

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique  
Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -  
Tasdawit Akli Muḥend Ulḥaġ - Tubirett -



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة أكلي محمد أولحاج  
- البويرة -

**Institut de technologie** معهد التكنولوجيا

**Département de Génie de l'eau**

**PFE**

En vue de l'obtention du diplôme  
De Licences professionnelle en :

**Génie de l'Eau**

**Thème :**

**Suivi de réalisation d'un forage d'eau dans la région de  
Khemis Miliana (W.AinDefla) et dimensionnement de la conduite  
de refoulement**

**Réalisé par :**

-Melle.CHAHMA Aya

**Encadré par :**

- M.DAHMANI Saad

MCB/Institutde Technologie

-M.HACENE Loutfi

ingénieure d'état/ DRE AIN DEFLA

**Examiné par :**

- M.YAHIAOUIAbdelhalim

MCA/Institutde Technologie

**Année universitaire : 2021/2022**



## *Remerciement*

*Je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.*

*Je remercie s'adresse à Mr DAHMANNI Saad pour son aide pratique et son soutien moral et ses encouragements.*

*Je remercie s'adresse également a tout nos professeurs de l'institut de technologie de Bouira pour leur générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve*

*Mes s'insère gratitude à Mr HACANE Lotfi pour la qualit2 de son conseils*

*A tous ces intervenants, je présent mes remercîments, mon respect et ma gratitude.*





## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance en témoignage de ma profonde affection à :*

- *Ma chère mère qui ma protégé pendant toute ma vie.*
- *Mon père qui ma tant aidé et encourager et conseillé pendant mes plus moments et qi ma guidé vers le droit chemin.*
- *Mon grand père paix a son aime.*
- *Ma grand mère mon modèle à suivre qui m4a entouré d'amour et de tendresse et ma appris la patience et le défi.*
- *Mes frères Moussa et Islam abd el Djalil.*
- *Mes sœurs Hanane ,Ahlem et ma princesse Rihab.*
- *Mon fiancé Mohamed el amine.*
- *Mon oncle Benkhaira.*
- *grand dédicace a ma sœur Ikram FEKIR*

*je dédie aussi ce travail à la famille CHAHMA et la famille BOUDANI .*



## ملخص:

تحتوي منطقة سهل شلف الأعلى على مصدر هام للمياه الجوفية التي تزود جميع سكان تجمعات مدينة خميس مليانة من خلال المساهمة في تلبية احتياجات الري والصناعة كذلك أن قلة هطول الأمطار التي لوحظت في السنوات الأخيرة ونظرا لانخفاض احتياطات المياه السطحية المخزنة فان استخدام المياه الجوفية أمر ضروري لهذا السبب أطلقت جهة الوارد المائية لولاية عين الدفلى تنفيذ حفر بئر لتزويد قرية ببيرو أولاد خليفة بمدينة خميس مليانة من اجل تلبية احتياجات السكان من مياه الشرب هذا التقرير هو نتيجة الإشراف على إنشاء هذا البئر

### كلمات مفتاحية

بئر . سهل شلف الأعلى . مصفاة . مضخة

### Résumé :

La région du Haut Chellif renferme une importante ressource en eau souterraine qui alimente l'ensemble de la population des agglomérations de la ville de Khemis Miliana en contribuant à la satisfaction des besoins de l'irrigation et de l'industrie aussi. La faible pluviométrie constatée ces dernières années et vu la baisse des réserves d'eau superficielle stockées, le recours aux eaux souterraines s'avère indispensable. Pour cette raison, la direction de ressources en eau de la wilaya d'Ain Defla a lancé la réalisation d'un forage d'eau pour alimenté le village de BirOuledKhelifa à la commune de Khemis Miliana, dans le but de satisfaire les besoins en eau potable de la population. Le présent rapport est le résultat de supervision de la réalisation de ce forage d'eau.

### Mots-clés :

Forage , la plaine Haut Chellif , crépine, pompe

### Abstract :

The region of HautChellif contains a important underground water source which supplies the whole population of the agglomerations of the city of KhemisMiliana by contributing to the satisfaction of the needs irrigation and industry as well

The low rainfall oseved surface water reserves , the use of groundwater is essential. For this reason , the direction of water resources of the wilaya of AinDefla launched the realization of awater drilling to supply the village of BirOuledKhelifa in the commune of KhemisMiliana, in order to meet the needs drinking water for the population. This report is the result of supervision of the construction of this water well .

### Key-words :

Well , Haut Chellif , strainer , pompe



## Liste des tableaux

Tableau 1 :Les valeurs moyennes mensuelles des précipitation période 2015-2021 (2).....	6
Tableau 2: Les températures moyennes mensuelles (2) .....	6
Tableau 3: Les différents caractéristiques des formations aquifères (6).....	9
Tableau 4: Les outils utilisés .....	16
Tableau 5: Programme d'équipement tubulaire.....	40
Tableau 6: Les données de la conduite de refoulement .....	50
Tableau 7: Les résultats de dimensionnement de la conduite de refoulement .....	51
Tableau 8: Les caractéristiques de la pompe choisie.....	53

## Liste des figures

Figure 1 :Organigramme de la DRE .....	3
Figure 2 :Carte géologique de la zone d'étude.....	4
Figure 3:Carte géologique de la wilaya d'ain defla .....	5
Figure 4 :L'histogramme de précipitation moyenne manuelles .....	6
Figure 5: Les températures moyenne mensuelles.....	6
Figure 6 :carte géologique simplifiée d'après 1:5:0 de miliane.....	7
Figure 7: Log litho stratigraphique de la région du Haut Chellif (4).....	8
Figure 8: Carte hydrogéologique du Haut – Chellif (7).....	10
Figure 9: Systèmes de forage rotary .....	14
Figure 10: La tige carrée .....	15
Figure 11: L'outil de forage ( le trépan ) .....	16
Figure 12: La pompe a boue utilisée dans la réalisation de forage .....	17
Figure 13: Le mat .....	18
Figure 14: Le treuil de forage.....	18
Figure 15: le câble de forage .....	19
Figure 16: Le moufle fixe .....	19
Figure 17: Le moufle mobile.....	20
Figure 18: Dispositif schématique d'un atelier de forage rotary (3).....	21
Figure 19: Description d'un appareil de forage rotary .....	22
Figure 20: Schéma descriptive de l'organisation du chantier .....	23
Figure 21: Préparation de la boue de forage .....	24
Figure 22: Bentonite de forage .....	25
Figure 23: Cuttings (débris échantillons ) de forage Bir Ouled Khelifa.....	27
Figure 24: Une petite partie de diagraphie du forage de projet.....	28
Figure 25: L'installation des tubages .....	38
Figure 26: Tube crépine .....	39
Figure 27: Mise en place du tubage ( peins et crépines ).....	40
Figure 28: Mise en place de massif filtrant.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figure 29:Développement a l'air lift .....	43
Figure 30: Les courbes caractéristiques de la pompe choisie .....	52

## Contenu

<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>5</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>6</b>
<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 1 Présentation de la zone d'étude .....</b>	<b>2</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Direction des ressources en eau (DRE).....</b>	<b>3</b>
1.1. Les services de la DRE.....	3
1.2. Missions de la DRE.....	3
1.3. Organigramme de DRE .....	3
<b>2. Présentation de la zone d'étude.....</b>	<b>4</b>
2.1. Secteur géographique .....	4
2.2. Réseau hydrographique .....	5
2.3. Hydro climatologie.....	5
2.3.1. La pluviométrie.....	5
2.3.2. La température .....	6
2.4. Cadre géologique .....	7
2.5. Contexte hydrogéologique.....	7
2.5.1. Lithologie du haut Chelif .....	7
2.5.2. Hydrogéologie du système aquifère.....	9
2.6. Contexte géophysique .....	10
<b>Conclusion.....</b>	<b>10</b>
<b>Chapitre 02.....</b>	<b>12</b>
<b>Suivi de la réalisation d'un forage.....</b>	<b>12</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>13</b>
1. Organisation du chantier du forage .....	13

2.	Objectif du forage.....	13
3.	Choix de la méthode de réalisation.....	13
3.1.	La technique rotary .....	13
4.	Les systèmes de la réalisation du forage.....	14
4.1.	Système de rotation .....	14
4.2.	System de circulation.....	16
4.3.	Le système de levage .....	17
5.	Exécution du forage.....	20
5.1.	Déroulement des travaux de fonçage.....	20
5.2.	Principe du forage au rotary.....	21
5.3.	Description sommaire d'un appareil de forage .....	22
6.	Préparation du chantier .....	23
7.	La préparation des fosses à boue .....	23
7.1.	Dimensionnement des fosses .....	24
7.2.	Préparation de la boue de forage .....	24
7.3.	Caractéristiques de la boue utilisée .....	25
7.4.	Phase de creusement de l'avant puits .....	25
7.5.	Forage de reconnaissance .....	26
7.6.	Prélèvement Des échantillons .....	26
7.7.	Enregistrement et interprétation des diagraphies .....	27
7.8.	Alésage et réalésage.....	28
	<b>Conclusion.....</b>	<b>28</b>
	<b>Chapitre03.....</b>	<b>29</b>
	<b>La description de l'équipement essentiel d'un forage hydraulique .....</b>	<b>29</b>
	<b>Introduction.....</b>	<b>37</b>
1.	Tubages .....	37
2.	Mise en place du tubage.....	37

3.	Equipements de la colonne de captage .....	38
3.1.	La crépine.....	38
4.	Le massif filtrant (gravier additionnel) .....	41
5.	La cimentation.....	42
6.	Le développement.....	42
7.	Les essais de pompage .....	44
	<b>Conclusion.....</b>	<b>45</b>
	<b>Chapitre04.....</b>	<b>46</b>
	<b>Dimensionnement de la conduite de refoulement et choix de pompe.....</b>	<b>46</b>
	<b>Introduction.....</b>	<b>47</b>
1.	La pompe immergée .....	47
2.	Avantages et inconvénients des pompes .....	47
3.	Domaines d'applications.....	47
4.	Principe théorique de choix de pompe .....	48
4.1.	Méthodologie de dimensionnement de pompe : .....	48
4.2.	Choix des matériaux de la conduite de refoulement :.....	48
4.3.	Avantages des conduites PEHD :.....	48
5.	Calcul du diamètre économique .....	48
6.	Calcul de vitesse découlement .....	48
7.	Calcul de la hauteur manométrique totale (HMT) .....	49
8.	Calcul des pertes de charge :.....	49
8.1.	Pertes de charges linéaires .....	49
8.2.	Les pertes de charges singulières .....	50
9.	Choix de la pompe.....	51
	<b>Conclusion.....</b>	<b>54</b>
	<b>Conclusion générale .....</b>	<b>56</b>

<b>Références Bibliographiques .....</b>	<b>59</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>61</b>

# Introduction

## **Introduction générale**

Il ne fait aucun doute que l'eau est l'élément essentiel pour la durabilité des organismes vivants, et la vie sans elle est impossible.

L'eau équivaut à la vie sous toutes ses formes. Elle est considérée comme un élément important dans le domaine du développement social et économique.

Les forages d'eau est un capital important et plus chers peuvent résister à beaucoup de catastrophes, d'origine naturelle ou humaines, réalisé pour destiner à l'extraction de l'eau potable d'une qualité satisfaisante à la population.

Dans les territoires dépourvus d'eau superficielle, notamment au sud du pays, les besoins en eau pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation des terres agricoles ne se font qu'en exploitant la nappe d'eau souterraines, le forage d'eau consiste le seul moyen d'accès direct à la nappe d'eau souterraine qui peut être présent la où le besoin d'extraire de l'eau en Algérie.

Ce présent travail concerne la commune de Khemis Miliana (W. Ain Defla) de la plaine de haut Chelif, la wilaya d'Ain Defla qui souffre depuis ces dernières années d'un déficit d'eau potable dû à la croissance démographique.

Ce travail est structuré en quatre chapitres:

Le premier chapitre porte sur la présentation de la zone d'étude du forage cas d'étude, qui se situe dans la plaine du Haut Chelif à savoir les principales conditions climatiques et hydrologique, cadre géologique, hydrogéologique et géophysique pour déterminer la zone favorable à l'implantation du ce forage, aussi une présentation de la direction des ressources en eau de la wilaya d'Ain Defla.

Le deuxième chapitre porte sur le suivi de la réalisation du forage, étape par étape avec une explication riche.

Le troisième chapitre concerne les équipements tubulaires (pleins et crépines), développement du forage, la cimentation et à la fin de ce chapitre le pompage de l'eau depuis ce forage est entamé aussi.

Le quatrième et le dernier chapitre c'est le chapitre de dimensionnement de la conduite de refoulement et choix de pompe.

# Chapitre 1

Présentation de la

zone d'étude

**Introduction**

Dans ce chapitre on va présenter l'entreprise qui a supervisé ce travail de réalisation du forage, et aussi on va présenter une synthèse géographique, climatique, hydrogéologique et géophysique de la plaine de Khemis Miliana circonscrite dans la plaine du Haut Chelif.

**1. Direction des ressources en eau (DRE)**

C'est une institution gouvernementale qui vise à gérer et rationaliser l'utilisation des ressources en eau dans la willaya.

**1.1. Les services de la DRE**

- Service d'alimentation en eau potable ;
- Service d'assainissement ;
- Service hydraulique agricole ;
- Service de l'administration des moyens ;
- Service de mobilisation de ressource en eau.

**1.2. Missions de la DRE**

- Elaboration de la politique de l'eau et l'application de cette politique pour le compte de l'État.
- La préparation et du contrôle de la politique du ministère en matière de l'eau potable, d'assainissement et de drainage des eaux pluviales.

**1.3. Organigramme de DRE**

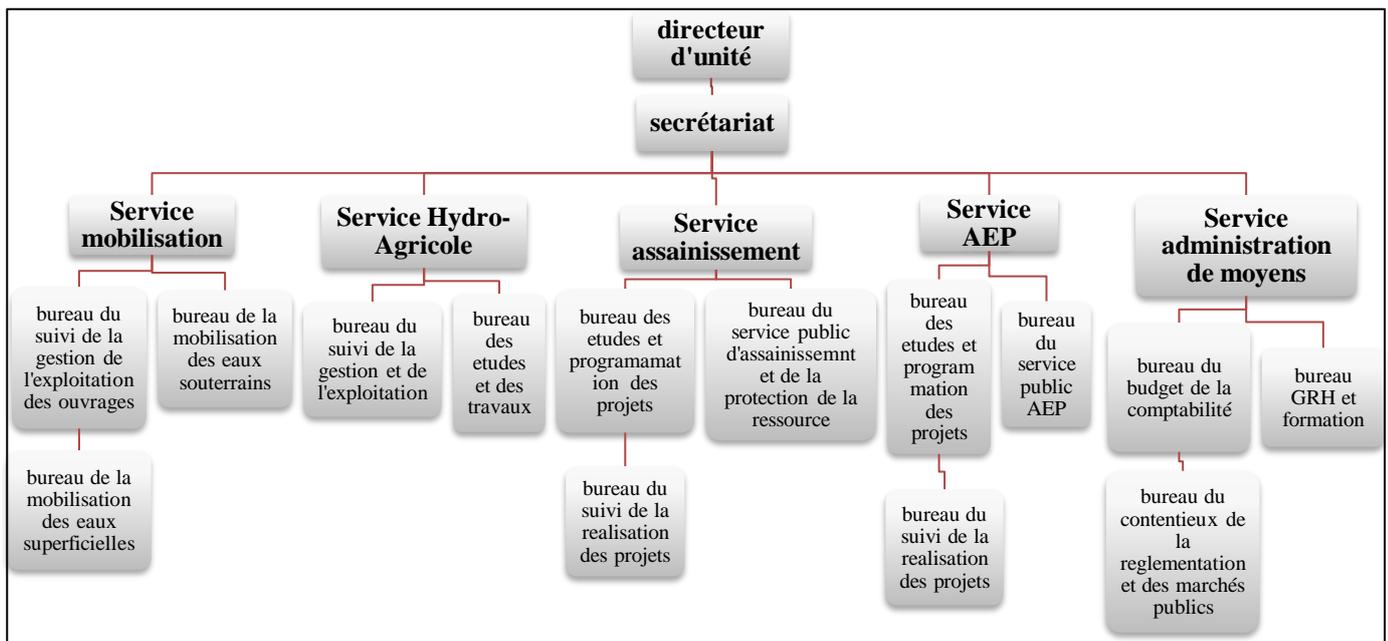


Figure 1 : Organigramme de la DRE

2. Présentation de la zone d'étude

2.1. Secteur géographique

La zone d'étude du forage BirOuledKhelifa de Khemis Miliana, la wilaya d'Ain deffla est située à la plaine de Haut Chelif, distance de 120Km a sud ouest de la capitale Alger. La plaine est comprise géographiquement entre les coordonnées 36°12' et 36°17' de latitude Nord et 2°12' et 2°17' de longitude. Elle est limitée au nord par le massif du mont Zaccar, contrefort des monts du Dahra, au sud par le massif de l'Ouarsenis, à l'est par le Djebel Gontas et à l'ouest par le Djebel Doui qui le sépare de la plaine d'El Abadia et elle est couvre une superficie de 360Km<sup>2</sup> (ATTAFI, 2018)

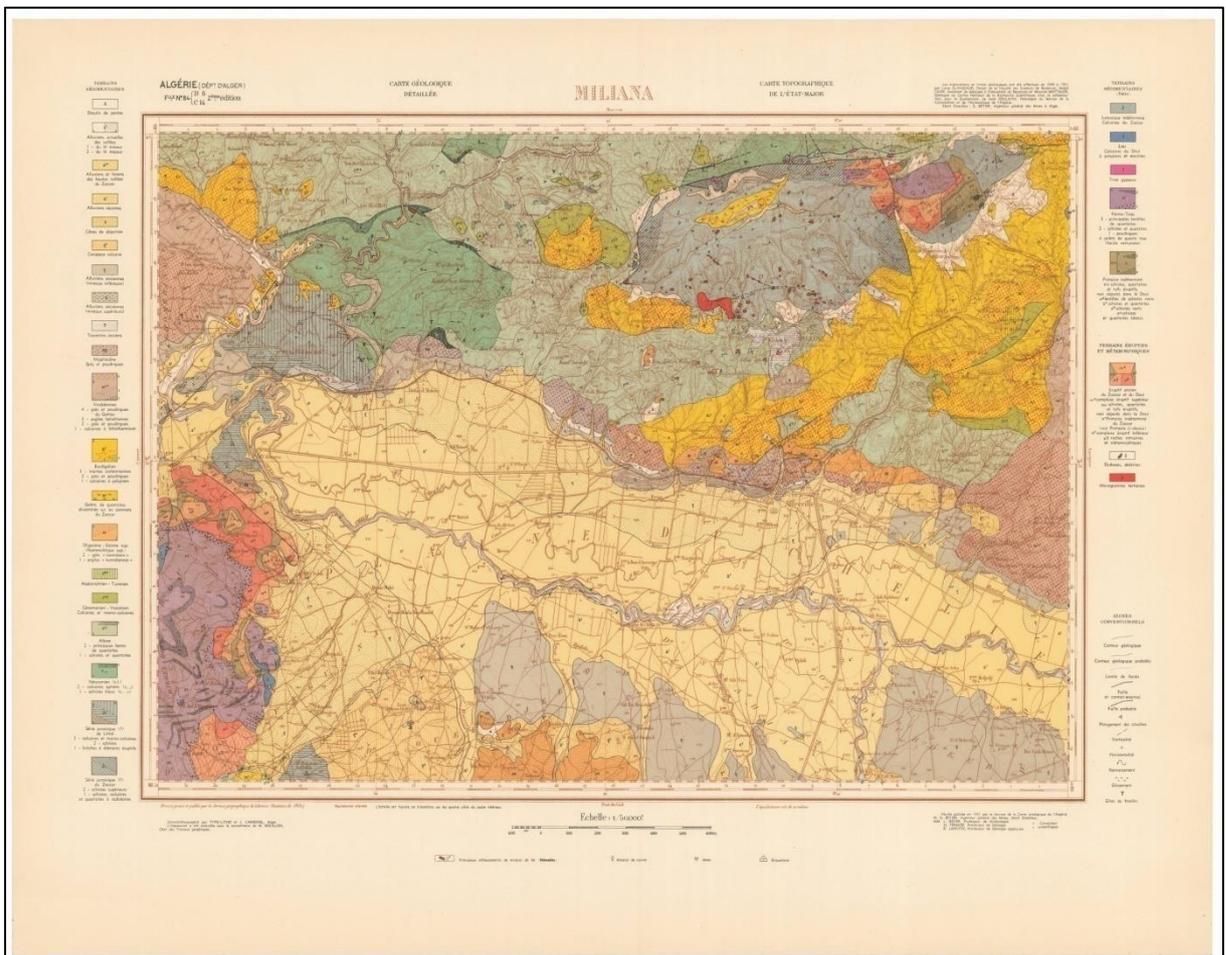


Figure 2: Cartegéologique de la zone d'étude

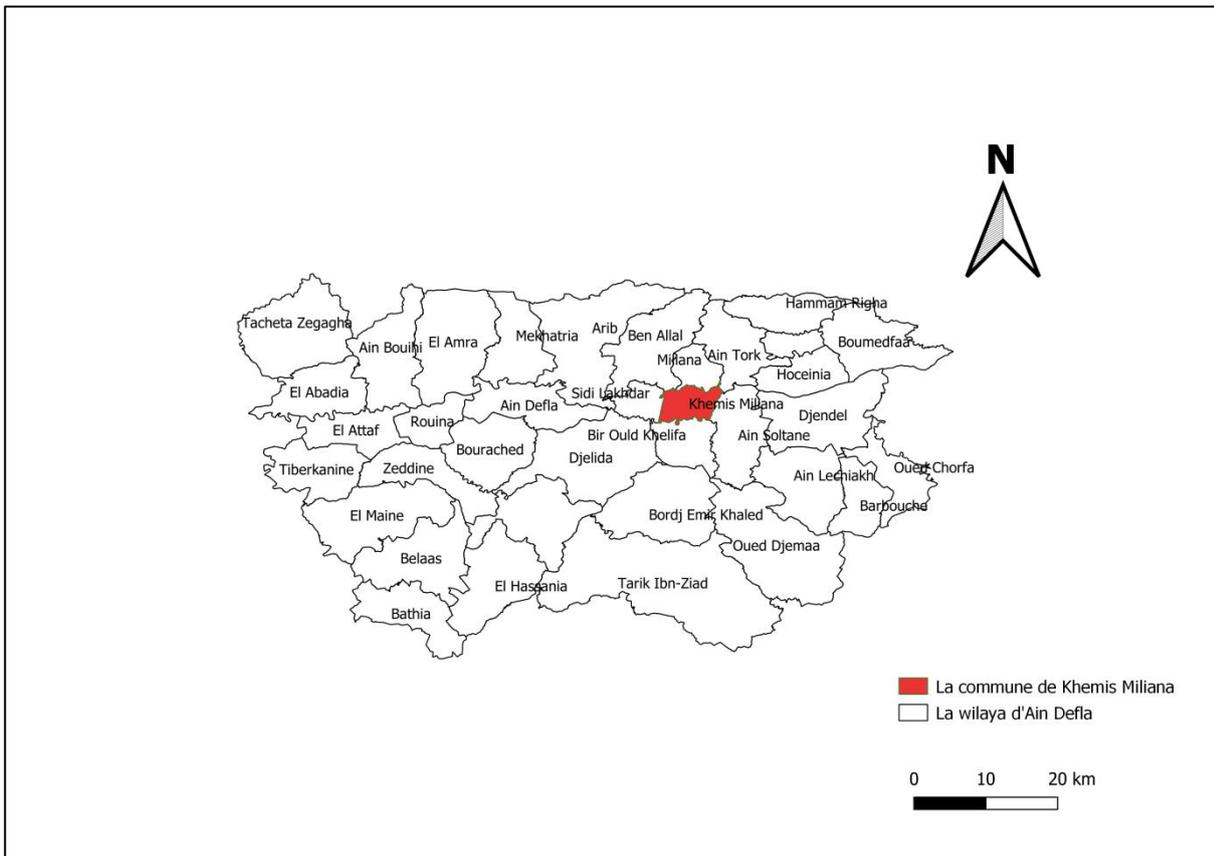


Figure 3: Carte géologique de la wilaya d'Ain Defla

## 2.2. Réseau hydrographique

L'oued de Chelif est alimenté surtout par les précipitations. Les affluents d'oued Chelif sont :

- Oued Souffay,
- Oued Boutane,
- Oued Deurdeur,
- Oued Harraza.

## 2.3. Hydro climatologie

La plaine du Haut Chelif est caractérisée par un climat semi-aride. Elle est de type méditerranéen avec des étés chauds et secs (ATTAFI, 2018) .

### 2.3.1. La pluviométrie

La région d'étude située à Khemis Miliana est caractérisée par une pluviométrie très variable, les valeurs moyennes des précipitations mensuelles et annuelles de la période 2015-2021 pour les postes pluviométriques du Haut Chelif sont données dans le tableau et la figure ci-dessous :

Tableau 1 : Les valeurs moyennes mensuelles des précipitation période 2015-2021

Mois	sep	octo	nov	déc	janv	févr	mars	avril	mai	juin	Juil	Août	Annl
P(mm)	44	45	77	33	26	13	28	26	38	0	1	15	424

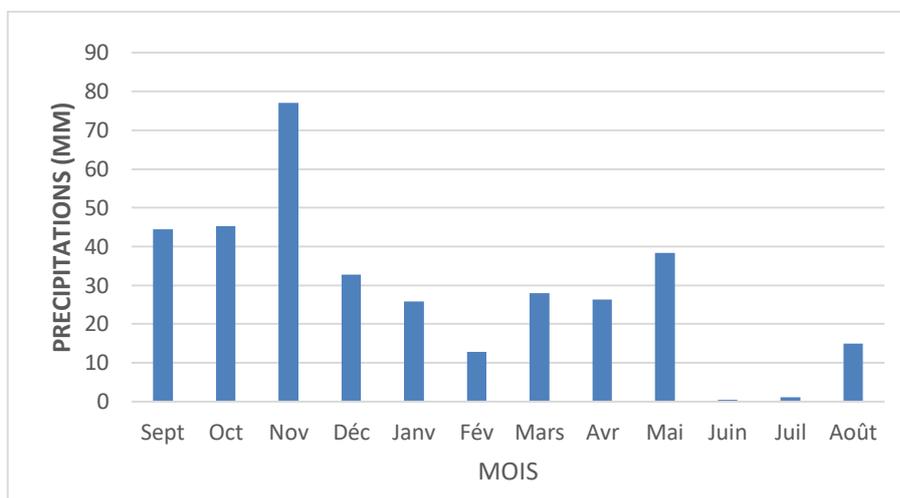


Figure 4 : l'histogramme de précipitations moyennes manuelles

2.3.2. La température

La température est le deuxième facteur important dans l'étude climatique. Les températures moyennes mensuelles sont présentées dans le tableau et la figure suivants :

Tableau 2: les températures moyennes mensuelles

Mois	janv	fév	mars	avril	mai	Juin	juil	Aout	sept	octo	novm	Déc m	moyenne
T moy (c°)	8.9	9.8	12.6	16	20.5	26.0	30.6	30.3	25.9	20.4	13.7	9.9	18.7

(Relevées par ANRH)

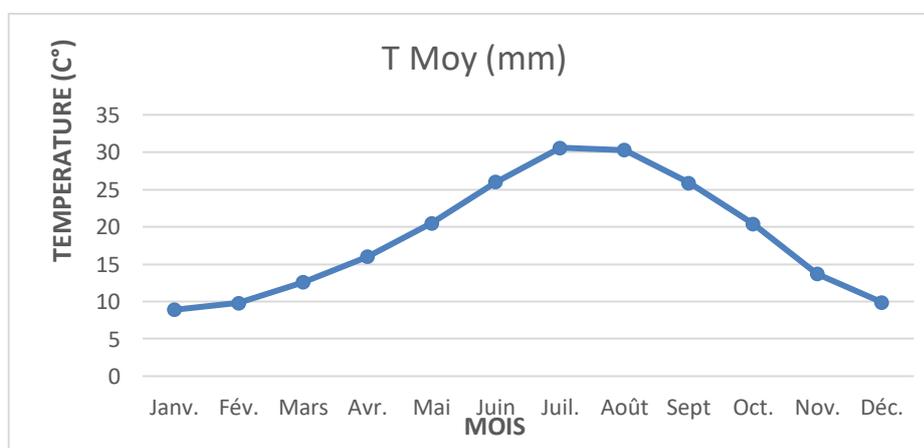


Figure 5: Les températures moyennes mensuelles

2.4. Cadre géologique

Après cette étude géologique nous concluons que la plaine du Haut Chelif est séparée par un seuil dont l'axe passe à côté d'Oued Souffay dans la partie sud-est, à cause de substratum crétacé ce qui signifie l'avancement des terrains crétacés vers le centre de la plaine. D'un autre côté, à l'ouest de l'Oued Deurdeur, le comportement Est appartient au bassin miocène de Médéa.

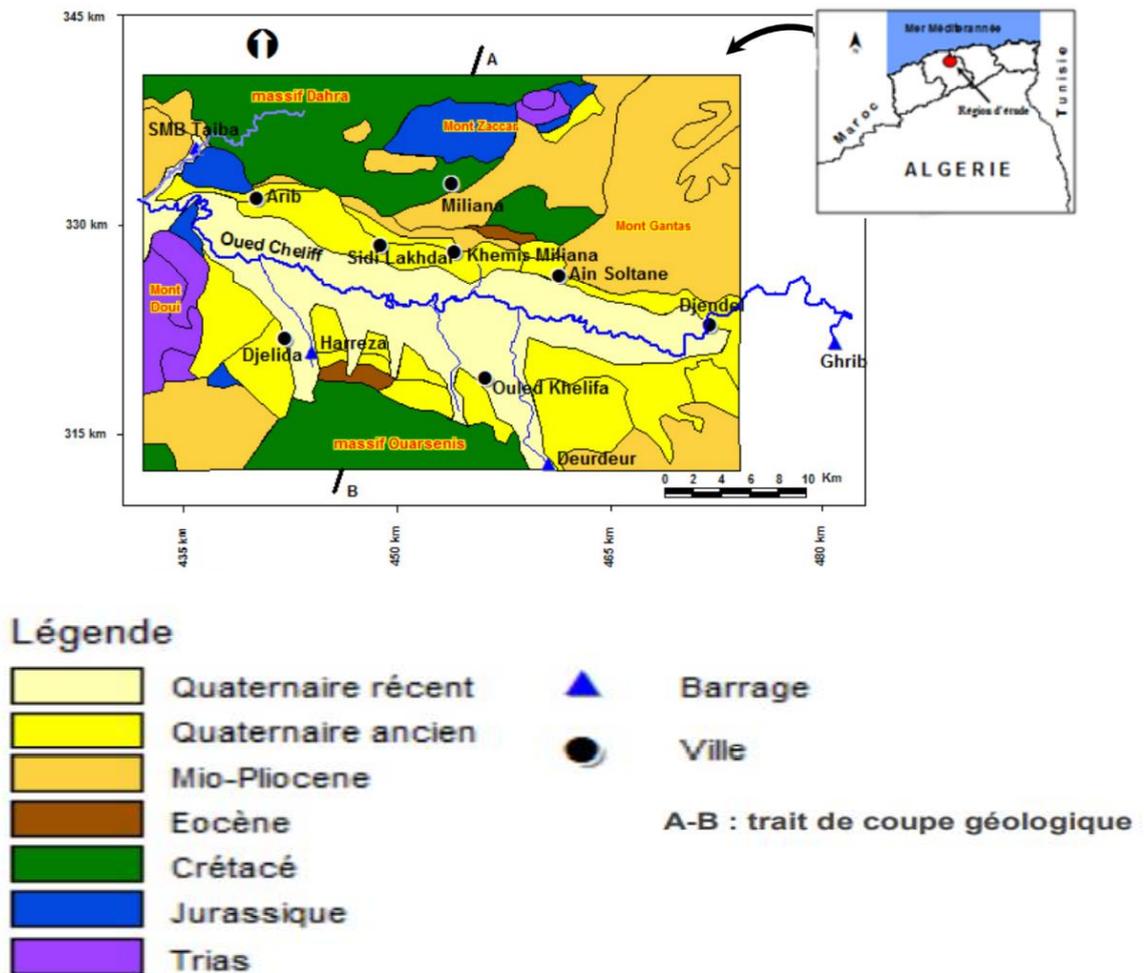


Figure 6: Carte géologique simplifiée d'après 1:5:0 de Miliana

2.5. Contexte hydrogéologique

2.5.1. Lithologie du haut Chelif

Cette figure présente la lithologie du haut Chelif :

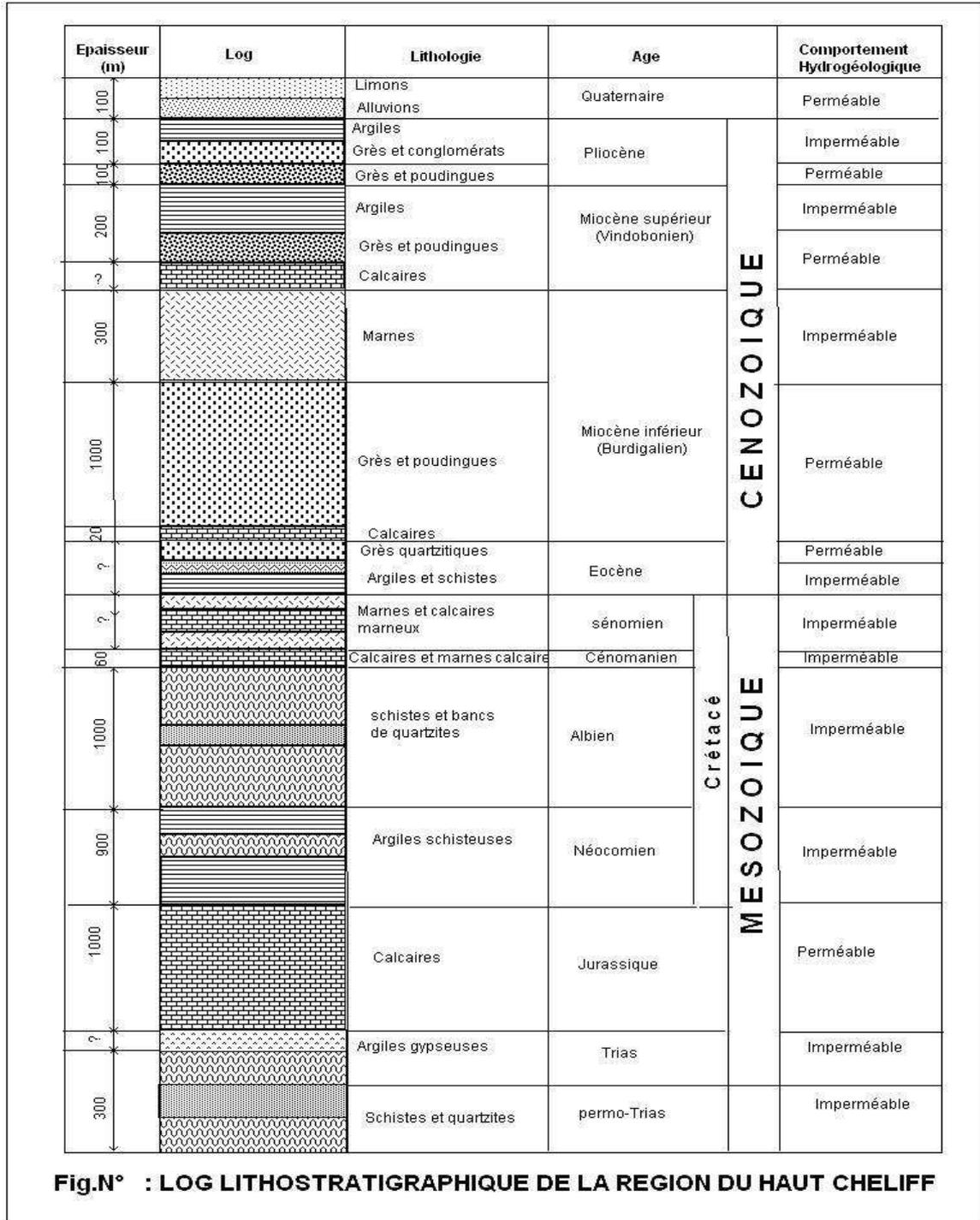


Figure 7: Log litho stratigraphique de la région du Haut Chellif(Walid, et al., 2022)

**2.5.2. Hydrogéologie du système aquifère**

Les aquifères importants du Haut Chelif, sont au nombre de trois, et sont plus ou moins indépendants (DRE Ain Defla, 2021).

- **Les alluvions quaternaires**

La nappe alluvionnaire constitue le plus important aquifère ; elle est caractérisée essentiellement par des alluvions grossières et galets au centre de la vallée avec une épaisseur de 50 et 145m, une couche d'argile et de limon recouvre les alluvions grossières au Sud-Ouest avec une épaisseur de 7 et 20m. Cette nappe alluvionnaire est disposée sur un substratum d'argile parfois graveleux ou de marnes (DRE Ain Defla, 2021) .

- **Les grès moi-pliocènes**

Ils sont observés à l'Est de la plaine sur Djebel Gantas, les grès pliocènes peuvent atteindre 200m d'épaisseur au Nord, en rive gauche ils sont inexistantes puisque les alluvions quaternaires sont discordantes sur le Miocène marneux (DRE Ain Defla, 2021)

- **Les calcaires jurassiques**

Les calcaires jurassiques constituent un important réservoir qui se particularise par la présence des fissures représentatives d'un milieu approprié pour le stockage de l'eau souterraine. Toutefois, la densité de répartition mal connue de ses fissures pose d'énormes problèmes pour l'implantation des puits. Au massif de Zaccar, les calcaires n'affleurent que dans les parties élevées, on les rencontre au-dessous de la côte 750m (DRE Ain Defla, 2021).

Nous signalons que les deux aquifères (alluvions quaternaires et gés miocènes) sont séparés par un niveau imperméable.

**Tableau 3: Les différents caractéristiques des formations aquifères (DRE)**

Formations	Age	Épaisseur maximale (m)	Types de nappes	Types de porosité	Intervalle de perméabilité (m /s)
Limons	Quaternaire	6 – 20	Semi captive	Interstices et Chenaux	-
Alluvions grossières	Quaternaire	150	Semi captive (parfois libre)	Interstices et Chenaux	(8 à 10).10 <sup>-4</sup>
Grès et poudingues	Moi-Pliocène Quaternaire	100-200	Captive	Interstices	(3 à 5).10 <sup>-5</sup>
Calcaires fracturés et karstifiés	Jurassique	400 -700	Semi captive	Fractures	(10 à 12).10 <sup>-4</sup>

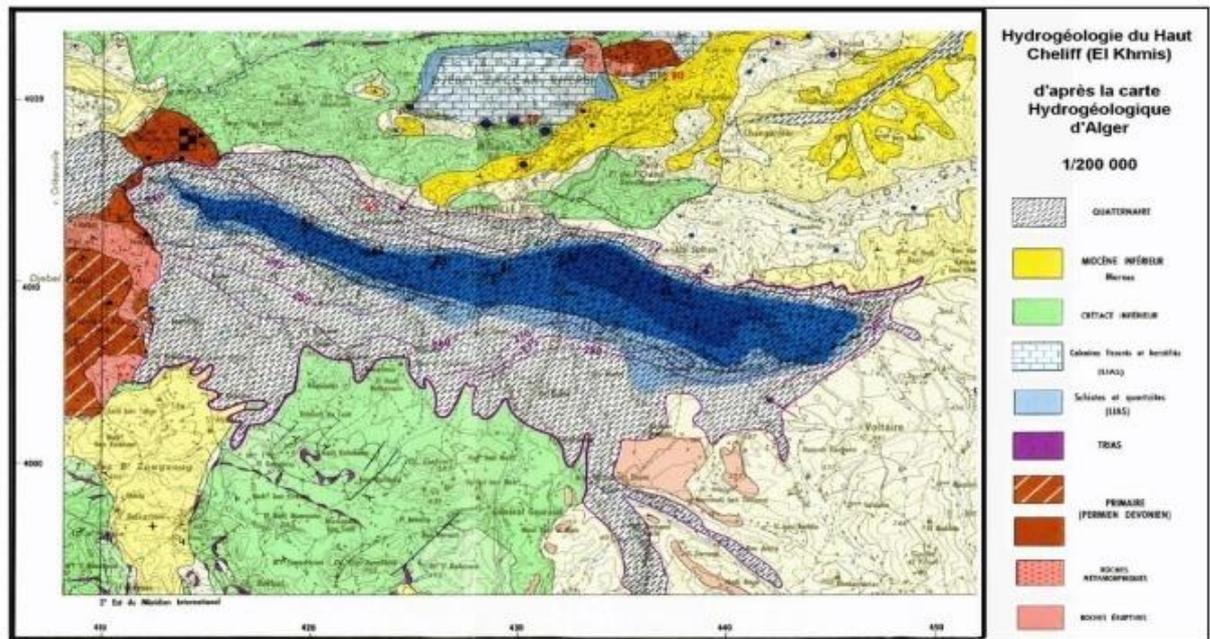


Figure 8: Carte hydrogéologique du Haut – Chellif(SAHRAOUI, 2015)

## 2.6. Contexte géophysique

Une prospection géophysique par la méthode électrique a été réalisée au niveau de secteur d'étude, il s'agit de déterminer l'extension verticale et latérale des formations aquifères. Un sondage électrique vertical a été réalisé, pour une longueur d'émission de courant  $AB=800\text{m}$  pour atteindre une profondeur d'investigation théorique moyenne de  $160\text{m}$ . Ce sondage de type Schlumberger, nous a permis de voir l'évolution de la résistivité apparente des terrains traversés en fonction de la profondeur.

Le sondage montre une formation conductrice d'argiles quaternaires en surface de résistivité de  $16\Omega.m$  et d'épaisseur  $9\text{ m}$ , suivie d'une formation moyennement résistante des alluvions grossières (galets, graviers, sables avec passages argileux) de résistivité  $83\Omega.m$ .

## Conclusion

A la fin de ce chapitre, on conclut la productivité de la zone d'étude et toutes les conclusions hydrogéologiques permettent de réaliser un forage qui peut être caractérisé par un bon débit.

La région du Haut Chellif est caractérisée par un climat semi-aride, avec un hiver froid et pluvieux et un été chaud et sec.

- La profondeur de forage sera  $180\text{ m}$ .
- Le forage aura capté l'aquifère quaternaire et l'aquifère pliocène.



# Chapitre 02

## Suivi de la réalisation d'un forage

## Introduction

Dans cette étude, la technique Rotary a été utilisée pour la réalisation du forage grâce à ses avantages qui adaptent à la zone d'étude Khemis Miliana, la plaine du Haut chellif. Pour plus d'explication on a préparé ce chapitre qui mentionne les étapes de réalisation de ce forage hydraulique.

### 1. Organisation du chantier du forage

Le chantier c'est l'endroit où le forage sera foré et il consiste de:

- Le périmètre de sécurité d'un, rayon de 30 m par rapport de l'axe de forage.
- L'installation de appareil de forage sur une plate-forme de béton.
- La pompe à boue s'installe entre le bac à boue et l'appareil de forage.
- Espace de stockage les produits chimiques (bentonite et ciment, ... ect).
- Bourbier de débile cuttings et un réservoir d'eau.
- Un espace de stockage de matériels lourds (compresseur, tige de forage).
- Un bureau de géologue de chantier.

### 2. Objectif du forage

Le forage est destiné à l'alimentation en eau potable (AEP) de l'agglomération de la cité BirOuledKhelifa de la commune de Khemis Miliana, wilaya d'Ain Defla et caractérisée par une nappe captive et la de réalisation de ce forage est en cours avec une profondeur totale du forage égale à 180m.

### 3. Choix de la méthode de réalisation

Dans la réalisation des forages on utilise plusieurs méthodes et parmi ces méthodes : battage, rotary, marteau fond de trou (MFT), rage par havage,..)(BOUTOBBA, 2019)

La technique utilisée dans le cas d'étude est le rotary à la boue benthonique.

#### 3.1. La technique rotary

Depuis les années 1920, les roumaines ont utilisé la technique rotary grâce à ses avantages. Elle est utilisée beaucoup plus et spécialement dans les terrains sédimentaires non consolidés pour les machines légères, mais les machines puissantes de rotary peuvent travailler dans les terrains durs (pétroliers).

### 3.1.1. Les avantages du forage au rotary

- La méthode de forage la plus rapide et la plus économique.
- Exécution des forages de grands diamètres rapidement.
- Absence de tubages pendant la forge.

### 3.1.2. Les inconvénients du forage au rotary

- Une grande consommation des eaux.
- Possibilité de colmatage des aquifères par utilisation de certaines boues (la bentonite).

## 4. Les systèmes de la réalisation du forage

Le forage au rotary se compose de 3 systèmes majeurs (AHMADOUCHE, Samir; BEN HAMMOU, Idriss, 2021)

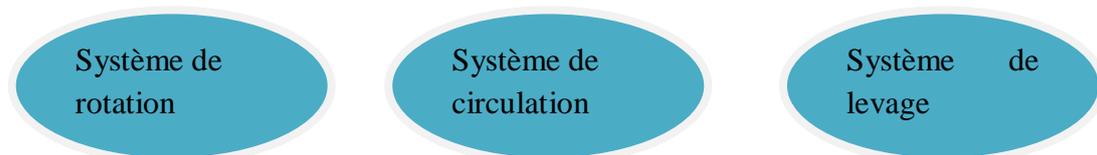


Figure 9: Systèmes de forage rotary

### 4.1. Système de rotation

Il se compose de :

- La table de rotation

La table de rotation fait tourner l'outil de forage (trépan), (DRE Ain Defla)

- La tige carrée

C'est une tige installée entre la tête d'injection et les tiges de forage. Souvent, la longueur de la tige carrée est de 6m à 9m (Figure 10). Dans le cas du forage BirOuledKhelifa, les tiges utilisées sont de 6m de longueur.



**Figure 10: La tige carrée**

- Les tiges

Elles assurent :

- La transmission du mouvement de rotation,
- Le passage du fluide d'injection.

- Les masses tiges

Une masse tige se compose de 03 pièces assemblées par soudure, les masses tiges ont comme rôle :

- Eviter le maximum de compression pendant le forage,
- Mettre du poids sur l'outil et aussi pour bien guidée l'outil (tripan)(DRE Ain Defla)

**L'outil de forage**

Le trépan est entraîné dans son mouvement de rotation au fond de trou par une colonne des tiges creuses vissées les unes aux autres (Figure 11).



**Figure 11: L'outil de forage ( le trépan )**

**Tableau 4: les outils utilisés**

Les phases	Longueurs	Diamètres
Entre 0 et 10m	1m	24"
Entre 10 et 180m	1m	17"

#### **4.2. System de circulation**

##### **- La tête d'injection**

La tête d'injection joue le rôle de :

- Supporte le poids de la garniture.
- Animée d'un mouvement de rotation, et permette la circulation de la boue jusqu'un l'outil.(LIMAN, Samir; BEN HAMMOUDA, Idriss, 2018)

##### **- La pompe à boue**

Elle sert à pomper la boue, (Bentonite mélangée avec de l'eau) des bassins de décantation vers le forage.



**Figure 12: La pompe a boue utilisée dans la réalisation de forage**

La pompe à boue se compose de deux parties:

1. Partie mécanique pour l'entraînement.
2. Partie hydraulique en contact avec la boue.

- **Caractéristiques d'une pompe :**

- Débit pompé,
- Pression maximale de service (hauteur manométrique totale, HMT),
- Puissance.

#### ***4.3. Le système de levage***

- **Le mat :**

Le mat c'est une structure métallique de forme pyramidale allongée. Le mat est utilisé sur les appareils terrestres et peut être démontable repliable ou télescopique ( figure 13)



Figure 13: Le mat

- Le treuil de forage :

Le treuil de forage permet le levage des charges à des vitesses différentes.



Figure 14: Le treuil de forage

- Le câble :

Le câble de forage est constitué d'âme métallique sur laquelle on enroule six torons de fil d'acier.

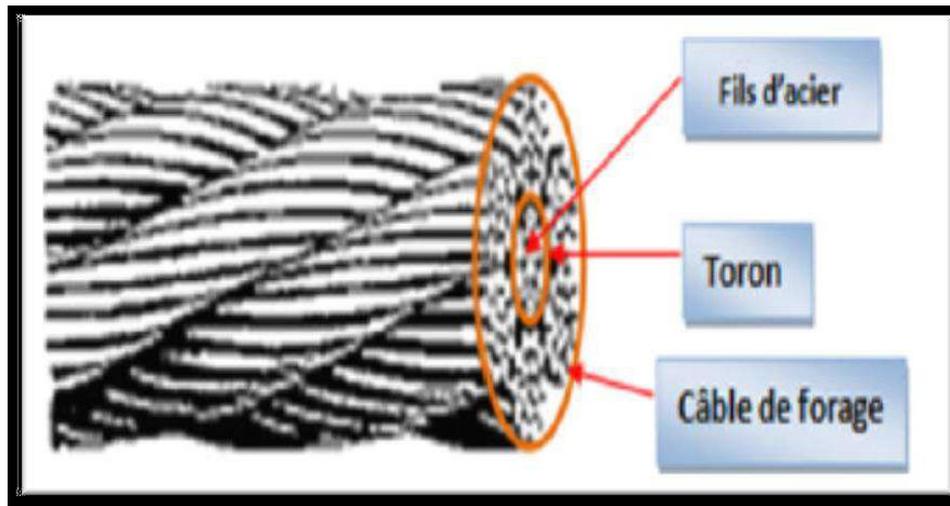


Figure 15: Le câble de forage

- **Le mouflage :**

C'est le moyen de démultiplication le plus répandu et le plus simple pour lever de lourdes charges.

Le mouflage joue le rôle de répartir sur plusieurs brins du câble les charges considérables que le crochet est appelé à supporter.

*Le moufle fixe :*

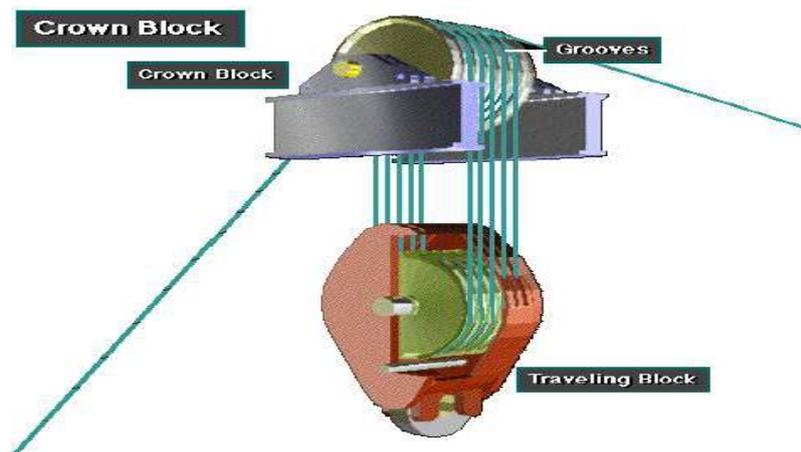


Figure 16: Le moufle fixe

- Le moufle mobile et crochet :

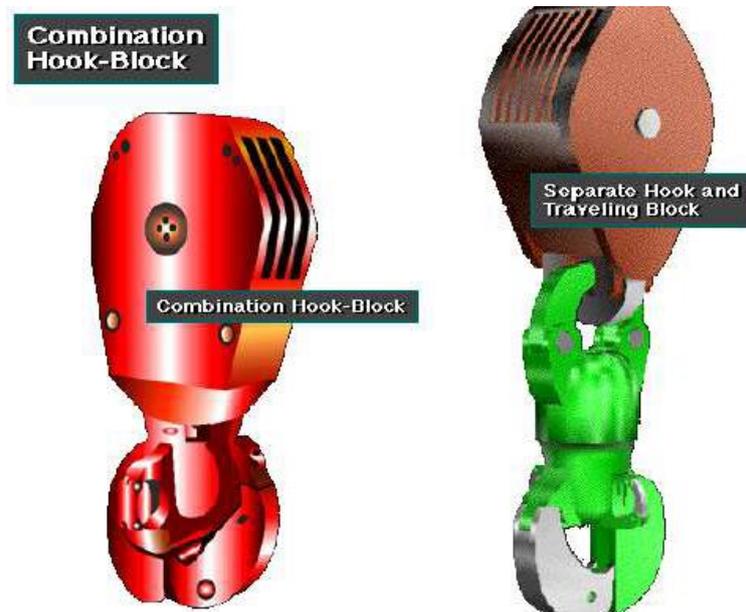


Figure 17: Lemoufle mobile

## 5. Exécution du forage

### 5.1. Déroulement des travaux de fonçage

L'hydrogéologue est le premier intervenant pour la réalisation d'un forage hydraulique. Il doit implanter le forage (choix de site) en se basant sur les paramètres suivants :

- ✓ Etude hydrogéologique de la région,
- ✓ Prospection de la région,
- ✓ Etudes géophysiques.

Ils existent plusieurs méthodes de forage qui peuvent être classées en trois catégories (BOUTOBBA, 2019):

- Forage par mouvement alternatif (battage ou percussion),
- Forage par combinaison des deux mouvements (rotation – percussion),
- Forage par rotation (rotary, Figure 18).

Concernant la méthode utilisée pour la réalisation du forage, c'est la méthode la plus courante: rotary.

Le programme d'excursions de forage est comme suite:

- a- Phase de construction de la plate-forme, des bacs à boue et rigole,
- b- Phase d'installation du chantier,
- c- Phase de creusement de l'avant puits,
- d- Phase de reconnaissance,
- e- Phase d'élargissement,
- f- Phase de tubage,
- g- Phase de cimentation (s'il ya lieu),
- h- Phase de gravillonnage
- i- Phase de développement
- j- Phase des essais de pompages et cimentation gravitaire.

### 5.2. Principe du forage au rotary

C'est la méthode la plus utilisée de nos jours dans le forage d'eau et aussi la plus utilisée en Algérie.

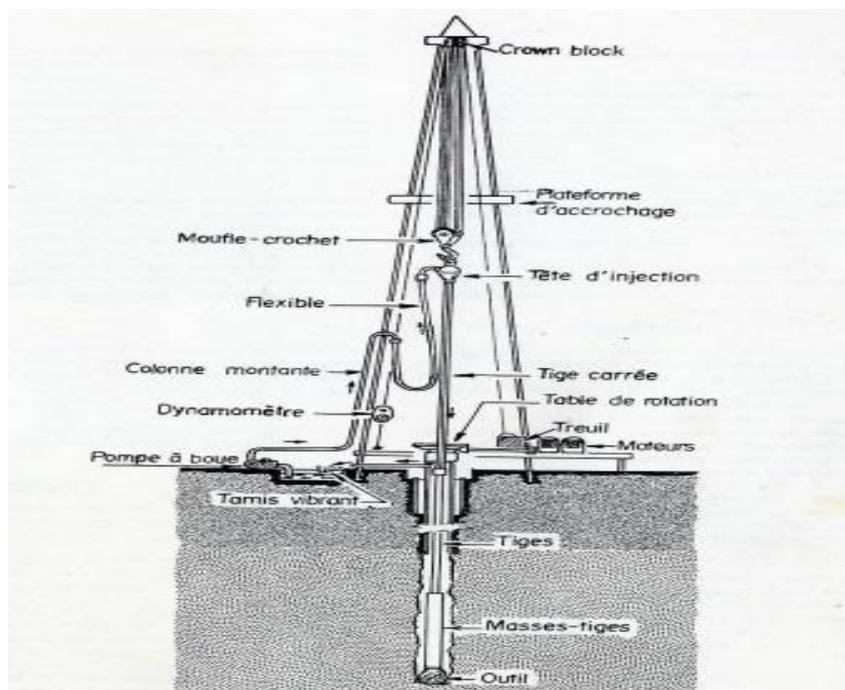


Figure 18: Dispositif schématique d'un atelier de forage rotary (DRE Ain Defla)

5.3. Description sommaire d'un appareil de forage

A-Raccord pour outil de forage ,

B-Raccord (réduction) entre masses tiges et tiges de forage,

C-Raccord d'usure de la tige d'entraînement,

D-Raccord de la tête d'injection,

E-Crochet de levage,

F-Brin actif (Câble).

G-Colonne montante et flexible d'injection,

H- Carré d'entrainement.

I, J, K- Transmissio,

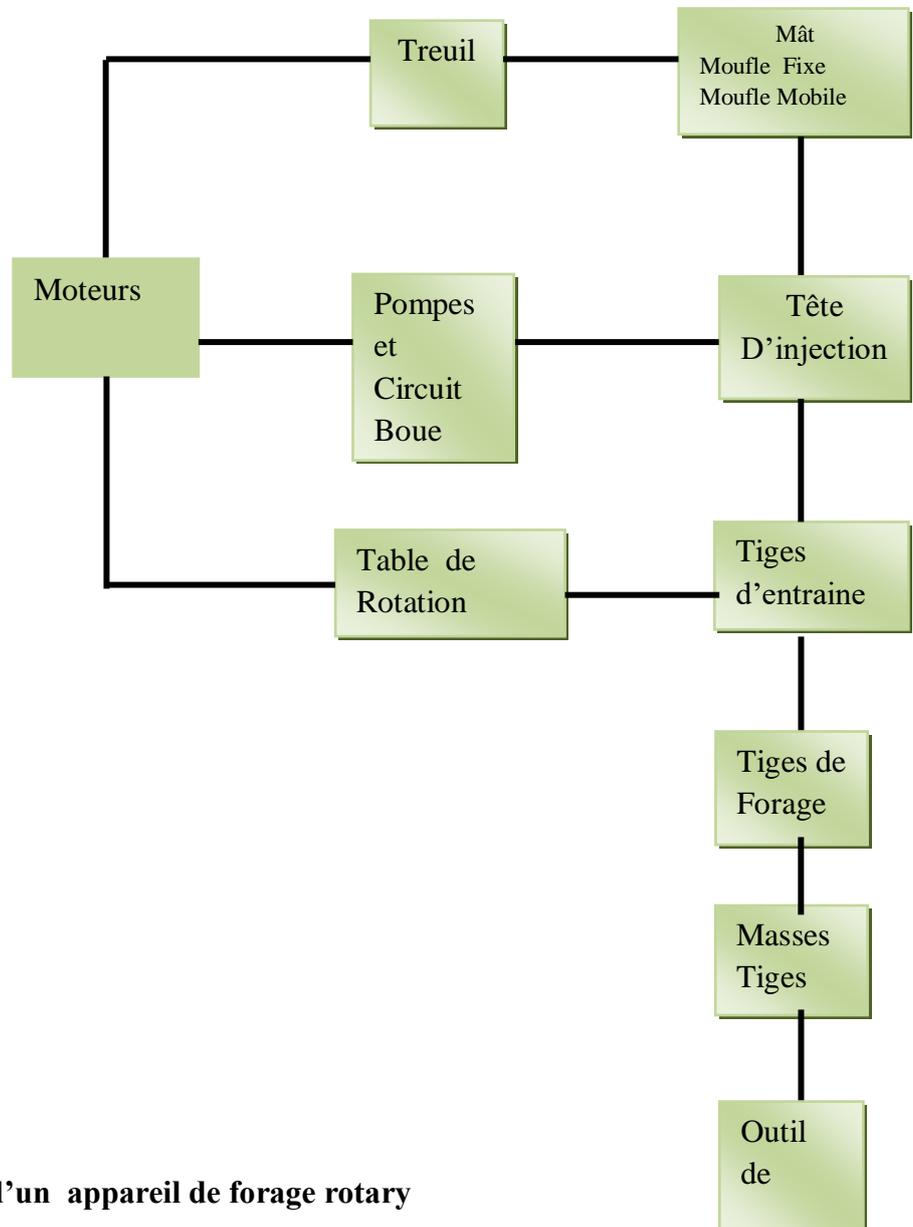


Figure 19: Description d'un appareil de forage rotary

## 6. Préparation du chantier

L'installation du chantier consiste en premier lieu à la pose de l'appareil du forage, ramener tous les outils de creusements du forage, y compris les tiges, les masse-tiges, tubes pleins, tubes crépines, pompe à boue, bentonite, citerne d'eau et ciment sur les lieux (Figure 20). On a assisté au creusement du forage, l'appareil était déjà installé, les bassins de décantation étaient construits et cimentés, ainsi les rigoles qui permettent la circulation de la boue (Bentonite) entre les bassins, la pompe à boue et le forage.

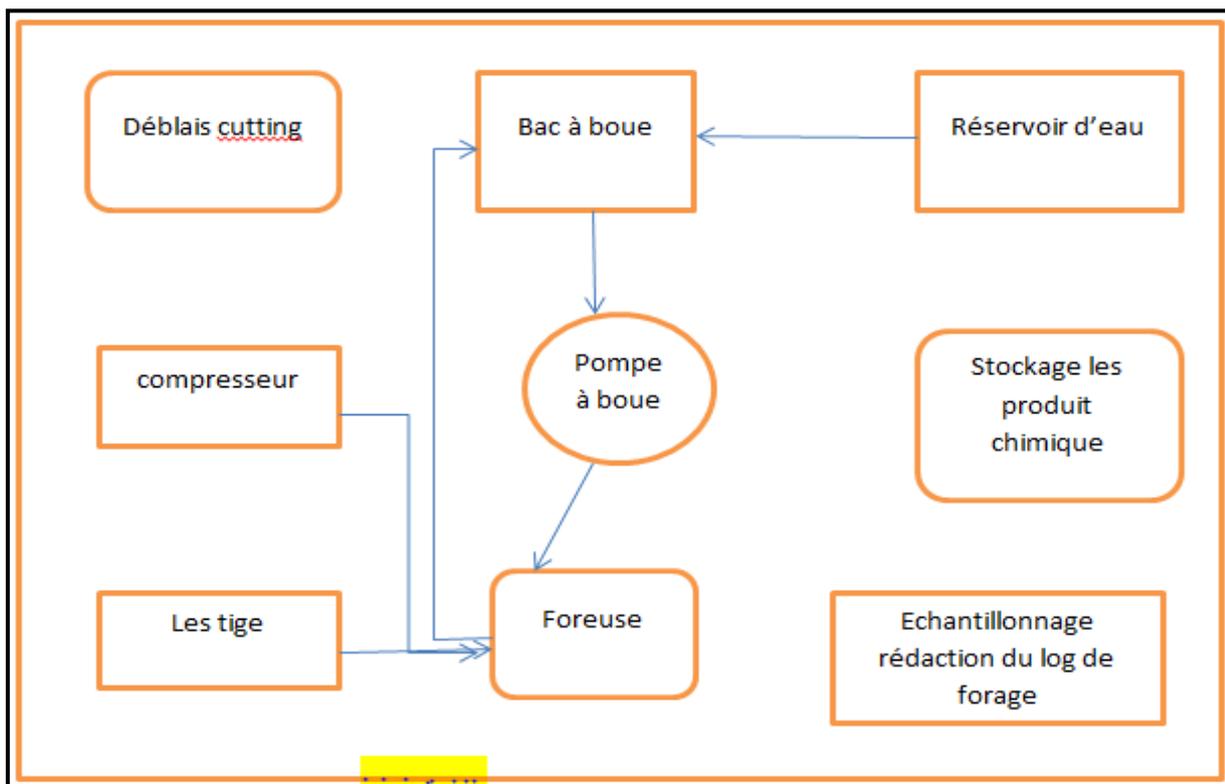


Figure 20: Schéma descriptive de l'organisation du chantier

## 7. La préparation des fosses à boue

Les fosses à boue permettent de recycler la boue par sédimentation, et cette dernière forme également une réserve de fluide boueux. Pour des forages peu profonds (20/30 mètres) dans des terrains non consolidés, les dimensions suivantes peuvent être utilisées. Un premier canal de 2 mètres de longueur et de 0.20 X 0.20 m de section, est creusé à partir de l'emplacement choisi pour le forage. Il se jette dans la première fosse.

**La première fosse** (fosse de décantation) facilite la sédimentation amorcée dans le canal. Son volume est de 0.20 m<sup>3</sup> (dimensions :0.60 x 0.60 x 0.60 m).

Le second canal doit être décalé de l'axe du premier afin de former une chicane qui ralentit le flux et favorise la décantation.

**La seconde fosse** (fosse de pompage) est une réserve où la boue est pompée pour être injectée dans le train de tige. Son volume est environ de 1 m<sup>3</sup>. Les fosses et canaux sont régulièrement curés et nettoyés des sédiments déposés en cours de forage.

### *7.1. Dimensionnement des fosses*

Le dimensionnement des fosses à boue se fait en fonction de la profondeur du forage à réaliser. Idéalement, le volume total des fosses doit être égal à 3 fois le volume du forage avec :

- Profondeur de forage :180m
- Diamètre finale de alésage :19”

### *7.2. Préparation de la boue de forage*

Dans ce forage de BirOuledKhelifa on mélange à l'eau de forage de la bentonite, pour augmenter la densité de l'eau et préparer une boue que l'on pourra épaissir ou alléger par la suite.



**Figure 21: Préparation de la boue de forage**

### 7.3. Caractéristiques de la boue utilisée

C'est une argile en poudre qu'il faut doser entre 15 et 30 kg par m<sup>3</sup> de l'eau pour avoir une solution de densité 2.6. Son risque majeur de colmatage de l'aquifère en fait aussi son avantage dans des terrains très perméable (aquifère, gravier, sable, silts) ou les pertes de boue peuvent être importants ainsi que les risque d'effondrement (LIMAN, Samir; BEN HAMMOUDA, Idriss, 2018).



Figure 22: Bentonite de forage

#### La boue a les fonctions suivantes:

- Consolider les parois du forage par le dépôt du (cake) sur la formation géologique des parois du forage;
- Faire remonter au jour les sédiments broyés ;
- Lubrifier et refroidir les outils de forage ;
- Faciliter et contrôler l'opération de mise en place de gravier additionnel et de cimentation ;

### 7.4. Phase de creusement de l'avant puits

#### - Tube guide

On commence l'opération de creusement par la réalisation d'un avant trou en diamètre final 20" et d'une profondeur de 5 à 10 m où on pose un tube guide en TNRS de 20" cimenté au terrain. Le tube sera cimenté par un laitier de ciment gravitairement. La reprise du forage se fait 24 heures après la cimentation (temps de prise).

Pour le forage projet de BirOuledkhelifa nous proposons forée en diamètre de 24" et d'une profondeur de 10 m ou pose un tube guide en TNRS de 20" et mis en place le ciment dans l'espace annulaire entre le tube et le trou sur toute sa profondeur (10 m).

### ***7.5. Forage de reconnaissance***

Le forage de reconnaissance est réalisé par des outils avec des petits diamètres (8"1/2 et 12"1/4) pour raisons économiques, aussi pour assurer que la zone choisie est productrice parce que la plus part des terrains ne sont pas ou sont mal connus.

Pour le forage projet de BirOuledKhelifa de Khemis Miliana on a proposé de réaliser cette phase avec l'outil de 12"1/4.

Durant cette phase, le foreur doit obligatoirement veiller sur :

- Prélèvement des cuttings chaque 1 mètre,
- Les paramètres hydrodynamiques de fluide de forage (densité, viscosité, perte partiel et totale et le filtra).
- La durée et l'avancement et les paramètres du forage (poids sur l'outil, la vitesse de rotation et le débit d'injection).

### ***7.6. Prélèvement Des échantillons***

Le forage à la bous permet de fournir à la surface des échantillons broyés au moment des analyses, il faudra tenir compte que ces échantillons contiennent une forte proportion de la bous de circulation. Il est toujours préférable de prendre trop d'échantillons que de regretter d'avoir un manque et de prélever les plus intéressants. Pour ceci, il faut :

- Prendre un échantillon dès que l'on rencontre une formation aquifère ;
- Prendre un échantillon chaque fois qu'apparait un changement de terrain ;
- Dans le cas de forage BirOuledKhelifa, ils ont pris un échantillon pour chaque 1 mètre.



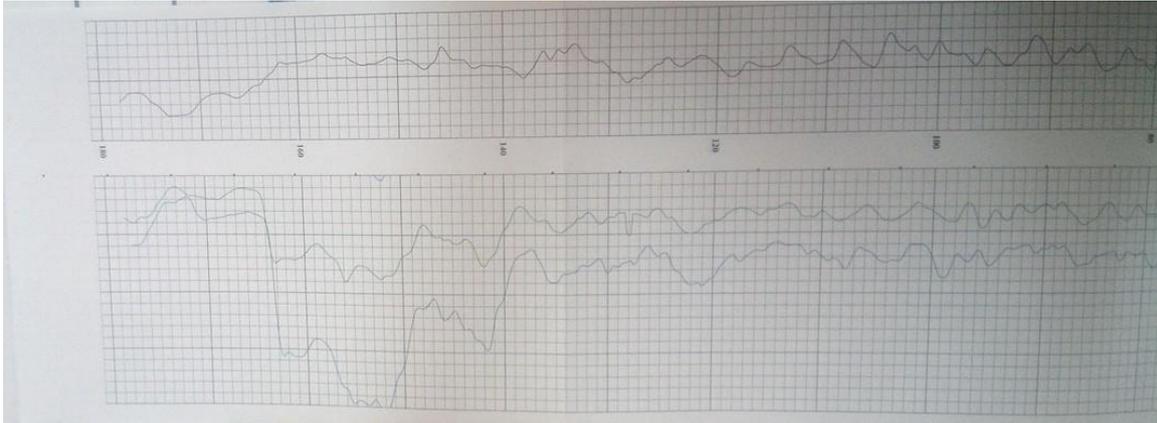
**Figure 23: Cuttings (débris échantillons) de forage BirOuledKhelifa**

### **7.7. Enregistrement et interprétation des diagraphies**

On appelle diagraphie tout enregistrement d'une caractéristique de la formation traversée par un sondage en fonction de la profondeur

Les diagraphies utilisées jusqu'à maintenant dans les forages hydrauliques sont:

- Polarisation spontanée,
- Résistivité classique : sonde normale :
  - petite normal 16
  - grande normal 64
- Caliper,
- Gamma ray (Rayons Gamma).



**Figure 24: Une petite partie de diagraphie du forage de projet**

### **7.8. Alésage et réalésage**

Cette opération intervient après interprétation du film de la diagraphie et dépouillement des cuttings prélevés.

L'alésage est le reforge du puits de reconnaissance en gros diamètre. Cet élargissement du trou s'effectuera à l'aide (CHEHIMA, 2021):

- Des outils spéciaux appelés outils pilotes ou aléseurs accouplés à un outil guide.
- Des outils de gros diamètres.

L'alésage se fait successivement aux diamètres 17 $\frac{1}{2}$ " et après en 19" jusqu'à la profondeur de forage 180m.

## **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons essayé de comprendre le principe de la technique rotary et aussi rédiger les étapes des travaux de forage, étape par étape. Nous concluons que le forage a traversé des formations perméables constituées d'une certaine épaisseur de sable, argiles et gravier du quaternaire et des grès sableux du pliocène enfouis sous une épaisse couche d'argile.

Les résultats de la réalisation de forage BirOuledKhelifa sont comme suite :

- La profondeur de forage sera : 180m
- Diamètre finale de alésage : 19"
- Le diamètre de tube guide en TNRS : 20"

# Chapitre 03

La description de  
l'équipement essentiel d'un  
forage hydraulique

### **Introduction**

Le choix des équipements de forage tels que les tubes pleins et les crépines, est lié directement à la nature des couches et de leur épaisseur. A l'aide de diagraphie et log (rapport) litho stratigraphique déduit de la description des cuttings (débris). Par ailleurs cet équipement doit aussi prendre en considération du slot (emplacement) des crépines.

Ce chapitre aborde la description de l'équipement essentiel d'un forage hydraulique (tubages, l'équipement de la colonne de captage, massif filtrant et sans oublier l'étape de l'essai de pompage).

### **1. Tubages**

Le tubage est un tube de grand diamètre qui est assemblé et inséré dans une section récemment forée d'un trou de forage. Le tubage est de but (METAICHE, 2013)

- La séparation de toutes les couches incompatibles traversées (aquifères, gazée et pétrolières).
- Le maintien en place des parois du puits afin pouvoir continuer le forage dans de bonnes conditions techniques.
- Séparer les couches à faible pression.
- Sécurité et mise en place de l'équipement de production tout le long du puits.

Le choix du type du tubage sera en fonction de la résistance aux diverses sollicitations (efforts de traction, efforts d'écrasement, efforts d'éclatement et efforts de flambage) .

Dans le cas du forage de BirOuledKhelifa, on a choisi le type du métal **TNRS** (TNRS : Tôle noire roulée et soudée). Ce matériau est anciennement utilisé et moins coûteux, sans oublier que les eaux de la région d'étude ne sont pas acides.

### **2. Mise en place du tubage**

Le plan de tubage (longueur et position des tubes pleins et crépinés) est établi en fonction de la coupe géologique du forage où sont notées les différentes "couches" du terrain et les venues d'eau, ainsi qu'en observant de visu la coupe géologique grâce aux échantillons, donc le plan respectera les points suivants (CHEHIMA, 2021)

## **Chapitre03la description de l'équipement essentiel d'un forage hydraulique**

- Le bas du tubage doit être constitué d'un tube plein d'environ 0.5 mètre bouché à sa base (tube décanteur).
- Le tubage ne descend pas toujours jusqu'au fond du forage, il faut donc en tenir compte en réduisant la longueur du tubage de 0.5 à 1 mètres par rapport à la profondeur réelle forée.
- Le dernier tube doit dépasser d'environ 0.5 mètres au-dessus de la surface du sol.
- Les longueurs de tube pouvant varier avec le filetage,
- Le tubage doit descendre librement sous son propre poids dans le trou en appuyant légèrement sur le tubage pour qu'il descend.

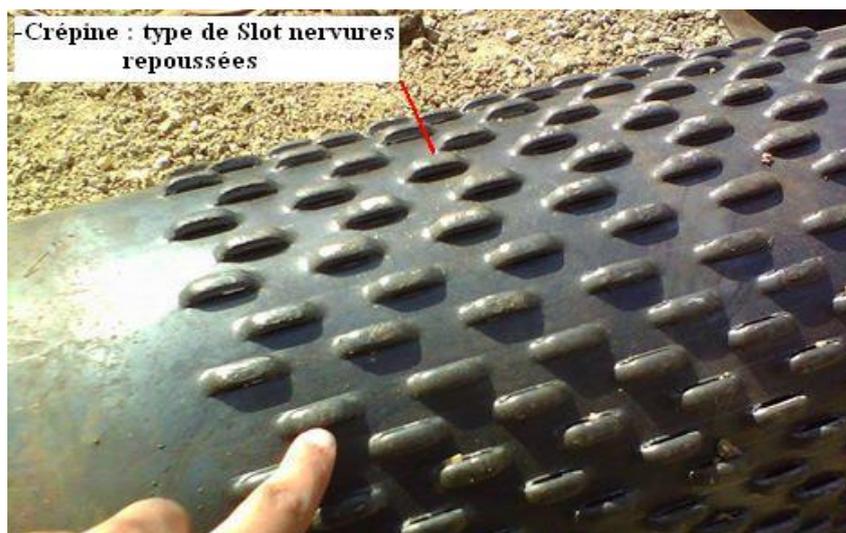


**Figure 25: L'installation des tubages**

### **3. Equipements de la colonne de captage**

#### **3.1. La crépine**

Quand on parle sur la crépine on parle sur des éléments essentiels d'un forage d'eau. La crépine c'est une pièce de précision est son usinage doit permettre d'obtenir des ouvertures calibrées au dixième de millimètre.



**Figure 26: Tube crépine**

### Longueur et position des crépines :

La longueur de la crépine est une fonction de l'épaisseur de formation de l'épaisseur de formation à capter, du niveau de rabattement et de la nature de stratification de la couche aquifère(CHEHIMA, 2021)

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

- Diagraphie,
- Analyse granulométrique des échantillons,
- Les pertes de boue,
- Le carottage.

Le choix de l'ouverture des crépines se fait à la base des dimensions des fentes de la crépine qui empêche le passage des particules fines. Ce processus se fait par l'étude des courbes granulométrique établies d'après les échantillons recueillis pendant le forage.

Le choix de crépine est de type TNRS, parce que le forage a dispose d'une formule gravier alternant avec des argiles.



**Figure 27: Mise en place du tubage (peins et crépines)**

**Tableau 5: programme d'équipement tubulaire**

Profondeur	Tubages	Type	Diamètre
0-65 m	Tube plein	TNRS 5mm	12"
65-85 m	Tube crépine	TNRS 5 mm a nervures repoussées	
85-90 m	Tube crépine	TNRS 5 mm	
90-110 m	Tube crépine	TNRS 5 mm a nervures repoussées	
110-115 m	Tube plein	TNRS 5 mm	
115-140 m	Tube crépine	TNRS 5 mm a nervures repoussées	
140-155 m	Tube plein	TNRS 5 mm	
155-175 m	Tube crépine	TNRS 5 mm a nervures repoussées	
175-180 m	Tube plein + sabot	TNRS 5 mm	

### 4. Le massif filtrant (gravier additionnel)

Le massif filtrant est un gravier ou sable (terme générique: "Gravel pack") mis en place entre la crépine et le terrain dans le but d'empêcher la passage des éléments les plus fins de l'aquifère capté.

Le gravier additionnel (DRE, 2021):

- Doit être siliceux, bien calibré, arrondi et bien lavé.
- Doit être renversé par injection dans l'espace annulaire (l'espace entre les parois du forage et le tubage).
- Sert à maintenir les parois du forage et éviter l'effondrement de ce dernier.
- Joue le rôle de filtrage en filtrant les venus d'eau de la couche aquifère à travers les vides des crépines (slots), tout en évitant le passage du sable fin vers la pompe d'eau.

Le volume du gravier nécessaire est calculé comme suite :

$$V \text{ gravier nécessaire} = V \text{ de trou réalisé dans l'aquifère} - V \text{ crépine}$$

Pour le forage étudié, on propose la mise en place de massif filtrant avec circulation inverse de la bous de forage.



**Figure 28: Mise en place de massif filtrant**

### **5. La cimentation**

La cimentation est utilisée pour colmater une cavité, une ou plusieurs grosses fissures occasionnant de fortes de boues. Dans le cas où la cavité et les fissures sont trop importants et pour éviter de trop grosse absorption de coulis de ciment, on ajoute des produits inertes tels que : du sable ou des produits expansifs au contact de l'eau. La cimentation est également utilisée pour isoler des aquifères, dont les eaux sont de qualité chimique médiocre (eaux saumâtres)

### **6. Le développement**

Le développement est la dernière étape et la plus importante, aussi indispensable à l'exécution d'un forage. Il consiste à nettoyer la zone de l'aquifère à proximité immédiate des crépines afin d'éliminer tous déblais et fluides de forage. Le développement d'un forage est une étape très importante qui destinée à

- Prévenir un colmatage prématuré,
- Obtenir une eau claire exempte de sable,
- Stabiliser les terrains autour des captages,
- Améliorer la productivité de l'ouvrage.

Le développement d'un forage se réalise par plusieurs méthodes, nous citons

- ❖ Méthode de développement par pompage alterné,
- ❖ Méthode de développement par pistonage,
- ❖ Méthode de développement à l'air lift (pneumatique) (figure 25).

Cette dernière méthode est retenue dans le contrat pour le forage de BirOuledKhelifa.

Elle est certainement efficace si elle est bien adaptée et bien conduite. Elle présente l'avantage de n'entraîner aucune détérioration du matériel employé. De plus, elle permet de combiner l'action de flux de reflux provoqués par de grand volumes d'air introduit dans l'ouvrage avec ce de mise en production par air-lifte (éjecteur ou émulseur

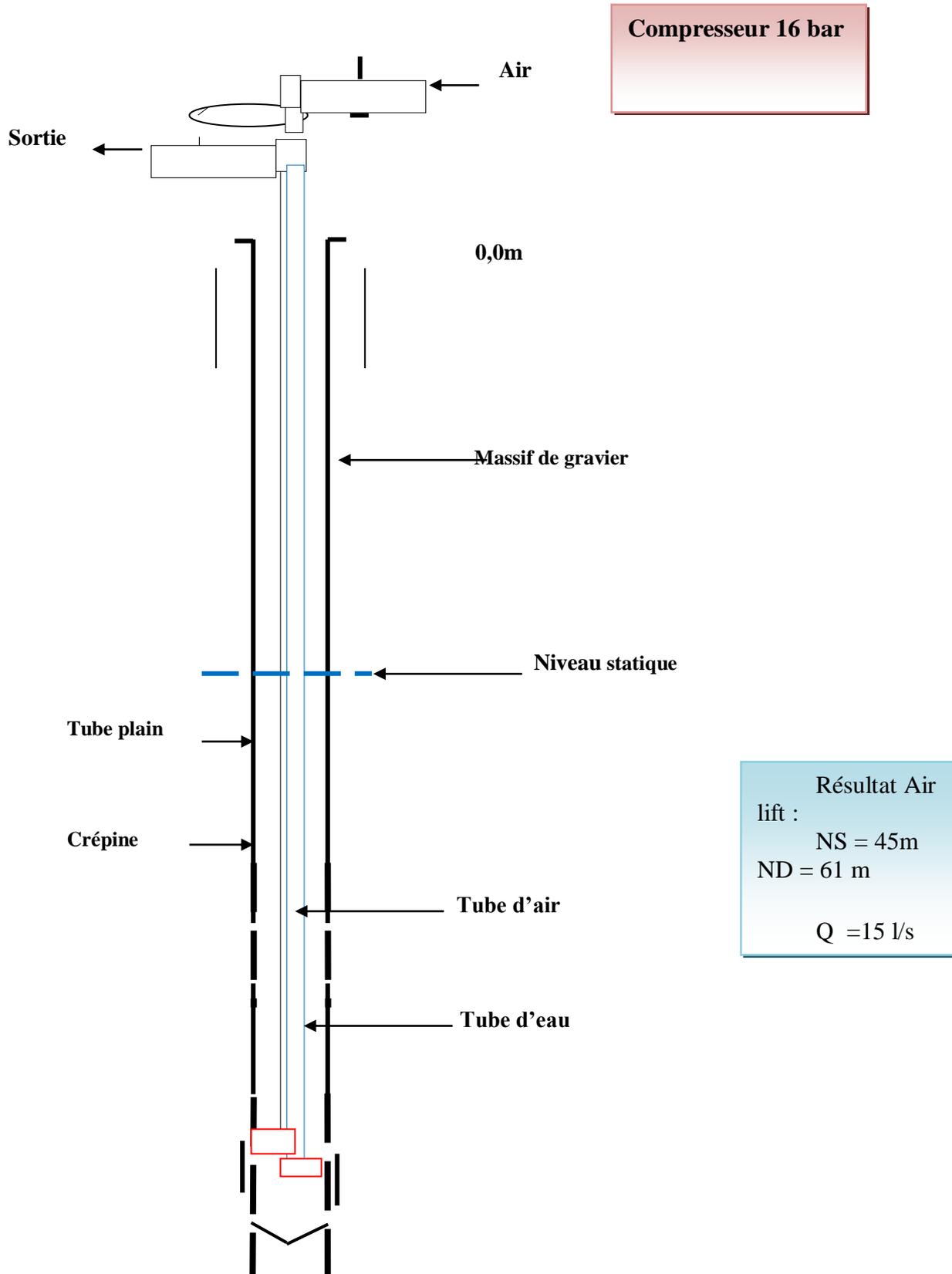


Figure 29: Développement a l'air lift

### **7. Les essais de pompage**

Les essais de pompage sont à la base de toute étude de nappe. Dans la mesure du possible, ils sont effectués au moyen d'une pompe immergée électrique, facile à mettre en œuvre et régulière quant au régime.

Un pompage d'essai doit répondre à un double objectifs, d'une part, la détermination des caractéristiques propres du forage, dit essai par paliers (ou essais de puits), et d'autre part, la détermination des paramètres hydrodynamiques de la nappe : essai de nappe (longue durée). L'essai de pompage est un facteur très important pour la gestion de la ressource eau soutirée du forage par la suite.

On classe les essais de pompage en deux catégorie selon la durée de l'essai (DRE Ain Defla):

#### **❖ Essais de pompages de courte durée :**

C'est des mesures du niveau dynamique de 03 paliers, chacun de 04 heures de pompage.

#### **❖ Essais de pompages de longue durée :**

Le pompage est effectué à débit fixe sur une long période (dequelque heures à quelques jours) pour déterminer les caractéristiques hydrauliques(niveau dynamique de la nappe et débit au niveau dynamique)de l'aquifère.

Dans la plupart des cas,les essais durent 72 heures de pompage continuellement en mesurant au début chaque demi-heure le niveau dynamique et on fixe un débit mobilisé (selon la capacité du compresseur et la capacité de la pompe). Après, chaque heure, la même opérationest effectuée et en dernier lieu chaque 02 heures jusqu'à la stabilisation du niveau dynamique. Après 72 heures le niveau dynamique se stabilise.

#### ***Remarque :***

Les essais de pompage n'ont pas été effectués dans ce forage, car le forage est arrêté mais le débit est fixépar les services de la direction des ressources en eau.

### **Conclusion**

Adopter la bonne technique de forage c'est la clé de réussite du forage hydraulique. Dans ce chapitre, nous avons évoqué les points suivants :

- ✓ Les matériaux des tubes utilisé c'est le TNRS (**TNRS** : Tôle noire roulée et soudée),
- ✓ Le massif filtrant utilisé c'est le gravier additionnel avec circulation inverse de la bous de forage (revoir cette phrase colorée).
- ✓ Le développement du forage est réalisé par la méthode de l'air lift,
- ✓ Les résultats de l'air lift sont :

ND (Niveau dynamique) = 45 m

NS (Niveau statique) = 61 m

Nous déclarons aussi que les essais de pompage ne sont pas effectués pour ce forage a cause des en pain des travaux.

# Chapitre 04

Dimensionnement de la  
conduite de refoulement et  
choix de pompe

### Introduction

Une pompe immergée est un type de la turbo pompe, elle consiste une roue avec un certain nombre d'aubes dans un corps.

Le présent chapitre s'intéresse à des généralités sur les pompes immergées, leurs avantages et inconvénients, avec une étude sur la conduite de refoulement reliant le forage d'eau et le réservoir existant, sans oublier le choix de pompe et la présentation de leur courbes caractéristiques.

### 1. La pompe immergée

La pompe immergée peut être soit une pompe verticale mono ou multicellulaire soit centrifuge avec roues radiales ou semi -axiales (ALLOUI, 2019)

### 2. Avantages et inconvénients des pompes

Les pompes immergées ont des avantages et inconvénients comme chaque produit ou matériel. Parmi les avantages et inconvénients, on cite :

#### *Avantage :*

- Elle est silencieuse,
- Capacité constante,
- Une bonne durabilité,
- Offre une vaste gamme de pressions et de capacité (débit pompé).

#### *Inconvénients :*

- Couteuse,
- Parfois difficile à réparer,
- Prématurée des pièces.

### 3. Domaines d'applications

Sont utilisées dans les domaines suivants :

- Irrigation,
- Alimentation et installations de réservoirs et de citernes,
- Installations anti-incendie et de lavage,
- Fontaines,

- Contrôle du niveau PH.

### 4. Principe théorique de choix de pompe

#### 4.1. Méthodologie de dimensionnement de pompe :

Concernant l'étape de dimensionnement des pompes, nous avons besoin de déterminer les grandeurs suivantes :

- ✓ Le débit pompé Q,
- ✓ La hauteur monomérique totale HMT,
- ✓ Les caractéristiques du réseau.

#### 4.2. Choix des matériaux de la conduite de refoulement :

Pour une optimisation des frais des conduites de refoulement, elles seront en PEHD (Polyéthylène haute densité).

Les tubes en PEHD sont utilisés pour la distribution d'eau potable, sont fabriqués pour être résistants aux chocs et non cassants.

#### 4.3. Avantages des conduites PEHD :

- Flexibilité surtout pour les petits diamètres,
- Résistance à la corrosion,
- Résistance chimique lors du transport des fluides toxiques,
- Pas de réaction avec les composants chimiques de l'eau, ( Société de transformation plastique)

### 5. Calcul du diamètre économique

Le diamètre économique de la conduite de refoulement est choisi à la base des formules suivantes :

Formule de Bresse :  $D (m) = 1.5 \times \sqrt{Q}$

Formule de Bonin :  $D (m) = \sqrt{Q}$

Avec : Q = débit pompé à travers le tronçon (m<sup>3</sup>/s).

### 6. Calcul de vitesse découlement

La vitesse est déterminée par la formule suivante :

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{Q \times 4}{\pi d^2}$$

Avec :

- **V** : Vitesse moyenne d'écoulement (m/s),
- **Q** : Débit pompé (m<sup>3</sup>/s),
- **D** : Diamètre de la conduite de refoulement (m).

### 7. Calcul de la hauteur manométrique totale (HMT)

La hauteur manométrique totale est la différence de charge entre l'entrée et le sortie du circuit. Elle est déterminée par l'équation suivante:

$$HMT = H_g + \sum (\Delta H_L + \Delta H_S)$$

Avec :

- **H<sub>g</sub>**: Hauteur géométrique (m) avec  $H_g = CTN_{reservoir} - CTN_{forage}$
- **ΔH<sub>L</sub>**: les Pertes de charge linéaires (m.c.e),
- **ΔH<sub>S</sub>**: les pertes de charge Singulières (m.c.e).

### 8. Calcul des pertes de charge :

On distingue deux type de pertes de charge :

#### 8.1. Pertes de charges linéaires

Les pertes de charges linéaires sont calculées à partir de la formule de Werbeeh. :

$$\Delta H_L = J \cdot L \text{ avec } J = \frac{\lambda V^2}{D 2g}$$

Avec :

- **J** : perte de charge unitaire (m/m),
- **L** : Longueur de la conduite (m),
- **D** : Diamètre de la conduite (m),
- **V** : Vitesse moyenne d'écoulement (m / s),
- **g** : Pesanteur ( $g = 9.81 \text{ m / S}^2$ ),

$\lambda$ : Coefficient de perte de charge (calculé en fonction du régime d'écoulement).

Le coefficient de perte de charge est déterminé par la formule de Colebrook-White suivante :

$$\frac{1}{\lambda} = -2 \times \log \left[ \frac{k}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} \right]$$

Avec :

- $\lambda$  : Coefficient de frottement,
- **K** : Rugosité de la conduite (m),

## Chapitre4 dimensionnement de la conduite de refoulement et choix de pompe

- **D** : Diamètre interne de la conduite (m),
- **Re** : Nombre de Reynolds,
- $Re = \frac{V \times D}{\varepsilon}$
- **V** : vitesse d'écoulement (m/s),
- $\varepsilon$  : Viscosité cinématique de l'eau (m<sup>2</sup>/s).

### 8.2. Les pertes de charges singulières

Les pertes d'énergie sont dues à la présence de singularités (pertes de charge singulières), elles sont estimées égale 10% à 15% de pertes de charge linéaires. Dans le cas de dimensionnement du présent projet, on prend la valeur de 15% .

Les pertes de charge singulières :  $\Delta H_s = 15\% \Delta H_l$

### Les données de dimensionnement de la conduite de refoulement

Nous citons les données de la conduite de refoulement dans le tableau suivant :

**Tableau 6: les données de la conduite de refoulement**

Tronçon	$CTN_{rese}$	$CTN_{forage}$	Q(m <sup>3</sup> /s)	L(m)	$H_g$ (m)
Rese-forage	333 m	300 m	0.015	3200 m	213

Avec :

- $CTN_{rese}$ : Cote terrain naturel du réservoir (m),
- $CTN_{forage}$ : Cote terrain naturel du forage d'eau (m),
- Q : Débit pompé (m<sup>3</sup>/s),
- L : Longueur de la conduite (m),
- $H_g$  : La hauteur géométrique (m),

### Calcul de la vitesse d'écoulement, perte de charges et la HMT

Diamètre de la conduite excitante : 200 mm

- Formule de Bresse : **D (m) = 1.5 × √Q**

## Chapitre4 dimensionnement de la conduite de refoulement et choix de pompe

- Formule de Bonin :  $D \text{ (m)} = \sqrt{Q}$

Avec :  $Q$  = débit pompé à travers le tronçon ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

Epaisseur de la conduite PEHD = 1.82cm = 18.2mm

Donc, le diamètre intérieur de la conduite PEHD =  $D = 200 - (2 \times 18.2) = 163.6$

**Tableau 7: les résultats de dimensionnement de la conduite de refoulement**

Tronçon	DN (mm)	DI (mm)	V (m/s)	Re	$\lambda$	$\Delta HT$ (m. c. e)	$H_g$ (m)	HMT (m)	PN (bar)
Reservoir-forage	200	163.6	0.71	116798.77	0.01	5.84	213	218.84	25

### 9. Choix de la pompe

Le choix de pompe s'est porté sur les pompes du catalogue de la marque LOWARA aXylem brand (<https://www.xylem.com/fr-fr/marques/lowara/>) à partir de la HMT et du débit recherché pour le pompage. Après la consultation des catalogues des pompes de la marque LOXARA, nous avons opté pour la série Z875 09-L8W.

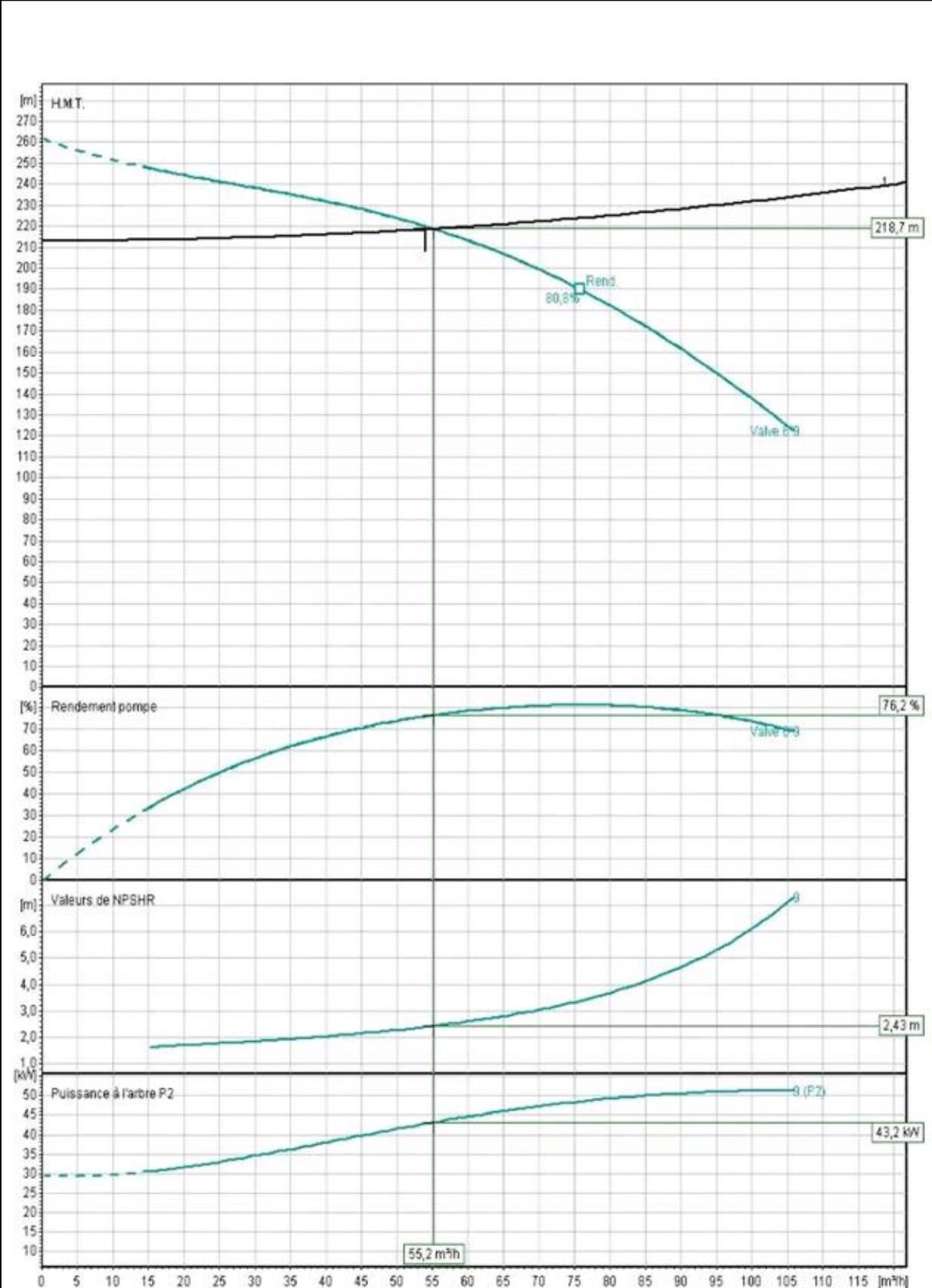


Figure 30: les courbes caractéristiques de la pompe choisie

## Chapitre4 dimensionnement de la conduite de refoulement et choix de pompe

Les caractéristiques de la pompe choisie sont mentionnées sur la tableau suivant :

**Tableau 8: les caractéristiques de la pompe choisie**

Caractéristique	Q(m <sup>3</sup> /h)	HMT(mce)	Puissance <sub>absorbée</sub> (KW)	Rendement(%)	NPSH(m)
Valeur	55.22	218.7	43.2	76.2	2.43

### *Le point de fonctionnement*

Le point de fonctionnement se trouve à Q =54m<sup>3</sup>/h et de 220 m de la HMT.

### *Calcul de la puissance absorbée de la pompe*

$$P_{absorbé} = \frac{P_{fournie}}{n}$$

$$P_{absorbé} = \frac{HMT \times Q \times g}{n}$$

Avec :

- $p_{ab}$ : Puissance absorbée par la pompe (KW),
- $p_{fournie}$ : Puissance fournie (KW),
- Q : Débit de la pompe,
- g : Accélération de la pesanteur (9.81 m/s<sup>2</sup>),
- n : rendement de la pompe (%),

**A.N :**

$$p_{ab} = \frac{220 \times 0.015 \times 9.81}{0.762}$$

$$p_{ab} = 42.48 \text{ KW}$$

### *Calcul de l'énergie consommée par la pompe*

$$E = P_{absorbé} \times T \times 365$$

Avec :

- E : Energie consommée par la pompe (kw.h),
- $P_{absorbé}$ : puissance absorbé par la pompe (KW),
- T : temps de fonctionnement de la pompe 22 h,

**A.N :**

$$E= 42.48 \times 22 \times 365$$

$$E=341114.Kw.h$$

### Conclusion

Le choix de pompe hydraulique se fait en se référant à trois paramètres clés qui sont :

- ✓ Le débit pompé (Q, m<sup>3</sup>/s),
- ✓ La hauteur manométrique totale (HMT, m.c.e),
- ✓ Le rendement de la pompe.

Dans ce chapitre, nous avons fait l'ensemble de calculs de débit et HMT et nous avons déterminé aussi le point de fonctionnement qui se trouve à (Q=54m<sup>3</sup>/h, HMT=220m) d'ou la on a utilisé les catalogues de la marque LOWARA a Xylem brand (<https://www.xylem.com/fr-fr/marques/lowara/>).

Les résultats de dimensionnement comme suite :

- Q= 55.2m<sup>3</sup>/h
- HMT = 218.7
- Longueur de la conduite de refoulement L = 3200m
- Diamètre, D=200m.
- le matériau de la conduite de refoulement :PEHD
- PN =25 bar

conclusion

générale

### Conclusion générale

Au terme de ce travail mené dans la région du Haut Chelif nous avons pu conclure que cette région est caractérisée par un climat semi aride, avec un été sec et chaud et hiver pluvieux et froid. L'étude hydrogéologique montre que les aquifères importants du Haut Chelif, sont au nombre de trois, et sont plus ou moins indépendants :

- ✚ Les alluvions quater,
- ✚ Les grés moi-pliocènes,
- ✚ Les calcaires jurassiques.

La réalisation d'un forage d'eau n'est pas une opération facile, au contraire elle est compliquée et demande des études préalables comme nous avons mentionné dans ce rapport. Il s'ensuit que le chantier de forage a besoin des matériels et produits adéquats.

Le choix de méthode de réalisation du forage Bir Ouled Khelifas'est porté sur la méthode rotary, elle est choisie grâce a ces avantages qui se résument en :

- ✚ Plus rapide,
- ✚ Plus économique,
- ✚ Pas de tubage pendant la foration,
- ✚ Très recommandé dans les forages de reconnaissance ou d'exploitations.

Le forage de Bir Ouled Khelifa réalisé aura une profondeur de 180m avec un diamètre de tube guide de 20" et un diamètre de alésage de 17 1/2" et après en 19" jusqu'a la profondeur de forage 180m.

La crépine doit être placée où les caractéristiques hydrauliques sont meilleures. Le matériau de tube utilisé sera le TNRS (Tôle Noire Roulée et Soudée).

Les essais de pompage par air lift permettent de définir le niveau statique (NS) et dynamique (ND) de la nappe, où les résultats de ses essais sont :

- ✚ NS (niveau statique de la nappe) = 61 m,
- ✚ ND (niveau dynamique de la nappe) = 45 m.

Le choix de la pompe se fait généralement sur la base des courbes caractéristiques, le point de fonctionnement et le rendement de la pompe.

## Conclusion générale

---

D'après l'étude de dimensionnement de la conduite de refoulement et de choix de la pompe, nous a conduits à citer les résultats suivants :

- +  $Q = 55.2 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
- +  $HMT = 218.7 \text{ m}$ ,
- +  $p_{ab} = 42.48 \text{ KW}$
- +  $E = 341114. \text{ Kw.h}$
- + La marque de la pompe choisie LOWARA a Xylem brand
- + Longueur de la conduite de refoulement  $L = 3200 \text{ m}$ ,
- + Diamètre de la conduite de refoulement  $D = 200 \text{ mm}$
- +  $PN = 25 \text{ bar}$ ,
- + Matériau de la conduite de refoulement : PEHD (Polyéthylène haute densité)

références

Bibliographiques

### Références Bibliographiques

[Rapport] / aut. DRE Ain Defla. - [s.l.] : Direction des Ressources en eau Ain Defla.

[Section du livre] / aut. METAICHE MEHDI // Livre forage et technique et procédés / auteur du livre METAICHE MEHDI. - 2013.

**(SPICIFICATON TECHNIQUES DES TUBES EN PEHD)** [Rapport] / aut. Société de transformation plastique. - Settif : Société de transformation plastique.

**Agence National de Ressources Hydrauliques** [Rapport] / aut. Agence National de Ressources Hydrauliques.

**Appoche méthodologique pourvl'implantation d'un forage dans l aplaine du haut Chelif et suivi des différentes étapes de sa réalisation** [Rapport] / aut. Walid DJEMMAL et Fayrouz DJELLAL Hala. - [s.l.] : université Djilali Bounaama khemis miliana, 2022.

**conditiond techniques de réalisation d'un forage // la cimentation .**

**Contrat de nappe DRE Ain Defla** [Rapport] / aut. DRE Ain Defla. - [s.l.] : DRE Ain Defla, 2021.

**DRE Ain Defla** [Rapport]. - [s.l.] : Direction des Ressources en eau Ain Defla.

**étude d la cohérence entre la vulnérabilité a la pollution et la qualité des eaux souterraines** [Rapport] / aut. SAHRAOUI N. - Khemis Miliana : université Djilali Bounaama, 2015.

**étude de la qualité des eaux de la vallée du Haut Chellif** [Rapport] / aut. TOUHARI F. - [s.l.] : école superieur d'hydraulique Algérie, 2016.

**évaluation de la vulnérailité des eaux souterraines a la pollution a l'aide d'une méthode spécifique** [Rapport] / aut. ATTAFI Soumia. - Kheis Miliana : mémoire fin d'étude université Djilali Bounama , 2018.

**mémoire fin détude** [Rapport] / aut. CHEHIMA Sofiane. - Gherdaia : université de Gherdaia, 2021.

## **Bibliographie**

---

**profils en travers le long de lit de l'Oued Chellif dans la partie de la plaine du Haut Chellif** [Rapport] / aut. AHMADOUCHE, Samir; BEN HAMMOU, Idriss. - Khemis Miliana : mémoire fin d'étude université Dilal Bounama, 2021.

**Rapport de stage** [Rapport] / aut. DRE Rapport de stage. - Ain Defla : Drection des ressources en eaux, 2021.

**réalisation d'un forage d'eau** [Rapport] / aut. BOUTOBBA Abd Raouf. - Bouira : université Akli Mohand Oulhadj, 2019.

**réalisation d'une application pour le choix de pompe émergée** [Rapport] / aut. ALLOUI Sakah. - Beskra : mémoire fin d'étude de université de Mohamed Kheider, 2019.

**suivi de réalisation d'un forage d'eau** [Rapport] / aut. LIMAN, Samir; BEN HAMMOUDA, Idriss. - Ouargla : mémoire fin d'étude université Kasdi Merbah, 2018.

**Annexes**

## Z875 09-L8W

### Données techniques

Company name  
Contact  
Phone number  
E-Mail

Caract. de fonct.			
1	Type de pompe	Pompe seule	Fluide Eau, claire
2	Nb de pompes	2	Temp. de fonct. °C 4
3	Débit nominal	m³/h 54	Valeur du pH 7
4	HMT nominale	m 218,5	Densité kg/m³ 1000
5	Hauteur statique	m 213	Viscosité cinématique mm²/s 1,569
6	Pression Asp.	kPa 0	Tension de vapeur kPa 100
7	Température ambiante	°C 20	Particules 0
8	NPSH disponible	m 0	Altitude m 0

Caract. pompe			
9	Conception	Basins	
10	Execution	avec clapet anti-retour	
11	Vitesse de fonct.	rpm 2929	Dia. Roue
12	Nombre d'étages	9	
13	Orifice d'asp.	protected by strainer	
14	Buse refoulement	Rp5 / EN 10226	Débit
15	Pression max (corps)	kPa	
16	Pression de service max.	kPa 2568,5	Max. mm 145
17	Type de roue	Roue semi-axiale	Construction mm 9x 145 mm
18	HMT max. (Q=0)	m 260	Min. mm 115
19	Poids total	kg 286,1	Nom. m³/h 55,2 ( 55,2 )
20	Puiss. max. sur arbre	kW 51,4	Max. m³/h 105,9
21	NPSH 3%	m 2,4	Min. m³/h 15,3
			H.M.T. A Qmax m 122,5
			A Qmin m 247,6
			Puiss. Abs. kW 43,17
			Power input kW 50,41
			Rendement % 76,20

Matériaux			
22		Pompe	Moteur submersible
23	roue	Acier moulé allié, 1.4308	Upper bracket Cast iron, EN-JL1030, Class 25 B
24	Suction casing	Acier moulé allié, 1.4308	Spaceur Cast iron, EN-JL1030, Class 25 B
25	Discharge casing	Acier moulé allié, 1.4308	Cable EPR
26	Stage casing	Acier moulé allié, 1.4308	Shaft end Duplex, 1.4462, A276/A790-S31803
27	Coussinet	EPDM	Elastomères NBR
28	Arbre	Acier inox, 1.4057	Motor sleeve Stainless steel, 1.4306, AISI304L
29			Lower bracket Cast iron, EN-JL1030, Class 25 B
30			Thrust bearing bracket Cast iron, EN-JL1030, Class 25 B
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			

Caract. moteur				Cable	
42	Constructeur	Lowara	Type	L8W520T405/C	Type de câble
43	Exécution	AISI 304 - 3ph water filled rewindable motors			Section de câble
44	Puiss. nom.	52 kW	Phases	3	Température ambiante °C 20
45	Puissance moteur	52 kW	Nb. démarrages/heure	20	longueur câble m
46	coolant speed	min. 0,5 m/s	Poids	186 kg	
47	Intensité nominale	104,7 A	Tension	400 V	
48	Reduced current	104,7 A	Mode de démarrage	Direct	
49	Protection	IP68	Vitesse nom.	2920 rpm	
50	motor connection		Installation	Verticale	

Remarques	

## Z875 09-L8W

### Courbe de performance

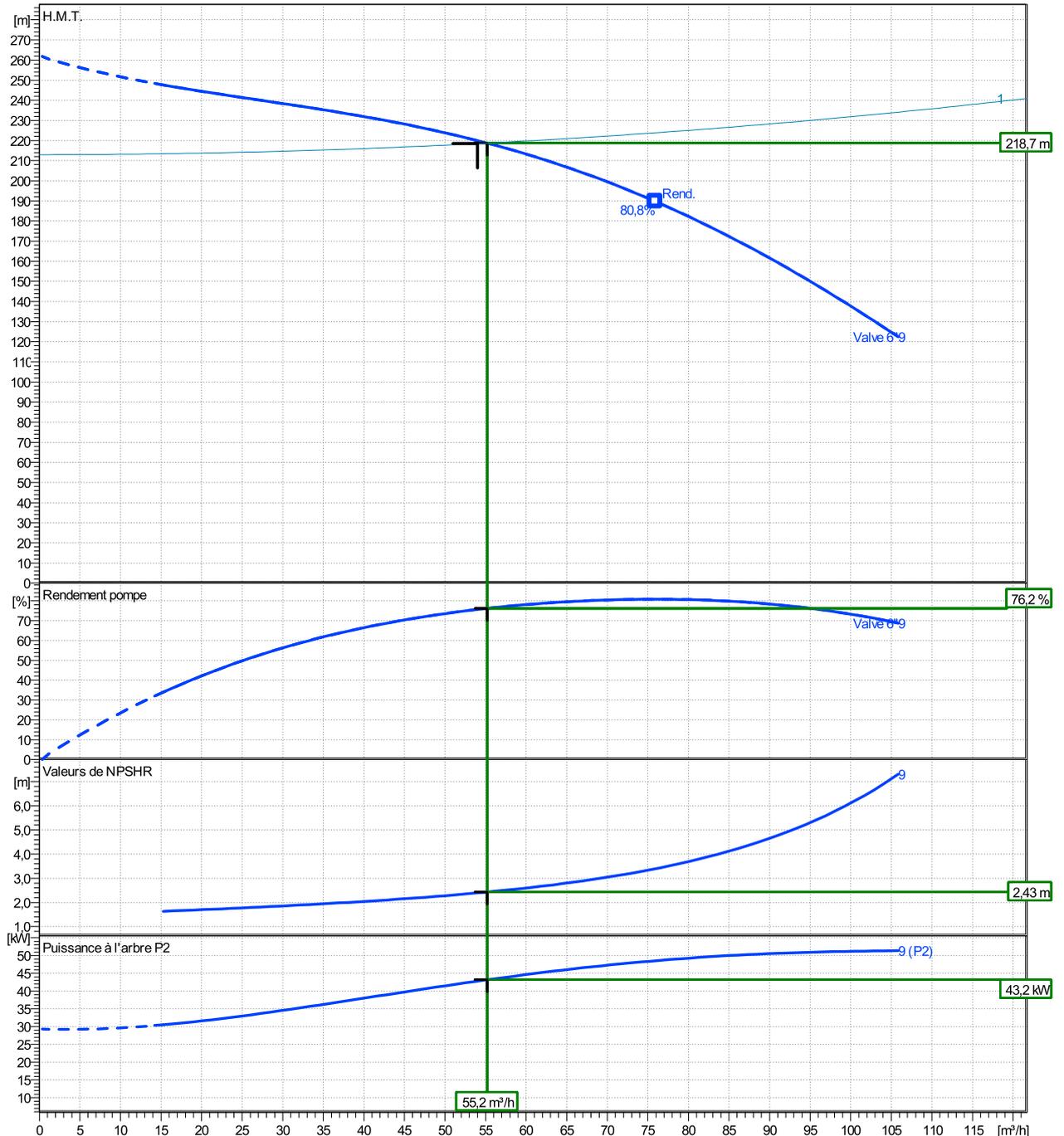
Company name  
Contact  
Phone number  
E-Mail

	Ø mm	Débit			HMT		Puiss. sur arbre P2			Fréquence	
		Plage de fonct. Min. m³/h	Max. m³/h	η Max. m³/h	H(Q=0) m	η Max. m	P2(Q=0) kW	Max. kW	η Max. kW	Hz	
Nominale	145	15,3	106	75,9	262	190	51,4	48,5		50	2929
Min.	115	/	/	74	248	181	/	45,2			
Max.	145	/	/	75,9	262	190	/	48,5			
										Vitesse de fonct.	rpm
										Débit nominal	m³/h
										HMT nominale	m
										Pression Asp.	kPa
										Hauteur statique	m

**Caract. de puissance d'après:**

**Performances selon ISO 9906: 2012 - Grade Grade 3B**

Eau, claire [100%] ; 4°C; 1000kg/m³; 1,57mm²/s

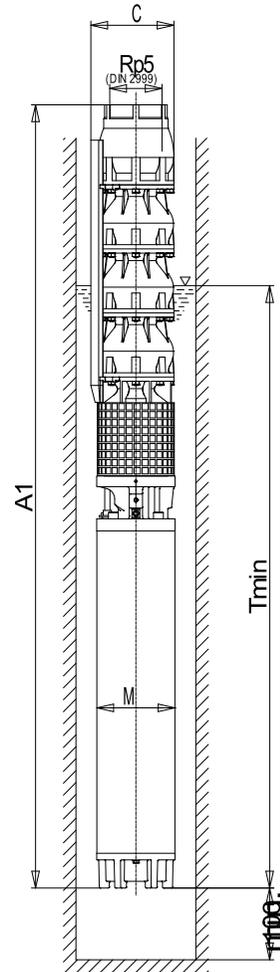


## Z875 09-L8W

## Dimensions

Company name  
Contact  
Phone number  
E-Mail

Pompe avec moteur  
avec clapet anti-retour  
AISI 304 - 3ph water filled rewindable motors  
L8W520T405/C



Dimensions [ mm ]	
A1	3008
C	204,8
I	235
M	192
Tmin	2215
Volumen	0,09909

Poids (+/- 5%) [ kg ]	
Poids total	286,1

Connexions	
Orifice d'asp. protected by strainer	Buse refoulement Rp5 EN 10226

### Dimensions

Projet  
Bloc Z875 09-L8W

Créé par  
Créé le 9/3/2022

Mise à jour 9/3/2022