

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة عين تموشنت

Université d'Ain-Temouchent BELHADJ BOUCHAIB



Faculté des sciences et de la technologie

Département de l'Hydraulique

Projet de fin d'étude Pour l'obtention du diplôme de Mastère

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Thème

**Etude et dimensionnement du projet de renforcement
du system d'alimentation en eau potable de la
commune de TAMAZOURAH a partit du forage
d'AGHBAL**

JUIN 2026

Présenté par : M^r HAMED Taleb dah

Devant le jury composé de :

Mr: BEN AICHA

Mr: BEN TAHER

Mr A-NEHARI

Mr K BENMIA

UAT.B.B (Ain Temouchent) Président

UAT.B.B (Ain Temouchent) Examineur

UAT.B.B (Ain Temouchent) Encadreur

UAT.B.B (Ain Temouchent) Co-Encadreur

Année universitaire 2025/2026

Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah le Tout-Puissant de nous avoir accordé la santé, la volonté et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadreur, M. NHARI, ainsi qu'à notre co-encadreur, M. BENMIA, pour leur encadrement, leur disponibilité, leurs précieux conseils, leur soutien constant, ainsi que la confiance qu'ils nous ont accordée tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nos sincères remerciements s'adressent également à l'ensemble des enseignants du département d'Hydraulique de l'Université d'AÏN TEMOUCHENT pour leur enseignement et les connaissances qu'ils nous ont transmises durant notre parcours universitaire.

Nous remercions vivement les membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce travail et de l'enrichir par leurs remarques et suggestions pertinentes.

Nous adressons également nos remerciements à la Direction des Ressources en Eau (Direction de l'Hydraulique) de la wilaya d'AÏN TEMOUCHENT pour leur aide, leur collaboration et les informations mises à notre disposition dans le cadre de cette étude.

Nous remercions aussi tous les cadres et personnels des organismes qui nous ont aidés dans la collecte des données et la réalisation de cette étude.

Enfin, nous exprimons notre profonde reconnaissance à nos parents, nos familles, nos amis, ainsi qu'à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail.



Dédicace

À ma chère mère

Quoi que je fasse ou dise, je ne pourrai jamais te rendre pleinement justice ni te remercier comme il se doit. Tu as été tout ce qu'il y a de plus beau dans ma vie : un soutien dans les moments difficiles et une compagne de joie dans les moments de bonheur. Grâce à tes prières et à ta patience, j'en suis arrivé(e) là où je suis aujourd'hui. Qu'Allah te protège et te comble de santé et de bien-être.

À mon cher père

Je dédie ce modeste travail à toi, qui m'as toujours encouragé et motivé à poursuivre mes études et à viser la réussite. Tu as été et tu restes mon modèle et ma source de détermination. Je prie Allah de te préserver et de t'accorder santé et longue vie.

À mon cher oncle Hamed

Tu as toujours été un exemple de générosité et de bienveillance, un soutien précieux que je respecte profondément à travers les différentes étapes de ma vie. Tu ne m'as jamais privé de tes conseils, de tes encouragements et de ton aide. Je t'exprime ici toute ma reconnaissance et ma gratitude. Qu'Allah te protège et te comble de santé et de bien-être.

Dédicace spéciale à la famille des Ehl Abat

J'adresse mes sincères remerciements et ma profonde gratitude à la noble famille des Ehl Abat, en reconnaissance de leur soutien, de leur encouragement et de leur appui tout au long de mon parcours. Leurs gestes nobles et leur générosité sincère ont été une source de force et de motivation, et leur présence à mes côtés a grandement contribué à surmonter les difficultés et à accomplir ce travail. Qu'Allah les récompense abondamment, et leur accorde santé, bonheur et réussite. À tous les membres de ma famille, mes proches et mes amis

À tout le personnel et à Ahlami et les étudiants du département d'hydraulique

Je vous dédie ce modeste travail, en vous souhaitant plein succès et réussite dans vos parcours académiques et professionnels, et que vous puissiez réaliser toutes vos ambitions et aspirations.



Résumé

L'eau potable constitue une ressource essentielle pour le développement socio-économique et l'amélioration des conditions de vie des populations. Dans ce contexte, la commune de TAMAZOURAH est confrontée à une augmentation continue de la demande en eau potable, nécessitant le renforcement de son système d'alimentation afin de garantir une distribution fiable et durable. Ce mémoire porte sur l'étude et le dimensionnement du projet de renforcement du système d'alimentation en eau potable de la commune de TAMAZOURAH à partir du forage AGHBAL. L'objectif principal est de proposer une solution technique et économique permettant de satisfaire les besoins actuels et futurs de la population. L'étude a permis d'évaluer les besoins en eau de la commune et de dimensionner les ouvrages nécessaires au transport et à la distribution. Le projet prévoit une conduite de refoulement de 4 600 m de longueur et de 160 mm de diamètre, assurant l'acheminement de l'eau vers un réservoir de 2 000 m³. Le forage AGHBAL présente une profondeur de 140 m avec un débit exploitable de 14 l/s. Les calculs hydrauliques ont donné une pression de 1,92 bar au niveau du réservoir. L'étude économique a permis d'estimer le coût global du projet à 67 950 000 DA, confirmant la faisabilité du projet malgré l'investissement nécessaire. Les résultats obtenus montrent que le recours au forage AGHBAL constitue une solution optimale pour le renforcement de l'alimentation en eau potable de la commune. Ce projet permet d'assurer une meilleure sécurité hydraulique, d'améliorer la qualité du service public et de garantir un approvisionnement durable en eau potable pour la population de TAMAZOURAH.

Mots de clés : Forage, station de pompage, réservoir, diamètre, débit, adduction

Abstract

Drinking water is an essential resource for socio-economic development and improving living conditions. In this context, the municipality of Tamazourah faces a continuous increase in demand for drinking water, necessitating the strengthening of its supply system to guarantee reliable and sustainable distribution. This thesis focuses on the study and design of the project to strengthen the drinking water supply system for the municipality of Tamazourah, drawing from the Aghbal borehole. The main objective is to propose a technical and economic solution to meet the current and future needs of the population. The study assessed the municipality's water needs and determined the dimensions of the infrastructure required for transport and distribution. The project includes a 4,600 m long, 160 mm diameter delivery pipeline, ensuring the conveyance of water to a 2,000 m³ reservoir. The AGHBAL borehole has a depth of 140 m and an exploitable flow rate of 14 l/s. Hydraulic calculations indicated a pressure of 1.92 bar at the reservoir. The economic study estimated the overall cost of the project at 67,950,000 DA, confirming its feasibility despite the necessary investment. The results obtained demonstrate that the AGHBAL borehole is an optimal solution for strengthening the drinking water supply to the municipality. This project ensures greater water security, improves the quality of public service, and guarantees a sustainable supply of drinking water for the population of TAMAZOURAH.

Keywords: Borehole, pumping station, reservoir, diameter, flow rate, water supply

الملخص

تُعَد مياه الشرب مورداً أساسياً للتنمية الاجتماعية والاقتصادية وتحسين الظروف المعيشية. وفي هذا السياق، تواجه بلدية تامازورة زيادة مستمرة في الطلب على مياه الشرب، مما يستلزم تعزيز نظام إمدادها لضمان توزيع موثوق ومستدام. تركز هذه الأطروحة على دراسة وتصميم مشروع لتعزيز نظام إمداد مياه الشرب لبلدية تامازورة، بالاعتماد على بئر أغبال. والهدف الرئيسي هو اقتراح حل تقني واقتصادي لتلبية الاحتياجات الحالية والمستقبلية للسكان. قُيِّمَت الدراسة احتياجات البلدية من المياه وحددت أبعاد البنية التحتية اللازمة للنقل والتوزيع. يتضمن المشروع خط أنابيب توصيل بطول 0644 متر وقطر 064 ملم، يضمن نقل المياه إلى خزان سعته 0444 متر مكعب. يبلغ عمق بئر أغبال 004 متراً ومعدل تدفق قابل للاستغلال 00 لتر/ثانية. أشارت الحسابات الهيدروليكية إلى ضغط 0.0 بار عند الخزان. قُدرت الدراسة الاقتصادية التكلفة الإجمالية للمشروع بـ 60% دينار أردني، مؤكدة جدواه رغم الاستثمار اللازم. وتُظهر النتائج أن بئر أغبال يُعَد حلاً أمثل لتعزيز إمدادات مياه الشرب للبلدية. يضمن هذا المشروع أمناً مائياً أكبر، ويُحسِّن جودة الخدمات العامة، ويضمن إمداداً مستداماً بمياه الشرب لسكان تامازورة.

الكلمات المفتاحية: بئر، محطة ضخ، خزان، قطر، معدل تدفق، إمدادات مياه

TABLES DES MATIERES

RESUME

الملخص

ABSTRACT

LISTES DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS

Listes des figures

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES FORAGES D'EAU

- Figure I.1 : Principe de fonctionnement du forage rotary
- Figure I.2 : schéma d'un forage rotary
- Figure I.3 : technique de forage carotté
- Figure I.5 : Forage par système de carottage rotatif
- Figure I.6 : Principe de fonctionnement des carottiers rotatifs
- Figure I.7 : Principe de fonctionnement du carottier à câble
- Figure I.8 : Représente la technique de forage par battage
- Figure I.9 : Principe de fonctionnement du forage MFT
- Figure I.10 : Forage par havage
- Figure I.11 : photo du bassin de boue
- Figure I.12 : Partie exécution d'un forage
- Figure I.13 : Tubes crépines pvc
- Figure I.14 : Tubes crépines pvc
- Figure I.15 : Partie équipements d'un forage
- Figure I.16 : Photos d'essai de pompage
- Figure I.17 : Schéma synoptique des essais de pompage d'un forage d'eau

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE DE TAMAZAURAH

- Figure II.1 : carte administrative de la wilaya d'Ain Temouchent
- Figure II.2 : situation géographique de la commune de Tamazoura
- Figure II.3 : zone d'étude prélevée de Google Earth
- Figure II.4 : Carte de relief de la zone d'étude
- Figure II.5 : Carte géologique d'Ain Temouchent
- Figure II.6 : Carte géologique de la wilaya d'Ain-Temouchent
- Figure II.7 : Température minimale, moyenne et maximale de la région de Tamazoura (période 2000-2026)
- Figure II.8 : Représent la variation de la vitesse de vent
- Figure II.9 : Représente l'évolution de la précipitation de la région de tamazourah durant 2000-2026
- Figure II.10 : Représente de la répartition de l'humidité moyenne annuelle.
- Figure II.11 : Histogrammes de l'évapotranspiration potentielle par mois [3]
- Figure II.12 : Schéma synoptique du système d'AEP de la commune de tamazourah
- Figure II.13 : photo google earth du tracer de la conduite d'AEP de la commune de tamazourah

TABLES DES MATIERES

CHAPITRE III : EVALUATIONS DES BESOINS EN EAU DE LA COMMUNE DE TAMAZOURAH

Figure III.1 : Types des besoins en eau

Figure III.2 : L'évolution de la population de la commune de TAMAZOURAH à horizon 2055

Figure III.3 : Evolution des besoins en eau des trois catégories (AEP, AEI, AEE)

CHAPITRE IV : RENFORCEMENT D'AEP DE LA COMMUNE DE TAMAZPOURAH A PARTIR DU FORGE AGHBAL

Figure IV.2 : Situation géographique du forage AGHBAL

Figure IV.3: Photo Google earth de implantation du forage AGHBAL

Figure IV.4 : Forage AGHBAL pendant la phase de realisation

Figure IV.5 : Représente la Stratigraphique du forage

Figure IV.6 : caractéristiques hydrauliques du forage

Figure IV.7 : Forage AGHBAL en cours d'exploitation.

Figure IV.8 : Schéma synoptique du système AEP de la ville de TAMAZOURAH à partir du forage.

Figure IV-9 : Station de pompage de trois unités

Figure IV.10 : Interface du logiciel DELPHI

Figure IV.11 : Représente graphiquement le diamètre économique

Figure IV.12 : Schéma synoptique du nouveau système d'AEP de la commune de TAMAZOURAH a partir du forage AGHBAL

CHAPITRE V : Etude économique du projet

Figure V.1 : Organigramme de l'étude économique du projet d'alimentation en eau potable de la commune de TAMAZOURAH à partir du forage AGHBAL

Listes des tableaux

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE DE TAMAZAURAH

Tableau II.1 : Représenta la situation démographique de la commune de TAMAZOURAH

Tableau II.2 : Températures moyennes mensuelles et annuelles à la station de Tamazoura (2000-2026).

Tableau II.3 : valeur de vent de la région de Tamazoura (2000-2025)

Tableau II.4 : pluie annuelle (mm) (2000-201

Tableau II.5 : pluie annuelle (mm) (2011-2020)

Tableau II.6 : pluie annuelle (mm) (2020-mars2026)

Tableau II.7 : La répartition de l'humidité moyenne mensuelle (2000-2025)

Tableau II.8: Répartition Mensuelle de l'évapotranspiration potentielle de la région de TAMAZOURAH

Tableau II.9 Principaux indicateurs et données statistiques de la commune de TAMAZOURAH

CHAPITRE III : EVALUATIONS DES BESOINS EN EAU DE LA COMMUNE DE TAMAZOURAH

TABLES DES MATIERES

Tableau III.1 : Volume produit par la station de dessalement (source D.HW et A.D.E Ain Temouchent

Tableau III.2 : Le détail du volume mobilise pour les communes de HAMMAM BOUHADJR, AIN LARABAA, SIDI BOUMEDIENNE, OUED SEBAH ET TAMAZOURAH

Tableau.III.3 : Besoins actuels de la population en 2026

Tableau.III.4 : Estimation des besoins actuels (2026)

Tableau.III.5 : Nombre d'habitants actuel (2026) de la commune de TAMAZOURAH

Tableau.III.6 : Nombre d'habitants estimés pour les années futures (Horizon 2055) de la commune de TAMAZOURAH

Tableau III.7 : Estimation de la consommation domestique futur

Tableau III.8 : Les besoins futurs des équipements

Tableau III.9 : Les besoins futurs de l'industrie

Tableau III.10 : Total des besoins en eau futurs de la commune de TAMAZOURAH pour l'horizon 2055.

Tableau III.11 : Besoins totale au futur (m³/j) 2055.

Tableau III.12 : Représente les Balances des ressources - besoins actuels et besoins futur

CHAPITRE IV : RENFORCEMENT D'AEP DE LA COMMUNE DE TAMAZPOURAH A PARTIR DU FORGE AGHBAL

Tableau IV.1 : Caractéristique dimensionnel du forage (FICHE TECHNIQUE DU FORAGE)

Tableau IV.2 : Représente la formation géologique du forage (DHW Ain Temouchent)

Tableau IV.3 : Représente les caractéristiques hydrauliques du forage

Tableau IV.4 : Caractéristique de la pompe

Tableau IV.5 : Résultats du calcul du diamètre économique

Tableau IV.6 : caractéristiques hydrauliques de la conduite de refoulement

Tableau IV.7 : Les calculs de la hauteur manométrique :

Tableau IV.8 : Les frais d'exploitation :

Tableau IV.9 : Les frais d'amortissement

Tableau IV.10 : Calcul du bilan

Tableau IV.11 : Les calculs de la pression au niveau du réservoir 2000m³ SIDI OUARIECHE.

Tableau IV.12 : Résultat de la simulation hydraulique

CHAPITRE V : Etude économique du projet

Tableau V.1 : synthèse des phases de l'étude du forage AGHBAL

Tableau V.2 : synthèse des phases de la réalisation du forage AGHBAL

Tableau V.3 : Synthèse des phases de construction et d'équipement de la station de pompage du forage AGHBAL

Tableau V.4 : Les différentes étapes de pose de la conduite et des travaux de raccordement

Tableau V.5 : Récapitulatif du cout global du projet de renforcement en AEP (forage, de la station de pompage et de la conduite de refoulement).

TABLES DES MATIERES

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES FORAGES D'EAU

I.1 Introduction

I.2 Définition générale et objectifs

I.3 Types de forages

I.4 Techniques de forage

I.5 Choix de la méthode de forage

I.6 Procédure de réalisation d'un forage d'eau

I.7 Mesures de suivi de forage

I.8 Conclusion

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE DE TAMAZAURAH

II.1 Introduction

II.2 Contexte géographique :

II.3 Contexte Topographique :

II.4 Contexte géologique :

II.5 Situation climatique :

II.6 Situation hydraulique :

II.7 Conclusion :

CHAPITRE III : EVALUATIONS DES BESOINS EN EAU DE LA COMMUNE DE TAMAZOURAH

III.1 Introduction :

III.2 Estimation de l'évolution des besoins actuels en ea

III-3 Volume produit par la station de dessalement

III.4 Déterminer les besoins en eau

III-5 Besoins du futur de la population de la commune de TAMAZOURAH (en 2055)

III.6 Balance des ressources - besoins actuels et besoins futur

III.7 Conclusion

TABLES DES MATIERES

CHAPITRE IV : RENFORCEMENT D'AEP DE LA COMMUNE DE TAMAZOURAH A PARTIR DU FORAGE AGHBAL

IV-1.Introduction :

IV.2 Présentation du forage AGHBAL

IV.3 Stratigraphique du forage

IV.4 Caractéristiques hydrauliques du forage

IV.5 Schéma d'alimentation en eau potable du réservoir 2000m³ TAMAZOURAH

**IV.6 Dimensionnement de la conduite d'alimentation du réservoir de 2000m³ de
TAMAZOURAH à partir du forage d'AGHBAL**

IV.7 Calcul économique du diamètre

IV.7 Déterminer les caractéristiques de la conduite de refoulement :

IV.8 Calcul de la pression d'arrivée au point de réservoir existant 2000 m³:

IV-9 Equipement en ligne

IV.10 Simulation numérique du système d'AEP sous EPANET

IV.11 Conclusion

CHAPITRE V: ETUDE *ECONOMIQUE* DU PROJET

IV.7 V.1 Introduction

V.2 Analyse économique et avantages du projet

La réalisation du forage AGHBAL permettra :

V.3 Estimation du coût du projet

**V.3.1 Estimation du coût de l'étude et conception du forage d'AGHBAL pour le
renforcement d'AEP de la commune de TAMAZOURAH**

V.3.2 Estimation du coût de l'exécution des travaux de forage au niveau d'AGHBAL

V.3.3 Estimation du coût de la station de pompage du forage AGHBA

**V.3.4 Estimation du coût de la conduite aimante du réservoir 2000m³ à partir de la station
de pompage du forage AGHBAL**

V.4 Impact du projet :

V.4.1 Impact économique du projet

V.4.2. Impact social du projet

V.4.3 Impact technique et opérationnel

V.4.4 Impact environnemental

V.5 Conclusion

Conclusion générale

Référence Bibliographiques

TABLES DES MATIERES

Liste des abréviations

AEP : Alimentation en eau potable

ADE : Algérienne des eaux de la wilaya d'AIN TEMOUCHENT

DHW : Direction d'Hydraulique de la wilaya d'AIN TEMOUCHENT

DPAT : Direction de Planification d'Aménagement du Territoire de la wilaya d'AIN TEMOUCHENT

SDEM : Station de dessalement d'eau de mer de la wilaya d'AIN TEMOUCHENT

STP : Station de pompage

BC : Brise charge

Hab : Habitant

L/s : Litre par seconde

L : Longueur

MI : Mètre linéaire

m³ : Mètre cube

m³/j : Mètre cube par jour

Mm³/an : Million mètre cube par année

Introduction générale

L'eau potable constitue une ressource vitale pour le développement des collectivités et l'amélioration des conditions de vie des populations. Face à la croissance démographique, à l'augmentation des besoins domestiques et aux contraintes liées à la disponibilité des ressources hydriques, les gestionnaires sont appelés à mettre en œuvre des solutions durables afin d'assurer une alimentation en eau potable continue et de qualité.

La commune de TAMAZOURAH, située dans la wilaya d'AÏN TEMOUCHENT, connaît une demande croissante en eau potable qui nécessite le renforcement de son système d'approvisionnement. Afin de garantir la satisfaction des besoins actuels et futurs de la population et de renforcer la sécurité hydraulique de la commune, le recours aux ressources souterraines à travers l'exploitation du forage AGHBAL apparaît comme une solution pertinente. La réalisation d'un projet de renforcement de l'alimentation en eau potable nécessite une démarche rigoureuse comprenant l'étude de la ressource mobilisée, l'évaluation des besoins en eau, le dimensionnement des ouvrages hydrauliques ainsi que l'analyse économique des investissements à engager. Ces étapes sont indispensables pour assurer la faisabilité technique et économique du projet.

Dans ce contexte, le présent mémoire porte sur l'étude et le dimensionnement du projet de renforcement du système d'alimentation en eau potable de la commune de TAMAZOURAH à partir du forage AGHBAL. L'objectif principal est de proposer une solution technique fiable permettant de répondre aux besoins en eau potable de la population tout en optimisant les coûts de réalisation et d'exploitation.

Pour atteindre cet objectif, ce mémoire est structuré en cinq chapitres :

- **Le chapitre I** présente une synthèse bibliographique sur les forages, leurs caractéristiques, leurs méthodes de réalisation ainsi que leur rôle dans les systèmes d'alimentation en eau potable.
- **Le chapitre II** est consacré à la présentation de la zone d'étude, notamment ses caractéristiques géographiques, climatiques, démographiques et hydrauliques.
- **Le chapitre III** traite de l'évaluation des besoins en eau de la commune de TAMAZOURAH à partir des données démographiques et des normes de consommation.
- **Le chapitre IV** porte sur le dimensionnement du système de renforcement de l'AEP à partir du forage AGHBAL, incluant les différents ouvrages nécessaires au transport et à la distribution de l'eau.

- **Le chapitre V** présente l'étude économique du projet à travers l'estimation des coûts d'investissement et l'analyse de sa faisabilité économique.

À travers cette étude, il est attendu de mettre en évidence l'intérêt du forage AGHBAL comme ressource complémentaire capable de contribuer efficacement au renforcement de l'alimentation en eau potable de la commune de TAMAZOURAH et d'assurer une meilleure sécurité d'approvisionnement pour les années à venir.

CHAPITRE I :

CHAPITRE I : SYNTHESES BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES FORAGES

I.1 Introduction

L'eau souterraine constitue une ressource essentielle pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation agricole et les différents usages industriels. Son exploitation repose principalement sur la réalisation de forages permettant de capter les nappes aquifères situées à différentes profondeurs. Ainsi, les forages d'eau jouent un rôle stratégique dans la mobilisation des ressources hydriques, particulièrement dans les régions confrontées à une insuffisance des eaux de surface. Dans ce chapitre, une synthèse bibliographique est présentée afin de mettre en évidence les notions fondamentales relatives aux forages d'eau. Dans un premier temps, les principales définitions et concepts liés aux forages seront exposés. Ensuite, les différents types de forages ainsi que leurs domaines d'application seront présentés. Par ailleurs, les procédures de réalisation d'un forage d'eau, depuis les études préalables jusqu'à sa mise en exploitation, seront décrites. Enfin, quelques forages réalisés dans la wilaya d'Aïn Témouchent seront présentés afin d'illustrer les aspects pratiques et les caractéristiques des ouvrages de captage de la région. [1]

I.2 Définition générale et objectifs

Le forage est l'exécution d'un trou dans le sol à l'aide d'un outil mécanique. Le forage signifie aussi l'« ouvrage » réalisé par forage, c'est-à-dire le trou dans le sol. Le forage a de nombreuses

Domain d'Applications :

- la recherche et l'exploitation de matières utiles telles que le pétrole, le gaz naturel, l'eau ;
- la reconnaissance des sols dans le cadre d'études géologiques, géotechniques, hydrogéologiques ;
- la préparation de sols en vue de la réalisation d'ouvrages de génie civil (pieux forés, injection) ;
- et enfin, une application plus récente, la reconnaissance « environnementale » du sol dont l'objectif est d'évaluer un impact sur les sols d'une activité humaine (site industriel, décharge...).

Généralement, le forage est de petit diamètre par rapport à sa longueur, et il est réalisé à l'aide d'un outil, dont la fonction est de percer le sol, enfoncé par des tiges actionnées à l'aide d'un moteur. Au fur et à mesure que l'outil s'enfonce en profondeur, des tiges sont rajoutées et constituent ce que l'on appelle le « train de tiges ». En fonction de son application, le forage est plus ou moins profond. Les forages de reconnaissance et d'exploitation pétrolière peuvent atteindre plus de mille mètres, les forages d'eau sont généralement de quelques mètres à

plusieurs centaines de mètres, et les forages appliqués au génie civil n'atteignent que quelques mètres à dizaines de mètres. [1]

1.3 Types de forages

1.3.1 Forage vertical

Ce type est souvent utilisé pour les forages d'exploitation d'eau ou les hydrocarbures. La réalisation du forage se fait verticalement sur le terrain à exploiter en utilisant un matériel spécifique et un personnel qualifié. Il se caractérise par : [3]

- Une vitesse rapide de foration et une grande profondeur.
- Forage verticalement sans déviation même avec des grandes profondeurs.
- Utilisation d'une boue de forage afin de refroidir l'outil de forage.
- Utilisable sur tous types des sols.

1.3.2 Forage horizontal

Généralement utilisé pour dévier les obstacles. Il nécessite des conditions de travail spécifique (une fosse pour déposer la foreuse, et une autre fosse où le forage se termine). Le forage se fait par une gaine (en acier, en céramique, ...etc.)

Ce type de forage permet d'atteindre plusieurs cibles dans le sous-sol depuis un même site, et réduisant le nombre d'ouvrage. [3]

1.3.3 Forage dirigé

Contrairement au forage horizontal cette technique ne nécessite pas une fosse ou un lieu de travail spécifique, utilisable sur les terrains meubles et rocheux, on distingue 3 étapes de réalisation d'un forage dirigé :

- Foration : par poussée et rotation de l'outil avec insertion de la boue de forage pour refroidissement.
- Alésage : il se fait après foration, afin d'obtenir le diamètre souhaité.
- Tracter : la gaine sera tractée inversement depuis le point de sortie vers le point de départ par l'outil de foration.

1.4 : Techniques de forage

De nombreuses techniques de forage ont été développées pour s'adapter à la diversité des couches géologiques et aux différentes applications du forage. Les principaux facteurs influençant le choix de la technique de forage sont la nature des terrains à traverser, la profondeur à atteindre, les mesures et observations à effectuer, mais aussi le coût. La technique peut changer au cours de la réalisation d'un même forage, par exemple si la nature des terrains change, ou si l'on souhaite réaliser des mesures particulières sur une couche géologique donnée. Les techniques utilisées en environnement sont souvent issues d'autres applications,

essentiellement de la géotechnique et de la recherche d'eau ; cependant, certaines techniques ont été spécialement développées pour l'environnement. [3]

I.4.1 La technique Rotary

La technique rotary est utilisée spécialement dans les terrains sédimentaires non consolidés pour les machines légères, mais les machines puissantes de rotary peuvent travailler dans les terrains durs (pétroliers). Un outil appelé trépan (trilame, tricône) (Figure. 1) est mis en rotation depuis la surface du sol par l'intermédiaire d'un train de tiges. L'avancement de l'outil s'effectue par abrasion et broyage (deux effets) du terrain sans choc, mais uniquement par translation et rotation (deux mouvements). Le mouvement de translation est fourni principalement par le poids des tiges au-dessus de l'outil. La circulation d'un fluide (liquide visqueux : la boue ou l'eau) permet de remonter les cuttings à la surface. La boue est injectée à l'intérieur des tiges par une tête d'injection à l'aide d'une pompe à boue, et remonte dans l'espace annulaire en mouvement ascensionnel, en circuit fermé sans interruption (Figure 1).

La boue en circuit fermé, alimenté par le bassin à boue, tapisse les parois non encore tubées et les maintiens momentanément en attendant la pose de tubage.

- Un accroissement du volume de boue est l'indice d'une venue de fluide souterrain dans le forage (eau, huile, gaz).
- Une perte de volume indique une zone fissurée ou dépressionnaire (vide). Le forage en perte de circulation peut être dangereux pour la ligne de sonde et l'ouvrage.

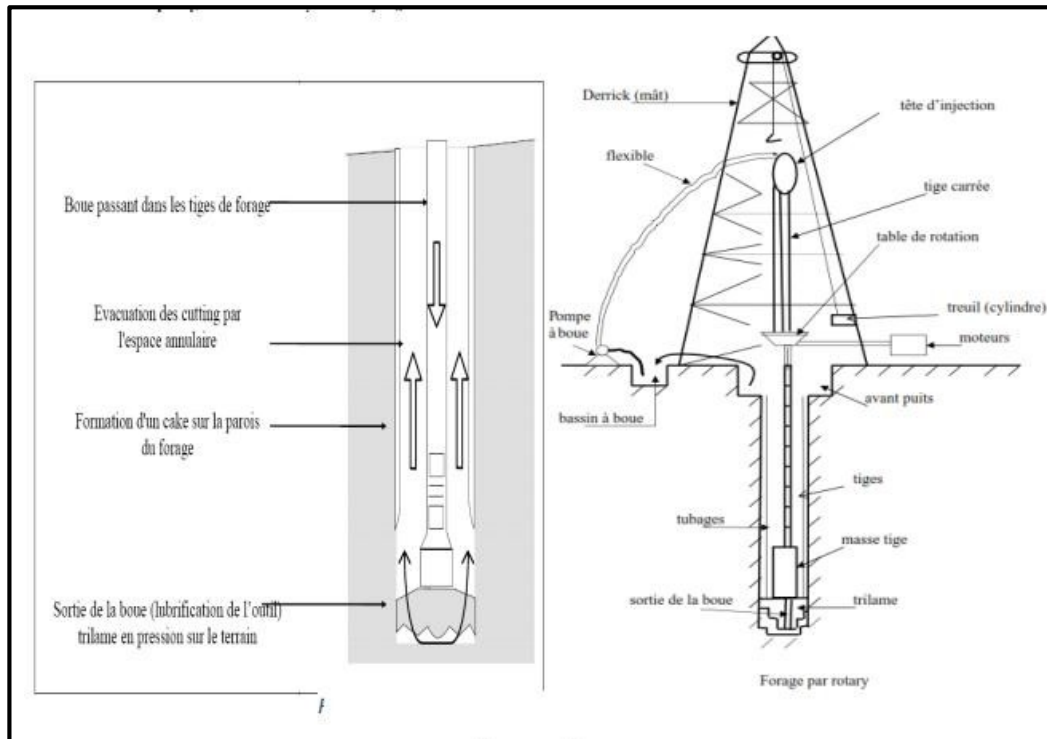


Figure I.1 : Principe de fonctionnement du forage rotary

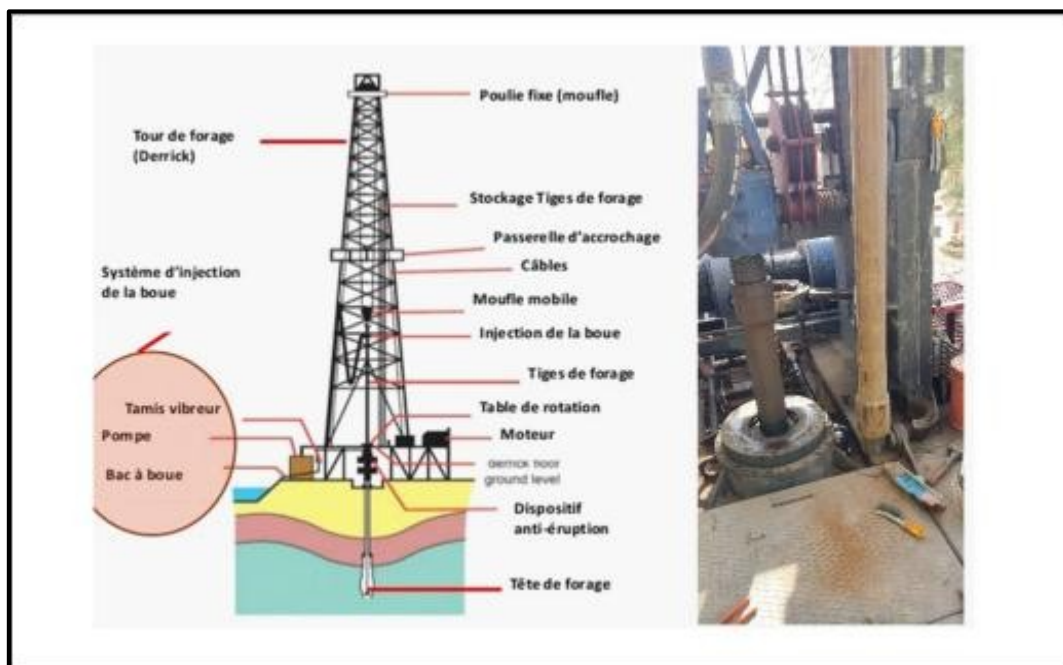


Figure I.2 : schéma d'un forage rotary

I.4.1.1 : Avantages

- La profondeur du forage peut être très importante, la foration n'est pas perturbée par les terrains peu stables ou plastiques, sous réserve de l'utilisation d'un fluide de forage adapté.

- Ce système permet un bon contrôle des paramètres de forage (poids de l'outil, vitesse de rotation, qualité de la boue, débit d'injection de la boue) en fonction des terrains à traverser.
- Le forage au rotary entraîne une consolidation des parois en terrains meubles par dépôt d'un cake.

I.4.1.2 : Inconvénients

- Nécessité d'un fluide de forage qui ne permet pas d'observation directe de la qualité des eaux des formations traversées.
- Colmatage possible des formations aquifères par utilisation de certaines boues (bentonite).
- Difficulté d'observation des cuttings,

I.4.2 Technique du forage rotary en circulation inverse

Cette méthode de foration diffère des méthodes précédentes par une circulation de fluide (boue ou eau) dans l'espace annulaire (entre la formation et les tiges) avec remontée des cuttings par l'intérieur du train de tiges. Il existe également des tiges à double parois qui assurent l'injection et la remontée du fluide par l'intermédiaire des seules tiges. [3]

I.4.2.1 : Avantages

- Information géologique plus précise et quasi instantanée. Les cuttings recueillis en surface proviennent du seul fond du trou sans mélange avec des cuttings provenant éventuellement de l'érosion du trou au cours de la remontée.
- Information géologique continue. La traversée de zones fissurées, fracturées ou cavernueuses, se traduit assez souvent par des pertes partielles (ou totales) de fluide de circulation (boue ou eau) dans les techniques de foration à circulation directe. La remontée des cuttings par le train de tiges diminue fortement les risques de pertes de fluide et de cuttings ainsi que les éventuels colmatages ou contamination des aquifères traversés. [3]

I.4.2.2 Inconvénients

- Présence d'un fluide de forage et de risque de colmatage (idem circulation directe).
- Il existe un risque d'occulté des informations importantes sur un niveau producteur d'épaisseur réduite par passage trop rapide

- Le forage rotary est généralement limité au diamètre 619 mm (24’’), au-delà de celui-ci, les rendements sont moins bons et le coût des pompes à boue nécessaires pour assurer le nettoyage du forage devient prohibitif (excessif).

I.4.3 : La technique de carottage

Le principe des sondages carottés est de venir découper un cylindre de terrain le plus intact possible afin de réaliser des observations et des essais représentatifs des formations en place (Figure I.2). Le découpage des terrains peut être fait par fonçage ou battage (carottier poinçonneur) ou par rotation (carottier rotatif) [4]



Figure I.3 : technique de forage carotté

I.4.4 Carottage par fonçage ou poinçonnage

Cette technique consiste à venir découper les terrains et faire pénétrer l'échantillon dans l'outil par poinçonnement sans rotation. Deux méthodes sont utilisées :

- fonçage par pression : le système de forage applique une force sur le carottier afin de s'assurer une vitesse d'enfoncement supérieure ou égale à 2cm/s aussi constante que possible.
- fonçage par battage : l'outil est enfoncé sous l'effet de chocs générés par la tête de forage et transmis par le train de tiges

I.4.4.1 Avantages

Avancement rapide à faible profondeur dans des formations meubles.

I.1.4.2 Inconvénients

Méthode inadaptée aux terrains durs ou forage profond.

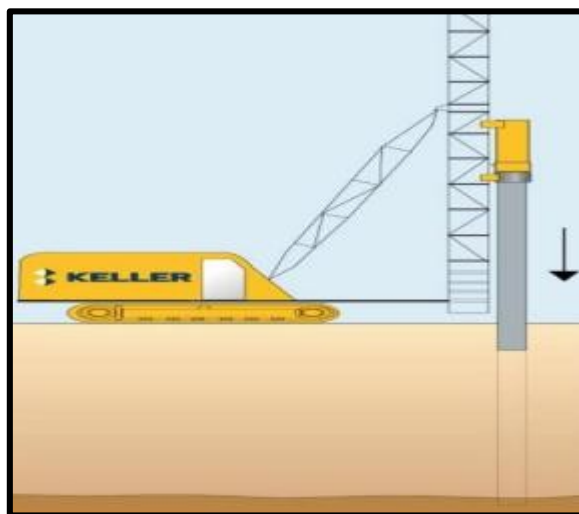


Figure I.4 : Forage par fonçage

I.4.5 Forage au carottage rotatif

Les carottiers rotatifs sont constitués d'un tube cylindrique à l'extrémité duquel se trouve un outil appelé couronne (Figure I.4). L'ensemble est mis en rotation et en appui par la tête de forage via le train de tige. La couronne, munie d'éléments d'abrasion (carbure de tungstène, diamants synthétiques, ...), découpe le terrain qui entre à l'intérieur du tube du carottier. En fin de passe, à la remontée de l'ensemble, un extracteur rompt le contact entre la carotte et le terrain en place puis maintient la carotte à l'intérieur du tube du carottier. Selon la nature des terrains à prélever et la qualité des échantillons recherchés, différents carottiers rotatifs seront mis en œuvre : [4]

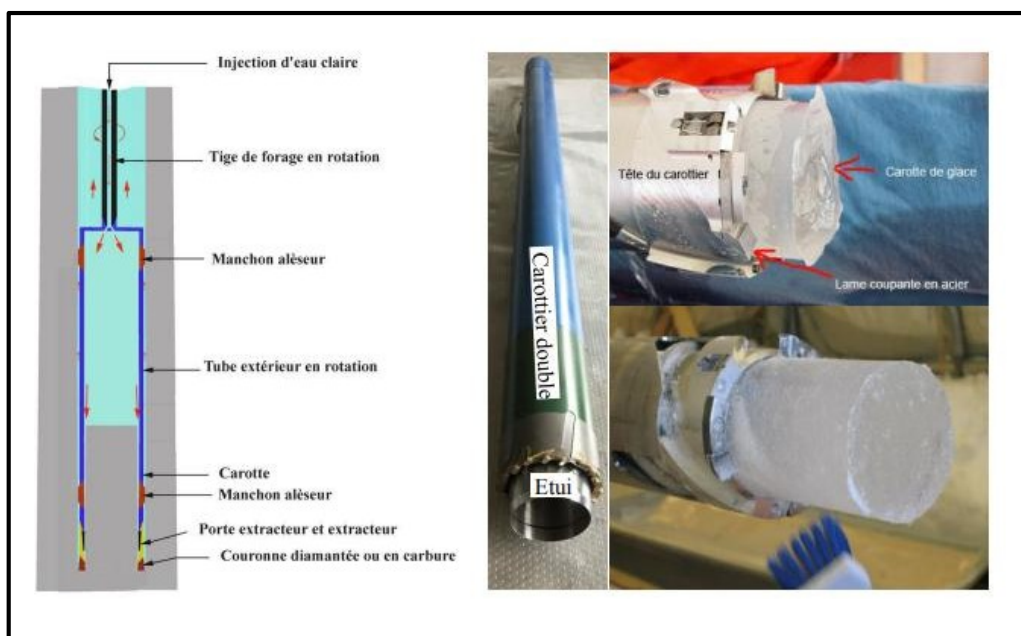


Figure I.5 : Forage par système de carottage rotatif

I.4.5.1 Carottier simple :

Le système se limite à un tube carottier muni d'une couronne (Figure I.5). Lors du forage, le fluide de forage passe le long de l'échantillon qui peut également être en contact avec le tube du carottier en rotation, de telle sorte que la qualité de l'échantillon est limitée et ne permet qu'une caractérisation de la nature des sols. [3]

I.4.5.2 Carottier double :

Le système comporte un tube extérieur entraîné en rotation portant la couronne et un tube intérieur monté sur pivot en partie haute qui ne tourne pas et emmagasine l'échantillon (Fig. 8). Le fluide de forage circule entre le tube extérieur et le tube intérieur. À l'exception des sols mous, les prélèvements réalisés par cette méthode permettent de caractériser la fracturation.

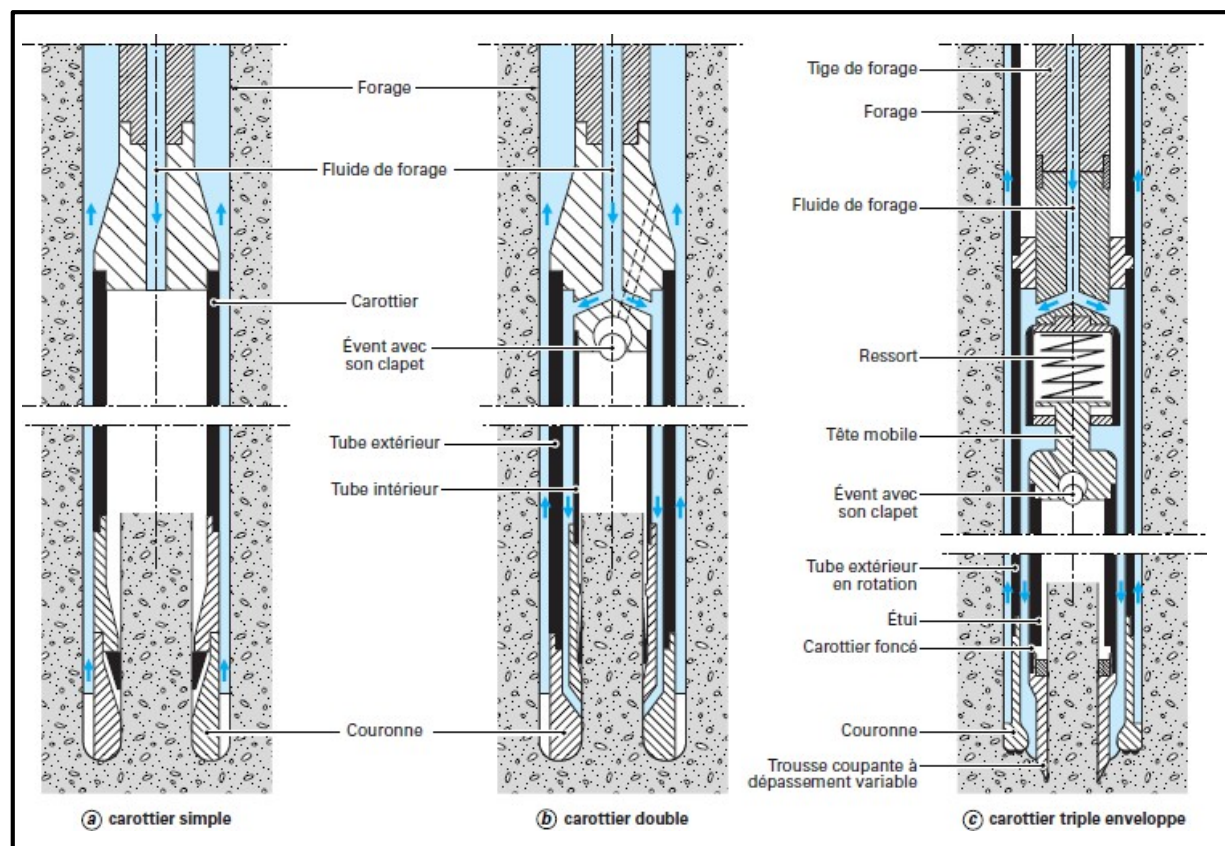


Figure I.6 : Principe de fonctionnement des carottiers rotatifs

I.4.5.3 Carottier à câble :

La particularité de ce système ne réside pas dans le mode de découpage de l'échantillon, mais dans la liaison entre le carottier et la machine. Ce carottier est comme un ascenseur dans la cage. Les tiges reliant la machine à l'outil sont remplacées par un tubage de section constante depuis la surface jusqu'au fond. Ce tubage est entraîné en rotation et en pression, son extrémité inférieure portant une couronne (Figure I.6). Dans ce tubage, on descend un carottier, qui se

verrouille lorsqu'il atteint sa place en bas du tubage sur des épaulements prévus à cet effet. Lorsque la passe de carottage est achevée, le carottier est déverrouillé à l'aide d'un système repêcheur. L'ensemble repêcheur-carottier-carotte est remonté à l'aide d'un treuil. Outre le gain de temps, le maintien du tubage en place assure la stabilité du forage. [3]

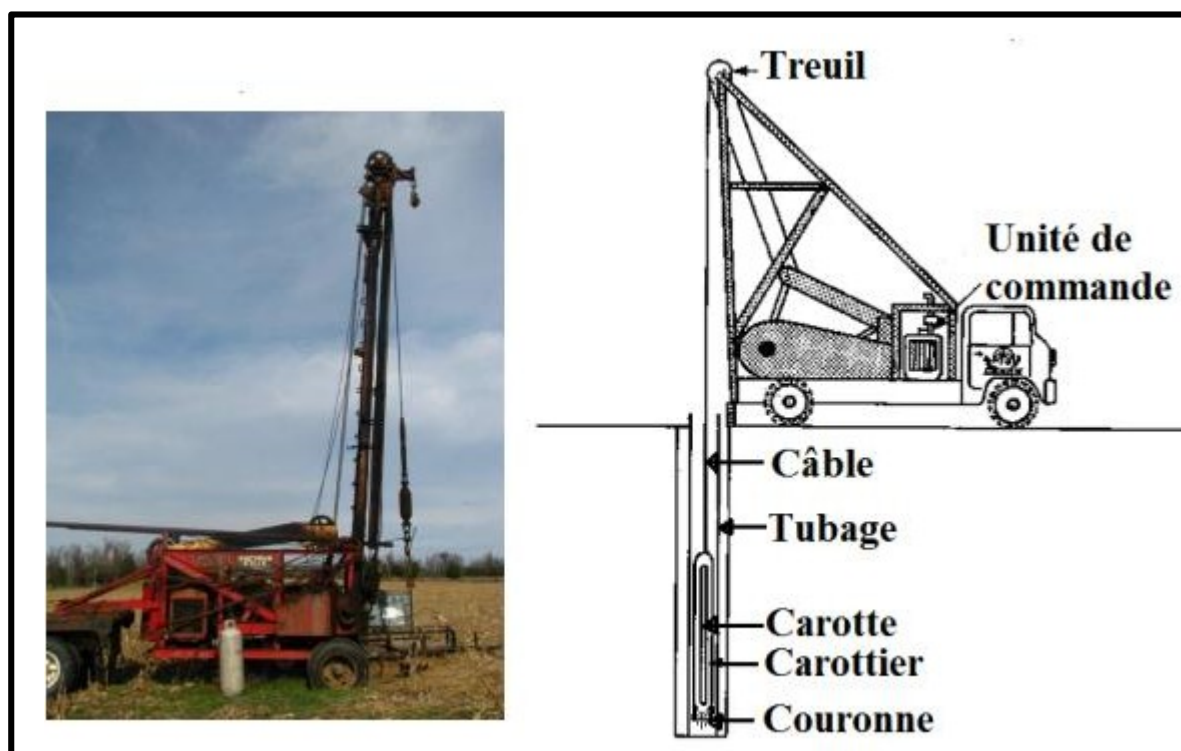


Figure I.7 : Principe de fonctionnement du carottier à câble

I.4.6 Technique de forage par battage

C'est la technique la plus ancienne, elle consiste à soulever un outil très lourd (trépan) et le laisser retomber sur la roche à perforer en chute libre (Figure. I.7). Le forage par battage ne nécessite pas de circuit d'eau ou de boue, et seul un peu d'eau au fond de forage suffit.

Il est tout indiqué pour les terrains durs surtout lorsque le terrain dur est en surface

Le battage se produit par le mouvement alternatif d'un balancier actionné par un arbre à canne (ou bien un treuil : cylindre horizontal). Après certain avancement, on tire le trépan et on descend une curette (souple) pour extraire les déblais (éléments broyés : cuttings). Pour avoir un bon rendement, on travaille toujours en milieu humide en ajoutant de l'eau au fond de trou. Le foreur de métier garde une main sur le câble et l'accompagne dans sa course, ce qui lui permet de bien sentir l'intensité des vibrations sur le câble ; et lorsque le fond de trou est encombré par les débris, celui-ci sera nettoyé par soupapes à piston ou à clapet. Remarque : Le battage peut s'effectuer à l'aide d'un trépan accroché à câble ou accroché à un train de tiges pleines. [4]

I.4.6.1 Avantages

- investissement moins important avec une énergie dépensée faible et une facilité de mise en œuvre
- récupération aisée d'échantillons
- nécessite moins d'eau (40 à 50 l/h) et de n'importe quelle qualité.
- pas de boue de forage, ce qui rend la détection de la nappe d'eau même à faible pression, facile
- pas de problèmes dans des zones fissurées (risque lié à la perte de boue)

I.4.6.2 inconvénients

- le forage s'effectue en discontinue (forage puis curage de cuttings et ainsi de suite)
- forage lent et difficultés pour équilibrer les pressions d'eau jaillissante.
- absence de contrôle de la rectitude
- pas de possibilité de faire le carottage

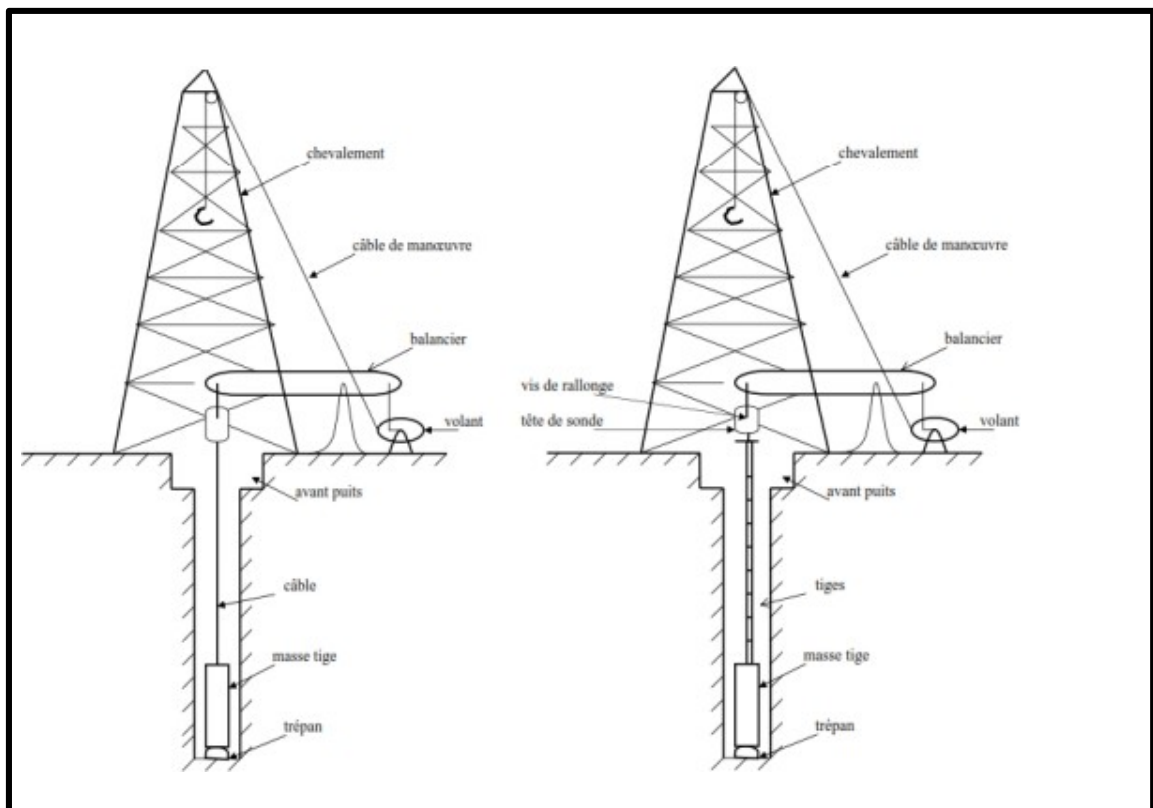


Figure I.8 : Représente la technique de forage par battage

I.4.7 : La technique marteau fond de trou (MFT)

Cette technique permet de traverser des terrains durs. Le principe repose sur : un taillant à boutons en carbure de tungstène (Figure.I.8), fixé directement sur un marteau pneumatique, est mis en rotation et percussion pour casser et broyer la roche du terrain. Le marteau fonctionne

comme un marteau piqueur, à l'air comprimé à haute pression (10 à 25 bars) qui est délivré par un compresseur, et permettant de remonter les cuttings.. Cette technique est surtout utilisée dans les formations dures car elle permet une vitesse de perforation plus élevée que celles obtenues avec les autres techniques. Elle permet de forer habituellement des trous de 85 à 381 mm.

I.4.7.1 Avantages :

- Elle très intéressante dans les pays où l'eau est très rare, elle permet de détecter la présence d'un aquifère lors du forage.
- Une mise en œuvre rapide et simple

I.4.7.2 Inconvénients

- Procédé peu adapté dans les terrains non consolidés ou plastiques.
- Risque de formation de bouchon 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.
- Nécessité d'utilisation de compresseurs très puissants voire de surpresseurs en cas de forassions sous des hauteurs importantes.
- Mauvaise identification de chaque niveau producteur en cours de forassions, le fluide recueilli en tête d'ouvrage intégrant l'ensemble des horizons traversés.

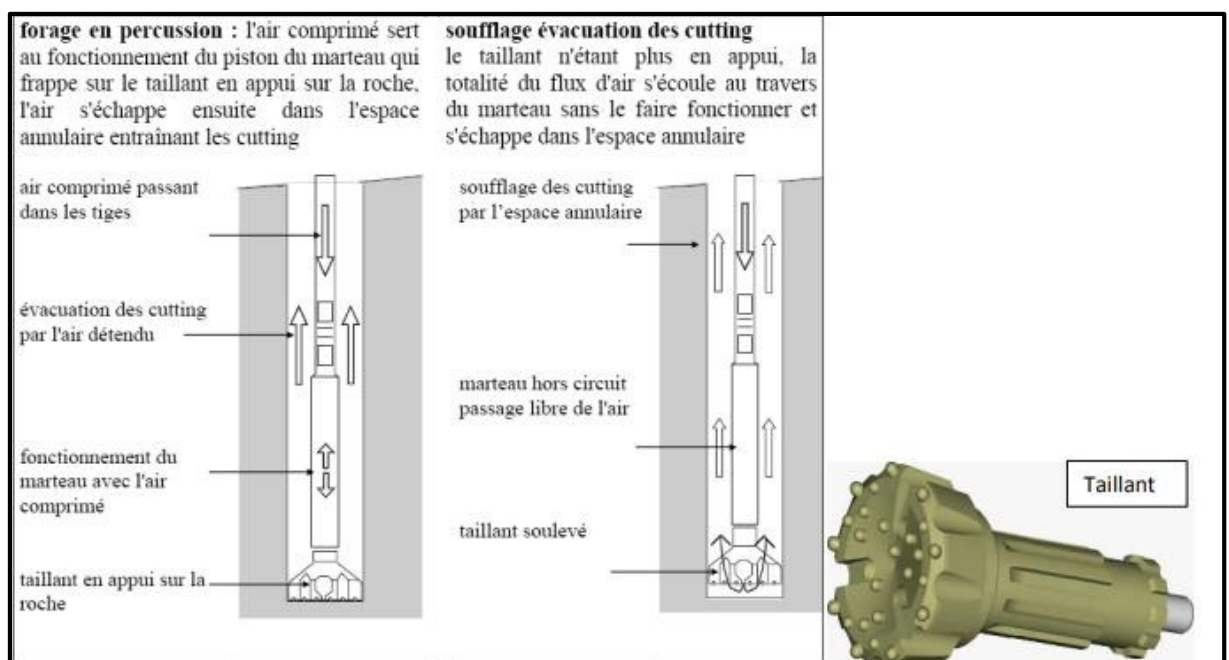


Figure I.9: Principe de fonctionnement du forage MFT

I.4.8 : Technique de Forage par havage

Dans ce type de forage par curage ou havage, les tubages pénètrent dans la formation sous l'effet de leur propre poids ou sous l'action de vérins hydrauliques. Une benne preneuse "vide" rentre progressivement à l'intérieur et remonte les échantillons

I.4.8.1 Avantages

Avancement rapide à faible profondeur dans des formations meubles,

I.4.8.2 Inconvénients

Méthode inadaptée aux terrains durs. Difficulté de mise en place ou d'arrachement des tiges et des tubages



Figure I.10 : Forage par havage

I.5 Choix de la méthode de forage

Le choix de la méthode de forage à adopter pour la réalisation d'un ouvrage dépend de plusieurs paramètres qu'il convient de prendre en considération dès la phase de conception. Cette sélection doit permettre d'assurer l'efficacité technique du forage tout en optimisant les coûts et les délais d'exécution. Les principaux critères à considérer sont les suivants : [8]

- La nature géologique et géotechnique des terrains traversés ;
- La profondeur finale de l'ouvrage ;
- La nature et l'objectif de l'ouvrage à réaliser (forage de reconnaissance, d'exploitation ou de suivi) ;
- La qualité et les caractéristiques des eaux souterraines recherchées ;
- Les conditions environnementales et l'accessibilité du chantier ;

- Les contraintes techniques et économiques liées au projet.

Cette analyse préalable permet de choisir la technique de forage la plus adaptée aux conditions du site et aux objectifs visés.

I.6 Procédure de réalisation d'un forage d'eau

La réalisation d'un forage d'eau comprend plusieurs étapes successives visant à garantir l'obtention d'un ouvrage capable de capter les eaux souterraines dans de bonnes conditions de quantité et de qualité. [8]

I.6.1 Études préliminaires

Avant le démarrage des travaux, il est nécessaire de réaliser :

- Une étude hydrogéologique de la zone.
- La collecte des données géologiques et hydrauliques existantes.
- La détermination de l'emplacement du forage.
- L'estimation de la profondeur prévisionnelle de l'ouvrage.

I.6.2 Implantation et préparation du site

Cette phase consiste à :

- Délimiter l'emplacement du forage.
- Aménager la plateforme de travail.
- Installer l'appareil de forage et les équipements annexes.
- Prévoir les dispositifs de sécurité et les bassins de décantation des boues.

I.6.3 Exécution du forage

Le forage est réalisé selon la méthode retenue (rotative, battage, marteau fond de trou, etc.).

- Les principales opérations sont :
- Foration du terrain jusqu'à la profondeur prévue.
- Contrôle permanent des terrains traversés.
- Prélèvement et description des déblais ou échantillons.
- Enregistrement de la coupe géologique.

I.6.4 Équipement du forage

Après l'atteinte de la profondeur finale :

- Mise en place des tubes pleins et crépinés.
- Positionnement des crépines au niveau des horizons aquifères.
- Mise en place du massif filtrant (gravier calibré) autour des crépines.

I.6.5 Cimentation et protection sanitaire

Cette étape vise à protéger la nappe contre les contaminations superficielles :

- Réalisation du bouchon d'étanchéité.
- Injection du coulis de ciment dans l'espace annulaire.
- Construction de la tête de forage.

I.6.6 Développement du forage

Le développement permet d'améliorer la productivité de l'ouvrage par :

- Air-lift.
- Pompage alterné.
- Surpompage.
- Pistonnage.
- Cette opération élimine les particules fines autour des crépines.

I.6.7 Essais de pompage

Les essais permettent de déterminer :

- Le débit exploitable du forage.
- Le rabattement de la nappe.
- Les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère.
- Le rendement de l'ouvrage.

I.6.8 Analyses de la qualité de l'eau

Des échantillons d'eau sont prélevés pour effectuer :

- Les analyses physico-chimiques.
- Les analyses bactériologiques.

I.6.9 Équipement définitif et mise en service

Cette dernière étape comprend :

- L'installation de la pompe.
- La pose de la colonne de refoulement.
- La réalisation du raccordement au réseau.
- La mise en exploitation du forage.



Figure I.11 : photo du bassin de boue

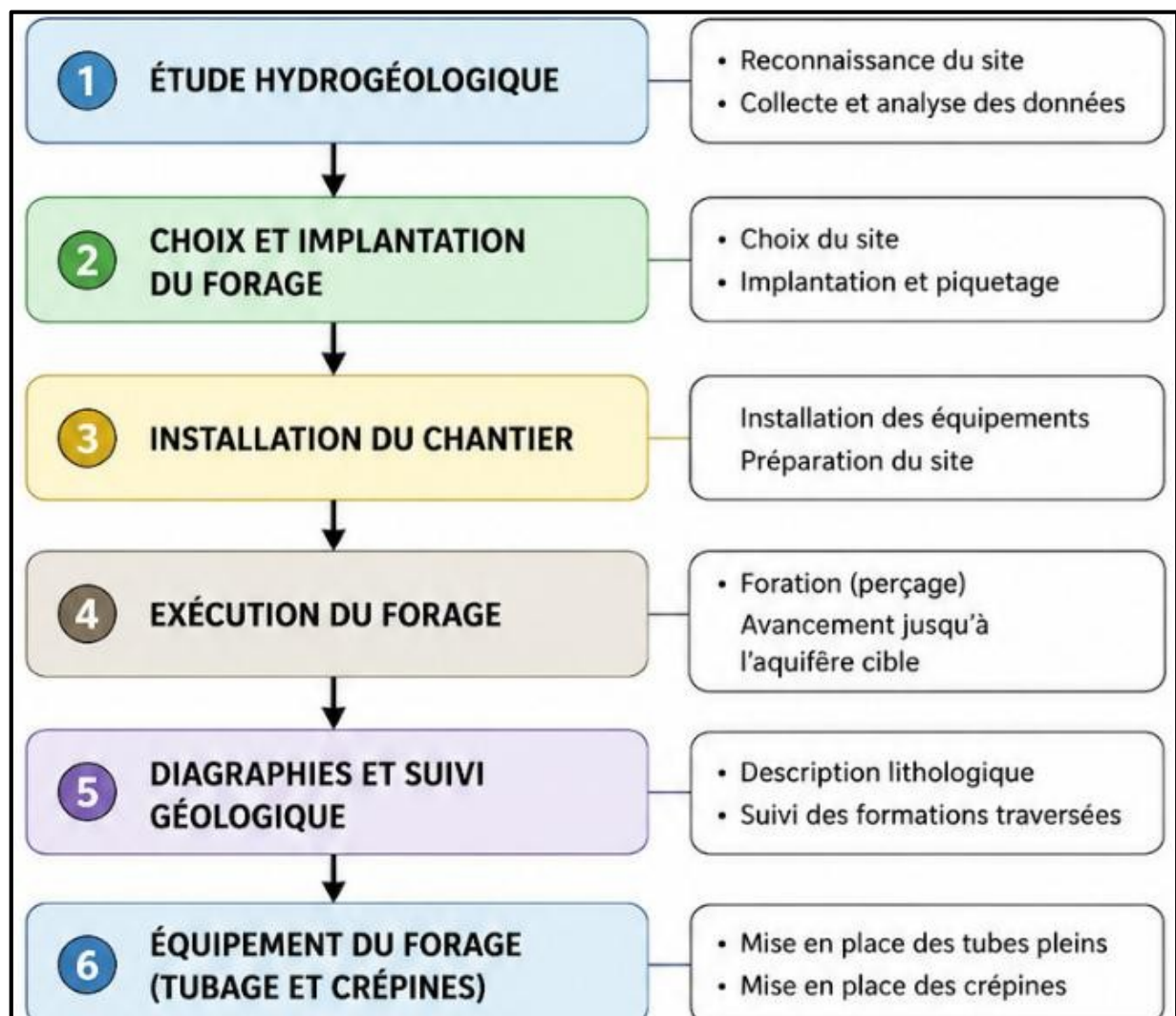


Figure I.12 : Partie exécution d'un forage

I.6.10 : Description des travaux de foration d'installation des équipements

Essais de pompage, l'ouvrage est équipé afin d'assurer une exploitation durable et sécurisée des eaux souterraines. Les principaux éléments d'équipement sont :

I.6.10.1 Tubage de production

- Assure le maintien des parois du forage.
- Protège l'ouvrage contre les éboulements.

**I.6.10.2 Mise en place des crépines**

La détermination des slots ou des crépines (ouvertures des crépines) et des niveaux à crépinier se fera après analyse des cuttings et interprétation des diagraphies par l'ingénieur de suivi. L'entreprise est chargée de prélever des échantillons de cuttings chaque 1 mètre. Les échantillons seront lavés, séchés et étiquetés. De préférence, un échantillon intact (non lavé) est gardé à côté de l'échantillon lavé.



Figure I.13 : Tubes crépines pvc

I.6.10.3 Massif filtrant (gravier additionnel)

Le rôle du gravier additionnel est d'augmenter les débits d'exploitation, de diminuer les vitesses d'écoulement, et d'éviter le risque d'érosion en évitant l'entrée des sables fins.

Dans la pratique, le gravier additionnel est défini par la granulométrie de la formation et par l'ouverture de la crépine. Il doit être uniforme, propre, calibré et siliceux de préférence.

Le gravier descend dans l'espace annulaire le long du tubage. Une remontée de boue par le tube de forage indique une descente correcte du gravier.

Lorsque le niveau du gravier atteint le haut des crépines, la boue ne remonte pas par le tube mais par l'espace annulaire : le massif de gravier doit alors dépasser le haut des crépines sur quelques mètres.

Dans la pratique, le gravier additionnel est défini par la granulométrie de la formation et par l'ouverture de la crépine.

Le rôle du gravier additionnel est :

- ✓ Augmenter les débits d'exploitation (la filtration)
- ✓ Diminuer les vitesses d'écoulement
- ✓ Empêcher l'érosion souterraine, ainsi que l'entrée des sables fins
- ✓ Prévenir le colmatage

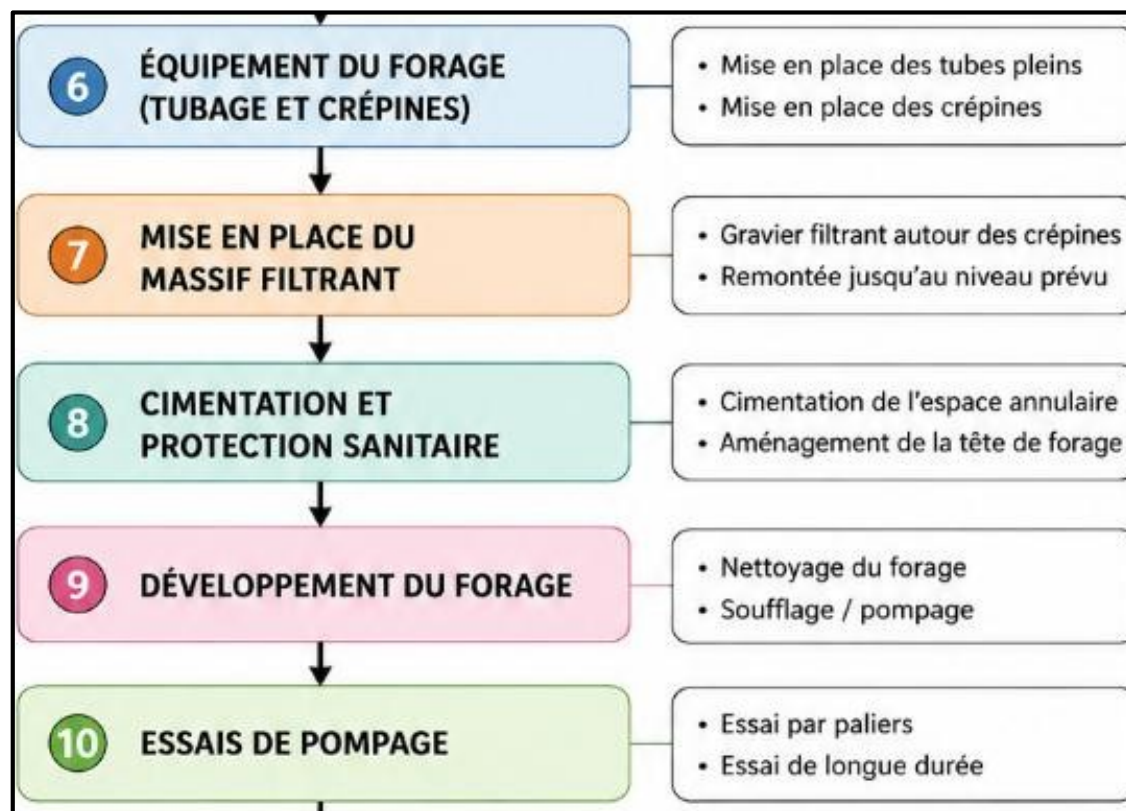


Figure I.15 : Partie équipements d'un forage

I.7 Mesures de suivi de forage

L'objectif d'un forage est, comme dit plus haut, de prélever des échantillons de sol, ou d'eau souterraine qui seront ensuite envoyés au laboratoire d'analyse chimique pour évaluer le degré de pollution du sous-sol, les nombreuses informations que peut livrer un forage au moment de sa réalisation par simple observation des sols remontés et par la réalisation de mesures sur site. C'est le rôle du géologue de scrupuleusement documenter au cours du forage les observations et mesures effectuées, qui seront de précieuses données pour comprendre les conditions du sous sol du site et évaluer les éventuelles pollutions présentes. Les principales observations et mesures à effectuer au moment de la réalisation du forage sont les suivantes.

I.7.1 La nature des terrains traversés :

La profondeur des changements de terrain doit être notée avec le plus de précision possible. Les évolutions au sein d'une même couche sont aussi documentées (par exemple un sable devenant de plus en plus grossier, puis devenant argileux vers la base).

I.7.2 Toute observation dite « organoleptique »

C'est-à-dire visuelle, olfactive ou tactile qui semble anormale, comme par exemple l'existence d'une pollution visible, une couleur non naturelle, ou une odeur chimique (dans les limites autorisées par la réglementation de l'exposition des travailleurs aux produits chimiques). La profondeur et l'extension verticale de ces anomalies seront notées avec précision.

I.7.3 Des mesures donnant une idée semi-quantitative du degré de pollution :

Un appareil souvent utilisé en cas de suspicion de pollution par des composés organiques est le détecteur à photo ionisation. Cet instrument permet d'évaluer la présence de composés organiques volatils dans les sols ou les eaux souterraines.

D'autres appareils peuvent être utilisés, tels que des tubes colorimétriques ou des kits de mesure des hydrocarbures.

Toutes ces observations et mesures sont reportées sur la « coupe de forage » où les informations sont notées le long d'une règle graduée représentant l'échelle des profondeurs (figure 6).

Les différentes coupes de forage permettent souvent d'évaluer, par interpolation, les variations latérales de la

I.7.4 Essais de pompage

Les essais de pompage constituent une étape essentielle après la réalisation d'un forage d'eau. Ils permettent d'évaluer les caractéristiques hydrauliques de l'aquifère ainsi que les performances du forage. Le principe consiste à pomper l'eau à un ou plusieurs débits déterminés pendant une durée donnée tout en mesurant l'évolution du niveau d'eau dans le forage. Les

données recueillies permettent de déterminer le débit d'exploitation optimal, le rabattement de la nappe, la transmissivité et la perméabilité de l'aquifère.

Les essais de pompage comprennent généralement un essai par paliers, réalisé à différents débits croissants, suivi d'un essai de longue durée à débit constant. Ces essais sont indispensables pour garantir une exploitation durable de la ressource en eau souterraine et pour dimensionner correctement les équipements de pompage.

Durant ces opérations, les mesures de NS et ND seront prises dans le forage en pompage et un piézomètre d'observation conformément à la recommandation qui seront notifiées sur les lieux.

Les équipements nécessaires pour cette opération sont : **[8]**

- ❖ Une pompe immergée - Une sonde électrique pour la mesure du niveau d'eau
- ❖ Un chronomètre
- ❖ Un débitmètre
- ❖ Une vanne de sortie du puits
- ❖ Une tuyauterie pour évacuer l'eau loin du forage



Figure I.16 : Photos d'essai de pompage



Figure I.17 : Schéma synoptique des essais de pompage d'un forage d'eau

I.8 Conclusion

La réalisation d'un forage d'eau peut être effectuée par différentes techniques, notamment le Rotary, l'Odex et le battage. Parmi celles-ci, la méthode Rotary est la plus utilisée en raison de son efficacité et de sa polyvalence. Le creusement du forage est réalisé à l'aide d'outils de différents diamètres, généralement compris entre 12" et 22". Lors de la phase de reconnaissance, un outil de 12" de diamètre est souvent utilisé.

Au cours du forage, des prélèvements de cuttings sont effectués à intervalles réguliers, généralement tous les mètres, afin de réaliser des analyses granulométriques. Ces analyses permettent de déterminer les caractéristiques du massif filtrant ainsi que le diamètre des ouvertures (slots) des crépines.

Après le creusement, une reconnaissance géophysique par diagraphies est réalisée. Cette étape est essentielle pour identifier les horizons aquifères potentiels et établir le programme définitif de tubage. Une fois la colonne de tubes installée, des opérations de développement mécanique et chimique sont mises en œuvre afin de nettoyer l'ouvrage, éliminer les particules fines et améliorer les échanges hydrauliques entre l'aquifère et le forage.

Ainsi, la réussite d'un forage d'eau repose sur le respect rigoureux de l'ensemble des étapes de réalisation, depuis le choix de la technique de forage jusqu'aux opérations de développement final.

CHAPITRE II :

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II.1 Introduction :

La commune de Tamzoura, anciennement dénommée Saint-Maur durant la période coloniale, est située dans l'Ouest algérien, à environ 39 km au sud-ouest de la ville d'Oran et à 30 km de Hammam Bou Hadjar. Cette localité occupe une position géographique privilégiée à la limite de la plaine de la Mléta et au pied des monts du Tessala, ce qui lui confère des caractéristiques naturelles et géologiques particulières.

Tamzoura est la plus vaste commune de la daïra d'Aïn Témouchent. Elle est délimitée au nord par la Grande Sebkhia d'Oran, vaste étendue saline constituant un élément naturel remarquable de la région. Au sud, elle est bordée par les monts du Tessala, dont le point culminant est le mont Bou Hanech (900 m d'altitude), qui la sépare des hauts plateaux de la région de Sidi Bel Abbès. À l'ouest, la commune est limitrophe des communes d'Oued Sebbah, Hammam Bou Hadjar et Aïn El Arba, tandis qu'à l'est elle est entourée par les communes de Sidi Ben Adda et Aïn Tolba.

Grâce à sa situation géographique et à la diversité de son relief, la commune de Tamzoura présente un intérêt particulier dans les domaines de l'hydrogéologie et de l'exploitation des ressources en eau souterraine. Ces caractéristiques justifient l'importance des études et des travaux de forage réalisés dans cette région afin de répondre aux besoins croissants en eau potable, agricole et industrielle. [2]

II.2 Contexte géographique :

La wilaya d'Ain Temouchent située à l'ouest de l'Algérie entre les wilayas d'Oran, Tlemcen et Sidi-Bel-Abbès. Avec une superficie d'environ 2 377 km². La population est estimée à 492000 habitants, au 2026, avec une densité de 1206 hab /km². La wilaya d'Ain Temouchent compte: 8 daïras, 28 communes.

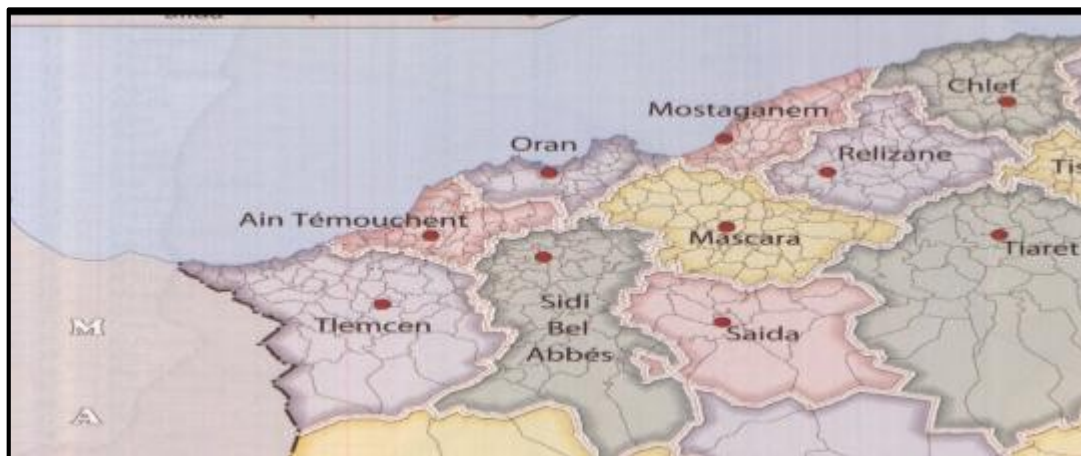


Figure II.1 : carte administrative de la wilaya d'Ain Temouchent.

II.2.1 Zone d'étude (commune de Tamazoura) :

Tamazoura (Saint-Maur pendant une partie de la colonisation française) daïra d'Ain el arba est située à l'est de la wilaya d'Ain Témouchent. C'est la commune la plus étendue de la wilaya, avec une superficie de 229,06 km². La population est estimée à 12089 habitants en 28 AVRIL 2026 avec une densité de 52 hab /km²

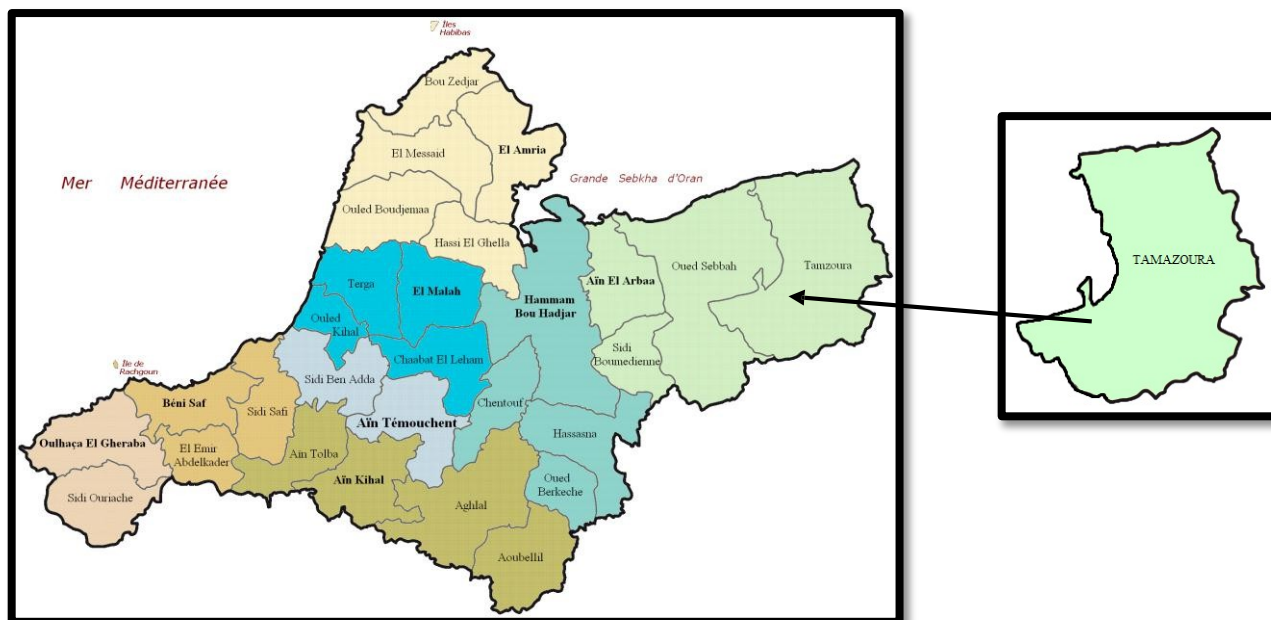


Figure II.2 : situation géographique de la commune de Tamazoura

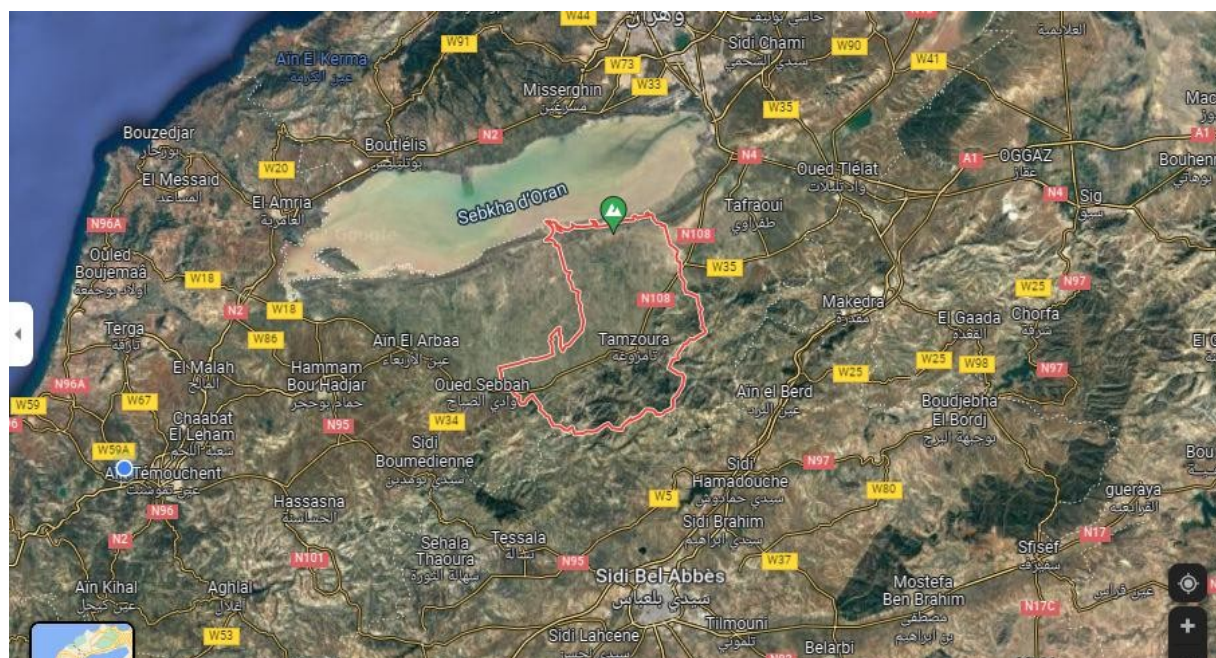


Figure II.3 : zone d'étude prélevée de Google Earth

La commune comprend deux zones très contrastées. Dans sa partie nord, elle est située dans la grande plaine de la Mleta qui s'étend au sud de la Grande Sebkha d'Oran. L'altitude de cette plaine passe du nord au sud, de 89 m d'altitude en bordure du lac salé à 200 m au pied des premiers contreforts montagneux. La zone au sud du commun est montagneux, située dans le versant nord des monts du Tessalah, ici nommés djebel Bou Hanech, qui y culmine à 900 m environ. Le chef-lieu de la commune est situé à la jonction de ces deux zones. [2]

II.2.2 Situation démographique de la commune de TAMAZOURAH :

La commune de Tamazourah s'étend sur une superficie de 229,06 km² pour une population estimée à 12 089 habitants en 2026, soit une densité moyenne de 52 habitants/km². Cette densité relativement modérée traduit un peuplement peu concentré, caractéristique des zones rurales. La répartition de la population sur un vaste territoire favorise le développement des activités agricoles et de l'élevage, tout en impliquant des besoins importants en infrastructures de base, notamment en matière d'alimentation en eau potable, d'assainissement, de transport et d'équipements publics. Cette situation démographique constitue un facteur important à prendre en compte dans les études d'aménagement et de gestion des ressources hydriques de la commune.: [9]

Tableau II.1: Représent la situation démographique de la commune de TAMAZOURAH

Commune	Population (2026)	Superficie (km²)	Densité hab /km²
commune de TAMAZOURAH	12089	229,06	52

II.3 Contexte Topographique :

La zone d'étude se caractérise par un relief montagneux et accidenté, marqué par des pentes relativement importantes et des altitudes variant entre 150 m et 900 m. Cette configuration topographique confère à la région un réseau de drainage dense favorisant l'écoulement rapide des eaux de ruissellement vers les vallées et les cours d'eau. En période de fortes précipitations, les écoulements atteignent des vitesses élevées, ce qui peut provoquer des crues soudaines et parfois violentes. Ces phénomènes hydrologiques augmentent les risques d'érosion des sols, de transport de sédiments et d'inondations localisées pouvant causer des dommages importants aux infrastructures et aux terres agricoles. Ainsi, le contexte topographique joue un rôle déterminant dans le comportement hydrologique de la région et dans la gestion des ressources en eau. [6]



Figure II.4 : Carte de relief de la zone d'étude

II.4 Contexte géologique :

La commune de Tamzoura présente un contexte géologique et géomorphologique caractérisé par la coexistence de deux unités naturelles très contrastées. Dans sa partie nord, elle s'inscrit dans la vaste plaine de la Mleta, située au sud de la Grande Sebkha d'Oran. Cette plaine, à faible relief, est constituée principalement de formations sédimentaires récentes favorables aux activités agricoles et au développement des ressources en eaux souterraines. L'altitude y évolue progressivement du nord vers le sud, passant d'environ 59 m au niveau des abords de la Sebkha à près de 200 m au pied des premiers reliefs montagneux.

La partie sud de la commune est dominée par un paysage montagneux appartenant au versant nord des monts du Tessalah, localement désignés sous le nom de Djebel Bou Hanech. Ces reliefs atteignent des altitudes avoisinant 900 m et sont constitués de formations géologiques plus anciennes, fortement fracturées par endroits. Cette diversité géologique influence directement les conditions d'infiltration, de circulation et de stockage des eaux souterraines. Par ailleurs, la transition entre les zones de plaine et les zones montagneuses confère à la commune une grande variété morphologique, jouant un rôle important dans l'organisation du réseau hydrographique et dans les processus d'érosion et de transport des matériaux. [9]

Cette configuration géologique et topographique constitue un facteur déterminant dans l'étude hydrogéologique de la région et dans l'implantation des ouvrages de captage des eaux souterraines, notamment les forages destinés à l'alimentation en eau.

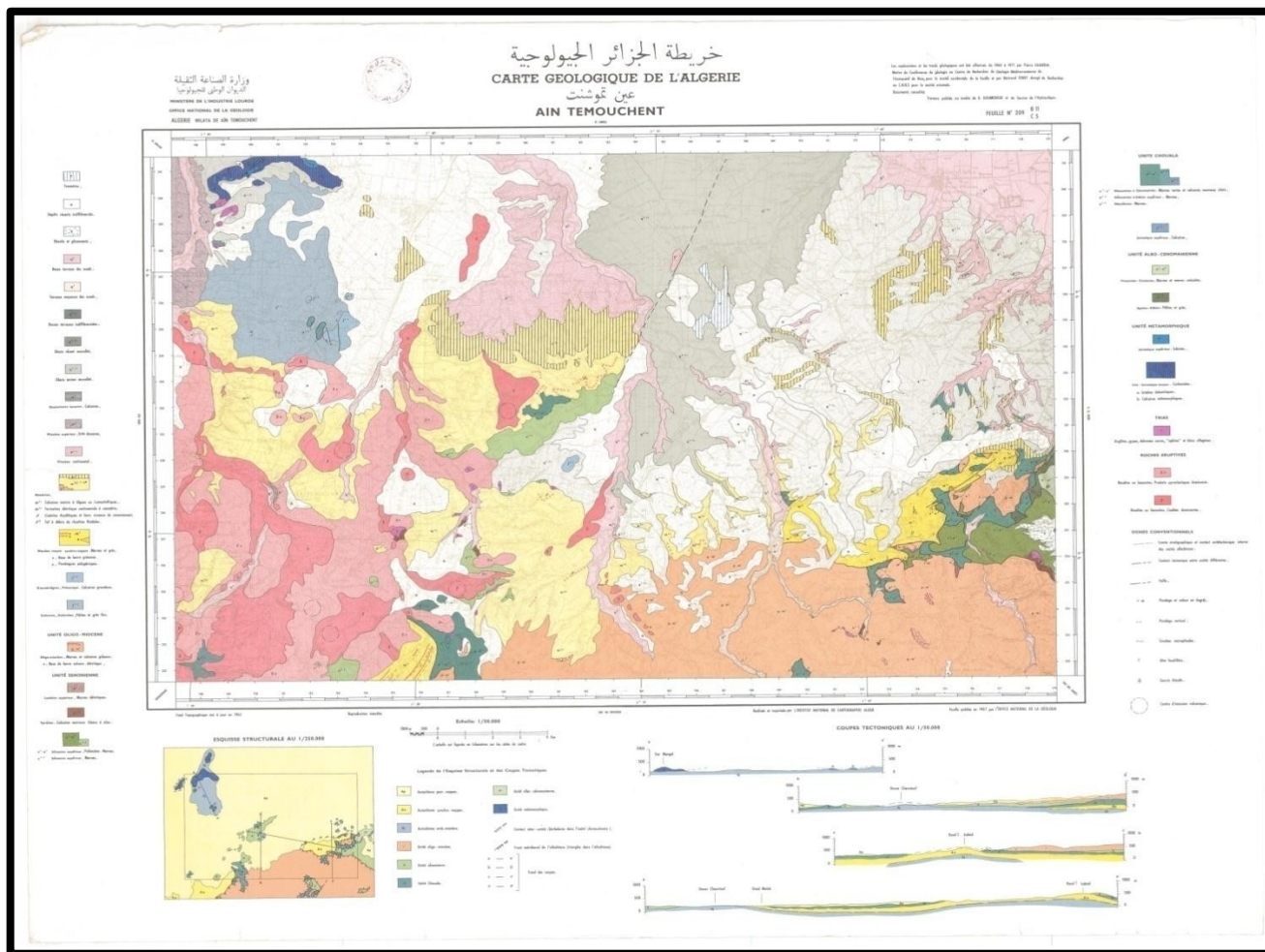


Figure II.5 : Carte géologique de Ain Temouchent

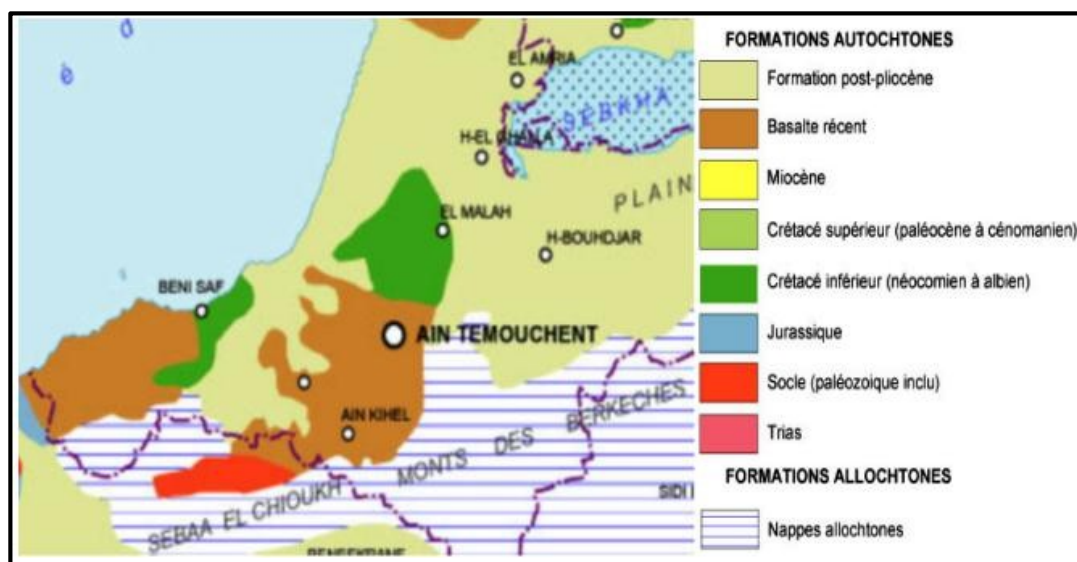


Figure II.6 : Carte géologique de la wilaya d'Ain-Temouchent

II.5 Situation climatique :

L'étude du climat est nécessaire, elle nous informe sur la pluviométrie de la région, les températures et les vents. [10]

II.5.1. Température :

La commune de TAMAZOURAH est une région à climat méditerranéen chaud. C'est un climat tempéré chaud avec un été sec (méditerranéen). La température moyenne interannuelle, mesurée par la station climatique de TASSALA de sur la période 2000-2025 est de 18°C.

La figure ci-dessous présente les variations de températures mensuelles au cours des années 2000-2025

Tableau II.2 : Températures moyennes mensuelles et annuelles à la station de Tamazoura (2000-2026). Source: DHW A.T 2026

paramètres	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	moyenne
T MAX	32.9	30.5	26.1	20.8	20.7	21.5	24.8	24.3	27.9	31.8	34.9	35.7	27.66
T MIN	17.2	14.5	11.2	7.5	4.1	5	5.9	5.8	8.3	9.6	14.2	16.8	10.01
T MOY	25.05	22.5	18.65	14.15	12.4	13.25	15.35	15.05	18.1	20.7	24.55	26.25	18.83

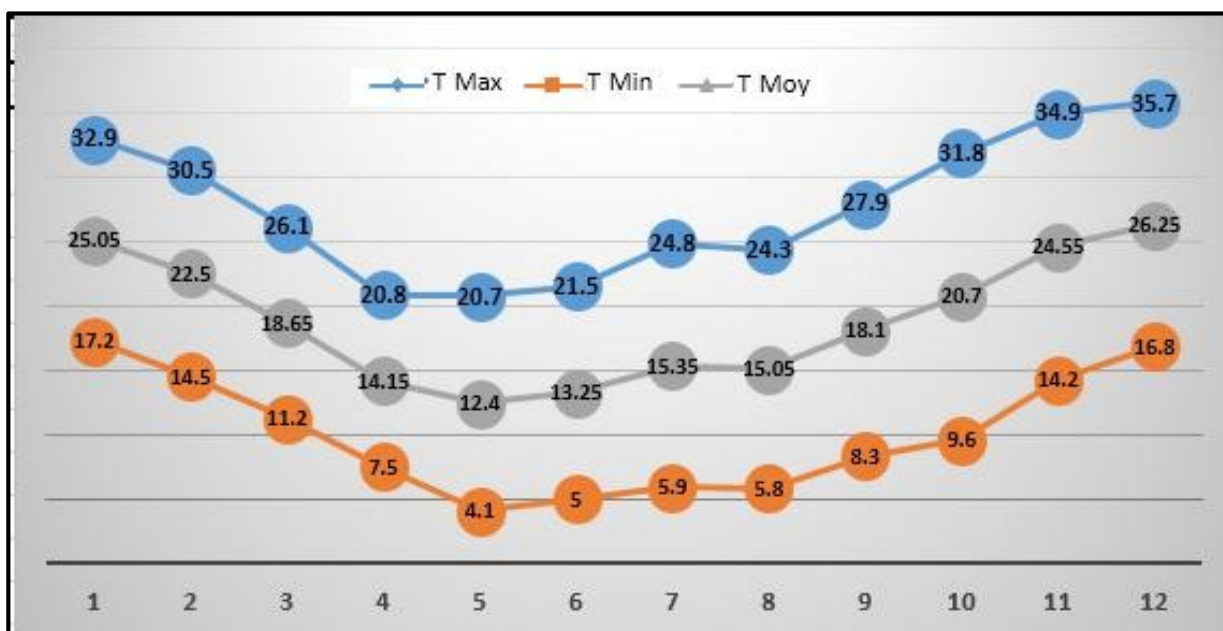


Figure II.7 : Température minimale, moyenne et maximale de la région de Tamazoura (période 2000-2026)

Les données climatiques montrent une variation saisonnière marquée des températures au niveau de la région étudiée. Les températures maximales (Tmax) varient entre 20,7 °C et 35,7 °C, tandis que les températures minimales (Tmin) oscillent entre 4,1 °C et 17,2 °C.

La période la plus chaude s'étend de juin à août, avec des températures maximales atteignant 34,9 °C en juillet et 35,7 °C en août, traduisant un été chaud et sec caractéristique du climat méditerranéen semi-aride. À l'inverse, les mois les plus froids correspondent à janvier et février, où les températures minimales descendent respectivement à 5 °C et 4,1 °C.

Les températures moyennes mensuelles (Tmoy) varient entre 12,4 °C en janvier et 26,25 °C en juillet, révélant une amplitude thermique annuelle relativement importante.

Cette évolution traduit une augmentation progressive des températures du printemps vers l'été, suivie d'une diminution graduelle à partir de l'automne.

Ces conditions thermiques favorisent une forte évaporation durant la saison estivale, ce qui influence les ressources hydriques de la région et accentue les besoins en eau, notamment pour l'agriculture et l'alimentation en eau potable. Les températures modérées observées durant l'automne et le printemps constituent des périodes de transition climatique plus favorables à la recharge des nappes souterraines

II.5.2. Le vent :

Le tableau **II.3** présente les données de la station de Tamazoura des mesures de la vitesse du vent au sol. [10]

Tableau II.3 : valeur de vent de la région de Tamazoura (2000-2025)

paramètres	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Vent Max (m/s)	7.85	6.1	6.35	7.68	3.42	4.88	7.18	7.55	4.35	7.02	6.1	7.95

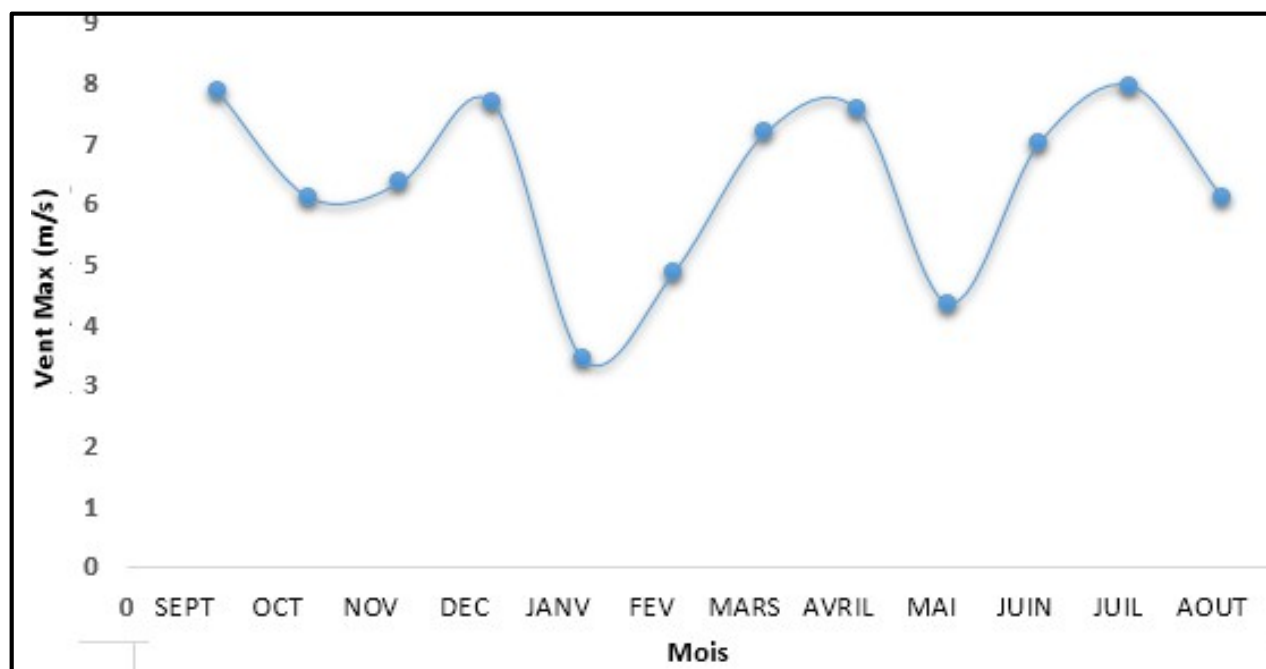


Figure II.8 : Représent la variation de la vitesse de vent

La vitesse moyenne de vent qui définit cette région est de 6.36 m/s. au cours de l'année la vitesse du vent peut augmenter jusqu'à 7.68 m/s (mois de juin) ou descendre jusqu'à 3.42 m/s (mois de janvier)

II.5.3. La pluviométrie :

Sont dénommées précipitations, toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...) elles sont provoquées par un changement de température ou de pression. Les précipitations constituent l'unique "entrée" des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants. (L'HYDROLOGIE DE L'INGENIEUR 1960) [10]

Les tableaux II.3, II.4, II.5, II.6, présentent les données de la pluviométrie de la station de Tamazoura (Code 40405) de la période de 2000 jusqu'à 2026.

Tableau II.4 : pluie annuelle (mm) (2000-2010)

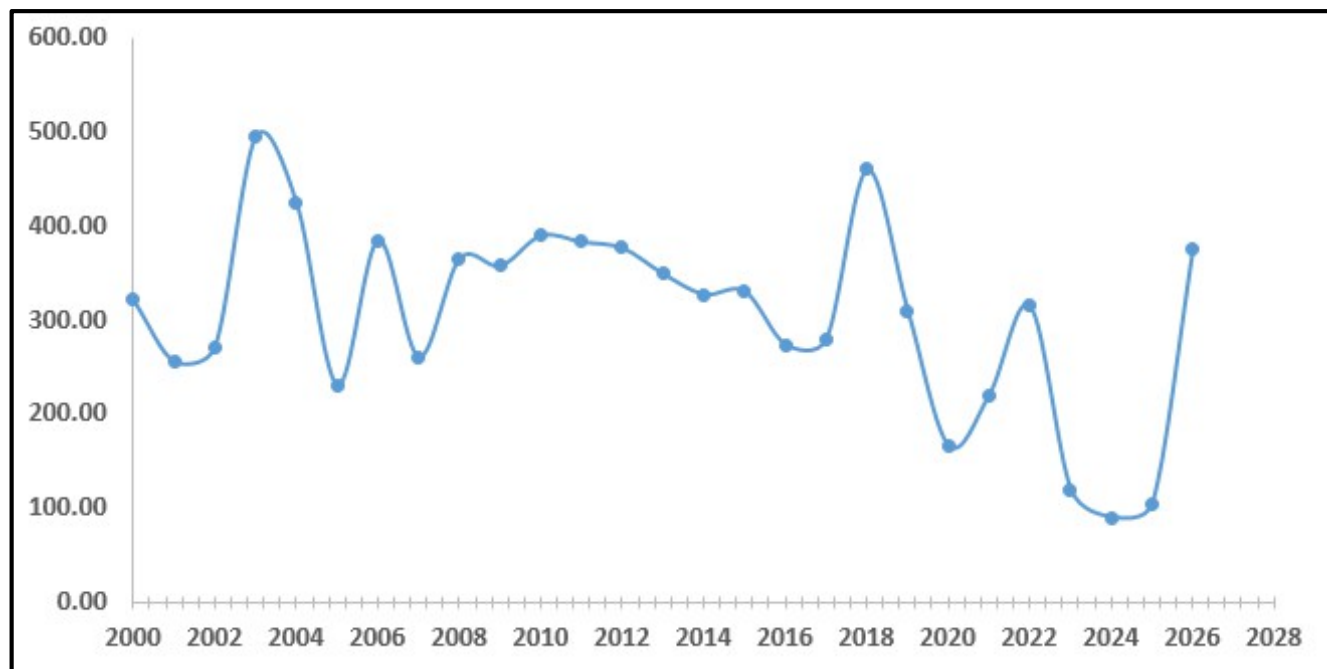
Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Pluvio (mm)	321.54	255.88	272.19	496.16	425.58	230.85	385.56	261.01	365.86	358.17	390.59

Tableau II.5 : pluie annuelle (mm) (2011-2020)

Année	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Pluviométrie (mm)	383.72	377.15	349.65	327.80	331.08	274.24	280.32	460.97	310.56	166.41

Tableau II.6 : pluie annuelle (mm) (2020-mars2026)

Année	2021	2022	2023	2024	2025	Mars 2026
Pluviométrie(mm)	220.89	315.23	119.65	90.32	105.15	376.77

**Figure II.9 : Représente l'évolution de la précipitation de la région de tamazourah durant 2000-2026**

Les données pluviométriques de la station de Tamazoura montrent une forte variabilité des précipitations d'une année à l'autre. Les valeurs enregistrées varient entre 90.32 mm en 2024, correspondant à l'année la plus sèche de la série récente, et 494,72 mm en 2003, année la plus humide.

La période 2000-2018 est globalement caractérisée par des précipitations modérées à relativement importantes, avec plusieurs années dépassant 400 mm (2003, 2004, et 2018). En revanche, à partir de 2020, une diminution des précipitations est observée, particulièrement marquée entre 2023 et 2025, où les cumuls annuels restent généralement inférieurs à la moyenne des années précédentes.

Cette évolution traduit une tendance récente vers des conditions plus sèches et met en évidence l'irrégularité du régime pluviométrique de la région. Cette situation peut avoir un impact direct sur les ressources en eau, la recharge des nappes souterraines et les activités agricoles.

II.5.4 Sols et végétation :

Les quantités d'eau disponibles pour l'écoulement de surface sont influencées par le couvert végétal.

La végétation joue le rôle de retardateur en période de crue, en effet le ruissellement est ralenti et la pointe de crue est atténuée par ailleurs, l'écoulement étant plus long, la part d'eau reprise par l'évapotranspiration augmente et le volume de la crue diminue.

Pour caractériser le couvert végétal, on utilise le pourcentage des surfaces occupées par chaque type de végétation. Selon le climat on se contente de différentes classes (forêt, culture, pâturages et friches etc...) .

La détermination des surfaces occupées par chaque type de végétation est difficile car les documents cartographiques les mentionnant sont rares et bien souvent dépassés. Par exemple, le type de culture peut changer d'une année à l'autre (prairies-cultures). [9]

.II.5.6 Humidité :

On a traité les données de la station de TASSALA en saison estivale, il y'a moins humidité, mais plus humide en saisons pluvieuses en raison des masses d'air très chargées en vapeur d'eau venant précipiter leur tribut de pluie directement sur le relief en montagne L'humidité relative annuelle moyenne est évaluée en respectivement a environ **82.71%.[9]**

Tableau II.7 : La répartition de l'humidité moyenne mensuelle (2000-2025)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	Mai	Jn	Jt	At
Humidité (%)	68.98	72.54	75.53	77.45	81.58	82.71	78.72	73.68	69.18	62.83	58.86	60.92

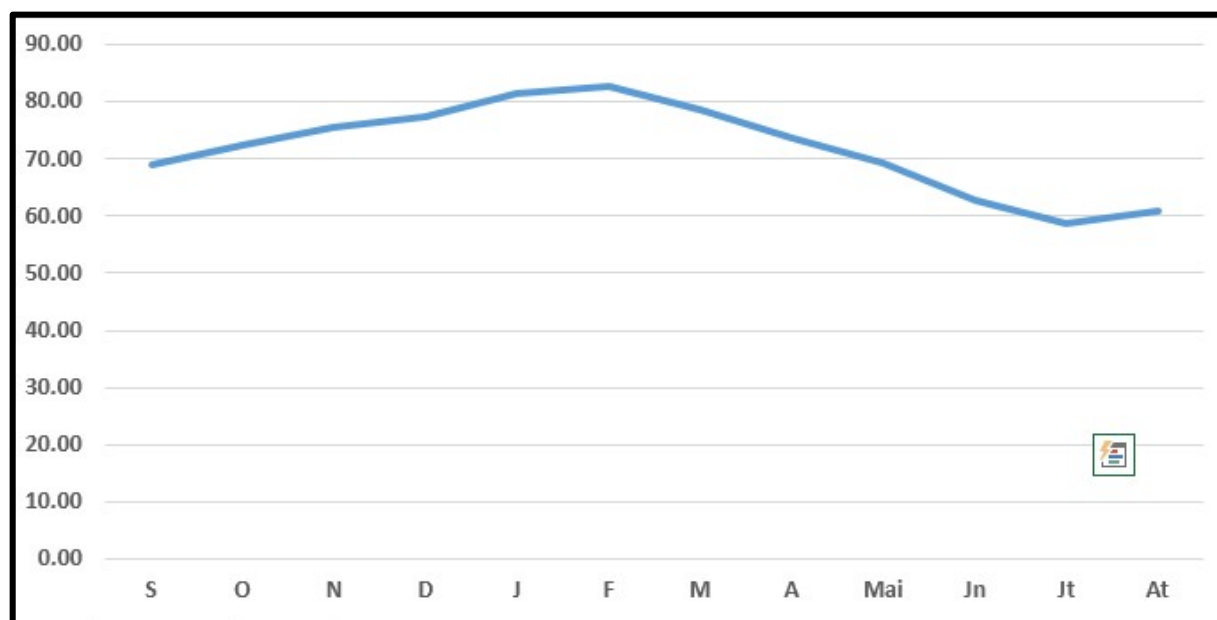


Figure II.10 : Représente de la répartition de l'humidité moyenne annuelle.

La figure montrant que l'humidité relative moyenne varie au cours de l'année entre 57 % et 80,10 %. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées durant la période hivernale, avec un maximum de 80,10 %, traduisant une atmosphère plus humide. En revanche, les valeurs les plus faibles sont observées en été, atteignant un minimum de 57 %, en raison des températures élevées et de l'intensification de l'évaporation.

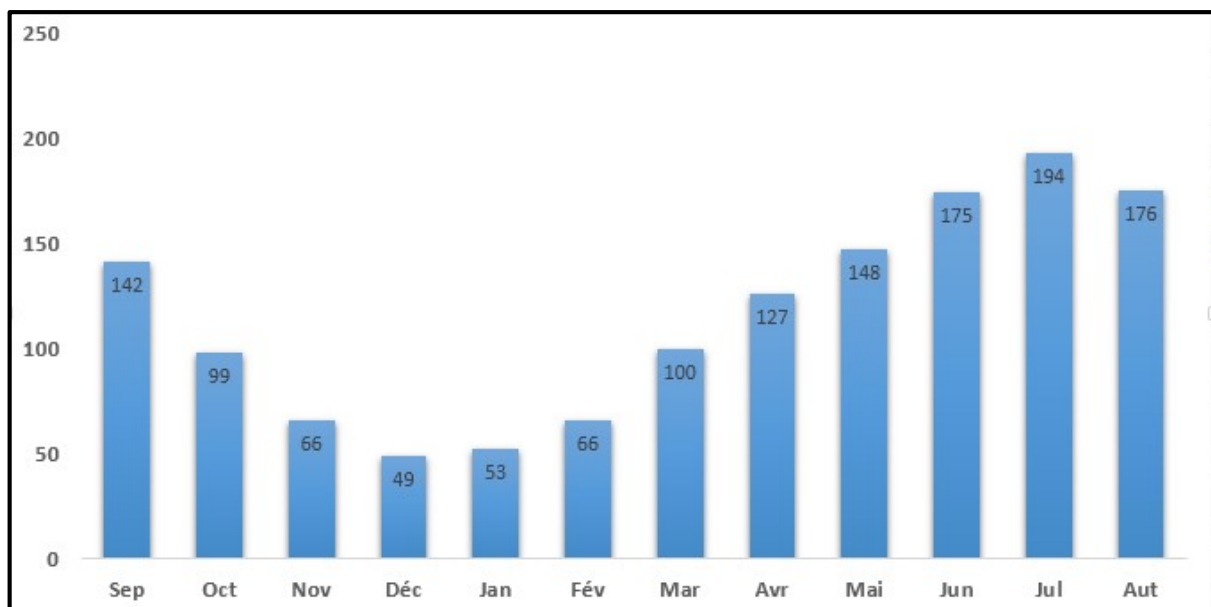
D'une manière générale, la région présente une humidité relativement importante durant une grande partie de l'année, avec une diminution marquée pendant la saison estivale. Cette variation saisonnière est caractéristique du climat méditerranéen.

II.5.7 Evapotranspiration potentielle :

L'évapotranspiration potentielle varie considérablement au cours de l'année. Les valeurs les plus faibles sont enregistrées en hiver, avec un minimum de 49 mm en décembre, tandis que les valeurs les plus élevées sont observées en été, atteignant 194 mm en juillet. L'ETP annuelle est de 1397 mm, ce qui traduit une forte demande évaporative, particulièrement durant la période estivale sous l'effet des températures élevées et de l'ensoleillement important. [9]

Tableau II.8: Répartition Mensuelle de l'évapotranspiration potentielle de la région de TAMAZOURAH

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Année
ETP en mm	142	99	66	49	53	66	100	127	148	175	194	176	1397

**Figure II.11 : Histogrammes de l'évapotranspiration potentielle par mois [3]****II.6 Situation hydraulique :****II.6-1 système d'alimentation en eau potable de la commune de tamazourah :**

L'alimentation en eau potable de l'agglomération de la commune de TAMAZOURAH est assurée par :

- ❖ **La station de dessalement de CHATT EL HILLAL** : destiné à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation, il est situé au Nord Est de la ville. Le débit d'alimentation sortant est de 45 l/s à partir de la station de dessalement. (Source DRE)
- ❖ **Sources d'AGHBAL** : le débit des sources situées à l'EST-SUD de la ville de TAMAZOURAH est de l'ordre de 5 à 6 l/s. le réseau de distribution de la ville de TAMAZOURAH en P.E.H.D.

La commune de Tamazourah est actuellement alimentée en eau potable par le transfert des eaux dessalées provenant de la station de dessalement de Chatt El Hilal. Cette alimentation est

assurée à partir d'un piquage réalisé sur la conduite principale d'adduction de diamètre 1600 mm reliant Dzira à Oran, au niveau de la commune de Hassi El Ghella. Les eaux sont ensuite acheminées par une conduite en fonte de diamètre 500 mm constituant un axe stratégique d'alimentation pour plusieurs communes de la région. [2]

Ce système permet d'assurer l'approvisionnement en eau potable des communes de Hammam Bouhadjar, Aïn Larbaa, Sidi Boumédiène, Oued Sebbah et enfin Tamazourah. La dotation attribuée à cette dernière est estimée à environ 2 000 m³/jour, ce qui contribue à satisfaire les besoins domestiques de la population. La distribution de l'eau s'effectue actuellement selon un régime de rotation de type un jour sur deux (1/2), en raison des contraintes liées à la disponibilité de la ressource et à la capacité des infrastructures de stockage et de distribution.

Ce mode d'alimentation joue un rôle essentiel dans l'amélioration des conditions d'approvisionnement en eau potable de la commune, particulièrement dans un contexte marqué par la rareté des ressources en eau conventionnelles et les périodes récurrentes de sécheresse que connaît la région. Ainsi, le recours aux eaux dessalées constitue une solution durable visant à renforcer la sécurité hydrique et à garantir une alimentation régulière de la population en eau potable. [2]

Tableau II.9 Principaux indicateurs et données statistiques de la commune de TAMAZOURAH

DESIGNATIO DES PARAMETRES	UNITE DEMESURE	VALEUR
Population	HAB	12089
Longueur du réseau d'AEP	km	51
Nombre de réservoir	NBR	7
Capacité des réservoirs	M3	3360
Taux de raccordement à l'AEP	%	99
Fréquence de distribution	-	1/2
Longueur du réseau d'assainissement	km	15.59
Taux global de raccordement à l'assainissement	%	99
Nombre de station d'épuration	NBR	01

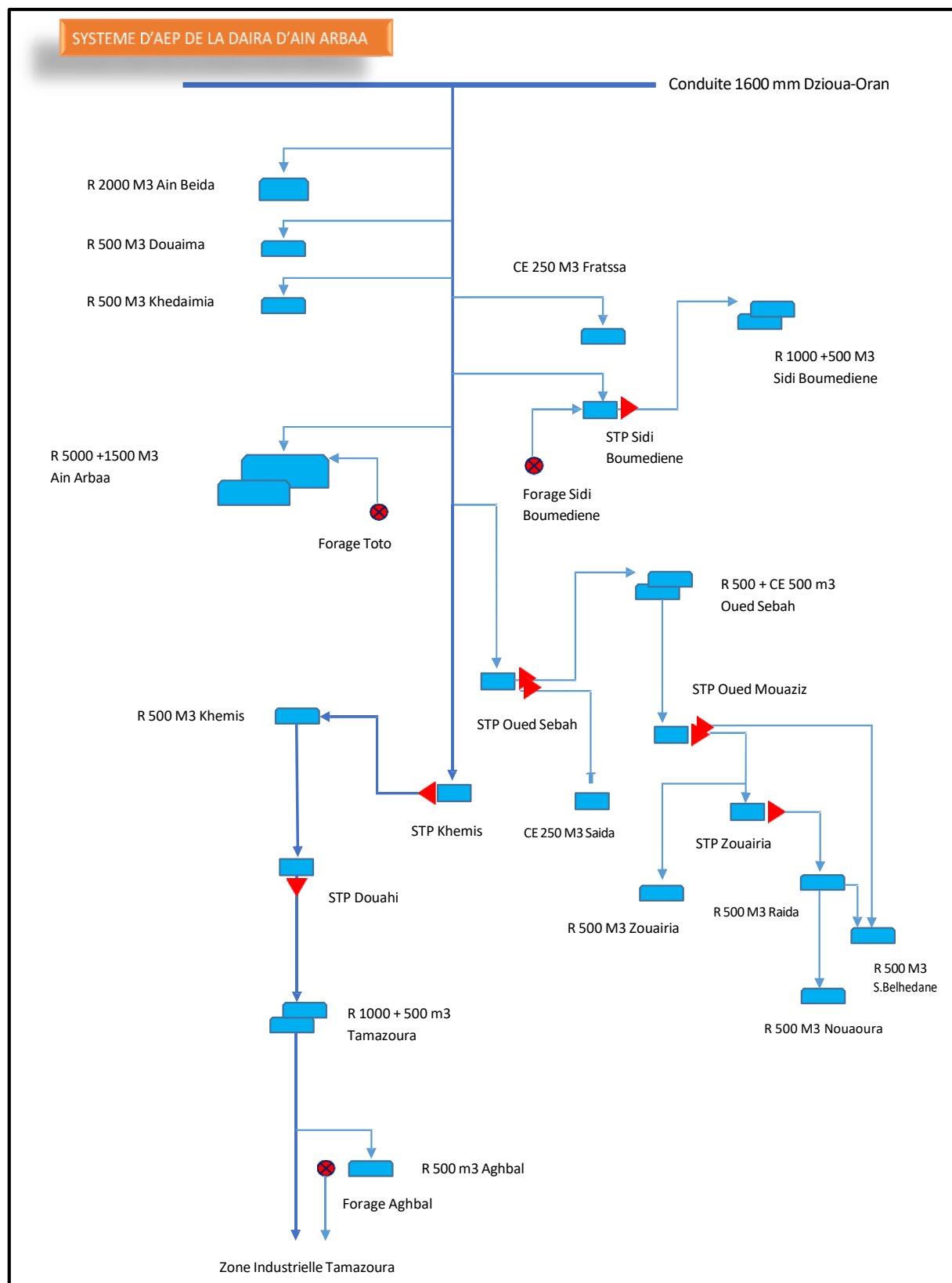


Figure II.12 : Schéma synoptique du système d'AEP de la commune de tamazourah [10]



Figure II.13 :photo google earth du tracer de la conduite d'AEP de la commune de tamazourah

II.7 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les données nécessaires concernant notre région du point de vue topographie, géologie, climatique ainsi que la situation hydraulique. Ces données nous serviront pour entamer le chapitre III.

CHAPITRE III :

EVALUATION DES BESOINS EN EAU DE LA COMMUNE DE TAMAZOURAH

III.1 Introduction :

L'établissement de la politique de l'eau d'un pays ou d'une région se base sur la connaissance de la demande avec la plus grande conformité possible.

Dans ce chapitre nous allons essayer de faire une évaluation des besoins en eau actuels et futurs de la population de la commune de TAMAZOURAH à l'horizon 2055

La commune de TAMAZOURAH, concerne à lui seul 25% de la population totale de la Daïra d'AIN LARABAA (tableau.III.1).

L'une des principales caractéristiques de l'évolution de la population de la commune à travers les recensements est son rythme d'accroissement démographique le plus régulier de toute la wilaya. En effet, la ville comptait une population de l'ordre 9500 habitants en 2015, 10825 habitants en 2020 et 12089 habitants en 2026 ceci correspond à un rythme annuel démographique moyen de 1.76%,

III.2 Estimation de l'évolution des besoins actuels en eau

L'estimation des besoins actuels en eau de la commune de Tamazourah constitue une étape fondamentale dans l'élaboration de toute étude d'alimentation en eau potable.

Elle permet d'évaluer la demande actuelle des différents secteurs consommateurs et de déterminer les volumes d'eau nécessaires pour assurer un approvisionnement régulier et répondre aux exigences du développement socio-économique de la commune.

Les besoins en eau concernent principalement : [9]

- Les besoins en eau domestique destinés à la consommation de la population ;
- Les besoins en eau industrielle liés aux activités de production et de transformation ;
- Les besoins en eau d'irrigation destinés aux activités agricoles et aux espaces verts ;
- Les besoins en eau des équipements publics et collectifs, comprenant :
 - les établissements d'enseignement et de formation ;
 - les structures de santé ;
 - les administrations publiques ;
 - les équipements culturels ;
 - les équipements commerciaux ;
 - les différents services publics et privés.

L'évaluation de ces besoins permet de disposer d'une vision globale de la demande actuelle en eau et constitue une base indispensable pour la projection des besoins futurs, la planification des infrastructures hydrauliques et la gestion durable des ressources en eau de la commune de TAMAZOURAH.

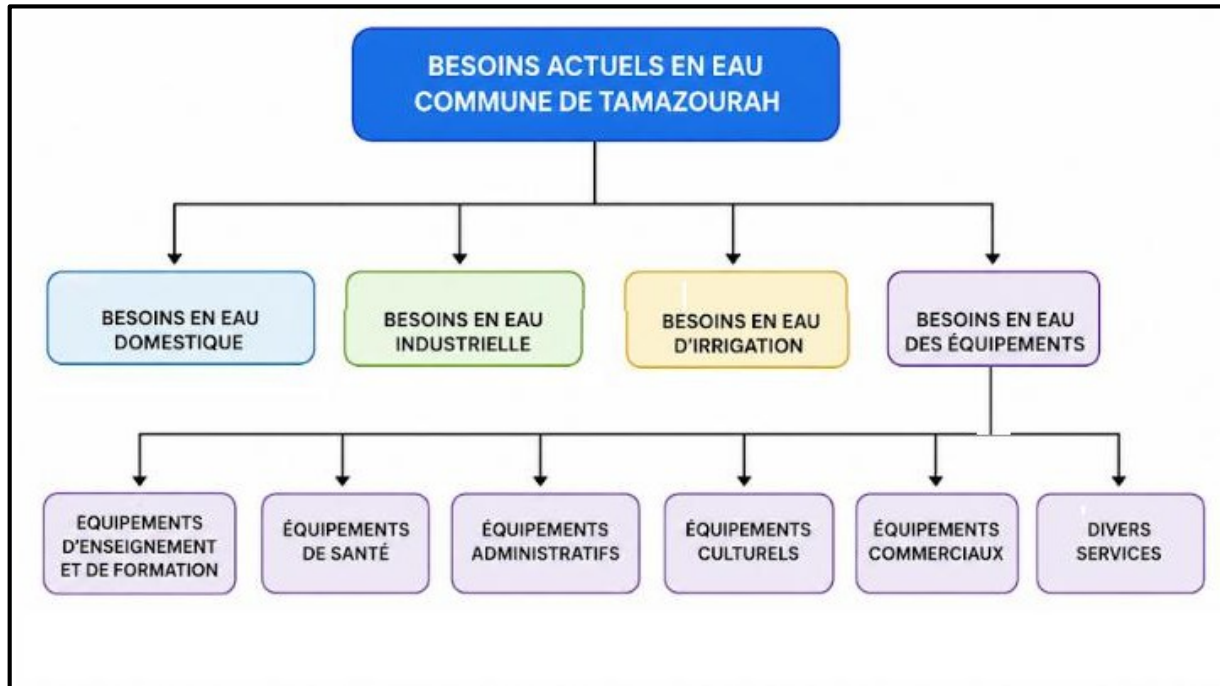


Figure III.1 : Types des besoins en eau

Afin de connaître les besoins actuels de la commune de TAMAZOURAH, nous devons tenir compte de l'évolution de la population actuelle en 2026 ainsi que la consommation en eau.

III-3 Volume produit par la station de dessalement

Le volume produit par la station de dessalement destiné à l'alimentation en eau potable de la commune de TAMAZOURAH actuellement est de l'ordre 2200 m³/j

Ce volume est suffisant pour l'alimentation en eau potable et pour différents usagers domestiques, l'industrie et les équipements jusqu'à l'horizon 2055. **[10]**

Tableau III.1 : Volume produit par la station de dessalement (source D.HW et A.D.E Ain Temouchent)

Resource de la production	Volume produit en (m³/j)
Station de dessalement de CHATT EL HILLAL	100000
Volume mobilise pour la commune d'AIN TEMOUCHENT, SIDI BEN ADDA ET CHAABAT EL LAHEM	26000
Volume mobilise pour la commune de BENI SAF ET OULHACA, EMIR AEK, SIDI OURIECHE, SIDI SAFI	16000
Volume mobilise pour les communes d'AIN TOLBAN, AIN KIHAL, AGHLAL, AOUGBELLIL, BERKECHE ET HASSASNA	18000
Volume mobilise pour les communes de HAMMAM BOUHADJR, AIN LARABAA, SIDI BOUMEDIENNE, OUED SEBAH ET TAMAZOURAH	18000
Volume mobilise pour les communes OULED KIHAL, TERGA, OULED BOUDJEMAA, M'SAID, HOUAOURA ET BOZEDJAR	14000
Volume mobilise pour les communes de EL MALLAH, HASSI EL GHALLA ET AMRIA	8000

Le tableau présente la répartition du volume d'eau produit par la station de dessalement de Station de dessalement de CHATT EL HILLAL, dont la capacité de production est de 100 000 m³/jour. Cette ressource constitue l'une des principales sources d'alimentation en eau potable de la wilaya d'AÏN TEMOUCHENT.

La production totale est distribuée entre plusieurs groupements de communes selon leurs besoins en eau potable :

Le groupement comprenant AÏN TEMOUCHENT, Sidi Ben Adda et Chaâbat El Ham reçoit la plus grande part avec 26 000 m³/jour, soit environ 26 % de la production totale.

Les communes de Hammam Bouhadjar, Aïn Larbaa, Sidi Boumediène, Oued Sebbah et Tamazourah bénéficient d'un volume de 18 000 m³/jour, représentant 18 % de la production.

Le groupement de Béni Saf, Oulhaça, Emir Abdelkader, Sidi Ouriache et Sidi Safi reçoit 16 000 m³/jour, soit 16 % du volume total.

Les communes d'Ouled Kihal, Terga, Ouled Boudjemaa, M'Saïd, Hassi El Ghella et Bouzedjar disposent de 14 000 m³/jour, correspondant à 14 % de la production.

Les communes d'Aïn Tolba, Aïn Kihal, Aghlal, Aoubellil, Berkèche et Hassasna reçoivent 13 000 m³/jour, soit 13 % du volume produit.

Chapitre III : Evaluations des besoins en eau de la commune de TAMAZOURAH

Enfin, les communes d'El Malah, Hassi El Ghella et Amria sont alimentées par un volume de 5 000 m³/jour, représentant 5 % de la production totale.

Cette répartition met en évidence le rôle stratégique de la station de dessalement de Chatt El Hillal dans la sécurisation de l'alimentation en eau potable des différentes communes de la wilaya. Elle permet de répondre aux besoins croissants de la population tout en réduisant la pression exercée sur les ressources conventionnelles, notamment les eaux souterraines.

Tableau III.2 : Le détail du volume mobilisé pour les communes de HAMMAM

BOUHADJR, AIN LARABAA, SIDI BOUMEDIENNE, OUED SEBAH ET TAMAZOURAH (source D.H.W)

Volume globale mobilisé : 18000 (m³/j)	
Communes desservies	Volume mobilisé pour chaque commune (m³/j)
COMMUNE DE HAMMAM BOUHADJAR	6500
COMMUNE D'AIN LARABAA	5000
COMMUNE DE SIDI BOUMEDIENNE	1500
COMMUNE D'OUED SEBAH	3000
COMMUNE DE TAMAZOURAH	2000

Le tableau II.2 présente la répartition du volume global d'eau mobilisé, estimé à 18 000 m³/jour, destiné à l'alimentation en eau potable de cinq communes de la wilaya d'Aïn Témouchent. Cette répartition est effectuée en fonction des besoins de chaque commune, de leur population ainsi que des exigences de leurs activités socio-économiques.

La commune de Hammam Bouhadjar bénéficie du volume le plus important avec 6 500 m³/jour, soit environ 36 % du volume total mobilisé. Cette dotation élevée s'explique par l'importance de sa population et de ses besoins en eau.

La commune d'Aïn Larbaa reçoit 5 000 m³/jour, représentant près de 28 % du volume global, ce qui traduit également des besoins significatifs en alimentation en eau potable.

Les communes de Sidi Boumediène et d'Oued Sebah disposent respectivement de 3 000 m³/jour et 1 500 m³/jour, correspondant à des besoins intermédiaires.

Enfin, la commune de Tamazourah bénéficie d'un volume de 2 000 m³/jour, soit environ 11 % du volume total mobilisé. Cette quantité permet de couvrir les besoins actuels de la population ainsi que ceux des différents équipements et activités implantés sur le territoire communal.

Ainsi, cette répartition met en évidence une gestion adaptée des ressources hydriques disponibles, visant à assurer une alimentation régulière et suffisante en eau potable pour l'ensemble des communes desservies.

III.4 Déterminer les besoins en eau

III.4.1 Besoins actuel de la population de la commune de TAMAZOURAH (en 2026)

III.4.1.1 Besoins domestiques

Tableau.III.3 : Besoins actuels de la population en 2026

La commune	Année	Population
TAMAZOURAH	2026	12089

Ces besoins en eau potable sont évalués selon une dotation en eau potable par habitant.

$$Q_I = D * N \dots\dots\dots$$

D : dotation = 150L / j / hab

Q_I : Les besoins en eau de la population en 2026

N : le nombre de population

$$Q_I = 150 * 12089$$

$$Q_I = 1813350 \text{ L/J} = 1813.35 \text{ m}^3/\text{J}$$

$$Q_I = 1813.35 \text{ m}^3/\text{J}$$

III.5.1.2 Besoins industrielles

Dans le cas de la commune de TAMAZOURAH les besoins en industrielle a estimé à 8% de la production de l'année en cours :

$$Q_2 = 8\% * Q_I \dots\dots\dots$$

Q_I : Les besoins en industrie en (m^3/s) en 2026

V_P : Volume produit en 2026

Avec :

$$Q_I = 1813.35 \text{ m}^3/\text{J}$$

$$Q_2 = 0.08 * 1813.35 = 145.06 \text{ m}^3/\text{j}$$

III.4.1.3 Besoins en eau des équipements

Les besoins en eau des équipements de la commune de TAMAZOURAH sont calculés par la formule suivante :

$$Q_3 = 20\% * Q_I \dots\dots\dots$$

Avec :

Q_3 : besoins en eau des équipements en (m³/s)

Q_I : besoins en eau domestiques en (m³/s)

A.N

$$Q_3 = 0.2 * 1813.35$$

$$Q_3 = 362.67 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_3 = 362.67 \text{ m}^3/\text{j}$$

III.4.2 Estimation des besoins

C'est l'ensemble des besoins de la population, des équipements, des industries :

Tableau.III.4 : Estimation des besoins actuels (2026)

Désignations	Besoins actuels en (m ³ /j)
Domestiques	1813.35
Industrielles	145.06
Equipements	362.65
Total	2321.06

III-5 Besoins du futur de la population de la commune de TAMAZOURAH (en 2055)**III.5.1 Estimation de la population future 2055**

La population future de la commune de TAMAZOURAH a été estimée sur la base de la relation suivante :

$$Pf = P_0 \left[1 + \left(\frac{t}{100} \right) \right]^n \dots\dots\dots$$

Avec :

Pf: Population futur de la commune de TAMAZOURAH (2055)

P₀ : Populations actuelles (2026)

T : le taux d'accroissement (1.76%) source (DPAT)

n : La différence entre l'année de référence et l'année de l'horizon projeté.

Tableau.III.5 : Nombre d'habitants actuel (2026) de la commune de TAMAZOURAH

Ville	Nombre d'habitants en 2026	Taux d'accroissement en (%)
TAMAZOURAH	12089	1.76

Comme la montrent les valeurs du tableau ci-dessus, la population de commune de TAMAZOURAH en 2026 est de 12089 hab avec un taux d'accroissement de 1.76%.

Tableau.III.6 : Nombre d'habitants estimés pour les années futures (Horizon 2055) de la commune de TAMAZOURAH

Horizons	2026	2030	2035	2040	2045	2050	2055
Population	12089	12959	14138	15425	16829	18360	20031

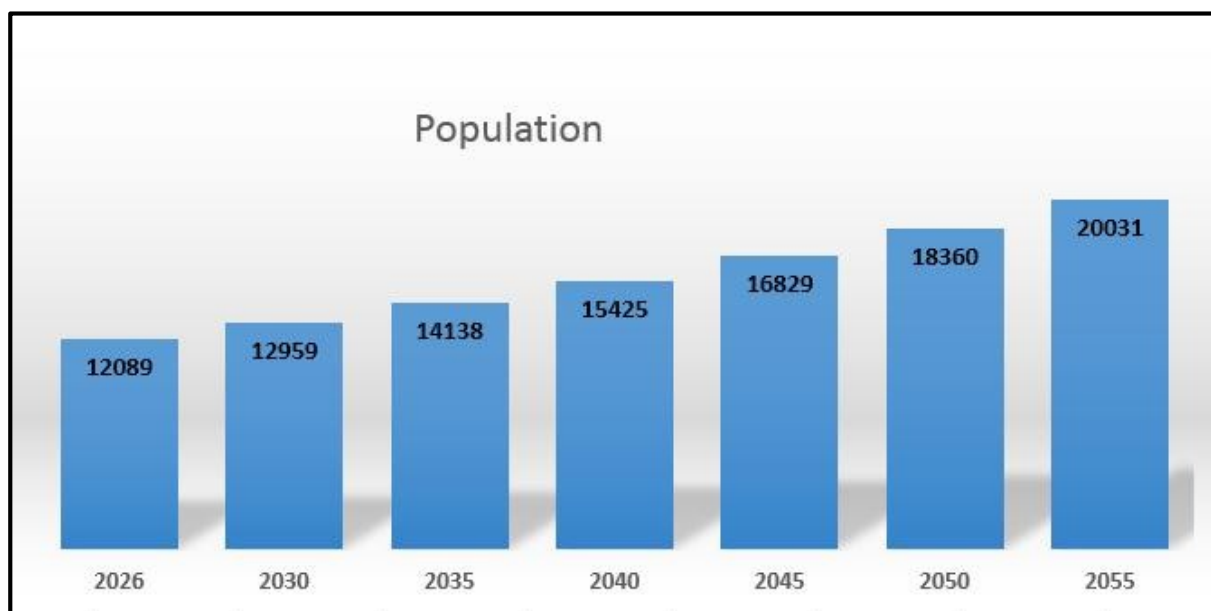


Figure III.2 : L'évolution de la population de la commune de TAMAZOURAH à horizon 2055

La figure III.3 présente l'évolution estimée de la population de la commune de TAMAZOURAH est estimée à 12 089 habitants en 2026, avec un taux d'accroissement annuel de 1,76 %, traduisant une croissance démographique régulière.

Les projections indiquent une évolution progressive de cette population au cours des années futures, atteignant environ 12 959 habitants en 2030, 14 138 habitants en 2035, 15 425 habitants en 2040, 16 829 habitants en 2045, 18 360 habitants en 2055 et près de 20 031 habitants en 2055. Cette dynamique met en évidence une augmentation continue et soutenue de la population sur l'ensemble de la période étudiée. Ainsi, la commune de TAMAZOURAH devrait connaître un quasi-doublage de sa population entre 2026 et 2055, ce qui aura des répercussions significatives sur la demande en eau potable, les besoins en infrastructures socio-économiques ainsi que sur l'ensemble des équipements publics.

III.5.2 : Evaluation des besoins en eau futurs de la population horizon 2055

Le calcul de la demande en eau potable domestique dépend directement du développement démographique.

Le choix de cette dotation est fait en tenant compte deux facteurs suivants :

- Selon les régions.
- Selon le type des agglomérations.

Remarque :

Pour la commune de TAMAZOURAH la dotation nous prenons la valeur de 150 L/j/hab à l'Horizon 2055.

Les besoins en eau potable sont déterminés d'après les formules suivantes :

$$Q_f = P_f \frac{D}{86400} \dots\dots\dots$$

Q_f : besoins en eau de la population en l'an 2055,

P_f : population projetée en 2055 = 21854habitants

D : dotation hydraulique journalière égale à $D=150 \text{ L/ j /hab}$

III.5.2.1 : déterminer les besoins domestiques au futur (2055)

L'estimation des besoins domestique au futur pour différents horizons a été calculée sur la base d'une dotation de 150 l/j/hab et les résultats sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau III.7 : Estimation de la consommation domestique futur

L'horizon	Population future	Besoin future (m³/j)	Besoin future (L/s)
2026	12089	1813.35	21
2030	12959	1943.85	22.4
2035	14138	2120.7	24.54
2040	15425	2313.75	26.77
2045	16829	2524.35	29.21
2050	18360	2754	31.87
2055	20031	3004.65	34.77

Comme le montrent les valeurs du tableau ci-dessus, les besoins augmentent d'une année à l'autre.

III.5.2.2 Calcul des besoins futur des équipements De la commune de TAMAZOURAH :

Les besoins en eau pour les équipements seront estimés à 20% des besoins domestique (source D.H.W)

$$Q_{ept} = 20\% * Q_f \dots\dots\dots$$

Avec :

Q_{ept} : besoins en eau des équipements en (m³/s)

Q_f : besoins en eau domestiques au future en (m³/s)

Tableau III.8 : Les besoins futurs des équipements

L'horizon	Population future	Besoins des équipements (m³/j)	Besoins des équipements (L/s)
2026	12089	362.67	4.20
2030	12959	388.77	4.50
2035	14138	424.14	4.91
2040	15425	462.75	5.36
2045	16829	504.87	5.84
2050	18360	550.8	6.38
2055	20031	600.93	6.96

III.5.2.3 Calcul des besoins futur de l'industrie de la commune de TAMAZOURAH :

Les besoins en eau pour les industries seront estimés à 8% des besoins future domestiques source (D.H.W)

$$Q_{ind} = 8\% * Q_f \dots\dots\dots$$

Avec :

Q_{indt} : besoins en eau de l'industrie en (m³/s)

Q_f : besoins en eau domestiques de future en (m³/s)

Tableau III.9 : Les besoins futurs de l'industrie

L'horizon	Population future	Besoins de l'industrie (m³/j)	Besoins de l'industrie (L/s)
2026	12089	145.07	1.68
2030	12959	155.51	1.80
2035	14138	169.66	1.96
2040	15425	185.10	2.14
2045	16829	201.95	2.34
2050	18360	220.32	2.55
2055	20031	240.37	2.78

III.6.2.4 Total des besoins en eau futurs de la commune de TAMAZOURAH

$$Q_T = Q_f + Q_{ept} + Q_{ind} \dots\dots\dots$$

Avec :

Q_T : besoins futurs total (2055)

Q_f : besoins futurs de la population (2055)

Chapitre III : Evaluations des besoins en eau de la commune de TAMAZOURAH

Q_{ept} : besoins futurs d'industries (2055)

Q_{ind} : besoins futurs des équipements (2055)

Tableau III.10 : Total des besoins en eau futurs de la commune de TAMAZOURAH pour l'horizon 2055.

Besoin future domestiques (m³/j)	Besoins future équipements (m³/j)	Besoins future l'industrie (m³/j)	Besoins totale (m³/j)
3004.65	600.93	240.37	3846

D'après les résultats présentés dans le tableau IIL13, les besoins totaux en eau de la commune de TAMAZOURAH à l'horizon 2055 sont estimés à 3 846 m³/jour. Ces besoins sont principalement dominés par la consommation domestique, qui atteint 3 004,65 m³/jour, soit la part la plus importante de la demande totale en eau. Les besoins liés aux équipements publics et collectifs sont évalués à 600,93 m³/jour, reflétant le développement attendu des infrastructures de la commune. Quant aux besoins du secteur industriel, ils sont estimés à 240,37 m³/jour, représentant une part relativement faible de la demande globale.

Cette évolution traduit l'effet combiné de la croissance démographique, de l'amélioration du niveau de vie des habitants et du développement des activités socio-économiques. Par conséquent, il sera nécessaire de renforcer les capacités de mobilisation, de stockage et de distribution de l'eau afin de garantir une alimentation durable et satisfaisante de la commune à l'horizon 2055.

Pour les autres années, nous avons calculé les totaux des besoins futurs dans le tableau III.14 :

Tableau III.11 : Besoins totale au futur (m³/j) 2055.

L'horizon	Population future	Besoin future domestique (m³/j)	Besoins des équipements (m³/j)	Besoins de l'industrie (m³/j)	Besoins totales (m³/j)
2026	12089	1813.35	362.67	145.07	2321.09
2030	12959	1943.85	388.77	155.51	2488.13
2035	14138	2120.7	424.14	169.66	2714.5
2040	15425	2313.75	462.75	185.10	2961.6
2045	16829	2524.35	504.87	201.95	3231.17
2050	18360	2754	550.8	220.32	3525.12
2055	20031	3004.65	600.93	240.37	3845.95

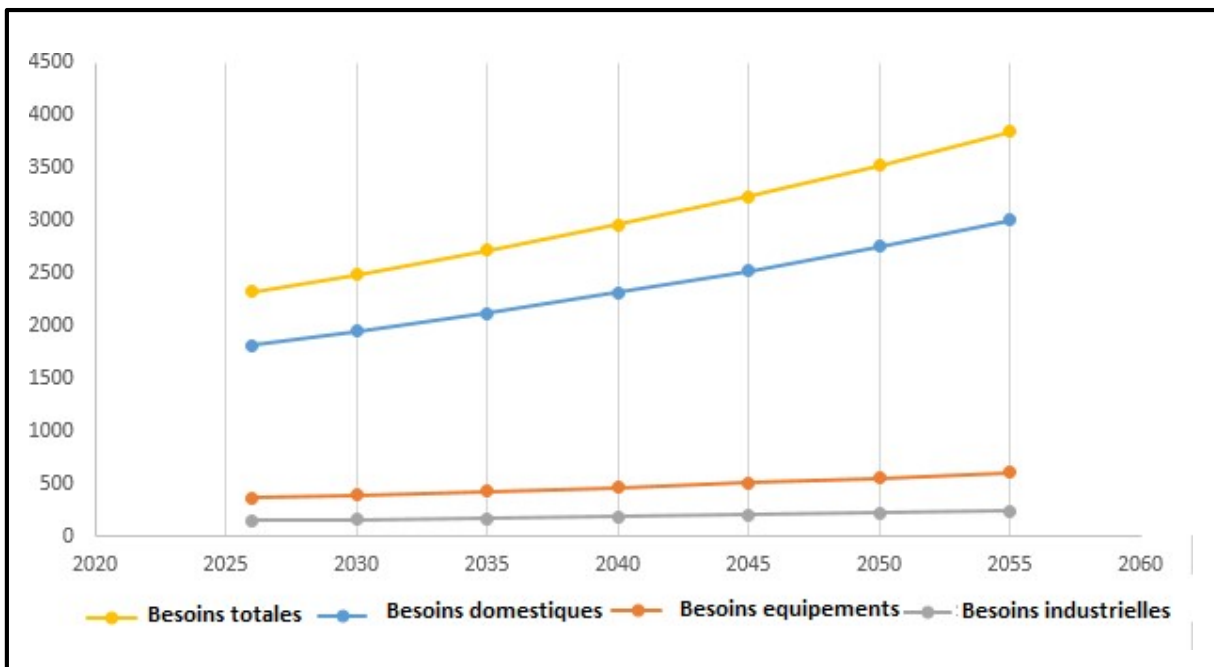


Figure III.3 : Evolution des besoins en eau des trois catégories (AEP, AEI, AEE)

La figure III.4 met en évidence une augmentation progressive des besoins en eau de la commune de TAMAZOURAH entre 2026 et 2055. Cette évolution est principalement liée à la croissance démographique, au développement des équipements collectifs et à l'extension des activités économiques.

Les besoins domestiques (AEP) représentent la part la plus importante de la demande en eau. Ils passent d'environ 1 800 m³/j en 2026 à près de 3 000 m³/j en 2055, traduisant l'augmentation du nombre d'habitants et l'amélioration des conditions de vie.

Les besoins des équipements (AEE) connaissent également une hausse régulière, évoluant d'environ 360 m³/j à plus de 600 m³/j durant la même période. Cette progression s'explique par le développement des infrastructures publiques telles que les établissements scolaires, les structures sanitaires, administratives et socioculturelles.

Quant aux besoins industriels (AEI), ils demeurent relativement faibles par rapport aux autres catégories, mais affichent néanmoins une croissance continue, passant d'environ 150 m³/j à près de 300 m³/j à l'horizon 2055, reflétant le développement progressif des activités économiques locales.

Par conséquent, les besoins totaux en eau augmentent de manière constante, passant d'environ 2 300 m³/j en 2026 à près de 3 850 m³/j en 2055. Cette tendance souligne la nécessité de renforcer et de sécuriser les ressources en eau ainsi que les infrastructures d'alimentation afin de répondre durablement aux besoins futurs de la commune de TAMAZOURAH.

III.6 Balance des ressources - besoins actuels et besoins futur

Le calcul de la balance ressources–besoins permet d'évaluer l'adéquation entre les ressources hydriques disponibles et les besoins en eau de la population. Cette analyse met en évidence l'équilibre ou le déficit existant entre l'offre et la demande en eau.

Tableau III.12 : Représente les Balances des ressources - besoins actuels et besoins futur

Horizon	Besoins (m ³ /j)	Ressources disponibles (m ³ /j)	Balance (m ³ /j)	Situation
2026 (actuel)	2321.09	2000	-321.09	Déficit
2055 (Futur)	3846	2000	-1346	Déficit

Pour l'année 2026, les besoins actuels de la commune de Tamazourah sont estimés à 2 321,09 m³/j. À l'horizon 2055, les besoins futurs atteindront 3 346 m³/j, sous l'effet de la croissance démographique et du développement des activités socio-économiques.

La production actuelle des ressources hydriques est de 2 000 m³/j. La comparaison entre les ressources disponibles et les besoins actuels révèle un déficit de 321,09 m³/j en 2026. Ce déficit devrait s'accroître à l'horizon 2055 pour atteindre 1 346 m³/j, ce qui met en évidence la nécessité de mobiliser de nouvelles ressources en eau et de renforcer les infrastructures hydrauliques afin de répondre aux besoins futurs de la commune.

Selon les données fournies par le service de gestion et d'exploitation de l'ADE, la fréquence de distribution de l'eau potable est répartie comme suit :

- **Chef-lieu : distribution quotidienne ;**
- **Villages : distribution une fois tous les trois jours ;**
- **Zones éparses : distribution une fois tous les cinq jours.**

Cette fréquence de distribution traduit les contraintes actuelles du système d'alimentation en eau potable et justifie la mise en œuvre de mesures visant à améliorer la continuité du service et la satisfaction des besoins de la population.

Cette rédaction est adaptée à un mémoire, un rapport hydraulique ou une étude de ressources en eau.

Afin de remédier au déficit en ressources hydriques, les autorités compétentes ont effectué un forage dans la localité d'AGHBAL, avec un débit exploité de 14 l/s, relevant de la commune de TAMAZOURAH. Cet ouvrage vise à renforcer les ressources en eau disponibles et à améliorer l'approvisionnement en eau potable de la commune jusqu'à l'horizon 2055. Les

Chapitre III : Evaluations des besoins en eau de la commune de TAMAZOURAH

caractéristiques techniques de ce forage, ainsi que son impact sur l'équilibre entre ressources et besoins, seront présentés et analysés en détail dans le chapitre IV.

III.7 Conclusion :

Ce chapitre a permis d'estimer les besoins actuels et futurs en eau de la commune de TAMAZOURAH en tenant compte de l'évolution de la population, des équipements et des activités économiques. Les résultats obtenus montrent une augmentation progressive de la demande en eau à l'horizon 2055.

L'établissement de la balance ressources–besoins a permis d'évaluer l'adéquation entre les ressources en eau disponibles et les besoins de la commune. Cette analyse constitue un outil important pour anticiper les besoins futurs et assurer une gestion efficace et durable des ressources hydriques.

Ainsi, les résultats obtenus serviront de base pour proposer les solutions nécessaires afin de garantir une alimentation en eau suffisante pour la commune de Tamazourah dans les années à venir.

CHAPITRE IV :

**DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DE
RENFORCEMENT DE L'AEP DE LA COMMUNE DE
TAMAZOURAH A PARTIR DU FORAGE AGHBAL**

IV Renforcement d'AEP de la commune de TAMAZOURAH à partir du forage AGHBAL**IV-1.Introduction :**

La commune de TAMAZOURAH est actuellement alimentée en eau potable à partir du système de transfert régional provenant de la station de dessalement d'eau de mer de CHATT EL HILAL. Les eaux produites par cette station sont acheminées vers un réservoir de stockage d'une capacité de 50 000 m³, situé à la station de DZIOUA dans la commune d'AÏN TOLBA.

À partir de ce réservoir principal, la distribution de l'eau s'effectue vers plusieurs communes de la wilaya d'AÏN TEMOUCHENT à travers cinq conduites principales de transfert.

Le couloir de HASSI EL GHELLA – TAMAZOURAH constitue l'une des principales sources d'alimentation du système, avec une capacité de transfert estimée à environ 18 000 m³/jour. Ce système d'alimentation dessert les cinq communes suivantes :

- **HAMMA BOUHADJAR**
- **AÏN LARBAA**
- **SIDI BOUMEDIENE**
- **OUED SEBBAH**
- **TAMAZOURAH**

La commune de TAMAZOURAH bénéficie d'une part de ce volume distribué, estimée à environ 2000 m³/jour. Cependant, le système d'alimentation connaît parfois des perturbations dues soit à l'arrêt de la station de dessalement et le problème majeur ce qui la fréquence de distribution de la commune de TAMAZOURAH actuel est entre quotidienne e, 1/3 jours et 1/5 jours a cause le volume mobilise pour l'AEP de la commune ne satisfait pas totale les besoins quotidienne. Et d'autre part en d'arrêt brusque de la station de dessalement ou soit à des pannes sur le couloir principal alimentant ces communes HAMMAMBOUHADJR, AIN LARABAA, OUED SEBAH et TAMAZOURAH., ce qui engendre un déficit important en eau potable.

Afin d'assurer la continuité de l'alimentation et de réduire les risques de pénurie lors des interruptions du système principal, il a été proposé la réalisation d'un forage d'eau au niveau de la commune de TAMAZOURAH afin de compenser le déficit hydrique enregistré durant les périodes d'arrêt. Ainsi, ce quatrième chapitre sera consacré à la présentation du système d'alimentation en eau potable de la commune de TAMAZOURAH à partir des eaux du forage AGHBAL, ainsi qu'à l'étude de dimensionnement de la conduite d'adduction à partir de la station de pompage du forage d'AGHBAL vers le réservoirs existant 2000m³ à TAMAZOURAH .des différents ouvrages et équipements nécessaires à son exploitation. [10]

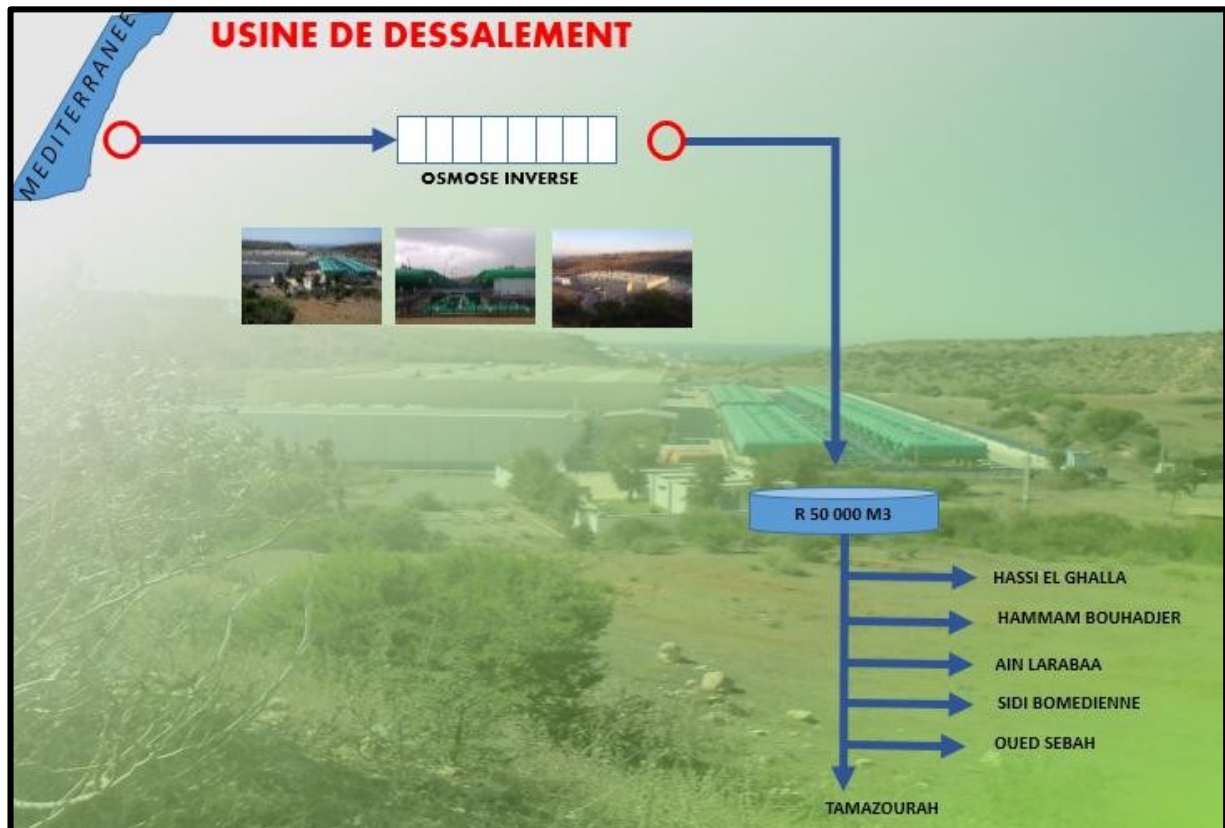


Figure IV.1 : Le schéma fonctionnel du système d'Alimentation en Eau Potable (AEP) de la commune de TAMAZOURAH à partir de la station de dessalement de CHATT EL HILLAL [10]

IV.2 : Présentation du forage AGHBAL

IV.2.1 : Situation géographique du forage

Le projet du forage AGHBAL est implanté dans la commune de Tamazoura, relevant de la daïra d'Aïn Larbaâ, dans la wilaya de Aïn Témouchent. Cette zone s'inscrit dans un contexte géographique stratégique, caractérisé par une forte demande en ressources hydriques et une importance particulière dans le système d'alimentation en eau potable de la région.

Le site d'étude est limité :

- au nord par la plaine de M'Lata, zone à vocation agricole ;
- au sud par la commune de Tessala ;
- à l'est par la commune de Tlélât ;
- à l'ouest par la commune de Tamazoura.

Cette localisation confère au forage AGHBAL un rôle important dans l'amélioration et renforcement de la desserte en eau potable des populations locales, notamment dans un contexte de pression croissante sur les ressources hydriques.



Figure IV.2 : Situation géographique du forage AGHBAL

La carte ci-dessous présente la situation du forage AGHBAL au sein de la commune de Tamazoura, daïra d'Aïn Larbaâ, wilaya d'Aïn Témouchent. Elle permet de localiser précisément le site du projet par rapport aux principales limites administratives et aux communes voisines.

Cette représentation cartographique met en évidence l'emplacement stratégique du forage dans la région d'étude, ainsi que son insertion dans le système hydrographique et territorial local. Elle facilite la compréhension du contexte géographique et des relations spatiales entre le site du forage et les zones environnantes, notamment les communes limitrophes et les principales zones d'influence.

IV.2.2 : Coordonnées géographiques du Forage

Les coordonnées géographiques et projetées du forage AGHBAL permettent de situer précisément l'ouvrage dans son environnement spatial. Elles sont exprimées selon différents systèmes de référence afin de faciliter son intégration dans les travaux cartographiques et les études techniques. [10]

Le forage est localisé approximativement aux coordonnées suivantes :

- **Latitude : 35°27'47.55'' Nord**
- **Longitude : 1°10'51.36'' Ouest**

En système de projection Lambert, les coordonnées sont :

- **X : 148 056.71**
- **Y : 247 564.09**

Ces données confirment la position précise du forage AGHBAL au sein de la commune de Tamazoura. L'utilisation de plusieurs systèmes de coordonnées (géographiques, Lambert et UTM) permet une meilleure exploitation des données dans les SIG (Systèmes d'Information Géographique) et facilite les opérations de localisation, de cartographie et de conception des ouvrages hydrauliques.

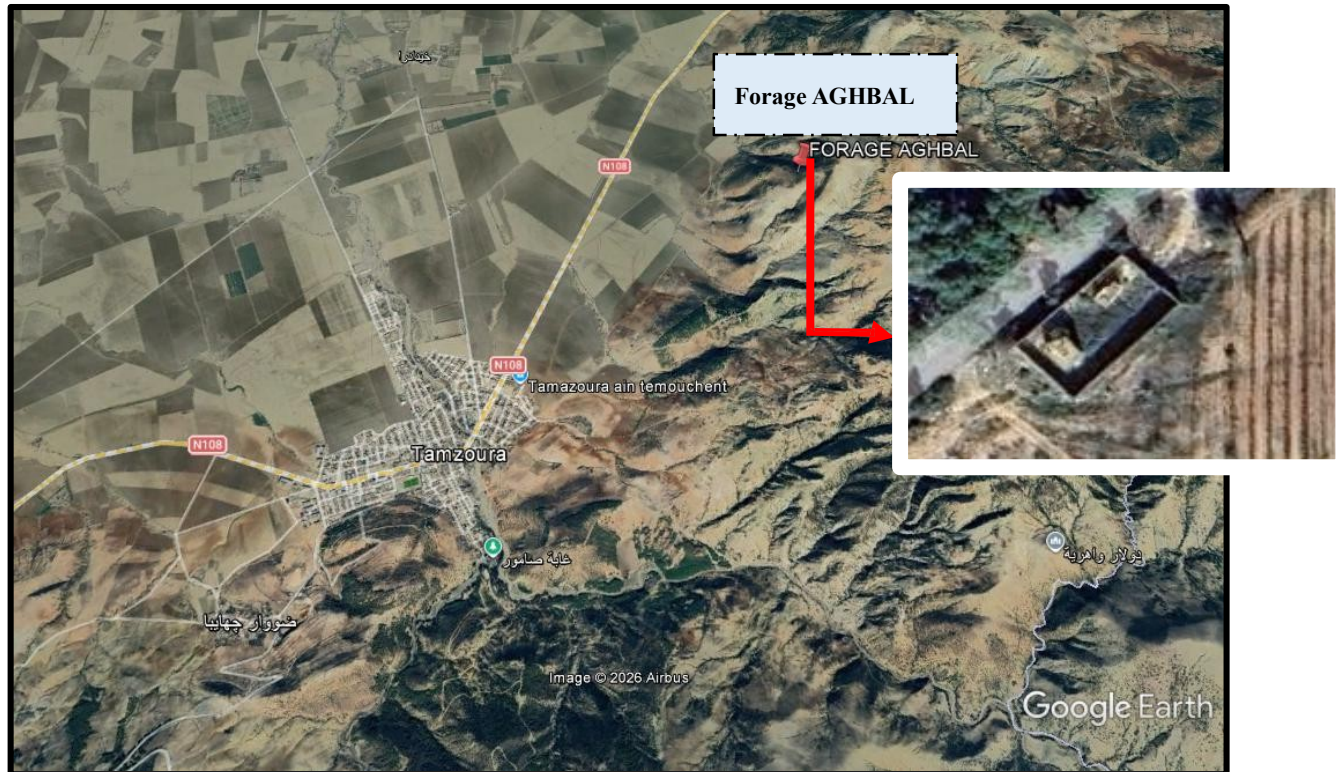


Figure IV.3: Photo Google earth de implantation du forage AGHBAL

Tableau IV.1 : Caractéristique dimensionnel du forage (FICHE TECHNIQUE DU FORAGE)

Profondeur En M	Tubage	Diamètre En Pouce
0-40	TP	13 ^{3/8} TNRS
40-60	TC	13 ^{3/8} TNRS
60-70	TC	13 ^{3/8} TNRS
70-115	TC	13 ^{3/8} TNRS
115-120	TC+SABOT	13 ^{3/8} TNRS
120-140	TC (Crépine)	13 ^{3/8} TNRS

Le tableau IV.3 présente les caractéristiques techniques du forage, notamment la profondeur, le diamètre ainsi que la nature du tubage utilisé selon les différentes sections. D'après les données, le forage présente une structure stratifiée avec plusieurs intervalles de tubage adaptés aux conditions géologiques rencontrées. Entre 0 et 40 m, un tubage en TP est installé afin de stabiliser les formations superficielles. De 40 à 60 m, on observe l'utilisation

d'un tubage en TC, ce qui correspond généralement à une zone de transition nécessitant une protection renforcée du forage.

Entre 60 et 70 m, puis de 70 à 115 m, le forage est équipé d'un tubage TC et TC/L sabots, indiquant la présence probable de formations plus consolidées ou de niveaux aquifères nécessitant une sécurisation du captage. Enfin, la section de 115 à 120 m est également équipée d'un dispositif de protection adapté, assurant la stabilité du fond du forage et optimisant la captation de l'eau.

Globalement, cette configuration montre que le forage a été conçu en tenant compte des variations lithologiques du sous-sol, afin de garantir la stabilité des parois, la protection contre les infiltrations indésirables et une exploitation optimale de la ressource en eau. [10]



Figure IV.4 : Forage AGHBAL pendant la phase de realisation

IV.3 : Stratigraphique du forage

La coupe géologique du forage montre une succession de couches de sols et de roches de nature très variable selon la profondeur, ce qui reflète une structure géologique complexe.

En surface (0 à 7 m), on trouve une terre végétale, suivie de formations dominées par des calcaires crayeux et des argiles avec parfois la présence de grès, indiquant un milieu sédimentaire assez meuble. Entre 7 et 29 m, les couches sont principalement constituées d'argiles de différentes couleurs (beige et verdâtre) avec des passages de calcaire crayeux, ce qui traduit une alternance de dépôts fins et carbonatés.

De 29 à 71 m, la formation reste dominée par l'argile, avec quelques niveaux de calcaire gréseux, ce qui montre une zone globalement peu perméable. À partir de 71 m jusqu'à environ 89 m, on observe une transition vers des formations plus variées incluant calcaires gréseux, graviers et argiles, indiquant une augmentation progressive de la perméabilité.

Entre 89 et 110 m, les couches sont principalement constituées de grès et d'argiles pâteuses, puis apparaissent des formations volcaniques. Enfin, au-delà de 110 m jusqu'à environ 140 m. Cette succession de couches montre un terrain très hétérogène, alternant des formations argileuses peu perméables et des niveaux plus perméables comme les grès et graviers. Les niveaux volcaniques en profondeur indiquent une base géologique plus ancienne et plus résistante, importante pour la stabilité et l'exploitation du forage. [10]

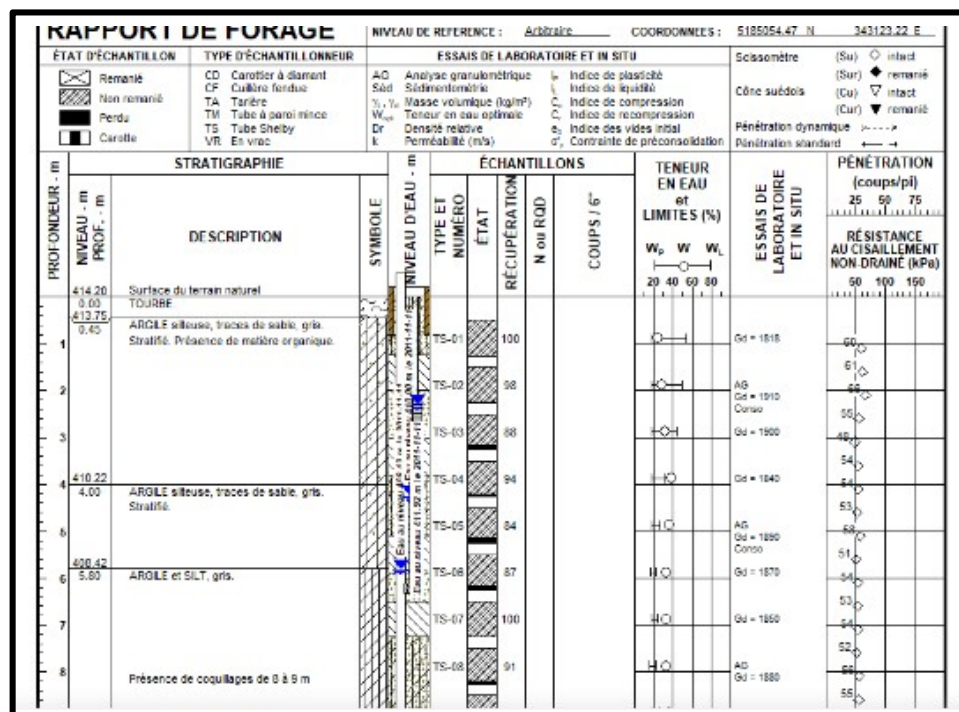


Figure IV.5 : Représente la Stratigraphie du forage

Tableau IV.2 : Représente la formation géologique du forage (DHW Ain Temouchent)

Profondeur En (m)	Formation géologique
0-7	Terre végétale
7-10	Calcaire crayeux argileux avec présence de grès
10-12	Passage d'argile plastique beige
12-16	Argile beige avec présence de calcaire crayeux
16-17	Passage d'argile verdâtre
17-21	Calcaire crayeux
21-29	Argile beige à verdâtre
29-39	Argile
39-46	Argile beige
46-47	Passage de calcaire crayeux
47-48	Argile plastique grisâtre
48-55	Calcaire gréseux avec présence d'argile
55-58	Calcaire crayeux argileux
58-71	Argile
71-72	Calcaire gréseux avec passage d'argile
72-79	Formation volcanique avec passé de marne
79-84	Gravier avec passé d'argile
84-87	Argile avec passage de grès
87-89	Gravier
89-95	Grès grisâtre à jaunâtre
95-106	Argile pâteuse
106-110	Grès
110-128	Formation volcanique
129-140	Formation volcanique avec présence de gypse

IV.4 : Caractéristiques hydrauliques du forage

Le forage, d'une profondeur de 140 m, capte les eaux souterraines profondes, ce qui lui confère une certaine stabilité hydrodynamique et une meilleure protection contre les contaminations superficielles. Le débit exploitable est de 14 L/s d'après les résultats des essais de pompages in site, constituant une ressource significative pour le renforcement du système d'AEP de la zone d'étude.

L'équipement de pompage est assuré par une pompe immergée spécialement adaptée aux forages profonds. La hauteur manométrique totale (HMT), estimée à 175 m, traduit les exigences énergétiques nécessaires pour assurer le refoulement de l'eau depuis le forage vers la station de pompage située sur site, puis son acheminement vers le réservoir existant de 2000 m³, implanté sur un point topographiquement élevé par rapport à la ville de Tamazourah et aux douars environnants, garantissant ainsi une distribution gravitaire efficace. [10]

Tableau IV.3 : Représente les caractéristiques hydrauliques du forage (DHW Ain Temouchent)

Désignations	Unité	valeurs
Date de mise en service	----	29/01/26
Destination	-----	AEP TAMAZOURAH
Profondeur (m)	m	140
débit (L/s)	L/s	14
Niveau statique	m	40
Niveau dynamique	m	75
Type de la pompe	-----	Pompe immergée
HMT	m	175
Conduite du forage refoulement partie du forage	-----	Acier galvanisé
Diamètre	m	110
Qualité de l'eau du forage	-----	Bonne qualité Suivant les analyses effectuées par (ADE)

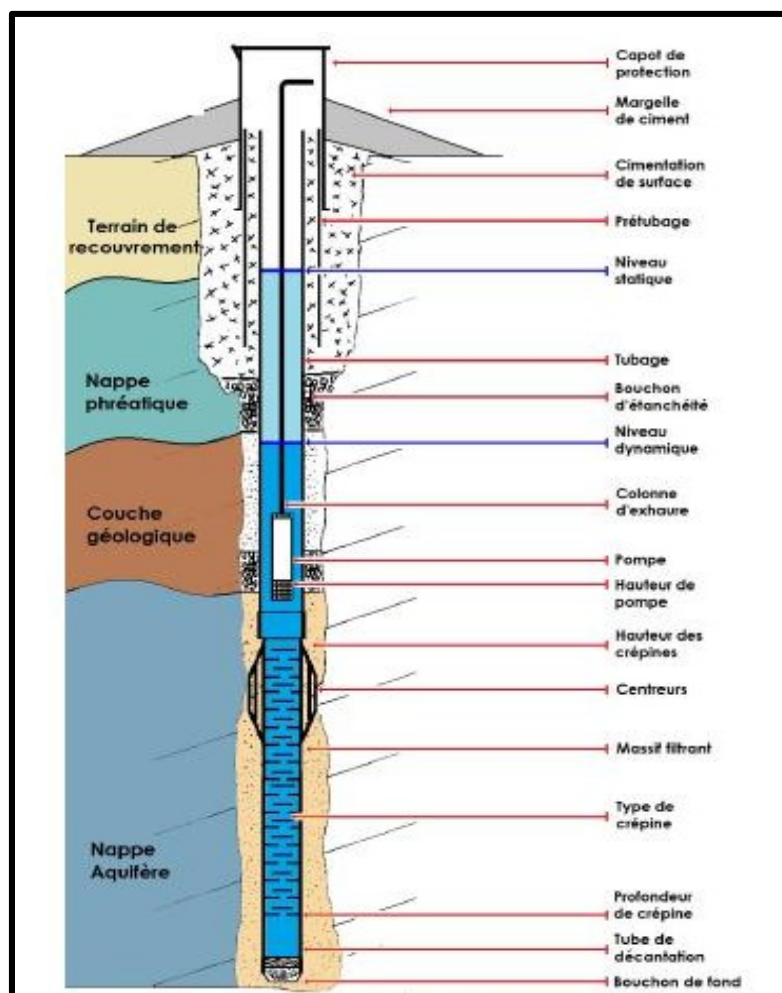


Figure IV.6 : caractéristiques hydrauliques du forage

Les résultats présentés dans le tableau IV.5 montrent que le forage présente des caractéristiques hydrauliques globalement satisfaisantes pour l'alimentation en eau potable. Selon les analyses

effectuées par l'Algérienne des Eaux, la qualité de l'eau est jugée bonne, ce qui signifie qu'elle peut être exploitée après un contrôle sanitaire conforme aux normes en vigueur.

Sur le plan technique, le forage atteint une profondeur de 140 m, ce qui permet de capter une nappe souterraine relativement protégée et stable. Le débit exploitable est de 14 L/s soit 1210m³/j, ce qui constitue une capacité moyenne adaptée aux besoins locaux, en fonction de la demande en eau de la zone desservie.

Globalement, ces caractéristiques montrent que le forage est techniquement exploitable et bien équipé, avec des conditions hydrauliques compatibles avec un système d'alimentation en eau potable fiable.

IV.5 : Schéma d'alimentation en eau potable du réservoir 2000m³ TAMAZOURAH

Le système d'alimentation en eau potable de la commune de TAMAZOURAH. L'approvisionnement est assuré à partir d'un forage d'une profondeur de 140 m, équipé d'une pompe immergée d'un débit de 14 L/s et d'une hauteur manométrique totale (HMT) de 175 m. Les eaux pompées sont acheminées par une conduite de refoulement en PEHD de diamètre nominal DN 160 vers un réservoir semi enterré existant d'une capacité de 2000 m³. Ce réservoir joue un rôle essentiel dans le stockage et la régulation des eaux provenant à la fois du forage et du système de dessalement. Ensuite, l'eau est distribuée à travers une conduite en PEHD de diamètre DN 250 destinée à alimenter le réseau d'AEP de la ville de TAMAZOURAH. Enfin, le réseau de distribution assure l'alimentation de la population en eau potable dans des conditions satisfaisantes de débit et de pression.



Figure IV.7 : Forage AGHBAL en cours d'exploitation.

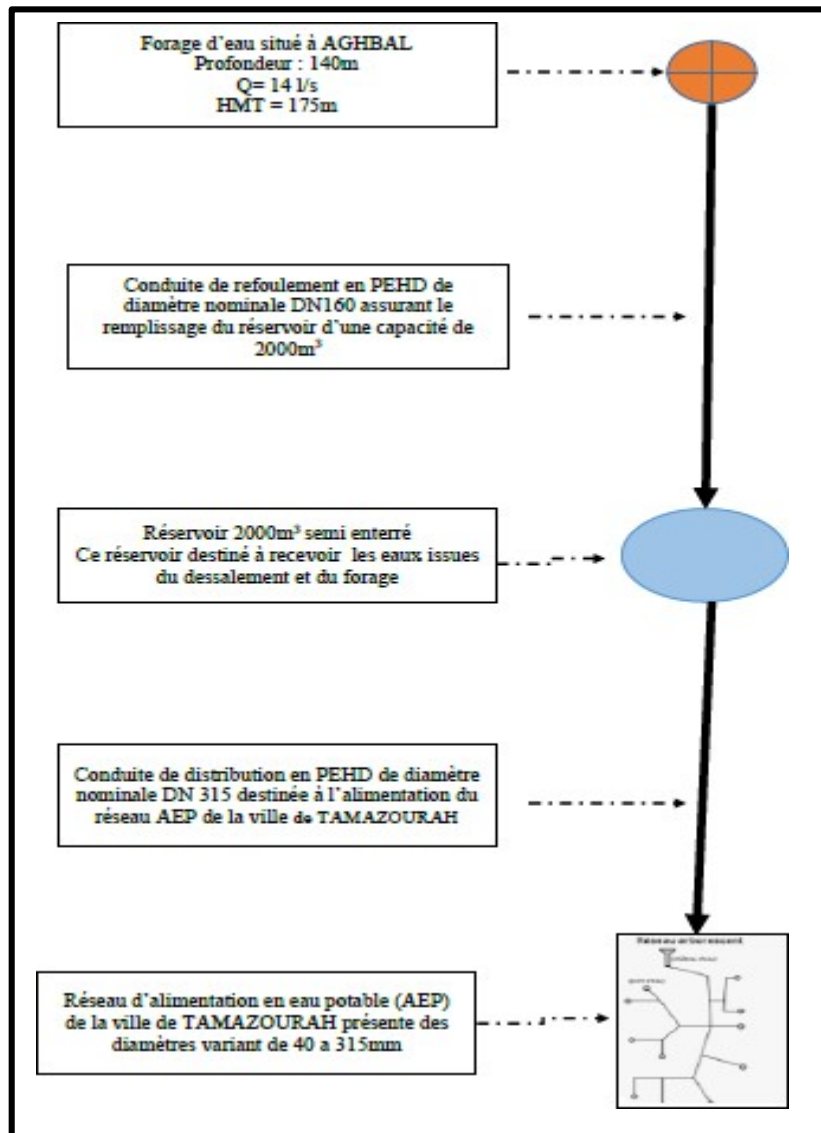


Figure IV.8 : Schéma synoptique du système AEP de la ville de TAMAZOURAH à partir du forage.

Dans cette première partie du chapitre IV, nous avons présenté le nouveau forage d'Aghbal, implanté dans la commune de Tamazoura. Ce forage a été réalisé dans le cadre du renforcement du système d'alimentation en eau potable de la commune afin de répondre à l'augmentation des besoins en eau et d'améliorer la sécurité de l'approvisionnement.

Les essais de pompage effectués ont permis de mettre en évidence les performances hydrauliques du forage, qui présente un débit exploitable de 14 L/s. Sa profondeur totale est de 140 m, tandis que la hauteur manométrique totale (HMT) nécessaire pour le refoulement de l'eau est estimée à 175 m. Ces caractéristiques démontrent que le forage constitue une ressource souterraine importante et capable de contribuer efficacement à l'alimentation en eau potable de la région.

L'exploitation de ce forage permettra non seulement d'augmenter les volumes d'eau disponibles pour la population de Tamazoura, mais également de réduire la pression exercée sur les infrastructures existantes. Il représente ainsi une solution complémentaire pour pallier le déficit observé au niveau de la station de dessalement de Chatt El-Hillal, notamment durant les périodes de forte consommation.

Par conséquent, ce forage joue un rôle stratégique dans l'amélioration de la fiabilité du réseau d'alimentation en eau potable. Son intégration au système d'AEP contribuera à assurer une distribution plus régulière de l'eau, à renforcer la continuité du service public et à répondre aux besoins actuels et futurs de la population de la commune de Tamazoura.

IV.6 Dimensionnement de la conduite d'alimentation du réservoir de 2000m³ de TAMAZOURAH à partir du forage d'AGHBAL

IV.6.1 Présentation de la station de pompage du forage AGHBAL :

La station de pompage de du forage AGHBAL est de type centrifuge axe horizontale, constitue par quatre (03) pompes de surface de type KSB multicellulaires (2 étages), les pompes sont installées en charge avec un couplage en parallèle, chaque pompe est caractérisée par (H, Q), la station fonctionné 24h/24h tel que :

- La station fonctionné 24h/24h avec deux pompes ; 12h/24h pour chaque pompe
- Deux pompes en service
- La 3^{eme} pompe de secours
- Les heures de pompage sont programmées 24 heures.
- La bâche d'eau de capacité de 1000m³
- La longueur d'aspiration $l_{asp}=30$ m, diamètre d'aspiration $D_{asp}=200$ mm
- La longueur de refoulement $l_{ref}= 4600$ m, diamètre de refoulement $D_{ref}=160$ mm
- Manomètre (pression à l'aspiration, pression au refoulement)
- Vanne de sectionnement à l'aspiration
- Clapet, divergent, vanne de sectionnement (type papillon) à l'aval de chaque pompe ;



Figure IV-9 : Station de pompage de trois unités.

IV.6.2 Choix de la pompe

Dans notre projet, on préconise de quatre (03) pompes (02+1 secours), permettront le remplissage du réservoir d'eau de 2000m³ qui vont desservir la commune de AGHBAL.

Le choix d'une pompe nécessite une fiche technique comprenant :

- Le débit à refouler (Q)
- la hauteur de refoulement (HMT).

A- Le débit refoulé par une pompe

La consommation journalière est de **1210 m³/j soit 14 l/s à l'horizon 2055**. Les trois pompes devront refouler un volume d'eau égale à cette consommation par jour pour satisfaire la demande en aval du réservoir 2000m³ existant.

Deux pompes seront en service pendant 12h par jour pour chaque pompe.

$$Q = \frac{1210}{24} = 50.41 \text{ (m}^3\text{/h)} \text{ Nous prenons } Q = 51 \text{ (m}^3\text{/h) d'environ 14 (l/s)}$$

Soit un débit (Q) refoulé de **51 (m³/h)**

B- Hauteur d'élévation (HP)

La hauteur d'élévation, aussi appelés Hauteur manométrique totale (HMT), correspond à la hauteur géométrique (différence entre le point bas et le point le plus haut) + les pertes de charges à l'aval de la pompe.

$$HMT = Hg + \sum_{ref}^{lin} hp + \sum_{ref}^{sin} hp + Hs \dots\dots\dots$$

HMT : la hauteur manométrique totale

Hg : la hauteur géométrique

$\sum_{ref}^{lin} hp$: La somme des pertes de charge linéaires

Hs : hauteur de sécurité on prend 10m

Tableau IV.4 : Caractéristique de la pompe

Type de la pompe	Nombre de pompes	Débit refoulé (L/s)	Hauteur géométrique (m)	Longueur de l'aspiration (m)	Longueur de refoulement (m)	La durée de pompage journalière (heur)
Pompe centrifuge axe horizontale Type KCB	3	14	78	20	4600	chaque pompe a une durée de pompage de 12 H

IV.7 Calcul économique du diamètre

Afin de déterminer le diamètre économique de la conduite, il est nécessaire de suivre plusieurs étapes successives. Tout d'abord, il convient de calculer la Hauteur Manométrique Totale (HMT), qui permet d'évaluer l'énergie nécessaire au refoulement de l'eau. Ensuite, les frais d'exploitation sont déterminés en tenant compte principalement des coûts énergétiques liés au fonctionnement de la station de pompage. Par la suite, les frais d'amortissement de la conduite et des équipements sont évalués afin de prendre en considération les coûts d'investissement sur leur durée de vie. Enfin, un bilan technico-économique est réalisé pour comparer les différentes variantes de diamètre et retenir le diamètre économique offrant le meilleur compromis entre les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation.

Tableau IV.5 : Résultats du calcul du diamètre économique

Formules	Débit Q (m³/s)	Diamètre calculé (m)	Diamètre normalisé (mm)	Vitesse (m/s)
Formule de Bresse $D = 1.5\sqrt{Q}$	0.014	0.177	200	0.50
Formule de Benin $D = \sqrt{Q}$	0.014	0.118	110	1.48

IV.7.1 Diamètres propose pour la détermination du diamètre économique

Dans le cadre de l'étude de dimensionnement de la conduite de refoulement, plusieurs diamètres normalisés ont été retenus afin de déterminer le diamètre économique le plus approprié. À cet effet, les diamètres DN 110, DN 160 et DN 200 seront étudiés et comparés. Pour chaque diamètre, les paramètres hydrauliques tels que la vitesse d'écoulement, les pertes de charge et la Hauteur Manométrique Totale (HMT) seront évalués. Par ailleurs, les coûts d'investissement, d'exploitation et d'amortissement seront pris en considération afin d'établir un bilan technico-économique. Cette analyse permettra de sélectionner le diamètre offrant le meilleur compromis entre les performances hydrauliques et les coûts globaux de la conduite de refoulement.

IV.7 Déterminer les caractéristiques de la conduite de refoulement :

Tableau IV.6 : caractéristiques hydrauliques de la conduite de refoulement

Cote départ (Point de raccordement)	Cote d'arrivée réservoir existant 2000 m ³ à TAMAZOURAH	Hauteur géométrique HG (m)	Débit Q (m ³ /s)	Longueur de la conduite (m)
162	240	78	0.014	4600

IV.7.2 Calcul de la hauteur manométrique totale

Les caractéristiques hydrauliques de la conduite de refoulement ont été calculées à l'aide du logiciel Delphi. Cet outil a permis de déterminer les paramètres hydrauliques nécessaires au dimensionnement de la conduite et à l'évaluation de ses performances.

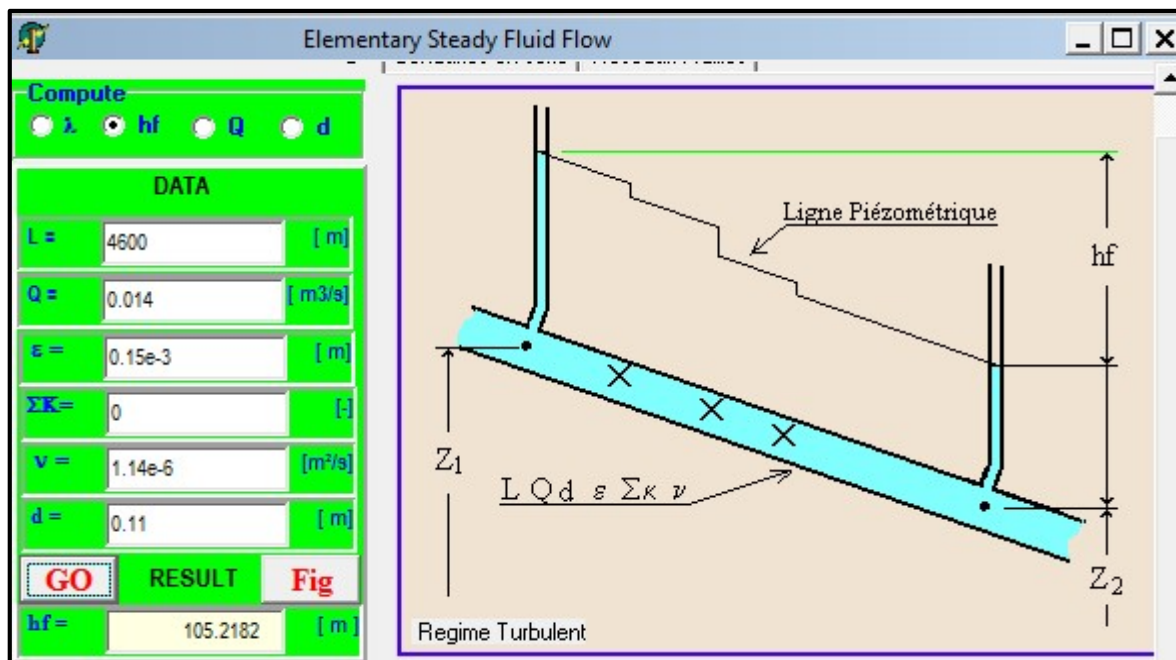


Figure IV.10 : Interface du logiciel DELPHI

Tableau IV.7 : Les calculs de la hauteur manométrique :

D (mm)	λ (m)	Graduat de perte de charge J (m)	L (m)	$\Delta Hl = J.L$ (m)	$\Delta Ht = \Delta Hl.1.15$ (m)	Hm=Hg+ ΔHt (m)
110	0.0173	0.0229	4600	105.23	121	199
160	0.0185	0.0034	4600	15.43	17.74	95.74
200	0.0189	0.0011	4600	5.10	5.86	83.86

IV.7.3 Détermination des Frais d'exploitation :

Les données de bases pour le calcul de frais d'exploitation sont

- Q : Débit en (m^3 / s).
- η : Rendement de la pompe = 75%

A partir de ces données nous dressons le tableau IV.4.

Tableau IV.8 : Les frais d'exploitation :

Diamètre D (m)	La puissance $P = \frac{9.81.HMT.Q}{\mu}$ (KW)	Energie annuelle E= P.24.365 (KWh)	Prix d'énergie C (DA/KW)	Frais d'exploitation (DA)
110	36.44	319214.40	6.45	2058932.88
160	17.53	153562.80	6.45	990480.10
200	15.35	134466	6.45	867305.70

On a estimé ce tableau grâce aux formules suivantes

$$P = g.Q.HMT/n.....$$

Avec :

- P: Puissance en (kW).
- Q : Débit en (m^3 / s).
- HMT: Hauteur manométrique en (m).
- η : Rendement de la pompe = 75%

Avec :

$$Pr = C. E$$

D'où :

Pr : Prix totale d'exploitation.

C : Prix de KW d'énergie en (DA/KW), C= 6.45 DA/KW. [Source SONALGAZ Mai 2026]

$$E = P \cdot T \cdot 365 \dots\dots\dots$$

Avec :

E : Energie annuel en (KWh).

P : puissance en (KW).

T : Temps de pompage en (h), T= 12 pour chaque pompe soit T= 12*02= 24H

IV.7.4 détermination des frais d'amortissement :

Les résultats obtenus pour les différents diamètres sont résumé dans le tableau IV.5

Tableau IV.9 : Les frais d'amortissement.

Diamètre D (m)	Prix de mètre linier De la conduite (DA)	Longueur L (m)	Prix totale (DA)	Frais d'amortissement (DA)
110	1000	4600	4600000	404800
160	1900	4600	8740000	769120
200	2250	4600	10350000	910800

Le cout de la conduite sera amorti sur 30 ans au taux de 10%, ce qui correspond à une somme de 6.45D. A, une annuité d'amortissement de 0.106, calculé par la formule suivante :

$$A = (0.1 / (1 + 0.1)^T - 1) + 0.1 \dots\dots\dots$$

D'où :

- A : L'annuité constante qui amortie un capitale de 1 DA investi du taux d'intérêt (8% en Algérie) pour une période « T = 25 ans » égale à la durée de vie du martiale.

- I : taux d'annuité (8% en Algérie)

- T : La durée de vie, T = 30 ans.

$$A = (0.08 / (0.08 + 1)^{30} - 1) + 0.08 = 0.088$$

Soit : A = 0.088 (DA/an).

Les coûts d'amortissement sont indiqués dans le tableau suivant :

IV.7.5 Calcul de bilan (Frais d'amortissement/frais d'exploitation) :

Les résultats obtenus pour les différents diamètres sont résumés dans le tableau IV.6

Tableau IV.10 : Calcul du bilan

Diamètre D (m)	Frais d'amortissement	Frais d'exploitation	Frais total
110	404800	2058932.88	2463732.88
160	769120	990480.10	1759600.1
200	910800	867305.70	1778105.7

Le tableau IV.7.5 présente les coûts d'exploitation, les frais d'amortissement ainsi que les frais totaux correspondant aux différents diamètres étudiés de la conduite de refoulement. L'analyse des résultats montre que le diamètre DN 110 engendre des frais d'exploitation relativement élevés en raison des pertes de charge importantes, malgré un coût d'investissement plus faible. À l'inverse, le diamètre DN 200 permet de réduire les coûts d'exploitation grâce à des pertes de charge plus faibles, mais nécessite un investissement initial plus important.

Le diamètre DN 160 représente un compromis entre les deux solutions précédentes. En effet, il présente un équilibre satisfaisant entre les frais d'exploitation et les frais d'amortissement, ce qui conduit à un coût global plus avantageux. Par conséquent, le diamètre DN 160 peut être retenu comme diamètre économique, car il assure des performances hydrauliques adéquates tout en minimisant les dépenses totales sur la durée de vie de l'ouvrage.

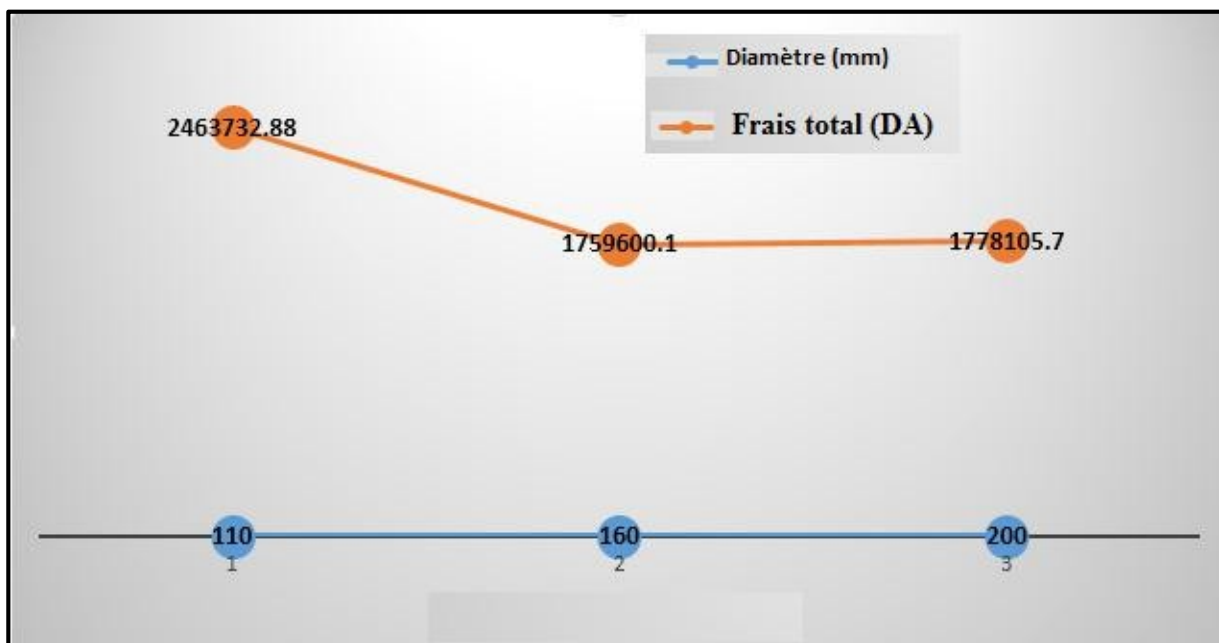


Figure IV.11 : Représente graphiquement le diamètre économique

Au vu du bilan technico-économique réalisé, le diamètre DN 160 constitue la solution la plus optimale pour la conduite de refoulement reliant le forage d'AGHBAL au réservoir de 2000m³ TAMAZOURAH.

IV.8 Calcul de la pression d'arrivée au point de réservoir existant 2000 m³:

IV.8.1 Profile piézoélectrique d'une conduite d'adduction :

Pour calculer la pression au niveau du réservoir existant de 2000m³ de Tamazourah, on applique le théorème de Bernoulli :

- Entre le point 1 de départ (la station de pompage du forage AGHBAL) et le point 2 d'arrivée (réservoir existant 2000m³ de TAMAZOURAH).

On aura donc :

$$Z_1 + P_{départ} / \rho g + V_1^2 / 2g = Z_2 + P_{arriv} / \rho g + V_2^2 / 2g + \sum \Delta HT \dots$$

$$P_{arriv} = P_{départ} - Hg - \Delta HT - Se$$

P_{arriv} : Pression d'arrive au point de réservoir.

$P_{départ}$: Pression départ (Pression fournie par la station de pompage) = 125 m.

Hg : Hauteur géométrique (78m).

ΔHt : 17.74 m

S : Sécurité = 10m.

$$P = 125 - (78 + 17.74 + 10) = 19.26 \text{ m}$$

$$P = 1.92 \text{ bar}$$

Tableau IV.11 : Les calculs de la pression au niveau du réservoir 2000m³ TAMAZOURAH

Débite $Q (L / S)$	Diamètre (mm)	Nature	PN de la conduite (bar)	Longueur (m)	ΔHT (m)	Vitesse $V (m / s)$	Hg (m)	HMT (m)
14	160	PEHD	16	4600	17.74	0.75	78	95.74
Pression au départ (Station de pompage Forage AGHBAL)					12,5 bars			
Pression au niveau de réservoir existant 2000m ³ TAMAZOURAH					1.92 bars			

Le tableau IV.8 présente les principaux paramètres hydrauliques de la conduite de refoulement reliant la station de pompage du forage d'AGHBAL au réservoir de 2000 m³ de TAMAZOURAH. La conduite retenue est en **PEHD DN 160 mm**, sur une longueur de **4600 m**, assurant le transport d'un débit de **14 l/s** avec une vitesse d'écoulement de **0,75 m/s**, valeur conforme aux recommandations de dimensionnement des conduites sous pression.

La **Hauteur Géométrique (Hg)** est de **78 m**, tandis que la **Hauteur Manométrique Totale (HMT)** atteint **95,74 m**, ce qui traduit l'influence des pertes de charge dans la conduite. La station de pompage du forage AGHBAL fournit une pression de **12,5 bars** au départ de la conduite.

Au niveau du réservoir de 2000 m³ de Tamazoura, la pression résiduelle obtenue est de **1,92 bar**, ce qui reste suffisante pour garantir l'acheminement de l'eau jusqu'au réservoir dans de bonnes conditions de fonctionnement. Ces résultats confirment que le diamètre **DN 160 mm** est adapté aux exigences hydrauliques du projet et permet d'assurer un fonctionnement satisfaisant du système de refoulement

IV-9 Equipement en ligne

Le long d'une canalisation divers accessoires sont installés pour :

- Assurer un bon écoulement ;
- Régulariser les pressions et mesurer les débits ;
- Protéger les canalisations.

Les décharges servent à protéger les conduites. Elles sont placées aux points bas et sont constituées d'une canalisation piquée sur la génératrice inférieure, aboutissant à un regard maçonnerie.

IV-9-1 Les ventouses

Elles sont installées aux points hauts du réseau d'adduction, les ventouses ont trois fonctions :

- De chasser en permanence l'air contenu dans les conduites ;
- Chasser l'air à grands débits au cours des opérations de remplissage des conduites ;
- De laisser pénétrer l'air à grand débit lors de vidange involontaire de la conduite afin d'éviter la mise en dépression ;

Les ventouses sont installées à la génératrice supérieure d'un tuyau et d'un robinet et elles sont distancées de 1000 entre elle.

Le dimensionnement des ventouses se fait en prenant en compte deux paramètres :

- La pression de fonctionnement ;
- La taille de la ventouse déterminée par celle du circuit d'évacuation de l'air dépend lui-même de débit d'air qui doit être chassé au introduit dans la conduite.

IV-9-2 Les vannes

IV-9-2-1 Robinet vanne

Seront placés à la fin de chaque tronçon, ce sont des vannes dites à fermeture lente, leur manœuvre n'apporte généralement pas de perturbations sensibles dans le réseau (vanne de sectionnement)

IV-9-2-2 Robinet papillon

Les robinets à papillon sont également prévues sur la ligne de notre adduction en vue de faciliter les réparations, on éventuelle ces robinets à papillons seront installées avec les vidanges. Ces appareils permettent une fermeture beaucoup plus rapide que les robinets ordinaires.

IV-9-3 Les ouvrages spéciaux

Clapet anti-retour, cônes, tés, coudes, vannes à flotteur,.....

Toutes les pièces spéciales sont fabriquées à la demande du maître de l'œuvre ces pièces peuvent comporter des brides à fin de pouvoir se raccorder aux robinets vanne par exemple.

IV-9-4 Les joints des conduites en frites béton

Les joints effectués sont :

- Disposes à cheval sur les tuyaux à assemblées, une couronne plate striée en acier ; ou matte, allant dans l'intervalle de la corde goudronnée et du plomb cordé, une bague armée et bétonnée entoure l'ensemble qui est coulé sur le chantier de pose. Tout cet ensemble peut aussi être remplacé par joint GIBLAULT spécial.
- Ou bien le raccordement effectuer par mâle et femelle avec un anneau de joint en caoutchouc. Voir annexe.



Figure IV.12 : Schéma synoptique du nouveau système d'AEP de la commune de TAMAZOURAH a partir du forage AGHBAL

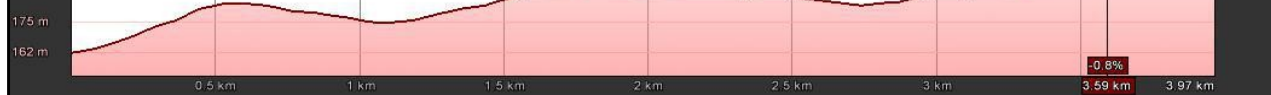


Figure IV.13 : extrait d'image par Google Earth

IV.10 Simulation numérique du système d'AEP sous EPANET

Dans le cadre du calcul et de l'évaluation des performances hydrauliques du réseau étudié, nous avons eu recours au logiciel de simulation EPANET, largement utilisé dans le domaine de l'hydraulique urbaine pour l'analyse des réseaux d'alimentation en eau potable. Cet outil permet la résolution des équations de conservation de masse et d'énergie dans le réseau, et fournit avec précision les principales grandeurs hydrauliques telles que les pressions nodales, les charges hydrauliques et les débits dans les conduites.

Les résultats de simulation, présentés dans le tableau IV.12, mettent en évidence le comportement hydraulique du réseau en régime permanent. L'analyse des pressions au niveau des différents nœuds montre une distribution globalement homogène et conforme aux plages de fonctionnement admissibles. Aucune chute de pression critique n'est observée, ce qui traduit une alimentation satisfaisante de l'ensemble des points de consommation.

Par ailleurs, l'examen des charges hydrauliques indique une cohérence globale du système, reflétant une bonne transmission de l'énergie hydraulique à travers le réseau. Cette continuité hydraulique témoigne d'un dimensionnement adéquat des conduites ainsi que d'une conception équilibrée du réseau.

En ce qui concerne les débits de demande, les valeurs obtenues confirment la capacité du réseau à satisfaire les besoins assignés aux différents nœuds, sans déséquilibre majeur entre l'offre et la demande. Cela permet de conclure que le système étudié présente un fonctionnement hydraulique stable et satisfaisant.

Enfin, l'utilisation du logiciel EPANET s'est révélée particulièrement pertinente, en raison de sa robustesse numérique, de sa rapidité de calcul et de ses capacités de visualisation des résultats. Ces fonctionnalités facilitent l'analyse comparative des scénarios de fonctionnement et contribuent efficacement à l'interprétation des performances globales du réseau.

IV.10.1 Résultats de la simulation EPANET :

Le renforcement en eau potable de la commune de TAMAZOURAH fait partie intégrante du couloir HASSI EL GHLLA TAMAZOURAH il est donc impératif de faire, en plus de l'aperçu descriptif, une simulation avec le logiciel EPANET et d'interpréter les résultats des différents tableaux et graphiques.

CHAPITRE IV : Alimentation en eau potable de la Commune de SIDI OUARIECHE

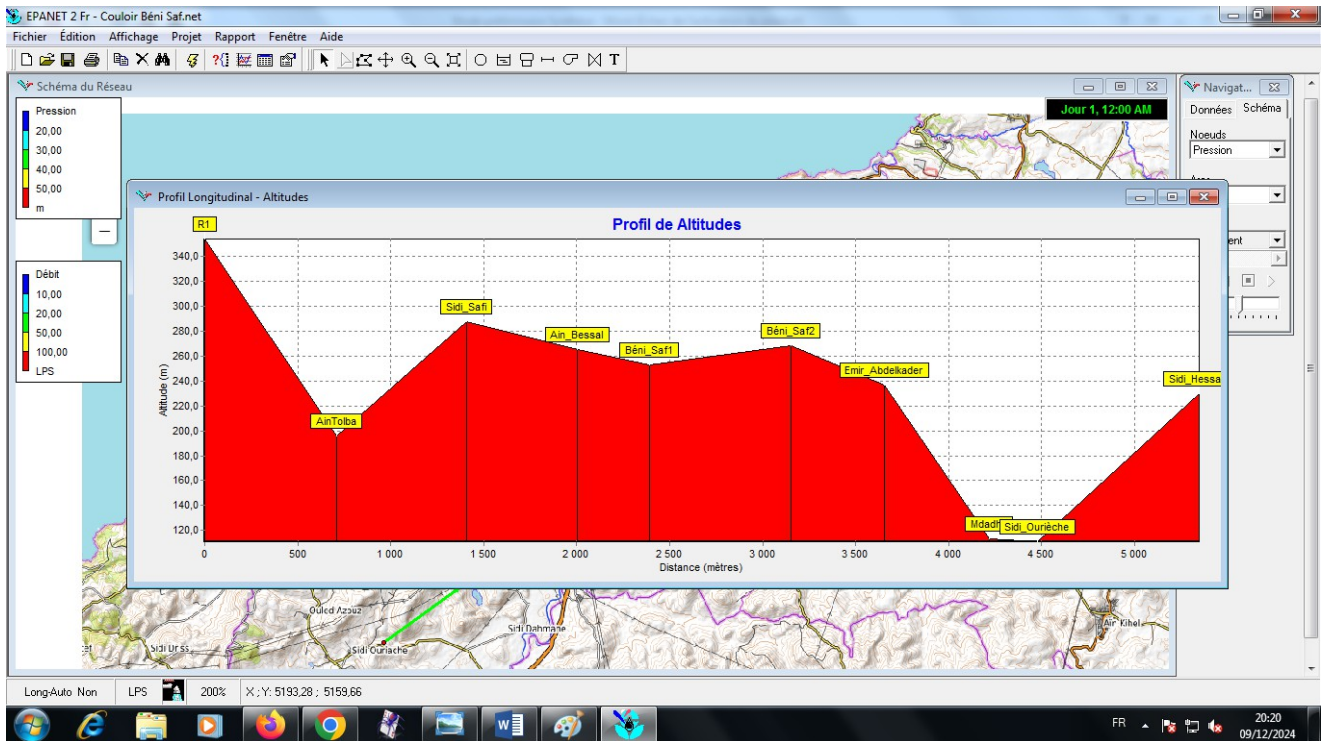


Figure IV.14 : Profil en long de l'adduction simulé par EPANET

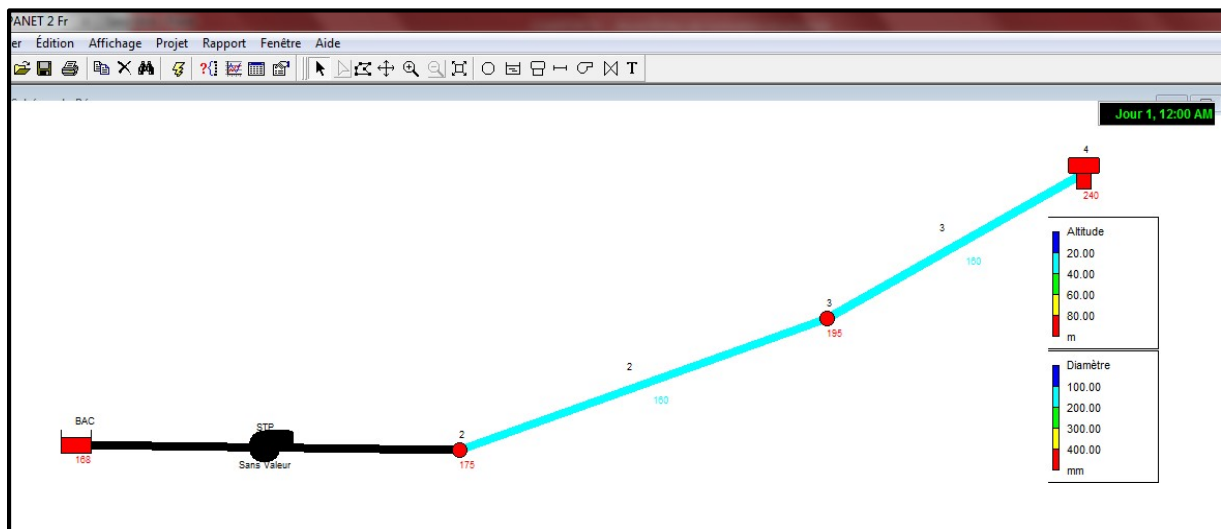


Figure IV.15 : simulation hyddraulique par logiciel EPANET.

Tableau IV.12 : Résultat de la simulation hydraulique

État des Nœuds du Réseau					
ID Nœud	Altitude m	Demande Base M3H	Demande M3H	Charge m	Pression m
Noeud 2	175	51.00	51.00	281	101
Noeud 3	195	51.00	51.00	273.6	53.6
Bâche BAC	168	51.00	51.00	287	125
Réservoir 4	240	51.00	51.00	259.25	19.25

Le tableau IV.12 présente les résultats de la simulation du réseau hydraulique, notamment l'état des nœuds du réseau, les pressions, les charges ainsi que la demande de base (m³/h) pour chaque nœud. Ces résultats permettent d'évaluer le comportement hydraulique du réseau dans différentes conditions de fonctionnement.

On constate que les pressions aux différents nœuds restent globalement dans des valeurs acceptables, ce qui traduit un bon fonctionnement du réseau et une distribution homogène de l'eau. La simulation met également en évidence les variations de charge hydraulique selon la position des nœuds.

Le logiciel EPANET s'est avéré performant grâce à la rapidité d'exécution de la simulation ainsi qu'à la clarté de l'affichage des résultats, notamment la répartition des pressions dans les nœuds et des vitesses dans les conduites.

IV.11 Conclusion

Le choix du diamètre de la conduite a été effectué en tenant compte de plusieurs paramètres techniques et économiques. Sur le plan technique, il dépend principalement du débit à transporter, des pertes de charge admissibles ainsi que de la vitesse d'écoulement, qui doit rester dans une plage acceptable pour une adduction par refoulement (généralement entre 0,5 et 2 m/s).

Sur le plan économique, le dimensionnement est influencé par le coût d'investissement lié au pompage ainsi que par les charges d'amortissement. Le choix de la nature de la canalisation dépend également des caractéristiques du terrain et des contraintes économiques du projet.

Dans le cadre de ce travail, le diamètre économique retenu est **DN 160** en PEHD pour une conduite d'une longueur de **4600 m**. Par ailleurs, la pression d'arrivée au niveau du réservoir

CHAPITRE IV : Alimentation en eau potable de la Commune de SIDI OUARIECHE

existant de **2000 m³** à Tamazoura a été vérifiée **1.92bars**, ce qui confirme la satisfaction des conditions de fonctionnement du réseau.

Ainsi, les résultats obtenus montrent que le dimensionnement adopté est cohérent et que le projet est techniquement et économiquement validé.

Et d'autre part nous avons confirmé notre résultats par l'utilisation du logiciel d'EPANET.

CHAPITRE V :

ETUDE ECONOMIQUE DU PROJET

V.1 Introduction

L'étude économique constitue une étape essentielle dans l'évaluation de la faisabilité du projet de renforcement de l'alimentation en eau potable de la commune de TAMAZOURAH à partir du forage AGHBAL. Elle permet d'estimer les coûts d'investissement nécessaires à la réalisation des ouvrages projetés, ainsi que les charges d'exploitation et de maintenance. Cette étude vise également à mettre en évidence les bénéfices économiques et sociaux générés par le projet.

Le projet de renforcement de l'alimentation en eau potable de la commune de TAMAZOURAH à partir du forage AGHBAL s'inscrit dans le cadre de l'amélioration des infrastructures hydrauliques destinées à répondre aux besoins croissants de la population en eau potable. Sa réalisation vise à renforcer la sécurité de l'approvisionnement en eau, à réduire le déficit enregistré au niveau du système d'alimentation existant et à garantir un service public de meilleure qualité.

L'évaluation des impacts du projet constitue également une étape importante de l'étude économique, car elle permet de mettre en évidence les bénéfices attendus sur les plans économique, social et environnemental.

V.2 Analyse économique et avantages du projet

Le projet de renforcement de l'alimentation en eau potable de la commune, le système de distribution d'eau joue un rôle essentiel dans l'atteinte des objectifs fixés. En effet, il permet de réduire la dépendance vis-à-vis des ressources issues de la station de dessalement de Chatt El Hilal, en diversifiant les sources d'approvisionnement et en améliorant la résilience du système hydraulique. Ce projet contribue également à l'amélioration des conditions de vie des habitants grâce à un accès plus régulier et plus fiable à l'eau potable. Enfin, il assure une meilleure sécurité hydraulique pour la commune, en garantissant la continuité du service et en limitant les risques de pénurie.

La réalisation du forage AGHBAL permettra :

- ❖ de renforcer l'alimentation en eau potable de la commune de TAMAZOURAH ;
- ❖ de réduire le déficit enregistré durant les périodes de forte consommation ;
- ❖ d'améliorer la continuité du service public de distribution d'eau ;
- ❖ de diminuer la dépendance vis-à-vis des ressources provenant de la station de dessalement de CHATT EL HILAL ;
- ❖ d'améliorer les conditions de vie des habitants ;
- ❖ d'assurer une meilleure sécurité hydraulique pour la commune.

V.3 Estimation du coût du projet

Le coût du projet comprend les projets suivants :

- **Projet 01 : Etude et conception du forage d'AGHBAL pour le renforcement d'AEP de la commune de TAMAZOURAH**
- **Projet 02 : Exécution des travaux de forage au niveau d'AGHBAL**
- **Projet 03 : Réalisation de la station de pompage du forage AGBAL**
- **Projet 04 : Réalisation de la conduite principale du réservoir de 2000 m3 à partir de la station de pompage**

Le coût global du projet est déterminé à partir du devis quantitatif et estimatif établi pour l'ensemble des ouvrages projetés.

V.3.1 Estimation du coût de l'étude et conception du forage d'AGHBAL pour le renforcement d'AEP de la commune de TAMAZOURAH

Le coût de l'étude du forage regroupe les dépenses liées aux investigations préalables, aux études géophysiques et à l'élaboration des documents techniques nécessaires à la réalisation du forage. Cette étape permet de choisir le site le plus favorable et de réduire les risques lors de l'exécution du projet.

Tableau V.1 : synthèse des phases de l'étude du forage AGBAL

N°	Désignation des Articles	Cout en (DA)
01	<u>Étude documentaire et reconnaissance du site</u> • Collecte des données géologiques et hydrogéologiques existantes. • Analyse des cartes géologiques et hydrauliques. • Visite de terrain • Elaboration et présentation du rapport de l'étude préliminaire	500 000.00 -
02	<u>Choix du site d'implantation</u> • Sélection de l'emplacement le plus favorable. • Vérification de l'accessibilité du site. • Respect des périmètres de protection contre les sources de pollution. • Etablissement du tracé de la variante retenue sur un plan à une échelle adéquate	800 000.00
03	<u>Étude géophysique</u> • Réalisation de sondages géophysiques (méthode électrique, résistivité). • Identification des couches aquifères. • Estimation de la profondeur de la nappe et de son épaisseur • Elaboration et présentation du rapport de l'étude géophysique	3 500 000.00
04	<u>Implantation du forage</u> • Détermination précise des coordonnées du point de forage. • Préparation de la plateforme de travail • Elaboration et présentation le dossier d'exécution	1 200 000.00
TOTAL		6 000 000.00

V.3.2 Estimation du coût de l'exécution des travaux de forage au niveau d'AGHBAL

Le coût de réalisation du forage comprend les dépenses liées aux travaux d'exécution sur le terrain, notamment le forage proprement dit, la fourniture et la pose des tubes, le développement du forage ainsi que les essais de pompage. Il inclut aussi l'utilisation des équipements et la main-d'œuvre. Ce coût dépend principalement de la profondeur du forage et des conditions géologiques du site.

Tableau V.2 : synthèse des phases de la réalisation du forage AGBAL

N°	Désignation des travaux de réalisation	Cout en (DA)
01	<u>Exécution du forage 140 ML</u> • Foration jusqu'à la profondeur prévue. • Description des terrains traversés. • Contrôle des venues d'eau.	5 000 000.00
02	<u>Développement du forage</u> • Nettoyage du forage par soufflage ou pompage. • Élimination des particules fines.	250 000.00
03	<u>Essai de pompage</u> • Mesure du débit exploitable. • Détermination du niveau statique et dynamique. • Calcul du rabattement.	800 000.00
04	<u>Analyse de la qualité de l'eau</u> • Analyses physico-chimiques. • Analyses bactériologiques. • Vérification de la conformité aux normes de potabilité.	500 000.00
05	<u>Équipement électromécanique</u> • Choix et installation de la pompe immergée. • Installation du coffret de commande et des protections électriques.	10 000 000.00
06	<u>Mise en service et exploitation</u> • Essais de fonctionnement. • Suivi du débit et du niveau d'eau. • Programme de maintenance.	500 000.00
07	<u>Aménagement extérieur du forage</u> • La réalisation de la dalle de protection, • La réalisation d'un abri du forage • Drainage des eaux superficielles • Les aménagements de sécurité et d'accès	1 800 000.00
TOTAL		18 850 000.00

V.3.3 Estimation du coût de la station de pompage du forage AGHBAL

Le coût de réalisation de la station de pompage comprend l'ensemble des dépenses liées aux travaux de construction, à l'installation des équipements hydromécaniques et électriques, ainsi qu'à la mise en place des systèmes de contrôle et de protection. Il inclut également la fourniture des pompes, la construction du bâtiment technique et les travaux de raccordement. Ce coût varie selon la capacité de la station et les caractéristiques du projet.

Tableau V.3 : Synthèse des phases de construction et d'équipement de la station de pompage du forage AGHBAL

N°	Désignation des travaux de réalisation	Cout en (DA T)
01	<u>Partie étude</u> études géotechniques, génie de civile, électromécanique, hydraulique, automatisme, électrique schémas et plans des ouvrages (génie civil et équipement)	3 000 000.00
02	<u>Travaux de génie civil</u> - Implantation de l'ouvrage. - Terrassements et fouilles. - Réalisation des fondations. - Construction du bâtiment de la station. - Aménagement des ouvrages annexe	5 000 000.00
03	<u>Installation des équipements</u> - Pose des conduites d'aspiration et de refoulement. - Installation des pompes. - Mise en place des vannes et accessoires hydrauliques. - Installation électrique et automatisme	6 000 000.00
04	<u>Essais et mise en service</u> - Vérification des équipements. - Essais hydrauliques et électriques. - Réglages et contrôle des performances. - Mise en service de la station.	1 000 000.00
05	<u>Aménagement extérieur du forage</u> - La réalisation d'un mur de clôture - Drainage des eaux superficielles - Les aménagements de la piste d'accès	2 000 000.00
TOTAL		17 000 000.00

V.3.4 Estimation du coût de la conduite aimante du réservoir 2000m³ à partir de la station de pompage du forage AGHBAL

Le coût de pose de la conduite et du raccordement correspond aux dépenses liées à la fourniture des tuyaux, aux travaux de terrassement, à la pose de la conduite ainsi qu'aux opérations de raccordement aux ouvrages existants (réservoir, station de pompage ou réseau de distribution). Il inclut aussi les essais d'étanchéité et les remblaiements. Ce coût dépend principalement de la longueur de la conduite, de son diamètre et de la nature du terrain.

Tableau V.4 : Les différentes étapes de pose de la conduite et des travaux de raccordement

N°	Désignation des Articles des travaux	Cout en (DA)
01	<u>Conception et préparation du projet</u> • Élaboration des plans d'exécution. • Définition du tracé définitif. • Choix du matériau et du diamètre de la conduite. • Elaboration du dossier technique	3 000 000.00
02	<u>Travaux préparatoires</u> • Implantation du tracé. • Libération de l'emprise. • Installation du chantier	1 500 000.00
03	<u>Travaux de pose sur un linéaire de 4600 ml</u> • Terrassement et ouverture des tranchées. • Préparation du lit de pose. • Pose et assemblage des conduites. DN 160 mm • Installation des accessoires (vannes, ventouses, vidanges, regards).	16 100 000.00
04	<u>Remblaiement et réfection</u> • Contrôle de la pose. • Remblaiement des tranchées. • Réfection des chaussées et des terrains affectés	2 000 000.00
05	<u>Travaux de raccordement</u> • Raccordement de la nouvelle conduite au réservoir existant. • Raccordement de la conduite à la station de pompage. • Réalisation des ouvrages de connexion (piquages, chambres de vannes, pièces spéciales). • Installation des vannes d'isolement et des équipements de contrôle. • Vérification de l'étanchéité des raccordements. • Mise en eau progressive des ouvrages raccordés	2 500 000.00
06	<u>Essais et mise en service</u> • Épreuve de pression. • Désinfection et rinçage de la conduite. • Vérification du fonctionnement. • Mise en service.	1 000 000.00
TOTAL		26 100 000.00

Tableau V.5 : Récapitulatif du cout global du projet de renforcement en AEP (forage, de la station de pompage et de la conduite de refoulement).

N°	Désignation des Projets	Cout en (DA)
01	Projet 01 : Etude et conception du forage d'AGHBAL pour le renforcement d'AEP de la commune de TAMAZOURAH	6 000 000.00
02	Projet 02 : Exécution des travaux de forage au niveau d'AGHBAL	18 850 000.00
03	Projet 03 : Réalisation de la station de pompage du forage AGBAL	17 000 000.00
04	Projet 04 : Réalisation de la conduite principale du réservoir de 2000 m³ à partir de la station de pompage	26 100 000.00
	TOTAL	67 950 000.00

Le tableau V.5 récapitulatif montre que le coût global du projet de renforcement de l'alimentation en eau potable de la commune de TAMAZOURA à partir du forage AGBAL est estimé à **67 950 000,00 DA**. Ce montant comprend les dépenses liées à l'étude et à la conception du forage, à l'exécution des travaux de forage, à la réalisation de la station de pompage ainsi qu'à la mise en place de la conduite de refoulement reliant la station de pompage au réservoir de 2 000 m³.

L'analyse des coûts révèle que la réalisation de la conduite principale représente la part la plus importante de l'investissement avec **26 100 000,00 DA**, soit environ **38,4 %** du coût total du projet. Les travaux de forage et la station de pompage représentent respectivement **27,7 %** et **25,0 %** du coût global, tandis que les études et la conception représentent **8,9 %** de l'investissement total.

Ces résultats montrent que le projet nécessite un investissement conséquent mais indispensable pour assurer un approvisionnement durable et sécurisé en eau potable, améliorer les conditions de distribution et répondre aux besoins croissants de la population de la commune de TAMAZOURA.

Remarque :

Les estimations financières présentées dans cette étude sont basées sur les prix de référence communiqués par la Direction de l'hydraulique de la wilaya d'AÏN TEMOUCHENT.

V.4 Impact du projet :

Le projet vise à améliorer l'alimentation en eau potable au niveau de la commune de TAMAZOURAH à travers le renforcement du réseau de distribution et la réduction du déficit en eau. Il permet également de diminuer la dépendance vis-à-vis de la station de dessalement de CHATT EL HILAL, contribuant ainsi à renforcer la sécurité hydrique de la région. Par ailleurs, ce projet aura un impact positif sur les conditions de vie de la population grâce à une meilleure continuité et qualité du service, tout en assurant une gestion plus durable des ressources en eau pour les générations futures.

V.4.1 Impact économique du projet

La réalisation du forage AGHBAL représente un investissement structurant pour la commune de TAMAZOURAH. Ce projet permettra d'augmenter les ressources mobilisées pour l'alimentation en eau potable et de réduire les insuffisances constatées dans le système actuel d'approvisionnement.

L'augmentation de la capacité de production d'eau potable contribuera à la réduction des coûts engendrés par les solutions d'urgence mises en œuvre lors des périodes de forte demande ou de déficit d'approvisionnement. Elle permettra également d'améliorer le rendement global du système d'AEP et d'assurer une meilleure exploitation des infrastructures hydrauliques existantes.

Par ailleurs, la disponibilité continue de l'eau potable constitue un facteur essentiel au développement économique local. Elle favorise le maintien et le développement des activités commerciales, artisanales et agricoles présentes dans la commune. Une alimentation fiable en eau contribue également à attirer de nouveaux investissements et à améliorer l'attractivité du territoire.

Durant la phase de réalisation, le projet génère des retombées économiques directes à travers la mobilisation d'entreprises spécialisées, la création d'emplois temporaires et la consommation de biens et services locaux.

V.4.2. Impact social du projet

L'accès à l'eau potable est un besoin fondamental pour la population. Le forage AGHBAL permettra d'améliorer significativement les conditions de vie des habitants de la commune de TAMAZOURAH en garantissant une alimentation plus régulière et plus sécurisée.

Grâce à ce projet, les interruptions de distribution et les pénuries d'eau seront réduites, ce qui améliorera le confort quotidien des ménages. Les habitants disposeront d'une quantité d'eau suffisante pour satisfaire leurs besoins domestiques, notamment pour la consommation, l'hygiène et les usages ménagers.

Le projet contribue également à l'amélioration de la santé publique en réduisant les risques liés au manque d'eau potable et en favorisant de meilleures conditions d'hygiène. Cette amélioration est particulièrement importante pour les établissements scolaires, les centres de santé et les équipements publics.

En outre, la sécurisation de l'approvisionnement en eau renforce la stabilité sociale en répondant à une préoccupation majeure de la population et en améliorant la qualité du service public.

V.4.3 Impact technique et opérationnel

La mise en service du forage AGHBAL permettra de renforcer les capacités du système d'alimentation en eau potable de la commune. Avec un débit exploitable de 14 l/s et une profondeur de 140 m, ce forage constitue une ressource complémentaire importante pour couvrir les besoins actuels et futurs de la population.

Le projet assure une meilleure flexibilité d'exploitation du réseau d'AEP grâce à la diversification des sources d'alimentation. En cas de diminution de la production provenant d'autres ressources, le forage AGHBAL permettra de maintenir la continuité du service et de limiter les perturbations de distribution.

L'intégration du forage au système existant contribue également à améliorer la fiabilité du réseau et à renforcer la sécurité hydraulique de l'ensemble des ouvrages de production et de stockage.

V.4.4 Impact environnemental

Le projet présente des impacts environnementaux limités, dans la mesure où il consiste principalement en l'exploitation contrôlée d'une ressource souterraine destinée à l'alimentation en eau potable.

L'utilisation du forage AGHBAL permettra de répondre aux besoins de la population tout en réduisant la pression sur certaines ressources existantes. Toutefois, une gestion rigoureuse de l'exploitation du forage devra être assurée afin de préserver durablement la nappe souterraine. Un suivi périodique du niveau piézométrique, du débit exploité et de la qualité de l'eau permettra de garantir une exploitation rationnelle de la ressource et d'éviter tout risque de surexploitation.



Figure V.1 : Organigramme de l'étude économique du projet d'alimentation en eau potable de la commune de TAMAZOURAH à partir du forage AGHBAL

V.5 Conclusion

L'étude économique réalisée pour le projet de renforcement de l'alimentation en eau potable de la commune de TAMAZOURA à partir du forage AGHBAL a permis d'évaluer les coûts nécessaires à sa mise en œuvre et de confirmer sa faisabilité financière. Le coût global du projet est estimé à **67 950 000 DA**, comprenant l'étude et la conception du forage (**6 000 000 DA**), les travaux de réalisation du forage (18 850 000 DA), la construction de la station de pompage (**17 000 000 DA**) ainsi que la réalisation de la conduite de refoulement vers le réservoir de 2 000 m³ (**26 100 000 DA**).

L'analyse des différentes composantes du projet montre que la conduite de refoulement représente la part la plus importante de l'investissement, suivie des travaux de forage et de la station de pompage. Malgré l'importance de cet investissement, les bénéfices attendus en matière de sécurité d'approvisionnement en eau potable, d'amélioration de la qualité du service public et de satisfaction des besoins futurs de la population justifient pleinement sa réalisation. Ainsi, ce projet constitue une solution durable et stratégique pour renforcer le système d'alimentation en eau potable de la commune de TAMAZOURA, tout en contribuant à l'amélioration des conditions de vie des habitants et au développement local.

Conclusion générale

Au terme de ce travail consacré à l'étude et au dimensionnement du projet de renforcement du système d'alimentation en eau potable de la commune de TAMAZOURAH à partir du forage AGHBAL, il apparaît que cette solution constitue une alternative fiable et durable pour améliorer l'approvisionnement en eau potable de la commune.

L'étude réalisée a permis de mettre en évidence le potentiel hydraulique du forage AGHBAL, caractérisé par une profondeur de 140 m et un débit exploitable de 14 l/s, permettant de répondre à une part importante des besoins actuels et futurs de la population. L'évaluation des besoins en eau a confirmé la nécessité de renforcer les ressources mobilisées afin d'assurer une alimentation continue et sécurisée.

Le dimensionnement des ouvrages hydrauliques a conduit à la conception d'une conduite de refoulement d'une longueur de 4 600 m et d'un diamètre de 160 mm, permettant l'acheminement de l'eau vers le réservoir existant de TAMAZOURAH d'une capacité de 2 000 m³. Les calculs hydrauliques ont montré que la pression disponible au niveau du réservoir est de 1,92 bar, garantissant ainsi des conditions de fonctionnement satisfaisantes du système projeté.

Par ailleurs, l'étude économique a permis d'estimer le coût global du projet à 67 950 000 DA. Malgré l'importance de cet investissement, les bénéfices attendus en matière de sécurisation de l'alimentation en eau potable, d'amélioration de la qualité du service public et de satisfaction des besoins croissants de la population justifient pleinement la réalisation de ce projet.

Au vu des résultats obtenus, le projet de renforcement de l'alimentation en eau potable de la commune de TAMAZOURAH à partir du forage AGHBAL peut être considéré comme la solution optimale pour répondre aux besoins actuels et futurs en eau potable. Il offre des garanties satisfaisantes sur les plans technique, hydraulique et économique, tout en contribuant à la sécurisation durable de l'approvisionnement en eau de la commune et à la réduction de la pression sur les ressources actuellement exploitées.

En conclusion, les résultats obtenus démontrent la faisabilité technique et économique du projet. Sa mise en œuvre permettra d'assurer un approvisionnement régulier et durable en eau potable, d'améliorer les conditions de vie des habitants et de renforcer la sécurité hydraulique de la commune de TAMAZOURAH pour les années à venir.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIE

- [1] Abddoulaye D. H. et Seid D., *Protection de la ville d'Aïn Témouchent contre les inondations.*
- [2] Alimentation en eau potable de la ville de Chentouf à partir du barrage Beni Bahdel, Document de la Direction des Ressources en Eau de la Wilaya d'Aïn Témouchent.
- [3] AGGOUR Bilal 2021 Le forage d'eau : Aspects théorique et pratique. Cas du forage BM-13 (W. Boumerdes).UNIVESIT2 TIZI OUZOU
- [4] Arbadji N., *Mémoire de Master : Impact des modes de gestion des ressources en eau sur l'efficacité du réseau.*
- [5] Arbaji N., 2017. *Impact des modes de gestion des ressources en eau sur l'efficacité du réseau (Étude de cas)*, Département d'Hydraulique, Université d'Aïn Témouchent.
- [6] Brahim M.A. et Mamadou I., *Mémoire de Master : Distribution de l'eau potable de la ville d'Aïn Témouchent.*
- [7] Camara M. et Fall M., *Mémoire de Master : Gestion de l'eau dans la ville d'Aïn Témouchent.*
- [8] Dali R., 2002. *Dimensionnement des réseaux d'alimentation en eau potable par la technique de linéarisation*, Projet de Fin d'Études d'Ingénieur en Hydraulique Urbaine, Département d'Hydraulique, Université de Tlemcen.
- [9] DHW, *Étude du diagnostic pour la réhabilitation du système d'AEP du lot de villes – TAMAZOURAH.*
- [10] Direction de l'Hydraulique de la Wilaya d'Aïn Témouchent (DHW).

[11] Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire de la Wilaya d'Aïn Témouchent.

[12] Laarbi, Zakad et Ayati, *Ressources en eau : bilan diagnostic, état des lieux et tendances*, Rapport préparatoire au Schéma National d'Aménagement du Territoire.

[13] Mekranter S.A., *Diagnostic de la station de traitement d'eau potable de Džioua*.

[14] SEOR, *Bilan des relevés quotidiens de la production d'eau dans la Wilaya d'Aïn Témouchent*.

[15] Plan d'aménagement de la Wilaya d'AIN TEMOUCHENT -2020

Sites web

www.andi.dz/PDF/monographies/Ain_temouchent.pdf

www.dsa-aintemouchent.dz/