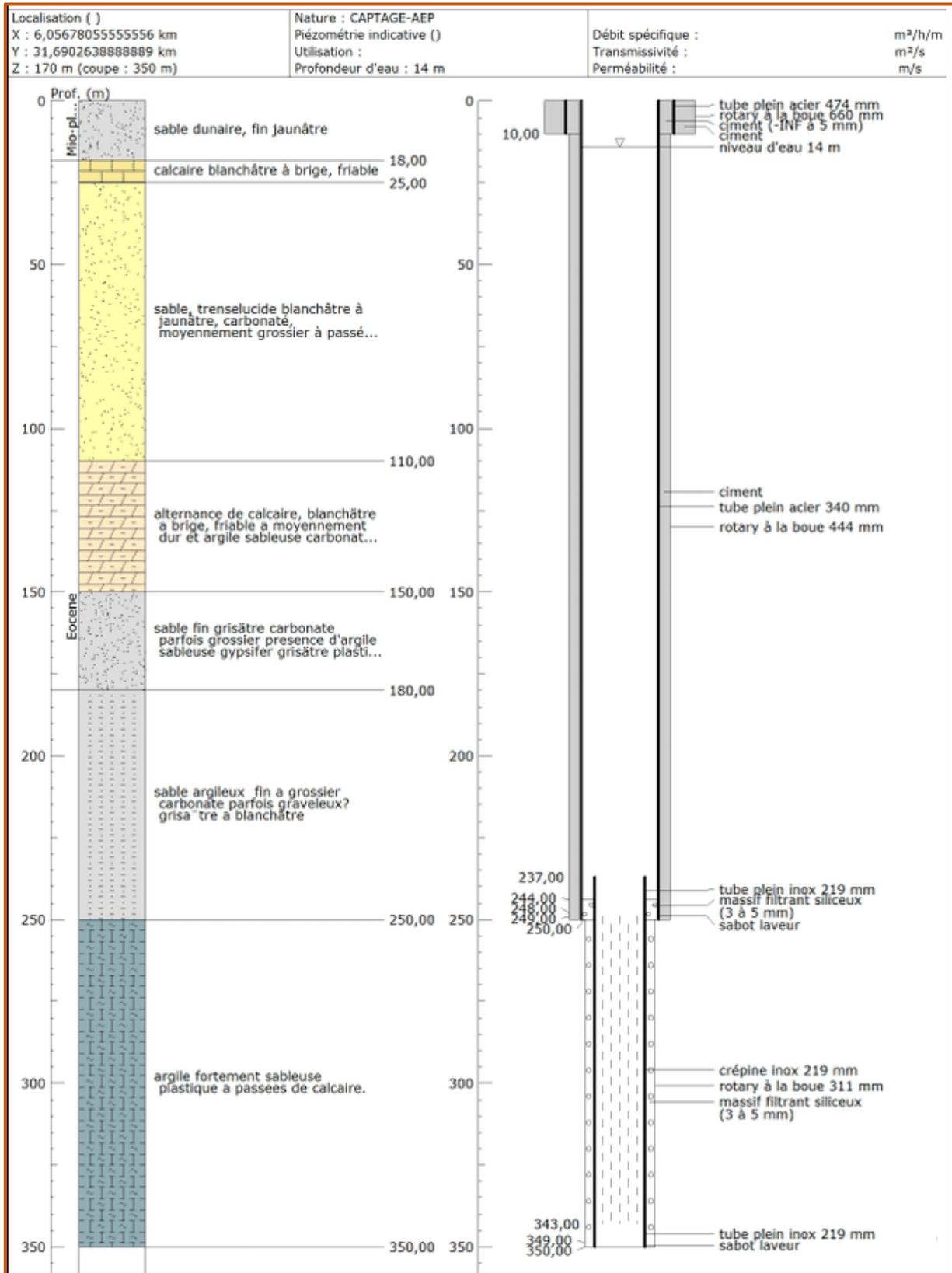


Figure 39 : Fiche technique du puits P442HMD.

### IV.3. Le coincement de tubage 13''3/8 lors du forage du puits P442

L'objectif de cette étude est d'analyser ce phénomène (problème) de coincement et de faire ressortir les indications susceptibles de nous avertir de l'avènement de ces types de coincement dans le futur. La représentation de notre étude est sous forme suivante :

- Déroulement et timing des opérations.
- Les causes de coincement de tubage 13''3/8
- Méthode de décoincement
- Les procédures effectuées pour le décoincement
- Conclusion

### IV.4. Déroulement et timing des opérations

Le forage a été exécuté avec un appareil de forage de type moyen (Marque PRAKLA RB-50), cet appareillage devra présenter toutes les garanties nécessaires pour effectuer les travaux.

Le forage sera réalisé à une profondeur de 350 m et comprend les fournitures et travaux présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 7: Déroulement des opérations de forage P442 avant coincement.

Date	Opérations réalisées	Cote(m)	Observation
20/03/2022	Travaux génie civil Forage de la section 26'' à TD=10 m Descente et cimentation du tube guide 10 m	10m	Attente de prise de ciment
21/03/2022	Attente prise de ciment Forage de 2eme phase en 17''1/2 de 10m à 250 m	10m	
22/03/2022	Forage de 12''1/4 de 10m à 19m	19m	
23/03/2022	Forage de 12''1/4 de 19m à 98m	98m	Arrivé sur chantier 250m de tubage 13'' 3/8
24/03/2022	Forage en 12''1/4 de 98m à 130m Panne mécanique de la pompe à boue	130m	Continuer le forage de la 2eme phase Arrivée sur chantier 250m du tubage 13''3/8
25/03/2022	Forage en 12''1/4 de 130m à 225m	225m	
26/03/2022	Forage en 12'' ¼ de 225m à 250m		
27/03/2022	Forage en 12'' ¼ de 225m à 250m Elargissement en 17'' ½ de 50m à 190m	250m	
28/03/2022	Cote atteinte en 12'' ¼ 250m Elargissement en 17'' ½ de 190m à 250m	250m	
29/03/2022	Descente du tubage 13'' 3/8 posé à 168m (rétrécissement des parois du puits) Remontée de tubage au jours avec les contrôles	250m	
30/03/2022	Descente du tubage 13'' 3/8 Coincement à la cote 180m Tentative de décoincement (en cours)	250m	

IV.5. Exposition du coincement du tubage 13'' 3/8

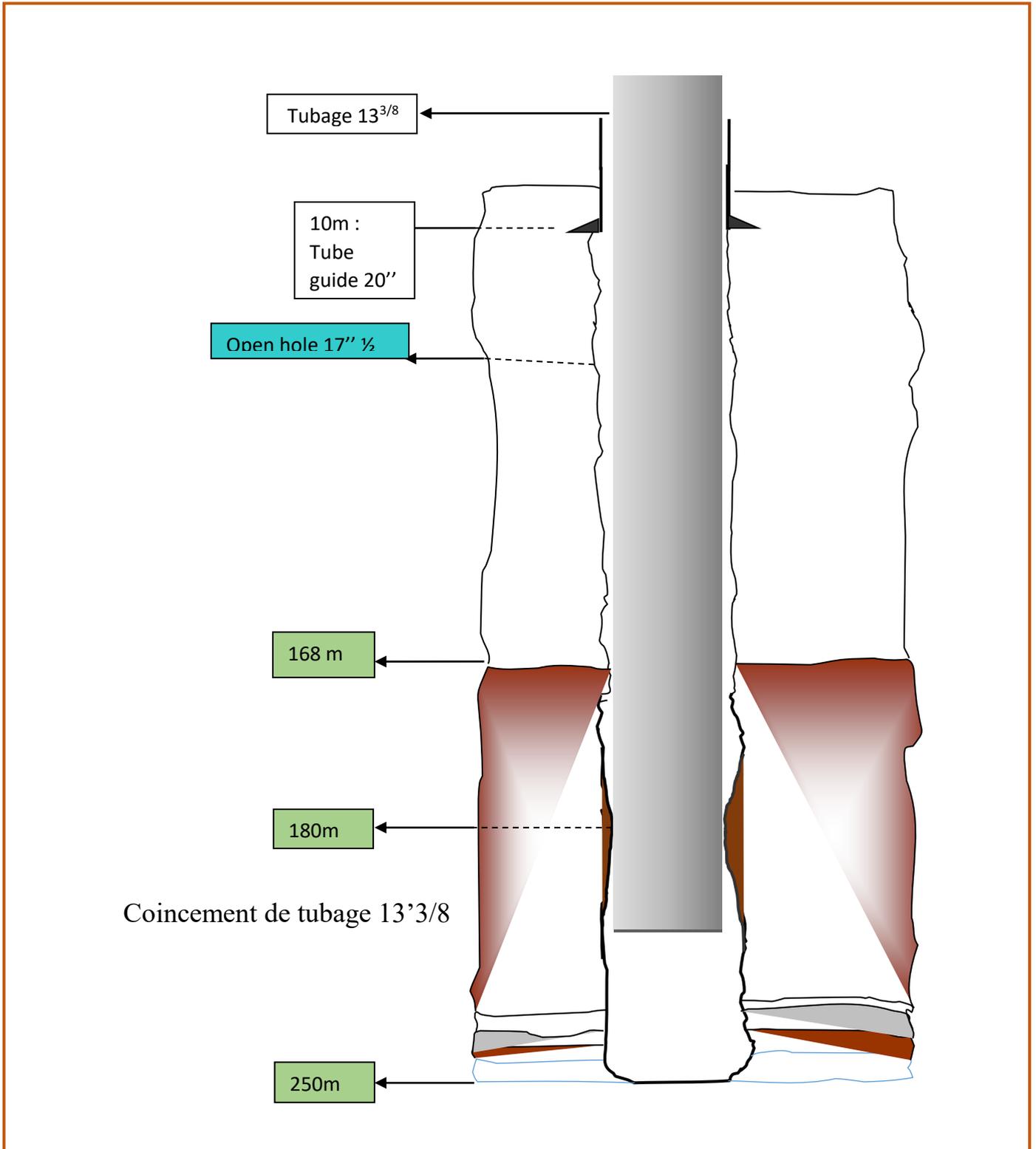


Figure 40 : Exposition du coincement de tubage à la cote 180m



*Figure 41 : Puits P442 HMD lors du coincement tubage.*

## **IV.6. Cause de coincement du tubage 13''3/8**

Le coincement au cours de la descente du tubage au puits P442 de Hassi Messaoud est peut-être du :

- Une mauvaise géométrie des parois
- Le rétrécissement du trou dû à la présence d'argiles gonflantes ou fluentes.

### ***IV.6.1. Mauvaise géométrie des parois***

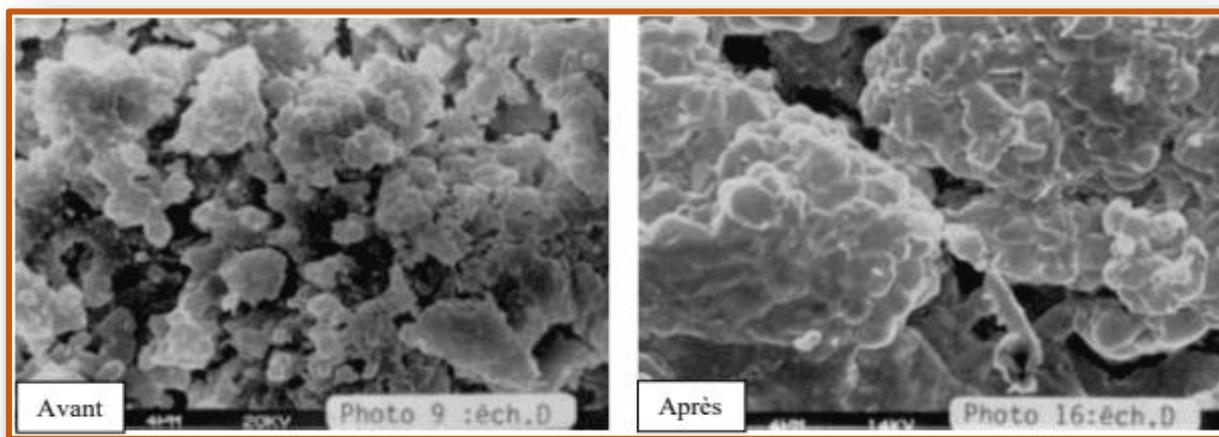
Le paramètre appelé "mauvaise géométrie des parois" représente un changement ou une dégradation du trou de puits, provoqué par plusieurs facteurs.

Dans la pratique de forage hydraulique nous rencontrerons une diminution du diamètre de trou c'est une mauvaise géométrie des parois non souhaités (résultant de divers phénomènes géologiques ou d'erreurs de pratique de forage). Ce dernier quand il correspond à un changement de verticalité de trou. De plus la présence de ce phénomène anormal peut entraîner des conséquences fatales pour le puits. [31]

Autant que possible ce problème devra être traité (par exemple alésage) et c'est le cas de notre forage où il y avait l'absence de stabilisateur et l'absence d'un alésage avant la descente de tubage (une erreur technique de chantier).

#### *IV.6.2. Le mécanisme de gonflement de la formation argileuse*

Le gonflement représente l'extension des doubles couches entourant les particules argileuses. Les principaux facteurs régissant le gonflement des argiles peuvent être classés en deux catégories, les facteurs mécaniques et les facteurs physico-chimiques. [24]



**Figure 42** : Mécanisme du gonflement d'argile.

Les effets physico-chimiques sont fonctions des propriétés d'hydratation et de l'absorption des cations. En effet, les particules d'argiles ont une texture de surface qui permet une forte liaison à l'eau. Cette affinité à l'eau est responsable du gonflement du sol. [24]

#### **IV.7. Méthode de décoincement du tube 13''3/8**

La première opération effectuée le 31/03/2022 c'est le tirage à l'aide d'une grue

Les règles de décoincement sont basées sur les états des paramètres suivants :

- Circulation
- Rotation
- Mouvement vers le haut
- Mouvement vers le bas

Après l'échec de toutes l'opération de tirage pour décoincer le tube de forage à l'aide d'un treuil, Une décision de faire un bouchon de kcl a été prise afin d'imprégner la formation argileuse pour décoincer le tube.

#### ***IV.7.1. Injection du bouchon KCl***

Le problème posé par le gonflement des argiles lors du forage dans les formations argileuses semble étroitement lié aux phénomènes d'interactions argile-fluide de forage. L'instabilité des formations argileuses varie selon la nature et l'état physique de ces fluides, lors du contact argile-eau. [23]

Pour ces argiles qui causent les problèmes de bourrage des outils, la formation de bouchons dans l'annulaire ainsi que les risques de perte et de coincement de la garniture les boues au KCl apportent une amélioration notable.

Ce bouchon sera mis en place au droit de la zone du coincement pour imprégner la formation argileuse. Le principal but de ce bouchon de KCl est de fragiliser l'argile. Les bouchons ont également un effet sur la pression différentielle si leur densité est plus faible que celle de la boue dans l'espace annulaire.

Et pour cela avant d'injecter le bouchon l'allégement de la boue est indispensable pour avoir une même densité avec le bouchon.

#### **IV.8. Influence du bouchon KCl sur la formation argileuse**

Le gonflement des sols est un phénomène très complexe qui fait intervenir des problèmes. Lors de cette étude, nous avons essayé de trouver une solution afin d'éviter les gonflements d'argile qui se produit en absorbant une grande quantité d'eau libre (provenant de la boue) entre les feuillets qui glissent les uns sur les autres.

La plupart des temps l'utilisation des bouchons de gasoil pour les formations argileuses sont très efficaces pour les argiles gonflantes mais notre étude du puits p442 réalisé pour l'alimentation en eau potable pour cela il faut éviter la contamination de la nappe captée.

L'injection des solutions saline peut avoir une influence sur les argiles pour la réduction de gonflement et les réductions importantes ont été obtenues en particulier avec le chlorure de potassium (KCl).

Le sel de chlorure de potassium (KCl) est souvent utilisé pour interdire le gonflement des argiles dans les systèmes de fluides à base d'eau. [23]

### IV.9. Procédure effectuée pour le décoincement de tubage 13''3/8

La procédure de décoincement a eu lieu le 3 avril 2022 (après trois jour d'arrêt), l'équipe de chantier a pris décision pour l'injection de bouchon lubrifiants, l'opération est faite en passant par les étapes suivantes :

- Mise en place des unités de pompage des fluides et les citernes.
- Faire la réunion de sécurité à tout le personnel présent sur chantier.
- Explication des risques liés à l'opération.
- Distribution des rôles.
- Pompage d'un bouchon de 25 m<sup>3</sup> (4T du sel de chlorure de potassium)

Après quelques heures après l'injection du bouchon dans la boue et avec un tirage à l'aide d'une grue, **l'opération de décoincement et la Remontée de tubage a été réussie.**

### Conclusion

Par l'étude du problème du coincement d'un tubage 13''3/8 sur le puits P442 à Hassi Messaoud, nous tenons à souligner que l'analyse des données de l'influence des formations, de la boue, et les opérations et les tests de formation à haute pression, montrent que le coincement est dû principalement à une légère trajectoire du tube ce qui provoque par la suite le fluage des argiles de l'éocène à une profondeur de 180 m et qui provoque par la suite un coincement du tubage.

Souvent les coincements dus à la formation sont regroupés dans la catégorie des coincements mécaniques et on considère que tout ce qui n'est pas un coincement par pression différentielle est un coincement mécanique.

---

# CONCLUSION GÉNÉRALE

---

## *Conclusion générale*

Mon stage accordé par l'Institut de Technologie au niveau de l'entreprise nationale de géophysique (ENAGEO) à Hassi Messaoud m'a permis de me familiariser avec le monde professionnel et d'essayer d'appliquer les connaissances théoriques acquises lors de mes études à l'Institut de Technologie (Bouira).

Le thème du stage consiste les problèmes rencontrés en cours de la réalisation d'un forage hydraulique, Cette étude touche principalement le problème de coincement qu'on a rencontré au cours de la mise en œuvre du forage hydraulique P442 de Hassi Messaoud destiné pour AEP de la région de Hassi Messaoud.

A la lumière de la recherche bibliographique nous avons conclu que les forages sont des ouvrages hydrotechniques réalisés en passons par plusieurs étapes pour la mise en valeur des eaux souterraine, la région de Hassi Messaoud possède une énorme réserve d'eau souterraine de la nappe du Moi-Pliocène sont généralement basiques et sont fortement minéralisées.

Lors de la réalisation des forages hydraulique pour explorer et exploiter les eaux des nappes, plusieurs problèmes peuvent surgir, dus à plusieurs facteurs.

Au cours de notre recherche sur terrain nous avons pu identifier la cause du coincement du tube 13''3/8 survenu dans le forage P442 à une profondeur de 180 m qui est dû au gonflement d'argile après un mini trajectoire causé par une mauvaise géométrie des parois. Ce problème est dû à une faute technique sur chantier (ne pas effectuer un alésage avant la descente du tubage). Une procédure de décoincement est effectuée avec une injection d'un bouchon de kcl pour minimiser le gonflement d'argile.

Durant cette étude, nous avons constaté que, pour la résolution d'un coincement Il faut identifier la cause de ce dernier pour proposer la solution la mieux adapter à fin d'évite une perte de temps et de minimiser les couts.

## Bibliographie

- [1] **A Guendouz** *Contribution à l'étude géochimique et isotopique des nappes profondes du Sahara nord-est septentrional* (thèse)- Paris 11, 1985.
- [2] **A ZENZANI** *Coincement induit par l'interception de l'éruptif Triassique dans le puits OMLz872.* - 2007.
- [3] **A., SLIMANI** *Module M3.* - déviation forage département formation SONATRACH.
- [4] **A.SLIMANI** *Module M2.* - déviation forage SONATRACH, 2004.
- [5] **Aghiles, Neddaf Yacine et Lyazidi** *Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique des nappes aquifères du Complexe Terminal : région de Hassi Messaoud // mémoire fin d'étude.* - tizi ouzou : UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI, 10 03 2021.
- [6] **ALLA BEDDINE** *Qualité des eaux des aquifères de Hassi Messaoud.* // memoire fin d'etude . - OUARGLA : UNIVERSITE KASDI MERBAH, 2015/2016.
- [7] **B.L. SEKAT** *Problèmes des coincement en manœuvre se remontée en phase 16 "sur le champ de HMD cas de puits OMKz 353.* - 2007.
- [8] **BAAMARA M** *Etude et analyse de problème de coincement phase 12 ¼ RDC 18.* - 2017.
- [9] **BOUCENNA I et MODJED O** *Etude et choix entre l'instrumentation et le side-track dans le cas d'un coincement au niveau du drain horizontal.* - HMD .
- [10] **BOUFFADENE Mouloud** *ENAGEO : REDUCTION DES TEMPS NON PRODUCTIFS POUR AMELIORER LES PERFORMANCES DU PROCESSUS FORAGE HYDRAULIQUE* . - thèse ,université paris1 panthon sorbone , 2016.
- [11] **CHAOUACH B et FARDHALLAH S.A** *Analyses des problèmes de coincement dans la phases 16"au niveau de cénomanien, turonien, salifère.* - 2008.
- [12] **Comité international de la Croix-Rouge** *GUIDE PRATIQUE POUR LES ESSAIS DE POMPAGE DE PUIITS.* - avenue de la Paix 1202 Genève, Suisse , septembre 2016.
- [13] **Curtin, wolf gang F prassel** *Drilling engineering.* - university of technology .
- [14] **Daddou, A. Slimani M.** *formation JDF module M1.* déviation forage, SONATRACH, mars 2004.
- [15] **DJECTA R et MEZOUAR I** *Etude des coincements dans la phases 8 ½" dans le champ de HAOUD BERKAOUI.* - 2008.
- [16] **Dr Mehdi METAICHE** *Maître de conférences forage techniques et procédés.* - Université de Bouira, octobre 2013.
- [17] **dr. BOUSELSAL BOUALEM** *FORAGE D'EAUProcédés et mesures.* - Université de Kasdi Merbah-Ouargla-.
- [18] **ENSPM Formation industrie-IFB Training.** *techniques de forage.* - 2007.

- [19] **ENAGEO pimido** [En ligne]. - 28 12 2009. -
- [20] **ENSPM Formation industrie-IFB Training..** - 2004.
- [21] **HAMED.A** *Operational decision making to prevent stuck pipe incident Drilling engineering* .
- [22] **HARRAT M** *Contribution à l'amélioration du procédé de fabrication de la céramique.* - 2007.
- [23] **KHODJA Mohamed** *LES FLUIDES DE FORAGE : ETUDE DES PERFORMANCES.* - Université Louis Pasteur Strasbourg - France : [s.n.], 15 février 2008.
- [24] **LUTETE Kevin LUZOLO** *Les eaux souterraines: captage, exploitation et gestion* [En ligne] // memoire online. - 2012. - <https://www.memoireonline.com/10/13/7528/Les-eaux-souterraines-captage-exploitation-et-gestion.html>.
- [25] **M.DADDOU** *forage pour non-foreur.* : SONATRACH, decembre 2015.
- [26] **MARGAT. J.** *les eaux souterraine au bassin méditerranéen, ressources et utilisations [Ouvrage].* Orléans : Éd. BRGM, 1998.
- [27] **mosli** *Garniture de foarge* [En ligne] // KUPDF. - 11 decembre 2017. - [https://kupdf.net/download/garniture-de-foarge\\_5af5f184e2b6f58b76e5d056\\_pdf](https://kupdf.net/download/garniture-de-foarge_5af5f184e2b6f58b76e5d056_pdf).
- [28] **R., HOSSIN** *Well engineering and construction.*
- [29] *Stuck pipe schlumberger.*
- [30] **SARGAJJ HUGDZYGDU** [Rapport]. - 2001.
- [31] **Slimani A.** *problème de trou.* ,dévision forage SONATRACH, 2009.
- [32] **sugar land learning center** *Stuck pipe prevention* [En ligne]. - 1999. - <https://en.calameo.com/read/000962052c8cbe7f2c94e>.
- [33] **SY Mohamedou OULD BABA** *RECHARGE ET PALEORECHARGE DU SYSTEME AQUIFERE DU SAHARA SEPTENTRIONAL* // thèse doctorat en géologie. - UNIVERSITE DE TUNIS EL MANAR , 29 janvier 2005.
- [34] **Van Der Wal** . - 2018.

