

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

*FACULTE DE TECHNOLOGIE*

*DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE*

*N° : .....*



*DOMAINE : TECHNOLOGIE*

*FILIERE : HYDRAULIQUE*

*OPTION : HYDRAULIQUE URBAIN*

**Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique**

**Par : DERRAR Baha Ellah**

**SOUYEB Rahim**

**Intitulé**

**Etude de rénovation et extension du réseau  
d'AEP « Tamoula commune de Minar Zarza  
Wilaya de Mila » »**

**Soutenu devant le jury composé de :**

NEBBAR Mohamed	Université de M'sila	Président
ADJISSI Omar	Université de M'sila	Encadreur
GHODHBANE Messaoud	Université de M'sila	Co-Encadreur
SALHI Youcef	Université de M'sila	Examineur

**Année universitaire : 2024/2025**

## **Remerciements**

*Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.*

*Avant tout, je voudrais remercier Dieu Tout-Puissant pour m'avoir accordé la force, la patience et la volonté nécessaires pour réussir ce projet.*

*Mes sincères remerciements vont à mon encadrant, Mr. Omar Adjissi pour sa disponibilité, ses conseils précieux et son accompagnement tout au long de ce travail.*

*Je tiens également à remercier l'ensemble des enseignants de Département d'Hydraulique pour les connaissances qu'ils m'ont transmises durant toutes ces années.*

*Je remercie mes parents pour leur soutien moral et matériel inestimable.*

*Merci à mes camarades de promotion pour les moments partagés et l'entraide mutuelle.*

*Enfin, un grand merci à toute personne ayant, de près ou de loin, contribué à la réalisation de ce mémoire.*

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*À mes chers parents, pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices et leur soutien indéfectible tout au long de mon parcours.*

*À mes frères et sœurs, pour leur encouragement constant et leur présence rassurante.*

*À mes amis fidèles, qui m'ont toujours soutenu et motivé dans les moments difficiles.*

*À tous ceux qui ont cru en moi et m'ont inspiré à aller toujours plus loin.*

*Que ce travail soit le fruit de votre patience, votre foi et votre amour.*

## ملخص:

تقدم هذه الوثيقة طريقةً لاستعادة وتوسيع نطاق مياه الجفاف المستخدمة في مستوطنة تيمولا الثانوية. تقع هذه المنطقة على بُعد ثلاثة كيلومترات من منار زرزة، وستغطي كمية المياه الموزعة بسبب النواقص، وحفر المياه، وتدفق التوزيع الذي لا يغطي المناطق المحيطة

ينصب التركيز على قضايا التوسع والتطبيق في العالم الواقعي. تستند المبادئ إلى ابتكار وتوسيع النظام، استنادًا إلى تحليل وتقييم المعدات والبنية التحتية الحالية. تتيح نتائج التشخيص وضع استراتيجية لابتكار وتوسيع نظام العزل المائي، مما يضمن تغطية كاملة للمستوطنة الثانوية على المديين القصير والطويل. سيتم تجميع قائمة بالمراجع البيبليوغرافية

الكلمات المفتاحية

توزيع المياه/المشاكل المائية /التجمع الثانوي/تمولة

## Abstract :

This document presents a method for restoring and expanding the water supply of the secondary settlement of Timula. This area is located three kilometers from the Minar Zarza and will cover the water supply shortages, water wells, and distribution flows that do not cover the surrounding areas.

The focus is on expansion issues and real-world application. The principles are based on system innovation and expansion, based on an analysis and evaluation of existing equipment and infrastructure. The diagnostic results enable the development of a strategy for innovation and expansion of the waterproofing system, ensuring full coverage of the secondary settlement in the short and long term. A bibliographical reference list will be compiled.

Keywords :

Water distribution/Water problems /Secondary settlement/Tamoula

## Résumé :

Ce document présente une méthode de restauration et d'extension de l'approvisionnement en eau du village secondaire de Timula. Située à trois kilomètres du Minar Zarza, cette zone permettra de remédier aux pénuries d'eau, aux puits et aux débits de distribution qui ne couvrent pas les zones environnantes.

L'accent est mis sur les problèmes d'extension et leur application concrète. Les principes reposent sur l'innovation et l'extension du système, à partir d'une analyse et d'une évaluation des équipements et infrastructures existants. Les résultats du diagnostic permettent d'élaborer une stratégie d'innovation et d'extension du système d'étanchéité, garantissant une couverture complète du village secondaire à court et à long terme. Une liste de références bibliographiques sera établie.

Mots-clés

Distribution d'eau / Problèmes d'eau / Village secondaire / Tamoula

# SOMMAIRE

Introduction générale : .....1

## Chapitre 1 Présentation de la zone d'étude

1. Introduction: .....3

1.1. Présentation de l'agglomération de Tamoula .....3

1.1.1. Situation géographique .....3

1.2. Decoupage en zones naturelles : .....4

1.3. Aire d'étude : .....5

1.3.1. Définition de l'aire d'étude : .....5

1.4. Monographie et situation socio-économique.....6

1.4.1. Population et habitations : .....6

1.4.2. Equipements et infrastructures : .....6

1.5. Climatologie de la région .....7

1.5.1 Facteurs climatiques : .....8

1.5.1.1- Température : .....8

1.5.2. Précipitations : .....8

1.5.3. Ensoleillement: .....9

1.5.4. Humidité de l'air: .....10

1.5.5. Le vent.....10

1.5.6. Le gel : .....11

1.5.7. La grêle : .....12

1.6. Conclusion : .....12

## Chapitre 2 Estimations des Besoins

2. Introduction : .....13

2.1. Estimation des besoins en eau : .....13

2.2. Estimation des besoins en eau : .....14

2.2.1. Consommation moyenne journalière : .....14

2.2.2. Consommation moyenne journalière domestique .....14

2.3. Besoins en eau par catégorie : .....15

2.3.1. Besoins scolaires : .....15

2.3.2. Besoins socioculturels : .....15

2.3.3. Besoin commerciaux : .....15

2.3.4. Besoins sanitaires .....	16
2.3.5. Besoins publics .....	16
2.3.6. Besoins d'arrosage .....	16
2.3.7. Récapitulation des besoins en eau du village : .....	17
2.4. Variation des débits de consommation dans le temps : .....	17
2.4.1. Variation journalière .....	18
2.4.2. Variation horaire.....	18
2.4.3. Détermination des débits journalières .....	19
2.4.3.1. Consommation maximale journalière.....	19
2.4.3.2. Consommation minimale journalière .....	20
2.4.4. Détermination des débits horaires .....	20
2.4.4.1. Débit moyen horaire .....	20
2.4.4.2. Débit maximum horaire .....	21
2.5. Calcul du débit de pointe.....	20
2.6. Conclusion .....	22

### Chapitre 3 Dimensionnement du réseau

3. Introduction .....	23
3.1. Diagnostic des ouvrages de stockage et chambres de manœuvre : .....	24
3.2. Diagnostic du réseau de distribution : .....	24
3.3. Vérification de l'état de fonctionnement du réseau existant :.....	24
3.4. Le débit spécifique :.....	24
3.4.1. Calcul du débit spécifique :.....	24
3.4.2. Calcul des débits nodaux :.....	25
3.5. Simulation du réseau existant par Epanet .....	26
3.5.1. Définition : .....	26
3.6. AMENAGEMENT PROPOSE : .....	28
3.7. Avantages et inconvénients : .....	28
3.7.1. Choix du type de matériaux de canalisation : .....	28
3.8. Dimensionnement du nouveau réseau projeté :.....	29
3.8.1. Etat des arcs du réseau après la simulation:.....	29
3.8.2. Résultats de simulation du réseau projeté :.....	30
3.9 Conclusion : .....	31

## Chapitre 4 Etude de l'adduction

<b>4. Introduction:</b> .....	<b>32</b>
<b>4.1. Types d'adductions :</b> .....	<b>32</b>
<b>4.1.1. Adduction gravitaire:</b> .....	<b>32</b>
<b>4.1.2. Adduction par refoulement:</b> .....	<b>32</b>
<b>4.1.3. Adduction mixte:</b> .....	<b>32</b>
<b>4.2. Choix du tracé :</b> .....	<b>33</b>
<b>4.3 Choix du type de conduites:</b> .....	<b>33</b>
<b>4.3.1 Choix du type du matériau de la tuyauterie :</b> .....	<b>34</b>
<b>4.4. Equipements hydrauliques des conduites d'adduction:</b> .....	<b>34</b>
<b>4.4.1. Point bas:</b> .....	<b>34</b>
<b>4.4.1.1. Vanne de sectionnement:</b> .....	<b>34</b>
<b>4.4.1.2. Vidange:</b> .....	<b>35</b>
<b>4.4.2.1. Ventouse:</b> .....	<b>35</b>
<b>4.4.2.2. Clapet anti retour:</b> .....	<b>35</b>
<b>4.4.2.3. Crépine:</b> .....	<b>35</b>
<b>4.5. Étude technico-économique des diamètres – Adduction par refoulement :</b> .....	<b>36</b>
<b>4.5.1. Choix de la gamme des diamètres :</b> .....	<b>36</b>
<b>4.6. Calcul de la vitesse d'écoulement :</b> .....	<b>37</b>
<b>4.7. Choix du nombre de pompe</b> .....	<b>39</b>
<b>4.7.1. Définition d'une pompe :</b> .....	<b>39</b>
<b>4.7.2. Les différents types de pompes et leurs caractéristiques :</b> .....	<b>39</b>
<b>4.7.3. Les turbo pompes:</b> .....	<b>39</b>
<b>4.7.4. Les pompes volumétriques:</b> .....	<b>39</b>
<b>4.8. Les modes de couplages de pompe:</b> .....	<b>40</b>
<b>4.8.1. Couplage en série:</b> .....	<b>40</b>
<b>4.8.2. Couplage en parallèle:</b> .....	<b>42</b>
<b>4.9. Caractéristiques hydrauliques des pompes centrifuges:</b> .....	<b>42</b>
<b>4.9.1. Le débit(Q):</b> .....	<b>42</b>
<b>4.9.2. Hauteur manométrique totale (HMT):</b> .....	<b>42</b>
<b>4.10. Les puissances:</b> .....	<b>42</b>
<b>4.10.1. La puissance absorbée par la pompe(Pa):</b> .....	<b>42</b>
<b>4.10.2. La puissance utile(Pu):</b> .....	<b>43</b>

4.10.3. Le rendement ( $\eta$ %) :	43
4.11. Les courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge:	43
4.11.1. Courbe débit-hauteur ( $H=f(Q)$ ):	43
4.11.2. Courbe de rendement ( $\eta=f(Q)$ ):	43
4.11.3. Courbe de puissance ( $P_a=f(Q)$ ):	44
4.12. Courbe caractéristique de la conduite :	44
4.13. Le point de fonctionnement d'une pompe:	44
4.14. Conclusion :	47

## Chapitre 5 : Gestion et exploitation du réseau d'AEP

5. Introduction	48
5.1. Préparation de la base de donnée	48
5.2. Calage de l'image dans MapInfo	49
5.2.1. Inséré l'image	51
5.2.2 Importé le fond topographique et squelette du réseau de l'Epanet vers MapInfo	49
5.2.3. Importation de la grille AEP de Tamoula dans MapInfo	50
5.3. Saisie et liaison des tables descriptives au réseau	52
5.3.1. Préparation des tableaux des données	52
5.3.2 Liaison de tables à des couches dans MapInfo	53
5.4. Organisation du projet dans MapInfo	53
5.5. Exporter la carte finale	53
5.6. Conclusion	54
Conclusion générale :	55
Référence Bibliographique:	56
Annexe	58

# Listes des tableaux

## Chapitre 1 Présentation de la zone d'étude

Tableau N°1.1 : population, construction et taux d'occupation par logement.....	7
Tableau N°1.2 .....	7
Tableau N°1.3 .....	8
Tableau N°1.4 :Statistique de l' Éducation 1er et 2e cycle.....	8
Tableau N°1.5 : Températures moyennes.....	9
Tableau N°1.6 : Températures maximales et minimales.....	9
Tableau N°1.7 : Insolation, nébulosité et radiation solaires mensuelle .....	11
Tableau N°1.8 : Humidité moyenne mensuelle.....	11
Tableau N°1.9 : Vitesses moyennes des vents .....	11

## Chapitre 2 Estimations des Besoins

Tableau N° 1: Estimation de la population future .....	13
Tableau N° 2 :résultats du calcul des besoins domestiques.....	14
Tableau N° 3 : Besoins scolaires à l'horizon 2050 .....	15
Tableau N° 4 : Besoins socioculturels à l'horizon 2050 .....	15
Tableau N° 5 : Besoins commerciaux à l'horizon 2050 .....	15
Tableau N° 6 : Besoins sanitaires à l'horizon 2050 .....	16
Tableau N° 7 : Besoins sanitaires à l'horizon 2050 .....	16
Tableau N° 8 : Besoins sanitaires à l'horizon 2050 .....	16
Tableau N° 9 : Besoins total à court terme, moyen terme et à long terme .....	17
Tableau N° 10 : $\beta_{max}$ en fonction du nombre d'habitants .....	19
Tableau N° 11 : $\beta_{max}$ en fonction du nombre d'habitants .....	19
Tableau N° 12 : $\beta_{min}$ en fonction du nombre d'habitants.....	19
Tableau N° 13 : Calcul du débit maximal et minimal journalière.....	20
Tableau N° 14 : évaluation des débits moyen et maximum horaire .....	21
Tableau N° 15 :Estimation des débits de pointe aux différent horizons. ....	22

## Chapitre 3 Dimensionnement du réseau

Tableau N° 1: Évaluation des débits nodales (demande de base au nœud).....	25
Tableau N° 2 : Résultat de la simulation du réseau existant .....	26
Tableau N° 3 : Résultats de la simulation (détermination des diamètres et vitesses) .....	29

## Chapitre 4 Etude de l'adduction

Tableau N°4. 1 : Tronçon chatau 1 - station de reprise .....	44
Tableau N°4. 2 : Les caractéristiques des pompes choisies .....	47

# Listes des figures et des graphes

## Chapitre 1 Présentation de la zone d'étude

Figure 1.1: Découpage administratif de la wilaya de Mila.....	4
Figure 1. 2 :Relief et zones naturelles de la wilaya de Mila .....	6
Figure 1. 3 : photo aérienne de l'agglomération secondaire Tamoula.....	6

## Chapitre 3 Dimensionnement du réseau

Figure 1: carte thématique du resautas de simulation relatif aux pressions et débits. ...	27
Figure 2 : carte thématique du resautas de simulation relatif aux pressions et vitesses. ...	30
Figure 3 : carte thématique du resautas de simulation relatif aux pressions et débits ...	31

## Chapitre 4 Etude de l'adduction

Figure 1 : Adduction par gravitaire.....	32
Figure 2 : Adduction par refoulement .....	32
Figure 3 : Adduction mixte. ....	33
Figure 4 : Schéma du système d'AEP aménagé.....	33
Figure 5 : Vanne de sectionnement .....	34
Figure 6 : ventouse.....	35
Figure 7 : Clapet anti retour .....	35
Figure 8 : Crépine.....	36
Figure 9: Schéma explicatif de la hauteur manométrique totale .....	40
Figure 10 : point de fonctionnement d'une pompe. ....	45
Figure 11 : Courbe caractéristique de la pompe de R2-R1.....	45

## Liste des symboles

**A** : amortissement

**a** : annuela célérité de l'onde (m/s)

**B** : La valeur du coup de bélier (m).

**CR** : côte radier (m)

**CTN** : côte terrain naturel (m)

**D** : diamètre de la conduite (m)

**DBONNIN, DBRESS** : diamètre de la conduite (m).

**De** : Le diamètre extérieur des tuyaux en PEHD (m).

**Di** : Le diamètre intérieur des tuyaux en PEHD (m).

**e** : épaisseur de la conduite (mm)

**F** : énergie consommée par la pompe (kwh) Fam frais d'amortissement (Da)

**Fexp** : frais d'exploitation(Da)

**g** : accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup> ).

**h** : la perte de charge créer par le vannage (m).

**HMT** : hauteur manométrique total (m).

**Hg** : hauteur géométrique (m).

**Hinc** : hauteur d'incendie

**HI** : perte de charge linéaire (m)

**Hp** : la courbe caractéristique de la pompe.

**Hs** : perte de charge singulière (m).

Hsur : la surpression maximale (m).

HT : les pertes de charge totale (m).

**i** : taux d'intérêt annuel (annuité)

**J** : perte de charge en mètre par mètre de conduite.

**L** : longueur de la conduite (m)

**Ni** : Nombre de consommateurs.

**n** : nombre d'année d'amortissement

**Qc** : débit concentré dans la conduite (l/s)

**Qn** : débit au nœud (l/s)

**Q<sub>max,j</sub>** : Débit de consommation maximale du jour le plus chargé de l'année (m /j).

**Q<sub>min j</sub>** : Débit de consommation minimale du jour le moins chargé de l'année (m /j).

**Q<sub>moy.h</sub>** : consommation moyenne horaire (m /j).

**Q<sub>moy.j</sub>** : Débit de consommation moyenne journalière (m /j).

**Q<sub>p</sub>** : Le débit de pointe (m /j).

**Q<sub>r</sub>** : débit de route (l/s)

**Q<sub>s</sub>** : débit spécifique (l/s) p prix d'un KWh (Da)

**Q<sub>i</sub>** : Dotation moyenne journalière en l/habitant.

**α** : Taux d'accroissement

**V** : vitesse d'écoulement (m/s)

**V<sub>inc</sub>** : Volume de la réserve d'incendie (m ).

**V<sub>R</sub>** : volume total du réservoir (m )

**α<sub>max</sub>** : coefficient qui dépendu niveau de vie de la population et du confort des bâtiments.

**B<sub>max</sub>** : coefficient qui dépend de nombre d'habitants η rendement de la pompe (%).

**θ** : angle d'inclinaison du papillon

**λ** : le coefficient de perte de charge.

**ε** : rugosité

**ρ** : masse volumique de l'eau

**v** : viscosité cinématique de l'eau

**Introduction**

**générale**

### **Introduction générale :**

En Algérie, les efforts consacrés à l'alimentation en eau potable ne cessent de s'accroître face à une demande croissante. Les épisodes de sécheresse qui frappé le pays (aléas climatiques), la forte démographie en milieu urbain a contribué à une pénurie incontournable des ressources mobilisables. Les politiques adoptées ces vingt dernières années, en termes de construction de barrages, de dessalement de l'eau de mer, restent insuffisantes. La mauvaise gestion et Planification créé des tensions difficilement maîtrisables dans la distribution de l'eau potable. Les pertes d'eau dans les réseaux ont dépassé les 55% d'après les services concernés (ADE, 2023). Ces pertes sont dues à plusieurs facteurs, entre autres, la vétusté des conduites, une conception non adaptée au relief, des piquages illicites dus aux constructions anarchiques, une insuffisance de matériels adaptés (détection et réparation des fuites).

L'amélioration de la qualité de service rendu aux abonnés, la collecte et le rassemblement des informations liées au réseau de distribution sur un même support informatique devient alors obligatoire. Les systèmes d'information géographique (SIG) répondent à cette problématique, par la création d'une base de données non seulement géo-référencées par rapport à la position du réseau dans l'espace urbain mais aussi à toute information relative aux caractéristiques

hydrauliques du réseau et son comportement dans cet espace. Ce système à une capacité, d'acquisition des données très efficace dans un processus de prise de décision, à chaque fois que la base de données est interrogée. Il est à noter que l'application seule des SIG dans le domaine de la distribution des eaux sans qu'elle ne soit couplée aux modèles de simulation hydraulique ne peut soutenir les objectifs visés d'une gestion requise. Pour mettre en exergue les performances des SIG dans la gestion d'un réseau de distribution d'eau potable, notre choix a porté sur l'agglomération secondaire Tamoula commune de Minar Zarza.

Une méthodologie de travail s'appuie sur les axes principaux suivants :

Enquête et diagnostic de l'état actuel des équipements et infrastructures d'AEP, avec toutefois la localisation de : Points d'eau, Ouvrages de stockage, Infrastructures de pompage, Conduites d'adductions, Ouvrages en lignes et accessoires et réseaux de distributions.

Matérialisation des infrastructures et équipements en tenant compte du P.D.A.U et ces P.O.S. du centre.

Evaluation des besoins en eau actuels et futurs de la population et estimation du déficit en matière de besoins et stockage.

- ❖ Vérification de l'état de fonctionnement du réseau existant.
- ❖ Adaptation et réaménagement du réseau à moyen et long terme aux besoins de la population.
- ❖ Dimensionnement et vérification du fonctionnement du réseau existant.

Préparation d'une base de données pour faciliter gestion et l'exploitation de ladite réseau par SIG (MAP INFO).

Une méthodologie de mise en place du SIG pour ce réseau est élaborée consistant en un couplage d'un SIG (MAPINFO), à un code de calcul (EPANET) pour bénéficier d'un environnement performant de modélisation.

# **Chapitre 1**

## **Présentation de la**

## **zone d'étude**

## 1. Introduction:

Avant toute mise en œuvre d'un projet d'assainissement, il est indispensable de procéder à une étude approfondie du site, afin d'identifier toutes les caractéristiques du terrain et les facteurs susceptibles d'influencer la conception du projet.

Parmi ces facteurs, on peut citer :

- ❖ les données relatives à l'agglomération (topographie, population, urbanisation)
- ❖ les informations spécifiques au réseau d'assainissement existant
- ❖ ainsi que les caractéristiques climatiques, hydrologiques et géologiques du site.

### 1.1. Présentation de l'agglomération de Tamoula

#### 1.1.1. Situation géographique

L'agglomération de Tamoula se situe dans une zone à topographie accidentée, caractérisée par une pente moyenne de 15 % orientée du nord vers le sud. Elle est localisée à environ 5 km à l'est du chef-lieu de la commune de Minar Zarza, et à 55 km du chef-lieu de la wilaya de Mila. La commune est délimitée comme suit :

Au nord : par la wilaya de **Jijel**

Au sud : par la commune de **Rouached**

À l'est : par la commune de **Tessala Lamtai**

À l'ouest : par la commune de **Tassadane Haddada**, chef-lieu de daïra

La wilaya de Mila, d'une superficie de 3 478 km<sup>2</sup>, compte actuellement une population de 779 300 habitants. Elle est constituée de 32 communes, issues du découpage administratif de 1984.[01]

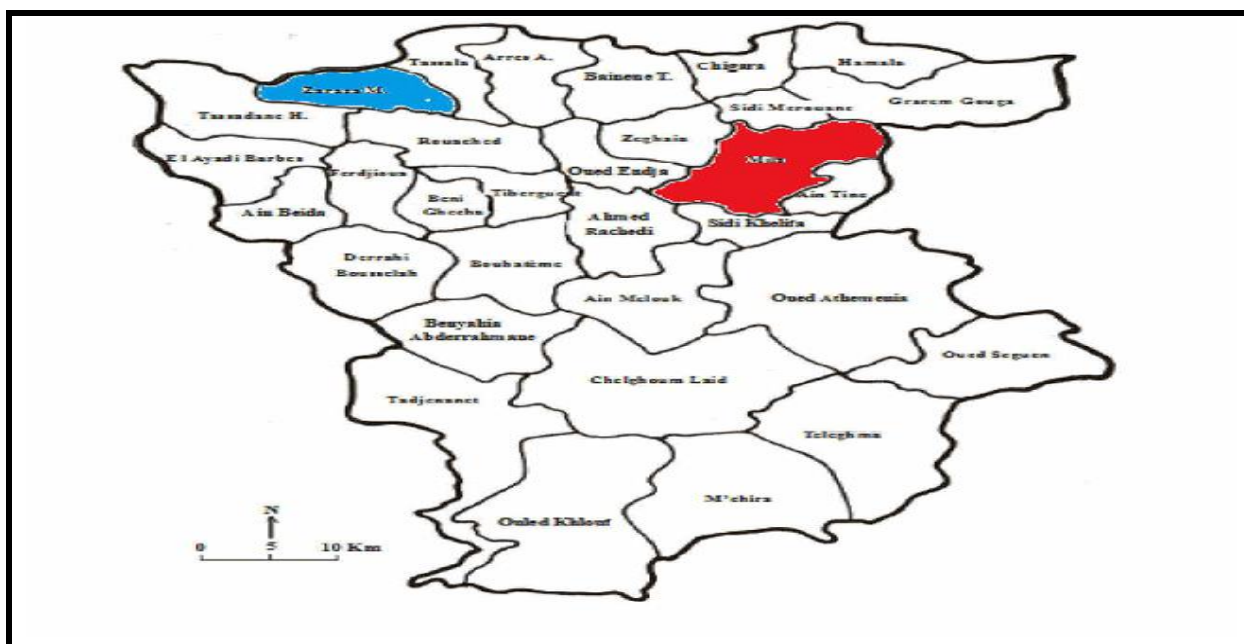


Figure 1.1: Découpage administratif de la wilaya de Mila

## 1.2. Découpage en zones naturelles :

La wilaya de Mila se compose de :

### ❖ Communes montagneuses du nord :

La région montagneuse du nord fait partie intégrante de la chaîne tellienne de l'Est algérien. Elle constitue un segment de la Petite Kabylie, dont le relief façonne profondément le mode de vie d'une population majoritairement rurale.

Ce territoire, à la topographie marquée, regroupe 14 communes, parmi lesquelles on compte : **El Ayadi Barbes, Tassad\*ane Haddada, Minar Zarza, Tessala Lemtai, Arres Amira, Bainen Terrai, Chigara et Hamala.**

### ❖ Communes de la partie centrale ou des bassins :

La partie centrale de la région se présente sous forme de bassins situés à des altitudes moyennes. Autrefois, ces zones correspondaient à d'anciens périmètres coloniaux. Ces bassins comprennent notamment les terres en terrasses de **l'Oued Bousslah**, la dépression de **Beni Guecha** et de **Tiberguent**, ainsi que l'alvéole de **Redjas**.

Ces poches de terres, dotées d'un fort potentiel agricole, constituent un terroir céréalier important. Elles englobent 15 communes, à savoir : **Aïn Beïda Ahriche, Derrahi Bousslah, Ferdjioua, Beni Guecha Yahia, Bouhatem, Tiberguent, Rouached, Oued Endja, Ahmed Rachedi, Zeghaia, Mila, Grarem Gouga, Sidi Merouane, Aïn Tine et Sidi Khelifa.**

### ❖ Communes du sud ou des hautes plaines constantinoises:

La partie sud de la wilaya de Mila constitue une plaine faisant partie intégrante des Hautes Plaines Constantinoises. Elle s'ouvre vers le sud et se distingue par une vocation agricole marquée, notamment la céréaliculture et l'élevage.

Grâce à sa configuration topographique favorable, cette zone présente un fort potentiel de développement urbain et économique à l'avenir.

Elle regroupe 9 communes, à savoir : **Tadjenanet, Chelghoum Laïd, Teleghma, Oued Athmania, Oued Seguen, M'chira, Ouled Khlouf, Ben Yahia Abderrahmane et Aïn Melouk [voir figure2].**

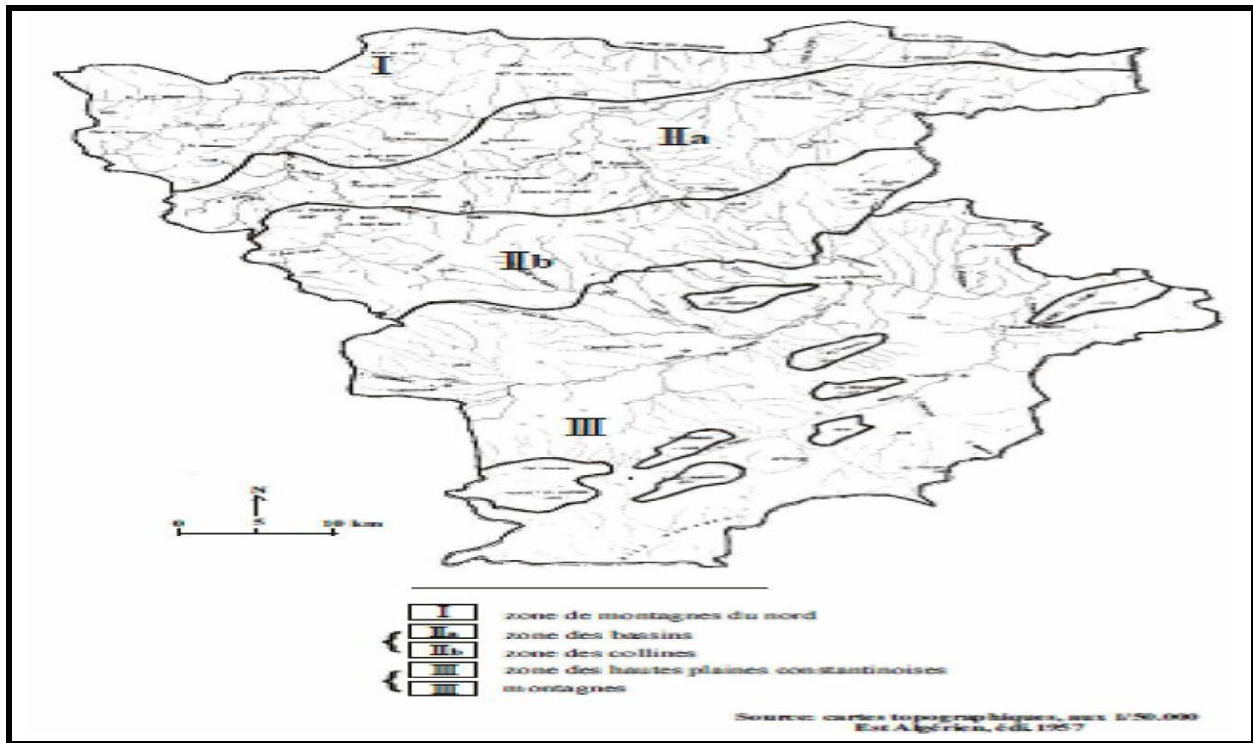
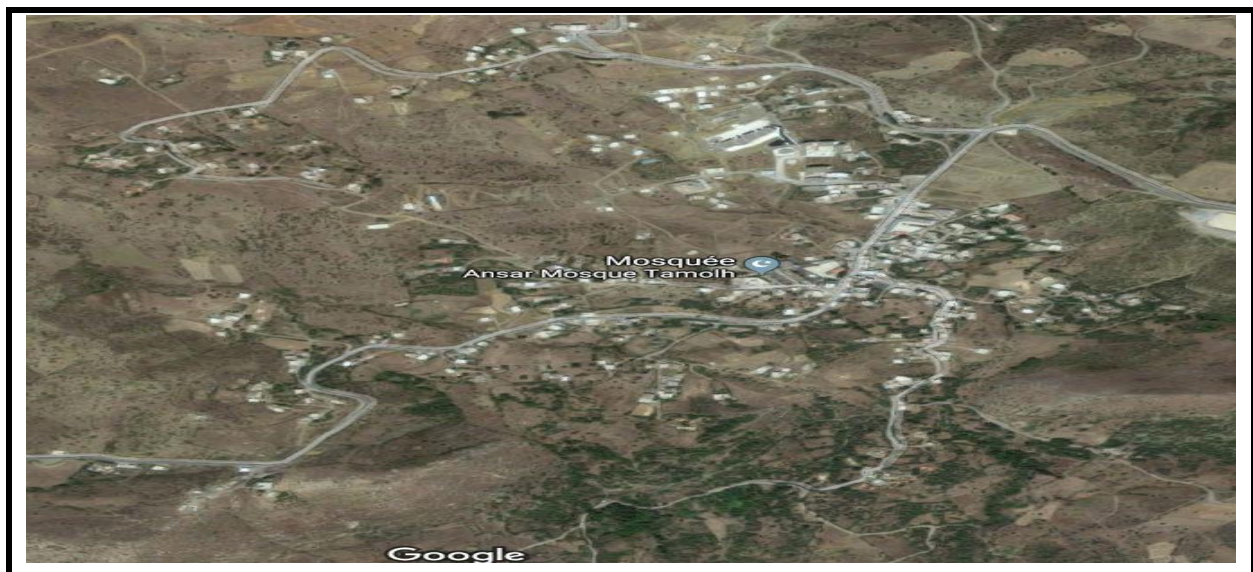


Figure 1. 2 :Relief et zones naturelles de la wilaya de Mila

### 1.3. Aire d'étude :

#### 1.3.1. Définition de l'aire d'étude :

L'aire d'étude est définie comme étant la surface totale bâtie, de l'agglomération objet d'étude, situé au Nord-Est du centre-ville Zaraza à environ 2.5 km à vol d'oiseau.



Figuer 1. 3 : photo aérienne de l'agglomération secondaire Tamoula

## 1.4. Monographie et situation socio-économique

### 1.4.1. Population et habitations :

Tableau N°1.1 : population, construction et taux d'occupation par logement

Agglomérations	Population	Construction	Occupation par logement (Nombre d'habitants par logement)
Agglomération chef-lieu (ACL)	12039	1915	7
Agglomérations secondaires	3519	487	6
Zones éparses	2963	433	7
<b>total commune</b>	<b>18521</b>	<b>2835</b>	<b>7</b>

(Source : D.P.A.T de Mila).

### 1.4.2. Equipements et infrastructures :

#### a). Secteur hydraulique :

Tableau N°1.2

Agglomérations	population	Taux de piquage en AEP	Taux raccord en assainissement
Agglomération chef-lieu (ACL)	12039	94%	92%
Agglomérations secondaires	3519	90	100%
Zones éparses	2963	BF	FS
<b>total commune</b>	<b>18521</b>	<b>85</b>	<b>88</b>

(Source : D.P.A.T de Mila)

## b). Santé publique :

Tableau N°1.3

Agglomérations	Population	Nombre de salles de soins
Agglomération chef-lieu (ACL)	12039	1
Agglomérations secondaires	3519	3
Zones éparses	2963	2
total commune	18521	6

(Source : D.P.A.T de Mila).

## c). Education :

Tableau N°1.4 : Statistique de l'Éducation 1er et 2e cycle

Agglomération	Education 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> cycle		
	Nombre		
	Ecole	Classes utilisées	Elèves
Agglomération chef-lieu (ACL)	7	57	2061
Agglomérations secondaires	4	11	298
Zones éparses	3	14	329
<b>TOTAL COMMUNE</b>	<b>14</b>	<b>79</b>	<b>2688</b>

(Source : D.P.A.T de Mila)

## 1.5. Climatologie de la région

Le climat de la wilaya de Mila est typiquement méditerranéen. Il se caractérise par des hivers doux et pluvieux, ainsi qu'une longue période estivale, chaude et sèche, s'étendant de mai à octobre. Ce climat présente des variations aussi bien saisonnières que spatiales à travers le territoire.

[04]

## 1.5.1 Facteurs climatiques :

### 1.5.1.1- Température :

En été, la température augmente rapidement, en particulier à l'intérieur de la wilaya, où des pics allant jusqu'à 49 °C ont été enregistrés à **Beni-Guecha**. Cette élévation thermique a un impact direct sur le régime d'écoulement des eaux, en augmentant les phénomènes d'évaporation et d'évapotranspiration durant les périodes chaudes.

Dans notre zone d'étude, les températures maximales sont principalement dues à l'influence du sirocco, un vent chaud et sec en provenance du sud. [04]

Les températures moyennes mensuelles, ainsi que la moyenne interannuelle, ont été relevées à la station météorologique de Constantine sur une période de **10 ans**. Les températures minimales et maximales mensuelles sont présentées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau N°1.5 : Températures moyennes**

Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Moy Inter-Ann
T(°c)	7.1	8.6	10.6	13.1	16.8	25.3	25.3	25.5	15.7	22.8	17.0	11.9	15.7

**Tableau N°1.6 : Températures maximales et minimales**

Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Moy
T(°c) min	2.9	3.6	5.4	7.3	10.5	15.1	17.9	12.1	16.4	11.8	6.8	3.4	9.9
T(°c)(max)	11.3	13.3	15.8	18.9	23.1	28	32.8	32.8	29.2	22.7	17	12.1	21.4

## 1.5.2. Précipitations :

La variation des précipitations annuelles constitue l'un des traits les plus marquants du climat de la wilaya de Mila. La pluviométrie y est irrégulièrement répartie au cours de l'année, avec une concentration des précipitations durant le semestre frais, qui s'étend de novembre à mars.

Les données climatiques de la région révèlent une grande variabilité spatiale et temporelle des précipitations, caractéristique du climat méditerranéen. Cette variabilité s'exprime à travers :

- ❖ Une variation mensuelle marquée.
- ❖ Un gradient pluviométrique nord-sud.
- ❖ Une variation interannuelle significative.

❖ Une influence de l'orographie sur la répartition des précipitations.

Ainsi, les zones montagneuses du nord reçoivent une pluviométrie annuelle moyenne d'environ 1161 mm, tandis que les bassins intérieurs enregistrent une lame d'eau comprise entre 500 et 650 mm par an. [05], [04].

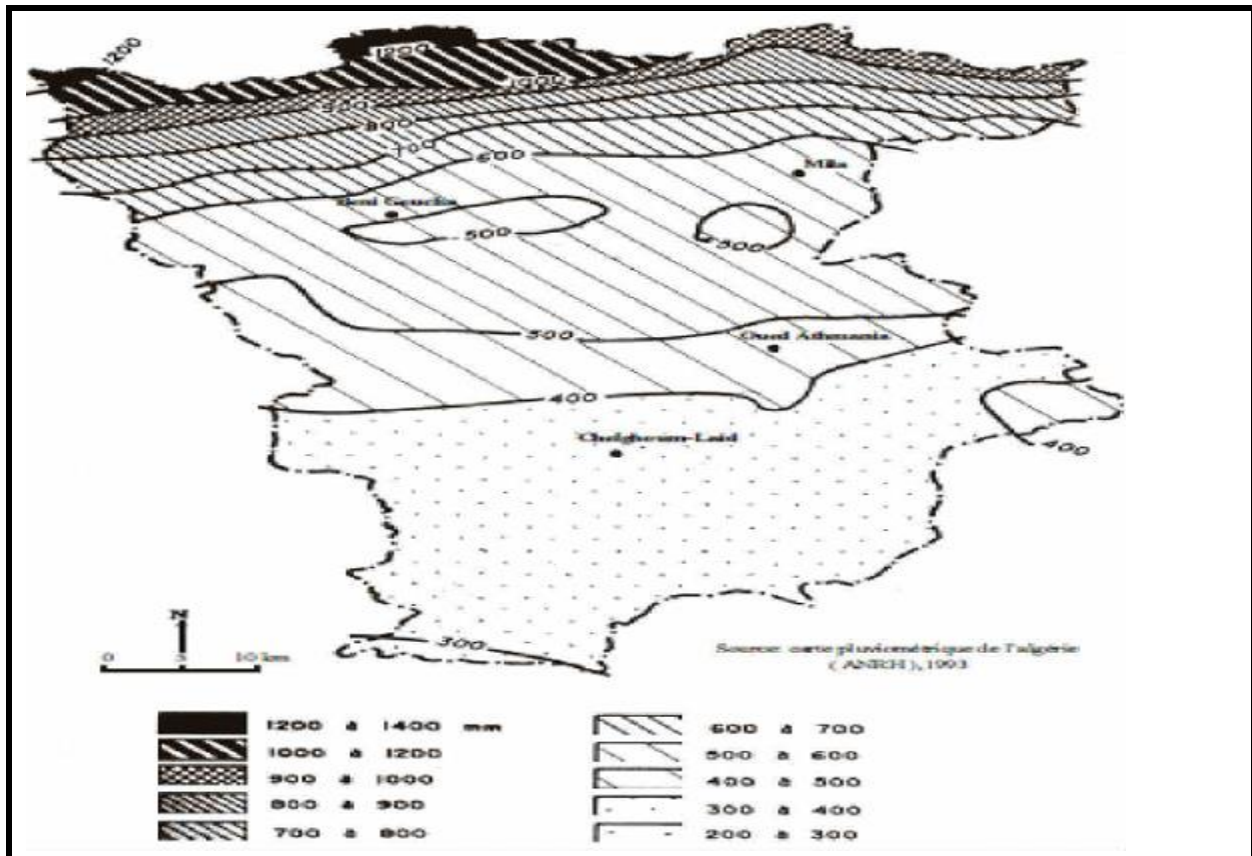


Figure 1.1 : carte pluviométrique de la wilaya de Mila .

### 1.5.3. Ensoleillement :

L'ensoleillement moyen a été mesuré à la station météorologique de Constantine sur une période de dix ans (1975-1985). La nébulosité provient des relevés effectués dans une station plus ancienne, selon l'étude G.E.C. de 1971. Quant à la radiation solaire totale, elle a été estimée à partir de l'ensoleillement selon la méthode recommandée par la FAO (1984), basée sur les observations de la même période.

La durée moyenne annuelle d'ensoleillement à Constantine est d'environ 2961 heures. La moyenne quotidienne de la radiation solaire atteint 393 calories/cm<sup>2</sup>/jour, soit environ 190 watts/m<sup>2</sup>.

L'ensemble de ces paramètres est présenté de manière mensuelle dans le Tableau N°1.1 ci-après.

**Tableau N°1.7 : Insolation, nébulosité et radiation solaires mensuelle**

Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
<b>Ensoleillement (heures/jour)</b>	5.04	5.42	6.42	7.01	8.4	10.61	11.33	10.08	8.36	6.67	5.47	4.42
<b>Nébulosité</b>	4.58	4.97	4.53	4.71	4.27	2.98	1.77	2.48	3.03	3.89	4.36	4.55

#### 1.5.4. Humidité de l'air:

Les valeurs de l'humidité relative mensuelle moyenne ainsi que la moyenne interannuelle, enregistrées à la station météorologique de Constantine, sont présentées dans le Tableau N°8 ci-après.

**Tableau N°1.8 : Humidité moyenne mensuelle**

Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Moy
<b>Humidité Moy (%)</b>	76	76	72	71	68	57	46	52	63	67	75	76	67

L'humidité moyenne interannuelle à Constantine est estimée à 76 %. Cependant, cette valeur diminue fortement en période estivale, atteignant un minimum de 46 % au mois de juillet, principalement en raison de l'influence du sirocco, un vent chaud et sec en provenance du sud.

#### 1.5.5. Le vent

Les vents dominants dans la région proviennent majoritairement du secteur nord, avec une répartition comme suit : nord-est (22 %), nord (12 %) et nord-ouest (27 %). Les vitesses moyennes des vents sont d'environ 3 m/s, avec peu de variation d'un mois à l'autre. Les vitesses minimales enregistrées sont de 2,5 m/s, tandis que les maximales atteignent 3,2 m/s.

Ces données proviennent des relevés de la station météorologique de Constantine, pour la période 1975-1984. [04]

**Tableau N°1.9 : Vitesses moyennes des vents**

Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Moy
<b>Vents (m/s)</b>	2.41	2.71	2.59	2.32	2.18	2.05	2.12	2.08	1.74	2.07	2.29	2.71	2.28

### **1.5.6. Le gel :**

Le gel est une fine couche de glace qui se forme à la surface du sol, résultant de la congélation de l'eau. Ce phénomène météorologique se manifeste en moyenne 15 jours par an durant la période hivernale, principalement entre décembre et mars.

Il est généralement provoqué par une chute brutale des températures pendant les nuits à ciel dégagé. Le gel représente une menace importante pour les cultures maraîchères ainsi que pour l'arboriculture, notamment lorsque celle-ci entre en période de floraison. [05]

### **1.5.7. La grêle :**

La grêle est constituée de grains de glace sphériques ou ovales, résultant d'un développement soudain de nuages de type cumulonimbus. Ce phénomène météorologique survient principalement en automne, période durant laquelle il accroît les risques de crues en zones urbaines et peut causer d'importants dégâts aux cultures de saison dans les communes rurales. [05]

## **1.6. Conclusion :**

Ce chapitre a permis de définir et de préciser la situation géographique de la zone d'étude par rapport au chef-lieu de la commune et de la wilaya. Présentation des données statistiques démographiques requises pour notre agglomération, ainsi qu'une vue d'ensemble de la climatologie de la région.

# **Chapitre 2**

**Estimations des**

**Besoins**

## 2. Introduction :

l'estimation des besoins en eau d'une agglomération basée sur la norme de dotation affecté pour chaque catégorie de consommateurs. Cette dotation correspond à une norme unitaire, définie comme le rapport entre le débit journalier et l'unité de consommateur (habitant, kilogramme, sachet, mètre carré, élève, lit, etc.). Ces besoins varient d'une agglomération à une autre, ainsi qu'au cours du temps. Elle dépend de plusieurs facteurs, tels que l'évolution démographique, le mode de vie de la population.

### 2.1. Estimation des besoins en eau :

#### A / Evolution de la population :

Pour déterminer le nombre d'habitants à différents horizons, on à utiliser la formule des intérêts composés qui est une loi des accroissements géométriques. Cette formule s'écrit comme suit :

$$P = P_0 (1+\tau)^n$$

Avec :

P : Population à l'horizon d'étude (habitant).

P0 : Population de base (habitant).

n : nombre d'années séparant les horizons considérée.

$\tau$  : taux d'accroissement de la population en (%) qui dépend de plusieurs

Facteurs :

- ❖ mode de vie.
- ❖ L'éducation (planning familial)
- ❖ Le développement socioculturel

Le taux d'accroissement de l'agglomération Tamoula est de l'ordre de 3% d'après RGPH.

Les résultats de calcul sont récapitulés dans le tableau Tableau N°2.1 ci-dessous.

**Tableau N°2.1: Estimation de la population future**

Agglomération	Population 2024	Population 2030 (actuel)	Population 2040 (moy-terme)	Population 2050 (long terme)	$\tau$ (%)
Tamoula	4037	4821	6478	7510	3

## 2.2. Estimation des besoins en eau :

### 2.2.1. Consommation moyenne journalière :

La consommation moyenne journalière est désignée par  $Q_{moy. j}$  et calculée par la formule suivante :

$$Q_{dom} = \frac{Dot \times N}{1000}$$

Avec :

- ❖  $Q_{moyj}$  : Consommation moyenne journalière en m<sup>3</sup>/j
- ❖ N : nombre de consommateurs
- ❖ D : dotation moyenne en l/j/cons

### 2.2.2. Consommation moyenne journalière domestique

La taille moyenne de notre agglomération permet d'adopter une dotation de 150 litres par jour et par habitant, jugée adéquate pour répondre aux besoins de l'ensemble de la population. Les résultats de calcul sont résumés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau N°2.2 : résultats du calcul des besoins domestiques**

Agglomération	Horizon	Population	Dotation (l/j/hab)	$Q_{dom}$ (m <sup>3</sup> /j)
Tamoula	2024	4037	120	484.44
	2030	4821	150	723.15
	2040	6478	150	971.7
	2050	7510	150	1126.6

### 2.3. Besoins en eau par catégorie :

#### 2.3.1. Besoins scolaires :

Tableau N°2.3 : Besoins scolaires à l'horizon 2050

Horizon	Equipement	unité	Nombre	Dotation (l/j/unité)	Q <sub>moyj</sub> (m <sup>3</sup> /j)
	Lycée	élève	200	15	3
2050	C,E,M	élève	250	15	3.75
	école	élève	300	15	4.5
<b>Totale</b>					11.25

#### 2.3.2. Besoins socioculturels :

Tableau N°2.4 : Besoins socioculturels à l'horizon 2050

Horizon	Equipement	unité	Nombre	Dotation (l/j/unité)	Q <sub>moyj</sub> (m <sup>3</sup> /j)
Futurs 2050	Mosquée	fidèle	1000	71.575	71.575
<b>Totale</b>					71.575

#### 2.3.3. Besoin commerciaux :

Tableau N°2.5 : Besoins commerciaux à l'horizon 2050

Horizon	Type de besoins	Nombre d'unité	Dotation L/j/unité	Consommation moyenne journalière [m <sup>3</sup> /j]
2050	café	10	300	3
	restaurant	6	500	3
	épicerie	30	150	4.5
<b>Totale</b>				10.5

## 2.3.4. Besoins sanitaires :

Tableau N°2.6 : Besoins sanitaires à l'horizon 2050

Horizon	Nature de l'établissement	Surface [m2]	Dotation [l/j/m <sup>2</sup> ]	Consommation moyenne journalière [m <sup>3</sup> /j]
2050	Salle de soins/ dispensaire	225	250	56.25
<b>Totale</b>				56.25

## 2.3.5. Besoins publics :

Tableau N°2.7 : Besoins sanitaires à l'horizon 2050

Horizon	Nature de l'établissement	Surface [m2]	Dotation [l/j/m2]	Consommation moyenne journalière [m3/j]
Futurs 2045	Siege de la commune	50	40	2
	Autres services	60	40	2.4
<b>Totale</b>				4.4

## 2.3.6. Besoins d'arrosage :

Tableau N°2.8 : Besoins sanitaires à l'horizon 2050

Horizon	Equipement	unité	Nombre	Dotation (l/j/unité)	Qmoyj (m3/j)
2050	Jardin public	(m <sup>2</sup> )	1000	14.925	14.925
<b>Totale</b>					14.925

### 2.3.7. Récapitulation des besoins en eau du village :

Les besoins totaux de l'agglomération secondaire de Tamoula sont répertoriés dans les tableaux ci-dessous :

**Tableau N°2.9 : Besoins total à court terme, moyen terme et à long terme**

Horizon	Catégorie des besoins	$Q_{moyj}$ (m <sup>3</sup> /j)
2024	Domestiques	484.44
	Les équipements	72.6
	Total	557.04
2030	Domestiques	723.15
	Les équipements	108.4
	Total	831.55
2040	Domestiques	971.7
	Les équipements	145.7
	Total	1117.7
2050	Domestiques	1126.6
	Les équipements	168.9
	Total	1295.59

### 2.4. Variation des débits de consommation dans le temps :

Le débit demandé par les différentes catégories de consommateurs est soumis à de nombreuses variations, en raison de l'irrégularité de la consommation dans le temps. Ces variations peuvent être annuelles, saisonnières, journalières ou même horaires.

### 2.4.1. Variation journalière :

La variation journalière se définit comme le rapport entre la consommation maximale et la consommation minimale enregistrées au cours d'une même journée de l'année.

On distingue ainsi deux types de rapports de consommation par rapport à la moyenne :

- ❖ Coefficient minimal d'irrégularité journalière :

$$K_{min,j} = \frac{Q_{min,j}}{Q_{moy,j}}$$

Avec :  $K_{minj}$  variant entre 0,7 et 0,9

- ❖ coefficient maximal d'irrégularité journalière :

$$K_{max;j} = \frac{Q_{max;j}}{Q_{moy,j}}$$

Avec :  $K_{maxj}$  variant entre 1,1 et 1,3.

$K.j = 1.1 \div 1.3$  [besoins domestiques]

$K.j = 1.0$  [autres besoins]

Pour notre cas,  $K_{max,j}$  égale à 1,3.

### 2.4.2. Variation horaire :

Au sein de la journée la plus chargée de l'année, il existe des variations importantes de la consommation d'une heure à une autre, d'où :

Il existe donc deux rapports de consommation par rapport à la moyenne :

- ❖ Coefficient d'irrégularité maximale horaire ( $K_{max, h}$ ) :

Ce coefficient reflète l'augmentation de la consommation horaire au cours de la journée. Il prend en compte la croissance de la population, ainsi que le niveau de confort des usagers et le régime de fonctionnement des activités industrielles.

$$K_{maxh} = Q_{maxh} / Q_{moyh}$$

De manière générale, ce coefficient peut être décomposé en deux autres coefficients, à savoir :

$\alpha_{max}$  et  $\beta_{max}$  tel que :

$$K_{max,h} = \alpha_{max} \cdot \beta_{max}$$

Avec :

- ❖  $\alpha_{max}$  : coefficient qui tient compte du développement industriel et des habitudes de la population, varie entre 1,2 à 1,4 Pour notre cas on prend  $\alpha_{max} = 1,3$ .
- ❖  $\beta_{max}$  : c'est un coefficient qui est fonction du nombre d'habitant suivant le tableau ci-dessous [06] :

**Tableau N°2.10 :  $\beta_{max}$  en fonction du nombre d'habitants**

Habitant	<1000	1500	2500	4000	6000	10000	20000	50000
$B_{max}$	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15

**Tableau N°2.11 :  $\beta_{max}$  en fonction du nombre d'habitants**

Horizon	Population	$\alpha_{max}$	$B_{max}$	$K_{maxh}$
2024	4037	1.3	1.4	1.82
2030	4821	1.3	1.4	1.82
2040	6478	1.3	1.35	1.75
2050	7511	1.3	1.3	1.69

- ❖ **Coefficient d'irrégularité minimale horaire ( $K_{min, h}$ ) :**

Ce coefficient permet de déterminer le débit minimum horaire envisageant une sous consommation : [06]

$$K_{min,h} = \alpha_{min} \cdot \beta_{min}$$

Avec :

- ❖  $\alpha_{min}$  : coefficient qui tient compte du développement industriel et des habitudes de la population, varie entre 0,4 à 0,6. Pour notre cas on prend  $\alpha_{min} = 0,5$ .
- ❖  $\beta_{min}$  : coefficient étroitement lié à l'accroissement de la population

**Tableau N°2.12 :  $\beta_{min}$  en fonction du nombre d'habitants**

Habitant	<1000	1500	2500	4000	6000	10000	20000	50000
$\beta_{min}$	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6

### 2.4.3. Détermination des débits journalières :

#### 2.4.3.1. Consommation maximale journalière :

Le débit maximal journalier est le débit enregistré lors de la journée la plus chargée de l'année. Ce dernier constitue une donnée essentielle pour le dimensionnement des conduites d'adduction, des réservoirs de stockage et stations de pompage.

Ce débit est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$Q_{\max j} = Q_{\text{moy}j} \times K_{\max j}$$

Avec :

- ❖  $Q_{\max,j}$  : débit maximum journalier en m<sup>3</sup>/j ;
- ❖  $Q_{\text{moy},j}$  : débit moyen journalier en m<sup>3</sup>/j ;
- ❖  $K_{\max,j}$  : coefficient d'irrégularité maximale journalière .

#### 2.4.3.2. Consommation minimale journalière :

Le débit journalier minimal est défini comme le débit enregistré au cours de la journée de l'année où la consommation en eau est la plus faible.

Il est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$Q_{\min,j} = Q_{\text{moy}j} \times K_{\min,j}$$

Pour notre étude le coefficient minimal journalier  $K_{\min,j}$  égal à 0,8.

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau N°2.13 : Calcul du débit maximal et minimal journalière**

Horizon	$Q_{\text{moy},j}$ (m <sup>3</sup> /j)	$K_{\max,j}$	$Q_{\max,j}$ (m <sup>3</sup> /j)	$K_{\min,j}$	$Q_{\min,j}$ (m <sup>3</sup> /j)
2024	557.04	1,3	724.15	0.8	445.63
2030	831.55	1,3	1081.01	0.8	665.24
2040	1117.4	1,3	1452.62	0.8	893.92
2050	1295.591	1,3	1684.26	0.8	1036.47

#### 2.4.4. Détermination des débits horaires :

##### 2.4.4.1. Débit moyen horaire :

Le débit moyen horaire est donné par la relation suivante :

$$Q_{\text{moy},h} = \frac{Q_{\max,j}}{24} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

Avec :

- ❖  $Q_{\text{moy},h}$  : débit moyen horaire en m<sup>3</sup>/h ;
- ❖  $Q_{\max,j}$  : débit maximum journalier en m<sup>3</sup>/j ;

### 2.4.4.2. Débit maximum horaire :

Ce débit joue un rôle très important dans les différents calculs du réseau de distribution, il est déterminé par la relation suivante :

$$Q_{\max,h} = K_{\max,h} \cdot Q_{\text{moy},h}$$

Avec :

- ❖  $Q_{\text{moy},h}$  : débit moyen horaire en m<sup>3</sup>/h;

Tableau N°2.14 : évaluation des débits moyen et maximum horaire

Horizon	$Q_{\max,j}$ (m <sup>3</sup> /j)	$Q_{\text{moy},h}$ (m <sup>3</sup> /h)	$K_{\max,h}$	$Q_{\max,h}$ (m <sup>3</sup> /h)
2024	724.15	30.17	1.82	54.90
2030	1081.01	45.04	1.82	81.97
2040	1452.62	60.52	1.69	110.14
2050	1684.26	70.17	1.82	127.7

### 2.5. Calcul du débit de pointe :

En raison des variations journalières et horaires de la consommation, il est nécessaire d'appliquer un coefficient de majoration au débit moyen, afin d'estimer le débit instantané maximal susceptible de transiter dans une conduite en heure de pointe.

Ainsi, le coefficient de pointe est obtenu en multipliant le coefficient journalier par le coefficient horaire :

$$K_p = K_j \times K_h$$

Avec :

- ❖  $K_p$  : Coefficient de pointe.
- ❖  $K_j$  : Coefficient d'irrégularité journalière maximale
- ❖  $K_h$  : Coefficient d'irrégularité horaire maximale.

On a 
$$Q_p = Q_{\text{moy},j} \times K_p$$

Avec :

- ❖  $Q_p$  : Débit de pointe.
- ❖  $Q_{\text{moy},j}$  : débit moyen journalier

Tableau N°2.15 : Estimation des débits de pointe aux différents horizons.

horizon	$Q_{moy,j}$ (m <sup>3</sup> /j)	$K_{max,j}$	$K_{max,h}$	$K_p$	$Q_p$ (m <sup>3</sup> /j)	$Q_p$ (l/s)
2024	557.04	1,30	1.82	2.465	1373.76	15.9
2030	831.55	1,30	1.82	2.235	2152.22	22.77
2040	1117.4	1,30	1.69	2.13	2454.92	28.41
2050	1295.59	1,30	1.69	2.13	2771.71	32.08

## 2.6. Conclusion :

Ce chapitre présente les divers types ou catégories de consommation en rapport avec notre zone d'étude, ainsi que la dotation attribuée à chaque type de consommateur ou équivalent habitant. Évaluation des consommations moyennes et maximales quotidiennes ainsi que de la consommation en heure de pointe. Le dimensionnement du système d'alimentation en eau potable projeté ou existant a été rendu possible grâce à ces débits. Évaluation de la capacité de stockage et apport requis.

# **Chapitre 3**

## **Dimensionnement du réseau**

### 3. Introduction :

L'objectif visé par cette étude, consiste en une expertise des différents ouvrages et équipements d'A.E. P, permettant de desservir les habitants de ladite agglomération, dans le but est l'amélioration du système d'approvisionnement en eau potable de Tamoula. C'est aussi, faire sortir toutes les défaillances de fonctionnement de ce système, notamment, le sous dimensionnement et surdimensionnement des conduites, l'insuffisance de pression, de nombre de fuites élevé et répétées, induisant des pertes considérable d'eau potable (ressources vitale et rare) et des risques de CROSS-CONNECTION ; facteur essentiel des maladies à transmission hydriques.

Les principaux axes à suivre, se résument aux tâches suivantes :

Enquête et diagnostic de l'état actuel des équipements et infrastructures d'A.E. P, avec toutefois la localisation de :

- Ouvrages de stockage
- Ouvrages en lignes et accessoires
- Réseaux de distributions.

Matérialisation des infrastructures et équipements existants sur le levé topographique, réalisé par nos soins en tenant compte les zones d'extensions.

- Evaluation des besoins en eau actuels et futurs de la population.
- Estimation du déficit en matière de besoins et stockage.
- Vérification de l'état de fonctionnement du réseau existant.

### Sorties de reconnaissances et visites des lieux :

Durant ces sorties, il a été procédé à :

- La délimitation de l'aire d'étude.
- Visites des infrastructures (Ouvrages de stockage et chambre de manœuvres) existantes :
- Réservoir 500 M3 existant (Alimentant l'agglomération Tamoula centre et Sud).
- Réservoir 500 M3 existant (Alimentant la partie Sud-Ouest).
- Les visites des ouvrages en lignes (vidanges et ventouses).
- Les visites des différents réseaux de distributions

### Diagnostic des équipements et infrastructures d'AEP :

L'objectif visé par ce diagnostic, consiste en la vérification de l'état actuel du réseau d'alimentation en eau potable de Tamoula, permettant l'aboutissement aux différentes défaillances de fonctionnement de ce réseau.

### 3.1. Diagnostic des ouvrages de stockage et chambres de manœuvre :

Le stockage pour l'alimentation en eau potable de ladite agglomération est assuré par un réservoir en béton armé, circulaire et semi enterrés, de capacité 500 M3.

Après diagnostic de ce dernier, il y'a lieu de signaler ce qui suit :

Il est en bon état mais nécessite un entretien extérieur (peinture du réservoir et la réalisation d'une clôture de protection ainsi la réhabilitation et réaménagement des équipements de la chambre de manœuvre).

### 3.2. Diagnostic du réseau de distribution :

Le réseau de distribution d'eau potable de Tamoula, est de type ramifiés, conçus à grande partie en galvanisé, P.V.C, quelques tronçons en PEHD.

Ce réseau couvre le centre et Sud de l'agglomération, il est alimenté à partir du réservoir 500 M3. La conduite maitresse relie le réseau au réservoir engendré des pertes d'eau importante à cause de multiple points de fuites. Après diagnostic du réseau il y'a lieu de signaler ce qui suit :

En matière de fuite, le réseau connaît des fuites dramatiques.

En matière de quantité d'eau distribuée, elle est insuffisante, selon les enquêtes de proximités menées auprès de citoyen.

Quelques habitations se trouvant dans la partie Est, ne reçoivent que des quantités très minimales d'eau suite au bouchage ou écrasement de la conduite. Noté que la zone Nord de l'agglomération est dépourvue du réseau d'A.E. P, l'approvisionnement de ces habitants se fait par camions citernes.

### 3.3. Vérification de l'état de fonctionnement du réseau existant :

La vérification de l'état actuel de fonctionnement du réseau de distributions est faite sur la base de :

- La méthode linéaire pour la détermination des débits nodaux.
- La méthode d'ARDY CROSS pour les différentes simulations.

Pour la vérification du fonctionnement du réseau existant, il a été procédé aux simulation à l'aide de logiciel Epanet permettant de déterminer les caractéristiques de tous les tronçons du réseau.

### 3.4. Le débit spécifique :

#### 3.4.1. Calcul du débit spécifique :

Le débit spécifique a été déterminé par la relation suivante :

$$Q_{sp} = \frac{Q_p}{\sum L_i}$$

Avec :

- $Q_{sp}$  : Débit spécifique en ( l/s/ml ).
- $Q_{pte}$  : Débit de pointe en (l/s)
- $L_t$  : Longueur totale du réseau en (m)

### 3.4.2. Calcul des débits nodaux :

Pour calculer les débits nodaux, nous avons utilisé la formule suivante

$$Q_{noeud} = Q_{ps} \times 0.55L_i$$

Avec :

- $Q_{noeud}$  : Débit nodale en (l/s).
- $Q_{ps}$  : Débit spécifique en (l/s/ml).
- $L_n$  : Longueur propre à chaque nœud (m).

Les résultats obtenus sont également illustrés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau N°3.1: Évaluation des débits nodales (demande de base au nœud)**

Nœuds	Tronçon	longueur	Qn(l/s)
N1	RES1_N1	160	0.64
N2	N1_N2	35	0.38
N3	N2_N3	46	0.08
N4	N2_N4	195	0.65
N5	N4_N5	45	0.65
N6	N4_N6	195	0.07
N7	N6_N7	152	1.14
N8	N6_N8	453	0.25
N9	N8_N9	162	0.97
N10	N8_N10	6	0.27
N11	N10_N11	218	0.4
N12	N10_N12	68	0.36
N13	N12_N13	112	0.42
N14	N13_N14	64	0.34
N15	N13_N15	48	0.11
N16	N12_N16	119	0.08
N17	N16_N17	38	0.31
N18	N16_N18	48	0.06
N19	N1_N19	105	0.08
N20	N19_N20	91	0.31

### 3.5. Simulation du réseau existant par Epanet

Epanet est l'un des logiciels, utilisé pour la modélisation et simulation des réseaux de distribution d'eau potable.

#### 3.5.1. Définition :

**EPANET** est un logiciel développé par l'**Agence de Protection de l'Environnement des États-Unis** (U.S. Environmental Protection Agency – EPA). Il s'agit d'un outil de simulation destiné à modéliser le comportement **hydraulique** et **qualitatif** de l'eau dans les réseaux de distribution sous pression. Distribué gratuitement par l'EPA depuis **septembre 1993**, EPANET est aujourd'hui largement utilisé à travers le monde.

Ce dernier permet de calculer :

- ❖ le **débit** dans chaque conduite,
- ❖ la **pression** à chaque nœud,
- ❖ Le **niveau d'eau** dans les réservoirs,
- ❖ **Concentration de substances chimiques** (chlore, par exemple) dans les différentes parties du réseau sur une période de simulation découpée en intervalles de temps.
- ❖ Déterminer les **temps de séjour** de l'eau dans le réseau et de **suivre son origine**, offrant ainsi une vision complète du comportement dynamique du système

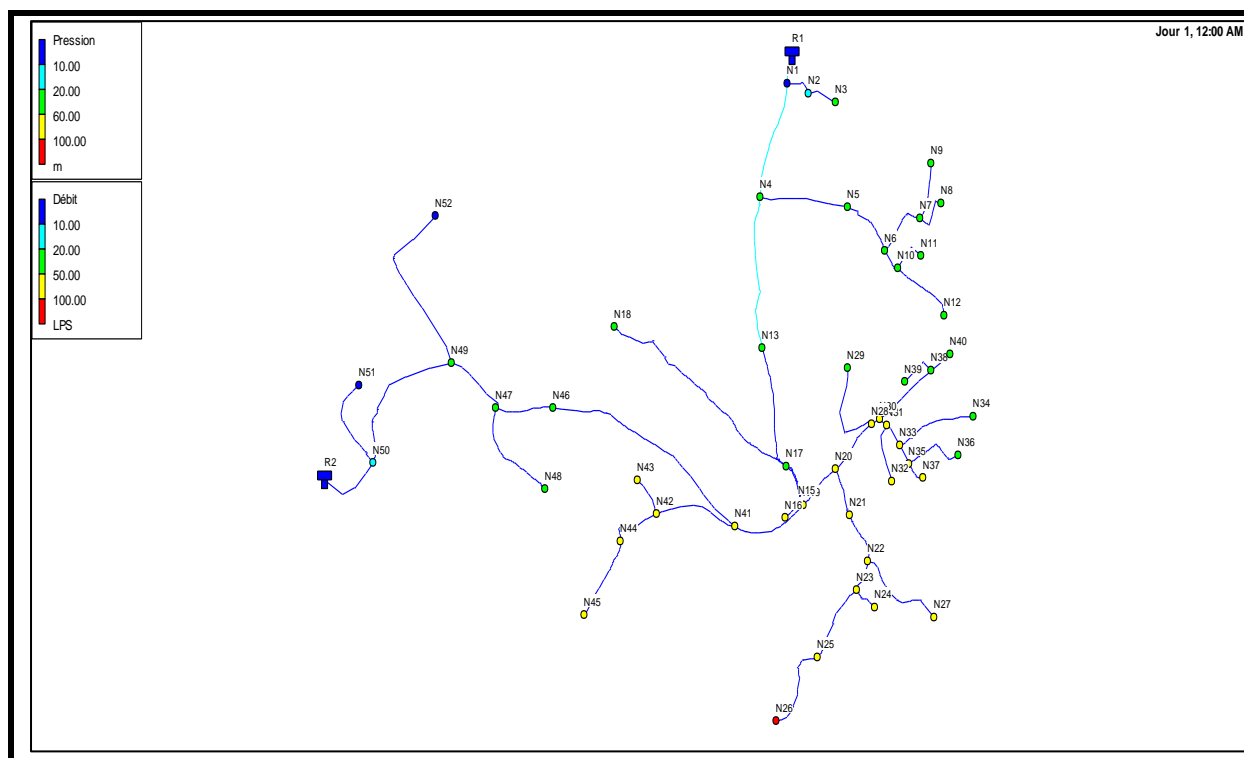
Pour utiliser l'Epanet, il est nécessaire de disposer des données de base du réseau, comme la longueur de chaque tronçon, le diamètre des conduites, les altitudes des nœuds et les débits associés.

Les résultats de la simulation concernant le réseau existant sont résumés dans le tableau.

**Tableau N°3.2 : Résultat de la simulation du réseau existant**

	Altitude	Demande Base	Demande	Charge	Pression
ID Noeud	m	lps	lps	m	m
Noeud N1	1057.28	0.27	0.27	1067.18	9.9
Noeud N19	1000.2	0.29	0.29	1063.62	63.42
Noeud N41	992.58	0.87	0.87	1060.22	67.64
Noeud N4	1028.81	0.74	0.74	1066.35	37.54
Noeud N5	1025.74	0.36	0.36	1065.39	39.65
Noeud N20	997.29	0.29	0.29	1063.14	65.85
Noeud N31	998.69	0.2	0.2	1062.41	63.72
Noeud N33	999.04	0.27	0.27	1062.05	63.01
Noeud N35	998.5	0.44	0.44	1061.63	63.13
Noeud N36	1005.42	0.22	0.22	1061.31	55.89
Noeud N34	1011.9	0.22	0.22	1061.62	49.72
Noeud N30	998.75	0.19	0.19	1062.51	63.76

<b>Noeud N38</b>	1010.45	0.34	0.34	1062.32	51.87
<b>Noeud N21</b>	989.62	0.21	0.21	1061.78	72.16
<b>Noeud N42</b>	981.47	0.42	0.42	1056.98	75.51
<b>Noeud N47</b>	1009.81	0.5	0.5	1053.24	43.43
<b>Noeud N48</b>	995.31	0.25	0.25	1052.61	57.3
<b>Noeud N43</b>	985.57	0.09	0.09	1056.94	71.37
<b>Noeud N2</b>	1049.81	0.14	0.14	1067.03	17.22



**Figuer 3. 1: carte thématique du resautas de simulation relatif aux pressions et débits.**

Après analyse des résultats obtenus lors des chapitres précédents à savoir :

- Le diagnostic sur terrain.
- Le renseignement des enquêtes de proximité.
- Le calcul hydraulique et vérification de l'état de fonctionnement des réseaux existants.

L'interprétation des résultats de calculs obtenus permet d'avancer que le réseau de distribution de l'agglomération Tamoula est caractérisés par un déséquilibre remarquable du point de vue vitesses et pressions sont hors normes.

Les pressions au sol sont hors normes, elles sont variés entre 0.9 bars et 11.9 bars.

Un important déséquilibre est enregistré au niveau des vitesses qui sont très faibles dans la majorité des tronçons principales suite à un surdimensionnement des conduites.

La totalité du réseau enregistre des vitesses variées entre 0.05m/s et 0.50 m/s, cette intervalle de variation est hors fourchette des vitesses admissibles pour un réseau de

distribution d'eau potable, cette situation est due au surdimensionnement des conduites, qui peut engendrer des dépôts considérables d'entartrage à l'intérieur des conduites.

A la base de ces résultats, c'est avéré que le système d'alimentation en eau potable de Tamoula nécessite une rénovation totale selon le nouveau schéma aménagé.

### **3.6. AMENAGEMENT PROPOSE :**

Cet aménagement consiste en la proposition d'une projection des réseaux de distributions couvrant la totalité de la zone d'étude.

Il est caractérisé par :

- Choix de l'itinéraire du tracé des conduites de distribution.
- Choix du type de réseau ramifié au maillé adopté à cette zone, pour maîtriser les pressions.

Pour des raisons topographiques, structure d'urbanisation qui caractérisent l'agglomération Tamoula ; ainsi de point de vue économique nous avons opté un réseau ramifié, composé de conduites principales et secondaires pour la zone Nord (voir la trace en plan) qui sera alimenté à partir du réservoir projeté. L'alimentation de la partie centre et Sud se fait par un réseau mixte ramifié avec une maille dans la partie Est de l'agglomération. Ce réseau est alimenté à partir du réservoir existant 100 m<sup>3</sup>, par une conduite principale existante de diamètre Ø200mm.

### **3.7. Avantages et inconvénients :**

Le réseau ramifié offre une dépendance des réseaux de distributions, dans le temps et dans l'espace en matière d'approvisionnement, cette caractéristique ne permet pas la meilleure maîtrise en matière de gestion du réseau.

#### **3.7.1. Choix du type de matériaux de canalisation :**

Le type de matériaux, retenu en commun accord avec le bureau d'étude co-contractant et le maître de l'ouvrage, pour les rénovations et les nouvelles projections, consiste en la conduite en P.E.H.D PN10 ou PN16 bars. Ce choix est motivé par les critères suivants :

- La pression de service supportée.
- La durée de vie très longue.
- Une bonne résistance à l'entartrage.
- Matériau non corrosif.
- Présentant des bonnes caractéristiques hydrauliques (coefficient de rugosité très faible).
- Matériau caractérisé par une bonne adaptation sous les terrains en mouvement, comme le cas du relief du centre en étude.

### 3.8. Dimensionnement du nouveau réseau projeté :

Le dimensionnement des conduites de distributions est établi sur la base de

#### 3.8.1. Etat des arcs du réseau après la simulation:

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci-dessus

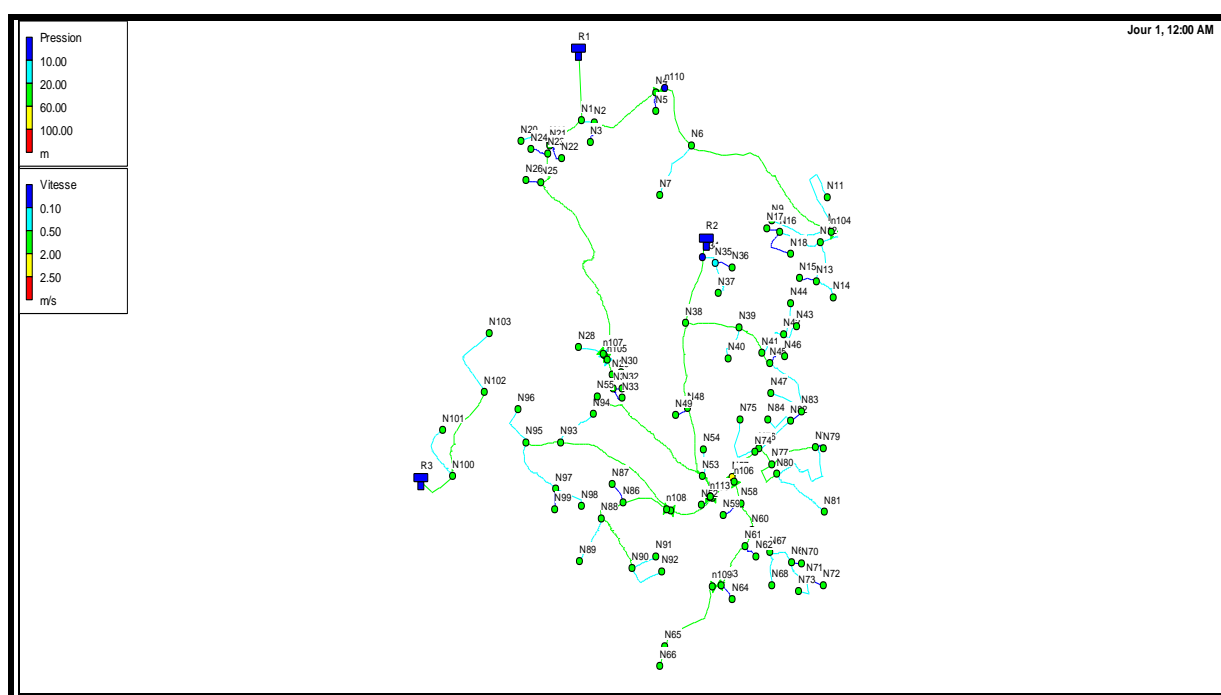
**Tableau N°3.3 : Résultats de la simulation (détermination des diamètres et vitesses)**

les nœuds	tronçon	longueur	Dem. de base	Q <sub>cal</sub>	Diamètre cal	diamètre intérieur	v (m/s)
N1	RES1_N1	160	0.64	16.3	127.67	141	1.04
N2	N1_N2	35	0.19	9.52	97.57	110.2	1
N3	N2_N3	46	0.38	0.5	22.36	34	0.55
N4	N2_N4	195	0.08	8.64	92.95	96.8	1.17
N5	N4_N5	45	0.65	0.5	22.36	34	0.55
N6	N4_N6	195	0.07	7.5	86.6	96.8	1.02
N7	N6_N7	152	1.14	0.5	22.36	34	0.55
N8	N6_N8	453	0.25	5.42	73.62	79.2	1.1
N9	N8_N9	162	0.97	0.5	22.36	34	0.55
N10	N8_N10	6	0.27	3.95	62.85	63.8	1.24
N11	N10_N11	218	0.4	0.5	22.36	34	0.55
N12	N10_N12	68	0.36	3.06	55.32	63.8	0.96
N13	N12_N13	112	0.42	1.34	36.55	42.6	0.94
N14	N13_N14	64	0.34	0.5	22.36	34	0.55
N15	N13_N15	48	0.11	0.5	22.36	34	0.55
N16	N12_N16	119	0.08	1.31	36.19	42.6	0.92
N17	N16_N17	38	0.31	0.5	22.36	34	0.55
N18	N16_N18	48	0.06	0.5	22.36	34	0.55
N19	N1_N19	105	0.08	6.78	82.34	96.8	0.92
N20	N19_N20	91	0.31	0.5	22.36	34	0.55
N21	N19_N21	7	0.15	5.98	77.33	79.2	1.21
N22	N21_N22	50	0.11	0.5	22.36	34	0.55
N23	N21_N23	21	0.08	5.38	73.35	79.2	1.09
N24	N23_N24	48	0.21	0.5	22.36	34	0.55
N25	N23_N25	80	0.08	4.68	68.41	79.2	0.95
N26	N25_N26	42	0.88	0.5	22.36	34	0.55
N27	N25_N27	514	0.07	3.3	57.45	63.8	1.03
N28	N27_N28	75	1.02	0.5	22.36	34	0.55
N29	N27_N29	51	0.12	1.79	42.31	42.6	1.26
N30	N29_N30	26	0.16	0.5	22.36	34	0.55

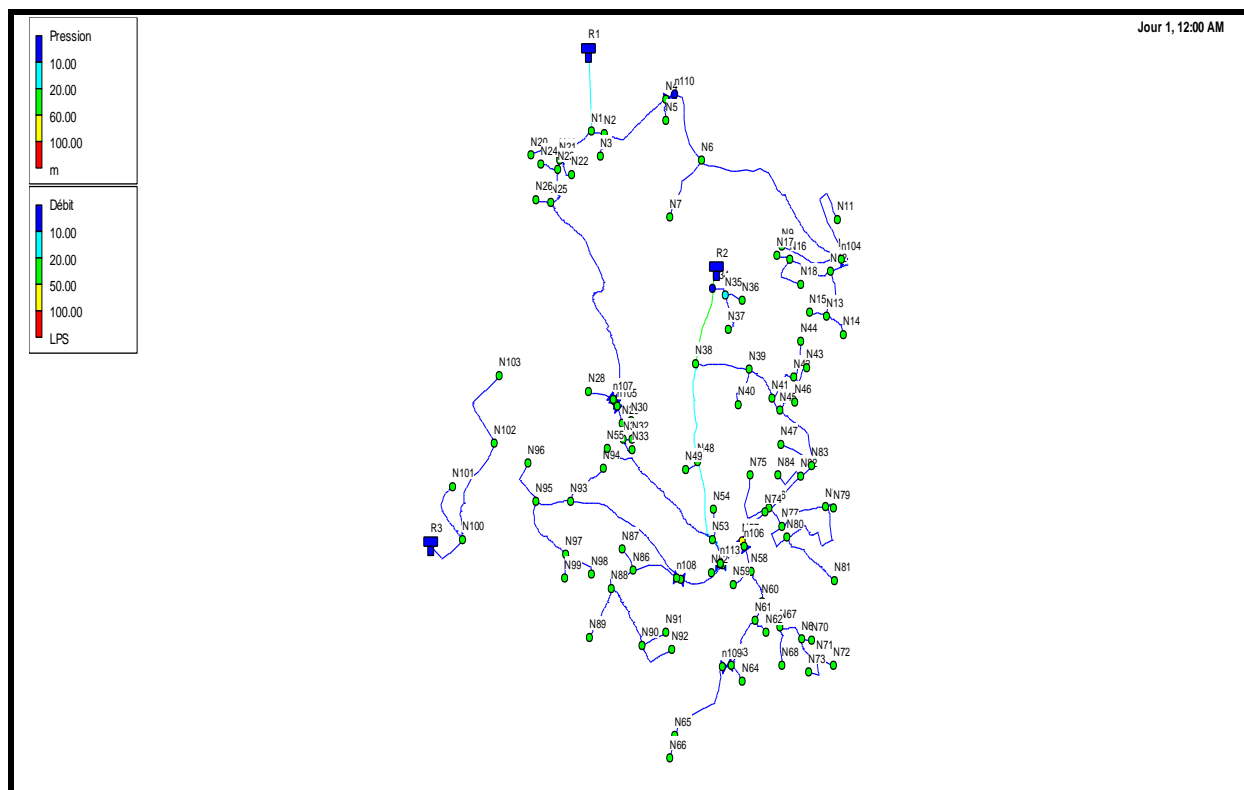
N31	N29_N31	32	0.04	1.13	33.62	34	1.25
N32	N31_N32	24	0.14	0.5	22.36	34	0.55
N33	N31_N33	40	0.04	0.5	22.36	34	0.55
N34	RES2_N34	40	0.32	30.85	175.64	175.2	1.28
N35	N34_N35	45	0.07	1.24	35.21	42.6	0.87
N36	N35_N36	48	0.28	0.5	22.36	34	0.55
N37	N35_N37	81	0.25	0.5	22.36	34	0.55

**3.8.2. Résultats de simulation du réseau projeté :**

Les différentes grandeurs caractéristiques de nouveau réseau aménagé telles que les vitesses, les débits, les pressions et les charges.



**Figurer 3. 2 : carte thématique du resautas de simulation relatif aux pressions et vitesses.**



**Figur 3. 3 : carte thématique du resautas de simulation relatif aux pressions et débits**

### 3.9 Conclusion :

En conclusion les résultats de diagnostic du réseau existant montré que le surdimensionnement, sous-dimensionnement, vieillissement des conduites et piquages illicites, se traduire par une augmentation des fuites, ainsi les résultats de calculs obtenus permettent d'avancer que le réseau de distribution de l'agglomération Tamoula est caractérisés par un déséquilibre remarquable du point de vue vitesses et pressions sont hors normes.

Les pressions au sol sont hors normes, elles sont variés entre 0.9 bars et 11.9 bars.

Un important déséquilibre est enregistré au niveau des vitesses qui sont très faibles dans la majorité des tronçons principales suite à un surdimensionnement des conduites.

La totalité du réseau enregistre des vitesses variées entre 0.05m/s et 0.50 m/s, cette intervalle de variation est hors fourchette des vitesses admissibles pour un réseau de distribution d'eau potable.

L'examen en profondeur de l'état du réseau existant de ladite agglomération montre que le système d'alimentation en eau potable de Tamoula nécessite une rénovation totale selon le nouveau schéma aménage. Pour améliorer les caractéristiques hydrauliques et physique du réseau nous avons proposés un nouvel aménagement couvrant la totalité de la zone d'étude, pour de satisfaire les besoins de la population à courte, moyen et long terme en matière d'eau potable.

# **Chapitre 4**

## **Etude**

### **de l'adduction**

## 4. Introduction:

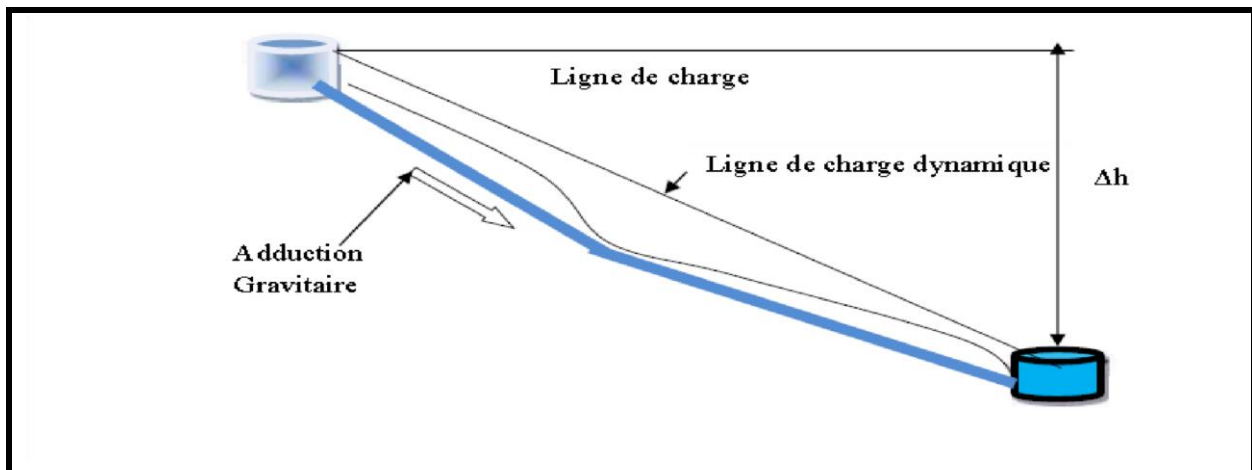
Pour que l'eau puisse être acheminée vers tout réseau d'alimentation en eau potable, il est indispensable d'avoir une adduction, qu'elle soit par pompage, gravitaire ou mixte.

Plusieurs variantes de transfert des eaux des champs de captant vers les ouvrages de stockages peuvent se projeter. Il s'agit de trouver celle qui répondra aux conditions transferts d'eau et ne présente pas des contraintes pendant la réalisation et enfin celle qui est la plus économique.

### 4.1. Types d'adductions :

#### 4.1.1. Adduction gravitaire:

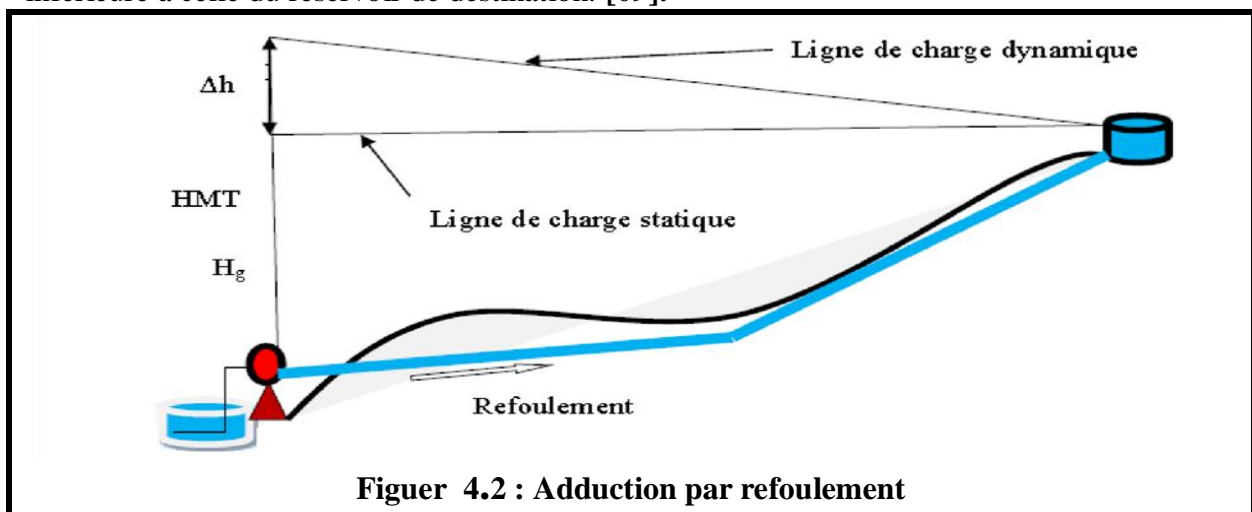
L'adduction gravitaire désigne l'écoulement depuis le point le plus haute vers un point plus bas soit sous pression ou à surface libre. Dans le cas d'une adduction gravitaire la source d'eau située à une altitude supérieure à celle du réservoir. [09]



Figurer 4. 1 : Adduction par gravitaire

#### 4.1.2. Adduction par refoulement:

L'adduction par refoulement désigne un écoulement assuré par une force mécanique, généralement exercée par une pompe. Dans ce cas, la source d'eau se trouve à une altitude inférieure à celle du réservoir de destination. [09].

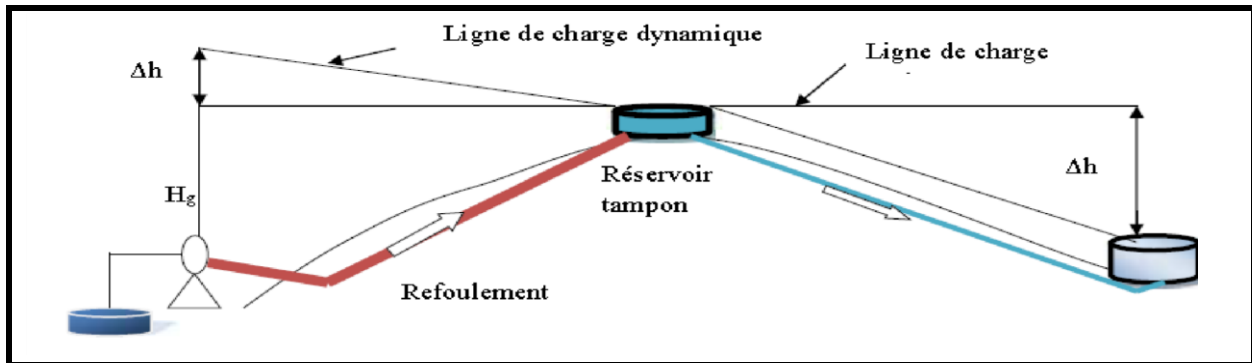


Figurer 4.2 : Adduction par refoulement

### 4.1.3. Adduction mixte:

Comme son nom l'indique, ce mode d'adduction est une combinaison entre l'adduction gravitaire et l'adduction par refoulement, où la conduite de roucoulement se transforme en conduite gravitaire et vice versa par l'intermédiaire d'un raccordement entre

Ces deux dernières qu'on appelle : réservoir tampon. [09]



Figurer 4.3 : Adduction mixte.

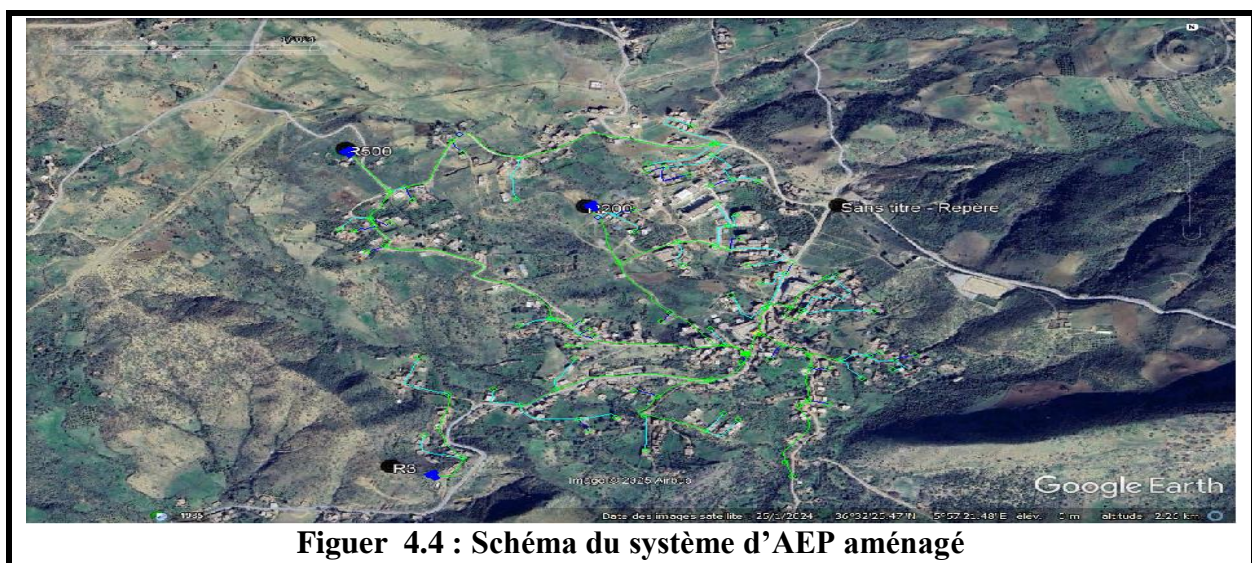
Dans le cadre de notre étude, nous sommes confrontés à un cas : **adduction par refoulement**

### 4.2. Choix du tracé :

Lors du choix des tracés des adductions, il est nécessaire de prendre en compte certaines conditions qui sont :

- Le passage des conduites à côté des routes pour faciliter les travaux de déblai et pose des conduites et leur exploitation (détection des fuites, des vannes défectueuses, de tous dommages subit par l'installation).
  - Permettre un accès rapide pour l'entretien, la réparation ainsi l'acheminement du matériel
- Eviter le maximum possible les pentes et contres pentes, qui peuvent donner lieu à des contournements d'air, suite à l'arrêt inopiné du groupe électropompe.

En raison de la topographie du terrain, nous faisons face à une adduction par refoulement dans le cadre de notre étude.



Figurer 4.4 : Schéma du système d'AEP aménagé

### 4.3 Choix du type de conduites:

#### 4.3.1 Choix du type du matériau de la tuyauterie :

Le choix du matériau des conduites enterrées pour le transport de fluide dépend aussi bien de leur faisabilité technique qu'économique. Cette faisabilité sur le plan technique dépend de plusieurs exigences telles que :

Résistance aux attaques chimiques, aux pressions et au trafic de surcharge (poids lourd) ;

- ❖ Adaptation aux terrains de pose ;
- ❖ Bonne étanchéité ;
- ❖ Facilité d'entretien et de mise en service

Sur le plan économique cette faisabilité dépend essentiellement ;

De prix de la fourniture et de transport ;

- ❖ La disponibilité sur le marché (surtout local) ;
- ❖ Parmi les matériaux utilisés, nous pouvons citer :

L'acier- la fonte - le béton -le PVC (polychlorure de vinyle non plastifié) et le PE (polyéthylène) à haute densité PEHD ou bas densité PEBD.

Dans ce présent projet, notre étude se contentera sur l'utilisation d'une seule variante de matériaux qui est le PE (polyéthylène) vu les avantages qu'elle présente.

### 4.4. Equipements hydrauliques des conduites d'adduction:

Les équipements classiques prévus sur notre réseau d'adduction se résument comme suit :

#### 4.4.1. Point bas:

Vidange, vanne de sectionnement.

##### 4.4.1.1. Vanne de sectionnement:

Pour permettre l'isolement de certains tronçons du réseau, des vannes de sectionnement sont installées à chaque départ d'ouvrage ainsi qu'à chaque embranchement de la conduite principale.

Des vannes intermédiaires sont également prévues afin de faciliter l'isolement et la vidange de tronçons spécifiques lors d'interventions pour maintenance ou réparation, sans qu'il soit nécessaire de purger toute la branche d'adduction concernée.

Le nombre de vannes, ainsi que leur emplacement, sont déterminés en fonction du profil en long de la conduite. En général, la longueur maximale d'un tronçon à vidanger est limitée entre 1 et 2 kilomètres. [10]



Figurer 4. 5 : Vanne de sectionneme

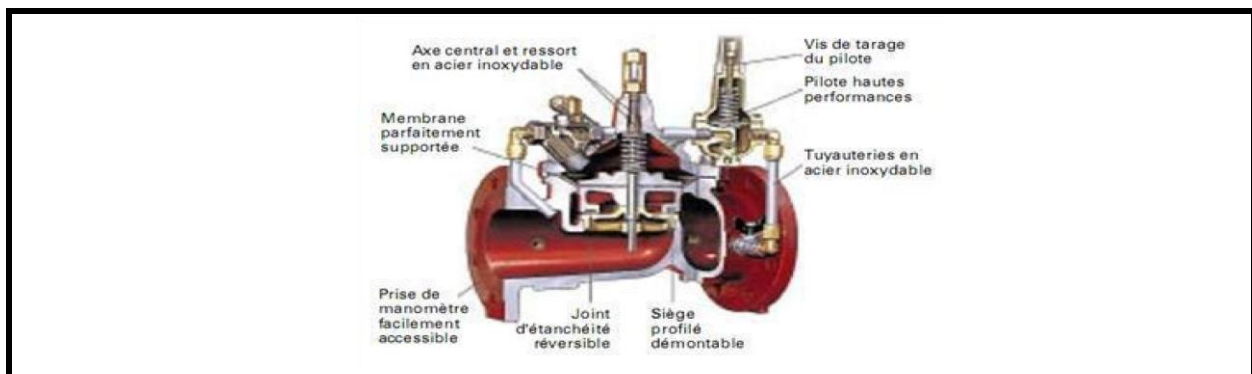
#### 4.4.1.2. Vidange:

Ce sont des organes installés au niveau des points les bas du tronçon de la conduite d'adduction. Cet organe permet la vidange de la conduite totalement ou partiellement pendant les travaux de réparation.

#### 4.4.2.1. Ventouse:

Il s'agit dispositif, pour le dégazage de la conduite installés aux points hauts le long de la conduite d'adduction. Pour des raisons de sécurité, les ventouses doivent remplir trois fonctions essentielles :

- ❖ Permettre l'évacuation de l'air qui s'accumule naturellement aux points hauts lors du fonctionnement normal de la conduite ;
- ❖ Assurer l'évacuation de l'air présent dans la conduite lors de sa mise en charge
- ❖ Permettre l'admission d'air en cas de vidange, qu'elle soit volontaire ou accidentelle.



Figuer 4. 6 : ventouse

#### 4.4.2.2. Clapet anti retour:

Le clapet anti-retour a pour fonction de permettre l'écoulement de l'eau dans un seul sens, tout en bloquant le flux en sens inverse. Il est principalement utilisé dans les stations de pompage, où il doit impérativement être installé sur la conduite de refoulement, juste à la sortie de la pompe. [10]



Figuer 4. 7 : Clapet anti retour

#### 4.4.2.3. Crépine:

La crépine se présente sous la forme d'un cylindre perforé servant à empêcher l'entrée des corps solides dans la pompe. Il est important de veiller à ce qu'elle reste constamment immergée, afin d'éviter toute aspiration d'air.



Figuer 4. 8 : Crépine

#### 4.5. Étude technico-économique des diamètres – Adduction par refoulement :

Le choix du diamètre des conduites dans un système de refoulement est principalement basé sur des facteurs économiques. En effet, pour un débit donné, une conduite de petit diamètre entraîne une perte de charge plus élevée, ce qui se traduit par une consommation d'énergie accrue. Il est donc important de noter que la perte de charge est inversement proportionnelle au diamètre de la canalisation.

Le diamètre dit « économique » est ainsi déterminé par un compromis entre deux éléments :

- ❖ **Les coûts d'amortissement** de la conduite, qui augmentent avec le diamètre,
- ❖ **Et les coûts d'exploitation** de la station de pompage, qui diminuent à mesure que le diamètre augmente.

##### 4.5.1. Choix de la gamme des diamètres :

La détermination du diamètre économique de la conduite ( $D_{ec}$ ) peut se faire à l'aide de plusieurs formules empiriques comme celle de :

*Formule de Bonin :*  $D_{ec} = \sqrt{Q}$

*Formule de Bresse :*  $D_{ec} = 1,5 \sqrt{Q}$

*Formule de Pavlovski :*  $D_{ec} = 1,38Q^{0,48}$

*Formule classique :*  $D_{ec} = 1,24\sqrt{Q}$  (en prenant la vitesse  $v$  égale 1 m/s)

$$D_{ec} = \sqrt{6.52 * 10^{-3}} = 80 \text{ mm}$$

$$Dn=96.8\text{mm}$$

Avec :  $D$  : diamètre de la conduite (m).

$Q$  : débit max à élever (m<sup>3</sup>/s).

La sélection de la plage de diamètres utilisés dans le réseau se base sur les diamètres standards disponibles sur le marché local, afin de faciliter l'approvisionnement, l'installation et de réduire les coûts. Ce choix vise à concilier les exigences techniques liées au débit et aux pertes de charge avec les considérations économiques relatives au coût des conduites et à leur disponibilité

#### 4.6. Calcul de la vitesse d'écoulement :

Dans le cadre des études liées à l'écoulement dans les conduites, il est essentiel de déterminer la vitesse moyenne du fluide à l'aide de la relation de continuité (4.1). Ce calcul permet de vérifier que la vitesse reste dans une plage acceptable, conforme aux exigences techniques et aux normes en vigueur.

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

#### Calcul des pertes de charge :

##### Pertes de charge linéaires :

Les pertes de charge linéaires résultent des frottements qui se manifestent tout au long de la conduite. Ces frottements proviennent de la viscosité intrinsèque du fluide, qui n'est jamais nulle, ainsi que de la rugosité de la paroi interne de la canalisation. En conséquence, une dissipation d'énergie s'opère, entraînant une réduction progressive de la charge totale le long du trajet.

La perte de charge unitaire est calculée à l'aide de la formule universelle de Darcy, également connue sous le nom de formule de Darcy-Weisbach dans certains pays, exprimée comme suit :

$$j = \lambda \frac{V^2}{2gD}$$

$$= 0.000778 h$$

- ❖ j : perte de charge unitaire [m/ml].
- ❖ D : diamètre de la conduite [m].
- ❖ V : vitesse de l'écoulement  
m/s .
- ❖  $\lambda$  : coefficient de perte de charge.

Il existe une grande variété de formules plus ou moins empiriques pour la détermination du coefficient de pertes de charges  $\lambda$ . Nous citons :

- ❖ **En régime turbulent rugueux** :  $\lambda$  est donné par la formule de **NIKURADZI**

$$\frac{1}{\lambda} = [1.14 - 2 \log \frac{\varepsilon}{D}]$$

ou bien :

$$\frac{1}{\lambda} = [1.14 - 0.86 \ln \frac{\varepsilon}{D}]^{-2}$$

avec :

- ❖  $\varepsilon$  : Coefficient de rugosité absolue du tuyau en (mm) .
- ❖  $\frac{\varepsilon}{D}$  : Rugosité relative

- ❖ **Régime de transition:**  $\lambda$  est donné par la formule de **COLEBROOK WHITE**

$$\frac{1}{\lambda} = -2 \log \left( \frac{k}{3.71D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} \right)$$

Où :

$K$  : est la rugosité absolue en mm.

$Re$  : nombre de Reynolds, sans dimension, caractérisant la nature de l'écoulement de l'eau dans la conduite. Il est donné par la relation suivante :

$$Re = \frac{Vd}{\nu}$$

$\nu$ : la viscosité cinématique du liquide =  $10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s à 20 °C.

En fonction de la valeur de nombre de  $Re$ , nous avons la classification suivante :

$Re < 2100$  : Régime laminaire.

$2100 < Re < 4000$  : Régime transitoire.

$Re > 4000$  : Régime turbulent rugueux.

- **Régime laminaire**  $\lambda$  est indépendant de la rugosité relative. Il n'est fonction que de nombre de Reynolds et il est donné par l'expression de **Poiseuille**

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

**"Il peut être déterminé à l'aide du diagramme de Moody en fonction du nombre de Reynolds et de la rugosité relative."**

Analyse de la rugosité

La rugosité dépend à la fois de la nature des parois, de leur évolution au fil du temps, ainsi que des caractéristiques de l'eau circulant dans le conduit. Elle peut être évaluée à l'aide de la relation suivante :

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \alpha T$$

avec :  $\varepsilon$ : rugosité recherchée.  $\varepsilon_0$ : rugosité à l'état neuf

$\alpha$  : coefficient de vieillissement des conduite ( $\alpha = 3 \cdot 10^{-5}$  m/ ans).

T : durée d'utilisation de la conduite (T = 30 ans).

- ❖ La rugosité relative correspond au rapport entre la rugosité absolue  $\varepsilon$  et le diamètre intérieur de la conduite  $D_n$ .  
En pratique, la valeur de  $\varepsilon$  est généralement prise comme suit :
- ❖  $10^{-3}$  m pour l'acier .
- ❖ Pour la fonte ductile  $\varepsilon = 0.85$  mm.
- ❖ Pour le PEHD : si  $D < 200\text{mm}$  on a  $\varepsilon = 0.01$  mm. si  $D > 200\text{mm}$  on a  $\varepsilon = 0.02$  mm.

D'autres formules utilisées pour le calcul de  $\lambda$ :

#### - Blasius

$$\lambda = \frac{0.316}{Re^{-0.25}} \quad \text{Régime turbulent lisse}$$

#### - Karman- Prandel :

$$\frac{1}{\lambda} = -2 \log\left(\frac{k}{3.71D}\right) \quad \text{Régime turbulent rugueux}$$

- Aujourd'hui, les ordinateurs ainsi que certaines calculatrices programmables permettent d'utiliser aisément la formule de Colebrook, trois itérations suffisant généralement pour obtenir une valeur de  $\lambda$  avec une précision acceptable. Par ailleurs, de nombreux abaques et logiciels spécialisés sont également disponibles pour effectuer ces calculs.

Dans notre étude, nous optons pour la formule de Hazen-Williams, qui permet d'évaluer la perte de charge unitaire selon l'expression suivante :

$$j = 10,68 \left( \frac{Q}{C_{HW}} \right)^{1,852} \times D^{-4,871}$$

- ❖ D : diamètre intérieur de la conduite [mm].
- ❖ Q : débit de l'eau à véhiculer l/s .
- ❖  $C_{hw}$ : coefficient de Hazen-Williams, qui dépend de la nature de la paroi interne de la conduite.

### Les pertes de charge singulières

Elles proviennent des différentes irrégularités présentes le long de la canalisation, telles que les coudes, les élargissements ou rétrécissements (brusques ou progressifs), les branchements, dérivations, ainsi que les vannes et robinets.

Ces pertes, notées **J'**, représentent environ **15 %** des pertes de charge linéaires.

### Pertes de charge totales

Les pertes de charge totales, notées  $\Delta H$ , correspondent à la somme des pertes linéaires et des pertes singulières.

#### Calcul de la hauteur manométrique total Hmt:

##### ❖ Hauteur manométrique totale

La hauteur manométrique totale, notée Hmt, est égale à la somme de la hauteur géométrique (Hg) et des pertes de charge totales ( $\Delta H$ ).

Ainsi, on a

##### ❖ Hauteur géométrique (Hg)

La hauteur géométrique de refoulement, **Hg**, est définie comme la différence entre la cote du trop-plein (CTP) du réservoir d'arrivée et celle du réservoir de source ou du terrain naturel (Cr).

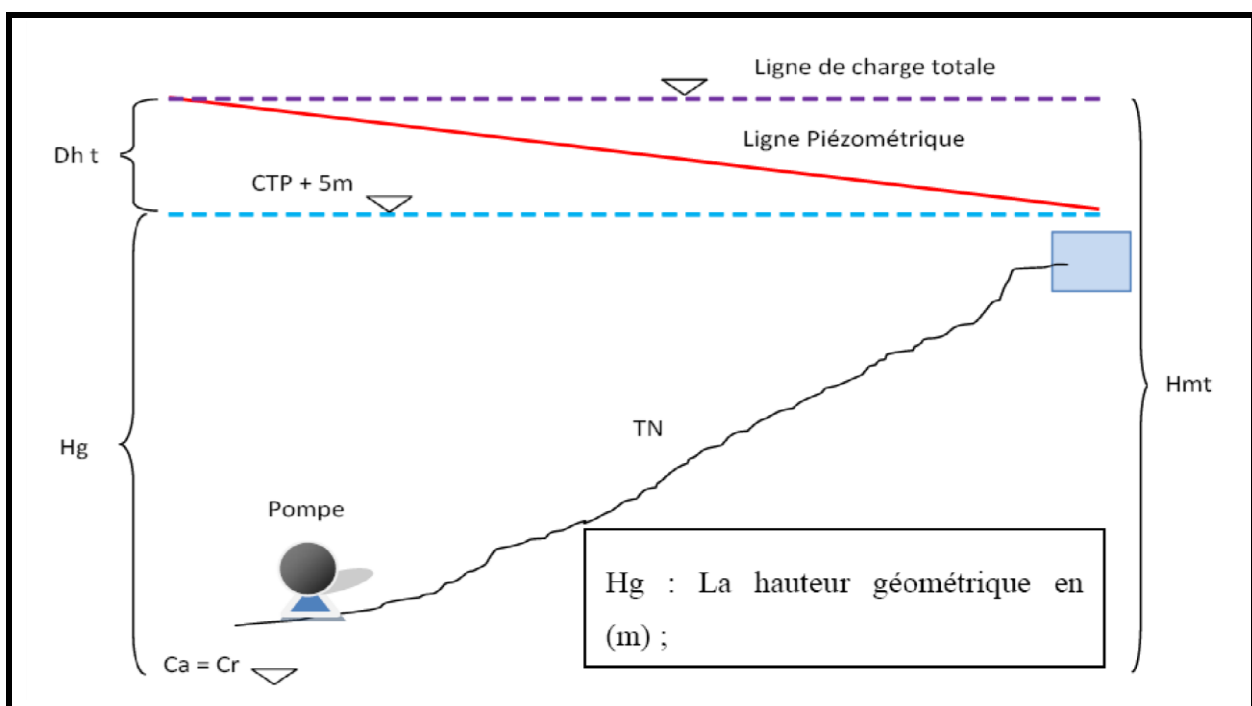
On a donc :

$$H_g = CTP - Cr \quad (m) \quad H_g = CTP - Cr \quad (m)$$

Où :

- ❖ **CTP** : cote du trop-plein du réservoir d'arrivée (en mètres)
- ❖ **Cr** : cote du forage ou de la station de reprise de départ (en mètres)

La ligne piézométrique représente la pression exercée par l'eau à chaque point du tracé. Elle correspond au niveau atteint par l'eau dans un tube vertical relié à l'adduction.



Figurer 4.9: Schéma explicatif de la hauteur manométrique total

## 4.7. Choix du nombre de pompe

### 4.7.1. Définition d'une pompe :

Une pompe est un dispositif hydraulique destiné à convertir l'énergie électrique en énergie mécanique transmise à un fluide, généralement par un mouvement rotatif continu. Elle sert à aspirer, déplacer ou comprimer des liquides et parfois des gaz. Dans tous les types de pompes, il est impératif d'éviter le phénomène de cavitation - la formation de cavités gazeuses - qui peut nuire aux performances hydrauliques, réduire le débit, voire endommager le corps de la pompe. Lorsqu'il s'agit de gaz ou de vapeurs, les dispositifs équivalents sont appelés compresseurs, ventilateurs ou trompes (Kassianov, 1982) [10].

### 4.7.2. Les différents types de pompes et leurs caractéristiques :

Les pompes peuvent être classées selon leur mode de déplacement du fluide. On distingue principalement deux grandes familles :

- ❖ Les turbopompes.
- ❖ Les pompes volumétriques.

### 4.7.3. Les turbo pompes:

Dans les turbopompes, l'énergie cinétique est fournie au fluide par la rotation d'une roue munie d'aubes. Cette énergie est partiellement convertie en pression par réduction de vitesse au sein d'un composant appelé régénérateur (KASSIANOV, 1982).

Ces pompes sont les plus utilisées, notamment les pompes centrifuges, qui permettent de soulever des fluides à de grandes hauteurs (des dizaines de mètres), ainsi que les pompes à vis (ou à palettes), qui déplacent de grands volumes de fluide (des centaines de litres) à des hauteurs plus basses (quelques mètres). Cette utilisation répandue est due à plusieurs avantages (TROSZKOLANSKI, 1977).

- ❖ Ces dispositifs sont simples à installer et ne comportent pas de joints.
- ❖ Les turbopompes sont environ huit fois plus petites que les pompes volumétriques.
- ❖ Les coûts de maintenance des turbopompes sont relativement faibles.

### 4.7.4. Les pompes volumétriques:

Les pompes volumétriques sont constituées d'un élément mobile fonctionnant dans un corps fixe et étanche. Le fluide est forcé de passer de l'aspiration au refoulement grâce au déplacement mécanique provoqué par la chute de pression dans la chambre d'aspiration.

Caractéristiques principales :

- ❖ Adaptées aux faibles débits
- ❖ Haute efficacité opérationnelle
- ❖ Fonctionnement sans amorçage préalable (auto-amorçage)

**Classifications de base :**

Pompes volumétriques alternatives : La partie active se déplace selon un mouvement alternatif dans le corps de la pompe.

Pompes volumétriques rotatives à arbre unique : Elles contiennent un élément rotatif qui se déplace autour d'un axe fixe dans le corps de la pompe. Le fluide est transféré de la chambre d'aspiration à la chambre de refoulement par déplacement volumétrique.

Pompes volumétriques rotatives à deux arbres : Également appelées pompes à double rotor, elles contiennent deux éléments rotatifs qui fonctionnent ensemble pour déplacer efficacement le fluide. [10].

**4.8. Les modes de couplages de pompe:****4.8.1. Couplage en série:**

Le couplage de pompes en série est une technique permettant de connecter deux pompes ou plus en série, de sorte que la sortie (refoulement) de la première pompe alimente l'entrée (aspiration) de la pompe suivante. Dans cette configuration, le débit reste constant pour toutes les pompes, tandis que les pressions générées par chaque pompe se combinent pour générer une pression totale plus élevée.

**4.8.2. Couplage en parallèle:**

Chaque conduite de refoulement aboutit à un collecteur général commun dont le débit du ce collecteur sera composé de la somme des débits de chaque pompe (DUPONT, 1979).

Ce type de couplage est utilisé pour un débit variable à une hauteur constante.

**4.9. Caractéristiques hydrauliques des pompes centrifuges:****4.9.1. Le débit(Q):**

Le débit fourni par une pompe centrifuge est le volume refoulé pendant l'unité de temps, il s'exprime en (l/s).

**4.9.2. Hauteur manométrique totale (HMT):**

La hauteur manométrique totale représente la somme de la hauteur géométrique (Hg) et les pertes de charge de refoulement et se détermine par la formule suivante :

$$HMT = H_g + \Delta H_T$$

**4.10. Les puissances:****4.10.1. La puissance absorbée par la pompe(Pa)**

Elle est exprimée par la puissance mécanique absorbée au niveau de l'arbre de la pompe en (KW). Sa loi est déjà définie dans le chapitre précédent.

#### 4.10.2. La puissance utile(Pu):

Elle traduit la puissance transmise au fluide par la pompe, elle est donnée par :

$$P_u = \rho g \times Q \times H_{mt}$$

Avec :

Pu : puissance utile par la pompe (KW).

- ❖ Q: Débit refoulé (m<sup>3</sup>/s).
- ❖ Hmt : hauteur manométrique totale (m.c.e).
- ❖ g : Accélération de la pesanteur (g= 9,81 m/s<sup>2</sup>).

#### 4.10.3. Le rendement (η %) :

C'est le rapport entre la puissance utile Pu et la puissance absorbée par la pompe Pa, noté η

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

#### 4.11. Les courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge:

Les courbes de base représentant les performances d'une pompe centrifuge et servant à caractériser ses propriétés sont généralement déterminées à vitesse de rotation constante (à l'exception de la courbe NPSH). Le fabricant propose trois courbes principales :

- ❖ Courbe débit/hauteur (compressibilité) : elle illustre la relation entre le débit et la hauteur manométrique totale que la pompe peut atteindre.
- ❖ Courbe de rendement : elle illustre l'évolution du rendement de la pompe en fonction du débit.
- ❖ Courbe de consommation électrique : elle indique la quantité d'énergie nécessaire au fonctionnement de la pompe à différents débits.

##### 4.11.1. Courbe débit-hauteur (H=f (Q)):

Elle présente les variations de la hauteur manométrique totale d'élévation susceptible d'être fournie par la pompe en fonction du débit Q.

##### 4.11.2. Courbe de rendement (η=f (Q)):

Elle présente pour chaque type de pompe un maximum au voisinage duquel il faudra utiliser la pompe. Le rendement tient compte des pertes d'énergie dans les pompes : Pertes hydrauliques, volumétriques et mécaniques.

### 24.11.3. Courbe de puissance ( $P_a=f(Q)$ ):

Elle représente la variation de la puissance absorbée par la pompe en fonction du débit.

La puissance est égale au travail effectué pendant l'unité de temps pour élever le débit correspondant à une hauteur égale à la hauteur manométrique totale d'élévation.

### 4.12. Courbe caractéristique de la conduite :

La courbe caractéristique d'une conduite (ou pipeline) est une représentation graphique illustrant l'évolution des pertes de charge totales (pertes par frottement et pertes locales) en fonction du débit. Cette courbe a la forme d'une parabole (courbe avec une ligne courbe) et s'exprime par l'équation

Suivante :

$$H_c = R \times Q^2 + H_g$$

Avec :

- ❖  $H_c$  : perte de charge totale (m) ;
- ❖  $H_g$  : Hauteur géométrique (m)
- ❖  $Q$  : Débit véhiculé par la conduite ( $m^3/s$ ) ;
- ❖  $R$  : Résistance de la conduite déterminée par la formule suivante :

$$R = 1.5 \times \frac{8\lambda L}{\pi^2 D^5 g}$$

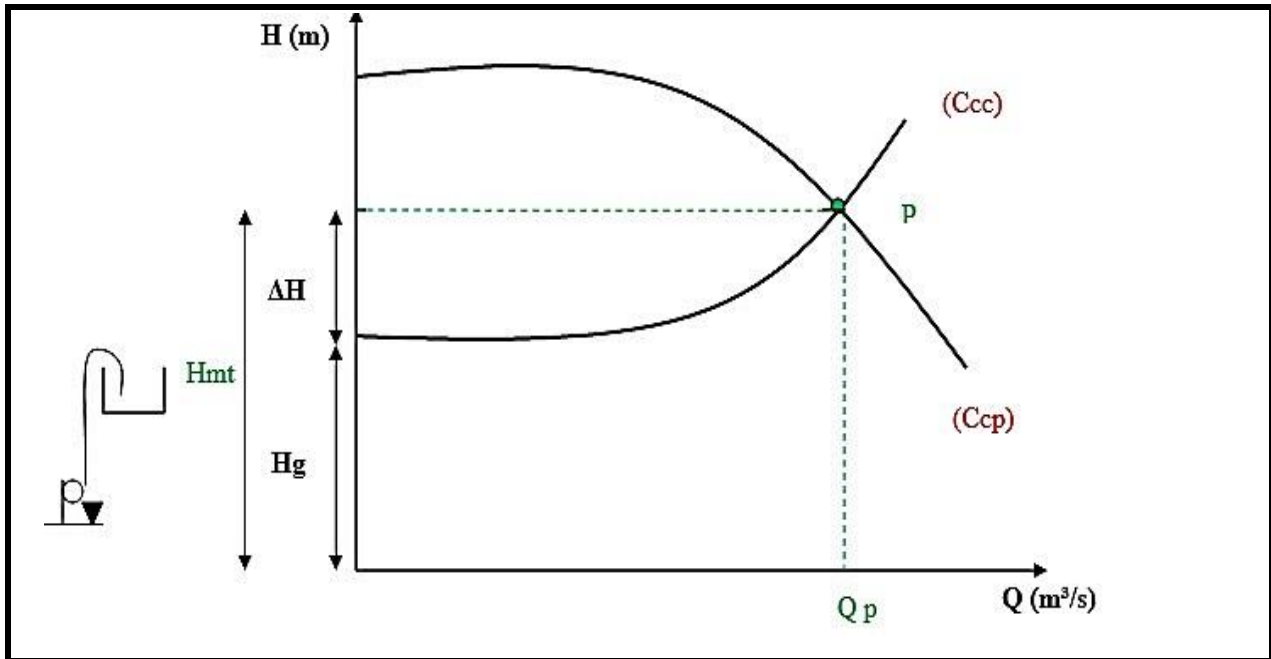
Avec :

- ❖  $D$  : Le diamètre de la conduite (m)
- ❖  $L$  : La longueur de conduite (m)
- ❖  $g$  : L'accélération de la pesanteur ( $g = 9,81 \text{ m/s}$ )
- ❖  $\lambda$  : Le coefficient de frottement, qui dépend de la rugosité relative et du régime d'écoulement.

### 4.13. Le point de fonctionnement d'une pompe:

Le point de fonctionnement d'une pompe est l'intersection entre la courbe caractéristique de la pompe ( $C_{cp}$ ) installée et en fonctionnement [ $H-Q$ ] et la courbe caractéristique de la conduite ( $C_{cc}$ ) refoulant un débit de la pompe en fonctionnement [ $H_c-Q$ ].

La courbe caractéristique de la pompe est donnée par le constructeur ou par les essais de pompage tandis que la courbe caractéristique de la conduite est déterminée par l'installateur de la pompe [11].

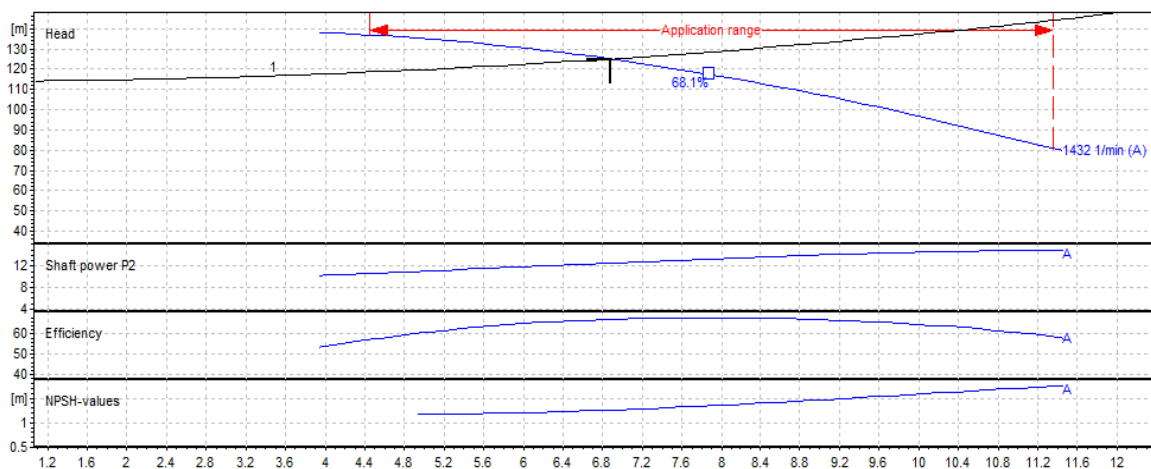


Figurer 4. 10 : point de fonctionnement d'une pompe.

Une pompe fonctionne correctement si son point de fonctionnement se situe dans la zone de non-cavitation et si son débit se situe dans la plage de fonctionnement idéale pour une efficacité maximale. Dans ce cas, la pompe offrant les meilleures performances en termes de caractéristiques opérationnelles est sélectionnée.

Dans notre cas, sur la base des paramètres spécifiés

$P=(Q, HMT)$ , ainsi que des courbes caractéristiques des lignes d'alimentation appliquées aux manuels de spécifications de la série de pompes Caprari (**Annexe 1**), les points de fonctionnement des pompes sélectionnées ont été déterminés comme indiqué dans les graphiques (**Figures 11**)



Figurer 4. 11 : Courbe caractéristique de la pompe de R2-R1

Tableau N°4.1 : Tronçon réservoir - station de reprise

N°	Désignation de la variable	Valeur	Unit
01	Cote de départ Cd	636.33	m
02	Cote d'arrivée Ca	1178.5	m
03	Débit Q	6.88	l/sec
04	Longueur de la conduite L	850	m
05	Hauteur géométrique Hg	113.91	m
06	Diamètre intérieur	96.8	mm
07	Temps de pompage	20h12min	heures
09	Epaisseur des conduites	6.7	mm
16	Perte de charge unitaire j	0.00921	m/ml
17	Pertes de charge linéaires J	7.83	m
18	Pertes de charge singulières J'	1.174	m
19	Pertes de charge totales $\Delta h$	9	m
20	<b>Hauteur manométrique totale Hmt</b>	<b>122.59</b>	<b>m</b>

Tableau N°4.2 : Les caractéristiques des pompes choisies

Tronçon d'adduction	Caractéristique des pompes choisies					
	Q l/s	HMT (m)	Ph (KW)	P. absorbée (KW)	$\eta$ %	N (tr/min)
<b>PRIS- SR</b>	6.88	122.59	7.8	13.2	67.6	1450
Electropompe monobloc oc à axe horizontal de type (PM 65\12A)						

#### 4.14. Conclusion :

Dans ce chapitre en fait un rappel sur les pompes et leurs fonctionnements. Choix d'itinéraire des conduites d'adduction (tracé du système d'adduction), choix du matériau des conduites adoptées aux conditions du terrain, définition des équipements et ouvrages hydrauliques en ligne. Dimensionnement de la conduites et calcul de la hauteur manométrique totale. A la base de ces données, nous choisissons les pompes qui répondent à nos besoins pour transporter l'eau du réservoir existant au réservoir projeté.

# **Chapitre 5 : Gestion et exploitation du réseau d'AEP**

## 5. Introduction

Le SIG est un système d'informatique permettant à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant à la gestion de l'espace. Un SIG englobe en général l'acquisition des données géographiques qui peuvent être d'origines diverses (environnement de la conduite avec les caractéristiques des sols, la géologie, la sismique...);

- Gestion de données pour le stockage, l'organisation et la recherche de données ;
- Traitement et l'exploitation des données géographiques ;
- Présentation des résultats soit sous forme de carte par l'affichage graphique ou par sorties cartographiques, soit sous forme de tableaux.

Ce système a une capacité, d'acquisition des données très efficace dans un processus de prise de décision, à chaque fois que la base de données est interrogée. Il est à noter que l'application seule des SIG dans le domaine de la distribution des eaux sans qu'elle ne soit couplée aux modèles de simulation hydraulique ne peut soutenir les objectifs visés d'une gestion requise. Pour mettre en exergue les performances des SIG dans la gestion d'un réseau de distribution d'eau potable, notre choix a porté sur l'agglomération secondaire Tamoula commune de Minar Zarza.

### 5.1. Préparation de la base de donnée

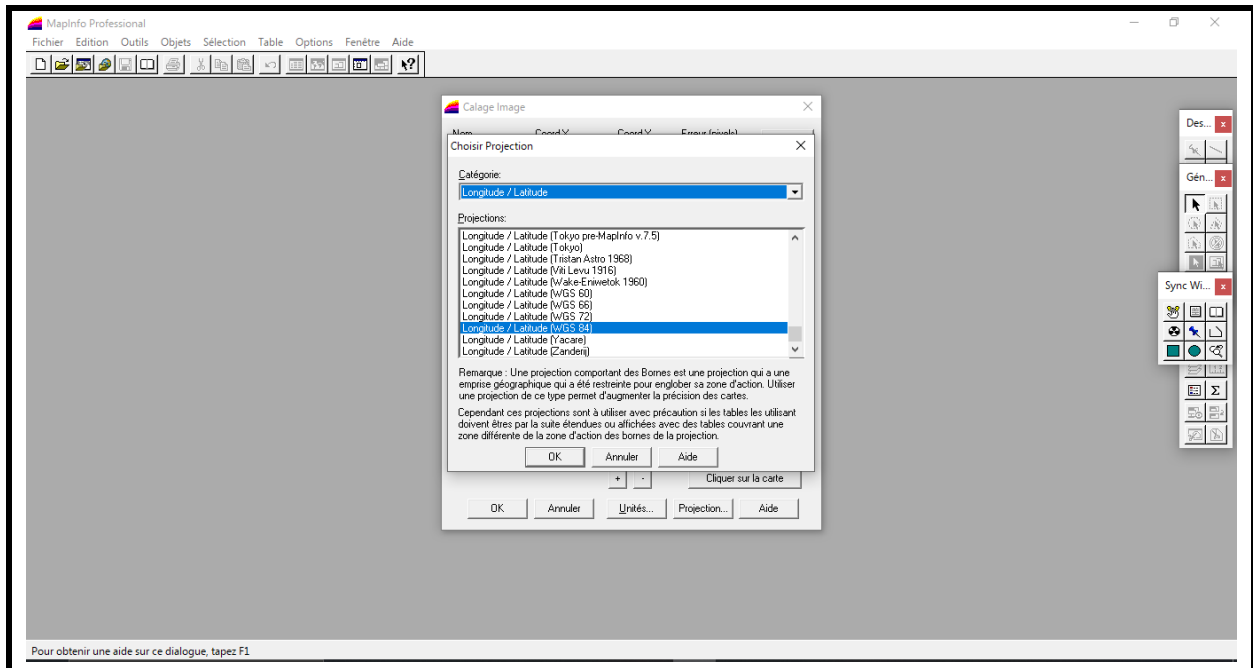
Préparation du fond cartographique :

-Localisation de la zone d'étude sur Google earth ou Google Mapp.



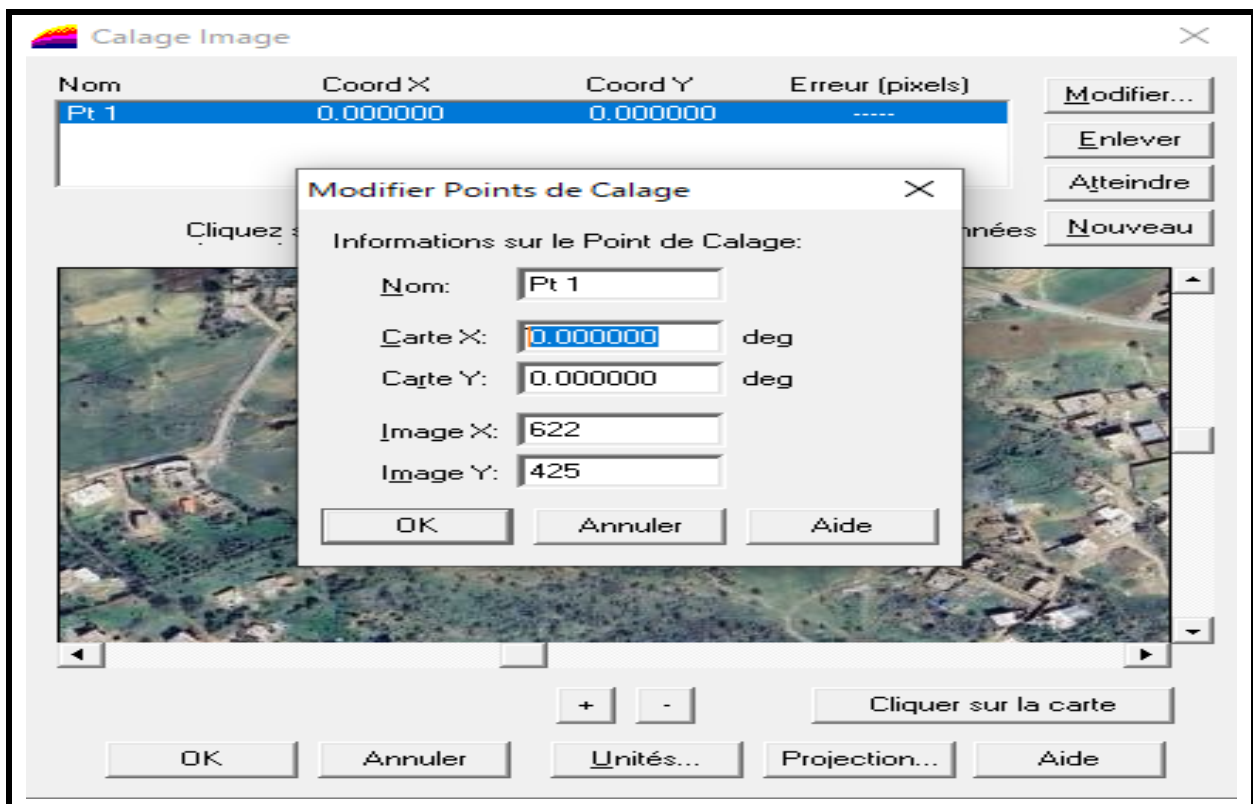
Figuer 5.1 : localisation de la zone d'étude sur photo aérienne (image Google earth)

- Choix du système de coordonnées (WGS84, Zone 32 Nord).

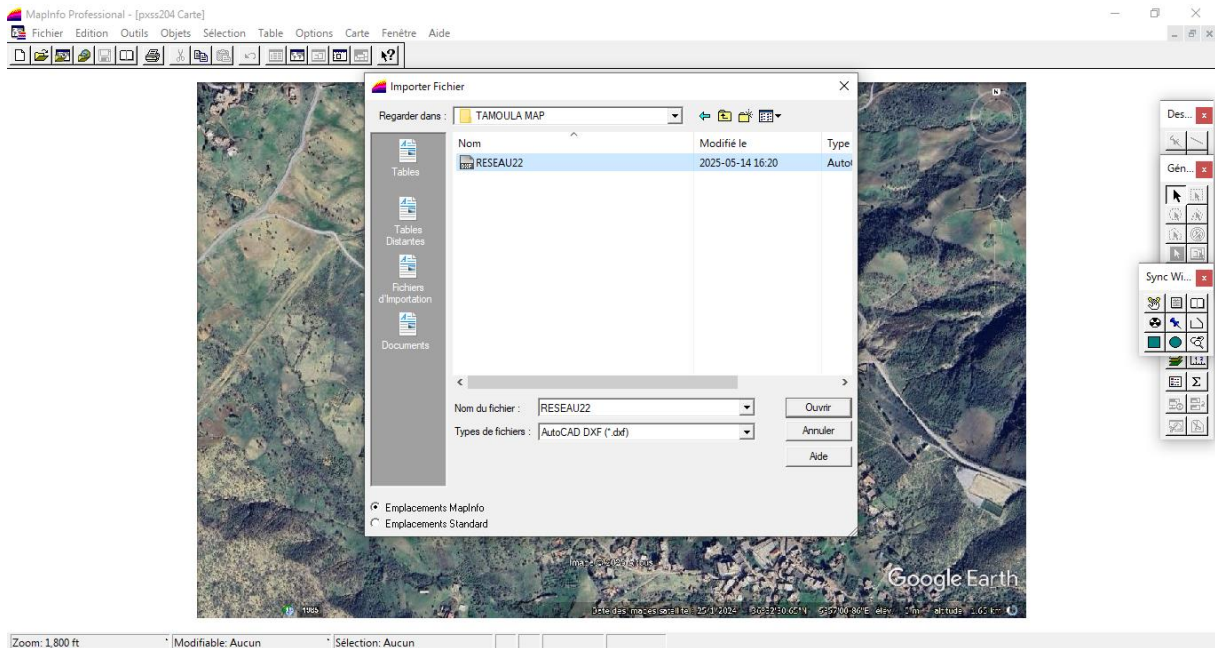


Figuer 5.2 : choix du système de coordonnées dans mapInfo

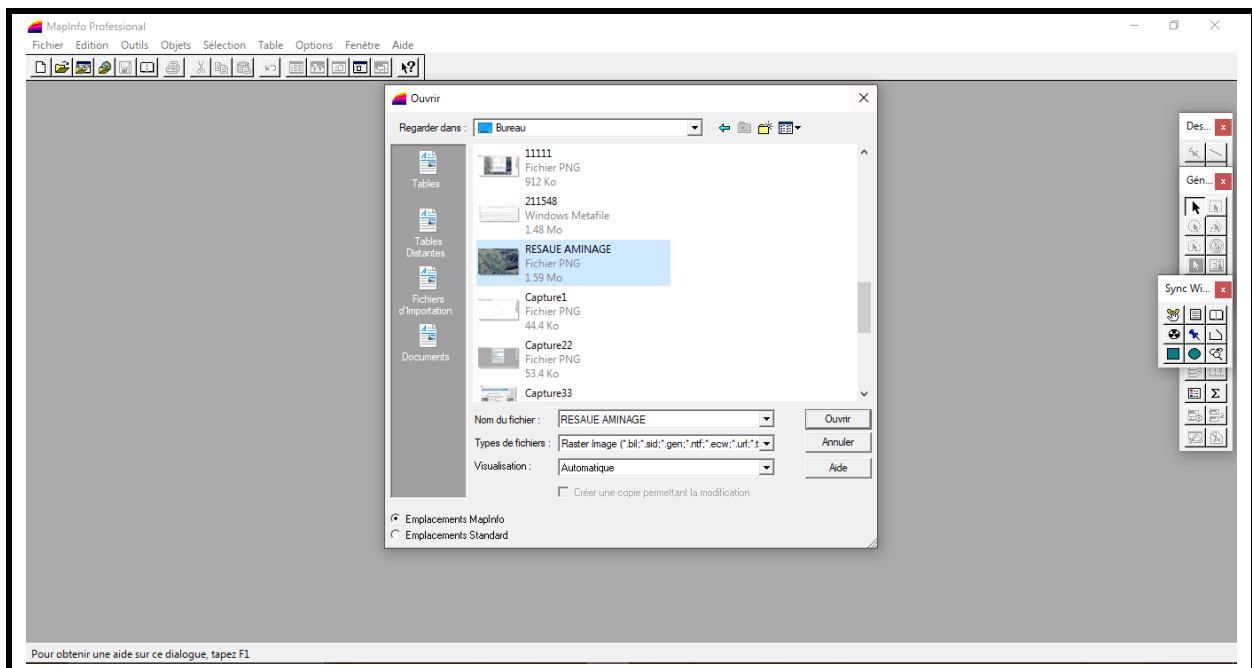
- insertion des points de calage sur l'image.



- Importé le squelette du réseau existant et aménagé dans le même système de coordonnées au format DXF

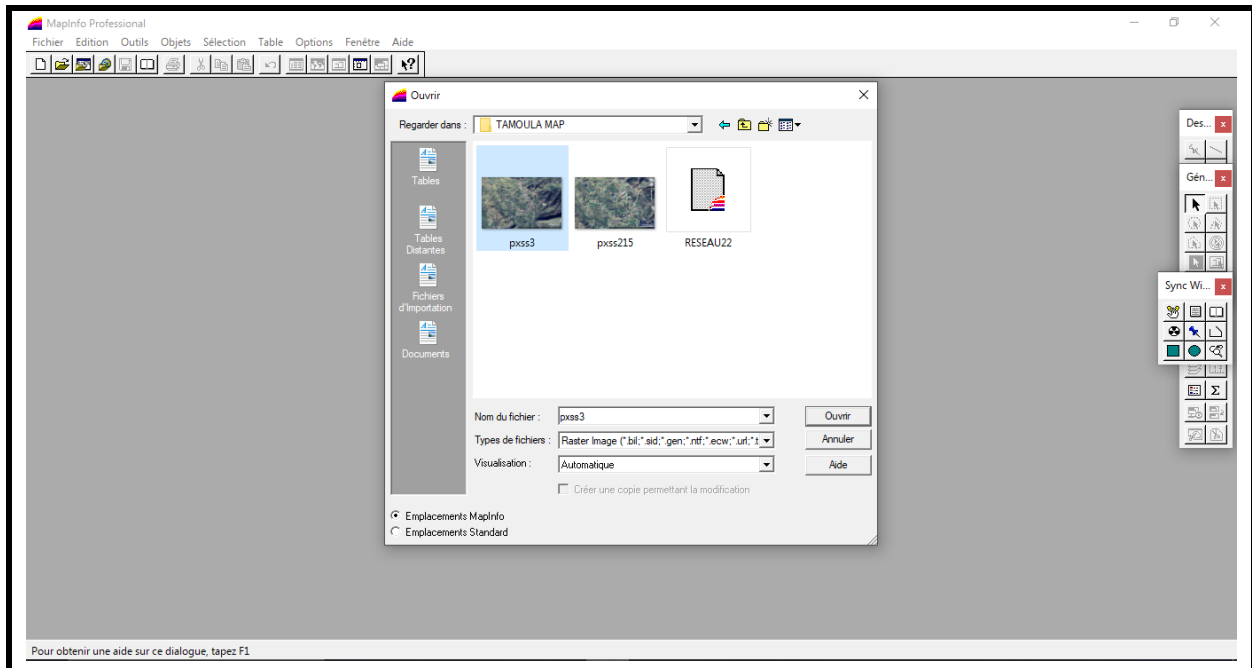


- sauvegardé l'image au format JPG.

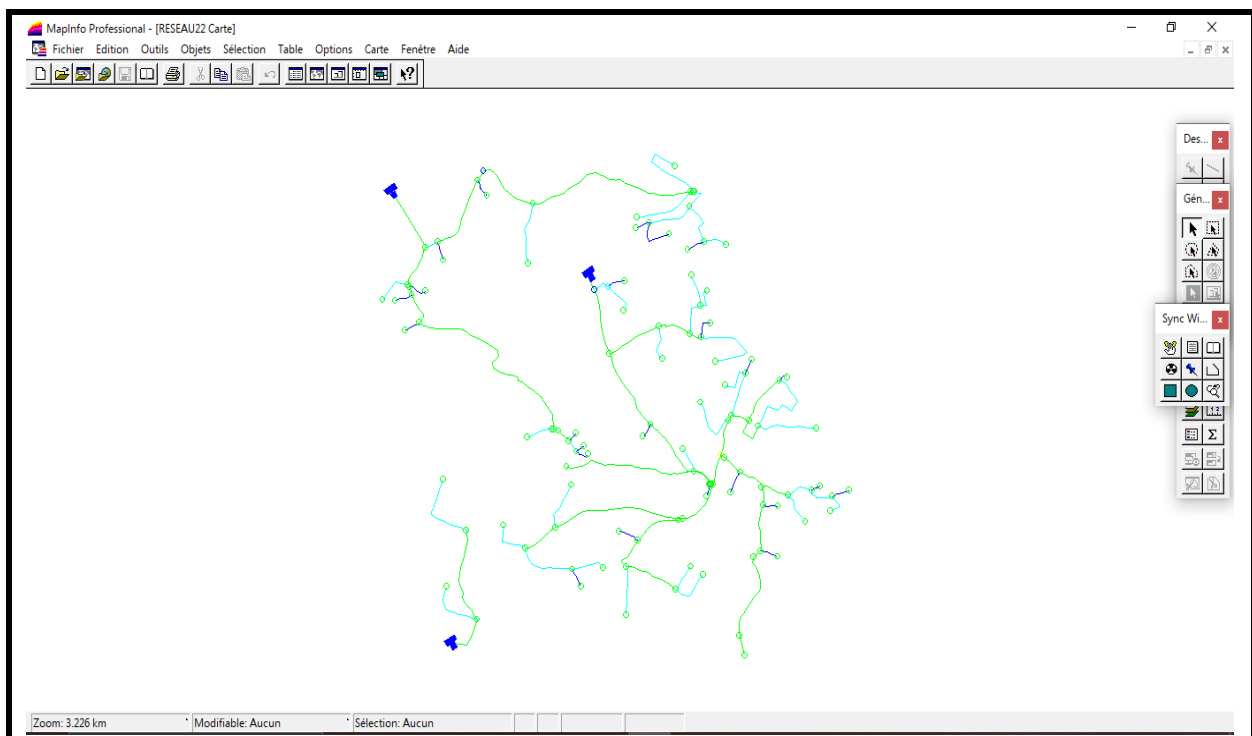


## 5.2. Calage de l'image dans MapInfo

### 5.2.1. Inséré l'image



### 5.2.2 Importé le fond topographique et squelette du réseau de l'Epanet vers MapInfo



Figurer 5.3 : Squelette du réseau après importation (carte Mapp)

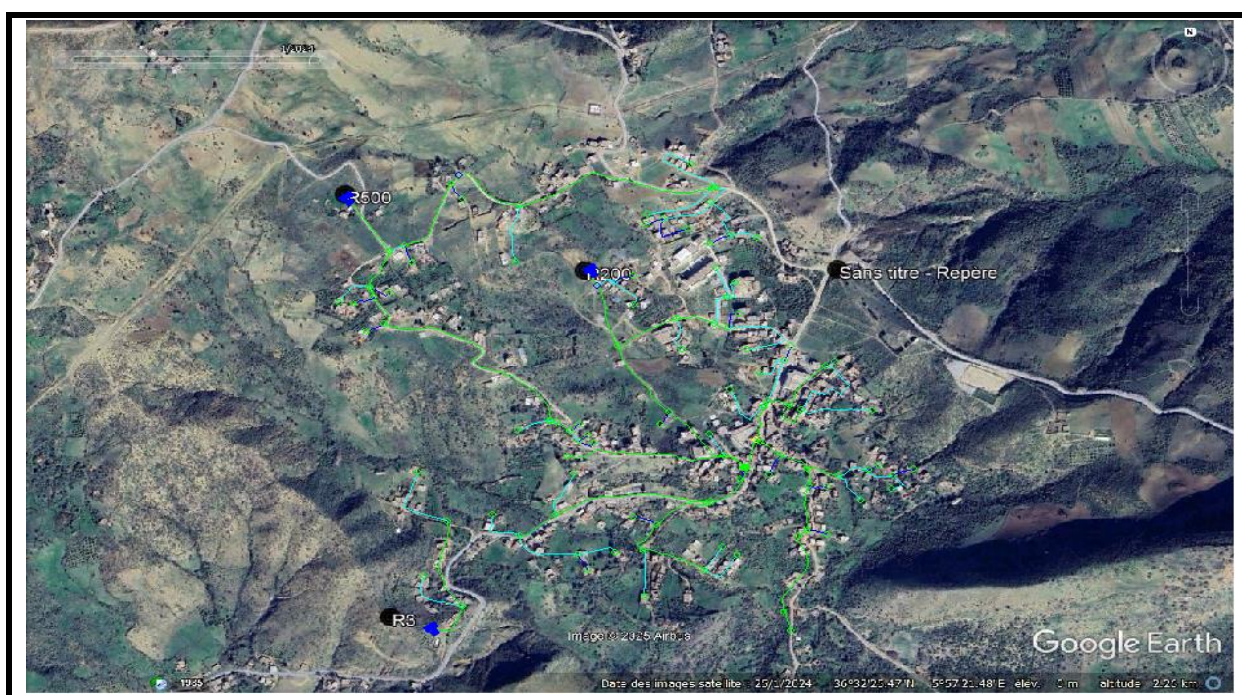
### 5.2.3. Importation de la grille AEP de Tamoula dans MapInfo

Le fichier de grille a été ouvert dans MapInfo Professional en sélectionnant :

Fichier > Ouvrir > Fichier DXF.

Après l'ouverture, les composants de la grille (canalisations et nœuds) sont apparus dans l'interface du programme, affichés directement sur l'image aérienne caler Tamoula précédemment.

L'image ci-dessous représente le réseau d'eau AEP importé - canalisations et nœuds - sur une image aérienne géo référencée.



## 5.3. Saisie et liaison des tables descriptives au réseau

Après avoir inséré le réseau de distribution d'eau de Tamoula dans MapInfo sous forme de couches graphiques (nœuds et canalisations), nous passeront à la saisie des données descriptives de chaque élément du réseau.

### 5.3.1. Préparation des tableaux des données

Les tables descriptives des données sont exportées directement de l'Epanet vers Excel extension.xlsx.

Contient les identifiants des nœuds, la pression, la demande, l'altitude, diamètre, la longueur, la rugosité, le débit, la vitesse et l'identifiant de chaque canalisation.

Les tables Excel ont été vérifiées afin de garantir :

Les identifiants correspondent à ceux utilisés dans les couches MapInfo.

Le format des colonnes a été correctement mis en forme afin d'éviter toute erreur lors de la liaison.

### **5.3.2 Liaison de tables à des couches dans MapInfo**

À l'aide d'outils MapInfo tels que :

Tableau > Mettre à jour la colonne ou les outils de jointure, les données ont été liées comme suit :

Liaison de la table Junctions.xlsx à la couche Nodes.

Liaison de la table Pipes.xlsx à la couche Pipes.

L'identifiant a été utilisé comme élément de liaison commun afin de garantir que chaque enregistrement descriptif corresponde à l'élément spatial approprié.

### **5.4. Organisation du projet dans MapInfo**

À l'aide de l'outil de contrôle des couches, les couches du projet ont été organisées selon les fonctions suivantes :

Type de couche Fonction

Image raster Google Earth (image raster) Arrière-plan de référence pour la localisation géographique

Réseau de canalisations : Lignes représentant les voies de distribution d'eau

Réseau de nœuds : Points ne représentant les points de connexion ou de consommation

Tableaux de données descriptives présentant les caractéristiques hydrauliques de chaque élément

Nous avons également :

Attribué des symboles et des couleurs en fonction du type et du diamètre de l'élément.

Créé une légende expliquant la signification des symboles utilisés sur la carte.

### **5.5. Exporter la carte finale**

Pour extraire la carte finale à des fins de documentation ou d'impression :

La fenêtre de conception de mise en page s'ouvre.

Les éléments suivants sont ajoutés à la carte :

- ❖ Image de la grille (arrière-plan + calques).
- ❖ Titre du projet.
- ❖ Flèche du Nord et échelle.
- ❖ Légende.

La carte finale est exportée au format PDF haute qualité pour une visualisation et un partage faciles.

## 5.6. Conclusion

Ce travail a permis de construire un modèle numérique intégré du réseau de distribution d'eau de la région de Tamoula. Il a débuté par la conception hydraulique sur EPANET, puis a importé les couches géographiques et les a reliées à l'imagerie aérienne dans MapInfo, et s'est terminé par l'insertion de tableaux descriptifs et l'organisation des composants dans l'interface du projet.

L'intégration de l'ingénierie et de l'analyse spatiale a permis d'obtenir une vue complète et précise du réseau, permettant son utilisation ultérieure à des fins de planification, d'extension, voire de maintenance périodique. L'exportation de la carte finale au format PDF constitue une référence documentée pouvant être utilisée dans des rapports techniques ou des études futures.

Ce projet représente une étape importante vers l'utilisation efficace des outils SIG pour la gestion précise et intégrée des réseaux d'infrastructures

# **Conclusion générale**

## **Conclusion générale :**

Notre présent travail de mémoire avait pour objectif l'étude de rénovation et extension du réseau d'eau potable de l'agglomération Tamoula. L'analyse des résultats de diagnostic du réseau existant montré que le vieillissement des conduites et piquages illicites se traduire par une augmentation des fuites, dont les conséquences peuvent affecter le fonctionnement de tout le réseau.

L'examen en profondeur de l'état du réseau existant de ladite agglomération montre que plusieurs tronçons nécessitent, soit un redimensionnement, soit une rénovation pour satisfaire les normes hydrauliques et éliminer les fuites. Pour améliorer les caractéristiques hydrauliques et physiques du réseau nous avons proposés un nouvel aménagement couvrant la totalité de la zone d'étude, pour de satisfaire les besoins de la population à courte, moyen et long terme en matière d'eau potable.

Pour aider le gestionnaire à bien exploiter le réseau et notamment de prendre la discision dans le temps qu'il faut, nous avons élaboré un SIG sous le logiciel MAP INFO regroupant toutes les cartes et les plans du réseau existant, projeté avec toutes les données nécessaires. Cette banque des données constitué un support de base pour faciliter l'exploitation et la gestion de ladite réseau par SIG.

# **Référence**

# **Bibliographique**

## **Référence Bibliographique :**

[01 ]. (INCT) :Institut National de Cartographie et de Télédétection

[ 02 ]. (ONS) : Office National des Statistiques

[ 03 ]. (ONS) : Office National des Statistiques ,(RGPH) Recensement Général de la Population et de l'Habitat

[04 ]. Station météorologique de Constantine, données climatiques sur 10 an)

[ 05 ]. ( ONM) : Office National de la Météorologie

[06]. Hammou. S, alimentation en eau potable du village M'liha, commune Chelata, daïra Akbou, Université de Tizi Ouzou. mémoire fin du cycle diplôme d'ingénieur.

[07] . A. Dupont « 1974 »: hydraulique urbaine

[08]. Emberger. L, la végétation de la région méditerranéenne essai d'une classification des groupements végétaux, 1930.

[09]. Goudjil sarah et Sadelli Hayette, « 2 17 », mémoire de fin d'étude alimentation en eau potable des localités M'nairi, Heddada, Dhamnet El fhel, Ain Belkacem et Koudiet El assa (w. Souk Ahras)

[10]. Sadoune. A et Hamdi. D, etude du raccordement de la station de dessalement d'eau de la mère d'Oued Sebt daïra de Cherrhell (w) Tipaza. projet de fin d'étude, DEUA, Université Amira Bejaia, 83 page, 2008.

# **Annexe**

## Annexe N° 01. Les diamètres normalisés des conduites en PEHD

### Prix et pression nominal des conduites en PEHD

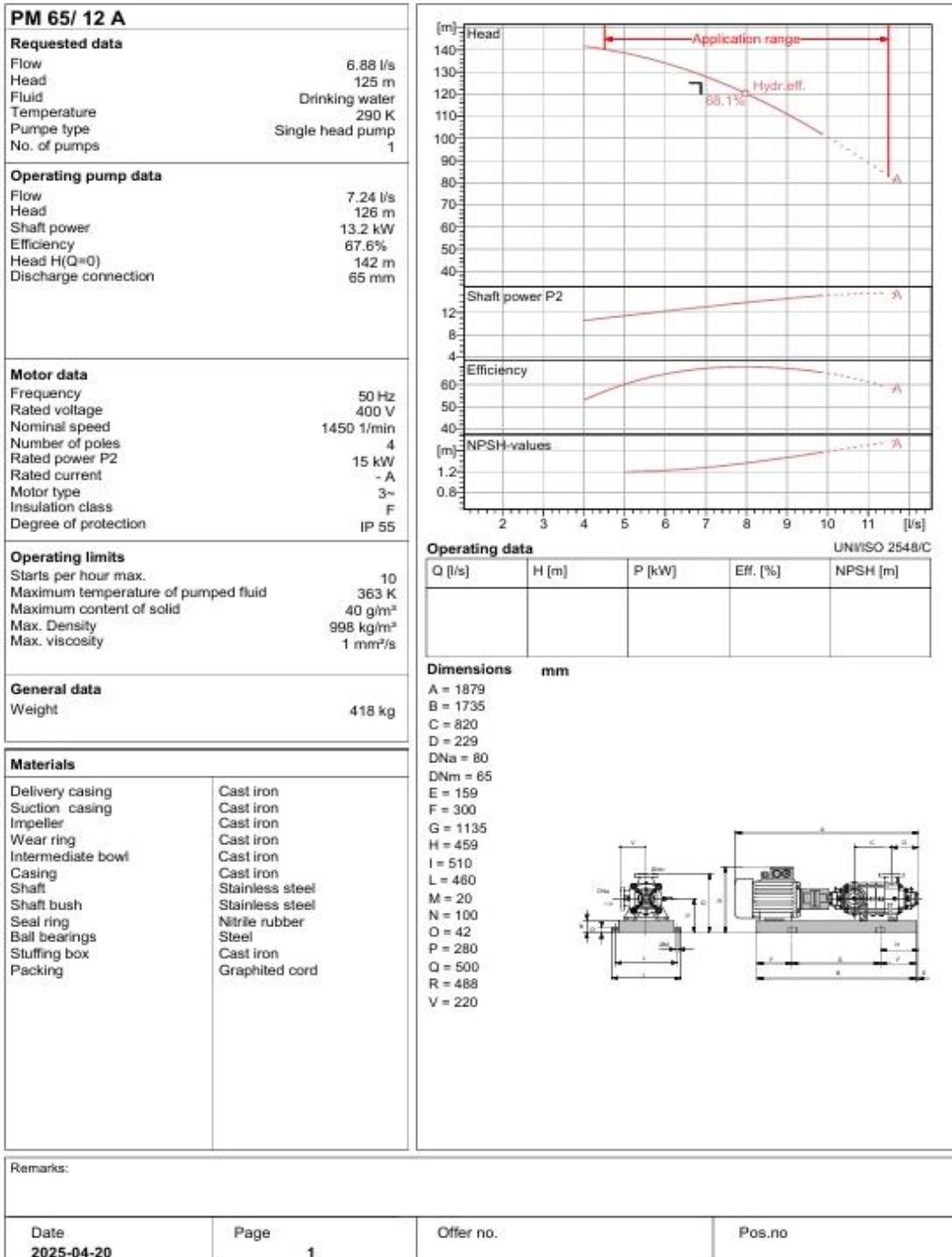
Référence	Désignation	Diamètre	Epaisseur	Qualité	Pression	Prix HT	Prix TTC
		Ext en MM	en MM	Produit	Service	le M/L	le M/L
11 003 0161	Tube PEHD	16	-----	PE80	10 Bars	-----	-----
11 003 0201	Tube PEHD	20	2,0	PE80	10 Bars	29.23	34.19
11 003 0251	Tube PEHD	25	2,0	PE80	10 Bars	36.89	43.16
11 003 0321	Tube PEHD	32	2,4	PE80	10 Bars	57.33	67.07
11 003 0401	Tube PEHD	40	3,0	PE80	10 Bars	89.74	104.9
11 003 0501	Tube PEHD	50	3,7	PE80	10 Bars	137.09	160.39
11 003 0631	Tube PEHD	63	4,7	PE80	10 Bars	216.86	253.72
11 003 0751	Tube PEHD	75	5,6	PE80	10 Bars	306.59	358.71
11 007 0901	Tube PEHD	90	5,4	PE100	10 Bars	364.65	426.64
11 007 1101	Tube PEHD	110	6,6	PE100	10 Bars	543.27	635.62
11 007 1251	Tube PEHD	125	7,4	PE100	10 Bars	692.1	809.75
11 007 1601	Tube PEHD	160	9,5	PE100	10 Bars	1133.67	1326.39
11 007 2001	Tube PEHD	200	11,9	PE100	10 Bars	1735.13	2030.10
11 007 2501	Tube PEHD	250	14,8	PE100	10 Bars	2723.63	3183.24
11 007 3151	Tube PEHD	315	18,7	PE100	10 Bars	4080.59	4774.29
11 007 4001	Tube PEHD	400	23,7	PE100	10 Bars	6738.83	7884.43
11 007 5001	Tube PEHD	500	29,7	PE100	10 Bars	10368.73	12131.41
11 003 6301	Tube PEHD	630	37,4	PE 100	10 Bars	15951.04	18662.71

## Annexe N° 02. Les caractéristiques de la pompe choisie (Tronçon R2 – R1)

**caprari**

Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
— ISO 9001 —



PumpTutor Version 2.0 - 05.05.2008 (Build 464)

ID Noeud	Altitude (m)	Demande Base (LPS)	Qualité Initiale	Demande (LPS)	Charge (m)	Pression (m)	Qualité
Noeud N34	1057.28	0.28	0	0.28	1066.89	9.61	0
Noeud N56	1000.2	0.28	0	0.28	1058.01	57.81	0
Noeud N85	992.58	0.87	0	0.87	1048.65	56.07	0
Noeud N38	1028.81	0.74	0	0.74	1066.11	37.3	0
Noeud N39	1025.74	0.48	0	0.48	1064.41	38.67	0
Noeud N57	997.29	0.33	0	0.33	1057.56	60.27	0
Noeud N76	998.57	0.24	0	0.24	1056.77	58.2	0
Noeud N77	999.04	0.57	0	0.57	1056.28	57.24	0
Noeud N78	1011.9	0.56	0	0.56	1054.51	42.61	0
Noeud N82	1009.51	0.34	0	0.34	1056.18	46.67	0
Noeud N58	989.62	0.28	0	0.28	1020.16	30.54	0
Noeud N60	983.64	0.28	0	0.28	1019.13	35.49	0
Noeud N67	976.81	0.33	0	0.33	1018.57	41.76	0
Noeud N86	981.47	0.42	0	0.42	1012.37	30.9	0
Noeud N95	1009.81	0.51	0	0.51	1043.51	33.7	0
Noeud N97	995.31	0.44	0	0.44	1042.21	46.9	0
Noeud N1	1157.08	0.19	0	0.19	1180.39	23.31	0
Noeud N6	1108.89	1.14	0	1.14	1138.17	29.28	0
Noeud N7	1106.28	0.25	0	0.25	1137.54	31.26	0
Noeud N19	1151.65	0.31	0	0.31	1180.02	28.37	0
Noeud N21	1150.63	0.11	0	0.11	1179.96	29.33	0
Noeud N23	1148.32	0.21	0	0.21	1179.83	31.51	0
Noeud N25	1136.46	0.88	0	0.88	1179.4	42.94	0
Noeud N26	1136.98	0.07	0	0.07	1179.39	42.41	0
Noeud N22	1154.21	0.08	0	0.08	1179.94	25.73	0
Noeud N27	1152.74	1.02	0	1.02	1175.65	22.91	0
Noeud N29	1047.75	0.16	0	0.16	1093.78	46.03	0
Noeud N30	1048.91	0.04	0	0.04	1093.78	44.87	0
Noeud N93	1004.41	0.87	0	0.87	1044.44	40.03	0
Noeud N94	1023.92	0.2	0	0.2	1044.11	20.19	0
Noeud N88	978.44	0.58	0	0.58	1011.22	32.78	0
Noeud N90	962.43	0.47	0	0.47	1009.75	47.32	0
Noeud N92	956.17	0.17	0	0.17	1009.53	53.36	0
Noeud N63	962.79	0.57	0	0.57	1013.39	50.6	0
Noeud N64	961.58	0.08	0	0.08	1013.38	51.8	0
Noeud N87	985.57	0.09	0	0.09	1012.34	26.77	0
Noeud N2	1153.42	0.38	0	0.38	1180.33	26.91	0
Noeud N3	1148.83	0.08	0	0.08	1180.31	31.48	0
Noeud N8	1074.99	0.97	0	0.97	1133.94	58.95	0
Noeud N10	1074.67	0.4	0	0.4	1133.85	59.18	0

Noeud N11	1091.08	0.36	0	0.36	1132.12	41.04	0
Noeud N9	1073.46	0.27	0	0.27	1133.17	59.71	0
Noeud N16	1068.27	0.31	0	0.31	1103.1	34.83	0
Noeud N18	1069.49	0.08	0	0.08	1103.06	33.57	0
Noeud N12	1066.76	0.42	0	0.42	1103.57	36.81	0
Noeud N13	1046.69	0.34	0	0.34	1102.98	56.29	0
Noeud N14	1045.65	0.11	0	0.11	1102.91	57.26	0
Noeud N53	1007.32	0.63	0	0.63	1057.98	50.66	0
Noeud N54	1006.79	0.1	0	0.1	1057.93	51.14	0
Noeud N31	1041.38	0.14	0	0.14	1093.38	52	0
Noeud N32	1049.31	0.04	0	0.04	1093.38	44.07	0
Noeud N4	1132.85	0.65	0	0.65	1179.36	46.51	0
Noeud N5	1127.57	0.07	0	0.07	1179.35	51.78	0
Noeud N35	1049.81	0.25	0	0.25	1066.7	16.89	0
Noeud N36	1046.43	0.08	0	0.08	1066.68	20.25	0
Noeud N98	991.68	0.15	0	0.15	1040.55	48.87	0
Noeud N37	1038.93	0.13	0	0.13	1066.6	27.67	0
Noeud N48	1012.82	0.7	0	0.7	1064.84	52.02	0
Noeud N41	1020.59	0.31	0	0.31	1063.82	43.23	0
Noeud N42	1029.08	0.33	0	0.33	1063.31	34.23	0
Noeud N45	1019.75	0.43	0	0.43	1063.34	43.59	0
Noeud N40	1017.32	0.15	0	0.15	1064.26	46.94	0
Noeud N43	1028.5	0.1	0	0.1	1063.26	34.76	0
Noeud N46	1022.16	0.09	0	0.09	1063.31	41.15	0
Noeud N49	1014.9	0.06	0	0.06	1064.83	49.93	0
Noeud N50	1000.23	0.39	0	0.39	1063.54	63.31	0
Noeud N44	1037.73	0.13	0	0.13	1063.21	25.48	0
Noeud N47	1015.01	0.37	0	0.37	1061.48	46.47	0
Noeud N55	1032.07	0.55	0	0.55	1052.15	20.08	0
Noeud N51	1000.23	0.12	0	0.12	1059.52	59.29	0
Noeud N102	1031.29	0.64	0	0.64	1083.42	52.13	0
Noeud N100	1038.4	0.5	0	0.5	1094.8	56.4	0
Noeud N96	1018.02	0.18	0	0.18	1043.26	25.24	0
Noeud N99	999.37	0.08	0	0.08	1042.19	42.82	0
Noeud N89	978.69	0.29	0	0.29	1010.27	31.58	0
Noeud N91	964.2	0.11	0	0.11	1009.68	45.48	0
Noeud N74	998.24	0.34	0	0.34	1056.85	58.61	0
Noeud N61	980.76	0.28	0	0.28	1018.17	37.41	0
Noeud N68	974.62	0.14	0	0.14	1018.45	43.83	0
Noeud N69	978.97	0.24	0	0.24	1018.37	39.4	0
Noeud N71	984.01	0.26	0	0.26	1018.11	34.1	0
Noeud N73	981.45	0.1	0	0.1	1018.07	36.62	0
Noeud N62	978.62	0.07	0	0.07	1018.16	39.54	0
Noeud N59	991.7	0.09	0	0.09	1020.13	28.43	0
Noeud N79	1016.41	0.04	0	0.04	1054.51	38.1	0

<b>Noeud N84</b>	<b>1007.64</b>	<b>0.14</b>	<b>0</b>	<b>0.14</b>	<b>1056.06</b>	<b>48.42</b>	<b>0</b>
<b>Noeud N75</b>	<b>1006.44</b>	<b>0.22</b>	<b>0</b>	<b>0.22</b>	<b>1056.39</b>	<b>49.95</b>	<b>0</b>
<b>Noeud N65</b>	<b>928.7</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>971.69</b>	<b>42.99</b>	<b>0</b>
<b>Noeud N66</b>	<b>910</b>	<b>0.74</b>	<b>0</b>	<b>0.74</b>	<b>957.99</b>	<b>47.99</b>	<b>0</b>
<b>Noeud N70</b>	<b>981.67</b>	<b>0.04</b>	<b>0</b>	<b>0.04</b>	<b>1018.36</b>	<b>36.69</b>	<b>0</b>
<b>Noeud N72</b>	<b>995.96</b>	<b>0.08</b>	<b>0</b>	<b>0.08</b>	<b>1018.09</b>	<b>22.13</b>	<b>0</b>
<b>Noeud N83</b>	<b>1012.83</b>	<b>0.06</b>	<b>0</b>	<b>0.06</b>	<b>1056.17</b>	<b>43.34</b>	<b>0</b>
<b>Noeud N80</b>	<b>998.5</b>	<b>0.75</b>	<b>0</b>	<b>0.75</b>	<b>1053.37</b>	<b>54.87</b>	<b>0</b>
<b>Noeud N81</b>	<b>1003.91</b>	<b>0.27</b>	<b>0</b>	<b>0.27</b>	<b>1052.61</b>	<b>48.7</b>	<b>0</b>
<b>Noeud N17</b>	<b>1068.33</b>	<b>0.06</b>	<b>0</b>	<b>0.06</b>	<b>1103.09</b>	<b>34.76</b>	<b>0</b>
<b>Noeud N15</b>	<b>1045.99</b>	<b>0.08</b>	<b>0</b>	<b>0.08</b>	<b>1102.96</b>	<b>56.97</b>	<b>0</b>
<b>Noeud N20</b>	<b>1151.89</b>	<b>0.15</b>	<b>0</b>	<b>0.15</b>	<b>1179.86</b>	<b>27.97</b>	<b>0</b>
<b>Noeud N24</b>	<b>1149.89</b>	<b>0.08</b>	<b>0</b>	<b>0.08</b>	<b>1179.81</b>	<b>29.92</b>	<b>0</b>
<b>Noeud N28</b>	<b>1051.92</b>	<b>0.12</b>	<b>0</b>	<b>0.12</b>	<b>1111.84</b>	<b>59.92</b>	<b>0</b>
<b>Noeud N33</b>	<b>1036.13</b>	<b>0.07</b>	<b>0</b>	<b>0.07</b>	<b>1093.37</b>	<b>57.24</b>	<b>0</b>
<b>Noeud N52</b>	<b>1000.73</b>	<b>0.05</b>	<b>0</b>	<b>0.05</b>	<b>1059.51</b>	<b>58.78</b>	<b>0</b>
<b>Noeud N101</b>	<b>1047.39</b>	<b>0.23</b>	<b>0</b>	<b>0.23</b>	<b>1094.32</b>	<b>46.93</b>	<b>0</b>
<b>Noeud N103</b>	<b>1045.9</b>	<b>0.32</b>	<b>0</b>	<b>0.32</b>	<b>1082.19</b>	<b>36.29</b>	<b>0</b>
<b>Noeud n104</b>	<b>1074.67</b>	<b>0.4</b>	<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>1103.85</b>	<b>29.18</b>	<b>0</b>
<b>Noeud n105</b>	<b>1047.75</b>	<b>0.16</b>	<b>0</b>	<b>0.16</b>	<b>1095.65</b>	<b>47.9</b>	<b>0</b>
<b>Noeud n107</b>	<b>1051.92</b>	<b>0.12</b>	<b>0</b>	<b>0.12</b>	<b>1111.92</b>	<b>60</b>	<b>0</b>
<b>Noeud n106</b>	<b>997.29</b>	<b>0.33</b>	<b>0</b>	<b>0.33</b>	<b>1020.56</b>	<b>23.27</b>	<b>0</b>
<b>Noeud n108</b>	<b>992.58</b>	<b>0.87</b>	<b>0</b>	<b>0.87</b>	<b>1013.65</b>	<b>21.07</b>	<b>0</b>
<b>Noeud n109</b>	<b>962.79</b>	<b>0.57</b>	<b>0</b>	<b>0.57</b>	<b>983.39</b>	<b>20.6</b>	<b>0</b>
<b>Noeud n110</b>	<b>1132.85</b>	<b>0.65</b>	<b>0</b>	<b>0.65</b>	<b>1139.36</b>	<b>6.51</b>	<b>0</b>
<b>Noeud n112</b>	<b>1000.23</b>	<b>0.39</b>	<b>0</b>	<b>0.39</b>	<b>1058.04</b>	<b>57.81</b>	<b>0</b>
<b>Noeud n113</b>	<b>1000.23</b>	<b>0.39</b>	<b>0</b>	<b>0.39</b>	<b>1059.54</b>	<b>59.31</b>	<b>0</b>
<b>Réservoir R1</b>	<b>1178</b>	<b>Sans Valeur</b>	<b>0</b>	<b>-10.97</b>	<b>1181</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
<b>Réservoir R2</b>	<b>1064.09</b>	<b>Sans Valeur</b>	<b>0</b>	<b>-23.17</b>	<b>1067.09</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
<b>Réservoir R3</b>	<b>1098</b>	<b>Sans Valeur</b>	<b>0</b>	<b>-1.69</b>	<b>1100</b>	<b>2</b>	<b>0</b>

ID Arc	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Rugosité (mm)	Coeff. Masse	Coeff. Parois	Débit (LPS)	Vitesse (m/s )	Pert.Charge Unit(m/km)	Facteur Friction	Vitesse Réact(mg/l/jour )	Qualité	État
Tuyau p2	124.8	63.6	0.1	0	0	6.3	1.98	75	0.024	0	0	Ouvert
Tuyau p3	147.4	63.8	0.1	0	0	2.39	0.75	11.57	0.026	0	0	Ouvert
Tuyau p4	82	123.4	0.1	0	0	9.34	0.78	5.49	0.022	0	0	Ouvert
Tuyau p5	49.54	63.8	0.1	0	0	2.19	0.69	9.81	0.026	0	0	Ouvert
Tuyau p6	131	42.6	0.1	0	0	0.88	0.62	13.49	0.03	0	0	Ouvert
Tuyau p7	107.1	42.6	0.1	0	0	0.54	0.38	5.48	0.032	0	0	Ouvert
Tuyau p9	75.12	53.6	0.1	0	0	1.19	0.53	7.51	0.028	0	0	Ouvert
Tuyau p11	152.8	42.2	0.1	0	0	0.67	0.48	8.54	0.031	0	0	Ouvert
Tuyau p14	152	34	0.1	0	0	0.25	0.28	4.11	0.036	0	0	Ouvert
Tuyau p15	112	96.8	0.1	0	0	3.76	0.51	3.35	0.024	0	0	Ouvert
Tuyau p16	7.743	79.2	0.1	0	0	3.3	0.67	7.15	0.025	0	0	Ouvert
Tuyau p17	79.85	79.2	0.1	0	0	2.82	0.57	5.33	0.025	0	0	Ouvert
Tuyau p18	42.17	34	0.1	0	0	0.07	0.08	0.27	0.03	0	0	Ouvert
Tuyau p19	50.03	34	0.1	0	0	0.08	0.09	0.39	0.034	0	0	Ouvert
Tuyau p21	26.06	34	0.1	0	0	0.04	0.04	0.13	0.043	0	0	Ouvert
Tuyau p22	118.6	34	0.1	0	0	0.2	0.22	2.76	0.038	0	0	Ouvert
Tuyau p23	147	42.6	0.1	0	0	0.75	0.53	10.04	0.03	0	0	Ouvert
Tuyau p24	103.2	34	0.1	0	0	0.17	0.19	2.06	0.039	0	0	Ouvert
Tuyau p25	46.94	34	0.1	0	0	0.08	0.09	0.39	0.034	0	0	Ouvert
Tuyau p26	55.31	34	0.1	0	0	0.09	0.1	0.57	0.039	0	0	Ouvert
Tuyau p27	46.16	34	0.1	0	0	0.08	0.09	0.39	0.034	0	0	Ouvert
Tuyau p28	453	79.2	0.1	0	0	3.8	0.77	9.34	0.024	0	0	Ouvert
Tuyau p29	217.4	34	0.1	0	0	0.36	0.4	7.98	0.034	0	0	Ouvert
Tuyau p30	161.7	34	0.1	0	0	0.27	0.3	4.73	0.036	0	0	Ouvert
Tuyau p31	102.8	34	0.1	0	0	0.08	0.09	0.39	0.034	0	0	Ouvert
Tuyau p32	111.8	42.6	0.1	0	0	0.53	0.37	5.29	0.032	0	0	Ouvert
Tuyau p33	64.07	34	0.1	0	0	0.11	0.12	0.96	0.044	0	0	Ouvert
Tuyau p34	62.73	34	0.1	0	0	0.1	0.11	0.78	0.043	0	0	Ouvert
Tuyau p35	24.26	34	0.1	0	0	0.04	0.04	0.13	0.043	0	0	Ouvert
Tuyau p36	45.37	34	0.1	0	0	0.07	0.08	0.27	0.03	0	0	Ouvert
Tuyau p37	48.23	34	0.1	0	0	0.08	0.09	0.39	0.034	0	0	Ouvert
Tuyau p39	81.17	34	0.1	0	0	0.13	0.14	1.29	0.042	0	0	Ouvert
Tuyau p40	160.7	176.2	0.1	0	0	22.43	0.92	4.82	0.02	0	0	Ouvert
Tuyau p41	44.49	42.6	0.1	0	0	0.46	0.32	4.09	0.033	0	0	Ouvert
Tuyau p42	207.2	158.6	0.1	0	0	19.3	0.98	6.15	0.02	0	0	Ouvert
Tuyau p43	86.5	42.6	0.1	0	0	0.56	0.39	5.86	0.032	0	0	Ouvert
Tuyau p44	34.38	42.6	0.1	0	0	0.89	0.62	13.81	0.03	0	0	Ouvert
Tuyau p45	88.5	34	0.1	0	0	0.15	0.17	1.65	0.04	0	0	Ouvert
Tuyau p46	90.56	63.8	0.1	0	0	1.76	0.55	6.52	0.027	0	0	Ouvert
Tuyau p47	59.59	34	0.1	0	0	0.1	0.11	0.78	0.043	0	0	Ouvert

Tuyau p48	55.57	34	0.1	0	0	0.09	0.1	0.57	0.039	0	0	Ouvert
Tuyau p49	35.27	34	0.1	0	0	0.06	0.07	0.19	0.03	0	0	Ouvert
Tuyau p50	226.9	158.6	0.1	0	0	18.54	0.94	5.7	0.02	0	0	Ouvert
Tuyau p51	76.97	34	0.1	0	0	0.13	0.14	1.29	0.042	0	0	Ouvert
Tuyau p52	221.9	34	0.1	0	0	0.37	0.41	8.39	0.034	0	0	Ouvert
Tuyau p53	334	34	0.1	0	0	-0.55	0.61	17.46	0.032	0	0	Ouvert
Tuyau p54	56.22	42.6	0.1	0	0	-1.28	0.9	27.35	0.028	0	0	Ouvert
Tuyau p55	228.5	34	0.1	0	0	-0.96	1.06	49.81	0.03	0	0	Ouvert
Tuyau p56	353.4	63.8	0.1	0	0	2.43	0.76	11.93	0.026	0	0	Ouvert
Tuyau p57	95.91	53.6	0.1	0	0	1.36	0.6	9.64	0.028	0	0	Ouvert
Tuyau p58	109.8	34	0.1	0	0	0.18	0.2	2.28	0.039	0	0	Ouvert
Tuyau p59	47.12	34	0.1	0	0	0.08	0.09	0.39	0.034	0	0	Ouvert
Tuyau p60	85.61	53.6	0.1	0	0	1.62	0.72	13.37	0.027	0	0	Ouvert
Tuyau p61	177	34	0.1	0	0	0.29	0.32	5.38	0.035	0	0	Ouvert
Tuyau p62	68.93	34	0.1	0	0	0.11	0.12	0.96	0.044	0	0	Ouvert
Tuyau p63	87.37	79.2	0.1	0	0	3.53	0.72	8.13	0.025	0	0	Ouvert
Tuyau p64	44.95	63.8	0.1	0	0	3.31	1.04	21.44	0.025	0	0	Ouvert
Tuyau p65	83.57	34	0.1	0	0	0.14	0.15	1.47	0.041	0	0	Ouvert
Tuyau p66	67.7	42.6	0.1	0	0	0.44	0.31	3.77	0.033	0	0	Ouvert
Tuyau p67	57.62	34	0.1	0	0	0.1	0.11	0.78	0.043	0	0	Ouvert
Tuyau p68	40.79	34	0.1	0	0	0.07	0.08	0.27	0.03	0	0	Ouvert
Tuyau p69	55.96	34	0.1	0	0	0.09	0.1	0.57	0.039	0	0	Ouvert
Tuyau p70	26.55	34	0.1	0	0	0.04	0.04	0.13	0.044	0	0	Ouvert
Tuyau p71	83.3	34	0.1	0	0	0.14	0.15	1.47	0.041	0	0	Ouvert
Tuyau p72	142.8	34	0.1	0	0	0.22	0.24	3.27	0.037	0	0	Ouvert
Tuyau p73	71.12	79.2	0.1	0	0	4.78	0.97	14.43	0.024	0	0	Ouvert
Tuyau p74	113.7	53.6	0.1	0	0	2.96	1.31	42.01	0.026	0	0	Ouvert
Tuyau p76	450	34	0.1	0	0	0.74	0.82	30.44	0.031	0	0	Ouvert
Tuyau p77	68	53.6	0.1	0	0	0.72	0.32	2.98	0.031	0	0	Ouvert
Tuyau p78	24.69	34	0.1	0	0	0.04	0.04	0.13	0.045	0	0	Ouvert
Tuyau p79	48.13	34	0.1	0	0	0.08	0.09	0.39	0.034	0	0	Ouvert
Tuyau p80	15.13	79.2	0.1	0	0	2.97	0.6	5.87	0.025	0	0	Ouvert
Tuyau p81	37.87	34	0.1	0	0	0.06	0.07	0.19	0.03	0	0	Ouvert
Tuyau p82	95.51	34	0.1	0	0	0.74	0.82	30.43	0.03	0	0	Ouvert
Tuyau p83	161.1	34	0.1	0	0	0.27	0.3	4.73	0.036	0	0	Ouvert
Tuyau p84	228.4	34	0.1	0	0	0.28	0.3	4.99	0.036	0	0	Ouvert
Tuyau p85	35.09	141	0.1	0	0	7.02	0.45	1.65	0.023	0	0	Ouvert
Tuyau p86	194.7	110.2	0.1	0	0	6.56	0.69	4.97	0.023	0	0	Ouvert
Tuyau p88	6.711	63.8	0.1	0	0	2.56	0.8	13.16	0.026	0	0	Ouvert
Tuyau p90	119.4	42.6	0.1	0	0	0.45	0.32	3.93	0.033	0	0	Ouvert
Tuyau p91	37.76	34	0.1	0	0	0.06	0.07	0.2	0.03	0	0	Ouvert
Tuyau p92	47.72	34	0.1	0	0	0.08	0.09	0.39	0.034	0	0	Ouvert
Tuyau p93	91	34	0.1	0	0	0.15	0.17	1.65	0.04	0	0	Ouvert
Tuyau p94	21	79.2	0.1	0	0	3.11	0.63	6.4	0.025	0	0	Ouvert
Tuyau p95	48.31	34	0.1	0	0	0.08	0.09	0.39	0.034	0	0	Ouvert

Tuyau p96	514	63.8	0.1	0	0	1.87	0.58	7.29	0.027	0	0	Ouvert
Tuyau p98	32.3	27.2	0.1	0	0	0.25	0.43	12.4	0.036	0	0	Ouvert
Tuyau p99	39.98	34	0.1	0	0	0.07	0.08	0.27	0.03	0	0	Ouvert
Tuyau p102	29.24	34	0.1	0	0	0.05	0.06	0.16	0.035	0	0	Ouvert
Tuyau p104	138	34	0.1	0	0	0.23	0.25	3.54	0.037	0	0	Ouvert
Tuyau p105	192.5	34	0.1	0	0	0.32	0.35	6.43	0.035	0	0	Ouvert
Tuyau p12	160.2	141	0.1	0	0	10.97	0.7	3.81	0.021	0	0	Ouvert
Tuyau p13	40	176.2	0.1	0	0	23.17	0.95	5.12	0.02	0	0	Ouvert
Tuyau p100	112	42.6	0.1	0	0	1.69	1.19	46.39	0.028	0	0	Ouvert
Tuyau p103	1000	34	0.1	0	0	0.15	0.17	1.65	0.04	0	0	Ouvert
Tuyau p1	66.34	63.8	0.1	0	0	1.4	0.44	4.26	0.028	0	0	Ouvert
Tuyau p38	50.65	27.2	0.1	0	0	0.45	0.77	36.92	0.033	0	0	Ouvert
Tuyau p97	75.5	34	0.1	0	0	0.12	0.13	1.12	0.043	0	0	Ouvert
Tuyau p20	67	96.8	0.1	0	0	5.15	0.7	6.04	0.023	0	0	Ouvert
Tuyau p89	138.1	63.8	0.1	0	0	2.13	0.67	9.31	0.026	0	0	Ouvert
Tuyau p8	238.7	42.6	0.1	0	0	1.74	1.22	49.04	0.028	0	0	Ouvert
Tuyau p10	195	96.8	0.1	0	0	5.19	0.71	6.13	0.023	0	0	Ouvert
Tuyau p75	6.814	158.6	0.1	0	0	15.92	0.81	4.26	0.02	0	0	Ouvert
Tuyau p87	2.233	53.6	0.1	0	0	1.45	0.64	10.86	0.028	0	0	Ouvert