

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA



Faculté de Technologie  
Département d'Hydraulique

## MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de  
**MASTER FILIERE : Hydraulique**  
**OPTION : Hydraulique urbaine**

### ~~THEME~~

**Dimensionnement d'un réseau d'AEP  
à l'aide de QGIS et Qwater  
Cas de La ville de KHERBA SIOUF Wilaya de Médéa**

**Présentés par :**

Mr. ZOUAOUI Amar  
Mlle. ABDALLAOUI El alia

**Dirigé par :**

Mr. BERGHOUT Ali

**Soutenu devant les jurys composé de :**

Mr. SAHLI YUCEF                      President  
Mr. MERZOUK BELKACEM          Examineur

***Promotion : 2022/2023***



### *Remerciement*

Avant tout, nous remerciant ALLAH qui a illuminé notre chemin et qui nous a bénis de courage pour achever nos études.

Nous adressent tous nos respects et nos remerciements à ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour l'élaboration de cette étude

Nous remerciant fortement notre promoteur : Mr BERGHOUT ALI de nous avoir orientés par ses conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail.

Enfin nous voudrions remercier l'honorable jury qui aura à apprécier ce travail et nous acceptes sans réserve toutes les remarques ou suggestions nécessaires à l'enrichissement de cette étude.



## ملخص

تتكون أطروحة نهاية الدراسة الخاصة بنا من تغطية جميع النقاط التي تؤثر على دراسة شبكة التزويد بالمياه الصالحة للشرب باستخدام QGIS و Qwater. مبدأ هذه الطريقة هو رسم وإنشاء قواعد بيانات لشبكة الأنابيب (الطول والأقطار والارتفاع والخشونة وما إلى ذلك) باستخدام هذه الأداة والمسح الطبوغرافي لمنطقة الدراسة.

لاختبار فاعلية هذه الطريقة، اخترنا دراسة شبكة توزيع المياه لمدينة خربة سيوف ولاية المدينة، من مصادر المياه إلى المستهلكين.

بمجرد تحليل نتائج المحاكاة، ستسمح لنا هذه الأدوات بالحصول على قاعدة بيانات كاملة لإدارة الشبكة. يمنحنا هذا ميزة أنه في حالة حدوث تغيير في الشبكة، سيكون التغيير مباشراً وسهلاً على Qgis وبالقيام بتشغيل عمليات المحاكاة للتحقق من النتائج دون الحاجة إلى مخطط Autocad.

## Résumé

Notre mémoire de fin d'étude consiste à englober tous les points qui touchent le dimensionnement d'un réseau d'A.E.P à l'aide de QGIS et Qwater. Le principe de cette méthode est de dessiner et de créer des bases de données pour le réseau de canalisations (longueur, diamètres, hauteur, rugosité) à l'aide de cet outil et d'un levé topographique de la zone d'étude.

Pour tester l'efficacité de cette méthode, nous avons choisi d'étudier le réseau de distribution d'eau de la ville de Kherba Siouf wilaya de MEDEA, du champ de captage jusqu'aux consommateurs.

Une fois les résultats de simulation analysés, ces outils nous permettront d'avoir une base de données complète de gestion du réseau. Cela nous donne l'avantage qu'en cas de modification du réseau, le changement sera direct et facile sur Qgis et ils effectuent des simulations pour vérifier les résultats sans avoir besoin de plans Autocad.

**Mots clés : AEP, Qgis, Qwater, Réseau distribution, Réservoir d'eau, Epanet**

## Abstract

Our end-of-study dissertation consists of covering all the points that affect the sizing of an A.E.P network using QGIS and Qwater. The principle of this method is to draw and create databases for the pipe network (length, diameters, height, roughness, etc.) using this tool and a topographic survey of the study area.

To test the effectiveness of this method, we chose to study the water distribution network of the city of Kherba Siouf wilaya of MEDEA, from the catchment field to the consumers.

Once the simulation results have been analyzed, these tools will allow us to have a complete network management database. This gives us the advantage that in the event of a change in the network, the change will be direct and easy on Qgis and they run simulations to check the results without the need for Autocad plans.

**Keywords: AEP, Qgis, Qwater, Water supply network, water reservoir, Epanet**

# Sommaire

Introduction Générale.....	1
<b>Chapitre –I : Présentation du Qgis/Qwater</b>	
I.1 Introduction.....	2
I.2 Logiciel QGIS .....	3
I.2 .1 Présentation du QGIS.....	3
I .2.2 Principales fonctionnalités .....	3
I.2.3 Utilisation du QGIS .....	4
I.2.4 Caractéristiques générales et de base pour programme QGIS .....	4
I.2.5 Présentation de l'interface de QGIS .....	5
I.2.6 Les formats supportés par QGIS.....	7
I.3 Logiciel QWater .....	8
I.3.1 Présentation de QWater .....	8
I.3.2 Installations de Qwater .....	9
I.3.3 Principales exigences des utilisateurs .....	10
I.3.4 Principales caractéristiques .....	11
I.3.5 Calcul de la demande .....	11
I.3.6 Renumerotation du réseau .....	11
I.3.7 Optimisation des diamètres des réseaux (réseaux projetés) .....	12
I.3.8 Simulation de réseau préliminaire.....	12
I.4 Conclusion.....	13
<b>Chapitre-II : Présentation du milieu de l'étude</b>	
II.1 Introduction .....	14
II.2 Présentation de la ville d'étude.....	14
II.2.1 Ville de Kherba Siouf.....	14
II.2.2.Analyse du milieu naturel.....	15
II.3 Hydrologie.....	15
II.4 Eléments climatiques .....	15
II.5 Conclusion.....	16

## Chapitre III : Estimation des besoins

III.1 Introduction.....	17
III.2 Population.....	17
III-2.1 Projection d'évolution .....	18
III-3 Besoins Équipements.....	20
III-3.1- Équipements actuel du chef-lieu .....	20
III-3.2- Équipements, Lotissements Ou Programme de logements en cours d'étude, Extension ou Projet du Chef-lieu.....	20
III-4. Besoins en eau:.....	20
III-4.1.Estimation des besoins actuels .....	20
III-4.1.1 Besoin moyen journalier en eau potable domestique .....	20
III-4.1.2 Estimation des Besoins des équipements publics .....	22
III-4.1.3 Les pertes .....	23
III-5. Besoin maximum journalier en eau potable « Qmaxj »: .....	24
III-5.1. Coefficient d'irrégularité journalière maximum .....	24
III-5. 2. Consommation maximale journalière .....	25
III-5. 3. Débit moyen horaire .....	25
III-5. 4. Détermination du débit maximum horaire .....	26
III.6 Variation des débits horaire en fonction de nombre d'habitants: .....	27
III.7 Bilan de comparaison .....	30
III.8 Production.....	30
III.9 Bilan de comparaison (Besoins – Productions actuelle).....	31
III.10 Interprétation et recommandation.....	32
III.11 Bilan (Production après Renforcement Barrage BOUTSILET -Besoins .....	32
III.12 Conclusion.....	33

## Chapitre -IV : Dimensionnement du réservoir

IV.1 Introduction.....	34
IV.2 Rôle des réservoirs.....	34
IV.3 Classification des réservoirs.....	34
IV.4 Emplacement des réservoirs .....	35
IV.5 Détermination de la capacité .....	35
IV.6 Principe de calcul .....	35
IV.7 Les équipements des réservoirs .....	38
IV.8 Conclusion.....	41

## CHAPITRE-V : Simulation du réseau de distribution et d'adduction

V .1 Introduction.....	42
V.2 Construction du réseau par les outils Qgis et Qwater .....	42
V 2.1 Ajout d'une image raster du terrain de la zone d'étude .....	42
V.3 Paramètres de Qwater .....	45
V.3.1 Choix des équations utilisées pour le calcul des pertes de charge.....	45
V.3.2 Choix Données de la population et la variation de la consommation .....	46
V.3.3 Diamètres normalisés des conduites .....	47
V.3.4 Vitesse maximale dans les conduites .....	49
V .4 Extraction de données géométriques et saisir des données.....	50
V .4 .1 Les informations des pompes.....	50
V .4 .2 Les informations des nœuds.....	51
V .4.3 Les informations des conduites .....	52
V .4 .4 Les informations des réservoirs.....	54
V .5 Calcul de la demande aux nœuds .....	55
V .6 Calcul des diamètres économiques (optimums) .....	56
V .7 Simulation par Epanet .....	58
V .8 Résultats de la simulation à partir de Qwater .....	62
V .8.1 Partie refoulement .....	62
V .8.2 Partie distribution.....	64
V .8.3 Les résultats dans les conduites .....	64
V .8.4 Les résultats des dans les nœuds.....	65
V .9 Conclusion.....	72
Conclusion générale .....	73

Bibliographie

Annexe



## **Liste des tableaux**



## Liste des tableaux :

Titre	N° de page
<b>Tableau III.1</b> : RGPH 2022	17
<b>Tableau III.2</b> : Taux D'accroissement	18
<b>Tableau III.3</b> : Evolution de la population de la ville de Kherba Siouf	19
<b>Tableau III.4</b> : Besoin en eau potable domestique de la ville de Kherba Siouf	21
<b>Tableau III.5</b> : Besoins eau potable domestique de la ville de Kherba Siouf	22
<b>Tableau III.6</b> : Besoins eau potable des équipements de la ville de Kherba Siouf	22
<b>Tableau III .7</b> : Résultats des pertes et le débit moyen journalier de la ville Kherba Siouf	24
<b>Tableau III.8</b> : Besoins maximum en eau potable de la ville de Kherba Siouf	<b>25</b>
<b>Tableau III.9</b> : Variation de $\beta_{max}$ en fonction du nombre d'habitants	<b>26</b>
<b>Tableau III.10</b> : Répartition des débits horaires en fonction du nombre	27
<b>Tableau III.11</b> : Variation des débits horaire et cumulées	28
<b>Tableau III.12</b> : Production de la ville de Kherba Siouf	30
<b>Tableau III.13</b> : Bilan de comparaison (Besoins-Production) de la ville de Kherba Siouf	31
<b>Tableau III.14</b> : Bilan de (Production après renforcement Barrage (BOUTSILET) de la ville de Kherba Siouf	32
<b>Tableau IV.1</b> : Détermination de la capacité du réservoir	37
<b>Tableau V.1</b> : Données des nœuds du réseau sur Qgis	51
<b>Tableau V.2</b> : Lecture des longueurs des conduites sur Qgis à partir de la couche « Conduites»	52
<b>Tableau V.3</b> : Calcul de la demande aux nœuds	55
<b>Tableau V.4</b> : Calcul des diamètres économiques	57
<b>Tableau V.5</b> : Les résultats dans les conduites	64
<b>Tableau V.6</b> : Les résultats dans les nœuds	65



## *Listes des figures*



## Liste des figures

Titre	N° de page
<b>Figure I.01</b> : Logo Logiciel QGIS	3
<b>Figure I.02</b> : pour ouvrir le programme QGIS	5
<b>Figure I.03</b> : interface QGIS	5
<b>Figure I.04</b> : Barre d'outils de navigation cartographique	6
<b>Figure I.05</b> : Barre d'outils de navigation cartographique	6
<b>Figure I.06</b> : Barre d'outils Gérer les calques	7
<b>Figure I.07</b> : Installation de Qwater	9
<b>Figure I.08</b> : Types de couches	10
<b>Figure I.09</b> : Panneau de calcul de la demande	11
<b>Figure I.10</b> : Panneau renumérotation	12
<b>Figure I.11</b> : Panneau de remplissage des tableaux de données	12
<b>Figure I.12</b> : Panneau de calcul des diamètres économiques	12
<b>Figure I.13</b> : Panneau Simulation de réseau préliminaire	13
<b>Figure II.1</b> : La carte de la ville de KHERBA SIOUF	14
<b>Figure III.1</b> : Evolution de la population de la ville de Kherba Siouf	19
<b>Figure III.2</b> : Besoin en eau potable domestique de la ville de Kherba Siouf sur différents horizons	21
<b>Figure III.3</b> : Répartition horaire du débit de consommation	29
<b>Figure III.4</b> : Présentation des débits de consommation horaires cumulée	29
<b>Figure III.5</b> : Graphique de comparaison (Besoins-Production-Déficit)	31
<b>Figure III.6</b> : Graphique Bilan (production après renforcement Barrage BOUTSILET) de la ville de Kherba Siouf	33
<b>Figure IV.1</b> : conduite d'adduction	39
<b>Figure IV.2</b> : Conduite de distribution	39
<b>Figure IV.3</b> : Matérialisation de la réserve d'incendie	40
<b>Figure V.1</b> : Gestionnaire des sources de données (Qgis)	42
<b>Figure V. 2</b> Image raster du réseau	43
<b>Figure V. 3</b> Image raster du réseau	43
<b>Figure V.4</b> : Choix du système de coordonnées de références	44

<b>Figure V.5</b> : Squelette du réseau dans la zone étudiée	45
<b>Figure V.6</b> : Paramètres de simulation	47
<b>Figure V.7</b> : Caractéristiques des conduites (catalogue Sétif pipe)	48
<b>Figure V.8</b> : Vitesse maximale admissible dans le réseau	49
<b>Figure V.9</b> : Caractéristiques d'une pompe	50
<b>Figure V.10</b> : Les informations des nœuds	51
<b>Figure V.11</b> : Les informations des conduites	53
<b>Figure V.12</b> : Les nœuds et les conduites	53
<b>Figure V.13</b> : Lecture réservoir sur Qgis à partir de la couche «réservoirs »	54
<b>Figure V.14</b> : Lecture conduites sur Qgis à partir de la couche «conduites	65
<b>Figure V.15</b> : Lecture nœuds sur Qgis à partir de la couche «nœuds»	66
<b>Figure V.16</b> : Comparaison des débits obtenus	67
<b>Figure V.17</b> : Comparaison de vitesses obtenues	67
<b>Figure V.18</b> : Comparaison de pressions obtenues	67



## *Introduction Générale*



## **Introduction Générale**

L'eau est une source de la vie et de développement, comptée parmi les richesses naturelles les plus précieuses avec une importance considérable pour le développement sociale et économique du pays. L'expansion démographique et l'élévation du niveau de la vie ont engendrés une demande en eau potable sans cesse.

À cet effet plusieurs régions de l'Algérie souffrent d'une insuffisance de l'approvisionnement en eau potable.

Dans ce cadre notre thème de mémoire de fin d'études est intitulé :

Dimensionnement d'un réseau d'AEP a l'aide de Qgis et Qwater « la ville de Kherba siouf commune de DERRAG - wilaya de MEDEA »

L'objectif de ce travail est de dimensionner d'un réseau d'AEP par l'utilisation de l'outil Qwater, qui permet de concevoir et d'analyser des réseaux d'approvisionnement en eau. À partir de Qgis avec le chargement des données de résultat. Qwater contient une fonction permettant de calculer les diamètres économiques en fonction de diamètres donnés et de la perte de charge maximale. Les fonctions sont accessibles à partir du menu et des barres d'outils de Qgis.

Pour cela on devise notre travail en cinq chapitres principaux :

- ✓ Présentation du Qgis/Qwater;
- ✓ Présentation du milieu de l'étude;
- ✓ Estimation des besoins / (PDAU);
- ✓ Dimensionnement du réservoir ;
- ✓ Simulation du réseau de distribution et d'adduction ;



## **CHAPITRE -I-**

### **Présentation du Ogis/Owater**



## I.1 Introduction [2]

Apprendre les Systèmes d'information géographiques (SIG) par l'utilisation d'un outil logiciel est absolument indispensable pour les étudiants en engineering (géologie, hydrologie, urbanisme, etc.), quel que soit le projet entamé. Il peut s'agir de la gestion des ressources en eau, de la planification urbaine, de la gestion des forêts, de la protection contre l'érosion, contre les inondations ou contre la pollution. Les SIG visent donc à cartographier et à analyser ces phénomènes géographiques. Ceci, permet aux responsables d'agir rapidement et de manière opportune en prenant des décisions précises pour faire face au phénomène en question.

Les outils SIG sont de plus en plus abondants. Que ce soit pour la catégorie des logiciels commerciaux ou bien pour la catégorie des logiciels gratuits. Aujourd'hui, il existe une large gamme de logiciels SIG libres (Open Source). Cet avantage offre aux étudiants l'opportunité d'apprendre davantage sur le fonctionnement des SIG, d'y étendre et d'y approfondir leurs connaissances. Grâce à cette catégorie de logiciels, il est possible d'entamer un projet sans aucune hésitation et sans avoir le souci de disposer d'une licence de logiciel payante. Les avantages découlant de leurs utilisations sont notamment l'exploitation exhaustive de la donnée géographique et l'analyse spatiale rigoureuse des résultats.

L'un des programmes de systèmes d'information géographique qui est récemment devenu largement connu est QGIS

Parmi les rangs des étudiants et des chercheurs dans divers domaines scientifiques tels que la géographie et les systèmes d'information géographique

Et la télédétection, où il est devenu possible de s'appuyer sur ce programme pour stocker et afficher des données

Et les traiter, en plus d'élaborer des cartes numériques de toutes sortes et d'effectuer diverses analyses spatiales Mathématiques, ingénierie, topographiques et autres.

En ce sens qu'il est gratuit et non commercial, puisqu'il ne l'est pas (open source). Une des caractéristiques de ce programme est qu'il est open source

Lors de son installation sur l'ordinateur, il a besoin d'un crack spécifique, qui peut être téléchargé directement et facilement depuis Internet

A partir du lien suivant : <https://www.qgis.org/fr/site/forusers/download.html>

Le programme se trouve dans. Quel QGIS puis la version 3.4 QGIS deux versions : une version récente est apparue en mars 2019 et porte le nom 3.6 Et deux anciennes versions de QGIS sont apparues en novembre 2018. Il existe une autre ancienne version appelée 2.18 Ce programme est apparu pour la première fois en juillet 2002 en tant que QGIS 2.14 et QGIS 2.16.

Pour être officiellement annoncée, la première version de l'année de programmation C++ et python a été développée sur la base du langage 2009 sera suivi de nouvelles versions avancées.

Le programme fonctionne dans une quarantaine de langues, principalement l'anglais et le français, en plus de la langue arabe

## I.2 Logiciel QGIS

### I.2 .1 Présentation du QGIS [1]

Le logiciel QGIS gratuit, QGIS est une véritable solution

Termes d'utilisation, qui répond parfaitement à la problématique métier de différentes sociétés dans divers secteurs d'activités.

Il s'agit de la meilleure façon de manipuler un logiciel SIG, proprement dit.



Figure I-01 : Logo Logiciel QGIS

### I .2.2 Principales fonctionnalités [1]

QGIS, dispose de fonctionnalités standards des logiciels SIG, à savoir

- ✓ Chargement, édition et mise à jour des données à composante spatiale
- ✓ Connexion aux bases de données
- ✓ Visualisation de cartes à travers une interface graphique conviviale,
- ✓ Géoréférencement des cartes,
- ✓ Requêtes et analyses spatiales,

- ✓ Géocodage,
- ✓ Mise en page, édition et impression de cartes thématiques.□...

Toute donnée linéaire ou vectorielle (données vectorielles) traite de toutes les données géographiques, qu'elles soient d'un type Pas de réseau ou de données cellulaires. (Données raster) ou une sorte

Il permet à l'utilisateur d'ajouter QGIS, et similaire à d'autres programmes SIG, le programme QGIS créez ensuite (couches) et définissez les couches (projection) des différentes données et affichez-les, en plus de spécifier les projections (Numérisation) des données d'attributs et de la conception de fichiers de formes. (Mise en page) Sortez enfin la carte pour l'impression

### **I.2.3 Utilisation du QGIS [1]**

- 1- Visualisation des données sur les eaux usées, intégration des bases de données supplémentaires, et accès direct aux protocoles d'inspection et de cameras vidéos ;
  - 2- Visualisation et édition pour les systèmes de planification urbaine, de planification environnementale, de gestion de l'hydrologie, et de gestion des eaux usées ;
  - 3- Visualisation des données d'inventaire souterrain (assainissement, adduction d'eau potable, gaz, électricité, et récemment réseaux de télécommunication) ;
  - 4- Visualisation des données topographiques et cadastrales ;
  - 5- Visualisation et édition de l'inventaire communal des sites naturels protégés ;
  - 6- Visualisation et édition des données de planification urbaine et régionale ;
  - 7- Visualisation et édition des données de l'infrastructure routière ;
  - 8- Visualisation de statistiques créées directement depuis la base de données des habitants passés et présents
  - 9- Planification et visualisation pour l'aménagement énergétique (fourniture de gaz, chauffage à partir d'eaux usées, énergie géothermique en sous-sol, centrales de chauffage, etc.).
- Actuellement d'autres projets similaires sont développés.

### **I.2.4 Caractéristiques générales et de base pour programme QGIS [1]**

Caractéristiques générales et de base Après avoir téléchargé le programme à partir du lien susmentionné, il sera téléchargé sur l'ordinateur de manière simple et une fois terminé

Ensuite, choisissez le fichier tous les programmes, puis démarrez ce processus, il peut être ouvert normalement à partir de la liste

Pour ouvrir le programme, il peut également être ouvert en cliquant sur QGIS Desktop et en cliquant sur QGIS deux fois sur le bureau.

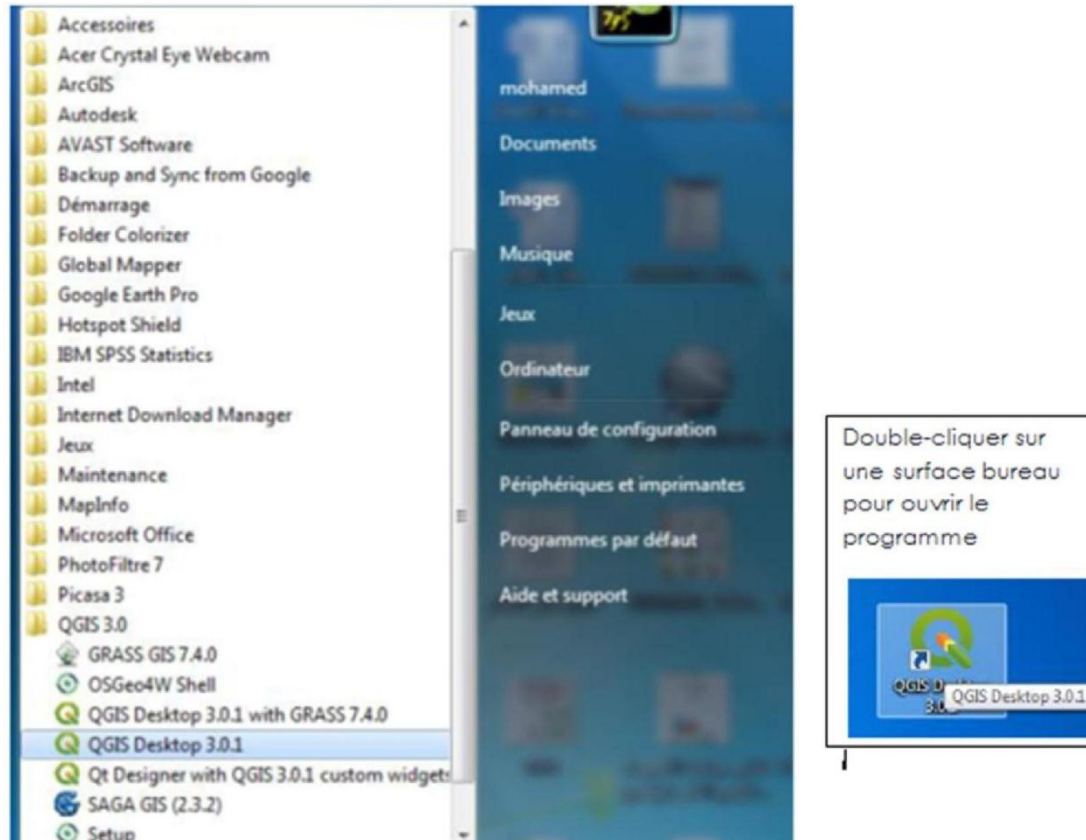


Figure I-02 : pour ouvrir le programme QGIS

### I.2.5 Présentation de l'interface de QGIS [1]

Zone des bandes : Cette zone comprend un groupe de bandes, que nous passons en revue comme suit :

Kherba Siouf - Barre de titre : Elle comprend le nom du projet ouvert sur le programme, et ici le projet a pris le nom



A/La barre de menus principale : [1]

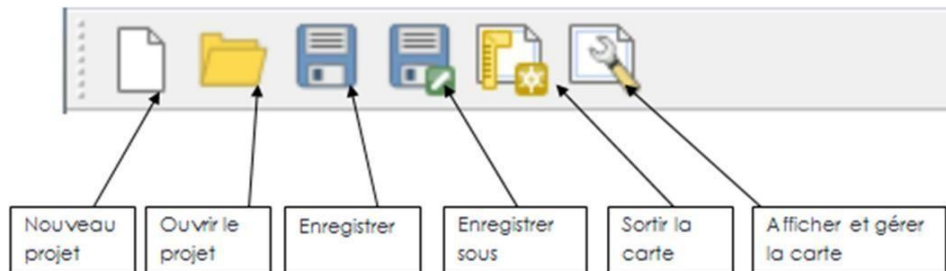
Elle se compose de 12 menus, chacun contenant un ensemble d'outils et de commandes différent



Figure I-03 interface QGIS

Cette barre concerne la sauvegarde, l'enregistrement et l'ouverture d'un nouveau programme, similaire au reste :

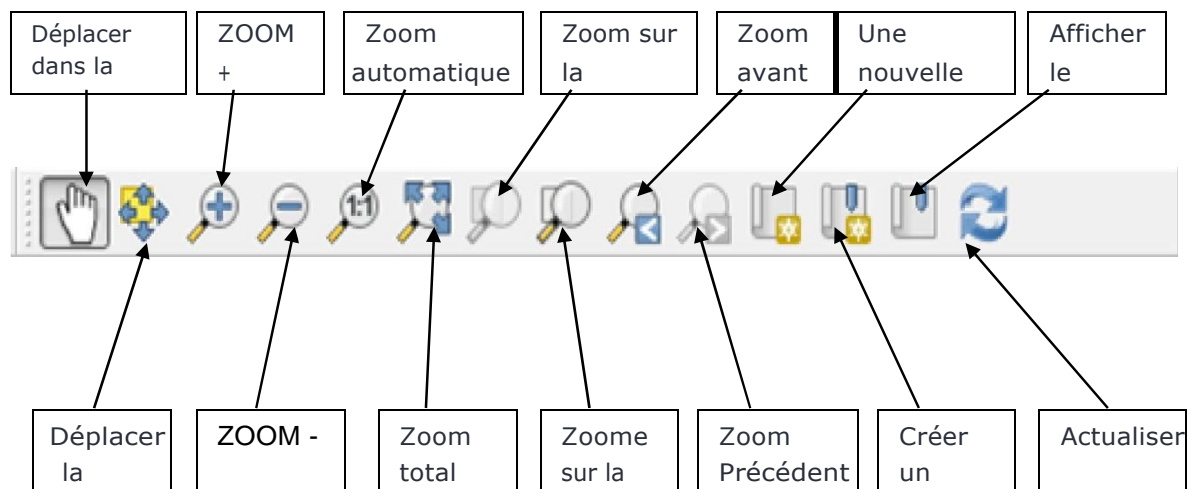
- la barre d'outils du projet.
- d'autres programmes.



**Figure I-04** Barre d'outils de navigation cartographique

**B/Barre d'outils de navigation cartographique [1]**

La barre comprend un ensemble d'outils qui facilitent le processus de navigation dans Le programme



**Figure I-05** Barre d'outils de navigation cartographique

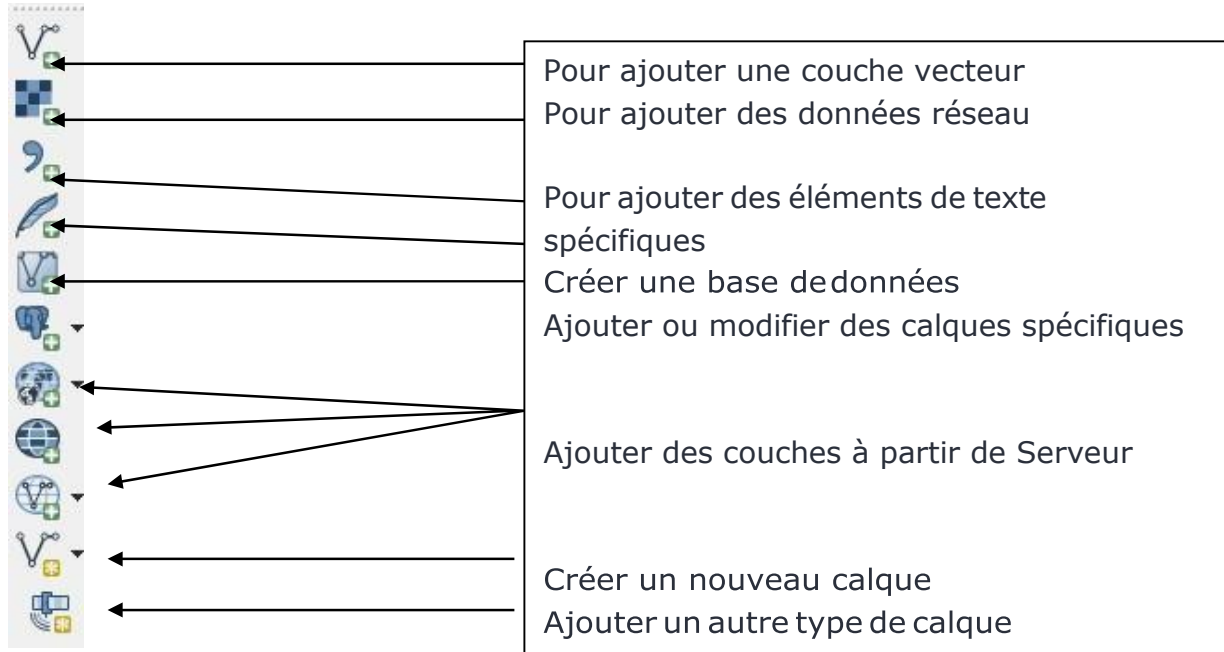
Cette barre d'outils contient un groupe de commandes accessibles : Barre d'outils Gérer les calques

Depuis les menus principaux du programme. Cette barre prend souvent automatiquement sa place à gauche de l'écran, mais Il peut être déplacé et placé où nous voulons.

**C/Barre d'outils Gérer les calques : [1]**

Ce ruban comporte un ensemble de commandes accessibles depuis les menus principaux du programme. Cette barre prend souvent automatiquement sa place à gauche de l'écran, mais

Il peut être déplacé et placé où nous voulons



**Figure I-06 : Barre d'outils Gérer les calques**

**I.2.6 Les formats supportés par QGIS [6]**

Le logiciel QGIS vous permet d'afficher et de superposer des couches de données rasters et vecteurs dans différents formats et projections. Les formats supportés incluent:

**A/Formats vectoriels [6]**

Les formats vecteurs supportés par la bibliothèque OGR installée incluant les formats ESRI shapefiles, MapInfo et Micro Station ; les bases de données AutoCAD DXF, PostGIS Spatialite, Oracle Spatial et MS SQL Spatial et de nombreux autres formats. Les données vectorielles GRASS (Geographic Resource Analysis Support System) et PostgreSQL sont gérées par des extensions natives de QGIS (source : Copyright (c) 2004 - 2014 QGIS).

## B/Formats raster [6]

Les formats raster supportés par la bibliothèque GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) : QGIS utilise la bibliothèque GDAL pour lire et écrire des raster de multiples formats dont ArcInfo Binary Grid, ArcInfo ASCII Grid, GeoTIFF, JPEG, PNG, ERDAS IMAGINE, et bien d'autres. Des rasters peuvent également être lus par QGIS depuis des archives zip et gzip.

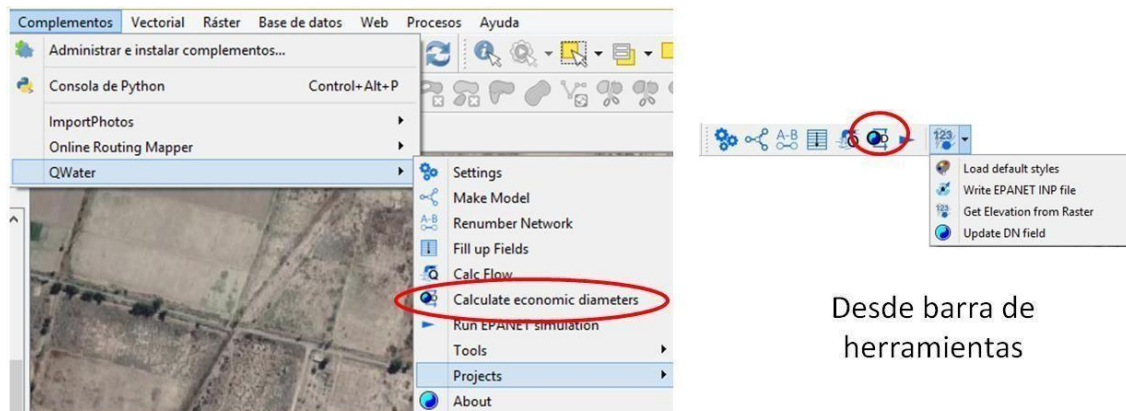
## I.3 Logiciel QWater

### I.3.1 Présentation de Qwater [3]

QWater est un plugin Qgis qui utilise le plugin GHydraulics (intégré, pas besoin d'installer) de Steffen Macke.

Il permet de concevoir et d'analyser des réseaux d'alimentation en eau à l'aide d'EPANET (il n'est pas nécessaire de l'installer). Il permet d'écrire des fichiers EPANET INP, ainsi que d'exécuter une simulation QGIS EPANET complète avec les données de résultat chargées.

QWater contient une fonction pour calculer les diamètres économiques en fonction des diamètres donnés et de la perte de charge par frottement maximale.



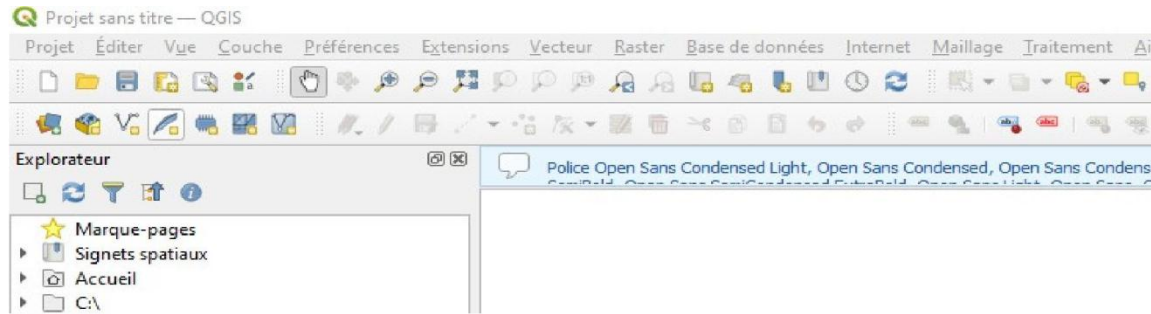
Desde el menú

Desde barra de herramientas

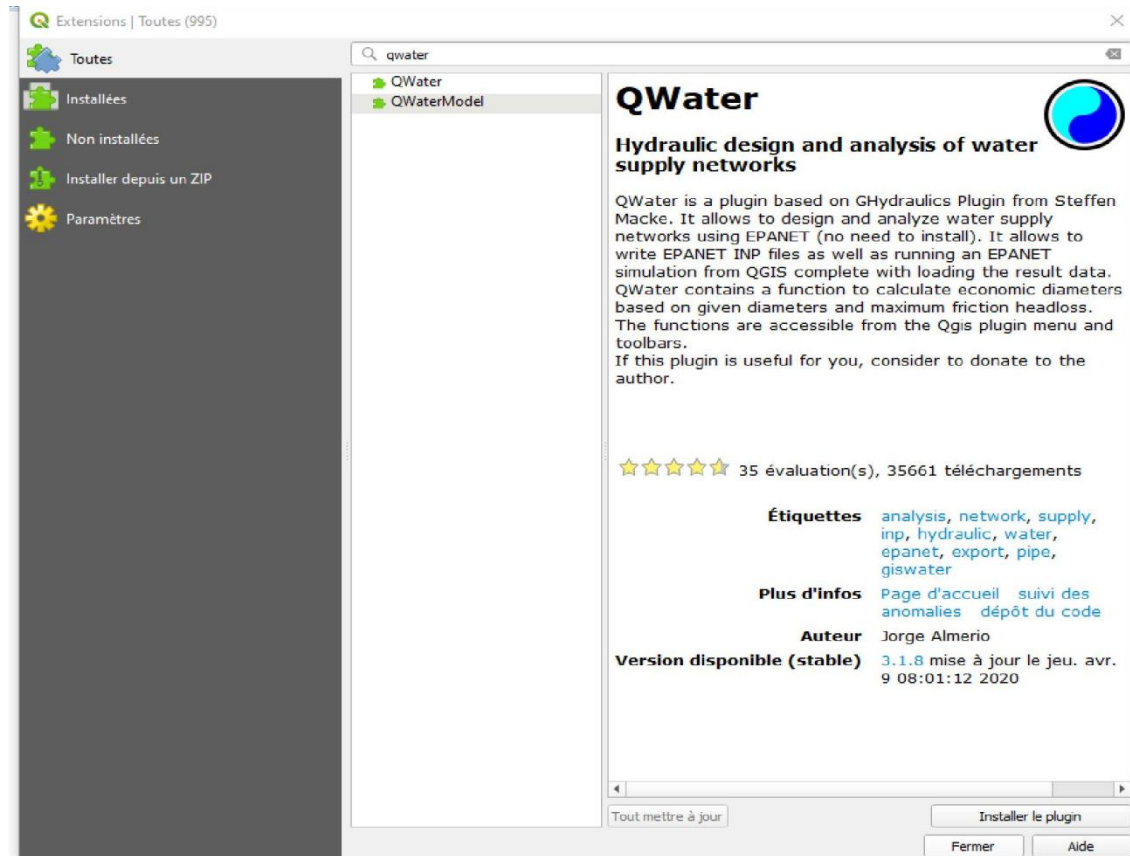
Les fonctionnalités sont accessibles à partir du menu et des barres d'outils du plug-in Quantum GIS.

### I.3.2 Installations de Qwater [3]

- Installez Qgis



- ✚ Dans le menu Qgis,
- ✚ Sélectionnez extensions->installer/Gérer extensions
- ✚ Puis saisir Qwater dans l'espace de recherche

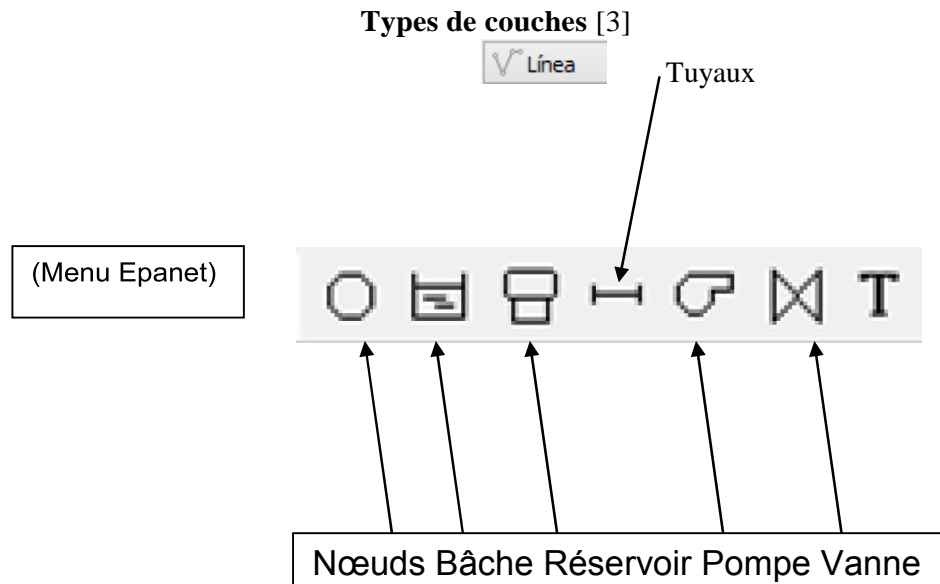


Cliquer sur *installer le plugin*

**Figure I-07** Installation de Qwater

Créer les fichiers Shape depuis le menu QGis

Calques -> Créer un calque -> Nouveau calque de fichier de forme



**Figure I-08** Types de couches

### I.3.3 Principales exigences des utilisateurs

Les principales exigences des utilisateurs qui ont mené à la conception de QWATER sont les Suivantes:

- Il permet de concevoir et d'analyser des réseaux d'adduction d'eau à l'aide d'EPANET (il n'est pas nécessaire de l'installer).
- Il permet d'écrire des fichiers EPANET INP, ainsi que d'exécuter une simulation QGIS EPANET complète avec chargement des données de résultat
- QWater contient une fonction pour calculer les diamètres économiques en fonction des diamètres donnés et de la perte de charges maximale.

### I.3.4 Principales caractéristiques

- ✓ Possibilité de charger et d'enregistrer des fichiers QWATER, qui est utilisé pour stocker toutes les informations du réseau.
- ✓ Un ensemble d'outils qui permettent la création d'éléments de réseau (nœuds, réservoirs, tuyaux, pompes, vannes). Ces outils tentent de maintenir la cohérence du réseau. Par exemple, lors de la construction d'un tuyau, deux nœuds sont créés à ses extrémités, ou lorsqu'un nouveau tuyau touche un tuyau existant le long de son segment, une nouvelle intersection est créée au point d'intersection.
- ✓ Pour chaque type d'élément de grille, un panneau où les propriétés des éléments peuvent être spécifiées (chaque nouvel élément aura ces propriétés par défaut).
- ✓ Possibilité de charger une matrice DEM dans QGIS qui sera utilisée pour définir les hauteurs des nœuds du réseau.
- ✓ Possibilité de spécifier une valeur de correction d'altitude (delta z) pour chaque nœud afin de calculer les nœuds qui ne sont pas au sol, mais en dessous ou au-dessus.
- ✓ Possibilité d'utiliser les systèmes d'unités SI ou Impérial. Toutes les propriétés de l'élément de réseau correspondront au schéma choisi.
- ✓ Prise en charge de l'édition de toutes les principales options QWATER concernant l'hydraulique, la qualité, les interactions, les temps, la puissance et le rapport.
- ✓ Éditeur de style graphique, pour créer et éditer des styles.
- ✓ Bouton outil pour exécuter la simulation Qwater

### I.3.5 Calcul de la demande [3]

Cliquez sur < Extensions / Qwater / Calc Flow>. Le message « Demande de nœud calculée correctement » devrait apparaître. Cette routine calcule le débit unitaire à partir de la demande distribuée en affectant à chaque nœud le produit du débit unitaire par la moitié de la longueur des segments connectés au nœud.



**Figure I.09** Panneau de calcul de la demande.

### I.3.6 Renumérotation du réseau [3]

L'outil "Make Model" vérifie l'existence de fragments avec identification en double ou sans identification et les corrige, cependant il ne respecte pas une séquence logique.

L'outil « Renommer le réseau » a été créé pour pallier cette lacune et a pour objectif de numéroté les tronçons du réseau d'eau dans un ordre plus logique (circulation aval ou amont).



Figure I.10 Panneau renumérotation.

Remplissez automatiquement les données des tables attributaires avec les valeurs par défaut en cliquant sur < Extensions / Qwater / Fil up Fields>



Figure I.11 Panneau de remplissage des tableaux de données.

### I.3.7 Optimisation des diamètres des réseaux (réseaux projetés) [3]

Cliquez sur < Extensions / Qwater / Calculer le diamètre économique> et validez le message

Pour remplacer les valeurs dans le champ "DIAMÈTRE".



Figure I.12 Panneau de calcul des diamètres économiques

### I.3.8 Simulation de réseau préliminaire [3]

Cliquez sur < Extensions / Qwater / Run Epanet Simulation> et attendez que le message apparaisse.



**Figure I.13** Panneau Simulation de réseau préliminaire

### I.4 Conclusion : [1]

L'un des programmes de systèmes d'information géographique open source qui a commencé à se répandre à l'échelle de QGIS est le programme Arc Map est largement utilisé par les étudiants et les chercheurs de diverses disciplines scientifiques, en plus du programme ArcMap qui est actuellement l'un des programmes de systèmes d'information géographique les plus en vue sur le célèbre ESRI émis par la société

Il existe d'autres programmes importants tels que QGIS et MAPINFO, qui sont les plus populaires



**CHAPITRE-II-**  
**Présentation du milieu de l'étude**



## II.1 Introduction :

L'essor démographique, et le développement économique que connaissent les villes en Algérie, conjugués à une diminution des ressources en eau, en période estivale, peuvent parfois entraîner des situations tendues en matière d'alimentation en eau potable.

Dans le but d'optimiser l'exploitation des ressources en eau disponibles, l'APC de DERRAG wilaya de Médéa a engagé une étude globale sur la gestion et la distribution de l'eau potable pour le chef-lieu de commune de DERRAG.

Cette réflexion porte sur l'ensemble des ouvrages et des réseaux du système d'alimentation en eau potable et devrait permettre en particulier :

- de supprimer les dysfonctionnements constatés ;
- de proposer des aménagements pour faire face à l'augmentation des besoins en eau consécutifs au développement de la collectivité ;
- d'assurer une défense incendie optimale et en adéquation avec la réglementation actuelle.

## II.2 Présentation de la ville d'étude

### II.2.1 Ville de Kherba Siouf [4]

Kherba Siouf est le deuxième pôle de la commune de DERRAG .elle est situé à proximité de la RN N°60 ce qui lui donne cette spécificité d'investir du flux du trafic routier vers les wilayas de Ain Defla et Tissemsilt ce qui présente un grand avantage par rapport à toute la commune.



Figure II.1 La carte de la ville de KHERBA SIOUF

**II.2.2. Analyse du milieu naturel : [5]**

L'étude du cadre physique détermine l'aptitude du terrain à l'urbanisation selon un certain nombre de critères.

Elle s'effectue par l'analyse des différentes variables qui peuvent influencer spatialement et temporellement sur l'urbanisation du site.

On a donc distingué deux grandes catégories de variable : celle dite naturelle comme relief, climat, géologie.....etc. Et celles liées aux actions de l'homme comme servitudes et utilisation agricole des sols.

**II.3 Hydrologie : [5]**

**A / hydrographie :** Dans la fraction de Kherba Siouf, le réseau hydrographique est assez dense et actif et reçoit le maximum des précipitations de la commune grâce aux altitudes constituées par des reliefs jeunes dépassant les mille (1000m) mètres.

**B/ Hydrogéologie :** L'inventaire des points d'eau dans la région d'étude a mis en évidence une nappe d'eau phréatique contenue dans les hautes terrasses.

Les potentialités hydrographiques de cet horizon aquifère n'offre aucune possibilité importante quant à son exploitation.

Le niveau hydrostatique est situé : 0.5 m à Kherba-Siouf ;

**II.4 Éléments climatiques:**

**Températures :** La température pendant la période hivernale (Décembre, Janvier et février), est stagnante. Elle oscille entre (4.4 et 8.8°C). Elle constitue la période la plus froide de l'année avec des chiffres de 14 parfois en Décembre.

Dès le mois de Mars, la température amorce une courbe ascendante avec des amplitudes de plus en plus marquées au fur et à mesure que l'on se rapproche de la période estivale (Juin, juillet et Aout) qui constitue la période la plus chaude de l'année surtout pendant le mois de juillet et Aout où la température se maintient à son plus haut niveau (20 et 38°C) avec des pics de 40.8°C.

**Précipitations : [5]**

La pluviométrie est de 630mm/an, à cause de sa situation en altitude, mais les isoètes décroissent rapidement à un climat Semi-aride et steppique.

Les conditions climatiques résultent de la structure géologique et des grandes diversions physiques.

**Vents :**

Les vents dominants dans la région proviennent du Nord-Ouest. Les vents chargés de Kherba Siouf et soufflent surtout en hiver et faiblement en Automne et au Printemps. L'été est surtout dominé par les vents du sud, secs et chauds (La source «la commune de DERRAG»).

**II.5 Conclusion :**

Dans ce chapitre, une analyse de site d'étude localisée dans la zone d'étude Kherba Siouf, soit de l'aspect géographique, administrative et climatique. Pour clarifier les diverses caractéristiques qui servent à adapter notre projet au site de réalisation dans l'objectif d'assurer le bon déroulement de ce dernier.

A l'issue de la partie suivante, une estimation des besoins en eau des régions étudiées sera élaborée ce qui fait appel à une analyse et une évaluation de la population actuelle et la projetée pour un horizon d'étude de 37 ans ainsi que l'évaluation des collectifs de différentes natures (sportif, culturelle...etc.), tout cela dans le but de satisfaire leurs exigences.



**CHAPITRE III :**  
**ESTIMATION DES BESOINS**



### III.1 Introduction :

L'estimation des besoins en eau d'une agglomération nous exige de donner une norme fixée pour chaque catégorie de consommateur. Cette norme unitaire (dotation) est définie comme un rapport entre le débit journalier et l'unité de consommateur (agent, élève, lit, tête ...). Cette estimation en eau dépend de plusieurs facteurs (de l'évolution de la population, des équipements sanitaires, du niveau de vie de la population,...). Elle diffère aussi d'une période à une autre et d'une agglomération à autre. L'étude présente, se base sur le recensement de l'A.P.C, les orientations du plan d'urbanisation et des équipements.

✓ Les Informations relatives au recensement de 2022.

On note qu'après la collecte des données et le traitement général de l'information, donnés par les services techniques de la subdivision des ressources en eau de la Daïra d'AZIZ et les services de la commune de DERRAG.

### III.2 Population [4]

Au dernier recensement de 2022, la zone d'étude était répartir selon les proportions suivantes :

**Tableau III-1 : RGPH 2022**

<b>Ville</b>	<b>Populations selon RGPH 2022 (Habitant)</b>
<b>Kherba Siouf</b>	<b>1 962</b>

**Taux d'accroissement [4]**

En l'absence d'étude sur l'évolution du taux d'accroissement nous considérons l'hypothèse que ce taux annuel moyen calculé entre 2008 et 2022 est constant jusqu'à 2060.

Le tableau suivant illustre le Taux d'accroissement de la ville d'Etude :

**Tableau III-2:** Taux D'accroissement

Ville	Taux d'accroissement
<b>Kherba Siouf.</b>	1.5

**III.2.1 Projection d'évolution:**

L'évolution de la population est calculée par la formule suivante :

$$P = P_0 (1+X)^n$$

- P : Population à l'horizon d'étude.
- P<sub>0</sub> : Population RGPH (2022).
- X: Taux d'accroissement.
- X = 1,5 % taux moyen annuel d'accroissement (source APC de la commune de DERRAG).

Le taux d'accroissement moyen annuel tenant en considérations des paramètres suivantes:

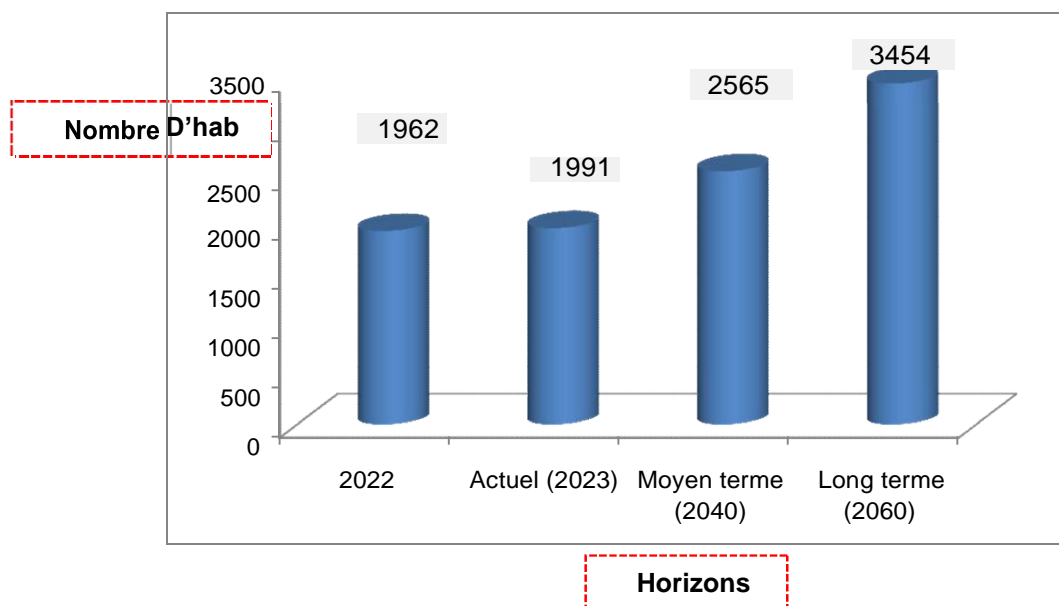
- Mode de vie ;
- L'éducation (planning familial) ;
- Développement socio-culturel ;
- Degré général de l'instruction.
- n : l'écart d'années entre les deux horizons

Le tableau suivant représente la population de la ville de KHERBA SIOUF:

**Tableau III-3** : Evolution de la population de la ville de KHERBA SIOUF

	<b>RGPH</b>	<b>Actuel</b>	<b>Court terme</b>	<b>Long terme</b>
<b>HORIZON</b>	2022	2023	2040	2060
<b>Taux d'accroissement (%)</b>	1.5			
<b>KHERBA SIOUF</b>	1962	1991	2565	<b>3454</b>

Le Schéma suivant représente la population de la ville de KHERBA SIOUF.



**Figure III-1** : Evolution de la population de la ville de KHERBA SIOUF

### III.3 Besoins Équipements:

#### III.3.1 Équipements actuel du chef-lieu: [4]

Le centre de **kherba siouf** est à caractère agricole, à part quelques équipements.

Ces équipements actuels sont :

- 01 école primaire de 236 élèves ;
- Agence postale ;
- 02 mosquées ;
- Annexe APC;

#### III.3.2 Équipements, Lotissements Ou Programme de logements en cours d'étude, Extension Ou Projet du Chef-lieu :

Équipement :

- CEM
- Stade de proximité
- Agence postale
- Maison de jeune
- Hammam
- Bibliothèque.
- Maison coranique

### III.4 Besoins en eau:

#### III.4.1 Estimation des besoins actuels:

##### III.4.1.1 Besoin moyen journalier en eau potable domestique :

En tenant compte du mode de vie d' une ville urbain et avec ces activités, la norme de dotation actuelle recommandée par les services des ressources en eaux de la daïra d' AZIZ est de **200 l/ j/hab** .

Donc la consommation moyenne journalière domestique est obtenue par la formule suivante :

$$Q_{moyj} = \frac{D*N}{1000}$$

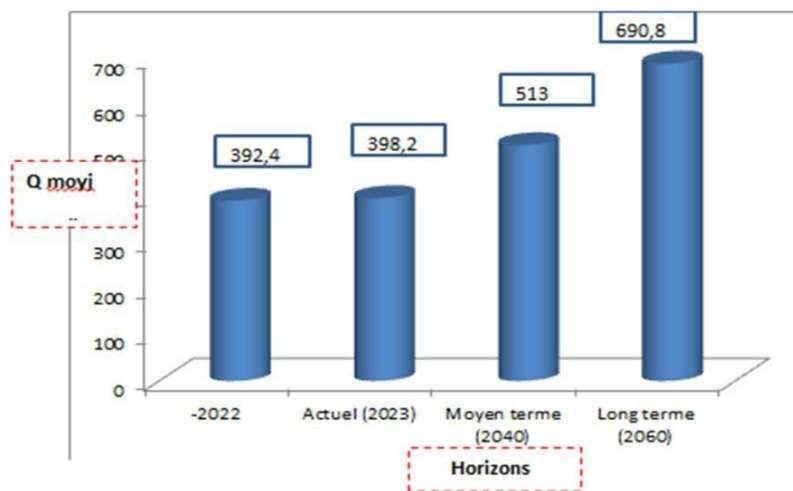
- **Q<sub>moyj</sub>** : consommation moyenne journalière en m<sup>3</sup>/j
- **D** : dotation journalière (**D = 200 l/j/hab**).
- **N** : Nombre d’habitant (hab.)

Le tableau suivant représente l’estimation des Besoins en eau domestique de la ville de KHERBA SIOUF.

**Tableau III-4:** Besoin en eau potable domestique de la ville de KHERBA SIOUF.

Horizons	Nbr. habitant	Dotation l/j/hab	Débit moy j (m <sup>3</sup> /j)
(2022)	1962	200	392,4
Actuel (2023)	1991		398,2
Moyen terme (2040)	2565		513
Long terme (2060)	3454		690,8

Le schéma ci-après illustre les Besoins en eaux potable domestique de Kherba Siouf :



**Figure III-2 :** Besoin en eau potable domestique de la ville de Kherba Siouf sur différents horizons

## III.4.1.2 Estimation des besoins des équipements publics : [4]

Le tableau suivant montre l'estimation des Besoins en eau des équipements

**Tableau III-5:** Besoins eau potable domestique de la ville de KHERBA SIOUF

Nature de consommateurs	Nombre cons.	Dotation (l/j.cons)	Qmoyj (m <sup>3</sup> /j)
<b>EQUIPEMENT EXISTANT</b>			
<b>(01) École primaire.</b>	250	25.00	6.25
<b>02 Mosquée</b>	300	5.00	1.50
<b>Agence postale</b>	30	5.00	0.15
<b>Centre de santé</b>	40	20.00	0.80
<b>Siège APC</b>	30	30.00	0.90
<b>Total :</b>			<b>09.60</b>
<b>EQUIPEMENT EXISTANT PAR LE P.O.S</b>			
<b>01 stade</b>	60	30.00	1.80
<b>Maison de jeune</b>	30	15.00	0.45
<b>CEM</b>	300	25.00	7.50
<b>Hammam</b>	50	120.00	6.00
<b>Agence postale.</b>	08	15.00	0.12
<b>Bibliothèque.</b>	20	10.00	0.20
<b>Maison coranique</b>	30	15.00	0.45
<b>Total :</b>			<b>16.52</b>
<b>Total à moyen et long terme:</b>			<b>26.12</b>

Récapitulatif de la consommation moyenne en eau:

**Tableau III 6:** Besoins eau potable des équipements de la ville de KHERBA SIOUF

Horizons	Actuel	court terme	moyen terme	long terme
	2022	2023	2040	2060
Besoins domestique (m <sup>3</sup> /j)	392,4	398,2	513	690,8
<b>Total Besoins équipements (m<sup>3</sup>/j)</b>	9.60	9.60	26.12	26.12

**III.4.1.3 Les pertes :**

Les pertes en eau sont inéluctables dans les réseaux d'alimentation en eau potable. Elles ont diverses causes et sont exprimées en fonction du coefficient des pertes  $K_f$ , qui est le rapport entre le volume annuel facturé et le volume annuel produit.

Dans un réseau bien entretenu ; les pertes atteignent couramment jusqu'à (20 -25) % de la consommation et de 25% à 30% pour un entretien moyen; elles peuvent atteindre voir même dépassé 50% pour des réseaux mal entretenus.

Le débit des pertes s'exprime par la relation suivante

$$Q_f = K_f * (Q_{moy} + Q_{equi})$$

**NB :** d'habitude les pertes sont calculées à la Base des volumes produits et facturé

Dans notre cas, l'absence des données réelles puisque L'organisme de gestion des eaux de la fraction de Kherba Siouf est l'APC de Derrag.

Donc on admit un pourcentage des pertes de **20%**.

Le tableau suivant représente les pertes et le débit moyen journalier de la ville de Kherba Siouf:

**Tableau III 7:** Résultats des pertes et le débit moyen journalier de la ville Kherba Siouf

<b>Horizons</b>	<b>Actuel 2022</b>	<b>court terme 2023</b>	<b>moyen terme 2040</b>	<b>long terme 2060</b>
<b>Besoins domestique (m<sup>3</sup>/j)</b>	392,4	398,2	513	690,8
<b>Besoins des équipements (m<sup>3</sup>/j)</b>	9,6	9,6	26,12	26,12
<b>Besoins domestiques + équipements (m<sup>3</sup>/j)</b>	402	407,8	539,12	716,92
<b>Perte (20%) en (m<sup>3</sup>/j)</b>	80,40	81,56	107,82	143,38
<b>Q moy j (m<sup>3</sup>/j)</b>	482,4	489,4	646,9	860,3

### III.5 Besoin maximum journalier en eau potable « Qmaxj »:

#### III.5.1 Coefficient d'irrégularité journalière maximum

Le coefficient d'irrégularité journalière maximum (Kmaxj) qui tient compte des pertes d'eau dans le réseau et des gaspillages peut être obtenu par le rapport de la consommation maximale journalière et de la consommation moyenne journalière :

La consommation maximale journalière est obtenue par la formule suivante :

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

Avec

$K_{max j}$  : Le coefficient d'irrégularité journalière maximum.

$$K_{max j} = (1, 1 \div 1,3)$$

On prend:  $K_{max j} = 1,3$

### III.5.2 Consommation maximale journalière

Le débit maximum journalier est défini comme étant le débit d'une journée de l'année ou la consommation est maximale.

Le débit maximum journalier des différentes villes est représenté dans le tableau suivant :

Le tableau suivant montre les Besoins maximales de la ville de Kherba Siouf:

**Tableau III-8:** Besoins maximum en eau potable de la ville de KHERBA SIOUF

Horizon	Actuel 2022	court terme 2023	moyen terme 2040	long terme 2060
<b>Q moy j (m<sup>3</sup>/jour)</b>	482,4	489,4	646,9	860,3
<b>K max j</b>	1,3	1,3	1,3	1,3
<b>Q max j (m<sup>3</sup>/j)</b>	627,12	636,22	840,97	1118,39
<b>Q max j (l/s)</b>	<b>7,26</b>	<b>7,36</b>	<b>9,73</b>	<b>12,94</b>

### III.5.3 Débit moyen horaire :

Ce débit correspond à un débit de consommation moyen pendant l'heure la plus chargée et il est donné par la formule par suivante :

$$Q_{max.h} = K_{max.h} * Q_{moy.h}$$

Avec:

$$\bullet Q_{moyh} = \frac{Q_{maxh}}{24}$$

•  $Q_{moyh}$ : débit moyen horaire en (m<sup>3</sup>/h)

•  $Q_{maxj}$ : débit maximum journalier (m<sup>3</sup>/j)

$$\text{On trouve que : } Q_{moyh} = \frac{1118,39}{24} = 46,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

### III.5.4 Détermination du débit maximum horaire :

Ce débit correspond à un débit de consommation pendant l'heure la plus chargée, et il est donné par la formule suivante :

$$Q_{max\ h} = K_{max.h} * Q_{moy.h}$$

$K_{max.h}$  : coefficient d'irrégularité horaire maximal qui est en fonction de deux autres coefficients :

$K_{max}$ : varie entre 1.2 et 1.4 d'où on prend  $K_{max}=1.3$

Avec:

$$K_{max.h} = \alpha_{max} * \beta_{max}$$

$\beta_{max}$  : dépend du nombre d'habitation de l'agglomération et les valeurs sont représentées dans le tableau ( III- 10)

**Tableau III-9:** Variation de  $\beta_{max}$  en fonction du nombre d'habitants

Nbre d'hab x10 <sup>3</sup>	1	1.5	2.5	4	6	10	20	50
$\beta_{max}$	2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.15

$$\frac{4000 - 2500}{1,5 - 1,6} = \frac{3454 - 2500}{\beta_{max} - 1,6} \Rightarrow \beta_{max} = 1,54$$

On prend pour ce cas  $\beta_{max} = 1.54$

Donc :  $k_{maxh} = 1.54 * 1.3 = 2,002$

Et :  $Q_{maxh} = 46,6 * 2,002 = 93,29 \text{ m}^3/\text{h}$

$$Q_{maxh} = 93,29 * \frac{1000}{3600} = 25,91 \text{ l/s}$$

**III.6 Variation des débits horaire en fonction de nombre d'habitants: [6]**

Le débit horaire d'une agglomération est variable selon l'importance de cette dernière. La variation des débits horaires d'une journée en fonction du nombre d'habitants est représentée dans le tableau suivant :

**Tableau III-10:** Répartition des débits horaires en fonction du nombre

Heures	Nombre d'habitants				
	Moins De 10000 (%)	10000 à 50000 (%)	50001 à 100000 (%)	Plus de 100000 (%)	Agglomération Rurale (%)
0-1	1.00	1.50	3.00	3.5	0.75
1-2	1.00	1.50	3.20	3.40	0.75
2-3	1.00	1.50	2.50	3.35	1.00
3-4	1.00	1.50	2.60	3.30	1.00
4-5	2.00	2.50	3.50	3.30	3.00
5-6	3.00	3.50	4.10	3.40	5.50
6-7	5.00	4.50	4.50	3.85	5.50
7-8	6.50	5.50	4.90	4.45	5.50
8-9	6.50	6.00	4.90	5.20	3.50
9-10	5.50	6.00	5.60	5.05	3.50
10-11	4.50	6.00	4.80	4.85	6.00
11-12	5.50	6.00	7.70	4.60	8.50
12-13	7.00	5.00	4.40	4.60	8.50
13-14	7.00	5.00	4.10	4.55	6.00
14-15	5.50	5.50	4.20	4.75	5.00
15-16	4.50	6.00	4.40	4.70	5.00
16-17	5.00	6.00	4.30	4.65	3.50
17-18	6.50	5.50	4.10	4.35	3.50
18-19	6.50	5.00	4.50	4.40	6.00
19-20	5.00	5.50	4.50	4.30	6.00
20-21	4.50	4.00	4.50	4.30	6.00
21-22	3.00	3.00	4.80	3.8	3.00
22-23	2.00	2.00	4.60	3.75	2.00
23-24	1.00	1.50	3.30	3.60	1.00

Les résultants de calcul des débits consommé en fonction de nombre d'habitant son présenté dans le tableau III.11

**Tableau III-11:** Variation des débits horaire et cumulées [6]

Heur	model cons %	Q cons (m3/h)	Q cons cumuls (m3/h)
0 - 1	1	11,1839	11,1839
1 - 2	1	11,1839	22,3678
2 - 3	1	11,1839	33,5517
3 - 4	1	11,1839	44,7356
4 - 5	2	22,3678	67,1034
5 - 6	3	33,5517	100,6551
6 - 7	5	55,9195	156,5746
7 - 8	6,5	72,69535	229,26995
8 - 9	6,5	72,69535	301,9653
9 - 10	5,5	61,51145	363,47675
10 - 11	4,5	50,32755	413,8043
11 - 12	5,5	61,51145	475,31575
12 - 13	7	78,2873	553,60305
13 - 14	7	78,2873	631,89035
14 - 15	5,5	61,51145	693,4018
15 - 16	4,5	50,32755	743,72935
16 - 17	5	55,9195	799,64885
17 - 18	6,5	72,69535	872,3442
18 - 19	6,5	72,69535	945,03955
19 - 20	5	55,9195	1000,9591
20 - 21	4,5	50,32755	1051,2866
21 - 22	3	33,5517	1084,8383
22 - 23	2	22,3678	1107,2061
23 - 24	1	11,1839	1118,39

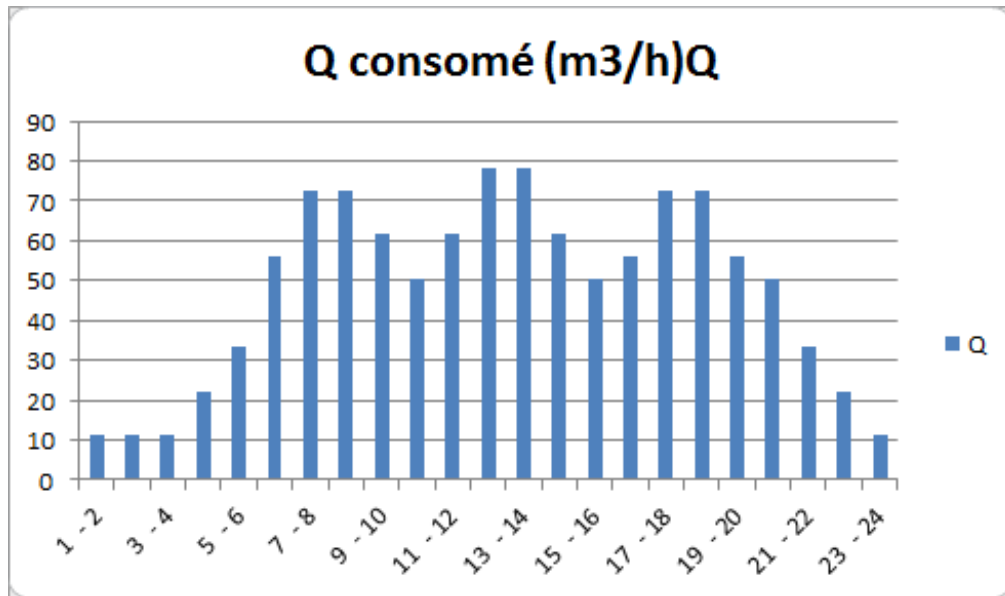


Figure III.3 : Répartition horaire du débit de consommation [6]

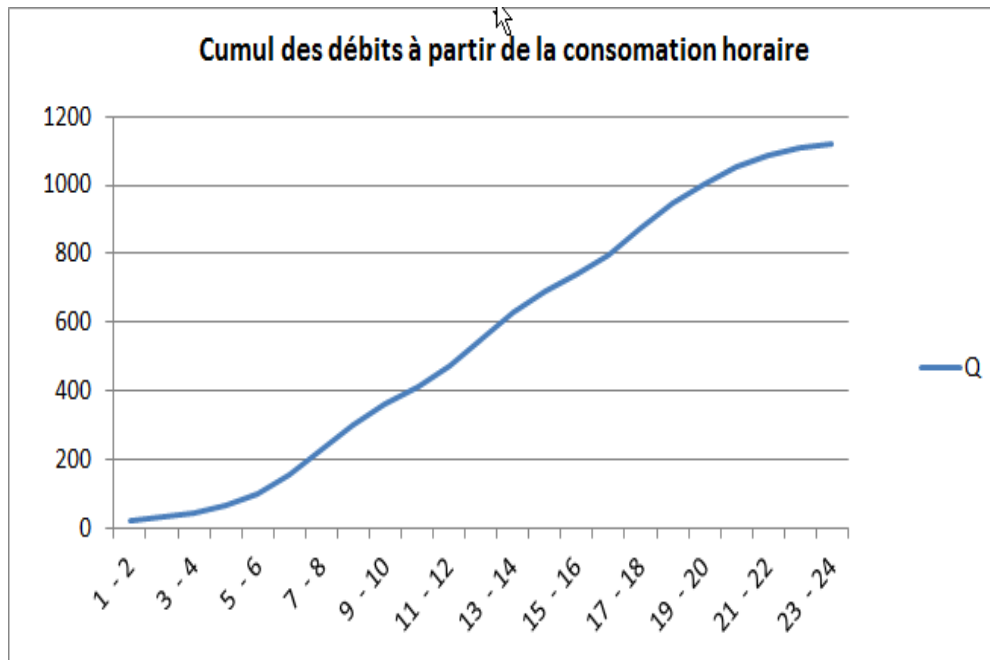


Figure III.4 : Présentation des débits de consommation horaires cumulée [6]

**III.7 Bilan de comparaison :**

Le bilan hydraulique a pour but de connaître, lors d' une période déterminée, l'état du réseau au moyen de plusieurs indicateurs techniques, déterminer les Besoins, production actuel et le déficit.

Il permet également de définir et d'orienter les solutions d'amélioration du fonctionnement du réseau.

**III.8 Production: [5]**

Le tableau suivant représente la production journalière de la ville de Kherba Siouf:

**Tableau III-12:** Production de la ville de Kherba Siouf [5]

**• Production journalière**

Source	Débit (l/s)	Production mobilisé (m3/j)	Temps de pompage (heure)	Production exploité Au Tp (m3/j)
<b>Forage 01</b>	5,00	432	36	360
<b>TOTAL (production actuelle)</b>	5,00	432,00	/	360
<b>Apport Renforcement Barrage BOUSILET</b>	10,00	864,00	/	864.00
<b>TOTAL Renforcement Barrage BOUSILET</b>	15,00	1296,00	/	1224.00

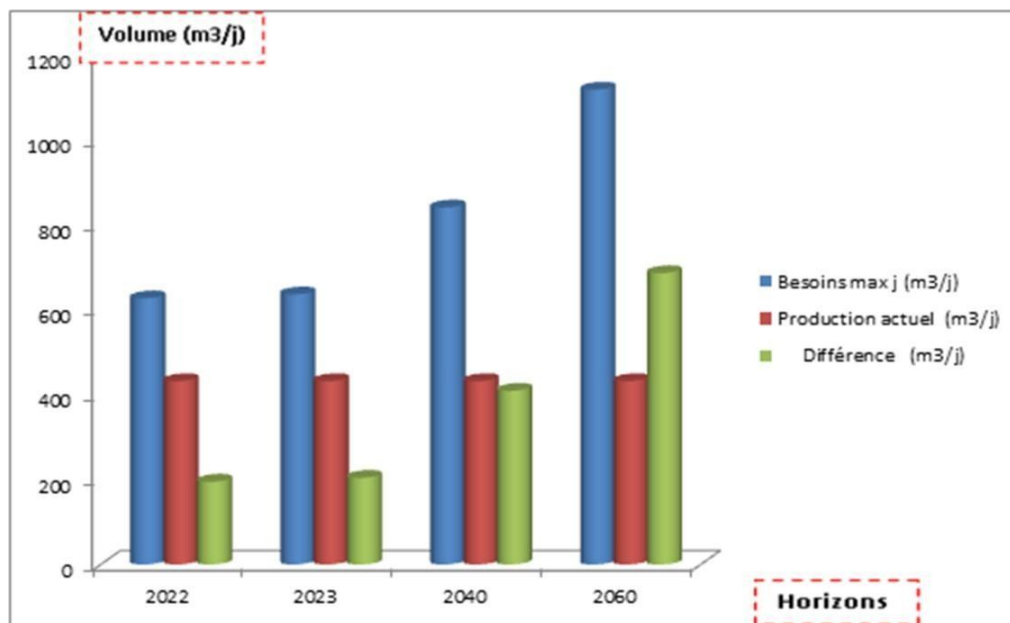
### III.9 Bilan de comparaison (Besoins – Productions actuelle)

Le tableau suivant représente le Bilan de comparaison (Besoins-Productions) de la ville de Kherba Siouf:

**Tableau III-13:** Bilan de comparaison (Besoins-Production) de la ville de KHERBA SIOUF

HORIZONS	Actuel	court terme	moyen terme	long terme
	2022	2023	2040	2060
Besoins max j (m3/j)	627,12	636,22	840,97	1118,39
Production actuel (m3/j)	432,00	432,00	432,00	432,00
Différence (m3/j)	195,12	204,22	408,97	686,39

Le Schémas suivant représente le Bilan de comparaison (Besoins -Production) :



**Figure III.5:** Graphique de comparaison (Besoins-Production-Déficit)

**III.10 Interprétation et recommandation :**

D'après les résultats ci-dessus on constate que la quantité d'eau produite pour la ville de Kherba Siouf est insuffisante pour répondre aux besoins en eau potable des populations actuelles, à court, à moyen et à long terme.

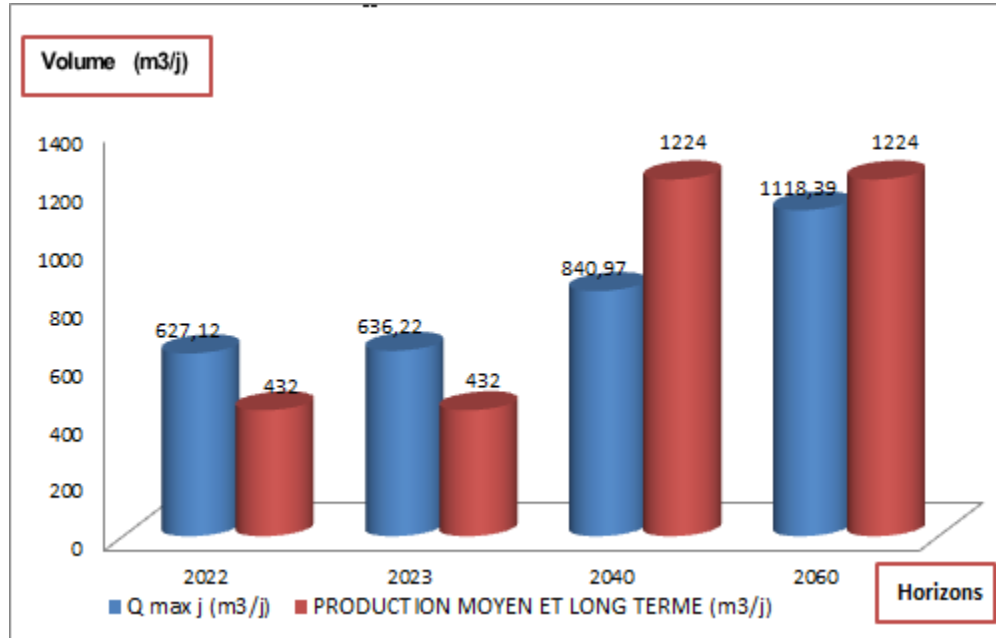
**III.11 Bilan (Production après Renforcement Barrage BOUTSILET-Besoins):**

Le tableau suivant représente la production après renforcement à partir de Conduite de Barrage BOUTSILET au niveau –Besoins

**Tableau III-14:** Bilan de (Production après renforcement Barrage BOUTSILET) de la ville de Kherba Siouf

<b>HORIZONS</b>	<b>Actuel</b>	<b>court terme</b>	<b>moyen terme</b>	<b>long terme</b>
	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2040</b>	<b>2060</b>
<b>Q max j (m3/j)</b>	627,12	636,22	840,97	1118,39
<b>Production moyen et long terme (m3/j)</b>	432,00	432,00	1224,00	1224,00
<b>Différence (m3/j)</b>	<b>-195,12</b>	<b>-204,22</b>	<b>+383,03</b>	<b>+105,61</b>

Le Schémas suivant représente le Bilan de production après le renforcement de l'adduction du Barrage BOUTSILET :



**Figure III.6:** Graphique Bilan (production après renforcement Barrage BOUTSILET) de la ville de KHERBASIOUF

## II.12 Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons procédé d'une façon estimative à localiser et définir les besoins en eau potable correspondants et le débit  $Q_{maxh} = 93,29 \text{ m}^3/\text{h}$  qu'on utilisera pour le dimensionnement de notre réseau.

Le renforcement de Barrage BOUTSILET avec un débit de 10 l/s pour répondre aux besoins en eau de la ville à long terme 2060, l'analyse des résultats ci-dessus montre que la quantité d'eau est suffisante pour répondre aux besoins en eau potable des populations à moyen(2040) et à long terme(2060).



**CHAPITRE-IV-**

**Dimensionnementduréservoir**



### IV.1 Introduction

Les réservoirs sont des ouvrages hydraulique constituent une réserve qui permet d'assurer des débits aux heures de pointe et permettent de combattre efficacement les incendies survenu dans l'adduction.

### IV.2 Rôle des réservoirs :

- ▶ Régularisation du fonctionnement de la station de pompage.
- ▶ Simplification de l'exploitation
- ▶ Assurer les pressions nécessaires en tout point du réseau.
- ▶ Coordination du régime d'adduction d'eau au régime de distribution.
- ▶ Maintenir l'eau d'une température constante et préserver des contaminations.
- ▶ Joue le rôle de brise charge dans le cas d'une distribution étagée.
- ▶ Joue le rôle de relais.

Ils doivent être :

- ▶ Étanches
- ▶ Construits avec des matériaux qui ne soient pas susceptibles d'altérer
- ▶ l'eau A l'abri de toute contamination d'eau susceptible
- ▶ Établir de façon à préserver l'eau contre les variations de la température

### IV.3 Classification des réservoirs :

D'après la situation et la topographie des lieux, les réservoirs peuvent être :

- ▶ Enterrés
- ▶ Semi enterres
- ▶ Surélevés (château d'eau)

D'après leurs formes, ils peuvent être :

- ▶ Circulaires
- ▶ Carrés
- ▶ Rectangulaires

**IV.4 Emplacement des réservoirs :**

L'emplacement du réservoir tient compte du relief permettant d'obtenir des dépenses minimales des frais d'investissement et l'exploitation.

- Donc on est amené à prendre en considération les facteurs suivants :
- Le point de plus bas à alimenter.
- La hauteur maximale des immeubles (bâtiment).
- Les pertes de charge à partir du réservoir jusqu'au point le plus défavorable de la ville en question.
- L'état du relief de la ville qui pourra favoriser la construction d'un réservoir au sol qu'aux propriétés technico-économique suivant :
- Simplicité de réalisation du coffrage.
- Etanchéité plus facile à réaliser.

**IV.5 Détermination de la capacité :**

Le calcul du volume du réservoir se fait à partir du débit rentrant et du débit sortant pour les différentes heures de la journée.

La détermination de cette capacité, tient compte de la répartition journalière maximale du débit consommé caractérisé par le coefficient horaire.

**Réservoirs de stockage actuel de la ville :**

- Réservoirs 250 m<sup>3</sup>
- Réservoirs 200 m<sup>3</sup> est à l'arrêt.
- Réservoirs 100 m<sup>3</sup>

**IV.6 Principe de calcul :**

La détermination du volume des réservoirs se fait à partir des données sur la répartition de réserve et de la consommation d'eau durant les différentes heures de la journée. On admet pour la répartition de la consommation des coefficients horaires (qui dépendent du nombre d'habitant considéré), ayant trouvé les excès et les insuffisances d'eau durant une journée, on fait la somme algébrique de la plus grande valeur positive et la plus grande valeur négative de la différence entre le volume entrant et le volume sortant

(Consommé), et on ajoute à cette somme la valeur de la réserve d'incendie pour trouver le volume du réservoir. Donc le volume de réservoir serait :

$$V_R = |\Delta V_{\max}^+| + |\Delta V_{\min}^-| + V_{\text{inc}}$$

**Avec :**

$V_R$  : Volume du réservoir : [m3]

$|\Delta V_{\max}^+|$  : La plus grande valeur positive de la différence entre le volume entrant et le volume sortant (consommé) : [m3]

$|\Delta V_{\min}^-|$  : La plus grande valeur négative de la différence entre le volume entrant et le volume sortant (consommé) : [m3]

$V_{\text{inc}}$  : La réserve d'incendie: [m3]

$$Q_{\text{cons}} = (C\% * Q_{\text{moy}})/100$$

$$Q_{\text{cons}} = (C\% * 1118,39)/100$$

$$\text{Apport} = 1118,39/18 = 62,132778$$

$$\text{Apport \%} = (62,132778 * 100)/1118,39 = 5,555$$

Tableau IV .1: Détermination de la capacité du réservoir

Heur	model cons %	cons (m3)	cons cumul	Apport %	Apport (m3)	Apport cumul	différence
0 - 1	1	11,1839	11,1839	5,555555	62,132778	62,132777	50,94888
1 - 2	1	11,1839	22,3678	5,555555	62,132778	124,2656	101,89776
2 - 3	1	11,1839	33,5517	5,555555	62,132778	186,3983	152,84663
3 - 4	1	11,1839	44,7356	0	0	186,3983	141,66273
4 - 5	2	22,3678	67,1034	0	0	186,3983	119,29493
5 - 6	3	33,5517	100,6551	0	0	186,3983	85,74323
6 - 7	5	55,9195	156,5746	5,555555	62,132778	248,5311	91,95651
7 - 8	6,5	72,69535	229,26995	5,555555	62,132778	310,6639	81,39394
8 - 9	6,5	72,69535	301,9653	5,555555	62,132778	372,7967	70,83137
9 - 10	5,5	61,51145	363,47675	5,555555	62,132778	434,9294	71,45269
10 - 11	4,5	50,32755	413,8043	5,555555	62,132778	497,0622	83,25792
11 - 12	5,5	61,51145	475,31575	5,555555	62,132778	559,1950	83,87925
12 - 13	7	78,2873	553,60305	5,555555	62,132778	621,3278	67,72473
13 - 14	7	78,2873	631,89035	5,555555	62,132778	683,4606	51,57020
14 - 15	5,5	61,51145	693,4018	5,555555	62,132778	745,5933	52,19153
15 - 16	4,5	50,32755	743,72935	5,555555	62,132778	807,7261	63,99676
16 - 17	5	55,9195	799,64885	5,555555	62,132778	869,8589	70,21004
17 - 18	6,5	72,69535	872,3442	5,555555	62,132778	931,9917	59,64747
18 - 19	6,5	72,69535	945,03955	0	0	931,9917	-13,04788
19 - 20	5	55,9195	1000,9591	0	0	931,9917	-68,96738
20 - 21	4,5	50,32755	1051,2866	0	0	931,9917	-119,29493
21 - 22	3	33,5517	1084,8383	5,555555	62,132778	994,1244	-90,71386
22 - 23	2	22,3678	1107,2061	5,555555	62,132778	1056,2572	-50,94888
23 - 24	1	11,1839	1118,39	5,555555	62,132778	1118,3900	0,00000

➤ **Application :**

$$V_R = |\Delta V_{\max}^+| + |\Delta V_{\min}^-| + V_{\text{inc}}$$

**V<sub>inc</sub>** : volume incendie 120 m<sup>3</sup>

$$V_R = |152,84663| + |-119,29493| + 120 = 392,14157 \text{ m}^3 \quad V_R = 500 \text{ m}^3$$

➤ **Dimensionnement du réservoir:**

Ce chapitre nous a permis d'évaluer et calculer le volume de réservoir qui est à 500 m<sup>3</sup>, ce volume nous donne la possibilité de satisfaire notre ville à long terme. Vu l'existence de deux réservoirs d'une capacité de 300 m<sup>3</sup>, il suffit de dimensionner un réservoir de 200 m<sup>3</sup>, les dimensions principales seront déterminées à partir de la relation suivante :

- $V = S \times H$
- $V = \frac{\pi D^2}{4} * H$  Donc:
- $D = \sqrt{\frac{4*V}{\pi*H}}$
- **V** : volume du réservoir (**m<sup>3</sup>**).
- **D** : diamètre du réservoir (**m**).
- **H** : hauteur d'eau dans le réservoir (hauteur de la cuve en m).

Pour la hauteur 'H' peut être variée entre (3 et 6m) cette hauteur peut atteindre 7 à 8m dans les grands ouvrages.

Dans notre cas on prend H= 5m

Donc :

$$D = \sqrt{\frac{4*200}{\pi*5}}$$

$$D = 7.13 \text{ m}$$

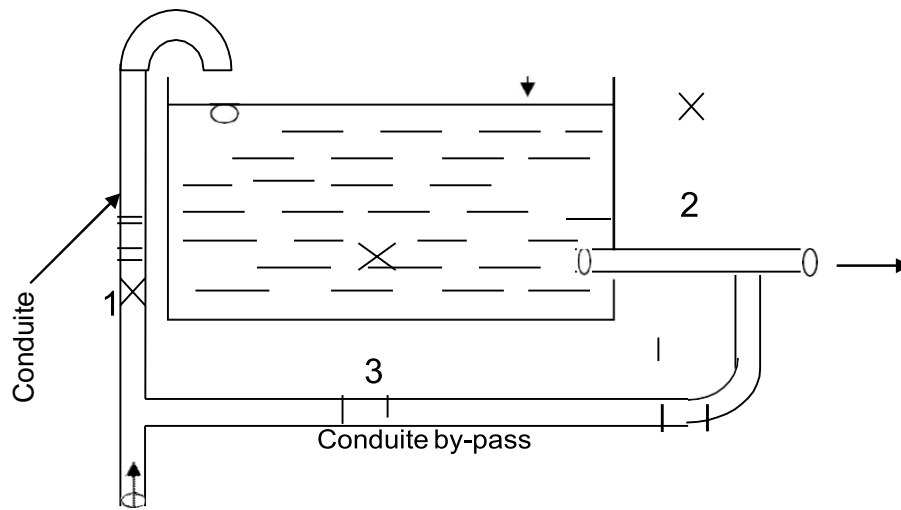
Pour un diamètre normalisé on prend D = 7m.

#### IV.7 Les équipements des réservoirs :

- ▶ La cuve et la tour seront exécutées en béton armé
- ▶ La cuve doit être visitable et ventilée
- ▶ La ventilation est facilitée par la présence de la cheminée d'accès qui comporte à sa partie supérieure des orifices à l'air libre obturés par des grillages la chambre des vannes se situe au pied de la tour ou se trouvent réunies les vannes
- ▶ L'accès à la cuve s'effectue par une échelle qui longe les parois

**A/ Conduite d'adduction :**

L'arrivée de la conduite d'adduction du réservoir peut être placée soit au fond de celui-ci, soit à la partie supérieure, d'où oxygénation de l'eau.



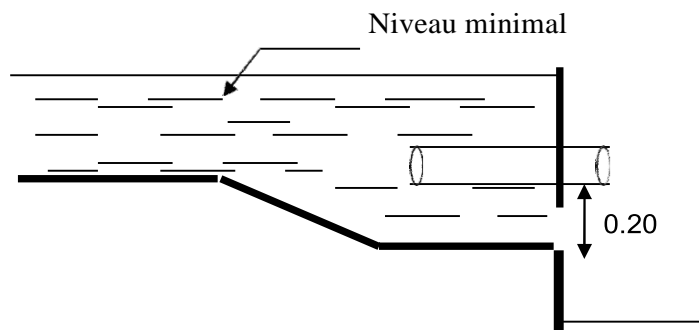
**Figure IV-1 :** conduite d'adduction

A son débouché dans le réservoir, la conduite s'obture quand l'eau atteint son niveau maximum.

L'obturation est assurée par un robinet flotteur si l'adduction est gravitaire, par un dispositif permettant l'arrêt du moteur si l'adduction s'effectue par refoulement.

**B/ Conduite de distribution :**

Le départ de la conduite de distribution s'effectue à 0.20 m au-dessus du radier afin d'éviter l'introduction des matières et sables décantés dans la cuve .



**Figure IV-2 :** Conduite de distribution

**C/ Conduite du trop-plein :**

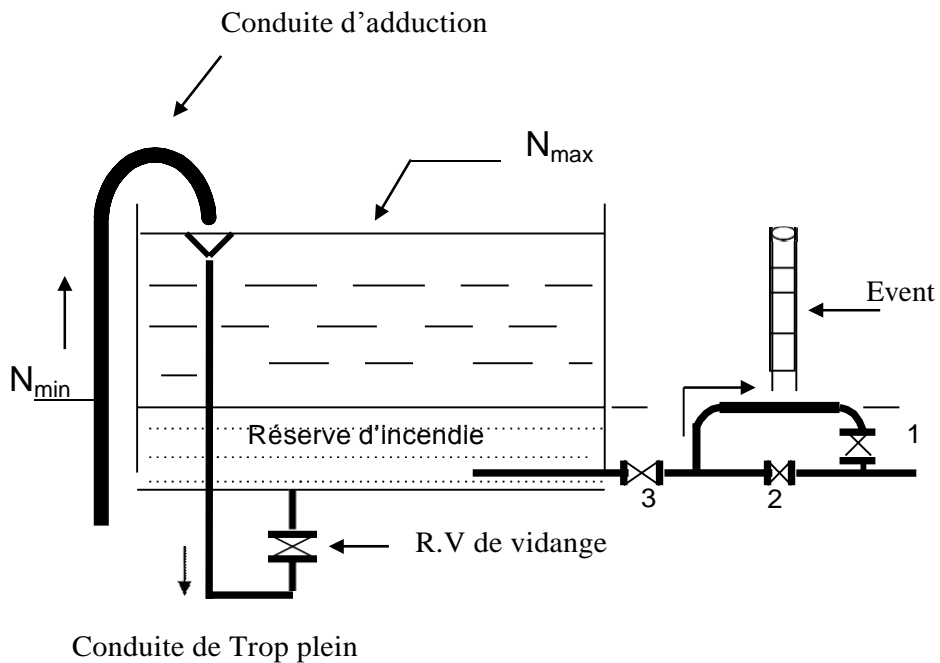
La conduite du trop-plein est destinée à empêcher l'eau de dépasser le niveau maximal, elle se termine par un système simple bout à emboîtement.

L'extrémité de cette conduite doit être en forme de siphon afin d'éviter l'introduction de certains corps nocifs dans la cuve.

**D/ Conduite de vidange :**

La conduite de vidange se trouve au point le plus bas du réservoir, elle permet la vidange du réservoir, à cet effet, le radier du réservoir est réglé en pente vers son origine.

Elle est raccordée à la conduite de trop-plein et comporte un robinet-vanne.



**Figure IV-3:** Matérialisation de la réserve d'incendie

**E/ Conduite BY-PASS :**

Elle relie la conduite d'adduction à celle de distribution (Figure IV-1).

Elle assure la distribution pendant le nettoyage du réservoir.

#### **IV.8 Conclusion :**

D'après les résultats ci-dessus les Besoins d'eau max et le stockage actuel des Réservoirs existants. On constate que les volumes d'eau qu'il faut stocker pour répondre aux besoins en eau potable de la ville de Kherba Siouf pour des populations actuelles et à court terme, Notre étude nous a amené à projeter un réservoir de capacité de 200 m<sup>3</sup> à long terme.



**CHAPITRE-V-**  
**Simulation du réseau de distribution et d'adduction**



## V.1 Introduction

Après avoir estimé le débit à distribué, la capacité des ouvrages de stockage ainsi que la variation de la consommation durant la journée, on passe à l'étape de dimensionnement et de simulation par Qwater.

Pour cela, en premier lieu on trace le réseau d'alimentation en eau potable. A cet effet, le logiciel Qgis combiné avec l'extension Qwater forment un bon outil pour tracer le réseau et d'extraire les données géométriques (côtes des nœuds et longueurs des conduites) à partir du raster formé du levé topographique.

## V.2 Construction du réseau par les outils Qgis et Qwater

Cette tâche est réalisée par le logiciel Qgis combiné avec l'extension Qwater, en suivant ces étapes :

### V.2.1 Ajout d'une image raster du terrain de la zone d'étude

Pour obtenir les données géométriques du réseau par l'extension Qwater, on a besoin d'une image raster de la zone d'étude.

1. On ouvre le logiciel Qgis, puis la fenêtre « Data Source Manager- Raster »

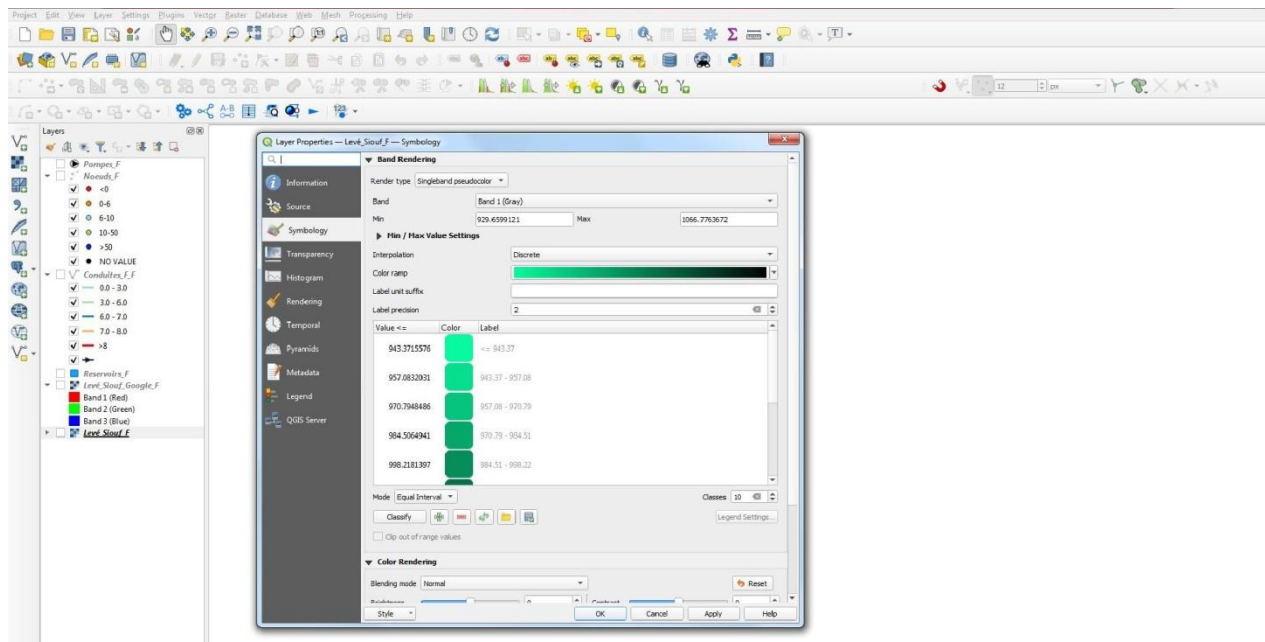


Figure V.1 : Gestionnaire des sources de données (Qgis)

2. On choisit l'emplacement de l'image raster et on l'ajoute

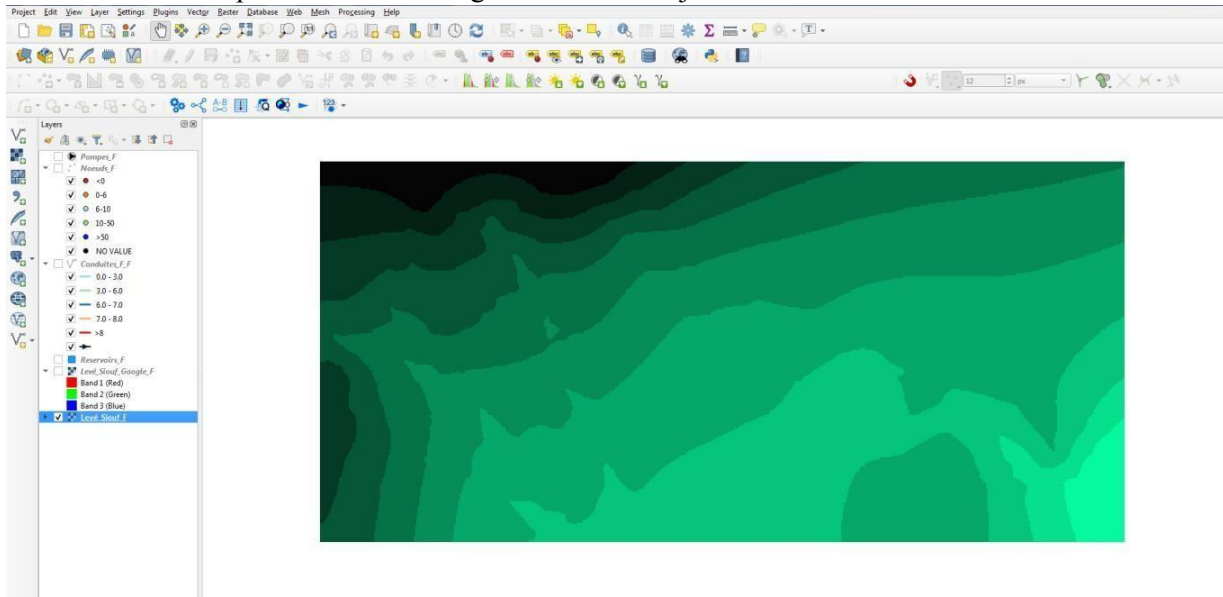
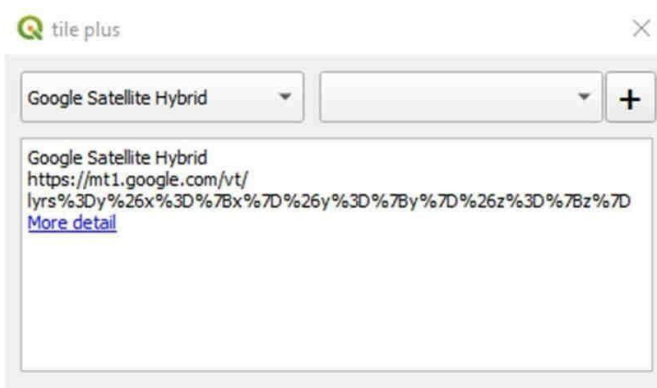


Figure V. 2 Image raster du réseau

3. Pour la visibilité de la zone, on ajoute une image satellitaire



On clique sur l'icône (+) et on obtient le résultat suivant

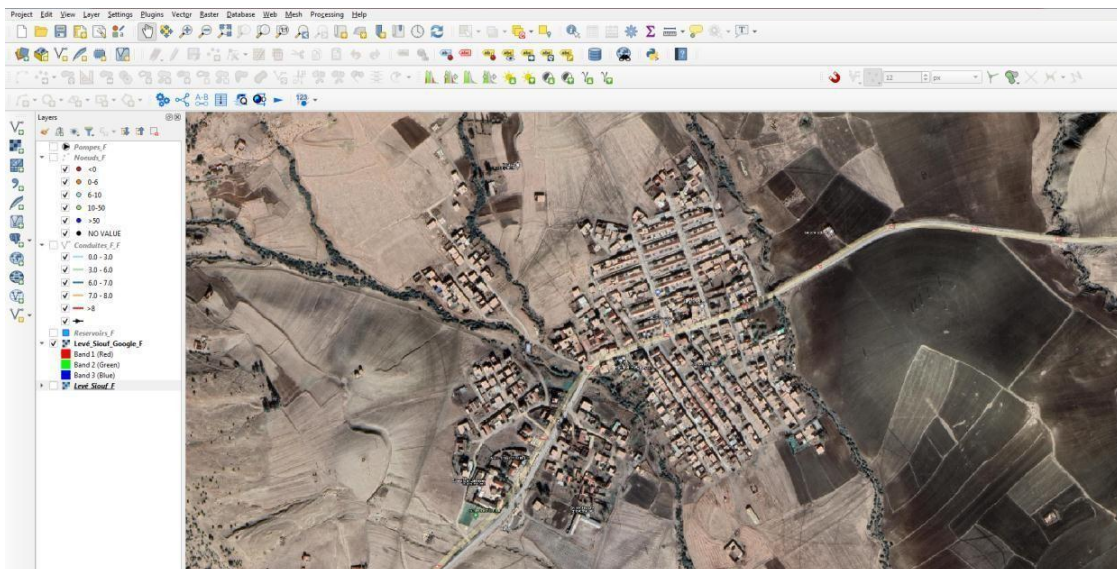



Figure V. 3 Image raster du réseau

4. On ouvre l'outil Qwater en cliquant sur l'icone 



On nomme notre fichier d'étude et on choisit son l'emplacement d'enregistrement sous l'extension « .inp ».

5. Puis, on choisit le système de coordonnées de référence de notre zone d'étude

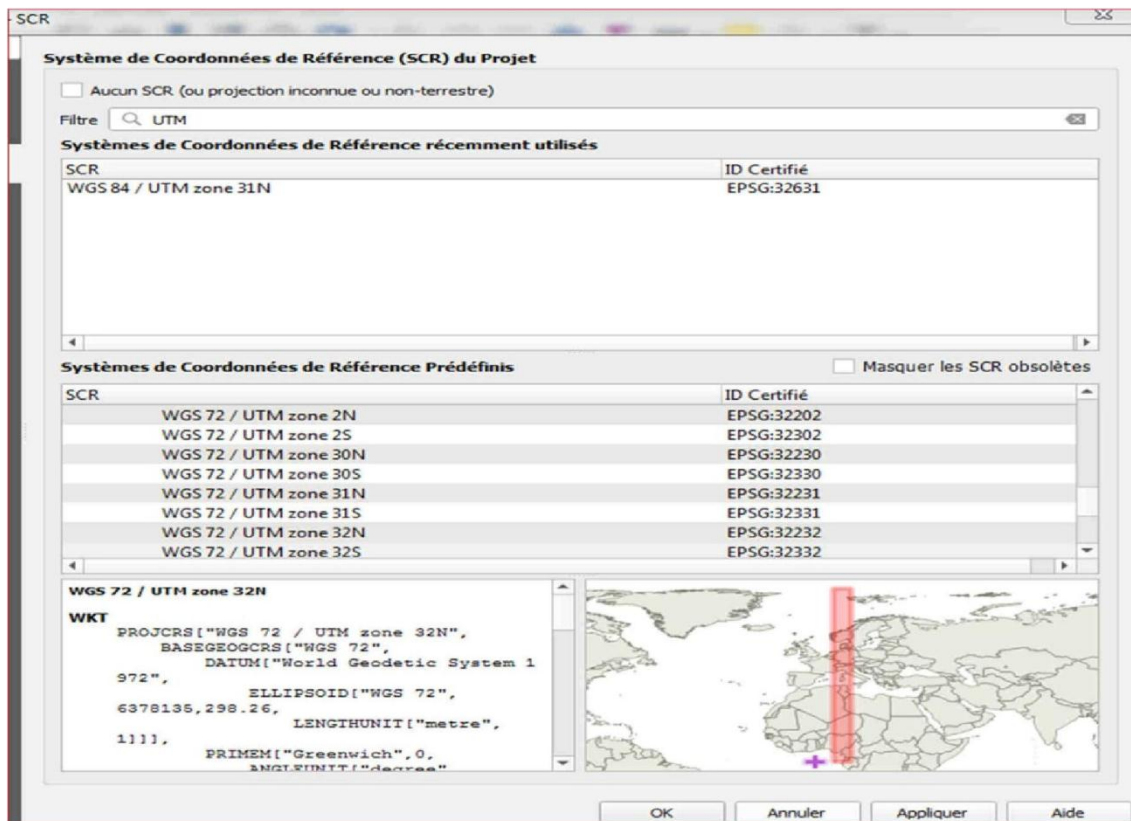


Figure V.4 : Choix du système de coordonnées de références

6. Après avoir terminé les étapes précédentes, on procède au tracé du réseau, en utilisant les éléments de dessin du réseau se trouvant dans le panneau Qgis.

En commençant en premier lieu par les nœuds, les pompes, les réservoirs et en dernier lieu les conduites.



Figure V.5 : Squelette du réseau dans la zone étudiée

### V.3 Paramètres de Qwater

Après avoir terminé le tracé du réseau, nous saisissons les informations suivantes :

#### V.3.1 Choix des équations utilisées pour le calcul des pertes de charge

Pour le calcul des pertes de charges, le logiciel Epanet offre la possibilité d'utiliser trois (3) formules. En effet ce sont les formules de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach et Chezy-Manning qui permettent de calculer les pertes de charges dans les conduites. La formule de Darcy est la plus utilisée. Pour la modélisation du réseau d'eau potable de la ville de Kherba Siouf.

La formule de Darcy-Weisbach est la suivante :

$$h_L = 0,0827 f (\varepsilon, d, q) d^{-5} L q^B$$

Avec :

- $h_L$  : perte de charge
- $f$  : facteur de friction
- $d$  : diamètre du tuyau (m)
- $L$  : longueur du tuyau (m)
- $q$  : débit ( $m^3/s$ )
- $B$  : exposant du débit ;  $B = 2$

Pour la formule de Darcy-Weisbach, EPANET utilise différentes méthodes pour calculer le facteur de friction  $f$  selon le régime d'écoulement :

- La formule de Hagen-Poiseuille est utilisée pour un écoulement laminaire ( $Re < 2000$ ).

L'équation utilisée dans ce cas est :

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

L'interpolation cubique du diagramme de Moody est utilisée pour un écoulement transitoire ( $2000 < Re < 4000$ ) et permet de déterminer le facteur de friction.

L'approximation de Swamee et Jain dans l'équation de Colebrook-White est utilisée pour un écoulement entièrement turbulent ( $Re > 4000$ ).

$$f = \frac{0.25}{[\log_{10}(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}})]^2}$$

Les équations utilisées pour cette approximation sont définies ci-dessous. La formule de Colebrook-White est celle qui est généralement utilisée.

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

### V.3.2 Choix Données de la population et la variation de la consommation :

Ces données se résument en :

- Nombre de population actuelle
- Nombre de population future
- La dotation
- Kmaxj
- Kmaxh

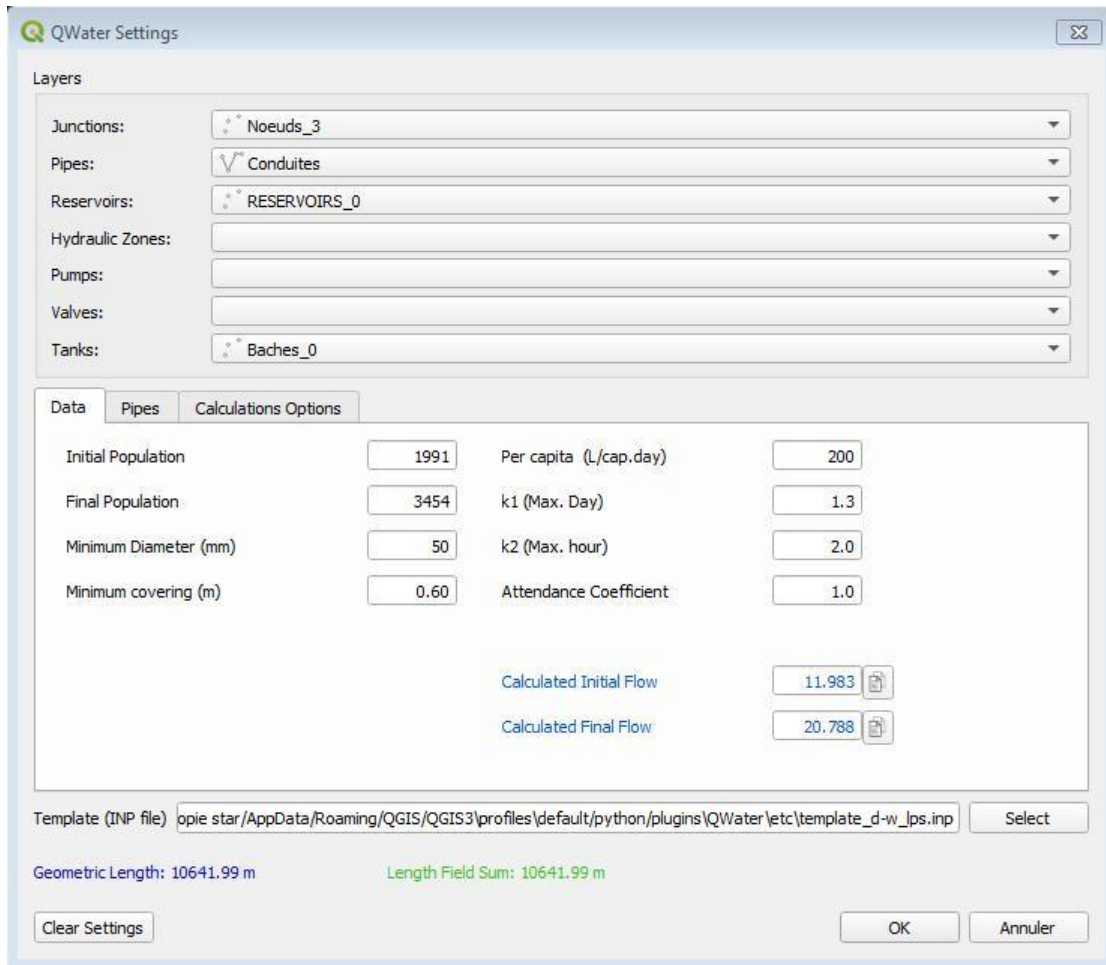


Figure V.6 : Paramètres de simulation

### V.3 .3 Diamètres normalisés des conduites :

Ensuite, nous entrons les diamètres normalisés des conduites, les diamètres intérieurs et leurs épaisseurs (catalogue Sétif pipe)

QWater Settings

Layers

Junctions: Noeuds\_3

Pipes: Conduites

Reservoirs: RESERVOIRS\_0

Hydraulic Zones:

Pumps:

Valves:

Tanks: Baches\_0

Data Pipes Calculations Options

	On	DN	Diameter	Roughness	Pressure	Headloss	Reference
1	<input checked="" type="checkbox"/>	63	54.6	0.0015	60.0	8	PVC PBA CL12 JEI
2	<input checked="" type="checkbox"/>	63	53.4	0.0015	75.0	8	PVC PBA CL15 JEI
3	<input checked="" type="checkbox"/>	63	51.4	0.0015	100.0	8	PVC PBA CL20 JEI
4	<input checked="" type="checkbox"/>	75.0	77.2	0.0015	60.0	8	PVC PBA CL12 JEI
5	<input checked="" type="checkbox"/>	75.0	75.6	0.0015	75.0	8	PVC PBA CL15 JEI
6	<input checked="" type="checkbox"/>	75.0	72.8	0.0015	100.0	8	PVC PBA CL20 JEI
7	<input checked="" type="checkbox"/>	110	100.0	0.0015	60.0	8	PVC PBA CL12 JEI

Template (INP file) ming/QGIS/QGIS3/profiles/default/python/plugins/QWater/etc/template\_d-w\_lps.inp Select

Geometric Length: 10641.99 m Length Field Sum: 10641.99 m

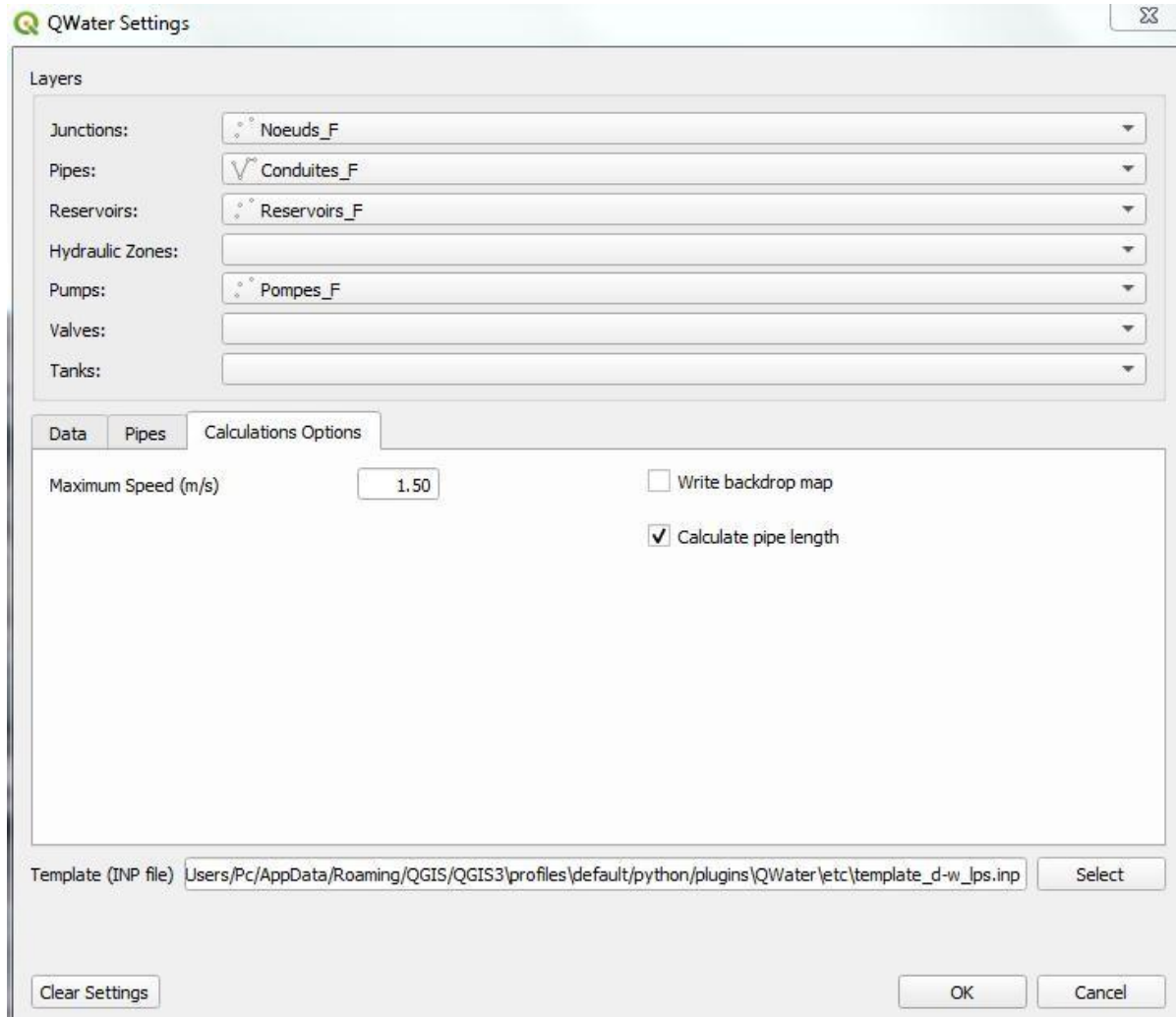
Clear Settings OK Annuler

Buttons: + Insert below, - Remove Row, Estimate Max Flow, Import, Export

Figure V.7 : Caractéristiques des conduites (catalogue Sétif pipe)

### V.3.4 Vitesse maximale dans les conduites :

Ensuite, nous entrons la vitesse maximale admissible dans les conduites qui est 1,5 m/s.



**Figure V.8 :** Vitesse maximale admissible dans le réseau

V.4 Extraction de données géométriques et saisir des données :

V.4.1 Les informations des pompes

A partir de Qgis, on peut lire les altitudes des nœuds des pompes et saisir leurs caractéristiques (une courbe caractéristique).

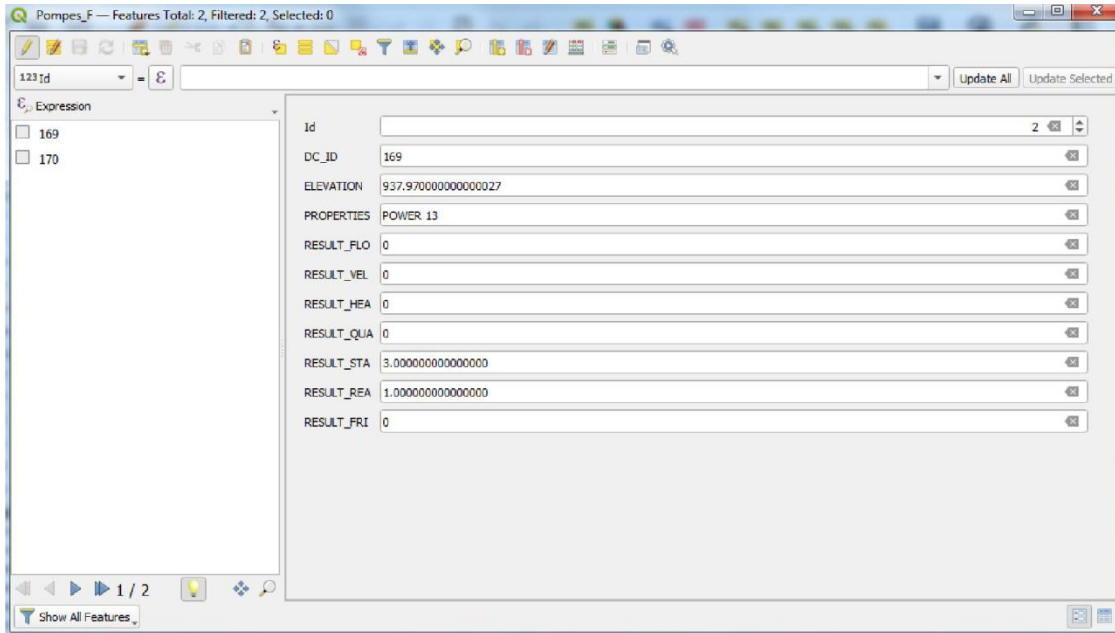


Figure V.9 : Caractéristiques d'une pompe

V.4.2 Les informations des nœuds

A partir de Qgis, on peut y retrouver les coordonnées des différents nœuds, leurs altitudes ainsi que la zone technique à laquelle ils appartiennent. Il suffit d'aller vers la couche « nœuds » et de faire un clic droit et choisir « Ouvrir la table d'attributs ».

Tableau V.1 : Données des nœuds du réseau sur Qgis

Noeuds_3 :: Total des entités: 147, filtrées: 147, sélectionné			
	id	DC_ID	ELEVATION
1	6	6	1000,382812500...
2	7	7	984,0897827149...
3	8	8	1016,908813480...
4	9	9	1012,360107419...
5	10	10	1016,011291499...
6	11	11	1017,063049320...
7	12	12	1012,530944819...
8	13	13	1018,226684569...
9	14	14	1011,619079589...
10	15	15	1010,332885740...
11	16	16	1011,613159180...
12	17	17	1010,535644530...
13	18	18	1009,928222659...
14	19	19	1009,879760740...
15	20	20	1008,856262209...
16	21	21	1008,761779789...
17	22	22	1008,038818360...
18	23	23	1008,121887209...
19	24	24	1004,808227539...
20	25	25	1004,024169919...

La suite des résultats d'altitudes des nœuds est dans l'annexe V.1

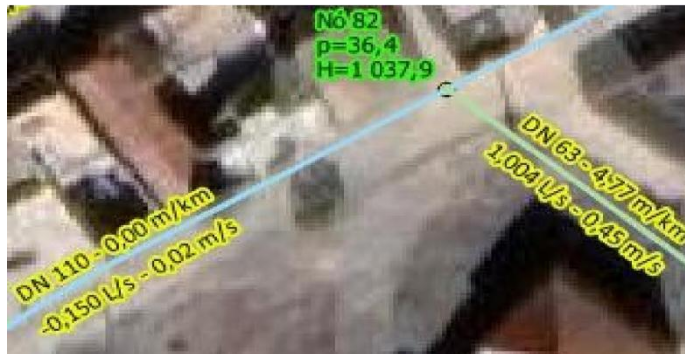
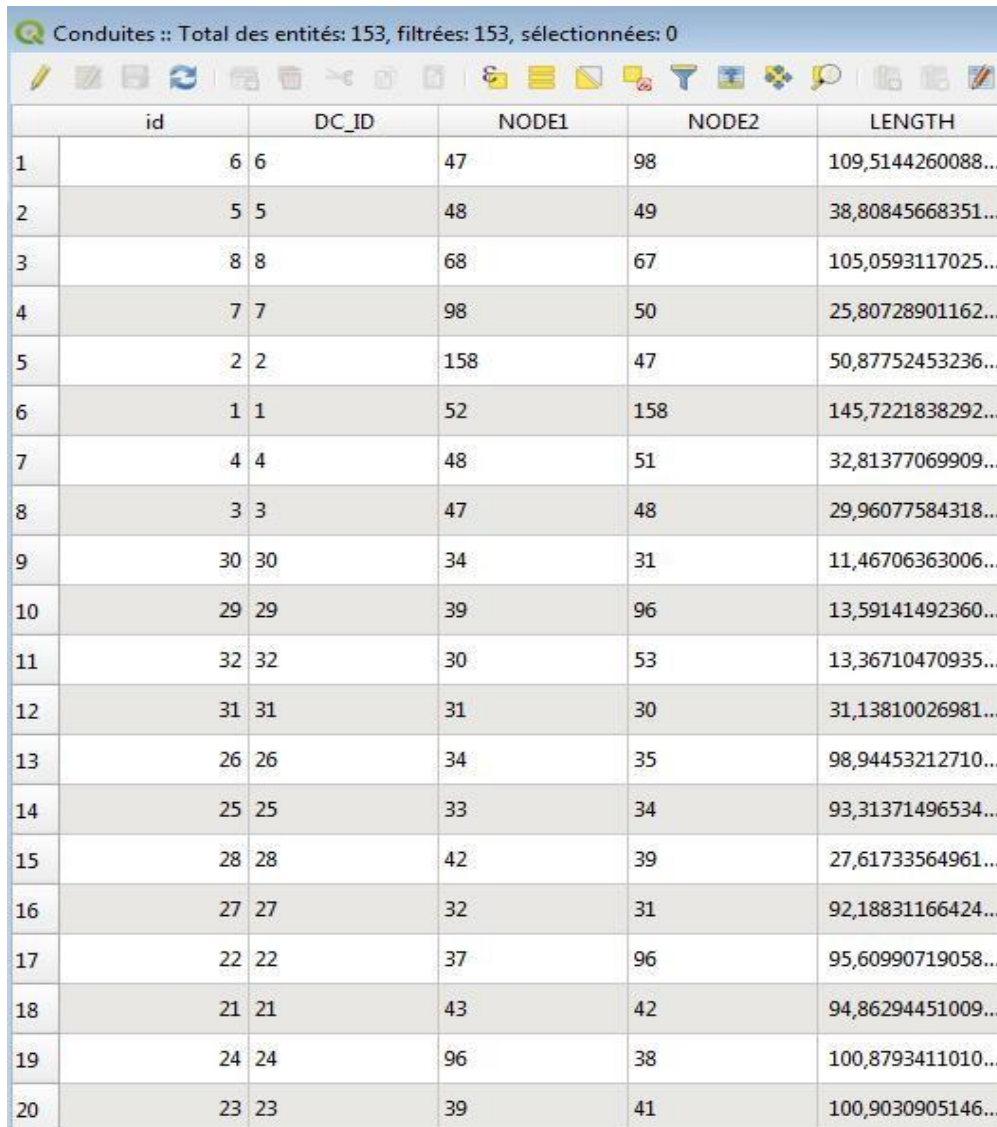


Figure V.10 : Les informations des nœuds

### V.4.3 Les informations des conduites

A partir de Qgis, on peut afficher les données des conduites du réseau et tirer de l'image raster leurs longueurs en ouvrant la table d'attributs de la couche «Conduites». Ensuite la rugosité et la pression de service seront saisies.

**Tableau V.2 :** Lecture des longueurs des conduites sur Qgis à partir de la couche « Conduites»



	id	DC_ID	NODE1	NODE2	LENGTH
1	6	6	47	98	109,5144260088...
2	5	5	48	49	38,80845668351...
3	8	8	68	67	105,0593117025...
4	7	7	98	50	25,80728901162...
5	2	2	158	47	50,87752453236...
6	1	1	52	158	145,7221838292...
7	4	4	48	51	32,81377069909...
8	3	3	47	48	29,96077584318...
9	30	30	34	31	11,46706363006...
10	29	29	39	96	13,59141492360...
11	32	32	30	53	13,36710470935...
12	31	31	31	30	31,13810026981...
13	26	26	34	35	98,94453212710...
14	25	25	33	34	93,31371496534...
15	28	28	42	39	27,61733564961...
16	27	27	32	31	92,18831166424...
17	22	22	37	96	95,60990719058...
18	21	21	43	42	94,86294451009...
19	24	24	96	38	100,8793411010...
20	23	23	39	41	100,9030905146...

La suite des résultats longueurs des conduites est dans l'annexe V.2



Figure V.11 : Les informations des conduites

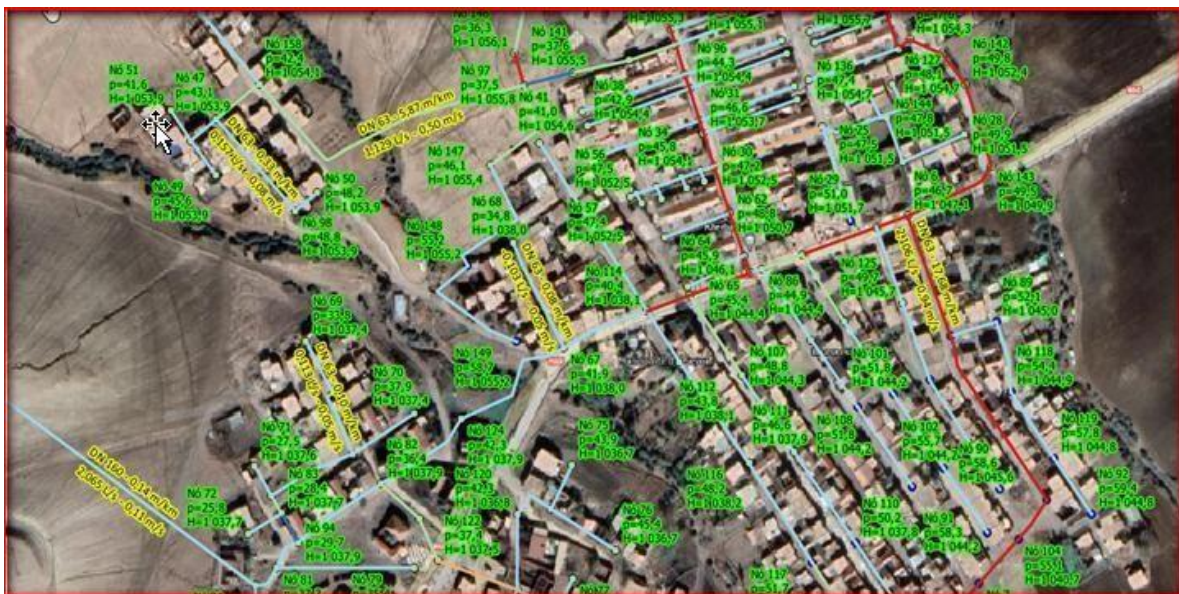


Figure V.12 : Les nœuds et les conduites

V.4.4 Les informations des réservoirs

A partir de Qgis, on peut lire les cotes des radiers des trois réservoirs existant et saisir leurs données qui sont principalement des données géométriques (Diamètre, hauteur des parois et hauteurs d'eau); dans la couche «Réservoirs» et de faire un clic droit et choisir « Ouvrir la table d'attributs ».



Figure V.13 : Lecture réservoir sur Qgis à partir de la couche «réservoirs»

DC_ID	HEAD	PATTERN	RESULT_DEM	RESULT_PRE	RESULT_HEA	RESULT_QUA	id	RASTERVALU	POINT_X	POINT_Y
5	1065,910000000...	NULL	-8,89644908905...	7,812500371e-06	1065,910034179...	0	5	1063,90954590000	263304,7894220...	4282454,588250...
4	1058,130000000...	NULL	-9,82652091979...	1,7578124243e-05	1058,130004882...	0	4	1056,13183594000	262538,1751839...	4282306,853900...
3	1037,930000000...	NULL	-2,06499361991...	2,2656249712e-05	1037,930053710...	0	3	1035,93286133000	262134,1251749...	4281538,041190...

### V.5 Calcul de la demande aux nœuds

Les débits aux nœuds sont calculé à partir des débits en route  $Q_{ri}$  (en service) des différents tronçons. Le débit en route est calculé en fonction de la méthode utilisée pour calculer le débit spécifique.

Pour notre cas le débit spécifique est calculé à partir des longueurs totales du réseau de distribution.

On obtient la demande aux nœuds par un clic sur < Calc Flow>. Le message « Demande de nœud calculée correctement » devrait apparaître. Elle est calculée à partir de la demande distribuée en affectant à chaque nœud le produit du débit unitaire par la moitié de la longueur des segments connectés au nœud.



**Tableau V.3 :** Calcul de la demande aux nœuds

Noeuds_3 :: Total des entités: 147, filtrées: 147, sélectionnées: 0				
	id	DC_ID	ELEVATION	DEMAND
1	6	6	1000,382812500...	0,231188616220...
2	7	7	984,0897827149...	0,098051504963...
3	8	8	1016,908813480...	0,174690785920...
4	9	9	1012,360107419...	0,248361127804...
5	10	10	1016,011291499...	0,11919543288101
6	11	11	1017,063049320...	0,019506403015...
7	12	12	1012,530944819...	0,055119897969...
8	13	13	1018,226684569...	0,085938970412...
9	14	14	1011,619079589...	0,111786625326...
10	15	15	1010,332885740...	0,11411509049422
11	16	16	1011,613159180...	0,073242404861...
12	17	17	1010,535644530...	0,072838883865...
13	18	18	1009,928222659...	0,113228135407...
14	19	19	1009,879760740...	0,071939557010...
15	20	20	1008,856262209...	0,109838180040...
16	21	21	1008,761779789...	0,071257435955...
17	22	22	1008,038818360...	0,11000323356231
18	23	23	1008,121887209...	0,070153310311...
19	24	24	1004,808227539...	0,244715727410...
20	25	25	1004,024169919...	0,143100966542...

La suite des résultats demande des nœuds est dans l'annexe V.1

**V.6 Calcul des diamètres économiques (optimums)**

Les conduites sont dimensionnées afin transporter les débits pendant l'heure de pointe du jour de pointe. Les diamètres intérieurs des conduites sont obtenus à partir de l'équation de continuité :  $Q = U * S$  en considérant une vitesse hypothèse  $U = 1$  [m/s] (initialement). Les conduites seront en PVC ou en PEHD avec une pression nominale de 10 bars (PN 10).

- $D_{th} = \sqrt{\frac{4*Q}{\pi*U}}$

Avec

- $Q$  : le débit s'écoulant dans la conduite [m<sup>3</sup>/s]
- $D_{th}$  : le diamètre intérieur de la conduite [m]
- $U$  : la vitesse [m/s]

On obtient les diamètres optimums des conduites par un clic sur < Calculât económico diamètres >. Ils sont calculés à partir des débits transportés dans les conduites et de la matrice des diamètres normalisés saisie déjà.



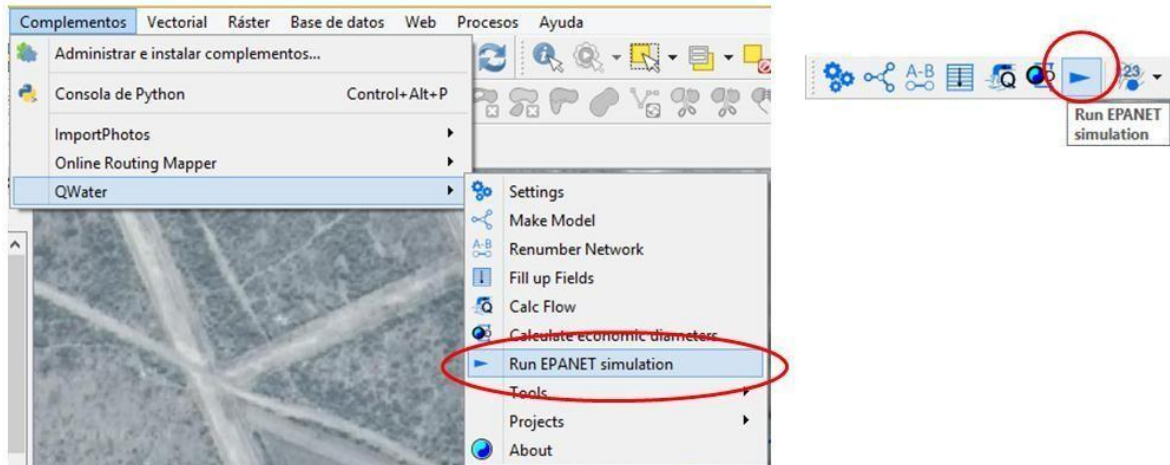
Tableau V.4 : Calcul des diamètres économiques

FID	Shape	id	DC_ID	NODE1	NODE2	LENGTH	DIAMETER
90	Polyline	92	92	139	42	45.665461	51.4
91	Polyline	93	93	139	141	53.784737	51.4
92	Polyline	94	94	141	97	46.525928	51.4
93	Polyline	95	95	132	130	62.02394	252
94	Polyline	96	96	130	131	77.990344	252
95	Polyline	97	97	131	151	105.83897	252
96	Polyline	98	98	153	132	65.780996	252
97	Polyline	99	99	95	121	42.524159	51.4
98	Polyline	100	100	121	77	35.266096	51.4
99	Polyline	101	101	110	93	85.962593	51.4
100	Polyline	102	102	128	142	67.202766	299.8
101	Polyline	103	103	142	143	76.387514	299.8
102	Polyline	104	104	143	6	92.060206	299.8
103	Polyline	105	105	153	152	623.831876	394.6
104	Polyline	106	106	10	129	42.775359	51.4
105	Polyline	107	107	129	12	56.435104	51.4
106	Polyline	108	108	9	126	78.257679	252
107	Polyline	109	109	126	14	10.035224	299.8
108	Polyline	110	110	22	127	30.740823	299.8
109	Polyline	111	111	127	136	87.78769	51.4
110	Polyline	112	112	134	25	24.195606	51.4
111	Polyline	113	113	26	134	23.550306	51.4
112	Polyline	114	114	138	89	44.546774	51.4
113	Polyline	115	115	89	118	64.095203	51.4
114	Polyline	116	116	118	119	71.786727	51.4
115	Polyline	117	117	119	92	60.445727	51.4
116	Polyline	118	118	133	28	62.539673	51.4
117	Polyline	119	119	6	88	30.881584	299.8
118	Polyline	120	120	88	87	72.962987	299.8
119	Polyline	121	121	87	86	39.57883	299.8
120	Polyline	122	122	114	113	41.513572	299.8
121	Polyline	123	123	113	65	60.497508	299.8
122	Polyline	124	124	6	138	113.763175	97.8
123	Polyline	125	125	138	103	172.701648	94.4
124	Polyline	126	126	103	104	44.351359	94.4
125	Polyline	127	127	104	7	53.177393	94.4
126	Polyline	128	128	151	13	31.270277	204.2
127	Polyline	129	129	13	8	56.719267	204.2
128	Polyline	130	130	151	145	108.858502	72.8
129	Polyline	131	131	145	146	87.423303	72.8
130	Polyline	132	132	146	97	29.115497	72.8
131	Polyline	133	133	97	147	95.801301	51.4
132	Polyline	134	134	147	148	125.117518	51.4
133	Polyline	135	135	148	149	124.605084	51.4
134	Polyline	136	136	99	120	43.472842	51.4
135	Polyline	137	137	120	95	66.833412	51.4
136	Polyline	138	138	67	124	125.055221	299.8
137	Polyline	139	139	124	82	96.410638	299.8
138	Polyline	140	140	82	94	93.143422	299.8
139	Polyline	141	141	94	81	31.91838	299.8
140	Polyline	142	142	81	84	27.858043	299.8
141	Polyline	143	143	84	80	38.903002	51.4
142	Polyline	144	144	151	150	150.24789	299.8
143	Polyline	145	145	82	123	46.71265	72.8
144	Polyline	146	146	123	122	41.563845	53.4
145	Polyline	147	147	122	95	78.186004	51.4
146	Polyline	148	148	25	144	6.341903	51.4

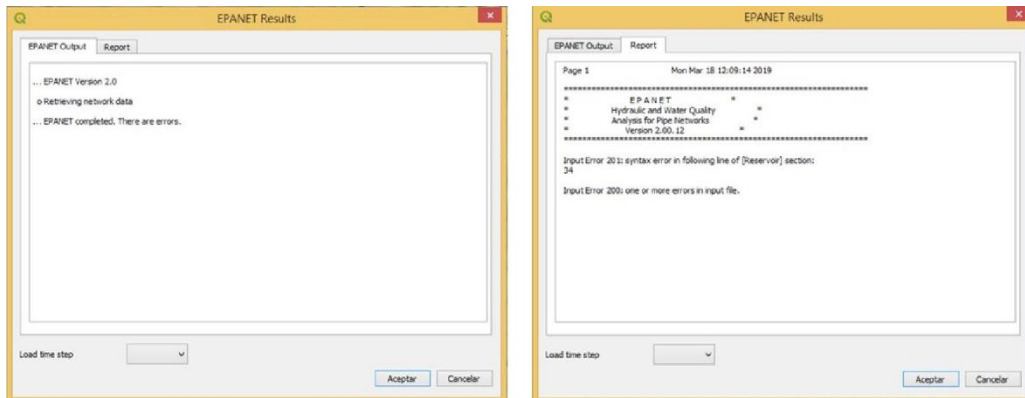
V.7 Simulation par Epanet

La simulation du réseau est exécutée par Epanet

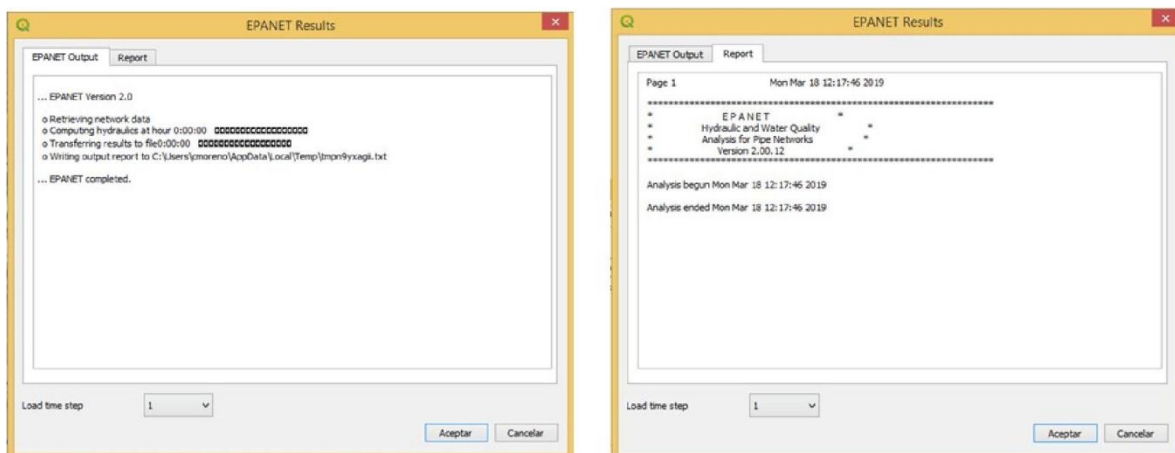
Sur <Plugins / Qwater / Run Epanet Simulation>, on lance la simulation et on attend que le message s'affiche.



Si le message indique l'apparition d'erreurs, analysez les indications d'erreur dans le rapport (onglet Rapport).



Si la simulation réussit, enregistrez les calques et quittez le mode d'édition.



## V.8 Résultats de la simulation à partir de Qwater

### V.8.1 Partie refoulement :

Pour la partie refoulement, nous avons étudié 05 cas possibles :

- Le premier cas : Cas d'alimentation à partir du transfert du barrage pour alimenter le réservoir 03

État des Arcs du Réseau							
	Nœud_1	Nœud_2	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Pert.Charge Unit.
ID Arc			m	mm	LPS	m/s	m/km
Tuyau 9	Sp_2	2	2729.9	130.8	13.15	0.98	6.64
Tuyau 10	2	Res_03	4.3	130.8	13.15	0.98	6.65
Pompe P_02	/				13.15	/	-62.08
<b>HMT (nécessaire)</b>							<b>66.08</b>

- Le deuxième cas : Cas d'alimentation à partir du transfert du barrage pour alimenter le réservoir 02

État des Arcs du Réseau							
	Nœud_1	Nœud_2	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Pert.Charge Unit.
ID Arc			m	mm	LPS	m/s	m/km
Tuyau 6	3	Res_02	265.0	130.8	13.29	0.99	6.77
Tuyau 2	2	3	738.7	130.8	13.29	0.99	6.77
Tuyau 9	Sp_2	2	2729.9	130.8	13.29	0.99	6.77
Pompe P_02	/				13.29	/	-61.48
<b>HMT (nécessaire)</b>							<b>65.42</b>

- Le troisième cas : Cas d'alimentation à partir du transfert du barrage pour alimenter le réservoir 01

État des Arcs du Réseau							
	Nœud_1	Nœud_2	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Pert.Charge Unit.
ID Arc			m	mm	LPS	m/s	m/km
Tuyau 3	4	3	856.3	130.8	-15.15	1.13	8.61
Tuyau 2	2	3	738.7	130.8	15.15	1.13	8.61
Tuyau 7	4	Res_01	7.0	79.2	15.15	3.07	101.42
Tuyau 9	Sp_2	2	2729.9	130.8	15.15	1.13	8.61
Pompe P_02	/				15.15	/	-53.87
<b>HMT (nécessaire)</b>							<b>57.87</b>

- Le quatrième cas : Cas d'alimentation à partir du transfert du barrage pour alimenter les trois réservoirs 01, 02 et 03

État des Arcs du Réseau							
	Nœud_1	Nœud_2	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Pert.Charge Unit.
ID Arc			m	mm	LPS	m/s	m/km
Tuyau 3	4	3	856.3	130.8	-9.51	0.71	3.68
Tuyau 6	3	Res_02	265.0	130.8	4.48	0.33	0.95
Tuyau 2	2	3	738.7	130.8	13.99	1.04	7.44
Tuyau 7	4	Res_01	7.0	79.2	9.51	1.93	42.59
Tuyau 9	Sp_2	2	2729.9	130.8	14.60	1.09	8.04
Tuyau 10	2	Res_03	4.3	130.8	0.61	0.05	0.03
Pompe P_02	/				14.60	/	-97.98
<b>HMT (nécessaire)</b>							<b>101.98</b>

État des Arcs du Réseau							
	Nœud_1	Nœud_2	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Pert.Charge Unit.
ID Arc			m	mm	LPS	m/s	m/km
Tuyau 3	4	3	856.3	130.8	-1.90	0.14	0.21
Tuyau 6	3	Res_02	265.0	130.8	0.90	0.07	0.06
Tuyau 2	2	3	738.7	130.8	2.80	0.21	0.41
Tuyau 7	4	Res_01	7.0	79.2	1.90	0.39	2.29
Tuyau 9	Sp_2	2	2729.9	130.8	2.92	0.22	0.44
Tuyau 10	2	Res_03	4.3	130.8	0.12	0.01	0.00
Pompe P_02	/				2.92	/	-71.80
<b>HMT (nécessaire)</b>							<b>75.80</b>

On constate que le fonctionnement optimum de la pompe pour les trois premiers cas est dans le même ordre de grandeur (Débit entre 13,15 et 15,15 l/s et HMT entre 59 et 66 m) par conséquent l'utilisation de la même pompe pour ces cas est possible.

Tandis que pour le quatrième cas (refoulement vers les trois réservoirs en même temps) les deux derniers tableaux montrent que l'utilisation de la même pompe avec les trois premiers cas est déconseillée (débit proche des débits des trois premiers cas  $Q = 14,60$  l/s – HMT = 102 m ou HMT proche de la HMT des trois premiers cas  $Q = 2,92$  l/s – HMT = 76 m).

- Le cinquième cas : Cas d'alimentation à partir du forage F1 pour alimenter le réservoir R01 (cas de rupture d'alimentation à partir du barrage)

État des Arcs du Réseau							
	Nœud_1	Nœud_2	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Pert.Charge Unit.
ID Arc			m	mm	LPS	m/s	m/km
Tuyau 8	Sp_1	4	7.0	79.2	3.18	0.65	5.77
Tuyau 7	4	Res_01	758.4	73.6	3.18	0.75	8.22
Pompe P_02	/				3.18	/	-108.24
<b>HMT (nécessaire)</b>							<b>112.24</b>

Pour ce cas (rupture d'alimentation à partir du barrage) Q = 3,18 et HMT = 112 m.

### V.8.2 Partie distribution :

Pour la partie distribution, nous avons étudié 04 cas possibles :

- Alimentation du réseau à partir du réservoir R\_01
- Alimentation du réseau à partir du réservoir R\_02
- Alimentation du réseau à partir du réservoir R\_03
- Alimentation du réseau à partir des trois réservoirs R\_01, R\_02 et R\_03.

### V.8.3 Les résultats dans les conduites

Tableau V.5 : Les résultats dans les conduites

id	DC_ID	NODE1	NODE2	LENGTH	DIAMETER	ROUGHNESS	NORLC	STATUS	RESULT_FLO	RESULT_VEL	RESULT_HEA	ESULT_QU	RESULT_STA	RESULT_REA	RESULT_FR	DN
1	149	149	144	133	41,41078100...	51,3999999...	0,0015	0 OPEN	0,1626101...	0,0783662...	0,35759764...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	63
2	148	148	25	144	6,341902704...	51,3999999...	0,0015	0 OPEN	0,2092499...	0,1008432...	0,56321817...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	63
3	147	147	122	95	78,18600356...	51,3999999...	0,0015	0 OPEN	0,8005614...	0,3858124...	7,49698829...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	63
4	146	146	123	122	41,56384473...	53,3999999...	0,0015	0 OPEN	0,9175206...	0,4096765...	4,07484912...	0	3,00000000...	4,92125991...	0	63
5	153	153	5	152	4,122742898...	156,400000...	0,0015	0 OPEN	8,8964490...	0,4630745...	2,38255357...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	160
6	152	152	137	90	117,3984962...	51,3999999...	0,0015	0 OPEN	0,1146625...	0,0552590...	0,11092527...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	63
7	151	151	125	137	71,32730922...	51,3999999...	0,0015	0 OPEN	0,2989901...	0,1440915...	1,12047827...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	63
8	150	150	88	125	71,65035651...	51,3999999...	0,0015	0 OPEN	0,4386357...	0,2113905...	2,33159446...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	63
9	154	154	4	150	265,0070111...	156,400000...	0,0015	0 OPEN	9,8265209...	0,5114863...	2,90319490...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	160
10	133	133	97	147	95,80130100...	51,3999999...	0,0015	0 OPEN	0,5813744...	0,2801802...	4,02047967...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	63
11	132	132	146	97	29,11549696...	77,2000000...	0,0015	0 OPEN	2,9046933...	0,6205452...	10,9082536...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	75
12	131	131	145	146	87,42330257...	94,4000000...	0,0015	0 OPEN	3,0185163...	0,4312779...	4,06529569...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	110
13	130	130	151	145	108,8585016...	94,4000000...	0,0015	0 OPEN	3,2102239...	0,4586686...	4,58822393...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	110
14	137	137	120	95	66,83341183...	51,3999999...	0,0015	0 OPEN	-0,3721768...	0,1793621...	1,70131504...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	63
15	136	136	99	120	43,47284239...	51,3999999...	0,0015	0 OPEN	-0,2644411...	0,1274414...	0,88667964...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	63
16	135	135	148	149	124,6050838...	51,3999999...	0,0015	0 OPEN	0,1217011...	0,0586511...	0,13795302...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	63
17	134	134	147	148	125,1175181...	51,3999999...	0,0015	0 OPEN	0,3656040...	0,1761945...	1,64389824...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	63
18	141	141	94	81	31,91838020...	108,400000...	0,0015	0 OPEN	-1,0167204...	0,1101668...	0,24013274...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	110
19	140	140	82	94	93,14342220...	108,400000...	0,0015	0 OPEN	-0,1496113...	0,0162111...	0,00479351...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	110
20	139	139	124	82	96,41063828...	94,4000000...	0,0015	0 OPEN	1,0848890...	0,1550062...	0,55881571...	0	3,00000000...	0,00328083...	0	110

La suite des résultats des conduites est dans l'annexe V.2

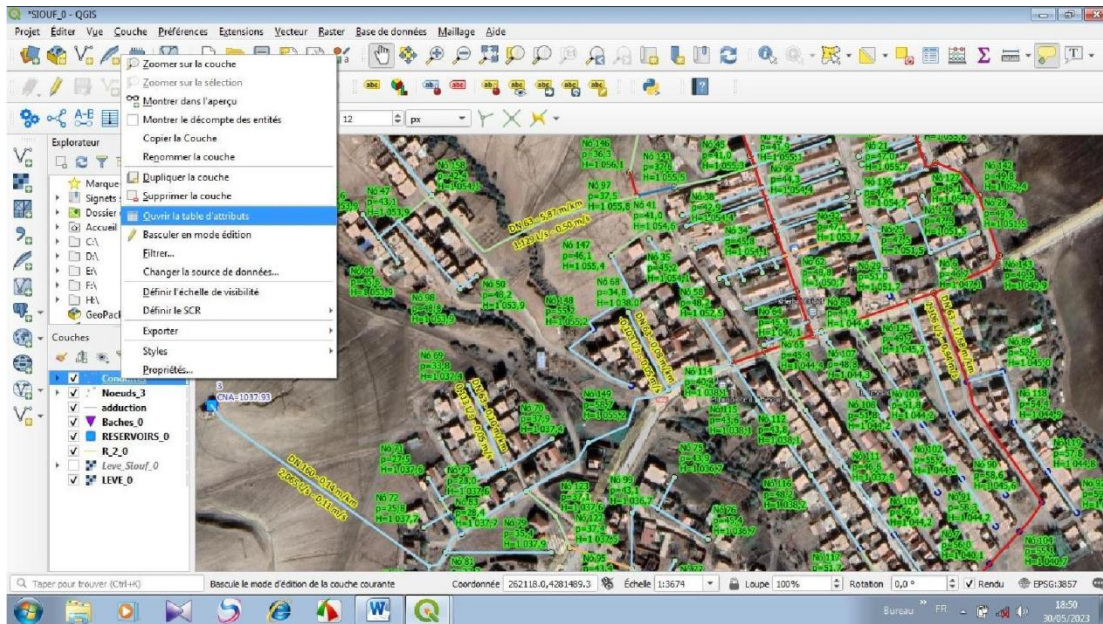


Figure V.14 : Lecture conduites sur Qgis à partir de la couche «conduites»

V .8.4 Les résultats des dans les nœuds

Tableau V.6 : Les résultats dans les nœuds

Noeuds_3 :: Total des entités: 147, filtrées: 147, sélectionnées: 0							
id	DC_ID	ELEVATION	DEMAND	RASTERVALU	RESULT_DEM	RESULT_HEA	RESULT_PRE
1	57	1005,088134770...	0,006307972924...	1005,08813...	0,006307973060...	1052.494506835...	47,40643310546...
2	58	1004,266479490...	0,009029757484...	1004,26647...	0,009029757231...	1052.494506835...	48,22801208496...
3	61	1004,179992680...	0,009891557355...	1004,17999...	0,009891556575...	1052.505859375	48,32580947875...
4	60	1003,957458500...	0,010139915216...	1003,95745...	0,010139915160...	1052.498046875	48,54053115844...
5	59	1003,228271479...	0,011660810148...	1003,22827...	0,011660810559...	1052.4951171875	49,26681518554...
6	11	1017,063049320...	0,019506403015...	1017,06304...	0,019506402313...	1056.388793945...	39,32575225830...
7	26	1004,992675780...	0,023001472094...	1004,99267...	0,023001473397...	1051.537109375	46,54447937011...
8	50	1005,684570310...	0,025205856706...	1005,68457...	0,025205858051...	1053.913330078...	48,22877502441...
9	71	1010,080139160...	0,029494002593...	1010,08013...	0,029494002461...	1037.607666015...	27,52752113342...
10	51	1012,378112790...	0,032049056120...	1012,37811...	0,032049056142...	1053.937744140...	41,55963897705...
11	77	991,7836303709...	0,034444228658...	991,783630...	0,034444227814...	1036.881225585...	45,09759902954...
12	56	1004,951232910...	0,034563788432...	1004,95123...	0,034563787281...	1052.494506835...	47,54333496093...
13	72	1011,848327639...	0,034656562781...	1011,84832...	0,034656561911...	1037.68603515625	25,83776664733...
14	155	1016,560180660...	0,037048463172...	1016,56018...	0,03704846650362	1055.805419921...	39,24528884887...
15	49	1008,323303219...	0,037904035473...	1008,32330...	0,037904035300...	1053.9375	45,61415100097...
16	80	1013,713012700...	0,037996377756...	1013,71301...	0,037996377795...	1037.8828125	24,16983222961...
17	53	1004,874816890...	0,040827732391...	1004,87481...	0,040827732533...	1052.505859375	47,63106155395...
18	75	992,8104248050...	0,042389445206...	992,810424...	0,042389445006...	1036.732666015...	43,92227554321...
19	134	1003,783203129...	0,046633205766...	1003,78320...	0,046633206307...	1051.537475585...	47,75424957275...
20	144	1003,718505860...	0,04663981956257	1003,71850...	0,046639818698...	1051.534912109...	47,81641769409...

La suite des résultats des nœuds est dans l'annexe V.1

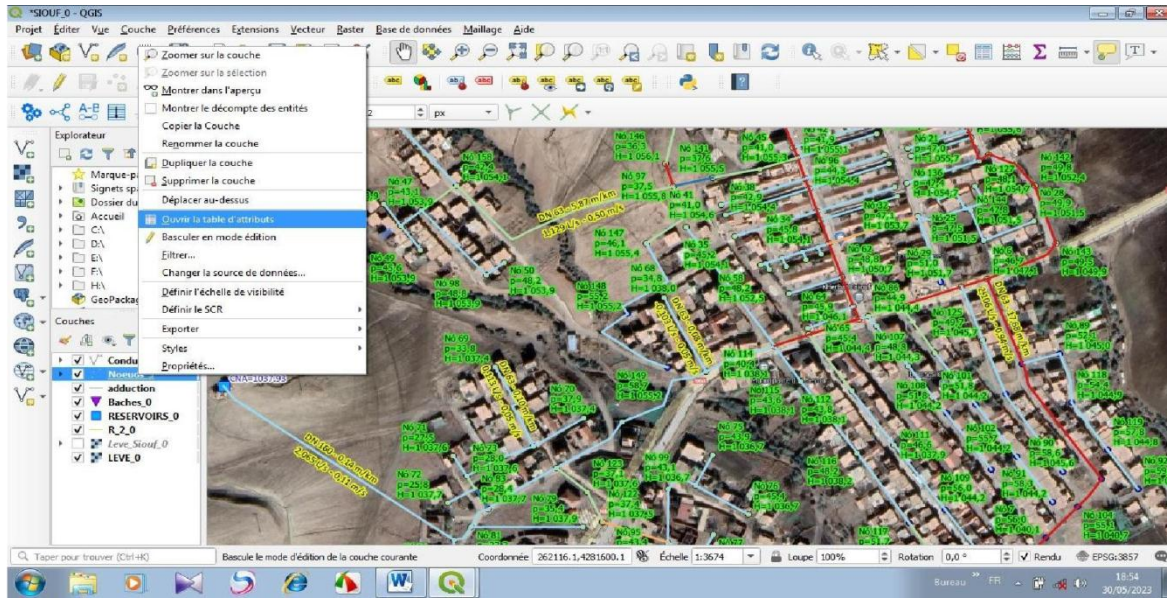


Figure V.15 : Lecture nœuds sur Qgis à partir de la couche «nœuds»

On constate que le réseau de distribution fonctionne dans des conditions admissibles pour deux premiers et le dernier cas ; tandis que pour le troisième cas, les valeurs des pressions dans la partie Sud de la ville sont importantes.

Pour résoudre ce problème, l'une des solutions possibles est la sectorisation du réseau ou la projection des réducteurs de pressions.

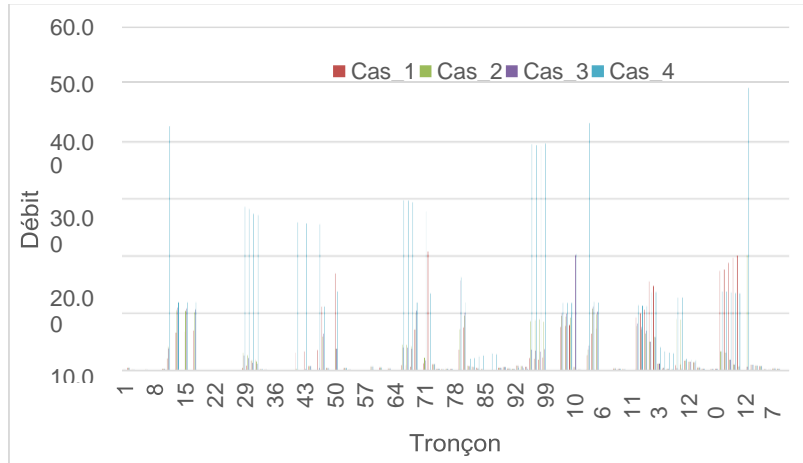


Figure V.16 : Comparaison des débits obtenus

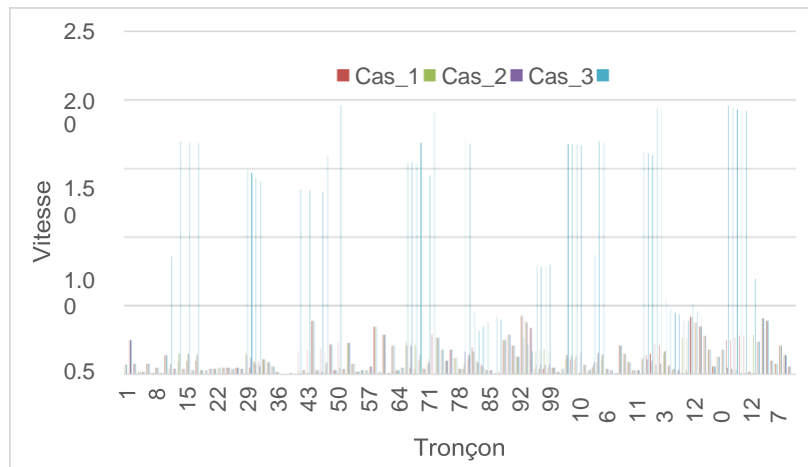


Figure V.17 : Comparaison des vitesses obtenues

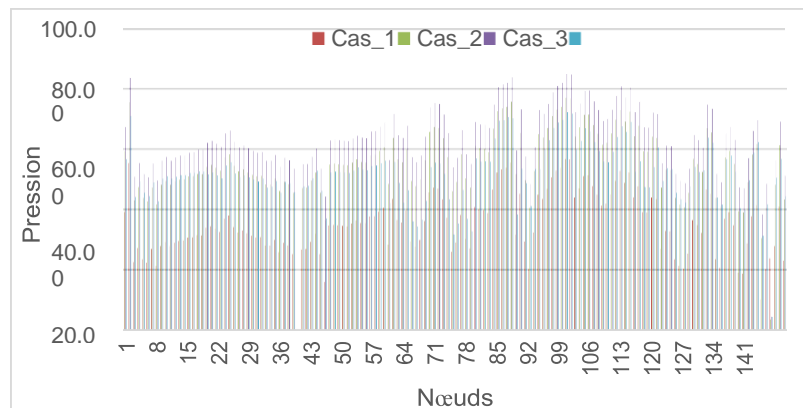
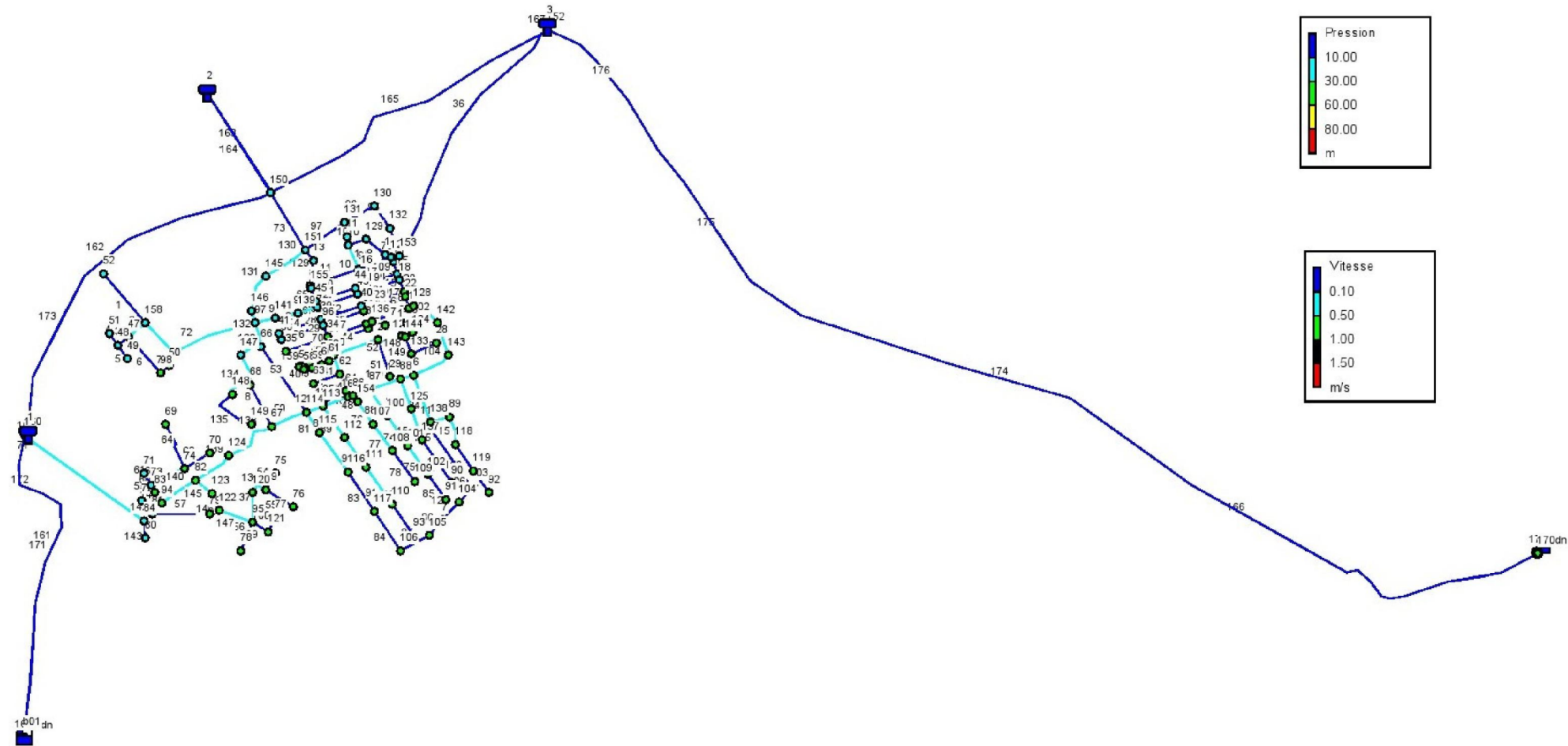


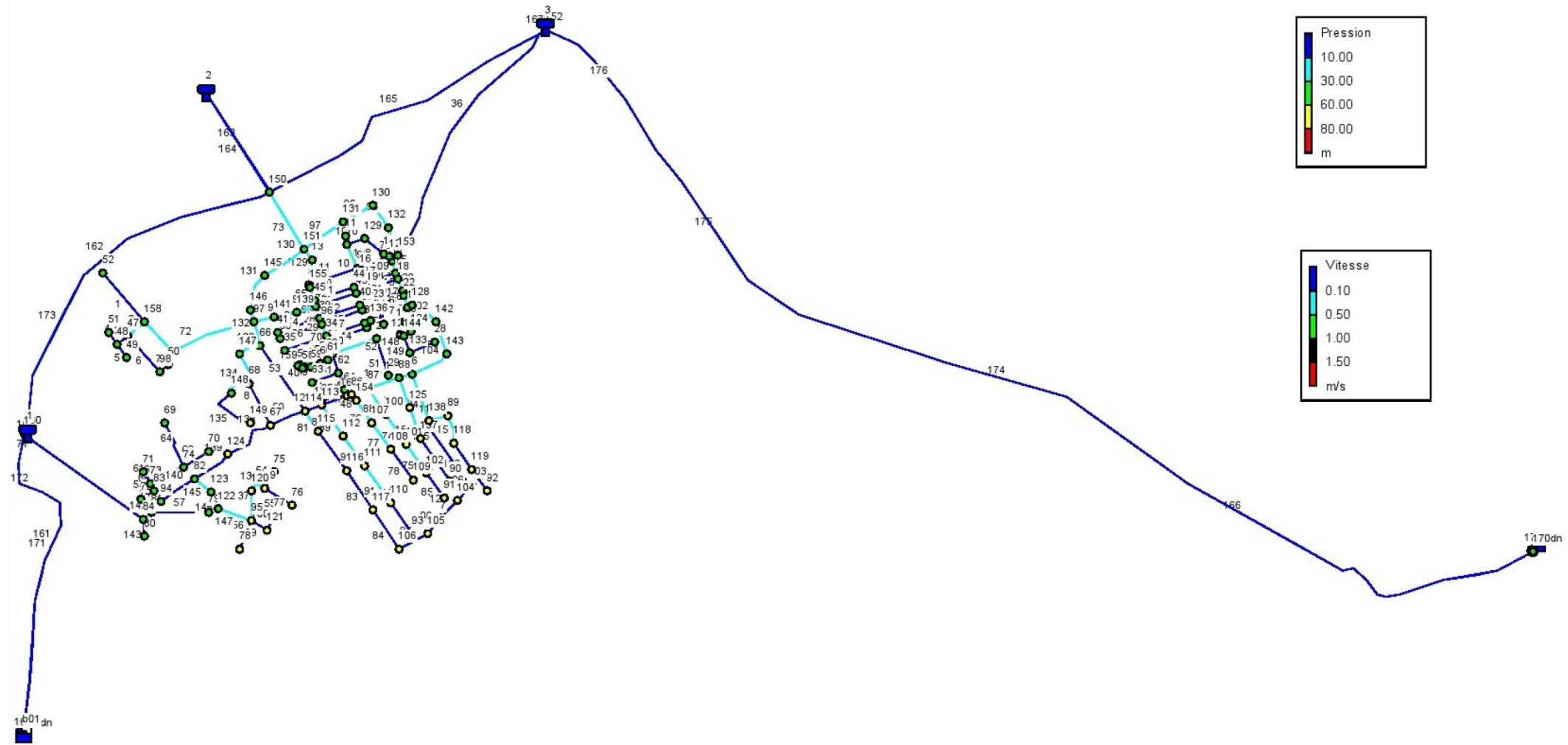
Figure V.18 : Comparaison des pressions obtenues

Simulation du réseau de distribution



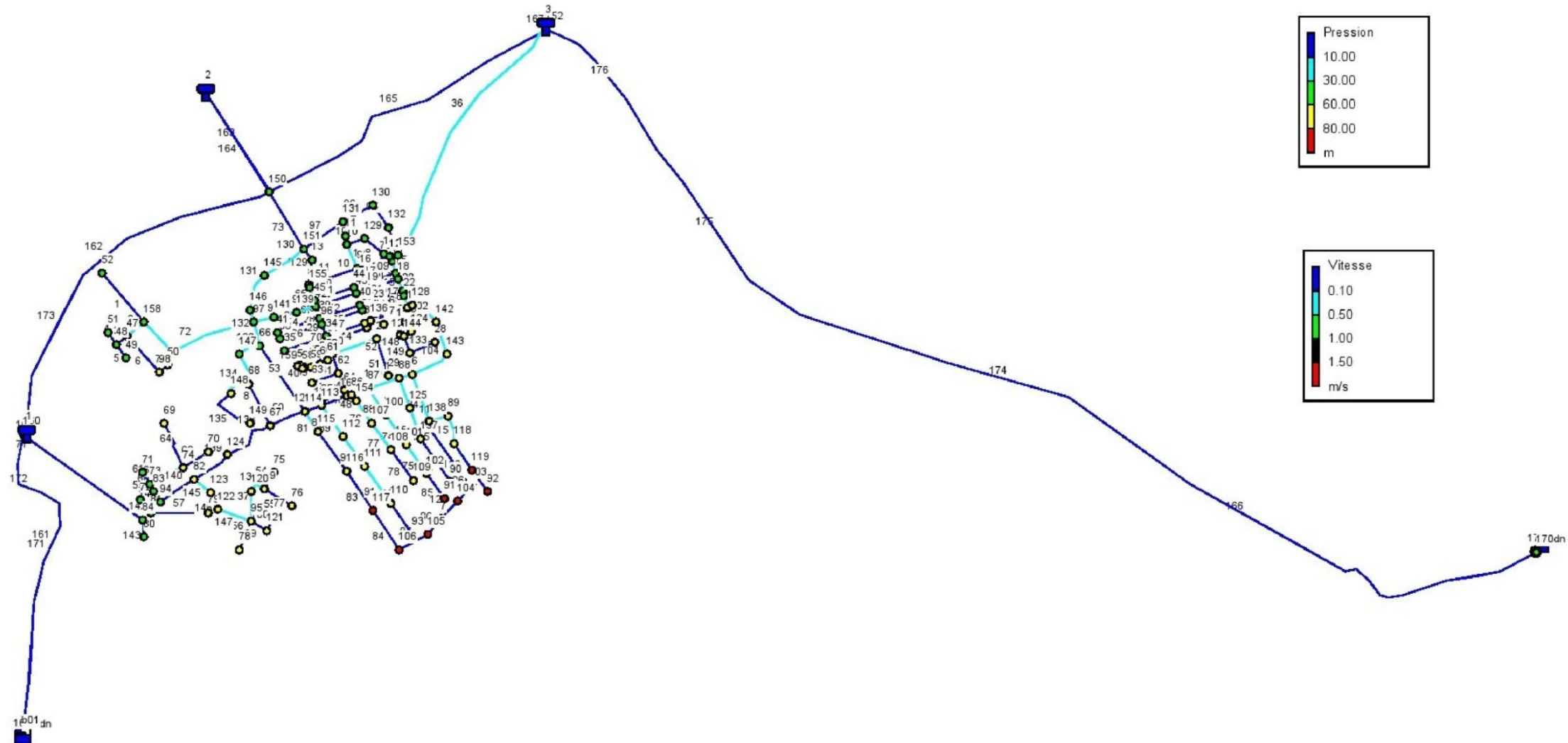
Cas\_1 : Alimentation à partir du réservoir R\_01

Simulation du réseau de distribution



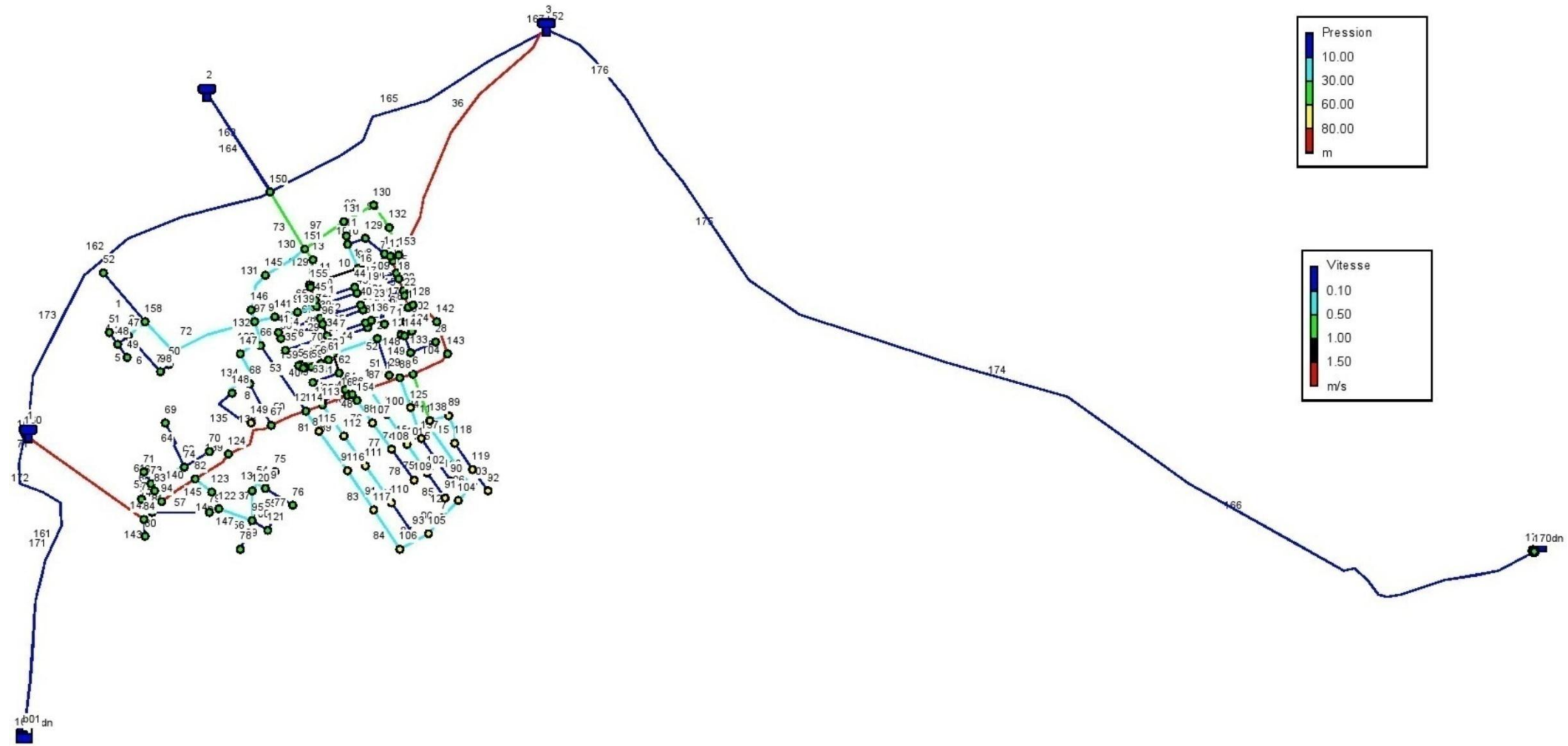
Cas\_2 : Alimentation à partir du réservoir R\_02

Simulation du réseau de distribution



Cas\_3 : Alimentation à partir du réservoir R\_03

Simulation du réseau de distribution



Cas\_4 : Alimentation à partir des trois réservoirs

## V.9 Conclusion

Le logiciel Qgis combiné avec l'extension Qwater forment un bon outil pour tracer le réseau et d'extraire les données géométriques (cote des nœuds et longueurs des conduites) à partir d'un raster de l'agglomération.

Pour la partie refoulement, nous avons étudié 05 cas possibles et le fonctionnement optimum de la pompe pour les trois premiers cas est dans le même ordre de grandeur (Débit entre 13,15 et 15,15 l/s et HMT entre 59 et 66 m) par conséquent l'utilisation de la même pompe pour ces cas est possible.

Tandis que pour le quatrième cas (refoulement vers les trois réservoirs en même temps) les deux derniers tableaux montrent que l'utilisation de la même pompe avec les trois premiers cas est déconseillée (débit proche des débits des trois premiers cas  $Q = 14,60$  l/s – HMT = 102 m ou HMT proche de la HMT des trois premiers cas  $Q = 2,92$  l/s – HMT = 76 m).

Pour la partie distribution nous avons étudié 04 cas possibles ; le réseau de distribution fonctionne dans des conditions admissibles pour deux premiers et le dernier cas ; tandis que pour le troisième cas, les valeurs des pressions dans la partie Sud de la ville sont importantes.

Pour résoudre ce problème, l'une des solutions possibles est la sectorisation du réseau ou la projection des réducteurs de pressions.



# ***Conclusion Générale***



## Conclusion générale:

Le dimensionnement du réseau d'AEP de la ville Kherbat Siouf est basé sur l'outil QWATER sous QGIS (accès libre). Cet outil nous a permis de disposer d'une base de données nécessaire complète pour la gestion du réseau pour tous les scénarios d'approvisionnement en eau potable possibles. Ils nous donnent un avantage en cas d'une modification sur la source ou sur le réseau (panne ...), le changement sera direct et facile.

Pour la partie refoulement, nous avons étudié 05 cas possibles et le fonctionnement optimum de la pompe pour les trois premiers cas est dans le même ordre de grandeur (Débit entre 13,15 et 15,15 l/s et HMT entre 59 et 66 m) par conséquent l'utilisation de la même pompe pour ces cas est possible.

Tandis que pour le quatrième cas (refoulement vers les trois réservoirs en même temps) les deux derniers tableaux montrent que l'utilisation de la même pompe avec les trois premiers cas est déconseillée (débit proche des débits des trois premiers cas  $Q = 14,60$  l/s – HMT = 102 m ou HMT proche de la HMT des trois premiers cas  $Q = 2,92$  l/s – HMT = 76 m).

Pour la partie distribution nous avons étudié 04 cas possibles ; le réseau de distribution fonctionne dans des conditions admissibles pour deux premiers et le dernier cas ; tandis que pour le troisième cas, les valeurs des pressions dans la partie Sud de la ville sont importantes.

Pour résoudre ce problème, l'une des solutions possibles est la sectorisation du réseau ou la projection des réducteurs de pressions.

En conclusion c'est un outil qui aide à la décision.

## **Bibliographie**

- [1] Champ géographique : transformations et problèmes de gestion et de préparation  
Préparé par / Al-Hussein Afqir et Muhammad Azkar 2020/2019
- [2] Polycopié Les Systèmes d'Information Géographique Mise en applications sous le logiciel Open Source : QGIS Dr. Salima RE ZAK Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed BOUDIAF 15 Janvier 2021.
- [3] Manuel Qwater développé par l'ingénieur civil Jorge Almerio (Brésil) Préparé par :  
l'ingénieur Carlos Alberto Moreno (Mendoza Argentine)
- [4] Service technique de la commune de DERRAG
- [5] La subdivision des ressources en eau de la daïra d'AZIZ
- [6] Mémoire Master en Hydraulique option hydraulique urbain Préparé par :  
DELOUM\_Aymen\_OULD\_SAALI\_Hitham2021/2022



**ANNEXE**



## Cas \_ 1

La suite des résultats d'altitudes des nœuds est dans l'annexe V.1

<b>État des Nœuds du Réseau</b>				
	Altitude	Demande	Charge	Pression
ID Nœud	m	LPS	m	m
Nœud 6	1000.38	0.23	1039.61	39.22
Nœud 7	984.09	0.10	1039.53	55.44
Nœud 8	1016.91	0.17	1039.58	22.67
Nœud 9	1012.36	0.25	1039.58	27.22
Nœud 10	1016.01	0.12	1039.52	23.51
Nœud 11	1017.06	0.02	1039.52	22.46
Nœud 12	1012.53	0.06	1039.50	26.97
Nœud 13	1018.23	0.09	1039.58	21.35
Nœud 14	1011.62	0.11	1039.58	27.97
Nœud 15	1010.33	0.11	1039.59	29.25
Nœud 16	1011.61	0.07	1039.58	27.97
Nœud 17	1010.54	0.07	1039.58	29.05
Nœud 18	1009.93	0.11	1039.59	29.66
Nœud 19	1009.88	0.07	1039.58	29.70
Nœud 20	1008.86	0.11	1039.59	30.73
Nœud 21	1008.76	0.07	1039.58	30.82
Nœud 22	1008.04	0.11	1039.59	31.55
Nœud 23	1008.12	0.07	1039.59	31.46
Nœud 24	1004.81	0.24	1038.77	33.96
Nœud 25	1004.02	0.14	1038.61	34.59
Nœud 26	1004.99	0.02	1038.61	33.62
Nœud 27	1005.96	0.06	1038.61	32.65
Nœud 28	1001.61	0.06	1038.59	36.98
Nœud 29	1000.72	0.08	1038.76	38.05
Nœud 30	1005.30	0.19	1039.59	34.29
Nœud 31	1007.12	0.13	1039.58	32.47
Nœud 32	1006.54	0.09	1039.58	33.04
Nœud 33	1007.48	0.09	1039.58	32.10
Nœud 34	1008.28	0.23	1039.58	31.30
Nœud 35	1008.85	0.10	1039.58	30.73
Nœud 37	1008.61	0.09	1039.57	30.96
Nœud 38	1011.52	0.10	1039.57	28.05
Nœud 39	1011.54	0.23	1039.58	28.04
Nœud 40	1009.65	0.09	1039.57	29.92
Nœud 41	1013.60	0.10	1039.57	25.97
Nœud 42	1013.17	0.18	1039.58	26.41
Nœud 43	1010.63	0.09	1039.57	28.94
Nœud 44	1011.45	0.09	1039.57	28.12
Nœud 45	1014.31	0.14	1039.58	25.27
Nœud 158	1011.67	0.47	1037.80	26.13
Nœud 47	1010.88	0.19	1037.64	26.76
Nœud 48	1010.72	0.10	1037.62	26.90
Nœud 49	1008.32	0.04	1037.62	29.30

Nœud 50	1005.68	0.03	1037.60	31.91
Nœud 51	1012.38	0.03	1037.62	25.25
Nœud 52	1021.68	0.14	1037.76	16.08
Nœud 53	1004.87	0.04	1039.58	34.70
Nœud 54	1004.59	0.05	1039.57	34.98
Nœud 55	1004.75	0.06	1039.57	34.81
Nœud 56	1004.95	0.03	1039.57	34.62
Nœud 57	1005.09	0.01	1039.57	34.48
Nœud 58	1004.27	0.01	1039.57	35.30
Nœud 59	1003.23	0.01	1039.57	36.34
Nœud 60	1003.96	0.01	1039.57	35.61
Nœud 61	1004.18	0.01	1039.58	35.40
Nœud 62	1001.89	0.14	1039.60	37.71
Nœud 63	1001.73	0.06	1039.60	37.87
Nœud 64	1000.29	0.11	1039.62	39.33
Nœud 65	999.07	0.09	1039.62	40.55
Nœud 66	1011.27	0.18	1039.57	28.30
Nœud 67	996.16	0.31	1039.67	43.51
Nœud 68	1003.17	0.10	1039.66	36.50
Nœud 69	1003.60	0.11	1039.30	35.70
Nœud 70	999.54	0.07	1039.31	39.77
Nœud 71	1010.08	0.03	1039.51	29.43
Nœud 72	1011.85	0.03	1039.59	27.74
Nœud 73	1009.56	0.13	1039.51	29.95
Nœud 74	1003.10	0.26	1039.31	36.22
Nœud 75	992.81	0.04	1038.58	45.77
Nœud 76	991.30	0.07	1038.58	47.28
Nœud 77	991.78	0.03	1038.73	46.94
Nœud 78	995.24	0.07	1038.73	43.49
Nœud 79	1002.42	0.12	1039.76	37.35
Nœud 80	1013.71	0.04	1039.79	26.08
Nœud 81	1010.61	0.18	1039.78	29.17
Nœud 82	1001.50	0.23	1039.74	38.24
Nœud 83	1009.31	0.08	1039.59	30.28
Nœud 84	1012.61	0.70	1039.79	27.18
Nœud 85	998.67	0.06	1039.61	40.95
Nœud 86	999.53	0.06	1039.62	40.09
Nœud 87	999.81	0.18	1039.62	39.81
Nœud 88	1000.79	0.17	1039.61	38.82
Nœud 89	992.85	0.11	1039.45	46.60
Nœud 90	987.00	0.11	1039.35	52.35
Nœud 91	985.89	0.07	1039.20	53.31
Nœud 92	985.47	0.06	1039.33	53.86
Nœud 93	983.32	0.08	1038.96	55.65
Nœud 94	1008.16	0.15	1039.77	31.61
Nœud 95	993.53	0.25	1038.73	45.20
Nœud 96	1010.12	0.23	1039.58	29.46
Nœud 97	1018.26	0.45	1038.47	20.21
Nœud 98	1005.11	0.13	1037.60	32.49

Nœud 99	993.61	0.15	1038.58	44.97
Nœud 100	995.83	0.15	1039.39	43.56
Nœud 101	992.45	0.16	1039.25	46.80
Nœud 102	988.44	0.15	1039.20	50.76
Nœud 103	986.64	0.21	1039.53	52.89
Nœud 104	985.66	0.10	1039.53	53.87
Nœud 105	982.76	0.12	1039.53	56.78
Nœud 106	982.89	0.18	1039.53	56.64
Nœud 107	995.45	0.13	1039.48	44.03
Nœud 108	992.42	0.16	1039.42	47.00
Nœud 109	988.26	0.08	1039.42	51.16
Nœud 110	987.62	0.18	1038.97	51.35
Nœud 111	991.26	0.18	1039.06	47.80
Nœud 112	994.34	0.17	1039.26	44.92
Nœud 113	998.31	0.18	1039.64	41.32
Nœud 114	997.75	0.35	1039.65	41.90
Nœud 115	994.57	0.16	1039.58	45.01
Nœud 116	989.99	0.21	1039.55	49.56
Nœud 117	986.75	0.21	1039.54	52.79
Nœud 118	990.42	0.13	1039.37	48.94
Nœud 119	987.05	0.13	1039.33	52.29
Nœud 120	994.43	0.11	1038.62	44.19
Nœud 121	991.02	0.08	1038.73	47.71
Nœud 122	1000.07	0.12	1039.32	39.24
Nœud 123	1000.56	0.09	1039.65	39.09
Nœud 124	995.62	0.22	1039.71	44.09
Nœud 125	996.01	0.14	1039.44	43.44
Nœud 126	1012.51	0.10	1039.58	27.07
Nœud 127	1006.64	0.13	1039.59	32.95
Nœud 128	1006.78	0.08	1039.59	32.81
Nœud 129	1015.94	0.10	1039.51	23.57
Nœud 130	1018.28	0.14	1039.58	21.30
Nœud 131	1019.13	0.18	1039.58	20.45
Nœud 132	1014.26	0.12	1039.58	25.32
Nœud 133	1002.04	0.10	1038.59	36.55
Nœud 134	1003.78	0.05	1038.61	34.83
Nœud 136	1007.36	0.09	1039.59	32.22
Nœud 137	992.71	0.18	1039.36	46.65
Nœud 138	994.28	0.32	1039.55	45.27
Nœud 139	1015.59	0.10	1039.15	23.56
Nœud 141	1017.89	0.10	1038.74	20.85
Nœud 142	1002.65	0.14	1039.60	36.95
Nœud 143	1000.37	0.16	1039.60	39.23
Nœud 144	1003.72	0.05	1038.61	34.89
Nœud 145	1019.82	0.19	1038.97	19.16
Nœud 146	1019.80	0.11	1038.58	18.79
Nœud 147	1009.34	0.22	1038.09	28.74
Nœud 148	1000.05	0.24	1037.88	37.84
Nœud 149	996.47	0.12	1037.86	41.40

Nœud 150	1029.35	0.66	1039.58	10.23
Nœud 151	1019.33	0.39	1039.58	20.25
Nœud 152	1063.41	0.62	1039.58	-23.83
Nœud 153	1011.62	0.69	1039.58	27.96
Nœud 154	998.51	0.08	1039.58	41.07
Nœud 155	1016.56	0.04	1039.58	23.02
Nœud 160	1032.68	0.00	968.97	-63.71
Réservoir 1	1037.93	-20.79	1039.93	2.00
Réservoir 2	1058.13	0.00	1060.13	2.00
Réservoir 3	1065.91	0.00	1067.91	2.00

La suite des résultats longueurs des conduites est dans l'annexe V.2

État des Arcs du Réseau					
	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Pert. Charge Unit.
ID Arc	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tuyau 1	145.7	51.4	-0.14	0.07	0.24
Tuyau 2	50.9	51.4	0.51	0.25	3.15
Tuyau 3	30.0	51.4	0.17	0.08	0.38
Tuyau 4	32.8	51.4	0.03	0.02	0.02
Tuyau 5	38.8	51.4	0.04	0.02	0.02
Tuyau 6	109.5	51.4	0.16	0.08	0.33
Tuyau 7	25.8	51.4	0.03	0.01	0.02
Tuyau 8	105.1	51.4	-0.10	0.05	0.08
Tuyau 9	20.0	51.4	0.02	0.01	0.01
Tuyau 10	59.3	51.4	-0.29	0.14	1.06
Tuyau 11	116.7	252.0	2.17	0.04	0.01
Tuyau 12	75.0	51.4	0.07	0.04	0.04
Tuyau 13	29.4	299.8	-6.62	0.09	0.05
Tuyau 14	74.6	51.4	0.07	0.04	0.04
Tuyau 15	12.8	299.8	-6.81	0.10	0.05
Tuyau 16	73.7	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 17	29.4	299.8	-6.99	0.10	0.05
Tuyau 18	73.0	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 19	71.8	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 20	95.4	51.4	-0.09	0.04	0.06
Tuyau 21	94.9	51.4	-0.09	0.04	0.06
Tuyau 22	95.6	51.4	-0.09	0.05	0.06
Tuyau 23	100.9	51.4	0.10	0.05	0.07
Tuyau 24	100.9	51.4	0.10	0.05	0.07
Tuyau 25	93.3	51.4	-0.09	0.04	0.06
Tuyau 26	98.9	51.4	0.10	0.05	0.07
Tuyau 27	92.2	51.4	-0.09	0.04	0.06
Tuyau 28	27.6	156.4	-0.47	0.02	0.01
Tuyau 29	13.6	156.4	-0.89	0.05	0.03
Tuyau 30	11.5	156.4	-1.73	0.09	0.10
Tuyau 31	31.1	156.4	-1.95	0.10	0.13
Tuyau 32	13.4	51.4	0.23	0.11	0.68
Tuyau 33	18.3	51.4	0.18	0.09	0.43
Tuyau 34	24.7	51.4	0.12	0.06	0.12
Tuyau 35	19.7	51.4	0.05	0.02	0.03
Tuyau 159	6.5	51.4	0.01	0.00	0.01
Tuyau 37	10.1	51.4	0.01	0.00	0.01
Tuyau 38	10.4	51.4	0.01	0.00	0.01
Tuyau 39	11.9	51.4	0.01	0.01	0.01
Tuyau 40	9.2	51.4	0.01	0.00	0.01
Tuyau 41	44.7	156.4	-3.18	0.17	0.32
Tuyau 42	63.9	51.4	0.06	0.03	0.04
Tuyau 43	39.3	156.4	-3.39	0.18	0.37
Tuyau 44	106.9	51.4	0.81	0.39	7.66
Tuyau 45	59.3	51.4	-0.06	0.03	0.04

Tuyau 46	16.7	156.4	-3.57	0.19	0.40
Tuyau 47	11.3	299.8	11.16	0.16	0.13
Tuyau 48	15.4	51.4	0.45	0.22	2.46
Tuyau 49	61.5	51.4	0.06	0.03	0.04
Tuyau 50	84.4	299.8	-17.01	0.24	0.29
Tuyau 51	87.0	51.4	0.08	0.04	0.05
Tuyau 52	56.6	51.4	0.48	0.23	2.77
Tuyau 53	179.6	51.4	0.18	0.08	0.41
Tuyau 54	43.4	51.4	0.04	0.02	0.03
Tuyau 55	70.2	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 56	69.0	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 57	127.6	51.4	0.12	0.06	0.15
Tuyau 58	29.5	51.4	0.72	0.35	6.03
Tuyau 59	35.5	51.4	0.03	0.02	0.02
Tuyau 60	18.4	51.4	0.60	0.29	4.27
Tuyau 61	30.2	51.4	0.03	0.01	0.02
Tuyau 62	85.0	51.4	0.44	0.21	2.35
Tuyau 63	67.6	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 64	115.2	51.4	0.11	0.05	0.10
Tuyau 65	5.4	156.4	0.97	0.05	0.04
Tuyau 66	32.5	156.4	0.94	0.05	0.03
Tuyau 67	13.8	156.4	0.70	0.04	0.02
Tuyau 68	10.1	299.8	-7.18	0.10	0.05
Tuyau 69	95.2	51.4	0.09	0.04	0.06
Tuyau 70	30.0	156.4	-1.31	0.07	0.06
Tuyau 71	326.3	299.8	20.79	0.29	0.42
Tuyau 72	289.3	72.8	1.13	0.27	2.34
Tuyau 74	79.8	51.4	0.37	0.18	1.70
Tuyau 75	80.5	51.4	0.22	0.10	0.60
Tuyau 76	62.5	51.4	0.37	0.18	1.72
Tuyau 77	73.7	51.4	0.24	0.12	0.75
Tuyau 78	86.8	51.4	0.08	0.04	0.05
Tuyau 79	16.8	347.6	3.62	0.04	0.00
Tuyau 80	13.4	299.8	7.57	0.11	0.06
Tuyau 81	54.2	75.6	0.88	0.20	1.20
Tuyau 82	110.8	94.4	0.72	0.10	0.26
Tuyau 83	105.9	94.4	0.51	0.07	0.13
Tuyau 84	108.4	94.4	0.30	0.04	0.05
Tuyau 85	70.1	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 86	47.2	94.4	-0.01	0.00	0.00
Tuyau 87	72.5	94.4	-0.12	0.02	0.01
Tuyau 88	70.8	51.4	0.52	0.25	3.23
Tuyau 89	85.9	51.4	0.61	0.29	4.41
Tuyau 90	83.4	51.4	0.44	0.21	2.39
Tuyau 91	100.0	51.4	0.27	0.13	0.89
Tuyau 92	45.7	51.4	-0.90	0.43	9.41
Tuyau 93	53.8	51.4	0.80	0.39	7.53
Tuyau 94	46.5	51.4	0.70	0.34	5.84
Tuyau 95	62.0	252.0	2.19	0.04	0.01

Tuyau 96	78.0	252.0	2.05	0.04	0.01
Tuyau 97	105.8	252.0	1.87	0.04	0.01
Tuyau 98	65.8	252.0	2.31	0.05	0.02
Tuyau 99	42.5	51.4	0.11	0.05	0.10
Tuyau 100	35.3	51.4	0.03	0.02	0.02
Tuyau 101	86.0	51.4	0.08	0.04	0.05
Tuyau 102	67.2	299.8	-7.65	0.11	0.06
Tuyau 103	76.4	299.8	-7.79	0.11	0.06
Tuyau 104	92.1	299.8	-7.95	0.11	0.07
Tuyau 105	623.8	394.6	0.62	0.01	0.00
Tuyau 106	42.8	51.4	0.15	0.07	0.30
Tuyau 107	56.4	51.4	0.06	0.03	0.03
Tuyau 108	78.3	252.0	-2.71	0.05	0.02
Tuyau 109	10.0	299.8	-6.44	0.09	0.04
Tuyau 110	30.7	299.8	-7.36	0.10	0.06
Tuyau 111	87.8	51.4	0.09	0.04	0.05
Tuyau 112	24.2	51.4	-0.07	0.03	0.04
Tuyau 113	23.6	51.4	-0.02	0.01	0.01
Tuyau 114	44.5	51.4	0.43	0.21	2.21
Tuyau 115	64.1	51.4	0.32	0.15	1.28
Tuyau 116	71.8	51.4	0.19	0.09	0.47
Tuyau 117	60.4	51.4	0.06	0.03	0.04
Tuyau 118	62.5	51.4	0.06	0.03	0.04
Tuyau 119	30.9	299.8	-9.33	0.13	0.09
Tuyau 120	73.0	299.8	-9.94	0.14	0.10
Tuyau 121	39.6	299.8	-10.64	0.15	0.12
Tuyau 122	41.5	299.8	15.60	0.22	0.24
Tuyau 123	60.5	299.8	14.81	0.21	0.22
Tuyau 124	113.8	97.8	1.15	0.15	0.52
Tuyau 125	172.7	94.4	0.40	0.06	0.08
Tuyau 126	44.4	94.4	0.19	0.03	0.01
Tuyau 127	53.2	94.4	0.09	0.01	0.01
Tuyau 128	31.3	204.2	-0.94	0.03	0.01
Tuyau 129	56.7	204.2	-1.03	0.03	0.01
Tuyau 130	108.9	72.8	1.76	0.42	5.57
Tuyau 131	87.4	72.8	1.57	0.38	4.45
Tuyau 132	29.1	72.8	1.46	0.35	3.84
Tuyau 133	95.8	51.4	0.58	0.28	4.02
Tuyau 134	125.1	51.4	0.37	0.18	1.64
Tuyau 135	124.6	51.4	0.12	0.06	0.14
Tuyau 136	43.5	51.4	-0.26	0.13	0.89
Tuyau 137	66.8	51.4	-0.37	0.18	1.70
Tuyau 138	125.1	299.8	-17.42	0.25	0.30
Tuyau 139	96.4	299.8	-17.64	0.25	0.31
Tuyau 140	93.1	299.8	-18.87	0.27	0.35
Tuyau 141	31.9	299.8	-19.74	0.28	0.38
Tuyau 142	27.9	299.8	-20.05	0.28	0.39
Tuyau 143	38.9	51.4	0.04	0.02	0.02
Tuyau 144	150.2	299.8	0.66	0.01	0.00

Tuyau 145	46.7	72.8	1.00	0.24	1.86
Tuyau 146	41.6	53.4	0.92	0.41	8.00
Tuyau 147	78.2	51.4	0.80	0.39	7.50
Tuyau 148	6.3	51.4	0.21	0.10	0.57
Tuyau 149	41.4	51.4	0.16	0.08	0.36
Tuyau 150	71.7	51.4	0.44	0.21	2.33
Tuyau 151	71.3	51.4	0.30	0.14	1.12
Tuyau 152	117.4	51.4	0.11	0.06	0.11

## Cas \_ 2

La suite des résultats demande des nœuds est dans l'annexe V.1

<b>État des Nœuds du Réseau</b>				
	Altitude	Demande	Charge	Pression
ID Nœud	m	LPS	m	m
Nœud 6	1000.38	0.23	1059.86	59.48
Nœud 7	984.09	0.10	1059.77	75.68
Nœud 8	1016.91	0.17	1059.91	43.00
Nœud 9	1012.36	0.25	1059.90	47.54
Nœud 10	1016.01	0.12	1059.84	43.83
Nœud 11	1017.06	0.02	1059.84	42.77
Nœud 12	1012.53	0.06	1059.82	47.29
Nœud 13	1018.23	0.09	1059.94	41.71
Nœud 14	1011.62	0.11	1059.90	48.28
Nœud 15	1010.33	0.11	1059.89	49.56
Nœud 16	1011.61	0.07	1059.89	48.28
Nœud 17	1010.54	0.07	1059.89	49.35
Nœud 18	1009.93	0.11	1059.89	49.96
Nœud 19	1009.88	0.07	1059.89	50.01
Nœud 20	1008.86	0.11	1059.89	51.03
Nœud 21	1008.76	0.07	1059.89	51.12
Nœud 22	1008.04	0.11	1059.89	51.85
Nœud 23	1008.12	0.07	1059.88	51.76
Nœud 24	1004.81	0.24	1059.03	54.23
Nœud 25	1004.02	0.14	1058.88	54.85
Nœud 26	1004.99	0.02	1058.88	53.88
Nœud 27	1005.96	0.06	1058.88	52.92
Nœud 28	1001.61	0.06	1058.86	57.25
Nœud 29	1000.72	0.08	1059.03	58.31
Nœud 30	1005.30	0.19	1059.85	54.55
Nœud 31	1007.12	0.13	1059.86	52.74
Nœud 32	1006.54	0.09	1059.85	53.31
Nœud 33	1007.48	0.09	1059.85	52.37
Nœud 34	1008.28	0.23	1059.86	51.57
Nœud 35	1008.85	0.10	1059.85	51.01
Nœud 37	1008.61	0.09	1059.86	51.24
Nœud 38	1011.52	0.10	1059.86	48.34
Nœud 39	1011.54	0.23	1059.87	48.33
Nœud 40	1009.65	0.09	1059.86	50.21
Nœud 41	1013.60	0.10	1059.86	46.26
Nœud 42	1013.17	0.18	1059.87	46.70
Nœud 43	1010.63	0.09	1059.87	49.24
Nœud 44	1011.45	0.09	1059.88	48.42
Nœud 45	1014.31	0.14	1059.88	45.58
Nœud 158	1011.67	0.47	1058.15	46.48
Nœud 47	1010.88	0.19	1057.99	47.11
Nœud 48	1010.72	0.10	1057.98	47.25
Nœud 49	1008.32	0.04	1057.97	49.65

Nœud 50	1005.68	0.03	1057.95	52.27
Nœud 51	1012.38	0.03	1057.97	45.60
Nœud 52	1021.68	0.14	1058.11	36.43
Nœud 53	1004.87	0.04	1059.84	54.97
Nœud 54	1004.59	0.05	1059.84	55.25
Nœud 55	1004.75	0.06	1059.83	55.08
Nœud 56	1004.95	0.03	1059.83	54.88
Nœud 57	1005.09	0.01	1059.83	54.75
Nœud 58	1004.27	0.01	1059.83	55.57
Nœud 59	1003.23	0.01	1059.83	56.61
Nœud 60	1003.96	0.01	1059.84	55.88
Nœud 61	1004.18	0.01	1059.84	55.66
Nœud 62	1001.89	0.14	1059.85	57.96
Nœud 63	1001.73	0.06	1059.85	58.12
Nœud 64	1000.29	0.11	1059.85	59.56
Nœud 65	999.07	0.09	1059.85	60.78
Nœud 66	1011.27	0.18	1059.78	48.50
Nœud 67	996.16	0.31	1059.85	63.69
Nœud 68	1003.17	0.10	1059.84	56.67
Nœud 69	1003.60	0.11	1059.38	55.78
Nœud 70	999.54	0.07	1059.39	59.85
Nœud 71	1010.08	0.03	1059.59	49.51
Nœud 72	1011.85	0.03	1059.67	47.82
Nœud 73	1009.56	0.13	1059.59	50.03
Nœud 74	1003.10	0.26	1059.39	56.29
Nœud 75	992.81	0.04	1058.69	65.88
Nœud 76	991.30	0.07	1058.69	67.39
Nœud 77	991.78	0.03	1058.84	67.05
Nœud 78	995.24	0.07	1058.84	63.60
Nœud 79	1002.42	0.12	1059.83	57.41
Nœud 80	1013.71	0.04	1059.84	46.13
Nœud 81	1010.61	0.18	1059.85	49.23
Nœud 82	1001.50	0.23	1059.85	58.35
Nœud 83	1009.31	0.08	1059.67	50.35
Nœud 84	1012.61	0.70	1059.85	47.23
Nœud 85	998.67	0.06	1059.85	61.18
Nœud 86	999.53	0.06	1059.85	60.32
Nœud 87	999.81	0.18	1059.86	60.05
Nœud 88	1000.79	0.17	1059.86	59.07
Nœud 89	992.85	0.11	1059.69	66.84
Nœud 90	987.00	0.11	1059.60	72.60
Nœud 91	985.89	0.07	1059.44	73.55
Nœud 92	985.47	0.06	1059.58	74.11
Nœud 93	983.32	0.08	1059.18	75.86
Nœud 94	1008.16	0.15	1059.85	51.69
Nœud 95	993.53	0.25	1058.84	65.31
Nœud 96	1010.12	0.23	1059.86	49.74
Nœud 97	1018.26	0.45	1058.82	40.56
Nœud 98	1005.11	0.13	1057.95	52.84

Nœud 99	993.61	0.15	1058.69	65.08
Nœud 100	995.83	0.15	1059.63	63.80
Nœud 101	992.45	0.16	1059.49	67.04
Nœud 102	988.44	0.15	1059.44	71.00
Nœud 103	986.64	0.21	1059.77	73.13
Nœud 104	985.66	0.10	1059.77	74.11
Nœud 105	982.76	0.12	1059.77	77.01
Nœud 106	982.89	0.18	1059.77	76.88
Nœud 107	995.45	0.13	1059.71	64.26
Nœud 108	992.42	0.16	1059.65	67.24
Nœud 109	988.26	0.08	1059.65	71.39
Nœud 110	987.62	0.18	1059.18	71.57
Nœud 111	991.26	0.18	1059.27	68.02
Nœud 112	994.34	0.17	1059.47	65.13
Nœud 113	998.31	0.18	1059.85	61.54
Nœud 114	997.75	0.35	1059.85	62.10
Nœud 115	994.57	0.16	1059.80	65.23
Nœud 116	989.99	0.21	1059.78	69.79
Nœud 117	986.75	0.21	1059.77	73.02
Nœud 118	990.42	0.13	1059.61	69.19
Nœud 119	987.05	0.13	1059.58	72.53
Nœud 120	994.43	0.11	1058.73	64.30
Nœud 121	991.02	0.08	1058.84	67.82
Nœud 122	1000.07	0.12	1059.43	59.35
Nœud 123	1000.56	0.09	1059.76	59.20
Nœud 124	995.62	0.22	1059.85	64.23
Nœud 125	996.01	0.14	1059.69	63.69
Nœud 126	1012.51	0.10	1059.90	47.38
Nœud 127	1006.64	0.13	1059.88	53.24
Nœud 128	1006.78	0.08	1059.88	53.10
Nœud 129	1015.94	0.10	1059.82	43.89
Nœud 130	1018.28	0.14	1059.92	41.64
Nœud 131	1019.13	0.18	1059.94	40.80
Nœud 132	1014.26	0.12	1059.91	45.65
Nœud 133	1002.04	0.10	1058.86	56.82
Nœud 134	1003.78	0.05	1058.88	55.09
Nœud 136	1007.36	0.09	1059.88	52.52
Nœud 137	992.71	0.18	1059.61	66.90
Nœud 138	994.28	0.32	1059.79	65.51
Nœud 139	1015.59	0.10	1059.46	43.88
Nœud 141	1017.89	0.10	1059.08	41.19
Nœud 142	1002.65	0.14	1059.88	57.23
Nœud 143	1000.37	0.16	1059.87	59.50
Nœud 144	1003.72	0.05	1058.87	55.16
Nœud 145	1019.82	0.19	1059.34	39.52
Nœud 146	1019.80	0.11	1058.94	39.14
Nœud 147	1009.34	0.22	1058.44	49.10
Nœud 148	1000.05	0.24	1058.23	58.19
Nœud 149	996.47	0.12	1058.22	61.75

Nœud 150	1029.35	0.66	1060.02	30.67
Nœud 151	1019.33	0.39	1059.96	40.63
Nœud 152	1063.41	0.62	1059.90	-3.51
Nœud 153	1011.62	0.69	1059.90	48.28
Nœud 154	998.51	0.08	1059.82	61.30
Nœud 155	1016.56	0.04	1059.90	43.34
Nœud 160	1032.68	0.00	976.27	-56.41
Réservoir 1	1037.93	0.00	1039.93	2.00
Réservoir 2	1058.13	-20.79	1060.13	2.00
Réservoir 3	1065.91	0.00	1067.91	2.00

La suite des résultats des conduites est dans l'annexe V.2

<b>État des Arcs du Réseau</b>					
	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Pert. Charge Unit.
ID Arc	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tuyau 1	145.7	51.4	-0.14	0.07	0.24
Tuyau 2	50.9	51.4	0.51	0.25	3.15
Tuyau 3	30.0	51.4	0.17	0.08	0.38
Tuyau 4	32.8	51.4	0.03	0.02	0.02
Tuyau 5	38.8	51.4	0.04	0.02	0.02
Tuyau 6	109.5	51.4	0.16	0.08	0.33
Tuyau 7	25.8	51.4	0.03	0.01	0.01
Tuyau 8	105.1	51.4	-0.10	0.05	0.08
Tuyau 9	20.0	51.4	0.02	0.01	0.01
Tuyau 10	59.3	51.4	-0.29	0.14	1.06
Tuyau 11	116.7	252.0	-4.20	0.08	0.05
Tuyau 12	75.0	51.4	0.07	0.04	0.04
Tuyau 13	29.4	299.8	10.60	0.15	0.12
Tuyau 14	74.6	51.4	0.07	0.04	0.04
Tuyau 15	12.8	299.8	10.41	0.15	0.11
Tuyau 16	73.7	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 17	29.4	299.8	10.23	0.14	0.11
Tuyau 18	73.0	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 19	71.8	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 20	95.4	51.4	-0.09	0.04	0.06
Tuyau 21	94.9	51.4	-0.09	0.04	0.06
Tuyau 22	95.6	51.4	-0.09	0.05	0.06
Tuyau 23	100.9	51.4	0.10	0.05	0.07
Tuyau 24	100.9	51.4	0.10	0.05	0.07
Tuyau 25	93.3	51.4	-0.09	0.04	0.06
Tuyau 26	98.9	51.4	0.10	0.05	0.07
Tuyau 27	92.2	51.4	-0.09	0.04	0.06
Tuyau 28	27.6	156.4	3.10	0.16	0.31
Tuyau 29	13.6	156.4	2.68	0.14	0.24
Tuyau 30	11.5	156.4	1.83	0.10	0.11
Tuyau 31	31.1	156.4	1.61	0.08	0.09
Tuyau 32	13.4	51.4	0.23	0.11	0.68
Tuyau 33	18.3	51.4	0.18	0.09	0.42
Tuyau 34	24.7	51.4	0.12	0.06	0.12
Tuyau 35	19.7	51.4	0.05	0.02	0.03
Tuyau 159	6.5	51.4	0.01	0.00	0.00
Tuyau 37	10.1	51.4	0.01	0.00	0.01
Tuyau 38	10.4	51.4	0.01	0.00	0.01
Tuyau 39	11.9	51.4	0.01	0.01	0.01
Tuyau 40	9.2	51.4	0.01	0.00	0.00
Tuyau 41	44.7	156.4	0.38	0.02	0.00
Tuyau 42	63.9	51.4	0.06	0.03	0.04
Tuyau 43	39.3	156.4	0.18	0.01	0.00
Tuyau 44	106.9	51.4	0.81	0.39	7.66
Tuyau 45	59.3	51.4	-0.06	0.03	0.04

Tuyau 46	16.7	156.4	0.00	0.00	0.00
Tuyau 47	11.3	299.8	-5.96	0.08	0.04
Tuyau 48	15.4	51.4	0.45	0.22	2.46
Tuyau 49	61.5	51.4	0.06	0.03	0.04
Tuyau 50	84.4	299.8	3.78	0.05	0.02
Tuyau 51	87.0	51.4	0.08	0.04	0.05
Tuyau 52	56.6	51.4	0.48	0.23	2.78
Tuyau 53	179.6	51.4	0.18	0.08	0.41
Tuyau 54	43.4	51.4	0.04	0.02	0.03
Tuyau 55	70.2	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 56	69.0	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 57	127.6	51.4	0.12	0.06	0.15
Tuyau 58	29.5	51.4	0.72	0.35	6.03
Tuyau 59	35.5	51.4	0.03	0.02	0.02
Tuyau 60	18.4	51.4	0.60	0.29	4.28
Tuyau 61	30.2	51.4	0.03	0.01	0.02
Tuyau 62	85.0	51.4	0.44	0.21	2.35
Tuyau 63	67.6	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 64	115.2	51.4	0.11	0.05	0.10
Tuyau 65	5.4	156.4	4.52	0.24	0.63
Tuyau 66	32.5	156.4	4.48	0.23	0.62
Tuyau 67	13.8	156.4	4.25	0.22	0.57
Tuyau 68	10.1	299.8	10.05	0.14	0.10
Tuyau 69	95.2	51.4	0.09	0.04	0.06
Tuyau 70	30.0	156.4	2.25	0.12	0.17
Tuyau 71	326.3	299.8	0.00	0.00	0.00
Tuyau 72	289.3	72.8	1.13	0.27	2.34
Tuyau 74	79.8	51.4	0.37	0.18	1.70
Tuyau 75	80.5	51.4	0.22	0.10	0.60
Tuyau 76	62.5	51.4	0.37	0.18	1.72
Tuyau 77	73.7	51.4	0.24	0.12	0.75
Tuyau 78	86.8	51.4	0.08	0.04	0.05
Tuyau 79	16.8	347.6	-7.22	0.08	0.02
Tuyau 80	13.4	299.8	-9.65	0.14	0.09
Tuyau 81	54.2	75.6	0.78	0.17	0.94
Tuyau 82	110.8	94.4	0.62	0.09	0.19
Tuyau 83	105.9	94.4	0.41	0.06	0.09
Tuyau 84	108.4	94.4	0.20	0.03	0.01
Tuyau 85	70.1	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 86	47.2	94.4	0.10	0.01	0.00
Tuyau 87	72.5	94.4	-0.02	0.00	0.00
Tuyau 88	70.8	51.4	0.52	0.25	3.23
Tuyau 89	85.9	51.4	0.61	0.29	4.41
Tuyau 90	83.4	51.4	0.44	0.21	2.39
Tuyau 91	100.0	51.4	0.27	0.13	0.89
Tuyau 92	45.7	51.4	-0.88	0.42	8.99
Tuyau 93	53.8	51.4	0.78	0.38	7.15
Tuyau 94	46.5	51.4	0.68	0.33	5.50
Tuyau 95	62.0	252.0	-8.66	0.17	0.19

Tuyau 96	78.0	252.0	-8.79	0.18	0.20
Tuyau 97	105.8	252.0	-8.97	0.18	0.20
Tuyau 98	65.8	252.0	-8.53	0.17	0.18
Tuyau 99	42.5	51.4	0.11	0.05	0.10
Tuyau 100	35.3	51.4	0.03	0.02	0.02
Tuyau 101	86.0	51.4	0.08	0.04	0.05
Tuyau 102	67.2	299.8	9.57	0.14	0.09
Tuyau 103	76.4	299.8	9.43	0.13	0.09
Tuyau 104	92.1	299.8	9.27	0.13	0.09
Tuyau 105	623.8	394.6	0.62	0.01	0.00
Tuyau 106	42.8	51.4	0.15	0.07	0.30
Tuyau 107	56.4	51.4	0.06	0.03	0.03
Tuyau 108	78.3	252.0	3.66	0.07	0.04
Tuyau 109	10.0	299.8	10.78	0.15	0.12
Tuyau 110	30.7	299.8	9.87	0.14	0.10
Tuyau 111	87.8	51.4	0.09	0.04	0.05
Tuyau 112	24.2	51.4	-0.07	0.03	0.04
Tuyau 113	23.6	51.4	-0.02	0.01	0.02
Tuyau 114	44.5	51.4	0.43	0.21	2.21
Tuyau 115	64.1	51.4	0.32	0.15	1.28
Tuyau 116	71.8	51.4	0.19	0.09	0.47
Tuyau 117	60.4	51.4	0.06	0.03	0.04
Tuyau 118	62.5	51.4	0.06	0.03	0.04
Tuyau 119	30.9	299.8	7.79	0.11	0.06
Tuyau 120	73.0	299.8	7.18	0.10	0.06
Tuyau 121	39.6	299.8	6.48	0.09	0.04
Tuyau 122	41.5	299.8	-5.08	0.07	0.03
Tuyau 123	60.5	299.8	-5.88	0.08	0.04
Tuyau 124	113.8	97.8	1.25	0.17	0.61
Tuyau 125	172.7	94.4	0.50	0.07	0.13
Tuyau 126	44.4	94.4	0.29	0.04	0.05
Tuyau 127	53.2	94.4	0.19	0.03	0.01
Tuyau 128	31.3	204.2	8.98	0.27	0.60
Tuyau 129	56.7	204.2	8.90	0.27	0.59
Tuyau 130	108.9	72.8	1.78	0.43	5.70
Tuyau 131	87.4	72.8	1.59	0.38	4.56
Tuyau 132	29.1	72.8	1.48	0.35	3.95
Tuyau 133	95.8	51.4	0.58	0.28	4.02
Tuyau 134	125.1	51.4	0.37	0.18	1.64
Tuyau 135	124.6	51.4	0.12	0.06	0.14
Tuyau 136	43.5	51.4	-0.26	0.13	0.89
Tuyau 137	66.8	51.4	-0.37	0.18	1.70
Tuyau 138	125.1	299.8	3.37	0.05	0.01
Tuyau 139	96.4	299.8	3.15	0.04	0.01
Tuyau 140	93.1	299.8	1.92	0.03	0.00
Tuyau 141	31.9	299.8	1.05	0.01	0.00
Tuyau 142	27.9	299.8	0.74	0.01	0.00
Tuyau 143	38.9	51.4	0.04	0.02	0.02
Tuyau 144	150.2	299.8	-20.12	0.29	0.40

Tuyau 145	46.7	72.8	1.00	0.24	1.86
Tuyau 146	41.6	53.4	0.92	0.41	8.00
Tuyau 147	78.2	51.4	0.80	0.39	7.50
Tuyau 148	6.3	51.4	0.21	0.10	0.56
Tuyau 149	41.4	51.4	0.16	0.08	0.36
Tuyau 150	71.7	51.4	0.44	0.21	2.33
Tuyau 151	71.3	51.4	0.30	0.14	1.12
Tuyau 152	117.4	51.4	0.11	0.06	0.11
Tuyau 153	4.1	394.6	0.00	0.00	0.00
Tuyau 154	265.0	299.8	20.79	0.29	0.42

## Cas \_ 3

<b>État des Nœuds du Réseau</b>				
	Altitude	Demande	Charge	Pression
ID Nœud	m	LPS	m	m
Nœud 6	1000.38	0.23	1067.81	67.43
Nœud 7	984.09	0.10	1067.71	83.62
Nœud 8	1016.91	0.17	1067.84	50.93
Nœud 9	1012.36	0.25	1067.84	55.48
Nœud 10	1016.01	0.12	1067.78	51.77
Nœud 11	1017.06	0.02	1067.78	50.72
Nœud 12	1012.53	0.06	1067.77	55.23
Nœud 13	1018.23	0.09	1067.84	49.61
Nœud 14	1011.62	0.11	1067.85	56.23
Nœud 15	1010.33	0.11	1067.84	57.51
Nœud 16	1011.61	0.07	1067.84	56.23
Nœud 17	1010.54	0.07	1067.84	57.30
Nœud 18	1009.93	0.11	1067.84	57.91
Nœud 19	1009.88	0.07	1067.84	57.96
Nœud 20	1008.86	0.11	1067.84	58.98
Nœud 21	1008.76	0.07	1067.83	59.07
Nœud 22	1008.04	0.11	1067.84	59.80
Nœud 23	1008.12	0.07	1067.83	59.71
Nœud 24	1004.81	0.24	1066.98	62.17
Nœud 25	1004.02	0.14	1066.82	62.80
Nœud 26	1004.99	0.02	1066.82	61.83
Nœud 27	1005.96	0.06	1066.82	60.86
Nœud 28	1001.61	0.06	1066.80	65.19
Nœud 29	1000.72	0.08	1066.98	66.26
Nœud 30	1005.30	0.19	1067.80	62.50
Nœud 31	1007.12	0.13	1067.80	60.68
Nœud 32	1006.54	0.09	1067.80	61.25
Nœud 33	1007.48	0.09	1067.80	60.32
Nœud 34	1008.28	0.23	1067.80	59.52
Nœud 35	1008.85	0.10	1067.79	58.95
Nœud 37	1008.61	0.09	1067.80	59.18
Nœud 38	1011.52	0.10	1067.80	56.28
Nœud 39	1011.54	0.23	1067.81	56.27
Nœud 40	1009.65	0.09	1067.80	58.15
Nœud 41	1013.60	0.10	1067.80	54.20
Nœud 42	1013.17	0.18	1067.81	54.64
Nœud 43	1010.63	0.09	1067.81	57.18
Nœud 44	1011.45	0.09	1067.81	56.36
Nœud 45	1014.31	0.14	1067.82	53.51
Nœud 158	1011.67	0.47	1066.05	54.38
Nœud 47	1010.88	0.19	1065.89	55.01
Nœud 48	1010.72	0.10	1065.88	55.15
Nœud 49	1008.32	0.04	1065.87	57.55

Nœud 50	1005.68	0.03	1065.85	60.17
Nœud 51	1012.38	0.03	1065.87	53.50
Nœud 52	1021.68	0.14	1066.01	44.33
Nœud 53	1004.87	0.04	1067.79	62.92
Nœud 54	1004.59	0.05	1067.78	63.19
Nœud 55	1004.75	0.06	1067.78	63.03
Nœud 56	1004.95	0.03	1067.78	62.83
Nœud 57	1005.09	0.01	1067.78	62.69
Nœud 58	1004.27	0.01	1067.78	63.51
Nœud 59	1003.23	0.01	1067.78	64.55
Nœud 60	1003.96	0.01	1067.78	63.82
Nœud 61	1004.18	0.01	1067.79	63.61
Nœud 62	1001.89	0.14	1067.80	65.91
Nœud 63	1001.73	0.06	1067.80	66.07
Nœud 64	1000.29	0.11	1067.80	67.51
Nœud 65	999.07	0.09	1067.80	68.73
Nœud 66	1011.27	0.18	1067.72	56.45
Nœud 67	996.16	0.31	1067.79	71.64
Nœud 68	1003.17	0.10	1067.79	64.62
Nœud 69	1003.60	0.11	1067.32	63.73
Nœud 70	999.54	0.07	1067.33	67.79
Nœud 71	1010.08	0.03	1067.53	57.45
Nœud 72	1011.85	0.03	1067.61	55.76
Nœud 73	1009.56	0.13	1067.53	57.98
Nœud 74	1003.10	0.26	1067.34	64.24
Nœud 75	992.81	0.04	1066.63	73.82
Nœud 76	991.30	0.07	1066.63	75.33
Nœud 77	991.78	0.03	1066.78	75.00
Nœud 78	995.24	0.07	1066.78	71.55
Nœud 79	1002.42	0.12	1067.77	65.36
Nœud 80	1013.71	0.04	1067.79	54.08
Nœud 81	1010.61	0.18	1067.79	57.18
Nœud 82	1001.50	0.23	1067.79	66.30
Nœud 83	1009.31	0.08	1067.61	58.30
Nœud 84	1012.61	0.70	1067.79	55.18
Nœud 85	998.67	0.06	1067.80	69.13
Nœud 86	999.53	0.06	1067.80	68.27
Nœud 87	999.81	0.18	1067.80	67.99
Nœud 88	1000.79	0.17	1067.81	67.02
Nœud 89	992.85	0.11	1067.64	74.79
Nœud 90	987.00	0.11	1067.55	80.55
Nœud 91	985.89	0.07	1067.39	81.50
Nœud 92	985.47	0.06	1067.52	82.05
Nœud 93	983.32	0.08	1067.12	83.81
Nœud 94	1008.16	0.15	1067.79	59.63
Nœud 95	993.53	0.25	1066.79	73.26
Nœud 96	1010.12	0.23	1067.80	57.68
Nœud 97	1018.26	0.45	1066.72	48.46
Nœud 98	1005.11	0.13	1065.85	60.74

Nœud 99	993.61	0.15	1066.63	73.03
Nœud 100	995.83	0.15	1067.57	71.74
Nœud 101	992.45	0.16	1067.44	74.99
Nœud 102	988.44	0.15	1067.39	78.95
Nœud 103	986.64	0.21	1067.72	81.08
Nœud 104	985.66	0.10	1067.71	82.05
Nœud 105	982.76	0.12	1067.71	84.96
Nœud 106	982.89	0.18	1067.71	84.82
Nœud 107	995.45	0.13	1067.65	72.21
Nœud 108	992.42	0.16	1067.60	75.18
Nœud 109	988.26	0.08	1067.59	79.34
Nœud 110	987.62	0.18	1067.13	79.51
Nœud 111	991.26	0.18	1067.22	75.96
Nœud 112	994.34	0.17	1067.42	73.08
Nœud 113	998.31	0.18	1067.80	69.48
Nœud 114	997.75	0.35	1067.80	70.05
Nœud 115	994.57	0.16	1067.74	73.17
Nœud 116	989.99	0.21	1067.72	77.74
Nœud 117	986.75	0.21	1067.71	80.97
Nœud 118	990.42	0.13	1067.56	77.14
Nœud 119	987.05	0.13	1067.52	80.48
Nœud 120	994.43	0.11	1066.67	72.25
Nœud 121	991.02	0.08	1066.78	75.76
Nœud 122	1000.07	0.12	1067.37	67.30
Nœud 123	1000.56	0.09	1067.70	67.15
Nœud 124	995.62	0.22	1067.79	72.18
Nœud 125	996.01	0.14	1067.64	71.63
Nœud 126	1012.51	0.10	1067.85	55.33
Nœud 127	1006.64	0.13	1067.83	61.19
Nœud 128	1006.78	0.08	1067.83	61.05
Nœud 129	1015.94	0.10	1067.77	51.83
Nœud 130	1018.28	0.14	1067.84	49.57
Nœud 131	1019.13	0.18	1067.84	48.71
Nœud 132	1014.26	0.12	1067.85	53.58
Nœud 133	1002.04	0.10	1066.80	64.77
Nœud 134	1003.78	0.05	1066.82	63.04
Nœud 136	1007.36	0.09	1067.83	60.46
Nœud 137	992.71	0.18	1067.56	74.85
Nœud 138	994.28	0.32	1067.74	73.46
Nœud 139	1015.59	0.10	1067.39	51.80
Nœud 141	1017.89	0.10	1066.99	49.10
Nœud 142	1002.65	0.14	1067.82	65.18
Nœud 143	1000.37	0.16	1067.82	67.45
Nœud 144	1003.72	0.05	1066.82	63.10
Nœud 145	1019.82	0.19	1067.23	47.41
Nœud 146	1019.80	0.11	1066.84	47.04
Nœud 147	1009.34	0.22	1066.34	57.00
Nœud 148	1000.05	0.24	1066.13	66.09
Nœud 149	996.47	0.12	1066.12	69.65

Nœud 150	1029.35	0.66	1067.84	38.49
Nœud 151	1019.33	0.39	1067.84	48.51
Nœud 152	1063.41	0.62	1067.91	4.50
Nœud 153	1011.62	0.69	1067.85	56.23
Nœud 154	998.51	0.08	1067.76	69.25
Nœud 155	1016.56	0.04	1067.84	51.28
Nœud 160	1032.68	0.00	979.06	-53.62
Réservoir 1	1037.93	0.00	1039.93	2.00
Réservoir 2	1058.13	0.00	1060.13	2.00
Réservoir 3	1065.91	-20.79	1067.91	2.00

État des Arcs du Réseau					
	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Pert. Charge Unit.
ID Arc	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tuyau 1	145.7	51.4	-0.14	0.07	0.24
Tuyau 2	50.9	51.4	0.51	0.25	3.15
Tuyau 3	30.0	51.4	0.17	0.08	0.38
Tuyau 4	32.8	51.4	0.03	0.02	0.02
Tuyau 5	38.8	51.4	0.04	0.02	0.02
Tuyau 6	109.5	51.4	0.16	0.08	0.33
Tuyau 7	25.8	51.4	0.03	0.01	0.01
Tuyau 8	105.1	51.4	-0.10	0.05	0.08
Tuyau 9	20.0	51.4	0.02	0.01	0.01
Tuyau 10	59.3	51.4	-0.29	0.14	1.06
Tuyau 11	116.7	252.0	3.85	0.08	0.04
Tuyau 12	75.0	51.4	0.07	0.04	0.04
Tuyau 13	29.4	299.8	11.05	0.16	0.13
Tuyau 14	74.6	51.4	0.07	0.04	0.04
Tuyau 15	12.8	299.8	10.87	0.15	0.12
Tuyau 16	73.7	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 17	29.4	299.8	10.68	0.15	0.12
Tuyau 18	73.0	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 19	71.8	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 20	95.4	51.4	-0.09	0.04	0.06
Tuyau 21	94.9	51.4	-0.09	0.04	0.06
Tuyau 22	95.6	51.4	-0.09	0.05	0.06
Tuyau 23	100.9	51.4	0.10	0.05	0.07
Tuyau 24	100.9	51.4	0.10	0.05	0.07
Tuyau 25	93.3	51.4	-0.09	0.04	0.06
Tuyau 26	98.9	51.4	0.10	0.05	0.07
Tuyau 27	92.2	51.4	-0.09	0.04	0.06
Tuyau 28	27.6	156.4	2.65	0.14	0.23
Tuyau 29	13.6	156.4	2.22	0.12	0.16
Tuyau 30	11.5	156.4	1.38	0.07	0.06
Tuyau 31	31.1	156.4	1.16	0.06	0.05
Tuyau 32	13.4	51.4	0.23	0.11	0.68
Tuyau 33	18.3	51.4	0.18	0.09	0.43
Tuyau 34	24.7	51.4	0.12	0.06	0.12
Tuyau 35	19.7	51.4	0.05	0.02	0.03
Tuyau 159	6.5	51.4	0.01	0.00	0.00
Tuyau 37	10.1	51.4	0.01	0.00	0.01
Tuyau 38	10.4	51.4	0.01	0.00	0.01
Tuyau 39	11.9	51.4	0.01	0.01	0.01
Tuyau 40	9.2	51.4	0.01	0.00	0.01
Tuyau 41	44.7	156.4	-0.07	0.00	0.00
Tuyau 42	63.9	51.4	0.06	0.03	0.04
Tuyau 43	39.3	156.4	-0.28	0.01	0.00
Tuyau 44	106.9	51.4	0.81	0.39	7.66
Tuyau 45	59.3	51.4	-0.06	0.03	0.04

Tuyau 46	16.7	156.4	-0.45	0.02	0.01
Tuyau 47	11.3	299.8	-6.41	0.09	0.05
Tuyau 48	15.4	51.4	0.45	0.22	2.46
Tuyau 49	61.5	51.4	0.06	0.03	0.04
Tuyau 50	84.4	299.8	3.78	0.05	0.02
Tuyau 51	87.0	51.4	0.08	0.04	0.05
Tuyau 52	56.6	51.4	0.48	0.23	2.77
Tuyau 53	179.6	51.4	0.18	0.08	0.41
Tuyau 54	43.4	51.4	0.04	0.02	0.03
Tuyau 55	70.2	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 56	69.0	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 57	127.6	51.4	0.12	0.06	0.15
Tuyau 58	29.5	51.4	0.72	0.35	6.03
Tuyau 59	35.5	51.4	0.03	0.02	0.02
Tuyau 60	18.4	51.4	0.60	0.29	4.27
Tuyau 61	30.2	51.4	0.03	0.01	0.02
Tuyau 62	85.0	51.4	0.44	0.21	2.35
Tuyau 63	67.6	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 64	115.2	51.4	0.11	0.05	0.10
Tuyau 65	5.4	156.4	4.08	0.21	0.52
Tuyau 66	32.5	156.4	4.04	0.21	0.51
Tuyau 67	13.8	156.4	3.81	0.20	0.46
Tuyau 68	10.1	299.8	10.50	0.15	0.11
Tuyau 69	95.2	51.4	0.09	0.04	0.06
Tuyau 70	30.0	156.4	1.80	0.09	0.11
Tuyau 71	326.3	299.8	0.00	0.00	0.00
Tuyau 72	289.3	72.8	1.13	0.27	2.34
Tuyau 74	79.8	51.4	0.37	0.18	1.70
Tuyau 75	80.5	51.4	0.22	0.10	0.60
Tuyau 76	62.5	51.4	0.37	0.18	1.72
Tuyau 77	73.7	51.4	0.24	0.12	0.75
Tuyau 78	86.8	51.4	0.08	0.04	0.05
Tuyau 79	16.8	347.6	-15.73	0.17	0.11
Tuyau 80	13.4	299.8	-10.10	0.14	0.11
Tuyau 81	54.2	75.6	0.78	0.17	0.94
Tuyau 82	110.8	94.4	0.62	0.09	0.19
Tuyau 83	105.9	94.4	0.41	0.06	0.09
Tuyau 84	108.4	94.4	0.20	0.03	0.01
Tuyau 85	70.1	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 86	47.2	94.4	0.10	0.01	0.01
Tuyau 87	72.5	94.4	-0.02	0.00	0.00
Tuyau 88	70.8	51.4	0.52	0.25	3.23
Tuyau 89	85.9	51.4	0.61	0.29	4.41
Tuyau 90	83.4	51.4	0.44	0.21	2.39
Tuyau 91	100.0	51.4	0.27	0.13	0.89
Tuyau 92	45.7	51.4	-0.89	0.43	9.28
Tuyau 93	53.8	51.4	0.80	0.38	7.41
Tuyau 94	46.5	51.4	0.70	0.34	5.74
Tuyau 95	62.0	252.0	3.62	0.07	0.04

Tuyau 96	78.0	252.0	3.48	0.07	0.03
Tuyau 97	105.8	252.0	3.31	0.07	0.03
Tuyau 98	65.8	252.0	3.75	0.08	0.04
Tuyau 99	42.5	51.4	0.11	0.05	0.10
Tuyau 100	35.3	51.4	0.03	0.02	0.02
Tuyau 101	86.0	51.4	0.08	0.04	0.05
Tuyau 102	67.2	299.8	10.03	0.14	0.10
Tuyau 103	76.4	299.8	9.89	0.14	0.10
Tuyau 104	92.1	299.8	9.72	0.14	0.10
Tuyau 105	623.8	394.6	-20.17	0.16	0.10
Tuyau 106	42.8	51.4	0.15	0.07	0.30
Tuyau 107	56.4	51.4	0.06	0.03	0.03
Tuyau 108	78.3	252.0	-4.39	0.09	0.05
Tuyau 109	10.0	299.8	11.24	0.16	0.13
Tuyau 110	30.7	299.8	10.32	0.15	0.11
Tuyau 111	87.8	51.4	0.09	0.04	0.05
Tuyau 112	24.2	51.4	-0.07	0.03	0.04
Tuyau 113	23.6	51.4	-0.02	0.01	0.01
Tuyau 114	44.5	51.4	0.43	0.21	2.21
Tuyau 115	64.1	51.4	0.32	0.15	1.28
Tuyau 116	71.8	51.4	0.19	0.09	0.47
Tuyau 117	60.4	51.4	0.06	0.03	0.04
Tuyau 118	62.5	51.4	0.06	0.03	0.04
Tuyau 119	30.9	299.8	8.24	0.12	0.07
Tuyau 120	73.0	299.8	7.63	0.11	0.06
Tuyau 121	39.6	299.8	6.93	0.10	0.05
Tuyau 122	41.5	299.8	-5.08	0.07	0.03
Tuyau 123	60.5	299.8	-5.87	0.08	0.04
Tuyau 124	113.8	97.8	1.25	0.17	0.61
Tuyau 125	172.7	94.4	0.50	0.07	0.13
Tuyau 126	44.4	94.4	0.29	0.04	0.05
Tuyau 127	53.2	94.4	0.20	0.03	0.01
Tuyau 128	31.3	204.2	0.49	0.01	0.00
Tuyau 129	56.7	204.2	0.40	0.01	0.00
Tuyau 130	108.9	72.8	1.77	0.42	5.61
Tuyau 131	87.4	72.8	1.58	0.38	4.48
Tuyau 132	29.1	72.8	1.46	0.35	3.87
Tuyau 133	95.8	51.4	0.58	0.28	4.02
Tuyau 134	125.1	51.4	0.37	0.18	1.64
Tuyau 135	124.6	51.4	0.12	0.06	0.14
Tuyau 136	43.5	51.4	-0.26	0.13	0.89
Tuyau 137	66.8	51.4	-0.37	0.18	1.70
Tuyau 138	125.1	299.8	3.37	0.05	0.01
Tuyau 139	96.4	299.8	3.15	0.04	0.01
Tuyau 140	93.1	299.8	1.92	0.03	0.00
Tuyau 141	31.9	299.8	1.05	0.01	0.00
Tuyau 142	27.9	299.8	0.74	0.01	0.00
Tuyau 143	38.9	51.4	0.04	0.02	0.02
Tuyau 144	150.2	299.8	0.66	0.01	0.00

Tuyau 145	46.7	72.8	1.00	0.24	1.86
Tuyau 146	41.6	53.4	0.92	0.41	8.00
Tuyau 147	78.2	51.4	0.80	0.39	7.50
Tuyau 148	6.3	51.4	0.21	0.10	0.56
Tuyau 149	41.4	51.4	0.16	0.08	0.36
Tuyau 150	71.7	51.4	0.44	0.21	2.33
Tuyau 151	71.3	51.4	0.30	0.14	1.12
Tuyau 152	117.4	51.4	0.11	0.06	0.11
Tuyau 153	4.1	394.6	20.79	0.17	0.11

## Cas \_ 4

<b>État des Nœuds du Réseau</b>				
	Altitude	Demande	Charge	Pression
ID Nœud	m	LPS	m	m
Nœud 6	1000.38	0.23	1057.14	56.76
Nœud 7	984.09	0.10	1055.16	71.07
Nœud 8	1016.91	0.17	1061.18	44.27
Nœud 9	1012.36	0.25	1061.68	49.32
Nœud 10	1016.01	0.12	1061.62	45.61
Nœud 11	1017.06	0.02	1061.62	44.56
Nœud 12	1012.53	0.06	1061.61	49.08
Nœud 13	1018.23	0.09	1061.11	42.89
Nœud 14	1011.62	0.11	1061.90	50.28
Nœud 15	1010.33	0.11	1061.50	51.17
Nœud 16	1011.61	0.07	1061.89	50.28
Nœud 17	1010.54	0.07	1061.50	50.96
Nœud 18	1009.93	0.11	1061.33	51.40
Nœud 19	1009.88	0.07	1061.33	51.45
Nœud 20	1008.86	0.11	1060.94	52.09
Nœud 21	1008.76	0.07	1060.94	52.18
Nœud 22	1008.04	0.11	1060.81	52.77
Nœud 23	1008.12	0.07	1060.81	52.68
Nœud 24	1004.81	0.24	1056.44	51.63
Nœud 25	1004.02	0.14	1056.28	52.26
Nœud 26	1004.99	0.02	1056.28	51.29
Nœud 27	1005.96	0.06	1056.28	50.32
Nœud 28	1001.61	0.06	1056.26	54.65
Nœud 29	1000.72	0.08	1056.43	55.71
Nœud 30	1005.30	0.19	1057.26	51.96
Nœud 31	1007.12	0.13	1057.93	50.81
Nœud 32	1006.54	0.09	1057.93	51.38
Nœud 33	1007.48	0.09	1058.18	50.70
Nœud 34	1008.28	0.23	1058.18	49.90
Nœud 35	1008.85	0.10	1058.18	49.33
Nœud 37	1008.61	0.09	1058.86	50.24
Nœud 38	1011.52	0.10	1058.86	47.34
Nœud 39	1011.54	0.23	1059.18	47.64
Nœud 40	1009.65	0.09	1059.18	49.53
Nœud 41	1013.60	0.10	1059.18	45.58
Nœud 42	1013.17	0.18	1059.85	46.68
Nœud 43	1010.63	0.09	1059.84	49.21
Nœud 44	1011.45	0.09	1060.19	48.74
Nœud 45	1014.31	0.14	1060.20	45.89
Nœud 158	1011.67	0.47	1058.79	47.13
Nœud 47	1010.88	0.19	1058.63	47.75
Nœud 48	1010.72	0.10	1058.62	47.90
Nœud 49	1008.32	0.04	1058.62	50.30

Nœud 50	1005.68	0.03	1058.60	52.91
Nœud 51	1012.38	0.03	1058.62	46.24
Nœud 52	1021.68	0.14	1058.76	37.08
Nœud 53	1004.87	0.04	1057.25	52.37
Nœud 54	1004.59	0.05	1057.24	52.65
Nœud 55	1004.75	0.06	1057.24	52.48
Nœud 56	1004.95	0.03	1057.24	52.28
Nœud 57	1005.09	0.01	1057.24	52.15
Nœud 58	1004.27	0.01	1057.24	52.97
Nœud 59	1003.23	0.01	1057.24	54.01
Nœud 60	1003.96	0.01	1057.24	53.28
Nœud 61	1004.18	0.01	1057.25	53.07
Nœud 62	1001.89	0.14	1056.37	54.48
Nœud 63	1001.73	0.06	1056.37	54.64
Nœud 64	1000.29	0.11	1055.61	55.32
Nœud 65	999.07	0.09	1055.29	56.22
Nœud 66	1011.27	0.18	1053.43	42.15
Nœud 67	996.16	0.31	1051.99	55.84
Nœud 68	1003.17	0.10	1051.99	48.82
Nœud 69	1003.60	0.11	1045.99	42.39
Nœud 70	999.54	0.07	1046.00	46.46
Nœud 71	1010.08	0.03	1046.20	36.12
Nœud 72	1011.85	0.03	1046.28	34.43
Nœud 73	1009.56	0.13	1046.20	36.64
Nœud 74	1003.10	0.26	1046.00	42.90
Nœud 75	992.81	0.04	1046.92	54.11
Nœud 76	991.30	0.07	1046.91	55.62
Nœud 77	991.78	0.03	1047.06	55.28
Nœud 78	995.24	0.07	1047.07	51.83
Nœud 79	1002.42	0.12	1045.89	43.48
Nœud 80	1013.71	0.04	1045.43	31.72
Nœud 81	1010.61	0.18	1045.91	35.30
Nœud 82	1001.50	0.23	1048.07	46.58
Nœud 83	1009.31	0.08	1046.28	36.97
Nœud 84	1012.61	0.70	1045.44	32.82
Nœud 85	998.67	0.06	1055.61	56.94
Nœud 86	999.53	0.06	1055.42	55.89
Nœud 87	999.81	0.18	1055.89	56.08
Nœud 88	1000.79	0.17	1056.77	55.98
Nœud 89	992.85	0.11	1056.34	63.49
Nœud 90	987.00	0.11	1056.51	69.51
Nœud 91	985.89	0.07	1055.48	69.59
Nœud 92	985.47	0.06	1056.22	70.76
Nœud 93	983.32	0.08	1053.55	70.23
Nœud 94	1008.16	0.15	1046.46	38.30
Nœud 95	993.53	0.25	1047.07	53.54
Nœud 96	1010.12	0.23	1058.86	48.74
Nœud 97	1018.26	0.45	1059.47	41.21
Nœud 98	1005.11	0.13	1058.60	53.48

Nœud 99	993.61	0.15	1046.92	53.31
Nœud 100	995.83	0.15	1055.66	59.83
Nœud 101	992.45	0.16	1055.53	63.08
Nœud 102	988.44	0.15	1055.48	67.04
Nœud 103	986.64	0.21	1055.58	68.94
Nœud 104	985.66	0.10	1055.38	69.72
Nœud 105	982.76	0.12	1054.98	72.22
Nœud 106	982.89	0.18	1054.72	71.83
Nœud 107	995.45	0.13	1055.28	59.83
Nœud 108	992.42	0.16	1055.22	62.80
Nœud 109	988.26	0.08	1055.22	66.96
Nœud 110	987.62	0.18	1053.56	65.94
Nœud 111	991.26	0.18	1053.64	62.39
Nœud 112	994.34	0.17	1053.84	59.51
Nœud 113	998.31	0.18	1054.22	55.91
Nœud 114	997.75	0.35	1053.50	55.75
Nœud 115	994.57	0.16	1053.84	59.27
Nœud 116	989.99	0.21	1054.09	64.10
Nœud 117	986.75	0.21	1054.38	67.63
Nœud 118	990.42	0.13	1056.26	65.84
Nœud 119	987.05	0.13	1056.23	69.18
Nœud 120	994.43	0.11	1046.96	52.53
Nœud 121	991.02	0.08	1047.06	56.05
Nœud 122	1000.07	0.12	1047.66	47.58
Nœud 123	1000.56	0.09	1047.99	47.43
Nœud 124	995.62	0.22	1049.78	54.16
Nœud 125	996.01	0.14	1056.60	60.59
Nœud 126	1012.51	0.10	1062.03	49.52
Nœud 127	1006.64	0.13	1060.40	53.76
Nœud 128	1006.78	0.08	1060.23	53.44
Nœud 129	1015.94	0.10	1061.61	45.67
Nœud 130	1018.28	0.14	1061.75	43.47
Nœud 131	1019.13	0.18	1061.46	42.33
Nœud 132	1014.26	0.12	1061.98	47.71
Nœud 133	1002.04	0.10	1056.26	54.22
Nœud 134	1003.78	0.05	1056.28	52.50
Nœud 136	1007.36	0.09	1060.40	53.03
Nœud 137	992.71	0.18	1056.52	63.81
Nœud 138	994.28	0.32	1056.44	62.16
Nœud 139	1015.59	0.10	1059.68	44.09
Nœud 141	1017.89	0.10	1059.54	41.65
Nœud 142	1002.65	0.14	1059.34	56.70
Nœud 143	1000.37	0.16	1058.34	57.97
Nœud 144	1003.72	0.05	1056.28	52.56
Nœud 145	1019.82	0.19	1060.21	40.40
Nœud 146	1019.80	0.11	1059.64	39.84
Nœud 147	1009.34	0.22	1059.09	49.74
Nœud 148	1000.05	0.24	1058.88	58.83
Nœud 149	996.47	0.12	1058.86	62.40

Nœud 150	1029.35	0.66	1060.73	31.38
Nœud 151	1019.33	0.39	1061.08	41.74
Nœud 152	1063.41	0.62	1067.87	4.46
Nœud 153	1011.62	0.69	1062.22	50.60
Nœud 154	998.51	0.08	1055.39	56.87
Nœud 155	1016.56	0.04	1061.04	44.48
Nœud 160	1032.68	0.00	976.52	-56.16
Réservoir 1	1037.93	134.66	1039.93	2.00
Réservoir 2	1058.13	48.81	1060.13	2.00
Réservoir 3	1065.91	-204.26	1067.91	2.00

État des Arcs du Réseau					
	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Pert. Charge Unit.
ID Arc	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tuyau 1	145.7	51.4	-0.14	0.07	0.24
Tuyau 2	50.9	51.4	0.51	0.25	3.15
Tuyau 3	30.0	51.4	0.17	0.08	0.38
Tuyau 4	32.8	51.4	0.03	0.02	0.02
Tuyau 5	38.8	51.4	0.04	0.02	0.02
Tuyau 6	109.5	51.4	0.16	0.08	0.33
Tuyau 7	25.8	51.4	0.03	0.01	0.01
Tuyau 8	105.1	51.4	-0.10	0.05	0.08
Tuyau 9	20.0	51.4	0.02	0.01	0.01
Tuyau 10	59.3	51.4	-0.29	0.14	1.06
Tuyau 11	116.7	252.0	42.73	0.86	4.31
Tuyau 12	75.0	51.4	0.07	0.04	0.04
Tuyau 13	29.4	299.8	119.72	1.70	13.35
Tuyau 14	74.6	51.4	0.07	0.04	0.04
Tuyau 15	12.8	299.8	119.53	1.69	13.31
Tuyau 16	73.7	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 17	29.4	299.8	119.35	1.69	13.27
Tuyau 18	73.0	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 19	71.8	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 20	95.4	51.4	-0.09	0.04	0.06
Tuyau 21	94.9	51.4	-0.09	0.04	0.06
Tuyau 22	95.6	51.4	-0.09	0.05	0.06
Tuyau 23	100.9	51.4	0.10	0.05	0.07
Tuyau 24	100.9	51.4	0.10	0.05	0.07
Tuyau 25	93.3	51.4	-0.09	0.04	0.06
Tuyau 26	98.9	51.4	0.10	0.05	0.07
Tuyau 27	92.2	51.4	-0.09	0.04	0.06
Tuyau 28	27.6	156.4	28.64	1.49	24.09
Tuyau 29	13.6	156.4	28.22	1.47	23.38
Tuyau 30	11.5	156.4	27.38	1.43	22.02
Tuyau 31	31.1	156.4	27.16	1.41	21.67
Tuyau 32	13.4	51.4	0.23	0.11	0.68
Tuyau 33	18.3	51.4	0.18	0.09	0.43
Tuyau 34	24.7	51.4	0.12	0.06	0.12
Tuyau 35	19.7	51.4	0.05	0.02	0.03
Tuyau 159	6.5	51.4	0.01	0.00	0.00
Tuyau 37	10.1	51.4	0.01	0.00	0.01
Tuyau 38	10.4	51.4	0.01	0.00	0.00
Tuyau 39	11.9	51.4	0.01	0.01	0.01
Tuyau 40	9.2	51.4	0.01	0.00	0.01
Tuyau 41	44.7	156.4	25.92	1.35	19.76
Tuyau 42	63.9	51.4	0.06	0.03	0.04
Tuyau 43	39.3	156.4	25.72	1.34	19.45
Tuyau 44	106.9	51.4	0.81	0.39	7.66
Tuyau 45	59.3	51.4	-0.06	0.03	0.04

Tuyau 46	16.7	156.4	25.54	1.33	19.19
Tuyau 47	11.3	299.8	-112.23	1.59	11.74
Tuyau 48	15.4	51.4	0.45	0.22	2.46
Tuyau 49	61.5	51.4	0.06	0.03	0.04
Tuyau 50	84.4	299.8	138.44	1.96	17.83
Tuyau 51	87.0	51.4	0.08	0.04	0.05
Tuyau 52	56.6	51.4	0.48	0.23	2.78
Tuyau 53	179.6	51.4	0.18	0.08	0.41
Tuyau 54	43.4	51.4	0.04	0.02	0.03
Tuyau 55	70.2	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 56	69.0	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 57	127.6	51.4	0.12	0.06	0.15
Tuyau 58	29.5	51.4	0.72	0.35	6.03
Tuyau 59	35.5	51.4	0.03	0.02	0.02
Tuyau 60	18.4	51.4	0.60	0.29	4.28
Tuyau 61	30.2	51.4	0.03	0.01	0.02
Tuyau 62	85.0	51.4	0.44	0.21	2.35
Tuyau 63	67.6	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 64	115.2	51.4	0.11	0.05	0.10
Tuyau 65	5.4	156.4	29.74	1.55	25.95
Tuyau 66	32.5	156.4	29.70	1.55	25.89
Tuyau 67	13.8	156.4	29.47	1.53	25.49
Tuyau 68	10.1	299.8	119.17	1.69	13.23
Tuyau 69	95.2	51.4	0.09	0.04	0.06
Tuyau 70	30.0	156.4	27.79	1.45	22.69
Tuyau 71	326.3	299.8	-134.66	1.91	16.87
Tuyau 72	289.3	72.8	1.13	0.27	2.34
Tuyau 74	79.8	51.4	0.37	0.18	1.70
Tuyau 75	80.5	51.4	0.22	0.10	0.60
Tuyau 76	62.5	51.4	0.37	0.18	1.72
Tuyau 77	73.7	51.4	0.24	0.12	0.75
Tuyau 78	86.8	51.4	0.08	0.04	0.05
Tuyau 79	16.8	347.6	-163.27	1.72	11.37
Tuyau 80	13.4	299.8	-118.77	1.68	13.15
Tuyau 81	54.2	75.6	-2.07	0.46	6.28
Tuyau 82	110.8	94.4	-2.23	0.32	2.26
Tuyau 83	105.9	94.4	-2.45	0.35	2.69
Tuyau 84	108.4	94.4	-2.65	0.38	3.16
Tuyau 85	70.1	51.4	0.07	0.03	0.04
Tuyau 86	47.2	94.4	2.95	0.42	3.88
Tuyau 87	72.5	94.4	2.83	0.40	3.59
Tuyau 88	70.8	51.4	0.52	0.25	3.23
Tuyau 89	85.9	51.4	0.61	0.29	4.41
Tuyau 90	83.4	51.4	0.44	0.21	2.39
Tuyau 91	100.0	51.4	0.27	0.13	0.89
Tuyau 92	45.7	51.4	-0.55	0.27	3.66
Tuyau 93	53.8	51.4	0.46	0.22	2.52
Tuyau 94	46.5	51.4	0.36	0.17	1.59
Tuyau 95	62.0	252.0	39.55	0.79	3.70

Tuyau 96	78.0	252.0	39.42	0.79	3.67
Tuyau 97	105.8	252.0	39.24	0.79	3.64
Tuyau 98	65.8	252.0	39.68	0.80	3.72
Tuyau 99	42.5	51.4	0.11	0.05	0.10
Tuyau 100	35.3	51.4	0.03	0.02	0.02
Tuyau 101	86.0	51.4	0.08	0.04	0.05
Tuyau 102	67.2	299.8	118.69	1.68	13.13
Tuyau 103	76.4	299.8	118.55	1.68	13.10
Tuyau 104	92.1	299.8	118.39	1.68	13.06
Tuyau 105	623.8	394.6	-203.64	1.67	9.06
Tuyau 106	42.8	51.4	0.15	0.07	0.30
Tuyau 107	56.4	51.4	0.06	0.03	0.03
Tuyau 108	78.3	252.0	-43.27	0.87	4.42
Tuyau 109	10.0	299.8	119.91	1.70	13.39
Tuyau 110	30.7	299.8	118.99	1.69	13.19
Tuyau 111	87.8	51.4	0.09	0.04	0.05
Tuyau 112	24.2	51.4	-0.07	0.03	0.04
Tuyau 113	23.6	51.4	-0.02	0.01	0.02
Tuyau 114	44.5	51.4	0.43	0.21	2.22
Tuyau 115	64.1	51.4	0.32	0.15	1.28
Tuyau 116	71.8	51.4	0.19	0.09	0.47
Tuyau 117	60.4	51.4	0.06	0.03	0.04
Tuyau 118	62.5	51.4	0.06	0.03	0.04
Tuyau 119	30.9	299.8	114.05	1.62	12.13
Tuyau 120	73.0	299.8	113.44	1.61	12.00
Tuyau 121	39.6	299.8	112.74	1.60	11.85
Tuyau 122	41.5	299.8	-136.89	1.94	17.43
Tuyau 123	60.5	299.8	-137.69	1.95	17.64
Tuyau 124	113.8	97.8	4.10	0.55	6.17
Tuyau 125	172.7	94.4	3.35	0.48	5.00
Tuyau 126	44.4	94.4	3.14	0.45	4.40
Tuyau 127	53.2	94.4	3.05	0.44	4.14
Tuyau 128	31.3	204.2	-12.73	0.39	1.19
Tuyau 129	56.7	204.2	-12.82	0.39	1.21
Tuyau 130	108.9	72.8	2.11	0.51	7.91
Tuyau 131	87.4	72.8	1.92	0.46	6.56
Tuyau 132	29.1	72.8	1.80	0.43	5.82
Tuyau 133	95.8	51.4	0.58	0.28	4.02
Tuyau 134	125.1	51.4	0.37	0.18	1.64
Tuyau 135	124.6	51.4	0.12	0.06	0.14
Tuyau 136	43.5	51.4	-0.26	0.13	0.89
Tuyau 137	66.8	51.4	-0.37	0.18	1.70
Tuyau 138	125.1	299.8	138.03	1.96	17.72
Tuyau 139	96.4	299.8	137.81	1.95	17.67
Tuyau 140	93.1	299.8	136.58	1.93	17.35
Tuyau 141	31.9	299.8	135.71	1.92	17.14
Tuyau 142	27.9	299.8	135.40	1.92	17.06
Tuyau 143	38.9	51.4	0.04	0.02	0.02
Tuyau 144	150.2	299.8	49.47	0.70	2.32

Tuyau 145	46.7	72.8	1.00	0.24	1.86
Tuyau 146	41.6	53.4	0.92	0.41	8.00
Tuyau 147	78.2	51.4	0.80	0.39	7.50
Tuyau 148	6.3	51.4	0.21	0.10	0.56
Tuyau 149	41.4	51.4	0.16	0.08	0.36
Tuyau 150	71.7	51.4	0.44	0.21	2.33
Tuyau 151	71.3	51.4	0.30	0.14	1.12
Tuyau 152	117.4	51.4	0.11	0.06	0.11
Tuyau 153	4.1	394.6	204.26	1.67	9.12
Tuyau 154	265.0	299.8	-48.81	0.69	2.25