الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR HYDRAULICS
"The MujahidAbdellah ARBAOUI"

المدرسة الوطنية العليا للري
"المجاهد عبد الله عرباوي"

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option: Alimentation en eau potable

THEME:

DIAGNOSTIC ET REHABILITATION DU SYSTEME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE Meurad (W. Tipaza)

Présenté par:
Hadj Ali Mohamed

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
SALAH Boualem	Professeur	President
KAHLERRAS Malika	M.C.B	Membre
BENCHIHEB Nedjoua	M.C.B	Member
SALHI Chahrazed	M.C.B	Promotrice

Session Juin 2024

Remerciement

Tout d'abord, je remercie **ALLAH** pour avoir éclairé mon chemin, et me donné le courage, la volonté, la persévérance et la patience nécessaires pour accomplir ce travail modeste.

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude envers toutes les personnes qui m'ont soutenu tout au long de ce travail. Mes remerciements vont plus particulièrement à ma promotrice, Madame SALHI Chahrazed, pour ses précieux conseils et ses corrections apportées à ce mémoire.

Mes remerciements vont également à : Mr SALAH Boualem qui m'a fait l'honneur de présider mon jury. Les membres de jury : Mme KAHLERRAS Malika et Mme BENCHIHEB Nedjoua, qui m'ont fait l'honneur d'apprécier et d'évaluer ce travail

Je désire aussi remercier toute l'équipe de SEAAL Tipaza (Samy, Idir, Zakaria, Bilel…) qui m'ont fourni les données et outils nécessaires à la réussite de ce travail.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les amis et collègues qui ont apporté leur support moral et intellectuel, tout au long de ma démarche

Dedicace

Je dédie ce mémoire à spécialement mes parents, en reconnaissance de leur amour constant, de leurs encouragements inébranlables et de tout le soutien inestimable qu'ils m'ont prodigué tout au long de mes études.

Je dédie ce mémoire à mes deux frères et ma sœur, votre présence et vos encouragements ont été une source inestimable de motivation.

À ma famille et à toutes les personnes que j'aime.

A tous mes amis de l'école et surtout CHERABREB Mourad, je leur souhaite plus de réussite dans leurs vie.

À toute l'équipe de SEAAL Tipaza

À mes chers professeurs et à toute ma famille de l'ENSH Merci à vous.

ملخص :

تواجه بلدية مراد (ولاية تيبازة) صعوبات في تأمين المياه الصالحة للشرب نتيجة تدهور شبكة التوزيع وحدوث أعطال بشكل متكرر يهدف هذا المشروع إلى إجراء دراسة شاملة لتشخيص وإعادة تأهيل شبكة إمداد المياه الصالحة للشرب. بدأ عملنا بتحليل مفصل للحالة الحالية للموارد المائية، ومحطة الضخ، ومرافق التخزين، بالإضافة إلى التحديات التي تواجه شبكة التوزيع. بعد ذلك، قمنا بوضع توصيات تهدف إلى تحسين توفير المياه الصالحة للشرب في البلدية وضمان استمرارية النظام حتى عام 2054.

Résume :

La commune de Meurad (wilaya de Tipaza) fait face à des difficultés d'approvisionnement en eau potable en raison de la vétusté du réseau et des pannes fréquentes. Ce projet vise à mener une étude complète de diagnostic et de réhabilitation du réseau d'alimentation en eau potable. Notre travail a débuté par une analyse approfondie de l'état actuel des ressources hydrauliques, de la station de pompage, des installations de stockage, ainsi que des défis auxquels le réseau de distribution est confronté. Ensuite, nous avons formulé des recommandations visant à améliorer l'approvisionnement en eau potable dans la commune et à assurer la pérennité du système jusqu'en 2054.

Abstract:

The municipality of Meurad (Tipaza district) faces challenges in supplying potable water due to the deterioration of the distribution network and frequent breakdowns. This project aims to conduct a comprehensive study to diagnose and rehabilitate the potable water supply network. The study began with a detailed analysis of the current status of hydraulic resources, pumping stations, storage facilities, and the distribution network challenges. Subsequently, we formulated recommendations aimed at improving the supply of potable water in the municipality and ensuring the sustainability of the system until 2054.

Sommaire

Introduction generale……..…….……..……1
I Chapitre -I PRESENTATION DE LA ZONE D ETUDE 2
I.1 Introduction : 2
I.2 Situation géographique : 2
I.3 Situation topographique : 3
I.4 Situation climatique : 4
I.4.1 Climat : 4
I.4.2 Temperatures et precipitations moyennes : 4
I.4.3 Vitesse de vent : 6
I.5 Situation geologique : 6
I.6 Situation démographique : 6
I.7 Sismicite : 7
I.8 Hydrographie : 7
I.9 Situation hydraulique : 8
I.9.1 Les ressources existent : 8
I.9.2 Réseau de distribution : 8
I.9.3 Réservoirs de stockage : 8
I.10 Conclusion : 9
II Chapitre II- ESTIMATION DES BESOINS EN EAU 10
II.1 Introduction : 10
II.2 Evaluation de la population pour l'horizon d'étude 2054 : 10
II.3 Categories des besoins en eau : 11
II.3.1 Les Besoins domestiques : 11
II.3.2 Les Besoins sanitaires : 11
II.3.3 Les Besoins scolaires : 11
II.3.4 Les Besoins socioculturels, et sportifs : 11
II.3.5 Les besoins commerciaux : 11
II.3.6 Les besoins industriels : 11
II.4 Choix des dotations : 12
II.5 Determination de la consommation moyenne journaliere : 12
II.6 evaluation des besoins en eau: 12
II.6.1 Besoins en eau domestique: 12
II.6.2 Besoins en eau sanitaires: 13

II.6.3 Besoins en eau socioculturels et sportifs: 13
II.6.4 Besoins en eau commerciaux : 14
II.6.5 Besoins en eau scolaires : 14
II.7 Recapitulation des besoins en eau a de l'agglomération : 15
II.8 Variation de la consommation journaliere : 16
II.9 Etude des variations de la consommation : 17
II.9.1 Variation de la consommation journalière : 17
II.9.2 Variation de la consommation horaire : 18
II.10 Conclusion : 25
III Chapitre III- ETUDE DES RESERVOIRS 26
III.1 Introduction : 26
III.2 Utilite des reservoirs : 26
III.3 Classification des reservoirs : 26
III.3.1 Selon le matériau : 26
III.3.2 Selon la situation des lieux : 26
III.3.3 Selon la forme géométrique : 27
III.4 Emplacement des reservoirs : 27
III.5 Equipements des reservoirs d'alimentation : 27
..... 30
III.6 Capacités des réservoirs : 30
III.6.1 Méthode analytique : 30
III.6.2 Methode graphique : 31
III.7 Caractéristiques des réservoirs : 31
III.8 Calcul capacite des réservoirs : 32
III.9 Conclusion : 33
IV Chapitre IV- Diagnostic du réseau d'AEP existant 34
IV.1 Introduction : 34
IV.2 Diagnostic physique : 34
IV.2.1 Etat physique de réseau de distribution : 34
IV.3 Diagnostic hydraulique : 39
IV.4 Présentation du logiciel EPANET : 39
IV.5 Determinations des debits : 39
IV.5.1 Debit specifique : 39
IV.5.2 Debit en route : 39
IV.5.3 Débit aux nœuds : 40

IV.6 CALCUL DES DEBITS : 40
IV.6.1 Cas de pointe : 40
IV.6.2 Cas de pointe + incendie : 48
IV.7 Résultats de la simulation hydraulique du réseau : 48
IV.8 Conclusion : 67
V Chapitre V-Réhabilitation du réseau d'AEP à l'horizon 2054 68
V.1 Introduction : 68
V.2 Choix du type des réseaux de distribution : 68
V.2.1 Réseaux ramifiés : 68
V.2.2 Réseau maillé : 68
V.2.3 Réseau étagé : 68
V.2.4 Réseau mixte : 68
V.3 Principe du trace du réseau choisi : 68
V.4 Choix de type de matériaux : 69
V.5 Calcul hydraulique du réseau 69
V.5.1 Debit spécifique : 69
V.5.2 Debit en route : 69
V.5.3 Debit aux nœuds : 69
V.6 Calcul des debits : 70
V.6.1 Cas de pointe : 70
V.6.2 Cas de pointe + incendie : 75
V.7 Résultats de la simulation hydraulique du réseau : 76
V.8 Interprétation des résultats : 88
V.9 Conclusion : 89
VI Chapitre VI-Étude d'adduction 90
VI.1 Introduction : 90
VI.2 Types d'adductions : 90
VI.2.1 Adduction gravitaire : 90
VI.2.2 Adduction par refoulement : 90
VI.2.3 Adduction mixte : 90
VI.3 CHOIX DU TRACE et profil en long : 90
VI.4 CHOIX DES MATERIAUX DE CANALISATION : 90
VI.5 Dimensionnement de l'adduction : 91
VI.5.1 Adduction gravitaire : 91
VI.5.2 Adduction par refoulement : 92

VI.6 Présentation du système d'adduction existant : 95
VI.6.1 existante : 96
VI.7 Réseau d'adduction projeté : 96
VI.7.1 Description du schéma d'adduction : 96
VI.7.2 Calcul du dimensionnement d'adduction : 97
VI.8 Protection des canalisations et équipements contre Régime transitoire: 101
VI.8.1 Description du phénomène du coup de bélier : 101
VI.8.2 Réservoir d'air : 103
VI.8.3 les calculs du coup de bélier : 105
VI.8.4 Dimensionnement des réservoirs d'air par la méthode de VIBERT : 106
VI.9 Conclusion : 108
VII Chapitre-VII Les accessoires et pièces spéciales en AEP 109
VII.1 Introduction : 109
VII.2 Robinets vanne : 109
VII.2.1 Robinet vanne à opercule : 109
VII.2.2 Robinet vanne papillon : 109
VII.2.3 Vanne de decharge : 110
VII.3 Clapets anti retour : 110
VII.4 Les ventouses : 111
VII.5 Régulateurs de pression : 111
VII.6 Moyens de protection contre le coup de bélier : 112
VII.6.1 Cheminée d'équilibre : 112
VII.6.2 Soupape de décharge : 112
VII.6.3 Volant d'inertie : 112
VII.7 Les organes de raccordement : 113
VII.7.1 Les coudes : 113
VII.7.2 Les cônes : 113
VII.7.3 Les tés : 114
VII.7.4 Les croix de jonction : 114
VII.7.5 Les manchons : 114
VII.8 Conclusion : 115
VIII Chapitre-VIII Management et organisation de chantier 116
VIII.1 Introduction : 116
VIII.2 Pose de canalisation : 116
VIII.2.1 Types de pose de canalisation : 116

VIII.3 Les differents travaux de mises en place des canalisations : 116
VIII.3.1 Découpage de la terre végétale : 116
VIII.3.2 Exécution des tranchées : 116
VIII.3.3 Pose du lit de sable : 117
VIII.3.4 Pose des conduites : 117
VIII.3.5 Remblayage des tranchées : 117
VIII.3.6 Nivellement et compactage : 117
VIII.4 Calcul des volumes de terrassement : 117
VIII.4.1 Calcul la largeur et la profondeur de tranche : 117
VIII.4.2 Volume de décapage de la couche végétale ou goudron : 118
VIII.4.3 Volume de déblai : 118
VIII.4.4 Volume de lit de sable : 119
VIII.4.5 Volume de remblais compacté : 119
VIII.5 Devis quantitatif et estimatif réseau de distribution : 120
VIII.6 Planification des travaux : 121
VIII.6.1 Les différentes tâches de réalisation : 121
VIII.6.2 Planification par la méthode du réseau (la méthode CPM) : 122
VIII.7 Les engins utilisés : 124
VIII.8 Conclusion : 125

Conclusion generale……..……..……..……126
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES…….127

Listes des figures

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Figure I.1 : Carte géographique de la wilaya de Tipaza (zone d'étude en rouge) 2
Figure I.2 : Délimitation de la zone d'étude 3
Figure I.3 : Carte topographique de la commune de Meurad 4
Figure I.4: Variation de la température mensuelle 5
Figure I.5: diagramme de variation des vitesses du vent moyen mensuel 6
Figure I.6: Carte des zones sismique de l'Algérie 7

Chapitre II : Estimation des besoins en eau

Figure II.1: histogramme de consommation annuelle 16
Figure II.2: diagramme à barres représentant la consommation en eau à l'horizon 2024 22
Figure II.3: courbe intégrale de la consommation en eau à l'horizon 2024 22
Figure II.4: diagramme à barres représentant la consommation en eau à l'horizon 2054 24
Figure II.5: courbe intégrale de la consommation en eau à l'horizon 2054 24

Chapitre III : Étude des réservoirs

Figure III.1: Arrivée noyée 27
Figure III.2: Arrivée par le bas 27
Figure III.3 : Arrivée par chute libre 28
Figure III.4: Arrivée noyée par le fond 28
Figure III.5: conduite distribution 28
Figure III.6: Conduite de trop-plein et de vidange 29
Figure III.7: Conduite by-pass 29
Figure III.8: Schéma explicatif des équipements dans un réservoir 30

Chapitre IV : Diagnostic du réseau d'AEP existant

Figure IV.1: fuite sur le réseau de distribution 35
Figure IV.2: RéservoirRV2000m3 36
Figure IV.3: Réservoir RV500m3 36
Figure IV.5: stations pompage SP-meurad 38
Figure IV.6: Représentation de réseau après la simulation pour le cas de pointe 57
Figure IV.7: Représentation de réseau après la simulation pour le cas de pointe+incendie. ..66

Chapitre V : réhabilitation du réseau d'AEP à l'horizon 2054

Figure V.1: Représentation de réseau après la simulation pour le cas de pointe 81
Figure V.2: Représentation de réseau après la simulation pour le cas de pointe + incendie ...87

Chapitre VI : Étude d'adduction

Figure VI.1: Schéma explicatif de système d'adduction.....95
Figure VI.2: Schéma explicatif de système d'adduction projeté 97
Figure VI.3: Courbe d'optimisation du tronçon SPmeurad-R500m3 99
Figure VI.4: Description du phénomène du coup de bélier.....102
Figure VI.5: Phase 1 du coup de bélier 102
Figure VI.6: Phase 2 du coup de bélier 102
Figure VI.7: Phase 3 du coup de bélier 103
Figure VI.8: Phase 4 du coup de bélier 103
Figure VI.9: Principe de fonctionnement d'un réservoir d'air. 104

C**hapitre-VII Les accessoires et pièces spéciales en AEP**

Figure VII.1: Robinet vanne a opercule 109
Figure VII.2: Robinet vanne papillon 110
Figure VII.3: Clapet anti retour à battant 110
Figure VII.4: Ventouse.....111
Figure VII.5: Régulateur de pression.....112
Figure VII.6: Les coudes 113
Figure VII.7: Cône.....113
Figure VII.8: tes.....114
Figure VII.9: Croix de jonction 114
Figure VII.10: Les manchons 114

Chapitre VIII : Management et organisation de chantier

Figure VIII.1: Coupe transversale mise en œuvre des tranchées 117
Figure VIII.2: Réseaux à nœuds et calcul du temps de réalisation du systeme de distribution
.....123

Listes des tableaux

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Tableau I.1: Précipitations moyennes mensuelles interannuelles (1990-2015) 5

Chapitre II : Estimation des besoins en eau

Tableau II.1: répartition de la population à différents horizons 10
Tableau II.2: répartition de la population des logements 11
Tableau II.3: besoins en eau domestique 12
Tableau II.4: besoins en eau sanitaire 13
Tableau II.5: besoins en eau socioculturels et sportifs 13
Tableau II.6: besoins en eau commerciaux 14
Tableau II.7: besoins en eau scolaires 14
Tableau II.8: les besoins d'équipement totaux 15
Tableau II.9: Récapitulation des besoins en eau 15
Tableau II.10: la consommation moyenne journalière totale de l'agglomération 16
Tableau II.11: Récapitulation des débits journaliers Qmoyj, Qmaxj, Qminj 18
Tableau II.12: Récapitulation des débits moyens horaires 18
Tableau II.13: Variation du coefficient βmax 19
Tableau II.14: Variation du coefficient βmin 20
Tableau II.15: débit maximale horaire pour chaque horizon 20
Tableau II.16: débit minimale horaire pour chaque horizon 20
Tableau II.17: Répartition des débits horaires (horizon 2024) 21
Tableau II.18: Répartition des débits horaires (horizon 2054) 23

Chapitre III : Étude des réservoirs

Tableau III.1: Représentation des caractéristiques des réservoirs existants. 31
Tableau III.2: Calcul de la capacité du réservoir d'alimentation. 32

Chapitre IV : Diagnostic du réseau d'AEP existant

Tableau IV.1: Fuites réparées en 2012 et 2013 35
Tableau IV.2: Évaluation des infrastructures 36
Tableau IV.3: présentation un échantillon des accessoires de réseau 37
Tableau IV.4: caractéristiques des pompes de SP-meurad 38
Tableau IV.5: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe 40
Tableau IV.6: calcul de débits nodaux à l'heure de pointe +incendie 48
Tableau IV.7: Cotes et pression des nœuds (cas de pointe) 48
Tableau IV.8: Caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe). 52
Tableau IV.9: Cotes et pression des nœuds (cas de pointe+incendie) 58
Tableau IV.10: Caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe+incendie). 62

Chapitre V : réhabilitation du réseau d'AEP à l'horizon 2054

Tableau V.1: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe 70
Tableau V.2: Calcul de débits nodaux à l'heure de pointe+incendie 75
Tableau V.3: Cotes et pression des nœuds (cas de pointe).....76
Tableau V.4: Caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe) 78
Tableau V.5: Cotes et pression des nœuds (cas de pointe+ incendie) 82
Tableau V.6: Caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe+incendie) 84
Tableau V.7: comparaison entre le réseau existant el le réseau projeter.....88

Chapitre VI : Étude d'adduction

Tableau VI.1: Coefficients et exposants de la perte de charge.....91
Tableau VI.2: caractéristiques système d'adduction existant.....95
Tableau VI.3: diagnostic hydraulique de l'adduction existante SPmeurad-RV2000 96
Tableau VI.4: diagnostic hydraulique de l'adduction existante SPmeurad-RV500 96
Tableau VI.5: résultat du Calcul de l'adduction projetée variante 1 97
Tableau VI.6: Les frais d'exploitation du tronçon SP Meurad – RV500.....98
Tableau VI.7: Les frais d'amortissement du tronçon SP Meurad – RV500 98
Tableau VI.8: Calcul du bilan du tronçon SP Meurad – RV500.....99
Tableau VI.9: Résultat du Calcul de l'adduction projetée variante 2 RV2000-RV500.....100
Tableau VI.10: Bilan de variante d'adduction 2 RV2000-RV500 101
Tableau VI.11: Les caractéristiques des adductions 107
Tableau VI.12: Calcul de célérité d'onde pour chaque tronçon d'adduction 107
Tableau VI.13: Calcul de volume des réservoirs d'air 107

Chapitre VIII : Management et organisation de chantier

Tableau VIII.1: Calcul des différents volumes de terrassement. 119
Tableau VIII.2: Volumes et montant total des travaux de terrassement 120
Tableau VIII.3: Montant des travaux de pose pour chaque diamètre.....120
Tableau VIII.4: Les opérations principales à réaliser et leurs durées.....121
Tableau VIII.5: Les opération des travaux (précède, succède).....122
Tableau VIII.6: Planification selon la méthode de GANTI.....123

Listes des Planches

Planche N°1 : Plan de masse avec réseau existant

Planche N°2 : Plan de masse avec trace projeter

Planche N°3 : Plan de réseau d'adduction

Planche N°4 : Profil en long adduction N2 SPMeurad-RV500

Planche N°5 : Profil en long conduite principal

Introduction generale

La disponibilité d'une eau potable de qualité est un élément fondamental pour la santé publique et le développement socio-économique. L'accès à une eau saine est essentiel non seulement pour les besoins domestiques, mais aussi pour les activités agricoles et industrielles.

Cependant, dans de nombreux pays, y compris les pays en développement, Les systèmes d'alimentation en eau potable sont souvent confrontés à divers défis tels que les fuites, les contaminations, l'obsolescence des infrastructures, faible pression, faible vitesse et une gestion inefficace des ressources. Ces problèmes peuvent entraîner des interruptions fréquentes de la fourniture d'eau, une détérioration de la qualité de l'eau, et des pertes économiques importantes. Par conséquent, il est crucial d'identifier les causes sous-jacentes de ces dysfonctionnements pour pouvoir y remédier de manière efficace.

Dans ce contexte, L'objectif principal de ce mémoire est de réaliser un diagnostic approfondi du système existant d'approvisionnement en eau potable de la commune de Meurad, d'identifier les failles et les insuffisances. Ce diagnostic servira de base pour proposer des solutions de réhabilitation visant à améliorer la fiabilité, la qualité et la capacité de ce système.

Notre objectif est de répondre de manière quantitative et qualitative aux besoins en eau des consommateurs, tant à court terme qu'à long terme. Il s'agit donc de fournir aux citoyens ruraux un réseau de distribution de haute qualité, fiable, et garantissant un approvisionnement continu en eau potable, avec une pression et vitesse adéquate.

Afin de mener à bien notre étude, nous l'avons subdivisée en huit chapitres. Nous commençons par les études préliminaires, suivies par le diagnostic et la réhabilitation du réseau d'alimentation, en utilisant le logiciel EPANET comme support. Nous concluons par la pose des canalisations et l'organisation du chantier.

I Chapitre -I PRESENTATION DE LA ZONE D ETUDE

I.1 Introduction :

Avant d'entamer l'étude d'un projet d'approvisionnement en eau potable, il est crucial de mener une étude approfondie du site. Afin de comprendre pleinement toutes les caractéristiques spécifiques de la ville de Meurad chef-lieu de la commune. Parmi les aspects à considérer, il est primordial d'examiner la situation géographique, topographique, climatique, sismique et hydraulique de la ville. Cette analyse approfondie nous permettra d'établir une évaluation précise du réseau de distribution et de concevoir un schéma d'alimentation approprié pour le projet.

I.2 Situation géographique :

Le territoire de la commune de Meurad est situé à environ 15 km au sud de Tipaza. Implantée à l'ouest de la grande plaine de la Mitidja, Meurad est une commune à vocation agricole. Cette commune est la porte d'entrée sud de la wilaya de Tipaza à partir de la wilaya d'Ain Defla. Le chef-lieu de Meurad se situe à 19km au sud du chef-lieu de la wilaya de Tipaza et à 90 Km de la capitale.

La zone est limitée :

- Au Nord par la commune de Hadjout;
- A l'Est par la commune de Bourkika;
- A l 'ouest par la commune de Menaceur;
- Au Sud par la commune de Hammam Righa (wilaya de Ain Defla);

La commune s'étend sur une superficie de 128 km^2

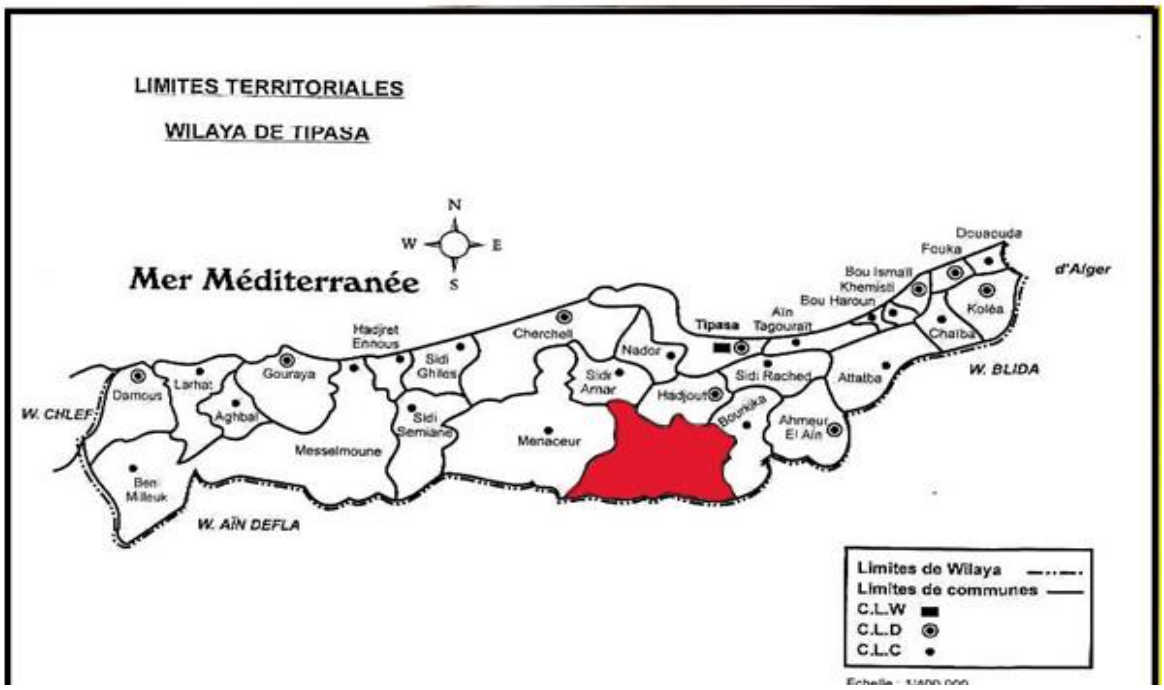


Figure I.1 : Carte géographique de la wilaya de Tipaza (zone d'étude en rouge)

Source : (monographie wilaya de Tipaza – ANIREF)

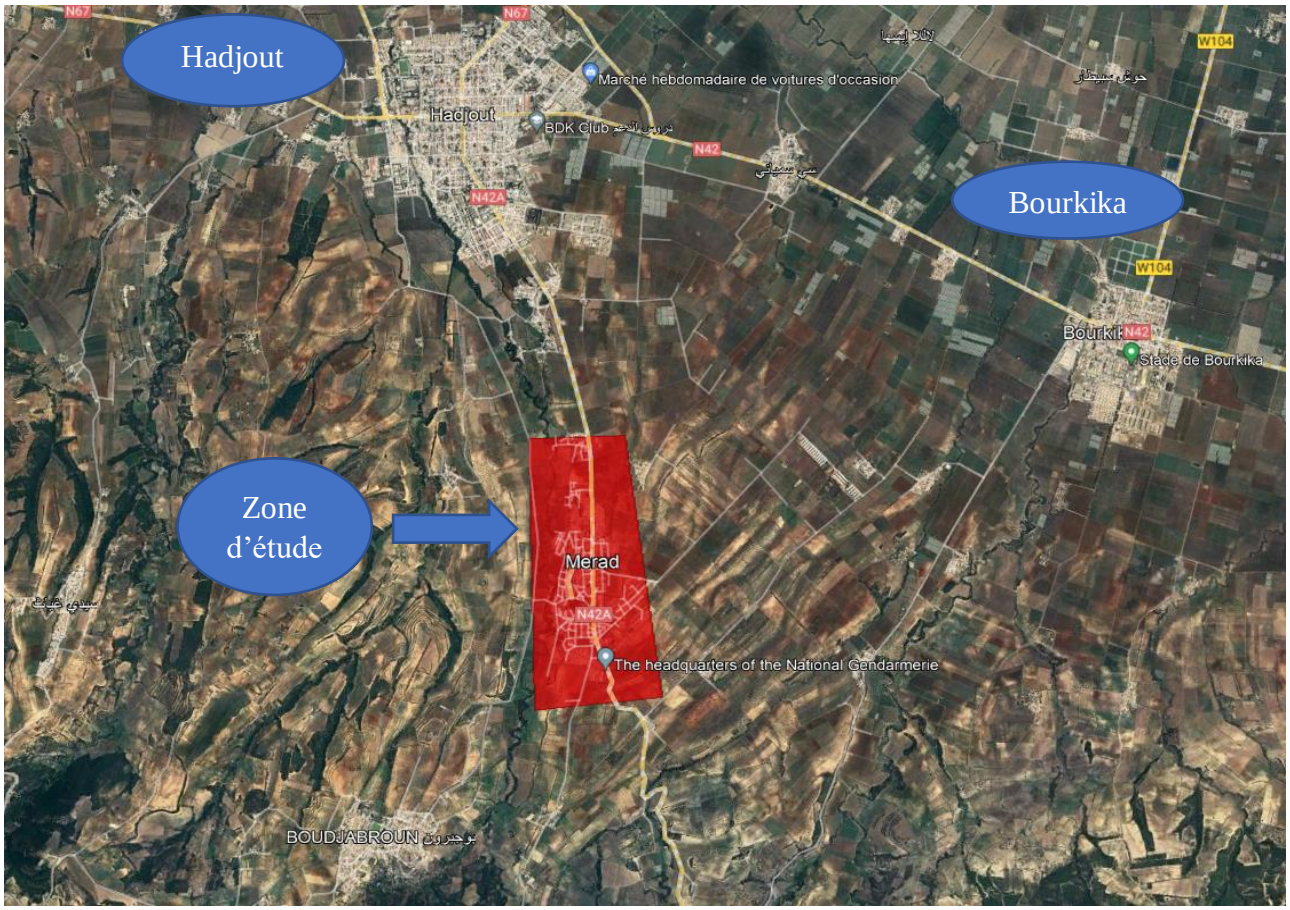


Figure I.2 : Délimitation de la zone d'étude

Source : (google earth)

I.3 Situation topographique :

La commune de Meurad est située à l'ouest de la grande plaine de la Mitidja. L'altitude moyenne de la commune de Meurad est de 94 mètres, l'altimétrie du site se situe entre les cotes topographiques de 145 mNGA et de 235 mNGA. Vu ces conditions topographiques on admet un réseau à écoulement gravitaire.

Source : (Schéma Directeur AEP TIPAZA)

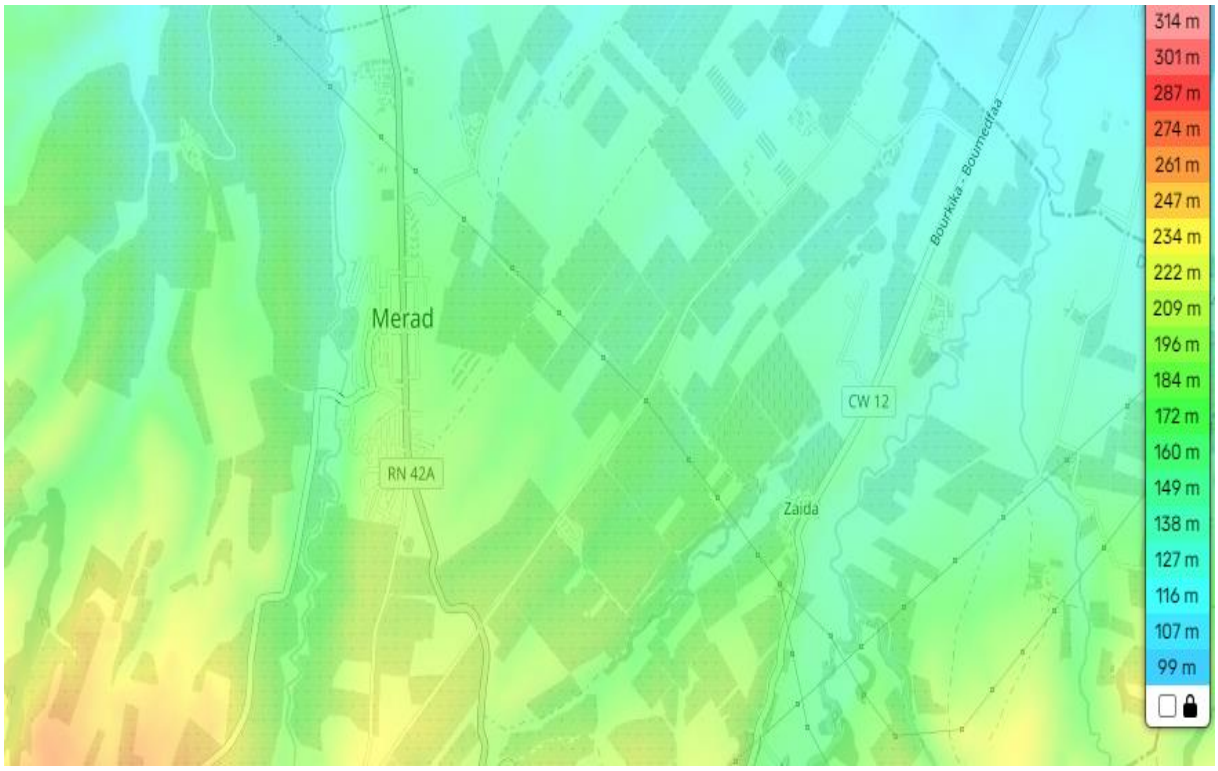


Figure I.3 : Carte topographique de la commune de Meurad

Source :(Topographic-map.com)

I.4 Situation climatique :

I.4.1 Climat :

Les variations climatiques dans la zone d'étude résultent de la convergence des influences maritimes au nord et des caractéristiques topographiques, notamment le relief et l'altitude, au sud. Cette région présente un climat méditerranéen tempéré avec deux saisons distinctes : un hiver doux et pluvieux de d'octobre à mars, suivi d'un été chaud et sec d'avril à septembre. La période estivale est marquée par une longue sécheresse pouvant s'étendre sur trois à quatre mois.

Source :(meteobleu.com)

I.4.2 Temperatures et precipitations moyennes :

La "maximale moyenne quotidienne" (ligne rouge continue) montre la température maximale moyenne d'un jour pour chaque mois pour Meurad. De même, « minimale moyenne quotidienne" (ligne bleue continue) montre la moyenne de la température minimale. Les jours chauds et les nuits froides (lignes bleues et rouges en pointillé) montrent la moyenne de la plus chaude journée et la plus froide nuit de chaque mois des 30 dernières années.

Source :(meteobleu.com)

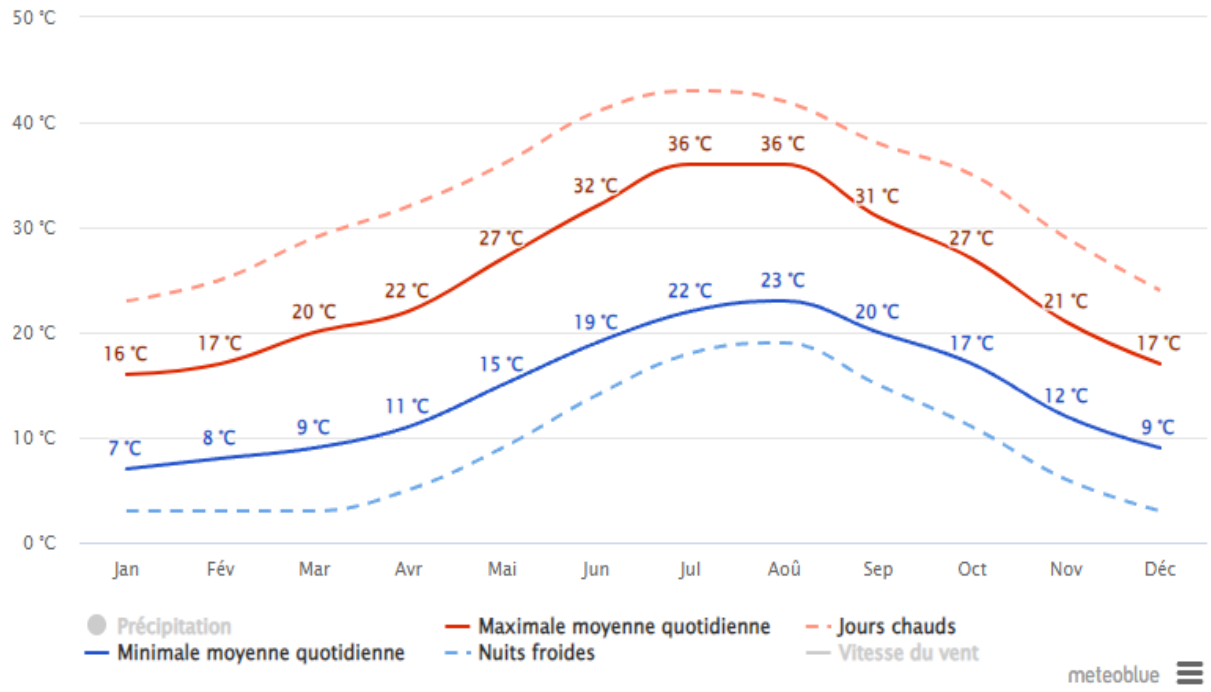


Figure I.4: Variation de la température mensuelle

Source :(meteobleu.com)

Les précipitations moyennes mensuelles sur une période d'observation de 25 ans (1990-2015) pour la station (MENACEUR), Sont obtenues en faisant la somme de tous les mois des années d'observation.

Les résultats de précipitations sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau I.1: Précipitations moyennes mensuelles interannuelles (1990-2015)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
Pluviométrie (mm)	14,40	22,78	30,68	57,29	43,4	61,12	50,6	34,52	22,47	4,35	2,34	5,42

Source : (ANRH BLIDA 2024)

I.4.3 Vitesse de vent :

Le diagramme de Meurad montre les jours par mois, pendant lesquels le vent atteint une certaine vitesse, où la mousson crée des vents forts et réguliers de Décembre à Avril et des vents calmes de Juin à Octobre.

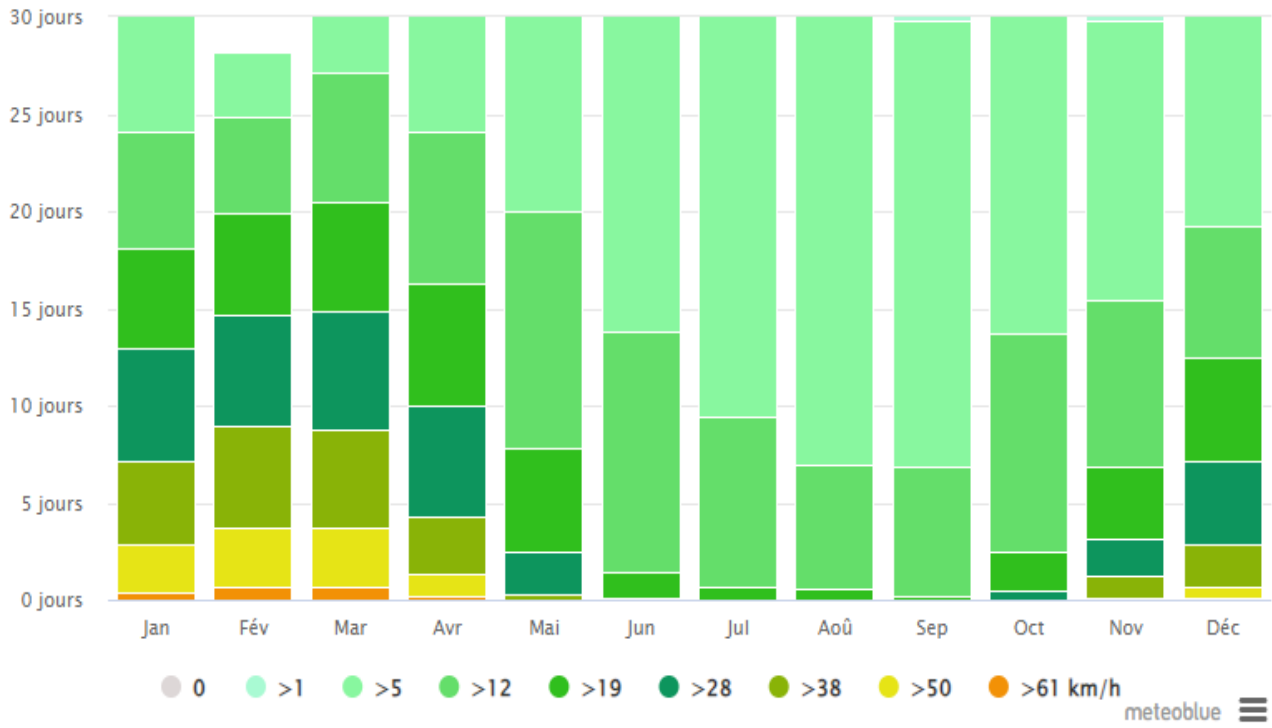


Figure I.5: diagramme de variation des vitesses du vent moyen mensuel

Source : (meteobleu.com)

I.5 Situation geologique :

Pour garantir le succès des travaux de terrassement et une gestion efficace du chantier, une compréhension approfondie de la géologie est essentielle. Dans notre zone d'étude Meurad fait partie de la Mitidja, alors sa nature géologique est très riche par des terres fertiles constituée de sols bruns calciques et est caractérisée par une structure argilo-limoneuse dominante. On y rencontre également d'importantes zones verts sols en bordure de la frange montagneuse. Ces terres sont les plus favorables pour les exploitations agricoles.

Source :(SEAAL 2024)

I.6 Situation démographique :

La commune de Meurad abrite environ 25030 habitants et s'étend sur une superficie d'environ 128 km². La majorité de la population réside dans le chef-lieu de la commune, qui compte 9828 habitants, ainsi que dans les villages environnants. Cette commune connaît une croissance démographique soutenue depuis plusieurs années, en grande partie due à sa proximité avec la ville de Tipaza. Cette augmentation de la population a engendré une pression accrue sur les ressources en eau ainsi que sur les infrastructures communales telles que les logements et les équipements publics.

Source :(SEAAL 2024)

I.7 Sismicite :

Selon le règlement parasismique algérien RPA 2003 survenu suite au séisme du 21/05/2003, le territoire algérien est partagé en quatre zones de sismicité croissante :

Zone 0: sismicité négligeable.

Zone I: sismicité faible.

Zone II: sismicité moyenne.

Zone III: forte sismicité.

La région de Tipaza (commune de Meurad) est classée dans la zone III d'une forte sismicité.

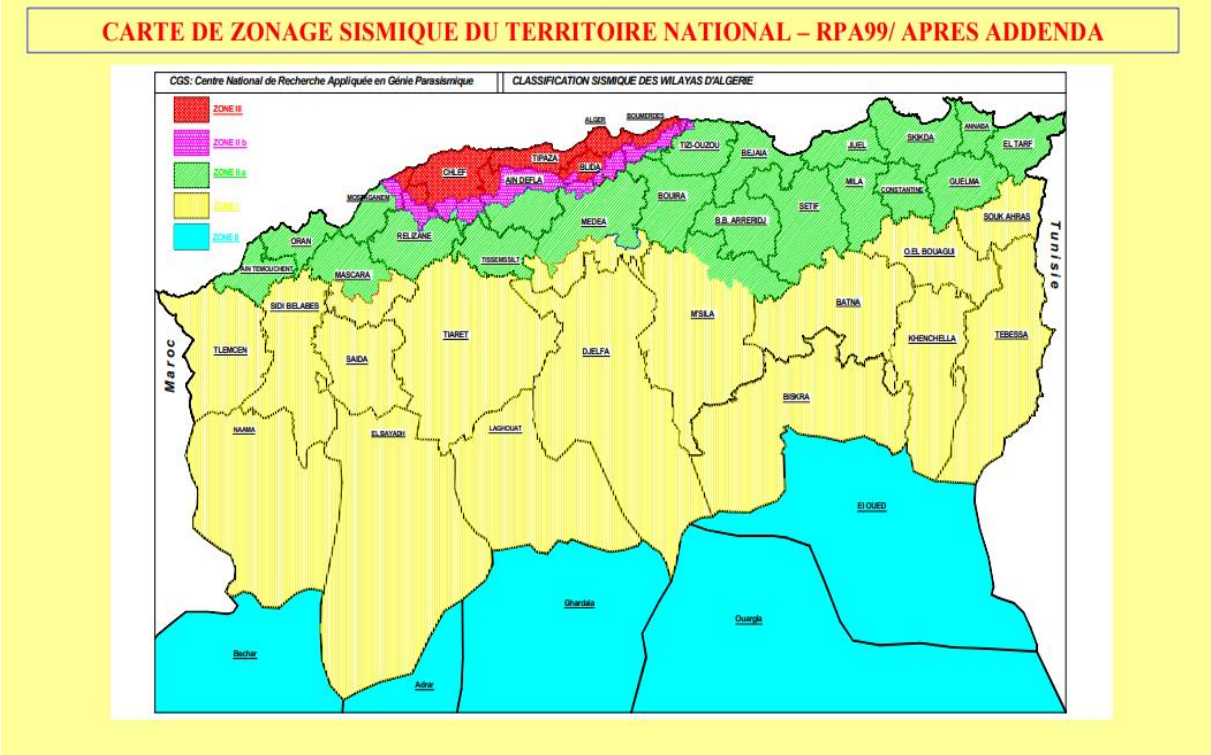


Figure I.6: Carte des zones sismique de l'Algérie

Source : (RPA99version 2003)

I.8 Hydrographie :

La commune de Meurad, située dans la wilaya de Tipaza, est caractérisée par une hydrographie relativement limitée. Bien qu'il n'y ait pas de cours d'eau majeurs traversant directement la commune. Cependant quelques oueds et ruisseaux saisonniers peuvent traverser la commune, Une partie importante de ces eaux s'infiltre dans le sol notamment au niveau de la zone de plaine. Ces cours d'eau peuvent être plus actifs pendant les périodes de fortes précipitations, mais ils ne sont généralement pas permanents. En résumé, bien que la commune de Meurad ne soit pas abondamment pourvue en cours d'eau permanents, elle bénéficie de sa situation géographique près de la mer et de quelques cours d'eau saisonniers pour ses besoins hydrographiques.

Source : (ANRH BLIDA 2024)

I.9 Situation hydraulique :

En ce qui concerne la situation actuelle de la distribution d'eau potable dans la région de Meurad, il est important d'examiner les ressources disponibles et les divers réservoirs de stockage. Suivant les informations obtenues auprès de SEAAL :

I.9.1 Les ressources existent :

La commune de Meurad est alimentée en eau à partir du Barrage Boukerdane via le réservoir tampon 5000 m^3 de la commune de Meurad qui alimente à travers un refoulement issu de la station de pompage SP Meurad les réservoirs de distribution de Meurad.

I.9.2 Réseau de distribution :

Le réseau de distribution du Meurad est de type ramifié, il est composé par des conduites en PVC et PEHD. On trouve dans le réseau différents diamètres des conduites, du DN50 mm au DN300 mm.

I.9.3 Réservoirs de stockage :

Il existe deux réservoirs un de 500 m3 et autre de 2000 m3.

Source : (Schéma Directeur AEP TIPAZA)

I.10 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons décrit en détail la région d'étude, en examinant sa topographie, son climat, sa géologie, ainsi que sa situation hydrologique et hydrographique, spécifiquement dans la zone de la commune de Meurad. L'analyse de ces données fondamentales nous fournira une base solide pour effectuer un diagnostic approfondi du réseau actuel d'approvisionnement en eau potable.

II Chapitre II- ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

II.1 Introduction :

Pour garantir le succès d'une étude de projet, il est essentiel d'évaluer avec précision les divers besoins de l'agglomération, en tenant compte également des besoins futurs de l'agglomération. Cette estimation des besoins par exemple l'évolution de la population, c'est ce que nous faisons dans ce chapitre calcul des besoins en eau pour un horizon d'étude de 2054.

II.2 Evaluation de la population pour l'horizon d'étude 2054 :

L'estimation de la population future est projetée pour l'horizon 2054. D'après l'APC de la commune Meurad et SEAAL, le nombre d'habitation actuel $\boldsymbol{P_{2024}}$ = 9828 habitants pour notre zone d'études chef lieux de Meurad.

Le nombre habitant de futur estimé par la formule suivant :

$$P_n = P_0 \ (1+\tau)^{n} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(II.1)}$$

Avec :

$\mathbf{P_n}$: population d'horizon d'étude 2053

$\mathbf{P_0}$: population de l'Anne de référence 2023

n : nombre d'années séparant l'année de référence et l'année de l'horizon 30 ans.

τ : taux d'accroissement (**τ=1,2** % Source : SEAAL)

KADI, L. Cours d'alimentation en eau potable

On résume l'évolution de population dans un tableau :

Tableau II.1: répartition de la population à différents horizons

Année	2024	2029	2034	2039	2044	2049	2054
Nombre Habitants	9828	10432	11073	11753	12475	13241	14056

Les nouveaux logements lesquels ils ont été construits.

Le taux d'occupation pour l'année actuel 2024 est cinq (05) personnes par logement.

Le taux d'occupation pour l'horizon d'étude 2054 est sept (07) personnes par logement.

Source :(APC Meurad/SEAAL)

La détermination de nombre d'habitant comme montré :

P_{2024} = Nombre de logt x 5 = nombre habitants ;

P_{2054} = Nombre de logt x 7 = nombre habitants ;

Source :(SEAAL)

L'évolution de population des logements est résumée dans le tableau suivant :

Tableau II.2: répartition de la population des logements

Sites	Nombres d'habitants (2024)	Nombres d'habitants (2054)
450 Logt	2250	3150
70 Logt	350	490
100 Logt	500	700
200 Logt	1000	1400

Source :(APC Meurad)

II.3 Categories des besoins en eau :

La consommation d'eau fluctue selon le profil des consommateurs. Avant d'entreprendre un projet d'approvisionnement en eau potable, il est essentiel d'effectuer une analyse exhaustive de toutes les catégories de consommateurs présentes au sein d'une agglomération.
Il est indispensable, dans le cadre de cette étude, d'examiner les diverses catégories de demandes en eau :

II.3.1 Les Besoins domestiques :

La consommation d'eau à domicile fait référence à l'usage de l'eau par les ménages pour divers besoins domestiques tels que la cuisine, le lavage, la douche et l'arrosage. Ces besoins en eau sont principalement influencés par le niveau de vie, la disponibilité des ressources, la nature de l'agglomération ainsi que les équipements disponibles.

II.3.2 Les Besoins sanitaires :

La quantité d'eau nécessaire pour les hôpitaux et les polyclinique…etc

II.3.3 Les Besoins scolaires :

Les besoins en eau dans les écoles se réfèrent à la quantité d'eau nécessaire pour les activités liées au fonctionnement quotidien de l'établissement scolaire et nombres des élevés.

II.3.4 Les Besoins socioculturels, et sportifs :

Les besoins en eau socioculturels englobent l'utilisation de l'eau dans le cadre d'activités liées à la vie sociale et culturelle d'une communauté. Cela comprend des aspects tels que l'entretien des espaces publics, les activités récréatives, les événements communautaires, les installations sportives, les centres culturels.…

II.3.5 Les besoins commerciaux :

Cette consommation concerne toutes utilisations dans les domaines commerciales.

II.3.6 Les besoins industriels :

La consommation industrielle est estimée en fonction de la nature de l'industrie et en général chaque unité industrielle exprime ses besoins.

Salah, B. (2014)

II.4 Choix des dotations :

La norme unitaire « dotation » est définie comme une besoin moyen journalière par unité de consommateur. Les valeurs de la dotation sont des normes définies selon plusieurs critères dont :

- Le niveau de vie de la population ;
- Le nombre d'habitants ;
- Le développement urbain de la ville ;
- Les ressources disponibles ;

Pour notre projet on a estimé la dotation pour la diagnostic et réhabilitation de réseau par :

150/l/j/hab

Source:(PNE)

II.5 Determination de la consommation moyenne journaliere :

La formule suivante permet de calculer la consommation moyenne journalière, notée $\mathbf{Q_{moyj}}$ **:**

$$Q_{moyj} = \frac{N_i \times dot}{1000} \text{.....} \textbf{(II.2)}$$

Avec:

Qmoyj: consommation moyenne journalière en (m3/j);

dot: dotation journalière en (l/j/unite);

Ni: nombre de consommateurs;

II.6 evaluation des besoins en eau:

Cette evaluation est pour l'horizon 2054:

II.6.1 Besoins en eau domestique:

Les besoins en eau domestique sont résumé dans le tableau suivant:

Tableau II.3: besoins en eau domestique

Sites	Nombre d'habitans (2024)	Nombre d'habitans (2054)	Dotation (l/j/hab)	consommation moyenne journalière (m3/j	consommation moyenne journalière (m3/j)
Chef Lieu	9828	14056	150	1474,2	2108,4
450 Logt	2250	3150	150	337,5	472,5
70 Logt	350	490	150	52,5	73,5
100 Logt	500	700	150	75	105
200 Logt	1000	1400	150	150	210
Total	13928	19796	150	2089,2	2969,4

Source: (APC Meurad)

II.6.2 Besoins en eau sanitaires:

Les besoins en eau sanitaires sont résumés dans le tableau suivant:

Tableau II.4: besoins en eau sanitaire

equipements	unite	Nombre	Dotation (l/j/hab)	consommation moyenne journalière (m3/j)
Polyclinique	Patient	75	15	1,125
Centre des andicapes	Patient	50	15	0,75
Total				1,875

(Source: APC Meurad)

II.6.3 Besoins en eau socioculturels et sportifs:

Les besoins en eau socioculturels et sportifs sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau II.5: besoins en eau socioculturels et sportifs

equipements	Unite	nombre	effectif	Dotation (l/j/hab)	consommation moyenne journalière (m3/j)
Mosquée	Fidèle	2	3000	15	45
Maison de jeune	Jeune	1	120	5	0,6
Commissariat De Police	Employé	1	35	15	0,525
Stade	Vestiaire	1	40	40	1,6
Centre de formation professionnelle	Apprenti	1	320	15	4,8
Gendarmerie	Employé	1	50	15	0,75
APC	Employé	1	30	15	0,45
Total					53,725

Source: (APC Meurad)

II.6.4 Besoins en eau commerciaux :

Les besoins en eau commerciaux sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau II.6: besoins en eau commerciaux

equipements	unite	nombre	capacite	Dotation (l/j/hab)	consommation moyenne journalière (m3/j)
Salle des fêtes	Personne	1	300	20	6
Douche	Personne	1	50	50	2,5
Station de lavage	Voiture	1	20	120	2,4
Total					10,9

(Source: APC Meurad)

II.6.5 Besoins en eau scolaires :

Les besoins en eau scolaires sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau II.7: besoins en eau scolaires

equipements	unite	nombre	effectif	Dotation (l/j/hab)	consommation moyenne journalière (m3/j)
Ecole primaire	Élevé	4	1568	20	31,36
C.E.M	Élevé	1	1211	20	24,22
Lycée	Élevé	1	912	20	18,24
Total					73,82

(Source : APC Meurad)

II.7 Recapitulation des besoins en eau a de l'agglomération :

Le tableau suivant représentés les besoins en eau d'équipement de Meurad :

Tableau II.8: les besoins d'équipement totaux

Désignation	**consommation moyenne journalière (m3/j)**
Besoins sanitaires	1,875
Besoins socioculturels et sportifs	53,725
Besoins commerciaux	10,9
Besoins scolaires	73,82
Total	140,32

Pour anticiper les développements à venir, nous appliquons une augmentation de 20% au débit de consommation des équipements.les resultats sont representes par tableau suivant:

(Source: APC Meurad)

Tableau II.9: Récapitulation des besoins en eau

Annee	**2024**	**2054**
Besoins domestiques (m^3/j)	2089,2	2969,4
Besoins d'équipements(m^3/j)	140,32	140,32
Pourcentage d augmentation	/	20%
Besoins d'équipements finals (m^3/j)	140,32	168,384
Consommation moyenne Journalière (m3/j)	2229,52	3137,784

Il est essentiel de considerer les fuites et le gaspillage, c'est pourquoi on adopte une majoration de 15%.

$$Q_{Moyj\ total} = Qmoy.j * K_F \quad \text{.....(II.3)}$$

Avec :

Qmoyj total: Debit Moyen Journalier total (m3/j);

KF: Coefficient de majoration;
Qmoyj: Debit moyen Journalier (m3/j);

La consommation moyenne journalière totale est représenté dans le tableau suivant:
Tableau II.10: la consommation moyenne journalière totale de l'agglomération

Année	Qmoyj	K_F	Qmoyj total
2024	2229,52	1,15	2563,948
2054	3137,784	1,15	3608,451

II.8 Variation de la consommation journaliere :

Les taux de consommation peuvent fluctuer considérablement au fil du temps en raison de divers facteurs, notamment :

- Les variations annuelles et saisonnières des taux de consommation sont influencées par le niveau de vie et le développement de la communauté urbaine.
- La fluctuation quotidienne dépend du jour de la semaine où la consommation atteint son pic.
- Les variations horaires sont liées aux habitudes de consommation de la population tout au long de la journée.

La figure suivante représenté un exemplaire de la consommation annuelle en fonction des jours :

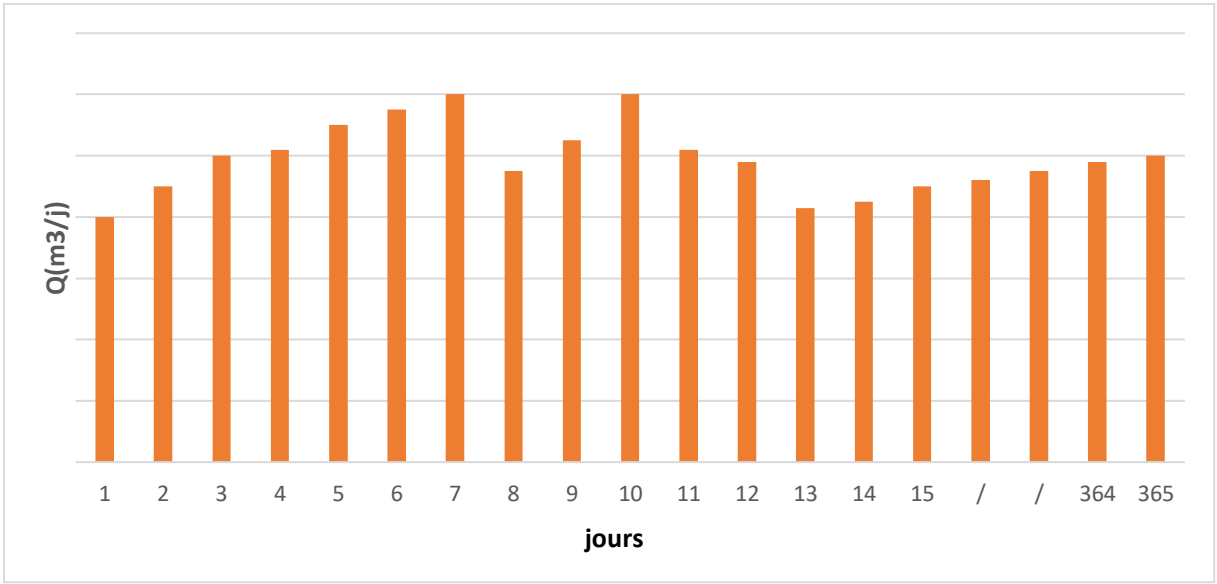


Figure II.1: histogramme de consommation annuelle

II.9 Etude des variations de la consommation :

II.9.1 Variation de la consommation journalière :

II.9.1.1 Consommation minimale journalière :

Il s'agit de la consommation d'eau durant la journée la moins sollicitée de l'année. Cette mesure est établie en utilisant le coefficient minimal journalier, défini comme le rapport entre la consommation minimale journalière et la consommation moyenne journalière.

La consommation minimale journalière est calculée par la formule suivant :

$$\boldsymbol{Qmin.j = Kmin.j \times Qmoy.j}\text{.....(II.4)}$$

Avec :

Qmoy.j : débit moyen journalier (m3/j) ;

Qmin.j : débit minimum journalier (m3/j) ;

Kmin.j : coefficient d'irrégularité de la consommation journalière minimum.

Coefficient d'irrégularité journalière minimum ; varie entre 0,7à 0,9

On prend Kmin.j =0,8

KADI, L. Cours d'alimentation en eau potable

II.9.1.2 Consommation maximale journalière :

La consommation maximale journalière correspond à la journée de l'année où la demande en eau est la plus élevée. La consommation maximale journalière est calculée par la formule suivant :

$$\boldsymbol{Qmax.j = Kmax.j \times Qmoy.j}\text{.....(II.5)}$$

Avec :

Qmoy.j : débit moyen journalier ;

Qmax.j : débit maximum journalier ;

Kmax.j : coefficient d'irrégularité de la consommation journalière maximum ;

Coefficient d'irrégularité journalière maximum varie entre 1.1 à 1.3 ;

On prend Kmax.j = 1,2 ;

KADI, L. Cours d'alimentation en eau potable

II.9.1.3 Récapitulation des variations journalière de la consommation :

Les résultats de calcul des différents débits de consommation moyenne, minimale et maximale journalières sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.11: Récapitulation des débits journaliers Qmoyj, Qmaxj, Qminj

Année	Qmoyj	Kmaxj	Qmaxj	Kminj	Qminj
2024	2563,948	1,2	3076,737	0,8	2051,158
2054	3608,451	1,2	4330,141	0,8	2886,760

II.9.2 Variation de la consommation horaire :

Dans une agglomération, la consommation d'eau varie au fil de la journée en raison des habitudes de la population. Certaines heures connaissent une faible consommation tandis que d'autres affichent une demande élevée.

II.9.2.1 Débit moyen horaire :

Le débit moyen horaire est donné par la formule suivante :

$$Qmoyh = \frac{Qmaxj}{24}(m^3/h) \text{.....(II.6)}$$

Avec :

Qmoyh : débit moyen horaire en m3/h ;

Qmaxj : débit maximum journalier en m3/j ;

Les débit moyens horaires sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau II.12: Récapitulation des débits moyens horaires

Année	Qmaxj	Qmoyh
2024	3076,737	128,197
2054	4330,141	180,422

II.9.2.2 Calculs les débits maximum et minimum horaires par des formules :

II.9.2.2.1 Débit maximale horaire :

Ce débit représente l'heure de pointe ou consommation la plus élevée au cours de la journée, et il est utilisé pour dimensionner le réseau de distribution. Le débit maximum horaire est donné par la formule suivante :

Qmaxh =Qmoyh× Kmaxh (m3/h)……..……**(II.7)**

Avec :

Qmaxh : débit maximum horaire en (m3/h) ;

Qmoyh : débit moyen horaire en (m3/h) ;

Kmaxh: coefficient d'irrégularité maximum horaire ;

Coefficient d'irrégularité maximum horaire (Kmaxh) :

Ce coefficient traduit l'augmentation de la consommation d'eau par heure tout au long de la journée, en prenant en considération l'accroissement de la population, le niveau de confort ainsi que le fonctionnement des industries.

Ce coefficient est donné par :

$$K_{maxh} = \alpha_{max} \times \beta_{max} \text{.....(II.8)}$$

Avec :

α_{max} **:** coefficient qui dépend des habitudes de la population et le niveau de développement, il

Varie de 1,2 à 1,4 on prend α_{max}**=1,3 ;**

β_{max} **:** coefficient étroitement lié à l'accroissement de la population. Il est donné par le

Tableau suivant :

Tableau II.13: Variation du coefficient βmax

Population (hab) 10^3	**1**	**1,5**	**2,5**	**4**	**6**	**10**	**20**	**30**	**50**	**100**
β max	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,1

Source: (Salah, 2014)

II.9.2.2.2 Débit minimale horaire :

Ce débit représente l'heure ou la consommation la plus faible au cours de la journée.

Le débit minimum horaire est donné par la formule suivante :

$$Q_{minh} = Q_{moyh} \times K_{minh} \text{ (m3/h)} \text{.....(II.9)}$$

Avec :

Qminh : débit minimum horaire en (m3/h) ;

Qmoyh : débit moyen horaire en (m3/h) ;

Kminh : coefficient d'irrégularité maximum horaire ;

Coefficient d'irrégularité minimum horaire (Kminh) :

Le coefficient minimum horaire est calculé par la formule suivante :

$$K_{minh} = \alpha_{min} \times \beta_{min} \text{.....(II.10)}$$

Avec :

α_{min} **:** coefficient qui dépend des habitudes de la population et le niveau de développement, il

varie de 0,4à 0,6 on prend α_{min} **=0,5**

β_{max} : coefficient étroitement lié à l'accroissement de la population. Il est donné par le Tableau suivant :

Tableau II.14: Variation du coefficient βmin

Population (hab) 10^3	**<1**	**1,5**	**2,5**	**4**	**6**	**10**	**20**	**30**	**100**
β_{min}	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7

Source: (Salah, 2014)

II.9.2.2.3 Récapitulation des debits minimale et maximale horaire :

Les débits minimale et maximale horaires sont représentés dans les tableau suivant :

Tableau II.15: débit maximale horaire pour chaque horizon

Horizon	**Qmoyh (m3/h)**	**αmax**	**βmax**	**Kmaxh**	**Qmaxh (m3/h)**	**Qmaxh (l/s)**
2024	128,197	1,3	1,26	1,638	210	58,33
2054	180,422	1,3	1,22	1,586	286,15	74,486

Tableau II.16: débit minimale horaire pour chaque horizon

Horizon	**Qmoyh (m3/h)**	**αmin**	**βmin**	**Kminh**	**Qminh (m3/h)**	**Qminh (l/s)**
2024	128,197	0,5	0,43	0,215	27,562	7,656
2054	180,422	0,5	0,49	0,245	44,203	12,278

II.9.2.3 Etude des variations de la consommation :

Le débit horaire d'une agglomération est variable selon l'importance de cette dernière et L'habitude quotidienne des habitants. Ces variations sont exprimées en pourcentage par rapport au débit maximal journalier de l'ensemble de l'agglomération.

Pour l'année 2024 nous intéressons à la tranche de population comprise entre 10 001 et 50 000 habitants. **(Voir annexe II.1)**

Tableau II.17: Répartition des débits horaires (horizon 2024)

Heures	Ch (%)	Qh (m3/h)	Cumul Ch (%)	Cumul Qh (m3/h)
0-1	1.5	46,151	1,5	46,151
1-2	1.5	46,151	3	92,302
02-03	1.5	46,151	4,5	138,453
03-04	1.5	46,151	6	184,604
04-05	2.5	76,918	8,5	261,523
05-06	3.5	107,686	12	369,208
06-07	4.5	138,453	16,5	507,662
07-08	5.5	169,221	22	676,882
08-09	6.25	192,296	28,25	869,178
09-10	6.25	192,296	34,5	1061,474
10-11	6.25	192,296	40,75	1253,770
11-12	6.25	192,296	47	1446,066
12-13	5	153,837	52	1599,903
13-14	5	153,837	57	1753,740
14-15	5.5	169,221	62,5	1922,961
15-16	6	184,604	68,5	2107,565
16-17	6	184,604	74,5	2292,169
17-18	5.5	169,221	80	2461,390
18-19	5	153,837	85	2615,226
19-20	4.5	138,453	89,5	2753,680
20-21	4	123,069	93,5	2876,749
21-22	3	92,302	96,5	2969,051
22-23	2	61,535	98,5	3030,586
23-24	1.5	46,151	100	3076,737
Total	100	3076,737	/	/

D'après le tableau on trouve :

Qmaxh=192,296 m^3/h

Qminh=46,151 m^3/h

Les résultats de tableau précèdent sont représentés en diagramme a barres :

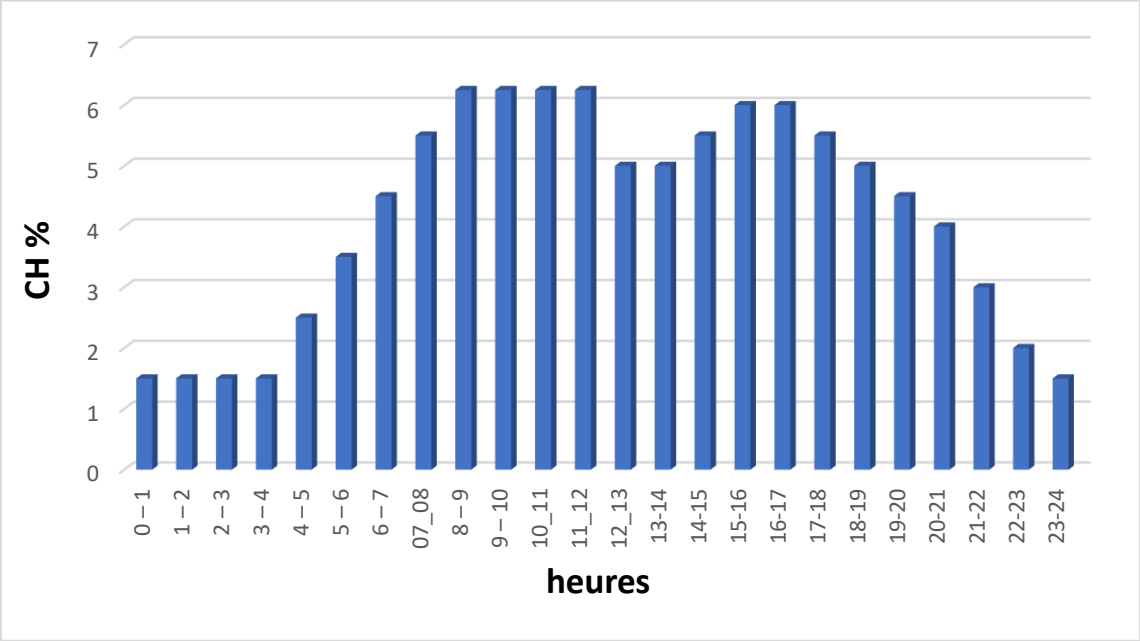


Figure II.2: diagramme à barres représentant la consommation en eau à l'horizon 2024

Le figure ci-dessous représente la courbe intégrale de la consommation en eau à l'horizon 2024

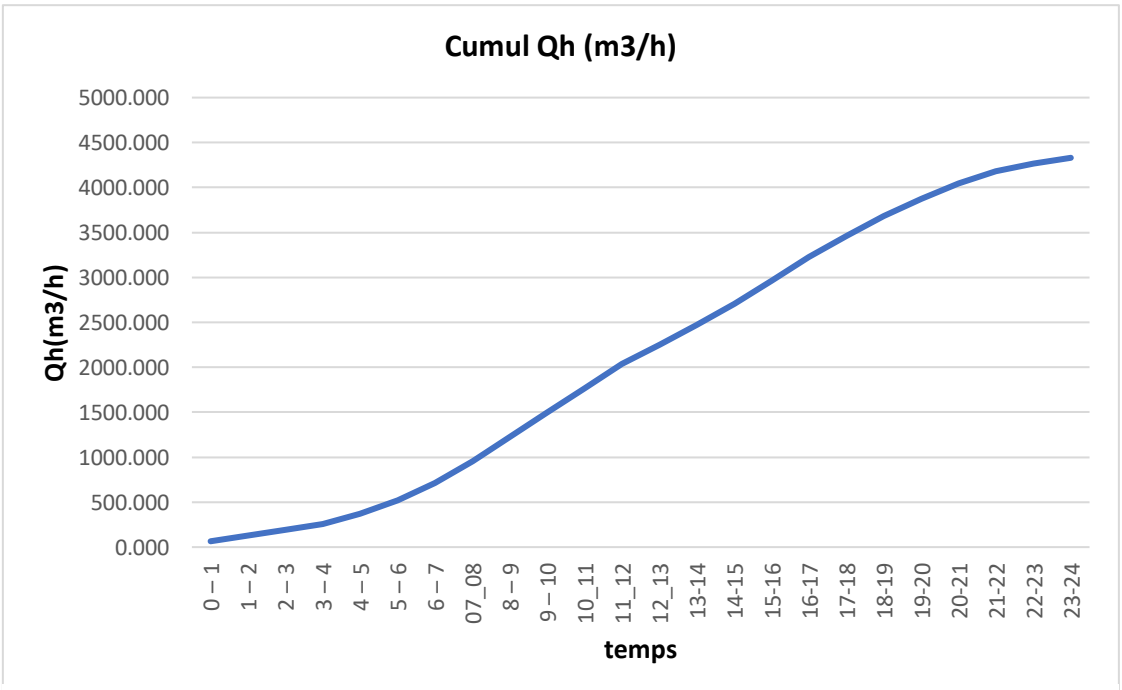


Figure II.3: courbe intégrale de la consommation en eau à l'horizon 2024

Pour l'horizon 2054 on a la même variante la tranche de population comprise entre 10 001 et 50 000 habitants. **(Voir annexe II.1)**

Tableau II.18: Répartition des débits horaires (horizon 2054)

Heures	Ch (%)	Qh (m3/h)	Cumul Ch (%)	Cumul Qh (m3/h)
0-1	1.5	64,952	1,5	64,952
1-2	1.5	64,952	3	129,904
02-03	1.5	64,952	4,5	194,856
03-04	1.5	64,952	6	259,808
04-05	2.5	108,254	8,5	368,062
05-06	3.5	151,555	12	519,617
06-07	4.5	194,856	16,5	714,473
07-08	5.5	238,158	22	952,631
08-09	6.25	270,634	28,25	1223,265
09-10	6.25	270,634	34,5	1493,899
10-11	6.25	270,634	40,75	1764,532
11-12	6.25	270,634	47	2035,166
12-13	5	216,507	52	2251,673
13-14	5	216,507	57	2468,180
14-15	5.5	238,158	62,5	2706,338
15-16	6	259,808	68,5	2966,147
16-17	6	259,808	74,5	3225,955
17-18	5.5	238,158	80	3464,113
18-19	5	216,507	85	3680,620
19-20	4.5	194,856	89,5	3875,476
20-21	4	173,206	93,5	4048,682
21-22	3	129,904	96,5	4178,586
22-23	2	86,603	98,5	4265,189
23-24	1.5	64,952	100	4330,141
Total	100	4330,141	/	/

D'après le tableau on trouve

Qmaxh=270,634 m^3/h

Qminh=64,952 m^3/h

Les résultats de tableau précèdent sont représentés en diagramme a barres :

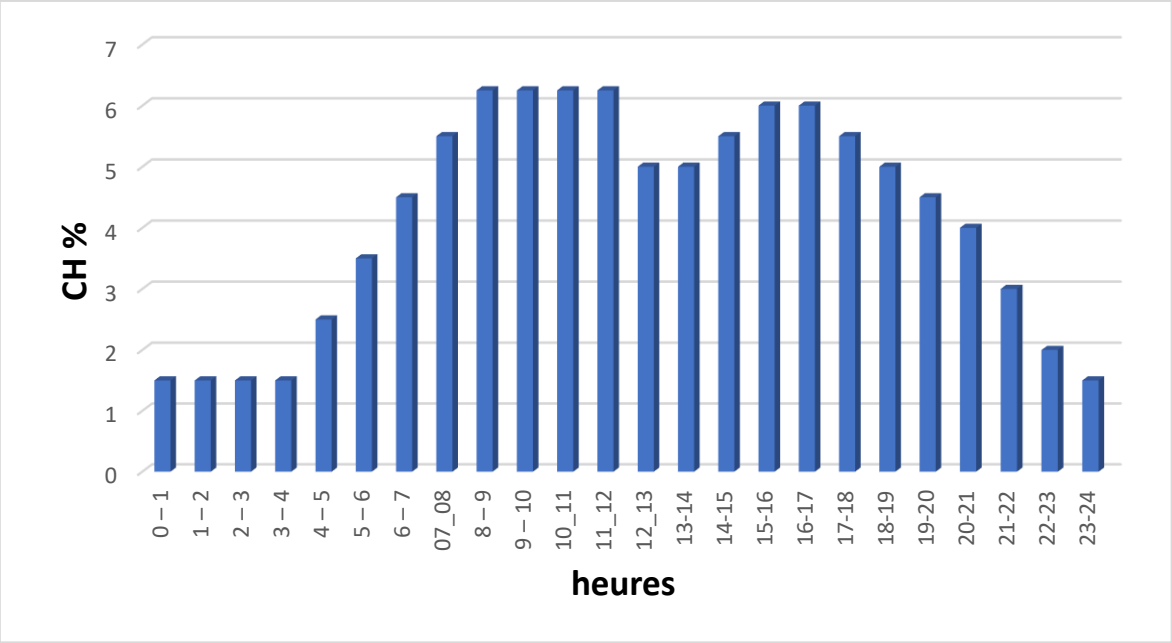


Figure II.4: diagramme à barres représentant la consommation en eau à l'horizon 2054

Le figure ci-dessous représente la courbe intégrale de la consommation en eau à l'horizon 2054

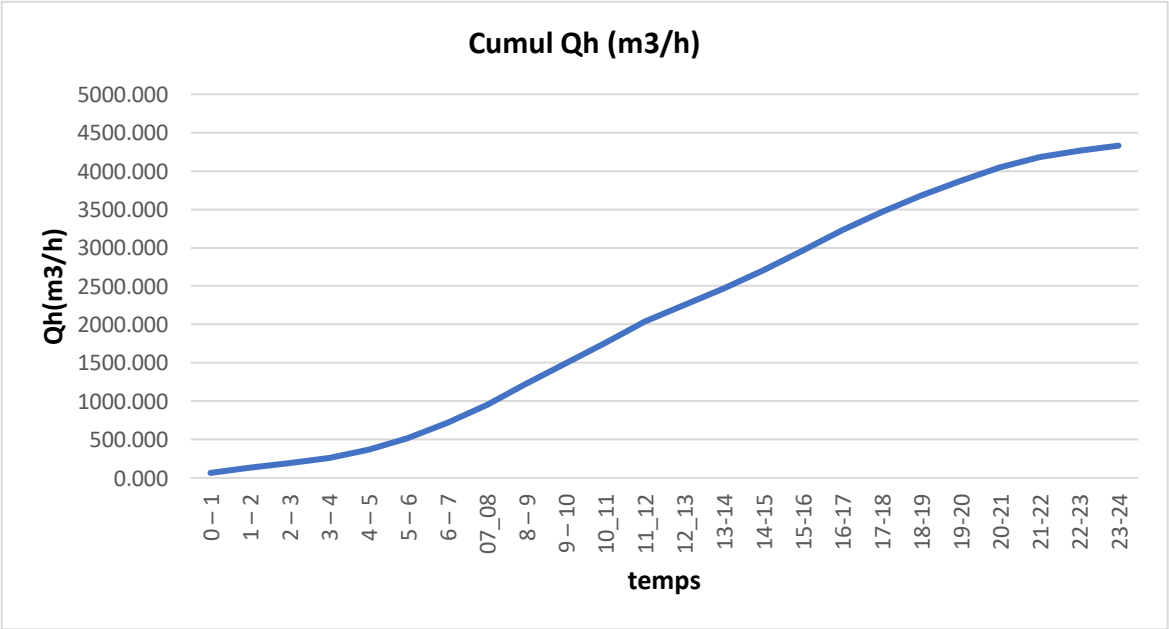


Figure II.5: courbe intégrale de la consommation en eau à l'horizon 2054

II.10 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons examiné de manière détaillée les habitudes de consommation de notre agglomération, en identifiant les divers profils de consommateurs et en calculant les volumes de consommation quotidiens correspondants (maximum et minimum). Ensuite, nous avons utilisé ces données pour estimer les moyennes, les pics et les creux de consommation horaires. Ces informations sont essentielles pour déterminer les dimensions des structures qui constituent notre système d'approvisionnement en eau potable, ce qui est le sujet abordé dans le chapitre suivant.

III Chapitre III- ETUDE DES RESERVOIRS

III.1 Introduction :

Le réservoir joue un rôle crucial dans un système d'Approvisionnement en Eau Potable (AEP), car il agit comme un régulateur de débit et de pression entre l'approvisionnement et la distribution de l'eau. Dans cette section, nous allons calculer les volumes de stockage d'eau nécessaires pour notre agglomération afin de garantir le bon fonctionnement du réseau et répondre aux besoins en eau actuels et futurs de la région étudiée.

III.2 Utilite des reservoirs :

Le réservoir d'eau potable assurée les fonctions suivantes :

- Sollicitation régulière des points d'eau, qui ne subiront pas les variations journalières et préservation des ouvrages et des nappes ou des gisements aquifères.
- Continuité de la distribution pendant l'arrêt de la pompe.
- Régulation de la pression dans le réseau de distribution.
- Briser la charge dans le cas d'une distribution étagée.
- Jouer le rôle de relai.
- Disponibilité de la réserve d'incendie.
- Réduction des dépenses d'énergie.
- Dans le cas où le réseau est étendu longitudinalement, et que de faibles pressions apparaissent aux points éloignés, on peut installer un deuxième réservoir (d'extrémité ou d'équilibre). **KADI, L.** Cours d'alimentation en eau potable

III.3 Classification des reservoirs :

On peut classer les réservoirs selon plusieurs critères :

III.3.1 Selon le matériau :

- Réservoirs métalliques.
- Réservoirs en maçonnerie.
- Réservoirs en béton armé, ordinaire ou précontraint.

III.3.2 Selon la situation des lieux :

- Réservoirs enterrés.
- Réservoirs semi enterrés.
- Réservoirs surélevés, sur tour.

III.3.3 Selon la forme géométrique :

- Réservoirs circulaires.
- Réservoirs rectangulaires ou carrées.
- Réservoirs de forme quelconque (sphérique, conique…)

III.4 Emplacement des reservoirs :

Il est essentiel que l'emplacement sélectionné pour la construction du réservoir soit compatible avec l'un de ses objectifs primordiaux. Il faut toujours prendre en considération les éléments suivants :

- L'emplacement d'un réservoir est conditionné par la topographie, il doit garantir une pression suffisante, notamment lors des pics de demande. Pour cela, la cote du radier doit dépasser la cote piézométrique maximale dans le réseau, assurant ainsi une distribution gravitaire.
- Afin de calculer la cote du radier, il est nécessaire d'estimer la perte de charge entre le réservoir et la cote piézométrique la plus élevée à desservir, ce qui influencera le choix du type de réservoir.
- La conception d'un réservoir doit anticiper l'évolution démographique ainsi que les habitudes de consommation, tout en garantissant que l'eau ne reste pas en rétention dans le réservoir pendant plus de 24 heures.

KADI, L. Cours d'alimentation en eau potable

III.5 Equipements des reservoirs d'alimentation :

Les réservoirs doivent être équipé de :

a) Conduite d'arrivée :

Il s'agit d'une conduite soit de type refoulement, soit gravitaire. Idéalement, elle devrait se déverser dans la cuve en formant un siphon noyé ou par le bas. Cette conduite est positionnée à l'opposé de la conduite de départ afin de favoriser le brassage. À son extrémité, un dispositif est installé pour fermer la conduite lorsque le niveau d'eau atteint son maximum un robinet-flotteur est utilisé si l'approvisionnement est gravitaire, ou un mécanisme permettant de stopper la pompe en cas d'approvisionnement par refoulement.

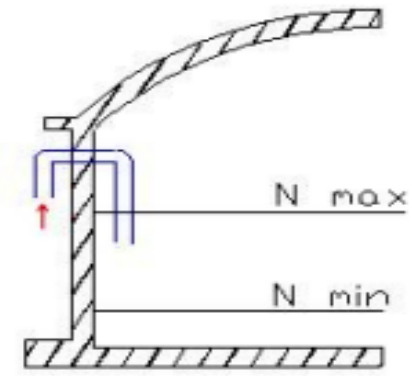


Figure III.1: Arrivée noyée

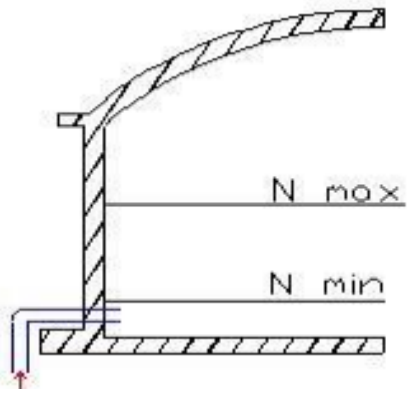


Figure III.2: Arrivée par le bas

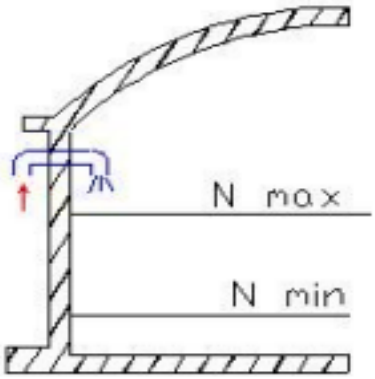


Figure III.4 : Arrivée par chute libre

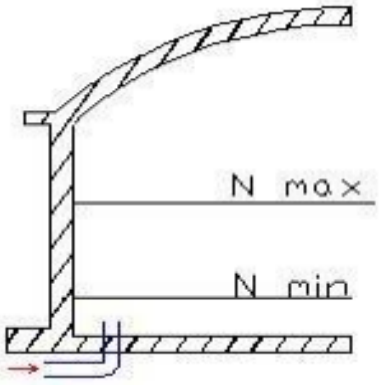


Figure III.3: Arrivée noyée par le fond

KADI, L. Cours d'alimentation en eau potable

b) Conduite de départ :

Cette conduite est placée à l'opposé de la conduite d'arrivée à quelques cm au-dessus du radier (15à20cm) pour éviter l'entrée des matières en suspension. L'extrémité est munie d'une crépine courbée pour éviter le phénomène de vortex (pénétration d'air dans la conduite). Cette conduite est équipée d'une vanne à survitesse.

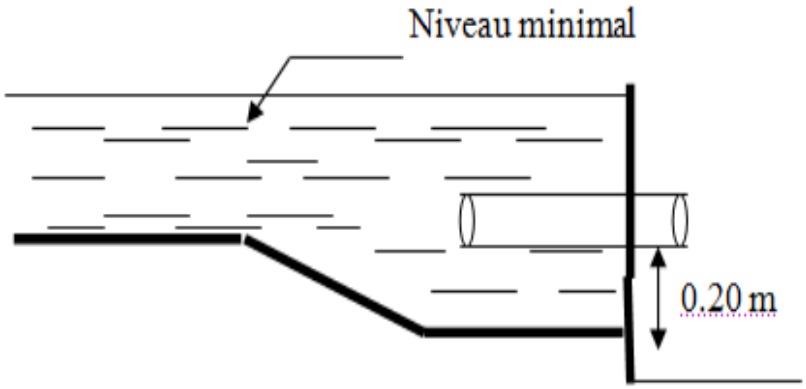


Figure III.5: conduite distribution

c) Conduite trop pleine :

Cette conduite vise à évacuer le débit excédentaire provenant de l'adduction lorsque le niveau d'eau atteint son maximum dans le réservoir, en cas de dysfonctionnement du système d'arrêt des pompes et de la vanne flotteur. Le dispositif de trop-plein est conçu pour garantir une évacuation efficace de l'eau. **KADI, L.** Cours d'alimentation en eau potable

d) Conduite de vidange :

Elle permet la vidange du réservoir en cas de nettoyage ou de réparation. Elle est munie d'un robinet vanne doit et se raccorde généralement à la conduite de trop-plein. Le robinet vanne doit être nettoyé après chaque vidange pour éviter les dépôts de sable (difficulté de manouvre).

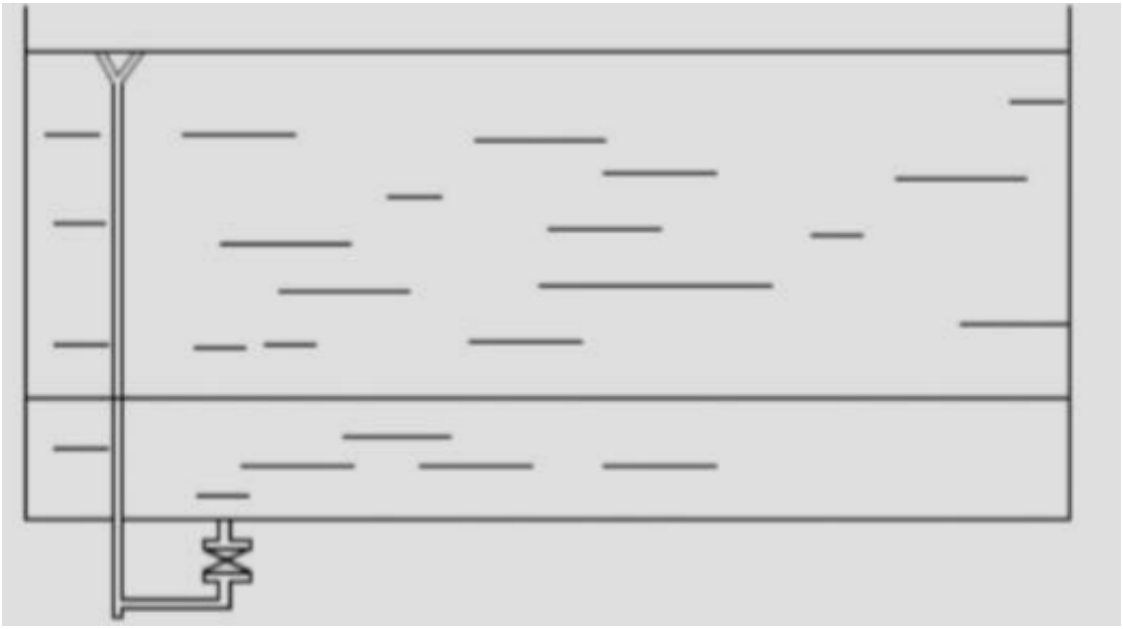


Figure III.6: Conduite de trop-plein et de vidange

e) Conduite by-pass :

Relie la conduite d'arrivée et la conduite de départ dans le cas d'un réservoir. Utile pour maintenir l'alimentation du réseau quand le réservoir est isolé pour son entretien

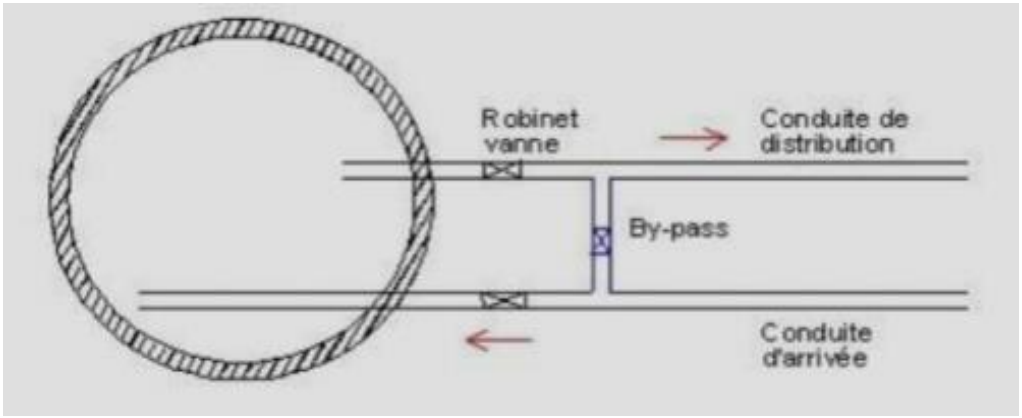


Figure III.7: Conduite by-pass

f) Matérialisation de la réserve d'incendie :

- **Système à siphon :** le siphon se désamorce quand le niveau de la réserve est atteint, grâce à l'évent, pour que la réserve ne soit pas entamée. Ainsi la réserve est constamment tout en restant disponible tout le temps.
- **Système à deux prises :** rarement utilisé du fait de l'existence d'une tranche d'eau morte (la réserve de sécurité n'est pas convenablement renouvelée).

KADI, L. Cours d'alimentation en eau potable

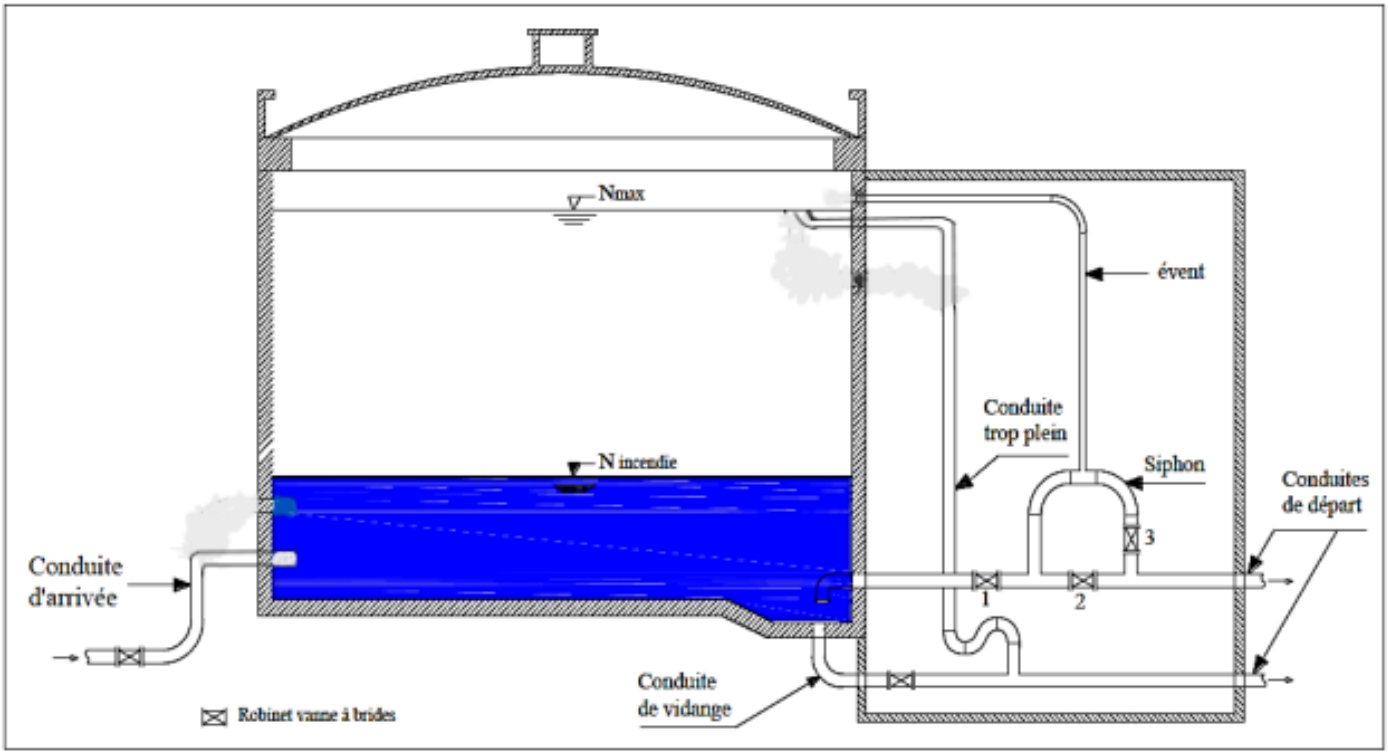


Figure III.8: Schéma explicatif des équipements dans un réservoir

III.6 Capacités des réservoirs :

Pour satisfaire leur fonction, les réservoirs doivent posséder une capacité adéquate, laquelle doit être évaluée en prenant en considération les variations des débits à l'entrée et à la sortie. La capacité est calculée pour satisfaire aux variations journalières de débit de consommation en tenant compte du jour de la plus forte consommation et de la réserve d'eau destinée à l'incendie.

Pour estimer la capacité d'un réservoir, nous avons deux méthodes :

- La méthode analytique.
- La méthode graphique.

III.6.1 Méthode analytique :

La méthode analytique consiste à calculer, pour chaque heure de la journée, le résidu dans Le réservoir. Le volume de régulation sera :

$$\mathbf{Vr} = \frac{\mathbf{a \times Qmaxj}}{\mathbf{100}}\ (\mathbf{m^3}) \text{.....(III.1)}$$

Avec :

Vr : capacité résiduelle (m^3) ;

$\boldsymbol{a}$ **:** fraction horaire du débit maximum journalier (%) ;

Qmaxj : La consommation maximale journalière (m^3 /j) ;

Le volume total du réservoir sera calculé en tenant compte de la réserve d'incendie :

$$VT = Vr + Vinc \text{.....(III.2)}$$

VT : capacité totale du réservoir (m^3) ;

Vinc : volume d'incendie estimé à 120 m^3 ;

Source: (**Salah, 2014)**

III.6.2 Methode graphique :

Cette approche repose sur la représentation graphique des courbes de consommation maximale quotidienne et de celle décrivant l'alimentation gravitaire par le réservoir sur une période de 24 heures. En calculant la somme des écarts absolus entre les deux extrêmes de la courbe de consommation par rapport à celle d'apport, nous obtenons le résidu maximal journalier.

$$Rmax = |d| + |d'| \ (\%) \text{.....(III.3)}$$

Avec :

d : écart inférieur entre l'apport et la consommation ;

d′: écart supérieur entre l'apport et la consommation ;

Le volume de régulation Vr est calculé selon la formule suivante :

$$Vr = \frac{Rmax \times Qmaxj}{100} \ (m^3) \text{.....(III.4)}$$

Donc le volume total sera : $VT = Vr + Vinc$

Source: **(Salah, 2014)**

III.7 Caractéristiques des réservoirs :

On a deux réservoirs qui alimentes le réseau de l'agglomération ces caractéristiques sont regroupes dans le tableau suivant :

Tableau III.1: Représentation des caractéristiques des réservoirs existants.

Réservoir	**Type**	**Matériau**	**Capacite (m^3)**	**Cote terrain (m)**
RV2000	Circulaire Semi enterre	Béton arme	2000	235
RV500	Circulaire Semi enterre	Béton arme	500	213

III.8 Calcul capacite des réservoirs :

On va utiliser la méthode analytique pour évaluer les capacités des réservoirs actuels, afin de déterminer si le stockage est adéquat pour les besoins projetés à l'horizon de l'étude.Pour notre cas les pompes d'alimentation fonctionnent 20 heures/24 avec un arrêt de 17h à 21h. On a nombre des habitants supérieur à 10000 habitants, nous choisissons le régime de consommation adéquat **(Voir annexe II.1)**

Tableau III.2: Calcul de la capacité du réservoir d'alimentation.

Heures	Ch (%)	Refoulement (%)	Arrive d'eau au reservoir	Depart d'eau du reservoir	Reste dans reservoir
0-1	1.5	5	3,5		-9,5
1-2	1.5	5	3,5		-6
02-03	1.5	5	3,5		-2,5
03-04	1.5	5	3,5		1
04-05	2.5	5	2,5		3,5
05-06	3.5	5	1,5		5
06-07	4.5	5	0,5		5,5
07-08	5.5	5		0,5	5
08-09	6.25	5		1,25	3,75
09-10	6.25	5		1,25	2,5
10-11	6.25	5		1,25	1,25
11-12	6.25	5		1,25	0
12-13	5	5	0		0
13-14	5	5	0		0
14-15	5.5	5		0,5	-0,5
15-16	6	5		1	-1,5
16-17	6	5		1	-2,5
17-18	5.5	0		5,5	-8
18-19	5	0		5	-13
19-20	4.5	0		4,5	-17,5
20-21	4	0		4	-21,5
21-22	3	5	2		-19,5
22-23	2	5	3		-16,5
23-24	1.5	5	3,5		-13
Total	100	100	/	/	

Le volume résiduel est égal à :

$$Vr = \frac{(5{,}5+|-21{,}5|)\times 4330{,}141}{100} = \mathbf{1169{,}13 m^3}$$

La capacité totale du réservoir sera :

$$VT = Vr + Vinc$$

$$VT = 1169{,}13 + 120 = \mathbf{1289{,}13 m^3}$$

En se référant aux calculs précédents, il est clair que les réservoirs actuels (RV2000+RV500=2500m^3) sont en mesure de fournir suffisamment d'eau pour approvisionner Meurad dans la période étudiée.

III.9 Conclusion :

Dans notre zone d'étude, il y a deux réservoirs d'une capacité totale de 2500 m3 sont en place (RV2000/RV500). Selon l'évaluation du stockage effectuée, ces réservoirs existants sont adéquats et peuvent garantir le bon fonctionnement hydraulique pour la période considérée.

IV Chapitre IV- Diagnostic du réseau d'AEP existant

IV.1 Introduction :

L'alimentation en eau potable est un élément essentiel de toute société moderne, garantissant la santé publique, le bien-être et le développement socio-économique. Cependant, de nombreux réseaux d'alimentation en eau potable à travers le monde sont confrontés à des défis croissants dus à leur vieillissement, à une planification inadéquate ou à des facteurs environnementaux changeants. Dans ce contexte, le diagnostic précis et approfondi des réseaux existants devient crucial pour assurer une distribution efficace et durable de l'eau potable.

Ce chapitre se consacre à l'analyse et au diagnostic physique et hydraulique du réseau d'alimentation en eau potable de Meurad. L'objectif principal est d'évaluer l'état actuel du réseau, d'identifier les éventuels problèmes, les zones de vulnérabilité et les besoins en réhabilitation ou en renforcement.

En utilisant un logiciel de simulation hydraulique comme Epanet, cette étude vise à améliorer les décisions de conception et de planification pour assurer une distribution d'eau potable efficace et pérenne dans la commune de Meurad.

IV.2 Diagnostic physique :

Le diagnostic physique d'un réseau d'alimentation en eau potable consiste en l'évaluation détaillée de l'état et des caractéristiques physiques du réseau existant. Il vise à identifier les divers composants du réseau : ouvrages de stockage, de réseaux de distribution, les ouvrages en ligne et de leurs équipements, ainsi que toutes les composantes du système, leur état de fonctionnement, leurs performances et les éventuels problèmes ou dysfonctionnements.

Dupont. (1979). Hydraulique urbaine

IV.2.1 Etat physique de réseau de distribution :

IV.2.1.1 Les conduites :

On trouve dans le réseau de distribution de Meurad différents diamètres des conduites, du DN60 mm au DN300 mm. Les conduites principales et les axes principaux du réseau de distribution sont dotés des diamètres les plus importants, tandis que les ramifications disposent des diamètres plus petits.

La majorité des trancons ont été construits en PVC, tandis que les extensions récentes du réseau utilisent du PEHD.

Dans le tableau suivant il y a une présentation à propos des fuites sur la commune de Meurad ont été traitées entre 2012-2013 :

Tableau IV.1: Fuites réparées en 2012 et 2013

Etat des fuites réparées du 26/12/2011 au 25/12/2013					
Période	*Réclamation sur fuite poste comptage*	*Fuite branchement*	*Fuite sur conduite <= 300*	*Fuite conduite > 300*	*Total général*
26/12/2011 au 25/12/2012	0	8	2	0	10
26/12/2012 au 25/12/2013	1	85	21	0	107

Source:(SEAAL)

La figure ci-dessous illustre l'état dégradé de certaines conduites, identifiable par les fuites d'eau à la surface du sol :

Figure IV.1: fuite sur le réseau de distribution

Source : (SEAAL)

IV.2.1.2 Infrastructures :

Évaluation de la condition physique des réservoirs (état de conservation, capacité)

Tableau IV.2: Évaluation des infrastructures Source : Hadj Ali 09/05/2024

Équipement	Photo
Figure IV.2: RéservoirRV2000m3 **Remarque :** réservoir en bon état Capacite :2000 m^3 **CTN :235m** **CTR :234m** **TYPE : semi enterre**	
Figure IV.3: Réservoir RV500m3 **Remarque :** Le réservoir présente des signes de détérioration. Capacite :500 m^3 **CTN :213m** **CTR :212m** **TYPE : semi enterré**	

IV.2.1.3 Accessoires

Les accessoires jouent un rôle crucial dans un réseau d'alimentation en eau potable en assurant le bon fonctionnement, la sécurité et l'efficacité du système par exemple Les vannes de régulation, les réducteurs et les dispositifs de mesure qui permettent de contrôler le débit et la pression de l'eau dans le réseau, assurant ainsi une distribution uniforme et conforme aux normes.

Tableau IV.3: présentation un échantillon des accessoires de réseau

Équipement	Photo
Conduite de départ de RV2000m^3 en fonte contient une vanne papillon et un débitmètre **Remarque** : tous les accessoires de conduite en bon état	

Suite Tableau IV.3 : présentation un échantillon des accessoires de réseau

Équipement	Photo
Conduite de départ de RV500m^3 contient une vanne opercule et un débitmètre **Remarque** : corrosion dans la conduite et la vanne Un peu de déchet dans le regard	
Ventouse dans un conduite **Remarque** Corrosion dans la Ventouse et la conduite	

Source : Hadj Ali 09/05/2024

IV.2.1.4 Station pompage :

La station a pour fonction de pomper l'eau de SP-Meurad de réservoir tampon (RV5000) vers les réservoirs de distribution (RV2000 et RV5000).

Dans le tableau suivant il y a les caractéristiques des pompes de SP-meurad :

Tableau IV.4: caractéristiques des pompes de SP-meurad

Station	Type de pompe	Type de moteur	HMT (m)	Débit (m^3/h)	Nbr	Puissance (Kw)
SP-meurad	GM SEIPEE	GM 280 M2 B3	160	136	2+1	90

Source : SEAAL

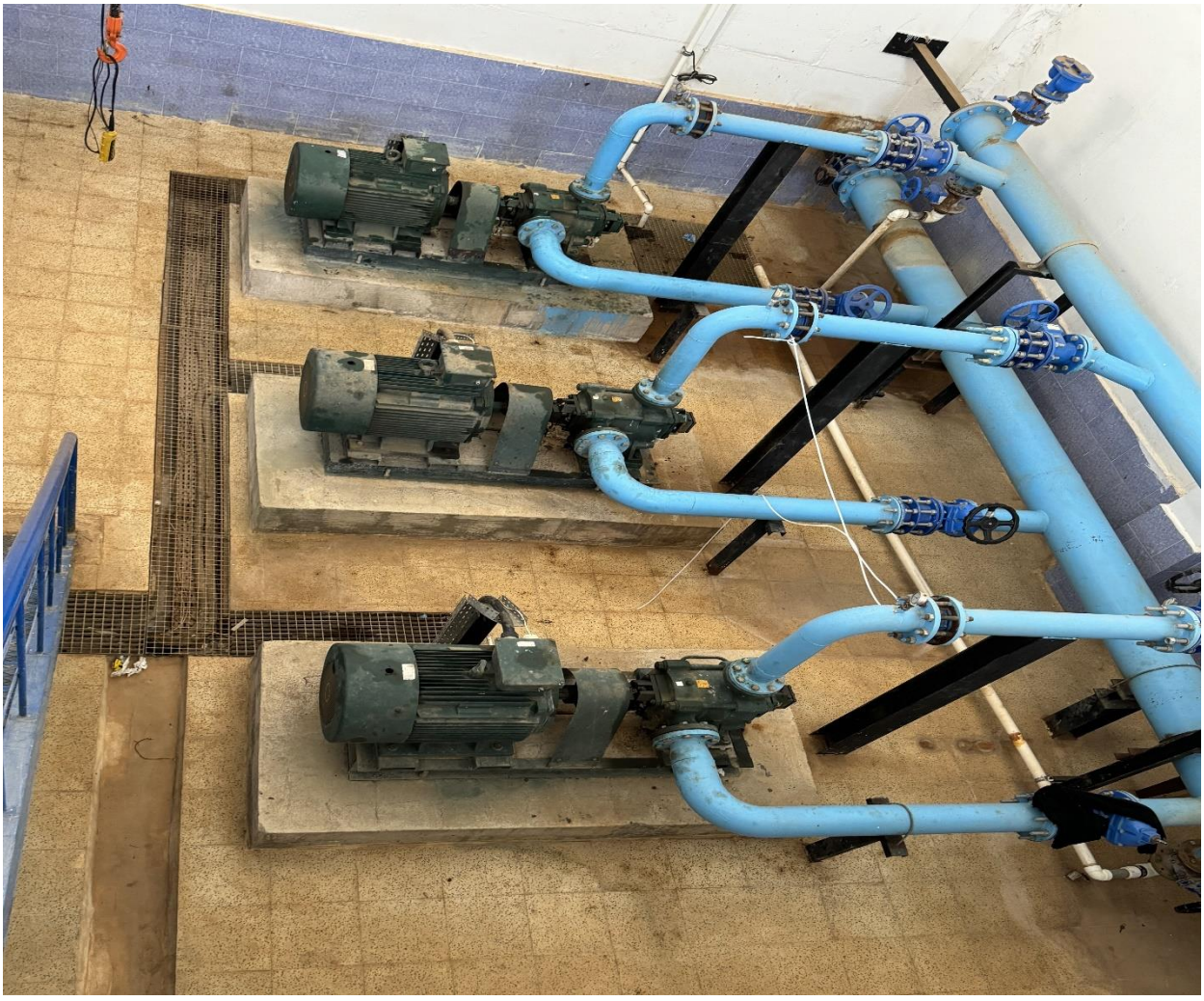


Figure IV.4: stations pompage SP-meurad

Source : Hadj Ali 09/05/2024

IV.3 Diagnostic hydraulique :

Le diagnostic hydraulique d'un réseau d'alimentation en eau potable se concentre sur l'évaluation des aspects hydrauliques du système, tels que le débit, la pression, la vitesse de l'eau et les pertes de charge. Avec l'utilisation le logiciel EPANET spécialisé pour simuler le comportement hydraulique du réseau, permettant de prévoir les conditions de fonctionnement, d'identifier les zones à risque et de tester différents scénarios d'exploitation et de maintenance.

Dupont. (1979). Hydraulique urbaine

IV.4 Présentation du logiciel EPANET :

EPANET est un programme informatique conçu pour modéliser le comportement hydraulique et la qualité de l'eau à travers les réseaux de distribution, tels que les tuyaux, les réservoirs et les bâches, fonctionnant sous pression sur des périodes prolongées. Il évalue les débits dans chaque conduite, les pressions à chaque nœud et les niveaux d'eau dans les réservoirs.Son but principal est d'améliorer la compréhension des schémas d'écoulement et de l'utilisation de l'eau au sein des systèmes de distribution.

IV.5 Determinations des debits :

Le système de distribution existant dans Meurad est un système de distribution avec un réservoir de tête. Pour la détermination des différents paramètres hydraulique de réseau on va étudier les cas : cas de pointe et cas de pointe+incendie.

IV.5.1 Debit specifique :

Le débit spécifique c'est le rapport entre le débit en route et la somme des longueurs des tronçons ou il y a une distribution en route.

Le débit spécifique se calcule comme suit :

$$qsp = \frac{Q_r}{\sum L}(\text{l/s/ml})\text{……..……}\textbf{(IV.1)}$$

Avec :

Σ Li : Somme des longueurs des tronçons du réseau ;

Qr : est le débit en route total (l/s) avec :**(Qr =Qmaxh- Σ Qcons)** ;

Σ Qcons : la somme de débits concentrés (l/s) dans notre cas Qcons=0 ;

Dupont. (1979). Hydraulique urbaine

IV.5.2 Debit en route :

Le débit en route pour chaque tronçon est calculé par la formule suivante :

$$Q_r = qsp \times Li\text{……}\textbf{(IV.2)}$$

Avec :

qsp : débit spécifique (l/s/ml) ;

Li: la longueur du tronçon (m) ;

Dupont. (1979). Hydraulique urbaine

IV.5.3 Débit aux nœuds :

Les débits correspondant en chaque nœud seront calculés par la formule suivante :

$$Q_{n.i} = 0{,}5 \sum Q_{ri-k} + Q_{conc} \text{ (l/s)} \text{.....(IV.3)}$$ Avec :

Qn,i : débit au nœud i (l/s) ;

Σ Qri-k : somme des débits route des tronçons reliés au nœud i ;

Qconc : débits concentrés au nœud i (pour notre cas Qconc = 0) ;

IV.6 CALCUL DES DEBITS :

IV.6.1 Cas de pointe :

Qmaxh =192,296 m3/h=46,151 l/s

La longueur totale du réseau de distribution : **∑Li = 21425,541 m**

Donc le débit spécifique est : $qsp = \frac{46{,}151}{21425{,}541}$=**0,00215/s/ml**

Les débits aux nœuds sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau IV.5: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe

ID Noeud	Tronçon	Longueur(m)	QSP(l/s/ml)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
Noeud n3	L2	19,86	0,00215	0,043	0,043
	L173	20	0,00215	0,043	
Noeud n4	L2	19,86	0,00215	0,043	1,188
	L3	1085	0,00215	2,333	
Noeud n5	L3	1085	0,00215	2,333	1,211
	L19	4,644	0,00215	0,010	
	L174	36,68	0,00215	0,079	
Noeud n6	L4	260,7	0,00215	0,561	0,378
	L171	86,43	0,00215	0,186	
	L19	4,644	0,00215	0,010	
Noeud n7	L4	260,7	0,00215	0,561	0,723
	L5	142,9	0,00215	0,307	
	L61	262,7	0,00215	0,565	
	L137	6,54	0,00215	0,014	
Noeud n8	L5	142,9	0,00215	0,307	0,153
Noeud n9	L6	157,3	0,00215	0,338	0,416
	L55	100,8	0,00215	0,217	
	L71	128,9	0,00215	0,277	
Noeud n10	L6	157,3	0,00215	0,338	0,730
	L7	189,7	0,00215	0,408	
	L72	332,5	0,00215	0,715	
Noeud n11	L7	189,7	0,00215	0,408	0,632
	L72	332,5	0,00215	0,715	
	L141	66,23	0,00215	0,142	
Noeud n12	L8	23,98	0,00215	0,052	0,713
	L9	370,3	0,00215	0,796	
	L83	268,7	0,00215	0,578	

Suite Tableau IV.5: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe

ID Noeud	Tronçon	Longueur(m)	QSP(l/s/ml)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
Noeud n13	L8	23,98	0,00215	0,052	0,026
Noeud n14	L9	370,3	0,00215	0,796	0,945
	L10	465,1	0,00215	1	
	L91	43,94	0,00215	0,094	
Noeud n15	L10	465,1	0,00215	1	0,766
	L11	145,1	0,00215	0,312	
	L159	102,9	0,00215	0,221	
Noeud n16	L11	145,1	0,00215	0,312	0,321
	L12	87,91	0,00215	0,189	
	L13	65,38	0,00215	0,141	
Noeud n17	L12	87,91	0,00215	0,189	0,233
	L160	30,2	0,00215	0,065	
	L159	102,9	0,00215	0,221	
Noeud n18	L13	65,38	0,00215	0,141	0,102
	L14	23,13	0,00215	0,050	
	L163	6,689	0,00215	0,014	
Noeud n19	L14	23,13	0,00215	0,050	0,025
Noeud n20	L15	80,42	0,00215	0,173	0,096
	L163	6,689	0,00215	0,014	
	L164	2,632	0,00215	0,006	
Noeud n21	L15	80,42	0,00215	0,173	0,226
	L17	75,25	0,00215	0,162	
	L162	54,25	0,00215	0,117	
Noeud n22	L16	130,7	0,00215	0,281	0,225
	L161	24,37	0,00215	0,052	
	L162	54,25	0,00215	0,117	
Noeud n23	L16	130,7	0,00215	0,281	0,140
Noeud n24	L17	75,25	0,00215	0,162	0,139
	L160	30,2	0,00215	0,065	
	L161	24,37	0,00215	0,052	
Noeud n25	L18	65,5	0,00215	0,141	0,122
	L164	2,632	0,00215	0,006	
	L165	44,9	0,00215	0,097	
Noeud n26	L18	65,5	0,00215	0,141	0,070
Noeud n27	L20	107,14	0,00215	0,230	0,321
	L111	97,78	0,00215	0,210	
	L112	94,57	0,00215	0,203	
Noeud n28	L21	41,97	0,00215	0,090	0,111
	L170	11,62	0,00215	0,025	
	L175	50,31	0,00215	0,108	
Noeud n29	L21	41,97	0,00215	0,090	0,045
Noeud n30	L20	107,14	0,00215	0,230	0,342
	L22	160,7	0,00215	0,346	
	L175	50,31	0,00215	0,108	
Noeud n31	L22	160,7	0,00215	0,346	0,173

Suite Tableau IV.5: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe					
ID Noeud	**Tronçon**	**Longueur(m)**	**QSP(l/s/ml)**	**Qr(l/s)**	**Qn(l/s)**
Noeud n32	L23	77,12	0,00215	0,166	0,174
	L114	53,28	0,00215	0,115	
	L115	31,69	0,00215	0,068	
Noeud n33	L23	77,12	0,00215	0,166	0,083
Noeud n34	L24	72,89	0,00215	0,157	0,182
	L112	94,57	0,00215	0,203	
	L176	2	0,00215	0,004	
Noeud n35	L24	72,89	0,00215	0,157	0,078
Noeud n36	L25	58,5	0,00215	0,126	0,102
	L113	34,47	0,00215	0,074	
	L176	2	0,00215	0,004	
Noeud n37	L25	58,5	0,00215	0,126	0,063
Noeud n38	L26	71,63	0,00215	0,154	0,137
	L114	53,28	0,00215	0,115	
	L179	3	0,00215	0,006	
Noeud n39	L26	71,63	0,00215	0,154	0,077
Noeud n40	L27	58,74	0,00215	0,126	0,103
	L113	34,47	0,00215	0,074	
	L179	3	0,00215	0,006	
Noeud n41	L27	58,74	0,00215	0,126	0,063
Noeud n42	L28	158,4	0,00215	0,341	0,339
	L53	85	0,00215	0,183	
	L169	71,92	0,00215	0,155	
Noeud n43	L28	158,4	0,00215	0,341	0,350
	L29	54,48	0,00215	0,117	
	L36	111,8	0,00215	0,240	
Noeud n44	L29	54,48	0,00215	0,117	0,123
	L47	3,671	0,00215	0,008	
	L118	56,54	0,00215	0,122	
Noeud n45	L30	253,4	0,00215	0,545	0,325
	L119	47,07	0,00215	0,101	
	L180	2,3	0,00215	0,005	
Noeud n46	L30	253,4	0,00215	0,545	0,272
Noeud n47	L31	244,7	0,00215	0,526	0,319
	L119	47,07	0,00215	0,101	
	L120	5,023	0,00215	0,011	
Noeud n48	L31	244,7	0,00215	0,526	0,263
Noeud n49	L32	243,2	0,00215	0,523	0,323
	L120	5,023	0,00215	0,011	
	L121	52,31	0,00215	0,112	
Noeud n50	L32	243,2	0,00215	0,523	0,261
Noeud n51	L33	223,9	0,00215	0,481	0,301
	L121	52,31	0,00215	0,112	
	L122	4,086	0,00215	0,009	
Noeud n52	L33	223,9	0,00215	0,481	0,240
Noeud n54	L34	220,4	0,00215	0,474	0,237

Suite Tableau IV.5: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe

ID Noeud	Tronçon	Longueur(m)	QSP(l/s/ml)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
Noeud n55	L35	198,1	0,00215	0,426	0,265
	L123	44,2	0,00215	0,095	
	L124	4,807	0,00215	0,010	
Noeud n56	L35	198,1	0,00215	0,426	0,544
	L45	134,2	0,00215	0,289	
	L46	173,8	0,00215	0,374	
Noeud n57	L37	111,3	0,00215	0,239	0,284
	L36	111,8	0,00215	0,240	
	L52	41,93	0,00215	0,090	
Noeud n58	L37	111,3	0,00215	0,239	0,268
	L38	87,13	0,00215	0,187	
	L39	51,18	0,00215	0,110	
Noeud n59	L38	87,13	0,00215	0,187	0,263
	L51	115,7	0,00215	0,249	
	L52	41,93	0,00215	0,090	
Noeud n60	L39	51,18	0,00215	0,110	0,411
	L40	157	0,00215	0,338	
	L46	173,8	0,00215	0,374	
Noeud n61	L40	157	0,00215	0,338	0,337
	L41	126,9	0,00215	0,273	
	L42	29,08	0,00215	0,063	
Noeud n62	L41	126,9	0,00215	0,273	0,136
Noeud n63	L42	29,08	0,00215	0,063	0,630
	L43	345,8	0,00215	0,743	
	L44	211,4	0,00215	0,455	
Noeud n64	L43	345,8	0,00215	0,743	0,823
	L84	136,3	0,00215	0,293	
	L96	283,6	0,00215	0,610	
Noeud n65	L44	211,4	0,00215	0,455	0,396
	L45	134,2	0,00215	0,289	
	L126	22,84	0,00215	0,049	
Noeud n66	L47	3,671	0,00215	0,008	0,226
	L48	201,9	0,00215	0,434	
	L124	4,807	0,00215	0,010	
Noeud n67	L48	201,9	0,00215	0,434	0,527
	L49	67,38	0,00215	0,145	
	L50	105,3	0,00215	0,226	
	L51	115,7	0,00215	0,249	
Noeud n68	L49	67,38	0,00215	0,145	0,072
Noeud n69	L50	105,3	0,00215	0,226	0,113
Noeud n70	L53	85	0,00215	0,183	0,091
Noeud n71	L54	446,3	0,00215	0,960	0,79
	L125	265,4	0,00215	0,571	
	L126	22,84	0,00215	0,049	
Noeud n72	L54	446,3	0,00215	0,960	0,48

Suite Tableau IV.5: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe

ID Noeud	Tronçon	Longueur(m)	QSP(l/s/ml)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
Noeud n73	L55	100,8	0,00215	0,217	0,312
	L70	33,69	0,00215	0,072	
	L138	156,5	0,00215	0,336	
Noeud n74	L56	267,4	0,00215	0,575	0,303
	L136	8,177	0,00215	0,018	
	L137	6,54	0,00215	0,014	
Noeud n75	L56	267,4	0,00215	0,575	0,334
	L57	26,69	0,00215	0,057	
	L68	17,42	0,00215	0,037	
Noeud n76	L57	26,69	0,00215	0,057	0,191
	L58	37,55	0,00215	0,081	
	L59	113,7	0,00215	0,244	
Noeud n77	L58	37,55	0,00215	0,081	0,040
Noeud n78	L59	113,7	0,00215	0,244	0,122
Noeud n79	L60	134,7	0,00215	0,290	0,514
	L171	86,43	0,00215	0,186	
	L172	256,7	0,00215	0,552	
Noeud n80	L60	134,7	0,00215	0,290	0,145
Noeud n81	L61	262,7	0,00215	0,565	1,34
	L62	212,6	0,00215	0,457	
	L63	771,3	0,00215	1,658	
Noeud n82	L62	212,6	0,00215	0,457	0,228
Noeud n83	L63	771,3	0,00215	1,658	1,065
	L64	165,9	0,00215	0,357	
	L65	54,13	0,00215	0,116	
Noeud n84	L64	165,9	0,00215	0,357	0,178
Noeud n85	L65	54,13	0,00215	0,116	0,390
	L66	209,4	0,00215	0,450	
	L67	100	0,00215	0,215	
Noeud n86	L66	209,4	0,00215	0,450	0,225
Noeud n87	L67	100	0,00215	0,215	0,107
Noeud n88	L68	17,42	0,00215	0,037	0,119
	L69	60,34	0,00215	0,130	
	L70	33,69	0,00215	0,072	
Noeud n89	L69	60,34	0,00215	0,130	0,065
Noeud n90	L71	128,9	0,00215	0,277	0,138
Noeud n92	L73	1114	0,00215	2,395	1,305
	L130	93,95	0,00215	0,202	
	L131	6,086	0,00215	0,013	
Noeud n93	L74	85,06	0,00215	0,183	0,228
	L75	114,9	0,00215	0,247	
	L131	6,086	0,00215	0,013	
	L132	5,874	0,00215	0,013	
Noeud n94	L74	85,06	0,00215	0,183	0,091
Noeud n95	L75	114,9	0,00215	0,247	0,123

Suite Tableau IV.5: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe					
ID Noeud	**Tronçon**	**Longueur(m)**	**QSP(l/s/ml)**	**Qr(l/s)**	**Qn(l/s)**
Noeud n96	L76	72,58	0,00215	0,156	0,112
	L133	26,63	0,00215	0,057	
	L134	5,193	0,00215	0,011	
Noeud n97	L76	72,58	0,00215	0,156	0,078
Noeud n98	L76	72,58	0,00215	0,156	0,158
	L77	51,32	0,00215	0,110	
	L177	23,07	0,00215	0,050	
Noeud n99	L77	51,32	0,00215	0,110	0,055
Noeud n100	L78	27,1	0,00215	0,058	0,057
	L134	5,193	0,00215	0,011	
	L135	21,22	0,00215	0,046	
Noeud n101	L178	66,87	0,00215	0,144	0,072
Noeud n102	L78	27,1	0,00215	0,058	0,198
	L79	90,71	0,00215	0,195	
	L178	66,87	0,00215	0,144	
Noeud n103	L79	90,71	0,00215	0,195	0,097
Noeud n104	L80	249,8	0,00215	0,537	0,445
	L136	8,177	0,00215	0,018	
	L138	156,5	0,00215	0,336	
Noeud n105	L80	249,8	0,00215	0,537	0,268
Noeud n107	L81	422,9	0,00215	0,909	0,981
	L82	198	0,00215	0,426	
	L139	291,8	0,00215	0,627	
Noeud n108	L82	198	0,00215	0,426	0,213
Noeud n109	L83	268,7	0,00215	0,578	0,607
	L139	291,8	0,00215	0,627	
	L140	4,333	0,00215	0,009	
Noeud n110	L84	136,3	0,00215	0,293	0,338
	L128	7,862	0,00215	0,017	
	L148	170,2	0,00215	0,366	
Noeud n111	L85	263,3	0,00215	0,566	0,603
	L92	166	0,00215	0,357	
	L154	132,2	0,00215	0,284	
Noeud n112	L85	263,3	0,00215	0,566	0,470
	L107	63,71	0,00215	0,137	
	L155	110,7	0,00215	0,238	
Noeud n113	L86	17,07	0,00215	0,037	0,218
	L148	170,2	0,00215	0,366	
	L149	15,97	0,00215	0,034	
Noeud n114	L86	17,07	0,00215	0,037	0,018
Noeud n115	L87	72,38	0,00215	0,156	0,098
	L149	15,97	0,00215	0,034	
	L150	2,763	0,00215	0,006	
Noeud n116	L87	72,38	0,00215	0,156	0,327
	L88	181,7	0,00215	0,391	
	L129	49,92	0,00215	0,107	

Suite Tableau IV.5: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe					
ID Noeud	**Tronçon**	**Longueur(m)**	**QSP(l/s/ml)**	**Qr(l/s)**	**Qn(l/s)**
Noeud n117	L88	181,7	0,00215	0,391	0,195
Noeud n118	L89	126,4	0,00215	0,272	0,285
	L166	44,51	0,00215	0,096	
	L168	94,64	0,00215	0,203	
Noeud n119	L89	126,4	0,00215	0,272	0,136
Noeud n120	L90	122,1	0,00215	0,263	0,290
	L152	87,31	0,00215	0,188	
	L153	60,4	0,00215	0,130	
Noeud n121	L90	122,1	0,00215	0,263	0,131
Noeud n122	L91	43,94	0,00215	0,094	0,254
	L153	60,4	0,00215	0,130	
	L154	132,2	0,00215	0,284	
Noeud n123	L92	166	0,00215	0,357	0,178
Noeud n124	L93	144,9	0,00215	0,312	0,229
	L94	45,54	0,00215	0,098	
	L167	22,48	0,00215	0,048	
Noeud n125	L93	144,9	0,00215	0,312	0,156
Noeud n126	L94	45,54	0,00215	0,098	0,049
Noeud n127	L95	48,14	0,00215	0,104	0,177
	L167	22,48	0,00215	0,048	
	L168	94,64	0,00215	0,203	
Noeud n128	L95	48,14	0,00215	0,104	0,052
Noeud n129	L96	283,6	0,00215	0,610	0,46
	L97	63,37	0,00215	0,136	
	L142	81,03	0,00215	0,174	
Noeud n130	L97	63,37	0,00215	0,136	0,068
Noeud n131	L98	138,2	0,00215	0,297	0,252
	L143	8,681	0,00215	0,019	
	L144	87,7	0,00215	0,189	
Noeud n132	L98	138,2	0,00215	0,297	0,148
Noeud n133	L99	68,08	0,00215	0,146	0,213
	L145	13,75	0,00215	0,030	
	L146	116,4	0,00215	0,250	
Noeud n134	L99	68,08	0,00215	0,146	0,164
	L100	51,51	0,00215	0,111	
	L147	33,36	0,00215	0,072	
Noeud n135	L100	51,51	0,00215	0,111	0,055
Noeud n136	L101	361,2	0,00215	0,777	0,598
	L104	78,74	0,00215	0,169	
	L146	116,4	0,00215	0,250	
Noeud n137	L101	361,2	0,00215	0,777	0,599
	L102	51,79	0,00215	0,111	
	L103	144,2	0,00215	0,310	
Noeud n138	L102	51,79	0,00215	0,111	0,055
Noeud n139	L103	144,2	0,00215	0,310	0,155

Suite Tableau IV.5: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe

ID Noeud	Tronçon	Longueur(m)	QSP(l/s/ml)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
Noeud n140	L104	78,74	0,00215	0,169	0,194
	L144	87,7	0,00215	0,189	
	L145	13,75	0,00215	0,030	
Noeud n141	L105	123,4	0,00215	0,265	0,229
	L142	81,03	0,00215	0,174	
	L143	8,681	0,00215	0,019	
Noeud n142	L105	123,4	0,00215	0,265	0,132
Noeud n143	L106	102	0,00215	0,219	0,27
	L150	2,763	0,00215	0,006	
	L151	146,4	0,00215	0,315	
Noeud n144	L106	102	0,00215	0,219	0,109
Noeud n145	L107	63,71	0,00215	0,137	0,068
Noeud n146	L108	85,02	0,00215	0,183	0,263
	L155	110,7	0,00215	0,238	
	L156	49,26	0,00215	0,106	
Noeud n147	L108	85,02	0,00215	0,183	0,091
Noeud n148	L109	73,13	0,00215	0,157	0,272
	L156	49,26	0,00215	0,106	
	L157	130,9	0,00215	0,281	
Noeud n149	L109	73,13	0,00215	0,157	0,078
Noeud n150	L110	62,96	0,00215	0,135	0,307
	L157	130,9	0,00215	0,281	
	L158	92,53	0,00215	0,199	
Noeud n151	L110	62,96	0,00215	0,135	0,067
Noeud n152	L111	97,78	0,00215	0,210	0,422
	L127	262,6	0,00215	0,565	
	L174	36,68	0,00215	0,079	
Noeud n153	L115	31,69	0,00215	0,068	0,101
	L116	26,34	0,00215	0,057	
	L169	71,92	0,00215	0,155	
Noeud n154	L116	26,34	0,00215	0,057	0,159
	L117	64,6	0,00215	0,139	
	L118	56,54	0,00215	0,122	
Noeud n155	L117	64,6	0,00215	0,139	0,069
Noeud n156	L34	220,4	0,00215	0,474	0,289
	L122	4,086	0,00215	0,009	
	L123	44,2	0,00215	0,095	
Noeud n157	L125	265,4	0,00215	0,571	0,331
	L182	40,14	0,00215	0,086	
	L180	2,3	0,00215	0,005	
Noeud n158	L128	7,862	0,00215	0,017	0,084
	L140	4,333	0,00215	0,009	
	L141	66,23	0,00215	0,142	
Noeud n159	L129	49,92	0,00215	0,107	0,053
Noeud n160	L130	93,95	0,00215	0,202	0,101

Suite Tableau IV.5: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe					
ID Noeud	**Tronçon**	**Longueur(m)**	**QSP(l/s/ml)**	**Qr(l/s)**	**Qn(l/s)**
Noeud n161	L132	5,874	0,00215	0,013	0,058
	L133	26,63	0,00215	0,057	
	L181	21,21	0,00215	0,046	
Noeud n162	L135	21,22	0,00215	0,046	0,023
Noeud n164	L147	33,36	0,00215	0,072	0,036
Noeud n165	L151	146,4	0,00215	0,315	0,299
	L152	87,31	0,00215	0,188	
	L166	44,51	0,00215	0,096	
Noeud n166	L158	92,53	0,00215	0,199	0,099
Noeud n167	L165	44,9	0,00215	0,097	0,048
Noeud n169	L170	11,62	0,00215	0,025	0,012
Noeud n170	L181	21,21	0,00215	0,046	0,023
Noeud n171	L81	40,14	0,00215	0,086	0,736
	L127	222,46	0,00215	0,478	
	L182	422,9	0,00215	0,909	

IV.6.2 Cas de pointe + incendie :

Pour cette situation, le calcul est similaire à celui du cas précédent (cas de pointe), mais il est nécessaire de garantir le débit d'incendie fourni par le réservoir de 17 l/s. Ce débit doit être ajouté au point le plus défavorable, c'est-à-dire au nœud le plus éloigné du réservoir. Donc le débit nodal dans ce point sera :

Qni = 0,5x ΣQr+17l/s

Q_{n166} = point plus éloigne

La demande au niveau des nœuds reste la même que celle dans le cas de pointe sauf au nœud 166 qui devient :

Q_{n166} =0,126+17=17,126 l/s

Tableau IV.6: calcul de débits nodaux à l'heure de pointe +incendie **(voir l'Annexe IV.1)**

IV.7 Résultats de la simulation hydraulique du réseau :

a) Cas de pointe :

Les résultats du cas pointe sont représentés dans ce qui suit :

- Les cotes piézométriques et pressions :

Tableau IV.7: Cotes et pression des nœuds (cas de pointe)

	Altitude	**Demande**	**Côte piézométrique**	**Pression**
ID Noeud	**m**	**L/S**	**mce**	**mce**
Noeud n3	234,69	0,04	235,99	1,3
Noeud n4	234,03	1,5	235,41	1,38
Noeud n5	204,88	1,53	214,38	9,51
Noeud n6	204,82	1,84	214,34	9,51

Suite Tableau IV.7: Cotes et pression des nœuds (cas de pointe)

	Altitude	Demande	Côte piézométrique	Pression
ID Noeud	**m**	**L/S**	**mce**	**mce**
Noeud n7	200,35	0,72	213,66	13,31
Noeud n8	202,18	0,15	213,66	11,48
Noeud n9	192,17	0,42	213,35	21,19
Noeud n10	185,22	0,73	212,89	27,67
Noeud n11	180,42	0,63	212,76	32,34
Noeud n12	171,14	0,71	211,84	40,7
Noeud n13	170,34	0,03	211,84	41,5
Noeud n14	163,58	0,94	211,05	47,47
Noeud n15	152,12	0,77	210,11	57,99
Noeud n16	147,44	0,32	210,07	62,63
Noeud n17	153,01	0,23	210,07	57,06
Noeud n18	143,86	0,1	210,06	66,21
Noeud n19	145,61	0,03	210,06	64,45
Noeud n20	143,54	0,1	210,06	66,53
Noeud n21	149,51	0,23	210,06	60,55
Noeud n22	148,81	0,23	210,06	61,26
Noeud n23	147,90	0,14	210,06	62,16
Noeud n24	150,32	0,14	210,07	59,75
Noeud n25	143,33	0,12	210,06	66,73
Noeud n26	146,55	0,07	210,06	63,51
Noeud n27	207,19	0,32	214,17	6,97
Noeud n28	202,72	0,11	213,84	11,11
Noeud n29	200,11	0,05	213,83	13,73
Noeud n30	203,58	0,34	213,85	10,27
Noeud n31	199,24	0,17	213,8	14,57
Noeud n32	197,62	0,17	214,04	16,42
Noeud n33	204,16	0,08	214,04	9,88
Noeud n34	204,42	0,18	214,1	9,68
Noeud n35	204,54	0,08	214,07	9,53
Noeud n36	204,36	0,1	214,1	9,74
Noeud n37	206,61	0,06	214,08	7,47
Noeud n38	200,99	0,14	214,07	13,08
Noeud n39	197,61	0,08	214,07	16,46
Noeud n40	201,19	0,1	214,07	12,88
Noeud n41	202,72	0,06	214,07	11,35
Noeud n42	195,86	0,34	213,99	18,13
Noeud n43	197,04	0,35	213,96	16,92
Noeud n44	202,26	0,12	213,99	11,73
Noeud n45	197,57	0,32	213,98	16,41
Noeud n46	191,34	0,27	213,83	22,49
Noeud n47	200,92	0,32	213,96	13,04
Noeud n48	193,15	0,26	213,82	20,67
Noeud n49	201,36	0,32	213,96	12,6
Noeud n50	193,36	0,26	213,82	20,47
Noeud n51	203,72	0,3	213,96	10,24

Suite Tableau IV.7: Cotes et pression des nœuds (cas de pointe)

	Altitude	Demande	Côte piézométrique	Pression
ID Nœud	**m**	**L/S**	**mce**	**Mce**
Noeud n52	191,77	0,24	213,85	22,08
Noeud n54	191,63	0,24	213,85	22,23
Noeud n55	202,51	0,26	213,97	11,46
Noeud n56	190,44	0,54	213,89	23,45
Noeud n57	182,93	0,28	213,9	30,97
Noeud n58	170,13	0,27	213,85	43,72
Noeud n59	185,97	0,26	213,91	27,93
Noeud n60	169,92	0,41	213,83	43,91
Noeud n61	167,09	0,34	213,66	46,57
Noeud n62	160,43	0,14	213,46	53,02
Noeud n63	169,44	0,63	213,63	44,19
Noeud n64	176,62	0,82	212,68	36,06
Noeud n65	192,00	0,4	213,9	21,9
Noeud n66	202,30	0,23	213,98	11,68
Noeud n67	190,40	0,53	213,92	23,51
Noeud n68	183,79	0,07	213,9	30,11
Noeud n69	193,38	0,11	213,91	20,52
Noeud n70	199,86	0,09	213,99	14,13
Noeud n71	190,80	0,79	213,9	23,11
Noeud n72	177,13	0,48	213,86	36,73
Noeud n73	193,63	0,31	213,47	19,84
Noeud n74	199,96	0,3	213,65	13,69
Noeud n75	192,20	0,33	213,55	21,35
Noeud n76	192,07	0,19	213,53	21,46
Noeud n77	192,43	0,04	213,52	21,1
Noeud n78	192,92	0,12	213,52	20,6
Noeud n79	206,87	0,51	214,24	7,37
Noeud n80	201,75	0,14	214,24	12,5
Noeud n81	187,73	1,34	212,68	24,95
Noeud n82	180,98	0,23	212,59	31,61
Noeud n83	176,58	1,07	211,67	35,1
Noeud n84	177,36	0,18	211,62	34,27
Noeud n85	179,42	0,39	211,66	32,24
Noeud n86	177,24	0,23	211,57	34,33
Noeud n87	183,91	0,11	211,66	27,75
Noeud n88	192,11	0,12	213,55	21,43
Noeud n89	187,43	0,06	213,54	26,1
Noeud n90	185,41	0,14	213,22	27,81
Noeud n92	184,11	1,3	213,99	29,88
Noeud n93	184,43	0,23	213,98	29,55
Noeud n94	179,69	0,09	213,92	34,23
Noeud n95	189,89	0,12	213,83	23,94
Noeud n96	184,79	0,11	213,97	29,18
Noeud n97	178,83	0,08	213,97	35,14
Noeud n98	183,81	0,16	213,97	30,16

Suite Tableau IV.7: Cotes et pression des nœuds (cas de pointe)

	Altitude	Demande	Côte piézométrique	Pression
ID Noeud	**m**	**L/S**	**mce**	**Mce**
Noeud n99	178,85	0,05	213,97	35,12
Noeud n100	184,56	0,06	213,97	29,41
Noeud n101	189,41	0,07	213,97	24,56
Noeud n102	186,80	0,2	213,97	27,17
Noeud n103	190,47	0,1	213,97	23,5
Noeud n104	199,28	0,44	213,64	14,36
Noeud n105	192,33	0,27	213,49	21,17
Noeud n107	185,66	0,98	212,97	27,3
Noeud n108	185,54	0,21	212,3	26,76
Noeud n109	178,88	0,61	212,7	33,82
Noeud n110	179,35	0,34	212,67	33,33
Noeud n111	161,50	0,6	210,94	49,44
Noeud n112	158,50	0,47	210,82	52,32
Noeud n113	173,83	0,22	211,86	38,02
Noeud n114	173,61	0,02	211,86	38,24
Noeud n115	173,63	0,1	211,79	38,15
Noeud n116	172,46	0,33	211,78	39,32
Noeud n117	176,97	0,19	211,78	34,81
Noeud n118	168,40	0,28	211,25	42,86
Noeud n119	156,92	0,14	211,23	54,31
Noeud n120	165,80	0,29	211,15	45,35
Noeud n121	161,07	0,13	211,13	50,06
Noeud n122	165,33	0,25	211,06	45,73
Noeud n123	152,17	0,18	210,89	58,72
Noeud n124	160,28	0,23	211,2	50,92
Noeud n125	152,14	0,16	211,2	59,06
Noeud n126	154,63	0,05	211,2	56,57
Noeud n127	162,55	0,18	211,2	48,65
Noeud n128	158,17	0,05	211,2	53,03
Noeud n129	166,59	0,46	212,25	45,66
Noeud n130	163,08	0,07	212,24	49,16
Noeud n131	158,09	0,25	212,16	54,07
Noeud n132	144,90	0,15	212,13	67,23
Noeud n133	149,36	0,21	212,1	62,74
Noeud n134	143,99	0,16	212,06	68,07
Noeud n135	145,31	0,05	212,06	66,75
Noeud n136	155,74	0,6	212,09	56,35
Noeud n137	180,74	0,6	212,05	31,3
Noeud n138	184,21	0,05	212,05	27,84
Noeud n139	186,28	0,16	212,02	25,74
Noeud n140	149,86	0,19	212,1	62,24

Suite Tableau IV.7: Cotes et pression des nœuds (cas de pointe)

	Altitude	Demande	Côte piézométrique	Pression
ID Noeud	**m**	**L/S**	**mce**	**mce**
Noeud n141	158,91	0,23	212,16	53,25
Noeud n142	164,82	0,13	212,15	47,33
Noeud n143	173,60	0,27	211,78	38,18
Noeud n144	171,59	0,11	211,67	40,08
Noeud n145	156,71	0,07	210,82	54,1
Noeud n146	150,64	0,26	210,79	60,16
Noeud n147	149,95	0,09	210,79	60,84
Noeud n148	150,00	0,27	210,79	60,79
Noeud n149	149,41	0,08	210,78	61,37
Noeud n150	150,00	0,31	210,78	60,78
Noeud n151	149,19	0,07	210,78	61,58
Noeud n152	205,50	0,42	214,25	8,75
Noeud n153	197,70	0,1	214,02	16,32
Noeud n154	199,49	0,16	214,01	14,52
Noeud n155	196,88	0,07	214,01	17,13
Noeud n156	203,76	0,29	213,96	10,19
Noeud n157	197,41	0,33	213,98	16,58
Noeud n158	179,05	0,08	212,71	33,66
Noeud n159	168,13	0,05	211,78	43,65
Noeud n160	180,24	0,1	213,99	33,74
Noeud n161	184,75	0,06	213,98	29,23
Noeud n162	183,64	0,02	213,97	30,33
Noeud n164	144,32	0,04	212,06	67,74
Noeud n166	145,17	0,1	210,78	65,61
Noeud n167	141,67	0,05	210,06	68,39
Noeud n165	170,45	0,3	211,31	40,86
Noeud n169	202,71	0,01	213,84	11,12
Noeud n170	183,20	0,02	213,98	30,78
Noeud n171	200,60	0,74	214	13,4

- **Paramètres hydrauliques :**

Tableau IV.8: Caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe).

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de Charge (m)
Tuyau p2	19,86	163,6	53,87	2,56	29,39
Tuyau p3	1085	176,2	52,37	2,15	19,38
Tuyau p4	260,7	176,2	17,46	0,72	2,59
Tuyau p5	142,9	176,2	0,15	0,01	0,01
Tuyau p6	157,3	141	10,3	0,66	2,93
Tuyau p7	189,7	176,2	8,45	0,35	0,7
Tuyau p8	23,98	32,6	0,03	0,03	0,1
Tuyau p9	370,3	93,8	2,89	0,42	2,13

Suite Tableau IV.8: Caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe).

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de Charge (m)
Tuyau p10	465,1	90	2,51	0,4	2,03
Tuyau p11	145,1	90	0,8	0,13	0,27
Tuyau p12	87,91	51,4	-0,03	0,01	0,02
Tuyau p13	65,38	90	0,5	0,08	0,12
Tuyau p14	23,13	51,4	0,03	0,01	0,02
Tuyau p15	80,42	51,4	0,04	0,02	0,02
Tuyau p16	130,7	90	0,14	0,02	0,01
Tuyau p17	75,25	51,4	-0,1	0,05	0,07
Tuyau p18	65,5	51,4	0,07	0,03	0,04
Tuyau p19	4,644	163,6	29,97	1,43	9,95
Tuyau p20	107,14	51,4	0,68	0,33	2,96
Tuyau p21	41,97	51,4	0,05	0,02	0,03
Tuyau p22	160,7	51,4	0,17	0,08	0,28
Tuyau p23	77,12	51,4	0,08	0,04	0,05
Tuyau p24	72,89	32,6	0,08	0,09	0,45
Tuyau p25	58,5	32,6	0,06	0,08	0,26
Tuyau p26	71,63	51,4	0,08	0,04	0,05
Tuyau p27	58,74	51,4	0,06	0,03	0,04
Tuyau p28	158,4	93,8	0,75	0,11	0,2
Tuyau p29	54,48	93,8	1,38	0,2	0,58
Tuyau p30	253,4	51,4	0,27	0,13	0,6
Tuyau p31	244,7	51,4	0,26	0,13	0,56
Tuyau p32	243,2	51,4	0,26	0,13	0,56
Tuyau p33	223,9	51,4	0,24	0,12	0,48
Tuyau p34	220,4	51,4	0,24	0,11	0,47
Tuyau p35	198,1	106,6	1,58	0,18	0,4
Tuyau p36	111,8	106,6	1,78	0,2	0,49
Tuyau p37	111,3	106,6	1,81	0,2	0,51
Tuyau p38	87,13	36	-0,11	0,11	0,66
Tuyau p39	51,18	106,6	1,65	0,18	0,43
Tuyau p40	157	106,6	2,78	0,31	1,08
Tuyau p41	126,9	32,6	0,14	0,16	1,57
Tuyau p42	29,08	106,6	2,31	0,26	0,77
Tuyau p43	345,8	106,6	4,71	0,53	2,76
Tuyau p44	211,4	106,6	3,03	0,34	1,26
Tuyau p45	134,2	106,6	0,5	0,06	0,06
Tuyau p46	173,8	106,6	1,54	0,17	0,38
Tuyau p47	3,671	106,6	4,47	0,5	2,51
Tuyau p48	201,9	106,6	1,4	0,16	0,32
Tuyau p49	67,38	36	0,07	0,07	0,21
Tuyau p50	105,3	51,4	0,11	0,05	0,09
Tuyau p51	115,7	106,6	0,69	0,08	0,09
Tuyau p52	41,93	106,6	0,32	0,04	0,02
Tuyau p53	85	51,4	0,09	0,04	0,06
Tuyau p54	446,3	93,8	0,48	0,07	0,09

Suite Tableau IV.8: Caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe).

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de Charge (m)
Tuyau p55	100,8	176,2	10,85	0,45	1,1
Tuyau p56	267,4	93,8	1,1	0,16	0,39
Tuyau p57	26,69	53,6	0,35	0,16	0,77
Tuyau p58	37,55	36	0,04	0,04	0,1
Tuyau p59	113,7	53,6	0,12	0,05	0,09
Tuyau p60	134,7	176,2	0,14	0,01	0
Tuyau p61	262,7	90	3,53	0,56	3,72
Tuyau p62	212,6	51,4	0,23	0,11	0,44
Tuyau p63	771,3	90	1,97	0,31	1,31
Tuyau p64	165,9	51,4	0,18	0,09	0,29
Tuyau p65	54,13	90	0,72	0,11	0,23
Tuyau p66	209,4	51,4	0,23	0,11	0,43
Tuyau p67	100	90	0,11	0,02	0,01
Tuyau p68	17,42	93,8	0,41	0,06	0,07
Tuyau p69	60,34	36	0,06	0,06	0,17
Tuyau p70	33,69	36	-0,23	0,22	2,37
Tuyau p71	128,9	36	0,14	0,14	1,01
Tuyau p72	332,5	93,8	1,12	0,16	0,4
Tuyau p73	1114	277,6	2,78	0,05	0,01
Tuyau p74	85,06	32,6	0,09	0,11	0,72
Tuyau p75	114,9	32,6	0,12	0,15	1,32
Tuyau p76	72,58	73,6	0,08	0,02	0,01
Tuyau p77	51,32	73,6	0,05	0,01	0,01
Tuyau p78	27,1	90	-0,37	0,06	0,07
Tuyau p79	90,71	73,6	0,1	0,02	0,01
Tuyau p80	249,8	51,4	0,27	0,13	0,58
Tuyau p81	422,9	90	2,8	0,44	2,45
Tuyau p82	198	32,6	0,21	0,26	3,39
Tuyau p83	268,7	93,8	3,63	0,53	3,2
Tuyau p84	136,3	106,6	-0,53	0,06	0,06
Tuyau p85	263,3	106,6	1,72	0,19	0,46
Tuyau p86	17,07	32,6	0,02	0,02	0,07
Tuyau p87	72,38	106,6	0,57	0,06	0,07
Tuyau p88	181,7	93,8	0,19	0,03	0,01
Tuyau p89	126,4	51,4	0,14	0,07	0,16
Tuyau p90	122,1	51,4	0,13	0,06	0,14
Tuyau p91	43,94	93,8	0,57	0,08	0,12
Tuyau p92	166	51,4	0,18	0,09	0,29
Tuyau p93	144,9	73,6	0,16	0,04	0,03
Tuyau p94	45,54	51,4	0,05	0,02	0,03
Tuyau p95	48,14	51,4	0,05	0,03	0,03
Tuyau p96	283,6	106,6	3,36	0,38	1,51
Tuyau p97	63,37	32,6	0,07	0,08	0,31
Tuyau p98	138,2	51,4	0,15	0,07	0,2
Tuyau p99	68,08	51,4	0,25	0,12	0,54

Suite Tableau IV.8: Caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe).

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de Charge (m)
Tuyau p100	51,51	51,4	0,05	0,03	0,03
Tuyau p101	361,2	106,6	0,81	0,09	0,12
Tuyau p102	51,79	93,8	0,05	0,01	0,01
Tuyau p103	144,2	53,6	0,16	0,07	0,18
Tuyau p104	78,74	106,6	-0,84	0,09	0,13
Tuyau p105	123,4	53,6	0,13	0,06	0,11
Tuyau p106	102	32,6	0,11	0,13	1,08
Tuyau p107	63,71	53,6	0,07	0,03	0,04
Tuyau p108	85,02	53,6	0,09	0,04	0,05
Tuyau p109	73,13	53,6	0,08	0,03	0,04
Tuyau p110	62,96	53,6	0,07	0,03	0,03
Tuyau p111	97,78	176,2	9,54	0,39	0,87
Tuyau p112	94,57	176,2	8,54	0,35	0,71
Tuyau p113	34,47	176,2	8,11	0,33	0,65
Tuyau p114	53,28	176,2	7,73	0,32	0,6
Tuyau p115	31,69	176,2	7,48	0,31	0,56
Tuyau p116	26,34	176,2	6,19	0,25	0,4
Tuyau p117	64,6	51,4	0,07	0,03	0,04
Tuyau p118	56,54	176,2	5,97	0,24	0,38
Tuyau p119	47,07	93,8	1,24	0,18	0,48
Tuyau p120	5,023	93,8	0,66	0,1	0,16
Tuyau p121	52,31	93,8	0,07	0,01	0,01
Tuyau p122	4,086	93,8	-0,47	0,07	0,09
Tuyau p123	44,2	93,8	-0,99	0,14	0,32
Tuyau p124	4,807	93,8	-2,84	0,41	2,06
Tuyau p125	265,4	176,2	5,2	0,21	0,3
Tuyau p126	22,84	176,2	-3,93	0,16	0,18
Tuyau p127	222,46	176,2	10,9	0,45	1,11
Tuyau p128	7,862	106,6	-6,22	0,7	4,55
Tuyau p129	49,92	106,6	0,05	0,01	0,01
Tuyau p130	93,95	130,8	0,1	0,01	0,01
Tuyau p131	6,086	90	1,37	0,22	0,7
Tuyau p132	5,874	90	0,93	0,15	0,35
Tuyau p133	26,63	90	0,85	0,13	0,3
Tuyau p134	5,193	90	0,45	0,07	0,1
Tuyau p135	21,22	90	0,02	0,01	0,01
Tuyau p136	8,177	176,2	-11,65	0,48	1,25
Tuyau p137	6,54	176,2	-13,05	0,54	1,53
Tuyau p138	156,5	176,2	-10,94	0,45	1,11
Tuyau p139	291,8	90	1,6	0,25	0,91
Tuyau p140	4,333	93,8	-2,63	0,38	1,8
Tuyau p141	66,23	176,2	8,94	0,37	0,78
Tuyau p142	81,03	106,6	2,83	0,32	1,11
Tuyau p143	8,681	106,6	2,47	0,28	0,87
Tuyau p144	87,7	106,6	2,07	0,23	0,64

Suite Tableau IV.8: Caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe).

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de Charge (m)
Tuyau p145	13,75	106,6	1,03	0,12	0,19
Tuyau p146	116,4	106,6	0,57	0,06	0,07
Tuyau p147	33,36	51,4	0,04	0,02	0,02
Tuyau p148	170,2	106,6	-6,41	0,72	4,8
Tuyau p149	15,97	106,6	-6,17	0,69	4,48
Tuyau p150	2,763	106,6	5,5	0,62	3,64
Tuyau p151	146,4	106,6	-5,12	0,57	3,2
Tuyau p152	87,31	106,6	-3,74	0,42	1,82
Tuyau p153	60,4	106,6	-3,32	0,37	1,47
Tuyau p154	132,2	106,6	-2,5	0,28	0,89
Tuyau p155	110,7	106,6	1,18	0,13	0,24
Tuyau p156	49,26	106,6	0,82	0,09	0,13
Tuyau p157	130,9	106,6	0,47	0,05	0,05
Tuyau p158	92,53	106,6	0,1	0,01	0,01
Tuyau p159	102,9	90	-0,95	0,15	0,37
Tuyau p160	30,2	90	-0,69	0,11	0,21
Tuyau p161	24,37	90	-0,45	0,07	0,1
Tuyau p162	54,25	51,4	-0,08	0,04	0,05
Tuyau p163	6,689	90	0,38	0,06	0,08
Tuyau p164	2,632	90	0,24	0,04	0,03
Tuyau p165	44,9	90	0,05	0,01	0,01
Tuyau p166	44,51	73,6	-1,08	0,25	1,2
Tuyau p167	22,48	73,6	-0,43	0,1	0,24
Tuyau p168	94,64	73,6	-0,66	0,16	0,51
Tuyau p169	71,92	93,8	-1,18	0,17	0,44
Tuyau p170	11,62	51,4	0,01	0,01	0,01
Tuyau p171	86,43	176,2	10,67	0,44	1,07
Tuyau p172	256,7	176,2	10,01	0,41	0,95
Tuyau p173	20	400	-53,91	0,43	0,38
Tuyau p174	36,68	176,2	20,86	0,86	3,58
Tuyau p175	50,31	51,4	0,17	0,08	0,26
Tuyau p176	2	176,2	8,28	0,34	0,67
Tuyau p177	23,07	73,6	-0,29	0,07	0,12
Tuyau p178	66,87	73,6	-0,07	0,02	0,01
Tuyau p179	3	176,2	7,95	0,33	0,63
Tuyau p180	2,3	93,8	1,84	0,27	0,95
Tuyau p181	21,21	90	0,02	0,01	0,01
Tuyau p182	40,14	176,2	7,37	0,3	0,55

La figure ci-dessous représente le résultat de la simulation du réseau pour le cas de pointe :

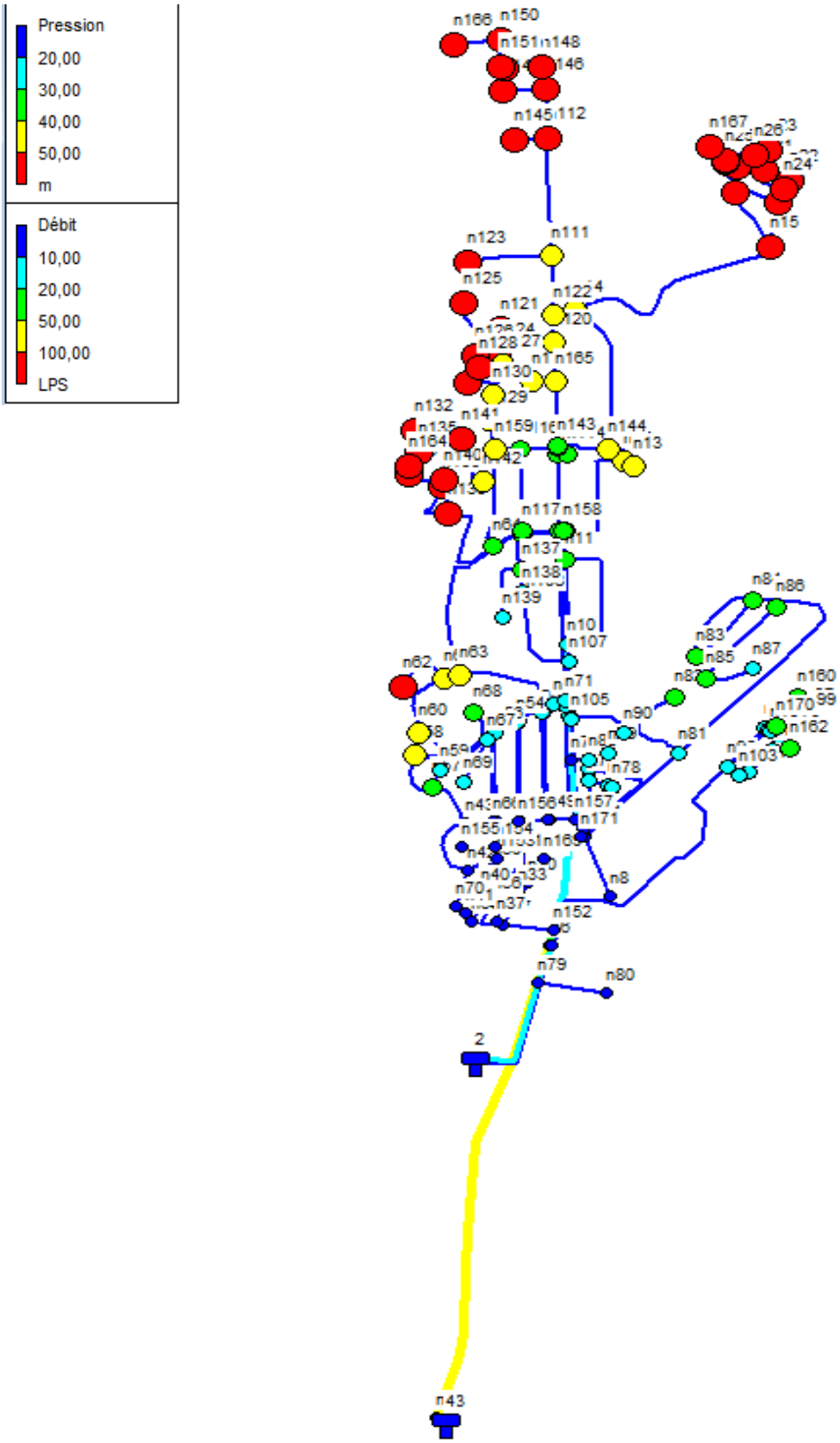


Figure IV.5: Représentation de réseau après la simulation pour le cas de pointe

b) Cas de pointe + incendie :

Les résultats du cas pointe sont représentés dans ce qui suit :

- Les cotes piézométriques et pressions :

Tableau IV.9: Cotes et pression des nœuds (cas de pointe+incendie)

	Altitude	Demande	Côte piézométrique	Pression
ID Noeud	**m**	**L/S**	**mce**	**mce**
Noeud n3	234,69	0,04	235,99	1,3
Noeud n4	234,03	1,5	235,4	1,36
Noeud n5	204,88	1,53	213,89	9,02
Noeud n6	204,82	1,84	213,86	9,04
Noeud n7	200,35	0,72	212,29	11,93
Noeud n8	202,18	0,15	212,29	10,11
Noeud n9	192,17	0,42	211,29	19,12
Noeud n10	185,22	0,73	209,66	24,44
Noeud n11	180,42	0,63	209,16	28,74
Noeud n12	171,14	0,71	203,56	32,42
Noeud n13	170,34	0,03	203,56	33,22
Noeud n14	163,58	0,94	197,15	33,57
Noeud n15	152,12	0,77	196,21	44,09
Noeud n16	147,44	0,32	196,17	48,73
Noeud n17	153,01	0,23	196,17	43,16
Noeud n18	143,86	0,1	196,16	52,31
Noeud n19	145,61	0,03	196,16	50,55
Noeud n20	143,54	0,1	196,16	52,63
Noeud n21	149,51	0,23	196,16	46,65
Noeud n22	148,81	0,23	196,16	47,36
Noeud n23	147,90	0,14	196,16	48,26
Noeud n24	150,32	0,14	196,17	45,85
Noeud n25	143,33	0,12	196,16	52,83
Noeud n26	146,55	0,07	196,16	49,61
Noeud n27	207,19	0,32	213,54	6,35
Noeud n28	202,72	0,11	213,21	10,49
Noeud n29	200,11	0,05	213,21	13,11
Noeud n30	203,58	0,34	213,23	9,65
Noeud n31	199,24	0,17	213,18	13,95
Noeud n32	197,62	0,17	213,34	15,72
Noeud n33	204,16	0,08	213,34	9,18
Noeud n34	204,42	0,18	213,44	9,02
Noeud n35	204,54	0,08	213,4	8,86
Noeud n36	204,36	0,1	213,43	9,07
Noeud n37	206,61	0,06	213,42	6,81
Noeud n38	200,99	0,14	213,39	12,4
Noeud n39	197,61	0,08	213,39	15,78
Noeud n40	201,19	0,1	213,4	12,21
Noeud n41	202,72	0,06	213,39	10,68
Noeud n42	195,86	0,34	213,26	17,4

Suite Tableau IV.9: Cotes et pression des nœuds (cas de pointe+incendie)

	Altitude	Demande	Côte piézométrique	Pression
ID Noeud	**m**	**L/S**	**mce**	**mce**
Noeud n43	197,04	0,35	213,2	16,16
Noeud n44	202,26	0,12	213,25	10,99
Noeud n45	197,57	0,32	213,2	15,63
Noeud n46	191,34	0,27	213,05	21,71
Noeud n47	200,92	0,32	213,19	12,27
Noeud n48	193,15	0,26	213,05	19,9
Noeud n49	201,36	0,32	213,19	11,83
Noeud n50	193,36	0,26	213,05	19,7
Noeud n51	203,72	0,3	213,19	9,47
Noeud n52	191,77	0,24	213,08	21,31
Noeud n54	191,63	0,24	213,09	21,46
Noeud n55	202,51	0,26	213,22	10,7
Noeud n56	190,44	0,54	213,04	22,6
Noeud n57	182,93	0,28	213,1	30,17
Noeud n58	170,13	0,27	212,96	42,83
Noeud n59	185,97	0,26	213,1	27,13
Noeud n60	169,92	0,41	212,9	42,98
Noeud n61	167,09	0,34	212,42	45,34
Noeud n62	160,43	0,14	212,22	51,79
Noeud n63	169,44	0,63	212,35	42,9
Noeud n64	176,62	0,82	209,23	32,61
Noeud n65	192,00	0,4	213,05	21,05
Noeud n66	202,30	0,23	213,24	10,94
Noeud n67	190,40	0,53	213,13	22,72
Noeud n68	183,79	0,07	213,11	29,33
Noeud n69	193,38	0,11	213,12	19,73
Noeud n70	199,86	0,09	213,26	13,4
Noeud n71	190,80	0,79	213,06	22,26
Noeud n72	177,13	0,48	213,02	35,89
Noeud n73	193,63	0,31	211,66	18,04
Noeud n74	199,96	0,3	212,26	12,3
Noeud n75	192,20	0,33	212,09	19,89
Noeud n76	192,07	0,19	212,07	20
Noeud n77	192,43	0,04	212,06	19,64
Noeud n78	192,92	0,12	212,06	19,14
Noeud n79	206,87	0,51	213,89	7,02
Noeud n80	201,75	0,14	213,89	12,15
Noeud n81	187,73	1,34	211,31	23,58
Noeud n82	180,98	0,23	211,21	30,24
Noeud n83	176,58	1,07	210,3	33,72
Noeud n84	177,36	0,18	210,25	32,89
Noeud n85	179,42	0,39	210,29	30,87
Noeud n86	177,24	0,23	210,2	32,96
Noeud n87	183,91	0,11	210,28	26,38
Noeud n88	192,11	0,12	212,08	19,97

Suite Tableau IV.9: Cotes et pression des nœuds (cas de pointe+incendie)

	Altitude	Demande	Côte piézométrique	Pression
ID Noeud	**m**	**L/S**	**mce**	**mce**
Noeud n89	187,43	0,06	212,07	24,64
Noeud n90	185,41	0,14	211,16	25,75
Noeud n92	184,11	1,3	213,99	29,88
Noeud n93	184,43	0,23	213,98	29,55
Noeud n94	179,69	0,09	213,92	34,23
Noeud n95	189,89	0,12	213,83	23,94
Noeud n96	184,79	0,11	213,97	29,18
Noeud n97	178,83	0,08	213,97	35,14
Noeud n98	183,81	0,16	213,97	30,16
Noeud n99	178,85	0,05	213,97	35,12
Noeud n100	184,56	0,06	213,97	29,41
Noeud n101	189,41	0,07	213,97	24,56
Noeud n102	186,80	0,2	213,97	27,17
Noeud n103	190,47	0,1	213,97	23,5
Noeud n104	199,28	0,44	212,23	12,94
Noeud n105	192,33	0,27	212,08	19,75
Noeud n107	185,66	0,98	210,21	24,54
Noeud n108	185,54	0,21	209,54	24
Noeud n109	178,88	0,61	208,92	30,04
Noeud n110	179,35	0,34	208,83	29,48
Noeud n111	161,50	0,6	192	30,5
Noeud n112	158,50	0,47	183,08	24,58
Noeud n113	173,83	0,22	203,97	30,14
Noeud n114	173,61	0,02	203,97	30,36
Noeud n115	173,63	0,1	203,53	29,9
Noeud n116	172,46	0,33	203,53	31,07
Noeud n117	176,97	0,19	203,52	26,56
Noeud n118	168,40	0,28	199,79	31,39
Noeud n119	156,92	0,14	199,77	42,85
Noeud n120	165,80	0,29	198,02	32,23
Noeud n121	161,07	0,13	198	36,93
Noeud n122	165,33	0,25	196,83	31,5
Noeud n123	152,17	0,18	191,95	39,78
Noeud n124	160,28	0,23	199,74	39,46
Noeud n125	152,14	0,16	199,73	47,59
Noeud n126	154,63	0,05	199,73	45,11
Noeud n127	162,55	0,18	199,74	37,19
Noeud n128	158,17	0,05	199,74	41,57
Noeud n129	166,59	0,46	208,81	42,21
Noeud n130	163,08	0,07	208,79	45,71
Noeud n131	158,09	0,25	208,71	50,62
Noeud n132	144,90	0,15	208,68	63,78
Noeud n133	149,36	0,21	208,65	59,29

Suite Tableau IV.9: Cotes et pression des nœuds (cas de pointe+incendie)

	Altitude	Demande	Côte piézométrique	Pression
ID Noeud	**m**	**L/S**	**mce**	**mce**
Noeud n134	143,99	0,16	208,61	64,62
Noeud n135	145,31	0,05	208,61	63,3
Noeud n136	155,74	0,6	208,64	52,9
Noeud n137	180,74	0,6	208,6	27,86
Noeud n138	184,21	0,05	208,6	24,39
Noeud n139	186,28	0,16	208,57	22,29
Noeud n140	149,86	0,19	208,65	58,79
Noeud n141	158,91	0,23	208,72	49,8
Noeud n142	164,82	0,13	208,7	43,89
Noeud n143	173,60	0,27	203,46	29,86
Noeud n144	171,59	0,11	203,35	31,76
Noeud n145	156,71	0,07	183,08	26,37
Noeud n146	150,64	0,26	179,53	28,9
Noeud n147	149,95	0,09	179,53	29,58
Noeud n148	150,00	0,27	178,01	28,01
Noeud n149	149,41	0,08	178	28,59
Noeud n150	150,00	0,31	174,1	24,11
Noeud n151	149,19	0,07	174,1	24,91
Noeud n152	205,50	0,42	213,67	8,17
Noeud n153	197,70	0,1	213,31	15,61
Noeud n154	199,49	0,16	213,29	13,8
Noeud n155	196,88	0,07	213,29	16,41
Noeud n156	203,76	0,29	213,19	9,43
Noeud n157	197,41	0,33	213,2	15,8
Noeud n158	179,05	0,08	208,96	29,91
Noeud n159	168,13	0,05	203,53	35,4
Noeud n160	180,24	0,1	213,99	33,74
Noeud n161	184,75	0,06	213,98	29,23
Noeud n162	183,64	0,02	213,97	30,33
Noeud n164	144,32	0,04	208,61	64,3
Noeud n166	145,17	17,1	171,45	26,28
Noeud n167	141,67	0,05	196,16	54,49
Noeud n165	170,45	0,3	199,84	29,4
Noeud n169	202,71	0,01	213,21	10,5
Noeud n170	183,20	0,02	213,98	30,78
Noeud n171	200,60	0,74	213,24	12,64

- **Paramètres hydrauliques :**

Tableau IV.10: Caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe+incendie).

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de Charge (m)
Tuyau p2	19,86	163,6	54,51	2,59	30,03
Tuyau p3	1085	176,2	53	2,17	19,82
Tuyau p4	260,7	176,2	27,8	1,14	6,05
Tuyau p5	142,9	176,2	0,15	0,01	0,01
Tuyau p6	157,3	141	20,64	1,32	10,36
Tuyau p7	189,7	176,2	17,55	0,72	2,62
Tuyau p8	23,98	32,6	0,03	0,03	0,1
Tuyau p9	370,3	93,8	9,24	1,34	17,31
Tuyau p10	465,1	90	2,51	0,4	2,03
Tuyau p11	145,1	90	0,8	0,13	0,27
Tuyau p12	87,91	51,4	-0,03	0,01	0,02
Tuyau p13	65,38	90	0,5	0,08	0,12
Tuyau p14	23,13	51,4	0,03	0,01	0,01
Tuyau p15	80,42	51,4	0,04	0,02	0,02
Tuyau p16	130,7	90	0,14	0,02	0,01
Tuyau p17	75,25	51,4	-0,1	0,05	0,07
Tuyau p18	65,5	51,4	0,07	0,03	0,04
Tuyau p19	4,644	163,6	23,95	1,14	6,6
Tuyau p20	107,14	51,4	0,68	0,33	2,96
Tuyau p21	41,97	51,4	0,05	0,02	0,03
Tuyau p22	160,7	51,4	0,17	0,08	0,28
Tuyau p23	77,12	51,4	0,08	0,04	0,05
Tuyau p24	72,89	32,6	0,08	0,09	0,45
Tuyau p25	58,5	32,6	0,06	0,08	0,26
Tuyau p26	71,63	51,4	0,08	0,04	0,05
Tuyau p27	58,74	51,4	0,06	0,03	0,04
Tuyau p28	158,4	93,8	1,08	0,16	0,38
Tuyau p29	54,48	93,8	1,85	0,27	0,97
Tuyau p30	253,4	51,4	0,27	0,13	0,6
Tuyau p31	244,7	51,4	0,26	0,13	0,56
Tuyau p32	243,2	51,4	0,26	0,13	0,56
Tuyau p33	223,9	51,4	0,24	0,12	0,48
Tuyau p34	220,4	51,4	0,24	0,11	0,47
Tuyau p35	198,1	106,6	2,49	0,28	0,89
Tuyau p36	111,8	106,6	2,58	0,29	0,94
Tuyau p37	111,3	106,6	3,03	0,34	1,25
Tuyau p38	87,13	36	-0,18	0,18	1,65
Tuyau p39	51,18	106,6	2,94	0,33	1,19
Tuyau p40	157	106,6	4,96	0,56	3,02
Tuyau p41	126,9	32,6	0,14	0,16	1,57
Tuyau p42	29,08	106,6	4,48	0,5	2,52
Tuyau p43	345,8	106,6	9,08	1,02	9
Tuyau p44	211,4	106,6	5,22	0,59	3,32

Suite Tableau IV.10: Caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe+incendie).

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de Charge (m)
Tuyau p45	134,2	106,6	0,48	0,05	0,05
Tuyau p46	173,8	106,6	2,43	0,27	0,85
Tuyau p47	3,671	106,6	6,23	0,7	4,55
Tuyau p48	201,9	106,6	1,89	0,21	0,54
Tuyau p49	67,38	36	0,07	0,07	0,21
Tuyau p50	105,3	51,4	0,11	0,05	0,09
Tuyau p51	115,7	106,6	1,18	0,13	0,24
Tuyau p52	41,93	106,6	0,73	0,08	0,1
Tuyau p53	85	51,4	0,09	0,04	0,06
Tuyau p54	446,3	93,8	0,48	0,07	0,09
Tuyau p55	100,8	176,2	21,2	0,87	3,69
Tuyau p56	267,4	93,8	1,46	0,21	0,64
Tuyau p57	26,69	53,6	0,35	0,16	0,77
Tuyau p58	37,55	36	0,04	0,04	0,1
Tuyau p59	113,7	53,6	0,12	0,05	0,09
Tuyau p60	134,7	176,2	0,14	0,01	0,01
Tuyau p61	262,7	90	3,53	0,56	3,72
Tuyau p62	212,6	51,4	0,23	0,11	0,44
Tuyau p63	771,3	90	1,97	0,31	1,31
Tuyau p64	165,9	51,4	0,18	0,09	0,29
Tuyau p65	54,13	90	0,72	0,11	0,23
Tuyau p66	209,4	51,4	0,23	0,11	0,43
Tuyau p67	100	90	0,11	0,02	0,01
Tuyau p68	17,42	93,8	0,77	0,11	0,21
Tuyau p69	60,34	36	0,06	0,06	0,17
Tuyau p70	33,69	36	-0,59	0,58	12,49
Tuyau p71	128,9	36	0,14	0,14	1,01
Tuyau p72	332,5	93,8	2,37	0,34	1,49
Tuyau p73	1114	277,6	2,78	0,05	0,01
Tuyau p74	85,06	32,6	0,09	0,11	0,72
Tuyau p75	114,9	32,6	0,12	0,15	1,32
Tuyau p76	72,58	73,6	0,08	0,02	0,01
Tuyau p77	51,32	73,6	0,05	0,01	0,01
Tuyau p78	27,1	90	-0,37	0,06	0,07
Tuyau p79	90,71	73,6	0,1	0,02	0,01
Tuyau p80	249,8	51,4	0,27	0,13	0,58
Tuyau p81	422,9	90	5,09	0,8	7,16
Tuyau p82	198	32,6	0,21	0,26	3,39
Tuyau p83	268,7	93,8	9,98	1,44	19,93
Tuyau p84	136,3	106,6	-4,89	0,55	2,95
Tuyau p85	263,3	106,6	18,72	2,1	33,86
Tuyau p86	17,07	32,6	0,02	0,02	0,07
Tuyau p87	72,38	106,6	0,57	0,06	0,07
Tuyau p88	181,7	93,8	0,19	0,03	0,01
Tuyau p89	126,4	51,4	0,14	0,07	0,16

Suite Tableau IV.10: Caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe+incendie).

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de Charge (m)
Tuyau p90	122,1	51,4	0,13	0,06	0,14
Tuyau p91	43,94	93,8	-5,78	0,84	7,39
Tuyau p92	166	51,4	0,18	0,09	0,29
Tuyau p93	144,9	73,6	0,16	0,04	0,03
Tuyau p94	45,54	51,4	0,05	0,02	0,03
Tuyau p95	48,14	51,4	0,05	0,03	0,03
Tuyau p96	283,6	106,6	3,36	0,38	1,51
Tuyau p97	63,37	32,6	0,07	0,08	0,31
Tuyau p98	138,2	51,4	0,15	0,07	0,2
Tuyau p99	68,08	51,4	0,25	0,12	0,54
Tuyau p100	51,51	51,4	0,05	0,03	0,03
Tuyau p101	361,2	106,6	0,81	0,09	0,12
Tuyau p102	51,79	93,8	0,05	0,01	0,01
Tuyau p103	144,2	53,6	0,16	0,07	0,18
Tuyau p104	78,74	106,6	-0,84	0,09	0,13
Tuyau p105	123,4	53,6	0,13	0,06	0,11
Tuyau p106	102	32,6	0,11	0,13	1,08
Tuyau p107	63,71	53,6	0,07	0,03	0,03
Tuyau p108	85,02	53,6	0,09	0,04	0,05
Tuyau p109	73,13	53,6	0,08	0,03	0,04
Tuyau p110	62,96	53,6	0,07	0,03	0,03
Tuyau p111	97,78	176,2	12,1	0,5	1,34
Tuyau p112	94,57	176,2	11,1	0,46	1,14
Tuyau p113	34,47	176,2	10,68	0,44	1,07
Tuyau p114	53,28	176,2	10,3	0,42	1
Tuyau p115	31,69	176,2	10,04	0,41	0,96
Tuyau p116	26,34	176,2	8,42	0,35	0,7
Tuyau p117	64,6	51,4	0,07	0,03	0,04
Tuyau p118	56,54	176,2	8,2	0,34	0,66
Tuyau p119	47,07	93,8	0,87	0,13	0,26
Tuyau p120	5,023	93,8	0,29	0,04	0,04
Tuyau p121	52,31	93,8	-0,29	0,04	0,04
Tuyau p122	4,086	93,8	-0,83	0,12	0,24
Tuyau p123	44,2	93,8	-1,36	0,2	0,56
Tuyau p124	4,807	93,8	-4,11	0,6	4
Tuyau p125	265,4	176,2	7,37	0,3	0,55
Tuyau p126	22,84	176,2	-6,1	0,25	0,39
Tuyau p127	222,46	176,2	14,99	0,61	1,97
Tuyau p128	7,862	106,6	-12,5	1,4	16,14
Tuyau p129	49,92	106,6	0,05	0,01	0,01
Tuyau p130	93,95	130,8	0,1	0,01	0,01
Tuyau p131	6,086	90	1,37	0,22	0,7
Tuyau p132	5,874	90	0,93	0,15	0,35
Tuyau p133	26,63	90	0,85	0,13	0,3
Tuyau p134	5,193	90	0,45	0,07	0,1

Suite Tableau IV.10: Caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe+incendie).

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de Charge (m)
Tuyau p135	21,22	90	0,02	0,01	0,01
Tuyau p136	8,177	176,2	-21,63	0,89	3,82
Tuyau p137	6,54	176,2	-23,4	0,96	4,41
Tuyau p138	156,5	176,2	-20,92	0,86	3,6
Tuyau p139	291,8	90	3,89	0,61	4,43
Tuyau p140	4,333	93,8	-6,7	0,97	9,63
Tuyau p141	66,23	176,2	19,28	0,79	3,1
Tuyau p142	81,03	106,6	2,83	0,32	1,11
Tuyau p143	8,681	106,6	2,47	0,28	0,87
Tuyau p144	87,7	106,6	2,07	0,23	0,64
Tuyau p145	13,75	106,6	1,03	0,12	0,19
Tuyau p146	116,4	106,6	0,57	0,06	0,07
Tuyau p147	33,36	51,4	0,04	0,02	0,02
Tuyau p148	170,2	106,6	-17,06	1,91	28,54
Tuyau p149	15,97	106,6	-16,82	1,88	27,82
Tuyau p150	2,763	106,6	16,15	1,81	25,81
Tuyau p151	146,4	106,6	-15,77	1,77	24,7
Tuyau p152	87,31	106,6	-14,39	1,61	20,87
Tuyau p153	60,4	106,6	-13,97	1,56	19,76
Tuyau p154	132,2	106,6	-19,5	2,18	36,51
Tuyau p155	110,7	106,6	18,18	2,04	32,09
Tuyau p156	49,26	106,6	17,82	2	30,94
Tuyau p157	130,9	106,6	17,47	1,96	29,83
Tuyau p158	92,53	106,6	17,1	1,92	28,67
Tuyau p159	102,9	90	-0,95	0,15	0,37
Tuyau p160	30,2	90	-0,69	0,11	0,21
Tuyau p161	24,37	90	-0,45	0,07	0,1
Tuyau p162	54,25	51,4	-0,08	0,04	0,05
Tuyau p163	6,689	90	0,38	0,06	0,07
Tuyau p164	2,632	90	0,24	0,04	0,03
Tuyau p165	44,9	90	0,05	0,01	0,01
Tuyau p166	44,51	73,6	-1,08	0,25	1,2
Tuyau p167	22,48	73,6	-0,43	0,1	0,24
Tuyau p168	94,64	73,6	-0,66	0,16	0,51
Tuyau p169	71,92	93,8	-1,51	0,22	0,68
Tuyau p170	11,62	51,4	0,01	0,01	0,01
Tuyau p171	86,43	176,2	-5,69	0,23	0,35
Tuyau p172	256,7	176,2	-6,35	0,26	0,42
Tuyau p173	20	400	-54,55	0,43	0,39
Tuyau p174	36,68	176,2	27,52	1,13	5,93
Tuyau p175	50,31	51,4	0,17	0,08	0,26
Tuyau p176	2	176,2	10,84	0,44	1,1
Tuyau p177	23,07	73,6	-0,29	0,07	0,12
Tuyau p178	66,87	73,6	-0,07	0,02	0,01
Tuyau p179	3	176,2	10,51	0,43	1,04

Suite Tableau IV.10: Caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe+incendie).

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de Charge (m)
Tuyau p180	2,3	93,8	1,47	0,21	0,65
Tuyau p181	21,21	90	0,02	0,01	0,01
Tuyau p182	40,14	176,2	9,17	0,38	0,81

La figure ci-dessous représente le résultat de la simulation du réseau pour le cas de pointe plus incendie :

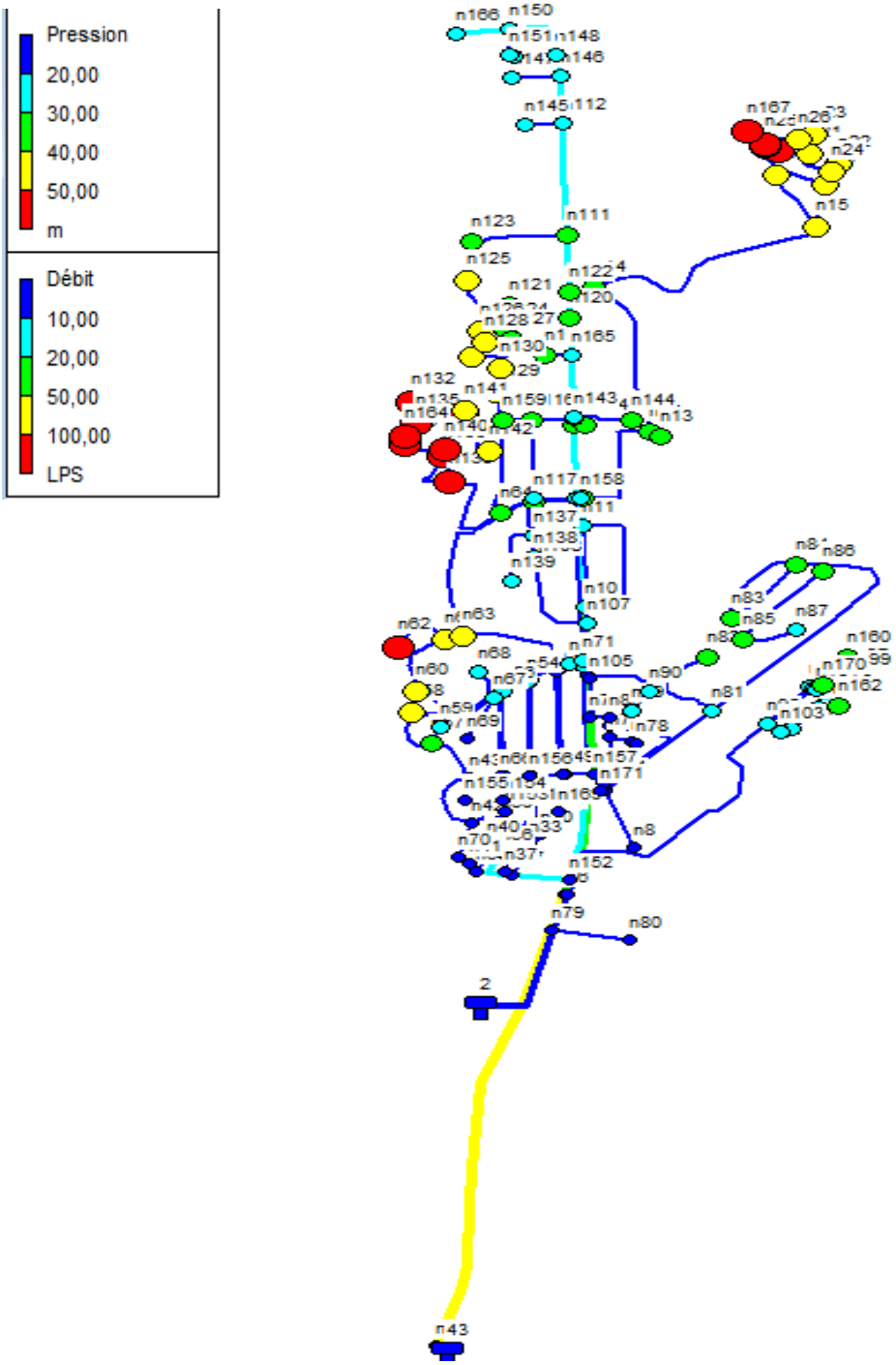


Figure IV.6: Représentation de réseau après la simulation pour le cas de pointe+incendie.

IV.8 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons effectué un diagnostic du réseau de distribution de Meurad, ce qui nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- La plupart du réseau est composée de PVC, nécessitant un remplacement, en particulier pour les sections présentant un taux de fuite élevé.
- Suite à la simulation effectuée à l'horizon actuel, il est évident que le réseau est significativement déséquilibré en termes de vitesse et de pression. Nous avons également observé des zones de dépression et de surpression dans plusieurs nœuds du réseau. De plus, une portion du réseau fonctionne à des vitesses très faibles, ne dépassant pas 0.5 m/s.

Il est impératif de trouver des solutions pour résoudre ces problèmes et assurer le bon fonctionnement du réseau. C'est précisément ce que nous aborderons dans le prochain chapitre.

V Chapitre V-Réhabilitation du réseau d'AEP à l'horizon 2054

V.1 Introduction :

Après avoir faire un diagnostic de fonctionnement du réseau dans le chapitre précédent, il est évident qu'une réhabilitation complète est nécessaire. Ce chapitre se concentrera sur les solutions proposées pour améliorer et moderniser le réseau, en remplaçant les sections dégradées qui ne répondent plus aux normes techniques requises pour répondre aux besoins croissants de notre communauté et anticiper les défis à venir jusqu'en 2054.

V.2 Choix du type des réseaux de distribution :

Choix du type de réseau de distribution, on va raccorder entre quelques tronçons et obtenu des mailles pour une meilleure répartition des vitesses et pression dans le réseau Suivant la structure et l'importance de l'agglomération on distingue les schémas de réseaux distribution comme suit :

V.2.1 Réseaux ramifiés :

Le réseau ramifié est un réseau à structure arborescente où les conduites ne comportent aucune alimentation en retour. L'eau circule dans la canalisation principale vers les conduites secondaires. C'est un système économique mais peu sécurisé, car en cas de rupture de la conduite principale, tous les abonnés situés à l'aval seront privés d'eau. Ce type de réseau est fréquemment utilisé dans les agglomérations de type rural où les habitants sont dispersés.

Dupont. (1979). Hydraulique urbaine

V.2.2 Réseau maillé :

Le réseau maillé est constitué principalement d'une série de canalisations formant des boucles fermées appelées des mailles, permettant ainsi l'alimentation en retour. Contrairement aux réseaux ramifiés, une simple manœuvre de robinet permet d'isoler le tronçon accidenté et de continuer l'alimentation des abonnés en aval. Ce système est plus sécurisé en cas de rupture de conduite et assure une répartition plus uniforme des débits et des pressions dans le réseau. Cependant, il est plus coûteux à mettre en place, nécessite davantage d'accessoires et est plus difficile à calculer par rapport aux réseaux ramifiés. Ce type de réseau est plus adapté aux agglomérations urbaines pratiquement plates. **Dupont.** (1979). Hydraulique urbaine

V.2.3 Réseau étagé :

On opte pour le réseau étagé dans les zones où les écarts de niveau sont considérables. (Dans le cas où la topographie est très accidentée). **Dupont.** (1979). Hydraulique urbaine

V.2.4 Réseau mixte :

Un réseau est composé d'une partie maillée et une partie ramifiée. Dans notre projet le réseau de distribution projeté sera de type mixte **Dupont.** (1979). Hydraulique urbaine

V.3 Principe du trace du réseau choisi :

Le trace se fait comme suit :

- En premier lieu, il est nécessaire d'identifier les zones où se trouvent les grands consommateurs, à savoir là où la densité de population est élevée.
- Déterminer le sens principal pour assurer la distribution à ces consommateurs.
- Suivant ce sens, tracer les conduites principales.

- Ces conduites doivent être bien reparties pour avoir une bonne distribution d'eau

V.4 Choix de type de matériaux :

Le matériau des conduites est sélectionné en fonction de critères à la fois techniques et économiques comme :

- La disponibilité sur le marché national ;
- Pression à supporter ;
- Facilité de transport de stockage et de pose ;
- Prix ;
- La nature de terrain ;
- Durre de vie prouvé par l'expérience ;

Dupont. (1979). Hydraulique urbaine

Le type de matériau que nous allons utiliser dans notre projet est le PEHD.

V.5 Calcul hydraulique du réseau

V.5.1 Debit spécifique :

Le débit spécifique se calcule comme suit :

$$qsp = \frac{Q_r}{\sum L}(\text{l/s/ml})\text{.....(V.1)}$$

Avec :

Σ Li : Somme des longueurs des tronçons du réseau ;

Qr : est le débit en route total (l/s) avec :**(Qr =Qmaxh- Σ Qcons)** ;

Σ Qcons : la somme de débits concentrés (l/s) dans notre cas Qcons=0 ;

V.5.2 Debit en route :

Le débit en route pour chaque tronçon est calculé par la formule suivante :

$$Q_r = qsp \times Li\text{.....(V.2)}$$

Avec :

qsp : débit spécifique (l/s/ml) ;

Li: la longueur du tronçon (m) ;

V.5.3 Debit aux nœuds :

Les débits correspondant en chaque nœud seront calculés par la formule suivante :

$$Q_{n.i} = 0{,}5 \sum Q_{ri-k} + Q_{conc}\ (\text{l/s})\text{.....(V.3)}$$

Avec :

Qn,i : débit au nœud i (l/s) ;

Σ Qri-k : somme des débits route des tronçons reliés au nœud i ;

Qconc : débits concentrés au nœud i (pour notre cas Qconc = 0) ;

V.6 Calcul des debits :

V.6.1 Cas de pointe :

Qmaxh =270,634 m3/h=**64,952 l/s**

La longueur totale du réseau de distribution :

∑Li = 18965,346m

Donc le débit spécifique est :

$qsp = \frac{64,952}{18965,346}$=**0,00342 l/s/ml**

Les débits aux nœuds sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau V.1: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe

ID Noeud	Tronçon	Longueur(m)	QSP(l/s/ml)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
Noeud n2	L1	1356	0,00342	4,6	2,755
	L82	92,4	0,00342	0,32	
	L93	171,9	0,00342	0,59	
Noeud n3	L2	347,1	0,00342	1,19	1,265
	L40	134,7	0,00342	0,46	
	L125	256,7	0,00342	0,88	
Noeud n4	L2	397,1	0,00342	1,35	1,05
	L3	183,4	0,00342	0,62	
	L131	38,94	0,00342	0,13	
Noeud n5	L3	183,4	0,00342	0,62	2,23
	L50	613,9	0,00342	2,09	
	L133	513,3	0,00342	1,75	
Noeud n7	L4	425,41	0,00342	1,45	1,59
	L5	461,7	0,00342	1,58	
	L64	44,25	0,00342	0,15	
Noeud n8	L5	461,7	0,00342	1,58	1,37
	L7	236,01	0,00342	0,80	
	L114	102,9	0,00342	0,35	
Noeud n10	L7	236,01	0,00342	0,80	0,625
	L114	102,9	0,00342	0,35	
	L115	30,2	0,00342	0,10	
Noeud n13	L9	152,48	0,00342	0,52	0,485
	L11	75,25	0,00342	0,26	
	L117	54,25	0,00342	0,19	
Noeud n14	L10	130,7	0,00342	0,45	0,36
	L115	24,37	0,00342	0,08	
	L117	54,25	0,00342	0,19	
Noeud n15	L10	130,7	0,00342	0,45	0,225

Suite Tableau V.1: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe

ID Noeud	Tronçon	Longueur(m)	QSP(l/s/ml)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
Noeud n16	L11	75,25	0,00342	0,26	0,22
	L115	30,2	0,00342	0,10	
	L116	24,37	0,00342	0,08	
Noeud n17	L9	152,48	0,00342	0,52	0,26
Noeud n21	L14	266,66	0,00342	0,91	0,455
Noeud n22	L15	163,12	0,00342	0,55	0,43
	L84	56,14	0,00342	0,19	
	L85	31,69	0,00342	0,11	
Noeud n25	L18	67,3	0,00342	0,23	0,414
	L36	136,22	0,00342	0,46	
	L156	38,94	0,00342	0,13	
Noeud n27	L15	163,12	0,00342	0,55	0,36
	L157	21,27	0,00342	0,07	
	L179	26,1	0,00342	0,09	
Noeud n28	L18	67,3	0,00342	0,23	0,355
	L83	86,45	0,00342	0,29	
	L84	56,14	0,00342	0,19	
Noeud n30	L19	156,9	0,00342	0,54	0,625
	L36	136,22	0,00342	0,46	
	L124	71,92	0,00342	0,25	
Noeud n31	L19	156,9	0,00342	0,54	0,565
	L20	57,03	0,00342	0,20	
	L24	114,9	0,00342	0,39	
Noeud n32	L20	57,03	0,00342	0,20	0,657
	L23	198,6	0,00342	0,68	
	L88	82,4	0,00342	0,28	
	L91	46,73	0,00342	0,16	
Noeud n33	L21	244,9	0,00342	0,84	0,61
	L89	49,3	0,00342	0,17	
	L90	61,41	0,00342	0,21	
Noeud n34	L21	244,9	0,00342	0,84	0,56
	L153	25,51	0,00342	0,09	
	L169	54,74	0,00342	0,19	
Noeud n35	L22	222,3	0,00342	0,76	0,565
	L90	61,41	0,00342	0,21	
	L91	46,73	0,00342	0,16	
Noeud n36	L22	222,3	0,00342	0,76	0,565
	L154	51,81	0,00342	0,18	
	L169	54,74	0,00342	0,19	
Noeud n38	L23	198,6	0,00342	0,68	0,455
	L154	51,81	0,00342	0,18	
	L162	14,7	0,00342	0,05	

Suite Tableau V.1: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe

ID Noeud	Tronçon	Longueur(m)	QSP(l/s/ml)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
Noeud n39	L24	114,9	0,00342	0,39	0,455
	L25	111,3	0,00342	0,38	
	L35	41,93	0,00342	0,14	
Noeud n40	L25	111,3	0,00342	0,38	0,415
	L26	77,78	0,00342	0,27	
	L27	51,18	0,00342	0,18	
Noeud n41	L26	77,78	0,00342	0,27	0,335
	L35	41,93	0,00342	0,14	
	L165	77,01	0,00342	0,26	
Noeud n42	L27	51,18	0,00342	0,18	0,555
	L28	157	0,00342	0,54	
	L33	113,3	0,00342	0,39	
Noeud n45	L28	186,08	0,00342	0,63	1,11
	L31	249,3	0,00342	0,85	
	L32	214	0,00342	0,73	
Noeud n46	L31	249,3	0,00342	0,85	0,84
	L150	150,6	0,00342	0,52	
	L178	91,01	0,00342	0,31	
Noeud n47	L32	214	0,00342	0,73	0,465
	L152	26,63	0,00342	0,1	
	L153	25,51	0,00342	0,1	
Noeud n48	L33	113,3	0,00342	0,39	0,4
	L164	39,88	0,00342	0,14	
	L165	77,01	0,00342	0,26	
Noeud n49	L34	65,08	0,00342	0,22	0.385
	L162	14,7	0,00342	0,05	
	L163	104,4	0,00342	0,36	
	L164	39,88	0,00342	0,14	
Noeud n50	L34	65,08	0,00342	0,22	0,11
Noeud n52	L37	256	0,00342	0,87	1,067
	L172	37,33	0,00342	0,13	
	L173	330,25	0,00342	1,13	
Noeud n57	L40	134,7	0,00342	0,46	0,23
Noeud n58	L41	223,7	0,00342	0,77	1,455
	L131	41,13	0,00342	0,14	
	L181	583	0,00342	2	
Noeud n59	L41	223,7	0,00342	0,77	1
	L42	212,6	0,00342	0,73	
	L45	144	0,00342	0,5	
Noeud n60	L42	212,6	0,00342	0,73	0,365
Noeud n62	L43	893	0,00342	3,05	1,52
Noeud n64	L46	400,4	0,00342	1,36	0,684
Noeud n66	L48	131,9	0,00342	0,45	0,675
	L92	231,6	0,00342	0,79	
	L171	31,83	0,00342	0,11	
Noeud n67	L48	131,9	0,00342	0,45	0,225

Suite Tableau V.1: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe

ID Noeud	Tronçon	Longueur(m)	QSP(l/s/ml)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
Noeud n75	L53	267,93	0,00342	0,91	0,455
Noeud n80	L74	215,42	0,00342	0,73	0,368
Noeud n81	L74	215,42	0,00342	0,73	0,964
	L138	130,6	0,00342	0,45	
	L141	218,04	0,00342	0,74	
Noeud n82	L58	154,2	0,00342	0,53	0,965
	L173	330,25	0,00342	1,13	
	L142	77,98	0,00342	0,27	
Noeud n83	L4	425,41	0,00342	1,45	1,12
	L58	154,2	0,00342	0,53	
	L135	75,82	0,00342	0,26	
Noeud n85	L59	293,3	0,00342	1	1,735
	L112	416,86	0,00342	1,42	
	L174	307,08	0,00342	1,05	
Noeud n86	L60	72,42	0,00342	0,25	0,61
	L77	102,1	0,00342	0,35	
	L106	148,4	0,00342	0,51	
	L176	31,87	0,00342	0,11	
Noeud n87	L60	72,42	0,00342	0,25	0,53
	L61	181,7	0,00342	0,62	
	L94	55,7	0,00342	0,19	
Noeud n88	L61	181,7	0,00342	0,62	0,635
	L141	86,76	0,00342	0,30	
	L143	73,66	0,00342	0,25	
	L153	25,51	0,00342	0,1	
Noeud n89	L62	126,4	0,00342	0,43	0,735
	L66	262,7	0,00342	0,89	
	L121	44,51	0,00342	0,15	
Noeud n90	L62	126,4	0,00342	0,43	0,22
Noeud n91	L63	122,1	0,00342	0,42	0,465
	L107	87,31	0,00342	0,30	
	L108	60,4	0,00342	0,21	
Noeud n92	L63	122,1	0,00342	0,42	0,21
Noeud n93	L64	44,25	0,00342	0,15	0,405
	L108	60,4	0,00342	0,21	
	L109	132,2	0,00342	0,45	
Noeud n94	L59	293,3	0,00342	1	1,01
	L65	166	0,00342	0,57	
	L109	132,2	0,00342	0,45	
Noeud n95	L65	166	0,00342	0,57	0,285
Noeud n97	L66	262,7	0,00342	0,9	0,45
Noeud n101	L69	219,2	0,00342	0,75	0,64
	L151	65,09	0,00342	0,22	
	L178	91,01	0,00342	0,31	

Suite Tableau V.1: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe

ID Noeud	Tronçon	Longueur(m)	QSP(l/s/ml)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
Noeud n102	L69	219,2	0,00342	0,75	0,58
	L94	55,7	0,00342	0,19	
	L149	63,96	0,00342	0,22	
Noeud n103	L70	58,93	0,00342	0,20	0,36
	L100	86,86	0,00342	0,30	
	L149	63,96	0,00342	0,22	
Noeud n104	L70	58,93	0,00342	0,20	0,1
Noeud n104	L59	263,3	0,00342	0,90	0,75
	L78	63,71	0,00342	0,22	
	L110	110,7	0,00342	0,38	
Noeud n105	L71	139,3	0,00342	0,47	0,875
	L76	116,1	0,00342	0,4	
	L100	86,86	0,00342	0,3	
	L101	171,05	0,00342	0,58	
Noeud n106	L71	139,3	0,00342	0,48	0,55
	L175	181	0,00342	0,62	
Noeud n107	L101	171,05	0,00342	0,58	0,95
	L150	202,11	0,00342	0,69	
	L175	181	0,00342	0,61	
Noeud n114	L76	116,1	0,00342	0,40	0,2
Noeud n115	L77	102,1	0,00342	0,35	0,175
Noeud n118	L174	307,08	0,00342	1,05	0,525
Noeud n123	L14	266,66	0,00342	0,91	0,65
	L82	92,4	0,00342	0,32	
	L157	21,27	0,00342	0,07	
Noeud n124	L83	86,45	0,00342	0,29	0,26
	L156	38,94	0,00342	0,13	
	L179	26,1	0,00342	0,1	
Noeud n125	L83	55,47	0,00342	0,19	0,16
	L158	23,95	0,00342	0,08	
	L180	15,54	0,00342	0,05	
Noeud n126	L85	31,69	0,00342	0,11	0,555
	L88	82,4	0,00342	0,28	
	L124	71,92	0,00342	0,25	
	L168	139,04	0,00342	0,47	
Noeud n129	L89	49,3	0,00342	0,17	0,635
	L92	231,6	0,00342	0,79	
	L166	91,21	0,00342	0,31	
Noeud n131	L93	171,9	0,00342	0,59	0,685
	L166	91,21	0,00342	0,31	
	L168	139,04	0,00342	0,47	

Suite Tableau V.1: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe

ID Noeud	Tronçon	Longueur(m)	QSP(l/s/ml)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
Noeud n132	L53	267,93	0,00342	0,91	1,4
	L95	259,87	0,00342	0,88	
	L133	513,3	0,00342	1,75	
Noeud n133	L95	259,87	0,00342	0,88	0,44
Noeud n138	L105	155,1	0,00342	0,53	0,45
	L135	75,82	0,00342	0,26	
	L176	31,87	0,00342	0,11	
Noeud n139	L105	155,1	0,00342	0,53	0,962
	L142	77,98	0,00342	0,27	
	L143	73,66	0,00342	0,25	
	L37	256	0,00342	0,875	
Noeud n140	L106	148,4	0,00342	0,51	0,48
	L107	87,31	0,00342	0,30	
	L121	44,51	0,00342	0,15	
Noeud n141	L112	416,86	0,00342	1,42	0,712
Noeud n147	L136	88,1	0,00342	0,30	0,25
	L152	26,63	0,00342	0,09	
	L171	31,83	0,00342	0,11	
Noeud n148	L136	88,1	0,00342	0,30	0,44
	L138	130,6	0,00342	0,45	
	L172	37,33	0,00342	0,13	
Noeud n150	L181	584	0,00342	2	1
Noeud n151	L163	104,4	0,00342	0,36	0,18
Noeud n152	L43	893	0,00342	3,05	2,45
	L45	144	0,00342	0,49	
	L46	400,4	0,00342	1,36	

V.6.2 Cas de pointe + incendie :

Pour cette situation, le calcul est similaire à celui du cas précédent (cas de pointe), mais il est nécessaire de garantir le débit d'incendie fourni par le réservoir de 17 l/s. Ce débit doit être ajouté au point le plus défavorable, c'est-à-dire au nœud le plus éloigné du réservoir. Donc le débit nodal dans ce point sera :

Qni = **0,5x ΣQr+17l/s**

$\mathbf{Q_{n141}}$ **=** point plus éloigne

La demande au niveau des nœuds reste la même que celle dans le cas de pointe sauf au nœud 166 qui devient :

$\mathbf{Q_{n141}}$ =0,171+17=17,171 l/s

Tableau V.2: Calcul de débits nodaux à l'heure de pointe+incendie **(voir l'Annexe V.1)**

V.7 Résultats de la simulation hydraulique du réseau :

a) Cas de pointe :

Les résultats du cas pointe sont représentés dans ce qui suit :

- Les cotes piézométriques et pressions :

Tableau V.3: Cotes et pression des nœuds (cas de pointe)

	Altitude	Demande	Côte piézométrique	Pression
ID Noeud	**m**	**L/S**	**m**	**mce**
Noeud n2	205,50	2,755	234,01	28,5
Noeud n3	206,87	1,265	217,51	10,64
Noeud n4	200,35	0,92	216,92	16,57
Noeud n5	202,12	2,23	215,56	13,44
Noeud n7	163,57	1,59	225,4	61,83
Noeud n8	152,12	1,37	223,67	59,07
Noeud n10	153,01	0,63	223,33	57,46
Noeud n13	149,51	0,485	222,94	60,57
Noeud n14	148,81	0,36	223,11	61,44
Noeud n15	147,90	0,225	222,94	62,18
Noeud n16	150,32	0,22	223,16	59,99
Noeud n17	145,33	0,26	222,68	64,5
Noeud n21	199,24	0,455	231,18	31,94
Noeud n22	197,62	0,43	230,77	33,16
Noeud n25	204,54	0,414	231,44	26,9
Noeud n27	207,47	0,36	232,04	24,57
Noeud n28	201,19	0,355	231,2	30,01
Noeud n30	195,86	0,625	230,59	34,73
Noeud n31	197,04	0,565	229,78	32,74
Noeud n32	202,49	0,657	229,83	27,34
Noeud n33	200,92	0,61	230,89	29,97
Noeud n34	190,72	0,56	229,17	38,45
Noeud n35	203,76	0,565	230,49	26,73
Noeud n36	190,72	0,565	229,34	38,62
Noeud n38	190,44	0,455	229,54	39,1
Noeud n39	182,93	0,455	229,63	46,7
Noeud n40	170,13	0,415	229,09	58,96
Noeud n41	185,97	0,335	229,37	43,4
Noeud n42	169,92	0,555	228,85	58,93
Noeud n45	169,44	1,11	228,44	58,99
Noeud n46	167,60	0,84	225,8	58,19
Noeud n47	190,72	0,465	228,78	38,06
Noeud n48	189,24	0,4	229,22	39,98
Noeud n49	190,12	0,385	229,43	39,31
Noeud n50	183,79	0,11	229,41	45,62
Noeud n52	183,18	1,067	227,98	44,8
Noeud n57	201,75	0,23	217,33	15,59

Suite Tableau V.3: Cotes et pression des nœuds (cas de pointe)

	Altitude	Demande	Côte piézométrique	Pression
ID Noeud	**m**	**L/S**	**m**	**mce**
Noeud n58	198,19	1,455	216,88	18,7
Noeud n59	187,73	1	214,71	26,98
Noeud n60	180,98	0,365	214,08	33,1
Noeud n62	177,36	1,52	209,04	31,68
Noeud n64	177,24	0,684	210,1	32,86
Noeud n66	190,72	0,675	229,06	38,34
Noeud n67	185,41	0,225	228,89	43,48
Noeud n75	178,83	0,455	213,3	34,47
Noeud n80	180,84	0,368	225,87	45,03
Noeud n81	185,85	0,964	226,52	40,68
Noeud n82	176,70	0,965	226,42	49,72
Noeud n83	179,05	1,12	225,93	46,88
Noeud n85	158,50	1,735	224,84	59,34
Noeud n86	173,60	0,61	226,15	52,55
Noeud n87	172,46	0,53	225,94	53,48
Noeud n88	176,97	0,635	226,22	49,25
Noeud n89	168,40	0,735	225,4	57,01
Noeud n90	156,92	0,216	225,25	55,85
Noeud n91	165,80	0,465	225,75	59,96
Noeud n92	161,07	0,21	225,61	52,07
Noeud n93	165,33	0,405	225,68	47,88
Noeud n94	161,50	1,01	225,64	51,33
Noeud n95	152,17	0,285	225,32	60,34
Noeud n97	152,14	0,45	225,03	59,67
Noeud n101	176,62	0,64	226	49,38
Noeud n102	168,13	0,58	225,65	57,52
Noeud n103	166,72	0,36	225,39	58,67
Noeud n104	163,08	0,1	225,34	62,26
Noeud n105	158,41	0,875	225,16	66,75
Noeud n106	144,90	0,55	224,73	67,20
Noeud n107	148,25	0,95	224,88	76,63
Noeud n114	164,82	0,2	225,04	60,22
Noeud n115	171,59	0,175	225,9	54,31
Noeud n118	150,00	0,65	232,34	25,15
Noeud n123	207,19	0,26	231,76	25,87
Noeud n124	205,89	0,555	230,38	32,67
Noeud n126	197,70	0,635	231,01	33,60
Noeud n129	197,41	0,565	229,73	25,97
Noeud n131	202,60	1,77	214,47	30,36
Noeud n132	184,11	0,358	213,72	33,48
Noeud n133	180,24	0,45	226,23	52,40
Noeud n138	173,83	0,962	226,71	50,06
Noeud n139	176,65	0,2	225,04	60,22

Suite Tableau V.3: Cotes et pression des nœuds (cas de pointe)

	Altitude	Demande	Côte piézométrique	Pression
ID Noeud	**m**	**L/S**	**m**	**mce**
Noeud n140	170,44	0,48	225,87	55,43
Noeud n141	145,17	0,712	224,75	65,91
Noeud n147	190,72	0,25	228,81	38,09
Noeud n148	190,72	0,44	228,2	37,48
Noeud n150	192,35	1	213,5	21,16
Noeud n151	190,12	0,18	229,34	39,21
Noeud n152	185,61	2,45	213,68	28,07

- **Paramètres hydrauliques :**

Tableau V.4: Caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de Charge (m)
Tuyau p1	1356	257,8	44,03	0,84	3,00
Tuyau p2	397,1	163,6	10,54	0,5	0,59
Tuyau p3	183,4	51,4	1,15	0,55	1,36
Tuyau p4	425,41	51,4	0,41	0,2	0,52
Tuyau p5	461,7	90	3,55	0,56	1,73
Tuyau p7	236,01	40,8	0,37	0,3	0,34
Tuyau p9	152,48	40,8	-0,26	0,2	0,25
Tuyau p10	130,7	40,8	0,25	0,2	0,17
Tuyau p11	75,25	40,8	-0,39	0,3	0,23
Tuyau p14	266,66	40,8	0,46	0,35	1,16
Tuyau p15	163,12	40,8	-0,63	0,49	1,27
Tuyau p18	67,3	40,8	-0,41	0,31	0,24
Tuyau p19	156,9	51,4	0,94	0,45	0,82
Tuyau p20	57,03	90	1,89	0,3	0,05
Tuyau p21	244,9	51,4	1,12	0,54	1,72
Tuyau p22	222,3	40,8	0,5	0,38	1,15
Tuyau p23	198,6	90	2,07	0,32	0,28
Tuyau p24	114,9	90	1,97	0,31	0,15
Tuyau p25	111,3	40,8	0,48	0,37	0,54
Tuyau p26	77,78	40,8	-0,41	0,31	0,28
Tuyau p27	51,18	40,8	0,48	0,37	0,24
Tuyau p28	186,08	40,8	0,31	0,24	0,41
Tuyau p31	249,3	51,4	1,4	0,68	2,64
Tuyau p32	214	90	2,2	0,35	0,34
Tuyau p33	113,3	40,8	0,39	0,3	0,38
Tuyau p34	65,08	32,6	0,18	0,21	0,02
Tuyau p35	41,93	51,4	-1,03	0,5	0,26
Tuyau p36	136,22	90	-4,71	0,74	0,85
Tuyau p37	256	163,3	20,38	0,97	1,27
Tuyau p40	134,7	40,8	0,27	0,2	0,18

Suite Tableau V.4: caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de Charge (m)
Tuyau p41	223,7	90	6,02	0,95	2,17
Tuyau p42	212,6	40,8	0,4	0,3	0,63
Tuyau p43	893	51,4	1,52	0,73	4,63
Tuyau p45	144	90	-4,65	0,73	1,04
Tuyau p46	400,4	51,4	0,72	0,38	3,58
Tuyau p48	131,9	40,8	0,27	0,2	0,17
Tuyau p50	613,9	90	3,66	0,58	2,44
Tuyau p53	267,93	40,8	0,46	0,35	1,17
Tuyau p58	154,2	51,4	0,71	0,34	0,49
Tuyau p59	293,3	90	2,97	0,47	0,80
Tuyau p60	72,42	73,6	1,77	0,42	0,21
Tuyau p61	181,7	73,6	-1,25	0,3	0,28
Tuyau p62	126,4	40,8	0,27	0,2	0,15
Tuyau p63	122,1	40,8	0,25	0,18	0,14
Tuyau p64	44,25	90	4,73	0,74	0,28
Tuyau p65	166	40,8	0,28	0,22	0,32
Tuyau p66	262,7	51,4	0,45	0,22	0,38
Tuyau p69	219,2	40,8	0,41	0,31	0,35
Tuyau p70	58,93	32,6	0,1	0,12	0,05
Tuyau p71	139,3	40,8	0,37	0,3	0,43
Tuyau p74	215,42	40,8	0,37	0,3	0,65
Tuyau p76	116,1	40,8	0,2	0,15	0,12
Tuyau p77	102,1	32,6	0,17	0,21	0,25
Tuyau p82	92,4	90	8,46	1,33	1,66
Tuyau p83	86,45	40,8	0,57	0,44	0,56
Tuyau p84	56,14	40,8	0,62	0,48	0,43
Tuyau p85	31,69	40,8	0,83	0,63	0,40
Tuyau p88	82,4	90	4,88	0,77	0,55
Tuyau p89	49,3	90	2,79	0,44	0,12
Tuyau p90	61,41	51,4	1,07	0,51	0,40
Tuyau p91	46,73	51,4	-0,61	0,3	0,10
Tuyau p92	231,6	163,3	27,24	1,3	1,95
Tuyau p93	171,9	163,3	32,82	1,57	2,04
Tuyau p94	55,7	73,6	2,49	0,59	0,29
Tuyau p95	259,87	40,8	0,38	0,3	0,75
Tuyau p100	86,86	73,6	1,7	0,4	0,23
Tuyau p101	171,05	40,8	0,26	0,2	0,28
Tuyau p105	155,1	163,6	-15,78	0,75	0,48
Tuyau p106	148,4	163,6	-11,95	0,57	0,28
Tuyau p107	87,31	163,6	-10,07	0,48	0,12
Tuyau p108	60,4	163,6	-9,4	0,45	0,07
Tuyau p109	132,2	163,6	-6,1	0,3	0,04
Tuyau p112	416,86	90	1,88	0,31	0,09
Tuyau p114	102,9	73,6	-1,94	0,46	0,34

Suite Tableau V.4: caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de Charge (m)
Tuyau p115	30,2	51,4	-1,55	0,75	0,16
Tuyau p116	24,37	51,4	-0,96	0,45	0,06
Tuyau p117	54,25	40,8	-0,38	0,3	0,17
Tuyau p121	44,51	51,4	-1,4	0,68	0,47
Tuyau p124	71,92	90	3,14	0,49	0,21
Tuyau p125	256,7	163,6	-12,04	0,57	1,04
Tuyau p131	38,94	163,6	-8,47	0,4	0,38
Tuyau p133	513,3	90	-2,58	0,41	2,87
Tuyau p135	75,82	51,4	0,82	0,4	0,30
Tuyau p136	88,1	163,3	24,35	1,16	0,57
Tuyau p138	130,6	51,4	1,57	0,75	1,69
Tuyau p141	218,04	40,8	-0,23	0,18	0,31
Tuyau p142	77,98	51,4	-0,79	0,38	0,30
Tuyau p143	73,66	73,6	2,85	0,67	0,60
Tuyau p149	63,96	73,6	2,16	0,51	0,26
Tuyau p150	202,11	51,4	0,87	0,42	0,95
Tuyau p151	65,09	51,4	1,2	0,57	0,24
Tuyau p152	26,63	90	1,93	0,33	0,07
Tuyau p153	25,51	40,8	-0,93	0,71	0,37
Tuyau p154	51,81	40,8	-0,43	0,33	0,17
Tuyau p156	38,94	90	5,53	0,87	0,32
Tuyau p157	21,27	90	7,35	1,16	0,29
Tuyau p162	14,7	51,4	1,18	0,57	0,04
Tuyau p163	104,4	40,8	0,18	0,14	0,26
Tuyau p164	39,88	40,8	-0,5	0,39	0,12
Tuyau p165	77,01	40,8	-0,29	0,22	0,11
Tuyau p166	91,21	163,3	30,66	1,46	0,92
Tuyau p168	139,04	51,4	1,47	0,71	1,61
Tuyau p169	54,74	40,8	-0,41	0,32	0,16
Tuyau p171	31,83	163,3	-26,34	1,26	0,24
Tuyau p172	37,33	163,3	-22,34	1,07	0,21
Tuyau p173	330,25	51,4	0,89	0,43	1,57
Tuyau p174	307,08	40,8	0,52	0,4	1,72
Tuyau p175	181	40,8	0,18	0,14	0,15
Tuyau p176	31,87	163,6	-14,51	0,69	0,08
Tuyau p178	91,01	40,8	-0,4	0,31	0,20
Tuyau p179	26,1	90	-6,36	1	0,28
Tuyau p181	584	51,4	1	0,48	3,38

La figure ci-dessous représente le résultat de la simulation du réseau pour le cas de pointe :

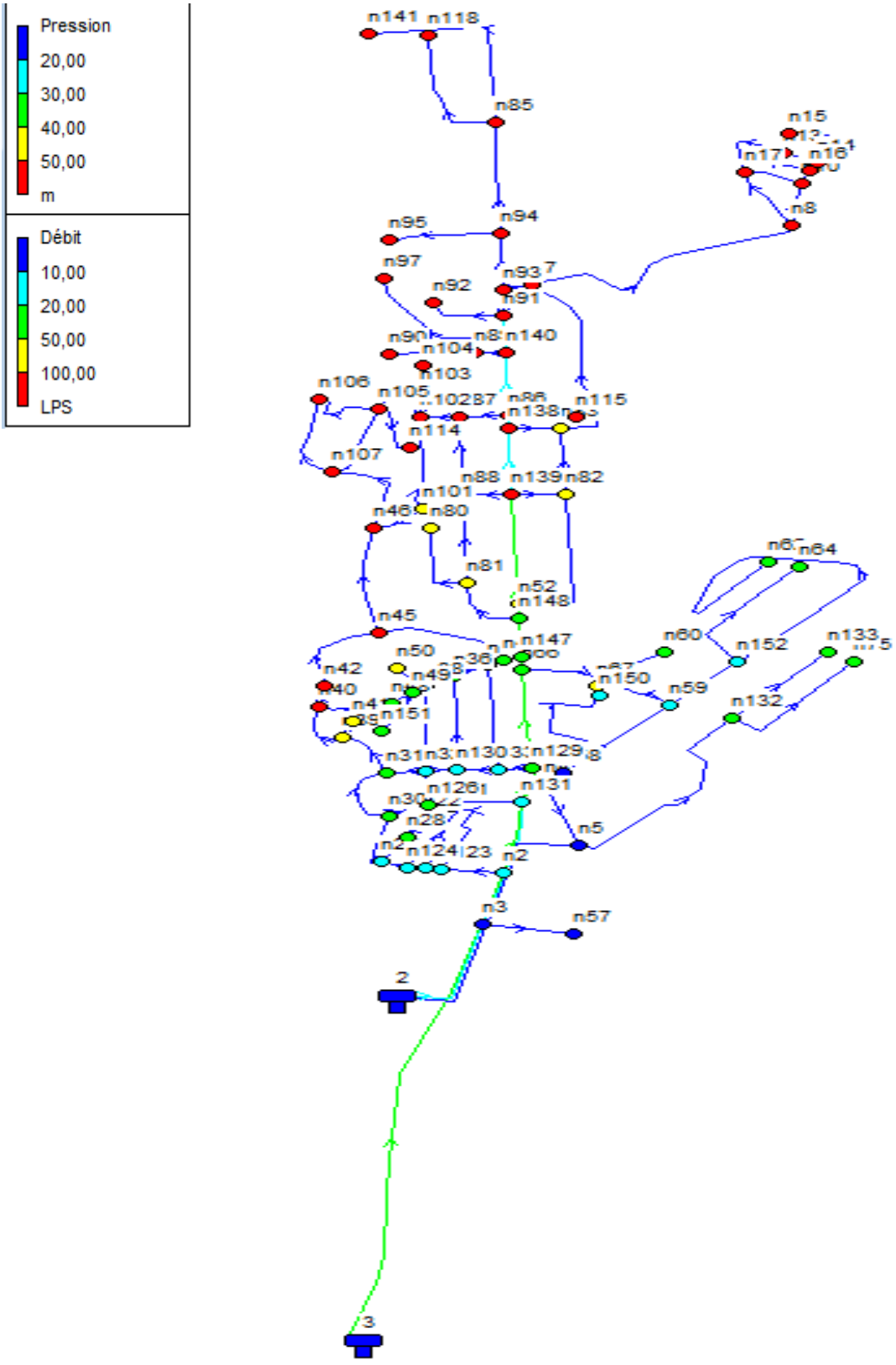


Figure V.1: Représentation de réseau après la simulation pour le cas de pointe

b) Cas de pointe + incendie :

- Les cotes piézométriques et pressions :

Tableau V.5: Cotes et pression des nœuds (cas de pointe+ incendie)

	Altitude	Demande	Côte piézométrique	Pression
ID Noeud	**m**	**L/S**	**m**	**mce**
Noeud n2	205,50	2,755	231,56	26,05
Noeud n3	206,87	1,265	217,51	10,64
Noeud n4	200,35	0,92	216,92	16,57
Noeud n5	202,12	2,23	215,56	13,44
Noeud n7	163,57	1,59	210,25	46,68
Noeud n8	152,12	1,37	208,52	56,4
Noeud n10	153,01	0,63	208,17	55,16
Noeud n13	149,51	0,485	207,78	58,28
Noeud n14	148,81	0,36	207,95	59,15
Noeud n15	147,90	0,225	207,79	59,88
Noeud n16	150,32	0,22	208,01	57,69
Noeud n17	145,33	0,26	207,53	62,2
Noeud n21	199,24	0,455	228,07	28,84
Noeud n22	197,62	0,43	226,93	29,31
Noeud n25	204,54	0,414	227,9	23,36
Noeud n27	207,47	0,36	228,81	21,34
Noeud n28	201,19	0,355	227,6	26,41
Noeud n30	195,86	0,625	226,57	30,71
Noeud n31	197,04	0,565	225,31	28,27
Noeud n32	202,49	0,657	225,38	22,88
Noeud n33	200,92	0,61	225,23	24,32
Noeud n34	190,72	0,56	222,21	31,49
Noeud n35	203,76	0,565	224,81	21,05
Noeud n36	190,72	0,565	223,52	32,8
Noeud n38	190,44	0,455	224,82	34,38
Noeud n39	182,93	0,455	225,08	42,14
Noeud n40	170,13	0,415	224,08	53,95
Noeud n41	185,97	0,335	224,65	38,68
Noeud n42	169,92	0,555	223,35	53,44
Noeud n45	169,44	1,11	220,04	50,6
Noeud n46	167,60	0,84	214	46,4
Noeud n47	190,72	0,465	220,42	29,7
Noeud n48	189,24	0,4	224,35	35,11
Noeud n49	190,12	0,385	224,68	34,56
Noeud n50	183,79	0,11	224,66	40,87
Noeud n52	183,18	1,067	218,3	35,12
Noeud n57	201,75	0,23	217,33	15,59
Noeud n58	198,19	1,455	216,88	18,7
Noeud n59	187,73	1	214,71	26,98
Noeud n60	180,98	0,365	214,08	33,1
Noeud n62	177,36	1,52	209,04	31,68
Noeud n64	177,24	0,684	210,1	32,86

Suite Tableau V.5: Cotes et pression des nœuds (cas de pointe + incendie)

	Altitude	Demande	Côte piézométrique	Pression
ID Noeud	**m**	**L/S**	**m**	**mce**
Noeud n66	190,72	0,675	221	30,28
Noeud n67	185,41	0,225	220,83	35,42
Noeud n75	178,83	0,455	213,3	34,47
Noeud n80	180,84	0,368	215,51	34,67
Noeud n81	185,85	0,964	216,16	30,32
Noeud n82	176,70	0,965	214,46	37,76
Noeud n83	179,05	1,12	212,93	33,88
Noeud n85	158,50	1,735	184,04	25,55
Noeud n86	173,60	0,61	212,94	39,34
Noeud n87	172,46	0,53	212,95	40,49
Noeud n88	176,97	0,635	214,05	37,09
Noeud n89	168,40	0,735	211,14	42,74
Noeud n90	156,92	0,216	210,99	54,06
Noeud n91	165,80	0,465	210,92	45,12
Noeud n92	161,07	0,21	210,78	49,71
Noeud n93	165,33	0,405	210,46	45,14
Noeud n94	161,50	1,01	209,76	48,26
Noeud n95	152,17	0,285	209,44	57,27
Noeud n97	152,14	0,45	210,77	58,63
Noeud n101	176,62	0,64	213,91	37,28
Noeud n102	168,13	0,58	212,76	44,63
Noeud n103	166,72	0,36	212,57	45,85
Noeud n104	163,08	0,1	212,51	49,44
Noeud n105	158,41	0,875	212,41	54
Noeud n106	144,90	0,55	212,12	62,75
Noeud n107	148,25	0,95	212,41	59,71
Noeud n114	164,82	0,2	212,29	47,47
Noeud n115	171,59	0,175	212,69	41,1
Noeud n123	207,19	0,65	229,24	22,04
Noeud n124	205,89	0,26	228,39	22,5
Noeud n126	197,70	0,555	226,2	28,5
Noeud n129	197,41	0,635	225,39	27,98
Noeud n131	202,60	0,685	227,42	24,82
Noeud n132	184,11	1,77	214,47	30,36
Noeud n133	180,24	0,358	213,72	33,48
Noeud n138	173,83	0,45	213,24	39,4
Noeud n139	176,65	0,962	214,79	38,14
Noeud n140	170,44	0,48	211,61	41,17
Noeud n141	145,17	17,712	154,81	10,64
Noeud n147	190,72	0,25	220,42	29,7
Noeud n148	190,72	0,44	218,88	28,16
Noeud n150	192,35	1	213,5	21,16
Noeud n151	190,12	0,18	224,59	34,47
Noeud n152	185,61	2,45	213,68	28,07

- Paramètres hydrauliques :

Tableau V.6: Caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe+incendie)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de Charge (m)
Tuyau p1	1356	257,8	61,03	1,17	5,44
Tuyau p2	397,1	163,6	10,54	0,5	0,59
Tuyau p3	183,4	51,4	1,15	0,55	1,36
Tuyau p4	425,41	51,4	1,05	0,51	2,68
Tuyau p5	461,7	90	3,55	0,56	1,73
Tuyau p7	236,01	40,8	0,37	0,3	0,34
Tuyau p9	152,48	40,8	-0,26	0,2	0,25
Tuyau p10	130,7	40,8	0,25	0,2	0,17
Tuyau p11	75,25	40,8	-0,37	0,3	0,23
Tuyau p14	266,66	40,8	0,46	0,35	1,16
Tuyau p15	163,12	40,8	-0,79	0,6	1,88
Tuyau p18	67,3	40,8	-0,47	0,36	0,31
Tuyau p19	156,9	51,4	1,2	0,58	1,26
Tuyau p20	57,03	90	1,88	0,3	0,07
Tuyau p21	244,9	51,4	1,53	0,74	3,02
Tuyau p22	222,3	40,8	0,54	0,41	1,29
Tuyau p23	198,6	90	3,01	0,47	0,55
Tuyau p24	114,9	90	2,51	0,4	0,23
Tuyau p25	111,3	40,8	0,69	0,52	1,00
Tuyau p26	77,78	40,8	-0,61	0,47	0,57
Tuyau p27	51,18	40,8	0,88	0,68	0,72
Tuyau p28	186,08	40,8	1,01	0,77	3,31
Tuyau p31	249,3	51,4	2,23	1,07	6,04
Tuyau p32	214	90	2,33	0,37	0,38
Tuyau p33	113,3	40,8	0,68	0,52	1,00
Tuyau p34	65,08	40,8	0,19	0,14	0,02
Tuyau p35	41,93	51,4	-1,37	0,66	0,43
Tuyau p36	136,22	90	-6,06	0,95	1,34
Tuyau p37	256	163,3	35,49	1,69	3,51
Tuyau p40	134,7	40,8	0,23	0,18	0,18
Tuyau p41	223,7	90	6,02	0,95	2,17
Tuyau p42	212,6	40,8	0,39	0,3	0,63
Tuyau p43	893	51,4	0,72	0,38	4,63
Tuyau p45	144	90	-4,65	0,73	1,04
Tuyau p46	400,4	40,8	0,68	0,52	3,58
Tuyau p48	131,9	40,8	0,23	0,17	0,17
Tuyau p50	613,9	90	3,66	0,58	2,44
Tuyau p53	267,93	40,8	0,46	0,35	1,17
Tuyau p58	154,2	51,4	1,35	0,65	1,53
Tuyau p59	293,3	90	19,97	3,14	25,72

Suite Tableau V.6: Caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe + incendie)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de Charge (m)
Tuyau p60	72,42	73,6	1,52	0,36	0,01
Tuyau p61	181,7	73,6	-2,71	0,64	1,11
Tuyau p62	126,4	40,8	0,22	0,17	0,15
Tuyau p63	122,1	40,8	0,21	0,16	0,14
Tuyau p64	44,25	90	4,09	0,64	0,21
Tuyau p65	166	40,8	0,28	0,22	0,32
Tuyau p66	262,7	51,4	0,45	0,22	0,38
Tuyau p69	219,2	40,8	0,5	0,39	1,14
Tuyau p70	58,93	32,6	0,1	0,12	0,05
Tuyau p71	139,3	40,8	0,38	0,3	0,29
Tuyau p74	215,42	40,8	0,39	0,3	0,65
Tuyau p76	116,1	40,8	0,2	0,2	0,12
Tuyau p77	102,1	32,6	0,17	0,21	0,25
Tuyau p82	92,4	90	10,14	1,59	2,32
Tuyau p83	86,45	40,8	0,69	0,53	0,79
Tuyau p84	56,14	40,8	0,81	0,62	0,67
Tuyau p85	31,69	40,8	1,16	0,89	0,73
Tuyau p88	82,4	90	6,11	0,96	0,82
Tuyau p89	49,3	90	3,24	0,51	0,16
Tuyau p90	61,41	51,4	1,1	0,53	0,42
Tuyau p91	46,73	51,4	-0,56	0,27	0,10
Tuyau p92	231,6	163,3	42,3	2,02	4,39
Tuyau p93	171,9	163,3	48,13	2,3	4,14
Tuyau p94	55,7	73,6	1,92	0,45	0,18
Tuyau p95	259,87	40,8	0,41	0,32	0,75
Tuyau p100	86,86	73,6	1,38	0,33	0,16
Tuyau p101	171,05	40,8	-0,24	0,2	0,00
Tuyau p105	155,1	163,6	-30,11	1,43	1,56
Tuyau p106	148,4	163,6	-28,32	1,35	1,33
Tuyau p107	87,31	163,6	-26,44	1,26	0,69
Tuyau p108	60,4	163,6	-25,76	1,23	0,46
Tuyau p109	132,2	163,6	-21,27	1,01	0,70
Tuyau p112	416,86	90	17,71	2,78	29,24
Tuyau p114	102,9	73,6	-1,94	0,46	0,34
Tuyau p115	30,2	51,4	-1,55	0,75	0,16
Tuyau p116	24,37	51,4	-0,96	0,45	0,06
Tuyau p117	54,25	40,8	-0,38	0,3	0,17
Tuyau p121	44,51	51,4	-1,4	0,68	0,47
Tuyau p124	71,92	90	4,23	0,66	0,37
Tuyau p125	256,7	163,6	-12,04	0,57	0,49
Tuyau p131	38,94	163,6	-8,47	0,4	0,04
Tuyau p133	513,3	90	-2,58	0,41	1,09

Suite Tableau V.6: Caractéristiques hydrauliques des tronçons (cas de pointe + incendie)

Tronçons	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Pert de Charge (m)
Tuyau p135	75,82	51,4	0,81	0,39	0,31
Tuyau p136	88,1	163,3	40,52	1,93	1,54
Tuyau p138	130,6	51,4	2,05	0,99	2,72
Tuyau p141	218,04	40,8	-0,72	0,55	2,11
Tuyau p142	77,98	51,4	-0,84	0,4	0,33
Tuyau p143	73,66	73,6	3,58	0,84	0,74
Tuyau p149	63,96	73,6	1,84	0,43	0,20
Tuyau p150	202,11	51,4	1,19	0,57	1,59
Tuyau p151	65,09	51,4	0,95	0,45	0,15
Tuyau p152	26,63	90	1,23	0,2	0,00
Tuyau p153	25,51	40,8	-2,16	1,65	1,79
Tuyau p154	51,81	40,8	-1,22	0,94	1,30
Tuyau p156	38,94	90	6,94	1,09	0,49
Tuyau p157	21,27	90	9,04	1,42	0,43
Tuyau p162	14,7	51,4	1,33	0,64	0,14
Tuyau p163	104,4	40,8	0,18	0,14	0,09
Tuyau p164	39,88	40,8	-0,65	0,5	0,33
Tuyau p165	77,01	40,8	-0,42	0,32	0,30
Tuyau p166	91,21	163,3	46,18	2,2	2,03
Tuyau p168	139,04	51,4	1,27	0,61	1,22
Tuyau p169	54,74	40,8	-1,19	0,91	1,31
Tuyau p171	31,83	163,3	-41,4	1,98	0,58
Tuyau p172	37,33	163,3	-38,03	1,82	0,58
Tuyau p173	330,25	51,4	1,48	0,71	3,84
Tuyau p174	307,08	40,8	0,52	0,4	1,72
Tuyau p175	181	40,8	0,25	0,19	0,29
Tuyau p176	31,87	163,6	-28,84	1,37	0,30
Tuyau p178	91,01	40,8	0,2	0,15	0,09
Tuyau p179	26,1	90	-7,89	1,24	0,41
Tuyau p181	584	51,4	1	0,48	3,38

La figure ci-dessous représente le résultat de la simulation du réseau pour le cas de pointe plus incendie :

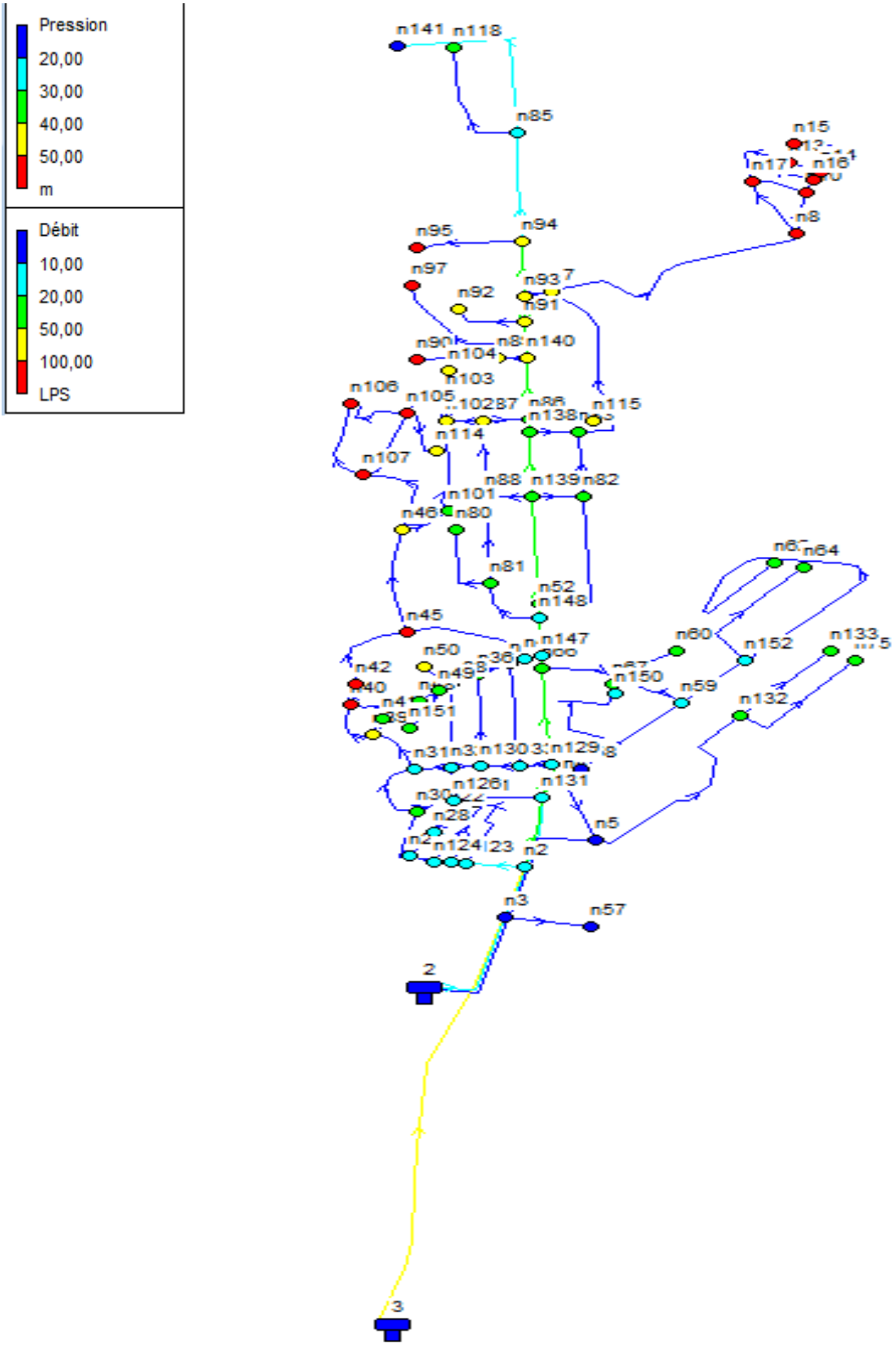


Figure V.2: Représentation de réseau après la simulation pour le cas de pointe + incendie

V.8 Interprétation des résultats :

Le tableau ci-dessous présente la comparaison entre le réseau existant et le réseau projeté :

Tableau V.7: comparaison entre le réseau existant el le réseau projeter

Cas	Cas de pointe		Cas de pointe + incendie	
Réseau	**Avant réhabilitation**	**Après réhabilitation**	**Avant réhabilitation**	**Après réhabilitation**
Type de réseau	**Mixte**		**Mixte**	
Type de mâtereaux de conduite	**PVC PEHD Fonte**	**PEHD**	**PVC PEHD Fonte**	**PEHD**
Nombre des tronçons	**180**	**111**	**180**	**111**
Nombres des nœuds	**163**	**87**	**163**	**87**
Nombre des nœuds avec Pression inferieur a 1 bar	**13**	**0**	**15**	**0**
Nombre des tronçons avec vitesse 0,1m/s<V<0,3m/s	**55**	**14**	**45**	**16**
Nombre des tronçons avec vitesse V<0,1m/s	**80**	**0**	**73**	**0**

-Pour le réseau projeter :

- Pression dans les nœuds ne dépasse pas les 7bars. (70 m c e).
- La pression minimale supérieure à 10m c e.
- Les nœuds avec pression suffisent, nous besoin pas des stations de suppresseur.
- La vitesse est entre (0,3à2) m/s (norme des conduites en PEHD).
- Diamètre variant entre 50 mm et 315 mm

V.9 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons développé un réseau projeté. Afin de garantir un bon fonctionnement de réseau, nous avons remplacé toutes les conduites en PVC par du PEHD. Nous avons modifié les diamètres des conduites et les avons raccordées entre les nœuds par des tronçons, créant ainsi de nouvelles mailles pour assurer une répartition optimale des vitesses et des pressions. Nous avons basé l'alimentation du réseau projeté sur des réservoirs. Selon la simulation hydraulique, le réseau projeté maintient une bonne pression lors des périodes de pointe et de pointe avec incendie, ainsi qu'une vitesse adéquate dans les tronçons principaux et secondaires. Cela permet de garantir le bon fonctionnement du réseau.

VI Chapitre VI-Étude d’adduction

VI.1 Introduction :

Le processus d'adduction implique le déplacement de l'eau depuis sa source d'origine, qu'il s'agisse d'un puits, d'un forage ou d'un barrage, vers le lieu où elle sera utilisée, comme des réservoirs de stockage ou un réseau de distribution. Ce déplacement peut se faire grâce au pompage, à la gravité, ou encore par une combinaison des deux. Ce chapitre se divise en deux sections distinctes. La première partie consistera à effectuer un diagnostic hydraulique du réseau d'adduction déjà en place. La seconde partie abordera la protection du système d'adduction à travers l'utilisation d'un réservoir d'air anti-bélier.

VI.2 Types d’adductions :

Les adductions peuvent être classées en trois groupes :

VI.2.1 Adduction gravitaire :

Dans un système d'adduction gravitaire, la source est positionnée à un niveau plus élevé que le réservoir d'alimentation, ce qui permet à l'eau de s'écouler naturellement sous l'influence de la gravité. **Dupont.** (1979). Hydraulique urbaine

VI.2.2 Adduction par refoulement :

Là cote de la source est plus basse que celle de la structure d'arrivée. Par conséquent, l'utilisation d'un système de pompage est requise pour faciliter l'écoulement de l'eau (écoulement en charge). **Dupont.** (1979). Hydraulique urbaine

VI.2.3 Adduction mixte :

Cette situation se présente lorsque la disposition du site nécessite la mise en place d'une structure intermédiaire pour recevoir l'eau soit par gravité, soit par refoulement. Par la suite, cette eau est soit pompée, soit gravitairement dirigée vers le réservoir de l’agglomérations.

VI.3 CHOIX DU TRACE et profil en long :

- Préférez éviter les terrains excessivement accidentés ou rocailleux ;
- Rechercher le tracé le plus court et la plus direct ;
- Les coudes doivent être largement ouverts pour éviter les butées importantes ;
- La sélection d'un itinéraire le long des routes et des chemins ;
- Éviter les contre pentes, qui peuvent donner lieu aux points hauts, à des cantonnements d’air plus ou moins difficiles à évacuer.
- Éviter les profiles horizontales qui substituera un profil comportant des montées lentes, et les descentes rapides ;
- Profil en long aussi régulier que possible, qui ne suive pas forcément le niveau de sol Maintenir une pente de pose supérieure à 0,2% ;

VI.4 CHOIX DES MATERIAUX DE CANALISATION :

Avant de déterminer le matériau à utiliser pour les tuyaux, il est essentiel de prendre en compte divers critères techniques et économiques, notamment :

- Diamètre ;
- La disponibilité dans le marché national ;
- Prix unitaire de pose de l’adduction ;
- Résistance à des grandes pressions (supérieur à 20 bars) ;

- Bonne étanchéité ;
- Adaptation au terrain de pose ;
- Facilité d'installation grâce à sa légèreté et sa grande flexibilité ;
- Les revêtements, **Dupont.** (1979). Hydraulique urbaine

VI.5 Dimensionnement de l'adduction :

VI.5.1 Adduction gravitaire :

-Diamètre :

On calcule le diamètre avec la formule de la perte de charge :

$$\mathbf{D=\sqrt[m]{\frac{KLQ^{\beta}}{\Delta H}}}\text{.....(VI.1)}$$

Avec :

K : coefficient de perte de charge ;

L : Longueur de la conduite (m) ;

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaires L=1.1*Lg

Lg : Longueur géométrique (m) ;

ΔH : Perte de charge totale (m) ;

Q : Débit maximum journalier (m3/s) ;

β : Exposant tenant compte du régime d'écoulement ;

m : Exposant tenant compte du type du matériau ;

Selon le type de matériau les coefficients K, m et **β** sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau VI.1: Coefficients et exposants de la perte de charge

Conduite	K	m	**β**
Acier et fonte	0,00179-0,001735	5,1-5,3	1,9-2
Plastique	0,00118	4,89	1,85
Amiante ciment	0,001052	4,772	2

Source: (Salah, 2014)

-Vitesse d'écoulement :

Pour les conduites d'adduction, la vitesse optimale d'écoulement varie généralement entre 0,5 et 1,5m/s. La vitesse d'écoulement dans la conduite gravitaire est calculée en utilisant l'équation de continuité.

$$Q=V\times S\rightarrow V=\frac{Q}{S}=\frac{4\times Q}{\pi\times D^{2}}\text{.....(VI.2)}$$

Avec :

Q : débit véhicule par l'adduction (m3/s) ;

S : section de la conduite (m2) ;

V : vitesse d'écoulement (m/s) ;

D : diamètre nominal de la conduite (m) ; Source: (Salah, 2014)

VI.5.2 Adduction par refoulement :

Pour déterminer le diamètre de la conduite de refoulement, une étude technico-économique doit être réalisée en prenant en compte les coûts d'exploitation et d'investissement.

VI.5.2.1 Diamètre économique :

On peut calculer le diamètre économique par les formules suivantes :

-Formule de BRESSE :

$$\mathbf{Dec = 1.\ 5\sqrt{Q}} \quad \textbf{.....(VI.3)}$$

-Formule de BONNIN :

$$\mathbf{Dec} = \sqrt{Q} \quad \textbf{.....(VI.4)}$$

-Formule de MUNIER :

$$\mathbf{Dec} = (\mathbf{1} + \mathbf{0.\ 02})\sqrt{Q} \quad \textbf{.....(VI.5)}$$

Avec :

Q : débit (m3/s) ; Source: (Salah, 2014)

VI.5.2.2 Perte de charge :

Perte de charge linéaire :

$$\Delta \boldsymbol{H} = \frac{\mathbf{8\lambda L Q^2}}{\boldsymbol{\pi^2 g D^5}} \textbf{.....(VI.6)}$$

Avec:

$\Delta \boldsymbol{H}$: la perte de charge (m);

$\boldsymbol{L}$: longueur de conduite (m);

Q : débit (m^3/s) ;

D: diameter (mm);

λ: coefficient de frottement;

Pour calcul le coefficient de frottement on utilisons la formule de NIKURADSÉ :

$$\boldsymbol{\lambda} = \left(\mathbf{1,14 - 0,86 Ln}\frac{\boldsymbol{\varepsilon}}{\boldsymbol{D}}\right)^{-2} \textbf{.....(VI.7)}$$

ε: Rugosité de la conduite (mm);

D: Diamètre de la conduite (mm);

Perte de charge singulière :

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont estimées à10% des pertes de charge linéaires

$$\Delta H_S = 10\% \times \Delta H_L \text{.....(VI.8)}$$

Donc la perte de charge totale sera donnée comme suit :

$$\Delta H_T = \Delta H_S \times \Delta H_L = 1,1 \times \Delta H_L \text{.....(VI.9)}$$

Avec :

ΔH_T **:** Perte de charge totale (m) ;

ΔH_S **:** Perte de charge linéaire (m) ;

ΔH_L **:** Perte de charge singulière (m) ;

VI.5.2.3 calcul HMT :

$$HMT = Hg + \Delta H \text{.....(VI.10)}$$

Pour calcul Hg :

$$Hg = Ctp - CTN \text{ .....(VI.11)}$$

Avec :

HMT : hauteur manométrique total (m) ;

ΔH: la perte de charge (m);

Hg: hauteur géométrique (m) ;

Ctp: la cote de trop plein de réservoir (m) ;

CTN: la cote de terrain Natural ;

VI.5.2.4 Puissance absorbée par la pompe :

Elle est exprimée par la relation suivante :

$$P = \frac{\rho \times g \times Q \times HMT}{\eta} \text{..... (VI.12)}$$

Avec :

P : Puissance absorbée par la pompe (KW) ;

Q : Débit refoulé par la pompe en (m3/s) ;

ρ : masse volumique de l'eau (1000 kg/ m3) ;

g : accélération de la pesanteur (9.81 m/s2) ;

η : Rendement de la pompe en % (0.7 à 0.8) ;

Dupont. (1979). Hydraulique urbaine

VI.5.2.5 Energie consommée par la pompe :

L'énergie consommée est donnée par la formule suivante :

$$E = Pa \times t \times 365 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(VI.13)}$$

Avec :

Pa : Puissance absorbée par la pompe (kw) ;

E : Energie consommée par la pompe (kwh) ;

t : temps de pompage par jour (20h) ; **Dupont.** (1979).Hydraulique urbaine

VI.5.2.6 les frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation se calculent comme suit :

$$Fexp = E \times e \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(VI.14)}$$

Avec :

E : Energie consommée par la pompe (kwh) ;

e : Prix unitaire d'un Kwh, fixé par la SONELGAZ (4.67DA) ;

VI.5.2.7 les frais d'amortissement :

Dans le calcul des frais d'amortissement, il est nécessaire de prendre en compte l'annuité (A) d'amortissement, correspondant à une période généralement égale à la durée de vie du matériel, Elles sont données par les formules suivantes :

$$Fam = Pc \times A \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(VI.15)}$$

Avec :

Fam : Frais d'amortissement en (DA) ;

Pc: prix de la conduite en (DA) ;

A: Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante ;

$$A = \frac{i}{(i+1)^n - 1} + i \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(VI.16)}$$

Avec :

i: Taux d'annuité annuel,(i = 8 %).

n: nombre d'années d'amortissement,(n = 30ans).

$$A = \frac{0{,}08}{(0{,}08+1)^{30}-1} + 0{,}08 = 0{,}088$$

On prend : A=8,9%

Dupont. (1979). Hydraulique urbaine

VI.5.2.8 Calcul du bilan :

$$Pt = Fexp + Fam \ldots\ldots\ldots\ldots \textbf{(VI.17)}$$

Pt : Bilan (prix totale) (DA) ;

Fexp : Frais d'exploitation (DA) ;

Fam : Frais d'amortissement (DA) ;

VI.6 Présentation du système d'adduction existant :

À partir de la station de pompage (SPmeurad) l'adduction est assurée vers le réservoir RV2000 situé sur une cote de 235 m. Ainsi cette station alimente le réservoir RV500 situé sur une cote de 213 m.

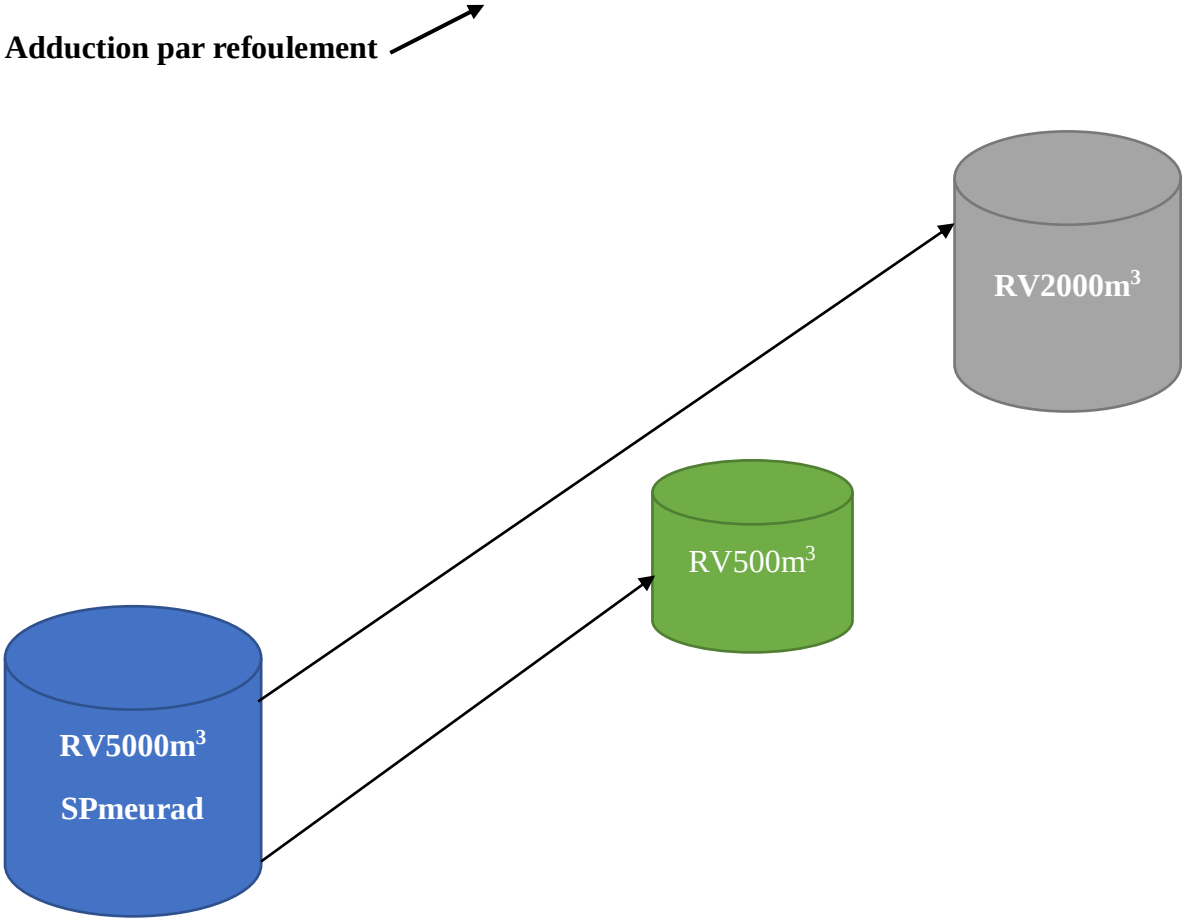


Figure VI.1: Schéma explicatif de système d'adduction

Tableau VI.2: caractéristiques système d'adduction existant

Adduction existante	Types d'adduction	Diamètre(mm)	Linéaire(m)
SPmeurad-RV2000	Refoulement	315 PEHD	3110
SPmeurad-RV500	Refoulement	150 AMC	2364

VI.6.1 existante :

Dans cette partie on doit calcule les vitesses et HMT de chaque adduction utilisant les formules qui on a vue dans partie précédents de chapitre

Les résultats de calcul de l'adduction existante sont représentés sur les tableaux suivant :

-Adduction SPmeurad-RV2000 :

Tableau VI.3: diagnostic hydraulique de l'adduction existante SPmeurad-RV2000

Q (m3/h)	L (m)	D (mm)	E (mm)	λ	Q (m3/s)	S(m2)	V (m/s)	ΔH	HG (m)	HMT (M)
237,6	3110	257,8	0,10	0,0160	0,0660	0,0522	1,27	17,36	85	102,36

-Adduction SPmeurad-RV500 :

Tableau VI.4: diagnostic hydraulique de l'adduction existante SPmeurad-RV500

Q (m3/h)	L (m)	D (mm)	E (mm)	λ	Q (m3/s)	S (m2)	V (m/s)	ΔH	HG (m)	HMT (M)
36	2364	150	0,10	0,0181	0,0100	0,0177	0,57	5,13	63	68,13

Depuis la station de pompage (SP Meurad), l'adduction est dirigée vers le réservoir RV2000, situé à une altitude de 235 mètres, à travers une conduite de refoulement existante. En ce qui concerne la deuxième adduction qui alimente RV500, est réalisée via une conduite en amiante-ciment, il est nécessaire de la remplacer par une nouvelle conduite en PEHD en raison des risques associés à l'amiante, une substance cancérigène. Pour la remplacer on propose une nouvelle conduite projeter.

VI.7 Réseau d'adduction projeté :

VI.7.1 Description du schéma d'adduction :

Pour remplacer la conduite d'amiante on propose les deux propositions suivantes :

1) Refoulement de SP Meurad vers RV-500 :

Cette conduite de diamètre D (150) type amiante-ciment est existant mais il faut les remplacer avec une autre conduite de type PEHD, le débit refoule est Q = **36 m3/h**, HMT de la pompe est 160m. la longueur de la conduite est 2364 m.

2) Une conduite gravitaire de RV2000 vers RV500 :

L'alimentation de réservoir se fait gravitairement par le réservoir RV2000. La longueur de la conduite projetée est 816,40 m.

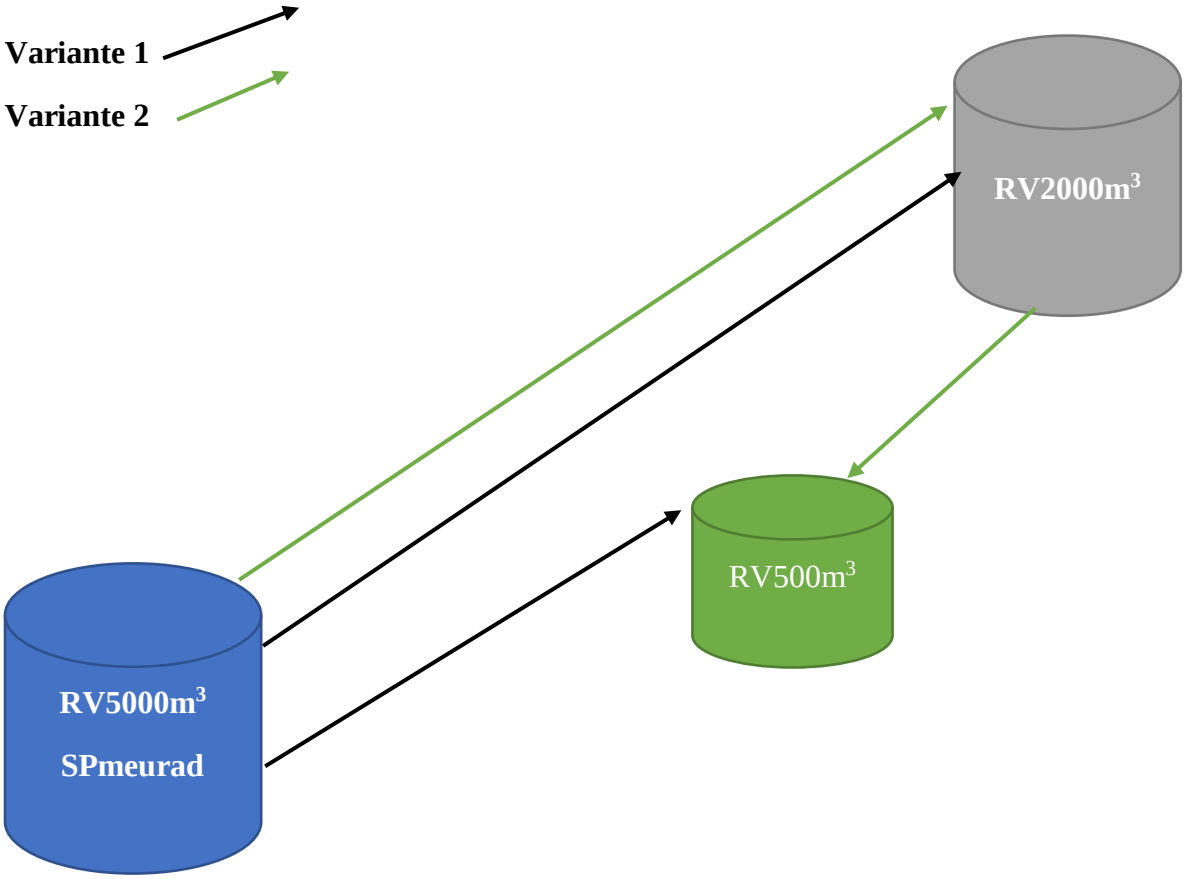


Figure VI.2: Schéma explicatif de système d'adduction projeté

VI.7.2 Calcul du dimensionnement d'adduction :

VI.7.2.1 Variante 1 par refoulement de SP Meurad vers RV-500 :

Pour la pré-évaluation du diamètre économique de la conduite, on utilise les formules de

BRESSE et **BONIN.**

Formule de Bresse : **D = $1.5\sqrt{0,01}$=0,15**

Formule de Bonin : **D = $\sqrt{0,01}$=0,1**

À partir de ces deux diamètres, on choisit une gamme de diamètres parmi lesquels on choisira Celui qui présentera les frais les moins élevés et le plus optimale. Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VI.5: résultat du Calcul de l'adduction projetée variante 1

Q (m3/h)	L (m)	D ext (mm)	D int (mm)	E (mm)	λ	Q (m3/s)	S (m2)	V (m/s)	HG (m)	ΔH	HMT (m)
36	2364	90	73,6	0,10	0,0215	0,0100	0,0043	2,35	63	*214,30*	277,30
36	2364	110	90	0,10	*0,0205*	0,0100	0,0064	1,57	63	*74,55*	137,55

Suite Tableau VI.5 : résultat du Calcul de l'adduction projetée variante 1

Q (m3/h)	L (m)	D ext (mm)	D int (mm)	E (mm)	λ	Q (m3/s)	S (m2)	V (m/s)	HG (m)	ΔH	HMT (m)
36	2364	125	102,2	0,10	0,0198	0,0100	0,0082	1,22	63	38,27	101,27
36	2364	140	114,4	0,10	0,0193	0,0100	0,0103	0,97	63	21,20	84,20
36	2364	160	130,8	0,10	0,0187	0,0100	0,0134	0,74	63	10,51	73,51
36	2364	180	147,2	0,10	0,0182	0,0100	0,0170	0,59	63	5,66	68,66

- **Calcul les frais d'exploitation :**

Les frais d'exploitation sont calculés en fonction de l'énergie électrique consommée pendant le pompage pour la gamme de diamètres obtenue. Les résultats des calculs des frais d'exploitation sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VI.6: Les frais d'exploitation du tronçon SP Meurad – RV500

Dex (mm)	Hmt (m)	P (KW)	E (KWh)	Fexp (DA)
90	277,30	38862	283693	1324844
110	137,55	19277	140722	657172
125	101,27	14192	103602	483819
140	84,20	11800	86140	402274
160	73,51	10302	75205	351205
180	68,66	9622	70241	328024

- **Calcul les frais d'amortissement :**

Les frais d'amortissement pour chaque diamètre sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI.7: Les frais d'amortissement du tronçon SP Meurad – RV500

Dex (mm)	Prix de conduite ml (DA)	L (m)	Frais investissement (DA)	A (%)	Frais amortissement (DA)
90	1599,76	2364	3781832,64	0,088	332801,3
110	2310,46	2364	5461927,44	0,088	480649,6

Suite Tableau VI.7 Les frais d'amortissement du tronçon SP Meurad – RV500

Dex (mm)	Prix de conduite ml (DA)	L (m)	Frais investissement (DA)	A (%)	Frais amortissement (DA)
125	2999,42	2364	7090628,88	0,088	623975,3
140	3637,66	2364	8599428,24	0,088	756749,7
160	4793,05	2364	11330770,2	0,088	997107,8
180	6036,47	2364	14270215,08	0,088	1255778,9

- **Calcul du bilan :**

Le bilan des coûts d'exploitation et d'amortissements figure dans le tableau suivant :

Tableau VI.8: Calcul du bilan du tronçon SP Meurad – RV500

Dex (mm)	Fexp (DA)	Frais amortissement (DA)	Bilan (DA)
90	1324844	332801,3	1657645
110	657172	480649,6	1137822
125	483819	623975,3	1107794
140	402274	756749,7	1159024
160	351205	997107,8	1348313
180	328024	1255778,9	1583803

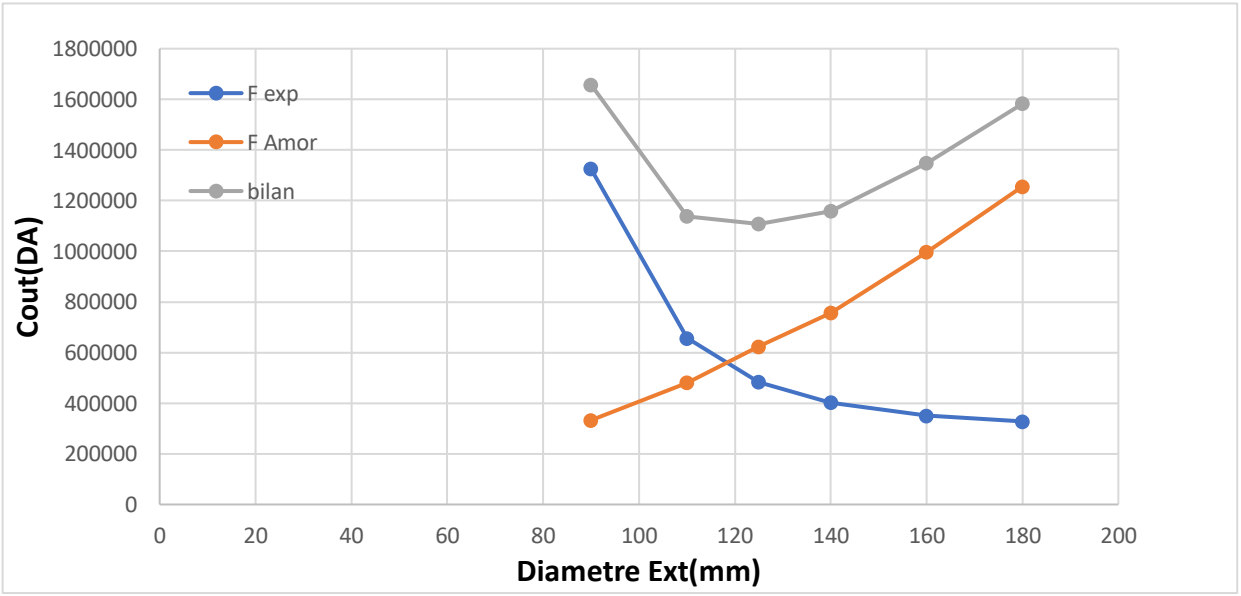


Figure VI.3: Courbe d'optimisation du tronçon SPmeurad-R500m3

Résultat :

D'après les résultats obtenus ci-dessus, le diamètre le plus économique est D = 125mm avec une vitesse acceptable de V=1,22m/**s**.

VI.7.2.2 Variante 2 une conduite gravitaire de RV2000 vers RV500 :

On calcule le diamètre d'adduction gravitaire par les expressions que on a vue précédemment dans (**VI.5.1 Adduction gravitaire).**

Pour notre cas, on prend :

K=0,001052 ;

β= 2 ;

m= 4,772

nous choisissons type de conduite PEHD pn 16

Si Q est connu et v fixé, alors : D=$\sqrt{\frac{4\times Q}{\pi\times V}}$

On fixe la vitesse sur 1 m/s

D=112,8mm

On normalise ce diamètre et on choisit **DN140 PN16 (D intérieur =114,4)**

La vitesse sera : **V=$\frac{4\times Q}{\pi\times D^2}$=0,97 m/s**

- **Calcul de perte de charge :**

$$\Delta H = \frac{KLQ^{\beta}}{D^{m}} = \frac{0{,}001052\times 816{,}40\times 0{,}01^{2}}{0{,}1144^{4{,}772}} = 2{,}673$$

On résume les résultats sur un tableau :

Tableau VI.9: Résultat du Calcul de l'adduction projetée variante 2 RV2000-RV500

Dimensionnement de Variante N°2						
Conduite	**Longueur**	**Altitude**	**Débit**	**Vitesse**	**D int**	**Perte de charge**
	m	**m**	**l/s**	**m/s**	**mm**	**m**
RV200-RV500	816,40	234-213	10	0,97	114,4	2,673

- **Bilan économique de variante 2 RV2000-RV500 :**

Tableau VI.10: Bilan de variante d'adduction 2 RV2000-RV500

Longueur (m)	D ext (mm)	D int (mm)	Prix TTC (DA)	Cout (Da)
816,40	140	114,4	3637,66	2969785,62

Résultat :

D'après la comparaison des résultats obtenus ci-dessus entre les calculs de dimensionnement du **variante 1** et **variante 2**, on choisit la variante 1 qu'est un refoulement avec le diamètre le plus économique est D = 125 mm avec une vitesse acceptable de V=1,22m/s.

VI.8 Protection des canalisations et équipements contre Régime transitoire:

Le régime transitoire se caractérise par des fluctuations dans les pressions et les vitesses au fil du temps. Ces variations s'accompagnent du phénomène de propagation d'ondes de pression à travers le réseau, lesquelles se dissipent progressivement jusqu'à l'établissement d'un nouvel équilibre permanent. Lors d'un coup de bélier, des forces de pression extrêmement importantes se produisent. Ces effets sont particulièrement dommageables pour les conduites qui ne peuvent pas supporter des variations de pression excessives. Les principales conséquences incluent :

- Sensibilité des conduites aux surpressions et aux dépressions, surtout au niveau des joints (aspiration des joints, fuite, détérioration du revêtement interne, rupteur de canalisation).
- Lorsque l'onde de pression se forme, si la pression devient inférieure à la pression de vapeur saturante, la cavitation apparait (**KADI, L.** Cours d'alimentation en eau potable

Le phénomène de vibration sera d'autant plus fort quand :

- La vitesse de l'eau est élevée ;
- La longueur de la canalisation est grande ;
- Le diamètre de la canalisation est petit ;
- La fermeture de l'eau rapide ; **KADI, L.** Cours d'alimentation en eau potable

VI.8.1 Description du phénomène du coup de bélier :

Considérons la fermeture d'une vanne afin d'étudier les phases du coup de bélier :

Lorsque la vanne se ferme brusquement, les particules de liquide rencontrent un obstacle soudain, ce qui entraîne la transformation de leur énergie cinétique en énergie potentielle. Cela se traduit par la compression du liquide et la dilatation de la conduite. Par conséquent, la masse volumique de l'eau augmente légèrement.

KADI, L. Cours d'alimentation en eau potable

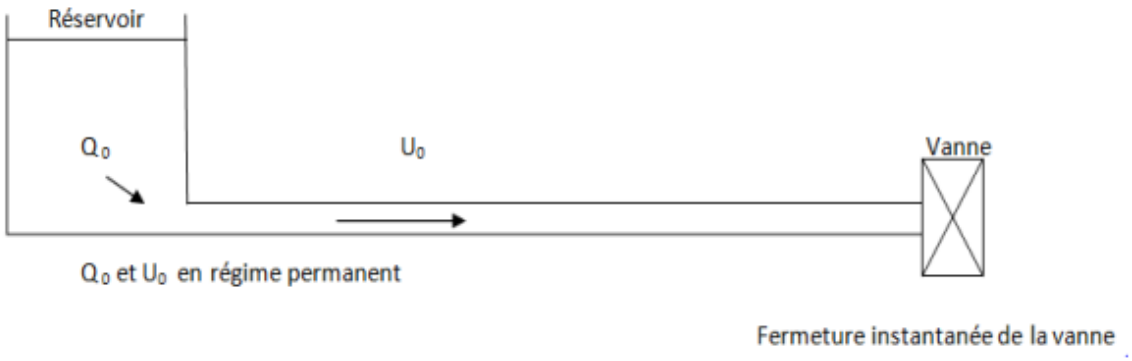


Figure VI.4: Description du phénomène du coup de bélier

Phase 1 :

Propagation très rapide jusqu'au réservoir amont (plus la conduite est rigide plus la vitesse De propagation est rapide). On appelle « a » la célérité de l'onde, « L » longueur de la conduite (a supérieur à U).

L'étape 1 due de t=0 à t=L/a

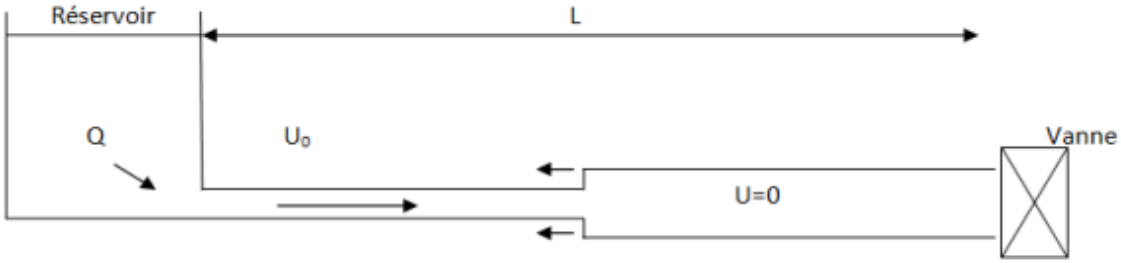


Figure VI.5: Phase 1 du coup de bélier

Phase 2 :

Arrivée de l'onde au réservoir amont. La pression redevient normale, le diamètre et la masse volumique également. Le fluide se déplace dans le sens inverse du sens initial. Cette propagation dure du temps t=L/a au temps t=2L/a.

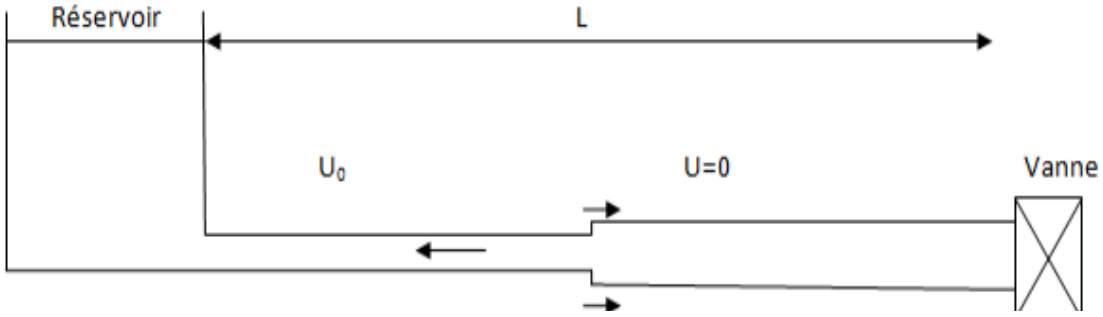


Figure VI.6: Phase 2 du coup de bélier

Phase 3 :

L'onde de pression revient vers la vanne, la conduite va alors se contracter. L'étape 3 due de t=2L/a à t= 3L/a

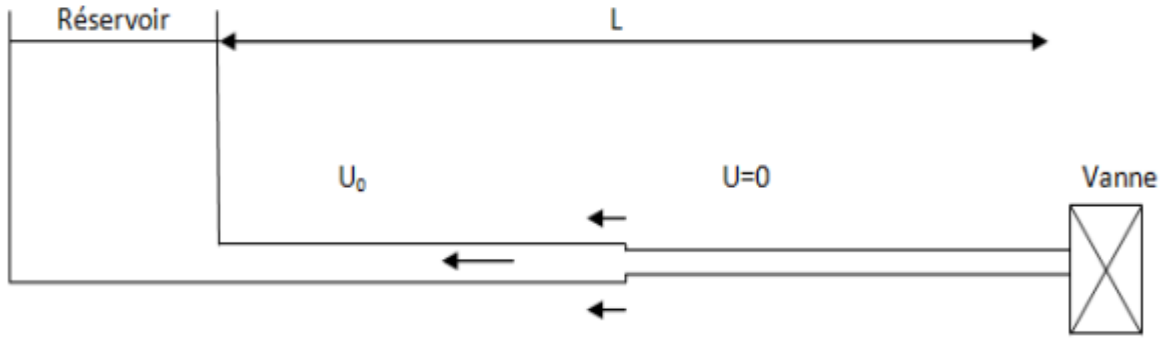


Figure VI.7: Phase 3 du coup de bélier

Phase 4 :

Arrivée de l'onde en dépression au réservoir amont. La pression de la conduite s'équilibre avec celle du réservoir en induisant une vitesse U0 du réservoir vers la conduite. L'étape 3 due de t=3L/a à t= 4L/a.

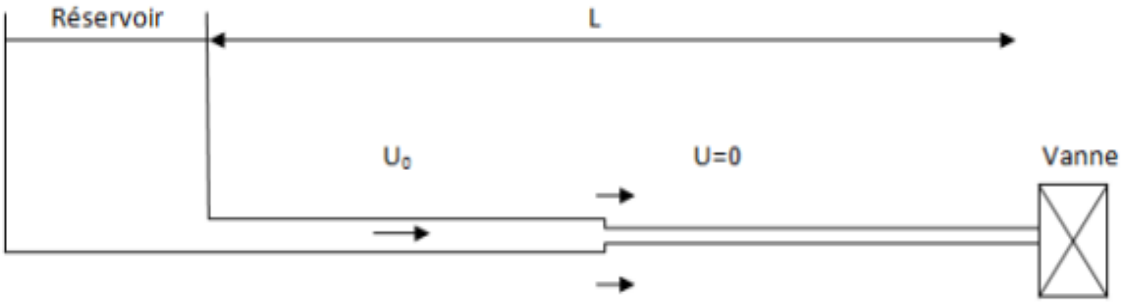


Figure VI.8: Phase 4 du coup de bélier

VI.8.2 Réservoir d'air :

Un réservoir anti-bélier est un réservoir spécialement conçu pour absorber et redistribuer l'énergie générée par les variations brusques de pression dans un système de distribution d'eau. Il agit en stockant de l'air sous pression dans une chambre supérieure et de l'eau dans une chambre inférieure, permettant ainsi de réduire les fluctuations de pression et d'empêcher les dommages potentiels aux conduites et aux équipements.

Fonctionnement :

Lorsqu'une vanne ou une pompe se ferme rapidement dans un système de distribution d'eau, cela crée une onde de surpression qui se propage dans les conduites. Cette onde de surpression peut entraîner des pics de pression excessifs pouvant endommager les conduites, les équipements et les vannes du système. Le réservoir anti-bélier agit en absorbant cette énergie excédentaire grâce à la présence d'une chambre d'air comprimé située dans sa partie supérieure. Lorsque la pression augmente soudainement dans le système, l'air comprimé est comprimé davantage, absorbant ainsi une partie de l'énergie de l'onde de surpression. De même, lorsque la pression diminue dans le système, l'air comprimé se dilate, libérant l'énergie stockée et compensant ainsi la baisse de pression.

Dupont. (1979). Hydraulique urbaine

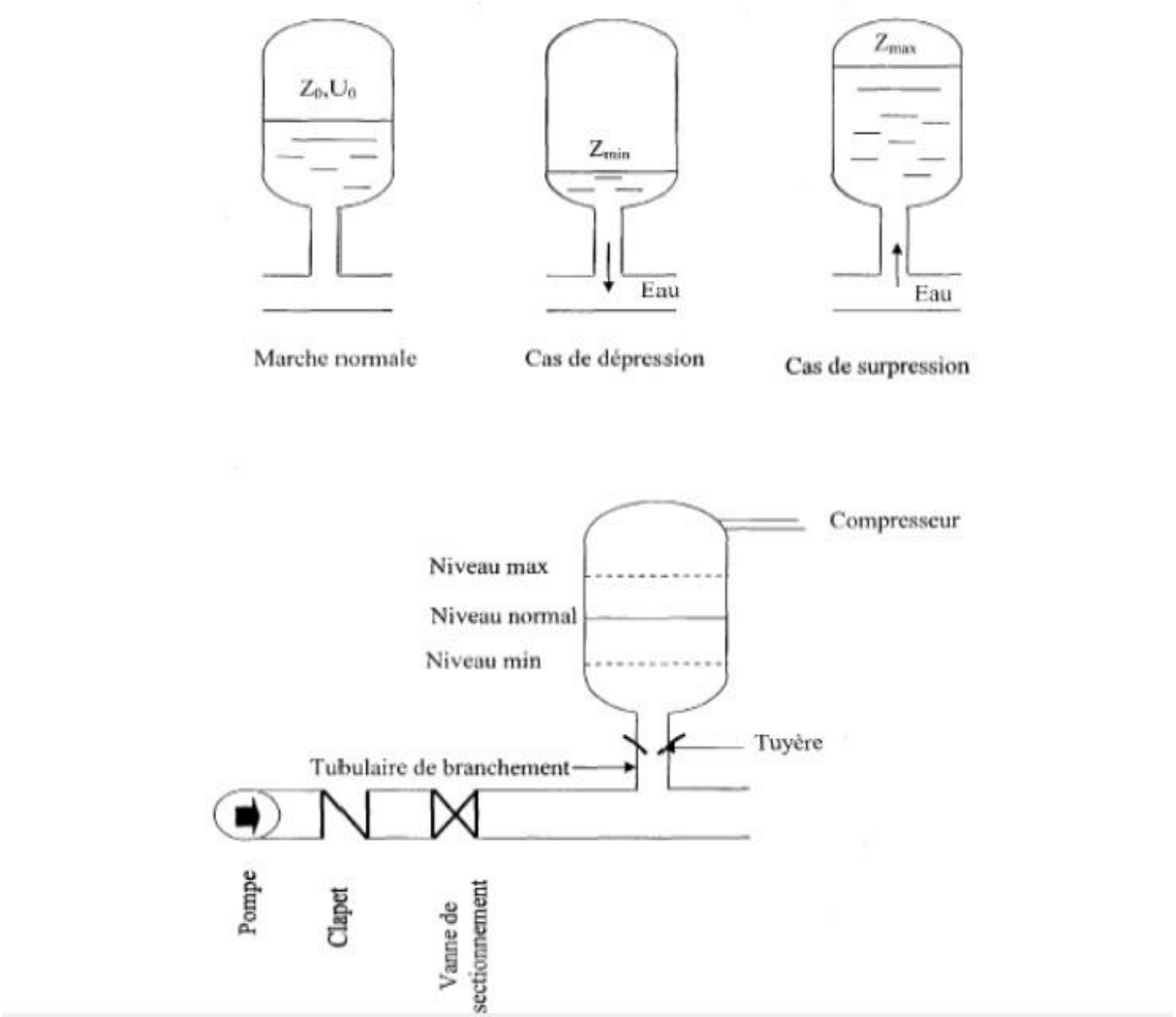


Figure VI.9: Principe de fonctionnement d'un réservoir d'air.

VI.8.3 les calculs du coup de bélier :

VI.8.3.1 Calcul la valeur du coup de bélier :

La valeur de la surpression et de la dépression est calculée par la relation suivante :

$$\Delta H = \pm \frac{CU_0}{g} \text{.....(VI.17)}$$

Avec :

U_0 : vitesse de refoulement en régime normal (m/s) ;

g : accélération de la pesanteur (9,81 m2/s) ;

C : célérité d'onde (m/s) ; **Dupont.** (1979). Hydraulique urbaine

VI.8.3.2 Calcul la célérité d'onde :

La célérité d'ondes est calculée par la formule suivante :

$$C = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1+\frac{KD}{Ee}}} \text{(m/s)..... (VI.18)}$$

Avec :

E : module de Young du matériau de la conduite ;

D : Diamètre intérieur de conduite ;

e : épaisseur de conduite ;

ρ : masse volumique d'eau ;

K : coefficient d'élasticité de l'eau ;

Et dans le cas d'une conduite enterrée, on aura d'après la formule de B .Salah :

$$C = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1+\frac{2K\times a\times(1-V_m^2)\times(1-V_S)}{(1-V_m^2)\times a\times E_S+E_M\times e_m\times(1-V_S)}}} \text{... ... ...(VI.19)}$$

Avec :

C : célérité d'onde en (m/s) ;

K : coefficient d'élasticité de l'eau, K = $2{,}07\times10^9$ Pa ;

ρ : masse volumique de l'eau ρ = 1000 kg/m3 ;

Em : module de Young du matériau de la conduite. E = $1{,}2\times10^9$ Pa ;

Es : module de Young du sol, Es = 2×10^8 Pa ;

ν_m : coefficient de poisson du matériau, υm=0.45 (PEHD) ;

ν_s : coefficient de poisson du sol entourant la conduite, υs=0.33 ;

e_m : épaisseur de la conduite (m) ;

a : rayon intérieur de la conduite (m) ; **Salah, B**. (2014).

VI.8.4 Dimensionnement des réservoirs d'air par la méthode de VIBERT :

Cette méthode repose sur l'utilisation d'une abaque "abaque de Vibert", qui permet de déterminer le volume d'air nécessaire dans le réservoir pour atténuer les effets des coups de bélier. Le volume d'air est donné par la formule suivante :

$$U_0 = L \times S \frac{V_0^2}{2gZ_0} \frac{1}{f\left(\frac{Z}{Z_0}\right)} (m^3) \text{ ... ...} \textbf{(VI.20)}$$

Avec :

L : longueur de la conduite (m) ;

S : section de la conduite (m2) ;

V_0 : vitesse initiale d'écoulement dans la conduite de refoulement (m/s) ;

g : l'accélération de pesanteur (m^2/s) ;

Z_0 : charge statique absolue au refoulement qui est égale à :

$$Z_0 = \text{Hg} + 10 \text{ (m)} \textbf{ ……..(VI.21)}$$

Hg : hauteur géométrique**.**

- **La charge tenant compte du coup de bélier :**

$$Z = Hg + \frac{CV_0}{g} \text{ ... ...} \textbf{……(VI.22)}$$

Avec :

V_0: vitesse moy de refoulement (m/s) ;

g: l'accélération de pesanteur ;

- **La charge maximale absolue :**

$$Z_{max} = Z_0 + \frac{CV_0}{g} \text{ ... ...} \textbf{……(VI.23)}$$

On a :

$$\begin{pmatrix} \frac{Z_{max}}{Z_0} \\ h_0 = \frac{V_0^2}{2\times g} \Rightarrow \frac{h_0}{Z_0} \end{pmatrix} \Rightarrow \textbf{Abaque de Vibert} \Rightarrow \frac{U_0}{L\times S} / \frac{Z_{min}}{Z_0} \textbf{ (voir annexe VI.1)}$$

$$U_0 = \frac{U_0}{L\times S} L \times S \text{ ..... } \textbf{(VI.24)}$$

$$U_0 \times Z_0 = U_{max} \times Z_{min} \Rightarrow U_{max} = \frac{U_0 Z_0}{Z_{min}} \text{ .....} \textbf{(VI.25)}$$

Avec :

$\mathbf{U_{max}}$: volume de réservoir d'air ;

APPLICATION :

- **Données de base :**

Tableau VI.11: Les caractéristiques des adductions

N°	Type de matériaux	D (mm)	S (m^2)	V (m/s)	L (m)	Hg (m)
Adduction 1	PEHD	315	0,0522	1,27	3110	85
Adduction 2	PEHD	125	0,0082	1,22	2364	63

- **Calcul de célérité :**

Les résultats obtenus pour le calcul de la célérité d'onde C sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau VI.12: Calcul de célérité d'onde pour chaque tronçon d'adduction

N°	K (Pa) ($\times 10^9$)	ρ (Kg/m3)	a (m)	v_m	v_s	Es (Pa) ($\times 10^8$)	Em (Pa) ($\times 10^9$)	e_m (m)	C (m/s)
1	2,07	1000	0,1289	0,45	0,33	2	1,2	0,0286	**523,633**
2	2,07	1000	0,0511	0,45	0,33	2	1,2	0,0114	**524,28**

- **Calcul des capacités des différents réservoirs d'air :**

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VI.13: Calcul de volume des réservoirs d'air

N°	Z_0 (m)	Z_{max} (m)	$\frac{Zmax}{Z_0}$	h_0	$\frac{h_0}{Z_0}$	$\frac{U_0}{LS}\times 10^{-3}$	$\frac{Zmin}{Z_0}$	U_0 (m^3)	U_{max} (m^3)	Vnorm (l)
1	95	162,8	1,71	0,082	$8,63\times 10^{-4}$	6,8	0,64	1,1	1,71	2000
2	73	138,2	1,89	0,075	$1,02\times 10^{-3}$	5,8	0,59	0,11	0,186	200

VI.9 Conclusion :

Au terme de ce chapitre, nous avons fais une étude hydraulique pour les adductions existantes, il est devenu clair grâce à cette étude que l’adduction N° 1 est en bon état mais l’adduction N° 2 il faut que la changer. Une étude technico-économique a été réalisée pour déterminer le diamètre le plus économique pour les conduites d’adduction n° 2 projetées. Cette étude a pris en compte les coûts d'amortissement et les frais d'exploitation afin de minimiser le coût total.

De plus, nous avons présenté le régime transitoire ainsi que les moyens de protection des conduites contre ce phénomène, notamment l'utilisation de réservoirs d’air. Après avoir calculé la valeur du coup de bélier, nous avons dimensionné les réservoirs en utilisant la méthode de VIBERT.

VII Chapitre-VII Les accessoires et pièces spéciales en AEP

VII.1 Introduction :

L'alimentation en eau potable est un élément essentiel pour garantir la santé publique et le bien-être des populations. Afin de distribuer l'eau de manière efficace et sécurisée, un réseau complexe de conduites, de réservoirs et de stations de pompage est mis en place. Ce réseau nécessite divers accessoires et pièces spéciales pour assurer son bon fonctionnement et sa durabilité.

VII.2 Robinets vanne :

Ces appareils sont installés à chaque nœud du réseau ou le long des longues conduites. Ils permettent d'isoler différentes sections du réseau afin de faciliter les réparations sans affecter le reste du système. Il existe plusieurs types de vannes, chacune répondant à des fonctions spécifiques. On distingue notamment les suivants : **Dupont.** (1979).

VII.2.1 Robinet vanne à opercule :

Ces appareils de sectionnement doivent être entièrement ouverts ou fermés. Ils sont plus encombrants que les vannes papillon.

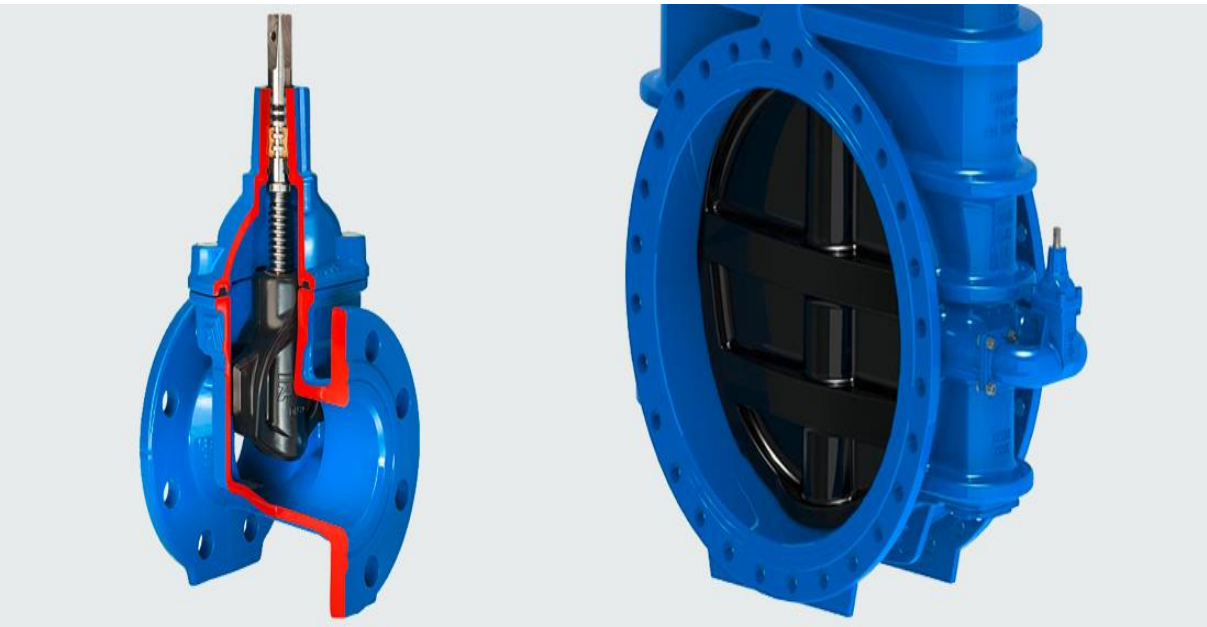


Figure VII.1: Robinet vanne a opercule

Source : (www.avk.fr)

VII.2.2 Robinet vanne papillon :

Les vannes papillons, utilisées principalement au niveau des conduites de départ des réservoirs d'eau, servent à la fois au sectionnement et au réglage des débits. Elles sont légères, d'un encombrement réduit, nécessitent un faible couple de manœuvre, et entraînent de faibles pertes de charge lorsqu'elles sont complètement ouvertes. **Dupont.** (1979).

Figure VII.2: Robinet vanne papillon

Source : (www.vanneco.fr)

VII.2.3 Vanne de decharge :

Le robinet, installé aux points bas des conduites, permet leur vidange en évacuant l'eau vers l'égout voisin ou un fossé en dehors de la ville. Placé avant la vanne de sectionnement, il facilite l'élimination des dépôts accumulés dans la conduite et est également utile lors des réparations. Ce robinet doit être disposé à l'intérieur d'un regard et rester facilement accessible.

VII.3 Clapets anti retour :

Le clapet anti-retour assure le passage de l'eau dans un seul sens sous sa poussée, s'ouvrant automatiquement pour empêcher le retour en sens inverse. Couramment utilisé dans les stations de pompage, il est installé sur la conduite de refoulement des pompes, entre celles-ci et les robinets de sectionnement, ainsi que sur les conduites équipées de compteurs d'eau et les canalisations de distribution pour diriger l'écoulement dans une seule direction.**Dupont.** (1979).

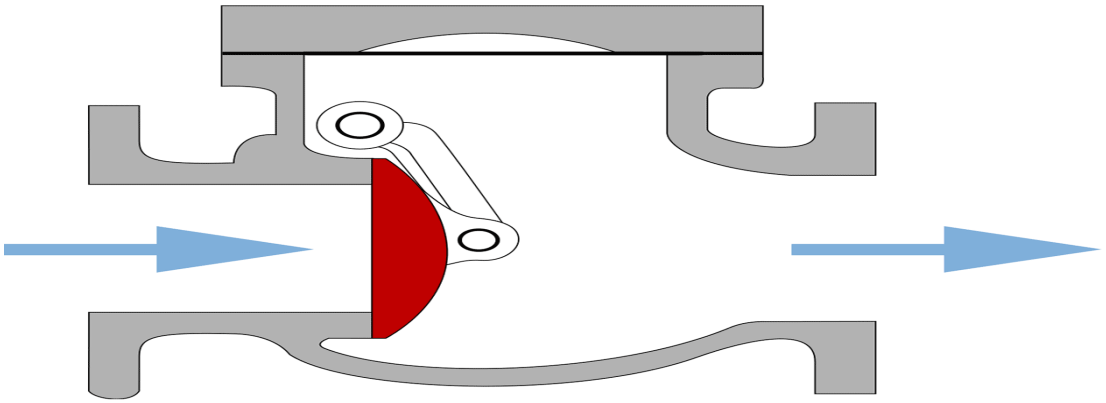


Figure VII.3: Clapet anti retour à battant

Source : (www.mesdepanneurs.fr)

VII.4 Les ventouses :

Les ventouses sont installées aux points hauts des conduites pour évacuer l'air résultant du dégazage de l'oxygène dissous. Une ventouse manuelle est un simple robinet, manœuvré périodiquement. Les ventouses automatiques sont essentielles pour éliminer les poches d'air pendant le fonctionnement normal des canalisations. Elles facilitent également l'évacuation de l'air lors du remplissage initial et permettent l'entrée d'air lors de la vidange pour éviter toute mise en dépression du système. **Dupont.** (1979).

Figure VII.4: Ventouse

Source : (www.avk.fr)

VII.5 Régulateurs de pression :

Ce sont des dispositifs de vannage qui ajustent automatiquement une perte de charge variable afin de maintenir une pression constante en aval. Le réglage du clapet est contrôlé par la pression en aval agissant sur un piston ou une membrane qui équilibre la force d'un ressort. Les régulateurs de pression aval sont couramment utilisés pour stabiliser les pressions dans les canalisations à forte pente, (notre cas d'étude). Les régulateurs de pression amont sont des dispositifs similaires mais fonctionnant en sens inverse. **Dupont.** (1979).

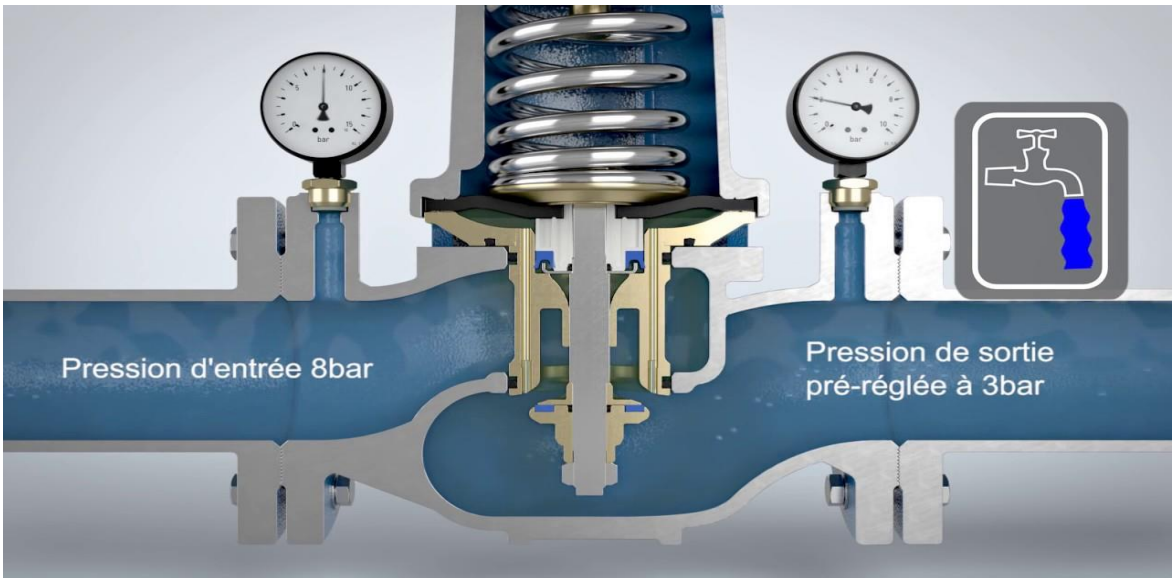


Figure VII.5: Régulateur de pression

Source : (https://socla.com)

VII.6 Moyens de protection contre le coup de bélier :

En réalité, il est difficile d'éliminer entièrement l'effet du coup de bélier, mais il est possible de le limiter à un niveau supportable pour les installations. Plusieurs méthodes sont couramment utilisées pour protéger les installations contre le coup de bélier, parmi ces méthodes on distingue :

VII.6.1 Cheminée d'équilibre :

Une cheminée d'équilibre est un dispositif installé dans les systèmes pour protéger contre les coups de bélier. Elle est conçue pour absorber les variations soudaines de pression générées par la fermeture rapide des vannes ou des pompes dans le réseau. Ce dispositif aide à maintenir une pression plus stable en permettant à l'eau de se déplacer dans une chambre de volume suffisant pour amortir les fluctuations de pression, réduisant ainsi le risque de dommages aux conduites et aux équipements associés. **Dupont.** (1979).

VII.6.2 Soupape de décharge :

Les soupapes de décharge sont des dispositifs mécaniques conçus pour prévenir les coups de bélier en libérant un débit contrôlé hors de la conduite pour diminuer la surpression. Elles doivent s'ouvrir rapidement afin de minimiser la perte significative de volume d'eau.

VII.6.3 Volant d'inertie :

Le volant d'inertie est un dispositif installé sur l'arbre du groupe électropompe, conçu pour prolonger la durée d'arrêt de la pompe et ainsi réduire l'intensité du coup de bélier. Il utilise l'énergie cinétique accumulée pendant le fonctionnement normal pour lisser les variations de pression. Ce dispositif agit comme une protection en limitant les dépressions qui pourraient survenir lors de l'arrêt du groupe électropompe. **Dupont.** (1979).

VII.7 Les organes de raccordement :

Les organes de raccordement sont utiles pour :

- Une déviation d'une partie d'écoulement.
- Une introduction dans la conduite d'un débit supplémentaire.
- Changement de diamètre de la conduite.
- Changement de direction de la conduite.

VII.7.1 Les coudes :

Les coudes sont des composants utilisés pour modifier la direction d'une conduite. Ils sont maintenus par des massifs de butés bien dimensionnés. **Dupont.** (1979).

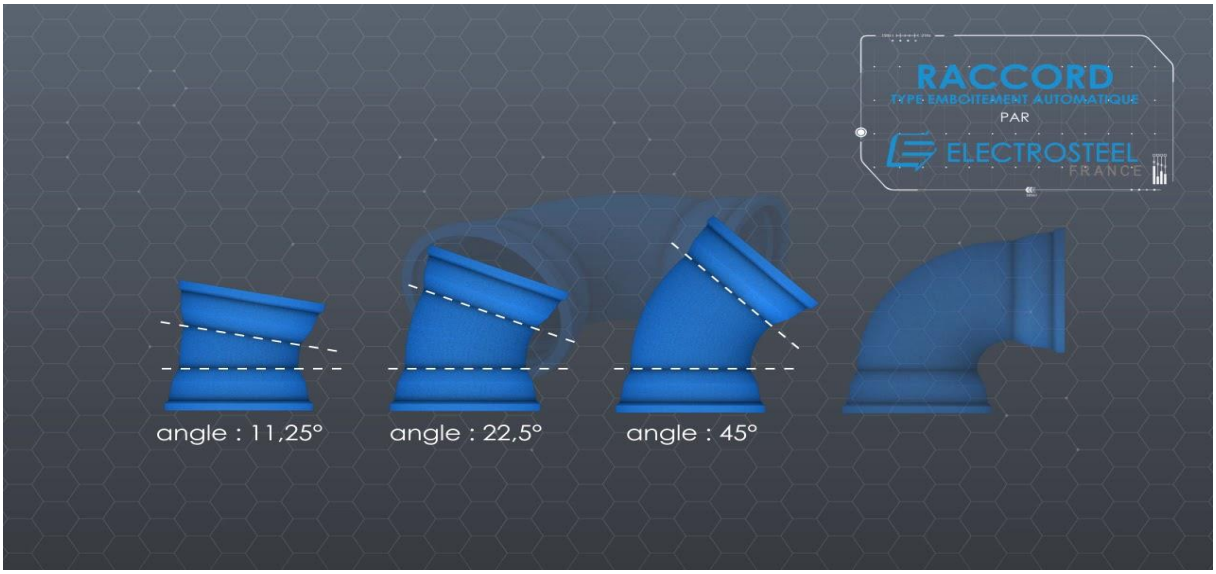


Figure VII.6: Les coudes

VII.7.2 Les cônes :

Les cônes sont employés pour joindre des conduites de diamètres différents, souvent installés près des vannes de robinet et aux points d'entrée et de sortie des pompes.

Figure VII.7: Cône

Source :(www.avk.fr)

VII.7.3 Les tés :

Ils sont employés pour prélever ou ajouter un débit supplémentaire dans une canalisation.

Figure VII.8: tes

Source : (www.avk.fr)

VII.7.4 Les croix de jonction :

Elles sont installées aux intersections des conduites perpendiculaires au niveau des nœuds.

Figure VII.9: Croix de jonction

Source : (www.avk.fr)

VII.7.5 Les manchons :

Ce sont des composants utilisés pour connecter des appareils et des accessoires entre eux.

Figure VII.10: Les manchons

VII.8 Conclusion :

Pour assurer le bon fonctionnement et la durabilité du réseau de canalisations, une variété d'accessoires est essentielle. Ces composants sont soigneusement installés pour optimiser la performance hydraulique du système et garantir une distribution efficace de l'eau. Les installations sont réalisées par des professionnels qualifiés, ce qui garantit non seulement la sécurité mais aussi la fiabilité des équipements. Chaque accessoire joue un rôle crucial dans la gestion et la maintenance continues du réseau, assurant ainsi une distribution d'eau potable sûre et efficace pour les utilisateurs finaux.

VIII Chapitre-VIII Management et organisation de chantier

VIII.1 Introduction :

Pour assurer la réalisation optimale de notre projet, il est essentiel de planifier une organisation de chantier efficace. Cette planification vise à coordonner les tâches et à déterminer les étapes nécessaires à l'exécution rapide et ordonnée des travaux.

VIII.2 Pose de canalisation :

- Les canalisations sont généralement posées en tranchée à l'exception de certains cas où elles sont posées sur sol à condition d'être rigoureusement entretenues et protégées.
- Si la canalisation est posée en tranchée. Celle-ci doit être suffisamment large de façon à permettre l'entrée des ouvriers. Le fond doit avoir été réglé et nivelé conformément au profil en long définitif de la conduite.
- La tranchée devra présenter un élargissement au niveau des joints (niches).
- L'épaisseur du remblai au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite est variable suivant les régions du fait du gel. En général, elle est de 1 m dans les régions tempérées et de 1,25 à 1,50 m dans les régions à climat rigoureux.
- Une conduite doit toujours être posée de façon à créer des points bas pour la vidange et des points hauts pour l'évacuation de l'air entraîné soit lors du remplissage de la conduite soit pendant le fonctionnement. On adopte en conséquence un tracé en dents de scie avec des pentes de quelques mm par mètre et des changements de pente tous les 200 à 400 m.
- Les canalisations doivent être éloignées lors de la pose de tout élément dur d'environ 10 cm, de 30 cm des câbles électriques et de 60 cm des canalisations de gaz.

D.KAHLERRAS, (2018)

VIII.2.1 Types de pose de canalisation :

Les différentes méthodes de pose de canalisations pour la réalisation d'un projet :

- Pose de canalisation dans un terrain ordinaire ;
- Pose de canalisation dans un terrain peu consistant ;
- Pose canalisation dans un terrain marécageux ;
- Pose de canalisation en galerie ;
- Traversée d'une rivière ;
- Pose canalisation sans ouverture de tranchée ; **D.KAHLERRAS, (**2018)

VIII.3 Les differents travaux de mises en place des canalisations :

Les tâches nécessaires à la mise en place du réseau de distribution comprennent :

VIII.3.1 Découpage de la terre végétale :

Avant de commencer l'excavation des tranchées, il est nécessaire de procéder d'abord au décapage des terres végétales sur de faibles profondeurs. **D.KAHLERRAS, (**2018)

VIII.3.2 Exécution des tranchées :

Il s'agit de l'opération de déblais, qui consiste à effectuer des excavations. Les déblais seront déposés à côté de la tranchée, l'autre côté étant réservé au bardage des conduites.

D.KAHLERRAS, (2018)

VIII.3.3 Pose du lit de sable :

Cette opération consiste à poser un lit en matériau fin (sable), permettant le drainage du fond de la tranchée, ce lit aura une épaisseur de 10 cm au minimum. **D.KAHLERRAS, (**2018)

VIII.3.4 Pose des conduites :

Après avoir installé le lit de sable, la pose des canalisations peut commencer. Au cours de la pose, on doit vérifier régulièrement l'alignement des conduites. **D.KAHLERRAS, (**2018)

VIII.3.5 Remblayage des tranchées :

Cette opération implique l'enterrement de la conduite en utilisant la terre excavée comme déblais. **D.KAHLERRAS, (**2018)

VIII.3.6 Nivellement et compactage :

Le nivellement comprend l'aplanissement des monticules de terre, suivi du compactage pour accroître la densité du sol afin de prévenir le tassement. **D.KAHLERRAS, (**2018)

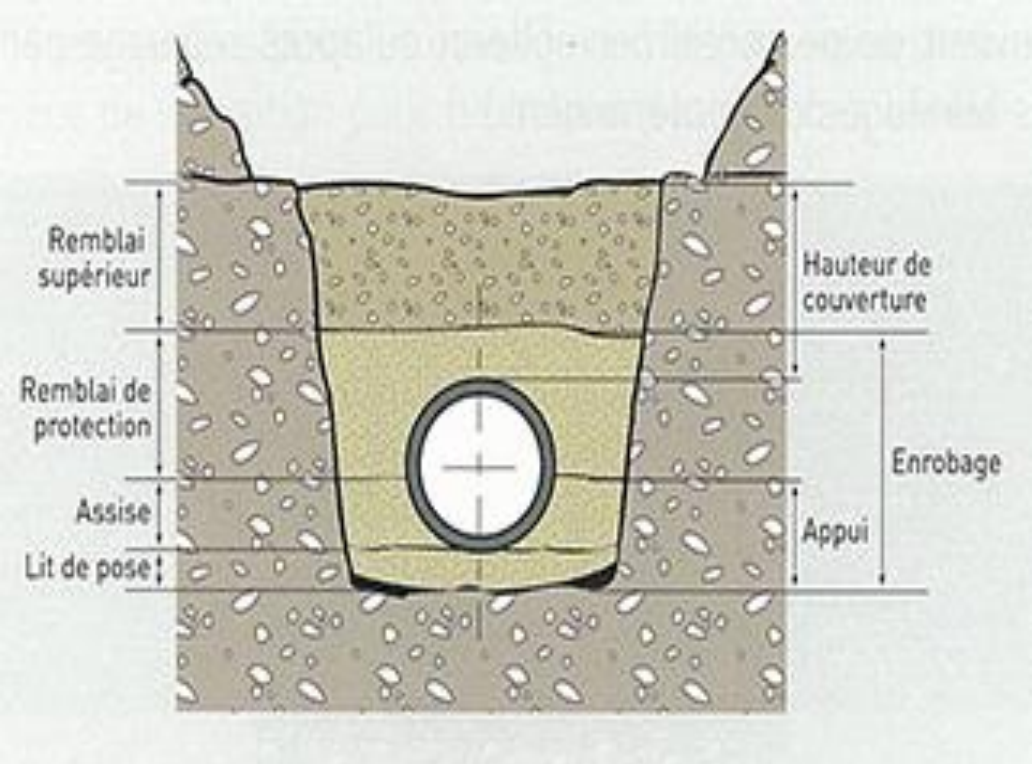


Figure VIII.1: Coupe transversale mise en œuvre des tranchées

Source :(https://www.strpepp.org)

VIII.4 Calcul des volumes de terrassement :

VIII.4.1 Calcul la largeur et la profondeur de tranche :

-La profondeur :

$$\mathbf{Htr = H_1 + D + H_{min} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (VII.1)}$$

Avec :

Htr : la profondeur de la tranchée (m) ;

H_1 : épaisseur de lit du pose [10 à 30cm] on prend H_1=0.2m ;

H_{min} : distance verticale au-dessus de la génératrice supérieure de La conduite [80 à 120cm]

On prend H_{min}=1m ;

D : diamètre de la conduite (mm)

Donc :

$$\mathbf{Htr} = 0{,}2+D+ 1.0 = D+1{,}2$$

-La largeur :

Elle sera déterminée en tenant compte du diamètre de la conduite, avec un espace de 0.30 m de chaque côté pour permettre une exécution aisée des travaux.

$$\mathbf{B = D + (0.3\times 2)}\text{.....(VII.2)}$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m) ;

D : diamètre de la conduite (m) ; **D.KAHLERRAS, (**2018)

VIII.4.2 Volume de décapage de la couche végétale ou goudron :

La relation suivante donne le volume de la couche à décaper :

$$\mathbf{V_c = B\times L\times e\ (m3)}\text{.....(VII.3)}$$

Avec :

B : largeur de la tranchée, (B = D + 0.6) (m) ;

D : diamètre de la conduite (m) ;

e : épaisseur de la couche (e=0.2m) ;

L : longueur totale de tranchées (m) ; **D.KAHLERRAS, (**2018)

VIII.4.3 Volume de déblai :

Le volume de déblai est calculé par la relation suivante :

$$\mathbf{V_d = B\times Htr\times L\ (m3)}\text{.....(VII.4)}$$

Avec :

V_d : volume de déblai (m3) ;

L : la longueur de la tranche ;

Htr : la profondeur de la tranchée (m) ;

B : largeur de la tranchée (m) ; **D.KAHLERRAS, (**2018)

VIII.4.4 Volume de lit de sable :

Le volume de lit de sable est calculé par :

$$Vs = B * e * L \ (m3) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (VII.5)$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m) ;

e : épaisseur du lit de sable, e = 0.2m ;

L : longueur de la tranchée (m) ; **D.KAHLERRAS, (**2018)

VIII.4.5 Volume de remblais compacté :

Le volume de remblai est obtenu en soustrayant le volume occupé par la conduite, ajouté au volume du lit de sable, du volume de déblai.

$$Vr = Vd - (Vs + Vc) \ (m3) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots VII.6$$

Avec :

Vd : volume du déblai (m3) ;

Vs : volume du lit de sable (m3) ;

Vc : volume de conduite ($Vc=\frac{\pi D^2}{4} \times L$) m^3 ; **D.KAHLERRAS, (**2018)

Les résultats de calcul des volumes obtenus sont regroupés dans le tableau ci-après :

Tableau VIII.1: Calcul des différents volumes de terrassement.

D (mm)	L (m)	B (m)	H (m)	V_c (m^3)	V_d (m^3)	V_S (m^3)	$V_{conduite}$ (m^3)	V_r (m^3)
Adduction								
125	2364	0,725	1.325	342,78	2270,91	342,78	29,01	1917,302
Réseau de distribution								
50	5515,05	0,65	1,25	716,956	4480,978	716,957	10,828	3753,194
63	4193,65	0,663	1,263	556,077	3511,633	556,078	13,072	2942,483
90	637,2	0,69	1,29	87,933	567,172	87,934	4,053	475,185
110	2967,07	0,71	1,31	421,323	2759,672	421,324	28,197	2310,151
200	2215,99	0,8	1,4	354,558	2481,909	354,558	69,617	2057,733
315	1356	0,915	1,515	248,148	1879,721	248,148	105,674	1525,899

VIII.5 Devis quantitatif et estimatif réseau de distribution :

Voici les montants totaux pour les différents volumes de travaux de terrassement, présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VIII.2: Volumes et montant total des travaux de terrassement

Travaux	Unite	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA) HTVA
Décapage	m^3	2727,778	400	1091111,2
Déblais	m^3	17952,002	500	8976001
Lit de sable	m^3	2727,778	1200	3273333,6
Remblais compacté	m^3	14981,947	400	5992778,8

Les montants calculés pour la pose de canalisations selon chaque diamètre sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VIII.3: Montant des travaux de pose pour chaque diamètre

Canalisation PEHD	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA) HTVA
Conduite PN 16 ø 50	ml	5515,05	566,08	3121959,504
Conduite PN 16 ø 63	ml	4193,65	839,84	3521995,016
Conduite PN 16 ø 90	ml	637,2	1622,73	1034003,556
Conduite PN 16 ø 110	ml	2967,07	2396,16	7109574,451
Conduite PN 16 ø 125	ml	2364	2999,42	7090628,88
Conduite PN 16 ø 200	ml	2215,99	7914,22	17537832,38
Conduite PN 16 ø 315	ml	1356	18474.43	25051327,08

L'estimation du coût total des travaux est présentée dans le tableau ci-dessous :

Nature des travaux	Coût (DA)
Travaux de terrassement	19333224,6
Pose des canalisations	64467320,9
Total HT	76702647,6
TVA (19%)	15922103,6
Total TTC	**99722649,1**
	quatre-vingt-dix-neuf-millions-sept-cent-vingt-deux-mille-six-cent-quarante-neuf virgule un dinar algérien

VIII.6 Planification des travaux :

Avant de commencer les travaux sur le chantier, il est nécessaire de réaliser une planification. Cela implique une étude théorique visant à déterminer la meilleure utilisation de la main-d'œuvre et des autres ressources. L'objectif de cette planification est de garantir que tout le travail sera effectué dans un ordre optimal, le plus rapidement et économiquement possible.

VIII.6.1 Les différentes tâches de réalisation :

Les tâches nécessaires à la réalisation du système d'alimentation en eau potable, ainsi que leurs durées d'exécution, sont indiquées dans le tableau ci-dessus :

Tableau VIII.4: Les opérations principales à réaliser et leurs durées

Notation	Opération	Durée (J)
A	Décapage de la couche de goudron	15
B	Exécution des tranchées du réseau	75
C	Pose du lit de sable	25
D	Pose des conduites	50
E	Montage et raccordement des conduites	40
F	Essais d'étanchéités	15
G	Remblayage des tranchées	35
H	Nivellement et compactage	20

VIII.6.2 Planification par la méthode du réseau (la méthode CPM) :

Le chemin critique (Critical Path Method ou CPM) est une technique qui permet d'identifier les tâches nécessaires à l'achèvement d'un projet. Les nœuds et les flèches représentent des tâches et ils sont parcourus par un flux qui est le temps, le sommet (nœuds ou flèches) représente une étape ou un événement. En gestion de projet, le chemin critique représente la plus longue séquence d'activités à réaliser dans les temps, afin de boucler l'ensemble du projet.

- **Détermination du chemin critique :**

Les paramètres indispensables dans l'exécution de la méthode CPM sont :

TR : temps de réalisation ;

DCP : date de commencement au plus tôt ;

DCPP : date de commencement au plus tard ;

DFP : date de finition au plus tôt ;

DFPP : date de finition au plus tard ;

MT : marge totale ;

$$\mathbf{DFP = DCP + TR} \text{.....} \mathbf{(VII.7)}$$

$$\mathbf{DCPP = DFPP - TR} \text{.....} \mathbf{(VII.8)}$$

- **Chemin critique :**

C'est le chemin qui donne la durée totale du projet (DTP) reliant les opérations possédant la marge totale nulle (MT=0).

Les opérations précédentes et suivantes pour chaque étape de réalisation du réseau sont détaillées dans le tableau suivant :

Tableau VIII.5: Les opération des travaux (précède, succède)

Operations	Précède	Succède
A	/	B
B	A	C
C	B	D,E
D	C	F
E	C	F
F	D,E	G
G	F	H
H	G	/

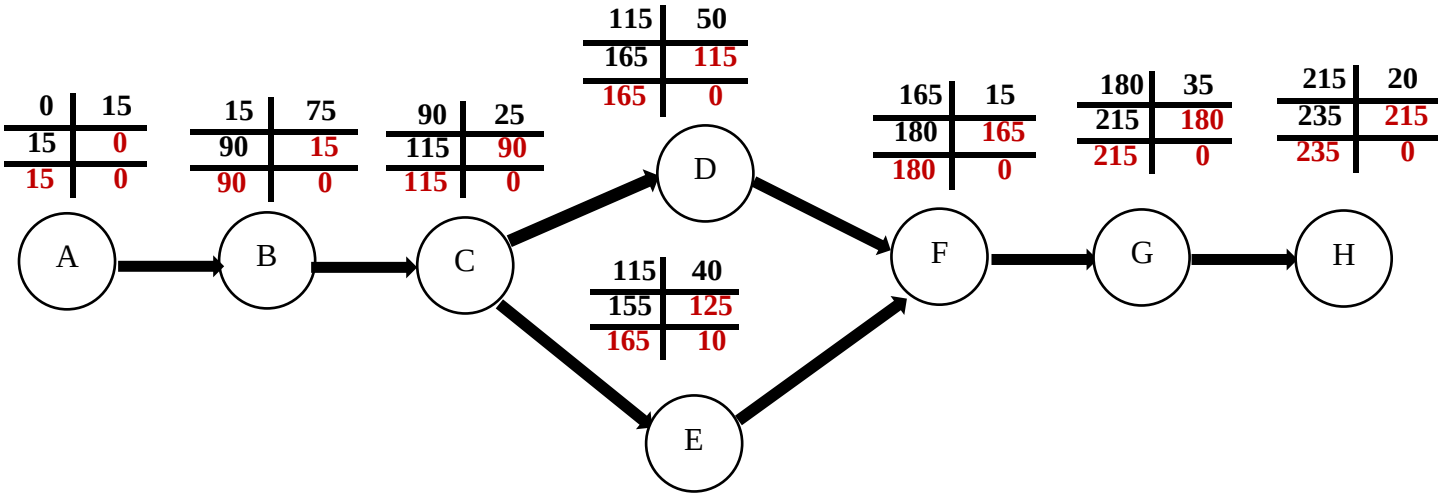


Figure VIII.2: Réseaux à nœuds et calcul du temps de réalisation du système de distribution

Chemin critique ⟶ (A-B-C-E-F-G-H)

La durée totale pour la réalisation du réseau d'AEP est DTR = 235 jours.

VIII.6.2.1 Elaboration du diagramme de GANTI :

Tableau VIII.6: Planification selon la méthode de GANTI

Operations	TR (Jours)	DP		DPP		MT
		DCP	DFP	DCPP	DFPP	
A	15	0	15	0	15	0
B	75	15	90	15	90	0
C	25	90	115	90	115	0
D	50	115	165	125	165	0
E	40	115	155	125	165	10
F	15	165	180	165	180	0
G	35	180	215	180	215	0
H	20	215	235	215	235	0

VIII.7 Les engins utilisés :

L'utilisation stratégique des engins mécaniques a permis de réduire significativement le coût et la durée des travaux. Parmi les engins utilisés sur le chantier sont :

- **La pelle hydraulique :**

Une pelle hydraulique est un engin de terrassement caractérisé par un bras articulé et un godet fonctionnant avec des vérins hydrauliques. Cette configuration permet à la pelle d'être utilisée pour creuser, soulever et déplacer divers matériaux sur les chantiers de construction et dans d'autres applications de génie civil.

D.KAHLERRAS, (2018)

- **Le bulldozer :**

Le bulldozer est un engin de génie civil équipé d'une lame frontale robuste, installée sur un châssis à chenilles ou à pneus. Utilisé sur les chantiers à travers le monde, il joue un rôle essentiel dans les opérations de terrassement en poussant, nivelant et déplaçant divers matériaux. La lame, articulée et contrôlée hydrauliquement, permet de décapage la couche supérieure du sol et d'effectuer des travaux de nivellement avec précis.

D.KAHLERRAS, (2018)

- **Le chargeur :**

Un chargeur est un véhicule tout-terrain équipé d'un godet à l'avant, monté sur un châssis à pneus ou à chenilles. Utilisé dans divers secteurs industriels et de construction, il est spécialement conçu pour charger, transporter et décharger des matériaux en vrac comme la terre et le gravier. Il joue un rôle essentiel dans le remblayage des excavations et des tranchées après l'installation de conduites.

D.KAHLERRAS, (2018)

- **Le compacteur :**

Un engin compacteur est spécialement conçu pour le compactage des matériaux sur des surfaces restreintes telles que les fouilles pour semelles, les espaces entre les ceintures inférieures des bâtiments et les tranchées. Il utilise une masse lourde, souvent un cylindre lisse ou à picots, monté sur un châssis maniable à roues ou à chenilles, pour augmenter la densité apparente des sols en appliquant une pression contrôlée.

D.KAHLERRAS, (2018)

VIII.8 Conclusion :

Selon ce chapitre, il est essentiel d'organiser le chantier avant de commencer les travaux. Nous avons estimé les volumes des travaux afin de déterminer le coût total du projet, qui s'élève à environ **99722649,1DA**. De plus, nous avons établi une planification détaillée des travaux, estimant la durée de réalisation de la pose de canalisation à 235 jours. Cette organisation permet de définir tous les équipements nécessaires sur le site et assure que le projet se déroule dans les meilleures conditions, dans les délais prévus et de la manière la plus économique possible.

Conclusion générale

Dans ce modeste travail, nous avons réalisé le diagnostic et la réhabilitation d'un réseau d'alimentation en eau potable de la commune de Meurad, située dans la wilaya de Tipaza. Cela nous a permis d'identifier les dysfonctionnements et de proposer des solutions techniques, ainsi que l'estimation des besoins en eau de l'agglomération à l'horizon 2054, sur la base d'un taux de croissance démographique de 1,2%. Pour répondre à ces besoins, nous avons calculé la capacité du réservoir et nous l'avons trouvé le stockage actuellement disponible est suffisant à l'horizon d'étude.

Pour diagnostiquer le réseau actuel, nous avons effectué deux types d'analyses, un diagnostic physique et un diagnostic hydraulique. Le diagnostic physique nous a permis de tirer les constatations suivantes :

- La station de pompage et les réservoirs de stockage sont généralement en bon état, nécessitant seulement quelques travaux d'entretien.
- La majorité des conduites sont en PVC, avec quelques conduites en PEHD

Après avoir simulé la situation actuelle pour l'année 2024, nous avons observé que le réseau présente des déséquilibres significatifs en termes de pression et de vitesse. Nous avons identifié des zones où la pression est inférieure à 1 bar, ainsi que des points où elle dépasse largement ce seuil. En ce qui concerne les vitesses, une grande partie du réseau fonctionne à des vitesses faibles ne dépassant pas 0,2 m/s.

Nous avons conçu un nouveau tracé de réseau visant à garantir une répartition optimale de la pression. Pour ce faire, nous avons remplacé les conduites en PVC par des conduites en PEHD, ajusté les diamètres, et connecté les nœuds avec des tronçons pour créer de nouvelles boucles. Cela permet d'assurer une distribution équilibrée des vitesses et des pressions dans le réseau. D'après la simulation hydraulique, le nouveau réseau projeté assure une pression adéquate lors des périodes de forte demande et en cas d'incendie, ainsi qu'une vitesse appropriée dans les tronçons principaux et secondaires. Cela garantit le bon fonctionnement global du réseau.

En fin, nous espérons que ce travail humble pourra servir de référence lors de la mise en œuvre de ce projet sur le terrain, tout en espérant qu'il puisse également guider les futures promotions dans leurs démarches similaires.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Catalogue des conduites en PEHD CHIALI.

D.KAHLERRAS, (2018) polycopie organisation de chantier ENSH, Soumaa2018

Dupont. (1979). Hydraulique urbaine (Tome II). Paris

Ikhlef.N Alimentation en eau potable de la commune de chaabet el ameur (wilaya de Boumerdes) W. Blida, ENSH (Blida)

KADI, L. Cours d'alimentation en eau potable

PNE Plan National de l'Eau de 2010

Salah, B. (2014). Alimentation en eau potable des agglomérations. Blida : ENSH.

Schéma Directeur d'Alimentation en Eau Potable de la Wilaya de Tipaza

Zakaria.B Dimensionnement du système d'alimentation en eau potable de la cité 4500Logements de la nouvelle ville de Bouinan W. Blida, ENSH (Blida)

ANNEXE :

Annexe II.1 : Répartition des débits horaires en fonction du nombre d'habitants

HEURES	NOMBRE D'HABITANTS				
(h)	Moins de 10000	10 001à 50 000	50001 à 100000	Plus de 100000	Agglomération de type rurale
0-1	01	1.5	03	3.35	0.75
1-2	01	1.5	3.2	3.25	0.75
2-3	01	1.5	2.5	3.3	01
3-4	01	1.5	2.6	3.2	01
4-5	02	2.5	3.5	3.25	03
5-6	03	3.5	4.1	3.4	5.5
6-7	05	4.5	4.5	3.85	5.5
7-8	6.5	5.5	4.9	4.45	5.5
8-9	6.5	6.25	4.9	5.2	3.5
9-10	5.5	6.25	4.6	5.05	3.5
10-11	4.5	6.25	4.8	4.85	06
11-12	5.5	6.25	4.7	4.6	8.5
12-13	07	05	4.4	4.6	8.5
13-14	07	05	4.1	4.55	06
14-15	5.5	5.5	4.2	4.75	05
15-16	4.5	06	4.4	4.7	05
16-17	05	06	4.3	4.65	3.5
17-18	6.5	5.5	4.1	4.35	3.5
18-19	6.5	05	4.5	4.4	06
19-20	5.0	4.5	4.5	4.3	06
20-21	4.5	04	4.5	4.3	06
21-22	03	03	4.8	3.75	03
22-23	02	02	4.6	3.75	02
23-24	01	1.5	3.3	3.7	01

Annexe IV.1 : **Tableau VIII.7:** calcul de débits nodaux à l'heure de pointe +incendie

ID Noeud	Tronçon	Longueur(m)	QSP(l/s/ml)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
Noeud n3	L2	19,86	0,00215	0,043	0,043
	L173	20	0,00215	0,043	
Noeud n4	L2	19,86	0,00215	0,043	1,188
	L3	1085	0,00215	2,333	
Noeud n5	L3	1085	0,00215	2,333	1,211
	L19	4,644	0,00215	0,010	
	L174	36,68	0,00215	0,079	
Noeud n6	L4	260,7	0,00215	0,561	0,378
	L171	86,43	0,00215	0,186	
	L19	4,644	0,00215	0,010	
Noeud n7	L4	260,7	0,00215	0,561	0,723
	L5	142,9	0,00215	0,307	
	L61	262,7	0,00215	0,565	
	L137	6,54	0,00215	0,014	
Noeud n8	L5	142,9	0,00215	0,307	0,153
Noeud n9	L6	157,3	0,00215	0,338	0,416
	L55	100,8	0,00215	0,217	
	L71	128,9	0,00215	0,277	
Noeud n10	L6	157,3	0,00215	0,338	0,730
	L7	189,7	0,00215	0,408	
	L72	332,5	0,00215	0,715	
Noeud n11	L7	189,7	0,00215	0,408	0,632
	L72	332,5	0,00215	0,715	
	L141	66,23	0,00215	0,142	
Noeud n12	L8	23,98	0,00215	0,052	0,713
	L9	370,3	0,00215	0,796	
	L83	268,7	0,00215	0,578	
Noeud n13	L8	23,98	0,00215	0,052	0,026
Noeud n14	L9	370,3	0,00215	0,796	0,945
	L10	465,1	0,00215	1	
	L91	43,94	0,00215	0,094	
Noeud n15	L10	465,1	0,00215	1	0,766
	L11	145,1	0,00215	0,312	
	L159	102,9	0,00215	0,221	
Noeud n16	L11	145,1	0,00215	0,312	0,321
	L12	87,91	0,00215	0,189	
	L13	65,38	0,00215	0,141	
Noeud n17	L12	87,91	0,00215	0,189	0,233
	L160	30,2	0,00215	0,065	
	L159	102,9	0,00215	0,221	
Noeud n18	L13	65,38	0,00215	0,141	0,102
	L14	23,13	0,00215	0,050	
	L163	6,689	0,00215	0,014	
Noeud n19	L14	23,13	0,00215	0,050	0,025

Suite Tableau IV.6: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe+incendie					
ID Noeud	**Tronçon**	**Longueur(m)**	**QSP(l/s/ml)**	**Qr(l/s)**	**Qn(l/s)**
Noeud n20	L15	80,42	0,00215	0,173	0,096
	L163	6,689	0,00215	0,014	
	L164	2,632	0,00215	0,006	
Noeud n21	L15	80,42	0,00215	0,173	0,226
	L17	75,25	0,00215	0,162	
	L162	54,25	0,00215	0,117	
Noeud n22	L16	130,7	0,00215	0,281	0,225
	L161	24,37	0,00215	0,052	
	L162	54,25	0,00215	0,117	
Noeud n23	L16	130,7	0,00215	0,281	0,140
Noeud n24	L17	75,25	0,00215	0,162	0,139
	L160	30,2	0,00215	0,065	
	L161	24,37	0,00215	0,052	
Noeud n25	L18	65,5	0,00215	0,141	0,122
	L164	2,632	0,00215	0,006	
	L165	44,9	0,00215	0,097	
Noeud n26	L18	65,5	0,00215	0,141	0,070
Noeud n27	L20	107,14	0,00215	0,230	0,321
	L111	97,78	0,00215	0,210	
	L112	94,57	0,00215	0,203	
Noeud n28	L21	41,97	0,00215	0,090	0,111
	L170	11,62	0,00215	0,025	
	L175	50,31	0,00215	0,108	
Noeud n29	L21	41,97	0,00215	0,090	0,045
Noeud n30	L20	107,14	0,00215	0,230	0,342
	L22	160,7	0,00215	0,346	
	L175	50,31	0,00215	0,108	
Noeud n31	L22	160,7	0,00215	0,346	0,173
Noeud n32	L23	77,12	0,00215	0,166	0,174
	L114	53,28	0,00215	0,115	
	L115	31,69	0,00215	0,068	
Noeud n33	L23	77,12	0,00215	0,166	0,083
Noeud n34	L24	72,89	0,00215	0,157	0,182
	L112	94,57	0,00215	0,203	
	L176	2	0,00215	0,004	
Noeud n35	L24	72,89	0,00215	0,157	0,078
Noeud n36	L25	58,5	0,00215	0,126	0,102
	L113	34,47	0,00215	0,074	
	L176	2	0,00215	0,004	
Noeud n37	L25	58,5	0,00215	0,126	0,063
Noeud n38	L26	71,63	0,00215	0,154	0,137
	L114	53,28	0,00215	0,115	
	L179	3	0,00215	0,006	
Noeud n39	L26	71,63	0,00215	0,154	0,077

Suite Tableau IV.6: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe+incendie					
ID Noeud	**Tronçon**	**Longueur(m)**	**QSP(l/s/ml)**	**Qr(l/s)**	**Qn(l/s)**
Noeud n40	L27	58,74	0,00215	0,126	0,103
	L113	34,47	0,00215	0,074	
	L179	3	0,00215	0,006	
Noeud n41	L27	58,74	0,00215	0,126	0,063
Noeud n42	L28	158,4	0,00215	0,341	0,339
	L53	85	0,00215	0,183	
	L169	71,92	0,00215	0,155	
Noeud n43	L28	158,4	0,00215	0,341	0,350
	L29	54,48	0,00215	0,117	
	L36	111,8	0,00215	0,240	
Noeud n44	L29	54,48	0,00215	0,117	0,123
	L47	3,671	0,00215	0,008	
	L118	56,54	0,00215	0,122	
Noeud n45	L30	253,4	0,00215	0,545	0,325
	L119	47,07	0,00215	0,101	
	L180	2,3	0,00215	0,005	
Noeud n46	L30	253,4	0,00215	0,545	0,272
Noeud n47	L31	244,7	0,00215	0,526	0,319
	L119	47,07	0,00215	0,101	
	L120	5,023	0,00215	0,011	
Noeud n48	L31	244,7	0,00215	0,526	0,263
Noeud n49	L32	243,2	0,00215	0,523	0,323
	L120	5,023	0,00215	0,011	
	L121	52,31	0,00215	0,112	
Noeud n50	L32	243,2	0,00215	0,523	0,261
Noeud n51	L33	223,9	0,00215	0,481	0,301
	L121	52,31	0,00215	0,112	
	L122	4,086	0,00215	0,009	
Noeud n52	L33	223,9	0,00215	0,481	0,240
Noeud n54	L34	220,4	0,00215	0,474	0,237
Noeud n55	L35	198,1	0,00215	0,426	0,265
	L123	44,2	0,00215	0,095	
	L124	4,807	0,00215	0,010	
Noeud n56	L35	198,1	0,00215	0,426	0,544
	L45	134,2	0,00215	0,289	
	L46	173,8	0,00215	0,374	
Noeud n57	L37	111,3	0,00215	0,239	0,284
	L36	111,8	0,00215	0,240	
	L52	41,93	0,00215	0,090	
Noeud n58	L37	111,3	0,00215	0,239	0,268
	L38	87,13	0,00215	0,187	
	L39	51,18	0,00215	0,110	
Noeud n59	L38	87,13	0,00215	0,187	0,263
	L51	115,7	0,00215	0,249	
	L52	41,93	0,00215	0,090	

Suite Tableau IV.6: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe+incendie					
ID Noeud	**Tronçon**	**Longueur(m)**	**QSP(l/s/ml)**	**Qr(l/s)**	**Qn(l/s)**
Noeud n60	L39	51,18	0,00215	0,110	0,411
	L40	157	0,00215	0,338	
	L46	173,8	0,00215	0,374	
Noeud n61	L40	157	0,00215	0,338	0,337
	L41	126,9	0,00215	0,273	
	L42	29,08	0,00215	0,063	
Noeud n62	L41	126,9	0,00215	0,273	0,136
Noeud n63	L42	29,08	0,00215	0,063	0,630
	L43	345,8	0,00215	0,743	
	L44	211,4	0,00215	0,455	
Noeud n64	L43	345,8	0,00215	0,743	0,823
	L84	136,3	0,00215	0,293	
	L96	283,6	0,00215	0,610	
Noeud n65	L44	211,4	0,00215	0,455	0,396
	L45	134,2	0,00215	0,289	
	L126	22,84	0,00215	0,049	
Noeud n66	L47	3,671	0,00215	0,008	0,226
	L48	201,9	0,00215	0,434	
	L124	4,807	0,00215	0,010	
Noeud n67	L48	201,9	0,00215	0,434	0,527
	L49	67,38	0,00215	0,145	
	L50	105,3	0,00215	0,226	
	L51	115,7	0,00215	0,249	
Noeud n68	L49	67,38	0,00215	0,145	0,072
Noeud n69	L50	105,3	0,00215	0,226	0,113
Noeud n70	L53	85	0,00215	0,183	0,091
Noeud n71	L54	446,3	0,00215	0,960	0,79
	L125	265,4	0,00215	0,571	
	L126	22,84	0,00215	0,049	
Noeud n72	L54	446,3	0,00215	0,960	0,48
Noeud n73	L55	100,8	0,00215	0,217	0,312
	L70	33,69	0,00215	0,072	
	L138	156,5	0,00215	0,336	
Noeud n74	L56	267,4	0,00215	0,575	0,303
	L136	8,177	0,00215	0,018	
	L137	6,54	0,00215	0,014	
Noeud n75	L56	267,4	0,00215	0,575	0,334
	L57	26,69	0,00215	0,057	
	L68	17,42	0,00215	0,037	
Noeud n76	L57	26,69	0,00215	0,057	0,191
	L58	37,55	0,00215	0,081	
	L59	113,7	0,00215	0,244	
Noeud n77	L58	37,55	0,00215	0,081	0,040
Noeud n78	L59	113,7	0,00215	0,244	0,122

Suite Tableau IV.6: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe+incendie					
ID Noeud	**Tronçon**	**Longueur(m)**	**QSP(l/s/ml)**	**Qr(l/s)**	**Qn(l/s)**
Noeud n79	L60	134,7	0,00215	0,290	0,514
	L171	86,43	0,00215	0,186	
	L172	256,7	0,00215	0,552	
Noeud n80	L60	134,7	0,00215	0,290	0,145
Noeud n81	L61	262,7	0,00215	0,565	1,34
	L62	212,6	0,00215	0,457	
	L63	771,3	0,00215	1,658	
Noeud n82	L62	212,6	0,00215	0,457	0,228
Noeud n83	L63	771,3	0,00215	1,658	1,065
	L64	165,9	0,00215	0,357	
	L65	54,13	0,00215	0,116	
Noeud n84	L64	165,9	0,00215	0,357	0,178
Noeud n85	L65	54,13	0,00215	0,116	0,390
	L66	209,4	0,00215	0,450	
	L67	100	0,00215	0,215	
Noeud n86	L66	209,4	0,00215	0,450	0,225
Noeud n87	L67	100	0,00215	0,215	0,107
Noeud n88	L68	17,42	0,00215	0,037	0,119
	L69	60,34	0,00215	0,130	
	L70	33,69	0,00215	0,072	
Noeud n89	L69	60,34	0,00215	0,130	0,065
Noeud n90	L71	128,9	0,00215	0,277	0,138
Noeud n92	L73	1114	0,00215	2,395	1,305
	L130	93,95	0,00215	0,202	
	L131	6,086	0,00215	0,013	
Noeud n93	L74	85,06	0,00215	0,183	0,228
	L75	114,9	0,00215	0,247	
	L131	6,086	0,00215	0,013	
	L132	5,874	0,00215	0,013	
Noeud n94	L74	85,06	0,00215	0,183	0,091
Noeud n95	L75	114,9	0,00215	0,247	0,123
Noeud n96	L76	72,58	0,00215	0,156	0,112
	L133	26,63	0,00215	0,057	
	L134	5,193	0,00215	0,011	
Noeud n97	L76	72,58	0,00215	0,156	0,078
Noeud n98	L76	72,58	0,00215	0,156	0,158
	L77	51,32	0,00215	0,110	
	L177	23,07	0,00215	0,050	
Noeud n99	L77	51,32	0,00215	0,110	0,055
Noeud n100	L78	27,1	0,00215	0,058	0,057
	L134	5,193	0,00215	0,011	
	L135	21,22	0,00215	0,046	
Noeud n101	L178	66,87	0,00215	0,144	0,072

Suite Tableau IV.6: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe+incendie					
ID Noeud	**Tronçon**	**Longueur(m)**	**QSP(l/s/ml)**	**Qr(l/s)**	**Qn(l/s)**
Noeud n102	L78	27,1	0,00215	0,058	0,198
	L79	90,71	0,00215	0,195	
	L178	66,87	0,00215	0,144	
Noeud n103	L79	90,71	0,00215	0,195	0,097
Noeud n104	L80	249,8	0,00215	0,537	0,445
	L136	8,177	0,00215	0,018	
	L138	156,5	0,00215	0,336	
Noeud n105	L80	249,8	0,00215	0,537	0,268
Noeud n107	L81	422,9	0,00215	0,909	0,981
	L82	198	0,00215	0,426	
	L139	291,8	0,00215	0,627	
Noeud n108	L82	198	0,00215	0,426	0,213
Noeud n109	L83	268,7	0,00215	0,578	0,607
	L139	291,8	0,00215	0,627	
	L140	4,333	0,00215	0,009	
Noeud n110	L84	136,3	0,00215	0,293	0,338
	L128	7,862	0,00215	0,017	
	L148	170,2	0,00215	0,366	
Noeud n111	L85	263,3	0,00215	0,566	0,603
	L92	166	0,00215	0,357	
	L154	132,2	0,00215	0,284	
Noeud n112	L85	263,3	0,00215	0,566	0,470
	L107	63,71	0,00215	0,137	
	L155	110,7	0,00215	0,238	
Noeud n113	L86	17,07	0,00215	0,037	0,218
	L148	170,2	0,00215	0,366	
	L149	15,97	0,00215	0,034	
Noeud n114	L86	17,07	0,00215	0,037	0,018
Noeud n115	L87	72,38	0,00215	0,156	0,098
	L149	15,97	0,00215	0,034	
	L150	2,763	0,00215	0,006	
Noeud n116	L87	72,38	0,00215	0,156	0,327
	L88	181,7	0,00215	0,391	
	L129	49,92	0,00215	0,107	
Noeud n117	L88	181,7	0,00215	0,391	0,195
Noeud n118	L89	126,4	0,00215	0,272	0,285
	L166	44,51	0,00215	0,096	
	L168	94,64	0,00215	0,203	
Noeud n119	L89	126,4	0,00215	0,272	0,136
Noeud n120	L90	122,1	0,00215	0,263	0,290
	L152	87,31	0,00215	0,188	
	L153	60,4	0,00215	0,130	
Noeud n121	L90	122,1	0,00215	0,263	0,131
Noeud n122	L91	43,94	0,00215	0,094	0,254
	L153	60,4	0,00215	0,130	
	L154	132,2	0,00215	0,284	

Suite Tableau IV.6: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe+incendie					
ID Noeud	**Tronçon**	**Longueur(m)**	**QSP(l/s/ml)**	**Qr(l/s)**	**Qn(l/s)**
Noeud n123	L92	166	0,00215	0,357	0,178
Noeud n124	L93	144,9	0,00215	0,312	0,229
	L94	45,54	0,00215	0,098	
	L167	22,48	0,00215	0,048	
Noeud n125	L93	144,9	0,00215	0,312	0,156
Noeud n126	L94	45,54	0,00215	0,098	0,049
Noeud n127	L95	48,14	0,00215	0,104	0,177
	L167	22,48	0,00215	0,048	
	L168	94,64	0,00215	0,203	
Noeud n128	L95	48,14	0,00215	0,104	0,052
Noeud n129	L96	283,6	0,00215	0,610	0,46
	L97	63,37	0,00215	0,136	
	L142	81,03	0,00215	0,174	
Noeud n130	L97	63,37	0,00215	0,136	0,068
Noeud n131	L98	138,2	0,00215	0,297	0,252
	L143	8,681	0,00215	0,019	
	L144	87,7	0,00215	0,189	
Noeud n132	L98	138,2	0,00215	0,297	0,148
Noeud n133	L99	68,08	0,00215	0,146	0,213
	L145	13,75	0,00215	0,030	
	L146	116,4	0,00215	0,250	
Noeud n134	L99	68,08	0,00215	0,146	0,164
	L100	51,51	0,00215	0,111	
	L147	33,36	0,00215	0,072	
Noeud n135	L100	51,51	0,00215	0,111	0,055
Noeud n136	L101	361,2	0,00215	0,777	0,598
	L104	78,74	0,00215	0,169	
	L146	116,4	0,00215	0,250	
Noeud n137	L101	361,2	0,00215	0,777	0,599
	L102	51,79	0,00215	0,111	
	L103	144,2	0,00215	0,310	
Noeud n138	L102	51,79	0,00215	0,111	0,055
Noeud n139	L103	144,2	0,00215	0,310	0,155
Noeud n140	L104	78,74	0,00215	0,169	0,194
	L144	87,7	0,00215	0,189	
	L145	13,75	0,00215	0,030	
Noeud n141	L105	123,4	0,00215	0,265	0,229
	L142	81,03	0,00215	0,174	
	L143	8,681	0,00215	0,019	
Noeud n142	L105	123,4	0,00215	0,265	0,132
Noeud n143	L106	102	0,00215	0,219	0,27
	L150	2,763	0,00215	0,006	
	L151	146,4	0,00215	0,315	
Noeud n144	L106	102	0,00215	0,219	0,109
Noeud n145	L107	63,71	0,00215	0,137	0,068

Suite Tableau IV.6: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe+incendie					
ID Noeud	**Tronçon**	**Longueur(m)**	**QSP(l/s/ml)**	**Qr(l/s)**	**Qn(l/s)**
Noeud n146	L108	85,02	0,00215	0,183	0,263
	L155	110,7	0,00215	0,238	
	L156	49,26	0,00215	0,106	
Noeud n147	L108	85,02	0,00215	0,183	0,091
Noeud n148	L109	73,13	0,00215	0,157	0,272
	L156	49,26	0,00215	0,106	
	L157	130,9	0,00215	0,281	
Noeud n149	L109	73,13	0,00215	0,157	0,078
Noeud n150	L110	62,96	0,00215	0,135	0,307
	L157	130,9	0,00215	0,281	
	L158	92,53	0,00215	0,199	
Noeud n151	L110	62,96	0,00215	0,135	0,067
Noeud n152	L111	97,78	0,00215	0,210	0,422
	L127	262,6	0,00215	0,565	
	L174	36,68	0,00215	0,079	
Noeud n153	L115	31,69	0,00215	0,068	0,101
	L116	26,34	0,00215	0,057	
	L169	71,92	0,00215	0,155	
Noeud n154	L116	26,34	0,00215	0,057	0,159
	L117	64,6	0,00215	0,139	
	L118	56,54	0,00215	0,122	
Noeud n155	L117	64,6	0,00215	0,139	0,069
Noeud n156	L34	220,4	0,00215	0,474	0,289
	L122	4,086	0,00215	0,009	
	L123	44,2	0,00215	0,095	
Noeud n157	L125	265,4	0,00215	0,571	0,331
	L182	40,14	0,00215	0,086	
	L180	2,3	0,00215	0,005	
Noeud n158	L128	7,862	0,00215	0,017	0,084
	L140	4,333	0,00215	0,009	
	L141	66,23	0,00215	0,142	
Noeud n159	L129	49,92	0,00215	0,107	0,053
Noeud n160	L130	93,95	0,00215	0,202	0,101
Noeud n161	L132	5,874	0,00215	0,013	0,058
	L133	26,63	0,00215	0,057	
	L181	21,21	0,00215	0,046	
Noeud n162	L135	21,22	0,00215	0,046	0,023
Noeud n164	L147	33,36	0,00215	0,072	0,036
Noeud n165	L151	146,4	0,00215	0,315	0,299
	L152	87,31	0,00215	0,188	
	L166	44,51	0,00215	0,096	
Noeud n166	L158	92,53	0,00215	0,199	17,099
Noeud n167	L165	44,9	0,00215	0,097	0,048
Noeud n169	L170	11,62	0,00215	0,025	0,012
Noeud n170	L181	21,21	0,00215	0,046	0,023

Annexe V.1 : Tableau V.2: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe+incendie

ID Noeud	Tronçon	Longueur(m)	QSP(l/s/ml)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
Noeud n2	L1	1356	0,00342	4,6	2,755
	L82	92,4	0,00342	0,32	
	L93	171,9	0,00342	0,59	
Noeud n3	L2	347,1	0,00342	1,19	1,265
	L40	134,7	0,00342	0,46	
	L125	256,7	0,00342	0,88	
Noeud n4	L2	397,1	0,00342	1,35	1,05
	L3	183,4	0,00342	0,62	
	L131	38,94	0,00342	0,13	
Noeud n5	L3	183,4	0,00342	0,62	2,23
	L50	613,9	0,00342	2,09	
	L133	513,3	0,00342	1,75	
Noeud n7	L4	425,41	0,00342	1,45	1,59
	L5	461,7	0,00342	1,58	
	L64	44,25	0,00342	0,15	
Noeud n8	L5	461,7	0,00342	1,58	1,37
	L7	236,01	0,00342	0,80	
	L114	102,9	0,00342	0,35	
Noeud n10	L7	236,01	0,00342	0,80	0,625
	L114	102,9	0,00342	0,35	
	L115	30,2	0,00342	0,10	
Noeud n13	L9	152,48	0,00342	0,52	0,485
	L11	75,25	0,00342	0,26	
	L117	54,25	0,00342	0,19	
Noeud n14	L10	130,7	0,00342	0,45	0,36
	L115	24,37	0,00342	0,08	
	L117	54,25	0,00342	0,19	
Noeud n15	L10	130,7	0,00342	0,45	0,225
Noeud n16	L11	75,25	0,00342	0,26	0,22
	L115	30,2	0,00342	0,10	
	L116	24,37	0,00342	0,08	
Noeud n17	L9	152,48	0,00342	0,52	0,26
Noeud n21	L14	266,66	0,00342	0,91	0,455
Noeud n22	L15	163,12	0,00342	0,55	0,43
	L84	56,14	0,00342	0,19	
	L85	31,69	0,00342	0,11	
Noeud n25	L18	67,3	0,00342	0,23	0,414
	L36	136,22	0,00342	0,46	
	L156	38,94	0,00342	0,13	
Noeud n27	L15	163,12	0,00342	0,55	0,36
	L157	21,27	0,00342	0,07	
	L179	26,1	0,00342	0,09	

Suite Tableau V.2: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe+incendie

ID Noeud	Tronçon	Longueur(m)	QSP(l/s/ml)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
Noeud n28	L18	67,3	0,00342	0,23	0,355
	L83	86,45	0,00342	0,29	
	L84	56,14	0,00342	0,19	
Noeud n30	L19	156,9	0,00342	0,54	0,625
	L36	136,22	0,00342	0,46	
	L124	71,92	0,00342	0,25	
Noeud n31	L19	156,9	0,00342	0,54	0,565
	L20	57,03	0,00342	0,20	
	L24	114,9	0,00342	0,39	
Noeud n32	L20	57,03	0,00342	0,20	0,657
	L23	198,6	0,00342	0,68	
	L88	82,4	0,00342	0,28	
	L91	46,73	0,00342	0,16	
Noeud n33	L21	244,9	0,00342	0,84	0,61
	L89	49,3	0,00342	0,17	
	L90	61,41	0,00342	0,21	
Noeud n34	L21	244,9	0,00342	0,84	0,56
	L153	25,51	0,00342	0,09	
	L169	54,74	0,00342	0,19	
Noeud n35	L22	222,3	0,00342	0,76	0,565
	L90	61,41	0,00342	0,21	
	L91	46,73	0,00342	0,16	
Noeud n36	L22	222,3	0,00342	0,76	0,565
	L154	51,81	0,00342	0,18	
	L169	54,74	0,00342	0,19	
Noeud n38	L23	198,6	0,00342	0,68	0,455
	L154	51,81	0,00342	0,18	
	L162	14,7	0,00342	0,05	
Noeud n39	L24	114,9	0,00342	0,39	0,455
	L25	111,3	0,00342	0,38	
	L35	41,93	0,00342	0,14	
Noeud n40	L25	111,3	0,00342	0,38	0,415
	L26	77,78	0,00342	0,27	
	L27	51,18	0,00342	0,18	
Noeud n41	L26	77,78	0,00342	0,27	0,335
	L35	41,93	0,00342	0,14	
	L165	77,01	0,00342	0,26	
Noeud n42	L27	51,18	0,00342	0,18	0,555
	L28	157	0,00342	0,54	
	L33	113,3	0,00342	0,39	
Noeud n45	L28	186,08	0,00342	0,63	1,11
	L31	249,3	0,00342	0,85	
	L32	214	0,00342	0,73	

Suite Tableau V.2: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe+incendie

ID Noeud	Tronçon	Longueur(m)	QSP(l/s/ml)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
Noeud n46	L31	249,3	0,00342	0,85	0,84
	L150	150,6	0,00342	0,52	
	L178	91,01	0,00342	0,31	
Noeud n47	L32	214	0,00342	0,73	0,465
	L152	26,63	0,00342	0,1	
	L153	25,51	0,00342	0,1	
Noeud n48	L33	113,3	0,00342	0,39	0,4
	L164	39,88	0,00342	0,14	
	L165	77,01	0,00342	0,26	
Noeud n49	L34	65,08	0,00342	0,22	0.385
	L162	14,7	0,00342	0,05	
	L163	104,4	0,00342	0,36	
	L164	39,88	0,00342	0,14	
Noeud n50	L34	65,08	0,00342	0,22	0,11
Noeud n52	L37	256	0,00342	0,87	1,067
	L172	37,33	0,00342	0,13	
	L173	330,25	0,00342	1,13	
Noeud n57	L40	134,7	0,00342	0,46	0,23
Noeud n58	L41	223,7	0,00342	0,77	1,455
	L131	41,13	0,00342	0,14	
	L181	583	0,00342	2	
Noeud n59	L41	223,7	0,00342	0,77	1
	L42	212,6	0,00342	0,73	
	L45	144	0,00342	0,5	
Noeud n60	L42	212,6	0,00342	0,73	0,365
Noeud n62	L43	893	0,00342	3,05	1,52
Noeud n64	L46	400,4	0,00342	1,36	0,684
Noeud n66	L48	131,9	0,00342	0,45	0,675
	L92	231,6	0,00342	0,79	
	L171	31,83	0,00342	0,11	
Noeud n67	L48	131,9	0,00342	0,45	0,225
Noeud n75	L53	267,93	0,00342	0,91	0,455
Noeud n80	L74	215,42	0,00342	0,73	0,368
Noeud n81	L74	215,42	0,00342	0,73	0,964
	L138	130,6	0,00342	0,45	
	L141	218,04	0,00342	0,74	
Noeud n82	L58	154,2	0,00342	0,53	0,965
	L173	330,25	0,00342	1,13	
	L142	77,98	0,00342	0,27	
Noeud n83	L4	425,41	0,00342	1,45	1,12
	L58	154,2	0,00342	0,53	
	L135	75,82	0,00342	0,26	
Noeud n85	L59	293,3	0,00342	1	1,735
	L112	416,86	0,00342	1,42	
	L174	307,08	0,00342	1,05	

Suite Tableau V.2: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe+incendie

ID Noeud	Tronçon	Longueur(m)	QSP(l/s/ml)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
Noeud n86	L60	72,42	0,00342	0,25	0,61
	L77	102,1	0,00342	0,35	
	L106	148,4	0,00342	0,51	
	L176	31,87	0,00342	0,11	
Noeud n87	L60	72,42	0,00342	0,25	0,53
	L61	181,7	0,00342	0,62	
	L94	55,7	0,00342	0,19	
Noeud n88	L61	181,7	0,00342	0,62	0,635
	L141	86,76	0,00342	0,30	
	L143	73,66	0,00342	0,25	
	L153	25,51	0,00342	0,1	
Noeud n89	L62	126,4	0,00342	0,43	0,735
	L66	262,7	0,00342	0,89	
	L121	44,51	0,00342	0,15	
Noeud n90	L62	126,4	0,00342	0,43	0,22
Noeud n91	L63	122,1	0,00342	0,42	0,465
	L107	87,31	0,00342	0,30	
	L108	60,4	0,00342	0,21	
Noeud n92	L63	122,1	0,00342	0,42	0,21
Noeud n93	L64	44,25	0,00342	0,15	0,405
	L108	60,4	0,00342	0,21	
	L109	132,2	0,00342	0,45	
Noeud n94	L59	293,3	0,00342	1	1,01
	L65	166	0,00342	0,57	
	L109	132,2	0,00342	0,45	
Noeud n95	L65	166	0,00342	0,57	0,285
Noeud n97	L66	262,7	0,00342	0,9	0,45
Noeud n101	L69	219,2	0,00342	0,75	0,64
	L151	65,09	0,00342	0,22	
	L178	91,01	0,00342	0,31	
Noeud n102	L69	219,2	0,00342	0,75	0,58
	L94	55,7	0,00342	0,19	
	L149	63,96	0,00342	0,22	
Noeud n103	L70	58,93	0,00342	0,20	0,36
	L100	86,86	0,00342	0,30	
	L149	63,96	0,00342	0,22	
Noeud n104	L70	58,93	0,00342	0,20	0,1
Noeud n104	L59	263,3	0,00342	0,90	0,75
	L78	63,71	0,00342	0,22	
	L110	110,7	0,00342	0,38	
Noeud n105	L71	139,3	0,00342	0,47	0,875
	L76	116,1	0,00342	0,4	
	L100	86,86	0,00342	0,3	
	L101	171,05	0,00342	0,58	
Noeud n106	L71	139,3	0,00342	0,48	0,55
	L175	181	0,00342	0,62	

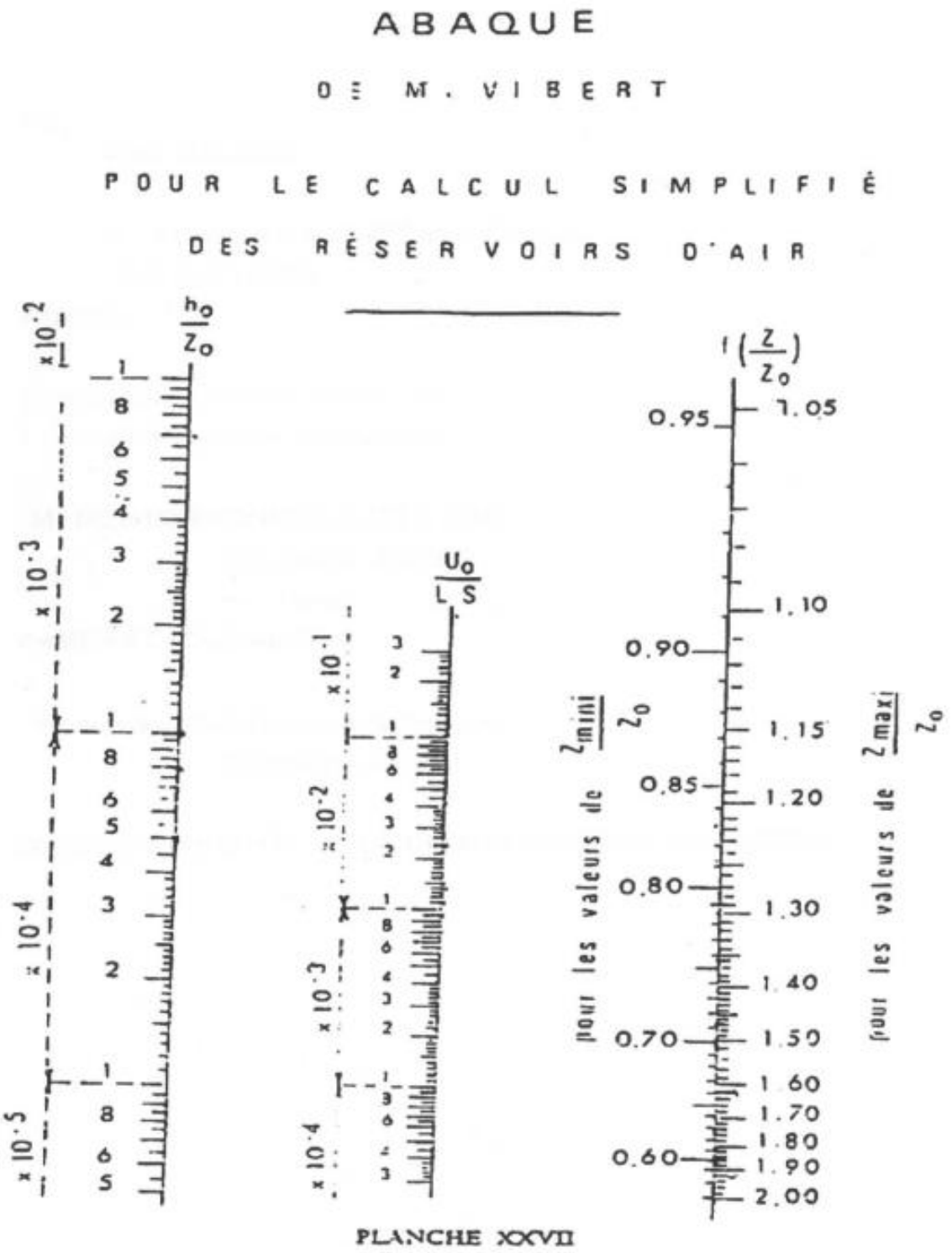
Suite Tableau V.2: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe+incendie

ID Noeud	Tronçon	Longueur(m)	QSP(l/s/ml)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
Noeud n107	L101	171,05	0,00342	0,58	0,95
	L150	202,11	0,00342	0,69	
	L175	181	0,00342	0,61	
Noeud n114	L76	116,1	0,00342	0,40	0,2
Noeud n115	L77	102,1	0,00342	0,35	0,175
Noeud n118	L174	307,08	0,00342	1,05	0,525
Noeud n123	L14	266,66	0,00342	0,91	0,65
	L82	92,4	0,00342	0,32	
	L157	21,27	0,00342	0,07	
Noeud n124	L83	86,45	0,00342	0,29	0,26
	L156	38,94	0,00342	0,13	
	L179	26,1	0,00342	0,1	
Noeud n125	L83	55,47	0,00342	0,19	0,16
	L158	23,95	0,00342	0,08	
	L180	15,54	0,00342	0,05	
Noeud n126	L85	31,69	0,00342	0,11	0,555
	L88	82,4	0,00342	0,28	
	L124	71,92	0,00342	0,25	
	L168	139,04	0,00342	0,47	
Noeud n129	L89	49,3	0,00342	0,17	0,635
	L92	231,6	0,00342	0,79	
	L166	91,21	0,00342	0,31	
Noeud n130	L22	222,3	0,00342	0,76	0,565
	L90	61,41	0,00342	0,21	
	L91	46,73	0,00342	0,16	
Noeud n131	L93	171,9	0,00342	0,59	0,685
	L166	91,21	0,00342	0,31	
	L168	139,04	0,00342	0,47	
Noeud n132	L53	267,93	0,00342	0,91	1,4
	L95	259,87	0,00342	0,88	
	L133	513,3	0,00342	1,75	
Noeud n133	L95	259,87	0,00342	0,88	0,44
Noeud n138	L105	155,1	0,00342	0,53	0,45
	L135	75,82	0,00342	0,26	
	L176	31,87	0,00342	0,11	
Noeud n139	L105	155,1	0,00342	0,53	0,962
	L142	77,98	0,00342	0,27	
	L143	73,66	0,00342	0,25	
	L37	256	0,00342	0,875	
Noeud n140	L106	148,4	0,00342	0,51	0,48
	L107	87,31	0,00342	0,30	
	L121	44,51	0,00342	0,15	
Noeud n141	L112	416,86	0,00342	1,42	17,712
Noeud n147	L136	88,1	0,00342	0,30	0,25
	L152	26,63	0,00342	0,09	
	L171	31,83	0,00342	0,11	

Suite Tableau V.2: Calcul des débits nodaux à l'heure de pointe+incendie

ID Noeud	Tronçon	Longueur(m)	QSP(l/s/ml)	Qr(l/s)	Qn(l/s)
Noeud n148	L136	88,1	0,00342	0,30	0,44
	L138	130,6	0,00342	0,45	
	L172	37,33	0,00342	0,13	
Noeud n150	L181	584	0,00342	2	1
Noeud n151	L163	104,4	0,00342	0,36	0,18
Noeud n152	L43	893	0,00342	3,05	2,45
	L45	144	0,00342	0,49	
	L46	400,4	0,00342	1,36	

Annexe VI.1 :



Abaque de VIBERT