

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

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE
N° :.....



DOMAINE : TECHNOLOGIE
FILIERE :HYDRAULIQUE
OPTION : HYDRAULIQUE URBAINE

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

Par: Nouaoui Abd Elmalek
Sefiane Djamel Eddine

Intitulé

*Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour
la ville EL-EULMA (ZONE I) par analyse spatiale et
temporelle des dysfonctionnements hydrauliques*

Soutenu devant le jury composé de:

.....	Université	Président
MOKHTARI Elhadj	Université de M'sila	Rapporteur
.....	Université	Examineur

Année universitaire : 2019 /2020

Résumé

La gestion des réseaux d'alimentation en eau potable est l'un des principaux problèmes rencontrés dans les centres urbains. Ces problèmes, qui sont liés directement à l'exploitation, sont souvent dus à des défauts de conception. C'est dans ce sens que ce travail a été développé et qui vise à faire un diagnostic du réseau actuel d'AEP de la ville EL-EULMA(zone I) . Une vérification par les indicateurs de performance a été appliquée pour ce réseau. Les résultats ont montré que ce dernier est défaillant nécessitant des mesures correctives. Par la suite, le réseau a été digitalisé sous SIG ArcGIS avec la création de sa base de données pour avoir sa géométrie. Un passage vers Epanet a été fait pour simuler le comportement du réseau pour différents scénarios. Des corrections géométriques ont été proposées pour améliorer son fonctionnement.

Mots-clés : Diagnostic- réseau d'alimentation en au potable- Indicateurs de performance- Epanet

Abstract

The management of drinking water supply networks is one of the main problems encountered in urban centers. These problems, which are directly related to the operation, are often due to design flaws. It is in this sense that this work has been developed and aims to make a diagnosis of the current network of AEP in the city of EL-EULMA(zone I). An audit by the performance indicators has been applied for this network. The results showed that the latter is defective requiring corrective measures. Subsequently, the network was digitized in S.I.G ArcGIS with the creation of its database to have its geometry. A transition to Epanet was made to simulate the behavior of the network for different scenarios. Geometric corrections have been proposed to improve its operation.

Keywords: Diagnosis- Drinking Water Supply Network- Performance Indicators- Epanet

ملخص

تعد إدارة شبكات إمدادات مياه الشرب واحدة من المشكلات الرئيسية التي تواجهها المراكز الحضرية. هذه المشاكل التي ترتبط مباشرة بالاستغلالية غالبا ما تكون بسبب عيوب التصميم. ومن هذا المنطلق تم تطوير هذا العمل ويهدف إلى تشخيص الشبكة الحالية لشبكات الإمداد بالمياه الصالحة للشرب في مدينة العلمة (المنطقة I). تم تطبيق مراجعة بواسطة مؤشرات الفعالية لهذه الشبكة وأظهرت النتائج أن هذا الأخير هو عيب يتطلب إجراءات تصحيحية. بعد ذلك تم رقمنة الشبكة بواسطة نظام الاعلام الجغرافي ArcGIS مع إنشاء قاعدة البيانات الخاصة به للحصول على هندسته. تم إجراء انتقاله إلى نموذج برنامج الري Epanet لمحاكاة سلوك الشبكة لسيناريوهات مختلفة و بذلك تم اقتراح تصحيحات هندسية لتحسين عملها.

كلمات مفتاحية: تشخيص - شبكة إمدادات مياه الشرب - مؤشرات الفعالية - Epanet

REMERCIEMENT

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à exprimer

notre profonde gratitude et nos vifs remerciements :

Avant tous, nous remercions ALLAH le tout puissant pour

nous avoir donnée le courage et la patience pour mener à

terme de ce travail.

A Mokhtari Elhadj ; notre promoteur, pour son soutien et

son enthousiasme tous longes de ce projet de soutenance et pour

son assistance qui a permis que cette aventure stimulante se

concrétise.

Au membre de jure ; pour avoir accepté de juger notre travail

Au Enseignants de Département Hydraulique pour leurs

contributions à ma formation Master2 en hydraulique Urbaine.

Liste des Figures

Figure I.1 : Vieillessement des canalisations en fonte.....	1
Figure I.2 : Une conduite ayant subi une rupture en Acier.....	6
Figure I.3 : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Eclatement)	7
Figure I.4 : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable ((Fissure transversale)).....	7
Figure I.5 : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable(Fissure longitudinale).....	7
Figure I.6 : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure autour de la tulipe et joint).....	8
Figure I.7 : Fréquence des types de ruptures en fonction du diamètre.....	8
Figure I.8 : Répartition des fuites sur tuyau et sur joint en fonction du diamètre	9
Figure I.9 : Causes de l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable	9
Figure I.10 : Contraintes subis par une conduite d'eau potable.....	10
Figure I.11 : Conduite subi une corrosion (fonte).....	12
Figure I.12 : Conduite subi une corrosion externe par courant vagabonds	13
Figure 1.13 : Délimitation des ilots sur plan	13
Figure 1.14 : Schéma général d'un réseau d'A.E.P	15
Figure I.15 : Schéma général d'un réseau de distribution (R : Réservoir).....	18
Figure I.16 : Différents types de joints : a) mécanique, b) à emboîtement, c) à bride	18
Figure 1.17 : Différents type de vannes : a) robinet-vanne b) robinet à papillon c) vanne à clapet de non-retour d) vanne de réduction de pression	19
Figure 1.18 : Types de ventouses : a) ventouse à petites quantités d'air b) : ventouse à grandes quantités d'air c): ventouse universelle.....	20
Figure 1.19 : Poteau d'incendie.....	20
Figure 1.20 : Installation d'un poteau d'incendie vue en coupe.....	21
Figure II.1 limites administratives des communes de la wilaya de sétif.	23
Figure II.2 la carte de situation de la zone 1 (Google earth).	25
Figure II.2 la réparation des longueurs à partir de la nature des canalisations.....	26
Figure II.3 : la réparation des diamètres du réseau.	26
Figure III.1 : Schéma du réseau existant.	33
Figure III.2 : Regard de ventouse. (Remblais de Terre est pierre est de échés).....	41
Figure III.3 : Regard de vanne (remblais de terre est pierre).....	41
Figure III.4 : Tampon n'est pas à ça place de regard.	41
Figure III.5 : vanne Mauvais état	41
Figure III.6 : fuites au niveau du joints.....	41
Figure IV.1 : schéma du réseau projeté.....	47
Figure IV.2 : les conduits ce type (ACIER) dans réseaux	52
Figure IV.3 : fenêtre de export de donner to CAD.	55
Figure IV.4 : fenêtre de import les données vers EPA CAD.....	56
Figure IV.5 : Fenêtre de choser les calques dans (EPA CAD).	56
Figure IV.6 : Enregistrer le réseau sous forme(INP).	57
Figure IV.7 : réseau d'AEP de la ville EL-EULMA (ZONEI) sous EPANET.....	57
Figure IV.8 : Exemple de saisie des données des tuyaux	58
Figure IV.9 : Exemple de saisie des données des nœuds	58
Figure IV.10 : Exemple de saisie des données des réservoirs	59
Figure IV.11 : Modèle de consommation.	59

Figure IV.12: les options hydrauliques .	.60
Figure IV.13: Les options de temps.	60
Figure IV.14: Lancement de simulation .	61
Figure IV.15: Résultat de simulation.	61

Liste des Tableaux

Tableau II.1 : Précipitations mensuelles moyennes enregistrées à la station de Sétif pendant la période (1990-2011).....	24
Tableau II.2 : Température mensuelle de Sétif pendant la période (1990-2011).....	25
Tableau II.3 : L'évolution de la population pour de taux d'accroissement de 3%.....	27
Tableau II.4 : Dotation brute.....	28
Tableau II.5 : les besoins domestiques par horizon.....	28
Tableau II.6 : Evaluation des besoins pour les équipements.....	28
Tableau II.7 : Les besoins en eau de la zone I.....	29
Tableau II.8 : Variation de β_{\max} en fonction du nombre d'habitants.....	30
Tableau II.9 : Variation de β_{\min} en fonction du nombre d'habitants.....	31
Tableau II.10 : Les valeurs des débits horaires.....	31
Tableau III-1 Etat du réseau de distribution de la zone I.....	33
Tableau III-2 Tableau de vérification pressions et vitesses (réseau existant).....	42
Tableau IV.1 Exemple de calcul des débits des nœuds de la zone I.....	48
Tableau IV -2 Tableau de vérification pressions et vitesses (réseau projeté).....	48
Tableau IV.5.2 . Exemple de base des données du conduit ce type(PVC).....	53
Tableau IV.5.3 . Exemple de base des données des conduits en (A/CIMENT).....	54
Tableau IV.5.4 . Exemple de base des données du conduit en (FONTE).....	54

SOMMAIRE

Remerciements	
Liste des Tableaux	
Liste des Figures	
Introduction générale	

Chapitre I : Etude bibliographique

I. Dysfonctionnement des réseaux d'eau et problématique des fuites.....	1
I.1. Introduction.....	1
I.2 Le Vieillissement d'un réseau d'eau.....	1
I.2.1 Définition du vieillissement d'une conduite d'eau potable	1
I.2.2 Mauvais fonctionnement hydraulique du réseau engendré par le vieillissement d'une conduite.....	2
I.2.3. Dommages divers engendrés par le vieillissement d'une conduite.....	2
I.3 Evaluation du vieillissement d'une conduite.....	3
I.4 La problématique des fuites.....	4
I.4.1 Types des fuites	4
I.4.1.1 Les fuites diffuses	5
I.4.1.2 Les ruptures (défaillances) ou les fuites apparentes.....	6
I.5 Causes des fuites	9
I.5 .1 Les différentes contraintes qui agissent sur une canalisation.....	10
I.5.2 Les éléments influençant l'apparition des fuites.....	10
I.5.2.1 Les éléments propres à la canalisation	10
I.5.2.2 Les éléments extérieurs aux réseaux.....	12
I.5.2.3 Les éléments liés à l'exploitation des réseaux.....	13
I.6 Les manifestations des fuites.....	14
I.6 Systèmes d'aide à la décision pour la programmation des besoins en renouvellement des réseaux d'eau potable.....	15
I.7- description d'un réseau d'A.E.P.....	18
I.7.1. introduction.....	18
I.7.2. Description d'un réseau d'A.E.P.....	18
I.7.2.1. Maillon ressource.....	18
I.7.2.2. Maillon production – adduction.....	18
I.7.2.3. Le maillon traitement.....	19
I.7.2.4. Le maillon stockage	19
I.7.2.5. Le réseau de distribution.....	20
I.7.3.. Problèmes rencontrés dans un réseau d'A.E.P.....	24
I.7.3.1. Problème de gestion des réseaux d'A.E.P en Algérie.....	25
I.8 Conclusion	25

Chapitre II. Présentation de la zone d'étude et l'évaluation des besoins en eau

Introduction.....	26
II.1- Situation géographique	26
II.2- Situation topographique.....	26
II.3- Situation climatologique.....	27
II.3.3 Présentation de la zone I.....	28
II.4- Présentation hydraulique	28
II .5. Estimation de la population de la zone d'étude (ZONE I).....	29
II.6. Estimation Des Besoins.....	30
II.7. Etude Des Variations De La Consommation.....	32
II.7.1 Etude de la variation de débit.....	32
II.7.2 Détermination de débit de pointe (Q_p).....	34
II.8 Le Rendement.....	35
II.8. 1. Rendement Primaire.....	35
II.8.2. Rendement net.....	35
II.8.3. L'indice linéaire de perte des réseaux d'eau potable.....	35
II.9. CONCLUSION.....	36
Chapitre III Diagnostic du réseau de distribution	
III.1 Introduction	37
III.2 Etat de réseau de distribution actuel (ZONE I)	37
III.2.1 Des photos sur l'état des conduites et des branchements, bouches d'incendie et les robinets vannes.....	46
III.3 Présentation du logiciel ArcGis.....	47
III.3.1. Tracé d'un réseau géométrique sur ArcGis	47
III.3.2. Construction du réseau (des conduites).....	48
III.4. la base des données du réseau cette zone étude dans le SIG.....	51
III.4.1. Exemple de base des données des conduits en (ACIER)	51
III.4.2. Exemple de base des données du conduit ce type(PVC).....	51
III.4.3. Exemple de base des données des conduits en (A/CIMENT).....	52
III.4.4. Exemple de base des données du conduit en (FONTE).....	53
III.5 Recommandations concernant le réseau de distribution.....	55
III.6 : Interprétation des résultats de diagnostic du Réseau actuel.....	56
III.7 CONCLUSION.....	56

Chapitre IV Rénovation du réseau de distribution

Introduction.....	57
IV.1 Calcul du réseau de distribution	57
IV.2 Calcul des pertes de charge	57
IV.2.1 Calcul des pertes de charge linéaire	57
IV.2.2 Les pertes de charge singulières	58
IV.2.3 Pertes de charge totale	58
IV.2.4 Calcul du coefficient de frottement linéaire.....	58
IV.3 Détermination des débits du réseau mixte	58
IV.3.1. détermination du débit spécifique.....	58
IV.3.2 Détermination des débits en route.....	58
IV.3.3 détermination des débits aux nœuds.....	59
IV.6. Définition EPANET.....	60
IV.6.1. Passage SIG- AutoCAD.....	60
IV.6.1. Passage Auto CAD –EPA CAD	61
IV.6.2 Le passage Epa CAD –EPANET.....	63
IV.7. Simulation du fonctionnement du réseau d’AEP sous EPANET.....	63
IV.7. 2. Options Hydraulique de la simulation.....	65
IV.7. 3 Options de temps.....	66
IV.7.4 Etat du réseau actuel.....	66
IV.8. Conclusion	68

Conclusion General

ANNEXE

Bibliographie

INTRODUCTION
GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Le développement d'une région dans tous les domaines dépend essentiellement du développement du secteur hydraulique. Puisque celui-ci est lié à toutes les branches de l'économie.

Pour qu'on puisse atteindre l'évolution dans notre vie journalière. Ainsi que l'industrie et l'agriculture, il faut qu'il y ait de l'eau en quantité suffisante.

Celle-ci est considérée comme élément de base pour le fonctionnement des machines et aussi pour transformer certaines matières premières en produits consommables. Dans la vie courante l'homme ne peut pas vivre sans eau.

C'est dans ce cadre que le secteur de l'hydraulique s'est vu accorder une attention accrue de la part des instances. Et un plan ambitieux de développement des infrastructures hydraulique a été élaboré.

Vu que la quantité d'eau disponible décroît chaque année et chaque mois.

Donc il faut trouver des solutions et des stratégies rigoureuses pour assurer la consommation d'eau journalière nécessaire. Mais ce n'est pas seulement lorsqu'on assure la demande qu'on dit qu'on n'a pas de problème d'eau.

C'est ce qui c'est passé dans notre pays. Actuellement on recherche des solutions qui peuvent nous coûter beaucoup plus chères par rapport à des préventions qu'on aurait du prendre en considération.

Chez nous en Algérie on a la quantité d'eau suffisante mais on n'a pas les moyens pour l'exploiter, nous n'avons pas la bonne gestion qui permet d'avoir le minimum de gaspillage, le minimum de pertes au niveau des réseaux aussi bien d'adduction que de distribution, dont la ville EL-EULMA (ZONE I).

Ce travail a pour objet de faire une étude approfondie de diagnostic et de dimensionnement du système d'alimentation en eau potable de la ville d'El Eulma (ZONE I) pour améliorer l'approvisionnement en eau potable de la ville à long terme, nous contribuons également à l'élaboration d'un SIG d'aide à la gestion du futur réseau d'eau potable.

Pour cela nous allons procéder tout d'abord à :

Recherche bibliographique sur le dysfonctionnement du réseau d'eau potable.

Présentation de la zone d'étude et l'évaluation des besoins en eau.

Diagnostic du réseau de distribution.

Rénovation du réseau de distribution.

Nous finissons l'étude par un certain nombre de consignes et de mesures d'entretien et d'exploitation du réseau.

CHAPITRE : I
Recherche
bibliographique sur le
dysfonctionnement
du réseau d'eau
potable

I . Dysfonctionnement des réseaux d'eau et problématique des fuites

I.1. INTRODUCTION

Le rôle d'un gestionnaire du réseau d'eau potable c'est fournir aux usagers l'eau en quantité suffisante et de meilleure qualité possible ; pour cela il dispose d'installations visibles en surface ; comme les stations de traitement, les réservoirs ainsi que des réseaux de canalisations qui sont enfouis dans le sol.

Ces installations, une fois construites font l'objet de dégradations dues au temps ou à la corrosion et doivent être surveillées, contrôlées, et entretenues.

Le temps et l'action des différents phénomènes (le sol corrosif, contrainte mécaniques, surpression, etc.) contribuent à la dégradation des canalisations d'un réseau et de ces accessoires. Une combinaison de ces phénomènes va accélérer la détérioration des conduits L'augmentation du nombre des interventions, des casses observées sur le réseau, ainsi qu'une dégradation de la qualité de l'eau transportée représente des indicateurs du vieillissement du réseau [1] .

I.2 Le Vieillissement d'un réseau d'eau

I.2.1 Définition du vieillissement d'une conduite d'eau potable

Le vieillissement d'une conduite correspond à sa dégradation dans le temps, celle-ci donnant lieu, soit à certains dommages, soit au mauvais fonctionnement hydraulique du réseau [2]



Figure I.1 : Vieillissement des canalisations en fonte [9].

I.2.2 Mauvais fonctionnement hydraulique du réseau engendré par le vieillissement d'une conduite

- **Chute de pression**

Une conduite en service aura un diamètre diminué à cause de l'entartrage ou des protubérances dues à la corrosion.

- **Fuites diffuses**

Dues aux détériorations des joints ou à la corrosion des tuyaux. Une forte augmentation de leur nombre peut avoir une incidence directe sur le réseau et diminuer le rendement.

- **Ruptures**

Dues à l'action combinées de la corrosion sur la conduite et du mouvement de sol (vibration, séisme, travaux divers). Une rupture peut entraîner une intervention sur le réseau de plusieurs heures, pendant laquelle les abonnés sont éventuellement privés d'eau ou bien subissent une chute de pression.

Chacune de ces détériorations engendre en outre certains dommages qui sont :

- Des pertes d'eau, d'où une augmentation de la production .
- Des pertes en énergie (augmentation du temps de pompage) .
- Des interventions sur le réseau.

I.2.3. Dommages divers engendrés par le vieillissement d'une conduite

- **Détérioration de la qualité d'eau**

On peut distinguer deux types de dommages liés à la dégradation de la qualité de l'eau. Le premier est celui qui engendre le non potabilité de l'eau. Il faut alors élaborer un nouveau traitement rendant cette eau potable.

Le deuxième concerne l'augmentation du nombre de plaintes des abonnés dû à une apparence négative de l'eau (odeur, couleur, goût). Ceci entraîne alors une baisse d'image de marque de service exploitant.

- **Fuites diffuses**

Ces fuites peuvent déstabiliser la conduite en érodant le lit de pose, d'où rupture au niveau des points fragiles du tuyau.

- **Ruptures**

Elles peuvent avoir des incidences indirectes :

- **Inondation** : D'où coupure de trafic sur la chaussée concernée, ou dommage chez un particulier
- **Coupure d'eau** : Donc dommages causés notamment aux industries ou aux centres de santé.

- **Plaintes des abonnés :** Chacun de ces dommages engendre des coûts indirects, qui peuvent être souvent nettement supérieurs aux coûts directs de main d'oeuvre pour effectuer la réparation.

Le vieillissement de la conduite ne correspond pas à un seul phénomène ayant lieu sur la conduite mais plutôt à l'action de plusieurs facteurs propres à la conduite et son environnement.

Le paragraphe suivant montre l'évaluation effective du vieillissement à partir des différents phénomènes précédents.[2].

I.3 Evaluation du vieillissement d'une conduite

a- La qualité de l'eau

Le phénomène de vieillissement ne peut être quantifié directement, mais à partir des phénomènes par lesquels il se manifeste.

La mesure de la dégradation de la qualité de l'eau peut permettre de caractériser l'état de la ou des conduites proche du point de mesure ou de l'endroit où a eu lieu de plainte d'un abonné. Elle peut renseigner sur l'état de corrosion de la conduite pour ce qui concerne les conduites métalliques. C'est le cas lorsque des produits de corrosion sont transportés à travers le réseau.

On a par- exemple le phénomène d'eau rouge, qui correspond à l'oxydation d'ions ferreux en ions ferriques principalement dans les eaux douces, acides ou désaérées. Certaines autres substances comme le manganèse peut également autres substances comme le manganèse peuvent également entraîner la coloration de l'eau (la noire).

On peut également être renseigné sur la corrosion bactérienne, en examinant les teneurs en bactéries du fer 1 ou sulfatoréductrices 2.

Un mauvais état des joints ou des conduites en matière plastique peut également altérer la qualité d'eau, du fait de l'introduction de substances provenant de l'extérieur, comme des hydrocarbures.

Afin de bien connaître le vieillissement, il est important d'étudier la corrélation entre l'âge de la conduite et l'apparition d'une mauvaise qualité de l'eau. Cependant il est très difficile d'identifier la conduite « malade », car on ne peut dire avec précision quelle est celle qui a détérioré la qualité de l'eau [3].

b- La diminution de la capacité de transport

Cette valeur correspond à la diminution du diamètre interne de la conduite ou à l'augmentation de la rugosité. Ceci est engendré par l'entartrage calcaire sur les conduites non revêtues d'un revêtement interne mais aussi par l'apparition de protubérances dues à des produits de corrosion. La diminution de la capacité de transport se manifeste :

- Soit par la mise en évidence de l'augmentation des pertes de charges sur le réseau ou sur une partie, cette augmentation est non induite par l'augmentation de la consommation.
- Soit par la modélisation hydraulique du réseau.
- Soit par une comparaison entre des observations (pas assez de pression ou débit au niveau des habitations) et les débits théoriques entendus en certains points du réseau.
- Soit à partir d'échantillons de canalisation prélevés directement sur le réseau, et l'analyse de difficilement généralisables.

Le nouveau diamètre ou le nouveau coefficient de rugosité estimé ou mesuré sur une conduite donne alors un état de son entartrage. Si cela est possible on peut là aussi définir la corrélation pouvant exister entre la dégradation de la conduite et certains facteurs comme son âge, sa nature, la qualité de l'eau à l'entrée dans le réseau.[4]

I.4 La problématique des fuites

Les fuites engendrent des pertes qui peuvent être de deux types [4]:

- Les pertes au niveau d'adduction qui surviennent dans le cas où il y a des transferts d'eau très importants, entre la production et la mise en distribution. L'absence de comptage tant à l'amont qu'à l'aval ne permet pas d'évaluer ces pertes.
- Les pertes en distribution qui correspondent à la différence entre le volume d'eau distribué et le volume d'eau consommé. Elles sont due aux :
 - Fuites au niveau des joints.
 - Fuites aux différentes prises de branchement,
 - Fuites sur branchements.
 - Cassures des conduites : Erreurs de comptage .
 - Erreurs de comptage.
 - Eaux piratées (branchements illicites).

I.4.1 Types des fuites

L'EPA (Environmental Protection Agency) a regroupé et utilisées des données les fuites ou ruptures dans plusieurs services Américains. Les données recueillies ne sont pas toujours

Chapitre : I Recherche bibliographique sur le dysfonctionnement du réseau d'eau potable

basées sur les mêmes définitions concernant les fuites. On peut distinguer [1] :

Les fuites (leak repair) : Ce sont tous les évènements entraînant une réparation sur les conduites, les hydrants, les branchements qui sont :

- Les fuites sur tuyau (main leak).
- Les fuites sur joints (joints leak).

Les ruptures sur conduites (main break) : Elles représentent les défaillances structurelles du tuyau ou de l'emboîtement dus à une surcharge excessive, une détérioration du lit de pose, un contact avec les autres structures, la corrosion, ou une combinaison entre ces conditions.

On remarque que les définitions précédentes différencient surtout les fuites sur conduites de celles ayant eu lieu sur les différents organes du réseau (vannes ; pompes) par la suite on distingue aussi les fuites et les ruptures.

- **La défaillance :** Est une rupture ou une fuite apparente nécessitant une intervention sur le réseau. Elle peut avoir lieu soit sur tuyau, soit sur le joint. Ceci exclut les fuites ayant lieu sur les branchements, ainsi que celles ayant lieu sur les organes du réseau, tels que les pompes, les vannes, les hydrants et autres organes régulateurs.

La limite entre rupture et fuite n'est pas toujours bien définie, une **rupture** est une fuite, mais **une fuite** n'est pas obligatoirement une rupture, ces fuites peuvent être visibles ou non. Elles sont classées en deux types [3] :

- Les fuites diffuses ;
- Les ruptures (défaillances) ou les fuites apparentes.

I.4.1.1 Les fuites diffuses

Les fuites diffuses sont mises en évidence lors des mesures bien spécifiques ou lorsque la tranchée d'une conduite est ouverte. Elles n'entraînent pas en général de réparations sur la conduite. Ce sont elles qui en général abaissent le rendement d'un réseau et ne lui permettent pas d'avoir une valeur supérieure à 90% à 95 % . Elles caractérisent, soit une fragilisation du tuyau par de petites ouvertures, soit un mauvais état des joints qui devient alors poreux. On peut les constater de manières différentes :[4]

- Par le constat d'une diminution importante du rendement du réseau .
- Par une augmentation croissante de la consommation de nuit .
- Soit par des campagnes de mesures sur terrain, par des techniques de corrélation acoustique. Ce genre de mesure permet de retrouver précisément quelles sont les conduites les plus dégradées.

L'état de conduite est alors déterminé par le nombre et la taille des fuites que l'on peut détecter [4].

I.4.1.2 Les ruptures (défaillances) ou les fuites apparentes

Ces fuites (ruptures) qui entraînent automatiquement des interventions sur le réseau, on l'appelé par la suite **défaillance**. Elles sont mise en évidence, soit parce qu'elles entraînent, au niveau de la chaussée, une inondation plus au moins importante, soit parce que l'on constate une augmentation

brutale de la consommation de nuit. Dans ce cas on peut trouver l'endroit de la rupture avec précision ou de la fuite avec un jeu de vannes.

Ces casses caractérisent un mauvais état de la conduite et une certaine fragilisation ; elles peuvent avoir lieu à la suite d'une corrosion dans le temps de la conduite reliée à un mouvement de sol ou une augmentation de la pression interne. Elles correspondent soit à une diminution de la paroi de la conduite, soit à la formation de trous (**figure 1.2**).

En général ces ruptures sont différentes selon le diamètre. En fonction du diamètre et du type de défaillances, les ruptures transversales (**figure 1.3**) ont lieu surtout sur les petits diamètres alors que les gros diamètres subissent plutôt des ruptures petits diamètres alors que les gros diamètres subissent plutôt des ruptures longitudinales ou des piquages (**figure 1.4**).

Elles peuvent également concerner les fuites au niveau des joints (pour les diamètres plus élevés

(1.5) qui en fonction de leur importance deviennent apparentes [1].



Figure I.2 : Une conduite ayant subi une rupture en Acier [4].

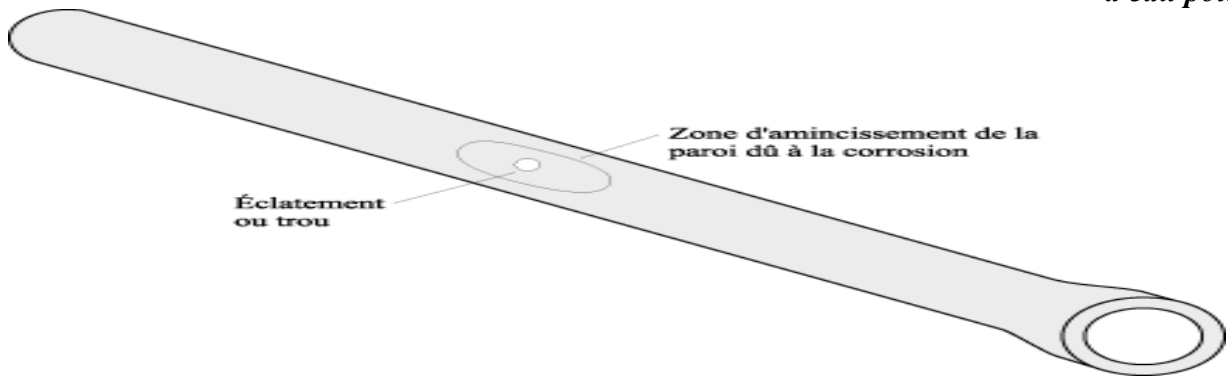


Figure I.3: Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Eclatement) [8].

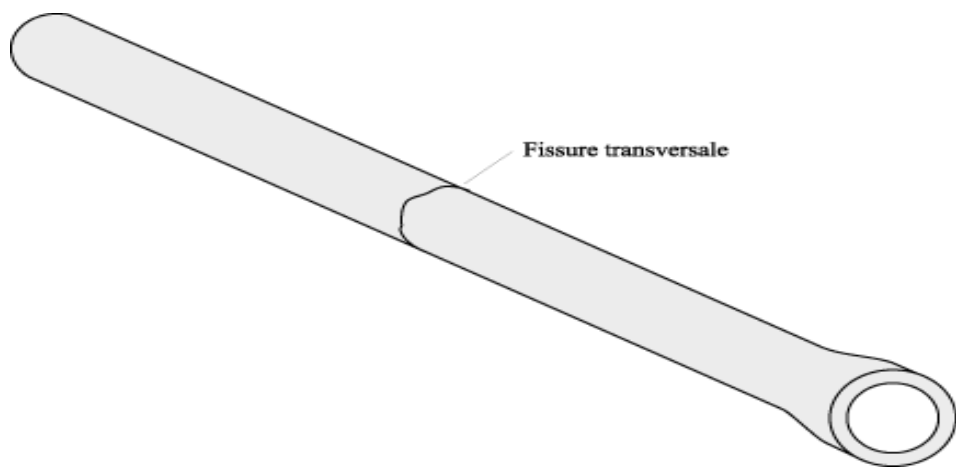


Figure I.4 : Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure transversale) [8].

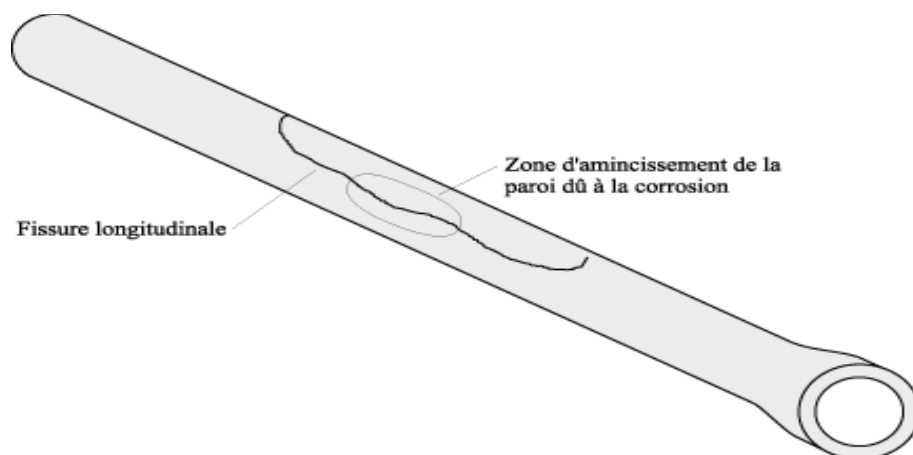


Figure I.5: Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure longitudinale). [8].

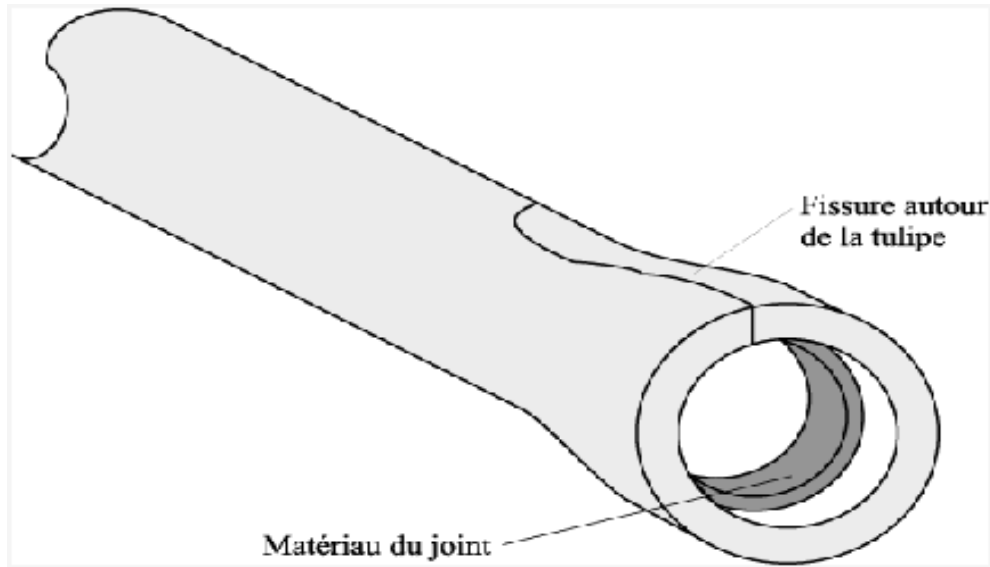


Figure I.6: Différents types de ruptures des conduites d'eau potable (Fissure autour de la tulipe et joint). [8].

Une rupture ou les fuites apparentes correspondent à un affaiblissement de la conduite, c'est-à-dire une diminution de la paroi, en un endroit précis (piquage) ou non (fissure) combinée à une augmentation de contraintes sur la canalisation, soit à une non- étanchéité du joint. Comme on a cité auparavant ; les ruptures transversales ont lieu surtout sur les petits diamètres alors que les gros diamètres subissent des ruptures longitudinales ou des piquages. La figure 1.7 montre la fréquence des défaillances en fonction du diamètre et du type de défaillances [1].

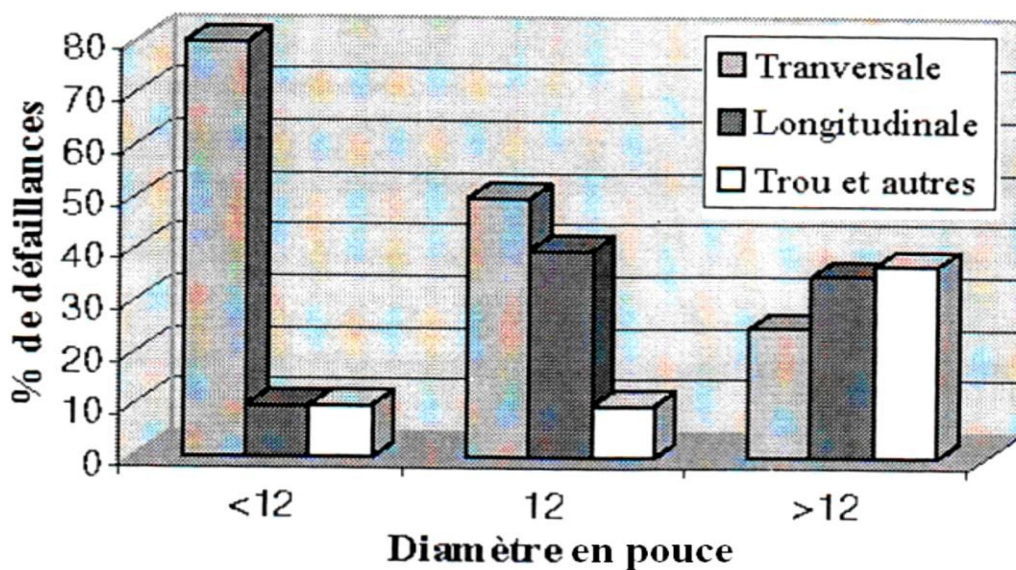


Figure I.7 : Fréquence des types de ruptures en fonction du diamètre [1].

Aussi les fuites se trouvent au niveau des petits diamètres, alors que les diamètres plus élevés ont des fuites au niveau des joints (figure 1.8) :

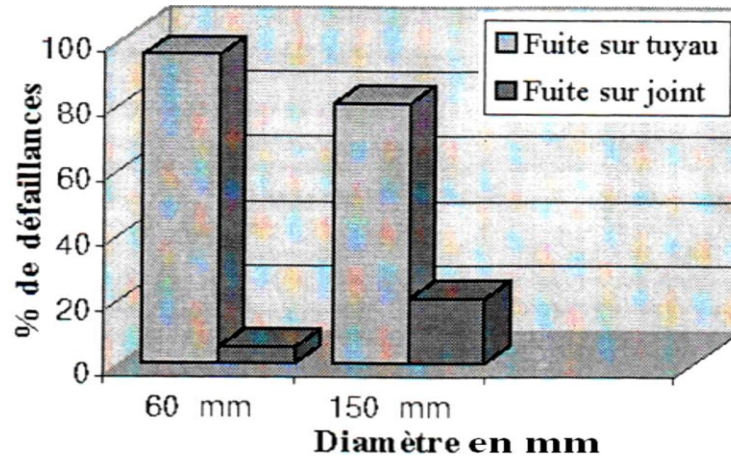


Figure I.8 : Répartition des fuites sur tuyau et sur joint en fonction du diamètre [1]

I.5 Causes des fuites

Les fuites peuvent être dues aux plusieurs facteurs. Ils peuvent être répartis en groupes :

- Les éléments propres au type de la canalisation
- Les éléments liés à l'exploitation des réseaux
- Les éléments extérieurs aux réseaux.

La figure 1.9 : montre les différentes causes qui peuvent entraîner l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable.

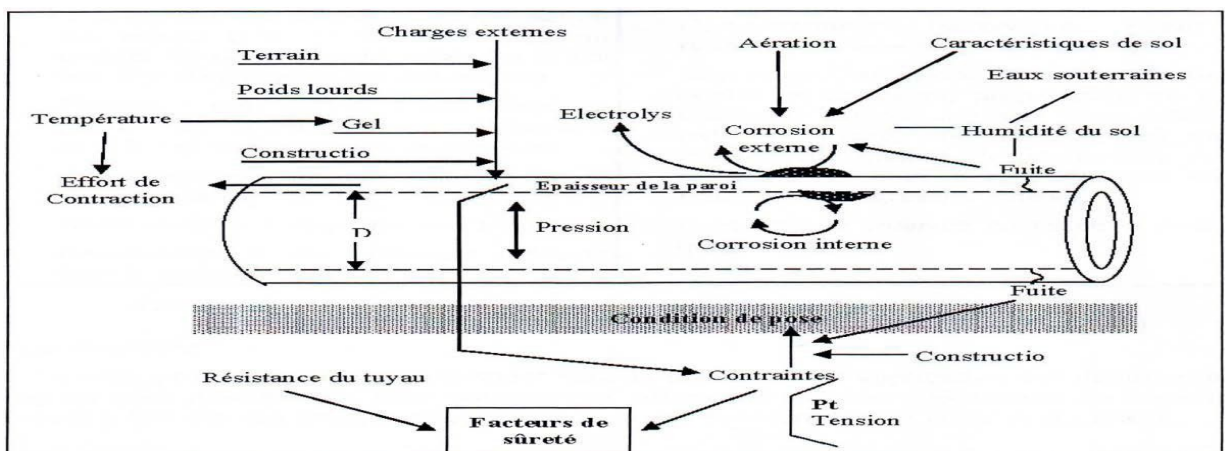


Figure I.9 : Causes de l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable [5].

I.5.1 Les différentes contraintes qui agissent sur une canalisation

La figure I.10 : récapitule les différentes contraintes mécaniques qui agissent sur une conduite.

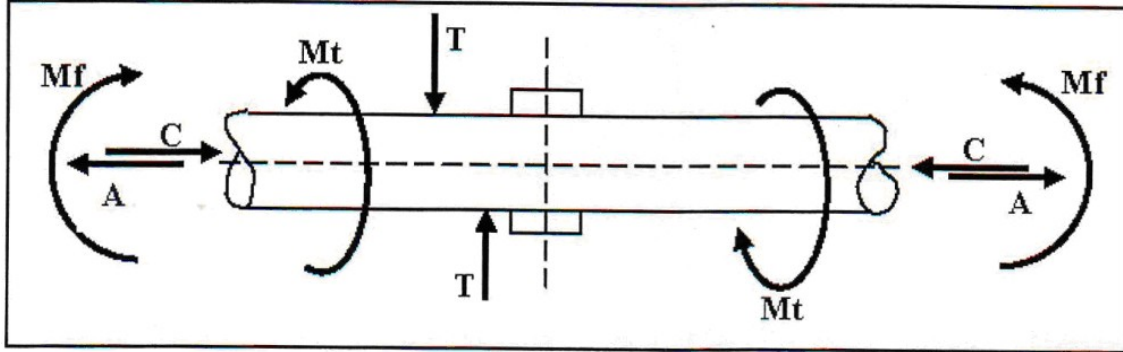


Figure I.10 : Contraintes subies par une conduite d'eau potable[5]

M_f : moment de flexion susceptible de provoquer une courbure de la canalisation. M_t : moment de torsion susceptible de tordre la canalisation autour de son axe.

T : contrainte de cisaillement. A : effort de traction axiale.

C : contrainte de compression.

Ces contraintes peuvent être variées à cause de :

- mouvement violent ou lent du sol.
- transmission directe excessive de charges accidentelles en surface.
- travaux de voiries.

I.5.2 Les éléments influençant l'apparition des fuites

I.5.2.1 Les éléments propres à la canalisation

La durée de vie d'une conduite dépend de son matériau constructif, de ses dimensions (diamètre, épaisseur de la paroi), de ses résistances aux efforts internes et externes qui s'y appliquent et du processus de corrosion qui se développe [3].

- le diamètre .
- le matériau.
- le type de joint .
- La corrosion interne.

➤ **Le diamètre**

Le diamètre peut jouer un rôle important dans le mécanisme d'apparition des défaillances. Ainsi un petit diamètre est plus sensible aux efforts de traction. Les tuyaux de diamètre inférieur à 100mm ont presque toujours des ruptures transversales [1].

➤ **Le matériau**

Tout matériau de canalisation d'eau potable doit se conformer à certaines spécifications de telle sorte qu'on évite de détériorer la qualité de l'eau transportée et retarder au maximum le vieillissement du réseau [4].

➤ **Le type des joints**

Les joints sont conçus pour relier des tronçons de tuyaux. Ils doivent être placés entre des tuyaux alignés pour éviter leur détérioration prématurée. Ils existent trois types de joints; en plomb, en caoutchouc et en matière plastique elles se distinguent par leurs caractéristiques: [4].

- Les joints au plomb ne sont pas élastiques et transmettent donc les tensions d'un tuyau à l'autre.
- Les joints en caoutchouc sont bien entendu élastiques. Cependant leur vieillissement est encore mal connu.
- Les joints en matière plastique, les joints élastomères et les joints collés, entraînent des fuites diffuses importantes. Les services techniques ayant posé ce type de joint ont observé bien souvent une diminution du rendement de réseau [1].

▪ **La corrosion interne**

La corrosion est toujours le résultat de la présence simultanée de deux agents : le métal et le milieu corrosif qui est l'eau dans le cas de la corrosion interne. La corrosion interne est régie par nombreux facteurs [4].

- La vitesse de l'eau peut avoir une influence sur les zones de dépôt .
- Quand le PH d'équilibre n'est pas atteint, l'eau est alors agressive favorisant cette corrosion qui est particulièrement importante pour les tuyaux en acier .
- Si l'équilibre calco-carbonique de l'eau n'est pas atteint, il se produit soit une diminution d'épaisseur de la paroi de la canalisation (eau agressive), soit une diminution de la section de la canalisation (eau incrustante) [3].

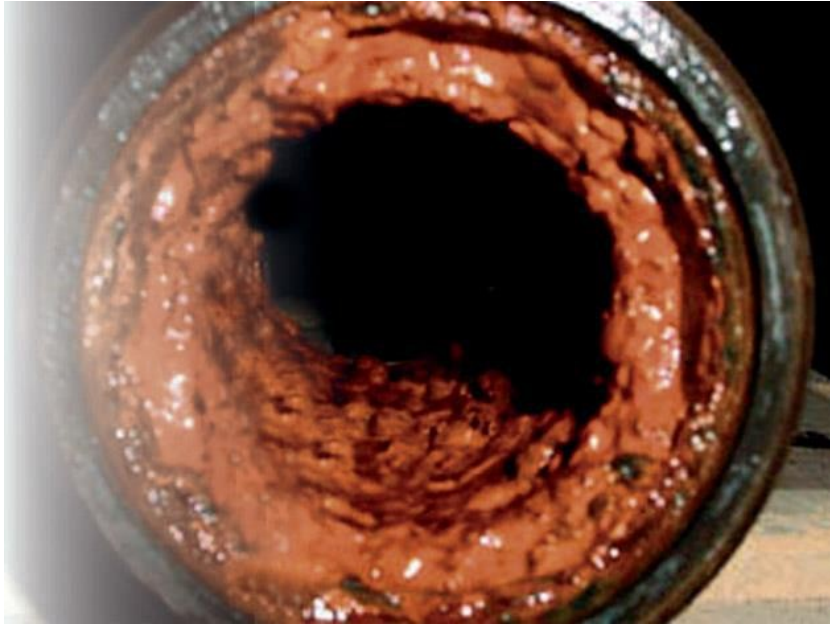


Figure I.11 : Conduite subi une corrosion (fonte).[9]

Les principales conséquences de la corrosion interne sont la modification des diamètres des canalisations, la dégradation de la qualité de l'eau transportée et les capacités hydrauliques de la conduite.

I.5.2.2 Les éléments extérieurs aux réseaux

Les facteurs liés à l'extérieur de la canalisation sont :

A. La corrosion externe

Elle correspond à l'échange d'ions entre le sol et la paroi de la conduite et peut avoir diverses origines.

- **Les courants vagabonds**

Ils sont générés par les installations électriques alimentées en courant continu, peuvent augmenter les risques de corrosion des canalisations. Ainsi une part importante de ces cas courants peut emprunter comme chemin de retour la canalisation en tant que conducteur, ce qui provoque une corrosion au niveau des points de sortie des courants [1].

- **L'hétérogénéité par contact**

Elle a lieu au niveau des raccordements de canalisation de matériaux différents, ce qui peut entraîner une différence de potentiel importante et peut induire une pile de corrosion par contact. Pour interdire le passage du courant, il faut isoler les conduites au niveau des raccordements [4].

- **L'hétérogénéité de surface**

Est la conséquence du non-respect des conditions de pose. Un choc lors de pose, peut provoquer

une altération surfacique ou une discontinuité locale et création d'un phénomène de pile électrique.

- **L'hétérogénéité du sol**

Lorsqu'une canalisation traverse des sols différents, il peut se créer une pile géologique dans laquelle la parie de la canalisation se trouvant dans le terrain le moins aéré devient anodique et se corrode (pile d'aération différentielle). [10].



Figure I.12 : Conduite subie une corrosion externe par courant vagabonds [5]

B. Les mouvements de sol et le trafic

Il faut considérer le poids des voitures, des camions et leur fréquence de passage qui, en fonction de l'épaisseur et du type de sol qui recouvrent la conduite ainsi que du type de chaussée en surface (rigide ou souple), génèrent des problèmes de fatigue et de surcharge.

C. Les charges du terrain

Sous l'appellation charges des terrains, on considère le poids des terres au dessus de la conduite (d'où l'importance de la profondeur de pose de la canalisation). Ce poids variera d'un site à un autre en fonction de la teneur en eau et du type de matériaux constituant le sol [1].

I.5.2.3 Les éléments liés à l'exploitation des réseaux

Les éléments liés à l'exploitation du réseau sont [4]:

- **La vitesse de l'écoulement**

Une demande croissante en eau aura lieu une conséquence de l'augmentation de la vitesse de l'écoulement ce qui introduit une corrosion et générer des contraintes mécaniques excessives. A l'inverse une diminution ou décroissante aura pour conséquence relative des temps de séjour de l'eau dans les conduites, ce qui favorise la sédimentation et l'amorce de nouvelles formes de corrosion. La vitesse de l'eau dans les conduites doit être de l'ordre de 3m/s.

- **La pression**

Il faut que la pression chez l'utilisateur ne dépasse pas 4 bars. Au-delà de cette valeur, il y a risque d'apparition de désordres. A l'inverse la pression minimale à l'entrée doit être 1 bars.

- **La température de l'eau**

Le risque de la température se traduit dans les branches mortes du réseau, où l'eau peut stagner. Une rapide diminution de la température peut alors entraîner une contraction de la canalisation. Et une augmentation des contraintes longitudinale de traction. D'où une fragilisation des tuyaux.

- **Les conditions d'exploitation**

Une augmentation de la charge hydraulique peut avoir lieu, suite à une modification du régime hydraulique, telle que le passage d'une adduction gravitaire à une alimentation avec pression ou la réduction de section due à une réhabilitation de canalisation. Cette surcharge hydraulique peut alors entraîner une augmentation du nombre de fuites ou de ruptures dans les semaines suivant le changement.

- **Les manœuvres sur réseau**

Le phénomène du coup de bélier est très violent et est dû à la circulation d'une onde de pression ou dépression dans les conduites suite à l'ouverture ou fermeture brusque d'une vanne; ou la coupure de l'alimentation en électricité ce qui engendre une coupure de pompage brusque. Ce phénomène peut fragiliser dangereusement les conduites [1].

I.6 Les manifestations des fuites

Les symptômes des fuites peuvent être multiples tels que [4] :

- La non concordance des volumes mesurés sur les compteurs .
- L'anomalie dans la distribution, bruits anormaux sur les réseaux.
- L'affaissement des terrains .
- La présence de végétation anormalement développée.
- Les terrains humides par temps sec.
- L'arrivée de l'eau claire dans les égouts.
- La baisse anormale du niveau d'eau dans le réservoir.
- L'humidité anormale sur la chaussée.

I.6 Systèmes d'aide à la décision pour la programmation des besoins en renouvellement des réseaux d'eau potable :

Les modèles d'aide à la décision pour le renouvellement des réseaux sont des systèmes intégrés qui utilisent des bases de données et des modules de calculs pour l'évaluation de la décision de renouvellement sous différents angles à savoir :

- Evaluation économique en considérant les coûts directs la maintenance, au renouvellement des conduites, aux pertes d'eau, ainsi que les coûts indirects liés à la gêne occasionnée et dégâts en cas de défaillances ou travaux de renouvellement ;
- Etude du phénomène de vieillissement des conduites à l'aide de modèles statistique de défaillance ;
- Evaluation technique du fonctionnement hydraulique du réseau à l'aide de modèles hydrauliques ;
- Evaluation de scénarios de politiques de renouvellement à long terme et estimation des enveloppes budgétaire requises.

Ces modèles requièrent la disponibilité d'un nombre important de données. La disponibilité de ces données détermine l'approche à utiliser et l'absence de certaines données peut contraindre à l'utilisation d'une approche au lieu d'une autre. Ces données doivent être collectées, actualisées et traitées régulièrement dans le cadre du système d'information du service de l'eau.

L'élaboration d'un outil d'aide à la décision permettant d'évaluer les besoins en renouvellement, de déterminer les priorités et de programmer dans le temps la réalisation des travaux sur un horizon donné de manière pluriannuelle doit proposer une séquence acceptable d'interventions sur le réseau en identifiant les conduites devant faire l'objet de travaux, ainsi que la nature des interventions à effectuer. Ceci, tenant compte de contraintes liées à la disponibilité des ressources financières et aux prescriptions techniques de fonctionnement du réseau sur un horizon de planification donné. Il convient de proposer une démarche adaptée à la réalité du terrain pour la détermination d'un ensemble de solutions viables, parmi lesquelles le gestionnaire du réseau d'eau peut choisir une politique de renouvellement traduisant une programmation pluriannuelle des travaux de renouvellement.

La décision de renouvellement est sensible à la manifestation d'évènements imprévus (casses, ruptures, fuites) susceptibles de décrire la détérioration des conduites. Cette détérioration peut être décrite selon trois niveaux en fonction de l'élément d'analyse pris en compte. Nous distinguons :

La détérioration structurelle de la conduite qui se manifeste par une rupture de la conduite, fuite ou un affaissement de la chaussée. C'est une détérioration physique liée au vieillissement ;

- La détérioration hydraulique se manifeste par une baisse de pression et de débit en raison du rétrécissement de la section (diamètre) interne des conduites causé par des dépôts de sédiments, la corrosion ou des fuites ;

- La détérioration de la qualité de l'eau qui se manifeste par une coloration de l'eau provoquée par à des infiltrations de substances ou matières dans les conduites.

D'après (NAFI, 2006), il existe trois types d'approche d'aide à la décision pour le renouvellement des conduites :

- Les approches pour la hiérarchisation des conduites permettant d'identifier les conduites prioritaires nécessitant un renouvellement ;

- Les approches permettant de déterminer des échéances de renouvellement pour chaque conduite ;

- Les modèles d'aide à la décision qui permettent à l'aide de modules divers de proposer des programmes de renouvellement ;

L'outil d'aide à la décision se propose de considérer l'ensemble des critères cités ci-dessus. Couplé à une modélisation hydraulique (par exemple sur le logiciel **Epanet**), il prend en compte les notions de détérioration hydraulique et d'effet réseau :

- La détérioration structurelle des conduites ;

- La détérioration hydraulique ;

- La prise de décision à l'échelle du réseau dans son ensemble ;

- L'évaluation de plusieurs programmes de renouvellement ;

- La prise en compte d'autres alternatives de renouvellement que le remplacement à l'identique.

Il propose également plusieurs alternatives pour chaque conduite (renouvellement ou renforcement) et est basé sur une optimisation multi objectifs qui permet :

- de générer des politiques de renouvellement, en minimisant une fonction de coût tout en maximisant une fonction technique (gain en pression). L'optimisation est assurée par un algorithme génétique couplé avec le modèle hydraulique sur Epanet ;
- d'optimiser de manière efficace le gain en pression sur le réseau par rapport aux coûts des politiques générées. Il laisse une certaine liberté d'utilisation à plusieurs titres ;
- D'adapter quelques paramètres en fonction de ses objectifs.

Pour chaque conduite candidate au renouvellement, trois alternatives sont proposées :

- ne rien faire (laisser la conduite en place) ;
- renouveler la conduite à l'identique ;
- renforcer le tronçon avec une conduite neuve de diamètre standard supérieur...

Les politiques générées sont évaluées et comparées entre elles grâce à deux critères techniques (gain en pression) et financier (coût). Il s'agit de proposer à terme une série de politiques de renouvellement viables, parmi lesquelles, c'est au gestionnaire du réseau de faire un choix.

En pratique, de véritables modèles et d'outils d'aide à la décision de renouvellement, que sont les logiciels de prévision sur les risques de désordres des réseaux d'eau potable sont en pleine émergence. Deux approches complémentaires pouvant être utilisées dans la programmation du processus de renouvellement du réseau d'eau potable, à savoir :

- **Approche par optimisation économique**
- **Approche par modélisation du vieillissement (hiérarchisation) des réseaux**

I.7- DESCRIPTION D'UN RESEAU D'A.E.P

I.7.1. INTRODUCTION

Le distributeur d'eau potable a toujours le souci de couvrir les besoins des consommateurs, en quantité et qualité suffisantes. Il a aussi le souci de veiller à la bonne gestion et à la perfection de toutes les infrastructures concourant l'approvisionnement en eau.

Dans ce chapitre, nous présenterons les différents maillons constituant un réseau d'Alimentation en Eau Potable (A.E.P), les différents problèmes pouvant être rencontrés dans un tel réseau et les différentes méthodes de réhabilitation permettant d'en remédier. [2]

I.7.2. Description d'un réseau d'A.E.P

Un réseau d'A.E.P constitue l'ensemble des moyens et infrastructures dont dispose l'ingénieur pour transporter l'eau depuis la source jusqu'au consommateur. Un réseau d'eau potable doit être fiable et durable pour pouvoir répondre aux exigences des consommateurs (quantité et qualité optimales, dysfonctionnement minimaux). Le transport de l'eau de la source jusqu'au point de distribution se fait suivant une chaîne composée de quatre maillons principaux (Figure I.1). [2]

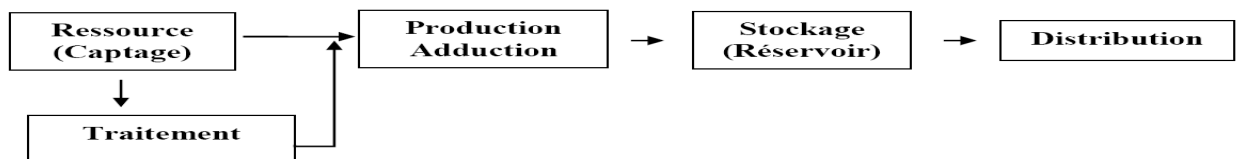


Figure 1.14 : Schéma général d'un réseau d'A.E.P [2]

L'incorporation ou non du maillon traitement dépend de la qualité de l'eau de la source. Avant de détailler le réseau de distribution, sur lequel va porter notre étude, nous allons d'abord décrire brièvement les autres maillons. [2]

I.7.2.1. Maillon ressource

La ressource est une structure permettant le captage de l'eau. La prise d'eau se fait habituellement par un captage d'eau de surface (rivière, lac, barrage, etc.). En l'absence d'une telle source, ou lorsque l'eau de surface est trop polluée, on procède au captage d'eau souterraine (forage, puits, galeries, sources, ...). [2]

I.7.2.2. Maillon production – adduction

Ce maillon est un ensemble constitué d'une station de pompage et d'un dispositif d'adduction (conduite et accessoires). [2]

a) La station de pompage

C'est le dispositif de production. Sa capacité est fonction du ou des réservoirs de stockage. Elle est constituée des ouvrages et des équipements suivants :

- Bâche d'aspiration.

- Chambre de télé-contrôle et d'automatisation.
- Groupes électropompes.
- Autres équipements en amont et en aval des pompes (vannes, clapets, manomètres, etc.). On remarque l'existence de plusieurs pompes. Ceci permettra d'un côté, de minimiser la consommation de l'énergie électrique, car le débit produit est réparti sur l'ensemble des pompes, et de l'autre côté, d'assurer la continuité du service en cas de panne de l'une d'elles. [2]

b) Le dispositif d'adduction

La conduite d'adduction relie la prise d'eau au réservoir de stockage. C'est une conduite d'un gros diamètre car elle est destinée à transporter un débit très important. Pour faire face aux contraintes imposées par le terrain et le relief, on doit accompagner la conduite d'adduction par divers ouvrages :

- Ventouses aux points hauts du tracé pour l'évacuation d'air,
- Vidanges aux points bas du tracé,
- Brises charge pour éviter la surpression et la sous-pression dans la conduite. Plusieurs types de dispositifs sont utilisés:
 - Volants d'inertie.
 - Soupapes de décharge %.
 - Réservoirs d'air.
 - Cheminées d'équilibre.
- Ouvrages de protection contre la corrosion de la conduite. [2]

I.7.2.3. Le maillon traitement

Le traitement de l'eau brute se passe généralement en trois étapes :

- La clarification : il s'agit de débarrasser l'eau des particules colloïdales en utilisant un massif filtrant.
- La stérilisation : son objectif est de rendre l'eau bactériologiquement pure. Pour ceci, on utilise des oxydants tels que le chlore et l'ozone.
- L'affinage : permet d'éliminer les micropolluants (corps dissous). [6]

I.7.2.4. Le maillon stockage

Le réservoir de stockage est un bassin qui se remplit au cours des faibles consommations et qui se vide pendant les périodes de fortes consommations journalières. Le réservoir présente deux utilités (technique et économique) par les multiples fonctions qu'il remplit :

- Fonctions techniques : il permet :
 - La régulation du débit pour tous les ouvrages qui se situent en amont et en aval de lui.
 - La régulation de la pression dans le réseau de distribution.

- L'assurance de la continuité de l'approvisionnement en cas de panne dans les ouvrages situés dans la partie amont.

- La participation au traitement (utilisation de réactifs).

• Fonctions économiques : il permet :

- La réduction des investissements sur tous les autres ouvrages du réseau d'A.E.P.

- La réduction des coûts de l'énergie.

La capacité d'un réservoir dépend du mode d'exploitation des ouvrages de la partie amont et de la variabilité de la demande.

Pour l'emplacement d'un réservoir, selon que l'agglomération est située en plaine ou en terrain accidenté, il peut être soit enterré, soit semi-enterré, soit surélevé. [6]

I.7.2.5. Le réseau de distribution

I.7.2.5.1. Définition

Du réservoir de stockage sort une conduite principale de gros diamètre. Celle-ci, en se prolongeant le long des rues de l'agglomération forme un ensemble de conduites maîtresses.

Sur chacune de ces dernières, sont branchées des conduites de diamètres moindres dites conduites secondaires, tertiaires, etc.

L'ensemble de toutes ces différentes canalisations avec l'ensemble des équipements qui les accompagnent forment le réseau de distribution. C'est l'infrastructure la plus importante du réseau global, car il s'étend sur toute la surface de l'agglomération. [6]

I.7.2.5.2. Ossature du réseau

L'ossature du réseau dépend de la configuration de l'agglomération. Deux géométries de réseau sont possibles : réseau ramifié ou réseau maillé.

• Le réseau ramifié : il est appelé ainsi car il possède topologiquement une structure d'arbre. Pour ce type de réseau, à partir d'une conduite centrale, on met en relation plusieurs canalisations secondaires, tertiaires, ...etc. jusqu'à chaque compteur individuel. Un tel système présente un grave défaut ; dans une conduite donnée, l'eau circule toujours dans le même sens. Donc, une panne dans la conduite entraîne la perte de service pour tous les usagers situés en aval.

• Le réseau maillé : ce type de réseau est constitué de boucles. Le sens de l'écoulement varie fréquemment selon la demande de certaines conduites. En effet, le nombre d'abonnés non desservis en cas de panne ou de réparation est réduit au maximum puisque l'eau peut atteindre un même point par plusieurs chemins. L'autre intérêt est que la vitesse d'écoulement de l'eau est rarement nulle, ce qui offre l'avantage de maintenir la bonne qualité de l'eau distribuée.



Figure 1.15 : Schéma général d'un réseau de distribution (R : Réservoir) [2]

I.7.2.5.3. Éléments constitutifs d'un réseau de distribution d'eau potable

I.7.2.5.3.1. Les matériaux des canalisations

Trois considérations sont essentielles pour le choix du matériau des canalisations :

- la sécurité de service.
- la longévité.
- le facteur économique.

Pour les conduites maîtresses, les matériaux les mieux adaptés sont la fonte ductile, le béton armé et l'acier, par contre, pour les conduites secondaires, on choisit des tuyaux en acier, polyéthylène et le PVC à joints flexibles.

I.7.2.5.3.2. Les joints

Ils ont pour fonction d'assurer l'étanchéité des jointures des tuyaux et faire face aux sollicitations mécaniques et chimiques. Pour cela, ils doivent épouser parfaitement la loge qui leur est destinée.

Les joints constituent la partie la plus fragile de la canalisation à cause de leur souplesse ; tout mouvement du tuyau s'articule sur le joint, ce qui provoque en lui des usures mécaniques. L'action des produits chlorés de l'eau et le dessèchement induisent le vieillissement des joints.

Il existe trois principaux types de joints : mécaniques, à emboîtement et à bride. Les joints mécaniques ou à emboîtement sont utilisés pour relier les conduites enfouies dans le sol, alors que les joints à bride sont utilisés pour raccorder des tronçons à l'intérieur des constructions (station de pompage, station de traitement, etc.).

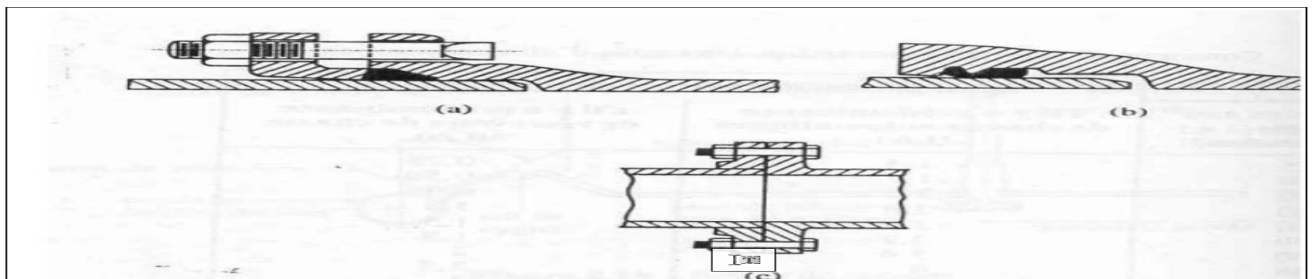


Figure 1.16 : Différents types de joints : a) mécanique, b) à emboîtement, c) à bride [6]

I.7.2.5.3.3. Les vannes

Elles permettent de maîtriser les écoulements dans le réseau, donc de mieux gérer celui-ci. Il existe plusieurs types de vannes qui satisfont à des besoins variés :

- **Les vannes d'isolement** : permettent d'isoler certains tronçons qu'on veut inspecter, réparer ou entretenir. On distingue deux types : les robinets à papillon pour les conduites de gros diamètres et les robinets-vannes pour les conduites de petits diamètres.
- **Les vannes à clapets de non-retour** : permettent de diriger l'écoulement dans un seul sens. Elles sont installées sur les conduites de refoulement.
- **Les vannes de réduction de pression** : permettent de réduire la pression à une valeur prédéterminée.

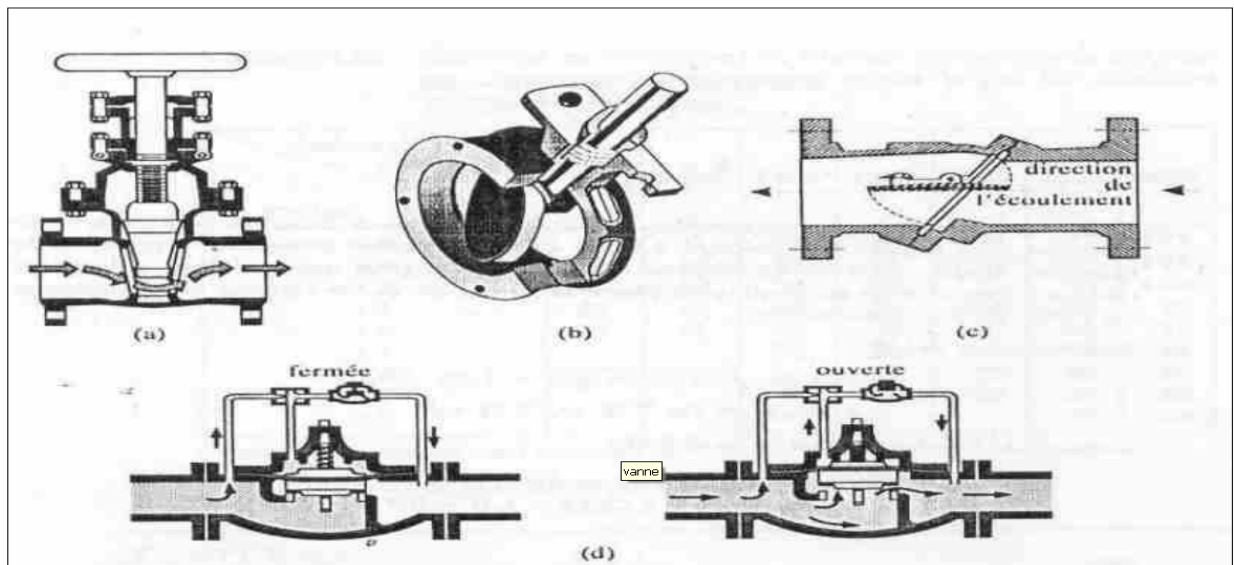


Figure 1.17 : Différents type de vannes : a) robinet-vanne b) robinet à papillon c) vanne à clapet de non-retour d) vanne de réduction de pression [6]

I.7.2.5.3.4. Les ventouses

On installe des ventouses aux points élevés du réseau. Elles permettent d'un côté, de faire évacuer les quantités d'air qui s'y accumulent à la suite, par exemple, du dégazage de l'oxygène dissous, et de l'autre côté, de faire pénétrer l'air lorsqu'un vide se crée dans une conduite et évitent la création de pressions négatives qui risqueraient d'entraîner l'écrasement de la conduite. Trois types de ventouses sont utilisés : ventouses pour petites quantités d'air, ventouses pour grandes quantités d'air et ventouses universelles.

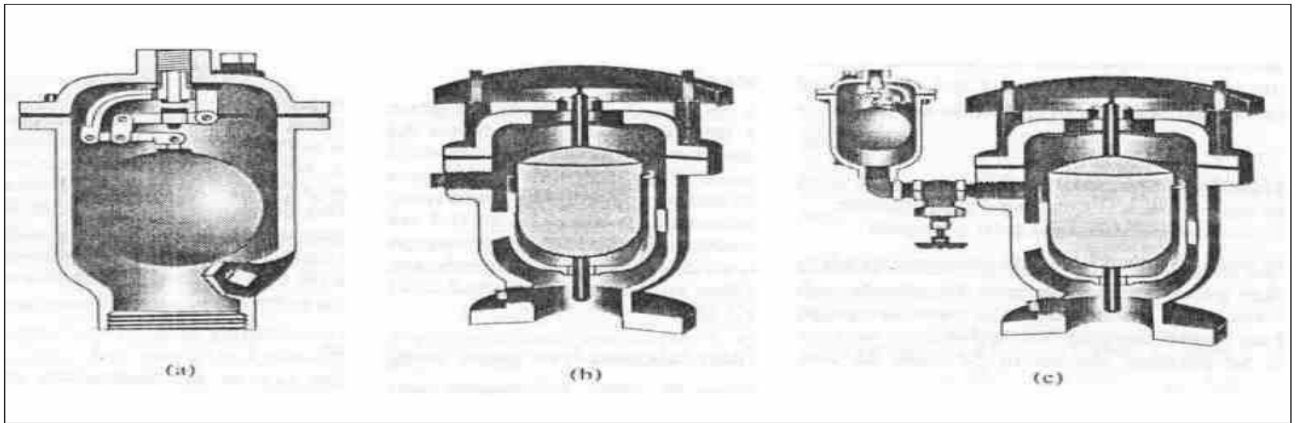


Figure 1.18: Types de ventouses : a) ventouse à petites quantités d'air b) : ventouse à grandes quantités d'air c): ventouse universelle

I.7.2.5.3.5. Les décharges

Une décharge est un robinet placé au point bas de la canalisation pour en permettre la vidange, l'évacuation s'effectue à l'égout le plus voisin ou si le point bas se trouve hors de la ville, dans le fossé le plus proche. Ce robinet sera placé à l'intérieur d'un regard en maçonnerie et doit être facilement accessible.

I.7.2.5.3.6. Les poteaux d'incendie

Ils permettent de fournir aux pompiers l'eau dont ils ont besoin pour combattre les incendies. Ils sont reliés aux conduites du réseau par des conduites de raccordement dotées d'une vanne d'isolement. Un poteau d'incendie doit comporter au moins deux prises latérales de 65 mm de diamètre et une conduite de 100 mm de diamètre si le débit excède 5000 l/mn ou la pression si est faible.

La superficie desservie par un poteau d'incendie dépend du débit nécessaire pour combattre les incendies ; plus le débit est élevé, plus les poteaux sont nombreux et rapprochés.

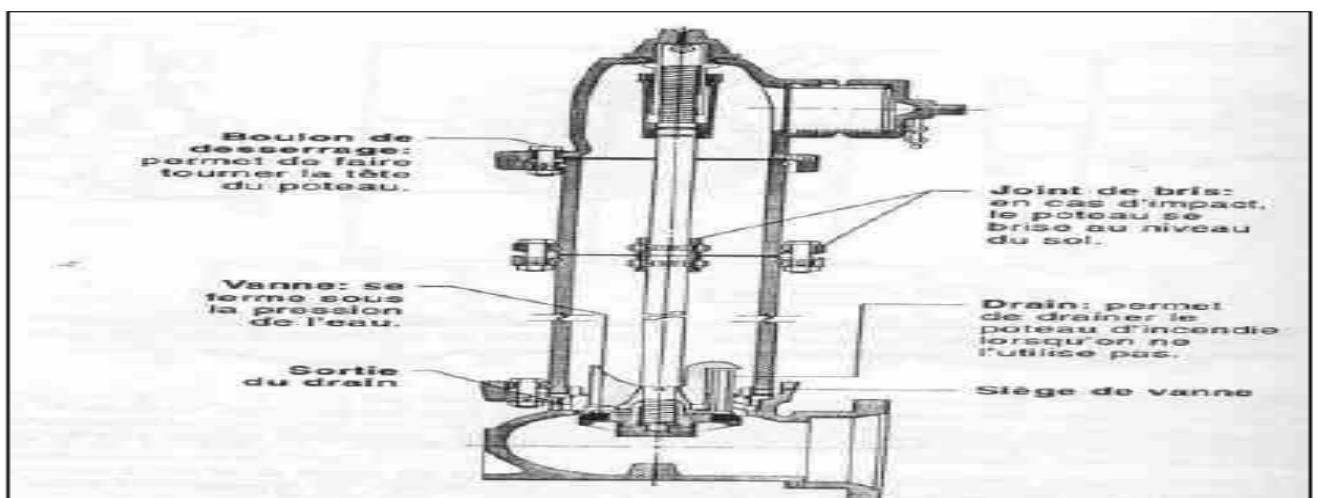


Figure 1.19: Poteau d'incendie[6]

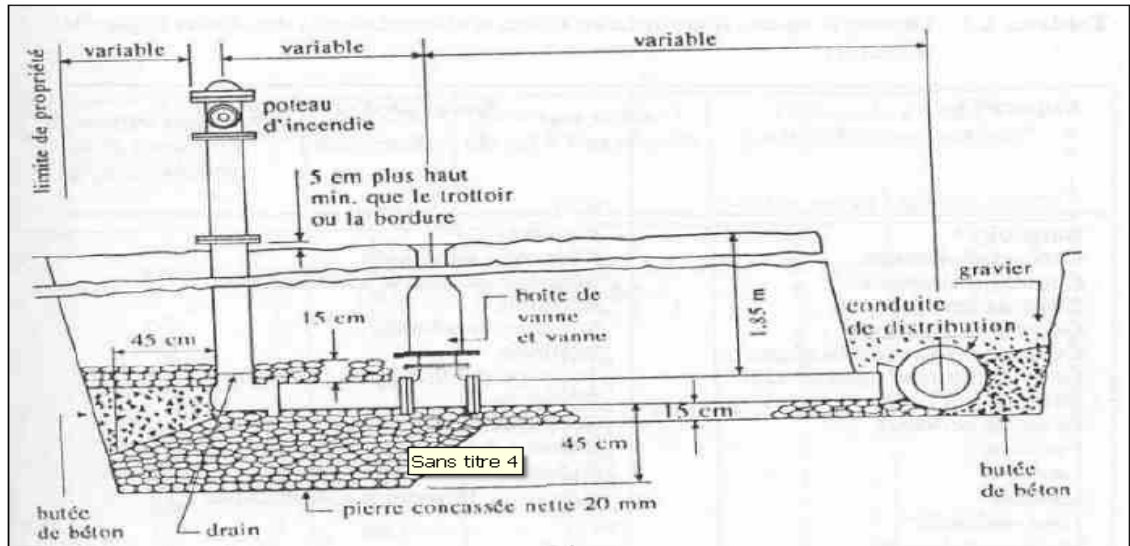


Figure 1.20: Installation d'un poteau d'incendie vue en coupe

I.7.2.5.4. La pression dans le réseau

Le réseau doit être calculé de telle sorte que l'eau parvienne aux consommateurs avec une pression minimale. L'eau doit en effet atteindre les étages supérieurs des habitations et permettre l'utilisation efficace des appareils ménagers (chauffe-bain, machine à laver). Une pression minimale de 150 kpa est alors recommandée.

En vue de la bonne tenue des canalisations, et notamment de leurs joints, il y a lieu d'éviter des pressions supérieures à 500 kpa qui risquent d'apporter des désordres (fuites) et certains bruits désagréables dans les installations intérieures des abonnés. [7]

I.7.3. Problèmes rencontrés dans un réseau d'A.E.P

Plusieurs problèmes de différentes origines peuvent survenir dans un réseau d'A.E.P ; des fuites, les branchements illicites, les erreurs de compteurs, les problèmes environnementaux, pénétration de contaminants, chute de pression, des ruptures ou casses sur les conduites et leurs accessoires, les interruptions. A ces problèmes s'ajoutent des problèmes de gestion du réseau. Ces différents problèmes causent le mécontentement des consommateurs qui réagissent en déposant des plaintes sur les différents services (quantité insuffisante, qualité médiocre, interruption de l'alimentation, etc.) au niveau des services concernés. Les différents problèmes survenant dans un réseau d'alimentation en eau potable peuvent être classés en trois grandes catégories :

- Problèmes induisant les ruptures et les casses.
- Problèmes induisant les fuites.
- Problèmes induisant la dégradation de la qualité de l'eau. [7]

I.7.3.1. Problème de gestion des réseaux d'A.E.P en Algérie

Les problèmes de gestion des réseaux algériens sont très divers :

- Méconnaissance des besoins en eau des populations.
- Entretien quasi-nul des canalisations et de leurs accessoires.
- Coupures d'eau fréquentes.
- Fuites non répertoriées.
- Interventions trop lentes sur les fuites.
- Personnel insuffisant et non qualifié.
- Inexistence de pompes de secours au niveau des stations de pompage. [7]

I.8 CONCLUSION

Nous avons défini au cours de ce chapitre un ensemble de notions permettant de comprendre le fonctionnement du réseau. Comme les conduites de distribution d'eau potable se dégradent dans le temps sous l'effet combiné des charges mécaniques et d'agressions électrochimiques. Le rendement du réseau diminue ainsi nettement. Suite à l'apparition des fuites.

- Nous avons décrit d'une manière générale un réseau d'alimentation en eau potable ainsi que les différents problèmes pouvant survenir dans un tel réseau. Le détail de ces problèmes sera l'objet du chapitre suivant.

Chapitre II.
Présentation de la
zone d'étude et
l'évaluation des
besoins en eau

Introduction :

Avant d'entamer n'importe quel projet d'alimentation en eau potable, l'étude du site est nécessaire pour connaître les caractéristiques physiques du lieu et les facteurs qui influencent sur la conception de ce projet.

II.1- Situation géographique :

La ville d'El-Eulma est située à environ 30 km à l'Est de la ville de Sétif (chef-lieu de la wilaya de Sétif). Elle est connue sous le nom de "Saint Arnaud" pendant l'époque coloniale. La ville d'El-Eulma a été créée en vertu de la loi N° 84-09 du 04 Février 1984, relative à l'organisation territoriale du pays a été classée daïra. La ville d'El-Eulma est limitée:

- A l'Est par la commune de Bir El-Arch.
- A l'Ouest par la commune Ouled Saber.
- Au Nord par la commune de Guelta Zerga.
- Et au Sud par la commune de Bazer Sakhra.

La commune d'El Eulma s'étend sur une superficie de 70,04 km².(APC El-eulma



Figure II.1limites administratives des communes de la wilaya de SETIF

II.2- Situation topographique :

La ville d'El-Eulma présente un relief uniforme avec un faible pente (0 à 1) % dont les altitudes varient de 30m à 60m dans le sens sud-est.

Population :

Selon le RGPH (Recensement Général de la Population et de l'Habitat) 2008 sa population était de **153000** habitants, d'après les opérations de recensement effectuées chaque année par les services communaux le nombre actuel d'habitant serait aux alentours de **211788** habitants. ce qui donne une densité de **2089h/ km²**.

II.3- Situation climatologique :**II.3.1- Climat :**

Le climat de La ville d'El-Eulma est de type Méditerranéen continental semi –aride caractérisé par une saison hivernale pluvieuse et fraîche et une saison estivale, sèche et chaude .Le mois le plus pluvieux est avril et le plus sec est juillet.

Les données climatiques utilisées proviennent du centre météorologique de Sétif, sur une période (1990-2011).

II.3.2. Précipitations :

Pour la grande partie du monde, les précipitations représentent la source principale d'eau pour la production agricole. Elles sont caractérisées par trois principaux paramètres :

Leur volume, leur intensité, les mois et aussi les années. Les pluies sont Irrégulièrement (**tab.II.1**)répartie à la fois dans le temps et dans l'espace.

Tableau II.1 : Précipitations mensuelles moyennes enregistrées à la station de Sétif pendant la période (1990-2011).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Moyenne	40.3	34.5	32.9	43.8	45.7	20.1	12.8	13.9	46.8	31.6	38.4	43	403.8

II.3.3- Température :

La température représente un facteur limitant de première importance car, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère.

Tableau II.2 : Température mensuelle de Sétif pendant la période (1990-2011).

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
M	9.9	11.4	14.6	17.3	23.2	29.5	33.6	32.6	27	21.4	14.8	10.5
m	1.9	2.2	4.7	6.8	11.5	16.3	19.7	19.7	15.5	11.5	6.3	2.8
M+m/2	5.9	6.8	9.6	12.05	17.35	22.9	22.65	26.15	21.25	16.45	10.55	6.65

II.3.4 Présentation de la zone I

La zone d'étude qui est une partie de la ville de el Eulma située au Nord-Ouest de eleulma avec une superficie de **456.08 ha** Cette zone est délimitée par l'Autoroute Est-Ouset du côté nord , la zone industrielle du côté sud , cité d'habitation collectives du côté ouest et par des terrains vierges du côté Est.



Figure II.2 la carte de situation de la zone 1 (Google earth)

II.4- Présentation hydraulique :

Les ressources :

Actuellement l'alimentation en eau potable de la ville d'El Eulma est assurée par l'exploitation de :

1. La source de Djermane ou Ain Messaoud
2. La source de Dehamcha ou Hammam .
3. Prélèvement à partir du barrage de Ain Zada.

A signaler ici :

L'existence du forage F1 de Sid Messaoud.

L'existence du forage F2 de Djermane

L'existence du forage F3 de Lakouaras .

L'existence du forage F4 de Chouaouet.

Le réseau de distribution :

Le réseau de distribution de la **zone I** est un réseau mixte (maillé+ramifié), les conduites du réseau de distribution sont composées de quatre types de canalisation : Acier Galvanisé, le PVC, la fonte

ductile et l'amiante ciment. La **figure II.3** représente la réparation des longueurs à partir de la nature des canalisations dans le réseau d'AEP de la zone I

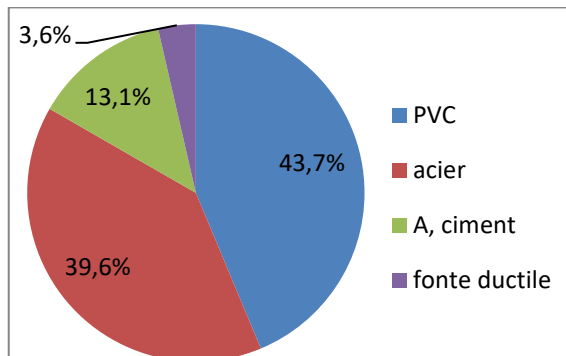


Figure II.2 la réparation des longueurs à partir de la nature des canalisations

Les diamètres des canalisations varient de 63 mm jusqu'à 400 mm. La figure II.3 représente la réparation des diamètres du réseau.

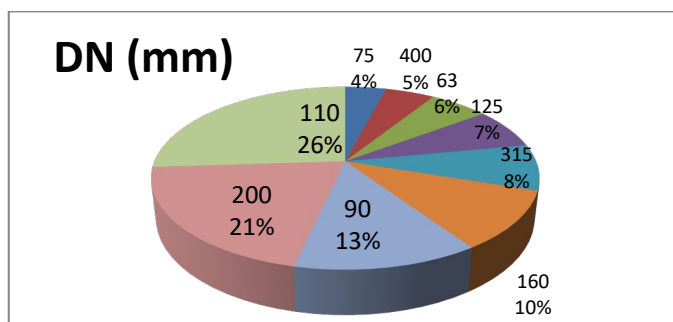


Figure II.3: la réparation des diamètres du réseau.

II .5. Estimation de la population de la zone d'étude (ZONE I)

Pour l'estimation de l'évolution de la population de notre zone d'étude nous devons judicieusement choisir un taux d'accroissement moyen annuel démographique.

Dans le rapport du PDAU un taux d'accroissement global de 3 % .

Dans les tableaux qui suivent nous allons procéder à l'estimation de la population pour différents horizons .

La population future est calculée par la formule suivante :

$$P = p_0 (1 + t)^n$$

- P - population future à un horizon donné
- Po - population actuelle

Chapitre II. Présentation de la zone d'étude et l'évaluation des besoins en eau

- t - taux d'accroissement pris égal 3%
- n - nombre d'années pour l'horizon envisagé

L'évolution de la population pour de taux d'accroissement de 3% est donnée au tableau II.3

Tableau II.3

Horizon	2019	2025	2030	2040	2045
Population (hab)	22562	26940	31231	41972	48657

A l'horizon 2045 la population de la zone d'étude atteindra : **48657** habitants pour un taux de accroissement est égal à 3%.

II.6. ESTIMATION DES BESOINS

a) Besoins domestiques

Détermination de la consommation moyenne journalière :

Le débit moyen journalier au cours de l'année est donné par l'expression suivante :

$$Q_{\text{moyj}} = N \times (\text{dot} / 1000) \text{ (m}^3\text{/j)}$$

Q_{moyj}: Consommation moyenne journalière(m³/j)

N :nombre habitants (hab)

Dot : dotation (l/j / hab)

Afin d'estimer les besoins domestiques, nous devons tout d'abord fixer la dotation.

Suite aux réserves de l'Administration lors de l'exposé de cette phase, la dotation brute et son évolution dans le temps est prise en conformité avec la note ministérielle qui nous été communiquée par l'Administration même.

Tableau II.4

Horizon	2019	2025	2030	2040	2045
Dotation brute (l/j/habitant)	200	200	210	220	220

En fonction des dotations ainsi retenues, nous pouvons calculer les besoins domestiques par horizon.

Tableau II.5

Horizon	2019	2025	2030	2040	2045
Besoins Domestiques (m ³ /j)	4512.41	5388	6558.51	9233.83	10704.57

Les besoins domestiques estimés actuellement à **4512.41m³/j** et pour l'horizon 2045 Sera **10704.57m³/j**.

b) Besoins en eau pour les équipements

Le calcul des besoins en eau pour les équipements doit prendre en compte et dans la mesure du possible tous les besoins des structures administratives, ainsi que les infrastructures du secteur sanitaire et celui de commerce et d'artisanat.

L'inventaire de ces équipements a été réalisé en se basant sur le PDAU de la ville d'El Eulma.

Le tableau II.6 récapitule ce calcul.

Tableau II.6 : Evaluation des besoins pour les équipements

Equipement	Nbre	Norme Capacité	Dotation	Unité	Besoins (m ³ /j)
Ecoles	15	650	30	l/j/élèv	292.5
Hôpital	01	250	500	l/j/lit	125
Polyclinique	01	80	500	l/j/lit	40
Mosquée	05	-	10	m ³ /j/mosq	50
Hôtel	02	50	250	l/j/lit	25
Stade	02	1	10	m ³ /j/ha	20
Lycée	03	900	50	l/j/élèv	135
CFPA	01	300	50	l/j/élèv	15
CEM	06	700	50	l/j/élèv	210
Marché	01	1	5	m ³ /j/ha	5
Maison d'arrêt	01	200	250	l/j/person	50
Téchnicum	01	400	30	m ³ /j/ha	12
APC	01	0.08	5	m ³ /j/ha	0.4
Daïra	01	0.2	5	m ³ /j/ha	1
Gendarmerie	01	1	5	m ³ /j/ha	5
Protection civile	01	400	5	l/j/gend	2
Sonelgaz	01	0.05	5	m ³ /j/ha	0.25

Chapitre II. Présentation de la zone d'étude et l'évaluation des besoins en eau

PTT	01	0.05	5	m ³ /j/ha	0.25
Agence postale	01	0.05	5	m ³ /j/ha	0.25
Tribunal	01	0.2	5	m ³ /j/ha	1
Casorec	01	0.05	5	m ³ /j/ha	0.25
Commissariat	01	0.2	5	m ³ /j/ha	1
Crèche	01	50	50	l/j/enf	5
Total (m³/j)					995.9

Les besoins en eau pour les équipements sont estimés à **995.9 m³/j** pour l'horizon actuel.

c) Besoins moyens journaliers et max journaliers et leur évolution

On obtient les besoins moyens journaliers en ajoutant aux besoins domestiques les besoins en eau pour les équipements.

Tableau II.7 : Les besoins en eau de la zone I

Type de Besoins (m ³ /j)	2019	2025	2030	2040	2045
Besoins domestiques	4512.41	5388	6558.51	9233.83	10704.57
Besoins équipements	995.9	995.9	995.9	995.9	995.9
Besoins moy. journaliers	5508.31	6338.9	7554.41	10229.73	11700.47

II.7. ETUDE DES VARIATIONS DE LA CONSOMMATION:**II.7.1 Etude de la variation de débit****a) Consommation journalière maximale**

La consommation journalière maximale, représente le débit d'eau maximal du jour le plus chargé de l'année, elle s'obtient par la relation suivante :

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

Q_{maxj} : Coefficient qui tient compte le gaspillage, les pertes d'eau et les erreurs d'estimation. Il indique combien de fois de débit maximal journalier excède le débit journalier. Sa valeur varie selon les expériences de 1,1 à 1,3.

Pour notre cas **K_{maxj} = 1,2**

$$\text{b) } Q_{\max j} = 1,2 * 11700.47 \text{ m}^3/\text{j} = 14040.564 \text{ m}^3/\text{j}$$

Chapitre II. Présentation de la zone d'étude et l'évaluation des besoins en eau

c) Calcul du 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:

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

Avec: $Q_{\text{moy},h} = Q_{\max,j} / 24$

$Q_{\text{moy},h}$: débit moyen horai

$Q_{\max,h}$: débit maximum horaire(m^3/h)

On trouve que : $Q_{\text{moy},h} = 14040.564/24 = 585.023 \text{ m}^3/\text{h}$

Débit maximal horaire

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

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

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

a. α_{\max} : varie entre 1.2 et 1.4 d'où on prend $\alpha_{\max}=1.4$

Avec : $K_{\max,h} = \alpha_{\max} * \beta_{\max}$

b. β : dépend du nombre d'habitation de l'agglomération et les valeurs sont représentées dans le tableau (III.1) ; on prend pour ce cas $\beta_{\max}=1.2$

Tableau II.8: Variation de β_{\max} en fonction du nombre d'habitants

Nbre d'hab 10 ³	0.2	0.3	0.5	0.75	1	1.50	2.5	4	6	10	20	50	100	300	>10 ³
β_{\max}	3.5	3	2.5	2.2	2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.15	1.10	1.05	1

$$Q_{\max,h} = 585.023 \text{ m}^3/\text{h} * 1,08 = 631.82 \text{ m}^3/\text{h}$$

d) Débit minimal horaire:

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

$$Q_{\min,h} = K_{\min} * Q_{\text{moy},h} (\text{m}^3/\text{h})$$

K_{\min} : coefficient d'irrégularité horaire minimal qui est fonction de deux autres coefficients

Chapitre II. Présentation de la zone d'étude et l'évaluation des besoins en eau

a. α_{\min} : varie entre 0.4 et 0.6 d'où on prend $\alpha_{\min}=0.6$

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

b. β_{\min} : dépend du nombre d'habitation de l'agglomération, sont représentés dans le tableau (III.2)

; pour notre cas : $\beta_{\min} = 0.5$

Tableau II.9: Variation de β_{\min} en fonction du nombre d'habitants.

Nbre d'hab 10^3	0.2	0.3	0.5	0.75	1	1.50	2.5	4	6	10	20	50	100	300	>10 ³
B_{\min}	0.02	0.03	0.05	0.07	0.1	0.1	0.1	0.2	0.25	0.4	0.5	0.6	0.7	0.85	1

$$Q_{\min.h} = 585.023 \text{ m}^3/\text{h} * 0.8 = 468.0188 \text{ m}^3/\text{h}$$

Les différentes valeurs des débits horaires minimales et maximales sont représentées dans le tableau (III.3):

Tableau II.10: Les valeurs des débits horaires.

$Q_{\max.j}$ (m ³ /j)	$Q_{\text{moy.h}}$ (m ³ /j)	α_{\max}	α_{\min}	β_{\max}	β_{\min}	K_{\max}	K_{\min}	$Q_{\max.h}$ (m ³ /h)	$Q_{\min.h}$ (m ³ /h)
47652.216	1985.509	1.4	0.6	1.08	0.8	1.512	0.48	2144.349	1588.407

II.7.2 Détermination de débit de pointe (Q_p)

Le débit de pointe se calcul par l'expression :

$$Q_p = Q_{\text{moy.j}} * K_p \quad K_p = K_{\max.j} * K_{\max.h}$$

Et dans notre cas on prend : $K_{\max.j} = 1.2$ et $K_{\max.h} = 1.512$

$$K_p = 1.2 * 1.512 = 1.8144$$

$$Q_{\text{moy.j}} = 39710.18 \text{ m}^3/\text{j} = 459.608 \text{ l/s}$$

$$\text{Alors } Q_p = 135.42 * 1.2 * 1.512 = 245.71 \text{ l/s.}$$

Le débit de pointe est $Q_p = 245.71 \text{ l/s}$

II.8. Le Rendement

Le rendement de réseau est un indicateur simple et très utilisé qui permet d'apprécier la qualité d'un réseau. Il représente le rapport entre la quantité d'eau utilisée par les abonnés et la quantité d'eau introduite dans le réseau. Il existe de nombreuses définitions du rendement qui dépendent des volumes pris en compte pour son calcul.

Pour un service de distribution, l'essentiel est de définir précisément les termes utilisés et d'en suivre l'évolution d'une année sur l'autre.

II.8.1. Rendement Primaire

Le rendement primaire (RP) est le rendement le plus simple à calculer, il ne tient pas compte des volumes utilisés non comptabilisés :

$$RP = \frac{\text{Volume d'eau consommé par les abonnés}}{\text{Volume mis en distribution}}$$

II.8.2. Rendement net

Le rendement net (RN) est le rendement, parfois appelé rendement technique, traduit bien la notion d'efficacité du réseau, puisqu'il compare la totalité de l'eau utilisée avec celle introduite dans le réseau. Pour le calcul du volume consommé, il faut additionner le volume consommé comptabilisé et le volume consommé non comptabilisé.

$$RN = \frac{\text{Volume d'eau consommé comptabilisé}}{\text{Volume mis en distribution} \times 100}$$

II.8.3. L'indice linéaire de perte des réseaux d'eau potable

Le rendement n'étant pas un indicateur toujours pertinent pour apprécier l'état d'un réseau, l'analyse peut être confortée par le calcul de l'Indice Linéaire de Perte (ILP). L'ILP permet de mesurer les volumes d'eau perdus par jour pour 1 Km de réseau.

II.9. CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons entamé l'étude hydraulique par le calcul de la population actuelle et à l'horizon d'étude (2045) ainsi que les besoins en eau tant domestiques que sanitaires, scolaires, socioculturels et sportifs, commerciaux et administratifs à partir desquels nous avons calculé le débit de pointe en prenant en considération tous les coefficients d'irrégularité journaliers et horaires.

Chapitre III

Diagnostic du réseau de distribution

III.1 Introduction

L'objet de ce diagnostic est de vérifier l'état du réseau de distribution actuel d'alimentation en eau de la ville d'El Eulma (ZONE I) et la détermination des défaillances du réseau de distribution.

III.2 Etat de réseau de distribution actuel (ZONE I)

L'état du réseau de distribution de la ZONE I ainsi que les caractéristiques de tous les tronçons sont représentés dans les tableaux suivants :

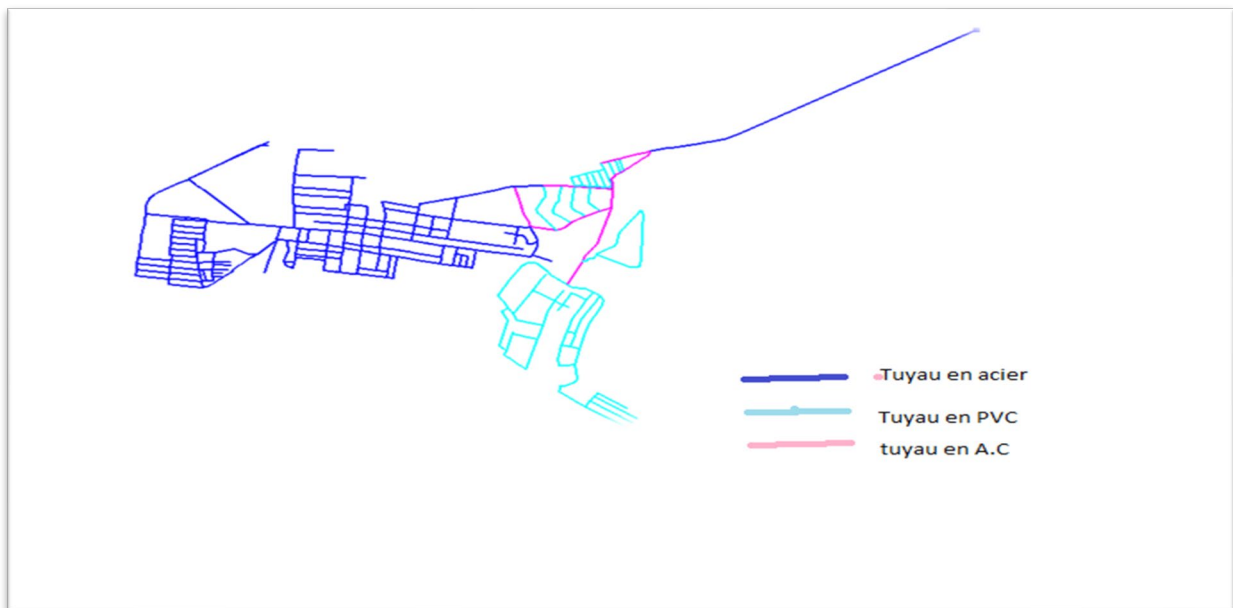


Figure III.1 : Schéma du réseau existant

Tableau III-1 Etat du réseau de distribution de la zone I

Tronçon N	Longueur m	Diamètre mm	matériaux de la conduite	état de la conduite
Tuyau 150-430	342,7	300	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 150-431	253	400	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 431-432	28,75	400	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 1	47,15	400	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 433-325	126,5	500	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 430-434	59,9725	110	PVC	dégradée
Tuyau 434-440	235,75	300	PVC	dégradée
Tuyau 440-439	80,5	110	PVC	dégradée
Tuyau 434-435	195,5	110	PVC	dégradée
Tuyau 435-436	53	110	PVC	dégradée
Tuyau 436-437	53	110	PVC	dégradée

Tuyau 437-438	53	110	PVC	dégradée
Tuyau 438-439	53	110	PVC	dégradée
Tuyau 325-361	149,5	200	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 361-360	102,35	200	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 360-359	93,15	200	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 359-357	117,3	200	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 325-330	172,5	300	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 330-340	80,5	200	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 340-341	117,3	200	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 341-342	104,65	200	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 342-343	120,75	200	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 343-347	184	200	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 347-365	377,2	200	A Ciment	Moyenne état
Tuyau 357-365	241,5	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 361-340	218,5	90	PVC	dégradée
Tuyau 360-341	1,14	90	PVC	dégradée
Tuyau 359-342	368	90	PVC	dégradée
Tuyau 357-343	425,5	90	PVC	dégradée
Tuyau 330-334	540,5	300	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 334-317	138	315	PVC	dégradée
Tuyau 317-319	287,5	200	PVC	dégradée
Tuyau 317-318	391	200	PVC	dégradée
Tuyau 319-318	494,5	200	PVC	dégradée
Tuyau 334-335	253	300	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 335-63	189,75	315	PVC	dégradée
Tuyau 63-476	80,5	500	PVC	dégradée
Tuyau 476-477	80,5	200	PVC	dégradée
Tuyau 476-459	264,5	90	PVC	dégradée
Tuyau 477-478	80	90	PVC	dégradée
Tuyau 459-466	80	125	PVC	dégradée
Tuyau 459-464	80	125	PVC	dégradée
Tuyau 459-455	80	90	PVC	dégradée
Tuyau 455-465	110	40	PVC	dégradée
Tuyau 455-462	178,25	75	PVC	dégradée
Tuyau 462-463	172,5	250	PVC	dégradée

Tuyau 462-451	247,25	315	PVC	dégradée
Tuyau 451-450	70	315	PVC	dégradée
Tuyau 451-452	80	200	PVC	dégradée
Tuyau 450-467	126,5	500	PVC	dégradée
Tuyau 454-450	178,25	400	PVC	dégradée
Tuyau 469-467	178,25	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 454-469	126,5	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 467-461	126,5	200	PVC	Mauvais état
Tuyau 461-448	230	90	PVC	Mauvais état
Tuyau 452-461	400	125	PVC	dégradée
Tuyau 469-448	271,4	125	PVC	Mauvais état
Tuyau 455-454	247,25	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 476-474	230	90	PVC	dégradée
Tuyau 477-475	230	40	PVC	dégradée
Tuyau 63-444	575	315	PVC	dégradée
Tuyau 475-474	57,5	250	Acier	dégradée
Tuyau 474-446	125,19	315	PVC	dégradée
Tuyau 475-479	125,19	315	PVC	dégradée
Tuyau 444-446	126,5	200	PVC	dégradée
Tuyau 446-447	299	500	PVC	dégradée
Tuyau 444-742	560	400	PVC	dégradée
Tuyau 742-744	356,5	500	PVC	dégradée
Tuyau 743-745	356,5	500	PVC	dégradée
Tuyau 747-746	356,5	200	PVC	dégradée
Tuyau 748-749	300	90	PVC	dégradée
Tuyau 742-743	57,5	90	PVC	dégradée
Tuyau 743-747	57,5	125	PVC	dégradée
Tuyau 747-748	57,5	125	PVC	dégradée
Tuyau 335-452	770,5	90	PVC	dégradée
Tuyau 347-350	149,5	40	PVC	dégradée
Tuyau 347-349	76	75	PVC	dégradée
Tuyau 349-354	70	250	PVC	dégradée
Tuyau 354-348	80	315	PVC	dégradée
Tuyau 354-352	80	200	PVC	dégradée
Tuyau 354-350	184	200	PVC	dégradée

Tuyau 350-351	103,5	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 351-70	517,5	400	Acier	Mauvais état
Tuyau 119-121	517,5	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 70-280	57	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 280-279	50	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 279-278	50	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 280-266	170	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 279-276	170	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 278-277	170	125	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 71-277	250	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 277-276	50	40	Acier	Mauvais état
Tuyau 276-266	50	75	Acier	Mauvais état
Tuyau 70-96	92	250	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 96-264	103,5	315	PVC	dégradée
Tuyau 266-265	92	315	Acier	Mauvais état
Tuyau 96-101	225,4	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 13	225,4	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 102-85	103,5	400	Acier	Mauvais état
Tuyau 264-85	432,4	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 85-65	60	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 264-265	60	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 265-68	300	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 68-66	46	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 66-65	67	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 68-97	210	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 66-186	143,75	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 65-188	143,75	40	Acier	Mauvais état
Tuyau 186-188	67	75	Acier	Mauvais état
Tuyau 85-88	120,75	250	Acier	Mauvais état
Tuyau 65-60	120,75	315	Acier	Mauvais état
Tuyau 15	60	315	Acier	Mauvais état
Tuyau 60-190	143,75	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 188-190	120,75	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 186-97	50	400	Acier	Mauvais état
Tuyau 16	50	500	Acier	Mauvais état

Tuyau 97-184	200	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 88-89	120,75	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 60-61	120,75	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 89-61	60	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 61-59	46	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 69-197	46	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 61-69	106,95	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 59-197	106,95	40	Acier	Mauvais état
Tuyau 59-191	50	75	Acier	Mauvais état
Tuyau 197-192	50	250	Acier	Mauvais état
Tuyau 184-182	120,75	315	Acier	Mauvais état
Tuyau 191-182	143,75	315	Acier	Mauvais état
Tuyau 182-154	195,5	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 192-154	49	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 69-57	150	400	Acier	Mauvais état
Tuyau 57-56	50	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 56-194	50	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 197-194	202,4	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 194-183	50	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 192-183	202,4	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 183-195	49	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 154-195	202,4	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 195-269	50	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 269-142	85	40	Acier	Mauvais état
Tuyau 270-142	130	75	Acier	Mauvais état
Tuyau 52-142	187,45	250	Acier	Mauvais état
Tuyau 56-52	59	315	Acier	Mauvais état
Tuyau 52-50	59	315	Acier	Mauvais état
Tuyau 114-69	128,8	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 115-57	128,8	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 116-56	128,8	400	Acier	Mauvais état
Tuyau 51-50	128,8	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 114-115	159	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 115-116	79	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 116-30	49	90	Acier	Mauvais état

Tuyau 30-51	79	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 50-49	39	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 49-44	172,5	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 44-42	330	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 42-517	60	40	Acier	Mauvais état
Tuyau 517-518	110	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 519-524	110	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 520-525	110	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 522-526	69	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 523-527	60	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 517-519	30	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 519-520	50	400	Acier	Mauvais état
Tuyau (20-522	39	500	Acier	Mauvais état
Tuyau (22-523	39	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 351-72	147,2	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 349-170	448,5	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 365-172	400	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 172-170	187,45	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 170-168	110	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 168-169	110	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 172-174	287,5	40	Acier	Mauvais état
Tuyau 174-169	59	75	Acier	Mauvais état
Tuyau 170-143	120	250	Acier	Mauvais état
Tuyau 168-173	120	315	Acier	Mauvais état
Tuyau 169-140	120	315	Acier	Mauvais état
Tuyau 174-175	250	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 2	230	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 175-167	59	400	Acier	Mauvais état
Tuyau 167-138	120	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 143-121	69	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 173-123	69	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 140-122	69	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 121-123	120	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 5	120	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 143-173	120	125	Acier	Mauvais état

Tuyau 173-140	120	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 122-101	69	40	Acier	Mauvais état
Tuyau 140-138	207	75	Acier	Mauvais état
Tuyau 138-125	69	250	Acier	Mauvais état
Tuyau 125-102	69	315	Acier	Mauvais état
Tuyau 122-125	207	315	Acier	Mauvais état
Tuyau 138-134	126,5	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 125-127	126,5	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 102-107	126,5	400	Acier	Mauvais état
Tuyau 127-107	69	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 134-127	69	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 107-88	103,5	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 111-89	103,5	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 127-111	178,25	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 152-134	115	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 134-130	126,5	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 152-165	126,5	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 165-130	115	40	Acier	Mauvais état
Tuyau 130-139	276	75	Acier	Mauvais état
Tuyau 107-111	120	250	Acier	Mauvais état
Tuyau 111-114	106,95	315	Acier	Mauvais état
Tuyau 130-29	362,25	315	Acier	Mauvais état
Tuyau 29-30	138	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 29-27	59	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 25-27	200	400	Acier	Mauvais état
Tuyau 24-25	120	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 22-24	120	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 22-209	230	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 7	230	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 181-22	362,25	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 164-24	362,25	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 158-25	362,25	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 165-27	362,25	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 158-165	59	40	Acier	Mauvais état
Tuyau 158-164	69	75	Acier	Mauvais état

Tuyau 181-164	180	250	Acier	Mauvais état
Tuyau 181-163	95	315	Acier	Mauvais état
Tuyau 49-53	287,5	315	Acier	Mauvais état
Tuyau 44-727	471,5	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 523-724	80	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 724-726	59	400	Acier	Mauvais état
Tuyau 520-728	120	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 726-725	120	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 725-728	110	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 728-521	110	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 517-521	180	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 42-41	100	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 41-521	220	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 727-723	420	50	Acier	Mauvais état
Tuyau 726-727	69	50	Acier	Mauvais état
Tuyau 726-723	218,5	50	Acier	Mauvais état
Tuyau 725-722	218,5	50	Acier	Mauvais état
Tuyau 728-721	218,5	50	Acier	Mauvais état
Tuyau 8	218,5	50	Acier	Mauvais état
Tuyau 723-722	69	100	Acier	Mauvais état
Tuyau 722-721	69	100	Acier	Mauvais état
Tuyau 721-720	69	100	Acier	Mauvais état
Tuyau 720-47	69	100	Acier	Mauvais état
Tuyau 48-47	210	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 281-47	87	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 48-281	218,5	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 40-41	103,5	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 40-839	20	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 45-48	69	125	Acier	Mauvais état
Tuyau 45-835	69	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 45-43	218,5	40	Acier	Mauvais état
Tuyau 281-43	69	75	Acier	Mauvais état
Tuyau 43-46	69	250	PVC	dégradée
Tuyau 9	200	315	PVC	dégradée
Tuyau 839-835	69	315	PVC	dégradée

Tuyau 46-243	69	200	PVC	dégradée
Tuyau 243-244	69	500	PVC	dégradée
Tuyau 239-244	180	400	PVC	dégradée
Tuyau 839-838	69	500	PVC	dégradée
Tuyau 838-837	69	500	PVC	dégradée
Tuyau 837-8.36	69	200	PVC	dégradée
Tuyau 838-243	220	90	PVC	dégradée
Tuyau 10	220	90	PVC	dégradée
Tuyau 836-239	180	125	PVC	dégradée
Tuyau 836-232	150	125	PVC	dégradée
Tuyau 239-232	30	90	PVC	dégradée
Tuyau 232-233	320	40	PVC	dégradée
Tuyau 723-263	218,5	100	Acier	Mauvais état
Tuyau 722-262	218,5	100	Acier	Mauvais état
Tuyau 721-261	218,5	100	Acier	Mauvais état
Tuyau 720-260	218,5	100	Acier	Mauvais état
Tuyau 263-262	80	100	Acier	Mauvais état
Tuyau 262-261	80	100	Acier	Mauvais état
Tuyau 11	80	100	Acier	Mauvais état
Tuyau 260-233	320	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 233-219	400	500	Acier	Mauvais état
Tuyau 113-836	265	200	Acier	Mauvais état
Tuyau 113-219	500	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 219-218	550	90	A Ciment	Mauvais état
Tuyau 51-113	180	125	Acier	Mauvais état
Tuyau réservoir-150	2200	900	Acier	Mauvais état
Tuyau 191-192	106,95	90	Acier	Mauvais état
Tuyau 3	91	90	PVC	dégradée
Tuyau 4	96,1	90	PVC	dégradée
Tuyau 6	107,1	90	PVC	dégradée
Tuyau 12	127,56	75	PVC	dégradée
Tuyau 14	110,59	75	PVC	dégradée
Tuyau 17	93,66	75	PVC	dégradée
Tuyau 18	76,74	75	PVC	dégradée

Les défaillances existantes sont les suivantes :

- Le réseau de distribution ne possède aucun système de comptage.
- Les conduites en amiante ciment présentent des fissures.
- Manque d'entretien.
- Les fuites au niveau des branchements.
- Les bouches d'incendie et les robinets vanne sont corrodés et le nombre est très limité.

III.2.1 Des photos sur l'état des conduites et des branchements, bouches d'incendie et les robinets vannes



Fig III.1 : Regard de ventouse. (Remblai de Terre est pierre est de déches)



Fig III.2: Regard de vanne (remblai de terre est pierre)



Fig III.3: Tampon n'est pas à ça place de regard



Fig III.4 : vanne Mauvaise état



Fig. III.5 : fuites au niveau des joints





Fig.. III.6. Bouches d'incendie fracturé



Fig : III.7. Tuyau en A.C fracturée

III.3 Présentation du logiciel ArcGis

Le logiciel ArcGis est un logiciel d'information géographique qui a été développé par la société américaine ESRI. ArcGis a développé différentes gammes de produits :

- SIG Bureautique : Arc View, Arc Editor, Arc Info,
- SIG Serveur : ArcIMS, ArcGis Server, ArcGis Image Server,
- SIG pour développeurs : Extensions afin de développer SIG Bureautique,
- SIG Nomade : ArcPad et ArcGis pour travail de terrain.

III.3.1. Tracé d'un réseau géométrique sur ArcGis :

L'objectif de ce travail est la génération d'un réseau géométrique au sein d'une **géodatabase** sur ArcGis et l'exportation direct, via script de **géotraitement** (script python), des données issues de la **géodatabase** pour effectuer de la simulation hydraulique au sein du logiciel libre **Epanet**. Un tel export implique une qualité topologique irréprochable des données, celles-ci sont donc contrôlées et corrigées par un processus complet mélangeant divers outils de contrôle d'ArcGis.

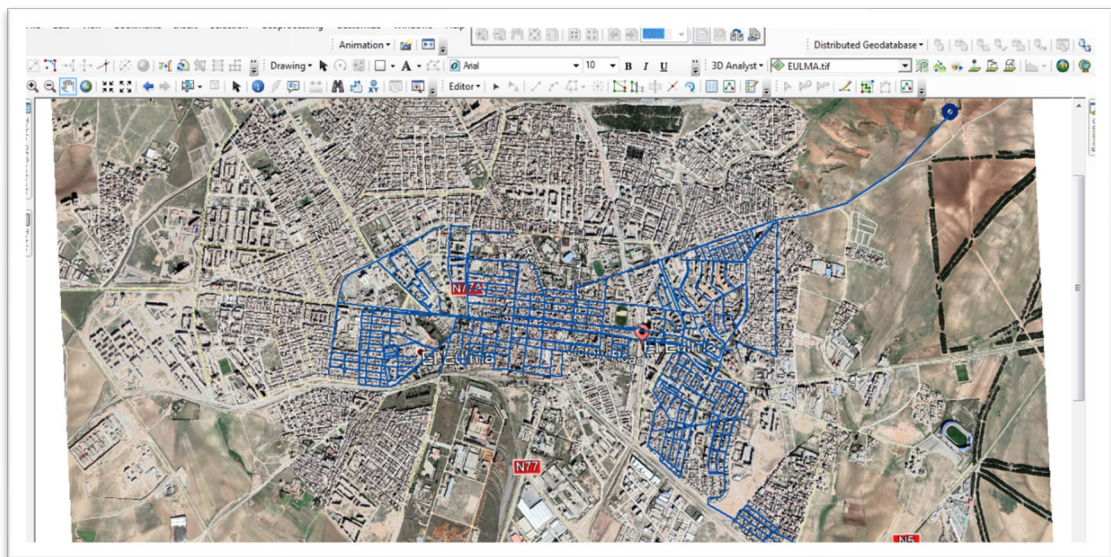
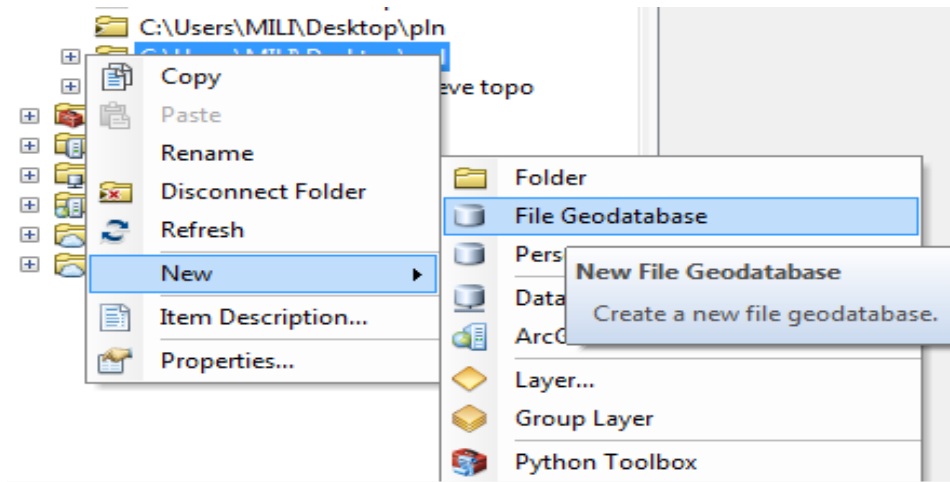


Figure III.7 : tracé du réseau sous SIG (arcgis)

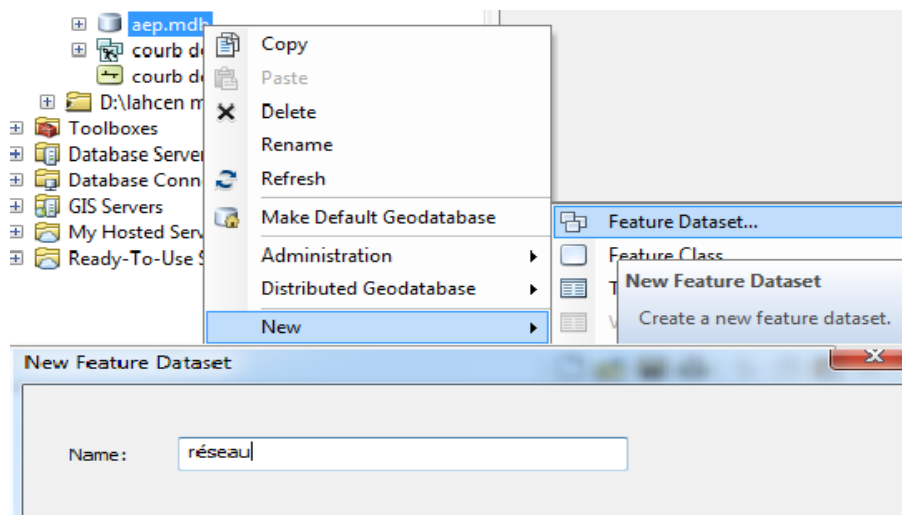
III.3.2. Construction du réseau (des conduites) :

Les étapes essentielles pour la création d'un réseau de conduite sont les suivantes :

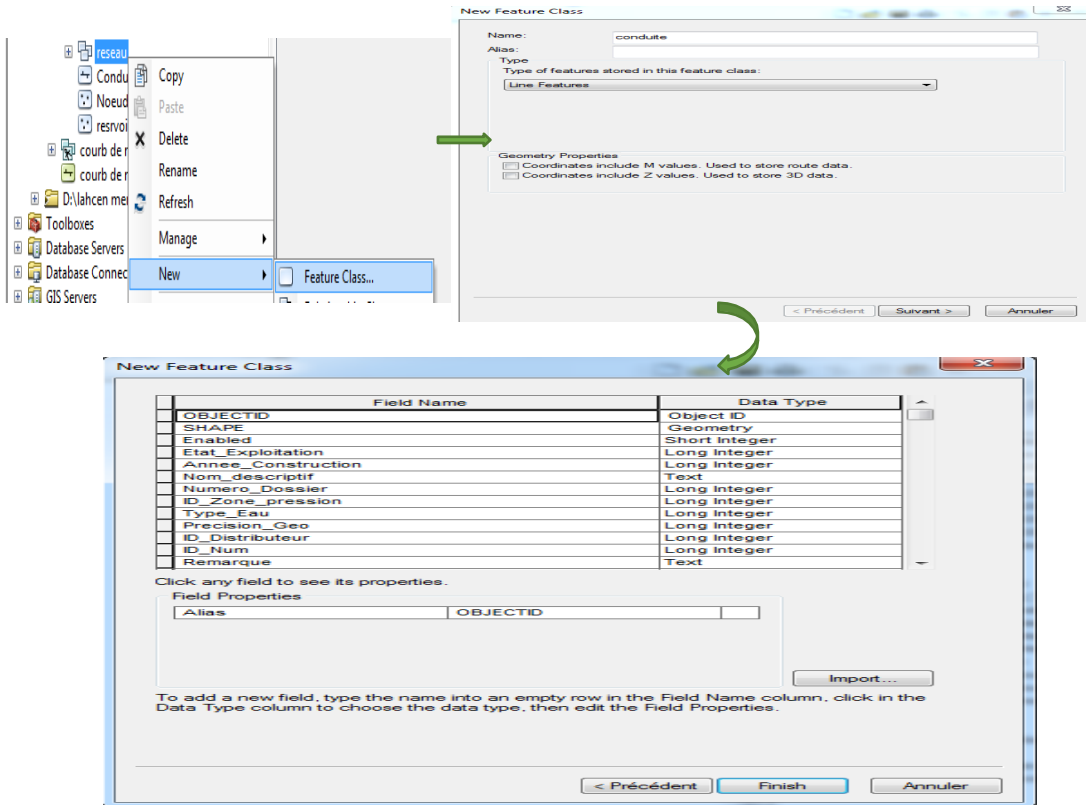
- Crier geodatabase




- Créer un réseau dans géodatabase



- Créer un conduit dans le réseau

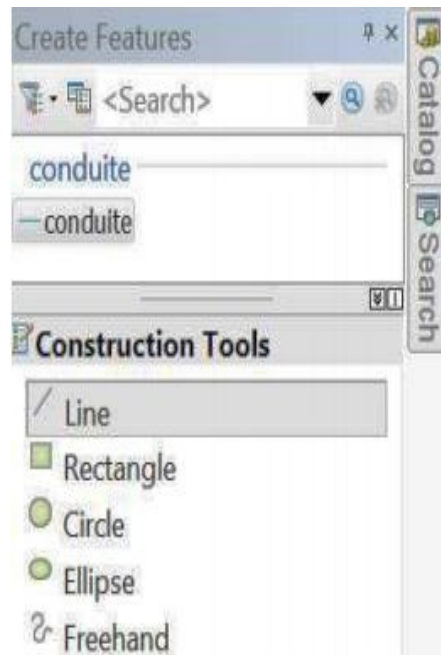



- Saisie des objets géométriques

1. Démarrer ArcMap 
2. Ajouter la couche Conduite Add Data
3. Aller à la barre Editor



4. Cliques sur Editor /Start Editing



5. Tracer le réseau par icône **CreateFeatures** 
6. Cliquer sur la couche Conduite
7. Sélectionner dans la barre Construction Tools l'outil de dessin Line
8. Dessiner le réseau de conduite ci-dessous dans la fenêtre ArcMap

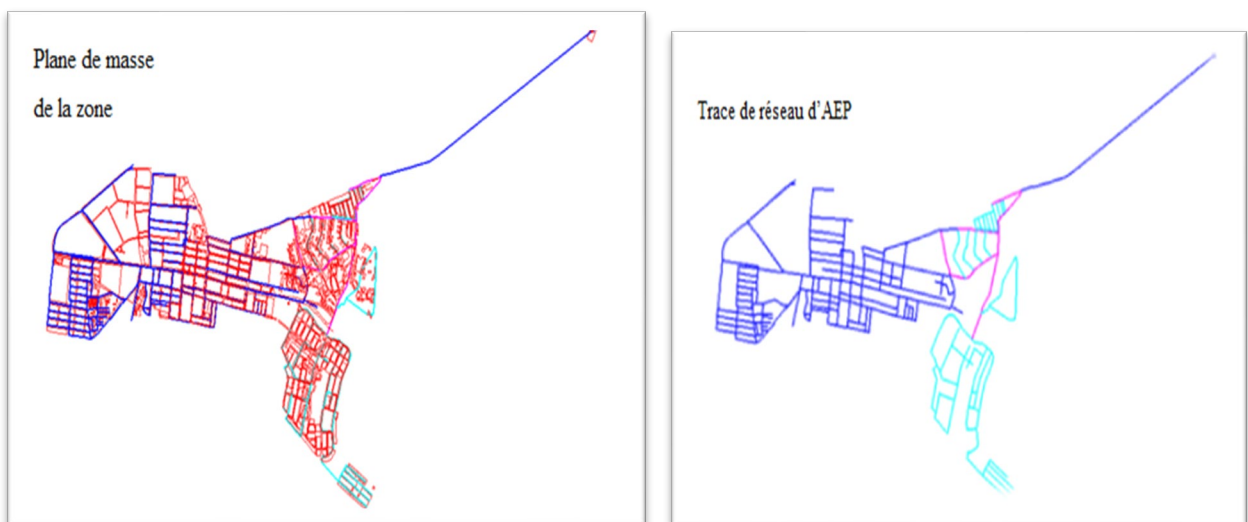


Figure III.8. Dessine le réseau dans la fenêtre ArcMap

9. Enregistrez votre travail- Cliquer sur Editor /Save Edits
10. Quittez ArcMap

III.4. la base des données du réseau cette zone étude dans le SIG

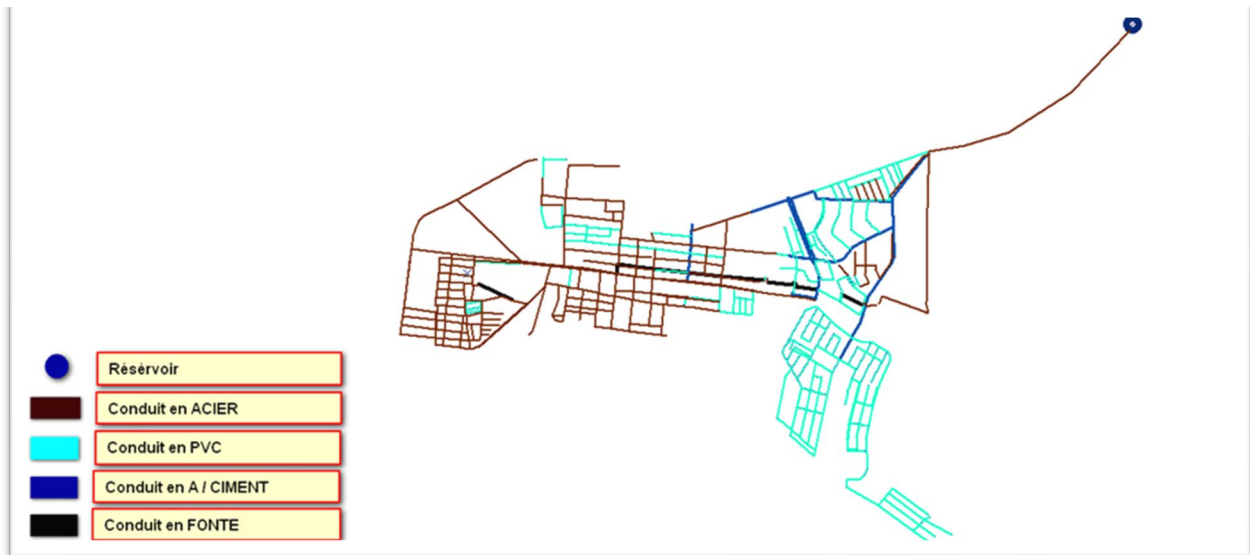


Figure 2 : les conduits ce type (ACIER) dans réseaux

III.4.1. Exemple de base des données des conduits en (ACIER) :

Ce sont des données montrant diverses caractéristique des conduits ce type(ACIER) trouver par programme de SIG (ARCGIS)

Tronçons (N)	SHAPE *	matière	longueur__m_	Diamètre mm	Rugosité __mm_
9	Polylinie	ACIER	182.7	50	0.15
10	Polylinie	ACIER	169.62	50	0.15
12	Polylinie	ACIER	179.8	50	0.15
16	Polylinie	ACIER	51.82	300	0.15
26	Polylinie	ACIER	140.03	100	0.15
27	Polylinie	ACIER	157.36	50	0.15
28	Polylinie	ACIER	151.33	50	0.15
30	Polylinie	ACIER	200.76	300	0.15
34	Polylinie	ACIER	90.63	300	0.15
40	Polylinie	ACIER	265.12	315	0.15
42	Polylinie	ACIER	425.58	200	0.15
45	Polylinie	ACIER	370.57	150	0.15
60	Polylinie	ACIER	6.52	200	0.15
64	Polylinie	ACIER	221.1	50	0.15
66	Polylinie	ACIER	90.62	100	0.15

III.4.2. Exemple de base des données du conduit ce type(PVC) :

Ce sont des données montrant diverses caractéristique des conduits ce type(PVC) trouver par programme de SIG (ARCGIS)

Tronçons(N)	SHAPE *	matière	longueur_m_	Diamètre mm	rugosité__mm_
47	Polylinie	PVC	86.1	63	0,0015
48	Polylinie	PVC	53.44	63	0,0015
50	Polylinie	PVC	73.78	63	0.0015
51	Polylinie	PVC	54.55	63	0.0015
53	Polylinie	PVC	92.51	63	0.0015
96	Polylinie	PVC	134	90	0.0015
98	Polylinie	PVC	55.47	90	0.0015
103	Polylinie	PVC	117.07	90	0.0015
104	Polylinie	PVC	59.91	90	0.0015
106	Polylinie	PVC	132.44	90	0.0015
127	Polylinie	PVC	65.57	90	0.0015
128	Polylinie	PVC	188.34	90	0.0015
131	Polylinie	PVC	261.1	100	0.0015
132	Polylinie	PVC	129.35	63	0.0015
142	Polylinie	PVC	73.53	63	0.0015
144	Polylinie	PVC	71.53	63	0.0015
200	Polylinie	PVC	181.	63	0.0015
203	Polylinie	PVC	474.85	160	0.0015

III.4.3. Exemple de base des données des conduits en (A/CIMENT) :

Ce sont des données montrant diverses caractéristique des conduits ce type (AMCIMENT) trouver par programme de SIG (ARCGIS)

Tronçons(N)	SHAPE *	matière	Longueur_m_	Diamètre mm	Rugosité mm
307	Polylinie	A/CIMENT	42.12	200	0.3
357	Polylinie	A/CIMENT	4.1	200	0.3
358	Polylinie	A/CIMENT	284.23	400	0.3
461	Polylinie	A/CIMENT	138.76	400	0.3
483	Polylinie	A/CIMENT	80.73	150	0.3
493	Polylinie	A/CIMENT	126.01	150	0.3
499	Polylinie	A/CIMENT	479.81	200	0.3
500	Polylinie	A/CIMENT	252.87	150	0.3
501	Polylinie	A/CIMENT	27.72	100	0.3
502	Polylinie	A/CIMENT	524.57	200	0.3

877	Polylinie	A/CIMENT	33.10	200	0.3
879	Polylinie	A/CIMENT	39.81	200	0.3
881	Polylinie	A/CIMENT	4.1	200	0.3
882	Polylinie	A/CIMENT	4.12	200	0.3
884	Polylinie	A/CIMENT	40.73	200	0.3
885	Polylinie	A/CIMENT	47.0	200	0.3
886	Polylinie	A/CIMENT	45.2	200	0.3
904	Polylinie	A/CIMENT	73.8	200	0.3

III.4.4. Exemple de base des données du conduit en (FONTE) :

Ce sont des données montrant diverses caractéristique des conduits ce type (FONTE) trouver par programme de SIG (ARCGIS)

Tronçons (N)	SHAPE *	matière	Longueur m	Diamètre mm	Rugosité mm
59	Polylinie	FONTE	206.02	100	0,26
364	Polylinie	FONTE	4.2	300	0,26
524	Polylinie	FONTE	179.57	300	0,26
743	Polylinie	FONTE	240.69	300	0,26
745	Polylinie	FONTE	99.01	315	0,26
869	Polylinie	FONTE	105.04	300	0,26
870	Polylinie	FONTE	98.34	300	0,26
871	Polylinie	FONTE	172.95	300	0,26
874	Polylinie	FONTE	267.48	300	0,26
899	Polylinie	FONTE	99.01	300	0,26

Tableau III-2 Tableau de vérification pressions et vitesses (réseau existant)

TUYAU N°	Longueur m	Diamètre mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pression m
Tuyau 451-452	80	200	-8,91	0,42	62,5
Tuyau 450-467	126,5	500	4,8	0,09	59,05
Tuyau 454-450	178,25	400	-0,73	0,09	57,19
Tuyau 469-467	178,25	500	-0,59	0,07	62,89
Tuyau 454-469	126,5	500	-2,94	0,06	51,44
Tuyau 467-461	126,5	200	3,6	0,07	55,83
Tuyau 461-448	230	90	4,03	0,08	67,33
Tuyau 452-461	400	125	1,09	0,13	67,21
Tuyau 469-448	271,4	125	-2,92	0,06	67,15
Tuyau 455-454	247,25	125	-2,56	0,05	67,13
Tuyau 476-474	230	90	3,52	0,07	65,5
Tuyau 477-475	230	40	-1,04	0,02	64,95
Tuyau 63-444	575	315	4,63	0,09	63,6
Tuyau 475-474	57,5	250	-1,54	0,19	63,06
Tuyau 474-446	125,19	315	1,31	0,03	35,72
Tuyau 475-479	125,19	315	0,34	0,18	38,16
Tuyau 444-446	126,5	200	-0,65	0,08	36,65
Tuyau 446-447	299	500	0,57	0,01	37,59
Tuyau 444-742	560	400	4,92	0,09	36,83
Tuyau 742-744	356,5	500	0,62	0,07	36,65
Tuyau 743-745	356,5	500	0,62	0,07	19,32
Tuyau 747-746	356,5	200	0,62	0,07	35,62
Tuyau 748-749	300	90	0,62	0,07	22,93
Tuyau 742-743	57,5	90	3,69	0,45	22,42
Tuyau 743-747	57,5	125	2,46	0,3	21,29
Tuyau 747-748	57,5	125	1,23	0,15	21,25

Les débits du reste du réseau de distribution de la ville EL-EULMA (ZONEI) sont représentés dans l'annexe 1

III.5 Recommandations concernant le réseau de distribution :

Le raccordement s'effectue sur la bride d'un Té qui aura été disposé à l'emplacement voulu à l'occasion de pose de la conduite ou sur un collier de prise, dans ce cas le robinet d'arrêt est protégé dans ces petits diamètres par un coffre en fonte appelé tabernacle lequel est surmonté d'un tube raccordé à la bouche à clé.

La réparation des fuites :

Les origines des pertes d'eau enregistrées au niveau du réseau de distribution sont dus aux fuites, il faut donc faire une réparation de ces fuites, le mode de réparation est basé sur deux phases qui sont : la recherche des fuites et la réparation.

1) La recherche des fuites :

pour réparer les fuites il faut les localiser, il y a des fuites visibles et d'autres qui ne le sont pas, comme le réseau de distribution n'appartient pas au système de comptage, il est difficile de les localiser.

Parmi les méthodes employées pour la recherche des fuites sur un réseau on site :

le contrôle passif, la mesure de pression, par traceurs gazeux et par acoustiques. Les fuites sont localisés à l'aide des appareils basés sur le principe du stéthoscope et compléter par des systèmes d'amplification mécanique ou électrique.

a) Les amplificateurs mécaniques : ils sont composés d'une tige métallique servant de capteur d'une membrane vibrante et d'une cloche métallique formant caisse de résonance reliée à une paire d'écouteurs, ces écouteurs isolant partiellement des bruits transmis par l'air.

b) Les amplificateurs électriques : ces appareils sont identiques aux précédents dans leur principe, mais le capteur est constitué d'un microphone et d'un amplificateur.

c) La correction acoustique : elle donne de très bons résultats surtout en localisation, elle est basée sur le principe suivant :

❖ deux capteurs sont placés sur la conduite par la saisie de vibrations engendrées par la fuite qui se propagent le long de la conduite à vitesse égale de part et d'autre de la fuite (si la section est constante et le matériau homogène).

❖ La localisation des fuites doit être suivie immédiatement de leur réparation.

2) la réparation des fuites :

❖ Soit par soudure de la conduite si celle-ci est en acier.

❖ soit par l'utilisation des manches de réparation qui ne nécessite pas la coupe de la conduite rompue et assurent une plus grande sécurité pour la qualité d'eau, tout en réduisant le coût de l'intervention.

Les bouches d'incendie où poteaux d'incendie doivent être raccordés sur les canalisations capable de fournir au point correspondant un débit minimal de 17 L/s avec une pression au sol de 0,6 jusqu'à 1 bar.

Ces appareils doivent être espacés de 200 à 300m les uns des autres et être répartis suivant l'importance des risques à défendre, si le risque est faible l'écartement pourra être porté à 400m, l'appareil normalisé est la bouche d'incendie de 0,1m. [2]

III.6 : Interprétation des résultats de diagnostic du Réseau actuel

L'interprétation des résultats de calculs obtenus permet d'avancer que les réseaux de distribution de la ville EL-EULMA (ZONEI) sont caractérisés par un déséquilibre remarquable du point de vue vitesses et pressions.

Les pressions au sol sont dans les normes, elles varient de 0 bars à 06 bars.

La majorité des valeurs des vitesses (74%) sont hors fourchette des normes techniques, en effet, elles sont incluses entre 0.01 m/s et 0.45 m/s, cette situation est due au principalement à des sur dimensionnements des conduites, qui peut engendrer des dépôts considérables d'entartrage à l'intérieur des conduites.

III.6 CONCLUSION :

Après le diagnostic du réseau d'AEP actuel de la zone I nous avons constaté que ce dernier est se trouve dans un état catastrophique (canalisation détruits, des fuites partout,.....)

Le réseau de distribution ne peut assurer sa fonction convenablement.

Nous proposons une rénovation totale du réseau existant.

Chapitre IV

Rénovation du réseau de distribution

Introduction

Dans ce chapitre, on va faire des notes de calcul pour vérifier le bon fonctionnement du réseau (assurer la pression et la vitesse).

IV.1 Calcul du réseau de distribution

Le calcul du réseau de distribution se fera pour le cas suivants :

- Cas de pointe plus incendie

En premier lieu nous ferons le calcul du réseau tel qu'il est, c'est à dire prendre les mêmes diamètres existants.

Les vitesses inférieures à 0.5 m/s sont considérées comme étant des vitesses faibles qui favorisent la formation des dépôts

L'intervalle des pressions acceptables est limité entre 1 et 6 bars.

Les valeurs supérieures à 6 bars sont considérées comme des surpressions, donc il faut éviter ces pressions qui risquent de créer des fuites.

IV.2 Calcul des pertes de charge

IV.2.1 Calcul des pertes de charge linéaire

Les pertes de charge linéaire sont déterminées à partir de la formule de **DARCY-WEISBACH** :

$$\Delta H_L = \frac{L\lambda V^2}{2gD} \quad [\text{m}] \quad (\text{IV.1})$$

Où V : est la vitesse moyenne de l'eau dans la section (m/s).

g : l'accélération de la pesanteur. ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

L : longueur de la conduite (m)

D : diamètre intérieur de la conduite (m).

λ : Coefficient de frottement linéaire (coefficient de perte de charge), donné par la formule de

COLBROOK

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -0,86 \ln \left(\frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right) \quad (\text{IV.2})$$

Re : nombre de **REYNOLDS**

ε : rugosité absolue (mm) des conduites, pour PVC on prend $\varepsilon = 0.001 \text{ mm}$

$$\text{Re} = \frac{VD}{\nu}$$

V : vitesse d'écoulement (m/s).

ν : Viscosité cinématique de l'eau, à 20°C $\nu = 1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$

IV.2.2 Les pertes de charge singulières

Généralement les pertes de charge singulières sont estimées dans les réseaux à 10-15% des pertes de charge linéaires.

On prend
$$\Delta H_S = 15\% \Delta H_L$$

IV.2.3 Pertes de charge totale

La perte de charge totale est la somme des pertes de charge linéaires et singulières

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_S = 1,15 \Delta H_L \quad [\text{m}] \quad (\text{IV.3})$$

IV.2.4 Calcul du coefficient de frottement linéaire

Le calcul du coefficient de frottement linéaire se fait comme suit :

En première approximation la valeur de λ est déterminée par formule de **NIKURADZE**

$$\lambda = \left(1,14 - 0,86 L n \frac{\varepsilon}{D} \right)^{-2} \quad (\text{IV.4})$$

Puis on calcul la valeur approchée du coefficient de frottement par la formule de **COLBROOK**

IV.3 Détermination des débits du réseau mixte

La détermination des débits dans un réseau mixte s'effectuent de la manière suivante :

Tout d'abord nous déterminons

- la longueur de chaque tronçon du réseau mixte
- les débits en routes pendant les heures considérées
- les débits spécifiques en considérant les débits en routes
- connaissant le débit en route, on détermine les débits aux nœuds.

IV.3.1. détermination du débit spécifique

Le débit spécifique est défini comme étant le rapport entre le débit en route et la somme des longueurs des tronçons du réseau :

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

Q_p : Débit de pointe (l/s).

$\sum_i L_i$: La somme des longueurs (m).

IV.3.2 Détermination des débits en route

Le débit en route se définit comme étant le débit réparti uniformément le long d'un tronçon de réseau. Il est calculé par la formule suivante :

$$(Q_r)_i = Q_{sp} * L_i$$

Où :

Q_{sp} : Débit spécifique (l/s),

$(Q_r)_i$: Débit en route du tronçon i (l/s),

L_i : Longueur du tronçon i, (m).

IV.3.3 détermination des débits aux nœuds

Le calcul des débits aux nœuds s'effectue après avoir calculé les débits en route pour chaque tronçon $(Q_r)_i$ en suivant les étapes suivantes :

- **Pour le réseau maillé :**

$$Q_{nd} = 0,5 \sum (Q_r)_i + \sum Q_{con}$$

Où :

Q_{nd} : débit au nœud ;

$\sum (Q_r)_i$: Somme des débits des tronçons convergent au même nœud,

$\sum Q_{con}$: Somme des débits concentrés donne notre cas $\sum Q_{con} = 0$;

- **Pour le réseau ramifié :**

$$Q_{nd} = 0,55 * Q_r \quad \text{conduites extrêmes}$$

$$Q_{nd} = 0,55 * Q_r(\text{conduites amonts}) + 0,45 Q_r(\text{conduites aval})$$

- **Pour le réseau mixte :**

$$Q_{nd} = 0,45 Q_r(\text{conduite ramifié}) + 0,5 Q_r(\text{conduite maillé})$$

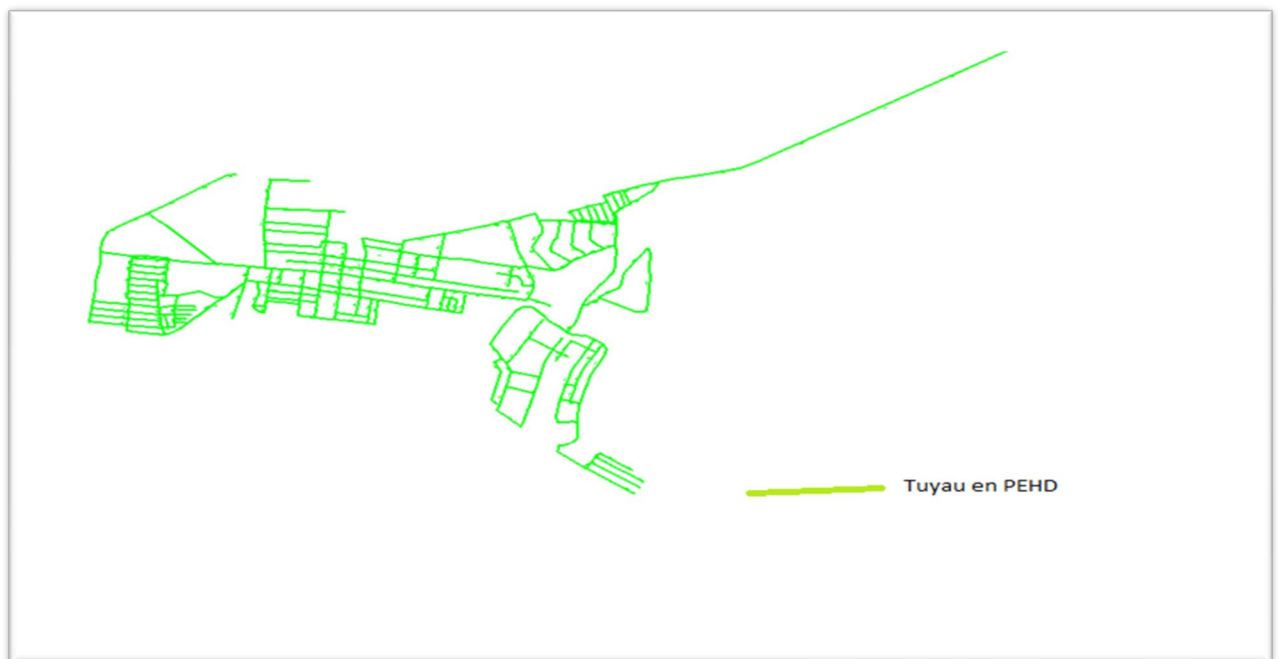


Figure IV.1: schéma du réseau projeté

Chapitre IV

Rénovation du réseau de distribution

Les débits du réseau de distribution de la ville EL-EULMA (ZONEI) sont donnés dans les tableaux suivants :

Tableau IV.1 Exemple de calcul des débits des nœuds de la zone I

Nœud N°	Tronçon		L (m)	DN (mm)	Qsp l/s	Qr l/s	0,5*Qr l/s	Qn l/s
	du	au						
150	150	430	342,7	200	0.00512	1,754624	0,877312	2,6568
431	150	431	253	500	0.00512	1,29536	0,64768	0,0923
432	431	432	28,75	400	0.00512	0,1472	0,0736	0,3383
433	432	433	47,15	500	0.00512	0,241408	0,120704	1,1439
434	433	325	126,5	500	0.00512	0,64768	0,32384	0,6396
430	430	434	59,9725	200	0.00512	0,3070592	0,1535296	0,572
435	434	440	235,75	90	0.00512	1,20704	0,60352	0,6396
436	440	439	80,5	90	0.00512	0,41216	0,20608	0,3813
437	434	435	195,5	125	0.00512	1,00096	0,50048	0,6704
438	435	436	53	125	0.00512	0,27136	0,13568	1,2731
439	436	437	53	90	0.00512	0,27136	0,13568	1,1009
440	437	438	53	40	0.00512	0,27136	0,13568	1,1009
325	438	439	53	75	0.00512	0,27136	0,13568	0,738
361	325	361	149,5	250	0.00512	0,76544	0,38272	0,6519

IV.6. Définition EPANET

EPANET est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression. Un réseau est un ensemble de tuyaux, nœuds (jonctions de tuyau), pompes, vannes, bâches et réservoirs.

EPANET calcule le débit dans chaque tuyau, la pression chaque nœud, le niveau de l'eau dans les réservoirs, et la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du réseau, au cours d'une durée de simulation divisée en plusieurs étapes. Le logiciel est également capable de calculer les temps de séjour et de suivre l'origine de l'eau [24].

IV.6.1. Passage SIG- AutoCAD

Pour passer de la donnée dans **SIG** vers **AutoCAD**, nous avons fait appel au traducteur universel qui nous a permis de convertir les données en un format DWG. Les prochaines étapes sont dans les images suivantes :

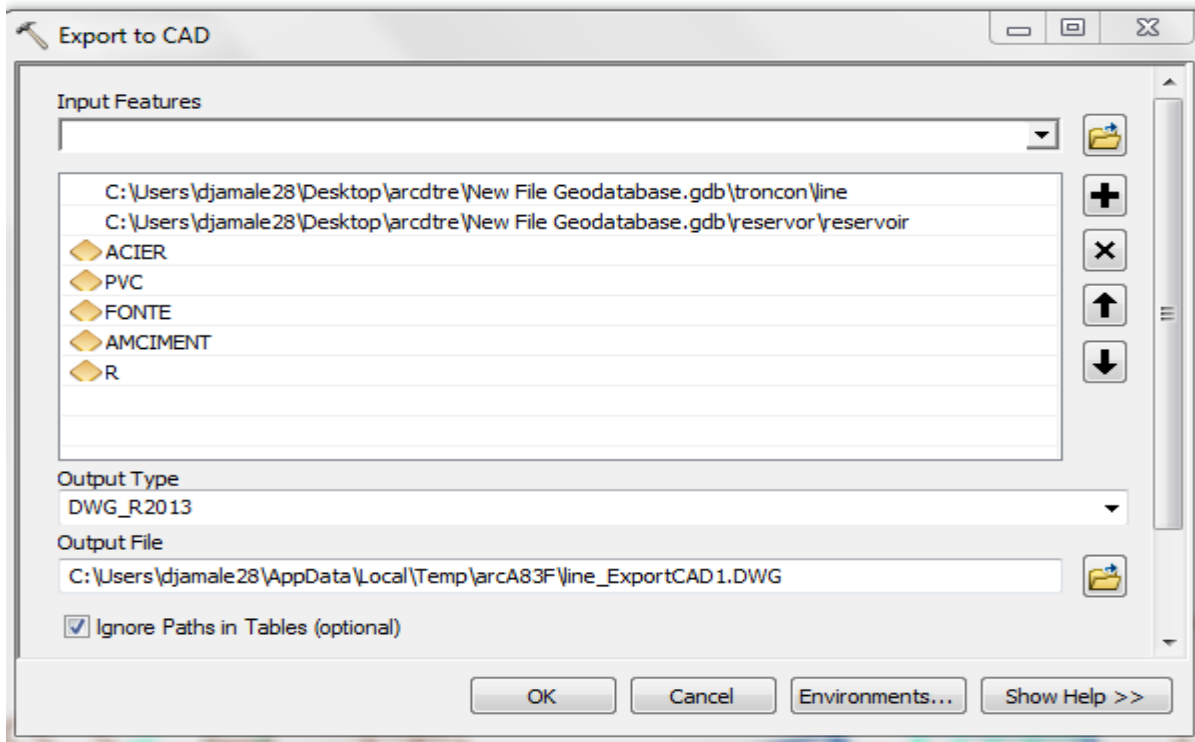


Figure : fenêtre de export de donner to CAD

IV.6.1. Passage Auto CAD –EPA CAD :

Pour passer de la donnée dans **Auto CAD** vers(**EPA CAD**), nous avons fait appel au traducteur universel qui nous a permis de convertir les données en un format(**dx**f). Les prochaines étapes sont dans les images suivantes :

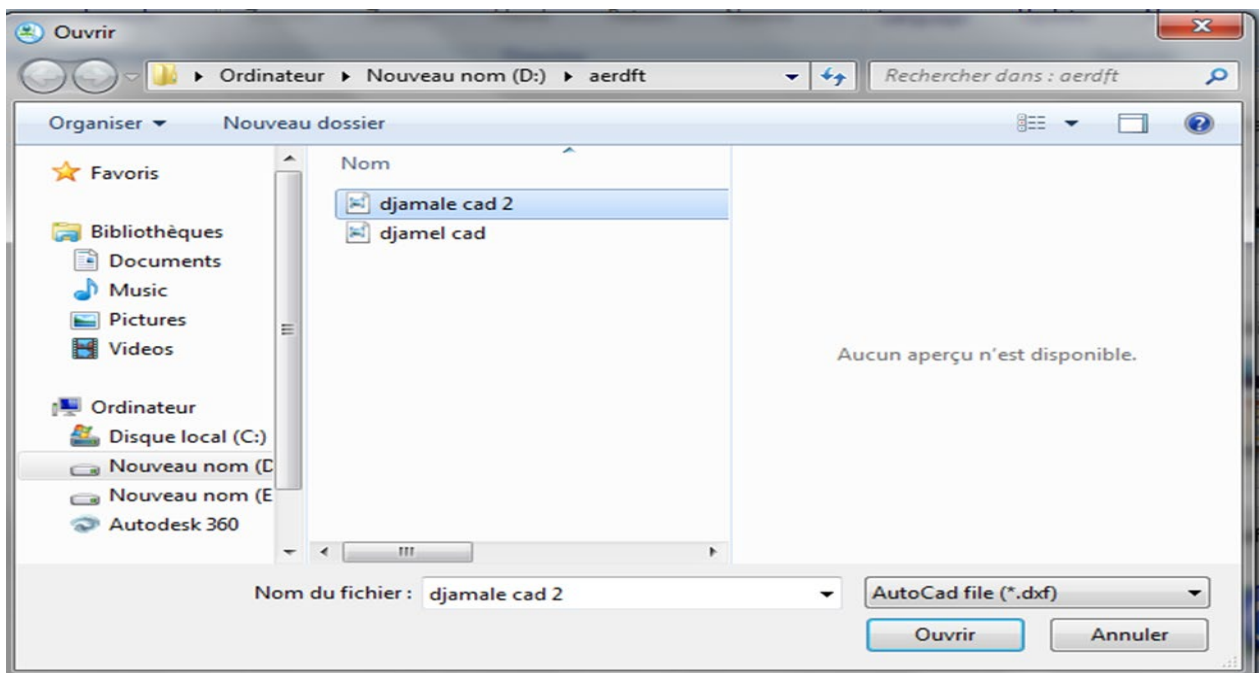


Figure IV.2 : fenêtre de import les données vers EPA CAD

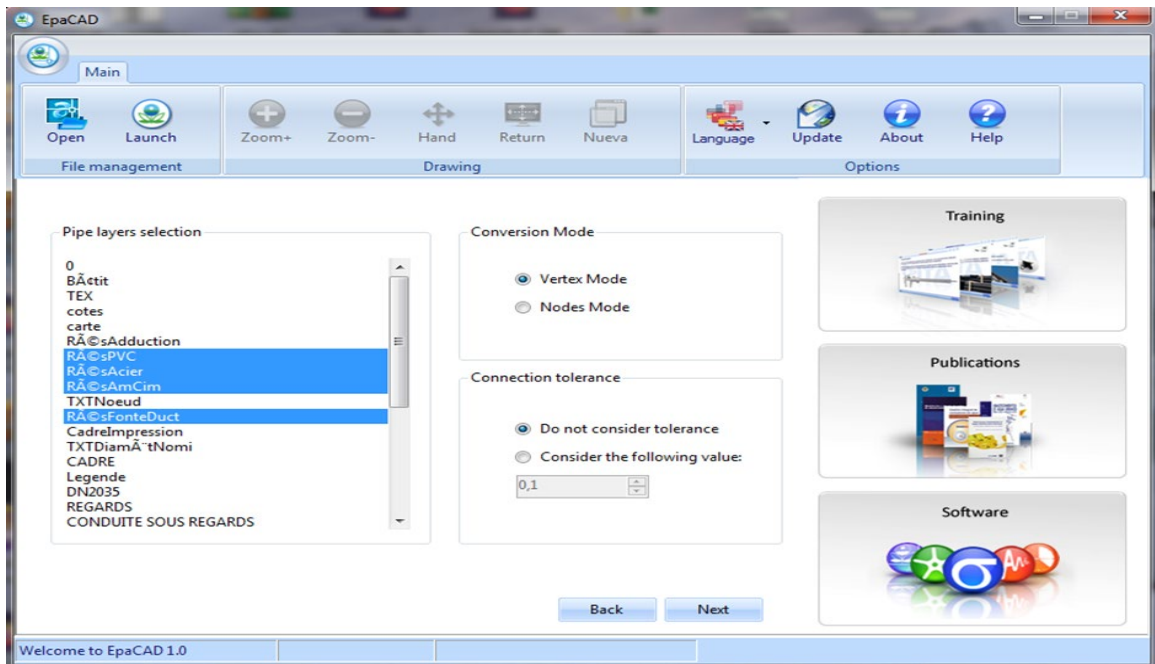


Figure IV.3: Fenêtre de choisir les calques dans (EPA CAD)

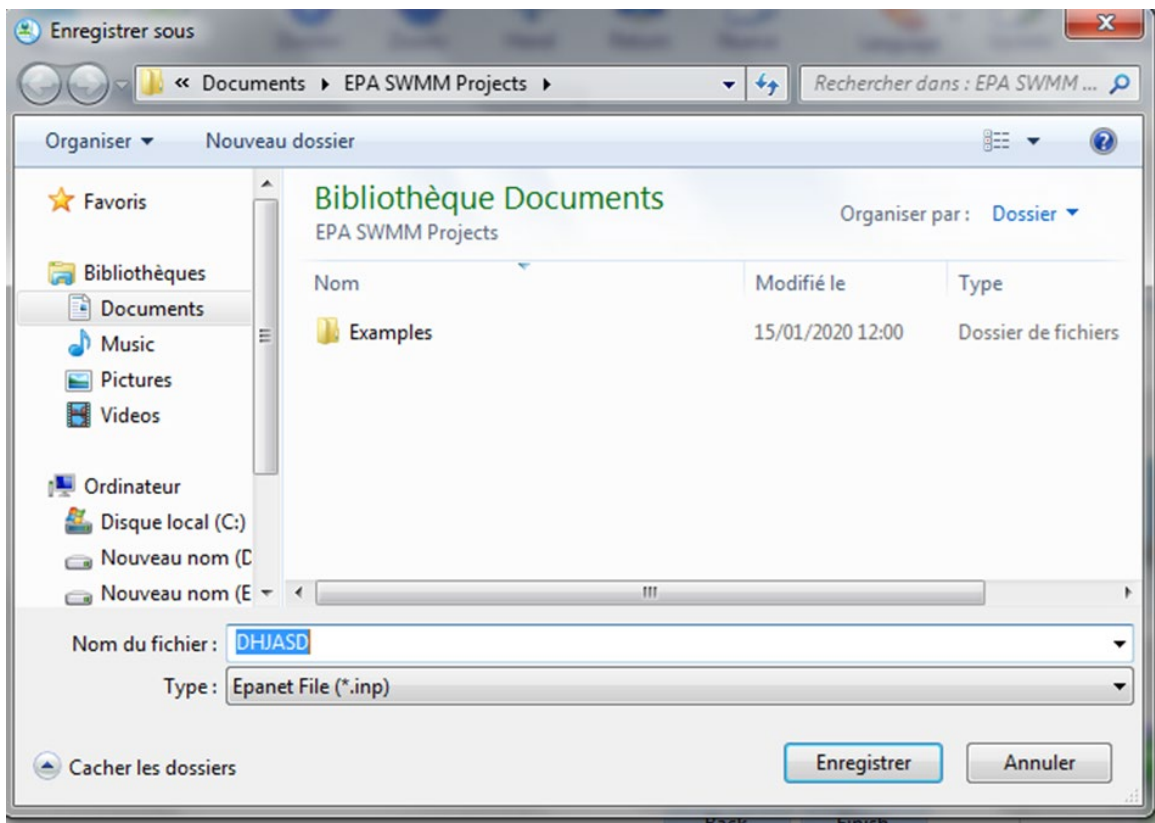


Figure IV.4: Enregistrer le réseau sous forme(INP)

IV.6.2 Le passage Epa CAD –EPANET

Les données sont converties vers EPANET sous forme « Exporter en format INP ». Tous les éléments constitutifs du réseau d'AEP ont été importés sous EPANET. Le résultat de l'import des différents éléments du réseau est représenté dans les figures III.5 et III.6.

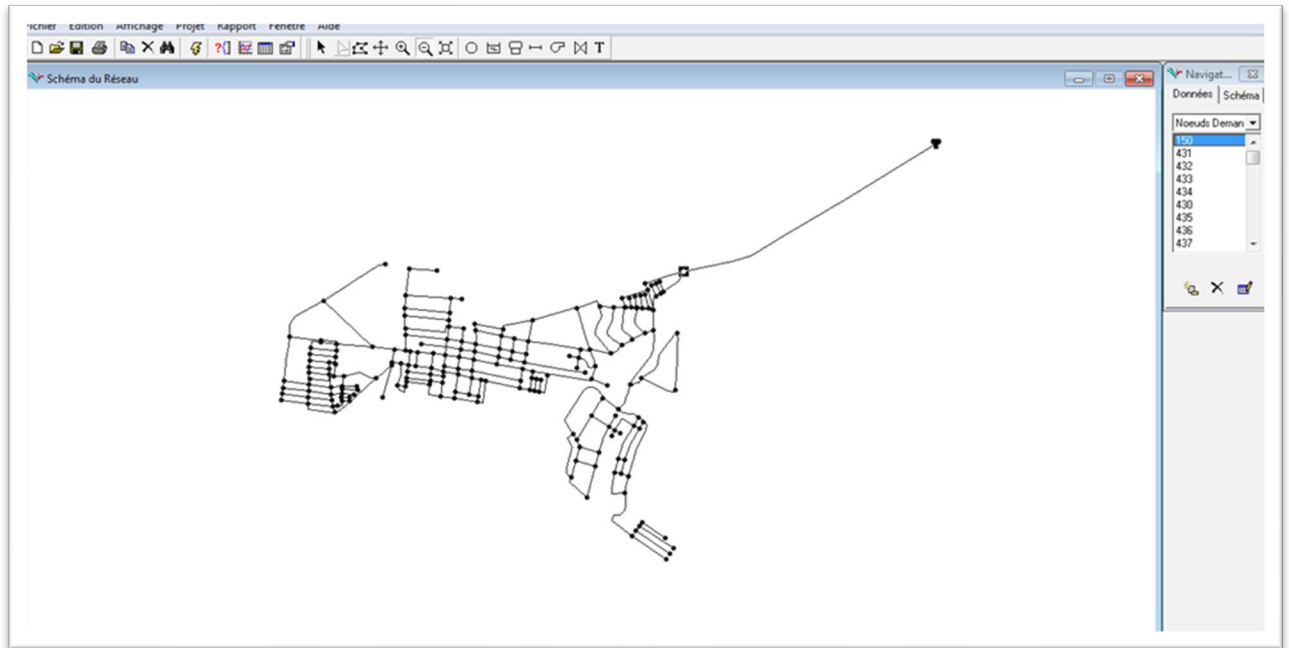


Figure IV.5: Le réseau d'AEP des zones première EULMA sous EPANET

IV.7. Simulation du fonctionnement du réseau d'AEP sous EPANET

Après la conversion du réseau, on a introduit les données du réseau tel que les diamètres et la rugosité pour les canalisations. Les altitudes et les demande de base pour les nœuds ainsi que les caractéristiques de réservoir. Les figures 3-7.3-8.3-9 illustrent le chargement des données pour les différentes composantes du réseau d'AEP de la zone étude.

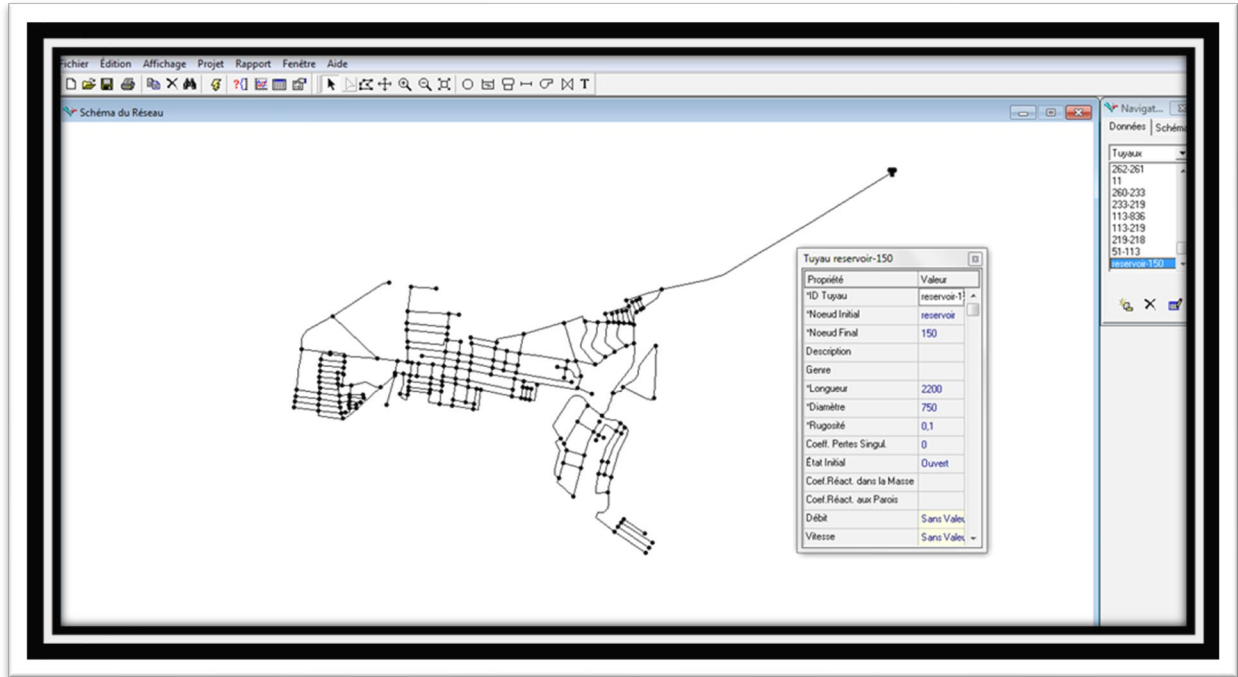


Figure IV.6: Exemple de saisie des données des tuyaux

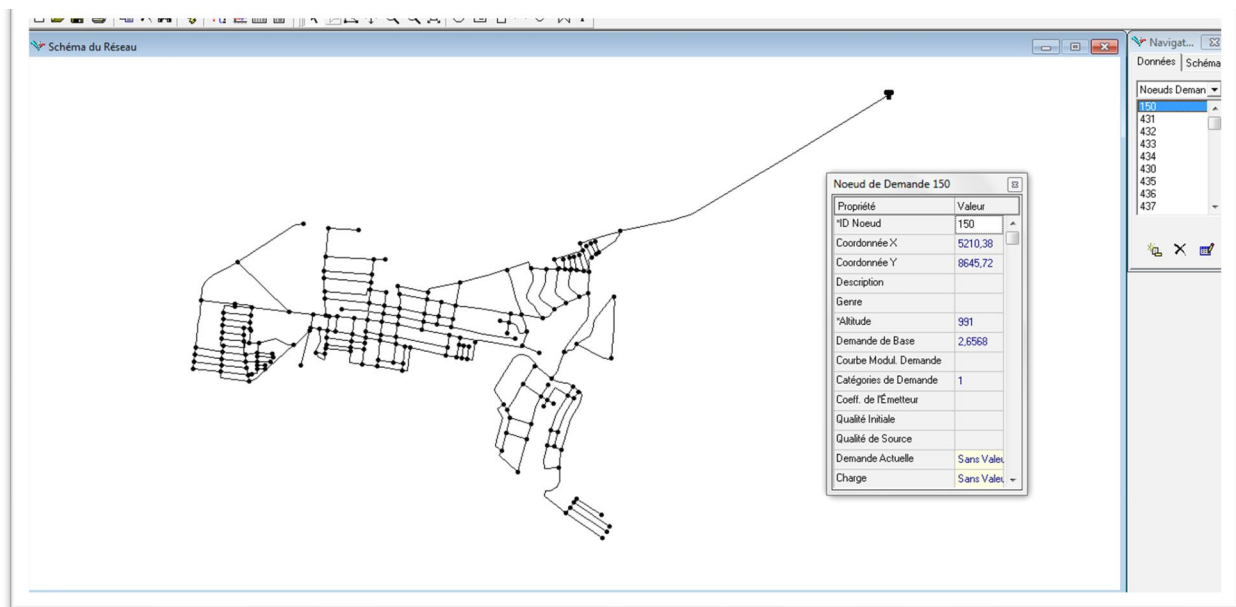


Figure IV.7: Exemple de saisie des données des nœuds

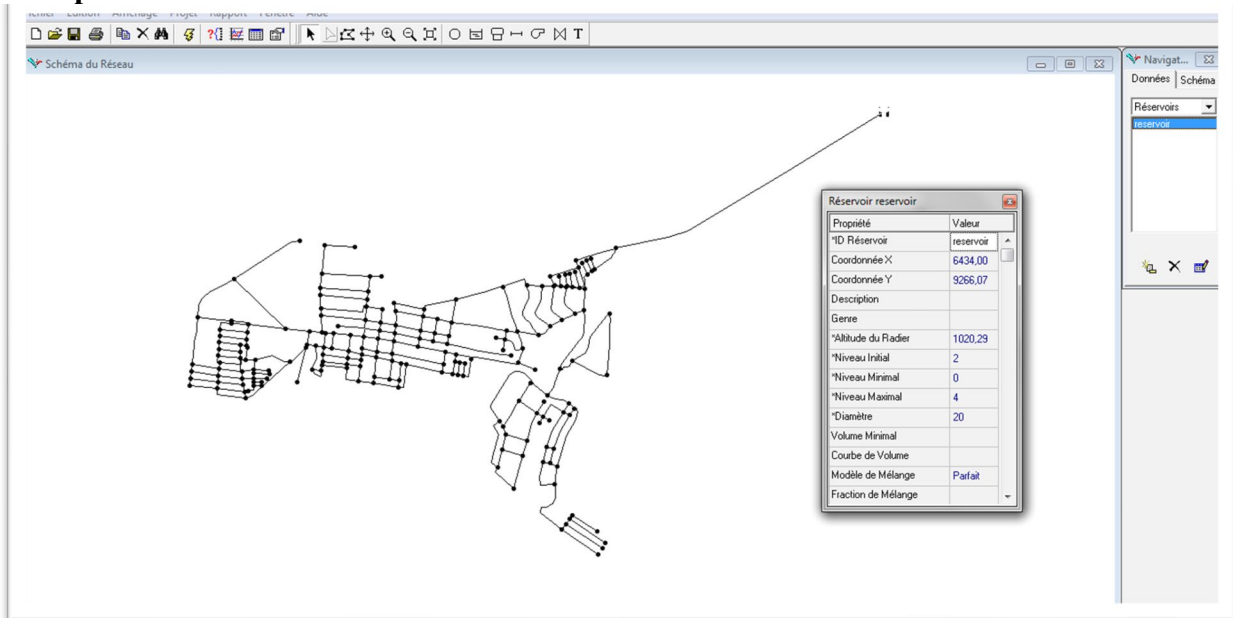


Figure IV.8: Exemple de saisie des données des réservoirs

IV.7. 2. Options Hydraulique de la simulation

Les Options Hydrauliques permettent de déterminer: l'Unités de Débit, Formule de Perte de Charge, le nombre maximum d'itérations, rapport d'état comme il est illustré dans la figure III.11.

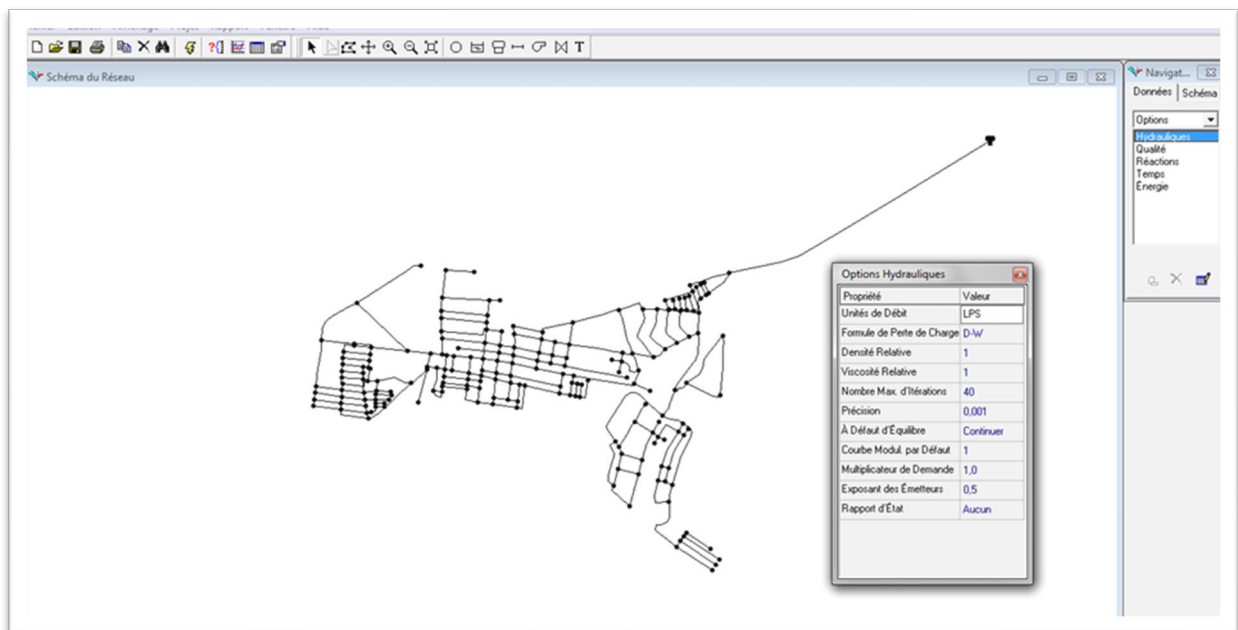


Figure IV.9:les options hydrauliques

IV.7. 3 Options de temps

Les Options de Temps définissent les valeurs des différents intervalles des simulations de longues durées (figure III

Propriété	Hrs:Min
Durée Totale	24
Intervalle Hydraulique	1
Intervalle Qualité	1
Intervalle Courbes Modulation	1:00
Heure Début Courbes Modulation	0:00
Pas de Temps entre Deux Rapports	1
Heure Début du Rapport	0:00
Heure Réelle Début de la Simulation	0.0
Statistiques	Aucune

Figure IV.10: Les options de temps.

IV.7.4 Etat du réseau actuel.

Les figures III.13, III.14 représentent respectivement le lancement d’une simulation et le résultat de cette dernière pour le fonctionnement du réseau actuel d’alimentation en eau potable de la zone étude.

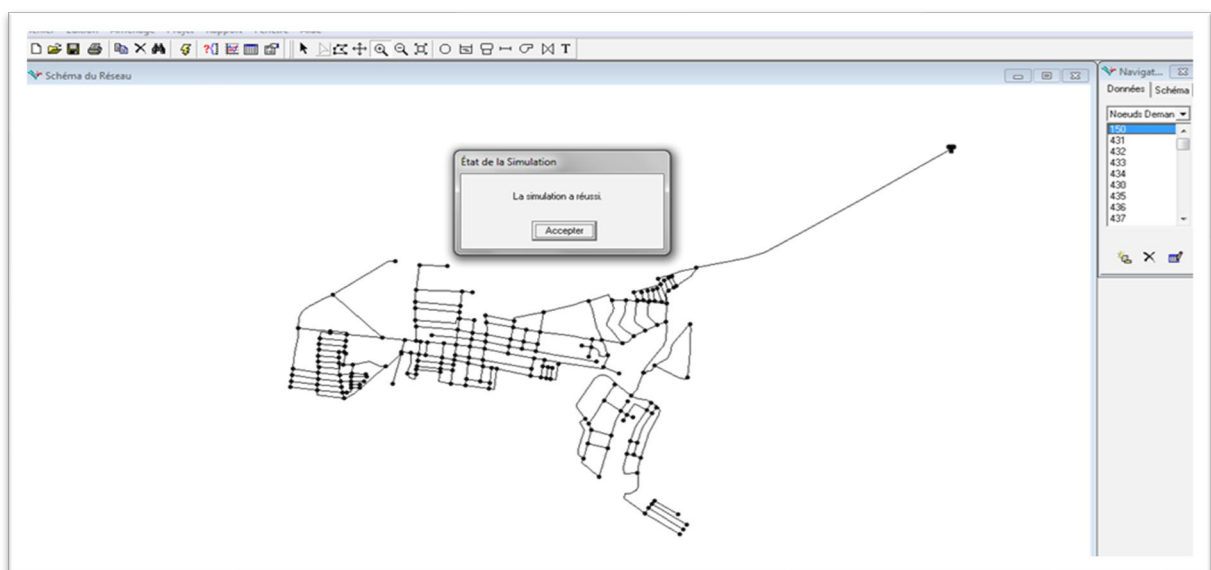


Figure IV.11: Lancement de simulation

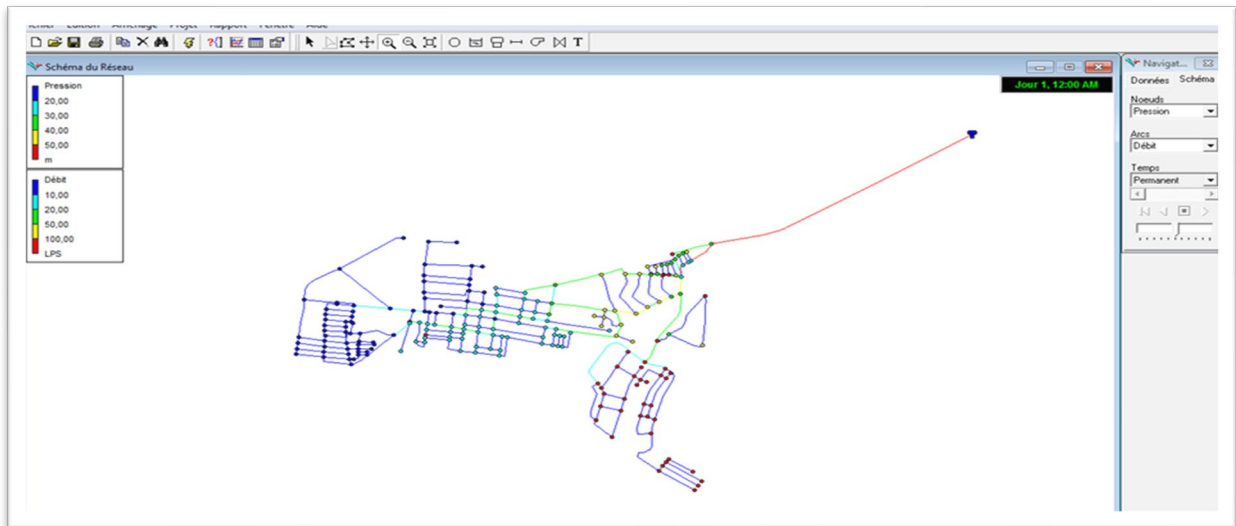


Figure IV.12: Résultat de simulation

Tableau III-2 Tableau de vérification pressions et vitesses (réseau projeté)

Tronçon N°	Longueur m	Diamètre mm	Débit IPS	Vitesse m/s	Pressions m	Pert.Charge Unit. m/km
150-430	342,7	200	20,52	0,65	29,03	1,88
150-431	253	500	220,54	1,12	29,31	1,7
431-432	28,75	400	217,29	1,73	29,08	4,9
432-433	47,15	500	213,64	1,09	28,23	1,6
433-325	126,5	500	208,78	1,06	36,76	1,53
430-434	59,9725	200	19,95	0,63	49,34	1,79
434-440	235,75	90	5,46	0,86	49,91	8,14
440-439	80,5	90	4,36	0,69	55,49	5,43
434-435	195,5	125	13,84	1,13	56,08	8,97
435-436	53	125	8,78	0,72	40,55	3,93
436-437	53	90	4,57	0,72	45,29	5,91
437-438	53	40	0,66	0,53	47,36	9,3
438-439	53	75	-3,26	0,74	29,08	7,75
325-361	149,5	250	91,39	1,86	58,01	9,81
361-360	102,35	315	75,16	0,96	47,09	2,22

Les débits du reste du réseau de distribution de la ville EL-EULMA (ZONEI) sont représentés dans l'annexe 2

IV.8. Conclusion

Au cours de ce chapitre, on a déterminé les diamètres des tronçons en vérifiant les vitesses au niveau des tronçons et les pressions au niveau des nœuds; pour assuré le bon fonctionnement du réseau.

Après avoir fait une simulation pour l'année 2045, on n'a constaté que le réseau de distribution de notre ville peut fonctionner normalement sans risque d'avoir des problèmes.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Dans notre étude, nous avons présentée au premier lieu un aperçu général sur les dysfonctionnements du réseau d'AEP et les outils d'aide à la décision au diagnostic du réseau d'alimentation en eau potable.

Nous avons recensé et expertisé toutes les anomalies existantes au niveau du réseau d'AEP actuel de la ville ELEULMA (zone I) à travers un diagnostic détaillé de l'état du réseau. Pour faire une étude plus détaillée du réseau d'AEP, des simulations de son fonctionnement, pour différents horizons, ont été faites pour vérifier les caractéristiques hydrauliques (répartition des pressions et des vitesses). Cela a nécessité le tracé du réseau sous SIG et la création de sa base de données. Un passage du SIG vers Epanet 2.0 a été ensuite fait et des simulations du fonctionnement du réseau d'AEP de la ville d'El EULMA (Zone I) ont été lancées pour différents cas (état actuel, état futur...). Plusieurs anomalies ont été enregistrées et des propositions ont été faites pour corriger les problèmes rencontrés dans ce réseau.

Les propositions faites se sont basées sur la rénovation totale du réseau (changement des matériaux des canalisations en PEHD) pour mieux desservir les abonnés de la zone d'étude en heure de pointe. Pour aider le gestionnaire à bien exploiter le réseau et notamment de prendre la décision dans le temps qu'il faut, nous avons élaboré un SIG sous le logiciel arcgis regroupant toutes les cartes et les plans (référénciés) du réseau dans plusieurs couches superposables et avec l'ensemble des données nécessaires. Cet outil permet de consulter toutes les données ainsi du réseau sous une forme graphique. En fin, il faut signaler que le développement de ce sujet a été conditionné par plusieurs contraintes, la plus importante étant le problème de non disponibilité des données de diagnostic (volume distribué et le volume consommé,etc).

Ce travail de mémoire s'inscrit dans un processus global pour développer des méthodes et des techniques de conception et de gestion des réseaux d'AEP, pour le compléter, nous recommandons de :

- Faire des campagnes de mesures pour valider les résultats
- Faire une étude technico économique.
- Faire la sectorisation pour le réseau.
- Prendre en charge la modélisation de qualité de l'eau.
- Mettre en place un outil d'aide à la décision pour la gestion et la maintenance des réseaux d'eau potable.

Bibliographie

[1] **BLINDU I. (2004)**. Outil d'aide au diagnostic du réseau 'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques.

[2] **BONNIN J. (1982)**. Aide mémoire d'hydraulique urbaine. édition Eyrolles. France.

[3] **EISENBEIS P. (2004)**. Modélisation statistique de la prévision des défaillances sur les conduites d'eau potable. Thèse de doctorat de l'université Louis Pasteur. France.

[4] **MERZOUK N. (2005)**. Méthodologie de détection et de localisation des fuites dans un réseau d'eau potable dans les petites et les moyennes collectivités. Thèse de Doctorat de l'université d'Artois en collaboration avec l'école des mines de Douai. Franc .

[5] **CECILE A., JEAN-MARC B., JEAN-LUC C. (2004)**. Réhabilitation remplacement des réseaux d'eau potable en zone rurale. Document technique FNDAE. Hors série N- 10. Office international de l'eau SNIDE. France.

[6]- **BENOUARET R, GUEDDOUDJ M. (2004)**, Optimisation de la gestion multicritère d'un réseau d'A.E.P par la méthode ELECTRE TRI. Mémoire de fin d'études d'ingénieur en hydraulique.

[7]- **BEDJAOUI A, ACHOUR B. (2014)**, Dimensionnement des réseaux de distribution d'eau potable par la méthode du modèle rugueux de référence, N°18.129-136.

LIRATNI M. Guide méthodologique pour le diagnostic des réseaux de distribution d'eau potable.2011. Ecole nationale polytechnique d'Alger (ENPA).

ETUDE INTER-AGENCES (Agence de l'eau Rhin Meuse, Février 2004 « Guide Rédactionnel : Diagnostic des systèmes d'alimentation en eau potable » - 119 pages ;

A. LOUPPE, Mémoire de fin d'Etudes – E.N.G.E.E.Strasbourg, Juin 2007, « Etude Diagnostique Des Installations Du Syndicat Des Eaux De La Moder (Bas Rhin) Et Application D'un Outil D'aide A La Decision Pour Le Renouvellement Des Conduites » - 98 pages ;

L.DRIDI, Thèse de doctorat, Institut National de la Recherche Scientifique, Centre Eau Terre et Environnement, Québec, Canada – Juin 2006 « Développement et validation d'une approche de remplacement des conduites pour les réseaux d'eau potable » - 326 pages ;

Site Internet

[8]www.cnrs.com

[9] <http://sinfotech.cemagref.fr/asp/index.asp>

ANNEXES

ANNEX01

Tableau III-2 Tableau de vérification pressions et vitesses (réseau existant)

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Rugosité mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pression m
Tuyau 150-430	342,7	300	0,0015	20,52	0,39	31,15
Tuyau 150-431	253	400	0,3	143,27	1,7	29,6
Tuyau 431-432	28,75	400	0,3	140,03	1,66	29,27
Tuyau 1	47,15	400	0,3	136,37	1,62	28,11
Tuyau 433-325	126,5	500	0,3	131,51	1,56	39,41
Tuyau 430-434	59,9725	110	0,15	19,95	0,38	51,92
Tuyau 434-440	235,75	300	0,15	8,56	1,35	46,79
Tuyau 440-439	80,5	110	0,15	7,46	1,17	52,13
Tuyau 434-435	195,5	110	0,15	10,74	1,69	52,99
Tuyau 435-436	53	110	0,0015	5,68	0,89	38,05
Tuyau 436-437	53	110	0,0015	1,47	0,23	42,93
Tuyau 437-438	53	110	0,0015	-2,44	0,38	46,1
Tuyau 438-439	53	110	0,0015	-6,36	1	28,2
Tuyau 325-361	149,5	200	0,3	49,53	2,36	51,28
Tuyau 361-360	102,35	200	0,3	50,52	2,4	36,24
Tuyau 360-359	93,15	200	0,3	49,89	2,37	41,38
Tuyau 359-357	117,3	200	0,3	48,63	2,31	42,08
Tuyau 325-330	172,5	300	0,3	81,24	1,56	30,18
Tuyau 330-340	80,5	200	0,3	52,83	2,51	34,8
Tuyau 340-341	117,3	200	0,3	50,41	2,4	38,18
Tuyau 341-342	104,65	200	0,3	49,8	2,37	38,34
Tuyau 342-343	120,75	200	0,3	50,09	2,38	40,6

ANNEX01

Tuyau 343-347	184	200	0,3	51,39	2,44	38,33
Tuyau 347-365	377,2	200	0,3	-1,82	0,09	35,36
Tuyau 357-365	241,5	125	0,3	47,12	2,24	52,68
Tuyau 361-340	218,5	90	0,1	-1,64	0,39	34,08
Tuyau 360-341	1,14	90	0,1	-0,49	0,11	52,07
Tuyau 359-342	368	90	0,1	1,05	0,25	42,91
Tuyau 357-343	425,5	90	0,1	1,39	0,33	65,51
Tuyau 330-334	540,5	300	0,3	28,11	0,54	67,2
Tuyau 334-317	138	315	0,0015	1,17	0,02	67,44
Tuyau 317-319	287,5	200	0,0015	0,55	0,03	67,74
Tuyau 317-318	391	200	0,0015	0,5	0,02	68,81
Tuyau 319-318	494,5	200	0,0015	0,12	0,01	68,57
Tuyau 334-335	253	300	0,3	26,32	0,5	69,5
Tuyau 335-63	189,75	315	0,0015	15,37	0,29	69,25
Tuyau 63-476	80,5	500	0,0015	5,14	0,1	67,27
Tuyau 476-477	80,5	200	0,0015	0,19	0,1	66,23
Tuyau 476-459	264,5	90	0,0015	0,75	0,4	66,42
Tuyau 477-478	80	90	0,0015	0,62	0,33	65,37
Tuyau 459-466	80	125	0,0015	0,74	0,39	64,08
Tuyau 459-464	80	125	0,0015	0,62	0,33	64,77
Tuyau 459-455	80	90	0,0015	-0,6	0,07	63,09
Tuyau 455-465	110	40	0,0015	0,62	0,01	65,55
Tuyau 455-462	178,25	75	0,0015	0,73	0,09	55,14
Tuyau 462-463	172,5	250	0,0015	1,11	0,13	59,43
Tuyau 462-451	247,25	315	0,0015	-1	0,12	57,88
Tuyau 451-450	70	315	0,0015	6,72	0,13	53,04

ANNEX01

Tuyau 451-452	80	200	0,0015	-8,91	0,42	62,5
Tuyau 450-467	126,5	500	0,0015	4,8	0,09	59,05
Tuyau 454-450	178,25	400	0,0015	-0,73	0,09	57,19
Tuyau 469-467	178,25	500	0,0015	-0,59	0,07	62,89
Tuyau 454-469	126,5	500	0,0015	-2,94	0,06	51,44
Tuyau 467-461	126,5	200	0,0015	3,6	0,07	55,83
Tuyau 461-448	230	90	0,0015	4,03	0,08	67,33
Tuyau 452-461	400	125	0,0015	1,09	0,13	67,21
Tuyau 469-448	271,4	125	0,0015	-2,92	0,06	67,15
Tuyau 455-454	247,25	125	0,0015	-2,56	0,05	67,13
Tuyau 476-474	230	90	0,0015	3,52	0,07	65,5
Tuyau 477-475	230	40	0,0015	-1,04	0,02	64,95
Tuyau 63-444	575	315	0,0015	4,63	0,09	63,6
Tuyau 475-474	57,5	250	0,0015	-1,54	0,19	63,06
Tuyau 474-446	125,19	315	0,0015	1,31	0,03	35,72
Tuyau 475-479	125,19	315	0,0015	0,34	0,18	38,16
Tuyau 444-446	126,5	200	0,0015	-0,65	0,08	36,65
Tuyau 446-447	299	500	0,0015	0,57	0,01	37,59
Tuyau 444-742	560	400	0,0015	4,92	0,09	36,83
Tuyau 742-744	356,5	500	0,0015	0,62	0,07	36,65
Tuyau 743-745	356,5	500	0,0015	0,62	0,07	19,32
Tuyau 747-746	356,5	200	0,0015	0,62	0,07	35,62
Tuyau 748-749	300	90	0,0015	0,62	0,07	22,93
Tuyau 742-743	57,5	90	0,0015	3,69	0,45	22,42
Tuyau 743-747	57,5	125	0,0015	2,46	0,3	21,29
Tuyau 747-748	57,5	125	0,0015	1,23	0,15	21,25

ANNEX01

Tuyau 335-452	770,5	90	0,0015	10,37	0,49	21,08
Tuyau 347-350	149,5	40	0,1	29,16	1,39	19,65
Tuyau 347-349	76	75	0,3	23,45	1,74	22,33
Tuyau 349-354	70	250	0,0015	-0,17	0,04	17,63
Tuyau 354-348	80	315	0,0015	0,81	0,19	18,07
Tuyau 354-352	80	200	0,0015	0,41	0,1	18,58
Tuyau 354-350	184	200	0,0015	-1,81	0,42	18,93
Tuyau 350-351	103,5	500	0,1	26,67	1,27	19,22
Tuyau 351-70	517,5	400	0,15	25,35	1,89	19,27
Tuyau 119-121	517,5	500	0,26	-0,27	0,01	19,11
Tuyau 70-280	57	500	0,0015	7,69	1,81	19,26
Tuyau 280-279	50	200	0,0015	4,14	0,97	19,07
Tuyau 279-278	50	90	0,0015	1,86	0,44	19,17
Tuyau 280-266	170	90	0,0015	2,42	0,57	18,36
Tuyau 279-276	170	125	0,0015	1,15	0,27	19,13
Tuyau 278-277	170	125	0,0015	0,73	0,17	18,05
Tuyau 71-277	250	90	0,0015	-0,32	0,08	20,58
Tuyau 277-276	50	40	0,0015	-0,73	0,17	11,86
Tuyau 276-266	50	75	0,0015	-0,71	0,17	17,39
Tuyau 70-96	92	250	0,15	17,34	1,29	17,73
Tuyau 96-264	103,5	315	0,15	8,31	1,01	17,88
Tuyau 266-265	92	315	0,0015	0,58	0,14	16,94
Tuyau 96-101	225,4	200	0,15	8,35	0,62	18,04
Tuyau 13	225,4	500	0,15	7,45	0,55	18,36
Tuyau 102-85	103,5	400	0,15	19,8	0,94	18,21
Tuyau 264-85	432,4	500	0,15	1,25	0,29	17,95

ANNEX01

Tuyau 85-65	60	500	0,15	15,74	0,75	17,86
Tuyau 264-265	60	200	0,15	6,75	0,82	16,72
Tuyau 265-68	300	90	0,15	6,58	0,31	15,91
Tuyau 68-66	46	90	0,15	3,72	0,58	17,35
Tuyau 66-65	67	125	0,15	1,54	0,24	14,28
Tuyau 68-97	210	125	0,15	2,46	0,39	15,06
Tuyau 66-186	143,75	90	0,15	2,02	0,32	15,04
Tuyau 65-188	143,75	40	0,15	1,79	0,28	15,41
Tuyau 186-188	67	75	0,15	0,75	0,12	14,67
Tuyau 85-88	120,75	250	0,15	4,87	0,59	14,4
Tuyau 65-60	120,75	315	0,15	14,13	0,67	13,84
Tuyau 15	60	315	0,15	8,34	0,4	13,06
Tuyau 60-190	143,75	200	0,15	1,13	0,18	12,9
Tuyau 188-190	120,75	500	0,15	2,41	0,38	13,18
Tuyau 186-97	50	400	0,15	1	0,16	13,27
Tuyau 16	50	500	0,15	2,65	0,42	966,05
Tuyau 97-184	200	500	0,15	3,19	0,39	13,65
Tuyau 88-89	120,75	200	0,15	1,41	0,17	14,28
Tuyau 60-61	120,75	90	0,15	20,11	0,96	15,26
Tuyau 89-61	60	90	0,15	8,4	1,02	13,23
Tuyau 61-59	46	125	0,15	5,86	0,92	12,25
Tuyau 69-197	46	125	0,15	2,19	0,34	12,48
Tuyau 61-69	106,95	90	0,15	21,41	1,02	11,87
Tuyau 59-197	106,95	40	0,15	2,57	0,4	4,88
Tuyau 59-191	50	75	0,15	0,8	0,13	3,44
Tuyau 197-192	50	250	0,15	1,32	0,21	3,51

ANNEX01

Tuyau 184-182	120,75	315	0,15	5,72	0,7	4,12
Tuyau 191-182	143,75	315	0,15	-2,59	0,41	5
Tuyau 182-154	195,5	200	0,15	3	0,47	5,58
Tuyau 192-154	49	500	0,15	0,2	0,03	7,7
Tuyau 69-57	150	400	0,15	22	1,05	6,87
Tuyau 57-56	50	500	0,15	18,8	0,89	6,36
Tuyau 56-194	50	500	0,15	-5,02	0,79	7,54
Tuyau 197-194	202,4	200	0,15	3,32	0,52	6,74
Tuyau 194-183	50	90	0,15	-1,82	0,29	1,39
Tuyau 192-183	202,4	90	0,15	3,09	0,49	1,86
Tuyau 183-195	49	125	0,15	1,14	0,18	4,26
Tuyau 154-195	202,4	125	0,15	3,15	0,5	6,47
Tuyau 195-269	50	90	0,15	4,17	0,66	6,39
Tuyau 269-142	85	40	0,15	1,74	0,27	6,15
Tuyau 270-142	130	75	0,15	1,38	0,22	7,31
Tuyau 52-142	187,45	250	0,15	-2,39	0,38	8,53
Tuyau 56-52	59	315	0,15	19,68	0,94	9,64
Tuyau 52-50	59	315	0,15	21,6	1,03	10,46
Tuyau 114-69	128,8	200	0,15	3,06	0,48	7,02
Tuyau 115-57	128,8	500	0,0015	-0,72	0,11	5,33
Tuyau 116-56	128,8	400	0,15	-3,67	0,58	3,78
Tuyau 51-50	128,8	500	0,15	-4,64	0,73	2,74
Tuyau 114-115	159	500	0,15	7,41	0,9	4,81
Tuyau 115-116	79	200	0,15	7,86	0,96	3,74
Tuyau 116-30	49	90	0,15	11,25	1,37	2,47
Tuyau 30-51	79	90	0,15	16,39	0,31	1,56

ANNEX01

Tuyau 50-49	39	125	0,15	15,1	0,72	0,2
Tuyau 49-44	172,5	125	0,15	13,42	0,64	1,47
Tuyau 44-42	330	90	0,15	9,26	0,44	3,25
Tuyau 42-517	60	40	0,15	6,32	0,99	4,18
Tuyau 517-518	110	90	0,0015	0,62	0,14	3,15
Tuyau 519-524	110	90	0,0015	0,62	0,14	3,68
Tuyau 520-525	110	90	0,0015	0,62	0,14	4,27
Tuyau 522-526	69	90	0,0015	0,62	0,14	1,9
Tuyau 523-527	60	90	0,0015	0,62	0,14	0,73
Tuyau 517-519	30	90	0,15	3,95	0,62	1,51
Tuyau 519-520	50	400	0,15	2,72	0,43	7,56
Tuyau (20-522	39	500	0,15	1,88	0,3	13,32
Tuyau (22-523	39	500	0,15	0,65	0,1	-1,42
Tuyau 351-72	147,2	200	0,0015	0,63	0,15	-1,32
Tuyau 349-170	448,5	90	0,15	22,81	1,7	2,55
Tuyau 365-172	400	90	0,3	43,36	2,06	4,38
Tuyau 172-170	187,45	125	0,15	15,44	0,73	4,38
Tuyau 170-168	110	125	0,15	7,26	1,14	3,93
Tuyau 168-169	110	90	0,15	-0,84	0,13	5,82
Tuyau 172-174	287,5	40	0,0015	27,03	1,29	6,17
Tuyau 174-169	59	75	0,3	17,94	0,85	7,25
Tuyau 170-143	120	250	0,1	30,1	1,43	7,73
Tuyau 168-173	120	315	0,15	7,62	1,2	4,89
Tuyau 169-140	120	315	0,3	8,5	1,34	5,21
Tuyau 174-175	250	200	0,1	8,2	1,29	5,94
Tuyau 2	230	500	0,15	8,02	1,26	6,87

ANNEX01

Tuyau 175-167	59	400	0,15	7,32	0,35	9,02
Tuyau 167-138	120	500	0,15	14,58	0,69	10,16
Tuyau 143-121	69	500	0,0015	19,47	3,06	10,93
Tuyau 173-123	69	200	0,1	11,13	1,75	11,31
Tuyau 140-122	69	90	0,3	8,02	1,26	9,68
Tuyau 121-123	120	90	0,26	18,36	0,35	12,96
Tuyau 5	120	125	0,26	28,75	0,55	16,02
Tuyau 143-173	120	125	0,0015	10,09	1,59	15,89
Tuyau 173-140	120	90	0,0015	5,69	0,9	11,55
Tuyau 122-101	69	40	0,3	0,67	0,03	9,68
Tuyau 140-138	207	75	0,0015	6,05	0,95	8,65
Tuyau 138-125	69	250	0,15	13,13	0,62	11,36
Tuyau 125-102	69	315	0,15	14,94	0,71	16,61
Tuyau 122-125	207	315	0,26	35,35	0,68	16,35
Tuyau 138-134	126,5	200	0,0015	7,36	1,16	16,04
Tuyau 125-127	126,5	500	0,26	31,88	0,61	15,59
Tuyau 102-107	126,5	400	0,15	2,27	0,28	17,75
Tuyau 127-107	69	500	0,15	2,54	0,4	18,88
Tuyau 134-127	69	500	0,15	-7,52	1,18	1,47
Tuyau 107-88	103,5	200	0,15	5,27	0,83	6,77
Tuyau 111-89	103,5	90	0,15	7,77	0,95	9,26
Tuyau 127-111	178,25	90	0,26	20,17	0,39	2,05
Tuyau '152-134	115	125	0,15	-6,51	1,02	40,11
Tuyau 134-130	126,5	125	0,15	8,25	1,3	39,22
Tuyau 152-165	126,5	90	0,15	5,94	0,93	36,72
Tuyau 165-130	115	40	0,15	-3,77	0,46	37,74

ANNEX01

Tuyau 130-139	276	75	0,0015	0,14	0	38,03
Tuyau 107-111	120	250	0,15	-1,37	0,17	37,21
Tuyau 111-114	106,95	315	0,15	10,75	1,31	39,95
Tuyau 130-29	362,25	315	0,0015	3,8	0,6	2
Tuyau 29-30	138	200	0,15	5,26	0,06	31,15
Tuyau 29-27	59	500	0,15	-1,57	0,02	29,6
Tuyau 25-27	200	400	0,15	-0,14	0	29,27
Tuyau 24-25	120	500	0,15	-1,44	0,02	28,11
Tuyau 22-24	120	500	0,15	-2,41	0,03	39,41
Tuyau 22-209	230	200	0,0015	0,82	0,1	51,92
Tuyau 7	230	90	0,0015	0,23	0,03	46,79
Tuyau 181-22	362,25	90	0,15	-0,07	0,01	52,13
Tuyau 164-24	362,25	125	0,0015	1,13	0,18	52,99
Tuyau 158-25	362,25	125	0,0015	1,93	0,3	38,05
Tuyau 165-27	362,25	90	0,1	3,07	0,48	42,93
Tuyau 158-165	59	40	0,15	-6,03	0,95	46,1
Tuyau 158-164	69	75	0,15	3,29	0,52	28,2
Tuyau 181-164	180	250	0,15	-1,57	0,25	51,28
Tuyau 181-163	95	315	0,15	0,76	0,09	36,24
Tuyau 49-53	287,5	315	0,15	0,47	0,06	41,38
Tuyau 44-727	471,5	200	0,15	2,95	0,46	42,08
Tuyau 523-724	80	500	0,15	-0,58	0,09	30,18
Tuyau 724-726	59	400	0,15	-1,22	0,19	34,8
Tuyau 520-728	120	500	0,15	-0,39	0,09	38,18
Tuyau 726-725	120	500	0,15	-0,17	0,03	38,34
Tuyau 725-728	110	200	0,15	-0,85	0,13	40,6

ANNEX01

Tuyau 728-521	110	90	0,15	-2,06	0,32	38,33
Tuyau 517-521	180	90	0,15	1,13	0,18	35,36
Tuyau 42-41	100	125	0,15	1,73	0,27	52,68
Tuyau 41-521	220	125	0,15	3,15	0,5	34,08
Tuyau 727-723	420	50	0,15	0,62	0,1	52,07
Tuyau 726-727	69	50	0,15	-1,69	0,27	42,91
Tuyau 726-723	218,5	50	0,15	0	0	65,51
Tuyau 725-722	218,5	50	0,15	0,04	0,02	67,2
Tuyau 728-721	218,5	50	0,15	0,18	0,07	67,44
Tuyau 8	218,5	50	0,15	1,58	0,25	67,74
Tuyau 723-722	69	100	0,15	0,23	0,04	68,81
Tuyau 722-721	69	100	0,15	-0,07	0,01	68,57
Tuyau 721-720	69	100	0,15	0,18	0,03	69,5
Tuyau 720-47	69	100	0,15	0,57	0,09	69,25
Tuyau 48-47	210	500	0,15	0,23	0,09	67,27
Tuyau 281-47	87	200	0,15	1,05	0,17	66,23
Tuyau 48-281	218,5	90	0,15	0,13	0,05	66,42
Tuyau 40-41	103,5	90	0,15	2,51	0,05	65,37
Tuyau 40-839	20	125	0,15	-3,6	0,07	64,08
Tuyau 45-48	69	125	0,15	2,22	0,35	64,77
Tuyau 45-835	69	90	0,15	-2,51	0,39	63,09
Tuyau 45-43	218,5	40	0,15	0,28	0,11	65,55
Tuyau 281-43	69	75	0,15	-1,47	0,23	55,14
Tuyau 43-46	69	250	0,15	-2,4	0,38	59,43
Tuyau 9	200	315	0,15	0,62	0,14	57,88
Tuyau 839-835	69	315	0,15	3,12	0,73	53,04

ANNEX01

Tuyau 46-243	69	200	0,15	-3,64	0,57	62,5
Tuyau 243-244	69	500	0,15	-2,35	0,37	59,05
Tuyau 239-244	180	400	0,15	1,83	0,29	57,19
Tuyau 839-838	69	500	0,15	-7,34	0,09	62,89
Tuyau 838-837	69	500	0,15	-9,31	0,11	51,44
Tuyau 837-8.36	69	200	0,15	-11,03	0,13	55,83
Tuyau 838-243	220	90	0,15	1,36	0,32	67,33
Tuyau 10	220	90	0,15	1,11	0,26	67,21
Tuyau 836-239	180	125	0,15	0,99	0,16	67,15
Tuyau 836-232	150	125	0,15	2,96	0,22	67,13
Tuyau 239-232	30	90	0,15	-1,15	0,09	65,5
Tuyau 232-233	320	40	0,15	1,22	0,09	64,95
Tuyau 723-263	218,5	100	0,15	0,24	0,04	63,6
Tuyau 722-262	218,5	100	0,15	0,18	0,03	63,06
Tuyau 721-261	218,5	100	0,15	-0,22	0,03	35,72
Tuyau 720-260	218,5	100	0,15	-0,67	0,11	38,16
Tuyau 263-262	80	100	0,15	-0,19	0,03	36,65
Tuyau 262-261	80	100	0,15	-0,44	0,07	37,59
Tuyau 11	80	100	0,15	-1,09	0,17	36,83
Tuyau 260-233	320	500	0,15	-2,71	0,43	36,65
Tuyau 233-219	400	500	0,15	-2,08	0,15	19,32
Tuyau 113-836	265	200	0,15	15,6	0,3	35,62
Tuyau 113-219	500	90	0,15	3,31	0,16	22,93
Tuyau 219-218	550	90	0,15	0,6	0,04	22,42
Tuyau 51-113	180	125	0,15	19,17	0,37	21,29
Tuyau reservoir-150	2200	900	0,15	166,44	0,26	21,25

ANNEX01

Tuyau 191-192	106,95	90	0,15	2,68	0,42	21,08
Tuyau 3	91	90	0,0015	3,15	0,5	19,65
Tuyau 4	96,1	90	0,0015	3,32	0,52	22,33
Tuyau 6	107,1	90	0,0015	3,71	0,58	17,63
Tuyau 12	127,56	75	0,0015	4,42	1	18,07
Tuyau 14	110,59	75	0,0015	3,83	0,87	18,58
Tuyau 17	93,66	75	0,0015	3,24	0,73	18,93
Tuyau 18	76,74	75	0,0015	2,65	0,6	19,22

ANNEXE02

État des Noeuds du Réseau projté

ID Noeud	Altitude m	Demande Base LPS	Demande LPS	Charge m	Pression m
Noeud 150	991	2,6568	2,66	1020,03	29,03
Noeud 431	990,28	0,0923	0,09	1019,59	29,31
Noeud 432	990,36	0,3383	0,34	1019,44	29,08
Noeud 433	991,14	1,1439	1,14	1019,37	28,23
Noeud 434	982,51	0,6396	0,64	1019,27	36,76
Noeud 430	970,04	0,572	0,57	1019,38	49,34
Noeud 435	967,61	0,6396	0,64	1017,52	49,91
Noeud 436	961,82	0,3813	0,38	1017,31	55,49
Noeud 437	960,92	0,6704	0,67	1017	56,08
Noeud 438	975,96	1,2731	1,27	1016,51	40,55
Noeud 439	971,63	1,1009	1,1	1016,92	45,29
Noeud 440	969,99	1,1009	1,1	1017,35	47,36
Noeud 325	990,09	0,738	0,74	1019,17	29,08
Noeud 361	960,92	0,6519	0,65	1018,93	58,01
Noeud 360	971,63	1,1193	1,12	1018,72	47,09
Noeud 359	962,65	0,20295	0,2	1018,34	55,69
Noeud 357	957,35	0,123	0,12	1018,15	60,8
Noeud 330	986,36	0,3075	0,31	1018,99	32,63
Noeud 340	978,02	0,78105	0,78	1018,87	40,85
Noeud 341	969,69	0,123	0,12	1018,72	49,03
Noeud 342	965,23	0,7626	0,76	1018,51	53,28
Noeud 343	957,95	0,09225	0,09	1018,36	60,41
Noeud 347	959,16	0,59655	0,6	1018,25	59,09
Noeud 365	959,16	1,9434	1,94	1017,63	58,47
Noeud 334	963,16	0,615	0,62	1016,78	53,62
Noeud 317	981,76	0,123	0,12	1006,02	24,26
Noeud 318	963,77	1,615	1,62	997,48	33,71
Noeud 319	972,93	0,4305	0,43	1000,72	27,79
Noeud 335	959,05	0,58425	0,58	1014,19	55,14
Noeud 452	947,26	0,369	0,37	1004,55	57,29
Noeud 451	946,93	1,1931	1,19	1004,14	57,21
Noeud 450	946,63	1,1931	1,19	1002,36	55,73
Noeud 467	945,55	0,615	0,62	1001,27	55,72
Noeud 461	945,79	0,6581	0,66	1000,7	54,91
Noeud 448	944,85	1,107	1,11	999,58	54,73
Noeud 469	945,1	0,572	0,57	1002,01	56,91
Noeud 454	947,07	1,107	1,11	1004,03	56,96
Noeud 455	948,11	0,615	0,62	1008,85	60,74
Noeud 462	947,9	0,615	0,62	1006,92	59,02
Noeud 463	948,9	1,107	1,11	1002,93	54,03
Noeud 465	950,26	1,258	1,26	1007,76	57,5

ANNEXE02

Noeud 459	949,56	0,2365	0,24	1009,32	59,76
Noeud 466	950,9	0,738	0,74	1008,42	57,52
Noeud 464	948,54	0,615	0,62	1008,67	60,13
Noeud 63	960,36	5,5965	5,6	1012,64	52,28
Noeud 476	956,06	0,6765	0,68	1011,47	55,41
Noeud 477	957,58	0,615	0,62	1010,53	52,95
Noeud 478	962,17	0,615	0,62	1009,88	47,71
Noeud 474	952,99	0,6765	0,68	1005,74	52,75
Noeud 475	956,41	0,8248	0,82	1007,26	50,85
Noeud 479	958,13	0,8444	0,84	1005,47	47,34
Noeud 446	952,6	0,0923	0,09	1004,06	51,46
Noeud 444	964,03	0,3567	0,36	1001,53	37,5
Noeud 447	959,66	0,872	0,87	999,54	39,88
Noeud 742	948,12	0,615	0,62	992,41	44,29
Noeud 743	948,12	0,615	0,62	991,86	43,74
Noeud 747	948,12	0,615	0,62	989,95	41,83
Noeud 748	948,12	0,615	0,62	989,4	41,28
Noeud 744	949,92	0,615	0,62	989,51	39,59
Noeud 745	950,34	0,615	0,62	988,95	38,61
Noeud 746	951,63	0,615	0,62	987,05	35,42
Noeud 749	952,16	0,615	0,62	986,96	34,8
Noeud 349	956,5	0,80565	0,81	1017,44	60,94
Noeud 354	957,07	0,4305	0,43	1015,35	58,28
Noeud 348	957,52	0,80565	0,81	1014,3	56,78
Noeud 352	965,62	0,9059	0,91	1014,05	48,43
Noeud 350	959,93	0,6888	0,69	1018,09	58,16
Noeud 351	959,1	0,6888	0,69	1017,21	58,11
Noeud 119	951,1	0,9706	0,97	1005,99	54,89
Noeud 72	959,06	0,6273	0,63	1015,97	56,91
Noeud 170	954,4	0,8856	0,89	1016,33	61,93
Noeud 172	955,59	0,8856	0,89	1016,73	61,14
Noeud 174	954,42	0,8856	0,89	1014,75	60,33
Noeud 169	954,13	0,5904	0,59	1015,66	61,53
Noeud 168	954,27	0,4797	0,48	1015,99	61,72
Noeud 173	953,33	3,8856	3,89	1013,42	60,09
Noeud 143	953,52	0,5412	0,54	1015,77	62,25
Noeud 123	952,72	0,74415	0,74	1014,96	62,24
Noeud 121	959,35	0,8364	0,84	1015,46	56,11
Noeud 101	951,61	0,9744	0,97	1014,35	62,74
Noeud 96	952,05	3,9827	3,98	1013,37	61,32
Noeud 264	950,5	1,2014	1,2	1013,03	62,53
Noeud 265	949,96	0,7503	0,75	1012,96	63
Noeud 266	950,16	1,1316	1,13	1011,44	61,28
Noeud 276	949,98	1,1316	1,13	1009,95	59,97
Noeud 277	950,14	1,1316	1,13	1008,91	58,77
Noeud 278	950,14	1,1316	1,13	1012,25	62,11
Noeud 279	951,11	1,1316	1,13	1012,67	61,56
Noeud 280	950,97	1,1316	1,13	1013,33	62,36

ANNEXE02

Noeud 71	951,13	0,9198	0,92	1004,76	53,63
Noeud 70	951,72	0,3198	0,32	1013,54	61,82
Noeud 102	957,7	0,3198	0,32	1014,22	56,52
Noeud 85	951,56	0,4428	0,44	1014,06	62,5
Noeud 65	950,99	3,3653	3,37	1013,54	62,55
Noeud 66	950,9	0,9538	0,95	1013,31	62,41
Noeud 68	952,07	0,1059	0,11	1011,86	59,79
Noeud 186	950,51	0,9706	0,97	1010,17	59,66
Noeud 97	950,17	0,2706	0,27	1010,39	60,22
Noeud 188	950,33	3,123	3,12	1009,74	59,41
Noeud 184	950,19	3,9123	3,91	1004,84	54,65
Noeud 190	950,41	3,8856	3,89	1006,83	56,42
Noeud 60	951,63	2,2362	2,24	1012,92	61,29
Noeud 88	952,51	0,3936	0,39	1013,06	60,55
Noeud 89	951,01	1,7811	1,78	1012,66	61,65
Noeud 61	953,34	1,2362	1,24	1012,17	58,83
Noeud 59	952,01	2,4908	2,49	1010,77	58,76
Noeud 191	952,01	1,70725	1,71	1010,24	58,23
Noeud 182	952,01	0,923	0,92	1008,04	56,03
Noeud 154	952,09	3,935	3,93	1009,19	57,1
Noeud 192	952,36	1,70725	1,71	1009,46	57,1
Noeud 197	952,96	0,923	0,92	1010,09	57,13
Noeud 69	953,83	0,0768	0,08	1010,83	57
Noeud 57	952,91	2,4908	2,49	1010,18	57,27
Noeud 56	952,36	3,4736	3,47	1010,03	57,67
Noeud 194	952,71	2,923	2,92	1003,79	51,08
Noeud 183	959	0,123	0,12	1006,02	47,02
Noeud 195	952,37	0,123	0,12	1005,82	53,45
Noeud 269	951,43	3,0455	3,05	1004,24	52,81
Noeud 142	950,35	2,738	2,74	1003,19	52,84
Noeud 52	951,97	0,4736	0,47	1009,34	57,37
Noeud 50	952,54	3,8573	3,86	1009,26	56,72
Noeud 49	952,17	1,2116	1,21	1009,1	56,93
Noeud 44	952,3	1,2116	1,21	1006,96	54,66
Noeud 42	958,83	0,2116	0,21	1004,47	45,64
Noeud 517	959,45	1,615	1,62	1003,47	44,02
Noeud 519	959,21	0,215	0,22	1003,18	43,97
Noeud 520	958,46	0,115	0,12	1002,12	43,66
Noeud 522	957,52	0,615	0,62	1001,95	44,43
Noeud 523	956,94	0,115	0,12	1001,24	44,3
Noeud 527	954,79	0,815	0,81	1000,44	45,65
Noeud 526	955,62	0,915	0,92	1000,81	45,19
Noeud 518	956,48	0,815	0,81	1001,99	45,51
Noeud 524	955,13	0,815	0,81	1001,7	46,57
Noeud 525	955,79	0,815	0,81	1000,65	44,86
Noeud 521	961,4	0,9396	0,94	998,7	37,3
Noeud 728	960,75	0,4396	0,44	996,94	36,19
Noeud 725	959,31	3,9396	3,94	991,98	32,67

ANNEXE02

Noeud 726	956,1	0,4396	0,44	996,39	40,29
Noeud 724	956,14	1,9396	1,94	998,9	42,76
Noeud 47	956,4	1,8573	1,86	997,37	40,97
Noeud 720	955,26	3,1573	3,16	996,55	41,29
Noeud 721	954,04	3,1538	3,15	996,02	41,98
Noeud 722	952,93	3,9538	3,95	995,49	42,56
Noeud 723	952,11	3,1538	3,15	994,4	42,29
Noeud 263	950,125	2,035	2,04	989,15	39,03
Noeud 262	950,125	0,9305	0,93	990,45	40,32
Noeud 261	950,125	1,4305	1,43	991,33	41,2
Noeud 260	950,125	0,9533	0,95	993,16	43,03
Noeud 281	957,79	0,5535	0,55	998,46	40,67
Noeud 43	958,92	1,2116	1,21	999,25	40,33
Noeud 46	960,34	1,8573	1,86	1000,05	39,71
Noeud 243	961,58	0,0615	0,06	1000,9	39,32
Noeud 244	963,09	0,5966	0,6	1003,37	40,28
Noeud 239	962,06	0,3075	0,31	1007,3	45,24
Noeud 836	960,35	0,615	0,62	1008,45	48,1
Noeud 837	959,42	0,615	0,62	1008,04	48,62
Noeud 838	960,45	0,615	0,62	1007,34	46,89
Noeud 839	959,92	0,615	0,62	1006,85	46,93
Noeud 40	959,32	1,0886	1,09	1006,78	47,46
Noeud 45	960,84	0,2548	0,25	1005,21	44,37
Noeud 48	961,88	1,8573	1,86	1004,81	42,93
Noeud 41	962,08	1,0886	1,09	1005,77	43,69
Noeud 727	955,09	0,2145	0,21	997,67	42,58
Noeud 53	951,31	0,9736	0,97	1003,81	52,5
Noeud 233	964,92	0,5904	0,59	1001,3	36,38
Noeud 219	964,92	0,6273	0,63	1006,63	41,71
Noeud 218	961,04	0,59655	0,6	1002,38	41,34
Noeud 211	959,42	0,92755	0,93	987,05	27,63
Noeud 209	959,42	0,59655	0,6	990,93	31,51
Noeud 22	959,91	1,5191	1,52	1000,39	40,48
Noeud 181	958,02	0,2856	0,29	1003,14	45,12
Noeud 163	957,65	0,75645	0,76	1002,02	44,37
Noeud 164	956,77	0,5904	0,59	1011,52	54,75
Noeud 158	956,56	0,8118	0,81	1011,76	55,2
Noeud 24	958,95	0,1599	0,16	1001,68	42,73
Noeud 25	958,63	0,6212	0,62	1005,93	47,3
Noeud 27	957,9	1,3592	1,36	1010,66	52,76
Noeud 29	956,97	0,1169	0,12	1011,21	54,24
Noeud 30	954,82	0,1169	0,12	1010,74	55,92
Noeud 116	954,75	0,2706	0,27	1010,66	55,91
Noeud 115	954,85	3,2706	3,27	1007,75	52,9
Noeud 114	956,02	0,2768	0,28	1010,06	54,04
Noeud 139	955,67	0,9353	0,94	1007,82	52,15
Noeud 111	956,51	1,9706	1,97	1010,93	54,42
Noeud 107	953,4	1,9102	1,91	1013,53	60,13

ANNEXE02

Noeud 127	953,7	3,65435	3,65	1012,29	58,59
Noeud 134	956,71	0,1353	0,14	1013,12	56,41
Noeud 130	955,67	1,8574	1,86	1012,55	56,88
Noeud 165	956,39	0,90885	0,91	1012,2	55,81
Noeud 152	955,22	0,5658	0,57	1012,61	57,39
Noeud 125	953,18	2,65435	2,65	1013,54	60,36
Noeud 138	953,63	0,1353	0,14	1013,8	60,17
Noeud 167	954,33	0,75645	0,76	1014,21	59,88
Noeud 175	954,83	0,8856	0,89	1014,43	59,6
Noeud 122	952,44	3,74415	3,74	1014,48	62,04
Noeud 140	953,07	0,9123	0,91	1014,76	61,69
Noeud 232	962,06	0,5904	0,59	1006,88	44,82
Noeud 113	956,94	0,2706	0,27	1010,49	53,55
Noeud 51	954,55	1,8573	1,86	1010,66	56,11
Noeud 835	960,86	0,1547	0,15	1005,88	45,02
Noeud 1	979,5	3,15	3,15	1018,05	38,55
Noeud 2	980,1	3,32	3,32	1019,12	39,02
Noeud 3	982,1	3,71	3,71	1018,93	36,83
Noeud 4	975	4,42	4,42	1016,81	41,81
Noeud 5	974,8	3,83	3,83	1016,17	41,37
Noeud 6	976	3,24	3,24	1016,28	40,28
Noeud 7	973,65	2,65	2,65	1016,1	42,45
Réservoir reservoir	1018,29	Sans Valeur	-246,16	1020,29	2

ANNEXE02

État des Arcs du Réseau projetée

Nœud N°	Tronçon	L m	DN mm	Qsp l/s	Qr l/s	0,5*Qr l/s	Qn l/s
Noeud 150	150-430	342,7	200	0.00512	1,754624	0,877312	2,6568
Noeud 431	150-431	253	500	0.00512	1,29536	0,64768	0,0923
Noeud 432	431-432	28,75	400	0.00512	0,1472	0,0736	0,3383
Noeud 433	432-433	47,15	500	0.00512	0,241408	0,120704	1,1439
Noeud 434	433-325	126,5	500	0.00512	0,64768	0,32384	0,6396
Noeud 430	430-434	59,9725	200	0.00512	0,3070592	0,1535296	0,572
Noeud 435	434-440	235,75	90	0.00512	1,20704	0,60352	0,6396
Noeud 436	440-439	80,5	90	0.00512	0,41216	0,20608	0,3813
Noeud 437	434-435	195,5	125	0.00512	1,00096	0,50048	0,6704
Noeud 438	435-436	53	125	0.00512	0,27136	0,13568	1,2731
Noeud 439	436-437	53	90	0.00512	0,27136	0,13568	1,1009
Noeud 440	437-438	53	40	0.00512	0,27136	0,13568	1,1009
Noeud 325	438-439	53	75	0.00512	0,27136	0,13568	0,738
Noeud 361	325-361	149,5	400	0.00512	0,76544	0,38272	0,6519
Noeud 360	361-360	102,35	315	0.00512	0,524032	0,262016	1,1193
Noeud 359	360-359	93,15	315	0.00512	0,476928	0,238464	0,20295
Noeud 357	359-357	117,3	400	0.00512	0,600576	0,300288	0,123
Noeud 330	325-330	172,5	400	0.00512	0,8832	0,4416	0,3075
Noeud 340	330-340	80,5	315	0.00512	0,41216	0,20608	0,78105
Noeud 341	340-341	117,3	400	0.00512	0,600576	0,300288	0,123
Noeud 342	341-342	104,65	315	0.00512	0,535808	0,267904	0,7626
Noeud 343	342-343	120,75	315	0.00512	0,61824	0,30912	0,09225

ANNEXE02

Noeud 347	343-347	184	315	0.00512	0,94208	0,47104	0,59655
Noeud 365	347-365	377,2	125	0.00512	1,931264	0,965632	1,9434
Noeud 334	357-365	241,5	400	0.00512	1,23648	0,61824	0,615
Noeud 317	361-340	218,5	400	0.00512	1,11872	0,55936	0,123
Noeud 318	360-341	1,14	250	0.00512	0,0058368	0,0029184	1,615
Noeud 319	359-342	368	250	0.00512	1,88416	0,94208	0,4305
Noeud 335	357-343	425,5	250	0.00512	2,17856	1,08928	0,58425
Noeud 452	330-334	540,5	200	0.00512	2,76736	1,38368	0,369
Noeud 451	334-317	138	40	0.00512	0,70656	0,35328	1,1931
Noeud 450	317-319	287,5	40	0.00512	1,472	0,736	1,1931
Noeud 467	317-318	391	40	0.00512	2,00192	1,00096	0,615
Noeud 461	319-318	494,5	40	0.00512	2,53184	1,26592	0,6581
Noeud 448	334-335	253	160	0.00512	1,29536	0,64768	1,107
Noeud 469	335-63	189,75	160	0.00512	0,97152	0,48576	0,572
Noeud 454	63-476	80,5	125	0.00512	0,41216	0,20608	1,107
Noeud 455	476-477	80,5	75	0.00512	0,41216	0,20608	0,615
Noeud 462	476-459	264,5	110	0.00512	1,35424	0,67712	0,615
Noeud 463	477-478	80	40	0.00512	0,4096	0,2048	1,107
Noeud 465	459-466	80	40	0.00512	0,4096	0,2048	1,258
Noeud 459	459-464	80	40	0.00512	0,4096	0,2048	0,2365
Noeud 466	459-455	80	110	0.00512	0,4096	0,2048	0,738
Noeud 464	455-465	110	50	0.00512	0,5632	0,2816	0,615
Noeud 63	455-462	178,25	63	0.00512	0,91264	0,45632	5,5965
Noeud 476	462-463	172,5	40	0.00512	0,8832	0,4416	0,6765
Noeud 477	462-451	247,25	40	0.00512	1,26592	0,63296	0,615
Noeud 478	451-450	70	40	0.00512	0,3584	0,1792	0,615
Noeud 474	451-452	80	63	0.00512	0,4096	0,2048	0,6765
Noeud 475	450-467	126,5	40	0.00512	0,64768	0,32384	0,8248

ANNEXE02

Noeud 479	454-450	178,25	40	0.00512	0,91264	0,45632	0,8444
Noeud 446	469-467	178,25	40	0.00512	0,91264	0,45632	0,0923
Noeud 444	454-469	126,5	50	0.00512	0,64768	0,32384	0,3567
Noeud 447	467-461	126,5	40	0.00512	0,64768	0,32384	0,872
Noeud 742	461-448	230	40	0.00512	1,1776	0,5888	0,615
Noeud 743	452-461	400	40	0.00512	2,048	1,024	0,615
Noeud 747	469-448	271,4	40	0.00512	1,389568	0,694784	0,615
Noeud 748	455-454	247,25	63	0.00512	1,26592	0,63296	0,615
Noeud 744	476-474	230	63	0.00512	1,1776	0,5888	0,615
Noeud 745	477-475	230	63	0.00512	1,1776	0,5888	0,615
Noeud 746	63-444	575	50	0.00512	2,944	1,472	0,615
Noeud 749	475-474	57,5	40	0.00512	0,2944	0,1472	0,615
Noeud 349	474-446	125,19	75	0.00512	0,6409728	0,3204864	0,80565
Noeud 354	475-479	125,19	40	0.00512	0,6409728	0,3204864	0,4305
Noeud 348	444-446	126,5	63	0.00512	0,64768	0,32384	0,80565
Noeud 352	446-447	299	40	0.00512	1,53088	0,76544	0,9059
Noeud 350	444-742	560	75	0.00512	2,8672	1,4336	0,6888
Noeud 351	742-744	356,5	40	0.00512	1,82528	0,91264	0,6888
Noeud 119	743-745	356,5	40	0.00512	1,82528	0,91264	0,9706
Noeud 72	747-746	356,5	40	0.00512	1,82528	0,91264	0,6273
Noeud 170	748-749	300	40	0.00512	1,536	0,768	0,8856
Noeud 172	742-743	57,5	75	0.00512	0,2944	0,1472	0,8856
Noeud 174	743-747	57,5	50	0.00512	0,2944	0,1472	0,8856
Noeud 169	747-748	57,5	50	0.00512	0,2944	0,1472	0,5904
Noeud 168	335-452	770,5	63	0.00512	3,94496	1,97248	0,4797
Noeud 173	347-350	149,5	200	0.00512	0,76544	0,38272	3,8856
Noeud 143	347-349	76	125	0.00512	0,38912	0,19456	0,5412
Noeud 123	349-354	70	40	0.00512	0,3584	0,1792	0,74415

ANNEXE02

Noeud 121	354-348	80	40	0.00512	0,4096	0,2048	0,8364
Noeud 101	354-352	80	40	0.00512	0,4096	0,2048	0,9744
Noeud 96	354-350	184	40	0.00512	0,94208	0,47104	3,9827
Noeud 264	350-351	103,5	125	0.00512	0,52992	0,26496	1,2014
Noeud 265	351-70	517,5	125	0.00512	2,6496	1,3248	0,7503
Noeud 266	119-121	517,5	40	0.00512	2,6496	1,3248	1,1316
Noeud 276	70-280	57	110	0.00512	0,29184	0,14592	1,1316
Noeud 277	280-279	50	73,6	0.00512	0,256	0,128	1,1316
Noeud 278	279-278	50	63	0.00512	0,256	0,128	1,1316
Noeud 279	280-266	170	40	0.00512	0,8704	0,4352	1,1316
Noeud 280	279-276	170	40	0.00512	0,8704	0,4352	1,1316
Noeud 71	278-277	170	40	0.00512	0,8704	0,4352	0,9198
Noeud 70	71-277	250	40	0.00512	1,28	0,64	0,3198
Noeud 102	277-276	50	40	0.00512	0,256	0,128	0,3198
Noeud 85	276-266	50	40	0.00512	0,256	0,128	0,4428
Noeud 65	70-96	92	125	0.00512	0,47104	0,23552	3,3653
Noeud 66	96-264	103,5	90	0.00512	0,52992	0,26496	0,9538
Noeud 68	266-265	92	50	0.00512	0,47104	0,23552	0,1059
Noeud 186	96-101	225,4	63	0.00512	1,154048	0,577024	0,9706
Noeud 97	13	225,4	400	0.00512	1,154048	0,577024	0,2706
Noeud 188	102-85	103,5	315	0.00512	0,52992	0,26496	3,123
Noeud 184	264-85	432,4	63	0.00512	2,213888	1,106944	3,9123
Noeud 190	85-65	60	125	0.00512	0,3072	0,1536	3,8856
Noeud 60	264-265	60	110	0.00512	0,3072	0,1536	2,2362
Noeud 88	265-68	300	50	0.00512	1,536	0,768	0,3936
Noeud 89	68-66	46	40	0.00512	0,23552	0,11776	1,7811
Noeud 61	66-65	67	90	0.00512	0,34304	0,17152	1,2362
Noeud 59	68-97	210	63	0.00512	1,0752	0,5376	2,4908

ANNEXE02

Noeud 191	66-186	143,75	40	0.00512	0,736	0,368	1,70725
Noeud 182	65-188	143,75	75	0.00512	0,736	0,368	0,923
Noeud 154	186-188	67	40	0.00512	0,34304	0,17152	3,935
Noeud 192	85-88	120,75	200	0.00512	0,61824	0,30912	1,70725
Noeud 197	65-60	120,75	40	0.00512	0,61824	0,30912	0,923
Noeud 69	15	60	250	0.00512	0,3072	0,1536	0,0768
Noeud 57	60-190	143,75	40	0.00512	0,736	0,368	2,4908
Noeud 56	188-190	120,75	63	0.00512	0,61824	0,30912	3,4736
Noeud 194	186-97	50	40	0.00512	0,256	0,128	2,923
Noeud 183	16	50	40	0.00512	0,256	0,128	0,123
Noeud 195	97-184	200	40	0.00512	1,024	0,512	0,123
Noeud 269	88-89	120,75	90	0.00512	0,61824	0,30912	3,0455
Noeud 142	60-61	120,75	200	0.00512	0,61824	0,30912	2,738
Noeud 52	89-61	60	40	0.00512	0,3072	0,1536	0,4736
Noeud 50	61-59	46	75	0.00512	0,23552	0,11776	3,8573
Noeud 49	69-197	46	110	0.00512	0,23552	0,11776	1,2116
Noeud 44	61-69	106,95	160	0.00512	0,547584	0,273792	1,2116
Noeud 42	59-197	106,95	40	0.00512	0,547584	0,273792	0,2116
Noeud 517	59-191	50	75	0.00512	0,256	0,128	1,615
Noeud 519	197-192	50	110	0.00512	0,256	0,128	0,215
Noeud 520	184-182	120,75	40	0.00512	0,61824	0,30912	0,115
Noeud 522	191-182	143,75	50	0.00512	0,736	0,368	0,615
Noeud 523	182-154	195,5	40	0.00512	1,00096	0,50048	0,115
Noeud 527	192-154	49	110	0.00512	0,25088	0,12544	0,815
Noeud 526	69-57	150	160	0.00512	0,768	0,384	0,915
Noeud 518	57-56	50	160	0.00512	0,256	0,128	0,815
Noeud 524	56-194	50	7	0.00512	0,256	0,128	0,815
Noeud 525	197-194	202,4	40	0.00512	1,036288	0,518144	0,815

ANNEXE02

Noeud 521	194-183	50	40	0.00512	0,256	0,128	0,9396
Noeud 728	192-183	202,4	63	0.00512	1,036288	0,518144	0,4396
Noeud 725	183-195	49	63	0.00512	0,25088	0,12544	3,9396
Noeud 726	154-195	202,4	63	0.00512	1,036288	0,518144	0,4396
Noeud 724	195-269	50	63	0.00512	0,256	0,128	1,9396
Noeud 47	269-142	85	40	0.00512	0,4352	0,2176	1,8573
Noeud 720	270-142	130	40	0.00512	0,6656	0,3328	3,1573
Noeud 721	52-142	187,45	40	0.00512	0,959744	0,479872	3,1538
Noeud 722	56-52	59	110	0.00512	0,30208	0,15104	3,9538
Noeud 723	52-50	59	160	0.00512	0,30208	0,15104	3,1538
Noeud 263	114-69	128,8	40	0.00512	0,659456	0,329728	2,035
Noeud 262	115-57	128,8	40	0.00512	0,659456	0,329728	0,9305
Noeud 261	116-56	128,8	40	0.00512	0,659456	0,329728	1,4305
Noeud 260	51-50	128,8	40	0.00512	0,659456	0,329728	0,9533
Noeud 281	114-115	159	40	0.00512	0,81408	0,40704	0,5535
Noeud 43	115-116	79	40	0.00512	0,40448	0,20224	1,2116
Noeud 46	116-30	49	90	0.00512	0,25088	0,12544	1,8573
Noeud 243	30-51	79	315	0.00512	0,40448	0,20224	0,0615
Noeud 244	50-49	39	110	0.00512	0,19968	0,09984	0,5966
Noeud 239	49-44	172,5	75	0.00512	0,8832	0,4416	0,3075
Noeud 836	44-42	330	63	0.00512	1,6896	0,8448	0,615
Noeud 837	42-517	60	110	0.00512	0,3072	0,1536	0,615
Noeud 838	517-518	110	40	0.00512	0,5632	0,2816	0,615
Noeud 839	519-524	110	40	0.00512	0,5632	0,2816	0,615
Noeud 40	520-525	110	40	0.00512	0,5632	0,2816	1,0886
Noeud 45	522-526	69	40	0.00512	0,35328	0,17664	0,2548
Noeud 48	523-527	60	40	0.00512	0,3072	0,1536	1,8573
Noeud 41	517-519	30	110	0.00512	0,1536	0,0768	1,0886

ANNEXE02

Noeud 727	519-520	50	90	0.00512	0,256	0,128	0,2145
Noeud 53	(20-522	39	110	0.00512	0,19968	0,09984	0,9736
Noeud 233	(22-523	39	75	0.00512	0,19968	0,09984	0,5904
Noeud 219	351-72	147,2	40	0.00512	0,753664	0,376832	0,6273
Noeud 218	349-170	448,5	160	0.00512	2,29632	1,14816	0,59655
Noeud 211	365-172	400	400	0.00512	2,048	1,024	0,92755
Noeud 209	172-170	187,45	400	0.00512	0,959744	0,479872	0,59655
Noeud 22	170-168	110	315	0.00512	0,5632	0,2816	1,5191
Noeud 181	168-169	110	315	0.00512	0,5632	0,2816	0,2856
Noeud 163	172-174	200	63	0.00512	1,472	0,736	0,75645
Noeud 164	174-169	59	90	0.00512	0,30208	0,15104	0,5904
Noeud 158	170-143	120	250	0.00512	0,6144	0,3072	0,8118
Noeud 24	168-173	120	40	0.00512	0,6144	0,3072	0,1599
Noeud 25	169-140	120	250	0.00512	0,6144	0,3072	0,6212
Noeud 27	174-175	250	160	0.00512	1,28	0,64	1,3592
Noeud 29	2	230	40	0.00512	1,1776	0,5888	0,1169
Noeud 30	175-167	59	125	0.00512	0,30208	0,15104	0,1169
Noeud 116	167-138	120	125	0.00512	0,6144	0,3072	0,2706
Noeud 115	143-121	69	250	0.00512	0,35328	0,17664	3,2706
Noeud 114	173-123	69	40	0.00512	0,35328	0,17664	0,2768
Noeud 139	140-122	69	160	0.00512	0,35328	0,17664	0,9353
Noeud 111	121-123	120	250	0.00512	0,6144	0,3072	1,9706
Noeud 107	5	120	250	0.00512	0,6144	0,3072	1,9102
Noeud 127	143-173	120	40	0.00512	0,6144	0,3072	3,65435
Noeud 134	173-140	120	40	0.00512	0,6144	0,3072	0,1353
Noeud 130	122-101	69	315	0.00512	0,35328	0,17664	1,8574
Noeud 165	140-138	207	250	0.00512	1,05984	0,52992	0,90885
Noeud 152	138-125	69	75	0.00512	0,35328	0,17664	0,5658

ANNEXE02

Noeud 125	125-102	69	40	0.00512	0,35328	0,17664	2,65435
Noeud 138	122-125	207	40	0.00512	1,05984	0,52992	0,1353
Noeud 167	138-134	126,5	250	0.00512	0,64768	0,32384	0,75645
Noeud 175	125-127	126,5	40	0.00512	0,64768	0,32384	0,8856
Noeud 122	102-107	126,5	90	0.00512	0,64768	0,32384	3,74415
Noeud 140	127-107	69	40	0.00512	0,35328	0,17664	0,9123
Noeud 232	134-127	69	63	0.00512	0,35328	0,17664	0,5904
Noeud 113	107-88	103,5	40	0.00512	0,52992	0,26496	0,2706
Noeud 51	111-89	103,5	40	0.00512	0,52992	0,26496	1,8573
Noeud 835	127-111	178,25	40	0.00512	0,91264	0,45632	0,1547
Noeud 1	'152-134	115	90	0.00512	0,5888	0,2944	3,15
Noeud 2	134-130	126,5	250	0.00512	0,64768	0,32384	3,32
Noeud 3	152-165	126,5	90	0.00512	0,64768	0,32384	3,71
Noeud 4	165-130	115	90	0.00512	0,5888	0,2944	4,42
Noeud 5	130-139	276	40	0.00512	1,41312	0,70656	3,83
Noeud 6	107-111	120	40	0.00512	0,6144	0,3072	3,24
Noeud 7	111-114	106,95	40	0.00512	0,547584	0,273792	2,65
Réservoir reservoir	130-29	362,25	250	0.00512	1,85472	0,92736	Sans Valeur
ID Noeud	29-30	138	250	0.00512	0,70656	0,35328	2,6568
Noeud 150	25-27	200	40	0.00512	0,30208	0,15104	0,0923
Noeud 431	24-25	120	40	0.00512	1,024	0,512	0,3383
Noeud 432	22-24	120	63	0.00512	0,6144	0,3072	1,1439
Noeud 433	22-209	230	40	0.00512	0,6144	0,3072	0,6396
Noeud 434	7	230	40	0.00512	1,1776	0,5888	0,572
Noeud 430	181-22	362,25	40	0.00512	1,1776	0,5888	0,6396
Noeud 435	164-24	362,25	40	0.00512	1,85472	0,92736	0,3813
Noeud 436	158-25	362,25	40	0.00512	1,85472	0,92736	0,6704

ANNEXE02

Noeud 437	165-27	362,25	40	0.00512	1,85472	0,92736	1,2731
Noeud 438	158-165	59	90	0.00512	1,85472	0,92736	1,1009
Noeud 439	158-164	69	90	0.00512	0,30208	0,15104	1,1009
Noeud 440	181-164	180	40	0.00512	0,35328	0,17664	0,738
Noeud 325	181-163	95	40	0.00512	0,9216	0,4608	0,6519
Noeud 361	49-53	287,5	40	0.00512	0,4864	0,2432	1,1193
Noeud 360	44-727	471,5	40	0.00512	1,472	0,736	0,20295
Noeud 359	523-724	80	63	0.00512	2,41408	1,20704	0,123
Noeud 357	724-726	59	40	0.00512	0,4096	0,2048	0,3075
Noeud 330	520-728	120	40	0.00512	0,30208	0,15104	0,78105
Noeud 340	726-725	120	40	0.00512	0,6144	0,3072	0,123
Noeud 341	725-728	110	40	0.00512	0,6144	0,3072	0,7626
Noeud 342	728-521	110	40	0.00512	0,5632	0,2816	0,09225
Noeud 343	517-521	180	40	0.00512	0,5632	0,2816	0,59655
Noeud 347	41-521	220	40	0.00512	0,9216	0,4608	1,9434
Noeud 365	727-723	420	40	0.00512	0,512	0,256	0,615
Noeud 334	726-727	69	40	0.00512	1,1264	0,5632	0,123
Noeud 317	726-723	218,5	40	0.00512	2,1504	1,0752	1,615
Noeud 318	725-722	218,5	40	0.00512	0,35328	0,17664	0,4305
Noeud 319	728-721	218,5	40	0.00512	1,11872	0,55936	0,58425
Noeud 335	8	218,5	40	0.00512	1,11872	0,55936	0,369
Noeud 452	723-722	69	63	0.00512	1,11872	0,55936	1,1931
Noeud 451	722-721	69	110	0.00512	1,11872	0,55936	1,1931
Noeud 450	721-720	69	125	0.00512	0,35328	0,17664	0,615
Noeud 467	720-47	69	125	0.00512	0,35328	0,17664	0,6581
Noeud 461	48-47	210	40	0.00512	0,35328	0,17664	1,107
Noeud 448	281-47	87	125	0.00512	0,35328	0,17664	0,572
Noeud 469	48-281	218,5	40	0.00512	1,0752	0,5376	1,107

ANNEXE02

Noeud 454	40-41	103,5	125	0.00512	0,44544	0,22272	0,615
Noeud 455	40-839	20	160	0.00512	1,11872	0,55936	0,615
Noeud 462	45-48	69	90	0.00512	0,52992	0,26496	1,107
Noeud 463	45-835	69	90	0.00512	0,1024	0,0512	1,258
Noeud 465	45-43	218,5	40	0.00512	0,35328	0,17664	0,2365
Noeud 459	281-43	69	125	0.00512	0,35328	0,17664	0,738
Noeud 466	43-46	69	125	0.00512	1,11872	0,55936	0,615
Noeud 464	9	200	40	0.00512	0,35328	0,17664	5,5965
Noeud 63	839-835	69	90	0.00512	0,35328	0,17664	0,6765
Noeud 476	46-243	69	125	0.00512	1,024	0,512	0,615
Noeud 477	243-244	69	90	0.00512	0,35328	0,17664	0,615
Noeud 478	239-244	180	63	0.00512	0,35328	0,17664	0,6765
Noeud 474	839-838	69	160	0.00512	0,35328	0,17664	0,8248
Noeud 475	838-837	69	160	0.00512	0,9216	0,4608	0,8444
Noeud 479	837-8.36	69	200	0.00512	0,35328	0,17664	0,0923
Noeud 446	838-243	220	63	0.00512	0,35328	0,17664	0,3567
Noeud 444	10	220	90	0.00512	0,35328	0,17664	0,872
Noeud 447	836-239	180	90	0.00512	1,1264	0,5632	0,615
Noeud 742	836-232	150	40	0.00512	1,1264	0,5632	0,615
Noeud 743	239-232	30	40	0.00512	0,9216	0,4608	0,615
Noeud 747	232-233	320	40	0.00512	0,768	0,384	0,615
Noeud 748	723-263	218,5	40	0.00512	0,1536	0,0768	0,615
Noeud 744	722-262	218,5	40	0.00512	1,6384	0,8192	0,615
Noeud 745	721-261	218,5	40	0.00512	1,11872	0,55936	0,615
Noeud 746	720-260	218,5	40	0.00512	1,11872	0,55936	0,615
Noeud 749	263-262	80	40	0.00512	1,11872	0,55936	0,80565
Noeud 349	262-261	80	40	0.00512	1,11872	0,55936	0,4305
Noeud 354	11	80	40	0.00512	0,4096	0,2048	0,80565

ANNEXE02

Noeud 348	260-233	320	40	0.00512	0,4096	0,2048	0,9059
Noeud 352	233-219	400	40	0.00512	0,4096	0,2048	0,6888
Noeud 350	113-836	265	200	0.00512	1,6384	0,8192	0,6888
Noeud 351	113-219	500	63	0.00512	2,048	1,024	0,9706
Noeud 119	219-218	550	40	0.00512	1,3568	0,6784	0,6273
Noeud 72	51-113	180	315	0.00512	2,56	1,28	0,8856
Noeud 170	reservoir-150	2200	900	0.00512	2,816	1,408	0,8856
Noeud 172	191-192	106,95	40	0.00512	0,9216	0,4608	0,8856
Noeud 174	3	91	63	0.00512	11,264	5,632	0,5904
Noeud 169	4	96,1	90	0.00512	0,547584	0,273792	0,4797
Noeud 168	6	107,1	90	0.00512	0,46592	0,23296	3,8856
Noeud 173	12	127,56	90	0.00512	0,492032	0,246016	0,5412
Noeud 143	14	110,59	75	0.00512	0,548352	0,274176	0,74415
Noeud 123	17	93,66	75	0.00512	0,6531072	0,3265536	0,8364
Noeud 121	18	76,74	75	0.00512	0,5662208	0,2831104	0,9744
Noeud 101	19	59	63	0.00512	0,4795392	0,2397696	3,9827
Noeud 96	20	100	110	0.00512	0,3929088	0,1964544	1,2014
Noeud 264	21	100	40	0.00512	1,754624	0,877312	0,7503