

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB – BLIDA 1**

**Faculté de Technologie**

**Département des sciences de l'Eau et Environnement**



## **MEMOIRE DE MASTER**

**Filière : Hydraulique**

**Spécialité : Ressources Hydraulique**

Thème :

**Suivi technique de la réalisation d'un forage par la méthode mixte (Marteau fond de trou et Battage):  
Site Sidi El Kebir, commune de Blida**

Présenté par

**BOUFARH Bouchra**

**DEMBELE Fatoumata Hawoye Yaya**

Devant le jury composé de :

Mme.S TAIBI

M.C.A

Présidente

M.O KARA

M.C.B

Examineur

M.M BELAIDI

C.D.ANRH.DRC.Soumaa

Co-promoteur

M.A GUENDOUZ

Professeur.U.de BLIDA

Promoteur

Promotion 2021/2022

# Dédicaces

*Je dédie ce travail en signe de respect et de reconnaissance :*

*À mes très chers parents pour leurs soutien et sacrifices dont je serai toujours reconnaissante.*

*À mes frères khairredine et Salama.*

*À ma belle-sœur Samiha.*

*À tous mes amis et toutes mes amies.*

*En un mot, à toute ma famille, mes amis et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation.*

BOUCHRA.

# Dédicace

*Je dédie ce mémoire :*

- *À Mes géniteurs Mr DEMBELLE Yaya et MAIGA Nana pour leurs sacrifices, amours, prières, conseils, motivations et encouragement tout au long de mon cursus scolaire. Je n'ai qu'un seul mot à vous dire, MERCI.*
- *Aux âmes de mes grands-pères (DEMBELLE Amadou et MAIGA Souleymane), j'aurai voulu que ce jour vous trouverait en vie mais hélas, qu'Allah ait pitié de vos âmes.*
- *À mon fiancé TRAORE Adama, merci pour ton amour, ta présence et ton soutien.*
- *À mes frères et sœurs pour leurs amours inconditionnels envers ma modeste personne.*
- *À ma meilleure amie TIMBELY Ramatoulaye.*
- *Et à toute la communauté malienne de Blida ; une dédicace spéciale à vous les filles de la cité 05 de m'avoir considérée comme votre sœur et m'avoir soutenue.*

FATOUMATA.

# Remerciements

*Nous remercions Dieu le tout puissant, de nous avoir donné la santé, le courage et la volonté qui nous a permis de réaliser ce travail dans les meilleures conditions.*

*Nous tenons encore une fois à remercier nos chers parents pour leur aide, soutien, confiance, encouragement et Sacrifices.*

*Nous adressons notre profonde reconnaissance à notre promoteur, Mr GUENDOUZ Abed Hamid pour tout son dévouement lors de notre encadrement, pour tout son aide et ses précieux conseils, et surtout pour sa patience et sa compréhension.*

*Nous remercions Mme TAIBI Sabrina qui a accepté de présider notre soutenance et Mr KARA Omar qui a accepté d'examiner notre travail.*

*Nous souhaiterons exprimer notre gratitude pour la patience, le soutien, l'aide qu'a pu nous apporter notre Co-promoteur Mr BELAIDI Mouloud chef du département de l'Hydrogéologie ANRH et son équipe Mr LAGHLOUGH Samir, Mr KAHBOUB Ibrahim et SEDRATI Lotfi.*

*Nous tenons à remercier également tous le corps du département des sciences de l'eau et de l'environnement, qui nous ont encadrés durant tout notre cursus universitaire.*

## ملخص:

قمنا من خلال هذا العمل بالمتابعة الفنية لكل مراحل حفر بئر إرتوازي بسيدي الكبير (بلدية البليدة، ولاية البليدة) الواقعة على سفوح الأطلس البليدي عبر تقنية مختلطة، طريقة المطرقة السفلية والدق لتزويد سكانها بمياه الشرب.

النتائج المتحصل عليها بعد التجارب الأولية لتحديد التدفق بضغوط 24 بار تعتبر جيدة لأن التدفق المتحصل عليه لمدة تزيد عن 5 ساعات يقدر بـ 25 لتر/الثانية، ومنه تم تأكيد إنتاجية الحجر الجيري المكسور المستهدف حتى عمق 120م. بعد هذه التجربة نوصي بمواصلة عمليات الحفر التي ستسهم في تحسين إمدادات مياه الشرب لمحلية سيدي الكبير.

## الكلمات المفتاحية:

بئر إرتوازي – سفوح الأطلس البليدي – المطرقة السفلية – الدق – التجارب الأولية – التدفق

## **Résumé :**

L'objectif du présent travail est le suivi de toutes les étapes du forage d'un forage d'eau dans la localité de Sidi El Kebir (commune de Blida, Wilaya de Blida) qui est située au piedmont de l'Atlas Blidéen avec une méthode mixte, le cumule du marteau fond de trou et du battage pour l'alimentation de son agglomération en eau potable.

Les résultats obtenus après l'opération des essais à blanc avec un compresseur de 24bars de pression, sont concluants car le débit obtenu est de 25l/s pendant plus de 5heures, confirmation de la productivité des calcaires fracturés ciblés jusqu'à une profondeur de 120m. Après cet essai à blanc concluant, nous recommandons la poursuite des opérations du forage, qui contribuera à l'amélioration de l'alimentation en eau potable de la localité de Sidi El Kebir.

## **Mots clés :**

Forage – piedmont de l'Atlas Blidéen – marteau fond de trou – battage – essai à blanc – débit.

## **Abstract:**

In this work, we made a monitor all the steps of the drilling water in the locality of Sidi El Kebir (municipality of Blida ,Wilaya of Blida )which is located at the foothills of Blideen Atlas with a mixed method , the combination of the down-the-hole hammer and threshing to supply drinking water to its agglomeration.

The results obtained after the operation of the blank tests with a compressor of 24 bars of pressure ,are conclusive because the flow rate obtained is 25 l/s for more than 5 hours ,confirmation of the productivity of the fractured limestone targeted down to a depth of 120m.After this conclusive blank test,we recommend the continuation of drilling operations ,which will contribute to improving the drinking water supply in locality of Sidi El Kebir.

**Key words :**

The drilling water –at the foothills of Blideen Atlas–the down the hole hammer  
threshing –the blank tests –the flow

# Plan de travail

## Introduction Générale

---

### Chapitre I Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site

---

Introduction :	1
I.1. Situation géographique du site	2
I.2. Présentation de l'Atlas Blidéen	3
I.3. Contexte géologique	4
I.3.1. Présentation du contexte géologique régionale	4
I.3.2. Présentation du contexte géologique local	6
I.4. Aspect Tectonique	7
I.5. Aperçu Géomorphologique	8
I.5.1. Le Bassin Versant de l'oued Sidi El Kebir	8
I.5.2 Relief de l'Atlas Blidiéen	9
I.6. Contexte Hydrogeologique	10
I.7. Contexte Hydroclimatique	11
I.7.1. Temperature	11
I.7.2. Précipitations	13
I.7.2.1. Précipitations moyennes annuelles	14
I.7.2.1. Précipitations moyennes mensuelles	16
I.7.3 La neige	18
I.7.4. Gelée et grêle	18
I.7.5 L'évapotranspiration	18
Conclusion	19

---

### Chapitre II

### Les techniques de forage

---

Introduction	20
II.1. Généralité	20
II.2. Les techniques de forage	20
II.2.1. La technique de battage	20
II.2.1.1. Les différents procédés de battage	22
II.2.1.2. Avantages	23

II.2.1.3. Inconvénients .....	24
II.2.2. La technique de havage .....	24
II.2.2.1. Avantages .....	24
II.2.2.2. Inconvénients .....	24
II.2.3. La technique rotary .....	25
II.2.3.1. Avantages .....	26
II.2.3.2. Inconvénients .....	26
II.2.4. La technique marteau fond de trou .....	27
II.2.4.1. La technique marteau fond de trou classique (simple) .....	27
II.2.4.2. La technique marteau fond de trou avec tubage a l'avancement .....	29
II.3. Les critères de choix .....	31
II.3.1. Nature géologique des terrains traverses .....	31
II.3.2. Profondeur finale de l'ouvrage .....	31
II.3.3. Nature de l'ouvrage réalisé (reconnaissance ou exploitation) .....	31
II.3.4. Qualité des fluides des réservoirs. ....	32
II.3.5. Environnement du chantier .....	32
II.4. Les fluides de forage .....	32
II.4.1. Définition .....	32
II.4.2. Les différents types de fluide .....	32
II.4.2.1. La boue à bentonite .....	32
II.4.2.2. Air comprimé .....	33
II.4.2.3. La mousse .....	33
II.4.2.4. L'eau .....	34
Conclusion .....	34

---

## Chapitre III

## Opération de suivi et réalisation du forage

---

Introduction .....	35
III.1. Les opérations de réalisation du forage .....	35
III.1.1. Forage de reconnaissance .....	35
III.1.1.1. Installation du chantier .....	35
III.1.1.2. Opération de foration .....	37
III.1.2. Prélèvements des échantillons .....	36
III.1.3. Enregistrement diagraphique .....	38
III.1.3.1. Interprétation de la diagraphie .....	39



III.1.4. Essais à Blanc .....	39
III.1.5. Opérations d'élargissage .....	41
III.1.5.1. Installation du chantier .....	41
III.1.5.2. Opération de foration .....	43
III.1.6. Programme d'équipement .....	44
III.1.7. Opération de descente du tubage .....	45
III.1.8. Massif gravier .....	45
III.1.9. Développement .....	46
Conclusion .....	47

---

Conclusion générale

Référence bibliographique

Annexe

# Liste des figures

## **Chapitre I : Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site**

<b>Figure I.01:</b> La localisation de la zone d'étude sur le piement de l'Atlas Blidéen.....	2
<b>Figure I.02:</b> Plan de situation du site d forage.....	3
<b>Figure I.03 :</b> Carte de la situation géographique de l'Atlas Blidéen.....	3
<b>Figure I.04 :</b> Extrait de la carte géologique de la région de Blida.....	5
<b>Figure I.05 :</b> Carte géologique de Blida.....	6
<b>Figure I.06:</b> Terrain affleurent de site.....	6
<b>Figure I.07:</b> Traitement d'un échantillon d'affleurement de site au laboratoire.....	7
<b>Figure I.08 :</b> Une faille proche du site.....	8
<b>Figure I.09 :</b> Le réseau hydrographique du bassin versant de l'oued de Sidi El Kebir avec classification de Schum 1957(Réalise par nous soins avec Arcgis 10.8).....	9
<b>Figure I.10 :</b> Carte des ressources en eaux souterraines du nord Algérien .....	10
<b>Figure I.11 :</b> Extrait Carte du réseau hydro climatologique de l'Algérie .....	11
<b>Figure I.12:</b> Variations des Températures moyennes mensuelles de Blida(1990).....	12
<b>Figure I.13:</b> Histogramme des variations de températures de la station de Soumaa Blida de (2003 à 2012).....	12
<b>Figure I.14:</b> extrait de carte des pluies annuelles moyennes du nord d'Algérie .....	13
<b>Figure I.15:</b> Histogramme des précipitations annuelles de la station de Hamman Melouane (2000-2019) .....	15
<b>Figure I.16:</b> Variations des précipitations moyennes annuelles de la station de Hamdania (1990-2014)).....	16
<b>Figure I.15:</b> Histogramme des précipitations mensuelles de Hamman Melouane (2000-2019) .....	17
<b>Figure I.17:</b> Variations des précipitations moyennes mensuelles de Hamdania (2000-2019).....	18
<b>Figure I.18:</b> carte de l'évapotranspiration moyenne annuelle de l'Algérie du Nord ...	19

## **Chapitre II : Techniques de forage**

<b>Figure II.01:</b> Schéma d'une installation de forage au battage .....	21
<b>Figure II.02 :</b> les différentes étapes de fonçage par le battage .....	22

<b>Figure II.03 :</b> Schéma d'une installation de forage rotary .....	25
<b>Figure II.04:</b> Exemples des outils de forage (gauche : outil tricône ; centre : outil PDC ; droite : outil trilames).....	26
<b>Figure II.05:</b> Schéma d'une installation de forage MFT .....	27
<b>Figure II.06:</b> les phases de fonctionnement du Marteau Fond de Trou .....	28
<b>Figure II.07:</b> les différents types de taillant .....	29
<b>Figure II.08:</b> La technique marteau fond de trou avec tubage à l'avancement.....	30

### **Chapitre III :Opération de suivi et réalisation du forage**

<b>Figure III.01:</b> le plan d'installation du chantier pour le MFT .....	36
<b>Figure III.02 :</b> installation du chantier pour le MFT .....	36
<b>Figure III.03 :</b> Taillant concave de 12'' .....	37
<b>Figure III.04 :</b> Les cuttings .....	38
<b>Figure III.05:</b> Traitement des cuttings au .....	38
<b>Figure III.06:</b> Boite de commande et de digitalisation de l'équipement (Mount Sopris).....	39
<b>Figure III.07:</b> Sonde combinée ( $\gamma_{ray}$ ; $P_s$ ; ).....	39
<b>Figure III.08 :</b> Treuil.....	39
<b>Figure III.09 :</b> essai à blanc au compresseur.....	40
<b>Figure III.10:</b> Le débit mesuré à l'aide d'un déversoir est de 25 l/s.....	40
<b>Figure III.11:</b> Sonde multifonctionnelle .....	41
<b>Figure III.12:</b> Plan d'installation du chantier pour le battage .....	41
<b>Figure III.13:</b> L'installation du chantier pour le battage.....	42
<b>Figure III.14:</b> Tube guide .....	43
<b>Figure III.15:</b> Opération d'élargissage.....	44
<b>Figure III.16 :</b> descente de tubage .....	45
<b>Figure III.17 :</b> Massif gravier.....	46
<b>Figure III.18 :</b> Developpement à l'air lift.....	46

# Liste des Tableaux

## **Chapitre I : Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site**

<b>Tableau I.01</b> : Températures moyennes mensuelles de 1990 à 2005 Blida .....	11
<b>Tableau I.02</b> : Coordonnées géographiques des stations météorologiques(ANRH)..	14
<b>Tableau I.03</b> : Précipitations moyennes annuelles mesuré par la station de Hammam Melouane 2000-2019 .....	14
<b>Tableau I.04</b> : Précipitations moyennes annuelles mesuré par la station de Hamdania 2000-2019 .....	15
<b>Tableau I.05</b> : Précipitations moyennes mensuelles mesuré par la station de Hammam Melouane 2000-2019 .....	16
<b>Tableau I.06</b> : Précipitations moyennes mensuelles mesurées par la station de Hamdania 2000-2019 .....	17

## **Chapitre III :Opération de suivi et réalisation de forage**

<b>Tableau III.1</b> : Le programme d'équipement .....	44
--	----

## INTRODUCTION GENERALE

L'Algérie à l'instar de tous les pays méditerranéens vit un stress hydrique sans précédent. Ce stress est directement lié d'une part au développement socio-économique et donc des besoins très croissants et d'autre part aux impacts des changements climatiques qui se produisent à l'échelle de toute la planète.

Les sécheresses cycliques qui se produisent ces dernières années ont eu pour conséquences un déficit pluviométrique très important qui a entraîné l'assèchement quasi général des barrages ainsi qu'un abaissement généralisé des niveaux piézométriques des nappes.

C'est dans ce contexte que le recours à l'exploitation des eaux souterraines devient une nécessité un passage obligé. Aussi la plaine de la Mitidja qui contient deux principaux aquifères : la nappe superficielle du quaternaire et celle sous-jacente de l'Astien ont été soumis à un plan d'exploitation poussée ces deux dernières années.

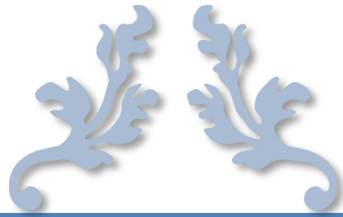
Dans le cadre du renforcement de l'AEP des communes et localités de la wilaya de Blida, la direction des ressources en eau a programmé un certain nombre de forages dont Celui de Sidi El Kebir objet de notre étude.

L'objectif assigné à l'étude est de suivre la réalisation technique du forage toutes les opérations par l'application d'une méthode mixte de forage : MFT et Battage. Située au pied de l'Atlas Blidéen ce forage devrait être de reconnaissance. Le but c'est de la voir productif.

Ce travail consiste à suivre les opérations de réalisation de ce forage situé sur le piedmont de l'Atlas Blidéen à Sidi Kebir dans la commune de Blida wilaya de Blida.

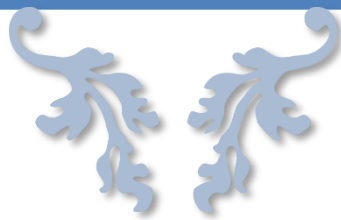
Notre travail est composé de trois chapitres :

- le premier chapitre est réservé à la présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique du site
- Le deuxième chapitre expose les différentes techniques de forage en commençant par les plus anciennes jusqu'à les plus récentes techniques.
- Le troisième chapitre est consacré sur la partie du suivi des différentes phases de réalisation de notre forage.



## **Chapitre I :**

**Présentation géographique,  
géomorphologique, géologique,  
hydrogéologique et hydro climatique de site.**



# Chapitre I : Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site

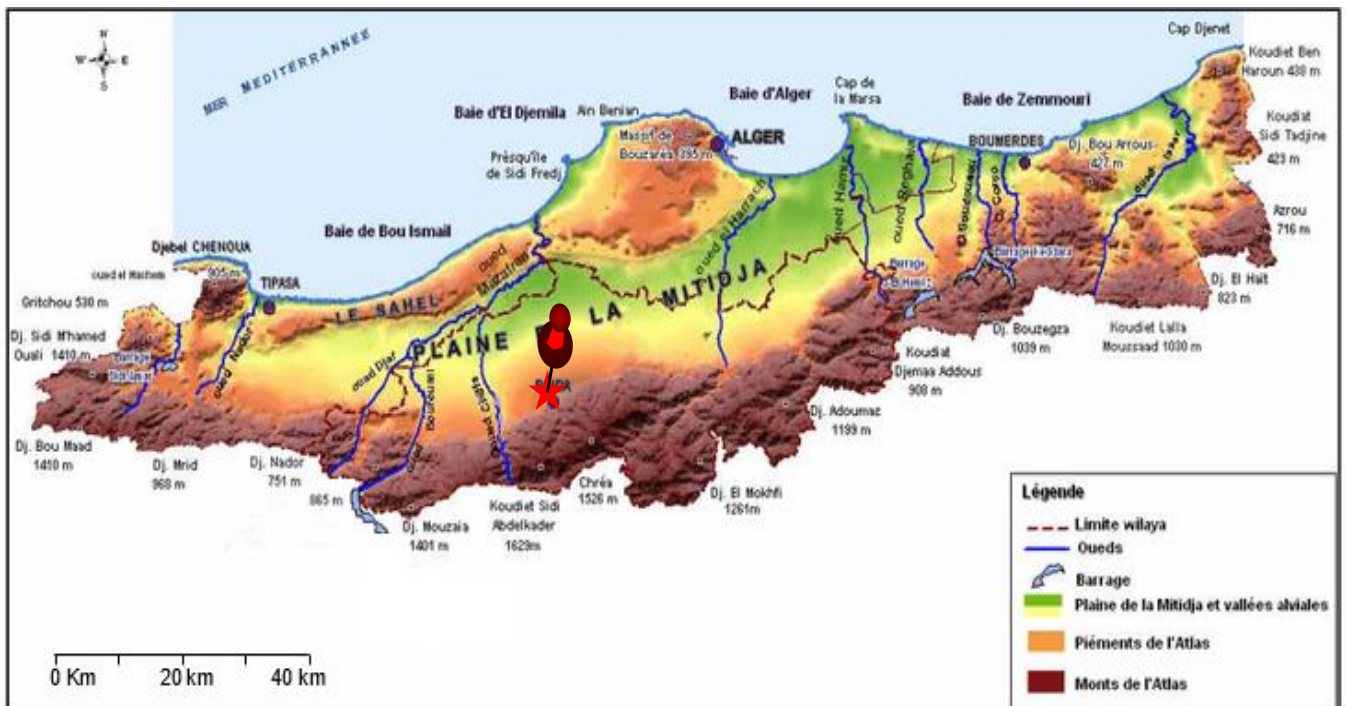
## Introduction

Ce chapitre présente la situation et la description géographique de notre zone d'étude Sidi el Kebir et l'Atlas Blidéen ; puis les contextes géologiques, hydrogéologiques et hydro climatiques.

### I.1. Situation géographique du site :

La zone d'étude fait partie du piedmont de l'Atlas Blidéen (**Figure I.1**). Elle est située sur le plan géographique dans la localité de Sidi El Kebir de la commune de Blida wilaya de Blida. Elle est circonscrite dans les coordonnées suivantes :

- ✓ X = 36°26'19.27" N
- ✓ Y = 2°50'24.89" E



**Figure I.1** : La localisation de la zone d'étude sur le piémont de l'Atlas Blidéen. [1]

Le site est accessible à partir de Sidi El Kebir par le CW37, sur la droite, se trouve une piste carrossable qui mène jusqu'au site.

On présente les fonds de carte topographique de Blida qui permettent de localiser le site étudié (**Figure I.2**) :

## Chapitre I : Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site

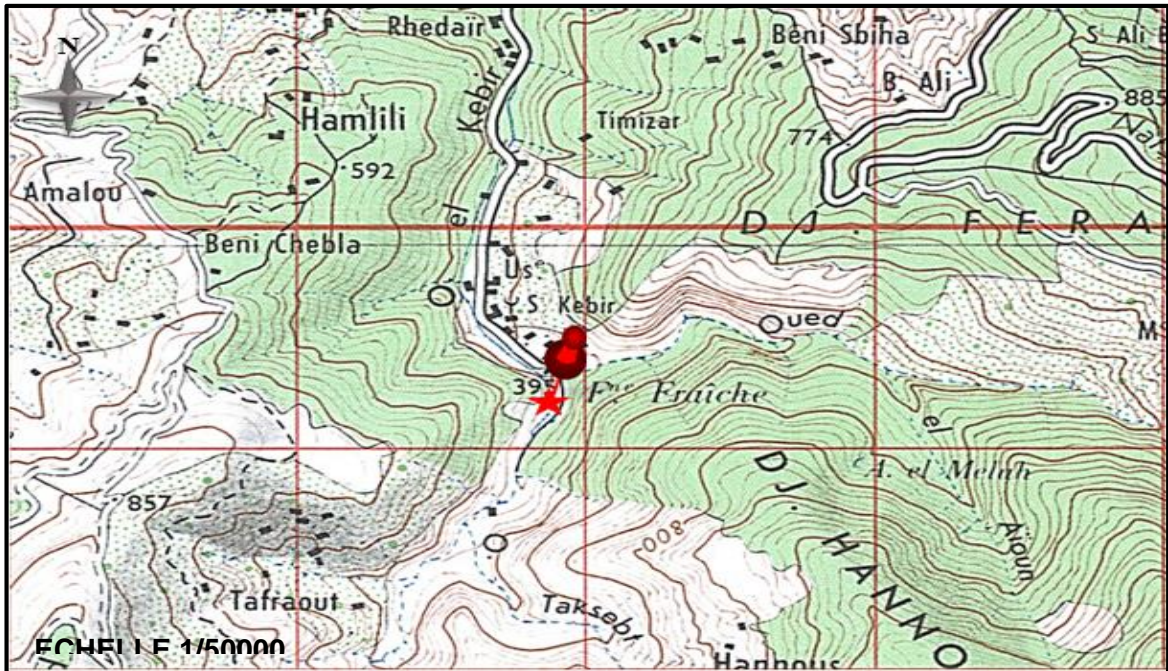


Figure I.2 : Plan de situation du site de forage (ANRH)

### I.2. Présentation de l'Atlas Blidéen :

On donne au massif Atlassien le nom de "L'Atlas blidéen, ou Atlas mitidjien, ou Petit Atlas", il forme la partie centrale de l'Atlas tellien qui s'allonge du Sud-ouest vers le Nord-est il occupe une superficie de 1572.2 Km<sup>2</sup>. Il s'étend entre les parallèles, 36°30' et 36° Nord et les longitudes, 3°20' et 2°40' à l'Est du méridien international. (ANRH)

L'Atlas Blidéen épouse les extrémités de cinq wilayas : Sud de la wilaya de Blida, Nord de la wilaya de Médéa, Nord-Est de la wilaya Ain Defla, Nord-Ouest de la wilaya de Bouira et Ouest de la wilaya de Boumerdès (Figure I.3).



Figure I.3 : Carte de la situation géographique de l'Atlas Blidéen. [3]



### I.3. Contexte géologique :

#### I.3.1. Présentation du contexte géologique régionale :

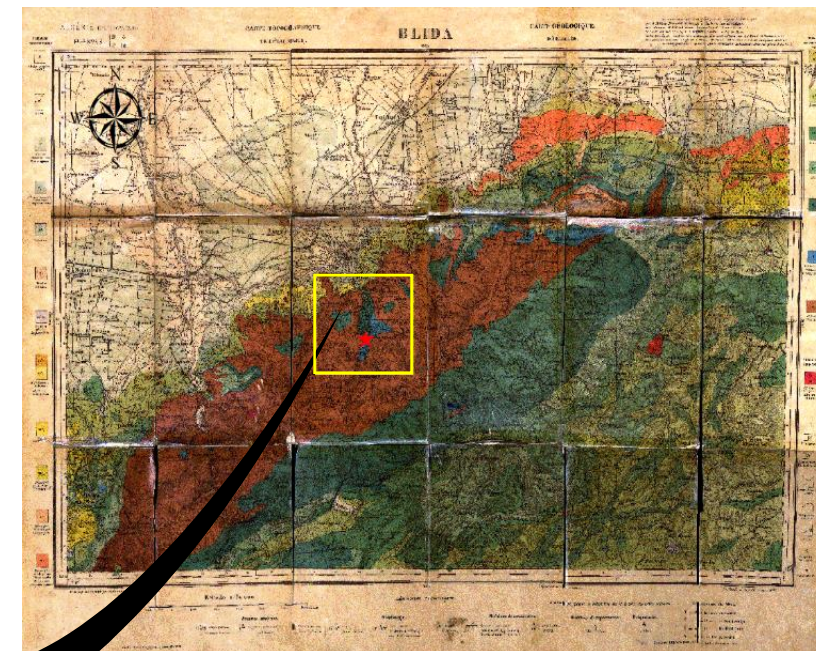
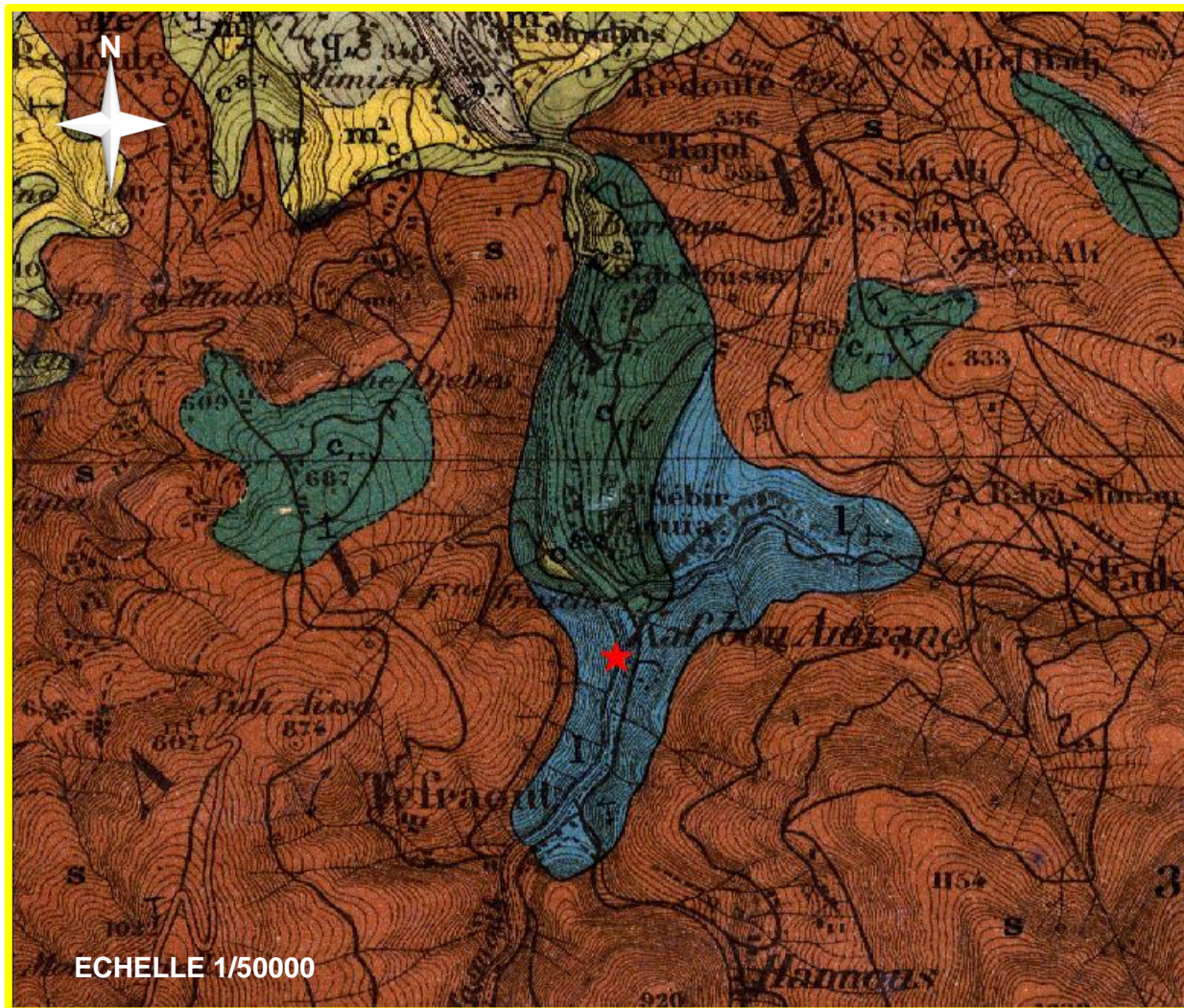
Le massif de l'Atlas Blidéen fait partie des zones externes de la chaîne alpine en Algérie. Il se situe au sud des massifs anciens kabyles et des massifs du Chenoua et de Bouzaréa dont il est séparé par le synclinal plio-quadernaire de la Mitidja. Ce massif a été le théâtre de violents mouvements orogéniques datant de la dernière partie du tertiaire, lui donnant surtout dans sa partie centrale un aspect très mouvementé.

Il se compose presque entièrement de schistes d'âge crétacé inférieur sans fossiles, avec quelques affleurements de calcaires marneux. [4]

Les différentes formations de la série stratigraphique et de ses caractéristiques lithologiques sont [2]

- **Schistes, grès et calcaires de la Chiffa (néocomien et aptien (crétacé inférieur))** : la partie inférieure qui correspond aux schistes de la Chiffa est constituée de schistes prédominants et de grès. La partie supérieure voit apparaître des bancs calcaires.
- **Calcaires de l'Oued El Kebir (jurassique supérieur)** : Cette formation affleure dans le lit de l'Oued El Kebir et du Djebel Marmoucha. Il s'agit de calcaires massifs, cristallins, parfois gréseux et parfois dolomitiques.
- **Argiles de Takitoun (albien inférieur et moyen, crétacé inférieur)** : Cette formation dans laquelle alternent des argiles schisteuses et des grès ferrugineux est de type flysch.
- **Calcaires et marnes du Djebel Sidi Mohamed (albien supérieur, crétacé moyen)**. Il s'agit d'une alternance de calcaires argileux et de marnes visibles au Djebel Sidi Mohamed.
- **Marnes calcaires du Douar El Hadjar (vacana-cenomanien et turnano-sénonien, crétacé moyen et supérieur)** : cette formation est constituée de marnes dans lesquelles s'intercalent de petits bancs de calcaires argileux.
- **Argiles noires et calcaires à silex d'El Hadjerat Msennou (paléocène et éocène inférieur)** : située à la base des nappes telliennes, cette formation des calcaires massifs et des argiles noires feuilletées contient plusieurs lits de silex.

# Chapitre I : Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site



## Légende

	Sénonien
	Crétacé
	Calcaires du <u>Mernoucha</u> (Lias <u>infr</u> et moyen)
	Schistes de la <u>Chiffa</u>
	Failles
	Plongement des couches
	Marnes <u>carteniennes</u>
	Alluvions anciennes des vallées Cônes de déjection

Figure I.4 : Extrait de la carte géologique de la région de Blida (ANRH)

# Chapitre I : Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site

## I.3.2. Présentation du contexte géologique local :

D'après les deux cartes géologiques (figure I.4 et figure I.5) les principales formations géologiques au niveau du site sont des terrains jurassiques est qui viennent se placer entre les schistes de la chiffa et le Crétacé. Cette formation composée de calcaire du Memoucha (Lias inférieur et moyen) de couleur grise très tectonisés.

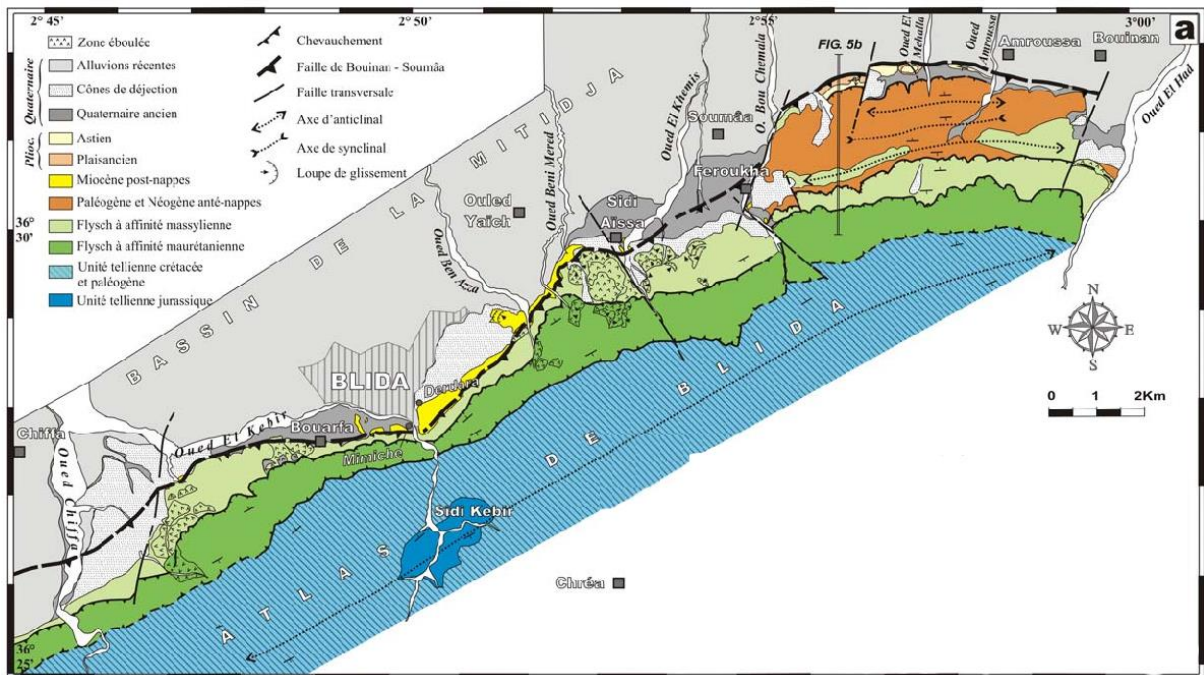


Figure I.5 : carte géologique de Blida [5]

La visite effectuée sur le site nous a permis d'identifier les affleurements des calcaires du jurassique (lias) qui sont sujette à notre projet d'étude de suivi du forage



Figure I.6 : Les affleurements de site.

## Chapitre I : Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site

Un échantillon de ces calcaires a été prélevé et analysé au laboratoire. L'essai consiste à tester l'échantillon par le HCL (les carbonates  $\text{CaCO}_3$  réagissent à l'effet du HCL). En effet, notre échantillon a bien réagi au HCl qui confirme la nature lithologique de notre échantillon. Les résultats sont présentés ci-dessous.



**Figure I.7** : Traitement d'un échantillon d'affleurement du site au laboratoire

### **I.4. Aspect Tectonique**

Du point de vue tectonique, deux vastes anticlinaux de direction nord-est et sud-ouest : [2]

- L'anticlinal de Blida, le plus septentrional, qui s'étend sur plus de 25 km de long entre le Djebel Mouzaïa (1603 m) et la Koudiat Arbaiu Ouali (1392 m), en passant par plusieurs sommets (Djama Draa 1448 m, Guerroumène 1549 m, Ferroukha 1496 m).
- L'anticlinal de Takitoun, le plus méridional, s'étire sur plus de 15 km entre le Djebel Sidi Mohamed (1435 m) et l'Oued BouMaane.

Ces deux anticlinaux sont séparés par une zone synclinale située entre le col de Talakat et la Koudiat Alloue (1313 m).

Les observations du terrain ont mis en évidence une faille en face de notre site (**Figure I.8**). Ce qui donne à notre site d'implantation du forage un endroit idéal et privilégié.



**Figure I.8 : une faille proche du site**

## **I.5. Aperçu Géomorphologique :**

La zone étudiée est située dans le sous bassin de l'oued Sidi El Kebir qui fait partir d'un grand bassin.

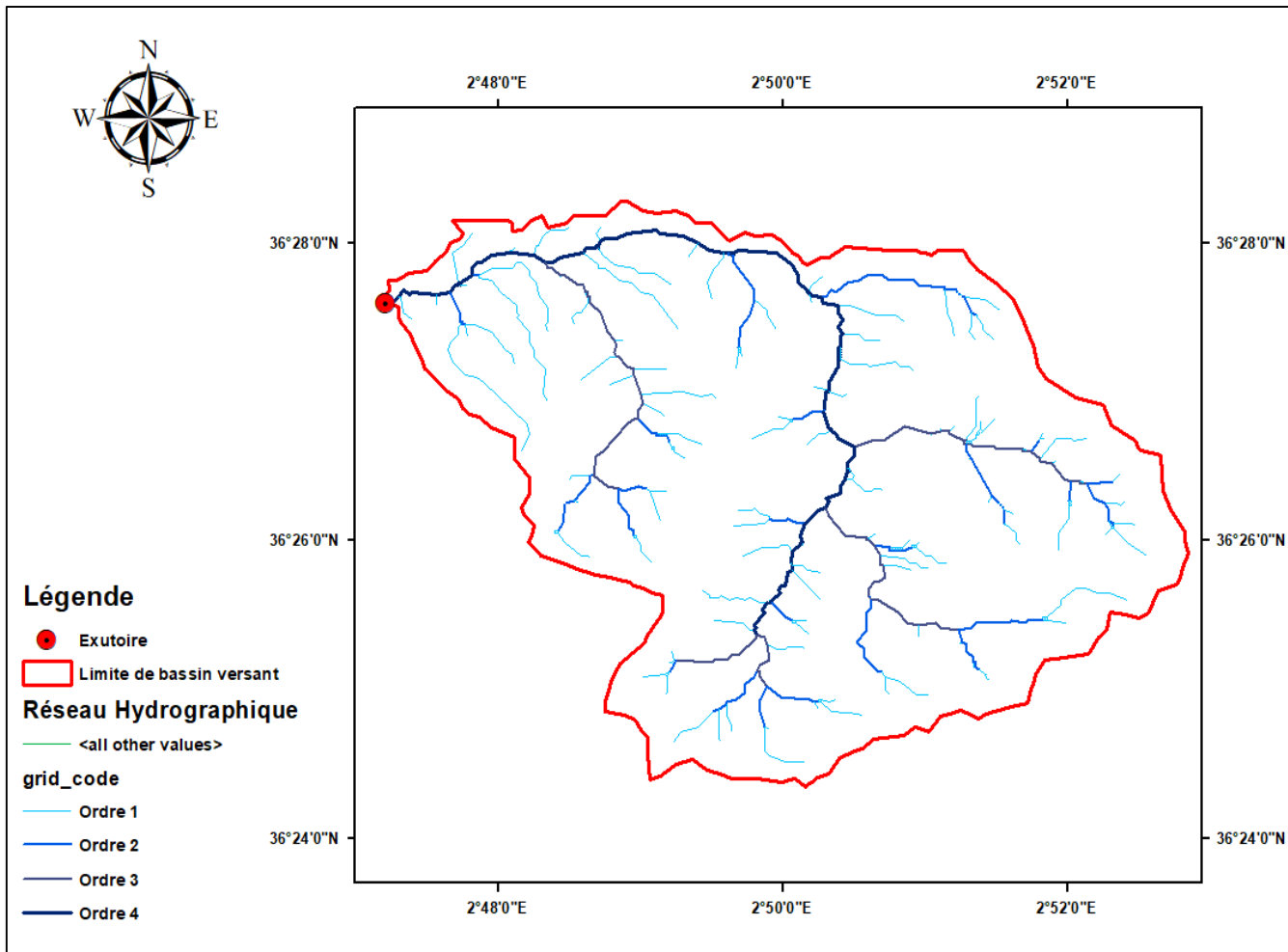
Oued Sidi El Kebir prend sa source à la jonction des oueds Belkhous et Taksebt dans la région de Tafraout et coule du sud au nord, jusqu'à la ville de Blida, puis il change de direction pour l'ouest jusqu'à ce qu'il débouche sur l'oued chiffa.

### **I.5.1. Le Bassin Versant de l'oued Sidi El Kebir**

Nous avons réalisé le réseau hydrographique du bassin versant de l'oued de Sidi El Kebir avec classification de schum1957. Les travaux cités sont effectués sur des cartes d'état de Blida à l'échelle 1/50.000 à l'aide du logiciel ArcGIS 10.8.

Le bassin de l'oued de Sidi El Kebir s'étale sur une superficie moyenne de 37.57 km<sup>2</sup>, périmètre égale 28.20 km et un indice de compacité de Gravelius égale 220.04m qui lui conféré une forme sassez fort avec une longueur du cours d'eau principale de km.

## Chapitre I : Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site



**Figure I.9 :** le réseau hydrographique du bassin versant de l’oued de Sidi El Kebir avec classification de Schum 1957 (Réalise par nos soins avec Arcgis 10.8)

### I.5.2. Relief de l’Atlas Blidiéen

L’Atlas Blidéen est une région montagneuse de plissement Alpin, dont le point culminant atteint 1629m (Koudiatte abd el kader) présente une forte pente du côté du Nord vers la plaine de la Mitidja et une déclivité atténuée du côté du Sud vers les Hauts plateaux.

Le massif de l’Atlas blidéen se présente comme une barrière rocheuse de topographie très tourmentée, accentuée par un ravinement très profond faisant apparaître une multitude de talwegs dont les principaux sont ceux des, oued Chiffa, oued Kebir, oued Messaoud et oued Boumaâne.

Trois ensembles topographiques sont individualisés :

- Un ensemble composé de zone à faible déclivité avec des superficies relativement importantes, exemple : Djebel Marmoucha, Djebel Ferroukha.

## Chapitre I : Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site

- Un deuxième ensemble représenté par la ligne de crête formée d'Est en Ouest par les Djebel Ferraoune, Djebel Guerroumène (1496 m), Djebel Mouzaïa (1603 m), et enfin le Djebel Tamesguida (1386 m).
- Le dernier ensemble est représenté par les contreforts plats importants sur le versant méridional. [2]

### I.6. Contexte Hydrogéologique :

Le site d'étude fait partie du piedmont de l'Atlas Blidéen donc de l'ensemble schisteux carbonaté, sur le plan hydrogéologique, il s'agit d'un milieu fissuré fracturé ; où les écoulements s'effectuent préférentiellement à travers le réseau de fractures qui affectent l'ensemble de l'anticlinal de l'Atlas Blideen.

Les forages captant les mêmes formations géologiques du jurassique sont très rares sur les environs du site. Cependant sur tout le flanc de l'Atlas un réseau de sources qui émergent en altitude et qui témoigne d'une part de ce processus d'écoulement et d'autre part de l'intercalation des niveaux carbonatés et schisteux avec des niveaux argileux décrit dans la partie géologie (source de contact et source de débordement). Aussi, il est plus que primordial de lancer des prospections géophysiques et des études détaillées de géologie structurale qui sont quasiment inexistantes le long du piedmont. Et donc les formations géologiques notamment carbonatées doivent être explorées afin de déterminer leurs potentialités en eau. Car l'Atlas Blideen n'a pas encore divulgué tous ses secrets en matière d'évaluation de ses ressources en eau.

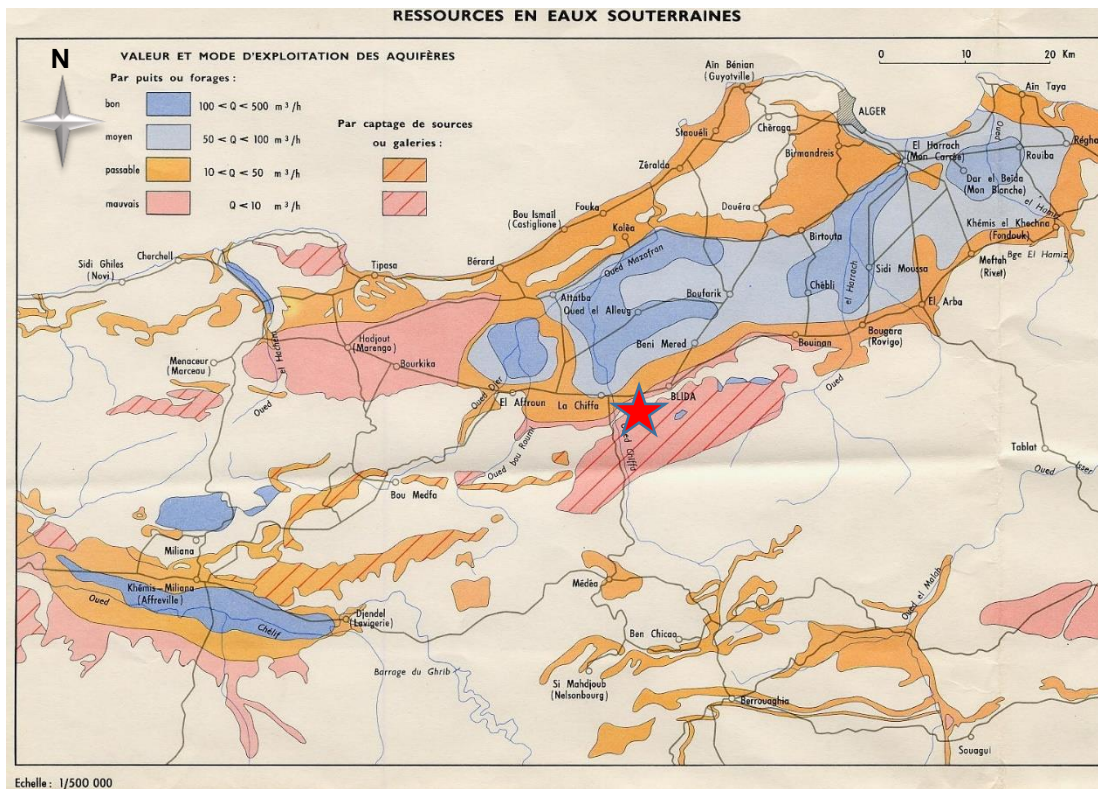


Figure I.10 : carte des ressources en eaux souterraines du nord Algérien.(ANRH)

# Chapitre I : Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site

## I.7. Contexte Hydro climatique



**Figure I.11 :** Extrait Carte du réseau hydro climatologique de l'Algérie. (ANRH)

La zone de Sidi El Kebir étant alimenté par les sources ne présente pas beaucoup de stations pluviométriques. Afin de caractériser les tendances générales des différents paramètres climatiques de la zone d'études, La carte du réseau hydro climatologique nous a permis de voir les stations pluviométriques qui sont proches de notre site afin de travailler avec celle-ci. On a utilisé une série de donnée climatique annuelle et mensuelle allant de 2000 à 2019 enregistrée au niveau de la station de DOUAR MALKII (Hammam Melouane) et de 1990 à 2014 de celle d'El Hamdania.

### I.7.1. Températures :

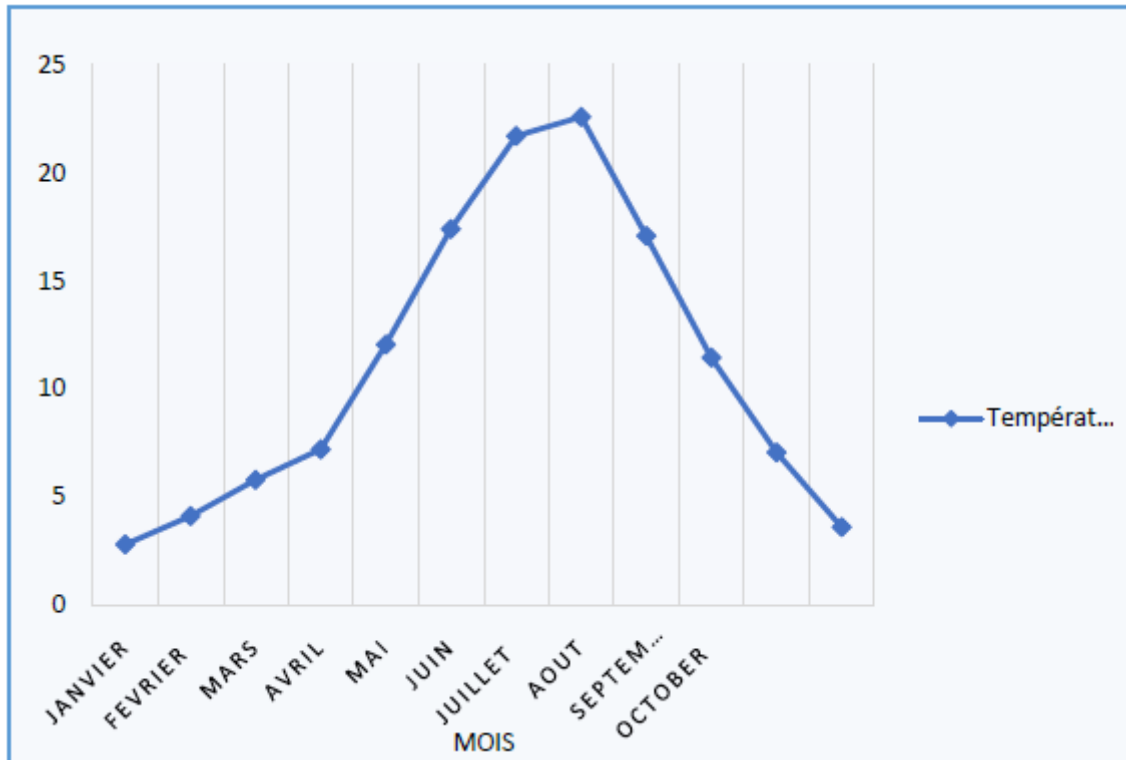
La ville de Sidi El Kebir est comprise entre les isothermes 8 et 11°C de températures moyennes annuelles, les sommets étant plus froids et les piémonts plus chauds. Le mois d'août présente les températures maximales moyennes les plus élevés qui varient entre 26.3° C et 33.6°C .Le mois de janvier présente les températures minimales moyennes les plus basses qui varient entre 0.4° C et 7.3°C. Les résultats sont représentés dans le tableau ci-dessous. [6]

**Tableau I.12 :** Températures moyennes mensuelles de 1990 à 2005 Blida. (ANRH)

MOIS	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
T <sub>Moy</sub> C°	2.81	4.12	5.8	7.21	12.06	17.4	21.71	22.59	17.08	11.45	7.06	3.61

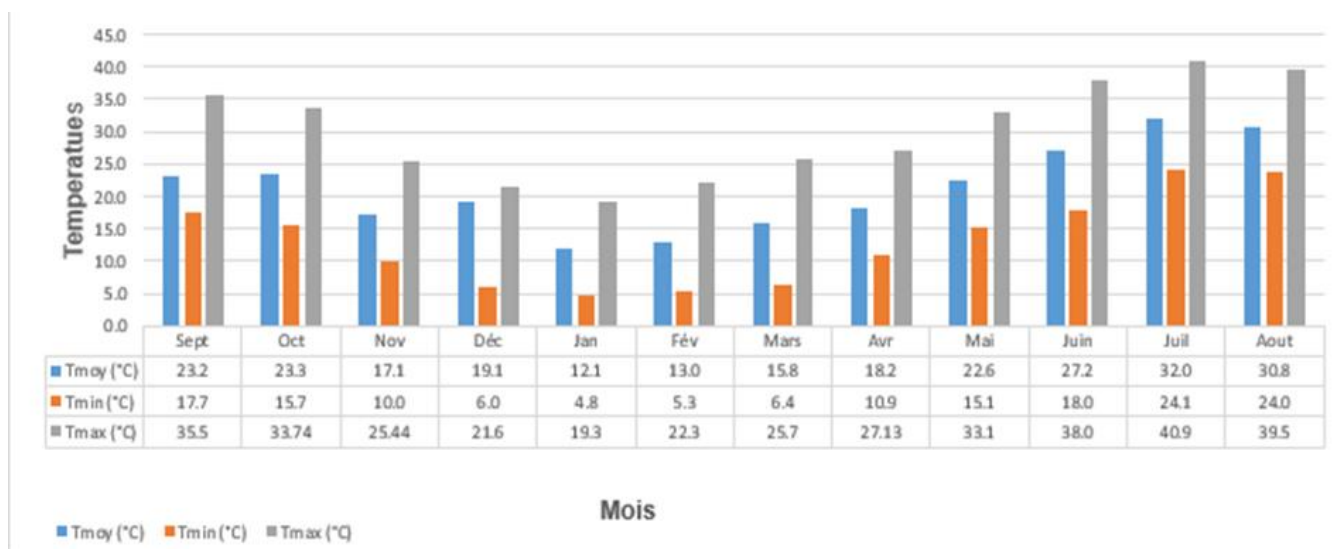


**Chapitre I : Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site**



**Figure I.12 :** Variations des Températures moyennes mensuelles de Blida (1990 à 2005)

Les températures illustrées dans le tableau ci-dessus donnent l'histogramme des températures de la wilaya de Blida y compris la ville de Sidi Kebir. La figure ci-dessous représente l'histogramme des températures moyennes de 2003 à 2012 de la station de Soumaa-Blida (Code station : 021234 ; X : 517.45 ; Y : 355.9 ; Z : 177)



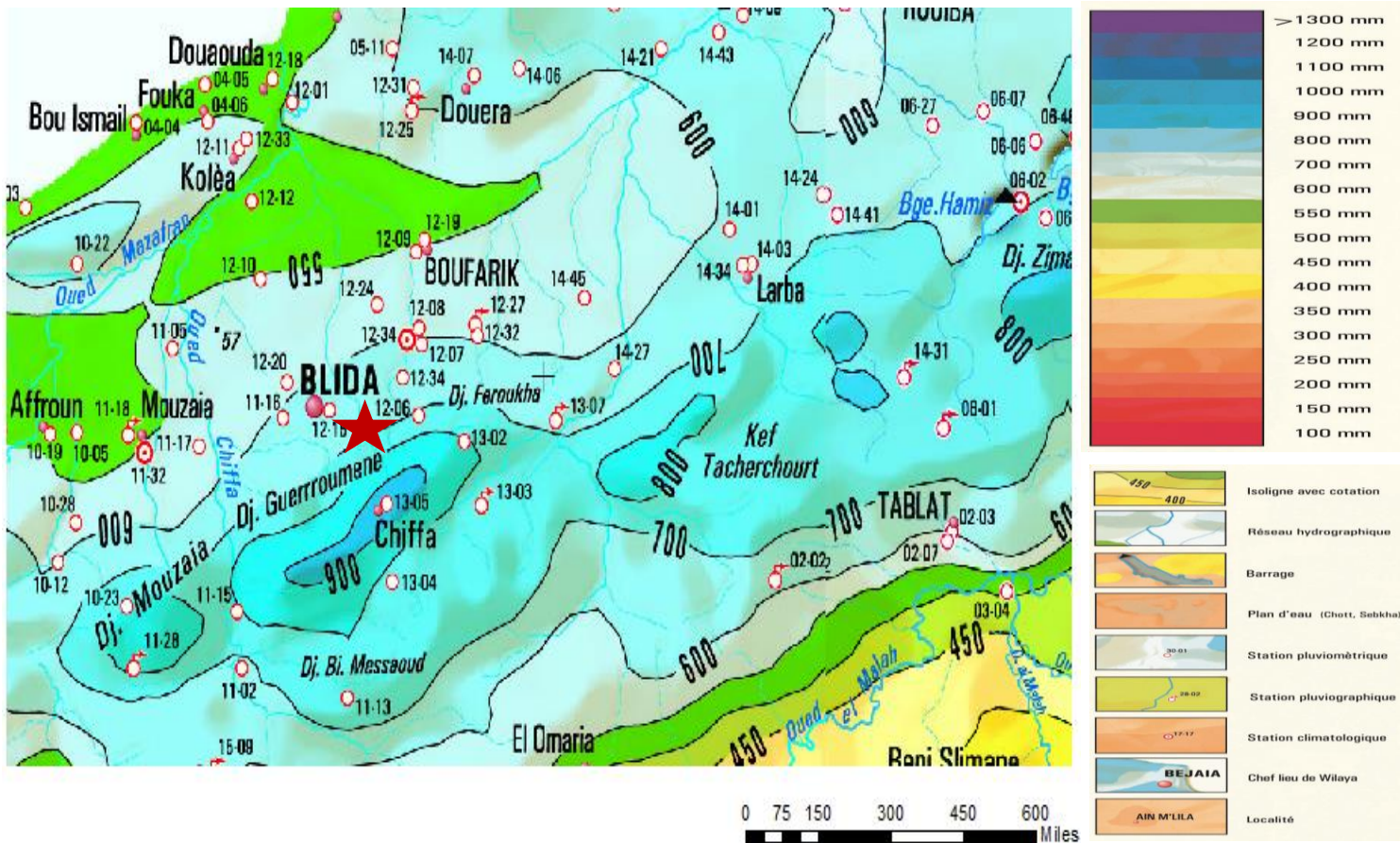
**Figure I.13 :** Histogramme des variations de températures de la station de Soumaa Blida de 2003 à 2012

## Chapitre I : Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site

L'analyse des valeurs mensuelles moyennes enregistrées au niveau de la station de Soumaa sur une durée de (2003-2012) **Figure I.13** nous montre :

- La température mensuelle maximale enregistrée est de 40.9°C au mois de juillet
- La température mensuelle minimale enregistrée est de 4.8°C au mois de janvier
- La saison hydrologique est divisée en 2 périodes
  - Une période chaude (saison sèche) commençant du mois de juin jusqu'au mois d'octobre ayant une température moyenne la plus élevée enregistrée au mois de juillet (30.8°C)
  - Une période froide (saison humide) commençant du mois de novembre jusqu'au mois de mai ayant une température moyenne la plus basse enregistrée au mois de janvier (12.1°C)

### I.7.2. PRECIPITATIONS :



**Figure I.14** : extrait de la carte des pluies annuelles moyennes du nord d'Algérie(ANRH)

Les précipitations sont très irrégulières d'un mois à un autre, leur répartition ne sont pas homogènes, elles dépendent de plusieurs facteurs qui sont la latitude et les continentalités. [7]

## Chapitre I : Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site

Dans l'atlas blideen le régime moyen des hauteurs des pluies subit l'influence capitale des facteurs orographiques, notamment l'altitude, créant ainsi une forte disparité entre les stations dans la localité [8]

La ville de Sidi El Kebir est comprise entre les isohyètes 800 et 1100 mm/an de précipitations moyennes annuelles.

Les précipitations annuelles sont plus importantes dans les stations situées sur le versant Nord-Ouest que dans les stations situées sur le versant Sud-Est. Les stations les plus arrosées font face aux vents humides venant du Nord-Ouest. [6]

**Tableau.02** : Coordonnées géographiques des stations météorologiques : (ANRH)

Secteur	Station	Code	X(km)	Y(km)	Z(km)
El Hamdania	El Hamdania	021115	506.15	340.4	400
Hammam Melouane	Douar Makli	021427	532.45	355.75	130

### I.7.2.1. Précipitations moyennes annuelles :

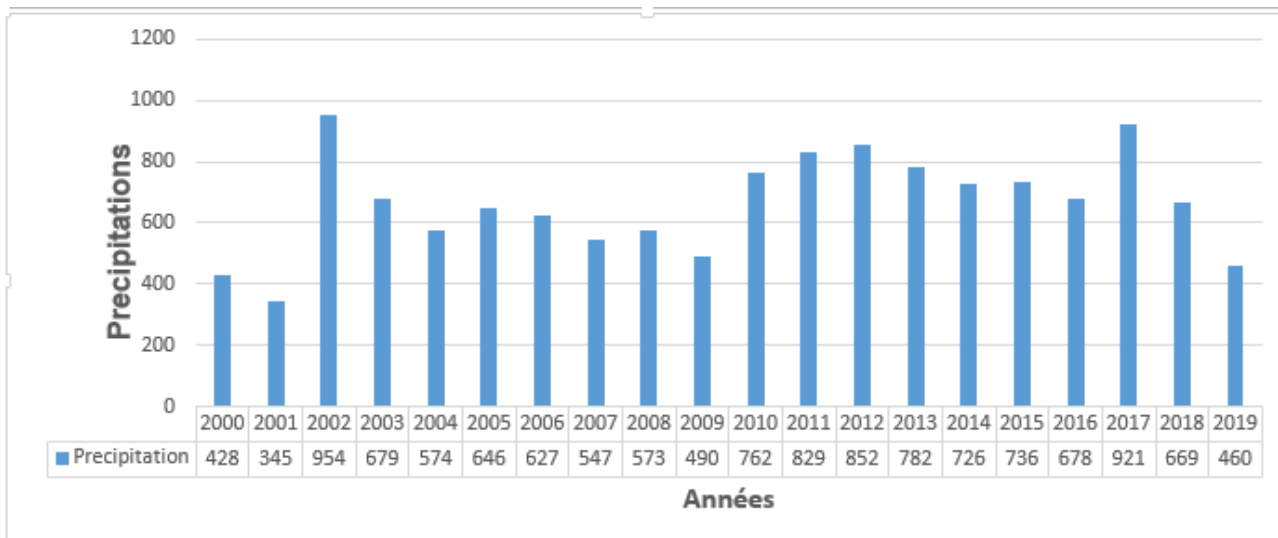
Le Tableau ci-dessous représente la variation des précipitations moyennes annuelles de 2000- 2019 enregistré par **la station de Hammam Melouane**.

**Tableau I.03** : Précipitations moyennes annuelles mesuré par la station de Hammam Melouane 2000-2019 :

Années	Précipitations Annuelles (mm)	Années	Précipitations Annuelles (mm)
2000	428.4	2010	762
2001	344.6	2011	828.7
2002	954.3	2012	852.3
2003	678.8	2013	781.6
2004	574	2014	726.4
2005	645.9	2015	735.9
2006	626.6	2016	678.2
2007	546.8	2017	920.5
2008	572.5	2018	669
2009	490.4	2019	460

Les précipitations représentées par les histogrammes ci-dessous ont été enregistrés au niveau de la station pluviométrique implantée à proximité de notre site (secteur de Hammam Melouane).

## Chapitre I : Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site



**Figure I.15 :** Histogramme des précipitations annuelles de la station de Hammam Melouene (2000-2019)

L'analyse de ces histogrammes nous a permis de conclure que les précipitations annuelles moyennes de (20ans) de 2000-2019 de la station de Hamman Melouane varient entre une valeur maximale 954.3mm (2002) et une valeur minimale 344.6mm (2001).

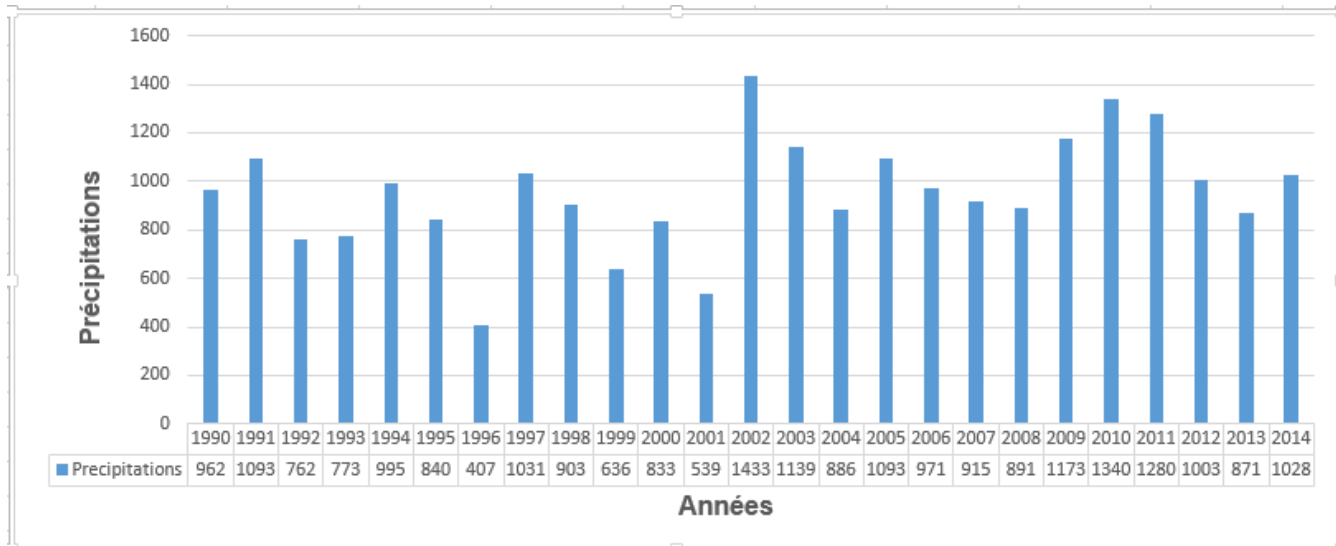
Le Tableau ci-dessous représente la variation des précipitations moyennes annuelles de 1990- 2014 enregistré par **la station de Hamdania**.

**Tableau I.04 :** Précipitations moyennes annuelles mesuré par la station de Hamdania 1990-2014 :

Années	Précipitations Annuelles (mm)	Années	Précipitations Annuelles (mm)
1990	961.9	2003	1138.8
1991	1092.5	2004	885.7
1992	761.9	2005	1092.6
1993	773.2	2006	970.8
1994	995.1	2007	914.7
1995	839.9	2008	890.5
1996	407.4	2009	1173.1
1997	1031.2	2010	1340.3
1998	903.4	2011	1280.2
1999	635.6	2012	1002.9
2000	832.8	2013	870.7
2001	538.9	2014	1027.5
2002	1432.6		

## Chapitre I : Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site

Les précipitations représentées par les histogrammes ci-dessous ont été enregistrés au niveau de la station pluviométrique implantée à proximité de notre site (secteur de Hamdania).



**Figure I.16 :** Variations des précipitations moyennes annuelles de la station de Hamdania (1990-2014)

L'analyse de ces histogrammes nous a permis de conclure que les précipitations de (25ans) de 1990-2014 de la station de Hamdania varient entre une valeur maximale 1433 mm (2002) et une valeur minimale 407 mm (1996).

### I.7.2.2. Précipitations moyennes mensuelles :

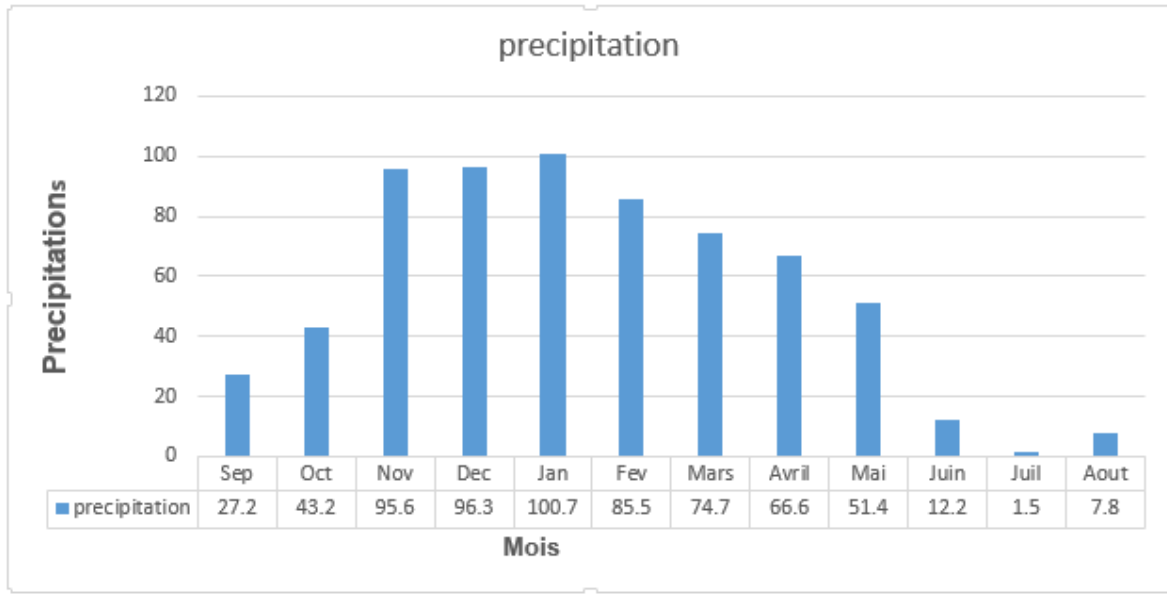
Le tableau suivant représente la variation des précipitations moyennes mensuelles sur la période de 2000 à 2019 enregistré par la station de Hammam Melouane.

**Tableau I.05 :** Précipitations moyennes mensuelles mesuré par la station de Hammam Melouane 2000-2019 : **(ANRH)**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Précipitations (mm)	27.2	43.2	95.6	96.3	100.7	85.5	74.7	66.6	51.4	12.2	1.5	7.8

Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations de la période (2000-2019) inclut dans le tableau ci-dessus donnent l'historique des précipitations enregistré (Figure I. 17) par la station de Hammam Melouane montre que :

## Chapitre I : Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site



**Figure I.17 :** Variations des précipitations moyennes mensuelles de Hamman Melouane (2000-2019).

L'interprétation de notre histogramme nous donne :

- Une période pluvieuse qui va de novembre jusqu'à mai. Le mois le plus pluvieux entre cet intervalle est celui du mois de Janvier avec une valeur de 95.6 mm.
- Une période sèche qui va de juin jusqu'à octobre. Le mois le plus sec inclut dans cet intervalle est celui du mois de Juillet avec une valeur de 1.5 mm.

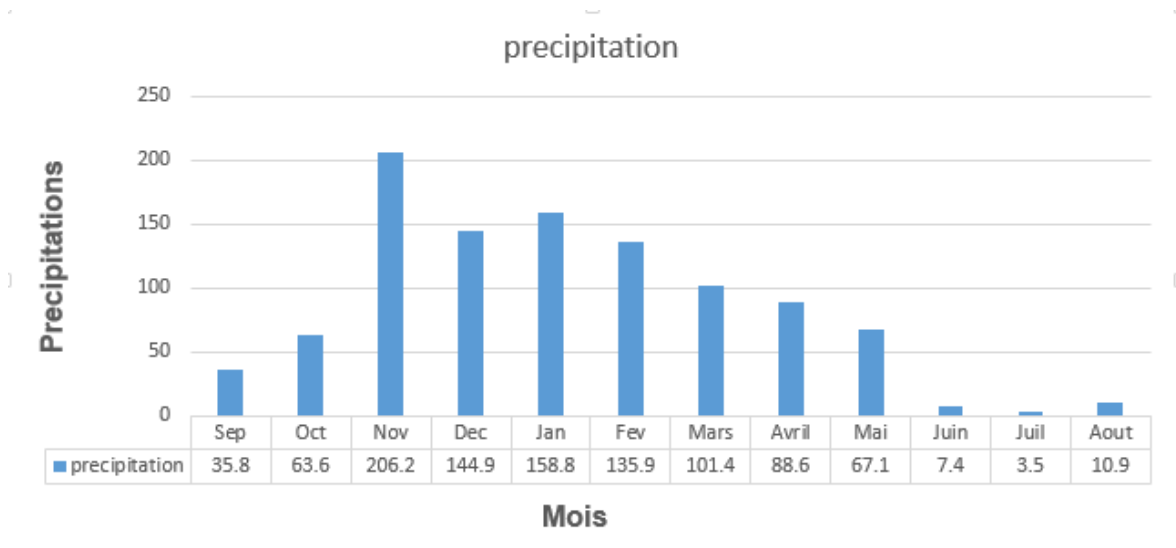
Le tableau suivant représente la variation des précipitations moyennes mensuelles sur la période de 1990 à 2014 enregistré par **la station de Hamdania**.

**Tableau I.06 :** Précipitations moyennes mensuelles mesurées par la station de Hamdania 1990-2014 : **(ANRH)**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Précipitations mm	35.8	63.6	206.22	144.9	158.8	135.9	101.4	88.6	67.1	7.4	3.5	10.9

Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations de la période (1990-2014) inclut dans le tableau ci-dessus donnent l'historique des précipitations enregistré (Figure I. 18) par la station de Hamdania montre que :

## Chapitre I : Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site



**Figure I.18 :** Variations des précipitations moyennes mensuelles de Hamdania (1990-2014).

L'interprétation de notre histogramme nous donne :

- Une période pluvieuse qui va de novembre jusqu'à mai. Le mois le plus pluvieux entre cet intervalle est celui du mois de novembre avec une valeur de 206.2 mm.
- Une période sèche qui va de juin jusqu'à octobre. Le mois le plus sec inclut dans cet intervalle est celui du mois de Juillet avec une valeur de 3.5 mm.

### **I.7.3. La neige :**

Sur l'atlas Blideen le nombre de jours de neige est presque égal au nombre de jour d'enneigement, ce qui prouve que la neige ne persiste pas. L'enneigement est maximum en altitude (Chrèa 1550m) où la neige atteint 50cm (HLIMI1980). Cela constitue une réserve hydrique supplémentaire permettant le maintien de formation forestière dense. [8]

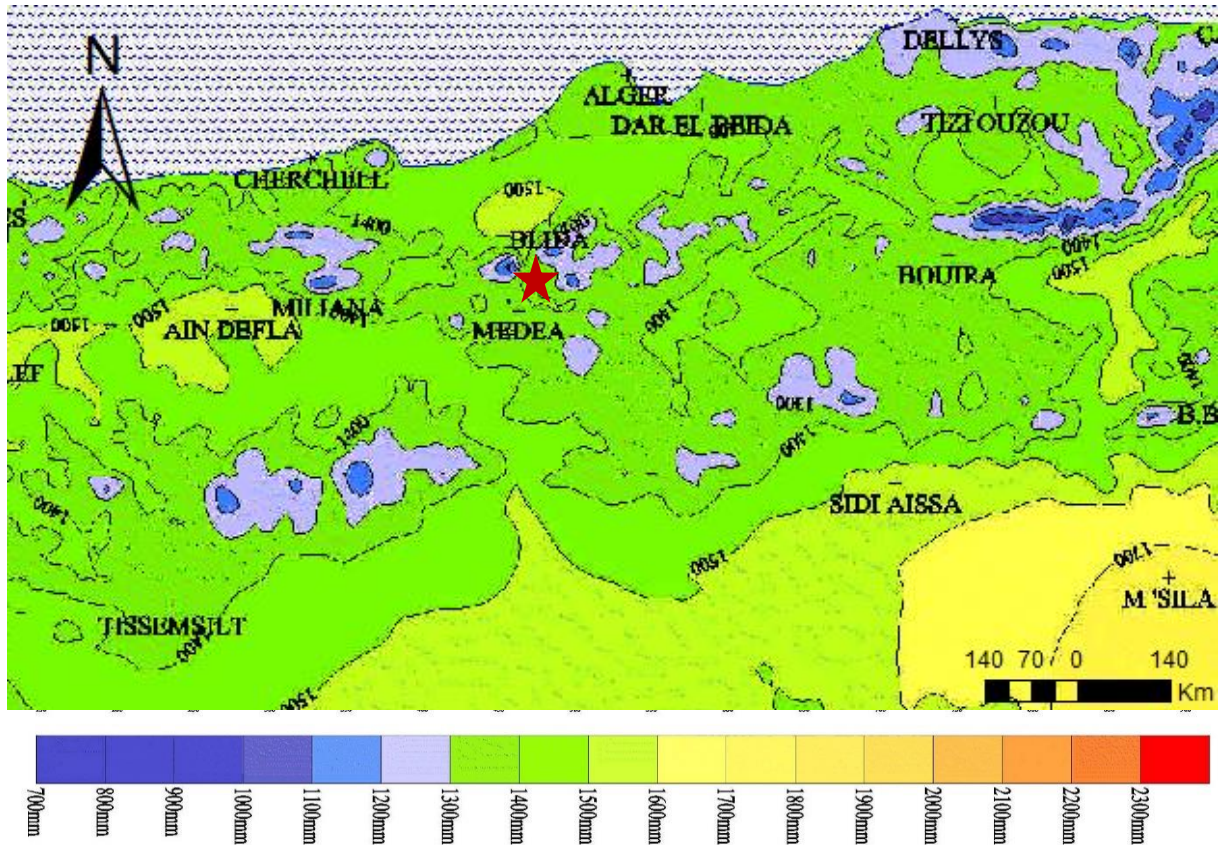
### **I.7.4. Gelée et de la grêle :**

Les gelées blanches se manifestent surtout en Septembre. Elles apparaissent en automne et disparaissent au début du printemps (fin Mars début Avril). Le risque de gelées blanches commence lorsque le minimum moyen tombe au-dessous de 10 C°. La grêle tombe durant presque toute la période allant de Décembre à Mars (Lac de Mouzaia, Hakou Ferraoun, Médéa). [11]

### **I.7.5. L'évapotranspiration :**

L'évapotranspiration est la quantité d'eau transférée vers l'atmosphère, Par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes.

## Chapitre I : Présentation géographique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique et hydro climatique de site



**Figure I.19 :** Extrait de la carte de l'évapotranspiration moyenne annuelle de l'Algérie du Nord. (ANRH)

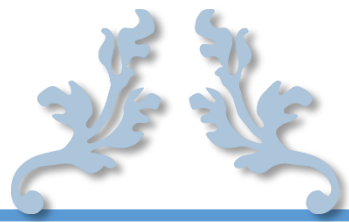
Cette carte nous donne un aperçu de la valeur de l'évapotranspiration moyenne annuelle de notre zone d'étude. Il varie entre 1000 et 1500 mm/an.

### **Conclusion :**

L'implantation de notre point du forage a été choisie selon une approche structurale et pour vérifier les possibilités aquifères des formations calcaires de Sidi El Kebir un forage de reconnaissance avec un essai à blanc est indispensable pour confirmer cette hypothèse.

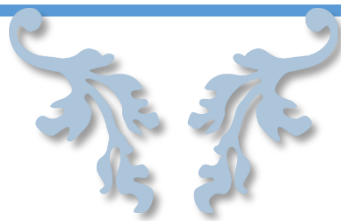
L'analyse des séries des précipitations moyennes et mensuelles de la zone nous montre que la saison pluvieuse est entre novembre et mai et celle de la saison sèche est entre juin et octobre. Le mois le plus arrosé est celui de, tantôt janvier tantôt novembre et le plus sec est celui de juillet.





## **Chapitre II**

# **Techniques de forage**



**Introduction :**

**A**fin de dégager la technique la plus appropriée pour notre site on doit effectuer une étude comparative entre plusieurs techniques susceptibles d'être la plus adéquate en se basant sur plusieurs critères tel que l'aspect économique, l'aspect technique mais aussi l'environnementale.

**II.1. Généralité :**

Le forage, c'est l'action de creuser un trou de diamètre allant jusqu'à 75 mm de forme cylindrique dans le massif par la destruction de la roche. L'apparition du 1er perforateur qui date de 1839 a permis de creuser un puit de 20 m de profondeur.

En 1857, l'ingénieur Français Somelier a modifié une machine à vapeur en machine à forer qui fonctionne à l'aide de l'air comprimé Cette machine a été utilisé lors du creusement d'un tunnel dans les Hautes Alpes (France). Le marteau utilisé comprenait un moteur propre pour la rotation du fleuret et le nettoyage du trou était assuré à l'aide d'un tube installé à côté du fleuret. L'apparition de la première sondeuse par battage à câble date des années 1860. Elle a été mise en exploitation dans la région de Pennsylvanie aux Etats - Unis pour la recherche dans les gisements des minéraux utiles.

La grande productivité réalisée par les perforateurs a accéléré leur perfectionnement, vers les années 1880 le marteau perforateur avait presque la même allure que les marteaux actuels.

En 1968, le premier perforateur hydraulique est né, construit par la Firme Française Montabert et mis en exploitation deux années plus tard.

L'avancement de la technique de construction des perforateurs a été accompagné du perfectionnement correspondant des taillants, des fleurets, des machines d'affûtage ainsi que de leur technologie de fabrication.

L'amélioration de la technique de soufflage des trous a permis de forer des formations tendres avec des engins percutants. Les progrès réalisés dans les taillants et l'augmentation des couples de rotation ont permis de forer des formations dures avec des engins rotatifs. [10]

**II.2. Les techniques de forage**

Il existe de nombreuses méthodes de forage dont la mise en œuvre dépend des paramètres très divers. On cite à titre d'exemple le forage rotary, forage par battage...etc.

**II.2.1. LA TECHNIQUE DE BATTAGE :**

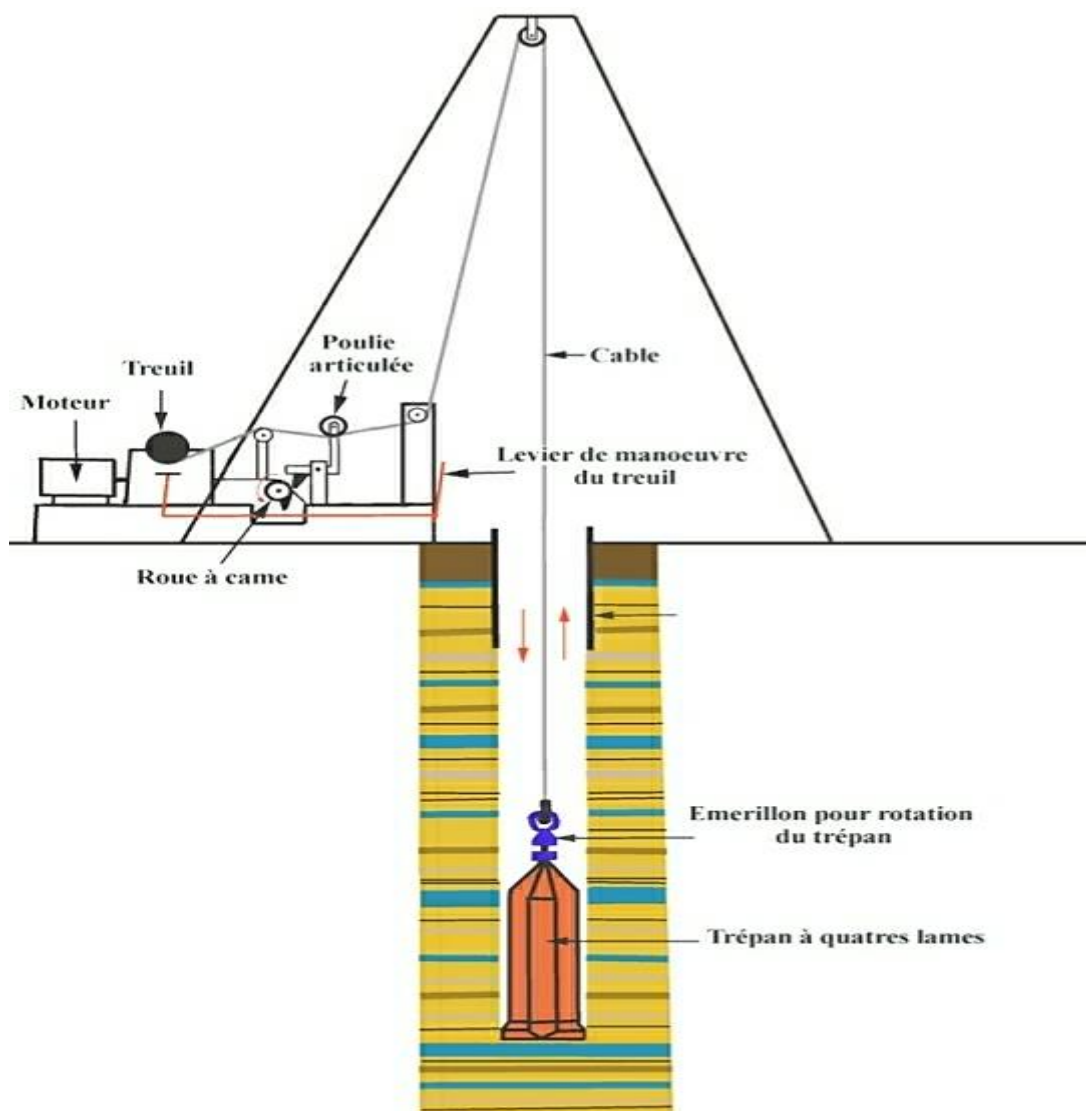
Le procédé consiste à soulever un outil lourd et à le laisser retomber sur la roche à perforer. La hauteur de chute et la fréquence des coups varient avec la dureté de la roche.

Après un certain avancement, il faut remonter le trépan et descendre une curette ou « cuillère », ou « soupape », pour extraire les sédiments broyés. [11]

Pour obtenir un meilleur rendement, on travaille toujours en milieu humide en maintenant de l'eau au fond du trou.

Au battage, les chocs, les frottements et les vibrations du trépan sur les parois du forage nécessitent la mise en place d'un tubage qui doit suivre l'avancement. On emploie de préférence des colonnes des travaux spéciaux, lisses, épaisses et courtes, sans manchons et assemblées par filetages à mi- épaisseur afin de faciliter le glissement du tubage dans le terrain.

Par percussion, entre 1850 et 1890, un ingénieur français, M. JUS, a exécuté en ALGÉRIE près de 300 forages d'une profondeur totale de 25 000 mètres qui, presque tous, ont été productifs et souvent jaillissants, réalisant ainsi l'irrigation des palmeraies de l'Oued R'IRH. [11]



**Figure II.01** : Schéma d'une installation de forage au battage [19]

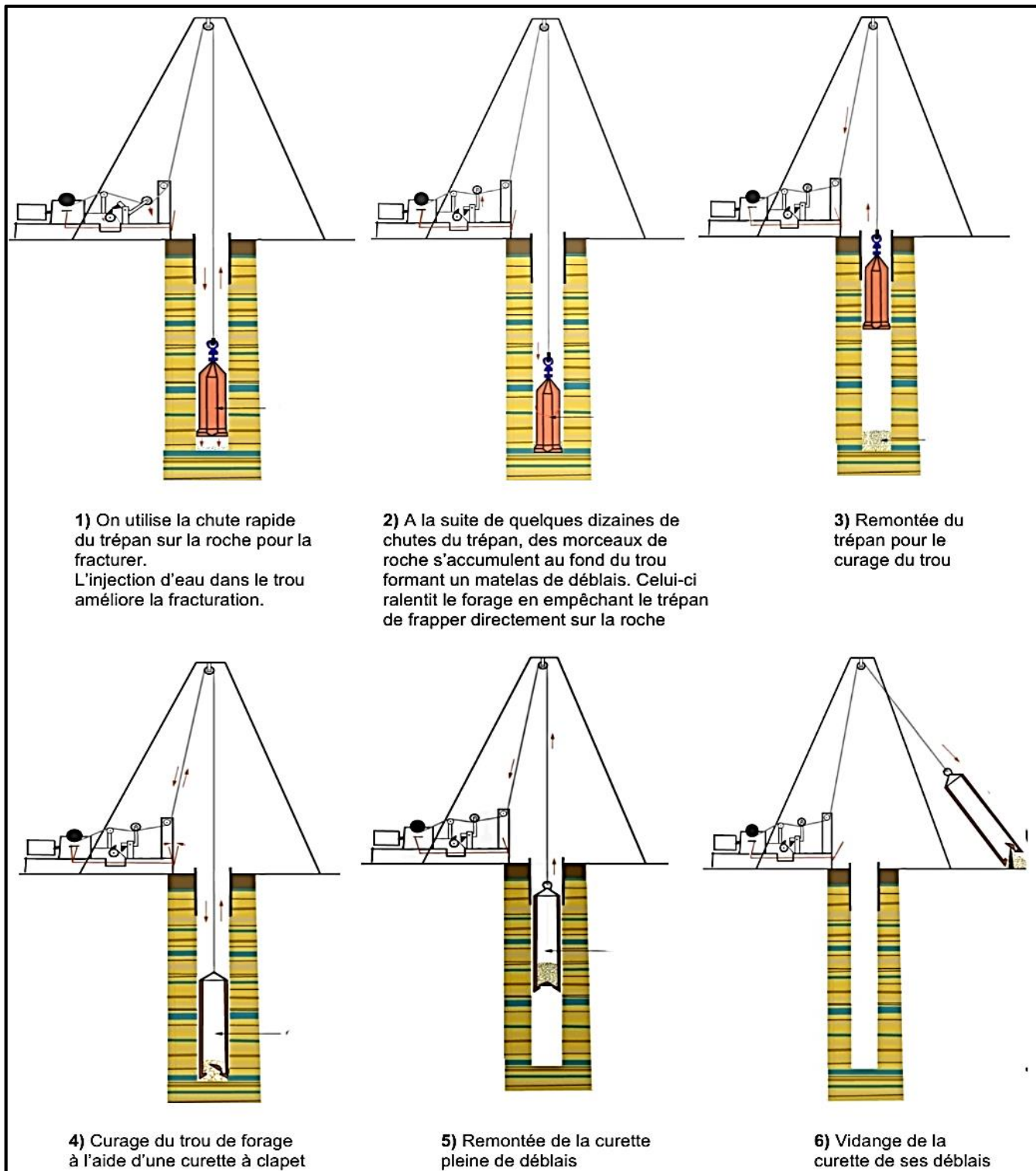


Figure II.02: les différentes étapes de fonçage par le battage [11]

II.2.1.1. Les différents procédés de battage :

On distingue trois procédés de battage :

A. Le procédé Pennsylvanien (procédé à câble) : [11]

Dans le battage au câble, le trépan est accroché directement au câble, ou sous une masse-tige. Dans ce type de procédé le mouvement alternatif peut être tout

simplement opéré par le treuil sans aucun autre accessoire. En actionnant le levier de l'embrayage, le trépan est soulevé, puis, en lâchant brusquement ce levier, l'outil redescend en chute libre au fond du trou.

C'est l'installation la plus simple et la plus employée pour des petits ouvrages artisanaux.

Sur les machines plus importantes, le mouvement alternatif est produit par un balancier actionné par une bielle et une manivelle.

Un matelas de ressorts amortisseurs est monté sous la poulie de tête de mât. Les mouvements saccadés du câble provoquent une rotation du trépan dont la partie coupante agit ainsi sur toute la section du trou.

### **B. Procédé Canadien (procédé à treuil) :**

Dans ce cas, le trépan est fixé sous un train des tiges pleines. Il est surtout utilisé à l'Europe de l'est. [12]

Le manœuvre dans le procédé canadien est plus long et plus délicate par rapport au Pennsylvanien car il y a lieu de démonter et remonter chaque fois le train des tiges et des masses-tiges pour mettre le trépan à jour. [11]

### **C. Procédé Raky (battage rapide) :**

Où le trépan est fixé sur un train de tige creusé afin qu'il permette à l'eau de circuler [12]

#### **II.2.1.2. Avantages :**

- Un important avantage du « battage » est que l'outil peut être rechargé, reforgé, cémenté et affûté. Il peut ainsi servir indéfiniment. [11]
- C'est un procédé simple et relativement peu coûteux (investissement généralement plus faible que pour les autres procédés de foration).
- Il n'y a pas de fluide de forage (boues) et pas de risques de pollution de la nappe. [13]
- En battage, tous les terrains peuvent être aisément forés, bien que beaucoup plus lentement qu'au rotary, spécialement dans les formations sédimentaires tendres ou non consolidées. [11]
- Le procédé est tout indiqué dans les formations dures : calcaires, dolomies, anhydrites, grès durs, schistes, silex, etc. ; il s'impose si ces formations se présentent en surface car il est difficile, en rotary, de mettre suffisamment de poids sur l'outil dans ces conditions.
- Lorsque l'on rencontre des terrains fissurés, karstiques, et, en général, des formations très perméables, l'appareil au battage est incontestablement préférable, car l'on n'a pas à craindre les pertes de circulation.
- Le battage au câble nécessite beaucoup moins 40 à 50 litres d'eau à l'heure suffisent en moyenne et n'importe quelle eau, même salée, peut être employée.

- La détection des nappes aquifères est beaucoup plus facile et plus sûre : Les venues d'eau à basse pression se manifestent directement dans le forage à leur niveau statique sans être aveuglées par la boue. [11]

**II.2.1.3. Inconvénients : [13]**

- Vitesse d'avancement assez faible induisant un coût "suivi travaux" en proportion.
- Méthode peu adaptée dans les terrains plastiques ou bouillant dans lesquels le tubage à l'avancement est nécessaire.
- Difficultés pour équilibrer des venues d'eau artésiennes jaillissantes.
- le forage s'effectue en discontinu (forage puis curage de cuttings et ainsi de suite).

**II.2.2. LA TECHNIQUE DE HAVAGE : [12]**

C'est une technique d'extraction consistant à creuser des entailles parallèlement au plan de stratification des roches pour les détacher plus facilement ; utilisée en génie civil pour l'exécution de pieux forés en gros diamètres, et aussi pour exécuter des forages d'eau.

Le forage peut être effectué soit par :

- A. Bennes à coquilles** : où l'attaque du terrain se fait au moyen d'une benne circulaire munie de coquilles ouvertes qui percutent le sol comme un trépan remonte les déblais. L'ouverture et la fermeture des coquilles sont commandées par câble. Ce matériel permet des forages de profondeurs de 70 à 80 m pour des diamètres de 600 mm à 1,2 m dans des terrains alluvionnaires.
- B. Outils en rotation** : ce système de perforation travaille au moyen d'un outil d'extraction circulaire avec un fond verrouillé muni de dents et agit par rotation jusqu'à ce qu'il soit plein de matériaux. L'outil est extrait et le déverrouillage du fond de l'outil permet de vider rapidement celui-ci. Ce matériel permet d'effectuer des forages de 35 à 40 m de profondeur en des diamètres de 0,5 à 1,3 m.

**II.2.2.1. Avantages : [13]**

- Avancement rapide à faible profondeur dans des formations meubles, notamment alluvionnaires (en l'absence d'éléments grossiers).
- Réalisation d'ouvrages en gros diamètre (peu répandus en eau minérale).

**II.2.2.2. Inconvénients : [13]**

- Méthode inadaptée aux terrains durs.
- Frottement du tubage mis en place à l'avancement ; profondeur réduite.
- Difficulté pour arracher les tubages de soutènement après la mise en place des crépines et du massif filtrant.

II.2.3. LA TECHNIQUE ROTARY :

La technique au rotary consiste à animer d'un mouvement de rotation un outil monté au bout d'une ligne de sonde et le faire pénétrer dans le terrain, sans chocs, par abrasion et broyage sous l'effet d'une partie du poids de la garniture ou d'une pression hydraulique. [16]

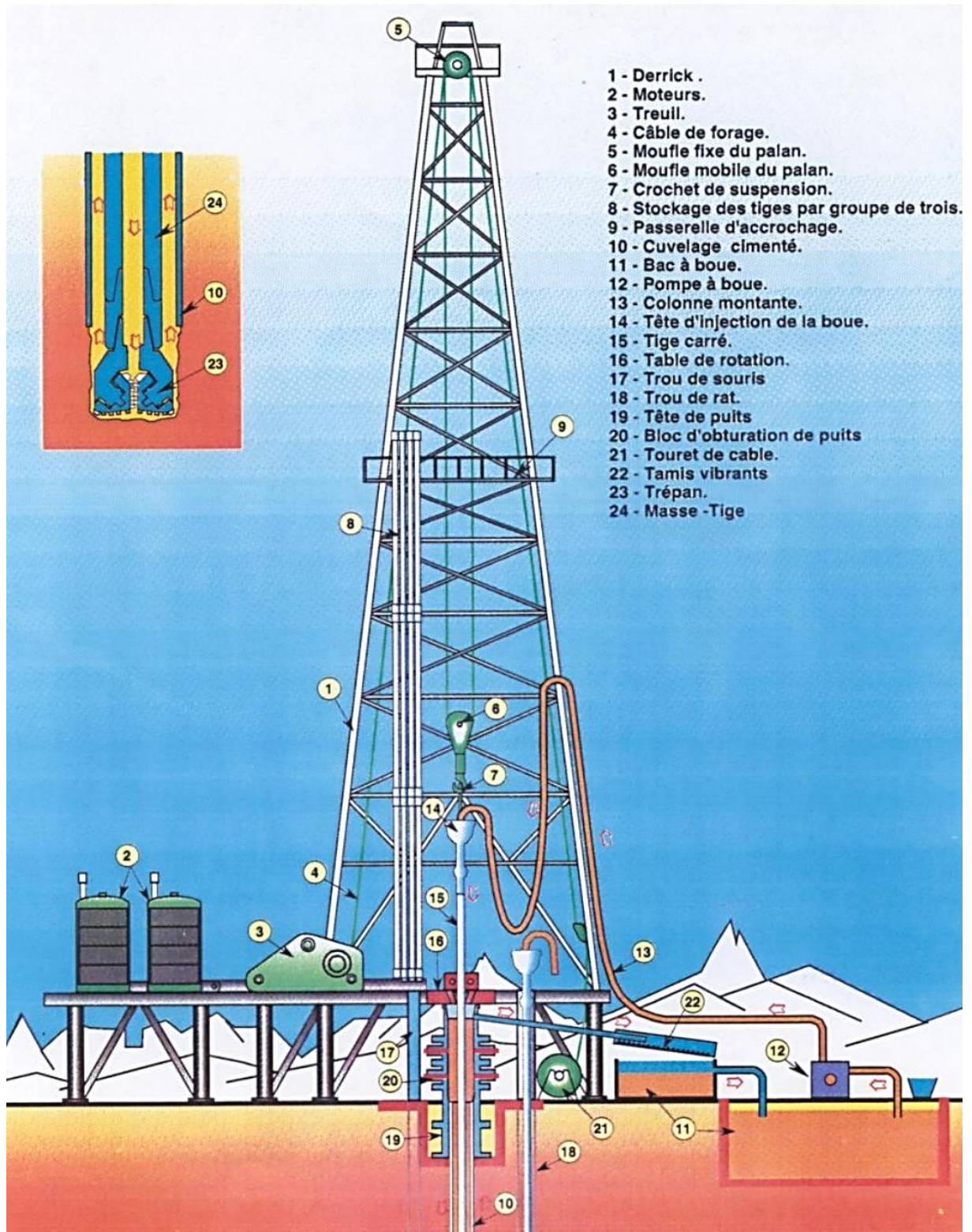


Figure II.04 : Schéma d'une installation de forage rotary [21]

Les outils utilisés en rotation sont des trépan de plusieurs types en fonction de la dureté des terrains rencontrés (outils à lames, outils à pastilles, molettes ou tricône, outils diamantés ou à carbures métalliques...). [13]



**Figure II.03:** Exemples des outils de forage (gauche : outil tricône ; centre : outil trépan en polycrystalline de diamant compact (PDC) ; droite : outil trillâmes) [20]

Au-dessus du trépan, on peut placer une ou plusieurs masses-tiges très lourdes qui accentuent la pression verticale sur l'outil et favorisent la pénétration et la rectitude du trou. [13]

Elle nécessite l'emploi d'un fluide de forage, qui peut être soit de l'air, soit de l'eau, soit une boue à base de polymères, ou le plus souvent une boue benthonique.

En circulation directe, cette boue est injectée sous pression en continu dans les tiges creuses de la ligne de sonde, et sort au niveau d'évents sur l'outil pour remonter à la surface dans l'espace annulaire, entre la garniture et la paroi du trou.

Dans certains cas particuliers, notamment les forages de gros diamètres, pour conserver une vitesse de remontée suffisante, environ 30m/min la circulation peut être inversée. L'alimentation de la boue s'effectue alors par l'annulaire et la remontée par l'intérieur de la garniture. C'est la circulation inverse. [16]

#### **II.2.3.1. Avantages :**

- Permet d'atteindre de grandes profondeurs y compris en gros diamètre, sans tuber si les terrains s'y prêtent
- vitesse d'avancement importante en terrains tendres
- maintien des parois par la boue du forage (formation d'un cake)
- Permet de contrôler les différents paramètres du forage.

#### **II.2.3.2. Inconvénients :**

- nécessité d'un fluide de forage,
- possible envahissement des aquifères par la boue, nécessitant des temps de développement importants,

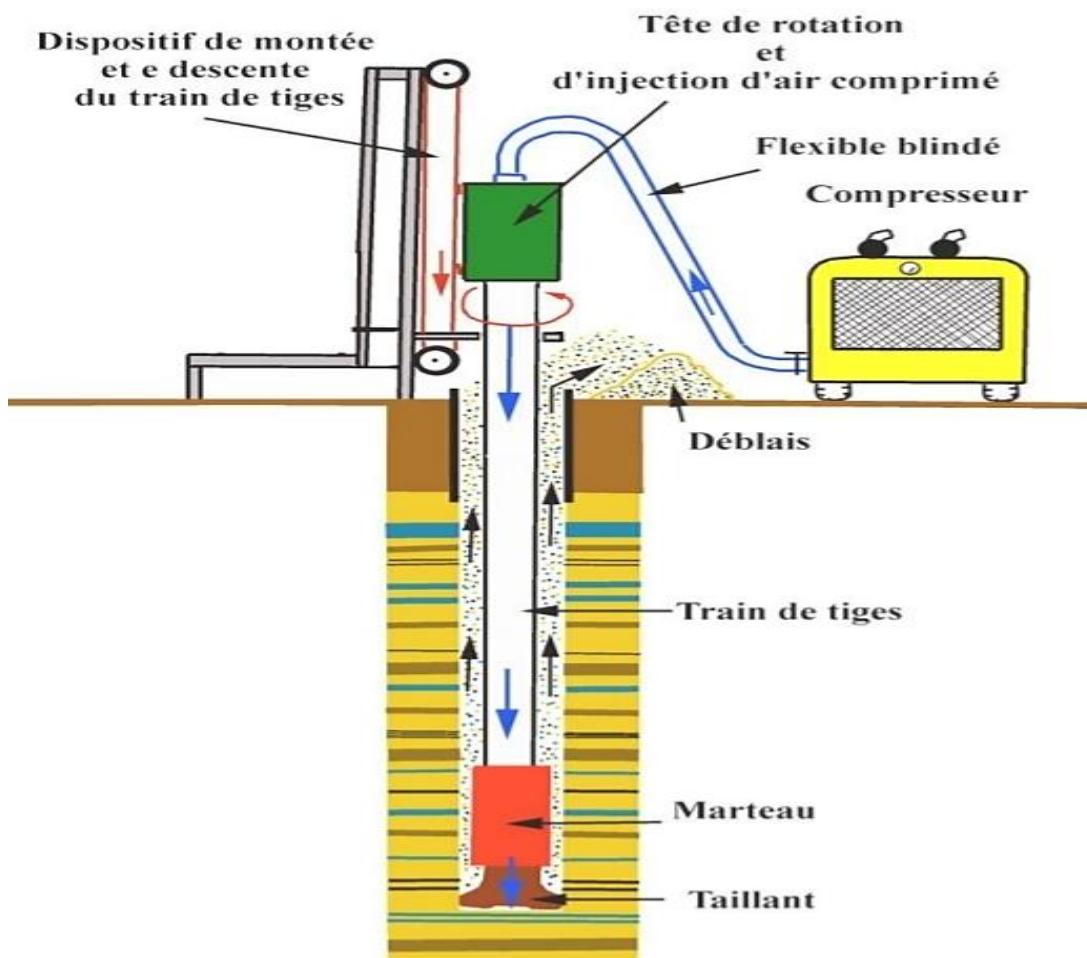


- mélange des cuttings à la remontée,
- pertes de circulation (boue) dans les formations karstiques avec risque d'éboulement du trou en cas d'arrêt de la foration sans nettoyage du trou.

#### II.2.4. LA TECHNIQUE MARTEAU FOND DE TROU :

La particularité de la technique MFT dans la recherche hydrogéologique est de traverser des terrains durs et fracturés comme les roches (granites) ou sédimentaires consolidées (grès, calcaires) tout en utilisant le principe de la roto percussion.

##### II.2.4.1. La technique marteau fond de trou classique (simple) :



**Figure II.05** : Schéma d'une installation de forage MFT [19]

Un taillant à boutons en carbure de tungstène fixé directement sur un marteau pneumatique, est mis en rotation et percussion pour casser et broyer la roche du terrain foré. Le marteau fonctionne comme un marteau piqueur, à l'air comprimé qui est délivré par un compresseur en plus de la machine de forage. Le flux d'air permet de remonter les cuttings du terrain. [14]

Plus la pression de service d'air comprimé est élevée, moins on aura de risques de coincements. la plupart des marteaux fond de trou peuvent travailler à des pressions comprises entre 4 et 18 bars. [13]

Il convient de noter que la foration MFT à l'air est parfois couplée à l'emploi de mousse de forage (injectée dans le circuit d'air) pour favoriser la tenue des parois et/ou la remontée des cuttings. S'agissant d'un contexte "eau minérale", le choix d'une mousse "inerte" doit être une préoccupation pour l'opération. [15]

On distingue deux phases : [14]

- ❖ **forage en percussion** : l'air comprimé sert au fonctionnement du piston du marteau qui frappe sur le taillant en appui sur la roche, l'air s'échappe ensuite dans l'espace annulaire entraînant les cuttings.
- ❖ **soufflage évacuation des cuttings** : le taillant n'étant plus en appui, la totalité du flux d'air s'écoule au travers du marteau sans le faire fonctionner et s'échappe dans l'espace annulaire air comprimé passant dans les tiges évacuation des cuttings par l'air détendu fonctionnement du marteau avec l'air comprimé taillant en appui sur la roche soufflage des cuttings par l'espace annulaire marteau hors circuit passage libre de l'air taillant soulevé.

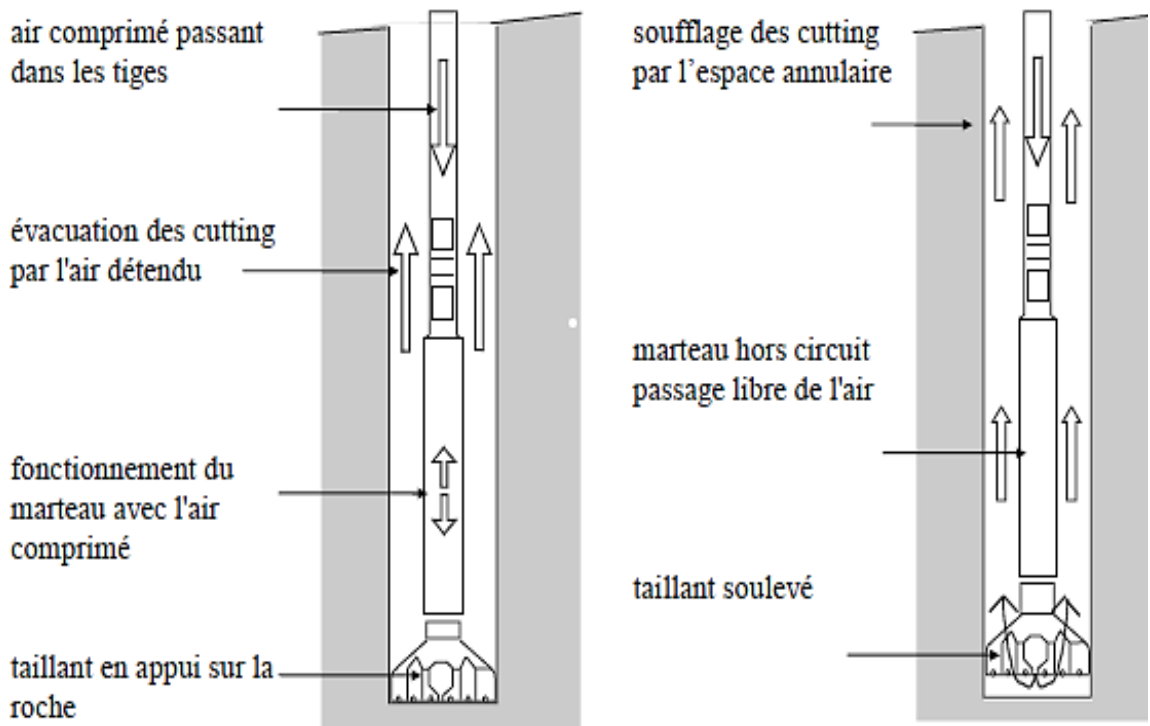


Figure II.06 : les phases de fonctionnement du Marteau Fond de Trou. [14]

Le taillant utilisé en MFT est soit à plaquettes soit le plus souvent à boutons sphériques ou coniques en carbure de tungstène. On a des taillants (Figure II.07) ont:

- ❖ **Une face concave** : A un profil adapté aux roches dures. Sa forme permet une meilleure rectitude du forage.
- ❖ **Une face convexe** : A un profil adapté aux roches très dures et abrasives grâce à sa rangée de gros carbures de protection en périphérie.
- ❖ **Une face plate** : A un profil multi-usage pour tout type de formation de moyen au dur. Particulièrement adapté aux terrains fracturés et mixtes.



Figure II.07 : les différents types de taillant. [22]

#### A. Avantages

- Avancement rapide
- profondeur d'investigation pouvant dépasser les 300 m de profondeur (fonction du diamètre et de la puissance du compresseur d'air) ;
- Bonne observation des cuttings (coupe géologique) et des zones productrices d'eau (suivi hydrogéologique) ;
- les fluides du forage (air, mousse,...) sont bien adaptés au forage d'eau [13]

#### B. Inconvénient

- risque de coincements en zone fracturée. [16]
- Procédé peu adapté dans les terrains non consolidés ou plastiques [15]
- Risque de formation de bouchons de cuttings, nécessitant de fréquents nettoyages du trou par soufflage. Ce phénomène n'existe pas lorsque l'ouvrage est totalement sec ou lorsque le débit des niveaux producteurs est suffisant pour permettre un bon nettoyage par circulation [15]
- Nécessité d'utilisation de compresseurs très puissants voire de surpresseurs en cas de foration sous des hauteurs d'eau importantes. [15]

#### II.2.4.2. La technique marteau fond de trou avec tubage à l'avancement :

Identique à la technique MFT "classique" exposée ci-avant, cette méthode concerne la mise en place d'un tubage des parois du trou au fur et à mesure de sa foration lorsque la perforation des terrains de recouvrement et des alluvions est l'une des plus difficiles à réaliser en raison des formations bouillantes ou incohérentes cette technique est appelée également ODEX

Elle met en œuvre un taillant pilote avec aléreur excentrique qui permet de forer des trous d'un diamètre légèrement supérieur au diamètre extérieur des tubes. Le tubage est ainsi enfoncé progressivement à la suite de l'aléreur sous l'effet de son propre poids et de l'énergie de percussion du marteau. Les tubes sont solidarités entre eux soit par soudure, soit par filetage. [13]

Le taillant excentrique se déploie par rotation dans le sens des aiguilles d'une montre, une rotation en sens inverse en fin de foration permet son repli et la remontée de la garniture.

Comme en foration au marteau fond de trou classique, l'évacuation des cuttings est là aussi assurée par la remontée de l'air, ici entre tiges et tube.

L'emploi de mousse est indispensables dès que la profondeur dépasse 15 m. la mousse a ici le même rôle qu'en système de MFT classique, de plus elle lubrifie et stabilise le trou facilitant ainsi la descente de tubage. [13]

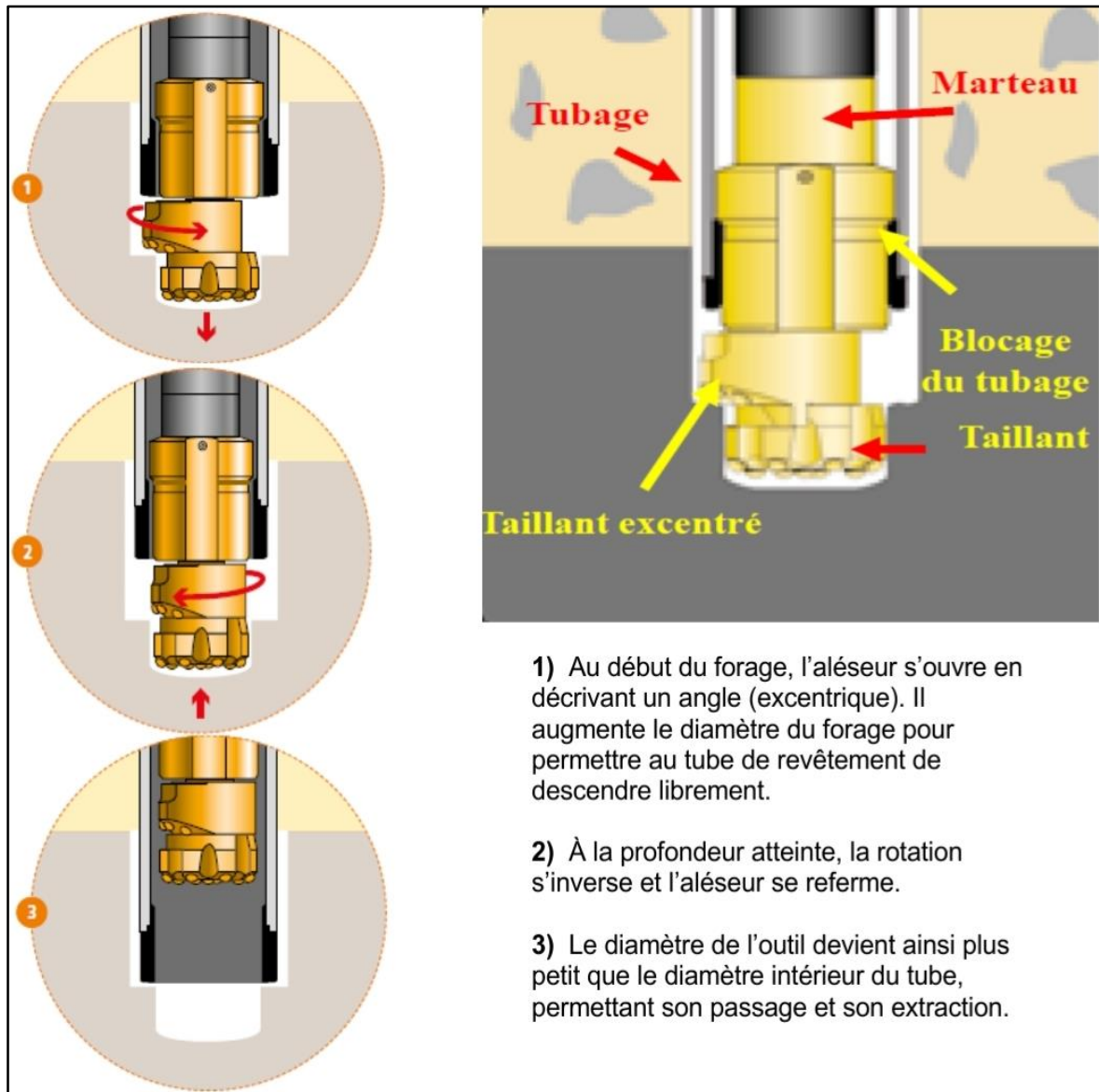


Figure II.08 : La technique marteau fond de trou avec tubage à l'avancement. [22]

### A. Avantages

- Elle est très utile pour isoler des nappes d'eau supérieure, plus sensible aux pollutions [13]
- Possibilité d'utiliser une foration d'air dans un contexte géologique peu stable
- Bonne observation des cuttings et zones productrices [15]

**B. Inconvénients**

- De même au MFT classique à l'exception de la foration dans les terrains non consolidés. [15]
- Il arrive que l'excentrique se coince, il est alors souvent nécessaire de remonter l'outil en arrachant tout le tubage. [13]

**II.3. Les critères de choix**

Le choix d'une technique de forage se fait sur : [15]

**II.3.1. Nature géologique des terrains traversés**

Il convient d'apprécier la stabilité des formations concernées (roches meubles, roches dures), la présence de discontinuités (fractures, cavité).

- ❖ Pour des terrains alluvionnaires peu stables, on choisira une méthode de foration à l'air avec tubage à l'avancement. Dans des cas particuliers, on pourra utiliser la foration rotary boue (moins recommandée).
- ❖ Pour des terrains consolidés, on choisira une foration à l'air avec possibilité de tuber s'il existe des cavités par exemple.
- ❖ le battage est adapté pour tous les terrains sauf dans les formations sédimentaires tendres ou non consolidées en raison de sa longue durée d'exécution.

**II.3.2. Profondeur finale de l'ouvrage**

Selon la profondeur, l'objectif convient de réaliser des forations en diamètre suffisant pour permettre la mise en place d'éventuels tubages qui permettent de poursuivre le forage après des zones instables.

- ❖ Les méthodes de battage et havage ainsi que celles avec tubage à l'avancement sont limitées en profondeur, elles pourront être utilisées pour faire les avant-trous ;
- ❖ En terrain durs, pour des forages de grandes profondeurs, on travaillera au MFT ;
- ❖ En terrain présentant des risques d'instabilité, et à fortes profondeurs, on peut être amené à choisir une foration rotary boue. Cependant, on ne privilégiera pas cette méthode compte tenu d'une part de la difficulté d'identifier les niveaux producteurs présentant la qualité d'eau requise (agrément) et d'autre part, des éventuelles interférences entre le fluide utilisé en foration (boues) et les eaux de l'aquifère.

**II.3.3. Nature de l'ouvrage réalisé (reconnaissance ou exploitation)**

En phase de reconnaissance, l'objectif prioritaire sera l'acquisition des données sur la géologie et les niveaux producteurs.

Pour la réalisation d'un forage d'exploitation l'accent sera mis sur le captage d'un niveau producteur déterminé qu'il convient d'exploiter à un débit donné et de protéger de façon la plus efficace vis-à-vis de son environnement. Le diamètre de

l'ouvrage sera défini en tenant compte des contraintes d'exploitation de l'ouvrage (diamètre des groupes de pompage, instrumentation). Le choix de la méthode de foration sera fait pour obtenir un trou parfaitement calibré dans lequel les tubages (crépines et pleins) pourront être positionnés au mieux avec mise en place optimum des graviers face aux crépines et/ou des cimentations derrière les tubages pleins de protection.

#### **II.3.4. Qualité des fluides des réservoirs.**

Dans certains cas particuliers (artésianisme jaillissant, gaz sous pression), la qualité du fluide du réservoir peut induire des précautions spécifiques.

La foration rotary à la boue pourra être privilégiée dans certains cas où le risque d'éruption est grand. Cette technique permet en effet, par augmentation de densité de la boue, de contenir les effets de pressions.

#### **II.3.5. Environnement du chantier**

Selon le lieu de réalisation de l'ouvrage (milieu urbain ou zone inhabitée) et la place disponible pour réaliser la plate-forme de forage, les matériels à utiliser pourront être sélectionnés selon leur encombrement, leur niveau.

### **II.4. Les fluides de forage :**

#### **II.4.1. Définition**

Le fluide de forage, appelé aussi boue de forage, est un système composé de différents constituants liquides et/ou gazeux contenant en suspension d'autres additifs minéraux et organiques (argiles, polymères...). [17]

#### **II.4.2. Les différents types de fluide :**

##### **II.4.2.1. La boue à bentonite**

Les boues de forage sont généralement des suspensions colloïdales à base d'argile la plus utilisée étant la bentonite. Un gramme de bentonite dispersé dans l'eau offre une surface de contact de 4 à 5 m<sup>2</sup>. La bentonite est constituée principalement par une argile smectique. [13]

On distingue plusieurs types de bentonites :

- A. Les bentonites calciques naturelles ;**
- B. les bentonites sodiques naturelles** qui gonflent plus que les bentonites calciques naturelles ; ce sont elles qui seront utilisées dans la boue de forages ;
- C. les bentonites permutées** qui sont des bentonites calciques transformées en bentonites sodiques par l'ajout du carbonate de soude ; le gonflement de ces bentonites peut varier de 10 à 15 fois ;
- D. les bentonites calciques** activées qui sont des bentonites permutées ; dopées par l'ajout des polymères améliorant leur gonflement de 10 à 25 fois.[13]

Ce type de fluide est utilisé dans la technique Rotary. Ses principales fonctions sont :

- La remontée de déblais
- Le maintien de déblais en suspension après l'arrêt de la circulation
- Refroidir l'outil et diminuer le frottement de la garniture de forage
- Le maintien des parois du trou foré
- Le contrôle des fluides des formations traversées. [18]
- Elle donne des renseignements utiles sur d'éventuelles venues d'eau ou pertes de charge grâce au suivi du niveau dans les bacs à boue. [13]

#### **II.4.2.2. Air comprimé**

L'air est le fluide de forage qui possède la plus basse densité et le prix de revient le moins élevé. [17]

L'air comprimé assure toutes les fonctions nécessaires au forage avec les différences essentielles suivantes : [12]

- Plus grande vitesse de pénétration dans la roche dure et consolidée.
- Réduction du poids sur l'outil.
- Grande capacité de dégagement des cuttings.
- Facilite le forage dans les formations gonflantes.
- Faibles besoins d'eau.
- Mais impossibilité de forer avec l'air s'il y'a des venues d'eau

L'air comprimé est fréquemment utilisé dans deux techniques de forages (rotary et marteau fond de trou).

#### **II.4.2.2. La mousse**

On essaye de conserver les avantages de l'air comprimé est de s'affranchir de la présence de l'eau en injectant de la mousse résultat de mélange air + eau + agent moussant. [18]

Ce type de fluide de forage est utilisé : [12]

##### **A. Dans un forage rotary lorsque :**

- l'emploi de la boue est difficile (endroit urbain hostile, nature de terrains défavorable présence de fissures').
- l'alimentation en eau est insuffisante.

##### **B. Dans un forage à l'air lorsque :**

- les parois du forage sont excessivement érosives par des grandes vitesses d'évacuation des cuttings.
- l'évacuation des cuttings est rendue difficile par la présence des venues d'eau.
- présence de formation gonflante (argile, marne).

Il est à noter que lorsqu'il s'agit des formations aquifères non consolidées à fortes venues d'eau, il faut utiliser impérativement le forage à la boue. [12]

### **II.4.2.4. L'eau :**

L'eau est la plus généralement utilisée dans les forages.

Les principales avantages de l'utilisation de l'eau est d'éliminer les risques de colmatage rencontre avec la boue.

Cependant ses inconvénients sont sa faible densité (quand on la compare à la boue) et le risque de contamination lorsque les eaux de surface sont utilisées.

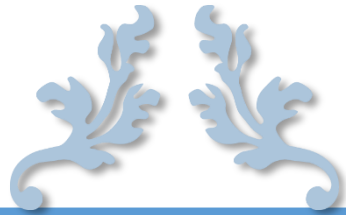
### **Conclusion :**

Après l'étude des techniques de fonçage, la méthode adéquate pour traverser une formation dure comme le calcaire de Sidi El kebir peut être soit le rotary, soit le battage soit le MFT mais c'est conditionné :

- Pour le rotary : on travaille avec des outils à diamant, sur le plan technico-économique le mètre foré par ces derniers est très très chers et sa vitesse d'avancement est très faible.
- Pour le battage : cette méthode présente une vitesse d'avancement très lent et son coût est très peu élevé. Mais tout d'abord avant de s'incliner sur cette méthode il faut tenir compte de l'état de lieu de la zone d'étude si on est dans une période de crise d'eau ou pas.
- Pour le MFT : cette méthode à une vitesse d'avancement plus rapide que les deux précédentes. Elle est recommandée pour avoir une idée sur la productivité du terrain dans la reconnaissance lorsqu'on est dans un stress hydrique.

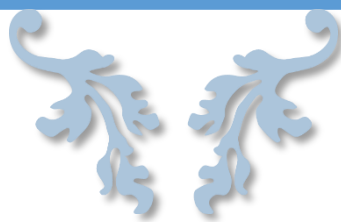
Lors de la foration, les imprévus (difficulté de fonçage...) peuvent être présent à tout moment, dans ces genres de situation on change la machine de fonçage d'où le nom de la méthode mixte.





## **Chapitre III**

# **Opération de suivi et réalisation du forage**



**Introduction :**

Ce forage a pour but de reconnaître les possibilités aquifères des formations calcaires de Sidi El Kebir, afin de dégager de nouvelle ressource pour les besoins en eau potable de cette localité.

A défaut d'étude géophysique (notre site situé sur la bordure du piémont de l'Atlas Blidiéen) donc on s'est orienté sur l'approche structurale du site pour implanter le point d'eau. Cette approche vient seconder notre première option qu'est la géologie de Sidi El Kebir qui est composée des formations carbonatées (calcaires du jurassique) qui sont des formations susceptibles d'être un aquifère puisqu'elles sont fracturées.

**III.1. Les opérations de réalisation du forage :**

On a opté pour la méthode mixte (Marteau fond de trou et Battage) pour la réalisation de notre forage. Le MFT pour le forage de reconnaissance et le battage pour son élargissement.

On décrit ci-dessous les opérations de suivi du forage auxquels nous avons assistés sur le terrain

**III.1.1. FORAGE DE RECONNAISSANCE****III.1.1.1. Installation du chantier :**

L'installation du chantier est un dispositif provisoire, implantée dans une emprise temporaire, pour contenir les ouvriers, les matériels nécessaires à la réalisation du forage. Pour cela un plan de chantier est établi à partir d'un plan de masse :

- Le plancher de forage est la zone où on installe notre machine (Marteau fond de trou classique) ; il contient des différents éléments (l'outil ; la citerne d'eau ...) et comporte aussi l'ensemble des manœuvres de forage
- Le pont est le lieu de stockage des tiges de la machine
- Pour protéger le compresseur de la poussière de forage on lui a positionné en aval de la sondeuse.
- Pour délimiter la zone de foration un périmètre de sécurité a été instauré.



Figure III.1 : le plan d'installation du chantier pour le MFT.



Figure III.2 : installation du chantier pour le MFT.

**III.1.1.2. Opération de foration**

Le forage de reconnaissance a été réalisé à l'aide d'une sondeuse à l'air (Marteau fond de trou, décrite au 2<sup>emé</sup> chapitre), avec un compresseur de 24 bars.

La foration a été exécutée par un taillant de type concave de diamètre 12 pouces (**Figure III.3**)



**Figure III.3 :** Taillant concave de 12”.

Entre 110 à 120 m de profondeurs les foreurs ont traversés difficilement cette formation, ils ont rencontrés une formation très très dure donc ils ne peuvent pas poursuivre le fonçage jusqu'à 150m. Suite aux dires des foreurs on a été recommandé d'arrêter le forage à 120 m de profondeur et fait un enregistrement diagraphique.

Lors de foration l'entreprise de réalisation a fait les prélèvements des cuttings tous les 1m de profondeurs.

**III.1.2. Prélèvements des échantillons**

La circulation de l'air comprimé permet de remonter les cuttings (déblais des couches géologiques) à la surface. Leurs examens permettent d'identifier la nature lithologique des formations aquifères.

L'entreprise a respecté la déontologie du travail car à chaque 1m ils prélevaient les cuttings et les mettent dans des sacs en plastique avec étiquettes portant chaque cote des prélèvements (**Figure III.4**).



**Figure III.4** : Les cuttings.

Suite à une visite effectuée sur le site un échantillon de déblais a été prélevé et analysé au laboratoire. L'essai consiste à tester l'échantillon par le HCL pour voir si les formations qui sont en profondeur sont les mêmes formations qui affleurent (Calcaire).

En effet notre échantillon a bien réagi à l'HCL (effervescence) qui confirme la nature lithologique de l'échantillon (**Figure III.8**)



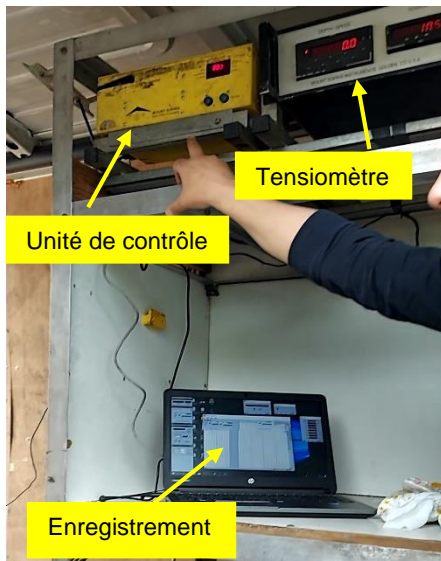
**Figure III.5** : Traitement des cuttings au laboratoire

### **III.1.3. Enregistrement diagaphique :**

La diagaphie est un enregistrement continu des variations des paramètres physiques des terrains traversés (La résistivité électrique ; la radioactivité des roches  $\gamma_{ray}$  ; polarisation spontanée  $P_s...$ ) en fonction de la profondeur. La diagaphie est donc très utile pour déterminer les niveaux aquifères qui produisent de l'eau, en plus par son interprétation on peut équiper et dimensionner notre forage.

On descend une sonde 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

dans un camion. L'ensemble des équipements utilisés pour l'enregistrement des diagraphies sont présentes dans la figure ci-dessous :



**Figure III.6 :** Boite de commande et de digitalisation de l'équipement (Mount Sopris).



**Figure III.7 :** Sonde combinée ( $\gamma_{ray}$ ;  $P_s$  ; ).



**Figure III.8 :** Treuil.

Une diagraphie a été effectuée après l'arrêt des travaux de forage. Elle est reportée sur l'**annexe A1**. Sur l'enregistrement on trouve les graphes du gamma-Ray, de la résistivité et de la polarisation spontanée.

### III.1.3.1. Interprétation de la diagraphie

D'après la diagraphie effectuée au niveau de notre forage, on constate ce qui suit :

- Selon l'échelle de la résistivité on remarque que toutes les valeurs sont entre (3900-12500  $\Omega.m$ ) donc on est dans une formation très compactée.
- A la cote 120 la résistivité est très élevée (12500  $\Omega.m$ ) donc une formation très très dure et les dires des foreurs sont justes.
- D'une part, Les parties calcaires fracturées saturés avec une résistivité comprise entre 4400 à 5000  $\Omega.m$  de 40 à 70mètres et de 90 à 110mètres ;
- d'autre part des calcaires compacts et très durs avec résistivité qui atteint les 12500  $\Omega.m$  de 0 à 40 mètres, 70 à 90mètres et de 110 à 120mètres.

### III.1.4. Essais à Blanc

Pour décider l'arrêt du forage à 120m de profondeur on doit confirmer que cette formation est productive pour cela un essai à blanc au compresseur (essai où le forage est nu c'est-à-dire sans tubage) d'une durée de 5 heures de pompage permanent a été effectué.

Le débit mesuré à l'aide d'un déversoir est de 25 l/s. Donc les formations ciblées à 120m de profondeur sont des calcaires productifs et notre forage de reconnaissance est positif. De ce fait il a été décidé d'arrêter les travaux de forage à la cote -120m.



**Figure III.9** : essai à blanc au compresseur



**Figure III.10** : Le débit mesuré à l'aide d'un déversoir est de 25 l/s.

Pour voir le niveau statique et à peu près la qualité de l'eau, on a utilisé une sonde multifonctionnelle qui permet de mesurer : le niveau d'eau, TDS, la conductivité et la température (**Figure III.11**).

Les résultats sont :

- Le niveau statique mesuré est 43m.
- La conductivité mesurée est voisine de 0.520 ms/cm. Elle est inférieure à la valeur maximale admissible de la conductivité d'une eau potable 2.8 ms/cm.
- La température de l'eau à la sortie du forage pendant l'essai à blanc de 15.6°C.
- La salinité TDS mesurée est de 343 ppm.

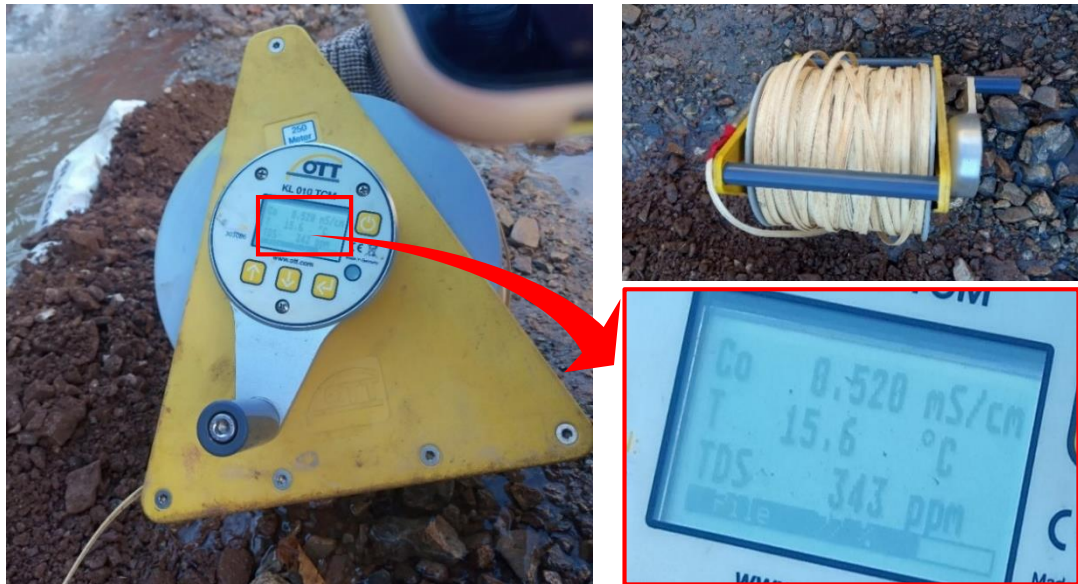


Figure III.11 : Sonde multifonctionnelle.

- ✚ Notre forage de reconnaissance est considéré positif et réussi sur le plan quantitatif et le plan qualitatif car :
  - ✓ Sur le plan quantitatif le débit mesuré est de 20-25 l/s ce qui est énorme et suffisant pour alimenter l'agglomération de Sidi El kebir.
  - ✓ Sur le plan qualitatif suite aux résultats de la sonde multifonctionnelle on peut considérer que l'eau de notre forage est de bonne qualité.

### III.1.5. Opérations d'élargissage :

#### III.1.5.1. Installation du chantier :

Un plan de chantier est établi à partir d'un plan de masse : le plancher ; le bassin pour les cuttings ; périmètre de sécurité.



Figure III.12 : Plan d'installation du chantier pour le battage.





Figure III.13 :L'installation du chantier pour le battage.

❖ Dimensionnement du bassin pour les cuttings :

Le bassin qui reçoit les débris évacuer par la machine lors de la foration a été creusée selon les dimensions suivantes :

$$\text{La largeur} = \sqrt[3]{\frac{2 \times \text{Volume de forage en m}^3}{2.125 \times 7.5}} = 1.40 \text{ m.}$$

$$\text{La longueur} = 2.5 \times \text{La largeur} = 3.5 \text{ m}$$

$$\text{La profondeur} = 0.85 \times \text{La largeur} = 1.19 \text{ m}$$

$$\text{Ainsi le volume du bassin} = \text{la longueur} \times \text{la largeur} \times \text{la profondeur} = 5.83 \text{ m}^3$$

$$\text{Le volume de forage} = \frac{\pi \times D^2 \times H}{4} = 21.94 \text{ m}^3$$

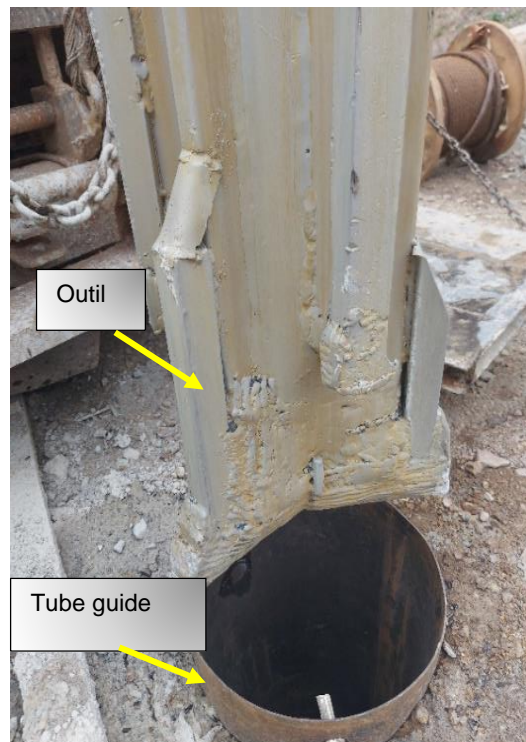
**III.1.5.2. Opération de foration**

Suite à l'analyse des cuttings ainsi que l'interprétation des enregistrements diagraphique et l'essai à blanc du forage de reconnaissance, on a recommandé l'élargissement jusqu'à 120 mètres.

❖ **Tube guide**

Pour assurer la verticalité et la stabilité des parois du forage on a mis en place un tube guide.

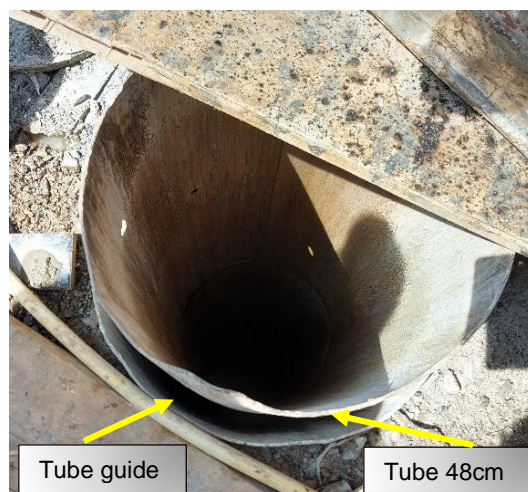
- D'abord, on a élargi notre forage de reconnaissance par un outil de 20'' jusqu'à une profondeur de 15 m, et on a remonté le débris après la foration par une curette.
- Ensuite, on a mis en place un tube en TNRS de diamètre 50 cm sur une profondeur de 15 m et on a cimenté l'espace annulaire à cette profondeur par un ciment HTS.



**Figure III.14 : Tube guide**

Après, les travaux de la mise en place du tube guide sont achevés, l'opération de l'élargissement commence.

- En premier temps le forage de reconnaissance a été élargi avec un outil de 19'' Jusqu'à 45 m de profondeur.
- A la cote -45 on a rencontré un éboulement de terrain c'est pour ça qu'on a descendu un tube de TNRS de diamètre 48 cm jusqu'à la cote -45 m
- Après on a continué la foration jusqu'à 120m avec un outil de 17''.



**Figure III.15 :** Opération d'élargissage.

**III.1.6. Programme d'équipement**

Le plan de captage et la position des crépines influent de façon très importante sur le débit d'exploitation de l'ouvrage.

Le plan de tubage (Tube plein et tube crépine) est établi à partir de l'étude de l'enregistrement diagraphique et l'examen des cuttings. Le maximum des tubes crépines sont situés sur le un tiers inferieur de l'aquifère où il y'a des calcaires fissures.

Le programme d'équipement de la colonne de captage sera comme suit :

- Colonne en PVC de 4m ; diamètre 315 mm ; PN16
- Ouvertures des crépines 1mm.

**Tableau III.1.** Le programme d'équipement :

Profondeur	Type de tube
+0.7 m à 62 m	Tube plein
62 m à 70 m	Tube crépine
70 m à 86 m	Tube plein
86 m à 94 m	Tube crépine
94 m à 98 m	tube plein
98 m à 110 m	Tube crépine
110 m à 120 m	Tube de décantation avec sabot

**III.1.7. Opération de descente du tubage**

On se réfère sur le programme d'équipement pour faire la descente des tubages selon les étapes ci-dessous :

- Le premier tube descendu dans le trou est le tube de décantation.
- les tubes sont filetés de façon successifs selon le programme.



**Figure III.16 : descente de tubage**

**III.1.8. Massif gravier**

Une fois la phase de descente du tubage terminée place à la descente du massif filtrant ; comme son nom l'indique c'est un massif de gravier de 3-8 mm à élément roulés siliceux avec un volume de 18 m<sup>3</sup> injecté dans l'espace annulaire pour filtrer l'eau avant que celle-ci ne pénètre dans les tubes crépines.



**Figure III.17 : Massif gravier**

**III.1.9.Développement**

Les rôles du développement en général sont :

- Nettoyage du trou (évacuer la boue du forage)
- Classement horizontal (Flux et reflux de l'air vers le massif)
- Classement vertical (Evacuer les particules fines dans les intersites du massif filtrant)

Cette opération consiste a utilisé un compresseur de puissance 20 bars. Développement à l'air lift a un tube d'évacuation de l'eau et un tube d'air sous pression permettant le nettoyage du forage. Le soufflage commence de haut vers le bas jusqu'à l'obtention de l'eau claire et aussi en utilisant l'opération de barbotage.



**Figure III.18 : Développement à l'air lift**

#### **Conclusion :**

On conclue que :

- Les calcaires ciblés au niveau du piémont de l'Atlas Blidiéen sont des calcaires fracturés saturés.
- Après l'essai à blanc faite sur le forage de reconnaissance, on considère que le forage est productif.

L'essai de pompage est une opération indispensable dans un forage d'eau et notre forage n'en fait pas l'exception. Des imprévus ont contribué à ce qu'on n'a pas assisté à l'opération d'essai de pompage ; mais on recommande d'en faire un.

L'essai permet d'évaluer les caractéristiques du forage (le rabattement, débit critique, débit d'exploitation optimum) ; les caractéristiques de la pompe adéquate du forage qui dépendent des résultats obtenus et les propriétés hydrodynamique de la nappe (transmissité, perméabilité ...).

Nous recommandons également de faire les analyses physico-chimiques de l'eau du forage afin évaluer sa qualité avant sa distribution.

## CONCLUSION GENERALE

La région d'étude de Sidi El Kebir fait partie du massif de l'Atlas. Ce dernier forme la partie centrale de l'Atlas tellien qui s'allonge du Sud-ouest vers le Nord-est il occupe une superficie de 1572.2 Km<sup>2</sup>. Sur le plan géologique se compose presque entièrement de schistes d'âge crétacé inférieur sans fossiles, avec quelques intercalations de calcaires marneux.

Le suivi et l'étude des opérations de réalisation du forage dans la localité de Sidi El Kebir, commune de Blida été un challenge pour nous d'une part, par le dégagement de nouvelles ressources pour les besoins en eau potable de cette localité qui se situe sur le piémont de l'Atlas Blidéen et elle est constituée sur le plan géologique par des calcaires jurassiques susceptible d'être aquifère tel que, à défaut d'étude géophysique on s'est basé sur l'approche structurale du site pour implanter le point d'eau où il y'a une faille juste à côté de notre forage, d'autre part la maîtrise des 2 méthodes de forage (MFT et Battage).

Sur le plan hydro climatique l'interprétation des séries de données de quelque station pluviométriques qui sont à son proximité nous permettent de conclure que la localité de Sidi El Kebir reçoit de forte fraîcheur pendant l'hivers et de forte chaleur pendant l'été avec une période pluvieuse variable entre le mois de novembre au mois de mai et celle de la sécheresse entre le mois de juin au mois d'octobre.

A une distance de 240m et à angle 180° on a trouvé une faille qui a nous donnée une idée que les calcaires sont peut-être fractures à cause de cette approche on a implanté notre forage.

Les principales opérations de réalisation et de suivi de notre forage sont résumées ci-dessous :

- Installation du chantier selon le plan d'installation.
- Réalisation d'un forage de reconnaissance de diamètre 12'' pour une profondeur de 120m par la foreuse **MFT**.
- Prélèvement des cuttings à chaque mètre Leurs examens permettent d'identifier la nature lithologique des formations aquifères.
- Enregistrement diagraphique et interprétation de l'enregistrement
- Essai à blanc avec un compresseur de 24bars de pression pendant 5heures le débit obtenu est de 25l/s ; pour confirmer la productivité de notre formation.
- Descente d'une sonde multifonctionnelle qui nous donne : une conductivité de 520 micro-sèmes, un tds de 343ppm et une température de 15.06°c.
- Elargissage du forage avec la technique de **Battage** par un outil de diamètre 17'' pour une profondeur de 120m, avant ça on a introduit deux tubes guide un de diamètre 50cm de 20'' d'outil sur une profondeur de 15m et l'autre de diamètre 48 cm de 19'' sur une profondeur de 45m.

- Etablissement du programme d'équipement du forage, tube plein et crépine en PVC de 4m ; diamètre 315 mm ; PN16 et des ouvertures des crépines 1mm.
- Descente de tubage
- L'injection du massif du gravier de taille ( $\varnothing=3/8\text{mm}$ ) dans l'espace annulaire.
- Cimentation de l'espace annulaire pour une profondeur de 30m afin d'éviter d'éventuelle pollution.
- Le développement et nettoyage mécanique par la méthode à l'aire lift.

On conclut que les formations de calcaires de Sidi El Kebir sont productives donc la découverte d'une nouvelles ressource d'eau. On a également évité le transfert de l'eau de la Mitidja vers notre site qui est très couteux en plus de ça la nappe est surexploitée.

Nous recommandons de faire un essai de pompage afin de définir le débit d'exploitation ainsi que les caractéristiques de la pompe qui lui convient.

Notre forage est considéré positif et réussi sur le plan quantitatif et le plan qualitatif car :

- ✓ Sur le plan quantitatif le débit mesuré par l'essai à blanc est de 25 l/s ce qui nous permet de dire que les besoins en eau de la localité de sidi el kebir peuvent être satisfaits une fois toutes les procédures de fonçage achevées.
- ✓ Sur le plan qualitatif, les résultats obtenus de la sonde multifonctionnelle, nous a donné une idée sur sa bonne qualité, nous recommandons de faire l'analyse physico-chimique pour confirmer cela

Pour éviter la pollution de la nappe on recommande de mettre des périmètres de protection.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] : **A. IMACHE, P. LE GOULVEN, S. BOUARFA, M. CHABACA 2007**, Article : Evolutions de la demande en eau agricole dans la plaine irriguée de la Mitidja, Algérie.
- [2] : **Naziha Melouani, 2014**, Magister : Contribution à l'étude phytoécologique et dynamique de la végétation après incendie dans l'Atlas Blidéen, Université des sciences et de la technologie (haouari Boumediene).
- [3] : <https://amazighsatlasblideen.wordpress.com/2020/12/11/le-massif-atlassien-atlas-blideen/>
- [4] : **HAMRAOUI khadra et BOUTEBBA djamila, 2019**, mémoire du master : Contribution à l'étude de la diversité végétale dans une partie de l'Atlas Blidéen, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.
- [5] : **M. A. GUEMACHE, H. DJELLIT, H. YMMEL, S. GHARBI et C. DORBATH**, Article : la faille post-astienne de Bouinan-Soumaa (région de Blida, bordure sud du bassin de la Mitidja, Algérie) : Expression néotectonique et implication dans l'évaluation de l'aléa sismique, vol. 21, n°1, pp 75-94, **2010**
- [6] : Plan d'action décembre 2014 Parc de Chrea
- [7] : **Ahlem MEDJADI et DJADJA Khadrha, 2020**, mémoire du master : étude hydrochimique des eaux des sources du parc national de Chréa, université Saad Dahlab de Blida 1
- [8] : **Mohamed MAMICHE, 2007**, mémoire du magister : relation végétation avifaune dans le secteur est de Hammam Melouane du parc national de chréa Blida, institut national agronomique El Harrach Alger.
- [9] : **Dahel, 2015**, Revue : Agrobiologie ; N°7, 05-14
- [10] : **M.OUADI ET I.ASSZNOV, 1993**, Livre : machine minières partie 1, machines de forage, édition Office des publications universitaires place centrale de Ben Aknoun (Alger)
- [11] : **Albert Mabillot, 1986**, Forage d'eau : guide pratique, édition : crépines Johnson-France S.A., Naintre.
- [12] : **Dr Mehdi METAICHE, Octobre 2013**, FORAGE : TECHNIQUES ET PROCÉDES, cours en ligne, Université de Bouira
- [13] : **Dr Michel Detay, 1993**, Forage d'eau : livre, édition : Masson paris Milan Barcelone Bonn.
- [14] : **AcF (action contre la fin), 2008**, manuel : le forage.
- [15] : Les techniques de forage utilisées en eau minérale Note technique n° 2 Novembre 1995

**[16] : Actes du colloque 27,28 et 29 octobre 2008,"Le forage d'eau au XXIe siècle" Organisé par l'Association des Hydrogéologues des services publics (AHSP) & l'Institut EGID Bordeaux 3**

**[17] : KHODJA Mohamed, 14 février 2008, thèse de doctorat : les fluides de forage : étude des performances et considérations environnementales, l'Université des sciences et de Technologie Houari Boumediene d'Alger – Algérie**

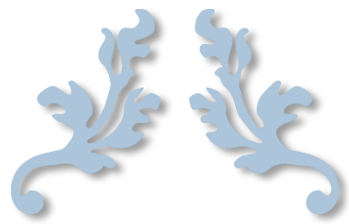
**[18] : Jean-Paul NGUYE, 1993, ingénieur principal à l'institut Français du pétrole, livre : technique d'exploitation du forage pétrolière le forage, édition technip 27 rue ginoux 75737paris cideX 15.**

**[19] : Gilles BRESSON, cours en ligne les méthodes de forage. Disponible sur le site : <http://docplayer.fr>**

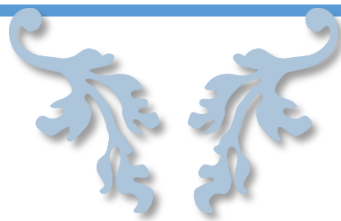
**[20] : Dhaker EZZEDDINE, 19 avril 2013, thèse de doctorat : modélisation du comportement dynamique d'un train de tiges de forage pétrolier : application aux vibrations latérales, école doctorale n° 398 : géosciences et ressources naturelles.**

**[21] : Charlotte GUERIN, septembre 2006, mémoire du master : évaluer les risques professionnels du métier de forage, école nationale de santé publique.**

**[22] : DPMF LYON, Catalogue en ligne : matériel de forage fondation. Disponible sur le site : [www.dpmf.fr](http://www.dpmf.fr), ZAC.**



# **Les annexes**



81000 SPMV 200000  
0 NCAM PS 50



0 16N OHMM 12500  
0 64N OHMM 12500



BERBARA FALIMA  
KOR. 08122111481000000

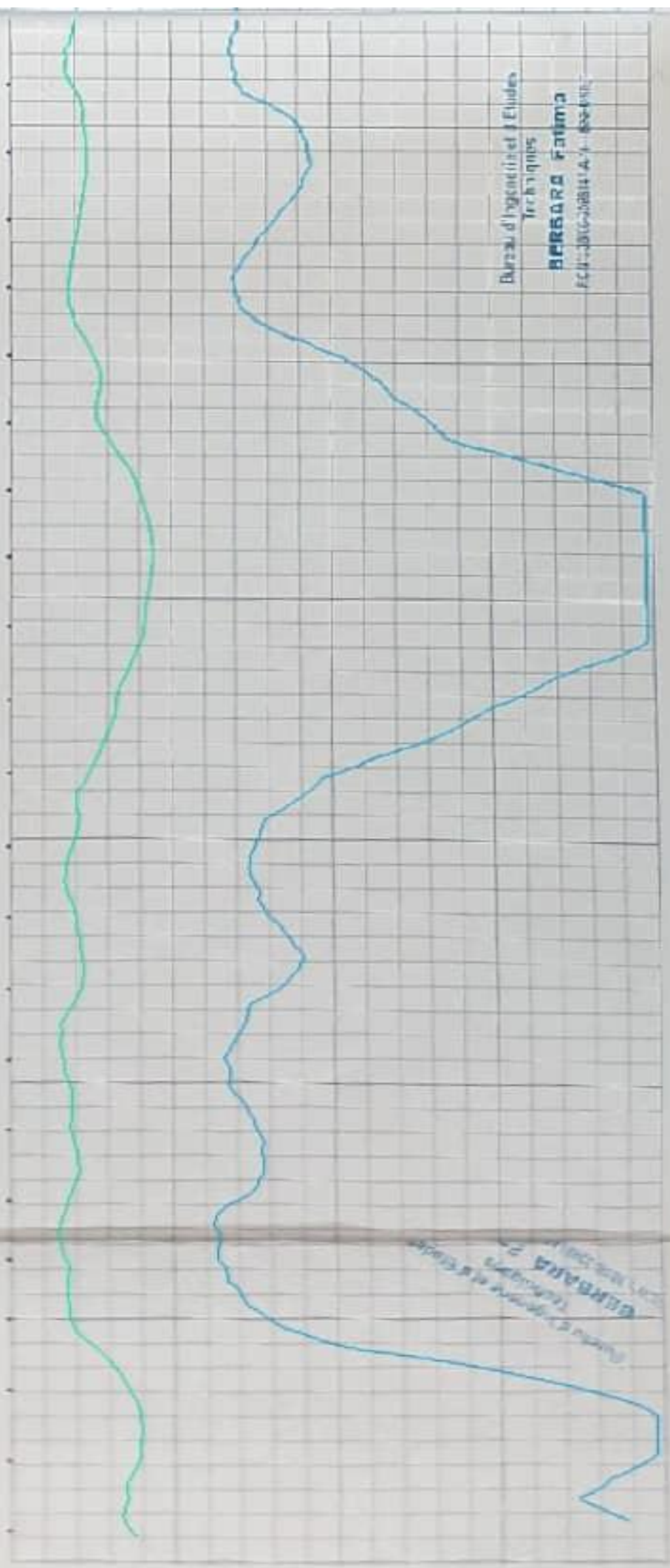
Handwritten notes in red ink along the left margin of the graph, likely describing the data or the experimental conditions.

60

80

100

120



Bureau d'Ingénierie et d'Etudes  
Techniques  
**BERBARE RAMMO**  
FCI-1016-00014-A-1-000-001

Bureau d'Ingénierie et d'Etudes  
Techniques  
**BERBARE RAMMO**  
FCI-1016-00014-A-1-000-001