

UNIVERSITE SAAD DAHLAB – BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département des Sciences de l'Eau et Environnement



MÉMOIRE DE MASTER

Filière : **Hydraulique**

Spécialité : **Ressources Hydrauliques**

Thème :

**Étude des étapes de réalisation du forage Eocène Carbonaté
SH/DAS IRARA Hassi-Messaoud Algérie**

Stage d'immersion en milieu professionnel

Présenté par

Mokrani Awatif

Benabdelali Nawal

Devant le jury composé de :

Mr GUENDOZ.A	Prof.U.de Blida	Examineur
Mr OULARBI.A	M.C.B, U.de Blida	Président
Mr MESSAOUD-NACER.N	M.C.B, U.de Blida	Encadreur

Promotion 2020 / 2021

Remerciement

Tout d'abord, nous remercions Allah, notre créateur et bienfaiteur pour tout le courage, la patience et surtout la volonté qu'il nous a donné pour achever ce travail.

Nous tenons à remercier aussi nos familles qui nous ont soutenues par tous les moyens possibles et sans qui nous ne serions pas là devant vous aujourd'hui. Nous tenons aussi à remercier tous les professeurs de l'université Saad Dahlab département hydraulique qui ont contribué à nos études durant toutes ces années, pour leur dévouement et leur patience.

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à remercier monsieur **Messaoud Nacer** (notre encadreur) pour sa compréhension, son humanité et ses conseils constructifs, il nous a guidé et orienté non pas seulement pour ce travail mais aussi durant tout notre cursus universitaire.

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance et notre respect et gratitude à Monsieur le chef de département géotechnique

M. Belaidi pour nous avoir reçus dans le département et l'ingénieur **Ait Amraoui Ilyes** et tout le personnel du laboratoire

(Saleh, Houda, Nabil, Oussama et Salah)

Nous tenons également à remercier tous les ingénieurs :

zaki Belhaffef, Djawad, Hafidh Bissa et les superintendants

Mr Moussa et Mr Belhirech du département de forage et tous

les travailleurs de la **DHT** et de l'**E.NA.GEO** et la **DRE** de Blida en

Général pour leurs aides au cours de notre stage.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de gratitude à :

- Mes chers parents pour leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études, Aucun mot ne pourrait exprimer mon respect, ma considération, et mon amour pour les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon instruction et mon bien-être
 - Ma grand-mère mes oncles et mes tantes
 - Mes cousines : Amira, Mounira, Kaouther et Hanane
- Mes copines : Manel, Mimi, Chaima, Asma, Khadidja, Sara, Radia, Safa, Rannia et Khadidja
 - Mon binôme Nawal
- Toute la promotion master 2 hydraulique 2021

Awatif Mokrani

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et
de gratitude à :

Mes grand- mère,

Mes chers parents pour leur soutien immense qu'ils n'ont
cessé de m'apporter,

Ma chère sœur et à mes chères frères.

* Toute la famille BENABDELALI et BOUCHENAFI

*Mes copines (djihane, rahil, ikram)

*mon partenaire dans ce travail Awatif

* Tous mes amis sans exception.

* Toute la promotion de Master2 Hydraulique

A tous ceux que j'aime, et

Ceux qui m'ont soutenue,

Assistée et aidée.

Benabdelali Nawal

Liste des figures

Chapitre I : Présentation de l'entreprise ENAGEO.

Figure 01 : Organigramme de l'entreprise.....	03
Figure 02 : Organigramme de DHT.....	07
Figure 03 : L'organigramme du département forage.....	08

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

Figure 01 : Photo satellite de la région de Hassi Messaoud (HM).....	10
Figure 02 : Situation géographique de la région HMD.....	11
Figure 03 : La carte Géologique de l'Algérien.....	13
Figure 04 : Coupe Stratigraphique de la région HMD.....	16
Figure 05 : les deux systèmes Aquifères de Sahara le (CTI) & (CI).....	19
Figure 06 : Coupe Hydrogéologique à travers le Sahara.....	22

Chapitre III : Etude de la réalisation du forage SH/DAS IRARA

Figure 01 : L'appareil de forage	26
Figure 02 : La table de rotation	29
Figure 03 : Schéma cinématique d'un mécanisme de levage	30
Figure 04 : Moufle fixe	31
Figure 05 : Ensemble moufle et crochet	31
Figure 06 : câble de forage	32
Figure 07 : Le treuil d'un appareil du forage	33
Figure 08 : Fonction pompage	34
Figure 09 : Plan de masse d'un chantier de forage hydraulique.....	36
Figure 10 : Position géographique du puits SH/DAS IRARA.....	38
Figure 11 : Fiche thnique de forage SH/DAS IRARA.....	45
Figure 12 : Développement par l'air lift [Extrait Lauga R. - 1990].....	47

Chapitre IV : Stages d'immersion professionnelle

Figure 01 : La base de vie de l'ENAGEO.....	58
Figure 02 : Direction hydrologie et topographie	59
Figure 03 : Un tricône (l'outil de forage)	60
Figure 04 : Des stabilisateurs	60
Figure 05 : Tubage TNRS 20''	61
Figure 06 : Tubage (API) 9'' ^{5/8}	61
Figure 07 : Crépine Johnson 8'' ^{5/8}	61
Figure 08 : Crépine à nervures repoussées 13'' ^{3/8}	62
Figure 09 : Crépine et tubage en PVC	63
Figure 10 : Groupe électrogène	63
Figure 11 : Pompe a boue triplex simple effet	64
Figure 12 : Salle des essais chimiques	65
Figure 13 : Salles des essais physiques.....	65
Figure 14 : classification des échantillons	66
Figure 15 : La réaction de HCL avec une roche sédimentaire	67
Figure 16 : Bir Messaoud	68
Figure 17 : Essai de poids spécifique et teneur en ea.....	70
Figure 18 : Préparation de l'échantillon pour la limite l'Atterberg	71
Figure 19 : Limite de liquidité	72
Figure 20 : Limite de plasticité	72
Figure 21 : Essai de détermination du PH	74
Figure 22 : Détermination de la teneur en carbonates	75
Figure 23 : Détermination la teneur en chlorure	77
Figure 24 : Essai de cisaillement direct à la boite	78
Figure 25 : Appareil de forage	79

Figure 26 : Bassin de preparation de La bentonite	80
Figure 27 : La bentonite	80
Figure 28 : classement des cuttings	81
Figure 29 : lavage des cuttings	81
Figure 30 : Determination de la coupe lithologique	82
Figure 31 : Le treuil	83
Figure 32 : Sonde combinée	83
Figure 33 : Système d'acquisition	84
Figure 34 : l'affichage du graphe sur PC	84
Figure 35 : Enregistrement diagraphique de Tabainet	85

Liste des tableaux

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

Tableau 01 : Données générales sur la nappe du continental Intercalaire « Albien » CI	22
Tableau 02 : Les caractéristiques physico-chimiques des eaux des nappes de complexe terminal CT	22
Tableau 03 : Exploitation des nappes du HMD	22
Tableau 04 : Représentation des données climatiques de 2008 à 2018 (Station météorologique Hassi Messaoud, 2019).....	25

Chapitre III : L'étude de la réalisation du forage SH/DAS IRARA

Tableau 01 : Classements des appareils de forage.....	28
Tableau 02 : Plan de gestion des déchets	42
Tableau 03 : Le rythme de pompage en régime transitoire.....	52
Tableau 04 : Identification de l'échantillon.....	54
Tableau 05 : Normes utilisées.....	54
Tableau 06 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'échantillon du forage DAS-IRARA.....	55
Tableau 07 : Moyennes des résultats physico-chimiques des eaux de la nappe.....	56

Table des Matières

Introduction Générale	01
-----------------------------	----

Chapitre I : Présentation de l'entreprise ENAGEO.

I.1. Présentation de l'ENAGEO.....	02
I.2. Historique de création	02
I.3. Champs d'intervention	05
I.4. Activités de l'ENAGEO	05
I.4.1. La Formation continue	05
I.4.1.1. Au niveau interne	06
I.4.1.2. Au niveau externe	06
I.4.1.3. A l'étranger	06
I.4.2. Activités annexes	06
I.4.2.1. Le forage hydraulique	06
I.4.2.2. La topographie	06
I.4.2.3. la géotechnique	07
I.5. La direction hydrologie et topographie	07
I.5.1. Le département forage	08
Conclusion	10

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

II.1. Introduction	11
II.2. Situation géographique	12
II.3. Cadre géologique	13
II.3.1. Cadre Géologique Régional	13
II.3.2. Cadre Géologique Local	13
II.3.3. Situation Géologique	14
II.3.4. Stratigraphie Du Champ	15

II.3.4.1. Le Crétacé	15
II.3.4.2. Tertiaire	16
II.4. Tectonique	18
II.5. Cadre Géomorphologique	18
II.6. Topographie	18
II.7. Cadre Hydrogéologique	19
II.7.1. Cadre Hydrogéologique Régional	19
II.7.2. Cadre Hydrogéologie Local	19
II.7.2.1. Nappe du Continental Intercalaire : « CI »	19
II.7.2.2. Nappe de Complexe Terminal « CT »	20
II.7.2.3. Nappe Phréatique	21
II.7.3. Caractéristiques Climatiques	24
II.7.3.1. Température « T° »	24
II.7.3.2. Pluviométrie	25
II.7.3.3. Humidité relative	25
II.7.3.4. Vent	25
II.7.3.5. Evaporation	25
Conclusion	26

Chapitre III : L'étude de la réalisation du forage SH/DAS IRARA

Introduction	27
Partie I : Généralités sur le forage	27
I.1. L'appareil de forage	27
I.1.1. Classification.....	28
I.1.2. Fonctions d'un appareil de forage	29
a. Fonction rotation	29
b. Fonction levage	30

c. Fonction pompage	34
I.2. Répartition des équipements de l'appareil de forage	36
I.2.1. Le matériel de fond	36
I.2.2. Le matériel de surface	36
I.3. Organisation du chantier	36
Partie II : Cas du forage SH/DAS IRARA	38
II.1. Situation du puits	38
II.2. La coupe lithographique du forage SH/DAS IRARA	39
II.3. Installation du chantier	40
II.3.1. Moyens matériels	40
II.3.2. Moyens Humains	40
II.3.3. Santé, sécurité et environnement (SSE)	41
II.4. Architecture de puits	43
II.4.1. Déroulement des travaux	43
a. Phase I : Construction de l'avant puits	43
b. Phase II : Colonne de production	43
c. Phase III : Colonne de captage	44
II.4.2. Analyse du Programme de forage	44
a) Phase de démarrage 26''	44
b) Phase 12 ^{1/4}	45
c) Phase 17 ^{1/2}	45
d) Phase 12 ^{1/4}	45
II.4.3. Description de l'équipement	45
III.1. déroulement des essais in-situ	47
III.2. Complétion et développement	47
III.2.1. Complétion	47

III.2.2. Développement	47
III.2.2.1. Développement par compresseur (l'air lift)	48
III.2.2.2. Opération de développement de forage SH/DAS IRARA	49
III.2.3. Les essais de pompage	50
III.2.3.1. Le type de la pompe	50
III.2.3.2. Réalisation des essais de pompage de forage SH/DAS IRARA	50
a. Les types des essais de pompage	51
b. Nature et fréquence des observations	51
c. L'opération de l'essai	51
d. Avant l'essai de pompage	52
e. Les caractéristiques de la pompe	53
f. Les résultats	53
IV. Analyse physico-chimique du fluide	54
IV.1.1. Méthodes utilisées pour l'échantillonnage et les analyses physico-chimiques	54
IV.2. Résultats des analyses	55
IV.2.1. Paramètres physiques	56
IV.2.2. Sels et salinisation	56
Conclusion	58

Chapitre IV : Stages d'immersion professionnelle.

Introduction	59
Stage 1	59
Partie I (du 21 mars ay 4 avril)	59
I.1. Déroulement de stage	59
Jour 1	59
Jour 2	59
Jour 3	60

Jour 4	60
a. Le tricône	60
b. Le stabilisateur	61
c. Le tubage	62
d. Les crépines	63
e. Le groupe électrogène	64
f. La pompe à boue	65
Jour 5 à fin de stage	65
1. Salle des essais chimiques	65
2. Salle des essais physiques	66
3. Salles des essais mécaniques	67
a. L'identification et la classification visuelle	67
Le Dernier jour	68
Partie II : (du 23 juin au 29 juin)	70
II.1. Les essais physiques	70
a. Essai poids spécifique et teneur en eau	70
b. Limites d'Atterberg	71
II.2. Les essais chimiques	74
a. Détermination du PH de l'eau et du sol	74
b. Détermination du taux de Carbonate (CaCO_3)	75
c. Détermination la teneur en chlorures	77
II.3. Les essais mécaniques	78
a. Cisaillement direct à la boîte	78
Stage 2	80
1. La boue bentonitique	81

2. l'indentification visuelle des cuttings	82
3. La diagraphie	83
Conclusion	87

Liste des abréviations

ENAGEO : L'Entreprise Nationale de Géophysique

HSE : Santé, sécurité, et l'environnement.

SASS : Système d'aquifère du Sahara Septentrional.

CI : Continental Intercalaire.

CT : Complexe Terminale.

API : American petroleum institute.

LSA : Lambert sud Algérie.

CRD : Centre de recherche et développement.

ASTM: American Society for Testing and Materials

Psf : poids spécifique humide

Pds spf h : poids spécifique moyen humide

Pds spf s : poids spécifique moyen sec

Résumé

Le forage SH/DAS IRARA captant l'Eocène Carbonaté à Hassi Messaoud à une profondeur de 340 m. L'essai de puits montre de bonnes caractéristiques hydrodynamiques, avec un rabattement faible de 0.7 m, il pourrait être exploité avec un débit de 12 l/s. Son eau présente une dureté et des teneurs en sulfates nettement supérieures aux normes et nécessite un traitement préalable.

Les opérations de forage, d'équipements et d'essais ont été réalisées par l'ENAGEO, filiale de la SONTRACH sur le site du forage et aux niveaux des laboratoires d'essais physiques, chimiques et mécaniques.

La colonne stratigraphique du forage F4 Chebli Blida d'une profondeur 203m, captant l'aquifère quaternaire de la Mitidja à été établie grâce à l'étude des cuttings. Les opérations de diaggraphie ont permis de préciser la perméabilité des couches traversées.

Mots clés : Forage SH/DAS IRARA, ENAGEO, Essai de puits, dureté, sulfates, laboratoires d'essais, cuttings, colonne stratigraphique, diaggraphie.

Abstract

The SH / DAS IRARA drilling capturing the Carbonate Eocene at Hassi Messaoud at a depth of 340 m. The well test shows good hydrodynamic characteristics, with a low drawdown of 0.7m and it could be operated with a flow rate of 12 l/ s.

Its water has a firmness and sulphate contents clearly superior to the standards and requires prior-treatment. The drilling, equipment and testing operations were carried out by ENAGEO, which is a subsidiary of SONTRACH on the drilling site and at the physical, chemical and mechanical testing laboratories.

The stratigraphic column of the F4 Chebli Blida borehole at a depth of 203m, capturing the Quaternary aquifer of Mitidja was established thanks to the study of cuttings and Logging operations made it possible to specify the permeability of the crossed layers.

Keywords: SH/DAS IRARA Drilling, ENAGEO, Well test, hardness, Sulphates, testing laboratories, cuttings, stratigraphic column, logging

ملخص :

تم انشاء بئر SH/DAS IRARA لرصد مياه L'Eocène Carbonaté الذي يبلغ عمقه 340 م، تظهر تجارب البئر خصائص هيدروديناميكية جيدة بانخفاض 0.7م، الذي يمكن من استغلال مردود مياه يقدر ب 12 لتر/ الثانية.

المياه تظهر صلابة احتواء على نسبة من السلفات أعلى من المعايير وتتطلب معالجة.

عمليات الحفر و التجهيزات و التجارب أنجزت من طرف شركة ENAGEO

التابعة لـ Sonatrach في موقع الحفر و على مستوى المخابر للتجارب الفيزيائية، الكيميائية والميكانيكية.

أنشئ العمود الستراتيغرافي لبئر F4 بالشبلي ولاية البليدة البالغ عمقه 203م الذي يرصد

. Les cuttings L'aquifère quaternaire المتيجي، بفضل دراسة

عمليات الدياغرافيا سمحت بتحديد نفاذية الطبقات المحفورة.

الكلمات المفتاحية :

بئر SH/DAS IRARA ، ENAGEO ، تجارب البئر، صلابة، سلفات، مخابر التجارب،

cuttings ، العمود الستراتيغرافي، الدياغرافيا.

Introduction générale

Dans le cadre de l'élaboration de notre mémoire de fin d'étude, nous avons eu l'opportunité d'effectuer un stage d'immersion professionnelle au sein de l'entreprise ENAGEO, une filiale de la SONATRACH basée à Hassi Messaoud.

Ce stage qui s'est déroulé en deux phases du 21 mars au 4 avril et du 23 au 29 juin 2021.

Constitue période de mise en situation en milieu professionnel, nous a permis d'appréhender les différentes étapes du déroulement d'un forage d'un puits d'eau ainsi que les essais nécessaires à sa mise en exploitation. Il s'agit du forage SH/DAS IRARA captant l'aquifère éocène carbonaté du complexe terminal.

Par ailleurs, pour compléter et parfaire nos connaissances nous avons effectués une sortie sur le chantier du forage F4 captant le quaternaire de la Mitidja dans la région de Chebli, pour une initiation à l'examen des échantillons de forage (cuttings) pour l'établissement de la colonne lithologique ainsi que le mode opératoire des diagraphies.

Le mémoire s'articule autour de quatre chapitres.

L'organigramme de l'entreprise ENAGEO avec ses différentes divisions est présenté dans le premier chapitre.

Le deuxième chapitre est consacré à la description géographique et un aperçu géologique et hydrogéologique de la zone d'étude.

Après des généralités sur le forage d'eau, le chapitre trois est consacré à l'étude des étapes du forage SH/DAS IRARA et aux essais de développement et de pompage. L'analyse physico-chimique de l'échantillon d'eau prélevé a été interprétée.

Le dernier chapitre est consacré aux essais de laboratoire. Trois laboratoires, physique, chimique et mécanique sont consacrés aux essais tout le long du creusement du forage.

Chapitre I :

Présentation de l'entreprise

ENAGEO

I.1. Présentation :

L'Entreprise Nationale de Géophysique (E.NA.GEO), est une filiale de la Sonatrach, au capital social de 30.000.000.000 DA, son chiffre annuel est de l'ordre de 100 millions de dinars. Son siège social est situé à Hassi Messaoud, et tout courrier lui parvient à l'adresse suivante : BP 140 Hassi Messaoud Ouargla.

L'E.NA.GEO a pour vocation la réalisation d'études de prospection pétrolière en utilisant la sismique réflexion consistant en l'enregistrement, le traitement et l'interprétation de la réaction du sous-sol à des vibrations créées artificiellement par des explosifs ou des vibrateurs. Elle essaie de gagner sa place sur le marché international malgré la rude concurrence des partenaires étrangers.

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, dont elle tire 91% de son chiffre d'affaires.
- Les études géotechniques, la topographie et les forages hydrauliques.
- Les études du sous-sol par des méthodes géophysiques dites potentielles (gravimétrie, magnétométrie, résistivité,...).

Présente sur la majeure partie du territoire national et agissant pour le compte de clients aussi bien algériens qu'étrangers, l'ENAGEO dispose de :

- 15 chantiers (ou missions) pour la réalisation d'études sismiques en 2D ou 3D au niveau du terrain ;
- Deux centres de calcul, à Ouled Fayet (Alger) et à Boumerdès, pour le traitement et l'interprétation des données sismiques ;
- 10 appareils de forage pouvant atteindre jusqu'à 800 m de profondeur ;
- Tout le matériel nécessaire à la sismique de puits, à la topographie et à la géophysique générale (méthodes électriques, gravimétrie,...etc).

I.2. Historique de création :

L'ENAGEO a été créée en août 1981 (décret 81-172 du 01/08/1981), à partir :

- D'ALGEO qui était une société mixte entre SONATRACH et Teledyne (américaine) depuis le 1er mars 1967.
- Du département géophysique et du service topographie de la Direction des Travaux Pétroliers (DTP) de SONATRACH.
- Du service de traitement sismique de SONATRACH.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise ENAGEO

- Sous tutelle du Ministère de l'Énergie et des Mines jusqu'en février 1989, elle acquiert alors le statut d'entreprise autonome dont les actionnaires sont les trois fonds de participation :
 - ✓ Mines, Hydrocarbures et Hydraulique : 40%.
 - ✓ Industries agroalimentaires : 30%.
 - ✓ Chimie, Pétrochimie et Pharmacie : 30%.

En 1998, après le remplacement des fonds de participation par des Holdings, SONATRACH rachète 51% du capital de l'ENAGEO qui devient alors la propriété :

- Du Holding Sonatrach Services Parapétroliers (SPP) : 51% ;
 - De la Société de Gestion des Participations Travaux Energétiques (SGP-TRAVEN) : 49%.
- Depuis 2005, elle est devenue une filiale SONATRACH à 100%. L'ENAGEO était actionnaire à 50% dans la société Libyo-Algérienne de géophysique (ALAGCO) jusqu'au 31 décembre 2007. Cette participation a évolué vers la création d'une représentation directe de l'ENAGEO sur le marché libyen par le rachat d'ALAGCO.

Dans leur souci de s'adapter constamment aux conditions du marché de la géophysique, de plus en plus exigeant et instable, les dirigeants de l'entreprise veillent à sa mise à niveau permanente, aussi bien en matière de compétence que de technologie, dans le respect des normes et standards internationaux, par le renouvellement continu de l'outil de production et la formation du personnel. C'est ainsi qu'après la certification de son système intégré QHSE (Qualité, Santé, Sécurité et Environnement) conformément aux exigences des normes internationales ISO 9001 : 2000, ISO 14001 : 2004 et du référentiel normatif OHSAS 18001 : 1999, l'ENAGEO a décidé, entre autres mesures :

- La mise en place des structures qui prennent en charge la communication et le maintien de son système QHSE.
- Le lancement d'un projet de réorganisation de ses structures pour l'optimisation de leur fonctionnement.
- La certification, selon la norme ISO/IEC 27001 : 2005, de son système de sécurité informatique.
- L'implantation du système ABC (Activity Based Costs) de comptabilité par activités, pour une meilleure maîtrise des coûts.
- La mise en place d'un système d'information intégré de type ERP (Enterprise Resource Planning).
- La conclusion de partenariats : le groupe chinois SINOPEC, pour le montage d'une mission sismique 2D commune ; la Compagnie Générale de Géophysique (CGG) pour le montage d'une équipe sismique 3D, ainsi que la mise à niveau et l'exploitation du centre de traitement de Boumerdès ; le Groupe américain GDC pour la mise à niveau et l'exploitation du centre de traitement d'Ouled-Fayet. [1]

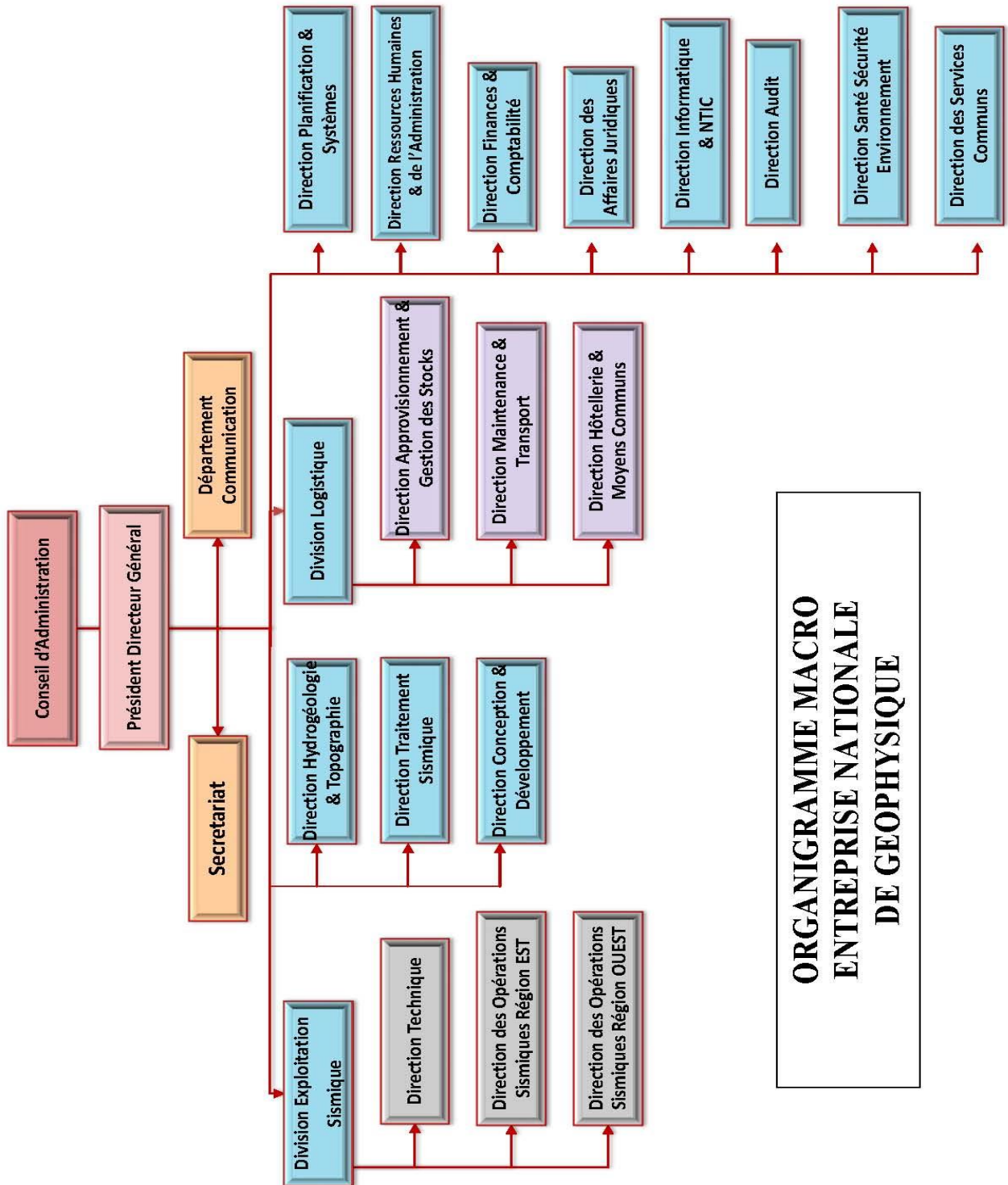


Figure 01 : Organigramme de l'entreprise.

I.3. Les champs d'intervention :

L'ENAGEO exerce une activité de prospection géophysique qui représente la première étape du processus industriel pétrolier. Elle s'inscrit dans le secteur parapétrolier qui comprend l'ensemble des sociétés qui réalisent les travaux d'études et de constructions nécessaires à l'exploitation des gisements.

C'est le secteur de l'exploration production comprenant la sismique, le forage et les équipements de forage, les services en cours de forage et plus généralement un ensemble de compétences appelées techniques 3G (géologie, géophysique, gisements).

L'objet de l'entreprise est donc de réaliser toute étude de prospection et de recherche des hydrocarbures et autres substances minérales par des méthodes de géophysique, de concevoir, définir et proposer les nouvelles techniques et méthodes dans le domaine de la géophysique aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur du territoire national.

Parmi les principaux clients auxquels l'ENAGEO a offert ses services sur le territoire national et international :

- Compagnie nationale : SONATRACH
- Compagnies nord-américaines : ANADARKO- OXY-PHILLIPS- PETROKANADA- ARCO- COHO- MOBIL- ENCOR- BURLINGTON- HUNT Niger- WASCANA- AMERADA-HESS.
- Compagnies sud-américaines : PLUSPETROL.
- Compagnies européennes : AGIP Algeria- AGIP Tunisia- NESTE- BP-REPSOL- TOTAL- CEPESA.
- Compagnies australiennes : BHP.
- Compagnies asiatiques : JNOC- PETRONAS.

Pour réaliser et maintenir ses parts de marché, préserver son statut de leader dans ses activités, répondre aux exigences des clients et autres exigences légales et réglementaires et améliorer ses performances, l'ENAGEO s'est dotée d'une configuration structurelle dynamique. [2]

I.4. Activités de l'ENAGEO :

I.4.1. La formation continue :

La formation du personnel est considérée comme une des priorités de la stratégie de l'entreprise. Le grand effort d'investissement consenti par l'E.NA.GEO a été accompagné par un effort similaire en matière de formation des ressources humaines pour les rendre aptes à utiliser les nouveaux matériels et les nouvelles techniques.

Les actions de formation se sont poursuivies aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'entreprise pour l'ensemble des catégories socioprofessionnelles.

I.4.1.1. Au niveau interne :

Différents cours ont été dispensés en QHSE, en géophysique, en mécanique hydraulique, en anglais et en secrétariat.

I.4.1.2. Au niveau externe :

Les actions de formation ont porté sur plusieurs thèmes tels que la sismique, l'informatique, le forage, la gestion...etc.

I.4.1.3. A l'étranger :

Plusieurs agents ont suivi divers stages pratiques de courte durée, auprès des fournisseurs d'équipements, d'autres agents ont participé à des rencontres et séminaires internationaux.

I.4.2. Activités annexes

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 la **Direction Hydrogéologie et Topographie (DHT)** qui assure les domaines d'activité stratégiques :

- Le forage hydraulique ;
- Les travaux de topographie et de bathymétries ;
- La géotechnique (analyses en laboratoire).

I.4.2.1. Le 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.

I.4.2.2. La 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 :

Chapitre I : Présentation de l'entreprise ENAGEO

- 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.

I.4.2.3. La géotechnique :

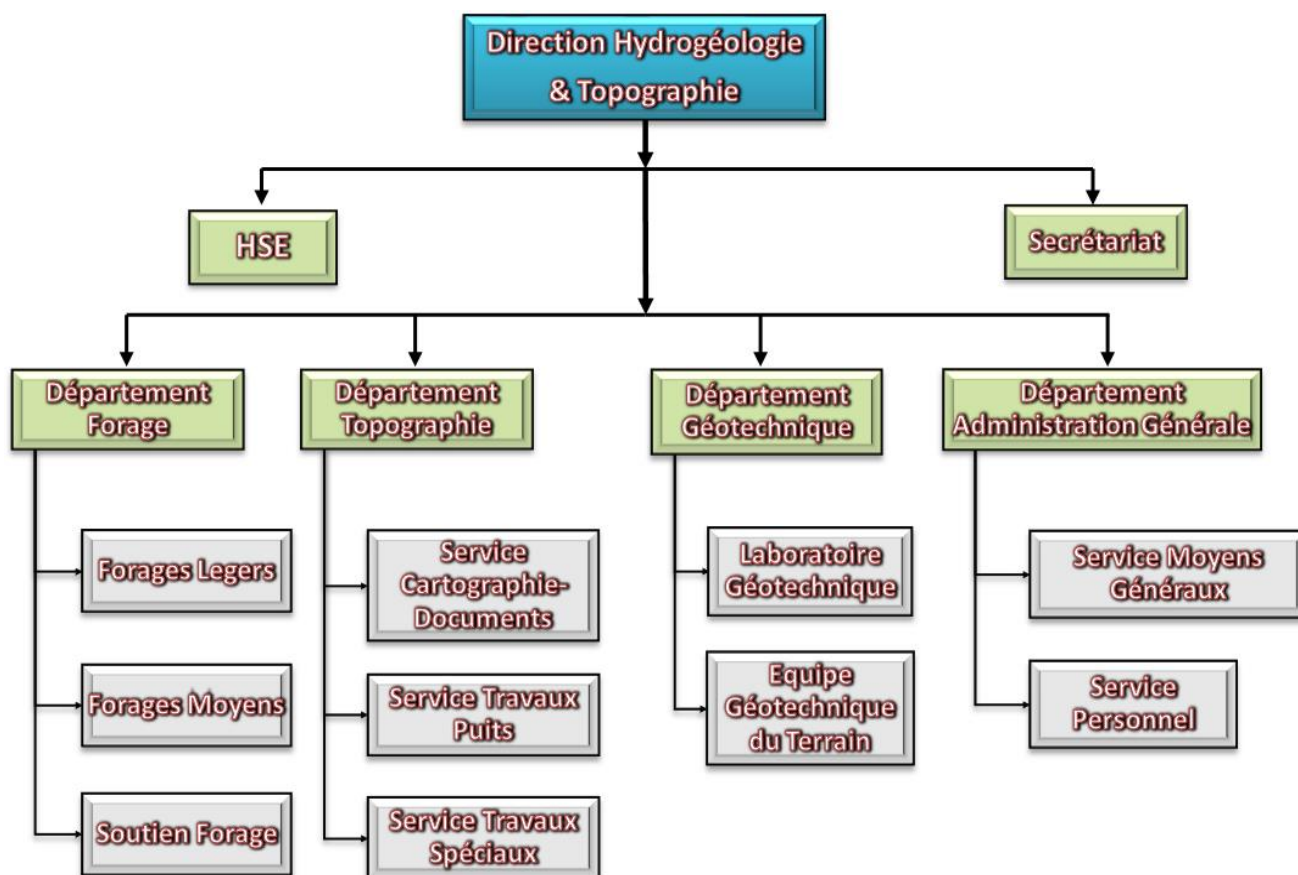
Principalement l'étude de la mécanique des roches, qui consiste à déterminer d'une manière directe les caractéristiques pétrochimiques des roches et leurs compositions chimiques, en ayant recours à plusieurs tests et méthodes d'investigation (test de dureté, test d'acidité et de salinité, mesure de porosité et de perméabilité, prélèvement de carottes).

Ces différentes activités sont réalisées par la Direction Hydrogéologie & Topographie (DHT).

I.5. La direction hydrogéologie et topographie :

C'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.



I.5.1. Le département forage

Elle a été créée 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, à savoir : les collectivités locales, DHW, DSA, CDARS ainsi que pour Sonatrach et ses associés. 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 de puits 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 nos clients. Quant aux essais de débit des puits sont assurés par l'unité de servicing.

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

02 Chefs de chantier assurant la gestion technico-administrative du chantier, 02 Chauffeurs, 02 Cuisiniers, 02 Serveurs, 04 Equipes de forage dont (02) en congé et chacune d'elles est composée comme suit : 01 Chef de poste, 01 Accrocheur, 02 Sondeurs.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise ENAGEO

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 & 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 & 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.

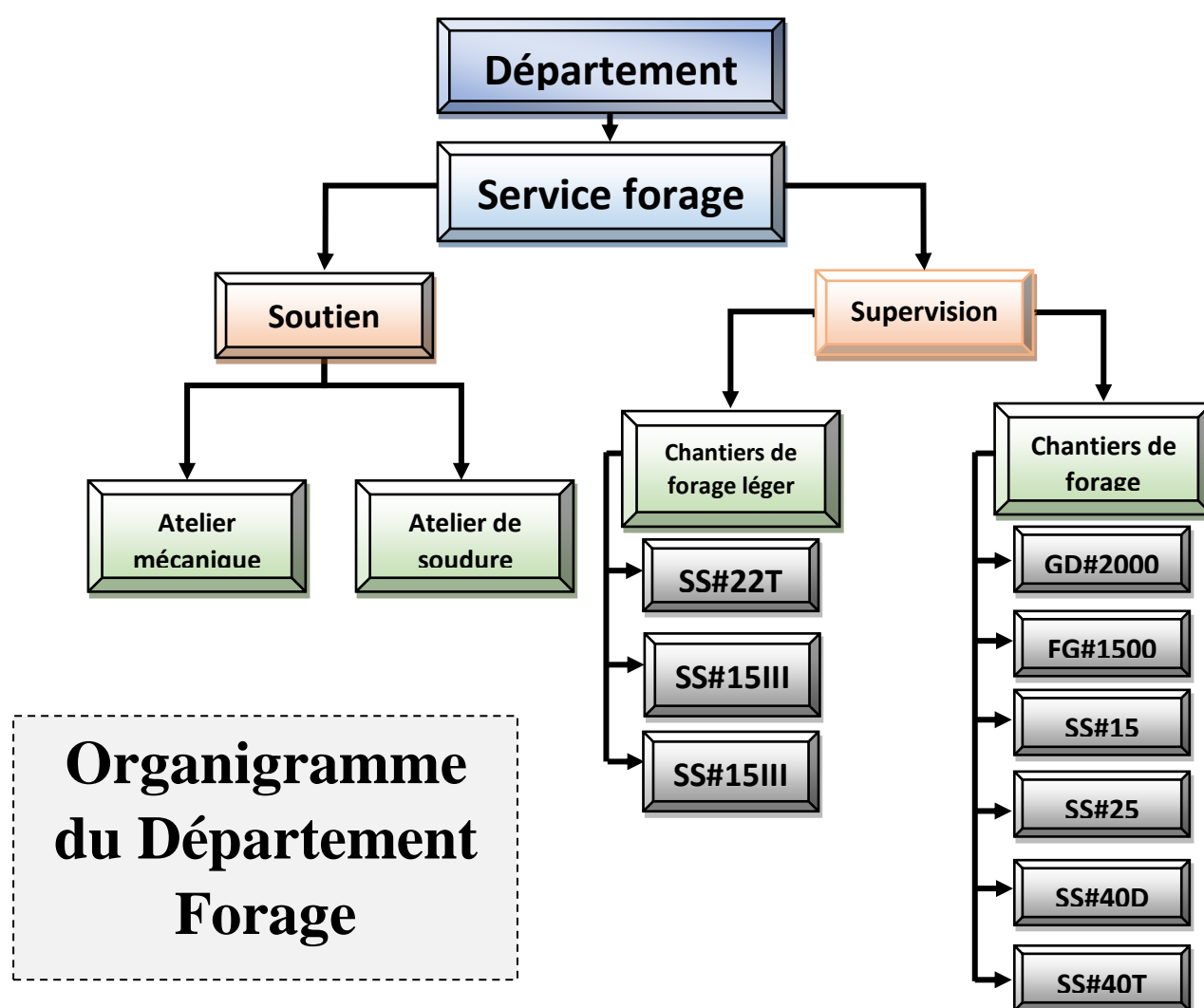


Figure 03 : L'organigramme du département forage.

Conclusion :

La présentation de l'ENAGEO nous a permis de comprendre le fonctionnement de ses différentes divisions plus particulièrement le département forage.

Ce département supervise toutes les opérations concernant les réalisations des forages d'eau.

Chapitre II :
Présentation de la zone
d'étude

II .1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous présenterons les principaux aspects géologiques hydrogéologiques ainsi que les caractères climatologiques de notre région d'étude en nous basant sur des documents bibliographiques.

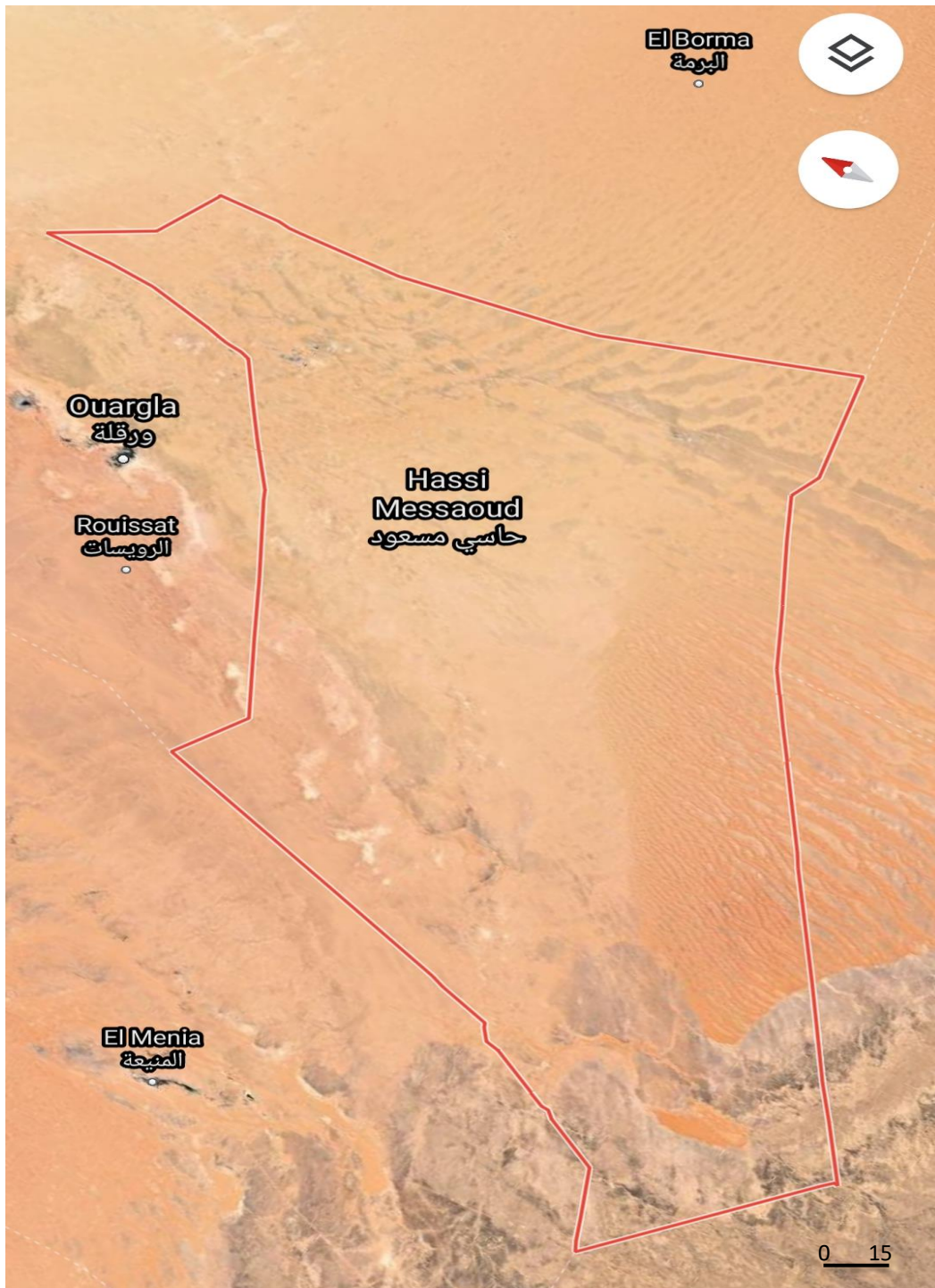


Figure 01 : Photo satellite de la région de Hassi Messaoud (HMD).

II.2. Situation géographique :

Le champ de Hassi Messaoud est considéré comme l'un des plus grands gisements dans le monde. Il fait partie d'un ensemble de structures forment la partie Nord de la province triasique, et se situe à environ 850Km au sud, sud-est d'Alger, à 280Km au S.E du gisement de gaz condensat de Hassi R'mel, et à 350 Km à l'ouest de la frontière tunisienne » fig.-1 ». Il s'étend sur 2500Km², il a pour coordonnées Lambert [3] :

X= [790.000 – 840.000] Est

Y= [10.000 – 150.000] Nord.

Et il est encadré par les latitudes 31°et 30'et 32'' .00 Nord.

Et les longitudes 5° 40'et 6'' .20est .

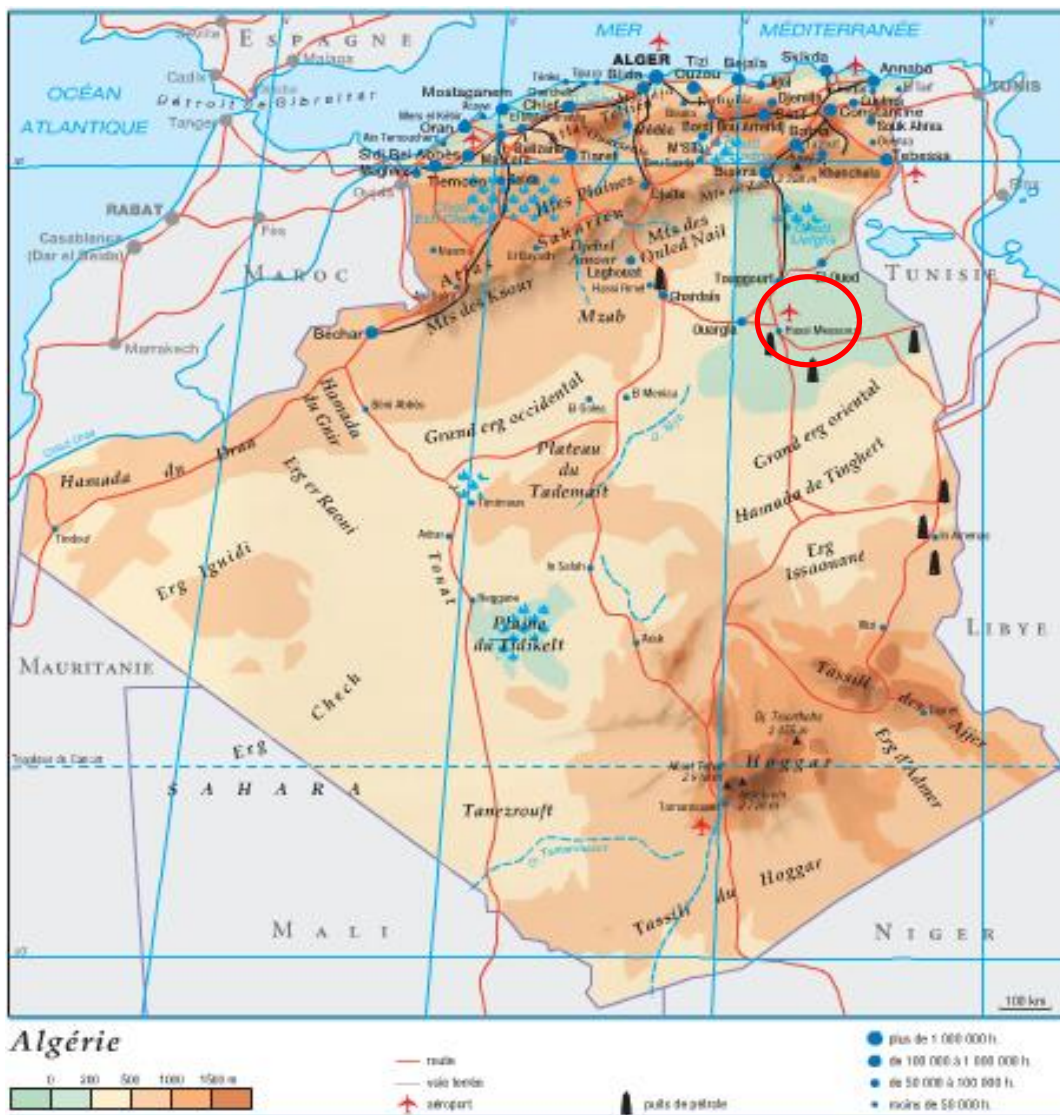


Figure 02 : Situation géographique de la région HMD [3]

II.3. Cadre géologique :

Du point de vue structural, la région de Hassi Messaoud correspond à un vaste anticlinal qui s'est formé au paléozoïque et s'est estompé progressivement avec les dépôts successifs des terrains sus-jacents à partir du crétacé supérieur, la région HMD constitue un plateau monoclinale orienté vers le nord – est[3]

II.3.1. Cadre Géologique Régional :

La région de Hassi Messaoud fait partie du bas Sahara, qui se présente comme une cuvette synclinale, elle est caractérisée par un remplissage sédimentaire plus au moins circulaire ayant un diamètre de 600 Km où le niveau du sol désertique est proche et même parfois au-dessous de l'altitude de Zéro, les profondeurs les plus importantes se situent au Nord dans la fosse Sud Aurésienne.

Il s'étend du pied de l'Aurès au Nord jusqu'au Tassili primaire, au Sud de la bordure du grande Erg occidental, à l'Ouest jusqu'au-delà de la frontière libyenne.

Tous les terrains affleurent plus au moins sur les bordures, depuis le cambrien jusqu'au tertiaire, s'enfonçant sous la couverture sédimentaire en grande partie dissimulée par le grand oriental.

Les Sondages pétroliers ont beaucoup apporté puisqu'ils ont atteint le socle précambrien entre 300 et 4000 mètre et ont permis d'avoir quelques coupes complètes.

Le bas Sahara est structuralement divisé en deux parties par les failles Hercyniennes du Hoggar, s'avancent loin vers le nord, la plus importante est celle d'Igharghar qui monte vers le Nord jusqu'à Hassi Messaoud

Elle est connue sous le nom d'Amguid El biod. Le bas Sahara peut ainsi se subdiviser en deux bassins :

Le bassin occidental du Tadmait.

Le bassin Oriental du Tinhert. [3]

II.3.2. Cadre Géologique Local :

Dans la région de Hassi Messaoud (HMD), on rencontre des terrains de l'Aptien jusqu'au Mio-pliocène, ce dernier est le seul qui affleure, recouvert par endroits d'une faible épaisseur de dépôts quaternaires, erg et dunes [3].

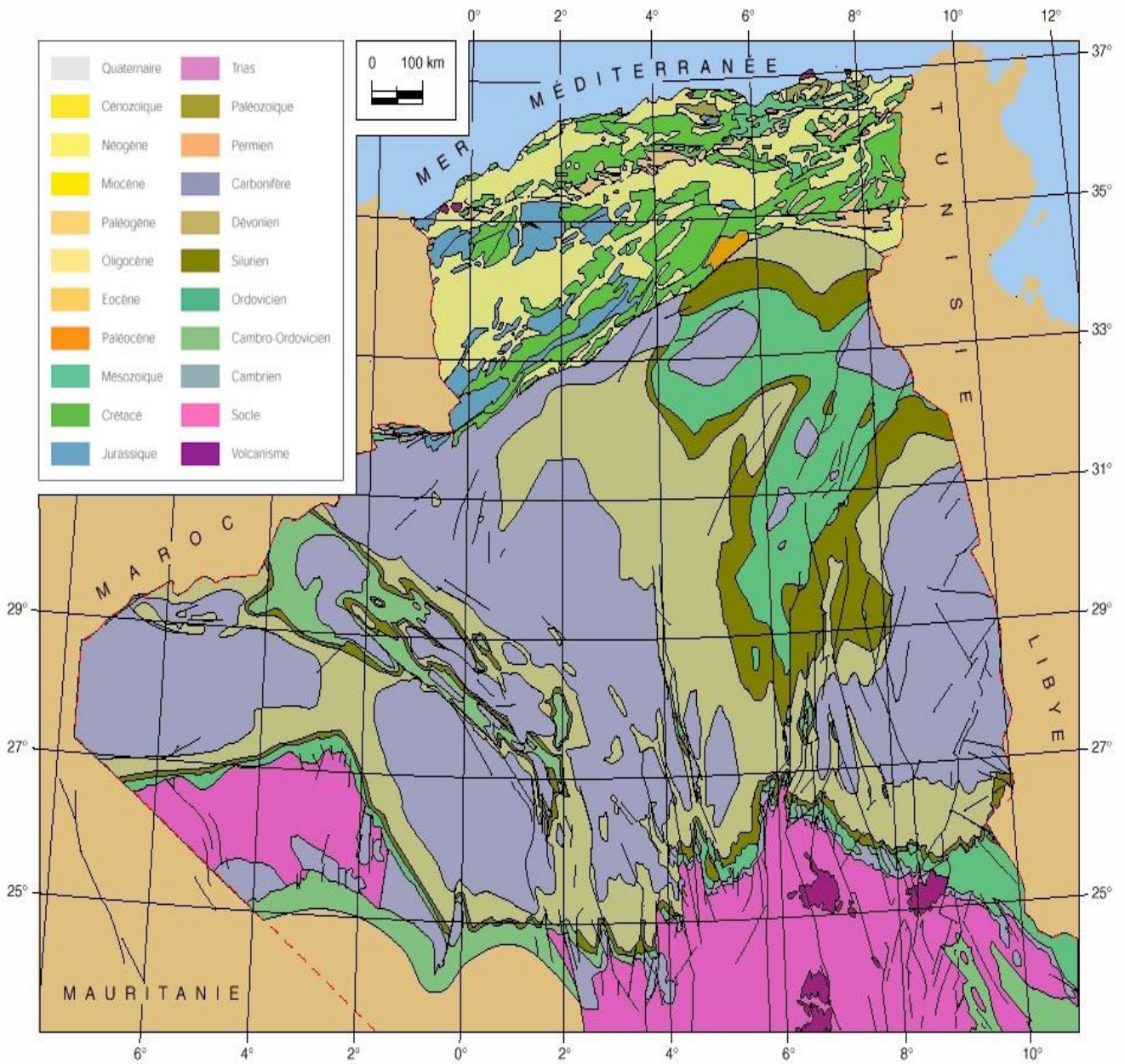


Figure 03 : La carte Géologique de l'Algérie[3].

II.3.3. Situation Géologique :

Le champ de Hassi Messaoud occupe la partie centrale de la province triasique.

Il est limité[3] :

- Au N.W. par Ouargla « Gellala, ben kahla, et Haoud Berkaoui ».
- Au S.W. par El Gassi, Zotti et El Agreb.
- Au S. E. par Rhourd El Baguel et Mesdar.

Géologiquement, il est limité :

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

- A l'ouest par la dépression de Ouad M'ya
- Au Sud par le môle d'Amguid el Biod.
- Au Nord par la Structure Djamaa, Touggourt.
- A l'est par le haut fond de Dahar, Rhourd El Baguel, et la dépression de Ghadamès.

II.3.4. Stratigraphie Du Champ :

Sur la dorsale de HMD, une bonne partie de la série stratigraphie est absente.

Ce sont des dépôts du paléozoïque reposant sur un socle granitique qui ont été érodés au centre de la structure au cours de la phase hercynienne.

De ce fait, les dépôts mésozoïques reposent en discordance sur le cambro-ordovicien. En allant vers la périphérie du champ, la série devient plus complète de la base au sommet [4].

II.3.4.1. Le Crétacé :

Son épaisseur moyenne est de 1620m. il est constitué de Sept étages ; de la base au sommet on distingue :

- **Néocomien** : son épaisseur est 182m.

Il comprend deux niveaux :

A la base un terme gréseux constitué de grés et de quelques passées d'argile avec des passées de grés.

Au sommet un terme argileux représenté par des argiles avec de nombreuses intercalations de calcaire et de dolomie.

- **Barrémien** : son épaisseur moyenne est de 280m.

Il est formé de grés fins à moyens carbonatés à plages d'anhydrite, alternant avec des niveaux d'argiles gréseuses et dolomitiques.

- **Aptien** : son épaisseur est de 25m.

Il est représenté par deux bancs dolomitiques encadrant un niveau argileux.

La limite Aptien – barrémien coïncide avec la barre calcaire-Dolomitique qui représente un bon repère sismique.

- **Albien** : son épaisseur moyenne est de 350m.

Constitué de grés et de sable fin, avec des intercalations d'argile siliceuse, il représente une immense nappe aquifère.

- **Cénomaniens** : son épaisseur moyenne est de 145m.

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

Alternance d'anhydrite et d'argile brun-rouge, de marne grise et de dolomie. La limite Cénomaniens-Albien coïncide avec le passage des séries évaporatoires aux séries plus gréseuses de l'Albien.

- **Turonien** : son épaisseur moyenne varie de 70 à 120m.

Alternance de calcaire dolomitique et calcaire argileux, calcaire dolomitique et calcaire crayeux, au sommet apparaissent les bancs de calcaire. Le Turonien présente une nappe d'eau salée.

- **Sénonien** : son épaisseur moyenne est de 450m.

A la base, une série lagunaire présentant des bancs massifs de sel et des alternances d'anhydrite, dolomie et d'argile grise, au sommet, une série carbonatée présentant des bancs de calcaire dolomitique argileux et des bancs d'anhydrite.

II.3.4.2. Tertiaire :

Son épaisseur moyenne est de 360m.

Il est constituée de calcaire dolomitique à l'Éocène et d'un recouvrement de type sableux au Mio-Pliocène.

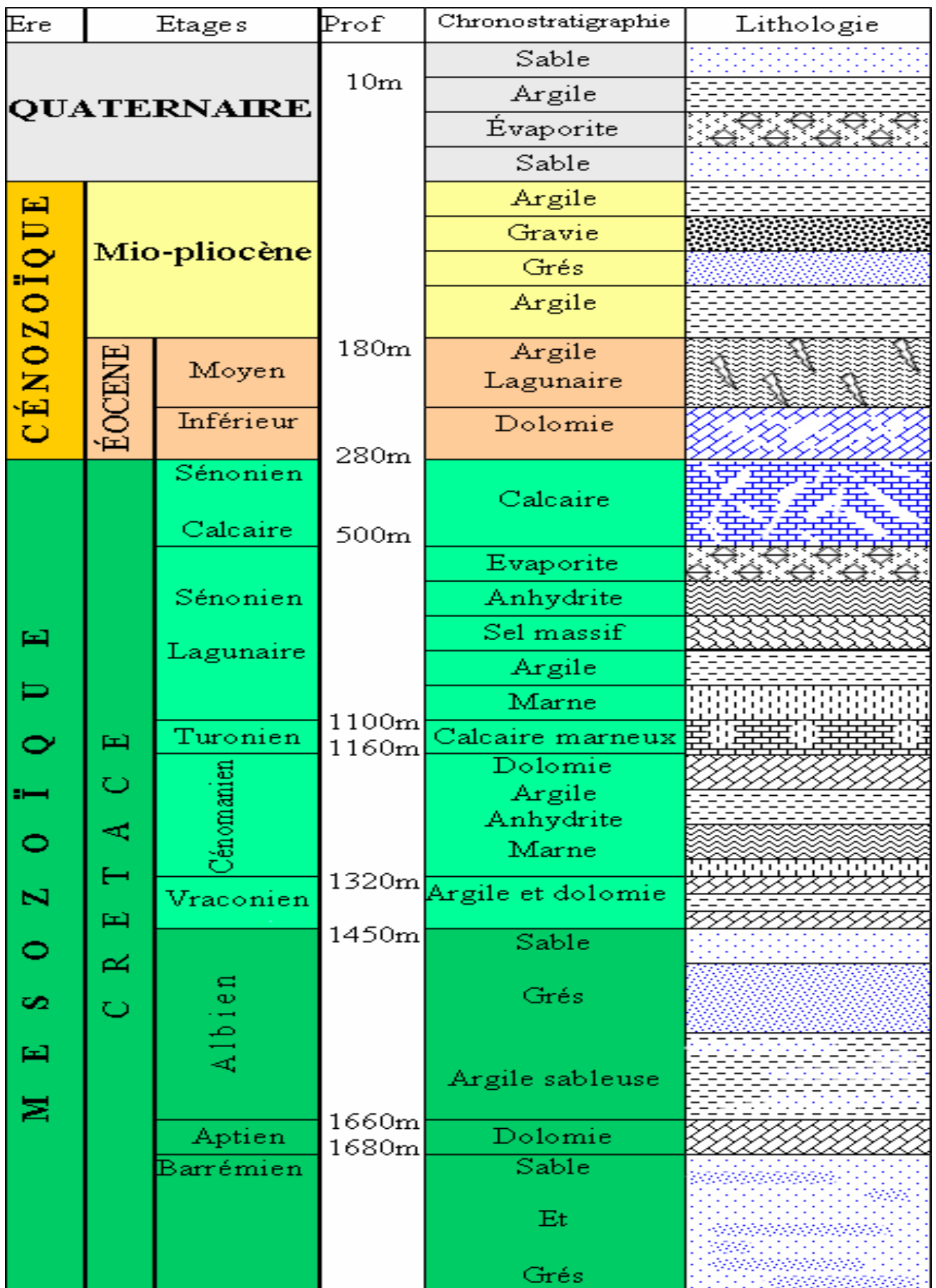


Figure 04 : Coupe Stratigraphique de la région HMD.

II.4. Tectonique :

La zone de Hassi Messaoud correspond à un vaste anticlinal très aplati, légèrement faillé et orienté SSW-NNE, elle est située entre les dépressions de l'oued mya à Ghadamès à l'Est. Cet anticlinal a commencé à se former pendant le paléozoïque inférieur, l'érosion a attaqué les différentes formations, surtout dans la partie centrale de la structure où les niveaux d'âge cambrien ont été mis à nu. Le trias vient recouvrir en discordance l'ensemble des terrains antérieurs. Au fur et à mesure des dépôts successifs, l'allure anticlinale s'est estompée.

Actuellement en surface, la monotonie et l'uniformité de la topographie du champ de HMD ne sont qu'apparentes en réalité, il existe une structuration et une fracturation réelle dont l'étude s'est avérée intéressante et utile pour les travaux en cours « étude réalisée par l'IGN en 1969, assurée par J.MARCHAND »

Il existe toute une série de phénomènes observables sur les photos aériennes, les mieux marqués sont surtout visibles dans la moitié Sud du champ, où de véritables fractures linéaires majeures sont visibles en surface, elles s'accompagnent d'un pendage NE pouvant atteindre 5 à 10°, visible sur le terrain.

II.5. Cadre Géomorphologique :

La région de HMD appartient au sous-bassin saharien, on distingue :

- **La Hamada Méso-pliocène** : c'est une formation continentale détritico-argileuse, qui

forme des plateaux dont l'altitude varie de 150 à 180m.

- **Les formations sableuses** : correspondant aux dunes et aux cordons d'erg.
- **Les étendues** : correspondant aux enclaves des lits d'Oueds.

Les deux grands oueds qui traversent la région de HMD sont l'Oued mya et l'Oued Igharghar, ce dernier est le plus important.

II.6. Topographie :

L'altitude moyenne de la région est de 170m, pour les plateaux de hamada, 140m à 150m pour les fonds des Oueds, avec des rares cuvettes pouvant atteindre 130m on note que les altitudes décroissent vers l'Est.

II.7. Cadre Hydrogéologique :

Dans le cadre de la reconnaissance de la Région d'études, on a proposé cette partie relative au traitement des informations hydrogéologiques typiques de la région de Hassi Messaoud.

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

Notre étude Hydrogéologique est une étude complémentaire qui nous permette d'identifier et situer la région d'étude Hydro géologiquement, d'autre part la vérification de la présence d'aquifère ou non, ainsi que sa profondeur pour éviter tous les problèmes liés à la présence de l'eau car ce dernier joue un rôle souvent néfaste.

II.7.1. Cadre Hydrogéologique Régional :

Ce qui caractérise la région d'étude est que la série sédimentaire débute par les formations marines paléozoïques renfermant de l'eau salée et des gisements de pétrole et de gaz, elles sont surmontées en discordance sur plus de 2000mètres par les formations litho stratigraphique du secondaire et du tertiaire. Le quaternaire est essentiellement constitué de sables dunaires pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres d'épaisseur.

La structure générale est celle d'un grand bassin sédimentaire avec des pendages en général faibles. La série est affectée par de grandes failles subverticales sur toute son épaisseur ; les plus importantes sont la zone de fracture sub-atlasique au Nord –est et la dorsale d'Amguid El Biod au centre de sous bassin Oriental.

II.7.2. Cadre Hydrogéologie Locale :

Dans la région d'étude, on va s'intéresser aux deux nappes aquifères :

II.7.2.1. Nappe du Continental Intercalaire : « CI » :

Elle est captée par 44 forages présentant des profondeurs comprises entre 900 et 1500 m de la nappe l'albien « les logs litho stratigraphiques des forages captant la nappe de L'albien montrent que cette dernière est formée essentiellement des grés avec quelques passages d'argiles, sa profondeur peut atteindre 1200m ».

Le débit prélevé à partir de cette nappe est évalué à $19\text{Hm}^3/\text{an}$ dont 99% sont utilisés pour les besoins industriels « TAB-01 ».

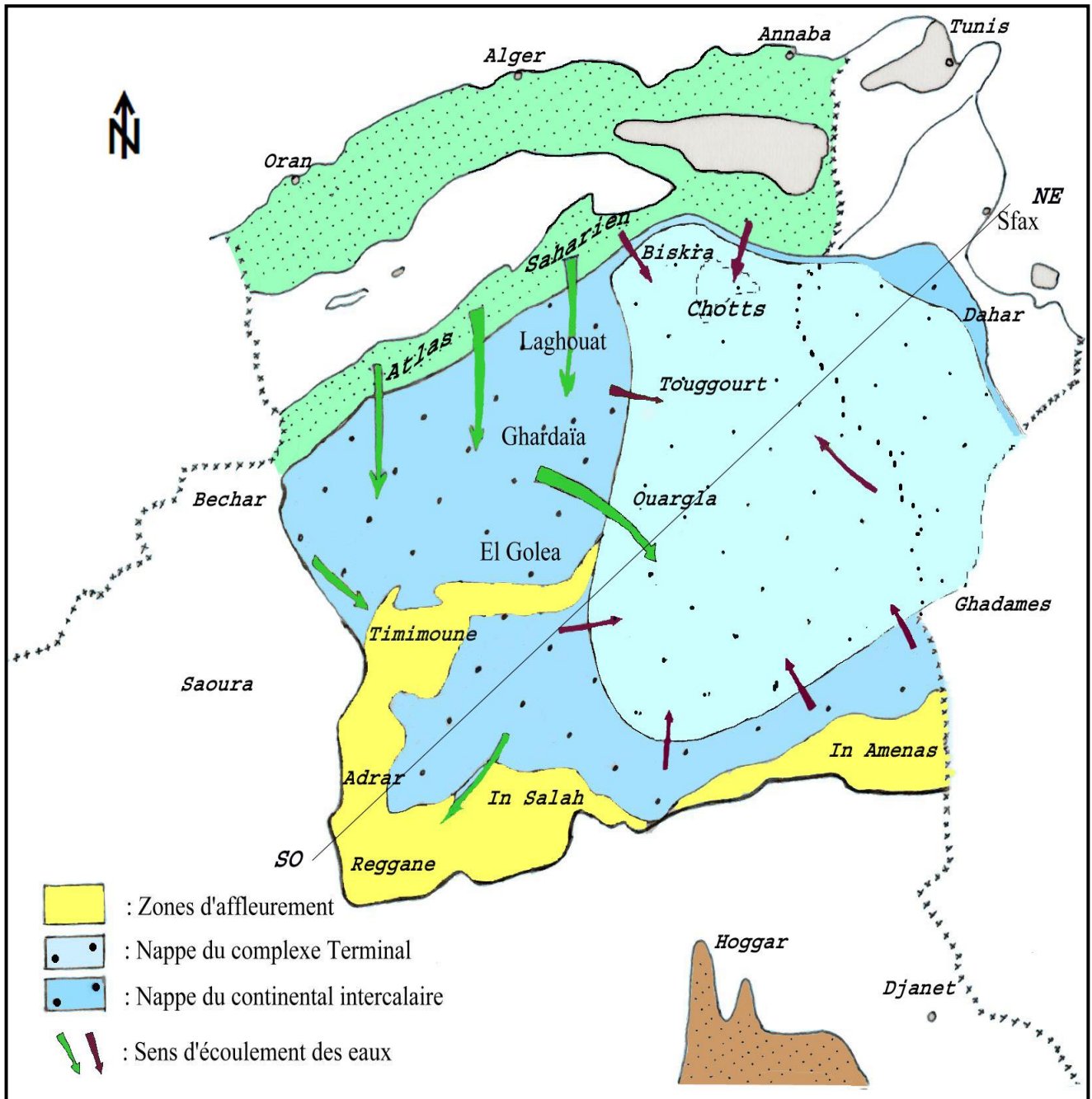


Figure 05 : les deux systèmes Aquifères de Sahara le (CTI) & (CI).

II.7.2.2. Nappe de Complexe Terminal « CT » :

Les forages captant cet horizon aquifère ont une profondeur variant entre 80 et 390m. Le débit exploité par forage varie de 10 à 40L/S.

L'exploitation de cette nappe est assurée par 109 forages, fournissant annuellement un débit de 28Hm³ dont 16Hm³ (57%) destinés à l'alimentation en eau potable et 10Hm³ (36%) à l'industrie « Tab-2 ».

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

Dans la région de Hassi Messaoud trois nappes qui composent le complexe terminal. Elles sont :

- La nappe du turonien
- La nappe sénonien
- La nappe du MIO6Plioc7ne

- **La nappe du Turonien :**

Elle est formée essentiellement du calcaire fissuré et se trouve à une profondeur de 800m, avec une épaisseur généralement faible, de 75m.

- **La nappe du Sénonien Carbonatée :**

Essentiellement carbonatée se trouve à une profondeur de 300m, séparée de l'aquifère du turonien par la série imperméable de sénonien salifère.

- **La nappe de Mio-pliocène :**

Elle montre une hétérogénéité de formation. Il s'agit de gros graviers à moyens des sables grossiers à fins, des lentilles d'argiles, d'argiles calcaires, des marnes et calcaires.

Cette aquifère reconnue sur une épaisseur de 150m est libre

II.7.2.3. Nappe Phréatique :

(Prof moy=25m). Elle est exploitée par 32 puits dont 13 sont exploités, fournissant un volume de 0.3Hm³/an.

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

Tableau 01 : Données générales sur la nappe du continental Intercalaire « Albien » CI :

Etendue	600.000km ²
Epaisseur totale (m)	50à100
Profondeur (m)	60à2400
Profondeur aux toits (m)	20à2000
Débit (l/s)	50à400
Niveau statique par rapport au sol (m)	Artésien
Rabattement par rapport au NS(m)	Artésien (25bars)
Transmissivité (10 ⁻³ m ² /s)	10à30
Coefficient d'emmagasinement (10 ⁻⁴)	6à1200
Alimentation moyenne (hm ³ /an)	270
Réserve théorique calculée (m ³)	60.000x10 ⁹
Température (c°)	25à70
Salinité des eaux g/l	0.5à6

Tableau 02 : Les caractéristiques physico-chimiques des eaux des nappes de complexe terminal CT :

Paramètres	Nappe de sable	Nappe de calcaire
PH	7.35 – 7.93	7.37 -7.69
Température Tc°	23- 25c°	24- 26.3c°
Conductivité	3600 – 7600ms/cm	1900 – 3000ms/cm
Facies chimique	Chlorure et sulfato-sodique	Sulfate et chloruro-calcique
Minéralisation totale	3- 7g/l	1.5 – 5.5g/l

D'après étude erness et l'actualisation de 1983

Débit fictifs continus en l/s

Tableau 03 : Exploitation des nappes du HMD :

		Exploitation effective			Prévisions		
		1950ou1956 (CT) (CI)	1970	1981	1990	1950	2000 ou 2010
Hassi Messaoud	CT		100	217 ³	269	9.902	9.940
	CI		255	278 ⁴	968	1.381	1.209
	Total		355	495	1.237	11.383	11.149

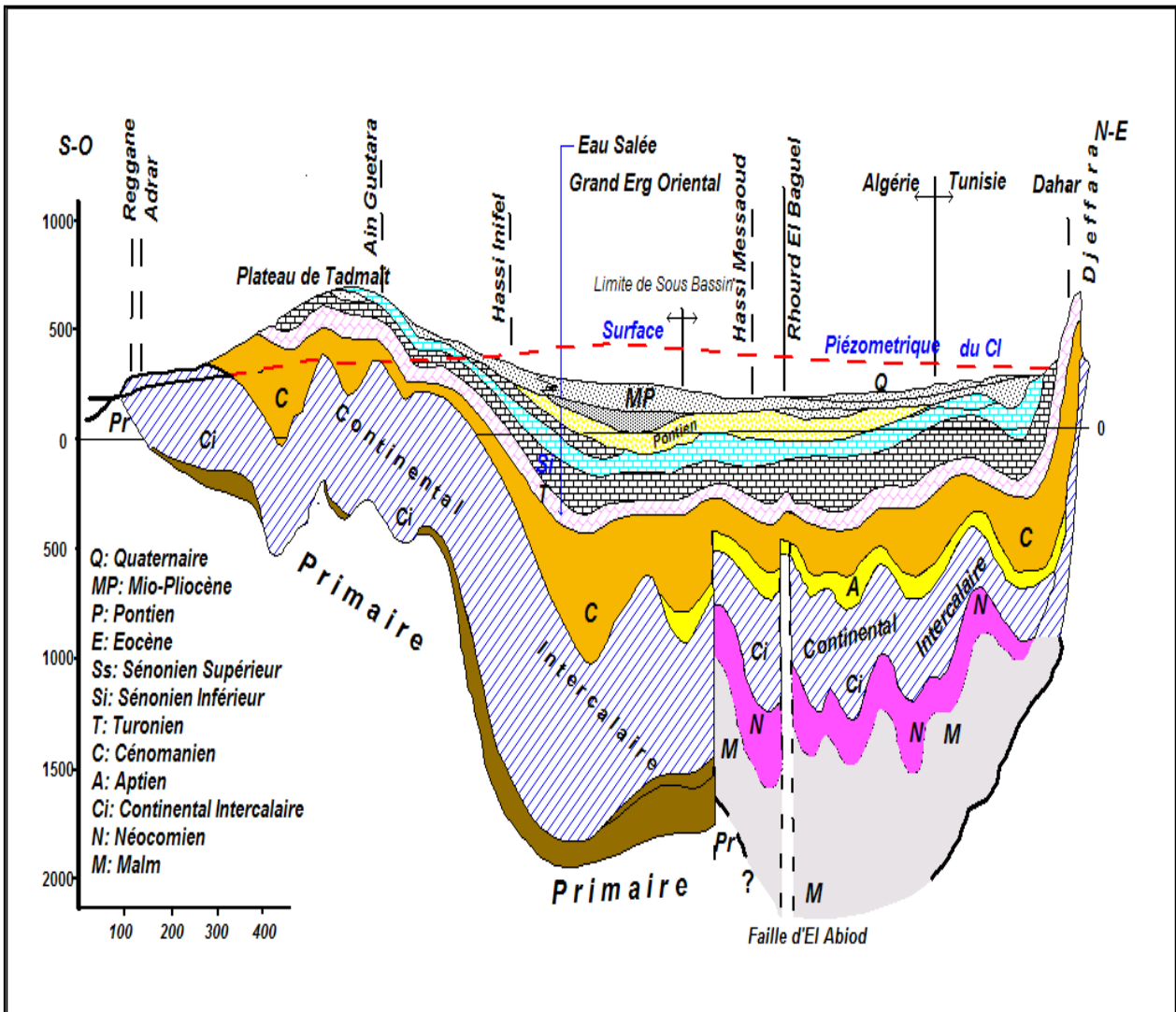


Figure 06 : Coupe Hydrogéologique à travers le Sahara [UNESCO.72]

Coupe hydrogéologique schématique du bassin hydrogéologique (UNESCO, PROJET ERESS, 1972) MP - Mio-Pliocène ; s- formation sablo-graveleuse du complexe terminal, du Crétacé supérieur au Miocène ; Si- Sénonien inférieur argilo gypseux ; T- Turonien dolomitique (aquifère à eaux salées) ; C- Cénomaniens argileux et évaporites ; CI - formation géologique perméable sablo gréseuse du C.I. Du crétacé inférieur Substratum de l'aquifère : N - Néocomien argileux ; M – Malm.

II.7.3. Caractéristiques Climatiques :

Le climat est l'ensemble des éléments qui dans leur succession habituelle, au cours d'une période déterminée, caractérisent l'atmosphère et concourent à donner à chaque point de la terre son individualité. Les facteurs climatiques contribuent à accentuer la population de l'environnement. Aussi faut-il les étudier et les quantifier pour pouvoir connaître leurs impacts sur la pollution de l'environnement. La région étudiée comporte une station météorologique fonctionnelle. Nous disposons de données météorologiques sur une

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

période de 10 ans (2008-2018) (tableau 4). Dans notre région d'étude l'aridité est due aux faibles précipitations et irrégulières et des températures extrêmement élevées, d'où une évapotranspiration importante et une humidité faible. Toutes ces caractéristiques ont un impact direct ou indirect sur l'environnement et l'être humain.

II.7.3.1. La température :

Le froid diminue la volatilité de certains gaz tandis que la chaleur est nécessaire pour les processus photochimique. La région de Hassi Messaoud se caractérise par les très fortes températures mensuelles, surtout en saison estivale. Les températures moyennes mensuelles maximales et minimales augmentent progressivement pour atteindre un maximum au mois de Juillet avec 47,29 °C et diminuer de la même façon pour atteindre un minimum au mois de Janvier avec 4.84 °C.

II.7.3.2. La pluviométrie :

Les précipitations qui conditionnent la disponibilité en eau agissent par leur quantité totale cumulée (annuelle ou mensuelle) et leur mode de répartition. La région de Hassi Messaoud est caractérisée par une pluviométrie faible et irrégulière dans le temps et dans l'espace. A partir de tableau 04 où on observe que la moyenne annuelle des précipitations est de 28, 21mm. Le maximum des précipitations est de 7,98mm au mois de Novembre, il s'agit de mois pluvieux, par contre les mois le plus sec, est Juin et Juillet avec 0mm.

II.7.3.3. Humidité relative :

L'humidité joue un rôle dans "le captage" des particules polluantes et les gouttelettes d'eau en suspension retiennent les polluants, ce qui accroît leur stagnation, On remarque que l'humidité est très faible à Hassi Messaoud ceci est due à sa situation géographique. La moyenne annuelle (Tableau 04) est de 39,36% le taux d'humidité varie d'une saison à une autre, le maximum d'humidité étant de 62,4% pour le mois de Décembre et le minimal de 20,47% au mois de Juillet à cause des fortes évaporations et des vents chauds durant ce mois.

II.7.3.4. Vent :

La vitesse et la direction du vent jouent un rôle important dans le déplacement des polluants ; plus la vitesse est élevée plus la pollution est réduite. D'après le (tableau 04), la vitesse moyenne annuelle des vents de la région de Hassi Messaoud est 3.36 m/s, avec un maximum de 4,5 m/s au mois de Mai, et un minimum de 2,35% m/s au mois de Janvier. Les vents dominants de la région de Hassi Messaoud sont celles du Nord et Nord -Nord Est.

II.7.3.5. L'évaporation :

Selon le tableau 04, l'évaporation est maximale au mois de Juillet avec 442,6mm et minimale au mois de Janvier 93,4mm, l'augmentation avec la vitesse du vent durant la période du mois de Janvier au mois de Mai, est suivie par l'augmentation progressive de l'évaporation à partir du mois de Mai, la vitesse du vent diminue alors que l'évaporation continue à augmenter pour atteindre son maximum au mois de Juillet et Août.

Tableau 04 : Représentation des données climatiques de 2008 à 2018
(Station météorologique Hassi Messaoud, 2019).

Paramètres Mois	Température (°C)			Humidité (%)	Vent (m/s)	Evaporation (mm)	Précipitation (mm)
	T(max)	T(min)	T(moy)	H	V	Evap	P
Janvier	17,7	4,84	11,29	57,6	2,35	93,4	2,57
Février	19,74	6,28	13,2	48,7	2,96	129,7	1,87
Mars	25,93	11,62	16,16	37,1	3,25	187,5	1,37
Avril	30,34	15,69	23,07	32,4	3,94	263,6	1,24
Mai	35,66	18,53	28,13	28	4,5	346	0,64
Juin	40,38	28,55	33,71	26,7	3,88	401,8	0
Juillet	47,29	28,09	35,97	20,47	3,5	442,6	0
Aout	42,51	27,84	30,15	25,4	3,64	405,2	1,09
Septembre	37,58	23,97	30,95	35,3	3,86	307	2,05
Octobre	32	18,73	25,34	45,7	2,97	214,9	6,9
Novembre	23,88	11,29	17,3	52,6	2,66	131,5	7,98
Décembre	18,52	6,18	12,24	62,4	2,85	94,4	2,59
Moyenne annuelle	30,96	16,80	23,13	39,36	3,36	251,47	28,21

Conclusion :

La région de Hassi Messaoud se présente comme une cuvette synclinale dissymétrique du bas Sahara, qui est occupée par les dépôts continentaux tertiaires et quaternaires, nord Est de Sahara Algérien.

La série géologique permet de distinguer deux ensembles hydrogéologiques, poste paléozoïques importants :

Le continentale intercalaires (CI) et le complexe terminal (CT).

Le climat de cette région est connu par semi-aride, en remarque notamment par faiblesse et l'irrégularité de précipitation moyenne annuelle (28,21mm/an) d'une part et par les températures très élevées « température moyenne annuelle est de 30.96°c » d'autre part.

Ce climat est de type Hyperaride avec un hiver doux et une période de sécheresse prolongée dominée par des vents de direction SW-NE et de par une vitesse moyenne maximal de 3,36 m/s.

Chapitre III :

L'étude de la réalisation du forage SH/DAS IRARA

Introduction :

On appelle un forage, l'ensemble des opérations permettant le creusement de trous généralement verticaux. L'utilisation des forages est la reconnaissance et l'exploitation des nappes d'eau douce.

Dans ce chapitre nous présentons les étapes de réalisation du forage SH/DAS IRARA et les essais de fin de forage.

Partie I : Généralités sur le forage

I.1. L'appareil de forage :

Un appareil de forage doit accomplir dans les meilleures conditions techniques et de sécurité, la réalisation d'un puits reliant un gisement à la surface.

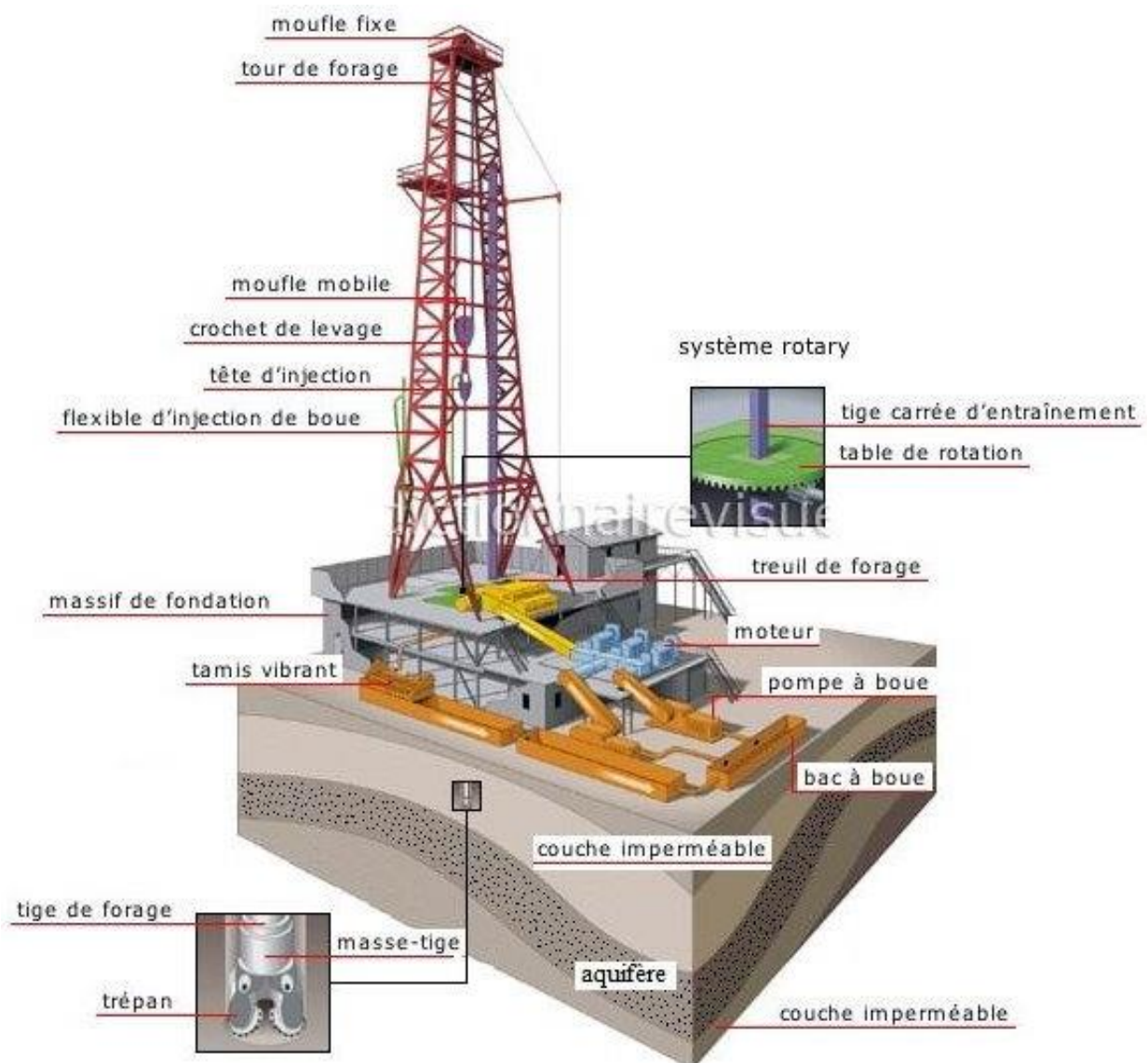


Figure 01 : L'appareil de forage [5].

I.1.1. Classification :

Deux caractéristiques interviennent dans la classification d'un appareil de forage :

- La capacité de profondeur de forage maximale
- La puissance au treuil

La règle du pouce donne d'une manière pragmatique :

« Pour 100 foot de forage, il faut 10 HP de puissance au treuil »

Où,

Foot = est une unité de longueur correspondant à la longueur d'un pied humain, c'est-à-dire un peu plus de trente centimètres

HP = (horsepower) cheval-vapeur en système anglo-saxon, dit « impérial », se calcule comme suit :

$$P = m \cdot g \cdot v$$

Avec :

- $m = 550$ livres (une livre = 0,453 592 37 kg) ;
- $v = 1$ pied par seconde (un pied = 0,304 8 m) ;
- $g = 9,806 65 \text{ m s}^{-2}$;

On déduit :

$$1 \text{ HP} = 745,7 \text{ W.}$$

D'où

Tableau 01 : Classements des appareils de forage.

Type de l'appareil	foot	metre	HP
Appareil léger	4921 foot- 6561 foot	1500 m-2000 m	650 HP
Appareil moyen	11482 foot	3500 m	1300 HP
Appareil lourd	19685 foot	6000 m	2000 HP
Appareil super lourd	26246 ft- 32805 ft	8000 m- 10000m	3000 HP

I.1.2. Fonctions d'un appareil de forage :

Les installations de forage de type rotary des puits profonds sont composées d'un ensemble de machines, mécanismes et bâtiments

Le déroulement du forage passe par les étapes suivantes :

- Descente de la colonne de tige de forage dans le puits.
- Rotation d'un outil de forage.
- Injection du liquide de forage dans le puits afin de remonter les déblais de terrain découpés, refroidir le trépan et consolider les parois du puits.
- Rallongement de la colonne de tiges de forage par la mesure de l'augmentation de la profondeur du puits.
- Montée de la colonne des tiges pour remplacer un outil de forage utilisé.
- Evacuation de déblais du terrain par le liquide de forage et préparation d'un nouveau liquide.
- Descente des colonnes de tubage.

- L'ensemble de tous ces équipements qui « travaillent » au-dessus de la surface du sol permettent d'assurer trois fonctions principales :

a. Fonction rotation :

Pour faire tourner l'outil, on visse au sommet des tiges, de forme cylindrique, une autre tige de section carrée ou hexagonale, appelée tige d'entraînement [kelly], que l'on introduit dans un moyeu appelé table de rotation [rotary table] [6].

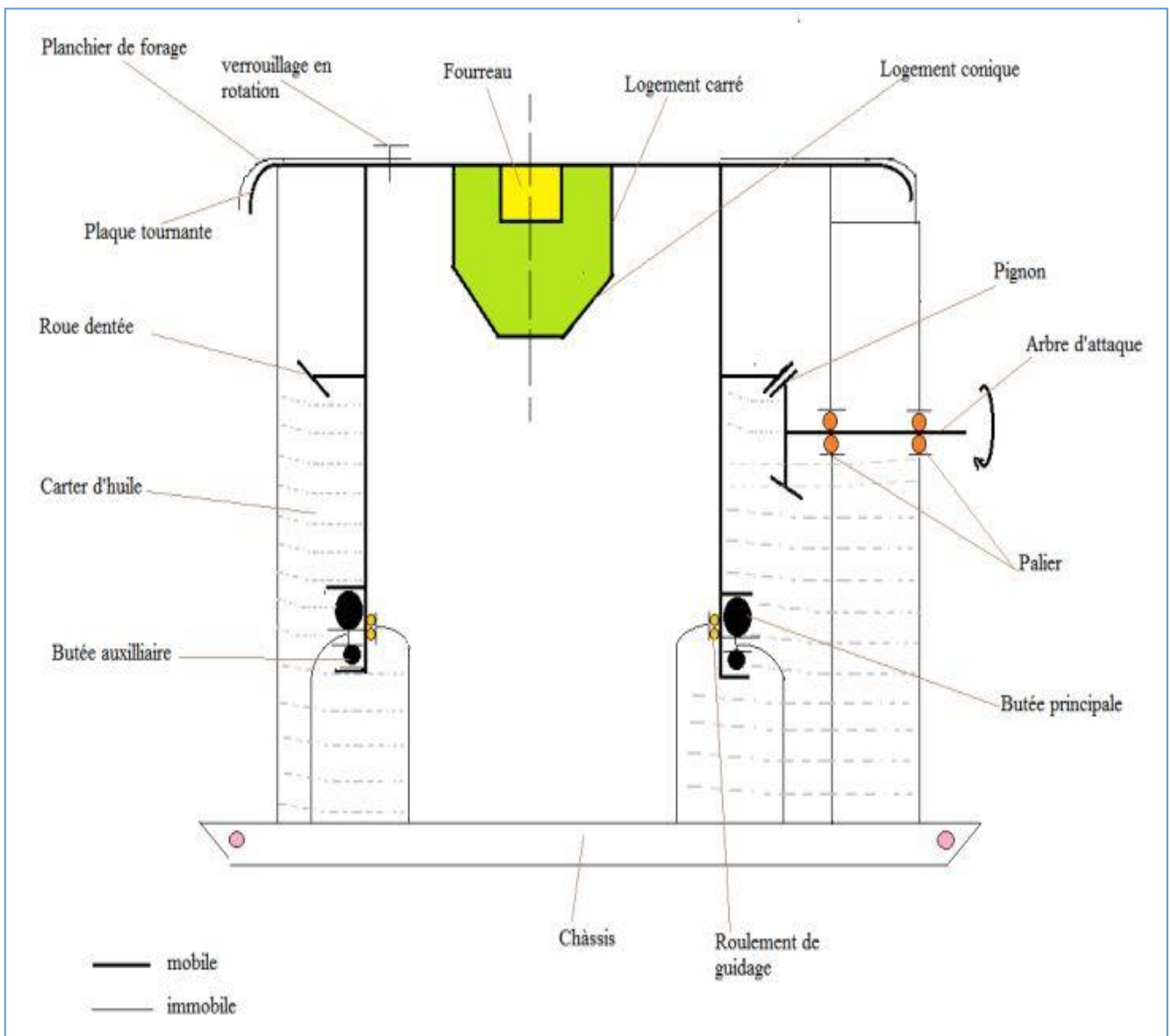


Figure 02 : La table de rotation.

b. Fonction levage :

Pour soulever la garniture de forage (ensemble tiges - tiges lourdes – masse-tiges), une grue de grande capacité est utilisée, car la garniture de forage peut atteindre un poids supérieur à 150 tonnes ou plus.

Cette grue est constituée :

- d'un mât,
- d'un treuil,
- d'un palan comprenant les moufles fixe et mobile et le câble.

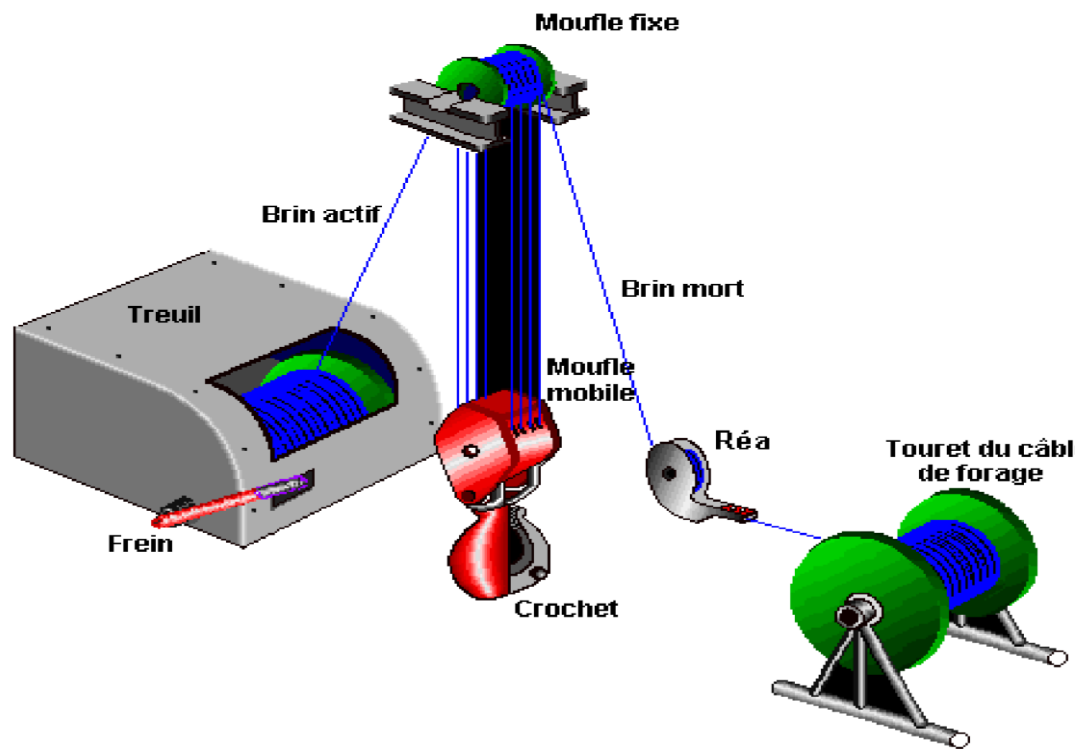


Figure 03 : Schéma cinématique d'un mécanisme de levage.

❖ **Le mouflage :**

Le mouflage comprend un câble qui passe successivement sur les poulies d'un moufle fixe (**figure 04**) et sur les poulies d'un moufle mobile (**figure 05**) avant de s'enrouler sur le tambour d'un treuil, l'autre extrémité du câble est fixée à un point fixe (réa). Le nombre de brins du mouflage peut varier de 04 à 14. On appelle brin actif, la partie de câble comprise entre le tambour du treuil et le moufle fixe. Le brin mort est la portion de câble sortant du moufle fixe et allant directement au point fixe [7].

- But de mouflage :

Le mouflage a pour but de répartir sur plusieurs brins le câble, les charges considérables que le crochet d'un appareil est appelé à supporter, ce qui permet :

- De rendre les dimensions du câble acceptables.
- De réduire l'effort au brin actif et permettre ainsi la construction de treuil de dimensions raisonnables ; on verra que, malgré la démultiplication des efforts réalisée par le mouflage, les treuils conservent quand même des dimensions importantes.



Figure 04 : Moufle fixe.

- Le crochet de levage :

Il est suspendu directement au moufle mobile (**figure 05**) ou intégré à celui-ci, il comprend le « crochet » proprement dit, sur lequel vient reposer pendant le forage l'anse de la tête d'injection et deux oreilles latérales pour la suspension des bras d'élévateur utilisés en manœuvre. (Figure 05) : moufle fixe Il comporte un système amortisseur (ressort) qui limite les chocs à la reprise de la charge au déchargement et facilité le vissage des connexions.

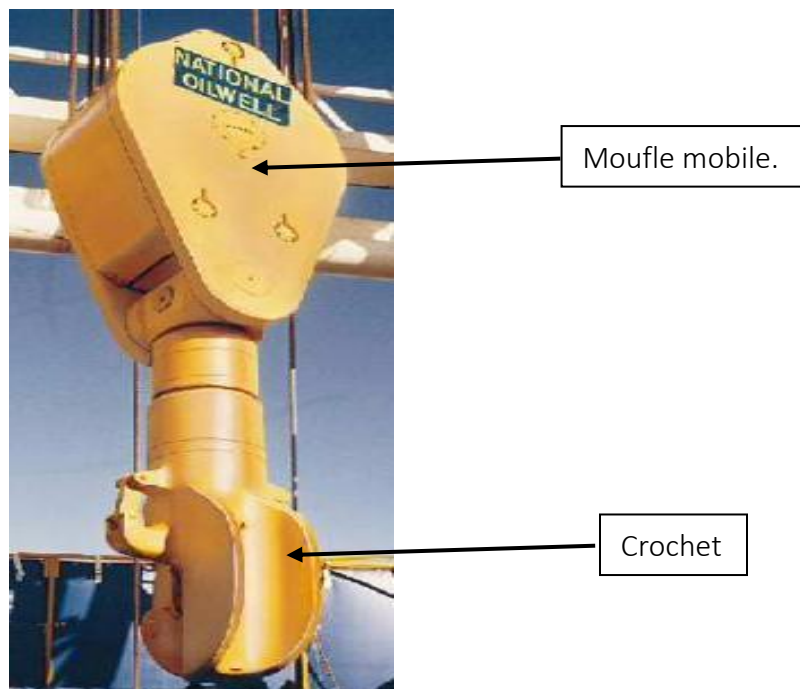


Figure 05 : Ensemble moufle et crochet.

Chapitre III : L'étude de la réalisation du forage SH/DAS IRARA

- Le câble de forage :

➤ **Constitution** : Un câble (**figure 06**) est constitué de plusieurs torons disposés en spirale autour d'une âme. Chaque toron est lui-même constitué de plusieurs fils calibrés également disposés en hélice sur plusieurs couches.

➤ **L'âme du câble** : L'âme support du câble peut être textile (chanvre, sisal, jute), métallique ou mixte (métal et textile). L'âme textile ne joue aucun rôle dans la charge de rupture du câble mais par contre, retient bien la graisse et donne au câble une bonne élasticité longitudinale. L'âme métallique participe à la charge de rupture du câble et lui permet de mieux résister à la déformation après passage sur des poulies de faible diamètre. Par contre, elle est moins souple que l'âme textile.

➤ **Les torons** : Les deux types de torons les plus utilisés pour la fabrication des câbles de forage sont :

- **Seal Lay** : Dans ce type de toron, les deux couches extérieures ont le même nombre de fils et sont toronnés au même pas. Les fils n'ont pas le même diamètre pour pouvoir être jointifs.
- **Filler** : Appelé aussi Seal Lay à fils de remplissage ou Seal Lay-filler. Il est employé de préférence au toron Seal Lay lorsque l'utilisation réclame un nombre de fils plus important par toron. Le toronnage dans les différentes couches se fait au même pas.

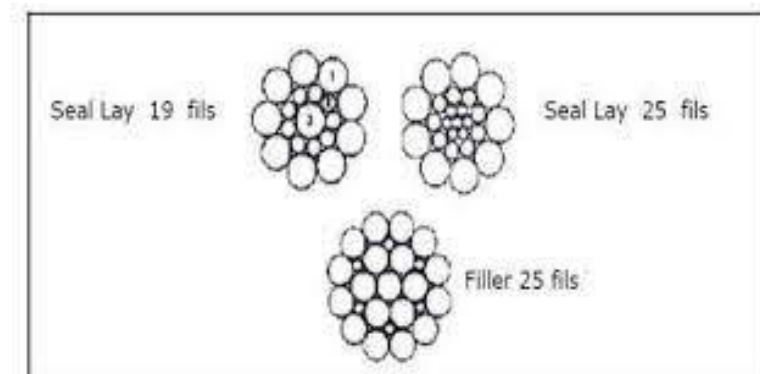


Figure 06 : câble de forage.

- ❖ **Le treuil [Draw works]**: Le treuil de forage est l'organe principal de la sonde; par sa capacité il caractérise Le rig (sonde de forage) en indiquant la profondeur de forage que peut atteindre l'appareil de forage.

Chapitre III : L'étude de la réalisation du forage SH/DAS IRARA

Le treuil regroupe un ensemble d'éléments mécaniques et assure plusieurs fonctions :

- Les manœuvres de remontée et de descente (levage) du train de sonde à des vitesses rapides et en toute sécurité, ce qui constitue sa principale utilisation.
- L'entraînement de la table de rotation quand celle-ci n'est pas entraînée par un moteur indépendant.
- les vissages et dévissages du train de sonde ainsi que les opérations de curage.



Figure 07 : Le treuil d'un appareil du forage.

- Différentes parties mécaniques de treuil :

- Le tambour de manœuvre
- Boîte de vitesse
- Le frein principal
- Le frein auxiliaire
- Le frein électromagnétique

c. Fonction pompage :

La fonction pompage assure l'acheminement du fluide de forage depuis l'aspiration de la pompe jusqu'au retour aux bassins.

Chapitre III : L'étude de la réalisation du forage SH/DAS IRARA

La boue [mud] est fabriquée dans des bassins de grande capacité. Elle est ensuite aspirée par des pompes [mud pumps] et refoulée dans les tiges creuses. Elle descend le long de la garniture de forage [drilling string], sort par les orifices de l'outil, remonte dans l'espace annulaire entre la garniture de forage et le puits jusqu'en surface. Là, elle est recueillie dans un tube vertical (tube fontaine), puis acheminée par un autre horizontal (goulotte) vers des tamis vibrants, pour être débarrassée des déblais [cuttings], avant d'être réinjectée dans le puits [well].

La boue, une fois refoulée doit suivre le chemin suivant :

- ❖ **la conduite de refoulement** : juste à la sortie de la pompe, achemine la boue de la pompe jusqu'au plancher de travail.
- ❖ **le manifold de plancher** : placé sur le plancher de travail, il comporte plusieurs vannes pour diriger la boue dans plusieurs directions.

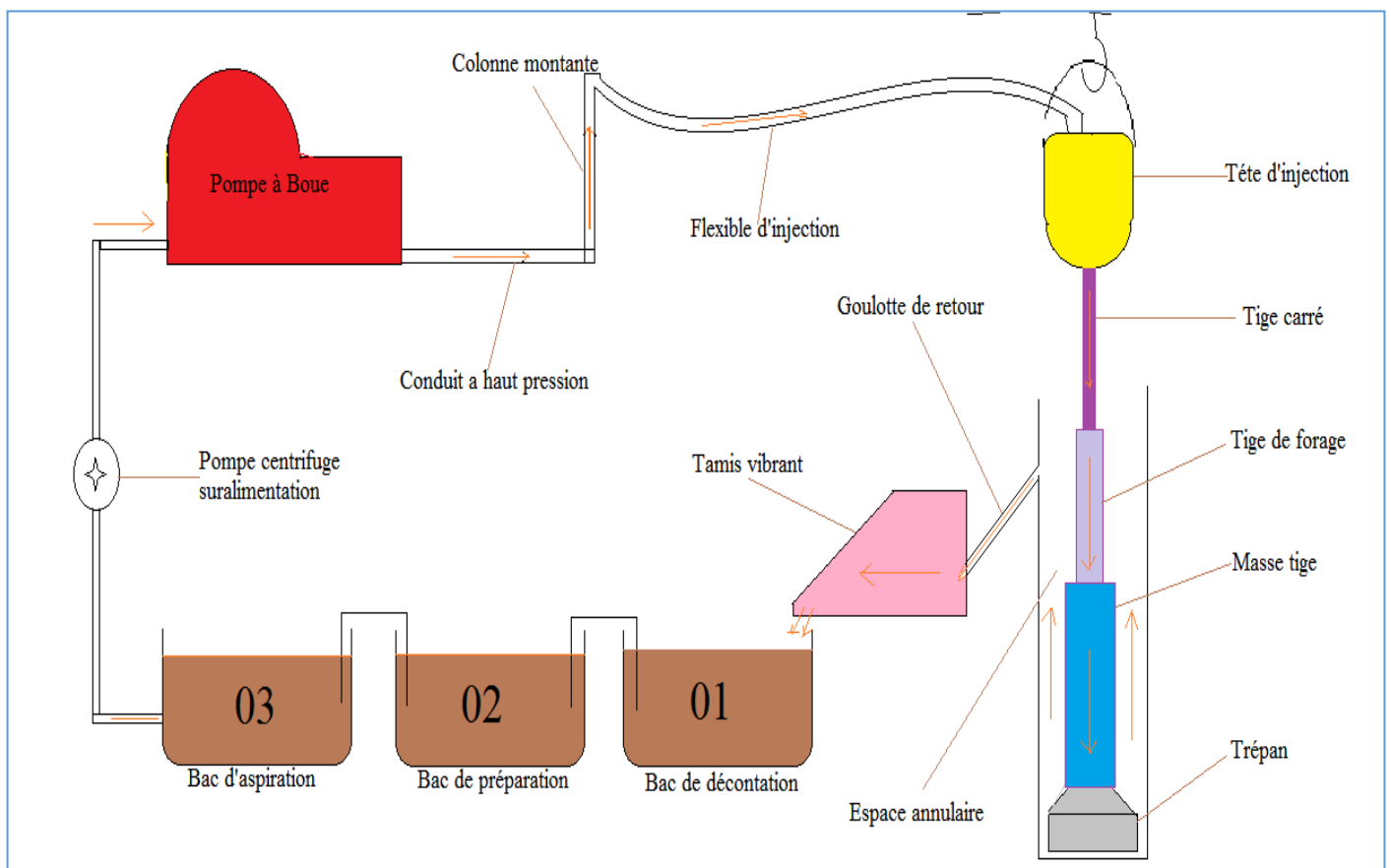


Figure 08 : Fonction pompage.

I.2. Répartition des équipements de l'appareil de forage :

L'appareil de forage peut être décrit sous forme de deux catégories de matériel :

I.2.1. Le matériel de fond :

Cette partie regroupe l'ensemble de la garniture de forage (drill stem) :

- Outil de forage (rock bit).
- Masses tiges (drill collars).
- Tiges de forage (drill pipes).
- Équipements auxiliaires.
- Raccords divers.

I.2.2. Le matériel de surface :

Cette catégorie est répartie en plusieurs groupes mettant en œuvre l'outil de forage et assurant la sécurité du puits, ce sont :

- Les équipements de puissance.
- Les équipements de levage.
- Les équipements de rotation.
- Les équipements de pompage et de circulation.
- Les équipements de sécurité.

I.3. Organisation du chantier :

- Suivi du programme de forage : coupe géologique et coupe technique prévisionnelles, le contrôle des quantités et de la conformité (\emptyset , ouverture etc.) du matériel tubulaire (tubages et crépine) est nécessaire.
- Maîtrise des risques de pollution (par déversement accidentel dans le forage en cours de réalisation ou à son achèvement) : contrôler l'accès et le stationnement des véhicules, du stockage des réserves de fuel, d'huiles et de graisses sur site (bacs étanches ou produits absorbants).
- Maîtrise des rejets : eau extraite (émulsion à l'air ou boue) et cuttings par rapport aux eaux superficielles (ruisseaux, canaux, plan d'eau) → bassin de décantation ou de rétention sont certainement à prévoir pour la filtration des fines.

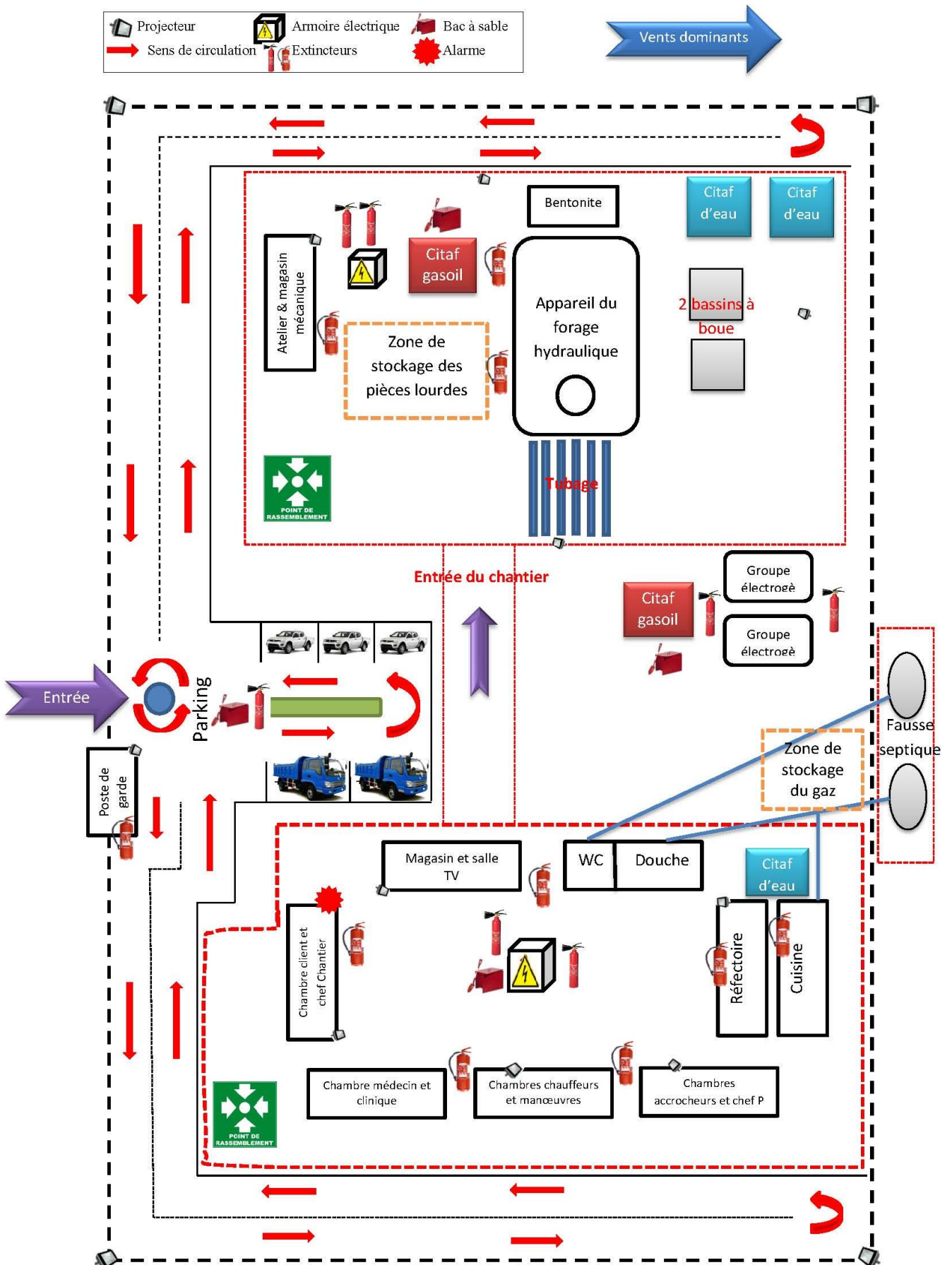


Figure 09 : Plan de masse d'un chantier de forage hydraulique.

Partie II : Cas du forage SH/DAS IRARA

Suite à la demande de Sonatrach direction affaires sociales contrat N° 01/2020 définissant les conditions de réalisation du forage d'eau.

L'E.NA.GEO a alors mobilisée les moyens nécessaires pour sa réalisation dans de bonnes conditions.

Dénomination de puits : **DAS-IRARA**

Ce forage est réalisé pour l'alimentation en eau potable (l'A.E.P.) de la ville d'HMD la base de vie.

L'aquifère capté est l'**Eocène carbonaté**, avec une profondeur de **340 m [8]**.

II.1. Situation du puits :

D'après les résultats d'implantation fournis par SONATRACH et les coordonnées géographiques le point de forage est dans une base de vie de l'entreprise du client, à partir de la direction Hydrogéologie et Topographie ENAGEO, nous prenons la route vers In Aminas, nous tournons à gauche au premier rondpoint vers l'aéroport, nous trouvons la base de vie SONATRACH à notre droite, le point de forage situé à l'intérieur de la base.

Le forage se situe dans la région d'HMD.

Leurs coordonnées sont les suivantes :

X= 06°08'35.20" E

Y = 31°38'59.22"N

Z = 148 m

Chapitre III : L'étude de la réalisation du forage SH/DAS IRARA

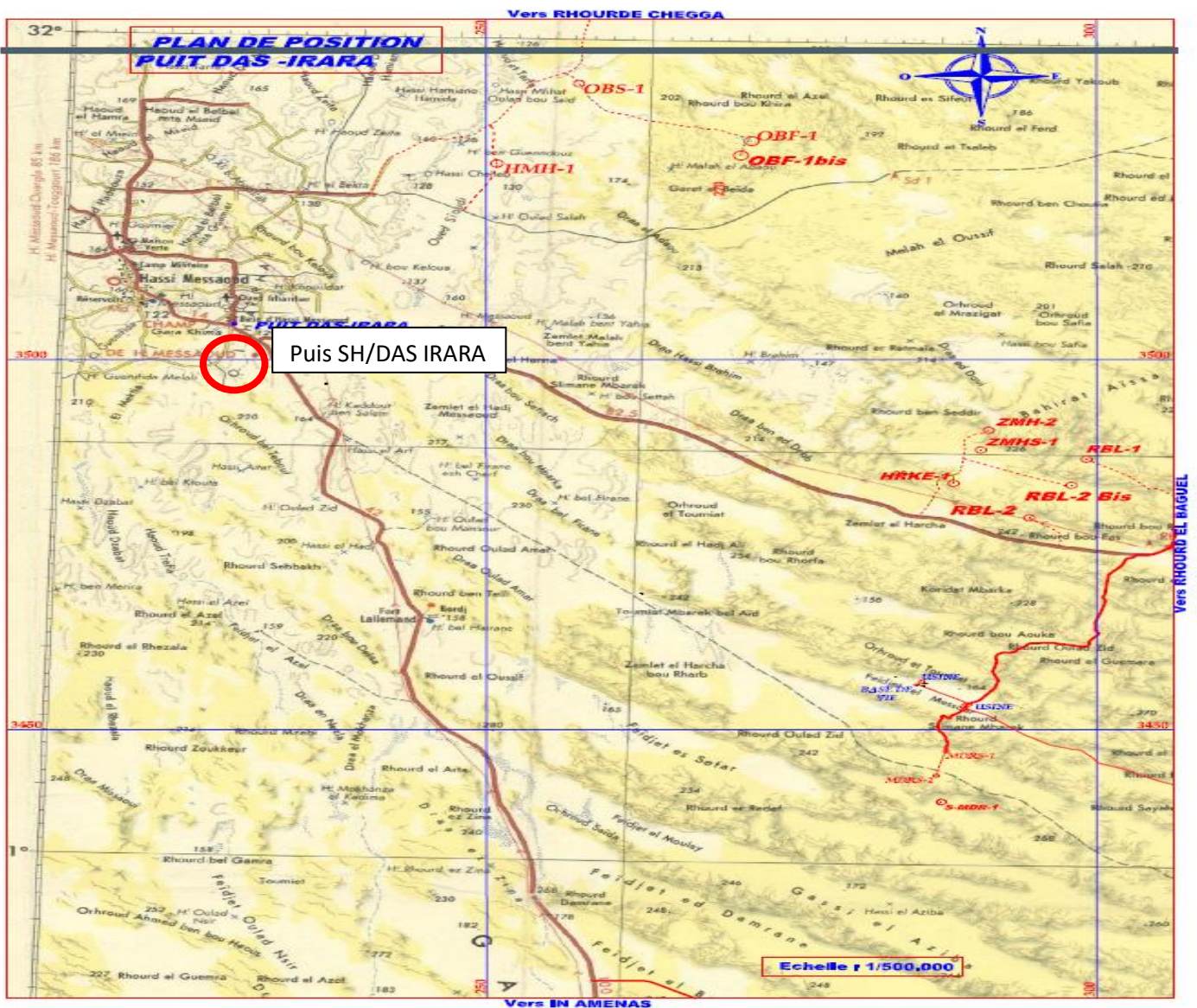


Figure 10 : Position géographique du puits SH/DAS IRARA.

II.2. La coupe lithographique du forage SH/DAS IRARA :

- De 00 à 130 m : Sable blanc jaune fin à moyen subarrondi et présence d'argile brun rouge tendre à pâteuse
- De 130 à 150m : calcaire sableux blanc beige gréseux compact dur avec présence de silex
- De 150 à 230 m : Sable blanc translucide quartzeux avec niveau de dolomie
- De 230 à 340 m : dolomie calcaire blanc beige jaunâtre dur parfois tendre vacuolaire avec passées de calcaire blanc beige tendre rarement dur.

II.3. Installation du chantier :

Pour la réalisation de ce forage, une entreprise est désignée et met en œuvre une équipe spécialisée et un matériel qui répond aux normes prescrites dans le programme de réalisation. On trouve :

II.3.1. Moyens matériels :

- Un appareil de forage moyen de marque GEFECO SS-40T2 d'une capacité au crochet de 45 tonnes, pouvant forer jusqu'à 850m de profondeur en 12^{1/4} équipée avec une pompe à boue duplex 7 1/2"X10"
- 1 groupe électrogènes de 125 KVA chacun
- Une unité de service, accompagnée d'un compresseur ATLAS Copco XRH 350 pour le développement et le nettoyage du puits.
- Un camion-citerne pour approvisionner le chantier en eau industrielle.
- 2 VLTT pour le transport du personnel.

II.3.2. Moyens Humains :

Le personnel du chantier avait travaillé en système (2X12 heures) sans période creuse, d'où la composition de son personnel comme suit :

- (02) chefs du chantier assurant la gestion technico-administrative du chantier, dont un en congé.
- (04) Equipes de forage dont (02) en congé et (02) présentes, chacune des équipes est composée de :
 - o Un Chef de poste.
 - o (01) accrocheur.
 - o (02) sondeurs.
- un chauffeur lourd.
- (01) électromécanicien.
- (01) serveur.

II.3.3. Santé, sécurité et environnement (SSE) :

Avant toute installation, des photos du site seront prises et enregistrées ; Elles viseront la surface qui sera occupée par le camp, l'appareil du forage hydraulique, l'atelier mécanique, les différentes zones de rejets et évacuations, la zone de décharge et tout espace appelé à être utilisé [9].

- Santé :

- Surveillance médicale de tout le personnel du chantier ;
- Amélioration du niveau d'hygiène dans le chantier par la sensibilisation et les inspections.

- Sécurité :

- S'assurer que tous les risques et dangers potentiels sont identifiés, évalués et réduits avant le début de toute activité ;
- Tous les accidents, y compris ceux qui n'ont pas occasionné de pertes doivent être communiqués à la hiérarchie ;
- Encourager le personnel à rapporter les dangers remarqués dans son activité ;
- S'assurer que l'ensemble du personnel comprennent leurs rôles au sein du chantier et les normes de travail requises.

- Environnement :

Tous les déchets ci-dessous énumérés seront ramassés dans leur totalité et récupérés. Ils ne seront en aucune façon incinérés ou abandonnés sur place. Ils seront pris en charge par la mission elle-même ou envoyés sur la base de HASSI-MESSAOUD

- Mise en place d'un système de gestion des déchets ;
- Minimiser la circulation des véhicules ;
- Utilisation en priorité des pistes existantes ;
- Restauration des lieux après fin des travaux de forage (remise en état des lieux).

Chapitre III : L'étude de la réalisation du forage SH/DAS IRARA

Tableau 02 : Plan de gestion des déchets.

Types	Item	Traitement					Contrôle
		réutilisation	recyclage	neutralisation	incinération	enfouissement	
Déchets spéciaux	Métaux	*	*				Transférer ver HMD (Base 4H)
	Câble électrique		*				Transférer ver HMD (Base 4H)
	Emballage métallique		*				Transférer ver HMD (Base 4H)
	Déchets d'équipement électronique		*				Transférer ver HMD (Base 4H)
	Récipient sous pression (aérosol)			*			Transférer ver HMD (Base 4H)
	Chiffons contaminés par les HC				*		Transférer ver HMD (Base 4H)
	Pneu usagés	*	*				Transférer ver HMD (Base 4H)
Déchets spéciaux dangereux	Huiles industrielles usagées		*				Transférer ver HMD (Base 4H)
	batteries	*					Transférer ver HMD (Base 4H)
	compresseur de refroidissement		*				Transférer ver HMD (Base 4H)
	lubrifiants		*				Transférer ver HMD (Base 4H)
	Gasoil pollue	*					Transférer ver HMD (Base 4H)
Déchets inertes	Verre/ Néons		*				Transférer ver HMD (Base 4H)
	Cendres (incinération des déchets)					*	Enfouir dans le sol
Déchets médical	Seringues				*	*	Transférer ver HMD (CMS)
	pincements				*	*	Transférer ver HMD (CMS)
	Médicaments périmés				*	*	Transférer ver HMD (CMS)
	Gants				*	*	Transférer ver HMD (CMS)
	Bavettes				*	*	Transférer ver HMD (CMS)
Déchets ménager et assimilés	Emballage carton, papier et plastique				*		Disposer à la décharge (client ou public)
	Résidu cuisine				*		Disposer à la décharge (client ou public)
	Bois et dérivés				*		Disposer à la décharge (client ou public)
	Eaux usées domestique (noire et grise)					*	Fosse sceptique
	Tissus/chiffons				*		Disposer à la décharge (client ou public)

II.4. Architecture de puits :

Le puits sera foré en 26" (20") - 17"^{1/2} (13"^{3/8}) - 12"^{1/4} (8"^{5/8}).

Période des travaux : Du 02/02/2020 au 23/03/2020.

II.4.1. Déroulement des travaux :

a. Phase I : Construction de l'avant puits :

- ❖ Déménagement de la base sud vers le site de la direction des affaires sociale Sonatrach le 01/02/2020.
- ❖ Réalisation de la plate-forme avec du béton pour assurer la stabilité de l'appareil. et creusement des bassins et rigoles du 02/02/2020 au 12/02/2020.
- ❖ Installation du chantier et forage en 26" de 0 à 20m et mise en place de tube guide 20" sur 20m de profondeur et cimentation de l'espace annulaire du 13/02/2020 au 14/02/2020
- ❖ Attente prise de ciment le 15/02/2020.

b. Phase II : Colonne de production :

- ❖ Forage en 12"^{1/4} de 20m à 116m du 16/02/2020 au 17/02/2020
- ❖ Elargissement en 17"^{1/2} de 20m à 116m du 18/02/2020 au 19/02/2020
- ❖ Forage en 12"^{1/4} de 116m à 170m du 19/02/2020 au 20/02/2020
- ❖ Elargissement en 17"^{1/2} de 116m à 170m du 21/02/2020 au 22/02/2020
- ❖ Forage en 12"^{1/4} de 170m à 235m du 23/02/2020 au 24/02/2020
- ❖ Elargissement en 17"^{1/2} de 170m à 235m du 24/02/2020 au 25/02/2020
- ❖ Passées d'alésage avec stabilo 17"^{1/2} de 20m à 235m du 25/02/2020 au 27/02/2020

Chapitre III : L'étude de la réalisation du forage SH/DAS IRARA

- ❖ Contrôle du trou et descente tubage A.P.I 13^{3/8} à la cote 235m le 28/02/2020
- ❖ Cimentation la colonne de tubage et attente prise du ciment du 28/02/2020 du 01/03/2020

c. Phase III : Colonne de captage :

- ❖ Reforage bouchon de ciment de la cote 214m à la cote 235m et suite forage de reconnaissance en 12^{1/4} de 235m à 340m du 02/03 au 05/03/2020
- ❖ Contrôle du trou et descente la colonne de captage 8^{5/8} et le sabot de décantation de 337 à 340m et l'emplacement du massif filtrant dans l'espace annulaire le 06/03/2020
- ❖ Confection et installation la colonne d'évacuation des eaux de développement du 07/03/2020 au 11/03/2020
- ❖ Lavage du puits à l'eau claire et développement au compresseur du 12/03 au 17/03/2020.
- ❖ Descente de la pompe à la cote 80m et essais de pompage du 18/03/2020 au 22/03/2020
- ❖ Réception du forage le 23/03/2020

II.4.2. Analyse du Programme de forage :

a) Phase de démarrage 26'' :

Forage en $\varnothing = 26''$ en traversant des formations non consolidées du EOCEN CARBONATE à environ 20 mètres.

Pose et cimentation du tube guide de $\varnothing = 20''$, pour maintenir la couche de surface (sableuse), poursuite du forage. L'outil utilisé pour cette phase est un tricône à denture (des dents longues pour terrain tendre).

b) Phase 12"1/4 :

Suite du forage de reconnaissance avec outil $\varnothing = 12''^{1/4}$ de 20 à 340 m de toute la formation de EOCEN CARBONATE.

Utilisation de boue bentonitique.

Le type de l'outil utilisé pour cette phase est un tricône à denture (dents petites et courtes et le nombre est plus grand pour formations dures).

c) Phase 17"1/2 :

Elargissage et alésage en $\varnothing = 17''^{1/2}$ de 20 à 235 m.

Utilisation de boue bentonitique.

Le type de l'outil élargisseur.

Cette phase est tubée avec un tube plein.

d) Phase 12"1/4 :

Reforage et alésage en $\varnothing = 12''^{1/4}$ de 235 à 340 m.

Utilisation de boue bentonitique.

Le type de l'outil : tricône à denture.

Cette phase est tubée avec des tubes pleins et crépines.

II.4.3. Description de l'équipement :

- De 0 à 20 m : Tube guide 20".
- De 0 à 235m : Tubage 13"3/8 API.
- De 231.60 à 238.40m : Tube plein 8" 5/8.
- De 238.4 à 284.8 m : Crépine Johnson 8"5/8.
- De 284.8 à 290.60 : Tube plein 8"5/8.
- De 290.60 à 337m : Crépine Johnson 8"5/8.
- De 337 à 340m : Sabot 8"5/8.

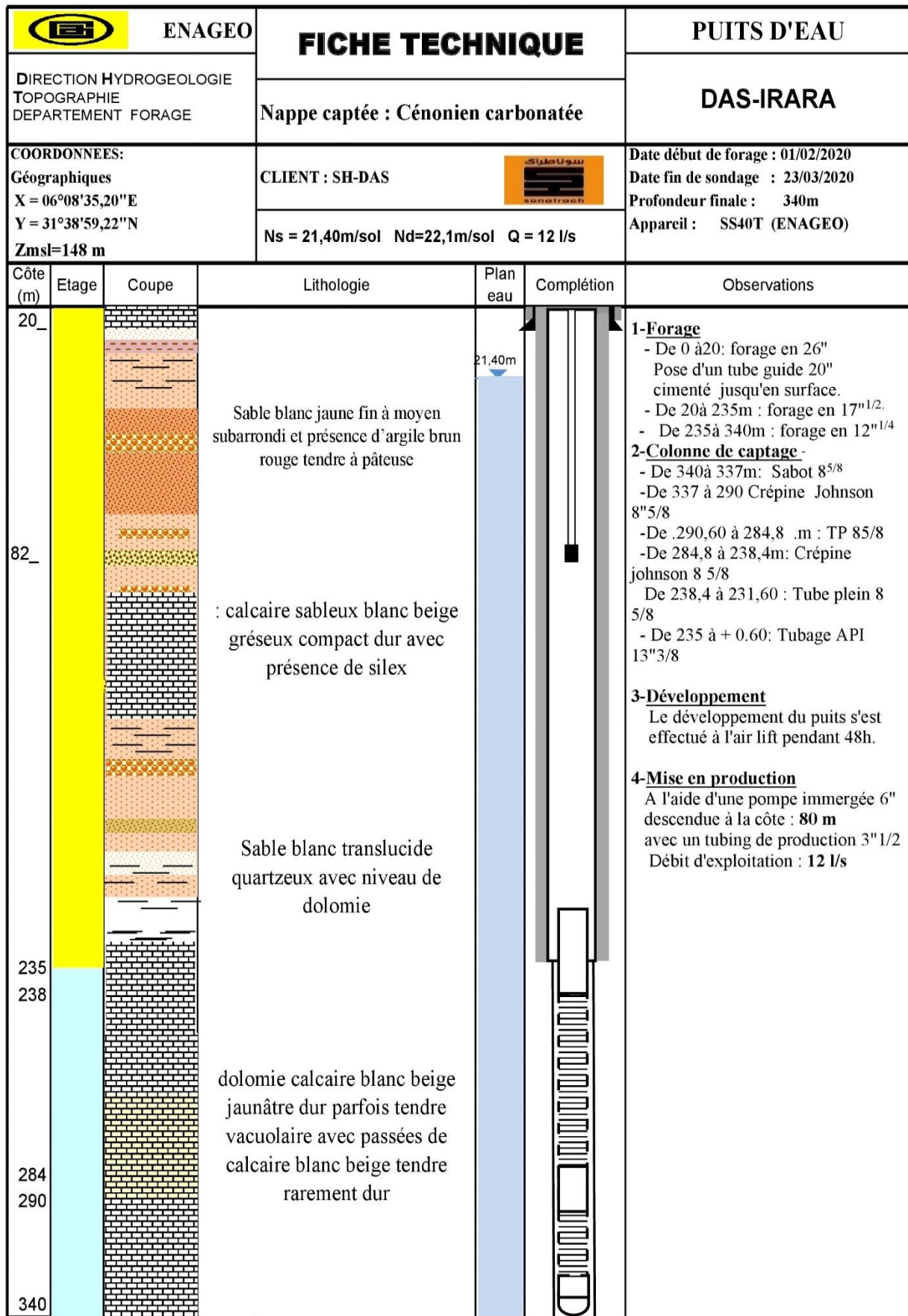


Figure 11 : Fiche thnique de forage SH/DAS IRARA.

III.1. déroulement des essais in-situ :

Concernant les essais in-situ, lorsque le forage est implanté dans une région dont les caractéristiques géologiques et hydrauliques sont connues, l'entreprise ne procède pas systématiquement à des essais in-situ.

Dans notre cas seule le développement et l'essai de pompage de longue durée ont été effectués.

III.2. Complétion et développement :

III.2.1. Complétion :

Le mot complétion de par son origine de l'anglais "to complete" signifie achèvement et plus particulièrement dans le cas qui nous concerne, achèvement du puits qui vient d'être foré.

La complétion est donc le maillon entre le forage proprement dit du puits et l'exploitation de celui-ci. Et doit satisfaire les conditions suivantes:

- **Sécurité** : Comprend la sécurité du personnel, du puits, et de l'environnement.
- **Efficacité** : Elle doit atteindre les objectifs de production prédéfinis.
- **Economie** : Le coût de la complétion doit être justifié par ses revenus générés.

De ce fait, la complétion englobe l'ensemble des opérations destinées à la mise en service du puits et, en particulier, la réalisation de la liaison couche-trou, le traitement de la couche, l'équipement du puits, sa mise en production et son évaluation (par couche, il faut entendre une zone constituée de roches réservoirs contenant des hydrocarbures récupérables).

III.2.2. Développement :

Le développement d'un forage consiste, entre autres, à améliorer la perméabilité de la formation aquifère située autour de la crépine et à stabiliser cette formation. Il consiste à éliminer les éléments fins qui colmatent naturellement le terrain et la boue de forage utilisée lors de la formation et à agrandir les fissures dans les roches massives fissurées

On distingue quatre (04) types de développement:

- Sur pompage
- Air lift (par compresseur ou pneumatique)
- Pistonnage
- Lavage sous pression.

III.2.2.1. Développement par compresseur (l'air lift)

L'opération consiste à introduire un tubing d'air relié en surface à un compresseur qui sera mis en place à l'intérieur du tube d'eau immergé au niveau du puits d'eau.

Le principe consiste à introduire un outil qui sera actionné verticalement dans les deux sens à l'intérieur d'un forage tubé et crépine.

Les phases de pompage d'air à l'aide d'un compresseur seront alternées de celle de l'éjection (refoulement) d'eau en surface.

Cette opération doit être effectuée à travers plusieurs paliers successifs et ce sur tout la hauteur de la colonne de captage et particulièrement en face des crépines.

La fin de chaque palier sera conditionnée par l'obtention d'une eau claire sans la présence de particules solide [10].

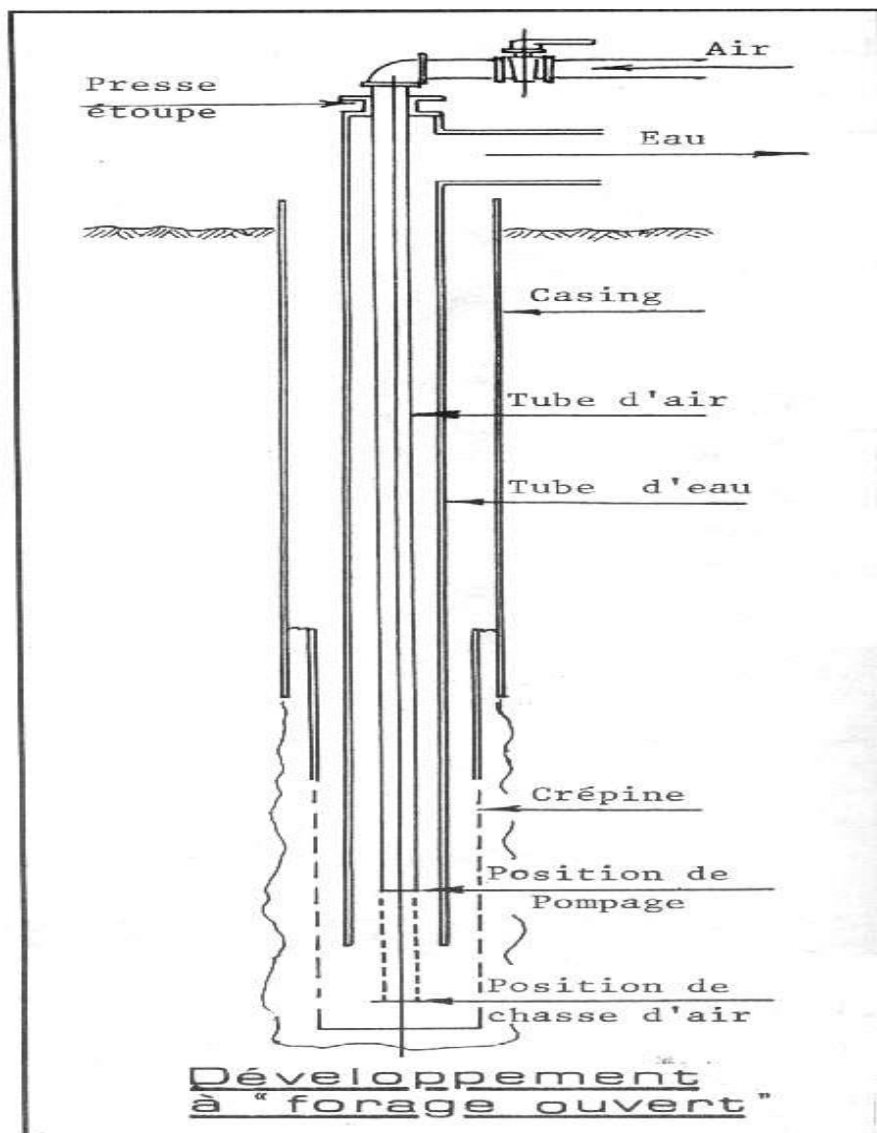


Figure 12 : Développement par l'air lift [Extrait Lauga R. - 1990].

III.2.2.2. Opération de développement de forage SH/DAS IRARA

Dans le cas de ce forage le types de développement qu'ils ont utilisé c'est développement par compresseur

Le développement a été effectué en (04) phases, soit à 183mètres, à 210m et à 268.4 m et 280.6m [11].

- 11/03/2020 (07:00 - 19:00) :
 - développement à air lift, des fuites important
 - confection des brides
 - travaux de soudure
 - développement à 183m
 - travaux divers
- 12/03/2020 (07:00 - 19:00) :
 - Travaux de soudure au niveau de la tête d'évacuation
 - Travaux de soudure
 - Développement à 183m
- 13/03/2020 (07:00 -19:00) :
 - Vérification du compresseur
 - Changement de cote ajout de simple 2^{eme} phase à 210m
 - Développement à 210m
 - Travaux divers
- 14/03/2020 (07:00-19:00) :
 - Vérification du compresseur
 - Ajout simple, cote de la 3^{eme} phase 243 m
 - Changement du compresseur dont le 1^{er} ne peut pas remonter
 - travaux divers
- 15/03/2020 (07:00 – 19:00) :
 - Vidange compresseur
 - Vérification mécanique
 - Développement à la cote 280.6m négatif
 - Remontée longueur
 - Développement à 268.4m
 - Eau claire
- 16/03/2020 (07:00 – 19:00) :
 - Ajout de 02 longueurs développement 292.8m
 - Essai négatif
 - Remonter 01 longueur de tige
 - Développement a la cote 280.6m négatif
 - Circulation à l'eau claire
 - Aucune pression au niveau de la pompe
- 17/02/2020 (07:00 – 19:00) :
 - Développement a la cote 280.6m

Chapitre III : L'étude de la réalisation du forage SH/DAS IRARA

- Eau claire
- Niveau statique
- Fin du développement

Au bout de cette opération, les résultats suivants ont été obtenus :

Niveau Statique : **21.40m**

Débit au compresseur estimé à **30 l/s**

III.2.3. Les essais de pompage :

Les essais de pompage sur un forage d'exploitation hydraulique sont toujours utiles, ils sont parfois obligatoires, d'où ils nous permettent d'organiser le temps d'exploitation.

Dans le but d'installer un ouvrage (forage) pour l'exploitation d'une nappe, il fallait répondre sur certaines questions : Quelle est la quantité d'eau qui peut être pompée ? À quel rythme ? Quelle pompe va-t-on choisir ? À quelle profondeur l'installer ?

III.2.3.1. Type de pompe :

L'exploitation d'un puits d'eau s'effectue à l'aide de différentes pompes de types manuelles ou à moteurs ; dans le cas de notre forage SH/DAS-IRARA et après avoir effectué les tests de nappe, ils ont choisi une pompe centrifuge (pompe électropompe immergée) [12]

Pour déterminer la position définitive de la pompe avec les données techniques y afférant au forage hydraulique à savoir:

- Débit d'exploitation Q (m³/h).
- Niveau dynamique N_d (m).
- Rabattement $R = N_d - N_s$ (m).

III.2.3.2. Réalisation des essais de pompage de forage SH/DAS IRARA :

La réalisation des essais de pompage exige un certain matériel tel que :

- Une pompe émergée.
- Un chronomètre pour mesurer le temps.
- Une sonde pour mesurer le niveau d'eau.
- Un débitmètre.
- Un carnet pour notation des résultats.

a. Les types des essais de pompage :

On distingue deux types d'essai :

- l'essai de nappe (aquifère test) : qui permet d'obtenir la transmissivité, le coefficient de perméabilité, le coefficient d'emmagasinement et le rayon d'action.

Ce type d'essais s'effectue avec le pompage de longue durée.

- l'essai de puits (well test) : permettant de déterminer les caractéristiques de l'ouvrage et de son environnement immédiat pour déterminer si l'ouvrage répond aux besoins des usagers, de définir ces limites d'exploitations, et la possibilité d'envisager des réhabilitations pendant l'exploitation (remplacement de la pompe par exemple). Il permet également d'établir le programme d'équipement de l'ouvrage (tubage, crépine, massif filtrant).

Ce type d'essais s'effectue avec le pompage par paliers de courtes durées.

b. Nature et fréquence des observations :

L'ensemble du matériel décrit au titre passé servira à faire des observations de natures différentes mais qui exigent toutes une bonne précision :

- Mesure des temps :

- Mesure des niveaux d'eau

- Mesures des débits

c. L'opération de l'essai :

A l'aide de la montre, on mesure le temps nécessaire pour remplir le fût d'une contenance de 200 litres, et à partir de là on calcule le débit selon l'équation suivante :

$$Q = V / T$$

La fréquence de ces observations dépend de la méthode d'interprétation que l'on entend suivre, Le tableau ci-dessous en propose le rythme minimal valable pour les interprétations de pompages en régime transitoire.

Tableau 3 : Le rythme de pompage en régime transitoire.

En comptant à partir du début de la descente ou du début de la remontée	Mesure des rabattements	Mesure des débits
0 à 5 minutes	chaque 30 secondes	toutes les 2 minutes
5 à 15 minutes	chaque 30 seconde	toutes les 5 minutes
15 à 30 minutes	toutes les 2 minutes	toutes les 5 minutes
30 à 60 minutes	toutes les 3 minutes	toutes les 6 minutes
1 heure à 2 heures.	toutes les 5 minutes :	toutes les 5minutes
2 heures à 6 heures	toutes les 10 minutes	toutes les 10 minutes
6 heures à 12 heures	toutes les 30 minutes	toutes les 30 minutes
au-delà de 12 heures	toutes les heures	toutes les heures

d. Avant l'essai de pompage :

- Mesurer et noter la profondeur totale de chacun des ouvrages
- Mettre en place les sondes électriques toutes les 6 heures, pendant une durée si possible égale à 2 fois celle du pompage prévu, et au moins 24 heures avant l'essai, faire Lot des mesures de niveaux piézométriques sur l'ensemble des ouvrages.
- S'assurer de la pose d'un tube piézométrique sur la station de pompage qui protégera et guidera la sonde électrique, stabilisera le plan d'eau et par conséquent facilitera la prise de mesures exactes.
- Etalonner La pompe pour que Les débits désirés pendant l'essai soient obtenus rapidement et sans manœuvres inutiles. Lorsque la conduite d'évacuation est équipée d'une vanne, compter et noter le nombre de tours d'ouverture qui correspond a chacun des débits voulos.
- Vérifier que l'eau pompée soit évacuée suffisamment loin pour éviter son retour dans Le puits par réinfiltration.
- + Laisser le forage au repos 24 heures avant l'essai de pompage
- Relever les coupes géologiques, les diamètres et les longueurs des différents tubages pleins ou crépines qui équipent les ouvrages, y Compris La colonne de refoulement de la pompe.

- Faire un plan d'ensemble du système d'observation (situation et distance entre les différents ouvrages)

e. Les caractéristiques de la pompe :

- **Partie Hydraulique :**

P = 18.5Kw , HP 25, N = 2900 Tr/Min

Q: 300-900 l/min

H (m) : 179-61

- **Partie Moteur**

Tipo/Type P625, HP 25 , KW18.5

Amp, 40 , RPM 2900, Volts , HZ 50 Temp max Water 30

- **Caractéristique de la conduite de refoulement :**

En acier, tubing type pétrolier, diamètre=31/2"

Côte d'immersion de la pompe : 80 mètres

f. Les résultats :

N'ayant pas pu accéder aux données de l'essai de pompage (évolution du rabattement en fonction du temps), nous donnons uniquement le résultat final :

Durée : **10** Heures

Niveau Statique : **21.40 m**

Niveau dynamique : **22.10m**

Rabattement : **0.70m**

Débit : **12L/s**

Nous constatons, qu'au bout de 10 h de pompage, le rabattement n'a évolué que de 0.7 m, ce qui indique de bonnes caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère.

Cependant , un essai d'au moins 24 h est recommandé ainsi qu'un essai par paliers de débits dans le but de déterminer le débit critique (Q_c) qui nous aurait permis de déterminer le débit d'exploitation.

IV.1. Analyse physico-chimique du fluide :

Afin de déterminer les paramètres physico-chimiques de l'eau du Forage DAS-IRARA, il a été procédé à la récupération d'un seul échantillon d'eau en date du 22 mars 2020 (tableau 04) et analysé au laboratoire d'analyse physico-chimique les 27 et 28 mars 2020 [13].

Tableau 04 : Identification de l'échantillon.

Référence	Lieu de prélèvement	Nature de l'échantillon	Identification des essais	Date et heure de prélèvement	Date et heure de réception
01	Puits de forage SH/DAS	Eau naturelle	Analyses physico-chimiques	22/03/2020 A 09h30min	22/03/2020 A 10h05min

IV.1.1. Méthodes utilisées pour l'échantillonnage et les analyses physico-chimiques.

Tableau 05 : Normes utilisées.

Méthodes /paramètres	Normes utilisées
Établissement des programmes échantillonnage	ISO 5667-1 :2006
Conservation et manipulation de l'échantillon	NF EN ISO 5667-3 : 2018
Échantillonnage de l'eau potable	ISO 5667-5 :2006
PH	ISO 10523
TA et TAC	NFT 90-036
Calcium	NFT 90-016
Magnésium	NFT 90-003
Chlorures	NFT 90-014
Sulfates	Méthode HACH n 8051
Nitrates	Méthode HACH n 8039
Nitrites	Méthode HACH n 8507
Fer total	Méthode HACH n 8008
Turbidité	EN ISO 7027
Conductivité	ISO 7888

IV.2. Résultats des analyses :

Tableau 06 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'échantillon du forage DAS-IRARA

Éléments	Concentrations		Normes algériennes
	Mg/l	Méq/l	Mg/l
Calcium, Ca	232.68	11.61	200
Magnésium, Mg	77.05	6.34	
Fer total, Fe	0.30	0.01	0.3
Chlorures, Cl	380.10	10.72	500
Sulfates, SO ₄	670.00	13.96	400
Nitrates, NO ₃	4.80	0.08	50
Nitrites, NO ₂	0.022	0.00	0.3
Hydroxydes	0.00	0.00	
Carbonates, CO ₃	0.00	0.00	
Bicarbonates, HCO ₃	155.93	2.56	
pH	7.17		6.5 – 9.5
Conductivité µs/cm	2680.00		2800
Turbidité NTU	5.22		5
Dureté totale en mg/l	897.34		200
Dureté totale en degrés français	89.73		
Titre alcalimétrique complet TAC en mg/l	127.81		500
Titre alcalimétrique complet TAC en degrés français	12.78		

Notons que les dosages du sodium (Na) et du potassium (k) n'ont pas été effectués à cause d'un problème d'équipements, ainsi que la mesure de la température.

Pour pallier à ces manques et devant la difficulté d'avoir d'autres analyses récentes, nous avons été contraintes d'utiliser d'anciennes analyses concernant des échantillons prélevés dans la même région (Tableau 07) [14].

Chapitre III : L'étude de la réalisation du forage SH/DAS IRARA

Tableau 07 : Moyennes des résultats physico-chimiques des eaux de la nappe.

Éléments	Valeurs en mg/l (még/l)		Forage SH/DAS
Ca	Max	240 (12)	233 (11.6)
	Min	203 (10)	
Mg	Max	130 (11)	77 (6.3)
	Min	59 (5)	
Na	Max	630 (27)	
	Min	127(6)	
K	Max	25 (0.6)	
	Min	10 (0.2)	
Cl	Max	924 (26)	380 (10.7)
	Min	220 (6.2)	
SO4	Max	996 (20.8)	670 (14)
	Min	705 (14.8)	
HCO3	Max	146 (2.4)	156 (2.56)
	Min	110 (1.8)	
NO3			4.8 (0.08)
NO2			0.02 (0.0)
Fer total			0.3 (0.01)
RS (g/l)	Max	3	
	Min	1.7	
pH	Max	7.8	7.2
	Min	6.9	
T°c	Max	32	
	Min	31.8	
DHT (°F)	Max	108	90
	Min	80	

IV.2.1. Paramètres physiques :

La température des eaux est de 32°C, elle est conforme aux températures enregistrées à ces profondeurs.

Le pH mesuré est de 7.2, conforme aux valeurs enregistrées dans la région (6.9 à 7.8)

Avec une valeur de 90°F, le DHT est conforme aux valeurs de la région (entre 80 et 110°F)

IV.2.2. Sels et salinisation :

Les concentrations d'ions majeurs sont des descripteurs de base de la qualité de l'eau sur lesquels se fondent les critères d'utilisation de l'eau (comme pour l'eau potable, ou l'eau destinée à des fins agricoles et industrielles).

❖ Les faciès chimiques :

L'observation des valeurs montre que les concentrations présentent des écarts importants dans le champ de Hassi Messaoud. Les éléments majeurs qui prédominent sont SO_4 , Cl, Na et Ca, ce qui confère à l'eau deux faciès chimiques, chloruré sodique et sulfaté calcique :

$\text{Na} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{HCO}_3$ Chloruré sodique

$\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{HCO}_3$ Chloruré sodique

$\text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{SO}_4 > \text{Cl} > \text{HCO}_3$ Sulfaté calcique

$\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{SO}_4 > \text{Cl} > \text{HCO}_3$ Sulfaté calcique

• Les cations

Le calcium, présente une concentration de 233 mg/l, elle est conforme aux concentrations enregistrées dans la région.

Le potassium n'ayant pas été analysé cependant dans la région, sa concentration varie de 10 à 25 mg/l.

La concentration du magnésium est de 77 mg/l, elle se trouve dans la moyennes des concentrations de enregistrées et qui varient entre 60 et 130 mg/l.

Le sodium n'a pas été analysé, cependant sa concentration présente également des écarts importants, entre 127 et 630 mg/l.

• Les anions

Les concentrations des chlorures présentent de grands écarts, de 220 à 920 mg/l. les eaux du forage SH/DAS-IRARA présentent une concentration de 380 mg/l.

Le sulfate présente une concentration de 770 mg/l plus faible que celles enregistrées dans la région et qui varient entre 700 et 1000 mg/l.

Avec une concentration de 156 mg/l, le bicarbonate présente une valeur légèrement supérieur aux concentrations de la région et qui varient entre 110 et 146 mg/l.

• Les éléments nutritifs

Les nitrates et les nitrites présentent des concentrations très faibles, respectivement 4.8 et 0.02 mg/l, ceci s'explique par la profondeur des eaux et leur caractère captif qui les met à l'abri de toute contamination.

Conclusions :

Ce forage recèle de bonnes données hydrogéologiques, le débit soustrait au compresseur a révélé de grandes potentialités hydriques d'où le débit soustrait avec la pompe n'est pas significatif, ce forage pourrait être exploité à plus de 12 litres/sec sans aucun risque.

Compte tenu des résultats obtenus au laboratoire, nous pouvons conclure que :

L'échantillon d'eau prélevé du puits de forage SH/DAS-IRARA présente une dureté et des teneurs en sulfates supérieures à celles tolérées par les normes OMS et les normes algériennes

Les eaux du Sénonien-Éocène carbonaté présentent des faciès chlorurés sodiques et sulfatés calciques. Ce chimisme est sans doute influencé par la couche sous-jacente du Sénonien lagunaire formé d'anhydrites et de sel.

Ces eaux présentent également une dureté très importante, 900 mg/l au lieu des 200 recommandées.

Par conséquent nous recommandons un traitement préalable avant l'utilisation de ces eaux pour l'alimentation humaine.

Chapitre IV :

Stages

d'immersion professionnelle

Chapitre IV : Stages d'immersion professionnelle.

Introduction :

Dans le cadre de l'élaboration de notre mémoire de fin d'étude, nous avons eu l'opportunité d'effectuer deux stages d'immersion au niveau de l'entreprise ENAGEO basée à Hassi Messaoud et au niveau de la direction des ressources en eaux de Blida.

Le stage de Hassi-Messaoud s'est déroulé en deux parties, du 21 mars au 4 avril et du 23 au 29 juin 2021.

Stage 1

Partie I : (du 21 mars au 4 avril)

I.1. Déroulement de stage :

Jour 1 :

Arrivée vers 19 h et installation dans notre lieu d'hébergement.



Figure 01 : La base de vie de l'ENAGEO.

Jour 2 :

Accomplissement des procédures administratives au niveau du service formation et récupérations des badges.

Après ces formalités, nous avons été accueillis au niveau de la DHT par monsieur Belaidi le chef de département de la géotechnique , qui nous a fait une présentation de l'entreprise et les différents cadres, notamment le responsable des laboratoires qui nous a fait une

Chapitre IV : Stages d'immersion professionnelle.

présentation des différents appareils et leurs fonctionnements.

Nous avons ensuite rencontrés les ingénieurs foreurs du département de forage qui nous ont expliqués les différentes opérations d'un forage.



Figure 02 : Direction hydrologie et topographie.

Jour 3 :

Devant la difficulté de nous rendre sur un chantier de forage en cours de réalisation, le proche étant situé à Ain Nagua à environ 350 km au sud de Hassi Messaoud, la journée a été consacré à nous familiarisées avec le département forage et ses différents services.

Jour 4 :

Visite de la base sud (Bechetel) située à hassi Messaoud en compagnie de monsieur Belhirech, le superintendant du département de forage. Nous avons pu nous familiariser avec les différents outils et matériels de forage existants dans cette base.

a. Le tricône :

Le tricône aussi appelé 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, l'action d'un tricône pour détruire la roche est triple : appui par gravité, abrasion par rotation et démantèlement par la puissance du jet de boue de forage arrivant par l'intérieur du train de tiges. Ce courant de boue de forage va ensuite remonter les déblais de roche vers la surface dans l'annulaire entre les parois du puits et le train de tiges.



Figure 03 : Un tricône (l'outil de forage).

b. Le stabilisateur :

Le stabilisateur de forage est un outil important pour prévenir les déviations de puits dans les projets de forage.



Figure 04 : Des stabilisateurs.

c. Le tubage :

C'est un tube qui peut être en acier (TNRS) ou en API, on distingue plusieurs types de tubes mis en place pendant l'exécution d'un forage pour le but de maintenir les parois du forage , d'isoler les arrivées d'eau non captée , et d'accueillir la pompe.



Figure 05 : Tubage TNRS 20''.



Figure 06 : Tubage (API) 9''^{5/8}.

d. Les crépines :

La crépine permet de préserver mécaniquement la pompe grâce à un filtre en inox ou polyéthylène. La crépine s'installe à l'extrémité du tuyau d'aspiration. Elle permet de filtrer le sable et autres impuretés pour pas qu'ils ne remontent jusqu'à la pompe.



Figure 07 : Crépine Johnson 8^{5/8}.



Figure 08 : Crépine à nervures repoussées 13^{3/8}.

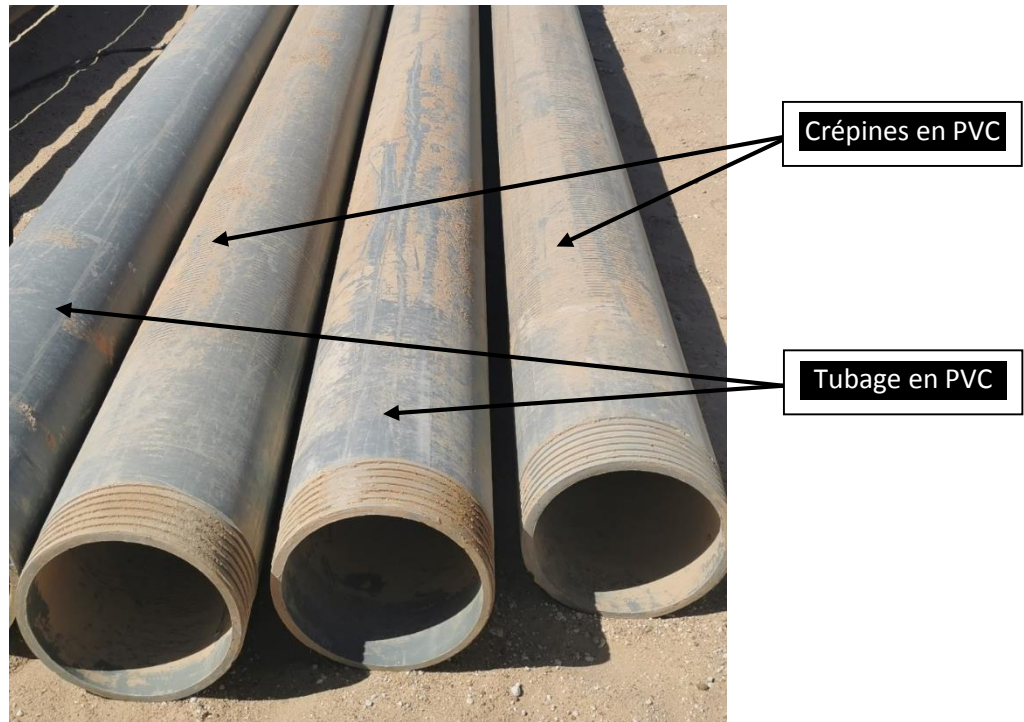


Figure 09 : Crépine et tubage en PVC.

e. Le groupe électrogène :

Un groupe électrogène est un dispositif autonome capable de produire de l'électricité ,
Les groupes électrogènes sont utilisés soit dans les zones que le réseau de distribution électrique ne dessert pas, soit pour pallier une éventuelle coupure d'alimentation électrique de celui-ci.



Figure 10 : Groupe électrogène.

f. La pompe à boue :

Le rôle des pompes à boue est d'assurer l'aspiration et le refoulement de la boue.



Figure 11 : Pompe a boue triplex simple effet.

Par ailleurs nous avons récupérées les données d'un forage réalisé en 2020 qui nous serviront à la rédaction de notre mémoire.

Jour 5 à fin de stage :

Cette période a été consacrée au laboratoire de géotechnique où monsieur Amraoui Lyes ingénieur en géotechnique nous a familiarisés aux différents techniques et opérations de déterminations lithologiques.

Une fois les échantillons récoltés, l'équipe du laboratoire analyse les échantillons en procédant aux essais Physiques, chimiques et mécaniques.

Le laboratoire géotechnique se compose de trois salles d'essais, chimiques, physiques et mécaniques.

1. Salle des essais chimiques :

- Teneur en Carbonates : calcimètre BS E A841-01
- Teneur en sulfates (CaSO_4) : ASTM C88

Chapitre IV : Stages d'immersion professionnelle.

- Teneur en Chlorures (NaCl) : ASTM D632-72
- Détermination du pH : ASTM D 1067



Figure 12 : Salle des essais chimiques.

2. Salle des essais physiques :

- Identification et classification visuelle.
- Essai Poids spécifique et teneur en eau naturelle « W » : ASTM D698.
- Analyse Granulométrique par tamisage : ASTM E11-61.
- Analyse par sédimentométrie : ASTM D422.
- Limite d'Atterberg (Wl, Wp) : ASTM D4318-00



Figure 13 : Salles des essais physiques.

3. Salles des essais mécaniques :

- Cisaillement direct à la boîte : ASTM D 3080
- Compression simple sur sols : ASTM D2166
- Compression sur roches : ASTM D 2938
- Essai CBR (California bearing ratio) : ASTM D1883
- Essai Los Angeles : ASTM C 131

a. L'identification et la classification visuelle :

L'identification et la classification visuelle des échantillons à l'aide de la norme ASTM D2488-00 basée sur la détermination de la couleur, l'état de l'humidité, la consistance, la taille de la structure et des particules.

Donc on a classifié les échantillons par couche.

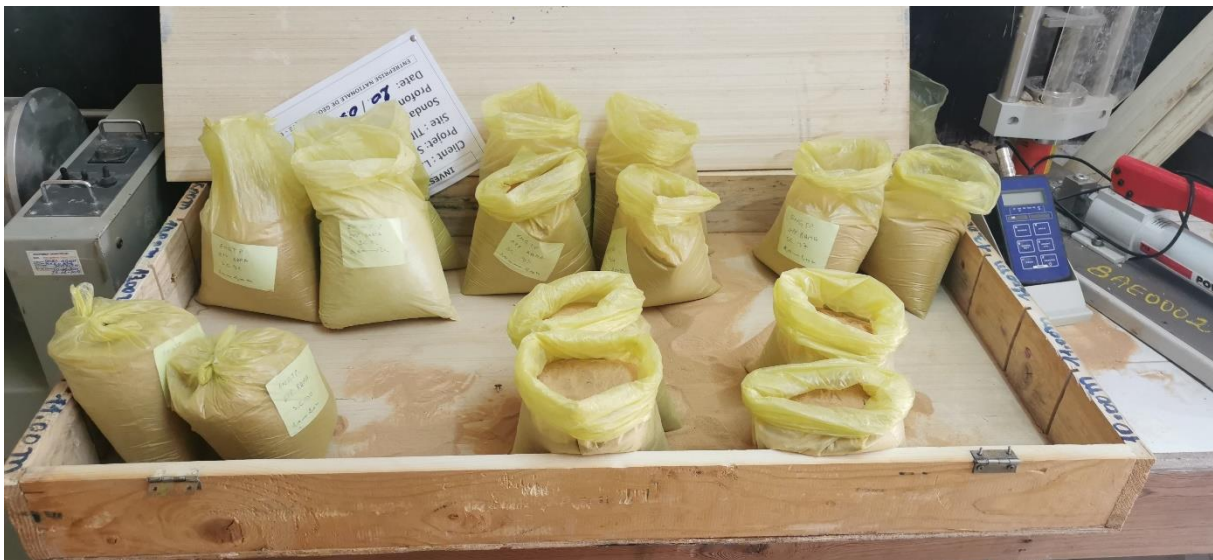
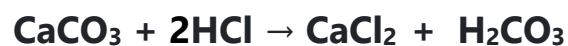


Figure 14 : classification des échantillons.

La recherche de la présence du calcaire dans les échantillons (roches sédimentaires) se fait en versant quelques gouttes d'acide chlorhydrique HCL. Une réaction d'effervescence la présence du calcaire au niveau de cet échantillon.

La réaction se passe en 2 phases:

1. Le calcaire réagit avec l'acide chlorhydrique pour former un sel (le chlorure de calcium CaCl₂) et de l'acide carbonique H₂CO₃ selon l'équation suivante :



Chapitre IV : Stages d'immersion professionnelle.

2. l'acide carbonique H_2CO_3 est instable à TPN (température et pression normale). La molécule "se casse" pour former de l'eau et du gaz carbonique qui s'échappe en faisant des bulles:



Cette réaction est très utile pour reconnaître une roche calcaire sur le terrain.

Le géologue emporte toujours avec lui une petite bouteille d'acide chlorhydrique pour analyser les roches.



Figure 15 : La réaction de HCL avec une roche sédimentaire.

Le Dernier jour :

Le dernier jour a été consacré à la visite du premier puits creusé en 1917 (Bir Messaoud) par Messaoud Rouabah et qui a donné son nom à la région (Hassi qui signifie puits).

Ce site historique a été aménagé en 2016, ce projet qui a nécessité une enveloppe de 90 millions DA sur le budget communal,

Messaoud Rouabah a creusé environ 25 puits d'eaux dans les régions, mais en creusant celui-ci, il avait remarqué que le sable était couvert d'une matière grasse, donc ce puits n'est pas comme les autres, dommage qu'il ne savait pas que cette pollution était une grande richesse souterraine.

C'est grâce à ce puits (environ 4 / 5 mètres de profondeur) creusé par Rouabah que les entreprises françaises découvrent pendant la colonisation de l'Algérie, que le sous-sol de ce pays est plein d'hydrocarbures et beaucoup de richesses souterraines.

Partie II : (du 23 juin au 29 juin)

II.1. Les essais physiques :

a. Essai poids spécifique et teneur en eau :

Le but de cet essai est la détermination de la quantité de l'eau contenue dans le sol.

Mode opératoire :

- Faire passer l'échantillon dans un tamis N 2 avant de commencer.
- on prend le poids de la tare vide (PT).
- On remplit la tare en trois couches puis après avoir versé chaque couche on compacte l'aide de la dame Proctor normal en 25 coups.
- Une fois le moule rempli, on arase le sable avec une règle à araser, on comble les vides laissés à la surface.
- On pèse l'ensemble poids total humide (PTH) et l'introduire dans une étuve pendant 24h sous une température 105°C.
- Après le séchage on pèse l'ensemble du matériel une autre fois pour avoir le poids total sec (PTS)

Exemple de calcul :

- Après avoir eu la valeur du poids humide et sec, la différence entre ces deux valeurs est le poids de l'eau (P_w) des deux tares.

$$P_w = PTH - PTS$$

$$P_w(t22) = 143,6 - 142,6 = 1$$

$$P_w(t20) = 144,9 - 143,8 = 1,1 \text{ gr}$$

- PTH = poids total humid
- PTS = poids total sec

- Puis on calcule la teneur en eau w% de chaque tare selon l'équation :

$$W = (P_w/P_s) \times 100 (\%)$$

$$W(t22) = (1/94,9) \times 100 = 1,06\%$$

$$W(t20) = (1,1/96,1) \times 100 = 1,16\%$$

- $P_s = PTH - PT$
- P_t : poids de la tare

- Puis on calcule le poids spécifique humide et sec de chaque tare :

$$P_{sf} h = Ph/V (\text{KN/m}^3)$$

$$P_{sf} h(t22) = 14,58 \text{ KN/m}^3$$

$$P_{sf} h(t20) = 14,76 \text{ KN/m}^3$$

- V : volume de la tare

$$\mathbf{Psf\ s = Ps/V}$$

$$\mathbf{Psf\ s\ (t22) = 14,42\ KN/m^3}$$

$$\mathbf{Psf\ s\ (t20) = 14,59\ KN/m^3}$$

- Puis on calcule la teneur en eau moyenne :

$$\mathbf{W_{moyenne} = (W(t22) + W(t20)) / 2}$$

$$\mathbf{M_{moyenne} = (1,06 + 1,16) / 2 = 1,11\%}$$

- Calculer les poids spécifiques moyens :

$$\mathbf{Pds\ spf\ h = (Psf\ h(t22) + Psf\ h(t20)) / 2 = 14,67\ KN/m^3}$$

$$\mathbf{Pds\ spf\ s = (Psf\ s(t22) + Psf\ s(t20)) / 2 = 14,51\ KN/m}$$



Figure 17 : Essai de poids spécifique et teneur en eau.

b. Limites d'Atterberg :

Le but de cet essai est de déterminer la plasticité et la liquidité d'un sol.

Mode opératoire :

- On verse de l'eau sur notre échantillon et le faire passer sur dans un tamis dont le diamètre des mailles est inférieure à 0,4 mm en mettant un récipient dessus.
- On laisse notre échantillon se décanter pour enlever l'eau clair
- On le met dans une étuve pendant 24h

Chapitre IV : Stages d'immersion professionnelle.

- On malaxe rigoureusement la totalité de l'échantillon afin de bien homogénéiser en ajoutant de l'eau distillé.



Figure 18 : Préparation de l'échantillon pour la limite l'Atterberg.

Détermination de Limite de Liquidité W_L :

- On remplit la coupelle Casagrande au tiers
- On trace le milieu de l'échantillon à l'aide d'un outil à rainurer
- La coupelle fixée à l'appareil est soumise à une série de chocs réguliers jusqu'à ce que les deux lèvres se ferment de 1cm et on compte le nombre de coups.
- Une fois les deux lèvres se sont fermées on prélève de chaque côté des lèvres un échantillon de pate qu'on mettra dans une tare.
- On répète la procédure 3 fois.

On pèse les échantillons à l'état humide avant de le mettre dans une étuve pour dessiccation et le laisser 24 h pour ensuite peser les échantillons à l'état sec afin de calculer à la fin la limite de Liquidité W_L



Figure 19 : Limite de liquidité.

Détermination de la Limite de Plasticité :

- On forme une boulette à partir de la pâte homogène.
- Rouler la boulette sur une surface lisse à la main de façon à obtenir un rouleau mince de 3 mm de diamètre et 5 cm de long.
- On prend 3 tares et on met 6 rouleaux dans chaque tare.
- Peser les tares avant de les mettre dans l'étuve pour dessiccation et laisser 24h pour ensuite peser les échantillons à l'état sec afin de calculer à la fin la limite de **Plasticité W_p** .



Figure 20 : Limite de plasticité.

Exemple de calcul :

Limite de liquidité W_L (%) :

C'est la teneur en eau du matériel qui correspond à la fermeture des lèvres, elle est calculée par l'équation de droite moyenne ajustée sur les valeurs de teneur en eau moyenne de chaque prélèvement sur un graph.

La W_L Corresponds à la valeur de teneur en eau quand le nombre de coups est à 25 coups, elle est exprimée en %.

Limite de plasticité W_P (%) :

C'est la teneur en eau du rouleau de sol qu'on a préparé.

La W_P correspond à la moyenne des teneurs en eau obtenues à partir de 3 tares, Elle est exprimée en %.

Indice de plasticité :

C'est la différence entre les valeurs de W_L et W_P

$$I_P = W_L - W_P$$

Une fois calculé l'indice de plasticité on calcul l'indice de consistance I_C :

$$I_C = \frac{W_L - W_n}{I_P}$$

Dont : W_n est la teneur en eau naturelle du matériel.

II.2. Les essais chimiques :

- Détermination du PH de l'eau et du sol
- Détermination de la teneur en carbonates.
- Détermination de l'agressivité de l'eau et du sol vis à vis des armatures (teneur en chlorure).

- Pour commencer les essais tous les échantillons doivent passer dans un tamis dont le diamètre des mailles est de 2mm, et les laisser dans une étuve pendant 24h sur une température de 105°C.

a. Détermination du PH de l'eau et du sol

Matériels utilisés :

- Un bécher
- Agitateur magnétique
- PH mètre
- Balance
- Bécher gradué

Mode opératoire :

- On prend 30g de l'échantillon

Chapitre IV : Stages d'immersion professionnelle.

- On ajoute 100ml de l'eau distillé
- On mélange avec un agitateur magnétique pendant 3min
- On laisse reposer un bon moment après avoir mettre le PH mètre dedans
- Enfin on prend les mesures

Exemple de calcul :

On prend directement la valeur affichée dans le PH mètre.



Figure 21 : Essai de détermination du PH.

b. Détermination du taux de Carbonate (CaCO_3) :

Matériels utilisés :

- Becher
- HCL
- Calcimètre
- Balance

Mode opératoire :

- On prend 1g de l'échantillon, à l'aide d'un calcimètre
- On note la valeur initiale représentant le volume du gaz présent dans le récipient

Chapitre IV : Stages d'immersion professionnelle.

- On ajoute donc 10ml de l'HCl
- On prend la 2^{ème} valeur que le calcimètre affichera.

Exemple de calcul :

- On prend les deux lecteurs L_1 et L_2 à la température = 27°C

$$L_1 = 20 \text{ ml} \quad L_2 = 25 \text{ ml}$$

- Puis on calcule le pourcentage de la teneur en carbonate

$$(L_2 - L_1) \times K = \%$$

$$\text{Quand la } T^\circ > 20^\circ \rightarrow K = 0,38$$

$$\text{Quand la } T^\circ = 20^\circ \rightarrow K = 0,40$$

$$\text{Quand la } T^\circ < 20^\circ \rightarrow K = 0,45$$

$$(25 - 20) \times 0,38 = 1,9 \%$$

Donc la teneur moyenne de carbonates = 1.9%



Figure 22 : Détermination de la teneur en carbonates.

c. Détermination la teneur en chlorures :

Matériels utilisés :

- Source de feu
- Dichromate de potassium K_2CrO_4
- Des filtres en papier
- Une burette
- Bécher
- Nitrate d'argent $AgNO_3$

Mode opératoire :

- Prend 1g d'échantillon dans un bécher puis ajouter 100ml d'eau distillé
- Mettre à feu pour une dizaine de minutes
- Filtrer rapide en papier
- On prend la solution filtrée on y ajoute jusqu'à 250ml d'eau distillé
- On ajoute quelques gouttes de dichromates de potassium, de couleur jaunâtre
- On met des nitrates d'argent dans une burette, on ajoute peu à peu au mélange précèdent jusqu'au changement de couleur de jaune vers rouge
- On note les deux valeurs V_0 et V_1 ,
 V_0 : avant de mettre les nitrates d'argent
 V_1 : après avoir mettre les nitrates d'argent

Exemple de calcul :

- On prend les deux valeurs V_1 et V_2

$$V_0 = 38.2 \quad V_1 = 38.6$$

- Puis on calcule le pourcentage de la teneur en chlorure

$$\% = V_{AgNO_3} \times 0,585$$

$$V_{AgNO_3} = (V_2 - V_1)$$

$$\% = 0.4 \times 0,585 = 0,234\%$$



Figure 23 : Détermination la teneur en chlorure.

3. Les essais mécaniques :

a. Cisaillement direct à la boîte :

Le but de cet essai est de Traiter les grandes déformations, c'est-à-dire le comportement des sols à l'état d'écoulement plastique ou à l'état de rupture.

Matériels utilisés :

- Appareil de cisaillement « Casagrande » NF P 94-071-1
- Anneau : 10962
- Vitesse : 0,878
- Rem : 0,144

L'appareillage spécifique à l'essai comprend :

- Le bâti
- La boîte de cisaillement (6x6 cm)
- Le dispositif d'application de l'effort normale sur l'éprouvette
- Le dispositif produisant le déplacement relatif horizontal entre les deux demi-boîtes
- Le système de mesurage des efforts des déplacements et le temps

Chapitre IV : Stages d'immersion professionnelle.

Mode opératoire :

- faire passer l'échantillon dans un tamis a maille de 2mm
- mettre le tamisât obtenu dans deux demi boites (6x6 cm) qui peuvent glisser l'une par rapport à l'autre, l'élément supérieur est soumis à une contrainte normale, puis à un effort de cisaillement jusqu'à la rupture tout en mesurant le déplacement horizontal de la demi boite
- trois échantillons identiques doivent être testés, pour trois charges différentes (2Kg/4Kg), (3Kg/11Kg), (4Kg/18Kg).

Exemple de calcul :

Pour cette partie on n'a pas eu le temps pour y assister.



Figure 24 : Essai de cisaillement direct à la boîte.

Stage 2 :

Ce deuxième stage s'est déroulé au niveau de la direction des ressources en eaux de Blida.

Nous avons eu l'opportunité d'effectuer une sortie sur le site d'un chantier de forage (F4) à Tabainet (Commune Chebli) wilaya de Blida.

Cette sortie nous a permis de voir un appareil de forage, une pompe à boue, un bassin de la boue bentonitique, l'identification visuelle des cuttings, et les étapes essentielles de l'opération de diagraphie



Figure 25 : Appareil de forage.

1. La boue bentonitique :

C'est un mélange colloïdal de bentonite et d'eau : la bentonite c'est une variété d'argile très fine, dont les particules sont inférieures à 1 μm et de densité de 2,6. A ce mélange un ou plusieurs additifs sont rajoutés pour le rendre compatible avec le terrain ou la pression de la nappe, ou bien pour conserver ou redonner à la boue ses propriétés initiales.

La boue de forage est fabriquée dans des bassins de grande capacité. Elle est ensuite aspirée par des pompes et refoulée dans les tiges creuses.



Figure 26 : Bassin de preparation de La bentonite.



Figure 27 : La bentonite.

2. l'indentification visuelle des cuttings :

On trouvé sur chantier que les cuttings sont classés par profondeur, le maitre de l'œuvre qui est dans ce cas l'ingénieur doit vérifier que ce classement est correcte en lavant des petits échantillons pour le confirmer et aussi pour determiner la coupe lithologique de cette region.



Figure 28 : classement des cuttings.



Figure 29 : lavage des cuttings.

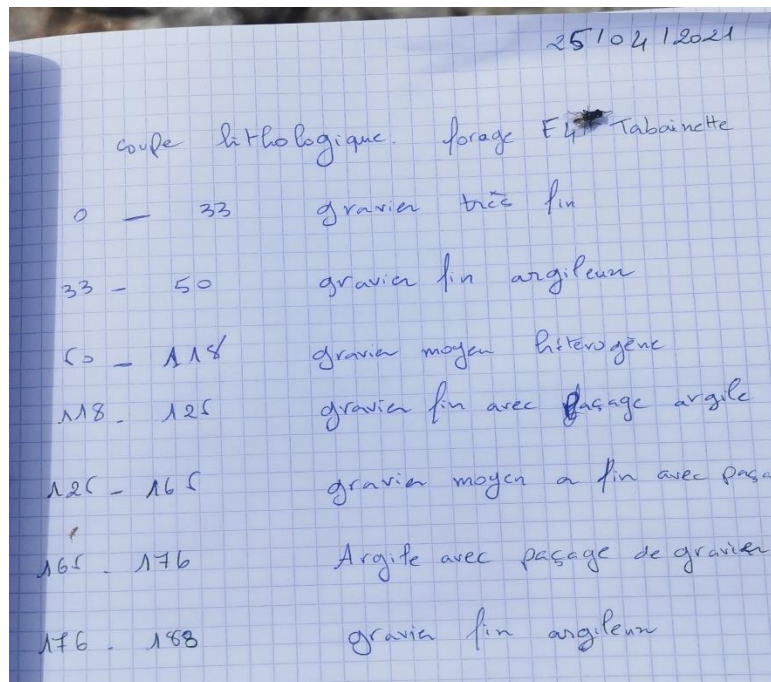


Figure 30 : Détermination de la coupe lithologique.

3. La diagraphie :

Le terme diagraphie provenant du grec dia "à travers" et graphein "dessiner" appelé plus couramment log.

Les diagraphies sont enregistrées lors d'un arrêt ou en fin de forage, et les paramètres mesurés ne sont accessibles qu'avec un certain retard sur l'exécution du forage d'où le nom de diagraphies Différées.

Des outils, conçus dans ce but, sont descendus dans le trou de forage à l'extrémité d'un câble qui assure la liaison avec les instruments de surface commandant les opérations, et groupés soit dans un camion, soit dans une cabine fixe pour les forages en mer.

Le principe de la méthode consiste à mesurer des paramètres quelconque à l'aide d'une sonde (outil) descendue dans le puits au bout d'un câble qui en plus du moyen mécanique sert aussi du support pour la transmission des signaux entre l'outil en profondeur et l'unité d'enregistrement en surface.

Cette sortie sur terrain nous a permis de voir le matériel utilisé et le mode opératoire de la diagraphie, on n'a pas pu assister à l'interprétation des résultats qui permettrait de faire un programme de forage.



Figure 31 : Le treuil.



Figure 32 : Sonde combinée.

Chapitre IV : Stages d'immersion professionnelle.

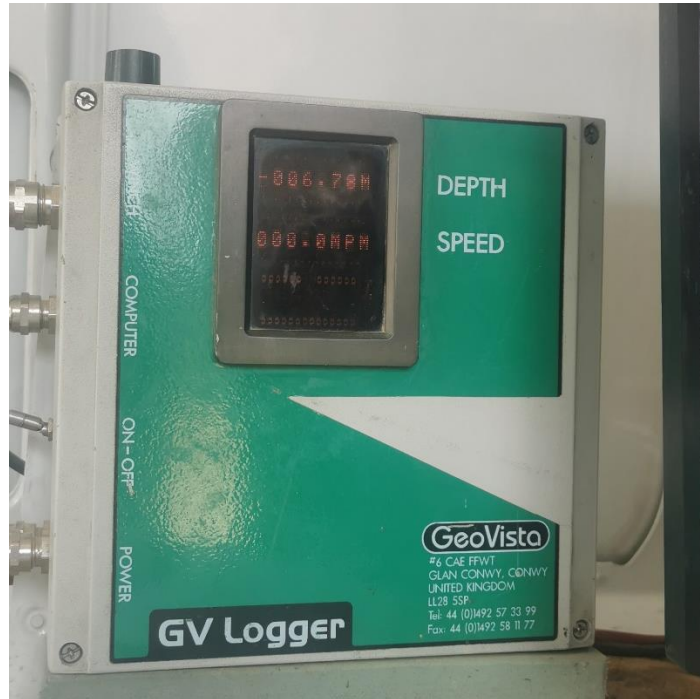


Figure 33 : Système d'acquisition.



Figure 34 : l'affichage du graphe sur PC.

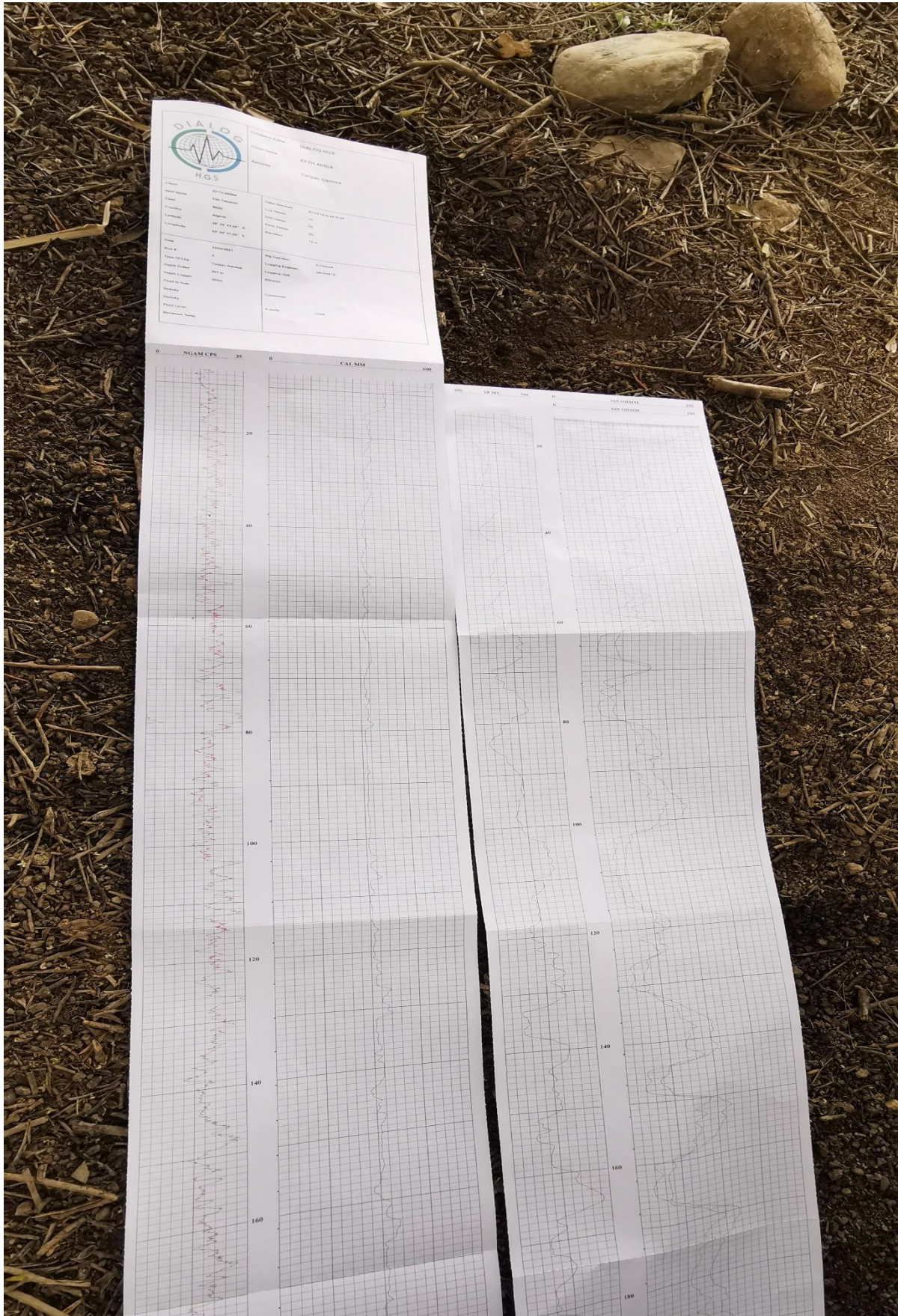


Figure 35 : Enregistrement diagramme de Tabainet.

Conclusion :

Ce stage nous a permis de nous mettre en situation professionnelle et nous avons pu découvrir des essais au laboratoire et sur chantier.

Nous Avons passé trois semaines dans un laboratoire de recherche avec une équipe de techniciens expérimentés et on a acquis une expérience enrichissante tant sur le plan humain que professionnel.

Sur le plan technique, nous avons pris connaissance du matériel et des équipements utilisés,

On a appris à exploiter une norme pour réaliser un essai et compléter des fiches d'essais

Cette expérience nous a motivés pour découvrir plus notre spécialité et nous sera d'une grande utilité dans la suite de nos études et plus tard dans le monde professionnel.

Nous Tenons à remercier tous les employés de l'ENAGEO de Hassi Messaoud et la DRE de Blida pour cette agréable expérience qui nous a appris beaucoup de choses que ce soit sur le plan professionnel, technique et aussi relationnel.

Conclusion générale

L'étude réalisée dans le cadre de ce mémoire de fin d'études est basé sur une immersion en milieu professionnel grâce à des stages effectués sur deux sites différents Hassi Messaoud et chebli (Blida) A Hassi Messaoud notre immersion s'est effectuée auprès de l'entreprise ENAGEO, filiale de la Sonatrach. L'étude de la réalisation du forage SH/DAS IRARA d'une profondeur de 340m captant Léonce carbonaté après la description du chantier de forage et des moyens matériels et humains mis en œuvre, Les essais effectués après l'équipement du forage ont consistés en :

- Un développement effectué en 4 phases de profondeurs différentes par air lift.

Un essai de pompage d'une durée de 10h avec un débit de 12 l/s qui à donner un rabattement de 0.7m qui peut indiquer des bonnes caractéristiques.

- L'échantillon d'eau prélevé du puits de forage SH/DAS-IRARA présente une dureté et des teneurs en sulfates supérieures à celles tolérées par les normes OMS et les normes algériennes

Par conséquent nous recommandons un traitement préalable avant l'utilisation de ces eaux pour l'alimentation humaine.

Les laboratoires des essais, physique, chimique et mécanique. Nous ont permis d'effectuer les opérations, manipulation Concernant l'identification et classification visuel des cuttings et calculs du poids spécifique et la teneur en eau, limite d'Atterberg, détermination du pH de l'eau et du sol, le taux de carbonate, la teneur en chlorure et le cisaillement direct à la boîte. Le stage effectué sur le chantier du forage F4 Chebli Blida d'une profondeur 203m, captant l'aquifère quaternaire de la Mitidja à donner lieu au suivi des cuttings (lavage et d'inscription), établissement de la colonne stratigraphique ainsi que les opérations de diagraphie. Ces stages nous ont permis de nous familiarisé avec les différents techniques et opérations liées au forage d'eau.

Références bibliographiques

- [1] Rapport ENAGEO, direction hydrogéologie et topographie.
- [2] Rapport de stage, M. Mouloud chef de département forage.
- [3] M. Moussaw et S. Bralla, (1993) "géologique du champ de Hassi Messaoud, SH/DG", Hassi Messaoud. [Livre]
- [4] A. Ghetas (2010) "étude d'un forage hydraulique dans la région de Hassi Messaoud" 2010 mémoire de fin d'étude Université d'Oran
- [5] L'appareil de forage [photo] sur le site www.ikonet.com
- [6] H. El Ghoulam et M. Hafsi (2019) " Suivi de réalisation du forage Albien OMPHA-9 dans la région de Hassi Messaoud (Algérie)" Mémoire de fin de formation pour l'obtention du diplôme d'ingénieur spécialité en hydraulique
- [7] Formation d'ingénieurs forage JDF 19, introduction a industrie pétrolière et initiations au forage [fichier]
- [8] Rapport fin de sondage puits d'eau SH/DAS IRARA.
- [9] Règles d'installation d'un chantier du forage hydraulique, HSE DHT
- [10] Hydrogéologie appliquée et forage hydrauliques formation IAP2021
- [11] Rapport quotidien de forage ENAGEO cas forage SH/DAS-IRARA
- [12] forage technique et procédés. Dr M. Metaiche maitre de conférences 2013 Université de Bouira.
- [13] rapport de qualité d'eau forage DAS-IRARA laboratoire CRD Sonatrach
- [14] Feghir. A, Messaoud-Nacer. N, 1982. Etude hydrogéologique de nappes superposées dans la région de Hassi-Messaoud, Ouargla, Algérie. Mémoire d'ingénieur d'Etat en Géologie, Option Hydrogéologie. Institut des Sciences de la Terre. Université Houari Boumediene, Alger,
- [15] S. Laouche rapport de stage.