

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ KASDI MERBAH – OUARGLA

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Civil et Hydraulique

Mémoire

MASTER ACADIMIQUE

Domaine : Science et Technologie

Filière : Hydraulique

Spécialité : FORAGE D'EAU

Présenté par

SEDIKI Taqiy Eddine et MOGDAD Aymen

Thème

**RÉALISATION D'UN OUVRAGE DE CAPTAGE D'EAU CAS
D'UN FORAGE AGRICOLE DANS LA RÉGION DE SIDI
SLIMANE WILAYA DE TOUGGOURT**

Soutenu publiquement le : 07/06/2026

Devant le jury :

Kateb Samir

Professeur UNIV. OUARGLA

PRESIDENT

DJEBARI Hacen

MAA UNIV. OUARGLA

EXAMINATEUR

MANSOURI Zina

MCA UNIV. OUARGLA

ENCADAREUR

Année universitaire : 2025/2026

الملخص

تستكشف هذه الدراسة أهمية المياه الجوفية والتي تعد من أهم الموارد الطبيعية التي يعتمد عليها الإنسان خاصة في المجال الزراعي تهدف إلى إنجاز بئر فلاحى بمنطقة سيدي سليمان ولاية تڤرت مع استعمال تقنية الحفر الدوراني لإنجاز البئر وتنقسم هذه الدراسة إلى جزئين: نظري يغطي المفاهيم الأساسية مثل تقنيات الحفر والدراسة الهيدروولوجية والجيولوجية وعلمي يركز على النتائج التي تم الحصول عليها أثناء الحفر. كشفت الحسابات حاجة 1.04 م³ من الاسمنت أي 1.483 طن من الإسمنت (حوالي 29.66 كيس) للحفر الأولي. كما تم حساب حجم 8.705 م³ ، مما يتطلب 234 كيساً من الإسمنت. وتم حساب حجم الحصى 1.2 م³ لمرحلة الاستغلال. واعداد البطاقة التقنية باستعمال برنامج GESFOR.

الكلمات المفتاحية: المياه الجوفية، بئر، تقنيات الحفر، الدوراني، الهيدروولوجية، الجيولوجية، البطاقة التقنية، GESFOR.

Abstract

This study explores the importance of groundwater, one of the most essential natural resources for humans, particularly in the agricultural sector. It aims to drill an agricultural borehole in the Sidi Slimane area of Touggourt using the rotary drilling technique. The study is divided into two main parts: a theoretical part covering the fundamental concepts such as drilling techniques, hydrogeological and geological studies, and a practical part focusing on the results obtained during the drilling operations. The calculations revealed that 1.04 m³ of cement, equivalent to 1.483 tons of cement (approximately 29.66 bags), were required for the preliminary drilling stage. In addition, a volume of 8.705 m³ was calculated for the production drilling stage, requiring about 234 bags of cement. The gravel pack volume for the exploitation stage was estimated at 1.2 m³. Furthermore, the technical data sheet was prepared using the GESFOR.

Keywords: Groundwater, Borehole, Drilling Techniques, Rotary Drilling, Hydrogeology, Geology, Technical Data Sheet, GESFOR.

Résumé

Cette étude explore l'importance des eaux souterraines, considérées parmi les ressources naturelles les plus essentielles dont dépend l'être humain, notamment dans le domaine agricole. Elle vise la réalisation d'un forage agricole dans la région de Sidi Slimane, wilaya de Touggourt, en utilisant la technique du forage Rotary pour l'exécution de l'ouvrage. Cette étude est divisée en deux parties : une partie théorique couvrant les concepts fondamentaux tels que les techniques de forage, ainsi que les études hydrogéologiques et géologiques. Et une partie pratique consacrée aux résultats obtenus au cours des travaux de forage. Les calculs réalisés ont révélé la nécessité de 1,04 m³ de ciment, soit 1,483 tonne de ciment (environ 29,66 sacs) pour le forage pilote. De plus, un volume de 8,705 m³ a été calculé pour le forage de production, nécessitant environ 234 sacs de ciment. Le volume de gravier destiné à la phase d'exploitation a également été estimé à 1,2 m³. Enfin, la fiche technique du forage a été élaborée à l'aide du logiciel GESFOR.

Mots-clés : eaux souterraines, forage, techniques de forage, forage Rotary, hydrogéologie, géologie, fiche technique, GESFOR.

Remerciements

Au nom d'**Allah**, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux. Louange à **Allah**, Seigneur des mondes, pour la grâce qui nous a permis de mener ce travail à son terme.

Nous exprimons notre profonde gratitude à **Docteur Zina MANSOURI**, Maître de Conférences classe B à l'Université Kasdi Merbah d'Ouargla, pour ses orientations précieuses, son encadrement rigoureux et son accompagnement constant tout au long de ce travail.

Nos remerciements les plus sincères vont également aux membres du jury d'examen Docteur **Kateb Samir.**, Professeure à l'Université Kasdi Merbah d'Ouargla, Présidente du jury, et Docteur **DJEBBARI Hacen**, Maître de Conférences classe A à la même université, en qualité de rapporteur, pour leur lecture attentive, leurs remarques constructives et leur contribution à l'enrichissement de ce mémoire.

Nous remercions également chaleureusement les superviseurs de l'agence **ANRH**, notamment Monsieur l'ingénieur **M. BENGUEGA Mohammed. S**, pour leur encadrement sur le terrain et leur soutien technique tout au long de la phase pratique de ce projet

Nos remerciements s'adressent aussi à l'ensemble des enseignants de la Faculté des Sciences Appliquées, ainsi qu'au personnel académique et administratif, pour leur accompagnement tout au long de notre parcours universitaire.

Enfin, nous exprimons notre reconnaissance à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Qu'**Allah** accorde à chacun la meilleure des récompenses.

Dédicace

nom d'Allah, le Clément, le Miséricordieux. Que la paix et le salut soient sur le Messager d'Allah, sa famille et ses compagnons. Je dédie ce travail, fruit de mes humbles efforts : À mes chers parents, envers qui le Très-Haut a prescrit la bonté : « *Et ton Seigneur a décrété : "N'adorez que Lui ; et marquez de la bonté envers les pères et mères" »* et « *Et par miséricorde, abaisse pour eux l'aile de l'humilité, et dis : "Ô mon Seigneur, fais-leur, à tous deux, miséricorde comme ils m'ont élevé tout petit" »*. À ma chère et tendre mère, qui a veillé sur mes nuits et bravé les difficultés pour mon bien. À celle qui m'a inculqué la persévérance, m'a couvert de sa tendresse et dont les prières m'ont toujours accompagné. À celle dont le sourire est une lueur d'espoir qui illumine mon chemin. Que Dieu la protège, l'exauce et lui accorde une santé durable. À mon cher père, « **Mohamed** », exemple de patience et de persévérance, qui s'est dévoué pour éclairer ma voie et me voir atteindre les plus hauts sommets du savoir et de la vertu. À celui qui m'a appris l'amour d'Allah, de Son noble Messager et de sa famille. Que Dieu lui accorde longue vie, santé et bien-être. À mes chers frères et sœurs, **Nour El Houda** et **Abdellatif**, ainsi qu'à ma nièce **Bayane**. À mes proches et amis, et plus particulièrement à mes camarades de la **Promotion 2026**. À vous tous, je dédie ce modeste travail, en priant Allah le Tout-Puissant de nous accorder la science utile.

SEDIKI Taqiy Eddine

Dédicace

Ce travail, que je considère comme le fruit d'années d'efforts et de fatigue,
Je le dédie à tous ceux qui ont cru en moi quand je ne croyais pas en moi-même,
À ceux qui ont vu le succès en moi avant que je ne le voie,

À mes parents,

À ceux qui m'ont appris que tomber n'est pas la fin du chemin, mais un nouveau
début.

À mes professeurs,

À mes amis,

Et à mon âme qui défie les difficultés,

Je dédie cette réalisation comme une preuve que les rêves se réalisent avec
persévérance.

MOGDAD Aymen

Sommaire

Résumé

Remerciements

Dédicaces

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableauxvi

Liste des Abréviations et symbolesvii

Introduction Générale.....1-3

Chapitre I : Généralités sur le forages.....4-22

I.Introduction.....05

I.1. Historique de forage05

I.2.Définition d'un forage.....06

I.3.Techniques et équipements de forage06

I.3.1.Méthodes de forage.....06

I.3.1.1Forage battage.....06

I.3.1.1.1Principe forage battage.....07

I.3.1.1.2Avantage deforage a battage.....08

I.3.1.1.3Inconvenient forage a battage.....08

I.3.1.2 Forage marteau fond de trou (MFT)09

I.3.1.2.1Principe:.....09

I.3.1.2.2 Avantage Forage Marteau Fond de Trou09

I.3.1.2.3Inconvénient:.....10

I.3.1.3Forage rotary10

I.3.1.3.1Principe du forage Rotary.....10

I.3.1.3.2Avantages du forage Rotary.....11

I.3.1.3.3Inconvénients du forage Rotary.....12

I.3.2 Les équipements de forage rotary12

I.3.2.1 Les équipements de Surface (Surface Equipment)12

I.3.2.1.1mât de forage.....12

I.3.2.1.2La table de Rotation.....12

I.3.2.1.3La tête d'injection.....13

I.3.2.1.4	Le treuil de forage.....	13
I.3.2.1.5	Le câble.....	14
I.3.2.1.6	Le mou flage.....	14
I.3.2.1.6.1	Le moufle mobile et Crochet.....	14
I.3.2.1.6.2	Le moufle Fixe.....	15
I.3.2.1.7	La tige d'entraînement.....	15
I.3.2.1.8	La pompe a boue.....	16
I.3.2.1.8	Le tope driver.....	16
I.3.2.2	équipements de fond	17
I.3.2.2.1	Les tiges de forage (DP).....	17
I.3.2.2.2	La masse tiges (DC).....	17
I.3.2.2.3	La garniture de forage.....	18
I.3.2.2.4	L'outil de forage.....	18
I.4	Les fluides de forage.....	19
I.4.1	Types de fluide de forage	19
I.4.2	Fonctions des fluides de forage.....	20
I.4.3	Propriétés des fluides de forage :.....	20
I.4.3.1	La densité.....	20
I.4.3.2	La viscosité.....	21
I.4.3.3	Ph.....	21
I.4.4	Circuits de fluides de forage.....	22
I.5	Conclusion.....	22
Chapitre II: Généralités sur la zone D'étude.....		23-31
II	Introduction.....	24
II.1	Localisation du forage Sidi Slimane.....	24
II.2	Contexte climatique de la région Sidi Slimane	25
II.2.1	Températures.....	25
II.2.2	Précipitations.....	25
II.2.3	Évaporation.....	25
II.3	Context géologique & hydrogéologique:.....	25
II.3.1	Geologies:.....	25
II.3.1.1	La structure géologique de la région Sidi Slimane	26
II.3.2	Hydrogéologique.....	26
II.3.2.1	Nappe phréatique.....	26

II.3.2.2	Nappe captive.....	26
II.3.2.3	Le système aquifère du Complexe Terminal.....	26
II.4.	Organisation du chantier de forage	27
II.5.	Les équipements forage de la zone d'étude.....	27
II.5.1	Les bassins de boue.....	27
II.5.2	Pompe boue.....	27
II.5.3	Le tube guide	28
II.5.4.	La bentonite :.....	28
II.5.5.	Le sabot.....	29
II.5.6.	Les équipements de forage	30
II.5.6.1	Les outils	30
II.5.6.2	Les mass tige.....	30
II.5.6.3	Les tiges.....	30
II.6	Conclusion.....	31
Chapitre III: Suivi de réalisation d'un forage d'eau Sidi Slimane		32-42
III.1	Introduction :.....	33
III.2.	Étapes de forage.....	33
III.2.1	ère Phase Tube guide	33
III.2.1.1	Cimentation du tubage.....	34
III.2.1.1.1	Calcul du volume VL de l'espace annulaire	34
III.2.1.1.2	Quantité de ciment pour 1 m ³ de laitier	34
III.2.1.1.3	Poids total de ciment.....	35
III.2.1.1.4	Volume d'eau	35
III.2.2	2ères Phase Colonne de production.....	36
III.2.2.1	Cimentation Colonne de production	37
III.2.2.1.1	Calcul du volume VL de l'espace annulaire	37
III.2.2.1.2	Quantité de ciment	37
III.2.2.1.3	Poids total de ciment.....	38
III.2.2.1.4	Volume d'eau.....	38
III.2.3	3ème phase colonne de captage	39
III.2.3.1	Le programme effectué du bas en haut est composée des tubes suivants.....	40
III.2.3.2	Gravillonnage colonne de captage	40
III.2.3.2.1	volume de gravier.....	40
III.3	Les phases et Opérations.....	41

III.4 Composants et profondeurs	42
III.5 Conclusion.....	42
Chapitre IV: Logiciel GESFOR du BRGM :	43-59
IV. Introduction.....	44
IV.1 Définition logiciel GESFOR.....	44
IV.2 Historique du logiciel GESFOR.....	44
IV.3 Évolution du logiciel GESFOR.....	44
IV.4 Fonctions du logiciel GESFOR.....	44
IV.5 Simulation des données par logiciel (GESFOR) de BRGM.....	45
IV.5.1 Ouverture du logiciel et création d'un projet.....	45
IV.5.2 Interface de saisie des données (Fiche forage).....	45
IV.5.2.1 Identification de l'ouvrage.....	45
IV.5.2.2 Localisation.....	46
IV.5.2.3 Travaux.....	46
IV.5.2.4 Pompage / Hydrogéologie.....	47
IV.5.3 Tronçons.....	47
IV.5.3.1 Lithologie géologiques	48
IV.5.3.2 Forage.....	49
IV.5.3.3 Tubage.....	49
IV.5.3.4 Remplissage.....	49
IV.5.4 Coupe géologiques	50-51
IV.5.5 Pompages.....	52
IV.5.6 Diagraphies.....	52
IV.5.7 Courbe Dia graphiques	53
IV.5.8 Sauvegarde du projet.....	53-54
IV.6 Dossier technique forage d'eau.....	55-58
IV.7 Conclusion.....	59
Conclusion Général.....	60
Références Bibliographiques.....	61

Liste des figures

Figure I-1 : Forage rotary.....	06
Figure I-2 : Principe de forage battage.....	08
Figure I-3 : Atelier de forage battage	08
Figure I-4 : Forage Marteau Fond de Trou.	09
Figure I-5 La technique de forage Rotary.....	11
Figure I-6 : Le mât de forage.....	12
Figure I-7 : Table de rotation.....	13
Figure I-8 : La Tête d'injection	13
Figure I-9 : Le treuil de forage	14
Figure I-10 : Le Câble de forage.....	14
Figure I-11 : Le moufle mobile et crochet.....	15
Figure I-12 : Le moufle fixe et mobile.....	15
Figure I-13 : La tige d'entraînement.....	16
Figure I-14 : La pompe boue.....	16
Figure I-15 : Le tope driver.....	17
Figure I-16 : Les tiges de forage (DP).....	17
Figure I-17 : Les masse-tiges(DC).....	18
Figure I-18 : L'outil de forage.....	19
Figure I-19 : La balance à boue API	20
Figure I-20 : Viscosimètre Marsh (Marsh funnel)	21
Figure I-21 : Paper pH	21
Figure I-22 : Exemple sur le cycle du fluide sur le site de forage.....	22
Figure II.23 : Localisation de forage de Sidi Slimane par Google Earth.....	24
Figure II.24 : Bassine de boue.....	28
Figure II.25 : Pompe boue.....	28
Figure II.26 :La bentonite.....	29

Figure II-27 : Le sabot de forage.....	29
Figure III-28 : Mise en place tubage.....	33
Figure III-29 : La phase de la colonne de la production API 13"3/8.....	36
Figure III-30 : 3ème opération de la reconnaissance en Ø 12"1/4.....	40
Figure – IV.31 : Étape01 Ouverture du logiciel.....	45
Figure – IV.32 : Étape02 création d'un projet.....	45
Figure – IV.33 : Les données Identification de l'ouvrage.....	46
Figure – IV.34 : Les données Localisation.....	46
Figure – IV.35 : Les données Travaux.....	46
Figure – IV.36: les données hydrogéologiques.....	47
Figure – IV.37 : Les données Ouvrages.....	47
Figure – IV.38: Les données Tronçons.....	48
Figure – IV.39 : Les données Lithologie.....	48
Figure – IV.40 : Les données Forage.....	49
Figure – IV.41 : Les données tubage.....	49
Figure – IV.42 : Les données Remplissage.....	49
Figure – IV.43 : La représentation graphique du forage.....	51
Figure – IV.44 : Les données Pompages.....	52
Figure – IV.45 : Diagraphies.....	52
Figure – IV.46 : courbes graphiques.....	53
Figure – IV.47 : Sauvegarde du projet.....	54
Figure – IV.58 : Sauvegarde du projet.....	54
Figure – IV.59 : Sauvegarde du projet.....	54

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Les coordonnées géographiques.....	25
Tableau II.2 : Les coordonnées planes (UTM).....	25
Tableau II-3 : Les outils.....	30
Tableau. II.4 : Les mass tige.....	30
Tableau. II.5 : Les tiges.....	30
Tableau III-6 : Conversion d'unités.....	34
Tableau III-7 : Résultats de cimentation (tube guide).....	36
Tableau III-8 : Conversion d'unités.....	37
Tableau III-9 : Résultats de cimentation (colonne de production).....	39
Tableau III-10 : Résultat decolonne de production	41
Tableau III-11 : Les phases.....	41
Tableau III-12 : Composants et profondeurs.....	42

Liste des Abréviations et Symboles

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

API: American Petroleum Institute

DTM: Drilling Tools Management

H : hauteur à cimenter dans l'espace annulaire.

h₀: hauteur de sécurité

HTS : Haute Teneur en Soufre.

K1 : coefficient dépendant de la nature du terrain

V_e: volume d'eau

V_g: volume gravie

V_L: Volume de laitier de ciment

ω: rapport eau/ciment.

q_c: Quantité de ciment pour un 1 m³ de laitier.

γ_c: densité de ciment

Q_c: Quantité totale de ciment.

V_e: volume d'eau de gâchage.

m³ : Mètre cube .

OBM (OilBasedMud): boue à base d'huile;

Introduction Générale

Introduction Générale

L'eau constitue l'une des ressources naturelles les plus essentielles à la pérennité de la vie et au développement économique et social. Elle intervient dans la plupart des activités humaines, notamment l'agriculture, l'industrie et l'approvisionnement en eau potable. Par ailleurs, les eaux souterraines constituent une composante fondamentale des ressources hydriques mondiales, en particulier dans les régions arides et semi-arides, où l'insuffisance des ressources en eaux superficielles est marquée. Dans ce contexte, l'exploitation des eaux souterraines par le biais du forage des puits agricoles hydrauliques s'impose comme une solution stratégique pour répondre aux besoins croissants en eau et assurer une gestion durable des ressources hydriques [1]. Le forage de puits agricoles est un élément essentiel de la gestion des ressources en eau, contribuant de manière significative à répondre aux besoins des communautés locales, ainsi qu'aux secteurs industriels et agricoles. Ce processus nécessite des études précises et un suivi continu pour garantir l'atteinte des objectifs visés, de manière efficace et durable. On dit que les Chinois ont d'abord foré des puits profonds il y a 3 000 ans, en utilisant des dispositifs à tige en bambou ou à corde, ainsi que des poteaux à ressort actionnés à la main. Certains écrits anciens font d'ailleurs référence au forage à outil à câble comme étant la méthode « chinoise » [3]. Les Arabes, depuis plusieurs siècles, ont creusé des puits à la main atteignant des profondeurs de plusieurs centaines de mètres, et continuent de pratiquer cette compétence traditionnelle dans les régions reculées du sud de l'Arabie, ce qui reflète la profondeur de leur connaissance des ressources en eau et de leur durabilité [3].

La réalisation d'un forage d'eau nécessite une étude géologique et hydrogéologique précise de la zone à exploiter, afin d'identifier la nature des formations géologiques et des systèmes aquifères présents. Ces études permettent également de choisir la méthode de forage la plus adaptée, de définir la profondeur du puits ainsi que le type de tubage et les équipements nécessaires, ce qui contribue à améliorer le rendement du forage et à assurer la durabilité de l'exploitation des eaux souterraines.

Cette étude vise à suivre les différentes étapes de réalisation d'un forage d'eau dans la région de Sidi Slimane, en mettant l'accent sur les techniques de forage utilisées ainsi que sur les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques de la zone. Elle porte également sur l'utilisation du logiciel GESFOR pour l'élaboration de la fiche technique du forage. Par ailleurs, cette recherche cherche à souligner l'importance d'un suivi technique rigoureux des opérations de forage, ainsi que

son rôle dans l'amélioration de l'exploitation des ressources en eaux souterraines et la garantie de leur durabilité.

Le travail est structuré en deux parties principales : une **partie théorique** et une **partie pratique**, chacune composée de plusieurs chapitres abordant des thèmes complémentaires et interconnectés.

- **Chapitre I** : chapitre traite des aspects théoriques liés au forage, en présentant la définition du forage et l'évolution de son histoire, ainsi qu'en exposant les principales techniques et équipements de forage. Il met également l'accent sur les différents types de forage, ainsi que sur les propriétés des fluides de forage et leur rôle dans le processus.
- **Chapitre II** : chapitre se concentre sur l'étude de la zone de recherche, à travers la localisation du site de forage à Sidi Slimane, ainsi que l'analyse des conditions climatiques, géologiques et hydrogéologiques de la région. Il aborde également l'organisation du chantier de forage et les équipements utilisés sur le site.
- **Chapitre III** : chapitre traite des aspects pratiques liés à la réalisation d'un forage d'eau, en décrivant de manière détaillée les différentes étapes du forage, étape par étape, depuis la préparation du site jusqu'aux opérations de cimentation, de tubage et de gravillonnage. Il comprend également une analyse géologique du forage réalisé.
- **Chapitre IV** : chapitre est consacré à l'étude de l'utilisation du logiciel GESFOR, développé par le BRGM, qui est utilisé pour la préparation et la gestion des dossiers techniques des forages. Il permet la saisie des données, la création des interfaces stratigraphiques, ainsi que l'élaboration du rapport technique final du forage.

Chapitre I :

Généralités sur le forage

I. Introduction

Le forage est considéré comme l'une des techniques les plus importantes pour l'exploration et l'exploitation des ressources du sous-sol, telles que les eaux souterraines, le pétrole et le gaz. Les méthodes de forage varient selon la nature du terrain et les objectifs du projet. Ainsi, plusieurs techniques sont utilisées, notamment le forage rotary et le forage par percussion, tout en s'appuyant sur des équipements spécialisés qui garantissent l'efficacité et la sécurité des opérations. Les équipements de forage jouent un rôle essentiel dans la réalisation du forage. Ils comprennent principalement l'appareil de forage, les tiges de forage et les trépan, qui permettent de pénétrer les différentes formations géologiques. Par ailleurs, le fluide de forage constitue un élément indispensable du processus : il assure le refroidissement et la lubrification de l'outil, le transport des déblais vers la surface, la stabilisation des parois du puits ainsi que le contrôle des pressions, ce qui garantit le bon déroulement et la continuité des opérations de forage.

I.1. Historique de forage:

Le premier forage d'un puits pétrolier dans l'histoire moderne a été réalisé le 27 août 1859 par l'Américain E. L. Drake dans la ville de Titusville, en Pennsylvanie, aux États-Unis. Cet événement constitue un tournant majeur dans l'histoire de l'industrie pétrolière, car il a ouvert la voie au développement des techniques modernes de forage et à l'exploitation des ressources pétrolières à grande échelle.

Lucas a démontré l'efficacité de la technique de forage rotary au niveau mondial grâce à la découverte du champ de Spindletop au Texas, découverte qui a eu un impact considérable sur l'industrie pétrolière. Depuis la fin des années 1930, le développement des techniques de forage optimisées a connu une progression notable.

entre 1947 et 1957 les recherches se sont concentrées sur les tests des matériaux de base utilisés dans les fluides de forage, en mettant l'accent sur la relation entre les propriétés de ces fluides et les problèmes de stabilité des puits ainsi que l'efficacité du nettoyage des trous.

La choix des fluides de forage constitue un facteur déterminant pour le succès d'une opération de forage. En raison de leur composition complexe, ces fluides sont communément appelés « Boues de forage » et jouent un rôle essentiel dans la garantie de la stabilité du puits et l'efficacité globale de l'opération de forage. [4]

I.2. Définition d'un forage

Le forage est l'opération consistant à réaliser un trou cylindrique dans le sol ou la roche à l'aide d'équipements et de techniques spécifiques, dans le but d'accéder aux ressources souterraines telles que l'eau, le pétrole ou le gaz.

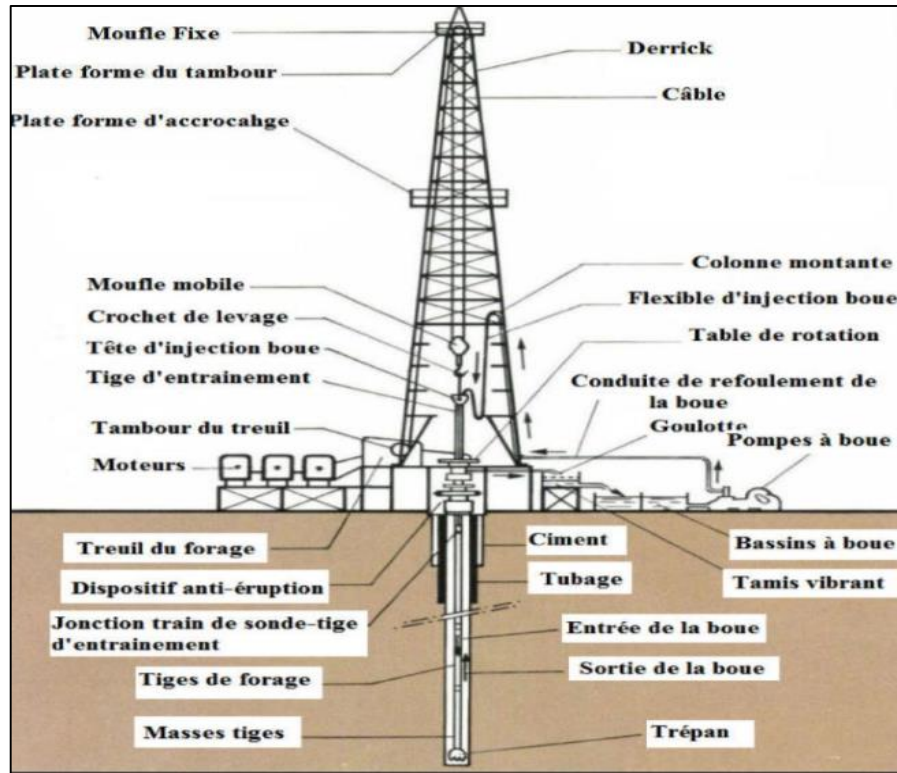


Figure I-1 : Forage rotary

I.3. Techniques et équipements de forage :

Les techniques et équipements de forage jouent un rôle essentiel dans la réussite des opérations de forage, que ce soit pour l'eau, le pétrole ou le gaz. Permettent d'assurer la progression du forage, la stabilité du puits et la sécurité des opérations.

I.3.1. Méthodes de forage

Le forage peut être réalisé selon différentes méthodes adaptées aux caractéristiques du sol, de la roche et au type de ressources visées parmi la méthode.

I.3.1.1 Forage de battage

C'est la technique la plus ancienne, la plus simple et la plus utilisée dans le monde.

Il consiste à briser la roche en laissant régulièrement tomber un outil (le trépan).

Ce procédé ancien est utilisé dans des formations dures, un tubage de travail est utilisé pour protéger les parois du terrain parmi le forage de battage il existe plusieurs tel que. [6]

- Le procédé Pennsylvanie (Battage à câble).
- Le procédé Canadien (Battage à tige).
- Le procédé de Raky (appelé battage rapide).

I.3.1.1.1 Principe forage battage

Le forage est réalisé à l'aide d'un câble muni à sa base d'un outil appelé trépan, qui peut être à lame unique, à double lame, ou en forme de croix, avec un diamètre variant de 300 à 1200 mm. Cet outil est suffisamment lourd (de 400 kg à 3 tonnes) pour assurer une extension optimale du câble et minimiser autant que possible les déviations du trou. [6]

L'avancement de l'outil est assuré par des mouvements de battage transmis via le câble. Cette technique de forage nécessite l'injection d'eau dès le début du percement jusqu'à la rencontre de la première source d'eau, afin de refroidir l'outil et de faciliter son passage à travers les différentes formations géologiques. [6]

Cette méthode de forage ne peut pas pénétrer des roches très dures telles que les basaltes et ne peut pas dépasser une mètres de profondeur.

Le même principe de battage au câble a été conservé, alors que le matériel a été amélioré pour qu'il puisse pénétrer les roches dures et perforer vite et beaucoup plus profondément. Cette amélioration consiste à l'équipement d'un camion muni d'un levier par un treuil à câble et par un moteur pour soulever le trépan. Ce dernier est levé à une hauteur et avec une fréquence qui dépend de la roche. Ce dernier est levé à une hauteur et avec une fréquence qui dépend de la roche. Les déblais doivent ensuite être récupérés avec une curette. Selon la nature du terrain, il est presque toujours nécessaire d'utiliser un tubage de travail, en acier, pour protéger les parois du terrain. [6]

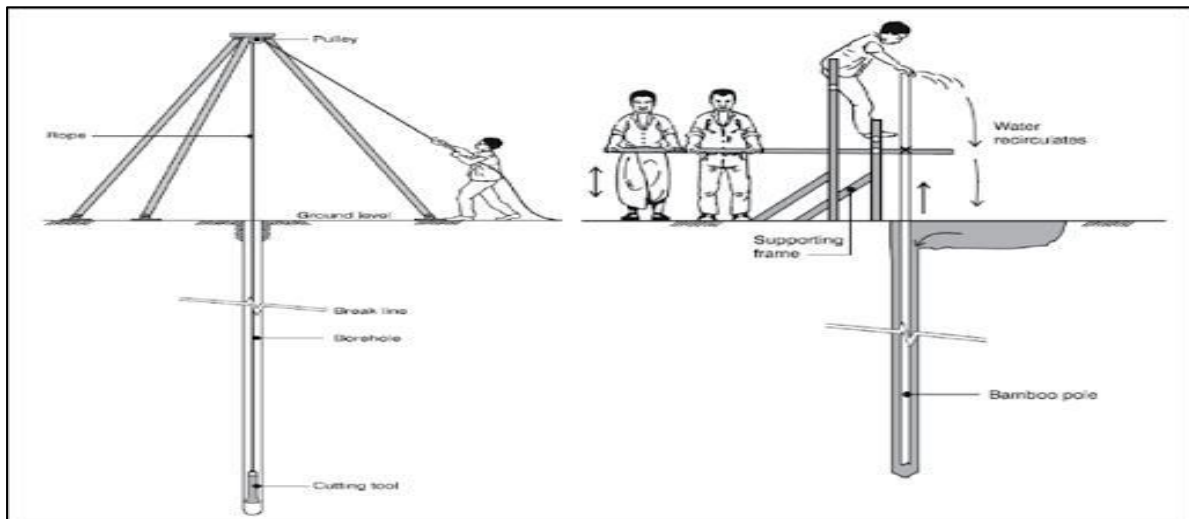


Figure I-2 : Principe de forage battage. [6]

I.3.1.1.2 Avantage de forage battage

- Investissement moins important.
- Énergie dépensée faible.
- Facilité de mise en œuvre.
- Pas de boue de forage, nécessite moins d'eau.
- Récupération aisée d'échantillons. [6]

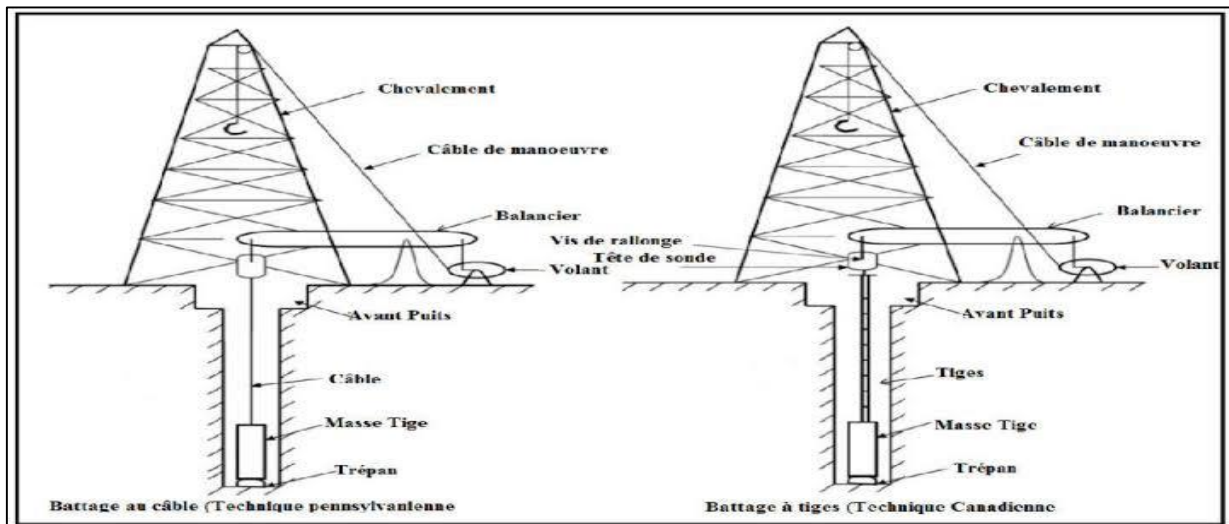


Figure I-3 : Atelier de forage battage. [6].

I.3.1.1.3 Inconvenient forage a battage

- Vitesse d'avancement faible, quelques mètres par jour.
- Usure rapide des lames de trépan.
- Perte de diamètre et déviations importante dans les passages fracturés.
- Méthode peu adaptée dans les terrains plastiques ou bouillants.

- Faible profondeur d'investigation maximum 200 m.
- Pas de possibilité de faire des carottages. [6]

I.3.1.2 Forage marteau fond de trou (MFT)

Appelé aussi forage percussion cette technique permet de traverser des terrains durs comme le rocher (granites) ou sédimentaires consolidées (grès, calcaires). Un taillant à boutons en carbure de tungstène (deux fois plus résistant que l'acier) fixé directement sur un marteau pneumatique, est mis en rotation et percussion pour casser et broyer la roche du terrain foré. Le marteau fonctionne comme un marteau piqueur, à l'air comprimé qui est délivré par un compresseur en plus de la machine de forage. Le flux d'air permet de remonter les cutting du terrain. On distingue deux phases, la percussion et le soufflage. [5]

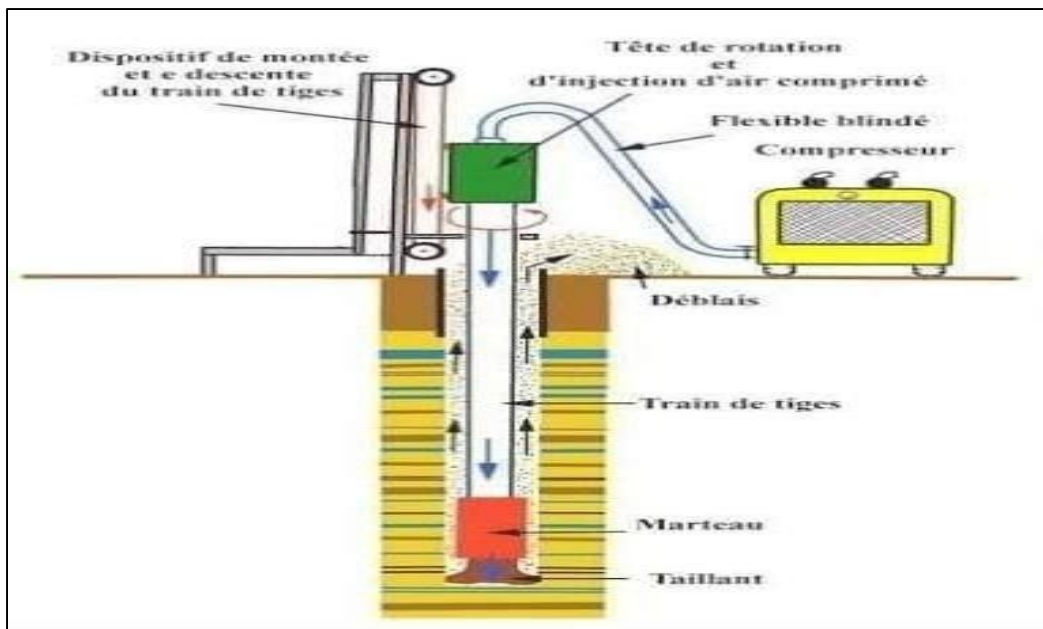


Figure I-4 : Forage Marteau Fond de Trou.

I.3.1.2.1 Principe

L'air comprimé sert au fonctionnement du piston du marteau qui frappe sur le taillant en appui sur la roche, l'air s'échappe ensuite dans l'espace annulaire entraînant les cuttings. [5]

I.3.1.2.2 Avantage Forage Marteau Fond de Trou

- Adapt aux terrains durs.
- Mise en œuvre facile.
- Vitesse de perforation deux fois plus élevée que les autres techniques.
- Permet de détecter la présence d'un aquifère lors de forage. [5]

I.3.1.2.3 Inconvenient

- En cas de nappe captive, la pression de l'eau contrebalance la pression d'air, ce qui rend l'avancement de l'outil très faible voire nul.
- Perte de l'air dans les terrains fissurés (zones karstiques).
- Dans les formations meubles (sables, alluvions...) cette méthode est limitée par l'effondrement. [5]
- Atelier de forage très coûteux (230 à 240 Millions).

I.3.1.3 Forage Rotary

Cette technique de forage est principalement utilisée dans les terrains sédimentaires, y compris les formations relativement dures. Elle repose sur le principe de l'abrasion et du broyage des roches ou des sols à l'aide d'un outil de forage, sans recours aux chocs, ce qui permet la désagrégation progressive des formations géologiques au cours de l'opération de forage. [5]

I.3.1.3.1 Principe du forage Rotary

Forage rotary est une technique relativement récente, dont les premières applications remontent aux années 1920. Elle est particulièrement utilisée dans les terrains sédimentaires non consolidés pour les machines légères. Cependant, les machines rotary puissantes peuvent également opérer dans les terrains durs, notamment dans le forage pétrolier. [5].

Un outil appelé trilame (tricône) est mis en rotation depuis la surface à l'aide d'un train de tiges. L'avancement de l'outil s'effectue par abrasion et broyage du terrain, sans choc, combinant rotation et translation. Le mouvement de translation est principalement assuré par le poids des tiges situées au-dessus de l'outil. [5].

Un fluide visqueux appelé boue de forage permet de remonter les cuttings à la surface.

La boue est injectée à l'intérieur des tiges via une tête d'injection et une pompe à boue, puis elle remonte dans l'espace annulaire en mouvement ascensionnel, en circuit fermé et continu. La boue tapisse les parois non tubées, les maintenant temporairement jusqu'à la pose du tubage. [5].

Accroissement du volume de boue peut indiquer la présence d'un fluide souterrain (eau, pétrole, gaz), tandis qu'une perte de volume signale une zone fissurée ou dépressionnaire (vide). Le forage en perte de circulation peut être dangereux pour la ligne de sonde et l'ouvrage. De plus, le dépôt de boue sur les parois d'une formation aquifère de faible pression peut gêner sa détection. [5].

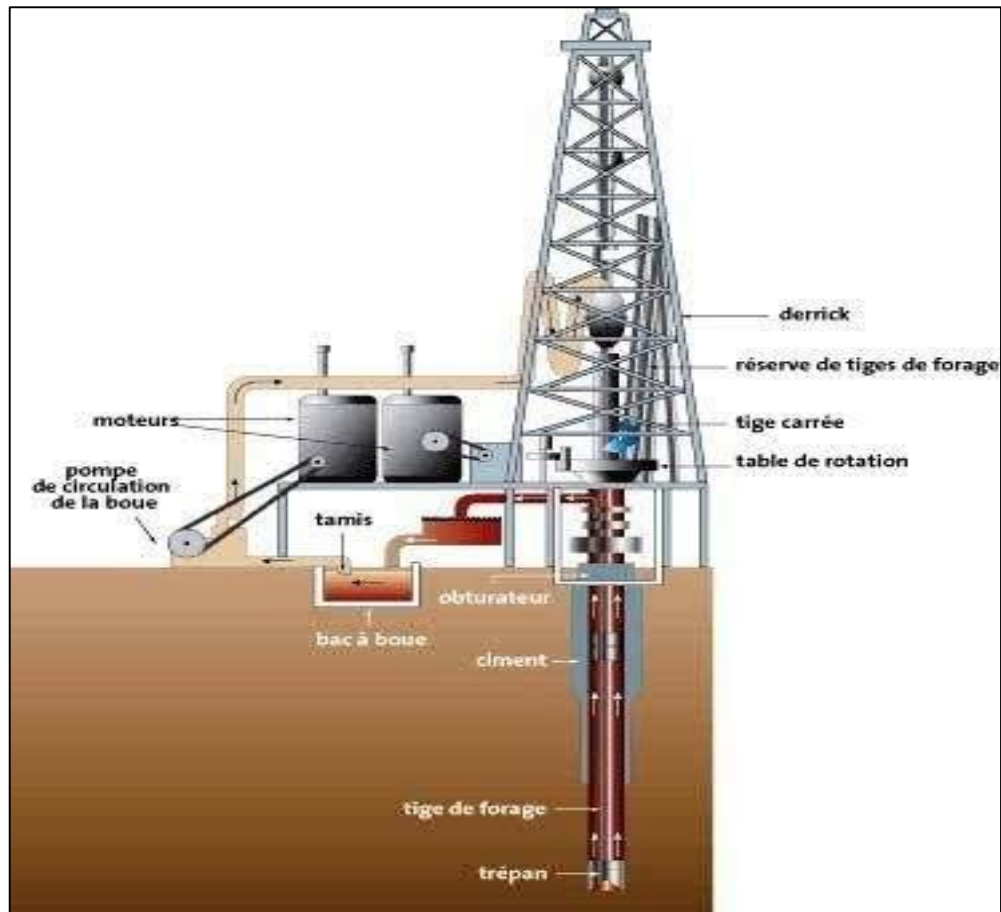


Figure I-5 La technique de forage Rotary.

I.3.1.3.2 Avantages du forage Rotary

- La perméabilité de la formation autour du trou reste peu affectée par le fluide de forage.
- Les forages de grands diamètres sont réalisés rapidement et de manière économique.
- un tubage n'est nécessaire durant le forage.
- De bons rendements sont observés dans les terrains souples.
- La consommation d'énergie est économique. [5]

I.3.1.3.3 Inconvénients du forage Rotary

- Une grande quantité d'eau est requise.
- Un investissement important en matériel est nécessaire.
- Seules les zones accessibles peuvent être forées avec cet équipement lourd.
- Un fluide de forage est indispensable, ce qui empêche l'observation directe de la qualité des eaux des formations traversées. [5]

I.3.2 Les équipements de forage rotary

Forage rotary se découpe en deux grands ensembles : l'installation et la garniture de forage. Les différents constituants d'un processus de forage. Nous avons plusieurs équipements.

I.3.2.1 Les équipements de Surface (Surface Equipment)

Se compose principalement de:

I.3.2.1.1 Le mât de forage

Le mât de forage est une structure en forme très pointu. Il a la particularité d'être articulé à sa base ce qui lui permet d'être assemblé ou démonté horizontalement puis relevé en position verticale en utilisant le treuil de forage et un câble de relevage spécial. Dans notre cas il est de 10m de hauteur et de type léger. [7]



Figure I-6 : Le mât de forage

I.3.2.1.2 La table de Rotation

Les tables de rotations sont destinées à l'entraînement d'une colonne de forage suspendue verticalement ou bien à la réception du couple moteur à réaction de la colonne. Créée par le moteur d'attaque. [7]

Une table de rotation se compose d'un bâti fixe supportant une partie mobile intérieure reposant sur la partie fixe par l'intermédiaire d'un roulement principal à billes.



Figure I-7 : Table de rotation

I.3.2.1.3 La tête d'injection

La tête d'injection représente un mécanisme qui relie le moufle à la partie qui tourne au cours du forage donc elle appartient autant à l'outillage de circulation de boue qu'à l'outillage de rotation, en effet la tête d'injection joue un double rôle :

- Permet la circulation de la boue jusqu'au trépan, animé d'un mouvement de rotation.
- Supporte le poids de la garniture pendant le forage
- La tête d'injection sert de relais entre l'outil de forage, elle possède un raccord pour le flexible d'injection de ciment. [7]



Figure I-8 : La Tête d'injection

I.3.2.1.4 Le treuil de forage

C'est le cœur de l'appareil de forage, donc c'est la capacité du treuil qui caractérise un

appareil de forage et indique la classe des profondeurs de forages que l'on pourra effectuer.



Figure I-9 : Le treuil de forage

I.3.2.1.5 Le câble

Les câbles utilisés sur l'installation de sondage sont des câbles en acier 18mm mais dont L'âme peut être en chanvre. Autour de l'âme sont enroulés des torons. Chacun de ces torons étant composés d'un certain nombre de fils d'acier. [7]

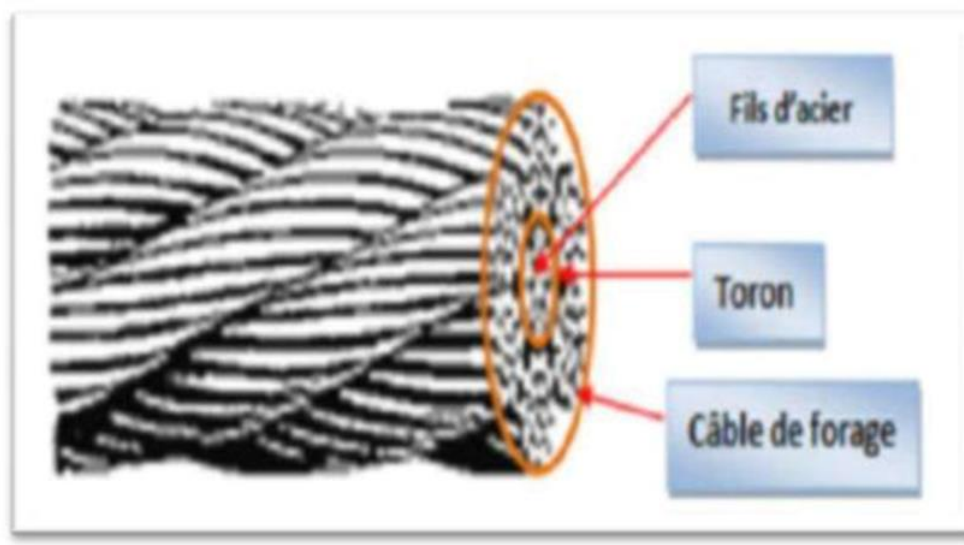


Figure I-10 :Le Câble de forage

I.3.2.1.6. Le mou flage

Le mouflage est l'ensemble des différentes boucles de câble de forage intercalées entre le treuil et le point fixe et reliant les moufles fixe et mobile. [7]

I.3.2.1.6.1 Le moufle mobile et Crochet

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

correspondant dont une poulie de moufle fixe est attachée au treille. [7]



Figure I-11 : Le moufle mobile et crochet. [7]

I.3.2.1.6.2 Le moufle Fixe

Le moufle fixe a des poulies alignées sur le même axe. Cet axe est supporté à cette extrémité par deux paliers montés sur des poutrelles fixées au sommet du mât. L'axe du moufle fixe est perforé pour permettre le graissage des différents roulements des poulies. [7]

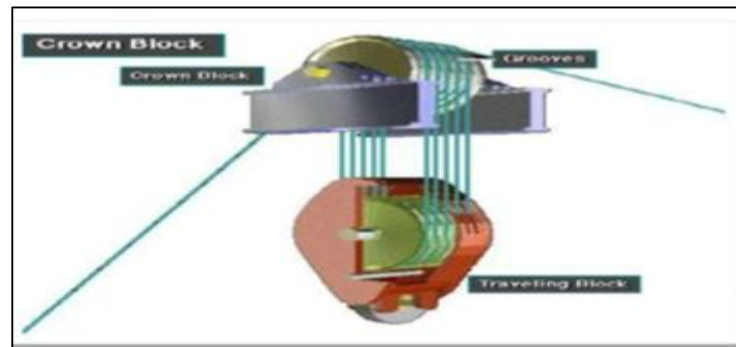


Figure I-12 : Le moufle fixe et mobile. [9]

I.3.2.1.7 La tige d'entraînement

Il s'agit de l'élément qui assure la transmission du mouvement de rotation à la garniture de forage. Il assure également la liaison entre la garniture de forage et la tête d'injection, tout en transmettant le mouvement de rotation de la table à la garniture de forage par l'intermédiaire du carré d'entraînement. [7]



Figure I-13 : La tige d'entraînement

I.3.2.1.8 La pompe à boue

Le rôle des pompes à boue est d'assurer l'aspiration de la boue de forage par la conduite d'aspiration, puis leur refouler dans la colonne de refoulement à travers un clapet de refoulement. [7]



Figure I-14 : La pompe boue. [7]

I.3.2.1.8 Le top drive

Le top drive est une tête d'injection motorisée qui, en plus de l'injection, assure la rotation de garniture de forage. Ainsi, on n'a besoin ni de la tige d'entraînement ni de la table de rotation pour faire tourner la garniture, c'est le top drive qui s'en charge. En plus, pendant le forage, au lieu de faire les ajouts simple par simple, on peut les faire longueur par longueur .[7]



Figure I-15 : Le tope drive. [7]

I.3.2.2 équipements de fond

Il s'agit de l'ensemble des équipements et outils placés au fond du puits lors des opérations de forage, comprenant le trépan (bit), les systèmes de mesure et de contrôle nécessaires pour assurer la précision du forage et la sécurité. [7]

I.3.2.2.1 Les tiges de forage (DP)

C'est un ensemble de tiges d'acier légères d'environ 10 m es plus de longueur, d'un diamètre de rotation à extérieur pouvant aller de 9 à 15 cm et d'une épaisseur de 1 cm. assurent la transmission partir de la table jusqu'à l'outil et permettent aussi la canalisation du fluide de forage jusqu'à ce dernier. [7]



Figure I-16 : Les tiges de forage (DP). [7]

I.3.2.2.2 Les masse tiges (DC)

Ce sont des tubes de fortes sections permettant d'exercer du poids sur le trépan. Les masses tiges sont sollicitées en compression et en torsion. Les diamètres de ces tiges de 6 à 8 cm pour le diamètre intérieur et de 10 à 25 cm pour le diamètre extérieur pour une épaisseur de 6 à 16 cm, ce qui leur confère une bonne rigidité en torsion et en compression [7]



Figure I-17 : Les masse-tiges(DC)

I.3.2.2.3 La garniture de forage

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

- Entraîner l'outil en rotation.
 - Appliquer un certain effort sur l'outil.
 - Apporter l'énergie hydraulique nécessaire à l'évacuation des déblais (canaliser la boue de Forage).
- [7]
-

I.3.2.2.4 L'outil de forage

Est l'outil qui permet de forer les roches en les broyant, permettant ainsi au forage de progresser en profondeur. Il est composé de trois parties solidaires, munies de dents ou abrasives en acier spécial très dur, ce qui permet de poursuivre le forage en profondeur. Il est composé de trois parties solidaires, équipées de dents ou de pastilles abrasives en acier spécial très dur. Sous l'effet de la compression, la dent pénètre dans la roche et l'éclate. En tournant sur elle-même sous l'effet de la rotation, la molette ripe la roche et arrache le copeau. L'effet d'éclatement et de ripage sont complémentaires et varient en fonction du terrain, le ripage dans le cas d'un terrain tendre est plus important que dans un terrain dur, tandis que l'éclatement dans un terrain dur est plus grand que dans un terrain tendre. [7]



Figure I-18 : L'outil de forage

I.4 Les fluides de forage

Le fluide de forage est connu comme le fluide qui aide l'équipement à forer des puits et a été utilisé à cette fin pendant une longue période.

Le fluide de forage est la clé du succès de forage d'eau, du pétrole et du gaz, de sorte que la qualité et les propriétés du fluide de forage doivent être assorties pour obtenir les meilleures performances, de sorte que les progrès et l'efficacité des opérations de forage dépendent en grande partie de l'utilisation du fluide de forage approprié pour le et les couches qui ont déterrés.

La fluide de forage est appelé tout liquide dans le forage par rotation et est pompé par ses propres pompes et de forage au fond du puits, les fluides de forage comprennent les gaz, le pétrole et les liquides. C'est parfois ce qu'on appelle la boue de forage. [8]

I.4.1 Types de fluide de forage

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

1. **Air** : terrain de bonne tenue homogène, terrains secs ou faiblement aquifères, particulièrement recommandé dans les zones à perte non aquifères. Dans les zones légèrement aquifères on utilise parfois des agents déshydratants ou des agents moussants. [9]
2. **Eau** : terrains consolidés, formations argileuses ou zones à pertes. L'utilisation d'eau salée peut dépendre des conditions d'approvisionnement. [9]
3. **Boue ou bien suspension colloïdales (généralement benthonique)** : terrains hétérogènes et non consolidés et hautement perméables. [9]
4. **La boue de forage à base d'huile (WBO)** : est un fluide de forage utilisant l'huile comme phase continue, employé dans le forage des puits de pétrole et de gaz. Elle se distingue par son efficacité à lubrifier et refroidir les équipements de forage, à contrôler la pression des formations

géologiques et à réduire les réactions avec les roches, ce qui la rend idéale pour les couches complexes et instables. [9]

I.4.2 Fonctions des fluides de forage

1. Nettoyage du puits.
2. Maintien des déblais (cuttings) en suspension.
3. Sédimentation des déblais fins en surface.
4. Refroidissement et lubrification de l'outil et du train de sonde.
5. Prévention du cavage et des resserrements des parois du puits.
6. Dépôt d'un cake imperméable.
7. Prévention des venues des fluides.
8. Augmentation de la vitesse d'avancement. [9]

I.4.3 Propriétés des fluides de forage :

Fluides de forage possèdent plusieurs propriétés essentielles qui influencent leur efficacité et leur performance dans les opérations de forage. [9]

I.4.3.1 La densité

La densité est un paramètre important des boues de forage. Elle doit être suffisamment élevée pour que la pression hydrostatique exercée par la boue sur la formation empêche les Venues d'eau, d'huile et de gaz et par conséquent les éruptions. Il ne faut pas également qu'elle dépasse la limite de résistance des couches pour ne pas les fracturer et causer des pertes en cours de circulation. [9]



Figure I-19 : La balance à boue API

I.4.3.2 La viscosité

C'est la résistance exercée par le fluide lors de déplacement d'une couche de fluide par rapport à une autre, et plus cette résistance est grande plus le fluide est visqueux, et la valeur de cette viscosité dépende de la pression des pompes à boue et la capacité de cette dernière à transporter les particules écrasées. [9]

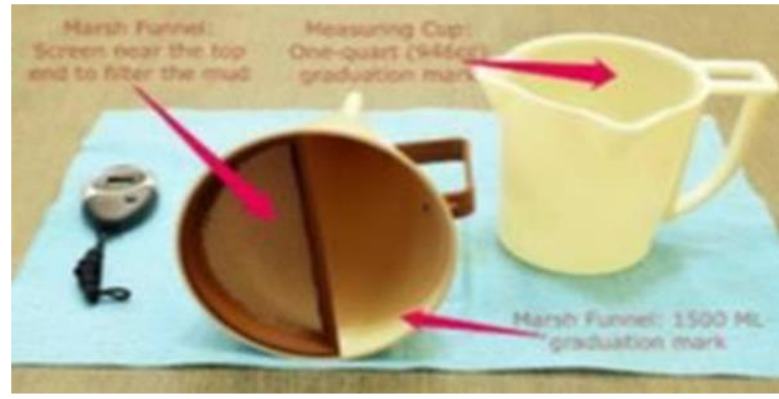


Figure I-20 : Viscosimètre Marsh (Marsh funnel)

I.4.3.3 pH

Montre le degré d'acidité et de l'alcalinité des fluides naturellement ils ont un pH variant entre 7 à 8, par contre les fluides traités ont un pH qui varie entre 8 à 13 une boue normale dont le pH est supérieur à 11 implique sa contamination par le Cimon ou par le fluide contenu dans les différentes formations. [9]



Figure I-21 : Paper pH

I.4.4 Circuit de fluide de forage

La circulation des fluides dans le forage se fait de deux manières : la circulation normale et la circulation inverse. Dans la circulation normale, le fluide est pompé depuis la pompe à boue, circulant de haut en bas et sortant au fond du forage via les trous du trépan, où il se mélange avec les cuttings. Ce mélange remonte ensuite dans l'espace annulaire pour rejoindre la fosse à boue, où il subit échantillonnage, analyse, traitement, ajustement et décantation, avant d'être aspiré à nouveau par la pompe. En revanche, dans la circulation inverse.[10].

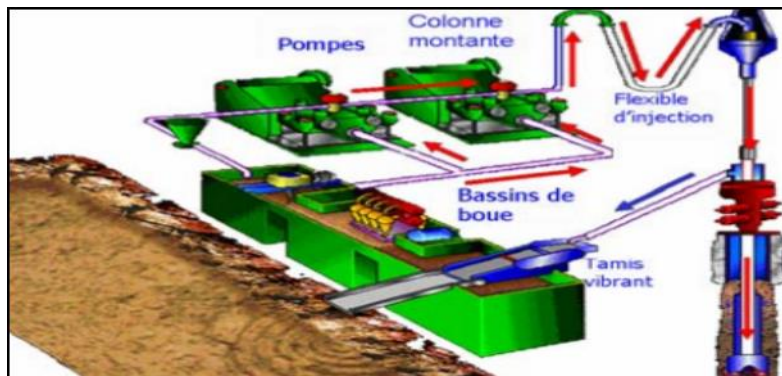


Figure I-22 : Exemple sur le cycle du fluide sur le site de forage [10].

I.5 Conclusion

Le forage constitue l'une des opérations fondamentales pour l'exploitation des ressources du sous-sol. Son succès repose sur le choix approprié des techniques et des équipements. Par ailleurs, le fluide de forage joue un rôle essentiel dans la sécurité et l'efficacité des opérations, contribuant ainsi à l'obtention de résultats fiables et performants.

Chapitre II :
Généralités sur la zone
D'étude

II. Introduction

L'étude de la zone de forage nécessite une connaissance approfondie des caractéristiques naturelles de la région étudiée, constituant une étape essentielle pour comprendre les conditions entourant la réalisation d'un forage d'eau et garantir sa réussite sur les plans technique et hydrogéologique. En effet, les facteurs géographiques, climatiques et géologiques jouent un rôle déterminant dans la définition des propriétés des aquifères, notamment en termes d'extension, de perméabilité et de qualité des eaux souterraines. Ce chapitre a pour objectif de présenter une vue d'ensemble de la zone d'étude, à travers la détermination de sa localisation géographique et de ses caractéristiques climatiques, ainsi qu'une analyse du contexte géologique et hydrogéologique régissant la distribution et le stockage des eaux souterraines. Il aborde également les principaux systèmes aquifères présents dans la région, en particulier ceux constituant la cible principale des opérations de forage.

II.1 Localisation du forage Sidi Slimane

Le forage est implanté dans la partie de l'agglomération urbaine de la ville de Sidi Slimane, à proximité des zones agricoles qui dépendent fortement des ressources en eaux souterraines. ce forage constitue une infrastructure importante, contribuant au renforcement du réseau d'alimentation en eau et à la satisfaction des besoins des agriculteurs.



Figure II.23 : Localisation forage de Sidi Slimane par Google Earth

Les coordonnées géographiques :

X	Y	Z
6° 05' 22.60" E	33° 17' 28.12"N	57 m

Tableau II.1 : Les coordonnées géographiques

Les coordonnées planes (UTM):

X	Y
0228974E	3687349 N

Tableau II.2 : Les coordonnées planes (UTM)

II.2 Contexte climatique de la région Sidi Slimane

Elle est située dans la zone saharienne du sud-est algérien, où règne un climat désertique continental aride, caractérisé par des températures élevées, une faible pluviométrie ainsi qu'une évaporation intense.

II.2.1 Températures

La région se caractérise par des températures très élevées en période estivale, pouvant dépasser 45°C, notamment durant les mois de juillet et août. En hiver, les températures diminuent et varient généralement entre 5°C et 20°C, avec une fraîcheur notable durant la nuit. [11]

II.2.2 Précipitations

Les précipitations sont très faibles et irrégulières. Le cumul annuel ne dépasse généralement pas 50 à 100 mm. Elles se présentent le plus souvent sous forme d'averses brèves et soudaines, ce qui limite fortement la recharge des eaux souterraines. [11]

II.2.3 Évaporations

L'évaporation est très élevée, dépassant largement les quantités de précipitations enregistrées. Cette situation entraîne une perte rapide des eaux de surface et contribue à l'accentuation du déficit hydrique dans la région. [11]

II.3 Context géologique & hydrogéologique:

II.3.1 Geologies:

Régio de Sidi Slimane, située au sein du bassin de l'Oued Righi (partie orientale du Sahara algérien), se caractérise par une structure géologique sédimentaire relativement simple, résultant d'anciennes accumulations sédimentaires appartenant à différentes ères géologiques. [11]

II.3.1.1 La structure géologique de la région Sidi Slimane

Principalement constituée d'une succession de couches sédimentaires horizontales à subhorizontales, traduisant une relative stabilité tectonique du bassin saharien. Ces formations comprennent :

- de dépôts sableux et graveleux, présentant une forte perméabilité à certains niveaux.
- de couches argileuses et marneuses jouant le rôle de barrières hydrauliques (couches imperméables).
- de formations carbonatées (calcaires et dolomitiques) en profondeur.
- de intercalations de gypse et de sels dans certaines zones, résultant des conditions continentales arides. [11]

II.3.2 Hydrogéologi

La région, située dans le bassin saharien oriental algérien (bassin de l'Oued Righ), constitue une zone disposant d'importantes ressources en eaux souterraines. Elle repose principalement sur des aquifères profonds et semi-profonds, en raison de la rareté des eaux de surface et de l'intensité élevée de l'évaporation, elle se caractérise par la présence d'un système aquifère multicouche [11]

II.3.2.1 nappe phréatique

Cette nappe phréatique se situe à de faibles profondeurs, de la surface du sol, et est principalement constituée de dépôts sableux et argileux récents. Elle est généralement peu adaptée à une exploitation agricole intensive, en raison de son faible débit, de la forte variabilité de son niveau piézométrique, ainsi que de la salinité élevée résultant de l'intense évaporation dans les régions sahariennes. [11]

II.3.2.2 Nappe captive

Contenue dans des couches sableuses ou graveleuses confinées entre des formations argileuses ou marneuses, ce qui engendre une pression hydraulique modérée à relativement élevée. Cette nappe se caractérise par une meilleure stabilité du niveau d'eau par rapport aux nappes superficielles, ainsi que par une qualité d'eau variable en fonction de la profondeur et de la géologie région, cette structure géologique assure une protection relative contre la pollution de surface, ce qui la rend plus adaptée à l'exploitation des forages agricoles. [11]

II.3.2.3 Le système aquifère du Complexe Terminal

C'est un réservoir aquifère souterrain situé dans les bassins sédimentaires sahariens. Il est constitué d'un ensemble de couches sableuses et graveleuses à forte perméabilité, permettant le stockage et le transport des eaux souterraines. Ce système se situe à des profondeurs intermédiaires et constitue l'une des principales ressources en eau exploitées pour l'agriculture et l'irrigation dans les

régions sahariennes, généralement comprises entre environ 80 et 300 m selon les zones, d'un forage d'une profondeur de 129 m. [11]

II.4 Organisation du chantier de forage :

L'organisation du chantier repose sur les ressources humaines et matérielles disponibles pour garantir l'exécution correcte des travaux de réalisation d'un forage conformément aux normes techniques mentionnées dans le contrat de marché. Les éléments nécessaires pour l'organisation de chantier sont :

- Délimiter un périmètre de sécurité autour du site du chantier.
- Assurer un accès facile pour le passage des engins lourds ainsi que pour le transport des équipements et des matériaux.
- Installer l'appareil de forage sur une plateforme en béton stable et correctement aménagée.
- Mettre en place la pompe à boue entre le bac à boue (réservoir de boue) et l'appareil de forage afin d'assurer la circulation du fluide de forage.
- Aménager des bureaux ou des locaux destinés à la supervision et au suivi technique des travaux.
- Organiser la circulation des équipements à l'intérieur du chantier afin d'éviter l'encombrement et de garantir la sécurité des opérations.

II.1 Les équipements forage de la zone d'étude

II.5.1 Le bassin de boue

Les bassins de boue dans ce travail existent deux bassins, conçue spécialement pour l'appareil de forage profond, ces derniers servent à préparer la boue de forage et la maintenir dans les meilleures conditions ainsi que, pour séparer les résidus de forage, les impuretés et le ciment de la boue de forage pour la réutilisation.

Largeur (m) = 3m

Longueur (m) = 4m

Profondeur (m) = 1.5m

Volume (m³) = 18m³



Figure II.24 : Bassin de boue

II.5.2 Pompe boue

Injecte le fluide de forage (comme la bentonite) dans le puits pour évacuer les débris rocheux et refroidir les outils de forage.



Figure II.25 : Pompe boue

II.5.3 Le tube guide

Tube guide est essentiel pour assurer le bon déroulement initial du forage, et optimiser l'opération globale de forage.

II.5.4 La bentonite

Elle est utilisée dans le forage pour stabiliser les parois du puits, Refroidir les outils de forage et remonter les déblais à la surface, ce qui facilite l'opération de forage et en assure la stabilité.



Figure II.26 : La bentonite

II.5.5 Le sabot

Sert à réaliser un forage vertical dans le sol ou la roche pour atteindre les couches profondes, que ce soit pour prélever des échantillons géologiques, accéder à l'eau souterraine ou aux ressources énergétiques comme le pétrole et le gaz. Elle est équipée d'outils de coupe et de rotation, et fonctionne en coordination avec le reste de l'équipement de forage (boue, pompes) pour garantir l'efficacité et la sécurité du processus.



Figure II-27 : Le sabot de forage.

II.5.6 Les équipements de forage

II.5.6.1 Les outils :

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

Tableau II-3 : Les outils

Les outils	Diamètre en pouce	Diamètre (cm)
1	24 "	60.96
2	17 " ½	44.45
3	12 " ¼	31.115

II.5.6.2 Les mas tige

Tableau. II.4 : Les mastige

	Longueur (m)	Diamètre ext	Diameter int	paisseur	Les photos
Les mass tige	9.60	6"	4"	2"	

II.5.6.3 Les tiges

Tableau. II.5 : Les tiges

	Longueur (m)	Diamètre ext	Diameter int	paisseur	Les photos
Les tiges	9.60	4.5"	3.5"	1"	

II.6 Conclusion

Dans ce chapitre, le cadre général du forage de Sidi Slimane a été présenté à travers la localisation du site ainsi que l'étude des caractéristiques climatiques, géologiques et hydrogéologiques de la région. Il a également permis de décrire l'organisation du chantier de forage et les équipements utilisés. Cette analyse a ainsi contribué à une meilleure compréhension des conditions naturelles et techniques dans lesquelles le forage a été réalisé, lesquelles constituent des facteurs essentiels à la réussite de l'opération.

Chapitre III :
Suivi de réalisation d'un
forage d'eau Sidi Slimane

III.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous aborderons le suivi des étapes de forage avec le technique rotary, qui se composent de trois phases principales, L'agence Nationale des Ressources hydraulique (ANRH) a suivi les travaux de réalisation, l'Entreprise des Grands Travaux Publics et Hydrauliques a exécuté les travaux de réalisation.

III.2 Étapes de forage

La réalisation d'un forage par la technique de rotation (Rotary) constitue un procédé structuré, comprenant plusieurs étapes essentielles visant à atteindre les ressources en eau souterraine. Dans ce cadre, les travaux de forage réalisés dans la région de Sidi Slimane ont été organisés en trois phases principales.

III.2.1 1 ère Phase Tube guide :

- Installation du chantier, confection plateforme, bassins et rigoles.
- Forage en outil Ø 24" (610) mm de la cote (0 à 10) m.
- Descente colonne de tube guide Ø 19"5/8 (500) mm de 10 m

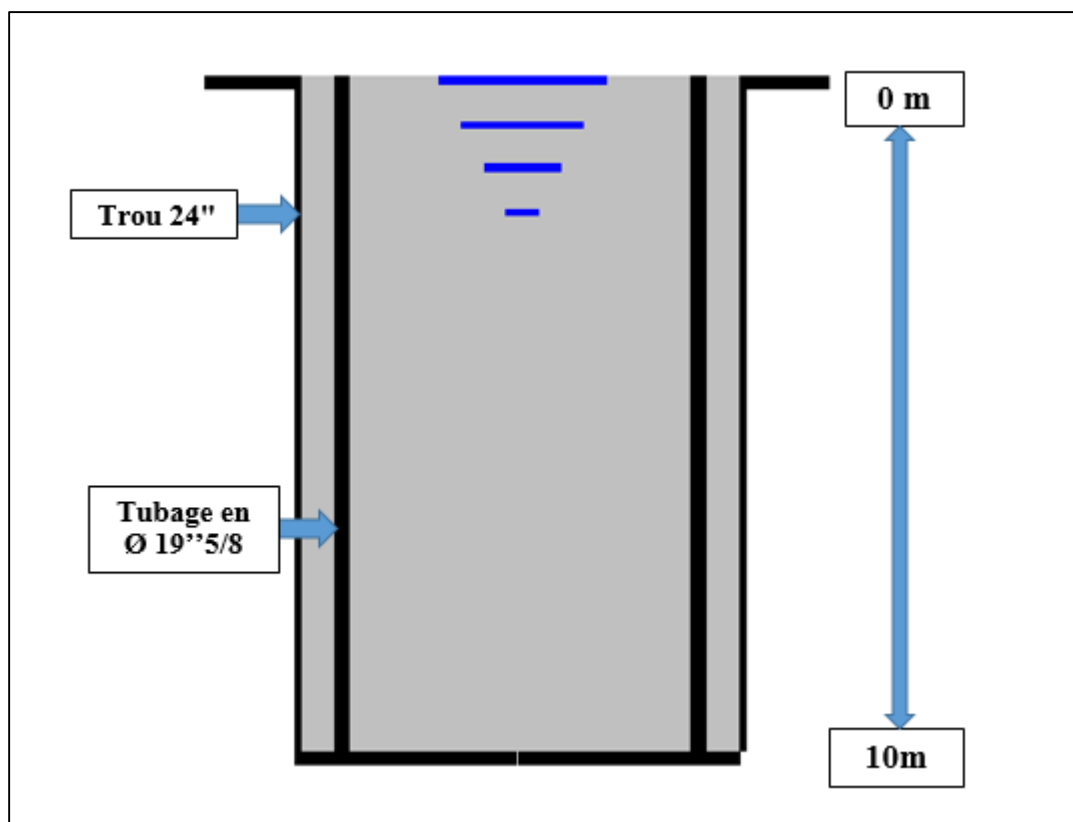


Figure III-28 : Mise en place tubage.

III.2.1.1 Cimentation du tubage:

Cimentation de l'espace annulaire par ciment (HTS) entre le trou forage Ø24" (610) mm Et la colonne de tube guide Ø 19"5/8 (500) mm de la cote 10 m jusqu'au surface du sol.

Tableau III-6 : Conversion d'unités.

	(pousse)	(cm)	(m)
Dtr (Diamètre de trou)	24"	61	0.610
Dextub (Diamètre extérieur de tubage)	19"5/8	50	0.500
K₁ : coefficient dépendant de la nature du terrain (présence de cavernes, fissures...) K₁ = 1,05 à 2. H₁ = hauteur à cimenter dans l'espace annulaire. 1" = 2.54 cm H₁ (Profondeur) = 10m			

III.2.1.1.1 Calcul du volume V_L de l'espace annulaire

$$V_L = 0.785[(K_1 \times D_{tr}^2 - D_{extub}^2) \times H]$$

A.N

$$V_L = 0.785[(1.05 \times 0.610^2 - 0.500^2) \times 10]$$

$$V_L = 1.104 m^3$$

III.2.1.1.2 Quantité de ciment pour 1 m³ de laitier :

$$q_c = \frac{\gamma_c \times \gamma_e}{\gamma_e + \omega \times \gamma_c}$$

q_c: Quantité de ciment.

γ_e: Densité de d'eau.

γ_c: Densité de ciment.

ω: Rapport eau / ciment.

A.N:

$$q_c = \frac{3.15 \times 1}{1 + 0.46 \times 3.15}$$

$$q_c = 1.28 \text{ t/m}^3$$

III.2.1.1.3 Poids total de ciment :

$$Q_c = q_c \times V_L \times K_2$$

Q_c : Quantité totale de ciment.

q_c : Quantité de ciment pour un 1 m^3 de laitier.

V_L : Volume de laitier de ciment.

$K_2 = 1.05$.

A.N:

$$Q_c = 1.28 \times 1.104 \times 1.05$$

$$Q_c = 1.483 \text{ t}$$

Remarque :

1 sac de ciment = 50 kg.

Nombre de sac sur chantier = 29.66 sacs de ciment HTS, CRS, Ciment forage de (50 kg)

Densité 1,8

III.2.1.1.4 Volume d'eau :

$$V_e = \frac{\omega \times Q_c}{\gamma_c}$$

V_e : volume d'eau de gâchage.

γ_c : densité de ciment.

Q_c : quantité totale de ciment.

ω : rapport eau/ciment.

A.N:

$$V_e = \frac{0.46 \times 1.483}{3.15}$$

$$V_e = 0.216 \text{ t}$$

$$1 \text{ t} \quad \rightarrow \quad 1000 \text{ L}$$

$$0.216 \text{ t} \quad \rightarrow \quad X \text{ L}$$

$$X = \frac{0.216 \times 1000}{1}$$

$$X = 216L = 0.216 \text{ m}^3$$

- Attente prise du ciment 48 heures

Tableau III-7 : Résultats de cimentation (tube guide)

Profondeur	VL (m ³)	Qc (sac)	Veau (m ³)	D
0 m à 10 m	1.104	29.66	0.216	1.8

III.2.2 2èmes Phase Colonne de production

- Forage en outil Ø 17"1/2 (444) mm de la cote (10 à 107) m.
- Descente colonne de production API Ø 13"3/8 (340) mm de la cote 107 m jusque surface du sol.

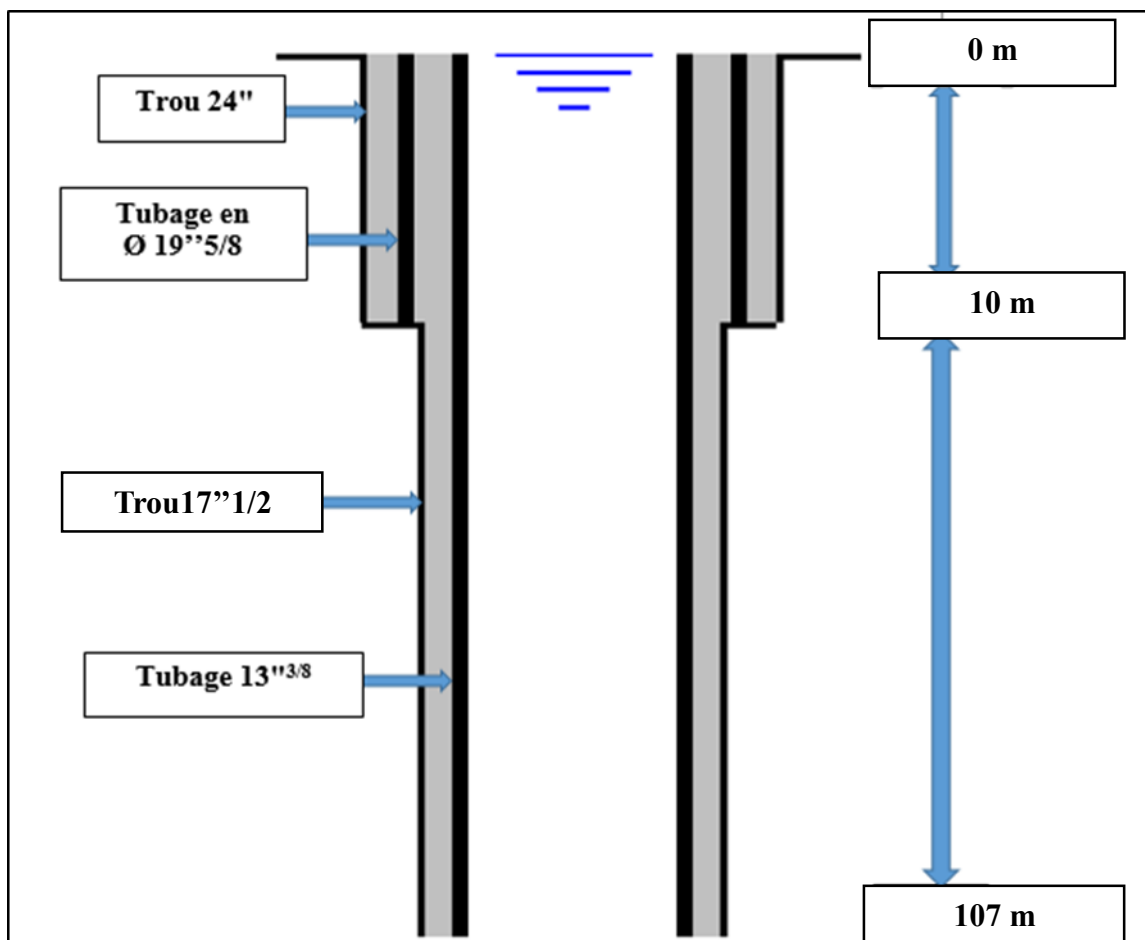


Figure III-29 : La phase de la colonne de la production API 13"3/8.

III.2.2.1 Cementation Colonne de production :

Cimentation de l'espace annulaire par ciment (HTS) entre le trou forage Ø 17 1/2 (444) mm et la colonne de production API Ø 13 3/8 (340) mm d'une

Tableau III-8 : Conversion d'unités

	pousse	cm	m
D_{tr1} (Diamètre de trou)	18"5/8	47.30	0.4730
D_{extub} (Diamètre extérieur de tubage)	13"3/8	34.00	0.3400
D_{tr2} (Diamètre de trou)	17"1/2	44.45	0.4445
K₁ : coefficient dépendant de la nature du terrain (présence de cavernes, fissures...), (K₁= 1,05 à 2). H = hauteur à cimenter dans l'espace annulaire. h₀ = hauteur de sécurité qui est de : =10m 1" = 2.54 cm D_{intub}(12" 3/8)=0.3143m h =10m			

III.2.2.1.1 Calcul du volume V_L de l'espace annulaire

$$V_L = 0.785[(K_1 \times D_{tr1}^2 - D_{extub}^2) \times h + (K_1 \times D_{tr2}^2 - D_{extub}^2) \times H + (D_{intub} \times h_0)]$$

A.N:

$$V_L = 0.785[(1.05 \times 0.473^2 - 0.34^2) \times 10 + (1.05 \times 0.4445^2 - 0.34^2) \times 97 + (0.3143^2 \times 10)]$$

$$V_L = 0.785[1.193 + 8.910 + 0.987]$$

$$V_L = 8.705 \text{ m}^3$$

III.2.2.1.2 Quantité de ciment :

$$q_c = \frac{\gamma_c \times \gamma_e}{\gamma_e + \omega \times \gamma_c}$$

q_c : Quantité de ciment.

γ_e : Densité de gâchage d'eau.

γ_c : Densité de ciment.

ω : Rapport eau/ciment.

A.N:

$$q_c = \frac{3.15 \times 1}{1 + 0.46 \times 3.15}$$
$$q_c = 1.28 \text{ t/m}^3$$

III.2.2.1.3 Poids total de ciment

$$Q_c = q_c \times V_L \times K_2$$

Q_c : Quantité totale de ciment.

q_c : Quantité de ciment pour un 1 m³ de laitier.

V_L : Volume de laitier de ciment.

$K_2 = 1.05$.

A.N:

$$Q_c = 1.28 \times 8.705 \times 1.05$$

$$Q_c = 11.699 \text{ t}$$

$$Q_c = 11.699 \times 1000 = 11699 \text{ Kg}$$

$$Q_c = \frac{11699}{50} = 234 \text{ sacs}$$

Remarque

1 sac de ciment = 50 kg.

Nombre de sac chantier = 234 sacs.de ciment HTS, CRS, Ciment forage de (50 kg)

densité :1.70.....1.8

III.2.2.1.4 Volume d'eau

$$V_e = \frac{\omega \times Q_c}{\gamma_c}$$

V_e : volume d'eau de gâchage.

γ_c : densité de ciment.

Q_c : quantité totale de ciment.

ω : rapport eau/ciment.

A.N:

$$= \frac{0.46 \times 11.699}{3.15}$$

$$V_e = 1.70 \text{ t}$$

$$1 \text{ t} \rightarrow 1000 \text{ L}$$

$$1.708 \text{ t} \rightarrow X \text{ L}$$

$$X = \frac{1.7 \times 1000}{1}$$

$$X = 1700 \text{ L} = 1.70 \text{ m}^3$$

Tableau III-9 : Résultats de cimentation (colonne de production)

Profondeur	VL (m ³)	Qc (sac)	Veau (m ³)	Dc
0 m à 107m	8.705	234	1.7	1.7-1.8

- Attente prise du ciment 48 heures

III.2.3 3^{ème} phase colonne de captage :

- Forage de reconnaissance en Ø 12"1/4 (311) mm de la cote (107 à 129) m.
- Descente colonne de captage Inox Ø 8"5/8 (219) mm

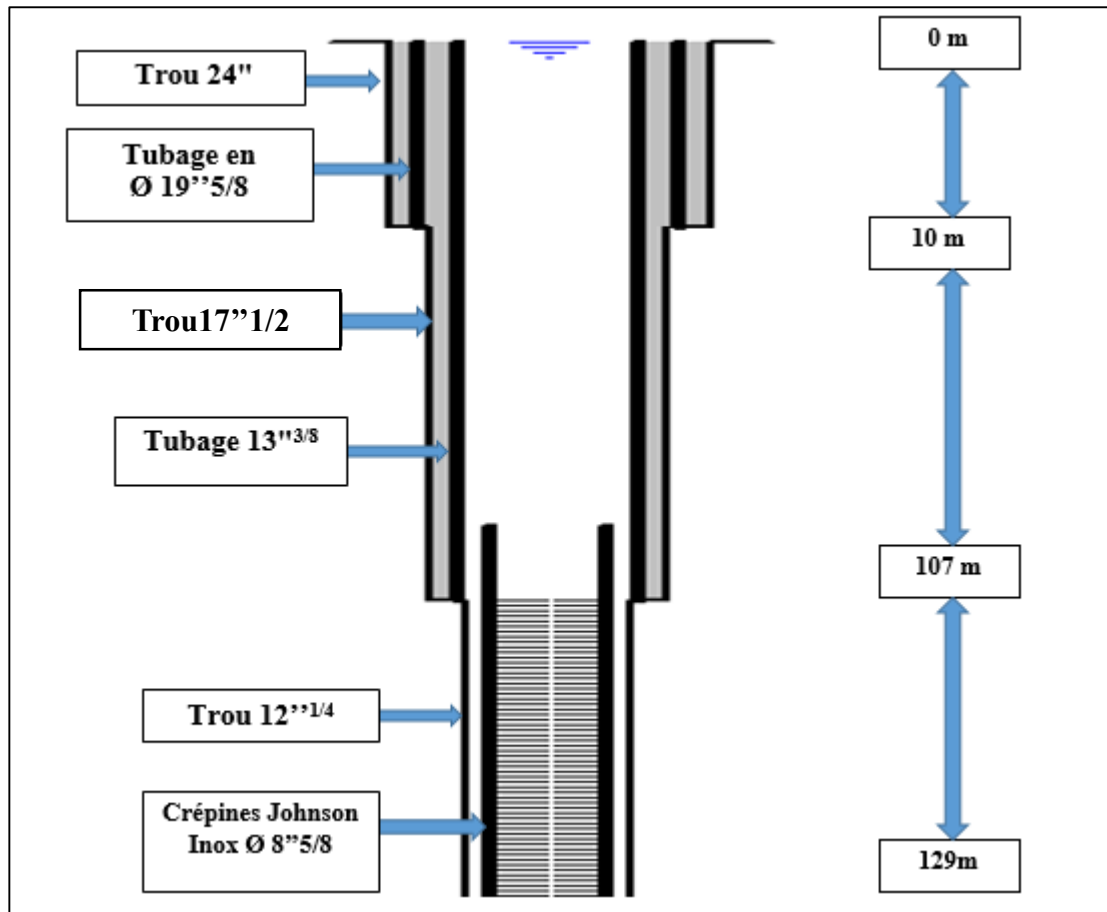


Figure III-30 : 3^{ème} opération de la reconnaissance en Ø 12"1/4.

III.2.3.1 Le programme effectué de bas en haut est composé des tubes suivants

- ✓ de la cote (129 à 123) m (1) Tube plein sabot Inox Ø 8"5/8 (219) mm.
- ✓ de la cote (123 à 105) m (3) Tubes crépines Johnson Inox Ø 8"5/8 (219) mm.
- ✓ de la cote (105 à 99) m (1) Tube plein réserve Inox Ø 8"5/8 (219) mm.

III.2.3.2 Gravillonnage colonne de captage

Gravillonnage de l'espace annulaire entre le trou forage Ø 12"1/4 (311) mm et colonne de captage Inox Ø 8"5/8 (219) mm de la cote 129m à 99m.

III.2.3.2.1 Volume de gravier

Longueur de la colonne de captage Inox Ø 8"5/8 est de 30 m

Profondeur H = 30m

$$V_{\text{gravie totale}} = V_{\text{gv}} + V_{\text{gr}}$$

A.N.:

$$V_{\text{gv}} = 0.785 \left[\left(12''^{1/4^2} - 8''^{5/8^2} \right) \times H \right]$$

$$V_{\text{gv}} = 0.785 \left[(0.3111^2 - 0.2190^2) \times 22 \right]$$

$$V_{gv1} = 0.843 \text{ m}^3$$

$$V_{gr} = 0.785 \left[\left(12''^{3/8^2} - 8''^{5/8^2} \right) \times H \right]$$

$$V_{gr} = 0.785 [(0.3143^2 - 0.2190^2) \times 8]$$

$$V_{gr} = 0.319 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{gravie totale}} = V_{gv} + V_{gr}$$

$$V_{\text{gravie totale}} = 0.843 + 0.31$$

$$V_{\text{gravie totale}} = 1.20 \text{ m}^3$$

Tableau III-10 : Résultat de colonne de captage

Profondeur (m)	Diamètre des grains de gravier (mm)	Volume totale (m ³)
99à 129m	3 à 4	1.2

III.3 Les phases et opérations

Tableau III-11 : Les phases

PHASES	Opérations
DTM	DTM
PHASE 1	Forage 24"
INTERPHASE	Descente tubage 19''5/8
INTERPHASE	Cimentation 10 m
PHASE 2	Forage 17''1/2
INTERPHASE	Descente tubage 13'' 3/8
INTERPHASE	Cimentation 107 m
PHASE 3	Forage 12'' 1/4
INTERPHASE	Descente de la colonne de captage 8'' 5/8
INTERPHASE	Descente de graviers

III.4 Composants et profondeurs

Tableau III-12 : Composants et profondeurs

Profondeurs	Composants
0-64	Argile
64-84	Grès+Gypse
84-110	Sable+Grès
110-124	Sable blanc moyen
124-127	Calcaire
127-129	Marne

III.5 Conclusion

Après l'achèvement des opérations de forage et de la mise en place du tubage, nous mettons du ciment dans l'espace annulaire et la crépine (crépines Johnson) dans la colonne de captage injecté de gravier. Les résultats étaient les suivants :

La profondeur finale est : 129 m, Volume total de laitier de ciment est : 8.705 m³. Volume totale de gravier : 1.2m³.

Chapitre IV :
Logiciel GESFOR du BRGM

IV. Introduction

L'élaboration de la fiche technique représente une étape fondamentale dans l'étude et la réalisation des projets de forage a pour objectif la collecte, la structuration et la présentation rigoureuse de l'ensemble des données techniques relatives au forage.

cette fiche rassemble notamment les informations concernant les caractéristiques des formations géologiques traversées, les dimensions et paramètres du forage. les différentes opérations de forage et d'équipement, ainsi que les données hydrogéologiques indispensables à l'évaluation de la qualité et des potentialités d'exploitation de la ressource en eau.

IV.1 Définition logiciel GESFOR

Le programme GESFOR est une application informatique de caractère technique, développée par le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières). Il est principalement destiné aux professionnels du forage. Ce logiciel a pour objectif d'assurer la gestion, la structuration, la traçabilité et l'analyse des données relatives aux forages et aux ouvrages souterrains.

IV.2 Historique du logiciel GESFOR

Le logiciel GESFOR, développé par le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), a été conçu au début des années 2000, dans un contexte marqué par la modernisation et la numérisation des outils de gestion des données relatives aux forages et aux eaux souterraines en France.

IV.3 Évolution du logiciel GESFOR

Au cours de la période 2000–2010, le logiciel GESFOR a connu une large adoption par les bureaux d'études et les entreprises spécialisées dans le domaine du forage.

À partir de 2015, une transition progressive vers des outils plus récents et technologiquement plus avancés s'est amorcée, entraînant une diminution graduelle de l'utilisation de GESFOR. Actuellement, ce logiciel est progressivement remplacé par des plateformes modernes développées par la même institution, notamment DUPLOS et DiaLog.

IV.4 Fonctions du logiciel GESFOR

Le logiciel GESFOR permet aux utilisateurs de réaliser plusieurs opérations techniques liées à la gestion des données de forage, notamment.

- La préparation des documents de chantier (fiches de mesure, listes de contrôle et formulaires de suivi).

- La réalisation des coupes géologiques et techniques des ouvrages de forage.
- L'analyse des données de pompage à travers l'établissement de courbes de pompage.
- L'élaboration des rapports de forage.
- L'archivage et la gestion des projets de forage.

IV.5 Simulation des données par logiciel (GESFOR) de BRGM

IV.5.1 Ouverture du logiciel et création d'un projet

Une fenêtre principale s'affiche, comprenant notamment les options suivantes : « Ouvrages un projet » « Nouveau projet » .

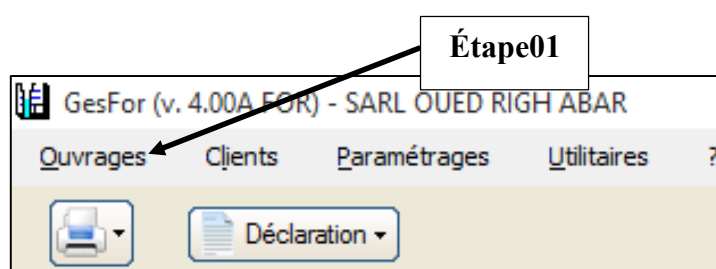


Figure – IV.31: Étape01 Ouverture du logiciel

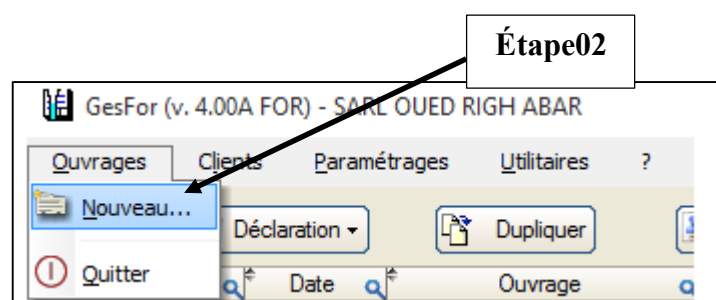


Figure – IV.32 : Étape02 création d'un projet

IV.5.2 Interface de saisie des données (Fiche forage)

Une interface sous forme de tableaux permet de saisir de manière structurée les principales données techniques. « Ouvrage»

IV.5.2.1 Identification de l'ouvrage

Cette section regroupe les données générales du projet :

Étape03

Les données

Fiche d'un ouvrage

Ouvrage | Tronçons | Coupe | Pompes | Rabalement | Courbe/Test | Diagraphies | Courbe Dia. | Carte

Numéro interne : 2026030723391578 N° Déclaration : Code National BSS : N° Pol. eau :

Identification

Foreur : SARLOUED RIGH ABAR

Maître d'ouvrage : DIRECTION HYDRAULIQUE WILAYA TOUGGOURT

Maître d'oeuvre : ANRH UNITE TERRITORIALE DE TOUGGOURT

Exploitant : PÉRIMÈTRE AGRICOLE DE SIDI SLIMANE

Ouvrage : FORAGE D'EAU

Objet de la recherche : EAU Vocation de l'ouvrage : FORAGE Mode d'exécution de l'ouvrage : ROTATION

Figure – IV.33 : Les données Identification de l'ouvrage

IV.5.2.2 Localisation

Elle indique la situation géographique de l'ouvrage :

Étape04

Localisation

Lieu dit : PÉRIMÈTRE AGRICOLE DE SIDI SLIMANE

Code postal : Commune :

Coordonnées de l'ouvrage

Système : Géographique WGS84 (ddd°mm'ss") Longitude (X) : 006 ° 05 ' 22,6 " E Latitude (Y) : 033 ° 17 ' 28,12 " N Altitude au sol : 57,000 m

Nombre de forages : 1 *Si plusieurs forages identiques sont effectués pour l'ouvrage (par ex : géothermie), indiquez leur nombre.*

Travaux

Figure – IV.34 : Les données Localisation

IV.5.2.3 Travaux

Cette partie concerne le déroulement des travaux :

Étape05

Travaux

Date début : 05/01/2026 Date fin : 22/02/2026 Machine :

Resp. ouvrage : DHW DE TOUGGOURT Resp. oeuvre : ANRH UT DE TOUGGOURT Resp. chantier : BOUADALAH

Figure – IV.35: Les données Travaux

IV.5.2.4 Pompage / Hydrogéologie

Elle les données hydrogéologiques

Étape06

Pompage/Hydrogéologie

Date début:		Nombre de nappes identifiées: 1	Niveau statique non perturbé :		m
Date fin:			Débit maximum d'essai :		m ³ /h
			Rabattement correspondant:		m

Figure – IV.36 : les données hydrogéologiques

Fiche d'un ouvrage

Ouvrage | Tronçons | Coupe | Pompages | Rabattement | Courbe/Test | Diagraphies | Courbe Dia. | Carte

N° interne : 2026030723391578 N° Déclaration : Code National BSS : N° Pol. eau :

Identification

Foreur: SARL OUED RIGH ABAR

Maître d'ouvrage: DIRECTION HYDRAULIQUE WILAYA TOUGGOURT

Maître d'oeuvre: ANRH UNITE TERRITORIALE DE TOUGGOURT

Exploitant : PÉRIMÈTRE AGRICOLE DE SIDI SLIMANE

Ouvrage: FORAGE D'EAU

Objet de la recherche: Vocation de l'ouvrage: Mode d'exécution de l'ouvrage :

Localisation

Lieu dit: PÉRIMÈTRE AGRICOLE DE SIDI SLIMANE

Code postal: Commune:

Coordonnées de l'ouvrage

Système: Géographique WGS84 (ddd°mm'ss") Longitude (X): 006° 05' 22.6" E Latitude (Y): 033° 17' 28.12" N Altitude au sol: 57.000 m

Nombre de forages: Si plusieurs forages identiques sont effectués pour l'ouvrage (par ex : géothermie), indiquez leur nombre.

Travaux

Date début: 05/01/2026 Date fin: 22/02/2026 Machine:

Resp. ouvrage: DHW DE TOUGGOURT Resp. oeuvre: ANRH UT DE TOUGGOURT Resp. chantier: BOUADALAH

Pompage/Hydrogéologie

Date début: Date fin: Nombre de nappes identifiées:

Niveau statique non perturbé : m

Débit maximum d'essai : m³/h

Rabattement correspondant: m

Figure – IV.37 : Les données Ouvrages

IV.5.3 Tronçons

Cette interface présente une fiche technique détaillée du forage, permettant l'introduction et l'organisation des données géologiques et techniques relatives à l'ouvrage. Elle structure en plusieurs tableaux spécialisés.

Étape07

Fiche d'un ouvrage

Quivrage Ironçons Coupe Pompages Rabattement Courbe/Test Diagraphies Courbe Dia. Carte

LITHOLOGIE				FORAGE			
De	A	Libellé		De	A	Ø "	Ø mm
0,00	64,00	ARGILE		0,00	10,00	24"	610,00
64,00	84,00	Grès+gypse		10,00	107,00	17 1/2	444,00
84,00	110,00	Sable+grès		107,00	129,00	12 1/4	311,00
110,00	124,00	Sable blanc moyen					
124,00	127,00	Calca					
127,00	129,00	Mame					

TUBAGE					
De	A	Ø ext mm	Ø int mm	Nature	Type
0,00	10,00	19 5/8	500,00	ACIER-API	TUBE-PLEIN
0,00	107,00	13 3/8	340,00	ACIER-API	TUBE-PLEIN
99,00	105,00	8 5/8	219,00	INOX-AISI-304	TUBE-PLEIN
105,00	123,00	8 5/8	219,00	ACIER-API	CREPINE FIL-ENROULE
123,00	129,00	8 5/8	219,00	INOX-AISI-304	TUBE-PLEIN

REPLISSAGE					ACCESSOIRES	
De	A	Ø "	Ø mm	Matériau	De	A
0,00	10,00	19 5/8	500,00	CIMENT		
0,00	107,00	13 3/8	340,00	CIMENT		
99,00	129,00	8 5/8	219,00	GRAVIER		

Activer Windows
Accédez aux paramètres pour acti

Figure – IV.38 : Les données Tronçons.

IV.5.3.1 Lithologie géologique

Cette section présente les différentes formations géologiques traversées durant le forage.

LITHOLOGIE		
De	A	Libellé
0,00	64,00	ARGILE
64,00	84,00	Grès+gypse
84,00	110,00	Sable+grès
110,00	124,00	Sable blanc moyen
124,00	127,00	Calca
127,00	129,00	Mame

Figure – IV.39 : Les données Lithologie

IV.5.3.2 Forage

Elle regroupe les paramètres techniques de l'opération de forage, notamment :

FORAGE				
De	A	Ø "	Ø mm	Mode de forage
0,00	10,00	24"	610,00	ROTARY
10,00	107,00	17" 1/2	444,00	ROTARY
107,00	129,00	12" 1/4	311,00	ROTARY

Figure – IV.40 : Les données Forage

IV.5.3.3 Tubage

Cette section contient les caractéristiques du tubage installé dans le forage .

TUBAGE						
De	A	Ø ext "	Ø ext mm	Nature	Type	Slot
0,00	10,00	19" 5/8	500,00	ACIER-API	TUBE-PLEIN	
0,00	107,00	13" 3/8	340,00	ACIER-API	TUBE-PLEIN	
99,00	105,00	8" 5/8	219,00	INOX-AISI-304	TUBE-PLEIN	
105,00	123,00	8" 5/8	219,00	ACIER-API	CREPINE FILE-ROULE	0,50
123,00	129,00	8" 5/8	219,00	INOX-AISI-304	TUBE-PLEIN	

Figure – IV.41 : Les données tubage

IV.5.3.4 Remplissage

Elle concerne les matériaux utilisés dans l'espace annulaire du forage :

REPLISSAGE				
De	A	Ø "	Ø mm	Matériau
0,00	10,00	19" 5/8	500,00	CIMENT
0,00	107,00	13" 3/8	340,00	CIMENT
99,00	129,00	8" 5/8	219,00	GRAVIER

Figure – IV.42 : Les données Remplissage

IV.5.4 Coupe géologique

Cette interface offre une coupe géologique et technique détaillée du forage. Elle affiche les formations lithologiques rencontrées, les équipements techniques, tels que le tubage, les crépines et les niveaux d'eau. Elle permet d'analyser, d'interpréter et d'exploiter les données inscrites dans la fiche technique du forage.

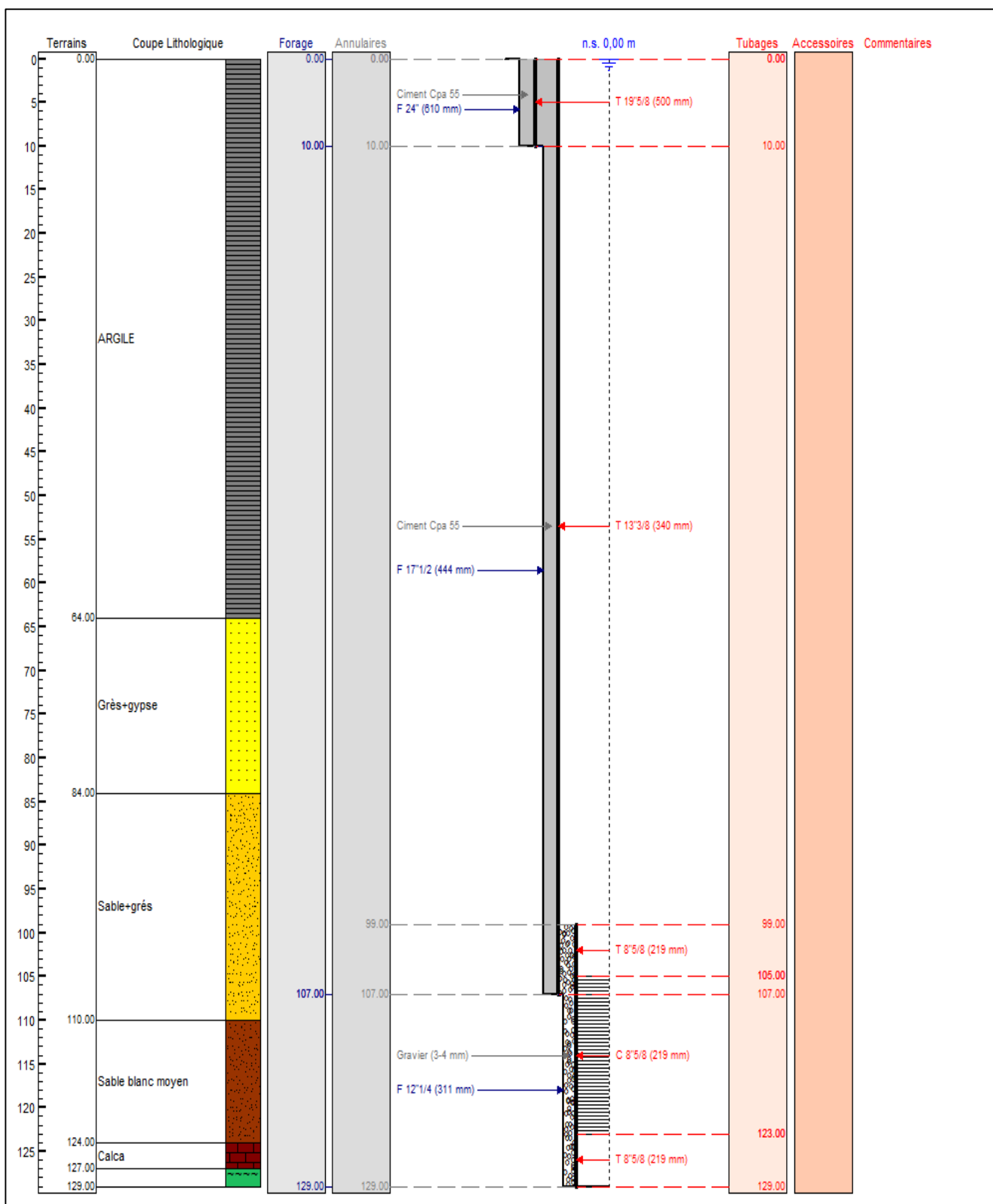


Figure – IV.43 : La représentation graphique du forage

IV.5.5 Pompages

Il est utilisé pour enregistrer et traiter les résultats des essais de pompage. Ces essais sont réalisés sur le forage après la fin des travaux pour évaluer ses caractéristiques hydrodynamiques.

The screenshot shows the 'Fiche d'un ouvrage' (Work sheet) window with the 'Pompages' tab selected. The window is divided into several sections:

- Table:** A table with columns for 'Date', 'Heure', and 'Intitulé' (Title) for recording pumping test results.
- Informations sur le pompage:** A section containing various input fields for pumping test parameters:
 - Date de début du pompage (Start date of pumping)
 - Heure de début du pompage (Start time of pumping)
 - Profondeur du forage (m) (Drilling depth)
 - Diam chambre pompage (mm) (Pumping chamber diameter)
 - Type de la pompe (Pump type)
 - Diamètre nominal (pce) (Nominal diameter)
 - Débit maxi de la pompe (m³/h) (Maximum pump discharge)
 - Installée à (profondeur) (m) (Installed at depth)
 - Pressiomètre (Pressuremeter)
 - Sonde de niveau (Level probe)
 - Hauteur du repère/sol (m) (Reference height/ground)
 - Niveau statique/sol (m) (Static level/ground)
 - Puissance de la pompe (kw) (Pump power)
 - Diamètre hors tout de la pompe (mm) (Pump overall diameter)
 - Hauteur de refoulement maximum (m) (Maximum discharge height)
 - Longueur de refoulement (m) (Discharge length)
- Observations:** A text area for recording observations.

Figure – IV.44 : Les données Pompages

IV.5.6 Diagraphies

Un ensemble de mesures et de courbes graphiques réalisées à l'intérieur du forage à l'aide d'appareils spécifiques, dans le but d'étudier les propriétés des formations géologiques traversées lors du forage.

The screenshot shows the 'Fiche d'un ouvrage' (Work sheet) window with the 'Diagraphies' tab selected. The window displays a table for recording diagraphy data:

- Table:** A table with columns for 'VITESSE D'AVANCEMENT' (Advancement rate), 'Profondeur (m)' (Depth), and 'Vitesse (m/h)' (Speed).

Figure – IV.45 : Diagraphies

IV.5.7 Courbe Die graphiques

Un ensemble de mesures et de courbes graphiques réalisées à l'intérieur du forage à l'aide d'appareils spécifiques, dans le but d'étudier les propriétés des formations géologiques traversées lors du forage.



Figure – IV.46 : courbes graphiques

IV.5.8 Sauvegarde du projet

La sauvegarde du projet consiste à enregistrer l'ensemble des données saisies dans un fichier numérique afin d'en assurer la conservation et l'exploitation ultérieure. (Étape03) La fonction d'impression permet l'exportation des données et des résultats du projet sous forme de documents papier ou de fichiers numériques (PDF), en vue de leur conservation, de leur archivage ou de leur utilisation dans des rapports techniques. (Étape02).

Fiche d'un ouvrage

N° interne : 2026030723391578 N° Déclaration : Code National BSS : N° Pol. eau :

- Identification

Foreur : SARL OUED RIGH ABAR
 Maître d'ouvrage : DIRECTION HYDRAULIQUE WILAYA TOUGGOURT
 Maître d'oeuvre : ANRH UNITE TERRITORIALE DE TOUGGOURT
 Exploitant : PÉRIMÈTRE AGRICOLE DE SIDI SLIMANE
 Ouvrage : FORAGE D'EAU

Objet de la recherche : EAU Vocation de l'ouvrage : FORAGE Mode d'exécution de l'ouvrage : FORATION

- Localisation

Lieu dit : PÉRIMÈTRE AGRICOLE DE SIDI SLIMANE
 Code postal : Commune :
 Coordonnées de l'ouvrage :
 Système : Géographique WGS84 (ddd°mm'ss") Longitude (X) : 006° 05' 22.6" E Latitude (Y) : 033° 17' 28.12" N Altitude au sol : 57.000 m

- Travaux

Nombre de forages : 1 Si plusieurs forages identiques sont effectués pour l'ouvrage (par ex : géothermie), indiquez leur nombre.
 Date début : 05/01/2026 Date fin : 22/02/2026 Machine :
 Resp. ouvrage : DHW DE TOUGGOURT Resp. oeuvre : ANRH UT D Resp. chantier : BOUADALAH

- Pompage/Hydrogéologie

Date début : Date fin :
 Niveau statique non perturbé : m
 Débit maximum d'essai : m3/h
 Rabattement correspondant : m

Notes :
 OK Annuler

Date de création : 07/03/2026 23:39:15 Date de modification : 09/05/2026 03:27:38

Figure – IV.47 : Sauvegarde du projet

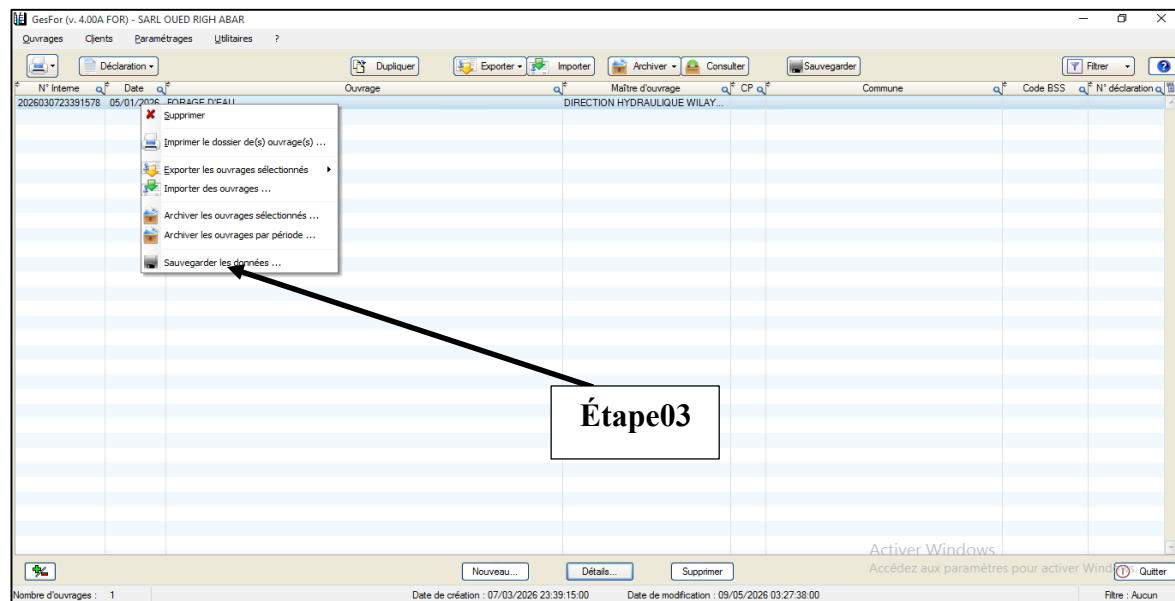


Figure – IV.48: Sauvegarde du projet

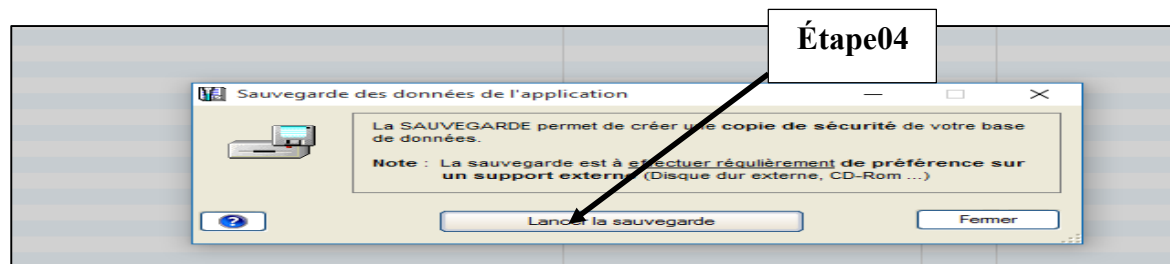


Figure – IV.49: Sauvegarde du projet

IV.6 Dossier technique forage d'eau

DOSSIER TECHNIQUE

FORAGE D'EAU

Entreprise:	SARL OUED RIGH ABAR
Client:	DIRECTION HYDRAULIQUE WILAYA TOUGGOURT SIDI SLIMANE
Maître d'oeuvre:	ANRH UNITE TERRITORIALE DE TOUGGOURT TOUGGOURT
Exploitant:	PÉRIMÈTRE AGRICOLE DE SIDI SLIMANE SIDI SLIMANE

Code National BSS :

N° Déclaration ** :

Police de l'eau * :

* Numéro de déclaration au titre de la police de l'eau

** N° d'enregistrement de déclaration préalable

Lieu de l'ouvrage : PÉRIMÈTRE AGRICOLE DE SIDI SLIMANECoordonnées : Longitude 006°05'22,6"E Latitude 033°17'28,12"N Altitude : 57.00 mNombre de forages : 1Date début de l'ouvrage : 05/01/2026Resp. M. Ouvrage : DHW DE TOUGGOURTDate fin de l'ouvrage : 22/02/2026Resp. M. Oeuvre : ANRH UT DE TOGGOURTMachine :Resp. Chantier : BOUADALAHDate début pompage :Niveau statique non perturbé : 0.00 mDate fin de pompage :Débit Maxi. d'essai : 0.00 m³/hNombre de nappes identifiées : 1Rabattement correspondant : 0.00 mNotes :

SARL OUED RIGH ABAR

TRONCONS de L'OUVRAGE
FORAGE D'EAU

Client:	DIRECTION HYDRAULIQUE WILAYA TOUGGOURT
Maître d'oeuvre:	ANRH UNITE TERRITORIALE DE TOUGGOURT
Lieu de l'ouvrage :	PÉRIMÈTRE AGRICOLE DE SIDI SLIMANE

LITHOLOGIE

De	à	Libellé
0.00	64.00	ARGILE
64.00	84.00	Grès+gypse
84.00	110.00	Sable+grès
110.00	124.00	Sable blanc moyen
124.00	127.00	Calca
127.00	129.00	Marne

FORAGE

De	à	Ø"	Ømm	Mode de forage	Fluide de forage
0.00	10.00	24"	610.00	Rotary	Bentonite
10.00	107.00	17"1/2	444.00	Rotary	Bentonite
107.00	129.00	12"1/4	311.00	Rotary	Bentonite

* Reconnaissance

Activer Windows
Accédez aux paramètres pour

TUBAGE

De	à	Ø"	Ømm	Epais.	Ecra.	Nature du tubage	Type	Slot	Vide %
0.00	10.00	19"5/8	500.00	0.00		Acier-api	Tube-plein		
99.00	105.00	8"5/8	219.00	0.00		Inox-aisi-304	Tube-plein		
0.00	107.00	13"3/8	340.00	0.00		Acier-api	Tube-plein		
105.00	123.00	8"5/8	219.00	0.00		Acier-api	Crepine fil-enroule	0.50	
123.00	129.00	8"5/8	219.00	0.00		Inox-aisi-304	Tube-plein		

REMPLISSAGE

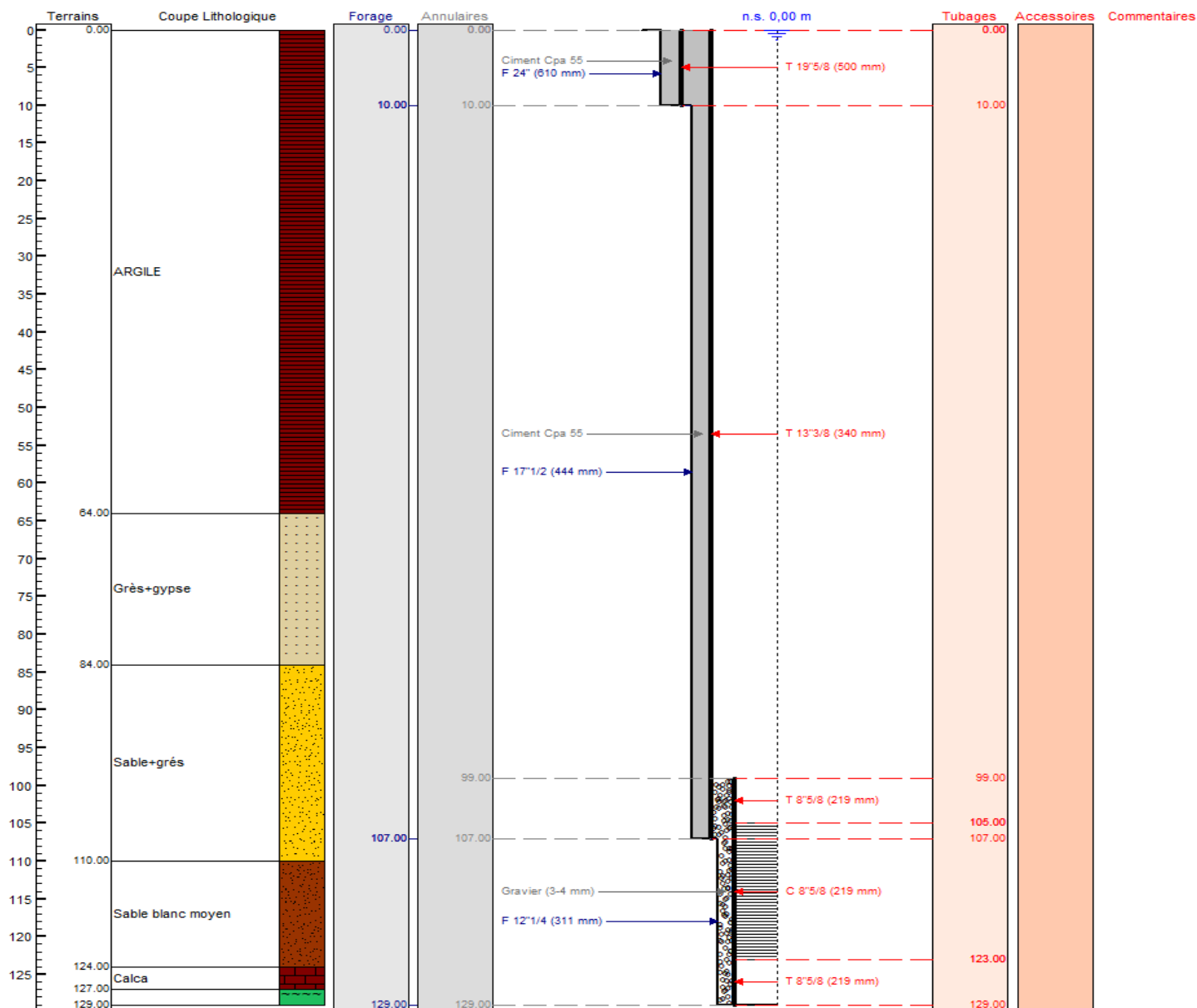
De	à	Ø"	Ømm	Matériau	Nature	Méthode de pose	Texture	Gra. (mm)	Vol. m3
0.00	10.00	19"5/8	500.00	Ciment	Cpa 55	Sous pression	Autre		1.10
0.00	107.00	13"3/8	340.00	Ciment	Cpa 55	Sous pression	Autre		8.70
99.00	129.00	8"5/8	219.00	Gravier	Graviers de silacq	Gravitaire	Roule	3.00-4.00	1.20

Epais.=Epaisseur (mm) Ecra.=Résist. à l'écrasement (bar) Slot (mm) Granul.=Granulométrie M in/Max (mm)

PAGE: 2

Activer Windows
Accédez aux paramètres pour

FORAGE D'EAU			Travaux réalisés : du : 05/01/2026 au : 22/02/2026	1/1
Client :	DIRECTION HYDRAULIQUE WILAYA TOUGGOURT		Coordonnées de l'ouvrage :	
Maitre d'oeuvre :	ANRH UNITE TERRITORIALE DE TOUGGOURT		Géographique	
Localisation de l'ouvrage :	PÉRIMÈTRE AGRICOLE DE SIDI SLIMANE		Longitude (X):	006°05'22,6"E
			Latitude (Y):	033°17'28,12"N
			Altitude sol (Z):	+57,000 m
Echelle : 1/648	Profondeurs en m au-dessous du repère zéro sol (signe + au-dessus)		Nombre de forages : 1	



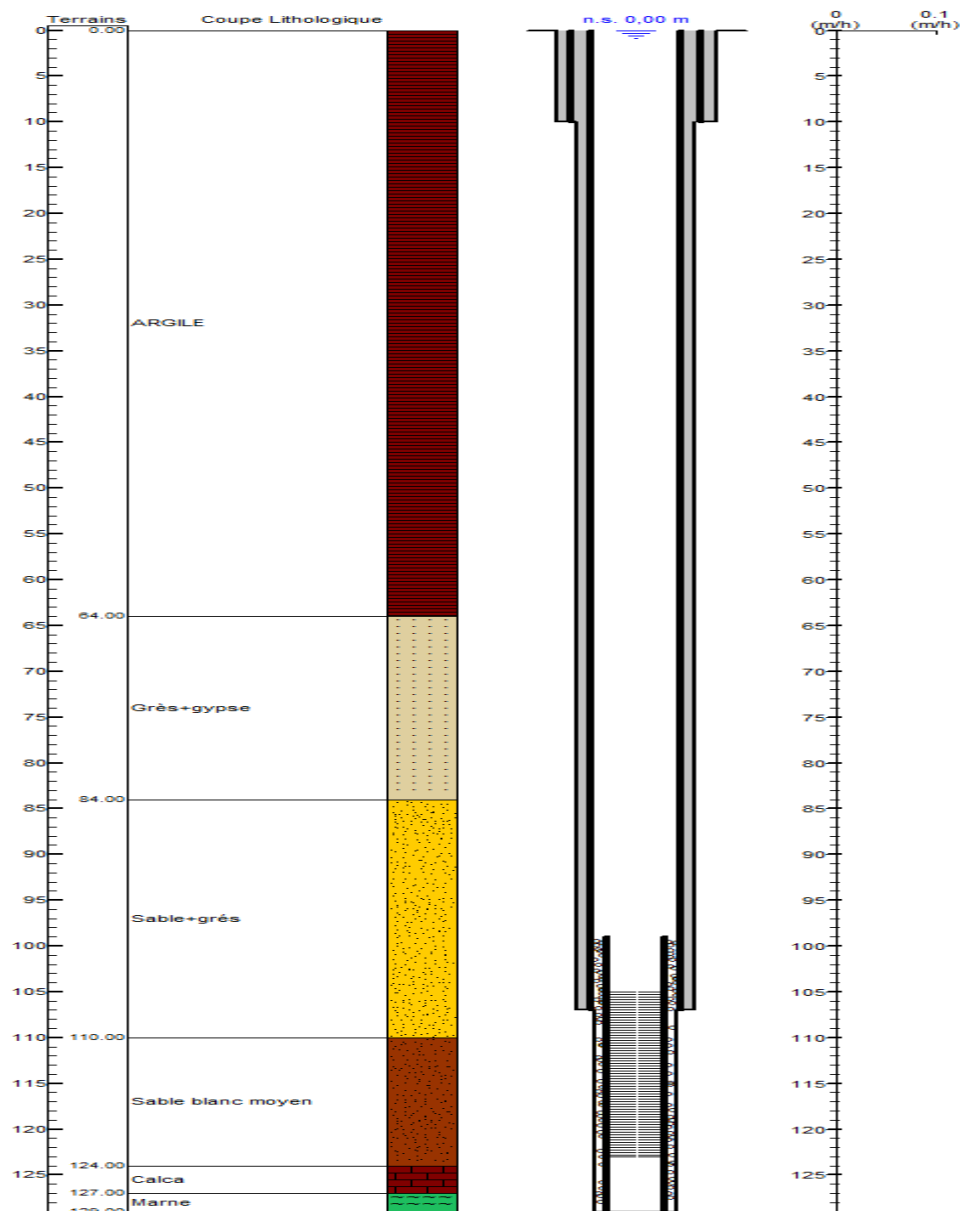
Le/...../..... à
 CERTIFIE CONFORME A L'OUVRAGE EXECUTE
 Tampon et signature du chef d'entreprise

Géographique Long.: 006°05'22,6"E Lat.: 033°17'28,12"N Alt.: +57,000 m

PAGE: 3

FORAGE D'EAU		Travaux réalisés : 111
Client :	DIRECTION HYDRAULIQUE WILAYA TOUGGOURT	du : 05/01/2026 au : 22/02/2026
Maitre d'oeuvre :	ANRH UNITE TERRITORIALE DE TOUGGOURT	Coordonnées de l'ouvrage :
Localisation de l'ouvrage :	PÉRIMÈTRE AGRICOLE DE SIDI SLIMANE	Géographique
		Longitude (X): 006°05'22,6"E
		Latitude (Y): 033°17'28,12"N
		Altitude sol (Z): +57,000 m
Echelle : 1/648	Profondeurs en m au-dessous du repère zéro sol (signe + au-dessus)	Nombre de forages : 1

VITESSE D'AVANCEMENT



Le/...../..... à
 CERTIFIE CONFORME A L'OUVRAGE EXECUTE
 Tampon et signature du chef d'entreprise

Géographique X: 006°05'22,6"E Y: 033°17'28,12"N Z: +57,000 m

PAGE: 4

IV.7 Conclusion

Le logiciel GESFOR constitue un outil efficace et indispensable pour l'élaboration des fiches techniques des forages d'eau. Il contribue à l'amélioration de la qualité des études hydrogéologiques et renforce la fiabilité des décisions techniques dans le domaine de la gestion des ressources en eau

Conclusion Générale

En conclusion de ce travail, il apparaît que l'étude du forage d'eau constitue une étape fondamentale pour comprendre les modalités d'exploitation des ressources en eaux souterraines, notamment dans les régions confrontées à la rareté des eaux de surface. Ce travail a permis, à travers ses volets théorique et pratique, d'appréhender les concepts fondamentaux liés aux opérations de forage et à leurs différentes techniques, ainsi que d'analyser les caractéristiques de la zone étudiée et ses conditions géologiques et hydrogéologiques.

sur le théorique, les concepts généraux liés au forage ont été abordés, avec la présentation des principales méthodes et techniques utilisées, ainsi que l'étude de la zone de recherche (Sidi Slimane), à travers la détermination de sa localisation géographique, l'analyse des conditions climatiques dominantes et l'étude des caractéristiques géologiques et hydrogéologiques qui contrôlent la présence et la répartition des eaux souterraines.

Sur la pratique, les travaux ont abouti à des résultats chiffrés précis, notamment la nécessité de 1,104 m³ de laitier et de 1,28 tonne de ciment (soit environ 29,66 sacs) pour le forage. Par ailleurs, un volume de 8,705 m³ a été requis pour l'opération de production, laquelle a nécessité 234 sacs de ciment type HTS. Volume totale de gravier : 1.2m³. des résultats obtenus, il peut être conclu que la réussite des opérations de forage de puits repose sur l'intégration harmonieuse de l'étude théorique, d'une bonne compréhension du milieu géologique, d'un choix judicieux des techniques appropriées, ainsi que d'une rigueur dans l'exécution sur le terrain. Elle dépend également de l'exploitation des outils informatiques modernes, tels que le logiciel GESFOR, qui contribuent à l'optimisation et à la fiabilité des données techniques.

Cette étude ouvre des perspectives futures en vue d'améliorer les techniques d'exploitation des eaux souterraines, avec la nécessité de poursuivre les recherches afin de développer des méthodes plus efficaces et durables, garantissant ainsi la préservation de cette ressource vitale pour les générations futures.

Références Bibliographiques

- [1] Todd, D.K., Groundwater Hydrology, John Wiley & Sons, 1980
- [2] R. Connor and M. Miletto, "The United Nations World Water Development Report 2022: groundwater: making the invisible visible; executive summary," 2022.
- [3] K. Cruse, "A review of water well drilling methods," *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, vol. 12, no. 2, pp. 79-95, 1979.
- [4] B. Friha, "Etude comparative sur les fluides de forage à base d'eau et base d'huile et leurs Traitements," UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA.
- [5] Mouhammed Sow, Daba Mamadou Kane. Techniques et équipements de forage.
- [6] METAICHE, M. (2013). Forage : Techniques et Procédés. Université de Bouira.
- [7] BENTARFA Youcef Réalisation et suivi de forage Garret Echouf commene Rouissat Ouargla," UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA. 2022/2023
- [8] رؤيد حميدان ,فاضل العلي ,محمدالشهاب. تقييم دور الطفلة الزيتية في حل مشاكل الطبقة المنتجة. دراسة لنيل شهادة الإجازة في الهندسة البترولية.كلية هندسة البترول.الجامعة السورية الخاصة.2015.صفحة.04 أعدت
- [9] A. Mounir, "Rapportbibliographi Que."
- [10] M. Khodja, "Les fluides de forage:étude des performances et considerations environnementales," 2008.
- [11] Agence Nationale des Ressources Hydriques wilaya de Touggourt