

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة أبي بكر بلقايد – تلمسان-
Université ABOU BEKR BELKAID



Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique

MEMOIRE

Projet de Fin d'Etude
Pour l'obtention du diplôme Master en **Hydraulique**
« Eau, Sol et Aménagement » Option : Espace Urbain

Thème

**Dimensionnement des réseaux d'AEP et d'assainissement
de la localité de M'SALA commune de CHETOUANE**

Soutenue publiquement le / 09 /2012

Présenté par

M^r SAVANE Mouhamad

Devant le jury :

M ^{ME} DJEDID Hayet.....	Président
M ^R ROUISSAT Bouchrit.....	Examineur
M ^R HABI Mohammed.....	Examineur
M ^R BOUCHELKIA Hamid.....	Encadreur
M ^{ME} BELARBI Fadila.....	Encadreur

Promotion 2011/2012

Dédicaces

Je dédie ce travail :

- A mes parents, pour tous les sacrifices qu'ils ont consenti pour que j'atteigne cet objectif, que ce travail soit pour eux l'expression de ma profonde gratitude et mon affection la plus absolue.
- A toutes mes frères
- A ma sœur
- A mes amis et connaissances
- Enfin à toutes la communauté étrangère en Algérie

Remerciements

Je rends hommage à la coopération Algéro-Ivoirienne qui m'a permis de passer cinq ans de ma vie estudiantine dans la prestigieuse université de Tlemcen.

Je remercie tous ceux qui m'ont aidé d'une façon morale, pratique et autres dans la réalisation de ce mémoire de fin d'étude en particulier tous les enseignants qui ont contribué à ma formation, qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde gratitude. Je tiens également à exprimer ma reconnaissance et mes sincères remerciements à mon encadreur, monsieur Bouchelkia, pour son encadrement et sa disponibilité, à mon Co encadreur, madame Berlarbi Fadila, qui n'a hésité à aucun moment de me fournir les données nécessaires à la réalisation de ce projet et à monsieur Chibane, doctorant en hydraulique, pour son aide sur Autocard.

Je remercie avec un grand respect tous les membres du jury pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

Table des matières

Introduction Générale.....	1
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude	
I.1. Situation géographique.....	4
I.2. Géologie générale du site.....	5
I.3. Topographie.....	5
I.4. Démographie.....	5
I.5. Situation des réseaux d'AEP et d'assainissement existant.....	6
Chapitre II : Dimensionnement du réseau d'alimentation en eau potable	
II.1. Différents organes d'un réseau d'AEP.....	8
II.1.1. Ouvrage d'adduction	8
II.1.2. Conduite de transfert ou feeder.....	9
II.1.3. Conduite de distribution.....	9
II.1.4. Conduite de branchement	9
II.1.5. Point de livraison	10
II.2. Différents types de réseaux d'alimentation en eau potable.....	10
II.2.1. Réseau ramifié.....	10
II.2.2. Réseau maillé.....	11
II.2.2. Les matériaux des canalisations.....	12
II.3. Différents types d'accessoires dans un réseau de distribution d'eau potable	13
II.3.1. Les joints.....	13
II.3.2. Les vannes	14
II.3.3. Les ventouses	14
II.3.4. Les décharges	15
II.3.5. Les poteaux d'incendie	15

II.4. Estimation des besoins en eau potable de la population.....	17
II.4.1. Estimation des besoins en eau domestique pour l’horizon 2032	17
II.4.2. Besoins publics (Bp)	18
II.4.3. Débit moyen journalier	19
II.5. Le réservoir d’eau potable	21
II.6. Dimensionnement du réservoir d’eau potable	24
II.7. Tracé et implantation du réseau.....	27
II.8. Calcul des pressions de service du réseau	27
II.9. Dimensionnement de notre réseau de distribution.....	28
II.9.1. Présentation de la méthode d’Hardy Cross.....	28
II.9.2. Principe de la méthode	29
II.9.3. Principe de calcul d’un réseau ramifié	30
II.9.4. Présentation des résultats du dimensionnement de notre réseau avec Excel	31
II.10. Utilisation du logiciel Epanet	38
II.10.1. Paramètres d’entrées du réseau	38
II.10.2. Les nœuds de demande	38
II.10.3. Les réservoirs	39
II.10.4. Les bâches infinies	39
II.10.5. Les conduites	40
II.10.6. Les vannes	40

II.11. Les résultats de la simulation de notre réseau	41
II.12. Interprétation des résultats	58
II.13. Profil en long	58

Chapitre III : Dimensionnement du réseau d'assainissement

III.1. Natures des eaux à évacuer	66
III.1.1. Eaux domestiques.....	66
III.1.2. Débits d'eaux industrielles et publics.....	67
III.1.3 Eaux de ruissellements.....	67
III.2. Différents types de réseau d'assainissement	67
III.2.1 Réseau unitaire.....	67
III.2.2. Réseau séparatif	67
III.2.3. Réseau pseudo-séparatif	68
III.3. Tracé du réseau d'assainissement	68
III.4. Estimation des rejets d'eaux usées.....	69
III.5. Débits d'eaux pluviales	73
III.5.1. Evaluation du débit pluvial par la méthode rationnelle	74
III.5.2. Coefficient de ruissellement.....	74
III.5.3. Le temps d'entrée d'un sous bassin versant (Tc)	75
III.6. Dimensionnement du réseau d'assainissement	76
III.6.1. Détermination des diamètres des conduites du réseau	76
III.6.2. Conditions de fonctionnement d'un réseau séparatif ou unitaire	77
III.7. Dimensionnement de nos deux réseaux	77

III.8. Techniques de réalisation d'un réseau d'assainissement	86
III.8.1. Les terrassements	86
III.8.2. Profondeur de la fouille	87
III.8.3. Remblai de la tranchée	87
Conclusion Générale	89
Références Bibliographiques	91

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est la substance minérale la plus répandue à la surface du globe et constitue l'hydrosphère. L'eau constitue l'élément majeur du monde minéral et biologique. Elle est le vecteur privilégié de la vie et de l'activité humaine ; comme l'a dit Saint Exupéry: "l'eau n'est pas utile à la vie, elle est la vie." L'acheminement de l'eau à travers les réseaux d'alimentation s'est développé avec le souci du confort qu'exigeait l'être humain arrivé à un certain stade d'urbanisme et d'industrialisation. Compte tenu des flux migratoires vers les centres urbains, l'agglomération de M'Sala a connu une augmentation de la population avec un taux d'accroissement de 3,4 et une prolifération de l'habitat informel. Cela a engendré une augmentation des besoins en eau, d'où la nécessité de rénover les anciens réseaux d'alimentation en eau potable et d'assainissement de la Localité. Les futurs réseaux de distribution et d'assainissement devront être à mesure de satisfaire les besoins en eaux actuels et futures des usagers, de faire face aux incendies et d'évacuer sans danger toutes les eaux usées de l'agglomération. Pour cela, il est indispensable d'avoir certaines informations propres à l'agglomération (la topographie, la démographique, situation géographique....) afin de faire un choix pertinent du système de distribution et d'évacuation des eaux.

Au cours de ce travail, nous nous évertuerons à dimensionner le réseau d'alimentation en eau potable et d'assainissement de la localité de M'Sala commune de Chetouane.

Pour atteindre cet objectif, on a partitionné ce travail en trois chapitres :

- Le chapitre 1 présente le site de la zone d'étude
- Le chapitre 2 concerne le dimensionnement du réseau d'alimentation en eau potable. On suggérera dans ce chapitre un réseau mixte qui sera tracé sur Autocard pour une distribution continue en eau dans le réseau. Plusieurs simulations seront faites seront faites à partir d'un code de calcul automatique qu'on concevra sur Excel pour l'obtention des diamètres et débits de route des tronçons qui seront par la suite utilisés comme paramètres d'entrées pour la simulations sur Epanet. On comparera à la fin du chapitre les résultats d'Excel d'Epanet.

- Le chapitre 3 traite le dimensionnement du réseau d'assainissement.

Dans ce chapitre on proposera un système unitaire susceptible d'évacuer en toute sûreté tous les eaux usées de l'agglomération. On érigera tout comme dans le chapitre 2 un code de calcul sur Excel qui nous permettra d'arrêter après plusieurs simulations les dimensions des conduites satisfaisant les conditions hydrauliques et d'auto-curages des réseaux.

Chapitre I: Présentation de la zone d'étude

Le dimensionnement d'un réseau d'alimentation en eau potable (AEP) ou d'assainissement d'une localité nécessite l'acquisition des données topographiques, géographiques, démographiques.....Pour cela une étude prospective de reconnaissance du site s'avère important pour atteindre cet objectif.

Ce chapitre permettra de mettre en évidence toutes les informations ou données susceptibles d'être utile à la conceptualisation des réseaux d'assainissement et d'AEP de la localité de M'Sala de la commune de Chetouane.

I.1. Situation géographique

Situé dans le nord de la wilaya de Tlemcen, la commune de Chetouane a une superficie de 338,5 ha et englobe d'autres agglomérations secondaires qui sont : ouest Chetouane, Ain Defla, Saf Saf, M' Dig, Sidi Aissa, zone M'sala.... L'agglomération de M' Sala se situe à 20 km environ de son chef-lieu de commune. Elle est un peu recluse vis-à-vis des autres agglomérations secondaires. (URBAT, sd).



Figure I.1 Localisation de la zone d'étude (URBAT)

I.2.Géologie générale du site

La géologie du groupement urbaine de Tlemcen (GUT) est caractérisée d'une manière générale par deux grandes familles : des formations assez tendres au nord constituées par les marnes du bassin miocène et des formations beaucoup plus résistantes au sud représentées par les calcaires et les dolomies jurassiques des monts de Tlemcen. Le contact entre ces deux formations se situe justement au niveau du groupement, ce qui explique en partie la complexité de sa géologie (URBAT).

I.3. Topographie

M'Sala est implantée sur colline. Son site est caractérisé par la présence des terrains accidentés. Les pentes sont assez faibles au niveau du tissu existant. Elles sont d'orientation EST-OUEST avec une moyenne de 5 à 10 % (URBAT).

I.4.Démographie

Le périmètre urbain de M'sala couvre une superficie totale de 15.8Ha dont 6 HA sont occupés par de l'habitat soit 38 % avec une densité moyenne de 10 logt/ Ha. Le dernier recensement effectué à M'Sala en 2010 a donné un nombre de population de 1127 habitants et un taux d'accroissement de la population de 3,4 (URBAT).

Tableau I.1 : occupation du sol de la localité de M'Sala (URBAT).

Désignation	Habitation	Lotissement	Equipement	Terrains Libres	Voiries	Total
Surf/ M ²	60719,9	20318,38	5925,46	516	71138,64	158618,83
%	38,280494	12,8096	3,735670482	0,325309	44,84893	100

Tableau I.2 : évolution des logements de M'Sala en fonction des années (URBAT).

Année	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Nombre d'habitation	189	223	264	311	368	435

Tableau I.3 : Evolution de la population future (URBAT).

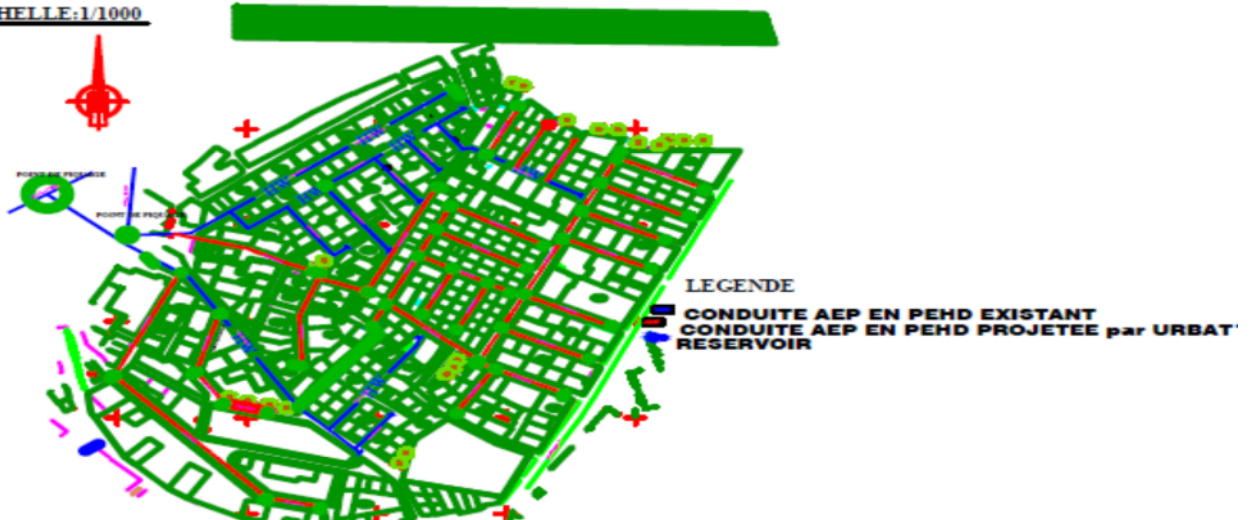
Année	Taux	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Nombre de population	3,4	1127	1332	1574	1861	2200	2600

La croissance de la population se manifeste par une augmentation des habitations et une d'extension des constructions.

I.5.Situation des réseaux existants d'AEP et d'assainissement

L'alimentation en eau potable de M' Sala est assurée par un château d'eau d'une capacité de 300 m³. L'alimentation de ce château d'eau se fait par le biais d'une station de reprise et d'un réservoir d'une capacité de 1000 m³ réalisé en 2003. Ce réservoir est desservi par le forage d'Ouzidienne avec un débit 10 l/s. Le réseau existant d'AEP au niveau de cette agglomération est de type mixte (maillé+ ramifications) de diamètres variant en acier galvanisé. La dotation hydrique journalière est estimée à 150l/j/hab. Le centre de M'Sala est assaini par un réseau unitaire, constitué de collecteur en béton comprimé (URBAT).

P.O.S DE M'SALA PLAN DE MASSE AEP ECHELLE:1/1000

**Figure I.2** : Plan de masse d'AEP de la localité de M'Sala

Chapitre II :

Dimensionnement du réseau d'alimentation en eau potable

L'eau est une ressource très vitale pour l'être humain. Une eau est dite potable quand elle satisfait à un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine (la qualité organoleptique, certains paramètres physico-chimiques naturels, des substances toxiques et des paramètres microbiologiques). Le transfert de l'eau potable vers les usagers se fait par le truchement d'un réseau de distribution d'eau potable. Un réseau de distribution d'eau potable est par définition l'ensemble des canalisations qui servent à amener l'eau jusqu'aux immeubles et habitations qui font suite au réservoir. L'eau sort en général par une conduite maitresse sur laquelle sont branchées des conduites de diamètres moindres dites secondaires, tertiaires etc. Le réseau de distribution est donc un ouvrage qui permet de satisfaire les besoins en eau actuels et futures des usagers et souvent aux besoins en eau pour faire face aux incendies. La conception d'un réseau de distribution nécessite la connaissance de certains informations inhérents à l'agglomération tels que la démographie, la topographie, la situation géographique... Toutes ces informations ont déjà été présentées dans le chapitre précédent, dans ce chapitre ci nous nous évertuerons à dimensionner le réseau d'alimentation en eau potable de la localité de M'Sala.

II.1. Différents organes d'un réseau d'AEP

II.1.1. Ouvrage d'adduction

Les ouvrages d'adduction servent à amener l'eau brute depuis des sites plus ou moins éloignés où elle est généralement plus abondante et moins polluée, vers les zones d'utilisation. Ils peuvent être, à ciel ouvert (canaux, aqueducs) ou en conduites fermées, en maçonnerie ou constitués d'éléments préfabriqués (fonte, béton, etc...). Ce sont généralement les installations de traitement ou de stockage qui définissent la limite aval de ces ouvrages. En leur absence cette limite peut être définie par un organe de comptage ou à défaut par une vanne de sectionnement. Lorsqu'il y a un captage (et absence de traitement), celui-ci peut être considéré comme un ouvrage de production. Dans ce cas, seuls les ouvrages en amont seront considérés comme des ouvrages d'adduction. Ces ouvrages d'adduction ne font pas partie du

réseau de distribution. Leur fonctionnement (pression, vulnérabilité aux pollutions) de même que leur nature ne permettent pas de les assimiler aux autres conduites. On les désigne parfois sous le nom d'aqueducs.

II.1.2. Conduite de transfert ou feeder

Une conduite de transfert véhicule de l'eau potable sous branchement particulier d'un ouvrage ou d'un secteur à un autre. On le désigne aussi sous le nom de feeder. La conduite de transfert se distingue des ouvrages d'adduction parce qu'elle véhicule de l'eau potable, presque toujours sous pression. Les ouvrages de traitement ou de stockage constituent sa limite amont ; mais elle peut aussi prendre son origine dans un secteur. Son rôle étant essentiellement de transporter de l'eau potable, normalement elle ne comporte pas de branchement de distribution à l'exception parfois de l'alimentation de quelques abonnés isolés situés en dehors des zones urbanisées, car elle est elle-même très souvent implantée en dehors de ces zones. Par contre, elle peut comporter une ou plusieurs dérivations permettant d'alimenter d'autres ouvrages ou secteurs. La limite aval de cette conduite et de ses dérivations est constituée par un ouvrage ou un organe de comptage lorsqu'il s'agit d'un secteur de distribution.

II.1.3. Conduite De Distribution

Une conduite de distribution véhicule de l'eau potable et comporte des branchements. La conduite de distribution alimente les zones à desservir. Implantée majoritairement dans les zones construites c'est sur cette conduite que sont effectués les branchements d'abonnés. Le diamètre n'intervient pas dans la classification. Son origine est définie par le réservoir de distribution, par l'organe de comptage ou de fermeture situé sur la dérivation de la conduite de transfert ou sur l'ouvrage de mise en pression encas de refoulement-distribution.

II.1.4. Conduite de branchement

La conduite de branchement véhicule de l'eau potable pour alimenter un abonné individuel ou collectif à partir d'une conduite de distribution. Cette conduite établit la liaison entre la conduite de distribution et les installations de l'utilisateur. Le plus souvent, à un utilisateur correspond une conduite de branchement. C'est le cas pour les abonnés

domestiques individuels et de la plupart des immeubles collectifs (qui sont donc desservis par un branchement unique avec un compteur de première prise (collectif ou général).

Son origine est la prise sur la conduite de distribution, son extrémité est le raccord avec le point de livraison.

II.1.5. Point De Livraison

Le point de livraison est l'emplacement où est délivrée l'eau potable à l'abonné. Plus précisément le point de livraison est situé au raccord aval du compteur. Cependant cette notion désigne en même temps l'ensemble des appareils qui y sont regroupés et qui comprennent au moins un robinet avant compteur et un compteur, et éventuellement, un clapet de non-retour, un robinet après compteur, un té de purge, un réducteur de pression.

S'il n'y a pas de compteur (cas de certains usages publics) le point de livraison est au raccord (ou à la bride) aval de l'organe de fermeture, vanne ou robinet, situé en extrémité aval de la conduite de branchement. Il ne peut exister de point de livraison sans conduite de branchement, par contre il peut y avoir plusieurs points de livraison pour une seule conduite de branchement.

II.2. Différents types de réseaux d'alimentation en eau potable

Il existe deux sortes de réseau d'alimentation en eau potable. On a le réseau maillé, le réseau ramifié et parfois les deux en même temps appelé réseau mixte.

II.2.1. Réseau ramifié

Ce sont des systèmes de conduites connectées de telle manière que le sens de l'écoulement dans chaque conduite se fait dans un seul sens. Les conduites du réseau ne sont alimentées que par une seule source située à l'amont. Un réseau ramifié se termine par des conduites en antenne. Aucun d'entre elles n'a d'alimentation retour. Les réseaux ramifiés présentent l'avantage d'être économique, mais ils manquent de sécurité et de souplesse en cas de rupture : un accident sur la conduite prive d'eau tous les abonnés en aval (Gomella *et al*, 1985).

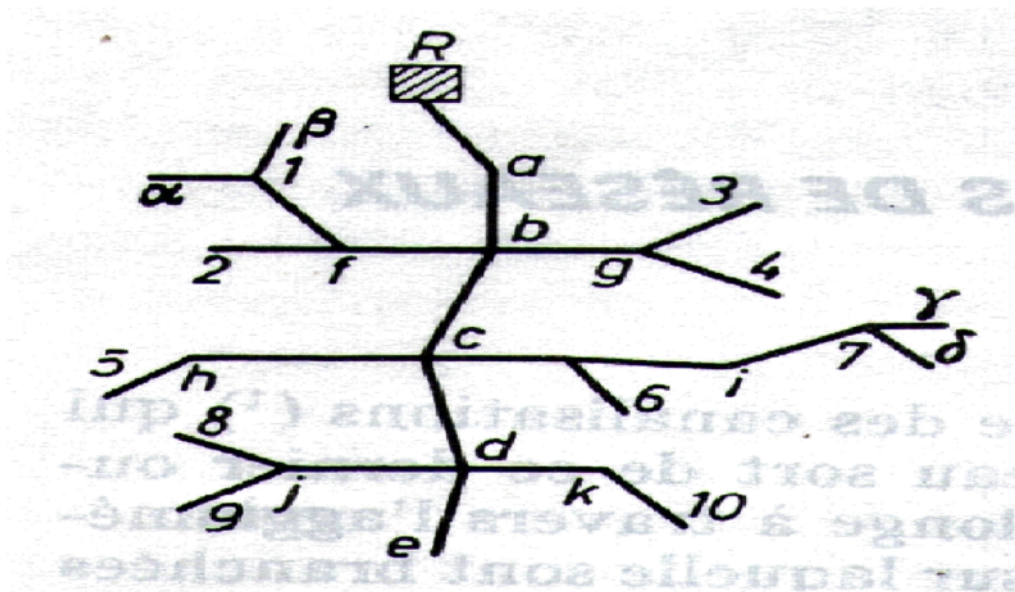


Figure II.1 : schéma d'un réseau ramifié (Gomella *et al*, 1985).

II.2.2. Réseau maillé

Ce sont des réseaux constitués de conduites raccordées à chacune de leurs extrémités, notamment aux intersections de voie. C'est donc un système de conduite conçu en une chaîne fermée de branches (mailles) de telle manière à ce que l'écoulement se fait dans les deux sens. Chaque tronçon bénéficie d'une alimentation en retour. Une simple manœuvre de robinet permet d'isoler le tronçon accidenté et de poursuivre néanmoins l'alimentation des abonnés d'aval.

Cette disposition est très coûteuse, mais, en raison de la sécurité qu'elle procure, elle doit être toujours préférée au ramifié (Gomella *et al*, 1985).

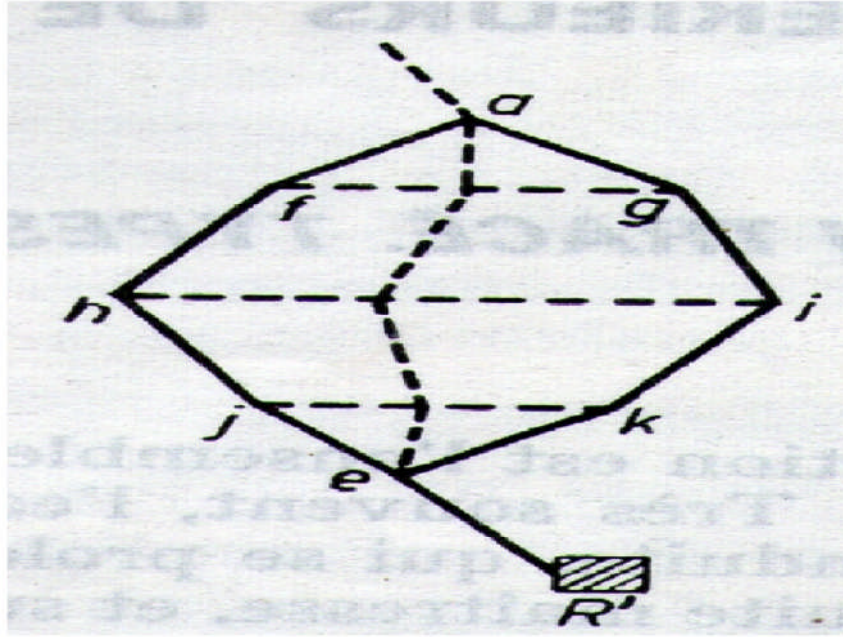


Figure II.2 : Schéma d'un réseau maillé (Gomella *et al*, 1985).

II.2.3. 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. Les canalisations de notre projet seront en PEHD.

Le tube PEHD est résistant, élastique, relativement léger donc facile à la manutentionner avec des pressions de service importantes. Notre réseau de distribution sera constitué d'un assemblage de tuyaux en PEHD PN 6 (URBAT). La pose des canalisations doit rester en accord avec le projet cependant, la souplesse naturelle des tubes en PEHD leur permet d'éviter l'utilisation de coudes lorsque les rayons de courbures du tracé sont compatibles avec les rayons de courbures des tubes PEHD. Les conduites doivent être placées à une profondeur qui les met hors de portée du gel en fonction du climat et de la composition du sol. La profondeur de la tranchée se calcule à partir de la génératrice supérieure du tuyau (Gobain, 2006). La profondeur minimale de la tranchée est de 1 mètre ou 0,40 mètre pour les

installations privatives. Les tubes doivent être posés sur un lit de sable sans éléments durs et tranchants, l'enrobage doit être constitué de gravier ne dépassant pas 20 mm de granulométrie (Interplast, 2009). La profondeur de fouille de nos canalisations sera de 1,00 m (URBAT).

II.3. Différents types d'accessoires dans un réseau de distribution d'eau potable

II.3.1. 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.) (Brière, 2009).

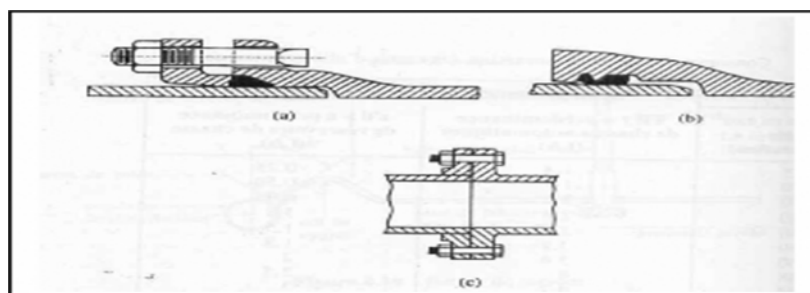


Figure II.3 : les différents types de joints : a) mécanique, b) à emboîtement, c) à bride (Brière, 2009)

II.3.2. 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 (Brière, 2009).

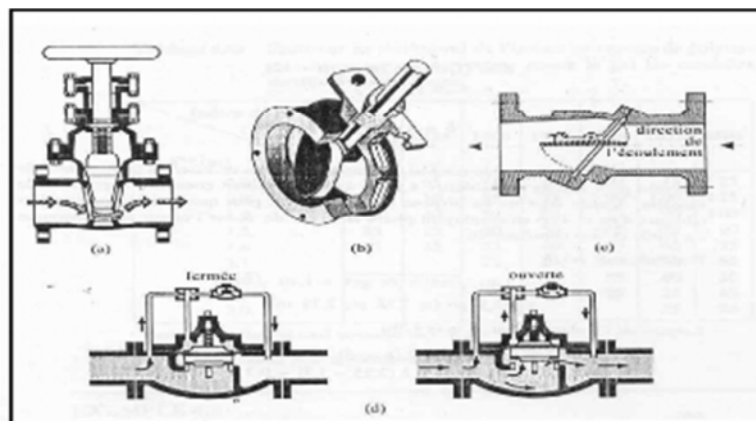


Figure II.4 : les différents type de vannes : a) robinet-vanne b) robinet à papillon c) vanne à clapet de non-retour d) vanne de réduction de pression (Brière, 2009)

II.3.3. 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 (Brière, 2009).

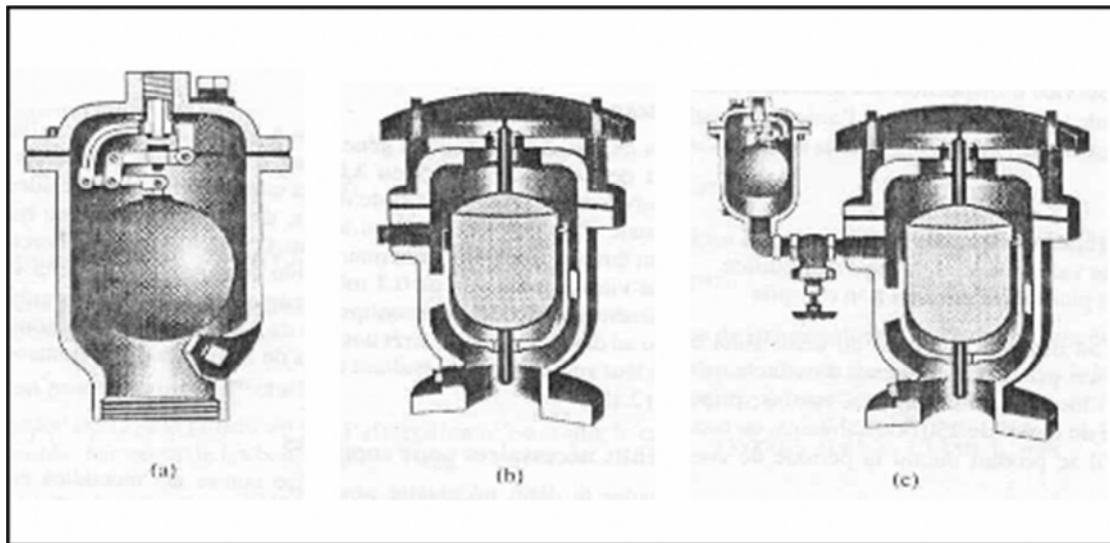


Figure II.5 : types de ventouses : a) ventouse à petites quantités d'air
b) ventouse à grandes quantités d'air c) ventouse universelle (Brière, 2009)

II.3.4. 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 (Brière, 2009).

II.3.5. 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 ayant au moins 150 mm de diamètre dotées d'une vanne d'isolement. Un poteau d'incendie doit comporter au moins deux prises latérales de 65 mm de diamètre et une prise frontale de 100 mm si le débit d'incendie 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 (Brière, 2009).

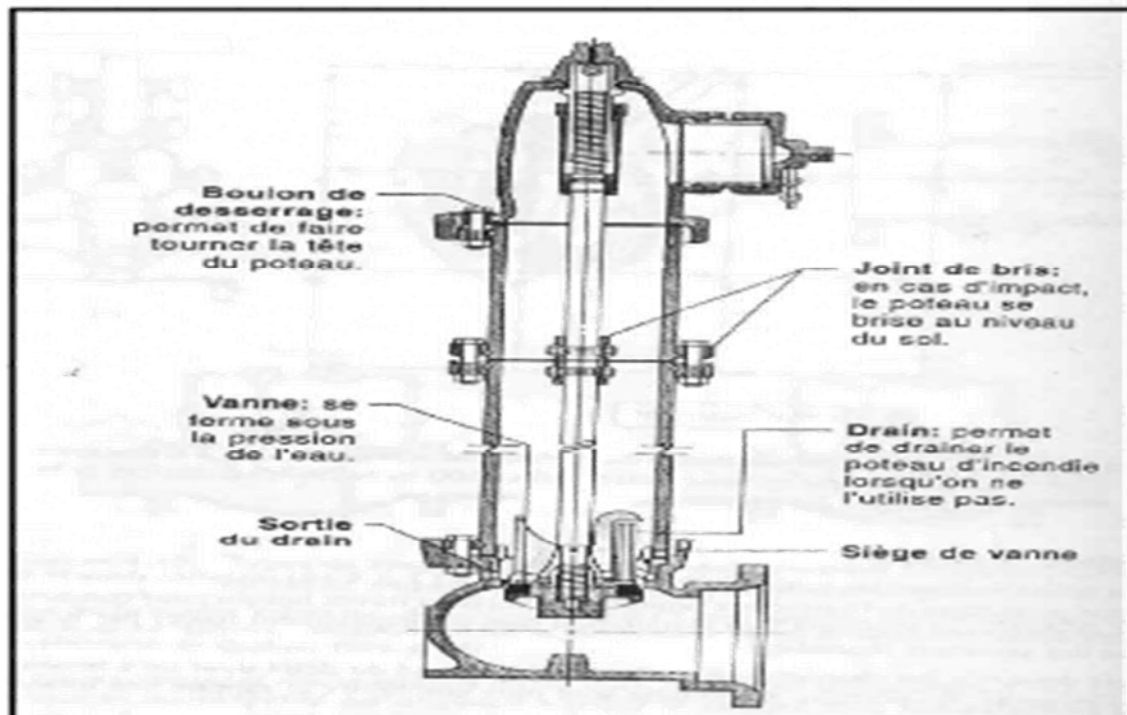


Figure II.6 : Poteau d'incendie (Brière, 2009)

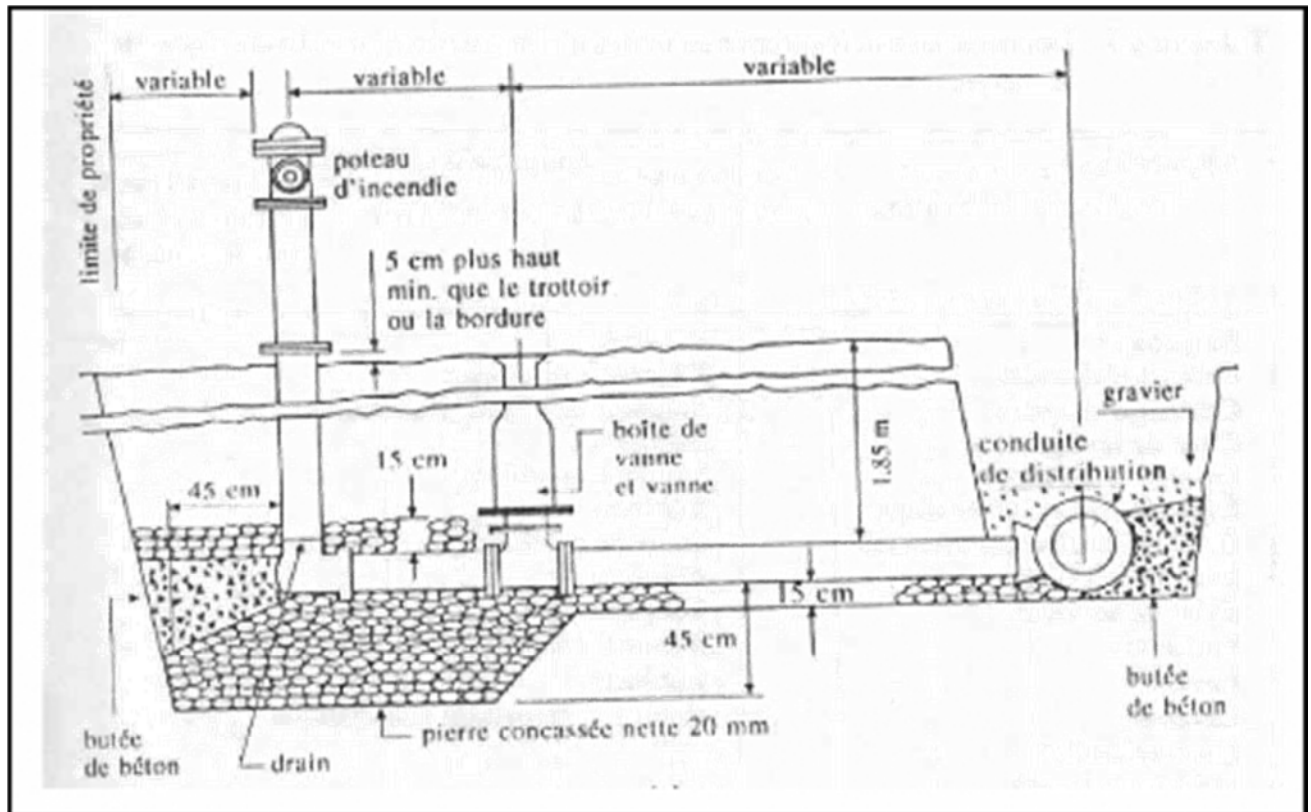


Figure II.7 : installation d'un poteau d'incendie vue en coupe (Brière ,2009)

II.4. Estimation des besoins en eau de la population

L'estimation de la consommation journalière de l'agglomération varie d'une agglomération à une autre. Elle dépend du le niveau de vie des populations et des activités divers dans la région concernée (industrielles, artisanales, touristiques, etc..). En ce qui concerne notre zone d'étude, la dotation est de 150 l/ J/hab.

II.4.1. Estimation des besoins en eau domestique pour l'horizon 2032

Le recensement effectué en 2010 dans la localité de M'Sala a donné 1127 habitants et un taux d'accroissement de 3,4 d'après le centre d'étude et de réalisations en urbanisme.

Le calcul du nombre d'habitant futur s'obtient par la formule de Tabassaran

$$P_f = P_o \cdot (1 + I)^n \dots\dots\dots(II.1)$$

Avec:

P_f = population futur

I = taux d'accroissement estimé en pourcentage(0,034)

P_o = population actuelle(1127)

n = nombre d'année (22 ans)

P_f = 2352 habitants

Calcul des besoins domestiques journaliers

$$B_{dj} = (P_f \cdot d) / 1000 \dots\dots\dots(\text{II.2})$$

P_f = population futur (2352)

B_{dj} = besoins domestiques journaliers

d = dotation journalière par habitant (150 l/j/hab)

$$B_{dj} = 352,8 \text{ m}^3/\text{j} = 4,083 \text{ l/s}$$

II.4.2. Besoins publics (B_p)

Les besoins publics englobent la consommation des administrations, des établissements d'enseignement, des municipalités, des hôpitaux, etc. Les équipements collectifs de notre zone d'étude sont les suivants :

- Ecole $Q = 0,25 \text{ l/s}$
 - Ecole $Q = 0,25 \text{ l/s}$
 - Centre de santé..... $Q = 0,1 \text{ l/s}$
 - Mosquée $Q = 0,5 \text{ l/s}$
- } source :(URBAT)

$$B_p = \sum B_{pi} = 1,1 \text{ l/s}$$

II.4.3. Débit moyen journalier

Le débit moyen journalier est somme des besoins domestiques et des besoins publics

$$Q_{\text{moy } j} = B_p + B_{d j} \dots\dots\dots (II.3)$$

$$Q_{\text{moy } j} = 1,11 + 4,083 = 5,183 \text{ l/s} = 447,81 \text{ m}^3/\text{j}$$

Le débit de dimensionnement et/ou de calcul des ouvrages d'adduction (station de pompage, station de traitement, réservoirs, conduites d'adduction, etc.) est égal au débit journalier maximum ($Q_{\text{max } j}$). Le calcul de $Q_{\text{max } j}$ se fait en tenant compte de pertes d'eau au niveau de la prise, de la station de traitement, du réservoir, des réseaux d'adduction et de distribution, des vannes... Le volume de ces pertes d'eau est tributaire :

- L'âge et l'état du réseau
- la compétence et l'efficacité du service de maintenance du réseau (rapidité de détection des fuites, efficacité d'exécution des travaux, moyens humains, équipement en matériels adéquats, organisation, etc.)

La valeur de la perte d'eau (K) fluctue entre 1,2 et 1,3 :

- $K = 1,2$ pour un réseau neuf et bien entretenu
- $K = 1,25$ à $1,35$ pour un réseau moyennement entretenu
- $K = 1,3$ pour un réseau vétuste ou mal entretenu.

Pour notre étude, on prendra $K = 1,2$ pour le dimensionnement de notre nouveau réseau (Moussa, 2002).

$$Q_{\text{max } j} = 1,2 \cdot p_j \cdot Q_{\text{moy } j} \dots\dots\dots (II.4)$$

Avec :

P_j : coefficient de pointe journalier

$Q_{max j}$ = débit maximum journalier

$Q_{moy j}$: débit moyen journalier

Le coefficient de pointe est plus important pour les petites agglomérations et plus faibles pour les plus grandes agglomérations (Brière, 2009).

Tableau II.1 : Facteurs de pointe pour les débits de consommation d'eau totale
(Brière, 2009)

Population	Facteurs de pointe		
	Journalier maximal de l'année	Horaire maximal de l'année	Horaire minimal de l'année
Moins de 500	3	4,5	0,4
500 - 1000	2,75	4,13	0,4
1001 – 2000	2,5	3,75	0,45
2001 – 3000	2,25	3,38	0,45
3001 – 10000	2	3	0,5
10001 – 25000	1,9	2,85	0,6
25001 – 50000	1,8	2,7	0,65
50001 – 75000	1,75	2,62	0,65
75001 – 150000	1,65	2,48	0,7
De plus de 150000	1,5	2,25	0,8

D'après le tableau ci-dessus, les coefficients de pointe journalier et horaire correspondant à la population future de l'agglomération de M'Sala ($2001 < 2432 < 3000$) sont $p_j = 2,25$ et $p_h = 3,38$.

$$Q_{max j} = 1209.09 \text{ m}^3/\text{j}$$

Le débit de dimensionnement et/ou de calcul des ouvrages de distribution (station de pompage, surélévation des réservoirs, réseau de distribution) est égal au débit horaire maximum ($Q_{\max h}$) :

$$Q_{\max h} = \frac{(p_h \cdot Q_{\max j})}{24} \dots\dots\dots(\text{II.5})$$

Avec :

p_h = coefficient de pointe horaire (3,38).

$Q_{\max h}$ = débit maximal horaire (m^3/h)

$Q_{\max h} = 170,28 \text{ m}^3/\text{h}$ (47,3 l/s).

II.5. Le réservoir d'eau potable

Un réservoir est un ouvrage ayant une capacité destinée à contenir un liquide, dans notre cas c'est l'eau.

Les réservoirs d'eau potable jouent un rôle capital dans le réseau de distribution. Ils sont présents partout dans les réseaux d'adduction. Les réservoirs constituent les organes de stockage, et des régulateurs de pression et de débit entre le régime de production et le régime de consommation. Ils permettent :

- D'emmagasiner l'eau lorsque la consommation est inférieure à la production, et la restituent lorsque la consommation devient supérieure à la production.
- de faire face à une éventuelle défaillance de l'une des composantes du réseau se situant à l'amont du réservoir (source d'alimentation, usine de traitement, conduite d'adduction etc.).
- de faire une certaine adaptation du fonctionnement du pompage de telle façon à optimiser l'ensemble adduction + réservoirs (moins de consommation d'énergie

électrique pendant les heures de pointe, pompes refoulant un débit constant correspondant au rendement maximum).

Les réservoirs de l'eau sont en général érigés à proximité de l'agglomération à desservir afin de réduire la cote du niveau de l'eau dans le réservoir car les pertes de charge sont plus grandes dans les conduites d'adduction que de distribution. La contiguïté du réservoir à la localité à desservir engendre donc un gain d'énergie de pompage. Les schémas ci-dessous (figure II.8 et II.9) dénotent l'avantage du positionnement d'un réservoir attenant à l'agglomération avec un coefficient pointe 3 (Moussa, 2002).

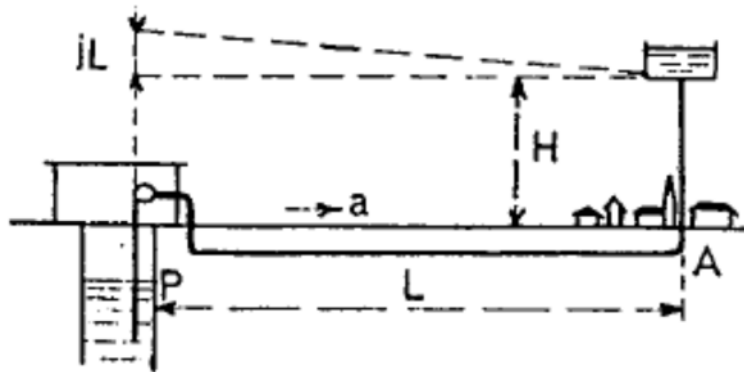


Figure II.8 : Réservoir en ville (Dupont, 1974)

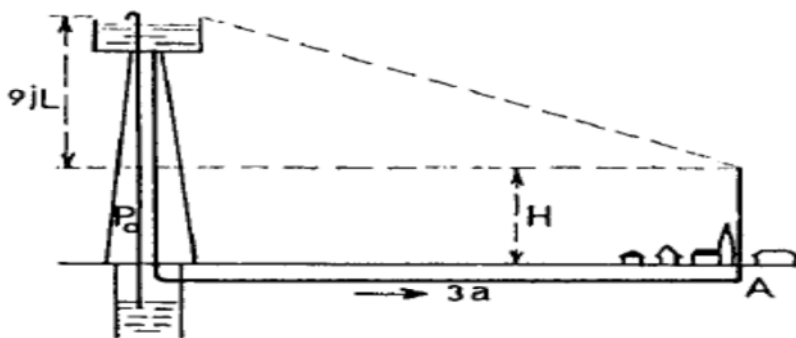


Figure II.9 : Réservoir sur captage (Dupont, 1974)

On distingue trois types de réservoirs:

- réservoir de surface : c'est un réservoir construit au niveau du sol. c'est cette solution qui est en général choisie lorsque la topographie permet de disposer d'un point haut pour construire un réservoir au sol,
- château d'eau : c'est un réservoir surélevé (érigé sur un tour), La construction d'un château est justifiée lorsque le relief (déclivité) de de la zone à desservir est quasiment inexistant.
- Réservoir d'équilibre ($R_{\text{équilibre}}$) : c'est un réservoir qui stocke la réserve d'équilibre, définie comme étant le volume d'eau nécessaire pour répondre à la demande en eau lorsque celle-ci dépasse la consommation journalière maximale. Ainsi, lorsque la demande en eau est supérieure à la capacité de production de l'usine de traitement, la différence entre la demande et la capacité de production est tirée de la réserve d'équilibre.

Le volume d'eau généralement associé à la réserve d'équilibre correspond à environ 20 % du volume d'eau consommée au cours de la journée de consommation moyenne.

$$R_{\text{équilibre}} = 0.2 \cdot Q_{\text{moy j}} \dots \dots \dots \text{(II.6)}$$

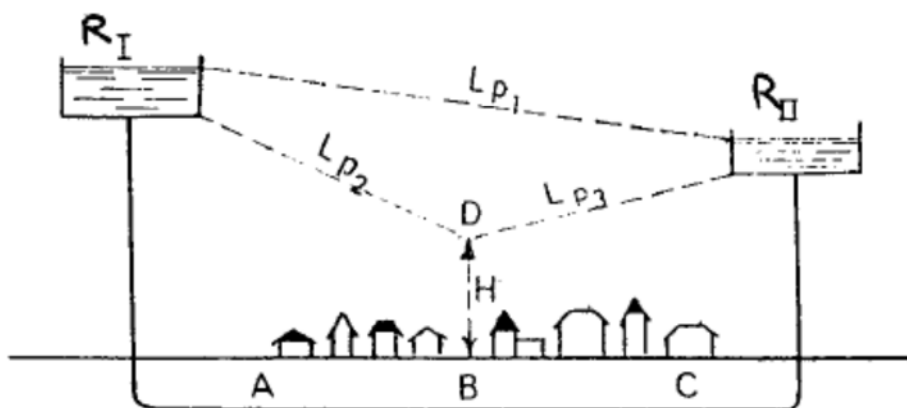


Figure II.10 : Réservoir d'équilibre (Dupont, 1974)

II.6. Dimensionnement du réservoir d'eau potable de M'Sala

La consommation des abonnés aux réseaux d'alimentation en eau potable fluctue en fonction des heures. Le débit moyen horaire consommé ($Q_{\max j/24}$) est multiplié par un coefficient appelé coefficient de variation horaire. Il varie d'une agglomération à l'autre. Pour les villes peu importantes comme celle de M'sala, on utilise les coefficients de variations suivants :

Tableau II.2 : coefficient de variation horaire des débits (Dupont, 1974)

heures	de 6 h à 7 h	de 7 h à 11 h	de 11 h à 16 h	de 16 h à 18 h	de 18 h à 22 h	de 22 h à 6 h
Coefficient de variation horaire du débit	1	3,5	0,4	2	0,5	0,125

Le calcul de la capacité pratique d'un réservoir repose sur une répartition de débits de distribution qui peut différer d'une agglomération à une autre. Comme il est très difficile, à moins d'être en mesure d'avoir à sa disposition une statistique bien complète, de connaître avec précision les modalités de la distribution, il est recommandé, en alimentation urbaine, de se rapprocher d'une capacité correspondant à une journée de consommation, augmentée éventuellement de la réserve d'incendie.

Cette capacité sera, d'ailleurs, arrondie pour arriver à des chiffres comme 200, 300, 500, 750, 1 000 m³, etc...

La hauteur de l'eau dans la cuve doit être comprise entre 3 et 6 m.

4 à 5 m est une bonne moyenne (Dupont, 1974).

A l'aide des valeurs du tableau 2.2, on détermine la variation horaire du volume de la réserve d'opération, sachant que le débit du forage de notre zone d'étude est de 10 l/s (36 m³/h). Le tracé de la courbe de consommation ou de modulation nous permettra de mieux apprécier cette variation horaire. La courbe de modulation est un ensemble de multiplicateurs qui sont appliqués à une valeur de base pour lui permettre d'évoluer au cours du temps. La capacité du réservoir est déterminée à partir des courbes de variation, en fonction des heures de la journée la plus chargée, des débits d'alimentation des réservoirs (provenant de la station de pompage

ou de la station de traitement) et des débits sortant des réservoirs (distribués ou, éventuellement, aspirés par une autre station de pompage). Le principe de calcul est simple :

On trace, sur 24 h, les courbes de volumes cumulés $V_a(t)$ provenant de l'alimentation et $V(t)$ correspondant à la consommation. On trace ensuite la courbe $[V_a(t) - V(t)]$.

Le volume nécessaire du réservoir V_0 sera alors égal à la somme, en valeurs absolues, de la plus grande valeur et la plus petite valeur (négative) de cette différence majoré de la réserve d'incendie (120 m^3) (Moussa, 2002). Les résultats des calculs sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau II.3 : variation horaire du volume d'opération

heures	Débit d'alimentation (m^3/h)	débit d'alimentation cumulé ($V_a(t)$) (m^3)	coefficient de variation	Volume de consommation ($V_c(t)$) (m^3)	Volume de consommation cumulé ($v(t)$) m^3	Reserve d'opération m^3 [$V_a(t) - V(t)$]
1	36	36	0,125	6,2975	6,2975	29,7025
2	36	72	0,125	6,2975	12,595	59,405
3	36	108	0,125	6,2975	18,8925	89,1075
4	36	144	0,125	6,2975	25,19	118,81
5	36	180	0,125	6,2975	31,4875	148,5125
6	36	216	0,125	6,2975	37,785	178,215
7	36	252	3,5	176,33	214,115	37,885
8	36	288	3,5	176,33	390,445	-102,445
9	36	324	3,5	176,33	566,775	-242,775
10	36	360	3,5	176,33	743,105	-383,105
11	36	396	3,5	176,33	919,435	-523,435
12	36	432	0,4	20,152	939,587	-507,587
13	36	468	0,4	20,152	959,739	-491,739
14	36	504	0,4	20,152	979,891	-475,891
15	36	540	0,4	20,152	1000,043	-460,043
16	36	576	0,4	20,152	1020,195	-444,195
17	36	612	2	100,76	1120,955	-508,955
18	36	648	2	100,76	1221,715	-573,715
19	36	684	0,5	25,19	1246,905	-562,905
20	36	720	0,5	25,19	1272,095	-552,095
21	36	756	0,5	25,19	1297,285	-541,285
22	36	792	0,5	25,19	1322,475	-530,475
23	36	828	0,125	6,2975	1328,7725	-500,7725
24	36	864	0,125	6,2975	1335,07	-471,07



Figure II.11 : Courbe de consommation de la zone de M'Sala

Capacité du réservoir = $573,715 + 178,215 + 120$ (réserve d'incendie)

$$= 751,93 \text{ m}^3$$

La capacité du réservoir (1000 m^3) existant est supérieure à la capacité requise ($751,93$) pour la desserte de l'agglomération de M'Sala. De ce fait, on a plus besoin de construire un autre réservoir.

Remarque :

En réalité la localité de M'Sala est alimenté en plus du forage d'ouzdane (10 l/s) par un piquage sur la conduite Beni Bahdel-Oran (65 l/s) et Il existe au niveau d'El hamri deux réservoirs de mise en charge de capacité de 300 et 1000 m^3 ; ce qui fait que leurs capacités confondues (1300 m^3) est largement suffisante.

Notre calcul de la capacité du réservoir est basé sur une adduction de 10 l/s car la localité a été alimentée uniquement à partir du forage d'Ouzidane. L'utilisation du débit de piquage sur la conduite Beni Bahdel-Oran, pour le dimensionnement du réservoir, nous aurait donné une capacité de $4280,93 \text{ m}^3$.

II.7. Tracé et implantation du réseau

Le réseau doit être le plus direct et le plus court possible. Les branchements doivent également être rectilignes et perpendiculaires à la canalisation principale. Le réseau devra être suffisamment enterré afin d'éviter le gel, de résister aux sollicitations mécaniques. La profondeur varie avec le climat.

Le tracé de notre réseau a été déterminé sur Autocard à partir du plan d'aménagement à l'échelle 1/500. Il est de type mixte. Cette variante a été choisie pour assurer une alimentation continue en eau. En cas d'accident, on isole le tronçon accidenté et on poursuit l'alimentation des abonnés à l'aval. Les conduites de notre réseau seront disposées en tranchées et sur le long des rues pour faciliter leurs entretiens. Le tracé du réseau d'AEP adopté pour la zone d'étude est représenté dans la figure II.12.

II.8. Calcul des pressions de service du réseau

Pour que notre réseau soit réalisable, il faut qu'il assure la pression minimale à tout point de notre surface à alimenter.

En pratique la pression de service peut être assurée dans une fourchette (10-40) m.c.e, connaissant les cotes des différents tronçons qui se trouvent dans notre réseau ainsi que leur perte de charge, nous pouvons déterminer les pressions exercées au sol (Projet cours).

Notons que pour les bâtiments la pression nominale admissible (la pression hydrostatique minimale pour laquelle un composant est conçu pour fonctionner à une température donnée.) est :

$$H_{sol} = 10 + 4 \cdot n \quad \dots\dots\dots(II.7)$$

Avec :

n : nombre d'étages du bâtiment

Les maisons de notre zone d'étude sont de types R2 (2 étages). Donc

$$H_{sol} = 10 + 4 \cdot 2$$

$$H_{sol} = 18 \text{ m.}$$

II.9. Dimensionnement de notre réseau de distribution

Le dimensionnement d'un réseau consiste à déterminer les diamètres de toutes les conduites qui permettent d'assurer un débit suffisant pour l'alimentation des usagers et une pression adéquate qui ne met pas en péril les organes du réseau. Le dimensionnement d'un réseau comporte deux étapes: l'estimation des débits dans les tronçons des conduites et la détermination des diamètres de conduites. La distribution d'eau dans le réseau se fait gravitairement à partir d'un réservoir. Le réseau est conçu à ce que l'eau arrive aux usagers avec une pression minimale (18m dans notre cas). L'eau doit en effet atteindre les étages supérieurs des habitations et permettre l'utilisation efficace des appareils ménagers (chauffe-bain, machine à laver).

Le réseau proposé pour l'alimentation de l'agglomération de la localité de M'Sala est un réseau mixte. C'est un réseau composé de trois mailles avec des ramifications internes aux mailles. Le dimensionnement du réseau a été fait manuellement avec un programme Excel qu'on a conçu pour faire un choix judicieux des diamètres pour la simulation du réseau sur le logiciel Epanet. Les valeurs des diamètres et des débits de routes trouvés par notre programme excel ont été transposées comme paramètres d'entrées dans les différents nœuds et conduites du réseau sur le logiciel épanet pour la simulation. Le réservoir a été calé à la cote 638 m, valeur actuelle de la cote du réservoir existant. La conduite d'adduction a une longueur de 380 m. La conception de notre programme s'est fait sur la base de la méthode de Hardy Cross pour le réseau maillé et sur détermination du débit et des diamètres de proche en proche de l'aval à l'amont pour le réseau ramifié.

II.9.1. Présentation de la méthode d'Hardy Cross

Un réseau maillé est constitué d'une série de tronçons disposés de telle manière qu'il soit possible de décrire une ou plusieurs boucles fermées en suivant son tracé : une telle boucle s'appelle une « maille ». D'après sa définition, il est aisé de comprendre qu'un réseau maillé présente une indétermination sur les grandeurs et les signes, donc sur les sens des débits et des pertes de charge dans chaque tronçon. Plusieurs auteurs ont cherché à résoudre le problème et les méthodes utilisées reposent toutes sur le principe d'équilibre des débits en chaque nœud et sur le principe d'équilibre des pertes de charge le long de chaque maille.

Ces deux principes ne sont autres que la traduction des lois de Kirchhoff utilisées en électrotechnique. Le Professeur Hardy-Cross de l'Université d'Illinois (USA) a proposé en 1936 une méthode de calcul des réseaux maillés par approximations successives (Scercl,2006).

II.9.2.Principe de la méthode

Considérons une maille quelconque d'un réseau maillé constitué de p tronçons.

Dans chaque tronçon de la maille, on se donne a priori les débits q'_1, q'_2, q'_p , de façon à respecter le principe d'équilibre des débits.

Soit j la perte de charge totale dans un tronçon quelconque de la maille. Elle est reliée au débit q qui y passe par la formule :

$$J = R \cdot q^2 \text{ (formule de l'écoulement)..... (II.8)}$$

- Il faut alors convenir du sens positif le long de la maille.
- Le principe d'équilibre des pertes de charge se traduit par :

$$\Sigma R \cdot q^2 = 0 \text{(II.9)}$$

(Σ = somme algébrique)

q représentant le débit réel de chaque tronçon.

- Le débit q' diffère du débit réel q d'une quantité Δq , qui représente la correction à apporter au débit arbitraire q' pour satisfaire au principe d'équilibre des pertes de charge. D'où l'équation :

$$q = q' + \Delta q \text{(II.10)}$$

Δq étant exprimé en valeur algébrique.

L'application de la formule (II.9) donne alors :

$$\Sigma R \cdot (q' + \Delta q)^2 = \dots\dots\dots(II.11)$$

Or Δq est supposé petit par rapport à q' , donc on peut dans le développement de la formule (II.11), négliger les infiniment petits d'ordre 2 et on a :

$$\Delta q = - \frac{\Sigma J}{2 \Sigma \frac{J}{q}} \dots\dots\dots(II.12)$$

La correction Δq ainsi calculée est ajoutée algébriquement à chacun des débits initialement choisis q' , de façon à obtenir une meilleure répartition des débits dans la maille considérée.

Compte tenu du principe de l'équilibre des débits en chaque nœud, on calcule les nouveaux débits approchés q' dans les tronçons d'une des mailles contiguës à la précédente et sur laquelle on effectue le même calcul.

On procède ainsi successivement sur les différentes mailles du réseau de manière à serrer de plus en plus près l'équilibre des pertes de charge dans chacune des mailles, tout en vérifiant après chaque calcul, si le principe de l'équilibre des débits est établi en chaque nœud. (Scercl,2006).

II.9.3. Principe de calcul d'un réseau ramifié

Le calcul des réseaux ramifiés se fait en partant de l'extrémité aval du réseau et en remontant de proche en proche jusqu'au réservoir. Les étapes de calcul sont les suivantes:

- Calcul du débit de route Q_r ($q_{sp}L_{tr}$), du débit de transit Q_t et ensuite du débit de la conduite Q_c ($Q_t + Q_r$).

L_{tr} : longueur du tronçon

q_{sp} = débit spécifique donné par la formule $q_{sp} = Q_{total} / L_{total}$

- Choix du diamètre D qui permet d'écouler le débit Q_c avec une vitesse voisine de 0,90 m/s (ou entre 0,60 et 1,20 m/s).

- Calcul de la perte de charge avec Q_c , en utilisant les abaques de Coolbrook
- Calcul de la charge hydraulique en chaque nœud et en déduire la pression au sol (Moussa, 2002).

II.9.4. Présentation des résultats du dimensionnement de notre réseau obtenus avec le programme Excel

Après plusieurs simulations sur Excel, les résultats :

- Pour le réseau maillé (voir tableau II.4, II.5 et II.6)

Longueur totale du réseau (LT) = 2165,53 m

Rugosité $k = 0,002$

Viscosité cinématique = 0,000001

Débit spécifique = $Q_{\text{total}} / LT = 0,02184223 \text{ L/s/m}$

Rugosité $k = 0,002$

- Pour le réseau ramifié (voir tableau II.7, II.8, II.9 et II.10)

Tableau II.4 : Résultats finaux des calculs de dimensionnement des conduites de la maille I (sans débit d'incendie)

Maille I																	
tronçon	l(m)	h amont(m)	h aval(m)	qr (l/s)	q tr (l/s)	D normalisé(m)	V (m/s)	Reynolds Re	λ coolbrook	ABS(I)	J	J/Q	Δ QI	Q+Δ QI	h piézométrique amont(m)	h piézométrique aval(m)	pression(m)
1..2	35,96	607,32	606,66	0,79	2,73E+01	0,2	8,69E-01	1,74E+05	3,82E-02	2,65E-01	2,65E-01	9,70E+00	-5,43E-04	2,73E+01	635,45	635,18	28,52
2...3	35,77	606,66	607,13	0,78	1,65E+01	0,15	9,35E-01	1,40E+05	4,22E-02	4,48E-01	4,48E-01	2,72E+01	-5,43E-04	1,65E+01	635,18	634,73	27,60
3..58	34,07	607,13	607,42	0,74	1,57E+01	0,15	8,91E-01	1,34E+05	4,22E-02	3,88E-01	3,88E-01	2,47E+01	-5,43E-04	1,57E+01	634,73	634,35	26,93
58..51	26,74	607,42	608,34	0,58	1,50E+01	0,15	8,49E-01	1,27E+05	4,22E-02	2,77E-01	2,77E-01	1,84E+01	-5,43E-04	1,50E+01	634,35	634,07	25,73
51..56	6,54	608,34	609,86	0,14	1,44E+01	0,15	8,16E-01	1,22E+05	4,22E-02	6,25E-02	6,25E-02	4,34E+00	-5,43E-04	1,44E+01	634,07	634,01	24,15
56...54	36,12	609,86	609,57	0,79	1,43E+01	0,15	8,08E-01	1,21E+05	4,23E-02	3,39E-01	3,39E-01	2,37E+01	-5,43E-04	1,43E+01	634,01	633,67	24,10
54..99	39,57	609,57	609,55	0,86	1,35E+01	0,15	7,64E-01	1,15E+05	4,23E-02	3,31E-01	3,31E-01	2,46E+01	-5,43E-04	1,35E+01	633,67	633,34	23,79
99..14	15,43	609,55	608,28	0,34	1,26E+01	0,15	7,14E-01	1,07E+05	4,23E-02	1,13E-01	1,13E-01	8,97E+00	-5,43E-04	1,26E+01	633,34	633,22	24,94
14...15	9,26	608,28	608,15	0,20	1,23E+01	0,15	6,96E-01	1,04E+05	4,23E-02	6,44E-02	6,44E-02	5,24E+00	-5,43E-04	1,23E+01	633,22	633,05	24,90
15..0	82	608,15	604,13	1,79	1,21E+01	0,13	9,85E-01	1,23E+05	4,51E-02	1,46E+00	1,46E+00	1,21E+02	-5,43E-04	1,21E+01	633,05	631,59	27,46
0...69	67,52	604,13	599,66	1,47	1,03E+01	0,13	8,39E-01	1,05E+05	4,51E-02	8,75E-01	8,75E-01	8,50E+01	-5,43E-04	1,03E+01	631,59	630,72	31,06
69...16	37,81	599,66	595,17	0,83	8,83E+00	0,13	7,20E-01	8,99E+04	4,52E-02	3,61E-01	3,61E-01	4,09E+01	-5,43E-04	8,83E+00	630,72	630,36	35,19
9...96	41,72	608,16	605,76	0,91	-3,76E+00	0,08	7,49E-01	6,00E+04	5,36E-02	8,00E-01	-8,00E-01	2,12E+02	-5,43E-04	-3,77E+00	634,03	633,23	27,47
96..16	122,4	605,76	595,17	2,67	-2,85E+00	0,08	5,67E-01	4,54E+04	5,38E-02	1,35E+00	-1,35E+00	4,74E+02	-5,43E-04	-2,85E+00	633,23	631,88	36,71
10..9	25,37	609,45	608,16	0,55	-1,30E+01	0,15	7,36E-01	1,10E+05	4,23E-02	1,98E-01	-1,98E-01	1,52E+01	-5,43E-04	-1,30E+01	634,23	634,03	25,87
11..10	18,52	610,56	609,45	0,40	-1,34E+01	0,15	7,59E-01	1,14E+05	4,23E-02	1,53E-01	-1,53E-01	1,14E+01	-5,43E-04	-1,34E+01	634,23	634,08	24,63
12..11	13,31	611,12	610,56	0,29	-1,37E+01	0,15	7,75E-01	1,16E+05	4,23E-02	1,15E-01	-1,15E-01	8,39E+00	-5,43E-04	-1,37E+01	634,35	634,23	23,67
13..12	269,4	607	611,12	5,88	-1,96E+01	0,2	6,23E-01	1,25E+05	3,84E-02	1,02E+00	-1,02E+00	5,23E+01	-5,43E-04	-1,96E+01	635,37	634,35	23,23
1...13	19,52	607,32	607	0,43	-2,00E+01	0,2	6,37E-01	1,27E+05	3,83E-02	7,74E-02	-7,74E-02	3,87E+00	-5,43E-04	-2,00E+01	635,45	635,37	28,37
Somme											1,27E+00	1,17E+03					

Tableau II.5 : résultats finaux des calculs de dimensionnement des conduites de la maille III (sans débit d'incendie)

Maille III																	
tronçon	l(m)	h amont(m)	h aval(m)	qr (l/s)	q tr (l/s)	D normalisé(m)	V (m/s)	Reynolds Re	λ coolbrook	ABS(J)	J	J/Q	Δ Ql	Q+Δ Ql	h piézométrique amont(m)	h piézométrique aval(m)	pression(m)
9...96	41,72	608,16	605,76	0,91	3,76E+00	0,08	7,49E-01	6,00E+04	5,36E-02	8,00E-01	8,00E-01	2,12E+02	2,86E-04	3,77E+00	634,03	633,23	27,47
96..16	122,4	605,76	595,17	2,67	2,85E+00	0,08	5,67E-01	4,54E+04	5,38E-02	1,35E+00	1,35E+00	4,74E+02	2,86E-04	2,85E+00	633,23	631,88	36,71
16..94	12,11	595,17	594,04	0,26	8,18E+00	0,13	6,67E-01	8,33E+04	4,52E-02	9,92E-02	9,92E-02	1,21E+01	2,86E-04	8,18E+00	630,36	630,26	36,22
94..40	20,14	594,04	592,24	0,44	7,92E+00	0,13	6,45E-01	8,07E+04	4,52E-02	1,55E-01	1,55E-01	1,95E+01	2,86E-04	7,92E+00	630,26	630,10	37,86
40..38	29,23	592,24	588,49	0,64	7,48E+00	0,1	9,52E-01	9,52E+04	4,90E-02	6,62E-01	6,62E-01	8,86E+01	2,86E-04	7,48E+00	630,10	629,44	40,95
38..76	23,99	588,49	586,3	0,52	6,84E+00	0,1	8,71E-01	8,71E+04	4,90E-02	4,55E-01	4,55E-01	6,65E+01	2,86E-04	6,84E+00	629,44	628,99	42,69
76..6	69,3	586,3	581,4	1,51	6,32E+00	0,1	8,05E-01	8,05E+04	4,91E-02	1,12E+00	1,12E+00	1,78E+02	2,86E-04	6,32E+00	628,99	627,87	46,47
9..8	82,68	608,16	596,5	1,81	-8,69E+00	0,13	7,09E-01	8,86E+04	4,52E-02	7,65E-01	-7,65E-01	8,80E+01	2,86E-04	-8,69E+00	634,03	633,27	36,77
8..81	15,28	596,5	594,57	0,33	-6,88E+00	0,1	8,76E-01	8,76E+04	4,90E-02	2,93E-01	-2,93E-01	4,26E+01	2,86E-04	-6,88E+00	633,27	632,98	38,40
81...7	16,4	594,57	590,36	0,36	-6,55E+00	0,1	8,34E-01	8,34E+04	4,91E-02	2,86E-01	-2,86E-01	4,36E+01	2,86E-04	-6,55E+00	632,98	632,69	42,33
7...6	283,3	590,36	581,4	6,19	-6,19E+00	0,1	7,89E-01	7,89E+04	4,91E-02	4,41E+00	-4,41E+00	7,12E+02	2,86E-04	-6,19E+00	632,69	628,28	46,88
somme												-1,11E+00	1,94E+03				

Tableau II.6: résultats finaux des calculs de dimensionnement des conduites de la maille II (sans débit d'incendie)

Maille II																		
tronçon	l(m)	h amont(m)	h aval(m)	qr (l/s)	q tr (l/s)	D normalisé(m)	V (m/s)	Reynolds Re	λ coolbrook	ABS(J)	J	J/Q	Δ Ql	Q+Δ Ql	h piézométrique amont(m)	h piézométrique aval(m)	pression(m)	
2...3	35,77	606,66	607,13	0,78	-1,65E+01	0,15	9,35E-01	1,40E+05	4,22E-02	4,48E-01	-4,48E-01	2,72E+01	-6,59E-03	-1,65E+01	635,18	634,73	27,60	
3..58	34,07	607,13	607,42	0,74	-1,57E+01	0,15	8,91E-01	1,34E+05	4,22E-02	3,88E-01	-3,88E-01	2,47E+01	-6,59E-03	-1,57E+01	634,73	634,35	26,93	
58..51	26,74	607,42	608,34	0,58	-1,50E+01	0,15	8,49E-01	1,27E+05	4,22E-02	2,77E-01	-2,77E-01	1,84E+01	-6,59E-03	-1,50E+01	634,35	634,07	25,73	
51..56	6,54	608,34	609,86	0,14	-1,44E+01	0,15	8,16E-01	1,22E+05	4,22E-02	6,25E-02	-6,25E-02	4,34E+00	-6,59E-03	-1,44E+01	634,07	634,01	24,15	
56...54	36,12	609,86	609,57	0,79	-1,43E+01	0,15	8,08E-01	1,21E+05	4,23E-02	3,39E-01	-3,39E-01	2,37E+01	-6,59E-03	-1,43E+01	634,01	633,67	24,10	
54..99	39,57	609,57	609,55	0,86	-1,35E+01	0,15	7,64E-01	1,15E+05	4,23E-02	3,31E-01	-3,31E-01	2,46E+01	-6,59E-03	-1,35E+01	633,67	633,34	23,79	
99..14	15,43	609,55	608,15	0,34	-1,26E+01	0,15	7,14E-01	1,07E+05	4,23E-02	1,13E-01	-1,13E-01	8,97E+00	-6,59E-03	-1,26E+01	633,34	633,22	24,94	
14...15	9,26	608,15	608,15	0,20	-1,23E+01	0,15	6,96E-01	1,04E+05	4,23E-02	6,44E-02	-6,44E-02	5,24E+00	-6,59E-03	-1,23E+01	633,22	633,05	24,90	
15..0	82	608,15	604,13	1,79	-1,21E+01	0,13	9,85E-01	1,23E+05	4,51E-02	1,46E+00	-1,46E+00	1,21E+02	-6,59E-03	-1,21E+01	633,05	631,59	27,46	
0...69	67,52	604,13	599,66	1,47	-1,03E+01	0,13	8,39E-01	1,05E+05	4,51E-02	8,75E-01	-8,75E-01	8,50E+01	-6,59E-03	-1,03E+01	631,59	630,72	31,06	
69...16	37,81	599,66	595,17	0,83	-8,83E+00	0,13	7,20E-01	8,99E+04	4,52E-02	3,61E-01	-3,61E-01	4,09E+01	-6,59E-03	-8,83E+00	630,72	630,36	35,19	
2..17	30,36	606,66	607,13	0,66	9,99E+00	0,13	8,15E-01	1,02E+05	4,51E-02	3,71E-01	3,71E-01	3,71E+01	-6,59E-03	9,99E+00	635,18	634,81	27,68	
17..19	26,56	607,13	605,35	0,58	9,33E+00	0,13	7,61E-01	9,51E+04	4,52E-02	2,83E-01	2,83E-01	3,03E+01	-6,59E-03	9,33E+00	634,81	634,53	29,18	
19...21	31,25	607,13	603,06	0,68	8,75E+00	0,13	7,14E-01	8,92E+04	4,52E-02	2,93E-01	2,93E-01	3,35E+01	-6,59E-03	8,75E+00	634,53	634,23	31,17	
21...23	171,4	603,06	591,65	3,74	8,07E+00	0,13	6,58E-01	8,23E+04	4,52E-02	1,37E+00	1,37E+00	1,70E+02	-6,59E-03	8,07E+00	634,23	632,87	41,22	
23...25	30,79	591,65	590,06	0,67	4,33E+00	0,08	8,63E-01	6,90E+04	5,35E-02	7,81E-01	7,81E-01	1,80E+02	-6,59E-03	4,33E+00	632,87	632,08	42,02	
25...27	30,98	590,06	588,88	0,68	3,66E+00	0,08	7,29E-01	5,83E+04	5,36E-02	5,63E-01	5,63E-01	1,54E+02	-6,59E-03	3,66E+00	632,08	631,52	42,64	
27...29	30,76	588,88	588,42	0,67	2,98E+00	0,08	5,94E-01	4,75E+04	5,37E-02	3,71E-01	3,71E-01	1,24E+02	-6,59E-03	2,98E+00	631,52	631,15	42,73	
29..4	66,62	588,42	588,28	1,46	2,31E+00	0,06	8,19E-01	4,91E+04	6,03E-02	2,29E+00	2,29E+00	9,88E+02	-6,59E-03	2,31E+00	631,15	628,86	40,58	
4..5	38,79	588,28	588,87	0,85	8,54E-01	0,04	6,80E-01	2,72E+04	7,23E-02	1,65E+00	1,65E+00	1,93E+03	-6,59E-03	8,47E-01	628,86	627,21	38,34	
5..32	39,18	588,87	588,89	0,86	-8,86E-01	0,04	7,05E-01	2,82E+04	7,23E-02	1,80E+00	1,80E+00	-2,03E+03	-6,59E-03	-8,93E-01	627,21	625,42	36,53	
32..34	66,77	588,89	585,96	1,46	-2,35E+00	0,06	8,30E-01	4,98E+04	6,03E-02	2,36E+00	2,36E+00	-1,00E+03	-6,59E-03	-2,35E+00	625,42	623,06	37,10	
34...6	112,6	585,96	581,4	2,46	-4,81E+00	0,08	9,57E-01	7,65E+04	5,35E-02	3,51E+00	3,51E+00	-7,31E+02	-6,59E-03	-4,81E+00	623,06	619,55	38,15	
16..94	12,11	595,17	594,04	0,26	-8,18E+00	0,13	6,67E-01	8,33E+04	4,52E-02	9,92E-02	-9,92E-02	1,21E+01	-6,59E-03	-8,18E+00	630,36	630,26	36,22	
94..40	20,14	594,04	592,24	0,44	-7,92E+00	0,13	6,45E-01	8,07E+04	4,52E-02	1,55E-01	-1,55E-01	1,95E+01	-6,59E-03	-7,92E+00	630,26	630,10	37,86	
40..38	29,23	592,24	588,49	0,64	-7,48E+00	0,1	9,52E-01	9,52E+04	4,90E-02	6,62E-01	-6,62E-01	8,86E+01	-6,59E-03	-7,48E+00	630,10	629,44	40,95	
38..76	23,99	588,49	586,3	0,52	-6,84E+00	0,1	8,71E-01	8,71E+04	4,90E-02	4,55E-01	-4,55E-01	6,65E+01	-6,59E-03	-6,84E+00	629,44	628,99	42,69	
76..6	69,3	586,3	581,4	1,51	-6,32E+00	0,1	8,05E-01	8,05E+04	4,91E-02	1,12E+00	-1,12E+00	1,78E+02	-6,59E-03	-6,32E+00	628,99	627,87	46,47	
somme											8,42E+00	6,39E+02						

Tableau II .7 : résultats finaux des calculs de dimensionnement des conduites des ramifications de la maille I du réseau (sans débit d'incendie)

Ramification I													
tronçon	l(m)	h amont (m)	h aval(m)	qr (l/s)	q aval	qtronçon(l/s)	D normalisé (m)	v (m/s)	Reynolds Re	λ	J	hauteur piezo aval	pression
13....53	166,7	607	615,9	3,642	0	3,64	0,08	7,25E-01	5,80E+04	5,36E-02	2,99E+00	632,37796	16,477956
59...58	26,89	607,42	609,86	0,59	0	0,59	0,04	4,68E-01	1,87E+04	7,27E-02	5,45E-01	633,80175	23,941752
54...55	55,82	609,57	611,19	1,219	0	1,22	0,04	9,71E-01	3,88E+04	7,21E-02	4,83E+00	628,83974	17,649736
56...57	41,69	609,86	609,72	0,91	0	0,91	0,04	7,25E-01	2,90E+04	7,23E-02	2,02E+00	631,99001	22,270005
58...59	26,89	607,42	609,86	0,587	0	0,59	0,04	4,68E-01	1,87E+04	7,27E-02	5,45E-01	633,80175	23,941752
62..63	50,03	612,16	610,78	1,09	1,373658	2,47	0,06	8,73E-01	5,24E+04	6,02E-02	1,95E+00	630,74563	19,965632
63...64	26,09	610,78	611,23	0,57	0	0,57	0,04	4,54E-01	1,81E+04	7,27E-02	4,98E-01	630,248	19,017995
63...66	36,8	610,78	607,07	0,80	0	0,8	0,04	6,40E-01	2,56E+04	7,24E-02	1,39E+00	629,3561	22,286103
71...72	56,06	608,14	607,09	1,224	0	1,22	0,04	9,75E-01	3,90E+04	7,20E-02	4,89E+00	628,15263	21,062629
0....65	59,94	604,13	607,81	1,31	0	1,31	0,05	6,67E-01	3,34E+04	6,54E-02	1,78E+00	629,81566	22,005659
69.....70	73,36	599,66	606,22	1,602	0	1,6	0,05	8,16E-01	4,08E+04	6,52E-02	3,25E+00	627,46731	21,247313
11..68	29,78	610,56	611,12	0,65	0	0,65	0,04	5,18E-01	2,07E+04	7,26E-02	7,38E-01	633,49317	22,373165
10...67	31,08	609,45	610,16	0,679	0	0,68	0,04	5,40E-01	2,16E+04	7,25E-02	8,39E-01	633,23954	23,079542
71...62	27,37	608,14	612,16	0,60	2,466425	3,06	0,08	6,10E-01	4,88E+04	5,37E-02	3,48E-01	632,69576	20,535759
99..71	13,65	609,55	608,14	0,298	3,6909	3,99	0,08	7,94E-01	6,35E+04	5,36E-02	2,94E-01	633,0442	24,904199
12..87	12,47	611,12	612,67	0,27	5,766786	6,04	0,1	7,69E-01	7,69E+04	4,91E-02	1,85E-01	634,16185	21,491846
87..88	83,02	612,67	615,09	1,813	0	1,81	0,05	9,24E-01	4,62E+04	6,52E-02	4,71E+00	629,45421	14,364209
87..89	39,05	612,67	614,14	0,85	3,100505	3,95	0,08	7,87E-01	6,30E+04	5,36E-02	8,25E-01	633,33671	19,196707
89...100	33,27	614,14	613,66	0,727	0	0,73	0,04	5,79E-01	2,31E+04	7,24E-02	1,03E+00	632,30858	18,648584
89..90	33,72	614,14	615,27	0,74	1,637294	2,37	0,06	8,40E-01	5,04E+04	6,03E-02	1,22E+00	632,11875	16,848754
90...91	30,09	615,27	613,59	0,657	0	0,66	0,04	5,23E-01	2,09E+04	7,26E-02	7,62E-01	631,35708	17,767077
90..92	44,87	615,27	612	0,98	0	0,98	0,04	7,80E-01	3,12E+04	7,22E-02	2,51E+00	629,60551	17,605513
3...73	21,57	607,13	607,65	0,471	0	0,47	0,04	3,75E-01	1,50E+04	7,30E-02	2,82E-01	634,45171	26,80171

Tableau II.8 : résultats finaux des calculs de dimensionnement de conduites des ramifications de la maille II du réseau (sans débit d'incendie)

Ramification II													
tronçon	l (m)	h amont(m)	h aval(m)	q r (l/s)	q aval (l/s)	q tronçon(l/s)	Diamètre normalisé (m)	vitesse (m/s)	Reynolds Re	λ coolbrook	J	hauteur piezo aval	pression
17...18	66,12	607,13	606,39	1,44	0	1,44	0,05	7,36E-01	3,68E+04	6,53E-02	2,38E+00	632,43	26,04
19...20	62,11	605,35	603,72	1,36	0	1,36	0,05	6,91E-01	3,46E+04	6,53E-02	1,98E+00	632,55	28,83
21...22	56,56	603,06	601,31	1,24	0	1,24	0,04	9,84E-01	3,93E+04	7,20E-02	5,02E+00	629,21	27,90
23...24	79,33	591,65	596,84	1,73	0	1,73	0,05	8,83E-01	4,41E+04	6,52E-02	4,11E+00	628,76	31,92
25...26	82,47	590,06	595	1,80	0	1,80	0,05	9,18E-01	4,59E+04	6,52E-02	4,61E+00	627,47	32,47
27...28	81,65	588,88	597,36	1,78	0	1,78	0,05	9,09E-01	4,54E+04	6,52E-02	4,48E+00	627,04	29,68
29...30	81,96	588,42	593,24	1,79	0	1,79	0,05	9,12E-01	4,56E+04	6,52E-02	4,53E+00	626,62	33,38
51...52	104,8	608,34	596,12	2,29	0	2,29	0,06	8,10E-01	4,86E+04	6,03E-02	3,53E+00	630,54	34,42
48...49	85,81	607,62	598,52	1,87	0	1,87	0,05	9,55E-01	4,78E+04	6,51E-02	5,20E+00	627,08	28,56
14....48	28,43	608,15	607,62	0,62	4,353156	4,97	0,08	9,90E-01	7,92E+04	5,35E-02	9,49E-01	632,28	24,66
48.....50	113,5	607,62	596,53	2,48	0	2,48	0,06	8,77E-01	5,26E+04	6,02E-02	4,47E+00	627,81	31,28
15...46	32,14	608,15	603,98	0,70	3,882675	4,58	0,08	9,13E-01	7,30E+04	5,35E-02	9,12E-01	632,14	28,16
46...47	63,03	603,98	603,23	1,38	0	1,38	0,05	7,02E-01	3,51E+04	6,53E-02	2,07E+00	630,08	26,85
44.....45	62,89	600,16	598,96	1,37	0	1,37	0,05	7,00E-01	3,50E+04	6,53E-02	2,05E+00	628,92	29,96
46...44	29,14	603,98	600,16	0,64	1,869476	2,51	0,06	8,87E-01	5,32E+04	6,02E-02	1,17E+00	630,97	30,81
44....85	22,7	600,16	598,08	0,50	0	0,50	0,04	3,95E-01	1,58E+04	7,29E-02	3,29E-01	630,64	32,56
4...86	80,66	588,28	596,53	1,76	0	1,76	0,05	8,98E-01	4,49E+04	6,52E-02	4,32E+00	624,54	28,01
5...31	82,91	588,87	596,61	1,81	0	1,81	0,05	9,23E-01	4,61E+04	6,52E-02	4,69E+00	622,52	25,91
32...33	70,74	588,89	594,43	1,55	0	1,55	0,05	7,87E-01	3,94E+04	6,53E-02	2,92E+00	622,50	28,07
34...35	76,55	585,96	590	1,67	1,860303	3,53	0,08	7,03E-01	5,62E+04	5,36E-02	1,29E+00	621,77	31,77
35...36	53,73	590	592,62	1,17	0	1,17	0,04	9,34E-01	3,74E+04	7,21E-02	4,31E+00	617,46	24,84
35...37	31,44	590	592,73	0,69	0	0,69	0,04	5,47E-01	2,19E+04	7,25E-02	8,68E-01	620,90	28,17
38...39	33,17	588,49	595,13	0,72	0	0,72	0,04	5,77E-01	2,31E+04	7,25E-02	1,02E+00	628,42	33,29
40...41	45,74	592,24	596,45	1,00	1,244789	2,24	0,06	7,94E-01	4,76E+04	6,03E-02	1,48E+00	628,63	32,18
41...42	23,96	596,45	595,74	0,52	0	0,52	0,04	4,17E-01	1,67E+04	7,28E-02	3,86E-01	628,24	32,50
41...43	33,03	596,45	600,94	0,72	0	0,72	0,04	5,74E-01	2,30E+04	7,25E-02	1,01E+00	627,62	26,68

Tableau II.9: résultats finaux des calculs de dimensionnement des conduites des ramifications de la maille III du réseau (sans débit d'incendie)

Ramification III													
tronçon	l (m)	h amont(m)	h aval(m)	q r (l/s)	q q aval (l/s)	q tronçon(l/s)	Diamètre normalisé (m)	vitesse (m/s)	Reynolds Re	λ coolbrook	J	hauteur piezo aval	pression
81...75	78,48	594,57	594,71	1,71	0	1,71	0,05	8,73E-01	4,37E+04	6,52E-02	3,98E+00	629,00	34,28
7....78	219,4	590,36	581,8	4,79	0	4,79	0,08	9,54E-01	7,63E+04	5,35E-02	6,80E+00	625,89	44,09
76....77	123,1	586,3	589,54	2,69	0	2,69	0,06	9,51E-01	5,71E+04	6,02E-02	5,69E+00	623,30	33,76
8...93	81,04	596,5	595,19	1,77	0	1,77	0,05	9,02E-01	4,51E+04	6,52E-02	4,38E+00	628,89	33,70
96..97	601,2	605,76	598,7	13,13	0	13,13	0,15	7,43E-01	1,12E+05	4,23E-02	4,77E+00	628,46	29,76
94..95	75,57	594,04	594,7	1,65	0	1,65	0,05	8,41E-01	4,21E+04	6,52E-02	3,55E+00	626,71	32,00

Tableau II.10 : résultat final des calculs de dimensionnement de la conduite d'adduction (sans débits d'incendie)

Tronçon	l (m)	h amont(m)	h aval(m)	q r (l/s)	q q aval (l/s)	q tronçon(l/s)	Diamètre normalisé (m)	vitesse (m/s)	Reynolds Re	λ coolbrook	J	hauteur piézo amont(m)	hauteur piézo aval(m)	pression (m)
Reservoir..1	380	638	607,32	0	47,3	47,3	0,25	9,64E-01	2,41E+05	3,55E-02	2,55E+00	638	635,4468	30,68

Remarques :

Les diamètres obtenus après simulations conduisent à des pressions satisfaisants avec des vitesses convenables dans toutes les mailles et dans certains tronçons des ramifications du réseau ($18 < P < 50$ m et $0,5 < V < 1,2$ m/s).

Les bornes d'incendie sont placées sur les canalisations principales pouvant assurer un débit de 17 l/s et une pression de 1 bar, on les trouve toutes les (250-400) m selon l'importance de la ville. On a prévu deux bornes d'incendie sur notre réseau aux nœuds 1 et 6 parce que placées à ces nœuds, les pressions restent satisfaisantes aux nœuds et les vitesses acceptables dans les canalisations des mailles et dans certaines ramifications.

II.10.Utilisation du logiciel Epanet

Epanet version 2.00 est un logiciel de simulation du comportement des systèmes de distribution d'eau, d'un point de vue hydraulique mais également d'un point de vue qualité de l'eau. Il est distribué gratuitement par l'E.P.A. depuis le mois de septembre 1993. Depuis il est largement utilisé dans le monde (Pape, 2005).

II.10.1 Paramètres d'entrées du réseau

Epanet modélise un système de distribution d'eau comme un ensemble d'arcs reliés à des nœuds. Les arcs représentent des tuyaux, des pompes et des vannes de contrôle. Les nœuds représentent des nœuds de demande, des réservoirs et des bâches.

II.10.2. Les nœuds de demande

Les nœuds de demande sont des points du réseau où les arcs se rejoignent. Ce sont des points d'entrée ou de sortie d'eau et peuvent également ne pas avoir de débit. Les données d'entrée minimales exigées pour les nœuds de demande sont :

- L'altitude du nœud
- La demande en eau (qui peut varier dans le temps)

Les résultats calculés aux nœuds de demande, à chacun des intervalles de temps d'une simulation sont:

- La charge hydraulique (ou hauteur piézométrique)
- La pression au niveau du nœud
- On peut aussi voir le graphique d'évolution de la pression au nœud de demande.

II.10.3. Les réservoirs

Les réservoirs sont des nœuds avec une capacité de stockage, dont le volume d'eau stocké peut varier au cours du temps. Les données de base sont:

- L'altitude du radier
- Le diamètre
- Les niveaux initial, minimal et maximal de l'eau

Les principaux éléments calculés dans la simulation sont:

- La charge hydraulique (altitude de l'eau)
- La pression (niveau de l'eau)
- Courbe d'évolution du niveau de l'eau.

. Le niveau d'eau dans les réservoirs doit rester entre les niveaux minimal et maximal.

Epanet arrête la sortie d'eau si le réservoir est à niveau minimal et arrête l'arrivée s'il est à son niveau maximal (Pape, 2005).

.

II.10.4. Les bâches infinies

Ce sont des nœuds représentant une source externe de capacité infinie. Elles sont utilisées pour modéliser des éléments tels que les lacs, les couches aquifères souterraines ou les arrivées de réseaux extérieurs.

Les données de base pour une bache sont la charge totale et la qualité initiale de l'eau.

Puisqu'une bache est un élément de frontière d'un réseau ses données de base ne sont pas affectées par la simulation. Par conséquent aucune propriété n'est calculée au cours de celle-ci (Pape, 2005).

II.10.5. Les conduites

Les conduites sont des arcs qui transportent l'eau d'un point du réseau à un autre. Epanet suppose que tous les tuyaux sont pleins à tout instant. L'eau s'écoule de l'extrémité qui a la charge hydraulique la plus élevée à celle qui a la charge la plus faible.

- Les données de base pour les conduites sont:
- Les nœuds initial et final
- Le diamètre
- La longueur
- Le coefficient de rugosité (pour déterminer la perte de charge)
- L'état (ouvert, fermé ou avec un clapet anti-retour)

Les principales valeurs calculées dans la simulation sont:

- Le débit
- La vitesse d'écoulement
- La perte de charge

II.10.6. Les vannes

Les vannes sont des arcs qui limitent la pression ou le débit en un point précis du réseau.

Leurs principaux paramètres d'entrée sont:

- Les nœuds d'entrée et de sortie
- Le diamètre
- La consigne de fonctionnement
- L'état de la vanne
- Coefficient de perte de charge singulière.

Les éléments calculés en sortie de simulation sont:

- Le débit
- La perte de charge hydraulique (Pape, 2005)

II.11. Les Résultats de la simulation de notre réseau

Les résultats sont donnés sous forme de tableau. Ils présentent l'état des nœuds et des conduites pendant toutes les heures de la journée après une simulation sur une durée de 24h sur épanet. Pour fixer la durée de simulation, sélectionner options- temps dans navigateur de données, et cliquer sur le bouton édition du navigateur pour faire apparaître l'éditeur des propriétés. Saisir ensuite 24 comme valeur d'intervalle des courbes de modulation. Pendant que l'éditeur est ouvert nous pouvons fixer la durée totale de la période de la simulation. Pour créer la courbe de modulation, sélectionner courbe modul dans le navigateur de données et cliquer sur le bouton édition du navigateur, introduire les multiplicateurs allant de 0,1 à 1 pour les périodes de 24heures afin d'avoir la courbe de modulation (Chibane, 2011). Nous présentons ici les résultats de la simulation avec et sans débits d'incendie à 8:00 heures qui fait partie des heures les plus critiques c'est-à-dire les pointes.

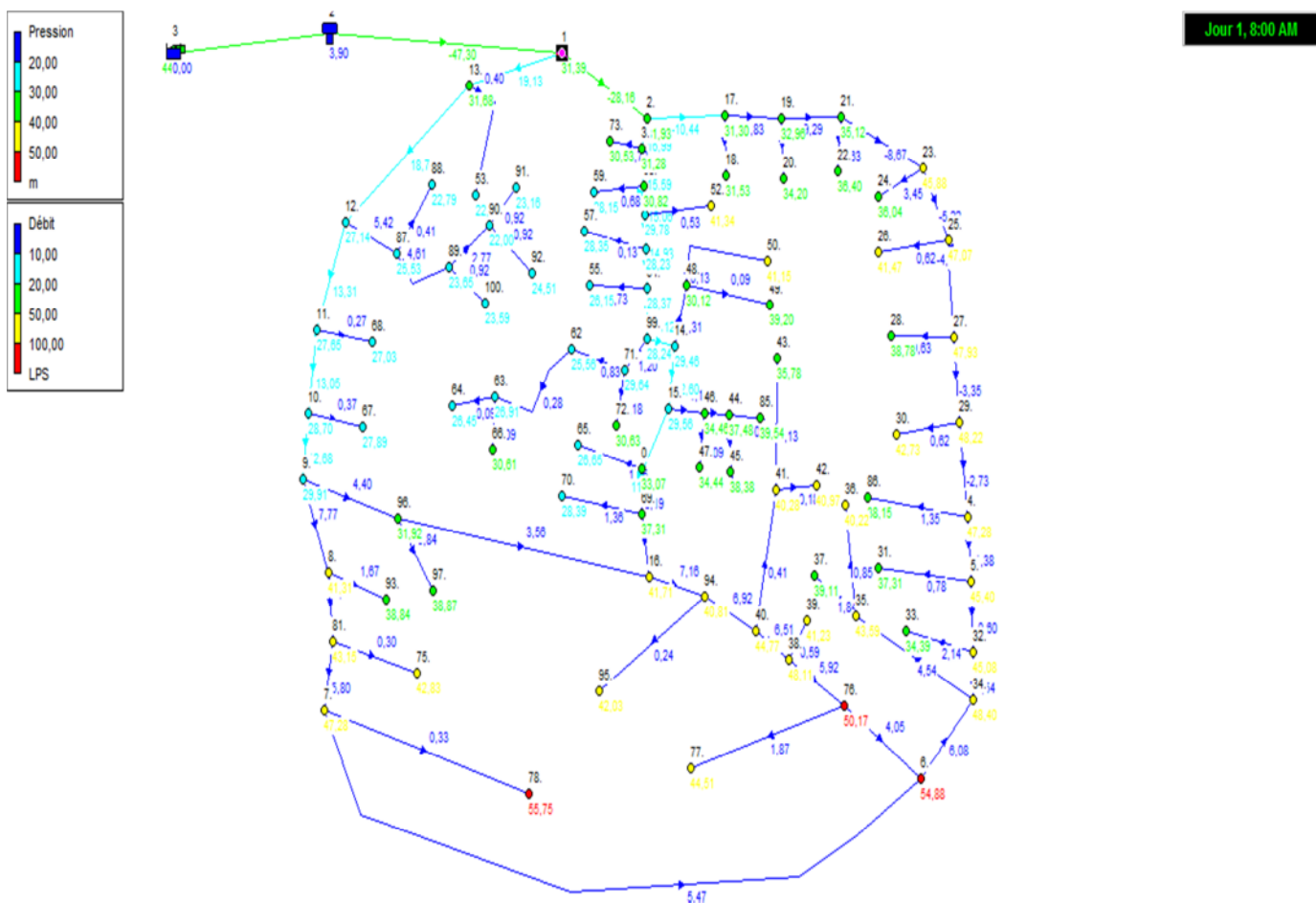



Figure II.13 : schéma de la simulation du réseau

Tableau II.11 : Etats des nœuds du réseau à 8heures (sans débits d'incendie).

ID Nœud	Altitude m	Demande Base LPS	Demande LPS	Charge m	Pression m
Noeud 1	607,32	0	0,00	638,71	31,39
Noeud 2.	606,66	0,79	0,73	638,59	31,93
Noeud 17.	607,13	0	0,00	638,43	31,30
Noeud 19.	605,35	0	0,00	638,31	32,96
Noeud 21.	603,06	0	0,00	638,18	35,12
Noeud 23.	591,65	0	0,00	637,53	45,88
Noeud 25.	590,06	0	0,00	637,13	47,07
Noeud 27.	588,88	0,68	0,63	636,81	47,93
Noeud 29.	588,42	0	0,00	636,64	48,22
Noeud 4.	588,28	0	0,00	635,56	47,28
Noeud 5.	588,87	0	0,00	634,27	45,40
Noeud 32.	588,89	0	0,00	633,97	45,08
Noeud 34.	585,96	0	0,00	634,36	48,40
Noeud 6.	581,4	3,73	3,44	636,28	54,88
Noeud 76.	586,3	0	0,00	636,47	50,17
Noeud 38.	588,49	0	0,00	636,60	48,11
Noeud 40.	592,03	0	0,00	636,80	44,77
Noeud 94.	596,036	0	0,00	636,85	40,81
Noeud 16.	595,17	3,5	3,23	636,88	41,71
Noeud 69.	599,66	0	0,00	636,97	37,31
Noeud 0	604,13	1,79	1,65	637,20	33,07
Noeud 99.	609,55	0,1	0,09	637,79	28,24
Noeud 54.	609,57	0	0,00	637,94	28,37
Noeud 56.	609,86	0	0,00	638,09	28,23
Long-Auto Non LPS  100% X;Y: 10537,82 ; 8605,04					

Suite Tableau II.11 : états des nœuds du réseau à 8heures (sans débits d'incendie).

ID Nœud	Altitude m	Demande Base LPS	Demande LPS	Charge m	Pression m
Noeud 58.	607,42	0	0,00	638,24	30,82
Noeud 3.	607,13	0	0,00	638,41	31,28
Noeud 13.	607	0	0,00	638,68	31,68
Noeud 12.	611,12	0	0,00	638,26	27,14
Noeud 11.	610,56	0	0,00	638,21	27,65
Noeud 10.	609,45	0	0,00	638,15	28,70
Noeud 9.	608,16	0,55	0,51	638,07	29,91
Noeud 96.	605,76	0	0,00	637,68	31,92
Noeud 8.	596,504	0	0,00	637,82	41,31
Noeud 81.	594,571	0	0,00	637,73	43,15
Noeud 7.	590,361	0	0,00	637,64	47,28
Noeud 73.	607,65	0,78	0,72	638,18	30,53
Noeud 59.	609,83	0,74	0,68	637,98	28,15
Noeud 18.	606,39	0,66	0,61	637,92	31,53
Noeud 20.	603,72	0,58	0,53	637,92	34,20
Noeud 22.	601,31	0,68	0,63	637,71	36,40
Noeud 24.	596,84	3,74	3,45	632,88	36,04
Noeud 26.	595	0,67	0,62	636,47	41,47
Noeud 28.	597,36	0,68	0,63	636,14	38,78
Noeud 30.	593,24	0,67	0,62	635,97	42,73
Noeud 86.	596,53	1,46	1,35	634,68	38,15
Noeud 31.	596,61	0,85	0,78	633,92	37,31
Noeud 33.	594,43	2,32	2,14	628,82	34,39

Suite Tableau II.11 : états des nœuds du réseau à 8heures (sans débits d'incendie).

ID Nœud	Altitude m	Demande Base LPS	Demande LPS	Charge m	Pression m
Noeud 35.	590	2	1,84	633,59	43,59
Noeud 36.	592,62	0,92	0,85	632,84	40,22
Noeud 37.	592,73	2	1,84	631,84	39,11
Noeud 39.	595,13	0,64	0,59	636,36	41,23
Noeud 77.	589,537	2,03	1,87	634,05	44,51
Noeud 41.	596,45	0,1	0,09	636,73	40,28
Noeud 42.	595,74	0,2	0,18	636,71	40,97
Noeud 43.	600,94	0,14	0,13	636,72	35,78
Noeud 95.	594,702	0,26	0,24	636,73	42,03
Noeud 70.	606,22	1,47	1,36	634,61	28,39
Noeud 65.	607,81	1,79	1,65	634,46	26,65
Noeud 53.	615,9	0,43	0,40	638,46	22,56
Noeud 15.	608,15	0	0,00	637,71	29,56
Noeud 46.	603,23	0,3	0,28	637,69	34,46
Noeud 44.	600,16	0,1	0,09	637,64	37,48
Noeud 85.	598,08	0,2	0,18	637,62	39,54
Noeud 47.	603,23	0,1	0,09	637,67	34,44
Noeud 45.	598,96	0,5	0,46	637,34	38,38
Noeud 14.	608,28	0	0,00	637,74	29,46
Noeud 49.	598,52	0,1	0,09	637,72	39,20
Noeud 50.	596,53	0,14	0,13	637,68	41,15
Noeud 48.	607,62	0,1	0,09	637,74	30,12
Noeud 52.	596,12	0,58	0,53	637,46	41,34

Suite Tableau II.11: états des nœuds du réseau à 8heures (sans débits d'incendie).

ID Noeud	Altitude m	Demande Base LPS	Demande LPS	Charge m	Pression m
Noeud 35.	590	2	1,84	633,59	43,59
Noeud 36.	592,62	0,92	0,85	632,84	40,22
Noeud 37.	592,73	2	1,84	631,84	39,11
Noeud 39.	595,13	0,64	0,59	636,36	41,23
Noeud 77.	589,537	2,03	1,87	634,05	44,51
Noeud 41.	596,45	0,1	0,09	636,73	40,28
Noeud 42.	595,74	0,2	0,18	636,71	40,97
Noeud 43.	600,94	0,14	0,13	636,72	35,78
Noeud 95.	594,702	0,26	0,24	636,73	42,03
Noeud 70.	606,22	1,47	1,36	634,61	28,39
Noeud 65.	607,81	1,79	1,65	634,46	26,65
Noeud 53.	615,9	0,43	0,40	638,46	22,56
Noeud 15.	608,15	0	0,00	637,71	29,56
Noeud 46.	603,23	0,3	0,28	637,69	34,46
Noeud 44.	600,16	0,1	0,09	637,64	37,48
Noeud 85.	598,08	0,2	0,18	637,62	39,54
Noeud 47.	603,23	0,1	0,09	637,67	34,44
Noeud 45.	598,96	0,5	0,46	637,34	38,38
Noeud 14.	608,28	0	0,00	637,74	29,46
Noeud 49.	598,52	0,1	0,09	637,72	39,20
Noeud 50.	596,53	0,14	0,13	637,68	41,15
Noeud 48.	607,62	0,1	0,09	637,74	30,12
Noeud 52.	596,12	0,58	0,53	637,46	41,34

Suite Tableau II.11: états des nœuds du réseau à 8heures (sans débits d'incendie).

ID Noeud	Altitude m	Demande Base LPS	Demande LPS	Charge m	Pression m
Noeud 71.	608,14	0,2	0,18	637,78	29,64
Noeud 72.	607,09	0,2	0,18	637,72	30,63
Noeud 62	612,16	0,6	0,55	637,72	25,56
Noeud 63.	610,78	0,1	0,09	637,69	26,91
Noeud 64.	611,23	0,1	0,09	637,68	26,45
Noeud 66.	607,07	0,1	0,09	637,68	30,61
Noeud 97.	598,703	0,91	0,84	637,57	38,87
Noeud 93.	595,194	1,81	1,67	634,03	38,84
Noeud 75.	594,714	0,33	0,30	637,54	42,83
Noeud 78.	581,8	0,36	0,33	637,55	55,75
Noeud 67.	610,16	0,4	0,37	638,05	27,89
Noeud 68.	611,12	0,29	0,27	638,15	27,03
Noeud 87.	612,67	0,44	0,41	638,20	25,53
Noeud 88.	615,09	0,44	0,41	637,88	22,79
Noeud 89.	614,14	1	0,92	637,79	23,65
Noeud 90.	615,24	1	0,92	637,24	22,00
Noeud 91.	613,59	1	0,92	636,75	23,16
Noeud 92.	612	1	0,92	636,51	24,51
Noeud 100.	613,66	1	0,92	637,25	23,59
Noeud 55.	611,19	0,79	0,73	637,34	26,15
Noeud 57.	609,72	0,14	0,13	638,07	28,35

Tableau II.12: états des conduites à 8heures (sans débits d'incendie)

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Rugosité mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert.Charge Unit. m/km	Etat
Tuyau 32	13,31	150	0,002	13,31	0,75	3,39	Ouvert
Tuyau 33	18,52	150	0,002	13,05	0,74	3,27	Ouvert
Tuyau 10.	25,37	150	0,002	12,68	0,72	3,10	Ouvert
Tuyau 35	82,68	125	0,002	7,77	0,63	3,10	Ouvert
Tuyau 36	15,28	100	0,002	6,11	0,78	5,86	Ouvert
Tuyau 37	16,4	100	0,002	5,80	0,74	5,35	Ouvert
Tuyau 38	283,26	100	0,002	5,47	0,70	4,81	Ouvert
Tuyau 39	41,72	80	0,002	4,40	0,87	9,49	Ouvert
Tuyau 40	122,42	80	0,002	3,56	0,71	6,51	Ouvert
Tuyau 41	66,12	40	0,002	0,61	0,48	7,86	Ouvert
Tuyau 42	62,11	40	0,002	0,53	0,43	6,27	Ouvert
Tuyau 43	56,56	40	0,002	0,63	0,50	8,28	Ouvert
Tuyau 44	21,57	40	0,002	0,72	0,57	10,53	Ouvert
Tuyau 45	26,89	40	0,002	0,68	0,54	9,60	Ouvert
Tuyau 47	79,33	50	0,002	3,45	1,76	58,69	Ouvert
Tuyau 48	82,47	40	0,002	0,62	0,49	8,06	Ouvert
Tuyau 49	81,65	40	0,002	0,63	0,50	8,28	Ouvert
Tuyau 50	81,96	40	0,002	0,62	0,49	8,07	Ouvert
Tuyau 51	80,66	50	0,002	1,35	0,69	10,97	Ouvert
Tuyau 52	82,91	50	0,002	0,78	0,40	4,23	Ouvert
Tuyau 53	70,74	40	0,002	2,14	1,70	72,82	Ouvert
Tuyau 54	76,55	80	0,002	4,54	0,90	10,05	Ouvert
Tuyau 55	53,73	40	0,002	0,85	0,68	14,08	Ouvert

Suite Tableau II.12 : états des conduites à 8heures (sans débits d'incendie)

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Rugosité mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert.Charge Unit. m/km	État
Tuyau 57	123,06	50	0,002	1,87	0,95	19,68	Ouvert
Tuyau 58	33,17	40	0,002	0,59	0,47	7,44	Ouvert
Tuyau 59	45,74	50	0,002	0,41	0,21	1,35	Ouvert
Tuyau 60	23,96	40	0,002	0,18	0,15	1,00	Ouvert
Tuyau 61	33,03	40	0,002	0,13	0,10	0,55	Ouvert
Tuyau 62	75,57	40	0,002	0,24	0,19	1,56	Ouvert
Tuyau 63	73,36	40	0,002	1,36	1,08	32,26	Ouvert
Tuyau 64	59,94	40	0,002	1,65	1,31	45,81	Ouvert
Tuyau 65	166,72	50	0,002	0,40	0,20	1,29	Ouvert
Tuyau 67	82	125	0,002	11,49	0,94	6,24	Ouvert
Tuyau 68	32,14	80	0,002	1,11	0,22	0,83	Ouvert
Tuyau 69	29,14	60	0,002	0,74	0,26	1,60	Ouvert
Tuyau 70	22,7	40	0,002	0,18	0,15	1,00	Ouvert
Tuyau 72	62,89	40	0,002	0,46	0,37	4,84	Ouvert
Tuyau 73	15,43	150	0,002	12,91	0,73	3,20	Ouvert
Tuyau 74	9,26	150	0,002	12,60	0,71	3,07	Ouvert
Tuyau 76	113,49	40	0,002	0,13	0,10	0,55	Ouvert
Tuyau 77	85,81	40	0,002	0,09	0,07	0,22	Ouvert
Tuyau 78	28,43	80	0,002	0,31	0,06	0,09	Ouvert
Tuyau 79	104,84	40	0,002	0,53	0,43	6,27	Ouvert
Tuyau 80	13,65	80	0,002	1,20	0,24	0,95	Ouvert
Tuyau 81	56,06	40	0,002	0,18	0,15	1,00	Ouvert
Tuyau 82	27,37	60	0,002	0,83	0,29	1,97	Ouvert

Suite Tableau II.12: états des conduites à 8heures (sans débits d'incendie)

Tuyau 83	50,03	50	0,002	0,28	0,14	0,70	Ouvert
Tuyau 84	36,8	40	0,002	0,09	0,07	0,22	Ouvert
Tuyau 85	26,09	40	0,002	0,09	0,07	0,22	Ouvert
Tuyau 86	219,38	60	0,002	0,33	0,12	0,40	Ouvert
Tuyau 87	78,48	40	0,002	0,30	0,24	2,35	Ouvert
Tuyau 88	81,04	40	0,002	1,67	1,33	46,72	Ouvert
Tuyau 89	601,17	100	0,002	0,84	0,11	0,18	Ouvert
Tuyau 90	31,08	40	0,002	0,37	0,29	3,28	Ouvert
Tuyau 91	29,78	40	0,002	0,27	0,21	1,89	Ouvert
Tuyau 92	12,47	100	0,002	5,42	0,69	4,74	Ouvert
Tuyau 93	83,02	40	0,002	0,41	0,32	3,87	Ouvert
Tuyau 94	39,05	80	0,002	4,61	0,92	10,34	Ouvert
Tuyau 95	33,72	60	0,002	2,77	0,98	16,48	Ouvert
Tuyau 96	30,09	40	0,002	0,92	0,73	16,31	Ouvert
Tuyau 97	44,87	40	0,002	0,92	0,73	16,31	Ouvert
Tuyau 98	33,27	40	0,002	0,92	0,73	16,31	Ouvert
Tuyau 99	41,69	40	0,002	0,13	0,10	0,54	Ouvert
Tuyau 100	55,82	40	0,002	0,73	0,58	10,77	Ouvert
Tuyau 103	63,03	40	0,002	0,09	0,07	0,22	Ouvert
Tuyau 8	380	200	0,002	-47,30	1,51	8,39	Ouvert

Tableau II.13 Etats des nœuds à 8 heures (avec débits d'incendie)

ID Nœud	Altitude m	Demande Base LPS	Demande LPS	Charge m	Pression m
Noeud 1	607,32	17	15,68	632,64	25,32
Noeud 2.	606,66	0,79	0,73	632,46	25,80
Noeud 17.	607,13	0	0,00	632,27	25,14
Noeud 19.	605,35	0	0,00	632,13	26,78
Noeud 21.	603,06	0	0,00	631,97	28,91
Noeud 23.	591,65	0	0,00	631,20	39,55
Noeud 25.	590,06	0	0,00	630,67	40,61
Noeud 27.	588,88	0,68	0,63	630,23	41,35
Noeud 29.	588,42	0	0,00	629,96	41,54
Noeud 4.	588,28	0	0,00	628,18	39,90
Noeud 5.	588,87	0	0,00	625,01	36,14
Noeud 32.	588,89	0	0,00	623,50	34,61
Noeud 34.	585,96	0	0,00	623,59	37,63
Noeud 6.	581,4	20,73	19,12	625,02	43,62
Noeud 76.	586,3	0	0,00	626,61	40,31
Noeud 38.	588,49	0	0,00	627,31	38,82
Noeud 40.	592,03	0	0,00	628,22	36,19
Noeud 94.	596,036	0	0,00	628,45	32,41
Noeud 16.	595,17	3,5	3,23	628,59	33,42
Noeud 69.	599,66	0	0,00	628,91	29,25
Noeud 0	604,13	1,79	1,65	629,58	25,45
Noeud 99.	609,55	0,1	0,09	630,92	21,37
Noeud 54.	609,57	0	0,00	631,23	21,66
Noeud 56.	609,86	0	0,00	631,52	21,66

Suite Tableau II.13: états des nœuds à 8 heures (avec débits d'incendie)

ID Nœud	Altitude m	Demande Base LPS	Demande LPS	Charge m	Pression m
Noeud 51.	608,34	0	0,00	631,57	23,23
Noeud 58.	607,42	0	0,00	631,80	24,38
Noeud 3.	607,13	0	0,00	632,11	24,98
Noeud 13.	607	0	0,00	632,58	25,58
Noeud 12.	611,12	0	0,00	631,77	20,65
Noeud 11.	610,56	0	0,00	631,66	21,10
Noeud 10.	609,45	0	0,00	631,52	22,07
Noeud 9.	608,16	0,55	0,51	631,33	23,17
Noeud 96.	605,76	0	0,00	630,50	24,74
Noeud 8.	596,504	0	0,00	630,63	34,13
Noeud 81.	594,571	0	0,00	630,33	35,76
Noeud 7.	590,361	0	0,00	630,03	39,67
Noeud 73.	607,65	0,78	0,72	631,89	24,24
Noeud 59.	609,83	0,74	0,68	631,55	21,72
Noeud 18.	606,39	0,66	0,61	631,75	25,36
Noeud 20.	603,72	0,58	0,53	631,74	28,02
Noeud 22.	601,31	0,68	0,63	631,50	30,19
Noeud 24.	596,84	3,74	3,45	626,54	29,70
Noeud 26.	595	0,67	0,62	630,00	35,00
Noeud 28.	597,36	0,68	0,63	629,56	32,20
Noeud 30.	593,24	0,67	0,62	629,30	36,06
Noeud 86.	596,53	1,46	1,35	627,29	30,76
Noeud 31.	596,61	0,85	0,78	624,66	28,05
Noeud 33.	594,43	2,32	2,14	618,35	23,92

Suite Tableau II.13 : états des nœuds à 8 heures (avec débits d'incendie)

ID Noeud	Altitude m	Demande Base LPS	Demande LPS	Charge m	Pression m
Noeud 36.	592,62	0,92	0,85	622,06	29,44
Noeud 37.	592,73	2	1,84	621,06	28,33
Noeud 39.	595,13	0,64	0,59	627,06	31,93
Noeud 77.	589,537	2,03	1,87	624,19	34,65
Noeud 41.	596,45	0,1	0,09	628,16	31,71
Noeud 42.	595,74	0,2	0,18	628,14	32,40
Noeud 43.	600,94	0,14	0,13	628,15	27,21
Noeud 95.	594,702	0,26	0,24	628,33	33,63
Noeud 70.	606,22	1,47	1,36	626,54	20,32
Noeud 65.	607,81	1,79	1,65	626,84	19,03
Noeud 53.	615,9	0,43	0,40	632,36	16,46
Noeud 15.	608,15	0	0,00	630,76	22,61
Noeud 46.	603,23	0,3	0,28	630,73	27,50
Noeud 44.	600,16	0,1	0,09	630,68	30,52
Noeud 85.	598,08	0,2	0,18	630,66	32,58
Noeud 47.	603,23	0,1	0,09	630,72	27,49
Noeud 45.	598,96	0,5	0,46	630,38	31,42
Noeud 14.	608,28	0	0,00	630,82	22,54
Noeud 49.	598,52	0,1	0,09	630,80	32,28
Noeud 50.	596,53	0,14	0,13	630,75	34,22
Noeud 48.	607,62	0,1	0,09	630,82	23,20
Noeud 52.	596,12	0,58	0,53	630,92	34,80
Noeud 71.	608,14	0,2	0,18	630,91	22,77
Noeud 72.	607,09	0,2	0,18	630,85	23,76

Suite Tableau II.13 états des nœuds à 8 heures (avec débits d'incendie)

Noeud 62	612,16	0,6	0,55	630,86	18,70
Noeud 63.	610,78	0,1	0,09	630,82	20,04
Noeud 64.	611,23	0,1	0,09	630,82	19,59
Noeud 66.	607,07	0,1	0,09	630,81	23,74
Noeud 97.	598,703	0,91	0,84	630,39	31,69
Noeud 93.	595,194	1,81	1,67	626,85	31,65
Noeud 75.	594,714	0,33	0,30	630,15	35,43
Noeud 78.	581,8	0,36	0,33	629,94	48,14
Noeud 67.	610,16	0,4	0,37	631,42	21,26
Noeud 68.	611,12	0,29	0,27	631,61	20,49
Noeud 87.	612,67	0,44	0,41	631,71	19,04
Noeud 88.	615,09	0,44	0,41	631,39	16,30
Noeud 89.	614,14	1	0,92	631,31	17,17
Noeud 90.	615,24	1	0,92	630,75	15,51
Noeud 91.	613,59	1	0,92	630,26	16,67
Noeud 92.	612	1	0,92	630,02	18,02
Noeud 100.	613,66	1	0,92	630,77	17,11
Noeud 55.	611,19	0,79	0,73	630,62	19,43
Noeud 57.	609,72	0,14	0,13	631,50	21,78

Tableau II.14: états des conduites à 8 heures (avec débits d'incendie)

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Rugosité mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert.Charge Unit. m/km
Tuyau 1	35,77	150	0,002	23,72	1,34	9,60
Tuyau 2	34,07	150	0,002	23,00	1,30	9,08
Tuyau 3	26,74	150	0,002	22,31	1,26	8,60
Tuyau 4	6,54	150	0,002	21,78	1,23	8,23
Tuyau 5	36,12	150	0,002	21,65	1,23	8,14
Tuyau 6	39,57	150	0,002	20,92	1,18	7,65
Tuyau 10	67,52	125	0,002	14,91	1,21	9,98
Tuyau 11	37,81	125	0,002	13,55	1,10	8,41
Tuyau 12	12,11	125	0,002	16,13	1,31	11,50
Tuyau 13	20,14	125	0,002	15,89	1,29	11,20
Tuyau 14	29,23	100	0,002	15,48	1,97	31,31
Tuyau 15	23,99	100	0,002	14,89	1,90	29,18
Tuyau 16	69,3	100	0,002	13,02	1,66	22,88
Tuyau 17	112,63	80	0,002	5,18	1,03	12,74
Tuyau 18	66,77	60	0,002	0,64	0,23	1,26
Tuyau 19	39,18	40	0,002	-1,50	1,19	38,43
Tuyau 20	38,79	40	0,002	-2,28	1,81	81,59
Tuyau 21	66,62	60	0,002	-3,63	1,28	26,74
Tuyau 22	30,76	80	0,002	-4,24	0,84	8,91
Tuyau 23	30,98	80	0,002	-5,50	1,09	14,17
Tuyau 24	30,79	80	0,002	-6,12	1,22	17,16
Tuyau 25	171,39	125	0,002	-9,57	0,78	4,49
Tuyau 26	31,25	125	0,002	-10,19	0,83	5,03
Tuyau 27	26,56	125	0,002	-10,73	0,87	5,52

Suite Tableau II.14: états des conduites à 8 heures (avec débits d'incendie)

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Rugosité mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert.Charge Unit. m/km
Tuyau 28	30,36	125	0,002	-11,34	0,92	6,09
Tuyau 29	35,96	200	0,002	-35,78	1,14	5,06
Tuyau 1.	19,52	200	0,002	27,19	0,87	3,08
Tuyau 31	269,49	200	0,002	26,80	0,85	3,00
Tuyau 32	13,31	150	0,002	21,37	1,21	7,96
Tuyau 33	18,52	150	0,002	21,11	1,19	7,77
Tuyau 10.	25,37	150	0,002	20,74	1,17	7,53
Tuyau 35	82,68	125	0,002	13,59	1,11	8,44
Tuyau 36	15,28	100	0,002	11,92	1,52	19,51
Tuyau 37	16,4	100	0,002	11,61	1,48	18,62
Tuyau 38	283,26	100	0,002	11,28	1,44	17,67
Tuyau 39	41,72	80	0,002	6,64	1,32	19,89
Tuyau 40	122,42	80	0,002	5,80	1,15	15,60
Tuyau 41	66,12	40	0,002	0,61	0,48	7,86
Tuyau 42	62,11	40	0,002	0,53	0,43	6,27
Tuyau 43	56,56	40	0,002	0,63	0,50	8,28
Tuyau 44	21,57	40	0,002	0,72	0,57	10,53
Tuyau 45	26,89	40	0,002	0,68	0,54	9,60
Tuyau 47	79,33	50	0,002	3,45	1,76	58,69
Tuyau 48	82,47	40	0,002	0,62	0,49	8,06
Tuyau 49	81,65	40	0,002	0,63	0,50	8,28
Tuyau 50	81,96	40	0,002	0,62	0,49	8,07
Tuyau 51	80,66	50	0,002	1,35	0,69	10,97
Tuyau 52	82,91	50	0,002	0,78	0,40	4,23

Suite Tableau II.14: états des conduites à 8 heures (avec débits d'incendie)

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Rugosité mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert.Charge Unit. m/km
Tuyau 53	70,74	40	0,002	2,14	1,70	72,82
Tuyau 54	76,55	80	0,002	4,54	0,90	10,05
Tuyau 55	53,73	40	0,002	0,85	0,68	14,08
Tuyau 56	31,44	40	0,002	1,84	1,47	55,84
Tuyau 57	123,06	50	0,002	1,87	0,95	19,68
Tuyau 58	33,17	40	0,002	0,59	0,47	7,44
Tuyau 59	45,74	50	0,002	0,41	0,21	1,35
Tuyau 60	23,96	40	0,002	0,18	0,15	1,00
Tuyau 61	33,03	40	0,002	0,13	0,10	0,55
Tuyau 62	75,57	40	0,002	0,24	0,19	1,56
Tuyau 63	73,36	40	0,002	1,36	1,08	32,26
Tuyau 64	59,94	40	0,002	1,65	1,31	45,81
Tuyau 65	166,72	50	0,002	0,40	0,20	1,29
Tuyau 67	82	125	0,002	18,21	1,48	14,33
Tuyau 68	32,14	80	0,002	1,11	0,22	0,83
Tuyau 69	29,14	60	0,002	0,74	0,26	1,60
Tuyau 70	22,7	40	0,002	0,18	0,15	1,00
Tuyau 72	62,89	40	0,002	0,46	0,37	4,84
Tuyau 73	15,43	150	0,002	19,63	1,11	6,82
Tuyau 74	9,26	150	0,002	19,32	1,09	6,63
Tuyau 76	113,49	40	0,002	0,13	0,10	0,55
Tuyau 77	85,81	40	0,002	0,09	0,07	0,22
Tuyau 78	28,43	80	0,002	0,31	0,06	0,09
Tuyau 79	104,84	40	0,002	0,53	0,43	6,27

Suite Tableau II.14: états des conduites à 8 heures (avec débits d'incendie)

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Rugosité mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert.Charge Unit. m/km
Tuyau 81	56,06	40	0,002	0,18	0,15	1,00
Tuyau 82	27,37	60	0,002	0,83	0,29	1,97
Tuyau 83	50,03	50	0,002	0,28	0,14	0,70
Tuyau 84	36,8	40	0,002	0,09	0,07	0,22
Tuyau 85	26,09	40	0,002	0,09	0,07	0,22
Tuyau 86	219,38	60	0,002	0,33	0,12	0,40
Tuyau 87	78,48	40	0,002	0,30	0,24	2,35
Tuyau 88	81,04	40	0,002	1,67	1,33	46,72
Tuyau 89	601,17	100	0,002	0,84	0,11	0,18
Tuyau 90	31,08	40	0,002	0,37	0,29	3,28
Tuyau 91	29,78	40	0,002	0,27	0,21	1,88
Tuyau 92	12,47	100	0,002	5,42	0,69	4,74
Tuyau 93	83,02	40	0,002	0,41	0,32	3,87
Tuyau 94	39,05	80	0,002	4,61	0,92	10,34
Tuyau 95	33,72	60	0,002	2,77	0,98	16,48
Tuyau 96	30,09	40	0,002	0,92	0,73	16,31
Tuyau 97	44,87	40	0,002	0,92	0,73	16,31
Tuyau 98	33,27	40	0,002	0,92	0,73	16,31
Tuyau 99	41,69	40	0,002	0,13	0,10	0,54
Tuyau 100	55,82	40	0,002	0,73	0,58	10,77
Tuyau 103	63,03	40	0,002	0,09	0,07	0,22
Tuyau 8	380	200	0,002	-78,65	2,50	21,23

II.12. Interprétation des résultats

Les résultats de la simulation sur d'épanet sont légèrement différents pour des raisons suivantes :

- On a utilisé 638m (cote du radier du réservoir) comme hauteur piézométrique du réservoir pour notre programme excel pour avoir une bonne pression dans le réseau quel que soit le niveau d'eau dans le réservoir alors qu'épanet utilise 638 m comme cote radier avec hauteur d'eau de 3,90 m dans le réservoir à 8heures, ce qui donne une hauteur piézométrique 641,9 m.

C'est ce qui explique les différences de pressions 2 à 3m entre le programme excel et épanet.

- Les résultats des deux programmes ont montrés que dans certains tronçons des ramifications la vitesse est inférieure à 0.5m/s, ce qui favorise les dépôts dans la conduite, mais nous sommes dans l'incapacité de diminuer les diamètres de ces tronçons pour augmenter les vitesses car on a atteint le diamètre minimal recommandé pour les réseaux d'AEP (40mm) (Moussa, 2002).

Au vu des résultats, on peut conclure que notre réseau assure une bonne alimentation en eau avec des pressions satisfaisantes aux nœuds à toutes heures de la journée. Le problème de vitesse n'est lié au dimensionnement des conduites, il est imputable aux faibles débits de route.

II.13. Profil en long

Le profil en long est un graphique sur lequel les points du terrain et du projet sont reportés en abscisses par leurs distances horizontales et en ordonnée par leurs dénivelées depuis une horizontale de référence. On s'attellera à tracer pour ce projet, que les profils en long des conduites maitresses des mailles du réseau.

Tableau II.15 : Tableau des hauteurs piézométriques et de la cote du projet des nœuds des conduites de la maille I

Point	l cumulé	cote terrain naturel	cote du radier de la conduite	hauteur piézométrique
1	0	607,32	606,32	635,45
13	19,52	607	606	635,37
12	288,93	611,12	610,12	634,35
11	302,24	610,56	609,56	634,23
10	320,76	609,45	608,45	634,23
9	346,13	608,16	607,16	634,03

Le tableau ci-dessus recèle tous les éléments nécessaires pour le tracé du profil en long des tronçons de la maille I. Nous dresserons donc ci-dessous à partir de ce tableau le profil en long des conduites de la maille I.

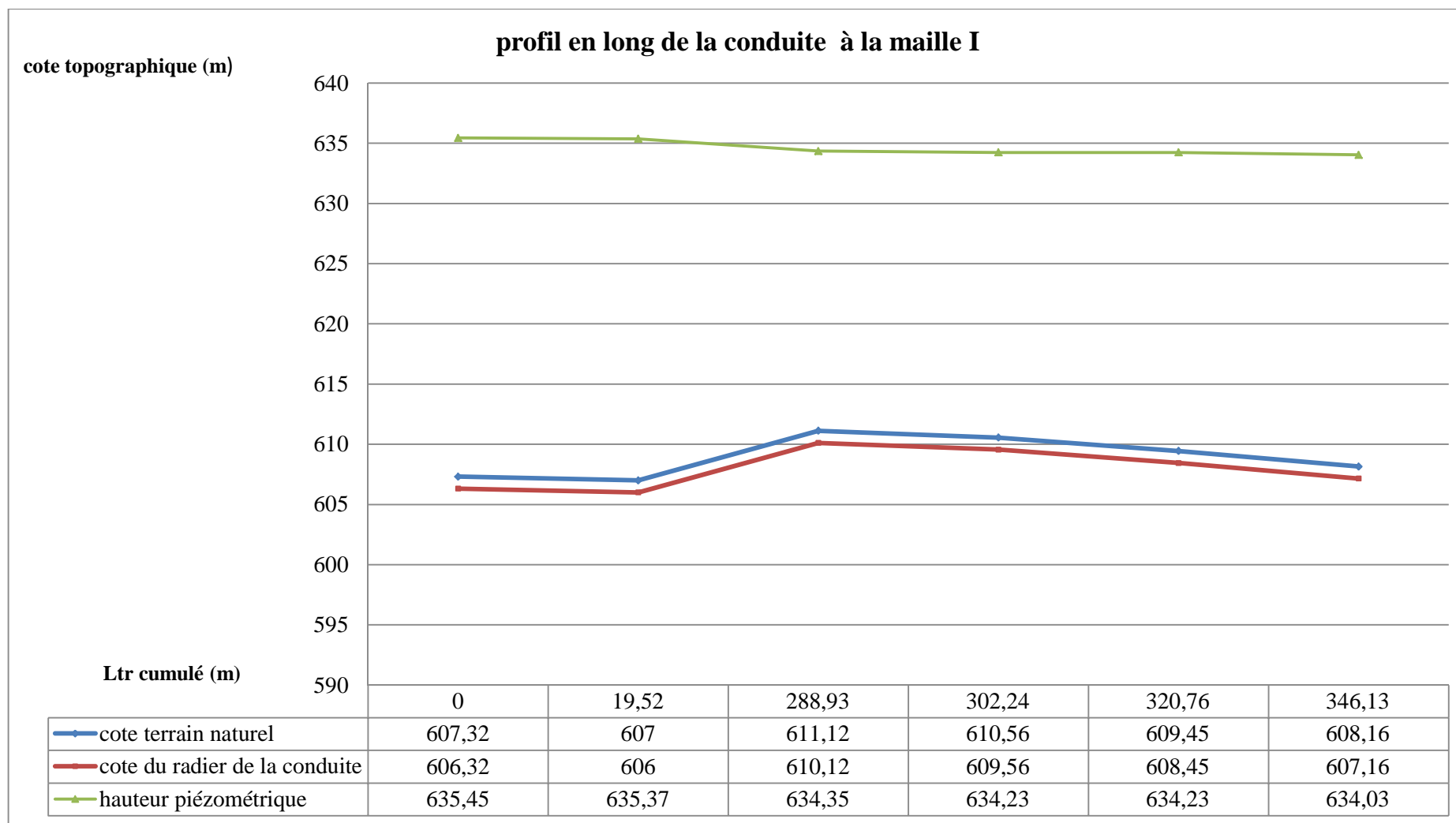


Figure II.14 : profil en long de la conduite à la maille I

Tableau II.16 : Tableau des hauteurs piézométriques et de la cote du projet des nœuds des conduites de la maille II

tronçon	l cumulé	cote terrain naturel	cote du radier de la conduite	hauteur piézométrique
R	0	638	637	638,00
1	380	607,32	606,32	635,45
2	415,96	606,66	605,66	635,18
17	446,32	607,13	606,13	634,81
19	472,88	607,13	606,13	634,53
21	504,13	603,06	602,06	634,23
23	675,52	591,65	590,65	632,87
25	706,31	590,06	589,06	632,08
27	737,29	588,88	587,88	631,52
29	768,05	588,42	587,42	631,15
4	834,67	588,28	587,28	628,86
5	873,46	588,87	587,87	627,21
32	912,64	588,89	587,89	625,42
34	979,41	585,96	584,96	623,06
6	1092,04	581,4	580,4	619,55

On réitéra le même travail fait précédemment sauf qu'ici on s'appuiera sur le tableau ci-dessus pour le tracé du profil en long.

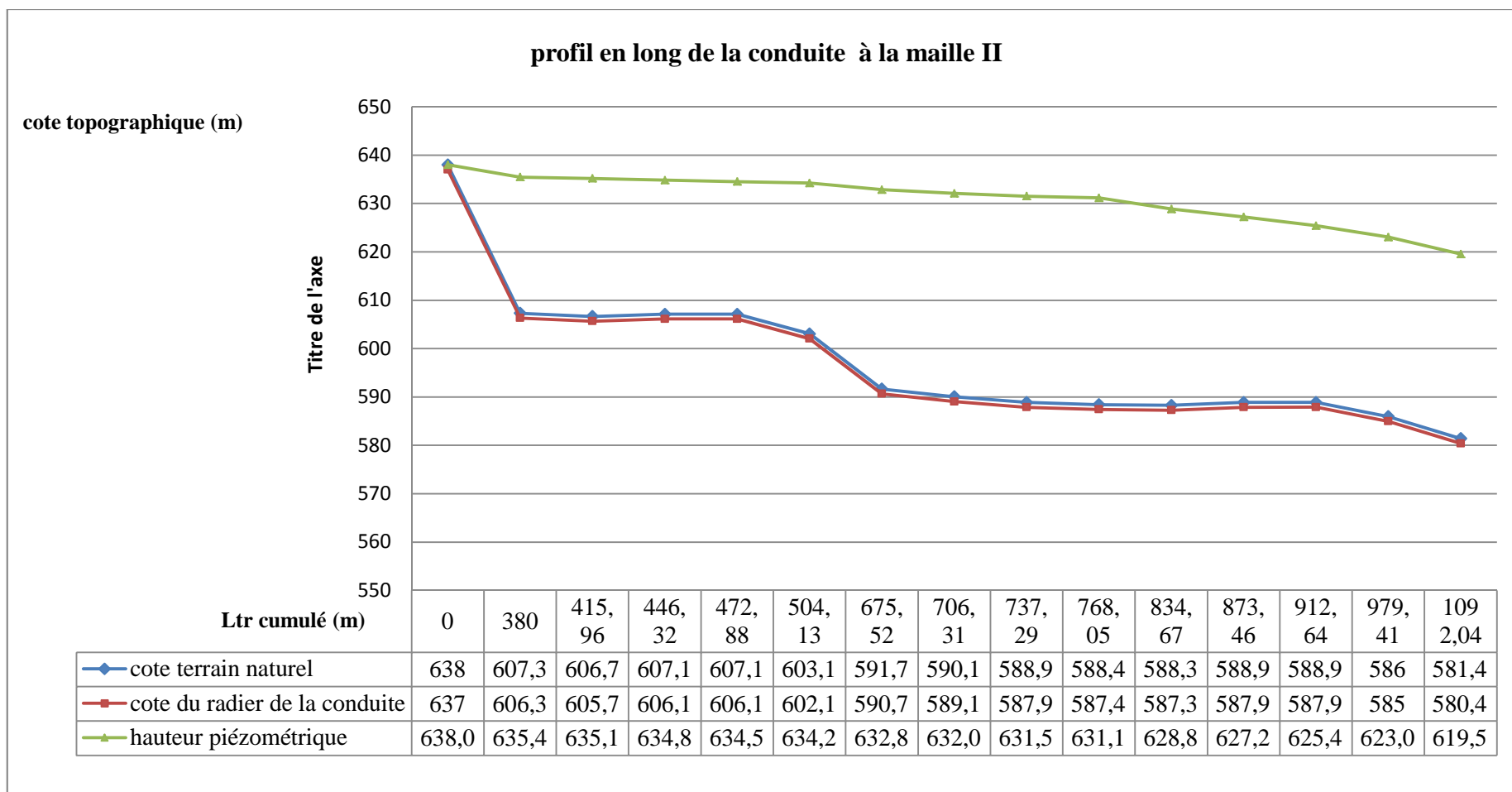


Figure II.15 : profil en long de la conduite à la maille II

Tableau II.17 : Tableau des hauteurs piézométriques et de la cote du projet des nœuds des conduites adjacentes à la maille I et II

tronçon	l cumulé	cote terrain naturel	cote radier de la conduite	hauteur piézométrique
2	0	606,66	605,66	635,18
3	35,77	607,13	606,13	634,73
58	69,84	607,42	606,42	634,35
51	96,58	608,34	607,34	634,07
56	103,12	609,86	608,86	634,01
54	139,24	609,57	608,57	633,67
99	178,81	609,55	608,55	633,34
14	194,24	608,28	607,28	633,22
15	203,5	608,15	607,15	633,05
0...	285,5	604,13	603,13	631,59
69	353,02	599,66	598,66	630,72
16	390,83	595,17	594,17	630,36

A partir de ce tableau, on trace le profil en long des conduites adjacentes aux mailles I et II.

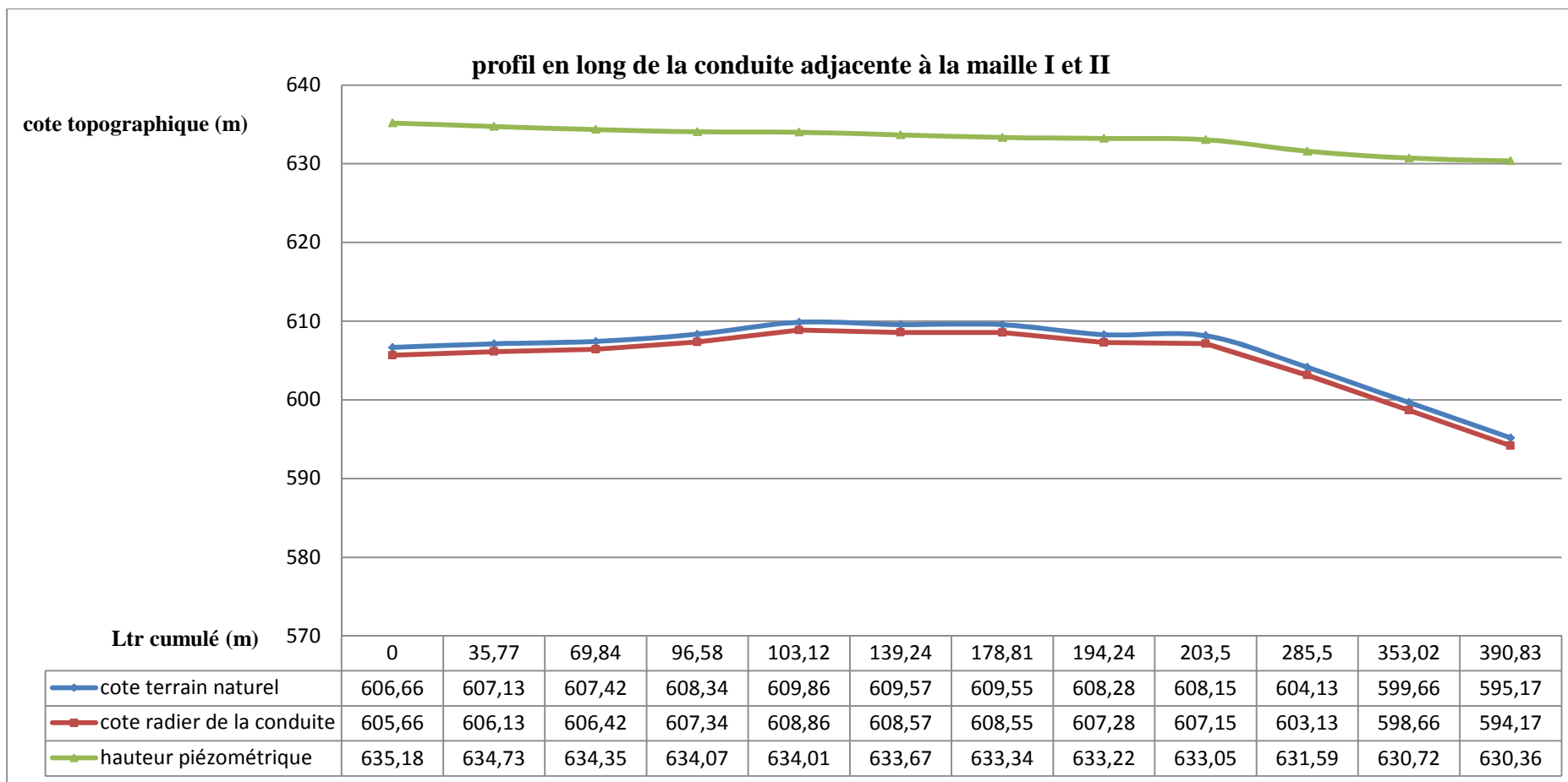


Figure II.16 : profil en long des conduites adjacentes aux mailles I et II

Chapitre III : Dimensionnement du réseau d'assainissement

L'assainissement est l'ensemble des techniques qui permettent l'évacuation par voie hydraulique des eaux pluviales et usées d'une agglomération. Les eaux sont recueillies à l'intérieur des propriétés par un réseau de canalisations puis évacuées gravitairement vers un égout collecteur qui en assure le rejet dans un exutoire étudié à ne pas nuire à l'hygiène publique. L'assainissement est de ce fait un outil précieux de lutte contre la pollution, l'inondation, les maladies à transmissions hydriques et de sauvegarde de la salubrité du milieu. C'est dans cette optique que nous nous évertuerons à dimensionner le réseau d'assainissement de la localité de M'Sala.

III-1. Nature des eaux à évacuer

Le débit arrivant à l'exutoire du réseau d'assainissement, à la station de traitement ou au milieu naturel est la somme de divers débits que nous allons définir ci-après (Staub, 2006).

III.1.1. Débits d'eaux domestiques

Le débit d'eaux domestiques Q_{md} est le débit moyen instantané provenant des usagers particuliers connectés au réseau. En Assainissement, on s'intéressera davantage au débit domestique de pointe Q_{pd} qui vaut :

$$Q_{pd} = P \cdot Q_{md} \quad \dots\dots\dots(III.1)$$

Avec :

$$P = 1,5 + 2,5/\sqrt{Q_{md}} \quad \dots\dots\dots(III.2)$$

P: coefficient de pointe

Q_{md} : débit domestique de pointe

III.1.2. Débits d'eaux industrielles et services publics

Ces débits sont générés par des activités industrielles des entreprises (qui doivent par ailleurs signer une convention particulière de déversement dans le réseau) ainsi que les activités des services publics pour le nettoyage des espaces publics (Staub et al, 2006).

III.1.3. Les Eaux de ruissellements

Elles émanent des eaux de pluie. Les eaux qui s'abattent sur un bassin versant jouent trois rôles :

D'abord, elles humidifient la surface du bassin et les équipements qui y sont installés ; ensuite, elles s'infiltrent dans le sol et rejoignent la nappe phréatique ; enfin, le cas échéant, elles ruissellent jusqu' au point de captage (fossé, bouche d'égout ou rivière). (Brière, 2006)

III.2. Différents types de réseau d'assainissement

III.2.1. Réseau unitaire

Un système dit unitaire, appelé aussi « tout à l'égout », est un système qui draine l'ensemble des eaux usées et pluviales vers l'extérieur de l'agglomération par un réseau unique. C'est un système compact qui convient mieux pour les milieux urbains de haute densité, mais qui pose des problèmes d'auto-curage en période sèche (Bécher et al, 2006).

III.2.2. Réseau séparatif

Un système dit séparatif qui collecte séparément les eaux usées et les eaux pluviales dans deux réseaux distincts. Il est adopté dans les petites et moyennes agglomérations et dans les extensions des grandes villes (Bécher et al, 2006).

III.2.3. Réseau pseudo-séparatif

C'est un réseau séparatif particulier dans lequel le réseau d'évacuation des eaux usées reçoit certaines eaux pluviales (toiture, cours...etc), le réseau pluvial ne reçoit que les eaux de ruissellement des chaussées et des trottoirs (Chibane, 2011).

Nous avons opté pour notre projet le réseau unitaire suite aux spécificités de la localité en particulier la densité importante des habitations (formelles et informelles) et l'étroitesse relative des routes ainsi que pour les avantages économiques et techniques que présente ce type de réseau (faible cout de réalisation et facilité des branchements et de la mise en place des conduites).

III.3. Tracé du réseau d'assainissement

Le tracé du réseau d'un réseau d'assainissement se fait selon les critères suivants :

- Suivre autant que possible plan de la voirie
- distance max entre 2 regards de visite: 70m
- Regard de visite aux changements de pente et de direction
- Couverture minimale des canalisations: 80 cm
- Suivre si possible la pente naturelle
- Pente minimale de 2 mm/m pour les eaux usées et 4 mm/m pour les eaux pluviales.
- Diamètre minimal: réseau d'eaux usées \varnothing 200 mm et \varnothing 300 mm pour le réseau pluvial ou unitaire
- diamètres croissants d'amont en aval
- Délimiter les sous bassins versants drainés par chaque tronçon.

Après superposition de la carte topographique et la carte d'aménagement sur laquelle a été tracée la variante de l'URBAT, nous avons constaté des rampes (déclivités négatives) dans certains endroits de leur réseau. Les pentes négatives ne sont pas favorables à l'écoulement gravitaire des eaux dans les conduites.

Nous avons par conséquent suite à la configuration topographique de la zone d'étude, proposé deux réseaux unitaires drainant séparément toutes les effluents de l'agglomération et

qui finissent sur deux exutoires distincts. Le tracé des réseaux a été fait sur le logiciel Autocard à partir du plan d'aménagement de M'Sala (voir figure III.1).

III.4. Estimation des rejets d'eaux usées

On estime que 80% des eaux distribuées à la population sont rejetées dans le réseau d'égout.

$$Q_{eu} = 80\% Q_{moy j} \dots\dots\dots (III.3)$$

$$Q_{moy j} = 447,81 \text{ m}^3 / j = 5,183 \text{ l/s (d'après les calculs faits dans la chapitre 2)}$$

$$Q_{eu} = 4,146 \text{ l/s}$$

La longueur totale du réseau 1 (LT1) = 2798,5 m

La longueur totale du réseau 2 (LT2) = 2310,668 m

La longueur totale des réseaux LT = LT1+LT2

LT= 5109,17 m

Le débit spécifique est donné par la formule :

$$Q_{sp} = Q_{eu} / LT \dots\dots\dots(III.4)$$

$$Q_{sp} = 0,00081148 \text{ l/s/m}$$

Le débit de pointe Q_{pf} de chaque tronçon est obtenu en effectuant la moyenne arithmétique du débit de pointe entrant (débit amont (Q_{pe})) et du débit sortant (débit aval (Q_{ps})).

Les résultats des calculs des débits de points de chaque tronçon des réseaux 1 et 2 sont dans les tableaux ci- dessous.

Q_{mr} : débit de route

Q_{me} : débit entrant

Q_{ms} : débit sortant

P : coefficient de pointe

Tableau III.1 : Calcul des débits de pointe Q_{pf} de chaque tronçon du réseau 1

Tronçon	surface	h amont	h aval	Ltr	Q _{mr}	Q _{me}	Q _{ms}	p	Q _{pe}	Q _{pf} (l/s)	Q _{pf} (m ³ /s)
									Q _{ps}		
R1....R2	1933,879	607,13	606,39	62,69	0,0509	0	0,0509	0	0	0,1017	0,0001
								4	0,2035		
R3...R4	1615,159	604,49	603,72	56,866	0,0461	0	0,0461	0	0	0,0923	0,0001
								4	0,1846		
R5...R6	1732,406	603,06	601,37	53,583	0,0435	0	0,0435	0	0	0,0870	0,0001
								4	0,1739		
R8...R12	4141,112	598,08	591,03	124,85	0,1013	0	0,1013	0	0	0,2026	0,0002
								4	0,4053		
R10...R12	6486,401	596,06	591,03	103,84	0,0843	0	0,0843	0	0	0,1685	0,0002
								4	0,3371		
R12...R14	836,375	591,03	590,06	27,789	0,0226	0,1856	0,2081	4	0,7423	0,7874	0,0008
								4	0,8325		
R2...R4	625,966	606,39	603,72	25,113	0,0204	0,0509	0,0713	4	0,2035	0,2442	0,0002
								4	0,2850		
R4...R6	443,471	603,72	601,37	25,59	0,0208	0,1174	0,1382	4	0,4696	0,5111	0,0005
								4	0,5526		
R6...R14	2817,165	601,37	590,06	131,5	0,1067	0,1816	0,2884	4	0,7266	0,9400	0,0009
								4	1,1534		
R45...R46	94642,87	615,11	608,05	142,52	0,1157	0	0,1157	0	0	0,2313	0,0002
								4	0,4626		
R46...R48	140,447	608,05	607,72	18,435	0,0150	0,1157	0,1306	4	0,4626	0,4925	0,0005
								4	0,5224		
R47...R48	50870,55	615,09	607,72	134,35	0,1090	0	0,1090	0	0	0,2180	0,0002
								4	0,4361		
R48..R49	146,751	607,72	607,69	14,468	0,0117	0,2396	0,2514	4	0,9585	0,9820	0,0010
								4	1,0055		
R11...R49	1520	608,26	607,69	52,357	0,0425	0	0,0425	0	0	0,0850	0,0001
								4	0,1699		
R49...R16	1288,119	607,69	607,15	58,549	0,0475	0,2939	0,3414	4	1,1754	1,2705	0,0013
								4	1,3655		
R18..R16	885,945	612,19	607,15	42,348	0,0344	0	0,0344	0	0	0,0687	0,0001
								4	0,1375		
R16...R19	3176,785	607,15	595,14	121,9	0,0989	0,3757	0,4747	4	1,5029	1,7008	0,0017
								4	1,8986		
R25..R19	4210,182	608,28	595,14	282,49	0,2292	0	0,2292	0	0	0,4585	0,0005
								4	0,9169		
R19..R20	2199,905	595,14	589,6	82,678	0,0671	0,7039	0,7710	4	2,8155	2,9497	0,0029
								4	3,0839		
R14...R20	703,488	590,06	589,6	28,896	0,0234	0,4965	0,5199	4	1,9859	2,0328	0,0020
								4	2,0797		

R22...R30	7159,518	607,14	589,28	191,56	0,1554	0	0,1554	0	0	0,3109	0,0003
								4	0,6218		
R20...R30	1641,233	589,6	589,28	66,109	0,0536	1,2909	1,3446	3,7004	4,7768	4,8463	0,0048
								3,6560	4,9157		
R30...R32	951,442	589,28	588,77	37,983	0,0308	1,5000	1,5308	3,5412	5,3119	5,3506	0,0054
								3,5206	5,3894		
R32...R42	945,824	588,77	588,75	36,997	0,0300	1,6863	1,7163	3,4252	5,7758	5,8127	0,0058
								3,4083	5,8496		
R27...R32	5272,668	605,7	588,77	191,56	0,1554	0	0,1554	0	0	0,3109	0,0003
								4	0,6218		
R26...R38	1531,98	608,15	606,25	52,728	0,0428	0	0,0428	0	0	0,0856	0,0001
								4	0,1712		
R38...R39	764,536	606,25	603,31	27,235	0,0221	0,0428	0,0649	4	0,1712	0,2154	0,0002
								4	0,2596		
R37...R39	1231,411	603,59	603,31	50,229	0,0408	0	0,0408	0	0	0,0815	0,0001
								4	0,1630		
R39...R40	211,012	603,31	600,61	12,24	0,0099	0,1056	0,1156	4	0,4226	0,4425	0,0004
								4	0,4623		
R41...R40	569,235	600,84	600,61	29,014	0,0235	0	0,0235	0	0	0,0471	0,0000
								4	0,0942		
R40...R35	233,692	600,61	599	14,702	0,0119	0,1391	0,1511	4	0,5565	0,5804	0,0006
								4	0,6042		
R36...R35	1323,035	601,43	599	51,362	0,0417	0	0,0417	0	0	0,0834	0,0001
								4	0,1667		
R35...R34	1719,598	599	596,9	30,852	0,0250	0,1927	0,2178	4	0,7709	0,8210	0,0008
								4	0,8711		
R33...R34	643,646	607,7	596,9	31,211	0,0253	0	0,0253	0	0	0,0507	0,0001
								4	0,1013		
R34...R42	2429,72	596,9	588,75	90,048	0,0731	0,2431	0,3162	4	0,9724	1,1185	0,0011
								4	1,2647		
R32...R42	945,824	588,77	588,75	36,997	0,0300	1,6863	1,7163	3,4252	5,7758	5,8127	0,0058
								3,4083	5,8496		
R43...R44	10714,2	594,66	585,96	131,03	0,1063	0	0,1063	0	0	0,2127	0,0002
								4	0,4253		
R42...R44	3145,585	588,75	585,96	68,247	0,0554	2,0325	2,0878	3,2536	6,6128	6,6785	0,0067
								3,2302	6,7441		
R44...R50	967,915	585,96	584	57,624	0,0468	2,1942	2,2409	3,1877	6,9944	7,0491	0,0070
								3,1700	7,1038		
Somme				2798,5							

Tableau III.2 : Calcul des débits de pointe Q_{pf} de chaque tronçon du réseau 2

Tronçon	Surface	h amont	h aval	Ltr	Q _{mr}	Q _{me}	Q _{ms}	p	Q _{pe}	Q _{pf} (l/s)	Q _{pf} (m ³ /s)
									Q _{ps}		
R17...R51	3097,25	615,15	611,83	93,448	0,0758	0	0,0758	0	0	0,1517	0,0002
								4	0,3033		
R21...51	1753,25	615,09	611,83	99,399	0,0807	0	0,0807	0	0	0,1613	0,0002
								4	0,3226		
R51..R55	103,883	611,83	610,59	13,54	0,0110	0,1565	0,1675	4	0,6260	0,6479	0,0006
								4	0,6699		
R53...R55	1021,51	611,12	610,59	29,171	0,0237	0	0,0237	0	0	0,0473	0,00005
								4	0,0947		
R55...R56	103,825	610,59	609,45	15,716	0,0128	0,1912	0,2039	4	0,7646	0,7901	0,0008
								4	0,8156		
R54...R56	935,981	610,81	609,45	29,09	0,0236	0	0,0236	0	0	0,0472	0,00005
								4	0,0944		
R56...R57	2783,04	609,45	603,25	103,18	0,0837	0,2275	0,3112	4	0,9100	1,0775	0,0011
								4	1,2450		
R29....R57	2471,79	610,28	603,25	73,494	0,0596	0	0,0596	0	0	0,1193	0,0001
								4	0,2386		
R57...R62	2112,87	603,25	595,95	74,188	0,0602	0,3709	0,4311	4	1,4835	1,6039	0,0016
								4	1,7243		
R7...R23	38053	614,49	609,05	116,78	0,0948	0	0,0948	0	0	0,1895	0,0002
								4	0,3791		
R15...R23	6583,93	615,27	609,05	76,658	0,0622	0	0,0622	0	0	0,1244	0,0001
								4	0,2488		
R23...R24	1779,88	609,05	606,31	73,005	0,0592	0,1570	0,2162	4	0,6279	0,7464	0,0007
								4	0,8649		
R13...R28	1858,18	614,14	611,63	50,882	0,0413	0	0,0413	0	0	0,0826	0,0001
								4	0,1652		
R9....R28	681,427	612,39	611,63	24,747	0,0201	0	0,0201	0	0	0,0402	0,00004
								4	0,0803		
R28...R31	804,702	611,63	610,78	18,159	0,0147	0,0614	0,0761	4	0,2455	0,2750	0,0003
								4	0,3044		
R52...R31	928,673	611,36	610,78	51,723	0,0420	0	0,0420	0	0	0,0839	0,0001
								4	0,1679		
R31....R24	1846,29	610,78	606,31	75,661	0,0614	0,1181	0,1795	4	0,4723	0,5951	0,0006
								4	0,7179		

R24...R61	2996,5	606,31	599,66	89,388	0,0725	0,3957	0,4682	4	1,5828	1,7278	0,0017
								4	1,8729		
R71...R61	1941,91	606,22	599,66	67,506	0,0548	0	0,0548	0	0	0,1096	0,0001
								4	0,2191		
R61...R62	733,004	599,66	595,95	31,734	0,0258	0,5230	0,5488	4	2,0920	2,1435	0,0021
								4	2,1950		
R62..R63	153,889	595,95	594,036	12,254	0,0099	0,9798	0,9898	4	3,9194	3,9392	0,0039
								4	3,9591		
R58...R60	2468,64	605,03	598,38	54,227	0,0440	0	0,0440	0	0	0,0880	0,0001
								4	0,1760		
R59..R60	2035,23	599,736	598,38	48,462	0,0393	0	0,0393	0	0	0,0787	0,0001
								4	0,1573		
R60..R63	3984,87	598,38	594,036	107,45	0,0872	0,0833	0,1705	4	0,3333	0,5077	0,0005
								4	0,6821		
R63..R65	235,31	594,036	592,24	17,348	0,0141	1,1603	1,1744	3,8209	4,4334	4,4521	0,0045
								3,8069	4,4708		
R64...R65	4024,48	599,01	592,24	89,612	0,0727	0	0,0727	0	0	0,1454	0,0001
								4	0,2909		
R65...R68	2295,06	592,24	585,15	70,145	0,0569	1,2471	1,3040	3,7387	4,6625	4,7367	0,0047
								3,6893	4,8109		
R67....R68	4816,38	589,537	585,15	123,75	0,1004	0	0,1004	0	0	0,2008	0,0002
								4	0,4017		
R68...R69	4700,28	585,15	579,62	113,4	0,0920	1,4044	1,4965	3,6095	5,0694	5,1862	0,0052
								3,5437	5,3029		
R66...R69	12439,5	590,361	579,62	236,97	0,1923	0	0,1923	0	0	0,3846	0,0004
								4	0,7692		
R69...R70	6924,28	579,62	576,364	229,58	0,1863	1,6888	1,8751	3,4238	5,7820	6,0089	0,0060
								3,3257	6,2359		
Somme				2310,7							

III.5. Débits d'eaux pluviales

Les seules quantités d'eaux à évacuer qui ne proviennent pas de la distribution sont les pluies. Pour déterminer les débits pluviaux à évacuer, on se basera sur les connaissances hydrologiques des fortes averses.

On admettra, pour limiter les dépenses d'équipement, que de loin en loin (par exemple en moyenne une fois tous les dix ans) le réseau d'assainissement devienne insuffisant, ce qui entraînera une submersion partielle et momentanée des voies de communication, surtout dans les bas quartiers (Bonnin, 1986).

III.5.1. Evaluation du débit pluvial par la méthode rationnelle

La méthode rationnelle, mise au point avant l'avènement des équipements informatiques, permet de calculer rapidement les débits de ruissellement maximaux pour des pluies uniformes tombant sur des bassins versants de faible superficie (moins de 5km², selon Viessaman et Hammer,1993, jusqu'à 25km² selon le ministère de transport du Québec dans son manuel de conception des ponceaux de 1994); C'est une méthode parfaitement appropriée en ce qui concerne les bassins versants urbains (Brière,2006).

Le ruissellement maximal imputable à une pluie d'intensité uniforme, I, tombant sur l'ensemble du bassin et d'une durée Tn supérieure ou égale au temps de concentration Tc du bassin est calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$Q_p = 0,167 \cdot C \cdot i \cdot A \quad \dots\dots\dots (III.5)$$

Avec :

$$C \cdot A = \sum C_i \cdot A_i$$

Qp : le débit de pointe (m³/s)

A : surface du bassin versant (ha)

i : intensité moyenne maximale (mm/min)

C : coefficient de ruissellement

On prendra $i = 4 \cdot T_c^{-0,5}$ applicable pour l'Algérie pour une période de retour de 10ans (in Béchir et al, 2006) pour l'application de la formule de la méthode rationnelle dans notre projet.

III.5.2. Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement est fonction principalement du type d'occupation du terrain mais aussi de la nature des sols, de leur degré de saturation en eau, de la pente du terrain. A titre indicatif, des exemples de valeurs extraites de l'ouvrage "Les réseaux d'assainissement" de Régis Bourrier sont portées dans le tableau ci-après :

Tableau III.3. Coefficient de ruissellement “c” en fonction du type d’occupation des sols (Cahier des clauses techniques générales, 2003)

Type d’occupation des sols	Coefficient de ruissellement “c”
Habitations très denses	0,9
Habitations denses	0,60 à 0,70
Revêtements modulaires à joints larges	0,60
Zones cultivées	0,10 à 0,35
Quartiers résidentiels	0,20 à 0,50
Zones boisées	0 à 0,15

Les habitations de M’Sala sont denses, on utilisera un coefficient de ruissellement “c” de 0,7 dans les calculs de dimensionnement du réseau d’assainissement.

III.5.3. Le temps d’entrée d’un sous bassin versant (Tc)

Le temps d’entrée (temps de concentration), Tc, d’un bassin versant urbain est le temps le plus long que peut mettre l’eau qui ruisselle sur ce bassin versant à atteindre la bouche d’égout. La valeur du temps d’entrée est fonction de :

- La pente moyenne de la surface du terrain en direction de la bouche d’égout.
- La distance que l’eau doit parcourir, en surface, pour atteindre la bouche d’égout
- La nature de la surface sur laquelle l’eau doit ruisseler.

Il existe plusieurs modèles d’évaluation du temps de concentration d’un bassin versant. Le calcul des temps d’entrées des sous bassins de notre projet se fera avec le modèle de Kirpich (in Brière, 2006).

$$tc = 0,0195 \cdot L^{0,77} \cdot F \cdot S^{-0,385} \dots\dots\dots(III.6)$$

L : longueur maximale parcourue par l’eau sur la surface (m)

S : pente moyenne du chemin parcouru par l'eau (m/m)

F : facteur relatif à la surface ; il permet d'utiliser l'équation les régions autres que rurales (f=1 pour bassin rural).

III.6. Dimensionnement du réseau d'assainissement

Le dimensionnement de réseau se fait généralement par modélisation informatique, dans notre cas on utilisera le tableur Excel pour les calculs. Le calcul « à la main » est un peu fastidieux et engendre dès fois des surdimensionnement. Après dimensionnement, les conduites du réseau doivent être susceptibles d'évacuer le débit de pointe tout en assurant une vitesse d'écoulement normale.

III.6.1. Détermination des diamètres des conduites du réseau

Le diamètre des conduites est donné par la formule de Chezy :

$$V = C \sqrt{R_h \cdot I} \quad \dots\dots\dots(III.7)$$

C : coefficient de Chezy

Maning propose:

$$C = 1/n \cdot R_h^{1/6} \quad \dots\dots\dots(III.8)$$

Bazin propose:

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\alpha}{\sqrt{R_h}}} \quad \dots\dots\dots(III.9)$$

R : rayon hydraulique

I : pente de la conduite

V : vitesse d'écoulement (m /s)

n : Rugosité de la conduite

En posant $Q_p = V \cdot S$

On obtient après développement de la formule de Manning :

$$D = \left(\frac{n \cdot Q_p}{0,3117 \cdot \sqrt{I}} \right)^{3/8} \dots\dots\dots(III.10)$$

C'est cette formule qu'on utilisera pour la détermination des diamètres des conduites des réseaux dans notre projet.

III.6.2. Conditions de fonctionnement d'un réseau en réseau séparatif ou unitaire

- Diamètre minimal des eaux usées =200 mm
- Diamètre minimal des eaux pluviales =300 mm
- Pente minimale (I min) =0.4%
- Vitesse minimale (V min) =1 m/s au débit de pleine section QP S ;
- Vitesse d'écoulement minimale dans la conduite (V min) =0.6 m/s `a QP S /10 ;
- Vitesse d'écoulement minimale dans la conduite (V min) =0.3 m/s `a QP S /100 ;
- Vitesse maximale (V max) = 3 à 4 m/s (Staub et al, 2006).

III.7. Dimensionnement de nos deux réseaux

Le calcul des débits d'eaux pluviales s'est fait par le biais du tableur Excel.

La détermination des débits pluviaux transitant dans les divers tronçons du réseau est basée sur la méthode rationnelle (in Béchir et al, 2006).

L'intensité $i = 4 \cdot T_c^{-0,5}$ avec T_c = temps de concentration du bassin versant.

Les tableaux ci-dessous récapitulent les données relatives à chaque réseau.

Tableau III.4 : Données caractérisant le réseau 1

Tronçon	surface (m ²)	Surface (ha)	h amont	h aval	Ltr	Long hyd	DH(m)	I bv(m/m)	I tr(m/m)	Tc (min)	Cr
R1...R2	1933,879	0,1934	607,13	606,39	62,69	79,364	0,74	0,0093	0,0118	3,4233	0,7
R3...R4	1615,159	0,1615	604,49	603,72	56,87	73,268	0,77	0,0105	0,0135	3,0741	0,7
R5...R6	1732,406	0,1732	603,06	601,37	53,58	66,319	1,69	0,0255	0,0315	2,0244	0,7
R8...R12	4141,112	0,4141	598,08	591,03	124,9	144,171	7,05	0,0489	0,0400	2,8641	0,7
R10...R12	6486,401	0,6486	596,06	591,03	103,8	118,374	5,03	0,0425	0,0300	2,5974	0,7
R12...R14	836,375	0,0836	591,03	590,06	27,79	27,789	0,97	0,0349	0,0250	0,9179	0,7
R2...R4	625,966	0,0626	606,39	603,72	25,11	30,207	2,67	0,0884	0,0800	0,6845	0,7
R4...R6	443,471	0,0443	603,72	601,37	25,59	25,59	2,35	0,0918	0,0400	0,5936	0,7
R6...R14	2817,165	0,2817	601,37	590,06	131,5	131,497	11,31	0,0860	0,0200	2,1468	0,7
R45...R46	4450	0,4450	615,11	608,05	142,5	154,598	7,06	0,0457	0,0300	3,1030	0,7
R46...R48	140,447	0,0140	608,05	607,72	18,44	18,435	0,33	0,0179	0,0179	0,2064	0,7
R47...R48	2910	0,2910	615,09	607,72	134,4	134,35	7,37	0,0549	0,0500	2,5952	0,7
R48..R49	146,751	0,0147	607,72	607,69	14,47	14,468	0,03	0,0021	0,0050	1,6467	0,7
R11...R49	1520	0,1520	608,26	607,69	52,36	68,107	0,57	0,0084	0,0109	3,1722	0,7
R49...R16	1280,119	0,1280	607,69	607,15	58,55	58,549	0,54	0,0092	0,0050	2,7199	0,7
R18..R16	885,945	0,0886	612,19	607,15	42,35	42,348	5,04	0,1190	0,0800	0,7918	0,7
R16...R19	3176,785	0,3177	607,15	595,14	121,9	121,899	12,01	0,0985	0,0050	1,9219	0,7
R25..R19	4210,182	0,4210	608,28	595,14	282,5	282,487	13,14	0,0465	0,0465	4,9009	0,7

R19..R20	2188,905	0,2189	595,14	589,6	82,68	82,678	5,54	0,0670	0,0050	1,6534	0,7
R14...R20	703,488	0,0703	590,06	589,6	28,9	28,896	0,46	0,0159	0,0159	1,2798	0,7
R22...R30	7159,518	0,7160	607,14	589,28	191,6	211,528	17,86	0,0844	0,0300	3,1179	0,7
R20...R30	1641,233	0,1641	589,6	589,28	66,11	66,109	0,32	0,0048	0,0050	3,8278	0,7
R30...R32	951,442	0,0951	589,28	588,77	37,98	37,983	0,51	0,0134	0,0050	0,5719	0,7
R32...R42	945,824	0,0946	588,77	588,75	37	36,997	0,02	0,0005	0,0050	5,6934	0,7
R27...R32	5172,668	0,5173	605,7	588,77	191,6	191,558	16,93	0,0884	0,0400	2,8383	0,7
R26...R38	1531,98	0,1532	608,15	606,25	52,73	73,316	1,9	0,0259	0,0360	2,1728	0,7
R38...R39	764,536	0,0765	606,25	603,31	27,24	51,275	2,94	0,0573	0,0700	1,2152	0,7
R37...R39	1231,411	0,1231	603,59	603,31	50,23	50,229	0,28	0,0056	0,0056	2,9341	0,7
R39...R40	211,012	0,0211	603,31	600,61	12,24	12,24	2,7	0,2206	0,0500	0,2401	0,7
R41...R40	569,235	0,0569	600,84	600,61	29,01	36,723	0,23	0,0063	0,0079	2,2043	0,7
R40..R35	233,692	0,0234	600,61	599	14,7	21,925	1,61	0,0734	0,0400	0,5744	0,7
R36...R35	1320,035	0,1320	601,43	599	51,36	56,353	2,43	0,0431	0,0473	1,4584	0,7
R35...R34	1719,598	0,1720	599	596,9	30,85	50,872	2,1	0,0413	0,0300	1,3708	0,7
R33...R34	643,646	0,0644	607,7	596,9	31,21	48,425	10,8	0,2230	0,1500	0,6893	0,7
R34...R42	2329,72	0,2330	596,9	588,75	90,05	90,048	8,15	0,0905	0,0250	1,5727	0,7
R43...R44	10683,56	1,0684	594,66	585,96	131	140,615	8,7	0,0619	0,0250	2,5662	0,7
R42...R44	3145,585	0,3146	588,75	585,96	68,25	78,434	2,79	0,0356	0,0050	2,0260	0,7
R44...R50	967,915	0,0968	585,96	584	57,62	57,624	1,96	0,0340	0,0070	1,6256	0,7

Tableau III.5: données caractérisant le réseau 2

Tronçon	Surface (m2)	surface (ha)	h amont	h aval	Ltr	Long hyd	DH	I bv	I tr	Tc
R17...R51	2697,245	0,2697	615,15	611,83	93,448	114,98	3,32	0,0289	0,0355	2,9472
R21...51	1753,25	0,1753	615,09	611,83	99,399	113,157	3,26	0,0288	0,0328	2,9137
R51..R55	103,883	0,0104	611,83	610,59	13,54	13,54	1,24	0,0916	0,0400	0,3640
R53...R55	1021,514	0,1022	611,12	610,59	29,171	62,978	0,53	0,0084	0,0182	2,9802
R55...R56	103,825	0,0104	610,59	609,45	15,716	16,484	1,14	0,0692	0,0400	0,4719
R54...R56	935,981	0,0936	610,81	609,45	29,09	52,903	1,36	0,0257	0,0468	1,6953
R56...R57	2783,036	0,2783	609,45	603,25	103,18	103,183	6,2	0,0601	0,0250	2,0449
R29....R57	2471,793	0,2472	610,28	603,25	73,494	78,029	7,03	0,0901	0,0400	1,4110
R57...R62	2112,867	0,2113	603,25	595,95	74,188	74,188	7,3	0,0984	0,0200	1,3119
R7...R23	2658,23	0,2658	614,49	609,05	116,78	116,781	5,44	0,0466	0,0100	2,4811
R15...R23	2395,332	0,2395	615,27	609,05	76,658	82,034	6,22	0,0758	0,0250	1,5671
R23...R24	1779,877	0,1780	609,05	606,31	73,005	73,005	2,74	0,0375	0,0100	1,8779
R13...R28	1858,18	0,1858	614,14	611,63	50,882	50,882	2,51	0,0493	0,0493	1,2801
R9....R28	681,427	0,0681	612,39	611,63	24,747	44,329	0,76	0,0171	0,0307	1,7292
R28...R31	804,702	0,0805	611,63	610,78	18,159	43,378	0,85	0,0196	0,0468	1,6153
R52...R31	928,673	0,0929	611,36	610,78	51,723	51,723	0,58	0,0112	0,0112	2,2931
R31....R24	1846,286	0,1846	610,78	606,31	75,661	75,661	4,47	0,0591	0,0350	1,6209

R24...R61	2996,502	0,2997	606,31	599,66	89,388	89,388	6,65	0,0744	0,0100	1,6865
R71...R61	1941,912	0,1942	606,22	599,66	67,506	67,506	6,56	0,0972	0,0500	1,2258
R61...R62	733,004	0,0733	599,66	595,95	31,734	31,734	3,71	0,1169	0,0080	0,6384
R62..R63	153,889	0,0154	595,95	594,036	12,254	12,254	1,914	0,1562	0,0130	0,2744
R58...R60	2468,635	0,2469	605,03	598,38	54,227	80,68	6,65	0,0824	0,0500	1,4982
R59..R60	2035,231	0,2035	599,74	598,38	48,462	60,322	1,356	0,0225	0,0280	1,9750
R60..R63	3984,873	0,3985	598,38	594,036	107,45	107,448	4,344	0,0404	0,0250	2,4574
R63..R65	235,31	0,0235	594,04	592,24	17,348	33,02	1,796	0,0544	0,0100	0,8837
R64...R65	4024,475	0,4024	599,01	592,24	89,612	97,67	6,77	0,0693	0,0400	1,8554
R65...R68	2295,06	0,2295	592,24	585,15	70,145	70,145	7,09	0,1011	0,0060	1,2435
R67....R68	4516,377	0,4516	589,54	585,15	123,75	123,754	4,387	0,0354	0,0354	2,8821
R68...R69	4700,279	0,4700	585,15	579,62	113,4	113,395	5,53	0,0488	0,0100	2,3831
R66...R69	12439,46	1,2439	590,36	579,62	236,97	247,643	10,74	0,0434	0,0250	4,5494
R69...R70	6924,283	0,6924	579,62	576,364	229,58	229,577	3,256	0,0142	0,0080	6,5997

Une fois les caractéristiques des deux réseaux déterminés, nous avons procédé à la détermination des débits totaux (eaux usées et pluviales) transitant dans les divers tronçons des réseaux, au dimensionnement hydraulique des canalisations et une vérification des conditions d'auto-curages des réseaux qui nous a permis d'arrêter les dimensions finales des conduites. Vu le nombre important de calculs suite aux nombreux tronçons, un code de calcul automatique sur Excel a été érigé qui nous a permis de faire plusieurs simulations (ces simulations étaient conditionnées par les conditions hydrauliques et d'auto-curages des réseaux). Les tableaux III.6 et III.7 résument les meilleures simulations des deux réseaux.

Tableau III.6 : Résultats des calculs de dimensionnement du réseau1

Tronçon	Qpluvial	Qeu (m3/s)	Q total	D	D nor	Qps	Vps	Rq	Rv	Rh	V	H	TC par	Tc aval	V(Q/10)
R1...R2	0,0489	0,0001	0,0490	0,225	0,3	0,105	1,487	0,466	0,99	0,48	1,472	0,14	0,710	4,133	0,818
R3...R4	0,0431	0,0001	0,0432	0,209	0,3	0,113	1,593	0,384	0,94	0,42	1,497	0,13	0,633	3,707	0,876
R5...R6	0,0569	0,0001	0,0570	0,198	0,3	0,172	2,431	0,332	0,89	0,38	2,164	0,11	0,413	2,437	1,337
*R8...R12	0,1144	0,0002	0,1146	0,247	0,3	0,193	2,738	0,593	1,04	0,55	2,847	0,17	0,731	3,595	1,506
*R10...R12	0,1882	0,0002	0,1884	0,314	0,4	0,361	2,872	0,522	1,01	0,5	2,901	0,2	0,597	3,194	1,580
* R12...R14	0,2827	0,0008	0,2835	0,378	0,4	0,329	2,622	0,861	1,13	0,71	2,963	0,28	0,156	3,751	1,442
*R2...R4	0,0589	0,0002	0,0591	0,169	0,3	0,274	3,872	0,216	0,74	0,29	2,865	0,09	0,146	4,279	2,129
*R4...R6	0,1044	0,0005	0,1049	0,239	0,3	0,193	2,738	0,542	1,02	0,52	2,792	0,16	0,153	4,432	1,506
*R6...R14	0,2036	0,0009	0,2046	0,349	0,4	0,295	2,345	0,695	1,08	0,6	2,533	0,24	0,865	5,297	1,290
*R45...R46	0,1181	0,0002	0,1184	0,263	0,3	0,167	2,371	0,707	1,09	0,65	2,584	0,2	0,919	4,022	1,304
R46...R48	0,1181	0,0005	0,1186	0,290	0,3	0,129	1,831	0,917	1,13	0,73	2,069	0,22	0,919	1,126	1,007
*R47...R48	0,0845	0,0002	0,0847	0,211	0,3	0,216	3,061	0,392	0,95	0,43	2,908	0,13	0,770	3,365	1,683
*R48..R49	0,1949	0,0010	0,1959	0,445	0,5	0,267	1,361	0,734	1,09	0,65	1,483	0,33	0,163	3,528	0,748
R11...R49	0,0399	0,0001	0,0400	0,212	0,3	0,101	1,428	0,396	0,95	0,43	1,357	0,13	0,643	3,815	0,786
*R49...R16	0,2348	0,0013	0,2361	0,477	0,5	0,267	1,361	0,884	1,13	0,71	1,537	0,36	0,635	4,450	0,748
*R18..R16	0,0466	0,0001	0,0466	0,155	0,3	0,274	3,872	0,170	0,67	0,25	2,594	0,08	0,272	1,064	2,129
*R16...R19	0,2814	0,0017	0,2831	0,511	0,6	0,434	1,536	0,652	1,07	0,58	1,644	0,35	1,236	5,686	0,845
R25...R19	0,0889	0,0005	0,0894	0,218	0,3	0,209	2,952	0,429	0,96	0,44	2,834	0,13	1,661	6,562	1,624
*R19..R20	0,3703	0,0029	0,3733	0,567	0,6	0,434	1,536	0,860	1,12	0,7	1,721	0,42	0,801	7,363	0,845

R14...R20	0,4335	0,0020	0,4355	0,483	0,5	0,476	2,428	0,914	1,13	0,73	2,743	0,37	0,176	1,455	1,335
*R22...R30	0,1896	0,0003	0,1899	0,314	0,4	0,361	2,872	0,526	1,01	0,5	2,901	0,2	1,101	4,219	1,580
*R20...R30	0,8038	0,0048	0,8086	0,758	0,8	0,935	1,861	0,865	1,12	0,7	2,085	0,56	0,529	7,892	1,024
*R30...R32	0,8038	0,0054	0,8091	0,758	0,8	0,935	1,861	0,865	1,12	0,7	2,085	0,56	0,529	1,100	1,024
*R32...R42	1,3522	0,0058	1,3580	0,920	1	1,695	2,160	0,801	1,11	0,67	2,397	0,67	0,257	5,951	1,188
*R27...R32	0,1436	0,0003	0,1439	0,268	0,3	0,193	2,738	0,744	1,09	0,65	2,984	0,2	1,070	3,908	1,506
R26...R38	0,0486	0,0001	0,0487	0,182	0,3	0,184	2,598	0,265	0,82	0,33	2,131	0,1	0,412	2,585	1,429
*R38...R39	0,0668	0,0002	0,0670	0,182	0,3	0,256	3,621	0,262	0,82	0,33	2,970	0,1	0,153	2,738	1,992
R37...R39	0,0336	0,0001	0,0337	0,225	0,3	0,072	1,022	0,467	0,98	0,47	1,002	0,14	0,836	3,770	0,562
*R39...R40	0,0900	0,0004	0,0905	0,216	0,3	0,216	3,061	0,418	0,94	0,42	2,877	0,13	0,071	3,841	1,683
R41...R40	0,0179	0,00005	0,0180	0,167	0,3	0,086	1,219	0,209	0,74	0,28	0,902	0,08	0,536	2,741	0,670
*R40...R35	0,1084	0,0006	0,1089	0,242	0,3	0,193	2,738	0,563	1,02	0,52	2,792	0,16	0,088	3,929	1,506
R36...R35	0,0511	0,0001	0,0512	0,177	0,3	0,210	2,977	0,243	0,81	0,32	2,412	0,1	0,355	1,813	1,638
*R35...R34	0,1789	0,0008	0,1797	0,308	0,4	0,361	2,872	0,498	1	0,49	2,872	0,2	0,179	4,108	1,580
*R33...R34	0,0363	0,0001	0,0363	0,125	0,3	0,375	5,301	0,097	0,51	0,16	2,704	0,05	0,192	0,882	2,916
*R34...R42	0,2435	0,0011	0,2446	0,358	0,4	0,329	2,622	0,743	1,09	0,65	2,858	0,26	0,525	4,633	1,442
*R43...R44	0,3118	0,0002	0,3121	0,392	0,4	0,329	2,622	0,948	1,13	0,75	2,963	0,3	0,737	3,303	1,442
*R42...R44	1,5957	0,0067	1,6024	0,979	1	1,695	2,160	0,945	1,14	0,76	2,462	0,76	0,462	6,413	1,188
*R44...R50	1,9076	0,0070	1,9146	0,983	1	2,006	2,555	0,954	1,14	0,76	2,913	0,76	0,330	4,238	1,406

* la pente a été changée

Tableau III.7 : Résultats des calculs de dimensionnement du réseau 2

Tronçon	Qpluvial	Qeu (m3/s)	Q total	D (m)	D nor (m)	Qps	Vps	Rq	Rv	Rh	V	H (m)	Tc par (min)	Tc aval	V (Q/10)
R17...R51	0,073	0,0002	0,074	0,214	0,3	0,182	2,580	0,404	0,99	0,48	2,554	0,14	0,610	3,557	1,419
R21...51	0,048	0,0002	0,048	0,185	0,3	0,175	2,479	0,275	0,84	0,33	2,082	0,1	0,796	3,709	1,363
*R51...R55	0,111	0,0006	0,111	0,244	0,3	0,193	2,738	0,575	1,02	0,53	2,792	0,16	0,081	3,790	1,506
R53...R55	0,028	0,00005	0,028	0,168	0,3	0,130	1,845	0,213	0,74	0,28	1,365	0,08	0,356	3,336	1,015
*R55...R56	0,136	0,0008	0,137	0,264	0,3	0,193	2,738	0,709	1,09	0,65	2,984	0,2	0,088	3,878	1,506
R54...R56	0,034	0,00005	0,034	0,151	0,3	0,209	2,960	0,161	0,66	0,23	1,953	0,07	0,248	1,943	1,628
*R56...R57	0,223	0,0011	0,224	0,346	0,4	0,329	2,622	0,681	1,09	0,61	2,858	0,24	0,602	4,480	1,442
*R29....R57	0,097	0,0001	0,097	0,232	0,3	0,193	2,738	0,504	1	0,49	2,738	0,15	0,447	1,858	1,506
*R57...R62	0,309	0,0016	0,311	0,408	0,5	0,534	2,721	0,582	1,04	0,54	2,830	0,27	0,437	4,917	1,497
*R7...R23	0,079	0,0002	0,079	0,278	0,3	0,097	1,369	0,818	1,11	0,68	1,519	0,2	1,281	3,762	0,753
*R15...R23	0,089	0,0001	0,090	0,246	0,3	0,153	2,164	0,586	1,04	0,54	2,251	0,16	0,568	2,135	1,190
*R23...R24	0,165	0,0007	0,165	0,367	0,4	0,208	1,658	0,795	1,11	0,67	1,841	0,27	0,661	4,423	0,912
R13...R28	0,077	0,0001	0,077	0,204	0,3	0,215	3,040	0,358	0,91	0,4	2,767	0,12	0,307	1,587	1,672
R9....R28	0,024	0,0000	0,024	0,145	0,3	0,169	2,399	0,143	0,64	0,23	1,535	0,07	0,269	1,998	1,319
R28...R31	0,111	0,0003	0,111	0,236	0,3	0,209	2,961	0,530	1,01	0,51	2,991	0,15	0,101	2,099	1,629
R52...R31	0,029	0,0001	0,029	0,186	0,3	0,102	1,449	0,281	0,84	0,34	1,218	0,1	0,708	3,001	0,797
*R31....R24	0,165	0,0006	0,166	0,290	0,3	0,181	2,561	0,916	1,13	0,73	2,894	0,22	0,436	3,437	1,408

*R24...R61	0,355	0,0017	0,356	0,489	0,5	0,378	1,924	0,944	1,14	0,76	2,194	0,38	0,679	5,102	1,058
*R71...R61	0,082	0,0001	0,082	0,209	0,3	0,216	3,061	0,380	0,95	0,43	2,908	0,13	0,387	1,613	1,683
*R61...R62	0,437	0,0021	0,439	0,552	0,6	0,549	1,943	0,799	1,11	0,67	2,157	0,4	0,245	5,348	1,069
*R62...R63	0,662	0,0039	0,666	0,589	0,6	0,700	2,477	0,952	1,14	0,77	2,824	0,46	0,072	5,420	1,363
*R58...R60	0,094	0,0001	0,094	0,220	0,3	0,216	3,061	0,437	0,97	0,45	2,969	0,14	0,304	1,803	1,683
R59...R60	0,068	0,0001	0,068	0,217	0,3	0,162	2,290	0,419	0,96	0,44	2,198	0,13	0,367	2,342	1,259
*R60...R63	0,253	0,0005	0,254	0,363	0,4	0,329	2,622	0,770	1,1	0,65	2,884	0,26	0,621	3,078	1,442
*R63...R65	0,833	0,0045	0,838	0,674	0,7	0,926	2,408	0,904	1,12	0,71	2,697	0,5	0,107	5,527	1,324
*R64...R65	0,138	0,0001	0,138	0,265	0,3	0,193	2,738	0,715	1,08	0,62	2,957	0,19	0,505	2,361	1,506
*R65...R68	0,951	0,0047	0,956	0,779	0,8	1,024	2,039	0,933	1,13	0,76	2,304	0,61	0,507	6,035	1,121
R67...R68	0,124	0,0002	0,125	0,260	0,3	0,182	2,577	0,684	1,09	0,63	2,809	0,19	0,734	3,616	1,417
*R68...R69	1,085	0,0052	1,091	0,744	0,8	1,322	2,632	0,825	1,12	0,69	2,948	0,55	0,641	6,676	1,448
*R66...R69	0,273	0,0004	0,273	0,373	0,4	0,329	2,622	0,829	1,12	0,69	2,936	0,28	1,345	5,894	1,442
*R69...R70	1,382	0,0060	1,388	0,850	1	2,145	2,732	0,647	1,07	0,58	2,923	0,58	1,309	7,985	1,503

* la pente a été changée

Remarque :

- Les pentes de certains tronçons ont été diminuées afin de réduire les vitesses d'écoulements d'eau qui dépassaient la vitesse limite d'érosion, il est à signaler que pour la réalisation de ces conduite se fera par segments reliés par des regards de chute pour qu'elles n'apparaissent en surface pendant de leurs mises en place.

- La réalisation de profil en long sera déterminante dans l'évaluation des longueurs des segments (tronçons) et l'emplacement des regards en particulier les regards de chute pour éviter toute surprise lors de la réalisation des réseaux sur terrain.

Les résultats obtenus à l'issue des calculs du dimensionnement des réseaux 1 et 2 sont satisfaisants. L'auto-curage ainsi que les vitesses d'écoulements sont respectés dans chaque tronçon des deux réseaux ($V \leq 3 \text{ m/s}$ et $V(Q/10) \geq 0,6 \text{ m/s}$).

III.8. Techniques de réalisation d'un réseau d'assainissement

III.8.1. Les terrassements

Ils sont souvent réalisés mécaniquement à l'aide de mini-pelle ou tractopelle selon l'espace disponible. Le tracé du réseau doit être le plus direct et le plus court possible. La tranchée doit avoir une largeur suffisante pour travailler aisément et effectuer une pose correcte (Thouarsais, 2011).

Les conduites peuvent être posées en terre, en élévation au-dessus du sol, en galerie, sur des ouvrages d'arts ou même dans le lit d'une rivière. La pose en terre constitue le mode de pose le plus souvent utilisé. Elle permet en effet d'avoir une eau relativement fraîche en été. Il s'agit de placer la conduite dans une tranchée de largeur suffisante (minimum 0,60 m). Une distance variant de 0,60 à 1,20 m doit être gardée entre le niveau du sol et la génératrice supérieure du tuyau (Moussa, 2002).

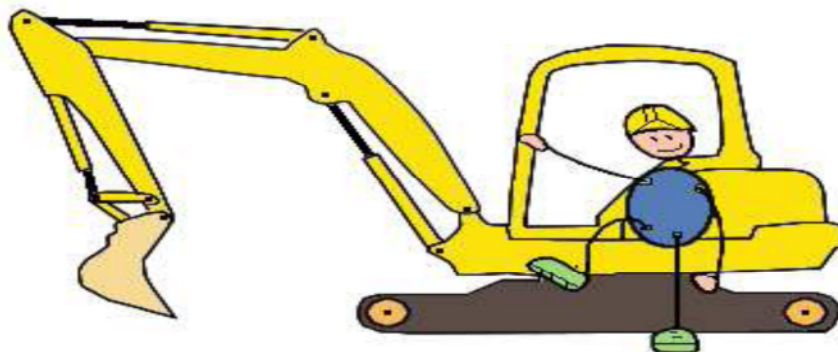


Figure III.2 : Image d'un tractopelle (Thouarsais, 2011).

III.8.2. Profondeur de la fouille

- Prévoir la place nécessaire à la mise en œuvre du lit de pose.
- Largeur de fouille : elle doit être supérieure au diamètre extérieur du tube, augmentée de part et d'autre de 20 cm.

Débarrasser les fouilles des roches de grosse granulométrie et des affleurements de points durs, puis les dresser suivant la pente prévue au projet. Pose conseillée sur un lit de sable de 10 cm (Artois et al, 2009).

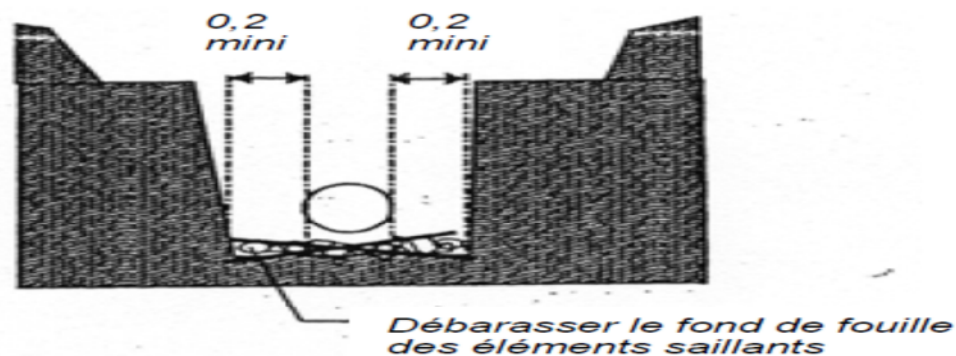


Figure III.3 : Schéma de mise en œuvre des conduites (Artois et al, 2009)

III.8.3. Remblai de la tranchée

Pose d'un grillage avertisseur puis réutilisation des déblais d'extraction de la fouille. Ceux-ci seront toutefois expurgés des éléments de dimension supérieure à 10 cm, des débris végétaux et animaux, des vestiges de maçonnerie. Ce remblai est réalisé par couches successives et régulières, légèrement damées par des moyens adaptés. Dans les zones de circulation, il faut recourir à un matériau d'apport de type sable ou grave calcaire, en insistant sur le compactage de manière à garantir la résistance de la conduite, voire du béton si la couverture de la conduite est inférieure à 0,6 m (Artois et al, 2009).

Conclusion générale

Conclusion Générale

Fructueux sur le plan théorique et pratique, ce projet nous a permis de résoudre les problèmes d'eaux et d'assainissement de la localité de M'Sala.

En AEP, on a proposé un réseau mixte composé de trois mailles avec des ramifications internes, afin d'assurer une desserte continue de la population en eau potable. Le dimensionnement a été au préalable fait à partir de l'élaboration d'un programme sur Excel basé sur la méthode de Hardy Cross, conçu de manière à faire un choix judicieux des diamètres et débits des routes de chaque tronçon du réseau utilisés comme paramètres d'entrées pour la simulation du réseau sur Epanet. Plusieurs simulations ont été faites sur Excel et sur Epanet afin d'avoir un réseau satisfaisant les conditions d'incendie (les nœuds 1 et 6 du réseau sont susceptibles d'assurer une pression de 1 bar avec un débit de 17 l/s), de pression convenables (pression fluctuant entre 18 et 60 m), avec des vitesses d'écoulements convenables dans toutes les mailles et dans certains tronçons des ramifications du réseau. Le problème de vitesse dans les autres ramifications est imputable aux faibles débits de route et notre incapacité de diminuer le diamètre de ces ramifications car on a atteint le diamètre minimal recommandé (40mm).

En assainissement, on a opté pour deux réseaux unitaires à cause des spécificités de la localité notamment la densité importante des habitations (formelles et informelles), de la présence des contre-pentes constatées dans la variante proposée par URBAT à l'issue de sa superposition sur le plan topographique, de la configuration topographique de la zone d'étude, ainsi que pour les avantages techniques et économiques que présentent ce type de réseau. Vu le nombre important de calcul suite au nombre tronçons un code de calcul automatique sur Excel a été érigé qui nous a permis de faire plusieurs simulations (ces simulations étaient conditionnées par les conditions hydrauliques et d'auto-curages des réseaux). Les vitesses d'écoulements obtenues après simulation dans des deux réseaux sont toutes inférieures à la vitesse d'érosion (3m/s) et toutes supérieures à 0,6 m/s à 1/10 du débit à pleine section.

L'étude que nous venons d'accomplir sur la localité de M'Sala est une initiation à la vie professionnelle. Elle nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques et acquérir de certaines notions pratiques.

Références bibliographiques

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 : Localisation de la zone d'étude	4
Figure I.2 : Plan de masse d'AEP de la localité de M'Sala	6

Chapitre II

Figure II.1 : schéma d'un réseau ramifié	
Figure II.2 : Schéma d'un réseau maillé	11
Figure II.3 : les différents types de joints	12
Figure II.4 : Les différents types de vannes.....	13
Figure II.5 : Types de ventouses	14
Figure II.6 : Poteau d'incendie	15
Figure II.7 : installation d'un poteau d'incendie vue en coupe	16
Figure II.8 : Réservoir en ville	17
Figure II.9 : Réservoir sur captage	22
Figure II.10 : Réservoir d'équilibre	22
Figure II.11 : Courbe de consommation de la zone de M'Sala.....	23
Figure II.12 : variante du réseau d'AEP proposée	26
Figure II.13 : schéma de la simulation du réseau	27
Figure II.14 : profil en long de la conduite à la maille I	41
Figure II.15 : profil en long de la conduite à la maille II	60
Figure II.16 : profil en long des conduites adjacentes aux mailles I et II ...	62
	64

Chapitre III

Figure III.1 : Variante du réseau d'assainissement proposée	
Figure III.2 : Image d'un tractopelle.....	69
Figure III.3 : Schéma de mise en œuvre des conduites	86
	87

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1 : Occupation du sol de la localité de M'Sala	5
Tableau I.2 : Evolution des logements de M'Sala en fonction des années.....	5
Tableau I.3 : Evolution de la population future.....	6

Chapitre II

Tableau II.1 : facteurs de pointe pour les débits de consommation d'eau totale.	20
Tableau II.2 : Coefficient de variation horaire des débits	24
Tableau II.3 : variation horaire du volume d'opération	25
Tableau II.4 : Résultats finaux de dimensionnement des conduites de la maille I	32
Tableau II.5 : Résultats finaux de dimensionnement des conduites de la maille III.....	33
Tableau II.6 : Résultats finaux de dimensionnement des conduites de la maille II	34
Tableau II.7 : Résultats finaux des calculs de dimensionnement des conduites des ramifications de la maille I (sans débit d'incendie)	35
Tableau II.8 : Résultats finaux des calculs de dimensionnement des conduites des ramifications de la maille II (sans débit d'incendie)...	36
Tableau II.9 : Résultats finaux des calculs de dimensionnement des Conduites des ramifications de la maille I (sans débit d'incendie)	37
Tableau II.10 : Résultats finaux des calculs de dimensionnement de la conduite d'adduction (sans débit d'incendie)	37
Tableau II.11 : Etats des nœuds du réseau à 8 heures (sans débit d'incendie).....	41
Tableau II.12 : Etats des conduites du réseau à 8 heures (sans débit d'incendie).....	47
Tableau II.13 : Etats des nœuds du réseau à 8 heures (avec débit d'incendie)...	49
Tableau II.14 : Etats des conduites du réseau à 8 heures (avec débit d'incendie).....	53
Tableau II.15 : Tableau des hauteurs piézométrique et de la cote du projet des nœuds des conduites de la maille I	59
Tableau II.16 : Tableau des hauteurs piézométrique et de la cote du projet des nœuds des conduites de la maille II.....	60

Tableau II.17 : Tableau des hauteurs piézométriques et de la cote du projet des nœuds des conduites adjacentes à la maille I et II	63
--	----

Chapitre III

Tableau III.1 : Calcul des débits de pointe Q _{pf} de chaque tronçon du réseau1	70
Tableau III.2: Calcul des débits de pointe Q _{pf} de chaque tronçon du réseau2	72
Tableau III.3: Coefficient de ruissellement “c” en fonction du type d’occupation des sols	74
Tableau III.4 : Données caractérisant le réseau 1	77
Tableau III.5 : Données caractérisant le réseau 2	80
Tableau III.6 : Résultats des calculs de dimensionnement du réseau 1	82
Tableau III.7 : Résultats des calculs de dimensionnement du réseau 2	83

Références Bibliographiques

1. Artois et Picardie, 2009, Raccordement des eaux usées aux réseaux publics d'assainissement, www.eau-artois-picardie.fr
2. Béchir. S, Marc. S, 2006, Guide technique de l'assainissement, 3eme Edition, le Moniteur, Paris, 726 p
3. Bonnin. J, 1986, hydraulique urbaine, éditions, Eyrolles, paris, 230p
4. Brière. F, 2009, Distribution et collecte des eaux, 2^e édition, Presses Internationales Polytechnique, Québec. 399 p.
5. Cahier des Clauses Techniques Générales, 2003, conception d'un réseau collectif, info@journal-officiel.gouv.fr
6. Chibane. F, 2011, Etude de l'assainissement et de l'AEP d'une zone d'extension à Tagma commune Ain Fezza, mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master option: hydraulique Urbaine, Université de Tlemcen
7. Cours projet, http://www.4shared.com/file/95582960/8fb23809/projet_AEP.html (17/06/2012)
8. Dupont.A, 1974, hydraulique urbaine tome II, 3^e édition, Eyrolles, paris V
9. Gallard.D, l'adduction quelques principes concernant le fonctionnement et le dimensionnement, www.interaide.org/pratiques (le 29/05/2012).
10. Gomella. C, Guerrée. H, 1985, Guide de l'alimentation en eau dans les agglomérations urbaines et rurales, 1^{ère} édition, Eyrolles, Paris
11. Hedjam .M, Dali.R, 2002, dimensionnement des réseaux d'alimentation en eau potable par la technique de linéarisation (méthode de Wood et Charles), mémoire d'ingénieur d'Etat, Université de Tlemcen

12. Interplast, 2009, tubes PEHD AEP, www.interplast.fr (14/ 06 /2012)
13. Moussa, 2002, Poly alimentation en eau potable, (<http://www.lmhe-enit.com/assets/Poly-Alimentation-en-Eau>)
14. Scercl, 2006, Modélisation mathématique du réseau d'eau potable, www.scercl.fr (le 11/07/2012)
15. Saint Gobain, 2006, tuyau pour l'adduction d'eau potable, www.sgps.be (le 10/06/2012)
16. Staub. latex, 2006, Assainissement gravitaire - Notions essentielles, cours de l'ENGEES.
17. Thouarsais, 2011, guide technique de réalisation du branchement particulier, assainissement@cc-thouarsais.fr (13/ 08/ 2012)
18. URBAT, Plan d'Occupation des Sols (POS) M'Sala, Doc. Interne URBAT, Tlemcen, 82 p.

ملخص

ازداد التكتل من M'Sala كثافة وانتشار المستوطنات غير الرسمية بسبب الهجرة نحو المراكز الحضرية. وقد أدى هذا الارتفاع في العجز من المياه في محلة M'Sala. لمعالجة قضايا المياه والنظافة الصحية في قرية M'Sala، اقترحنا شبكة مختلطة والحجم لتلبية الاحتياجات من المياه ووحدة شبكة لديه القدرة على إجلاء جميع بأمان النفايات السائلة وإفرازات من التكتل. لتحقيق هذا الهدف، لدينا، لشبكة مياه الشرب، والمحاكاة عدة على EPANET وExcel على برنامج يقوم على أسلوب الصليب هاردي وذلك للحصول على المعلمات الهيدروليكية تلبية شروط تشغيل شبكة لمياه الشرب. الصرف الصحي، تم اقتراح تجفيف شبكات المجاري منفصلين التساقطات النفايات السائلة في المناطق الحضرية لاثنين من تكوينات متميزة الطبوغرافية التالية في البلدة. حجم هذه الشبكات قد ولدت، نظرا للعدد الكبير من الحسابات بسبب المقطع عدد، ووضع مدونة لقواعد الحساب التلقائي لكل شبكة من المحاكاة التي قدمت العديد من النتائج لعقد مستوفيا لشروط الهيدروليكية وتشريح الذاتي.

العلامات: الصرف الصحي، والمحاكاة شبكة مياه الشرب وإمدادات المياه ومياه الصرف

Summary

The agglomeration of M'Sala knew a packing and a proliferation of the abstract habitat because of the migratory flux towards the urban centers. This increase generated a deficit in drinking water in the locality of M'Sala. To avoid the problems of water and hygiene in the locality of M'Sala, we proposed and dimensioned a space-division switching allowing to satisfy the requirements out of water as well as a unit network having the potential to in full safety evacuate all the rejections of effluents of the agglomeration. To achieve this goal, we have, for the network of drinking water supply, made several simulations on Epanet and a program on Excel based on the method of Hardy Cross of kind to obtain the satisfactory hydraulic parameters the operating conditions of a network of drinking water supply. In cleansing, two unit networks draining separately the effluents of the agglomeration towards two discharge system distinct following the topographic configurations from the locality were proposed. The dimensioning of these networks caused, considering the number of calculations due to the number sections, the development of an automatic computer code for each of the two networks from which several simulations were made in order to retain the results observing the hydraulic conditions and of car-clearings out.

Key words: Cleansing, drinking water, network, simulation, adduction

Résumé

L'agglomération de M'Sala a connu une augmentation de la densité et une prolifération de l'habitat informel à cause du flux migratoire vers les centres urbains. Cet accroissement a engendré un déficit en d'eau potable dans la localité de M'Sala. Pour parer aux problèmes d'eaux et d'hygiènes dans la localité de M'Sala, nous avons proposé et dimensionné un réseau mixte permettant de satisfaire les besoins en eau ainsi qu'un réseau unitaire ayant le potentiel d'évacuer en toute sécurité tous les rejets d'effluents de l'agglomération. Pour atteindre cet objectif, nous avons, pour le réseau d'alimentation en eau potable, fait plusieurs simulations sur Epanet et sur un programme sur Excel fondé sur la méthode de Hardy Cross de sorte à obtenir les paramètres hydrauliques satisfaisants les conditions de fonctionnement d'un réseau d'alimentation en eau potable. En assainissement, deux réseaux unitaires drainants séparément les effluents de l'agglomération vers deux exutoires distincts suite aux configurations topographiques de la localité ont été proposés. Le dimensionnement de ces réseaux a suscité, vu le nombre considérable de calculs dus au nombre tronçon, l'élaboration d'un code de calcul automatique pour chacun des deux réseaux à partir duquel plusieurs simulations ont été faites afin de retenir les résultats respectant les conditions hydrauliques et d'auto-curages.

Mots clés : Assainissement, eau potable, réseau, simulation, adduction, effluent